

## RESPUESTA A LA VARIABILIDAD CLIMATICA DE DISTINTAS FORMAS CONSTRUCTIVAS EN UN AMBIENTE SEMIARIDO.

FILIPPIN, Celina y RAPALLINI, Alfredo.  
C.O.N.I.C.E.T. Comisión Nacional de Energía Atómica.  
Spinetto N°785. C.C.º152. (6300) Santa Rosa, La Pampa.

### INTRODUCCION

La crisis energética de la década del 70 nos obliga a arquitectos, ingenieros y responsables del diseño habitacional y urbano, a reevaluar pautas y estrategias de diseño con el fin de contribuir a mejorar la eficiencia energética edilicia. En nuestra provincia, el consumo de energía eléctrica está fuertemente correlacionado con el número de viviendas, que es índice de un mayor consumo de tipo residencial, (Filippin, 1987). El aumento de habitantes y de viviendas según cifras provisorias arrojadas por el Censo Nacional de Población y Vivienda del año 1991 para La Pampa describe una tendencia ascendente del consumo de energía eléctrica, siendo ésta un importante indicador estadístico al momento de tomar decisiones.

El sector de la construcción en países industrializados avanzados consume el 75% de la electricidad producida. El 20% de la electricidad usada en los Estados Unidos es únicamente para alumbrado. Es el sector de la construcción, el único que puede usar recursos alternativos de energía, y ahorrar la energía consumida en funciones operacionales (calefacción, refrigeración e iluminación). Ello se puede lograr simplemente, a través de un diseño inteligente, que contribuiría además a mejorar la calidad de vida, (Samuels, 1990).

La forma constructiva está íntimamente ligada al diseño, y el diseño tiene características permanentes que hay que prever para evitar errores costosos.

Nutt (1990) opina que un buen diseño puede contribuir a disminuir los riesgos de obsolescencia. Cowan (1989) considera que hay pautas que contribuyen a ello; hay decisiones de diseño que son inalterables a través de la vida del edificio, (localización, morfología, orientación, etc.) y otras que son reversibles, tales como uso y capacidad de manejo del edificio.

Rifki (1990) considera que un diseño arquitectónico adecuado al clima puede contribuir a disminuir el consumo de energía en los edificios en particular y en los países en general. Debemos pasar de una noción de la arquitectura como protección del medio ambiente y de un proyecto basado en los elementos constitutivos (Wellesley-Miller, 1978), a un proyecto basado en un sistema que reconoce la existencia de una relación entre entorno-arquitectura-habitante, y donde las relaciones están interconectadas de modo que se adaptan a los cambios compatibles con el entorno. Las características termodinámicas de los edificios, determinadas tanto por la orientación, aislamiento, aventanamiento, sombreado, forma, tamaño, capacidad térmica, etc., como por los índices de infiltración y ventilación, las pautas de utilización y la eficiencia del equipamiento de acondicionamiento instalado comienzan a sentar las bases de una integración operativa entre edificación y sitio, es decir, una ecología edilicia. La relación estética de interior a exterior comienza a ser operativa más que escultural, integrando el edificio de forma tan completa como sea posible a las condiciones específicas del sitio.

En un proceso de diseño sistémico habría dos enfoques: primero, uno referido a la concepción general del proyecto, y segundo, otro referido a los sistemas energéticos del edificio. Dentro de los enfoques generales, que son los que interesan a este trabajo, hay aspectos que influyen sobre el microclima que rodea al edificio, y otros que actúan directamente sobre el ambiente interior, y que hacen al propio diseño del edificio. Tales aspectos son la forma general, la piel exterior y las características interiores. Este conjunto de factores determinan, bajo una óptica energética, una serie de consecuencias conservacionistas, de conexión o estabilizadoras (CIEMAT, 1990) en materia de energía.

Las formas de los edificios debemos concebirlas como un elemento estático (Wellesley-Miller 1978), en oposición a lo que sucede en la naturaleza donde las formas responden a la idea fundamental de la teoría evolucionista, según la cual todo se desarrolla o evoluciona hasta alcanzar formas cada vez más adaptadas a su entorno (Campbell, 1985).

