

DOCENCIA EN ARQUITECTURA SUSTENTABLE: PROGRAMA DE OPTIMIZACIÓN DE PROYECTOS DE ARQUITECTURA BASADO EN EL BALANCE TÉRMICO

Esteves A., Gelardi D.

Instituto de Estudios para el Medio Ambiente (IEMA)
Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (DICYT)
Universidad de Mendoza (UM)

Perito Moreno 2397 - 5501 Godoy Cruz - Mendoza - Argentina
Tel./Fax: 0261-4392939 e-mail: alfredo.esteves@um.edu.ar

RESUMEN: En este trabajo se presenta el contenido y el desarrollo del programa de optimización de edificios basado en el balance térmico invierno/verano del mismo. El mismo ha sido desarrollado en el Instituto de Estudios para el Medio Ambiente-IEMA y ha sido utilizado ampliamente en el Taller de Tesis de Grado de los alumnos avanzados de Arquitectura y en la Cátedra de Arquitectura V de la misma Facultad. El programa corre en planilla de cálculos de Microsoft Excel y está realizado de manera que conserva un equilibrio entre dos posibilidades, elegir un valor previamente establecido o solicita el valor calculado en base a un conocimiento específico. Los resultados del mismo son varios: con respecto a la evaluación de la forma edilicia, se obtiene el FAEP (Factor de Area Envolvente Piso), con respecto a la necesidad de calefacción, la Fracción de Ahorro Solar, el Consumo de Energía Anual (o mensual), el Coeficiente Global de Pérdidas y el Coeficiente Neto de Pérdidas y la Potencia Instalada Necesaria; con respecto al enfriamiento en verano, la Carga Térmica de Verano, la Potencia Instalada Necesaria y el área de apertura necesaria si se elige el enfriamiento nocturno como estrategia pasiva.

Palabras clave: Arquitectura Sustentable, Educación, Sistemas Solares Pasivos, Sistemas Pasivos de Enfriamiento.

INTRODUCCION

La arquitectura sustentable tiene sentido para lograr edificios cuyo impacto sobre el medio ambiente sea mínimo o nulo de manera de no comprometer los recursos para el futuro. Abarca los siguientes puntos:

- 1- Adecuación del edificio al sitio y al clima del lugar
- 2- Diseño con menor impacto ambiental
- 3- Uso de materiales con menor impacto ambiental y en lo posible reciclables
- 4- Soluciones energéticamente eficientes: arquitectura bioclimática
- 5- Calidad del ambiente interior: confort térmico, lumínico y calidad del aire.
- 6- Uso de fuentes de energía renovables y uso racional de las no renovables.
- 7- Durabilidad y flexibilidad de los edificios
- 8- Minimización del impacto del edificio sobre su contexto inmediato exterior

Se origina en la problemática general del medio ambiente y se desarrolla para dar respuesta ante el impacto negativo que tiene el sector edilicio sobre el mismo. El consumo de energía primaria en el sector residencial y terciario es aproximadamente el 30% del total. Esto es solamente para mantener la operatividad de los edificios. Si tenemos en cuenta además, el consumo energético para la fabricación de los materiales de la construcción necesarios para construir el edificio, el porcentaje sube hasta cerca del 50%. Teniendo esto en cuenta, la contaminación ambiental del sector de vivienda resulta ser equivalente al consumo.

Este tema es de importancia creciente en los últimos años. El TIA (Teaching in Architecture) ha formado una red de desarrollo y transferencia de conocimientos en arquitectura sustentable, que abarca profesores de universidades que están comprometidos en la educación respecto de edificios sustentables, para elevar el nivel respecto de estos conceptos y ponerlos a disposición de las futuras generaciones de profesionales. Es incremental la cantidad de proyectos de concursos internacionales y nacionales que incluyen como una exigencia la sustentabilidad en el diseño de los edificios involucrados.

En el Instituto de Estudios para el Medio Ambiente-IEMA se viene trabajando en el proyecto "La Forma, los Materiales y el Medio Ambiente" financiado por la Universidad de Mendoza y uno de los objetivos del mismo es desarrollar métodos para la mejor docencia en la Arquitectura Sustentable, de manera que sean utilizados en la preparación de los alumnos de la Carrera de Arquitectura.

