

EVALUACIÓN DE ESTRATEGIAS DE DISEÑO APLICADAS EN EDIFICIOS RESIDENCIALES A TRAVES DE LA SIMULACIÓN PARA EL CLIMA DE URUGUAY.

Alicia Picción (1); Magdalena Camacho (2); María Noel López (3); Sara Milicua (4)

(1) Arquitecta, Responsable del departamento de Clima y Confort en Arquitectura, apiccion@farq.edu.uy

(2) Arquitecta, Docente Acondicionamiento Térmico, magdalenacr@gmail.com

(3) Arquitecta, Estudiante Maestría de Ciencias, Docente Acondto Térmico, marialop@farq.edu.uy

(4) Arquitecta, Estudiante Maestría en Construcción, Docente Acondto Térmico, 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 resultados de un proyecto de investigación cuyo objetivo fue la evaluación del impacto que resulta de la aplicación de distintas estrategias de diseño adecuadas para clima templado y que se utilizan más frecuentemente en la construcción tradicional, sobre el consumo de energía eléctrica de determinados prototipos de vivienda. Se presenta un solo modelo de estudio, prototipo de vivienda mono orientada ubicada en piso intermedio, que fue elaborado en base a la sistematización del parque habitacional financiado por el Estado en la década del noventa, en dos ciudades de Uruguay: Montevideo y Salto. Para las simulaciones se utilizó el programa EnergyPlus versión 2.0.0. Se estudió los consumos de energía total del prototipo original y de las sucesivas modificaciones en la aplicación de estrategias como factor de hueco, protección solar y transmitancia térmica. Estas estrategias determinarían un adecuado comportamiento térmico y energético del prototipo, si se aplican dentro de determinados rangos. La evaluación mediante predicción del consumo de energía mostró la necesidad de colocar protecciones solares en las dos ciudades. En Salto la aplicación de las estrategias de diseño que tienen que ver con el control de la energía incidente ya sea protecciones solares y/o porcentaje de área de hueco es determinante en el consumo de energía total de la vivienda. En Montevideo es levemente mayor el peso que tiene la colocación de aislamiento térmico debido a un período frío más largo y riguroso.

Palabras-claves: estrategias de diseño, simulación, consumo de energía

ABSTRACT

This article presents results of a research project whose objective was the evaluation of the impact on the electricity consumption of certain prototypes housing, resulting from the application of different design strategies suited to temperate climates and are used more frequently in traditional construction. We present one model of study, the prototype of housing located in mono-oriented intermediate floor, which was developed on the systematization of the housing stock financed by the State in the nineties, in two cities in Uruguay: Montevideo and Salto. For the simulations we used the program Energyplus version 2.0.0. We studied the total energy consumption of the original prototype and the successive changes in the implementation of strategies as a hole factor, sun protection and thermal transmittance. These strategies determine an appropriate thermal and energetic behaviour of the prototype, if applied within certain ranges. The assessment by prediction of energy consumption showed the need to place solar protection in the two cities. In the city of Salto implementing the strategies of design that are related to the control of either the incident energy, solar protection and / or percentage of area gap, is critical to the total energy consumption in housing. Slightly higher in Montevideo is the weight that the placement of thermal insulation due to a longer cold period and rigorous.

Keywords: design strategy, simulation, energy consumption

1. INTRODUCCION

El abordaje del presente artículo toma algunos resultados del proyecto de investigación “Pautas de diseño bioclimático para optimizar condiciones de confort y uso de energía en el sector residencial financiado por organismos públicos, para Uruguay, caso de clima complejo” desarrollado por el Departamento de Clima y Confort en Arquitectura. En Uruguay, el sector residencial consume casi el 30% de la energía total utilizada en el país y dentro de ese porcentaje el consumo de energía eléctrica representa un 35%. El consumo de electricidad per cápita creció un 25% en los últimos 10 años. En el año 2007, los insumos para la generación de energía eléctrica fueron dos tercios por hidroenergía y un tercio de derivados del petróleo, aproximadamente, demostrando la dependencia de un recurso no renovable para la generación de electricidad, según informe 2008 de la Dirección Nacional de Energía y Tecnología Nuclear.