Es objetivo del presente trabajo delinear pautas de diseño para mejorar la eficiencia energética del parque edilicio en una región semiárida central del país a través de la configuración general del edificio.

Se planteó como hipótesis del presente trabajo que, mediante criterios de diseño que hacen a la forma del edificio, es factible reducir la sensibilidad térmica del ambiente interior del edificio frente a la variabilidad del ambiente externo.

## MATERIALES Y METODOS

Se consideran cuatro formas constructivas de volumen paralelepípedo identificadas como: módulo 5, módulo 5A, módulo 5B y módulo 5C (M5, M5A, M5B y M5C), localizados a campo abierto con un albedo de 0.50%. Se mantienen constante, además de su altura, la superficie en planta y el volumen, (2,40m, 51,84 m<sup>2</sup> y 135 m<sup>3</sup> respectivamente), sus materiales constructivos y la superficie acristalada. Son variables en las alternativas propuestas sus proporciones constructivas y, en consecuencia, su factor de forma (relación superficie envolvente y volumen del edificio).

Establecidos los módulos, estos fueron evaluados térmicamente para las estaciones Invierno y Verano mediante el modelo de simulación térmica SIMEDIF (Casermeiro, M. y Saravia, L., 1984), alimentando los datos climáticos del mismo con el Módulo de Máxima Probabilidad Ambiental (Filippín et. al, 1990).

Obtenidos los datos horarios de temperatura exterior e interior para los cinco días simulados y mediante un modelo de regresión lineal simple, se midió el grado de asociación entre la variancia térmica del clima externo y la variancia térmica interna del edificio. El coeficiente  $\beta$  será el índice estadístico escogido para medir la mayor o menor sensibilidad del sistema a la variabilidad del ambiente externo en las distintas formas alternativas. Una mayor pendiente de  $\beta$  indicará mayor sensibilidad del sistema a los cambios del clima externo y una menor pendiente de ella reflejará una mejor respuesta de la forma edilicia a la variabilidad climática. El coeficiente de determinación  $r^2$  representará la proporción de la varianza de la temperatura interior respecto a la varianza total de la temperatura exterior.

## RESULTADOS y DISCUSION

Se evaluó térmicamente cada uno de los módulos alternativos. La evaluación se realizó para las dos estaciones climáticas (invierno y verano) manteniendo constante la orientación al Norte de su superficie acristalada, la dirección Este-Oeste para los módulos rectangulares, y homogéneas las características constructivas de los módulos. La piel exterior estuvo conformada por muros de ladrillo común de 0.30m de espesor con paramentos exteriores de ladrillos a la vista, tipología ésta común en el área en estudio. Se correlacionaron los valores resultantes de temperatura exterior e interior mediante un modelo de regresión lineal simple.

El Cuadro 1 muestra los resultados del comportamiento invernal y estival de las formas alternativas propuestas. Los coeficientes de determinación obtenidos reflejan el alto grado de asociación entre las variables confrontadas. Pero, los valores de los coeficientes de regresión ( $\beta$ ) muestran con claridad la mayor o menor sensibilidad del sistema constructivo a la variabilidad climática.

Para la estación invernal y para las horas del día en que la temperatura exterior asciende, el coeficiente de regresión  $\beta$  de 0.399 del módulo cuadrado M5, parecería indicar que ésta es la forma adecuada dentro del contexto climático invernal. Para el período del día en el que la temperatura exterior disminuye, la estabilidad de las condiciones ambientales interiores varía notablemente, siendo la forma rectangular M5C la que se comporta mejor como factor de amortiguación de la variancia térmica exterior.

Para el verano son las formas cuadrada y rectangular más alargada (M5 y M5C respectivamente) las que ofrecen un comportamiento más opuesto frente al incremento de las temperaturas exteriores. Los valores de los coeficientes  $\beta$ , indican mejor respuesta por parte de la forma rectangular con un valor de 0.353 frente a un  $\beta$  de 0.429 de la alternativa cuadrada.