En un trabajo previo (Esteves et al., 2001) se indicaba la necesidad de desarrollar métodos para la docencia de manera de hacer más concientes a los jóvenes que se integran al medio profesional y productivo, para que los edificios que se construyan tengan un contenido de sustentabilidad en el corto o mediano plazo. En otro trabajo (Gelardi et al., 2002) se indicaba cómo estos conocimientos pueden transferirse a los estudiantes mostrando casos de transferencia didáctica concreta en la arquitectura sustentable.

El programa de optimización de proyectos de arquitectura basado en el balance térmico que se presenta pretende hacer aportes para el mejor entendimiento de las distintas variables que se conjugan para dar un comportamiento térmico final del edificio. Estas variables se pueden agrupar en: el clima, la forma, balance de calefacción (incluye sistemas solares pasivos y auxiliar) y balance de enfriamiento del edificio. Cabe destacar que se parte ya de un anteproyecto del edificio sobre el cual se trabaja y se produce la optimización del mismo.

El clima

Antes de cualquier intervención es necesario fijar las variables del clima donde el edificio va a estar inserto. Por esto es necesario elegir el clima de una tabla de localidades posibles de utilizar. Una vez elegida la localidad, el programa tiene los valores guardados de grados día de calefacción, temperaturas de diseño de invierno, temperatura de diseño de verano y rendimiento térmico de los sistemas pasivos de calefacción.

La Forma

La forma conjuntamente con la calidad termofísica de los materiales que conforman la envolvente de los edificios son los causantes de los intercambios de energía edificio-medio ambiente y son responsables del comportamiento que tendrá el edificio durante toda la vida útil del mismo. Por otro lado, la calidad y tipo de materiales elegidos para la construcción del edificio, impactarán en mayor o menor medida al medio ambiente.

El estudio de la forma se ha tenido en cuenta a través de cuantificar la extensión de la envolvente edilicia respecto de la superficie cubierta. Se puede optimizar utilizando el FAEP, Factor de Area Envolvente/Piso (Esteves et al., 1997) y se expresa como:

$$FAEP = \frac{(\text{Area de Muros} + \text{Area de ventanas} + \text{Area de techos})}{\text{Superficie cubierta}} = \frac{[m^2]}{[m^2]}$$

Es necesario indicar que tanto el área de muros, ventanas y techos y la superficie cubierta se refieren a la zona a calefaccionar del edificio. Estas se incorporan al programa de la siguiente manera, los muros, ventanas y puertas por orientación cardinal dando posibilidad de dos tipos de calidades de muros y en los techos se da la posibilidad de incorporar dos tipos distintos (por ejemplo techos planos y techos inclinados). El programa calcula el FAEP y lo muestra para indicar la eficiencia del edificio en cuanto a conservación de energía a través de la forma.

El FAEP indica la cantidad de superficie necesaria para “envolver” a la superficie cubierta por m². Su valor eficiente está alrededor de 2 (valor para la semiesfera), pero en edificios más grandes puede disminuir por debajo de 1 m²/ m². Un valor mayor de 3 nos está indicando que el edificio está alejado de una forma eficiente desde el punto de vista de la conservación de energía y que ese edificio será costoso en materiales utilizados en la envolvente (estructura, materiales aislantes térmicos y revestimientos) y por lo tanto será un edificio caro. Como se puede observar el FAEP es un indicador muy interesante desde el punto de vista económico.

Ante un FAEP elevado se tienen dos posibilidades. No modificar nada (porque la forma es buena desde el punto de vista del diseño) pero teniendo esto en cuenta se deberá mejorar la aislación térmica de esa envolvente o plantear otra posibilidad de una optimización. En este último caso, la forma puede optimizarse observando una columna que indica en cada elemento de la envolvente su participación porcentual en el total de la misma. De este modo podemos identificar el elemento que está involucrado con mayor porcentaje y trabajar sobre él para mejorar este aspecto. Si el FAEP resultara muy bajo, quiere decir que la envolvente influye muy poco en la superficie cubierta y podría haber problemas para la ventilación natural e iluminación natural de espacios.

Comportamiento de Invierno

El comportamiento de invierno se tiene en cuenta por medio de un balance térmico. El programa hace uso del método de la Relación Carga Térmica/Colector - RCC (Balcomb et al., 1982) y lo combina con otro método (Quadri 1993) para el cálculo de la potencia de calefacción.