En la etapa de diseño de un edificio intervienen distintos aspectos que determinan su comportamiento térmico. Estos aspectos abarcan decisiones que conciernen a la orientación del edificio, elección de materiales, proporción de áreas vidriadas, uso de protecciones solares entre otras. Cada decisión hace referencia a una determinada estrategia y la influencia que tiene cada estrategia en el desempeño térmico de un ambiente se ve reflejada en las temperaturas interiores alcanzadas, en la cantidad de horas confort obtenidas y en el consumo energético para mantener las temperaturas dentro de un rango de confort adecuado. Es fundamental el rol del profesional (arquitecto, ingeniero) ya que en su área de decisión y acción está involucrado un porcentaje alto del consumo energético del país y de las condiciones interiores a que serán sometidos los usuarios. A pesar de esto no se ha evaluado si la construcción “tradicional” que utiliza determinadas estrategias de diseño responde adecuadamente a las exigencias de los usuarios y mantiene condiciones de confort térmico interior. Estas estrategias de diseño se repiten en todas las ciudades del país, por ello se deben evaluar si son adecuadas bajo todas las condiciones climáticas.

Según la clasificación de Köpper a Uruguay le corresponde la clasificación climática cfa; c por ser templado húmedo; f, debido a que tiene precipitaciones durante todo el año, a, porque la temperatura del mes más cálido es superior a 22°C. El proyecto toma como referencia dos ciudades de Uruguay, Montevideo y Salto, por pertenecer a diferentes zonas según la norma de Zonificación Climática UNIT 1026:99, desarrollada por el Instituto Uruguayo de Normas Técnicas. Montevideo se localiza en el sur del país, latitud -34°50', longitud 56°12W y pertenece a la zona templada fría. La temperatura media en el período caluroso es 22.3°C, la mínima media es 17.4°C y la máxima media es 27.5°C. Salto se localiza en el norte del país, latitud -31°38', longitud 57° 95W y pertenece a la zona cálida. La temperatura media en el período caluroso es 25°C, la mínima media es 18.7°C y la máxima media es 31.5°C. A cada ciudad le corresponde una carta bioclimática de referencia en donde se determinan los porcentajes de horas en que es adecuado aplicar determinadas estrategias bioclimáticas para corregir las condiciones higrotérmicas en el interior. Si bien en ambas ciudades las estrategias adecuadas son las mismas, difieren los porcentajes de horas en que se recomienda su aplicación debido a las características climáticas de cada localidad. Montevideo tiene 21% de horas de confort, 14% de horas de desconfort por calor y 65% de desconfort por frío. Mientras que Salto tiene 30% de horas de confort, el desconfort por calor es de 21% y por frío de 49%.

Para evaluar las distintas estrategias de diseño por medio de la simulación computacional se tomó como referencia el comportamiento térmico y energético de un prototipo. Las principales dificultades en el modelado de las simulaciones ocurren en la definición de los patrones de uso y las renovaciones de aire de la edificación. La inclusión de esos factores es de gran importancia, principalmente tratándose de edificaciones residenciales, porque ejercen gran influencia sobre los intercambios de calor del edificio, por lo tanto fueron considerados cuando se realizó la calibración al modelo de acuerdo a los datos obtenidos de monitoreo. El beneficio de la simulación radicó en que fue posible evaluar las distintas estrategias de acuerdo a las condiciones climáticas exteriores consideradas, lo que permitió visualizar los cambios en el comportamiento térmico y energético del prototipo y realizar comparaciones entre ellos. La evaluación se realizó procesando los datos de consumo eléctrico. El programa utilizado para la simulación fue el Energy Plus 2.0.0.

2. OBJETIVO

El objetivo es presentar la evaluación del impacto que resulta de la aplicación de distintas estrategias de diseño adecuadas para clima templado sobre la cantidad de horas de confort y el consumo de energía eléctrica de un prototipo de vivienda.

3. MÉTODO

La metodología se dividió en tres etapas. En la primera se trabajó sobre la definición de tipologías que representarían a las edificaciones de vivienda financiadas por organismos públicos entre 1990 y 2000. Luego

se relevaron sus parámetros energéticos y ambientales y se elaboraron modelos teóricos o prototipos con los cuales se continuó trabajando en base a simulación computacional. Se fueron aplicando variaciones a los modelos originales para ver los efectos de las decisiones de diseño y la aplicación de estrategias en el comportamiento térmico y energético de los prototipos.