Nuestro objetivo es que el edificio se convierta en un sistema amortiguador de la variabilidad externa, con capacidad de conservar, a través del tiempo, la estabilidad de las condiciones ambientales interiores. Siendo la forma constructiva óptima aquella que minimiza pérdidas en invierno y ganancias en verano, de nuestro análisis surge que la forma rectangular más alargada es la que compendia las dos exigencias

Olgyay (1963) dice que la forma óptima de los edificios es aquella que tiene menos pérdidas caloríficas en invierno y menos ganancias en verano. En teoría la configuración óptima parece ser la planta de forma cuadrada, para una misma altura, debido a que ella daría lugar a una menor superficie expuesta. Sin embargo Olgyay (1963) opina que ante características constructivas homogéneas, la forma óptima es la rectangular alargada en dirección este-oeste para plantas rectangulares sencillas. Para edificios localizados en climas templados, propone formas rectangulares con una proporción de lados 1: 1,6. EL análisis del presente trabajo valida los conceptos de dicho autor en cuanto a la forma rectangular de los edificios. El módulo M5A corresponde a las proporciones por él propuestas. No obstante, los resultados del análisis de regresión realizado sugieren, un comportamiento superior de las formas rectangulares con proporciones longitudinales más acentuadas

Es posible que el módulo M5C de proporciones rectangulares más acentuadas no sea el más adecuado en cuanto a la resolución interior del mismo. Mediante la integración de aspectos tecnológicos, físicos, psíquicos, estéticos, económicos, culturales, etc, es posible lograr rendimientos energéticos superiores en la región semiárida pampeana, recurriendo al diseño de configuraciones rectangulares más alargadas.

## CONCLUSIONES

El análisis realizado permite aceptar la hipótesis planteada en el presente trabajo. Surge de aquél una significativa influencia de la forma sobre el balance térmico del edificio y por lo tanto, sobre sus condiciones térmicas internas. Dicen Izard y Guyot (1980) que "la forma del edificio influye en el balance global de la iluminación energética del sol, sobre el coeficiente de pérdida térmica, y sobre el movimiento de los flujos de aire en los accesos del edificio. En los intercambios térmicos con el medio ambiente, la superficie de la envoltura es un factor importante al igual que su naturaleza". Las características morfológica del edificio, deben ser el centro de una estrategia del diseño habitacional dentro de un contexto climático de alta variabilidad estacional.

Actualmente y debido a la crisis energética mundial, arquitectos e ingenieros en general han comenzado a mostrar interés creciente por el problema climatológico. Sin embargo suelen existir obstáculos que impiden concretar las aspiraciones de una arquitectura integrada al clima. Tales obstáculos son el desconocimiento del clima y las directrices urbanísticas que no contemplan el clima del lugar. Suelen ser también obstáculos, las ordenanzas de edificación y las exigencias de explotación del suelo que, al acondicionar la forma del edificio, dejan escaso margen de decisión al proyectista para adaptar su obra al clima local. El proyectista podrá, además, recurrir a otros elementos de diseño como son la disminución relativa de la superficie expuesta de muros, la adecuada distribución de la superficie acristalada y la protección solar.

Quizás, una estrategia válida para fomentar la adopción de medidas energéticas conservacionistas, sea premiar al propietario con una disminución de sus alicuotas impositivas si se aviene a concretar soluciones morfológicas y constructivas adaptadas al clima del lugar.