Para trabajar con el método es necesario tener conocimientos de transferencia de calor (por conducción, convección y radiación) y de propiedades termofísicas de los materiales (conductividad térmica y densidad) y ligando estos conocimientos con la práctica concreta en la construcción de edificios, es decir, conocer la forma de incorporar las aislaciones térmicas en los edificios en cada uno de los elementos de la envolvente y cómo esto está representado en el cálculo del balance.

A través del tiempo el método se ha sido simplificando suficientemente de manera de hacerlo más amigable con la Arquitectura, sin dejar de ser minuciosos con los valores de las figuras que se quieren obtener. Las celdas en las cuales tenemos que intervenir aparecen sombreadas para una mejor orientación, estas se refieren a: conductancia térmica de cada elemento de la envolvente, nivel de infiltración de aire (renovaciones de aire por hora) y superficie colectora (del sistema solar pasivo).

Para conocer el rendimiento de los sistemas pasivos de calefacción debe incorporarse la superficie colectora de los mismos al lado del sistema pasivo elegido, los cuales, se indican en lista y en el siguiente orden: sistemas de ganancia directa, sistemas de muros acumuladores y sistemas de invernadero. Por ejemplo, para muros aparece la posibilidad de transformar un muro de ladrillo u adobe como sistema solar pasivo.

Las Figuras que obtenemos a través del balance son:

Potencia de calefacción necesaria (kcal/hr),

Aporte solar a través de la Fracción de Ahorro Solar - FAS [%],

Energía auxiliar anual consumida en kwh/año, para el caso de utilizar energía eléctrica o también da el consumo en m³ de gas natural, kg de gas licuado o envasado, litros de kerosene o kg de leña considerando la utilización de algarrobo, leña más ampliamente utilizada en la zona oeste central de Argentina.

Comportamiento de verano

El comportamiento de verano se tiene en cuenta a través del cálculo del balance térmico de verano que da como consecuencia la carga térmica que ingresa al edificio y que se necesita luego extraer para mantenerlo a la temperatura de confort. Al contrario del balance térmico de invierno que es un balance anual, el balance térmico de verano se calcula para el día más caluroso del año y para la hora más crítica, por lo cual, se requiere calcular un balance hora a hora.

Aquí también las celdas que deben ser operadas aparecen sombreadas y lo que se requiere conocer, dado que ya se conocen los valores de superficies (a través del estudio de la forma) y conductancias (a través del balance de invierno, previamente realizado) son las siguientes figuras: la temperatura interior que queremos mantener, el factor de sombreado de las ventanas (que influye en la ganancia de radiación solar directa) y luego datos sobre las ganancias internas, cantidad de personas y nivel de actividad de las mismas, ganancia de calor por iluminación artificial (potencia, cantidad y tiempo de luminarias encendidas) y equipamiento (potencia, cantidad y tiempo de cada artefacto encendido). Todo esto contribuye al cálculo de la carga térmica sobre la vivienda. Los valores totales se calculan y además se indican en un gráfico de barras para hacerlos más comparativos entre sí. De este modo, algo similar a lo que sucede con los valores de calefacción o forma, el ítem que tiene la barra que aparece más significativamente elevada, por sobre las demás es al que hay que prestar más atención si uno quiere reducir la carga térmica, pero hay que tener en cuenta que muchas veces ni la presencia de personas ni el equipamiento puede reducirse fácilmente y en ese caso, sobretodo en los locales de alta concurrencia o mucho equipamiento (computadoras por ejemplo) deberán necesitar un equipo de aire acondicionado, para lo cual, el programa entrega la potencia necesaria utilizando la metodología típica de cálculo (Quadri, 1993). Un dato importante para el posterior diseño de ventanas del edificio lo constituye el nivel de renovaciones de aire por hora para lograr el enfriamiento convectivo nocturno del espacio interior. Este valor resulta de balancear la carga térmica diaria con el enfriamiento producido por la ventilación nocturna que dará como resultado el nivel de renovaciones de aire por hora necesario.

Cálculo del área de ventanas para ventilación natural de espacios

El cálculo del área de ventanas se realiza utilizando una metodología específica (Chandra et al, 1983). El mismo tiene en cuenta la velocidad y dirección del aire más frecuente para diseñar las aberturas que permitan extraer el calor del interior teniendo en cuenta la cantidad de renovaciones de aire por hora necesarias para efectuar el enfriamiento del edificio durante las horas de la noche.