Para cada una de las simulaciones se registraron datos de consumo de energía y de temperatura del aire interior de cada modelo. Se procesaron y se analizaron los datos para obtener impactos sobre el consumo de energía y horas de confort en las dos ciudades de referencia, Salto y Montevideo.

3.1. Relevamiento del parque edilicio en estudio y selección de los casos a estudiar

En función de anteriores estudios y de acuerdo a las distintas caracterizaciones climáticas de nuestro país se seleccionaron dos ciudades representativas para analizar el clima complejo de Uruguay: Montevideo y Salto. Se recopilaban datos de las viviendas estatales construidas por Banco Hipotecario del Uruguay (BHU) y el Banco de Previsión Social-Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (BPS-MVOTMA) en estas dos ciudades, en la década del noventa. Posteriormente se sistematizaron los criterios energéticos relevados lo que permitió determinar dos prototipos para trabajar en las etapas posteriores de monitoreo, encuestas de confort y simulación computacional. Se presentó un artículo en ENCAC 2007, donde se detalla este ítem (Picción et al, 2007).

3.2. Definición de modelos de simulación

Uno de los pilares de la metodología era definir modelos que respondieran a las características reales constructivas y de uso. Para la definición de un modelo computacional confiable, que represente bien el comportamiento térmico y energético de un determinado edificio analizado, es esencial que ese modelo sea correctamente calibrado (Westphal; Lamberts, 2005). Por esta razón se compararon los datos obtenidos por simulación con los datos de mediciones de temperatura de bulbo seco y humedad relativa en las viviendas y de las encuestas sobre bienestar y pautas de uso realizadas para obtener los patrones de uso. Para calibrar los modelos se tomó como variable de ajuste a las renovaciones por hora. El valor utilizado fue de 3Rph.

Los modelos construidos presentan alteraciones a las tipologías reales pero permiten evaluar el comportamiento térmico de las viviendas (Picción et al, 2007). Los ajustes fueron realizados de acuerdo con las potencialidades y limitaciones del programa computacional utilizado para la simulación, EnergyPlus, y de acuerdo con los objetivos de la investigación. En este artículo solo se presentarán los resultados de la simulación aplicada al prototipo que representa una tipología de vivienda mono – orientada, ubicado en un piso intermedio de un edificio mayor y para el que se definieron seis zonas térmicas que representan a los locales: cocina, baño, estar, pasillo, dormitorio principal y dormitorio secundario (ver fig 1).

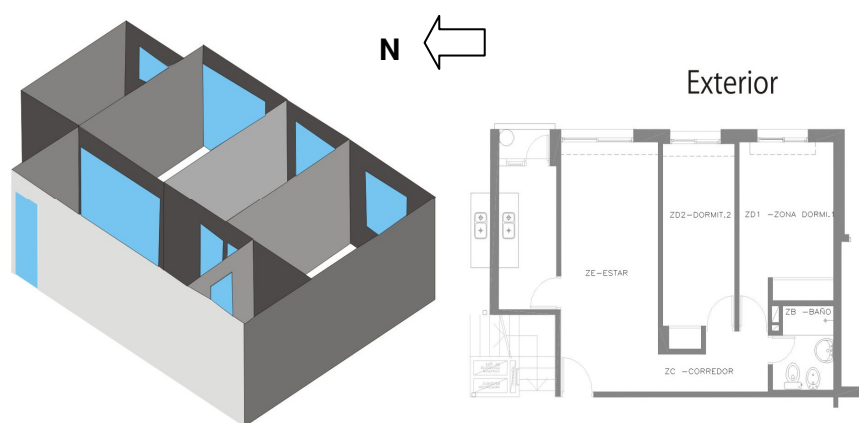


Fig. 1. Perspectiva del modelo simplemente orientado y planta tipo de la tipología real