## BIBLIOGRAFIA

- CAMPBELL, B. (1985). *Ecología Humana; La posición del hombre en la naturaleza*. Salvat Editores, S.A. Barcelona, 275p.
- CASERMEIRO, M. y SARAVIA, L.(1984). Cálculo Térmico Horario de Edificios Solares Pasivos. *In* Asociación Argentina de Energía Solar ed. Reunión de Trabajo, 9a. Actas San Juan, Argentina.
- CIEMAT. (1989).Manual de Diseño Bioclimático.Clima, Lugar y Arquitectura.Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas y Universidad Politécnica de Cataluña y Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España, 119p..
- FILIPPIN, C., RAPALLINI, A. y CASAGRANDE, G. (1988). Análisis de Restricciones Ambientales y Socio-Económicas para el Desarrollo de Proyectos Solares en la Provincia de La Pampa.XIII Reunión de Trabajo de ASADES. Octubre, 1988. Salta, Argentina.
- FILIPPIN, C. y RAPALLINI, A. (1990). Desarrollo de Modelos Probabilísticos como Herramienta para el Diseño en la Arquitectura Solar. XIV Reunión de Trabajos de ASADES. Abril, 1990. Mendoza, Argentina.
- IZARD, J. y GUYOT, A.(1980). *Arquitectura Bioclimática*. Editorial Gustavo Gili, S.A. Barcelona, 191p.
- NUTT, B..(1990). Strategic Issues of Energy Design.*In* 1ST World Renewable Energy Congress, Reading, UK, 23-28 Septiembre, 1990. (4): 2361-2366.
- OLGYAY, V. Algunos Aspectos de la Relación Arquitectura-Clima. *In* Yañez, G. Energía Solar edificación y clima.
- RIFKI, F. (1990). Climate Sensitive Architectural Design Principles In Cyprus *In* 1ST World Renewable Energy Congress, Reading, UK, 23-28 Septiembre, 1990. (4): 2422-2426.
- SAMUELS, R. (1990). Solar Efficient Architecture and Quality of Life: The role of Daylight and Sunlight in Ecological and Psychological Well-Being. *In* 1ST World Renewable Energy Congress, Reading, UK, 23-29 Septiembre, 1990. (4): 2653-2659.
- WELLESLEY-MILLER, S.. (1978). Apuntes acerca de la necesidad de una nueva tecnología para la construcción. *In* La Casa "otra". Editorial Gustavo Gili, S.A. Barcelona. 317p.



# ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE

Georgina Lencina

INGENIERO, Universidad Nacional de Salta

Buenos Aires (17.1.2008)

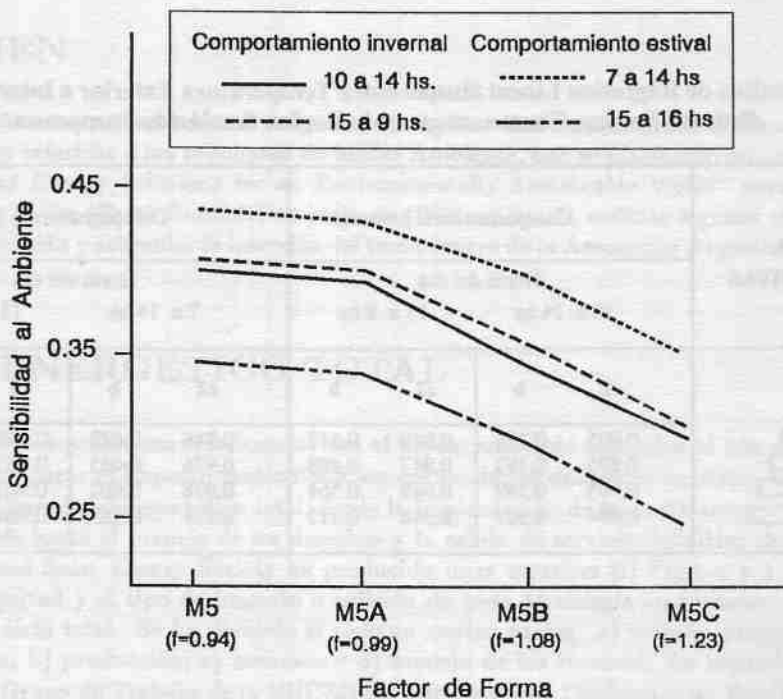






Figura 1 : Respuesta a la variabilidad climática de distintas formas constructivas en un ambiente semiárido.

**Cuadro 1: Analisis de Regresion Lineal Simple entre Temperatura Exterior e Interior para distintas Formas Constructivas en la Region Semiárida Pampeana.**

FORMAS CONSTRUCTIVAS	Comportamiento Invernal				Comportamiento Estival			
	Horas del día				Horas del día			
	10 a 14 hs		15 a 9 hs		7 a 14 hs		15 a 6 hs	
	r2	b	r2	b	r2	b	r2	b
M5 	0.995	0.398	0.949	0.418	0.946	0.429	0.962	0.346
M5A 	0.995	0.392	0.947	0.408	0.976	0.455	0.965	0.342
M5B 	0.995	0.349	0.949	0.364	0.978	0.402	0.967	0.300
M5C 	0.994	0.307	0.948	0.317	0.979	0.353	0.964	0.250