Los datos se deben ingresar se indican en celdas sombreadas. Entre ellos figuran: el nivel de renovaciones de aire por hora (para la ventilación), la velocidad del viento del lugar y la incidencia de la cara contra el viento, las fachadas que van a poseer el aventanamiento utilizado para la ventilación nocturna, la distancia y altura de los edificios adyacentes y el factor del terreno (que tiene en cuenta la rugosidad del terreno, si se encuentra en una zona de barrios o en una zona rural, suburbana o urbana).

Los resultados que se obtienen son las aberturas necesarias para las ventanas de ingreso y egreso del aire (de acuerdo a la dirección preponderante indicada) y agregando el factor de porosidad, se podría tener en cuenta el uso de mosquiteros de distinto tipo.

CONCLUSIONES

La Arquitectura y el Urbanismo Sustentables son un desafío. Los proyectistas de edificios son personas que tienen una responsabilidad creciente sobre el impacto sobre el medio ambiente. El desafío es grande, multidisciplinario y transdisciplinario es decir, todos estamos insertos en él, los Organismos de Investigación deben proveer los conocimientos, metodologías y objetivos hacia los cuales tender; la Universidad que debe mantener una infraestructura apropiada y efectiva para la transferencia de conocimientos, los Profesionales proyectistas deben generar proyectos mas amigables con el medio ambiente, las Cooperativas y

Empresas Constructoras construir pensando las soluciones en este sentido, la clase política que debería generar legislación moderna y adecuada.

El programa descrito en este trabajo tiene la características de ser suficientemente amigable para utilizarse fácilmente por estudiantes avanzados o profesionales de la arquitectura y/o diseñadores de interiores que pueden intervenir en la construcciones edilicias propiciando su mejoramiento desde el punto de vista térmico. Permite evaluar las distintas intervenciones posibles y dimensionar su impacto tanto económico como energético.

La situación es limitada sobretudo en la consideración de los sistemas de enfriamiento, para los cuales es necesario adecuar la metodología de cálculo y tener en cuenta también otros factores, tales como, uso de masa térmica y sistemas de enfriamiento subterráneo, evaporativo y radiante.

Abstract: in this work the contents of the optimization of building project program it is presented that is based in heat loses and gains of the building. This computer program have been development in Enviromental Study Institute (IEMA) of the University of Mendoza, and have been applied in Workshop of Grade Thesis in School of Architecture in the same University. It have been development in a worksheet of Excel and have an equilibrium between specific acquaintance that is necessary to know and the values that program have in it. The result of this program are: with respecto of the shape of the building, it indicate the FAEP (Area surface envelope to floor area factor), with respecto to heating, the solar saving fraction (SSF), Auxiliary Heat Energy required, Net Loss Coefficient and Total Loss Coefficient and the Power for Heating Device; with respecto to summer, summer thermal charge, Power needed and the surface area of windows for the case of use convective night cooling as passive strategy.

REFERENCIAS

Chandra S. 1983. "A Design Procedure to Size Windows for Naturally Ventilated Rooms". Proceedings - ASES 8ª Anual Passive Conference, Glorieta, NM.

Esteves A., Gelardi D., Oliva A. 1997. "*The Shape in the Bioclimatic Architecture: The FAEP Factor*"- Proceedings of II Conf. Teachers in Architecture, Florencia, Italia, cap. 3.12. 1997.

Esteves A., Gelardi D., Ganem C. 2001. SIMPLE METHOD TO KNOW COLLECTOR AREA OF PASSIVE SOLAR SYSTEMS IN FIRST STEP OF THE ARCHITECTURAL PROJECT OF BUILDINGS. Publicado en Actas del World Renewable Energy Congress (WREC 2002). Colonia, Alemania.

Gelardi D., Esteves A. 2002. "Transferencia de Conocimientos en la Investigación una Experiencia Didáctica de la Arquitectura Sustentable". **Av. Energías Renovables y M.Ambiente**, Vol. 6, pp. 10.49, 2002. ISSN 0329-5184. Ed. ASADES. Salta. Argentina.

Quadri Néstor P. 1993. Instalaciones de Aire Acondicionado y Calefacción. Ed. Alsina. Buenos Aires. Argentina

J. D. Balcomb, D. Barley, R. McFarland, J. Perry, W. Wray and S. Noll. 1982. Passive Solar Design Handbook. United States Department of Energy. Vol. 1,2 and 3.