3.3. Simulación de estrategias de diseño

Para este artículo se seleccionaron los resultados de las simulaciones de aquellas estrategias que son más representativas de las decisiones de diseño tomadas por los arquitectos en Montevideo y Salto: factor de hueco, protección solar y transmitancia térmica. Para Montevideo se utilizó el archivo climático disponible en el sitio Web del Energy Plus y para Salto se solicitó el archivo climático a los autores del programa. El

modelo de vivienda mono-orientado, tiene infiltraciones permanentes de 3RpH y se encuentra habitado por una familia de cuatro personas. Sólo tiene expuesta al exterior una de sus caras que se toma como fachada orientada al Este, constituida por un muro doble con una transmitancia térmica $U=0.73\text{W/m}^2\text{K}$. Los cerramientos vidriados cuentan con cortina de enrollar como en la realidad. Para determinar el consumo de energía se colocó un termostato en cada zona, programando que a partir de una temperatura interior menor a 18°C se comienza a calefaccionar y a partir de una temperatura interior superior a los 27°C a refrigerar. Se trabajó con un equipo de aire acondicionado ideal, 100% eficiente.

Cada variante en la estrategia fue evaluada separadamente, determinando el consumo anual de energía total por metro cuadrado para el modelo. Por ejemplo en el caso del factor de huecos, sólo se modificó el porcentaje de área vidriada del modelo y los demás parámetros permanecieron sin modificación.

3.3.1. Factor de huecos

Uno de los parámetros analizados fue la influencia del porcentaje de huecos en fachada, que en este caso es un valor único porque se tiene una sola fachada expuesta. Se tomaron los siguientes valores de porcentaje de huecos: el primero definido de acuerdo a la normativa municipal que admite un mínimo equivalente al 10% del área de piso y que en este caso corresponde a 24% de huecos; los siguientes en escala ascendente 40%, 50% y 60% de área, que fue el mayor porcentaje de huecos encontrado en el relevamiento realizado para edificios de esa década.

3.3.2. Protecciones solares

Se consideraron variantes de protecciones solares exteriores e interiores y esto se contrastó con la no colocación de protecciones. El horario de uso de las protecciones es de 7am a 12 pm cerradas en verano, mientras que en invierno permanecen abiertas de 8am a 12 pm. Las protecciones exteriores que se presentan son: parasoles fijos horizontales separados cada 20 cm y cortina de enrollar de pvc color claro.

3.3.3. Transmitancia térmica

Los parámetros utilizados como variante de la transmitancia térmica del muro de fachada fue la colocación de distintos espesores de aislamiento (poliestireno expandido, densidad 20Kg/m^3 , conductividad $=0.035\text{W/mK}$). Se simuló el modelo sin aislamiento y con los siguientes espesores: 2, 3 y 4 cm.

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En las gráficas se presentan los resultados expresados en consumo de energía anual total por metro cuadrado acondicionado (refrigeración y calefacción).

4.1. Factor de huecos

Las simulaciones de las distintas variantes de factor de hueco muestran una relación directa incremental entre el aumento de área de hueco y el aumento de consumo de energía. En Salto este incremento está más acentuado. En Montevideo si bien existe un incremento, no es tan pronunciado y esto se explica por las condiciones climáticas de una y otra localidad (ver fig 2).

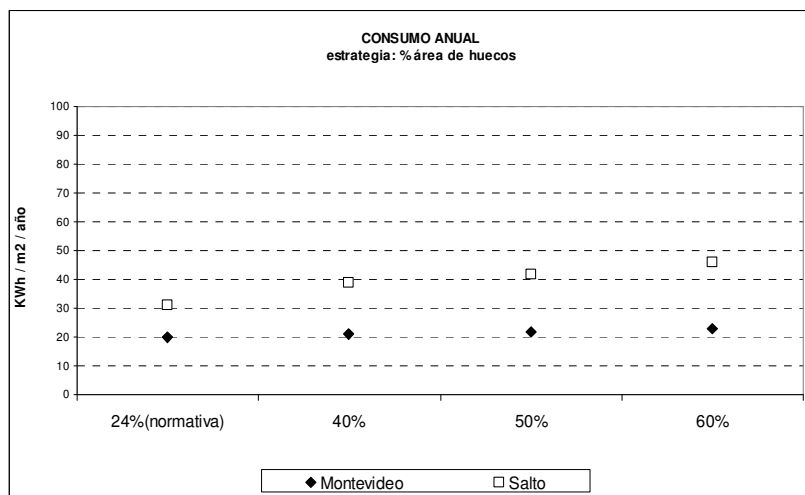


Fig. 2. Consumo de energía para distintos porcentajes de hueco. Montevideo y Salto

Los consumos netos de Salto son superiores a los de Montevideo. El menor consumo corresponde en los dos casos al porcentaje de huecos mínimo para iluminación natural que establece la reglamentación municipal de ambas ciudades. Pero del relevamiento del parque habitacional se encontró que en promedio el área de hueco utilizado por los arquitectos en la fachada principal es superior al 40%.

4.2. Protecciones solares

De las simulaciones se observa la necesidad de colocar protecciones solares tanto en Salto como en Montevideo, ya que impacta directamente sobre el consumo. El potencial de ahorro en el consumo de energía es mayor en la ciudad de Salto, que se explica por estar ubicada en una zona de clima cálido con un período caluroso más largo y riguroso en lo que refiere a temperaturas exteriores. En Salto y Montevideo el mejor desempeño energético lo obtuvo la cortina de enrollar de color claro, aunque debe aclararse la importancia del usuario en el buen desempeño de la estrategia. En todos los casos de las viviendas relevadas, los arquitectos colocan cortinas de enrollar en los dormitorios ya que son exigidas por el Estado en los pliegos de condiciones.

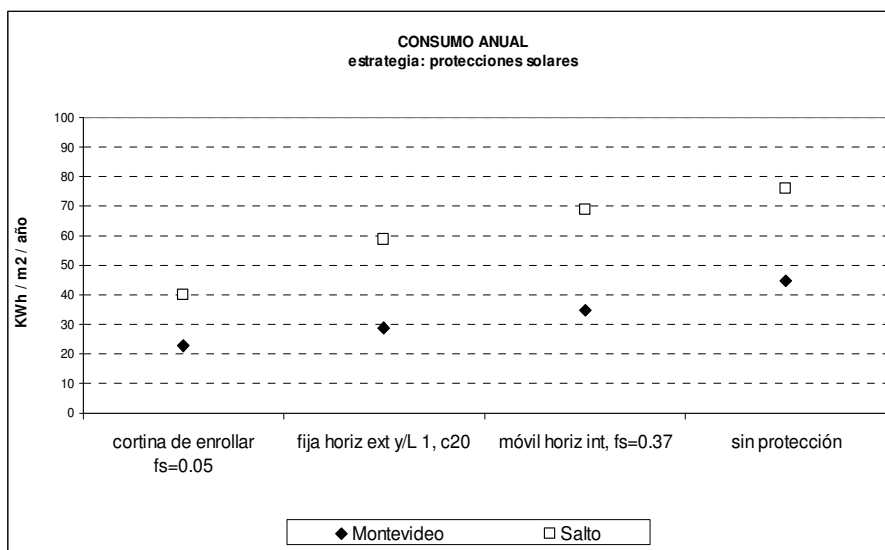


Fig. 3. Consumo de energía para distintas protecciones solares. Montevideo y Salto

4.3. Transmitancia térmica

De las simulaciones respecto a este parámetro se observa que para el modelo mono-orientado ubicado en un piso intermedio, el consumo de energía es menor a medida que se aumenta el espesor de aislante, pero no es proporcional; luego de los 3 cm de espesor el consumo de energía es constante tanto para Montevideo como para Salto.

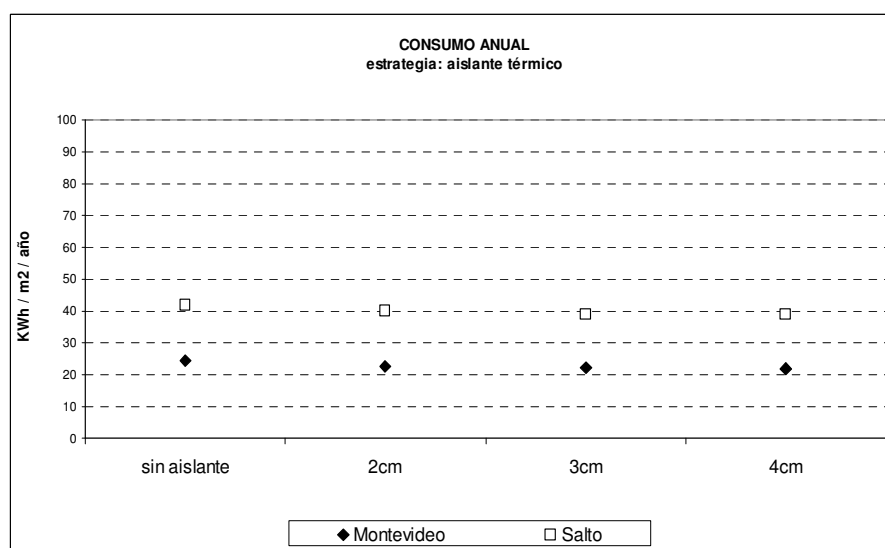


Fig. 4. Consumo de energía para distintos espesores de aislamiento térmico. Montevideo y Salto

Los arquitectos adoptan comúnmente muros dobles aislados para paredes exteriores, lo que sería adecuado para la disminución del consumo de energía total de la vivienda. El ahorro potencial de energía debido al aumento del aislamiento térmico es levemente mayor en la ciudad de Montevideo; esto se explica por lo riguroso de las temperaturas exteriores en el período frío.

5. CONCLUSIONES

En Montevideo y en Salto se observa que las estrategias de diseño que habitualmente adoptan los arquitectos condicionan los consumos de energía de la vivienda. Para el modelo presentado, algunas estrategias muestran un comportamiento adecuado: cortina de enrollar y colocación de aislamiento térmico, mientras otras, área de huecos por ejemplo, aumentan directamente el consumo anual total de energía por metro cuadrado acondicionado.

En Salto la aplicación de las estrategias de diseño que tienen que ver con el control de la energía incidente, ya sea protecciones solares y/o porcentaje de área de hueco en fachada, es determinante en el consumo de energía total de la vivienda.

Si consideramos el peso relativo de cada estrategia en el consumo total de energía de este modelo orientado al Este, la protección solar es la que presenta mayor incidencia.

En todos los casos es fundamental la participación del usuario para el correcto funcionamiento de las estrategias, el claro ejemplo, dentro de las estrategias presentadas, es el uso de las protecciones solares. Se observa que las protecciones solares que habitualmente proponen los arquitectos determinan un menor consumo de energía anual en las dos ciudades. Esto está en correspondencia con el peso que tiene la estrategia de sombreado para ambas ciudades, 31% de las horas para Montevideo y 46% para Salto.

Es fundamental que los arquitectos seamos conscientes de esto y que podamos contar con los conocimientos y la información necesarios. Para ello, este equipo de trabajo está preparando la publicación de los resultados de la investigación en un formato asequible a la apropiación de conocimientos por parte del medio profesional y técnico y la realización de un evento público de difusión, con el apoyo de las instituciones públicas y privadas involucradas en los temas de edificación y energía.

5. REFERENCIAS

- Energy Efficiency and Renewable Energy. Building Technologies Program - Weather Data. Disponible en: <www.eere.energy.gov/buildings/EnergyPlus. Acceso: 6 de marzo de 2009.
- PICCIÓN, A Y MILICUA, S. (2005). "Tratamiento de datos climáticos de localidades de Uruguay para evaluación térmica y energética de proyectos y edificios". Informe final Csic, Montevideo.
- PICCIÓN, A, ET AL. 2007. Definición de prototipos para optimizar condiciones de confort y uso de energía en el sector residencial público de Uruguay, en Anales ENCAC, 2007.
- WESTPHAL, F. S.; LAMBERTS, R. Building Simulation Calibration Using Sensitivity Analysis. In: BUILDING SIMULATION, 9., 2005, Montreal. **Proceedings...** Montreal: IBPSA, 2005. p. 1331-1338.
- UNIT- Instituto Uruguayo de Normas Técnicas. UNIT - ISO 1026:99. Aislamiento térmico de edificios. Zonificación Climática. Uruguay, 1999.