

ANTEPROYECTO DE VIVIENDA SUBURBANA
CON SISTEMAS PASIVOS DE ACONDICIONAMIENTO

Daniel Perone (°) y Elio Di Bernardo (+)

Centro de Estudios Bioambientales (CEB)
Facultad de Arquitectura, Planeamiento y Diseño
Universidad Nacional de Rosario
Riobamba 250 bis - 2000 Rosario

RESUMEN

Localizada en el litoral de la región pampeana, la vivienda está diseñada de modo tal que se espera lograr niveles de confort aceptables en la mayor parte de los períodos fríos y cálidos sin aporte adicional de energías fósiles. Para estimar este comportamiento se realizó un estudio estadístico minucioso de las condiciones climáticas de la zona, de manera de obtener una gama de combinaciones entre las temperaturas medias y la radiación solar disponible, definiendo un conjunto de "días de diseño" de frecuencias conocidas. La evaluación térmica se realizó utilizando un modelo simplificado que permite estimar en forma aproximada la temperatura media en el interior de la vivienda y su variación horaria para cada "día de diseño".

INTRODUCCION

La vivienda se encuentra ubicada en el geotopo pampeano, una planicie naturalmente sin árboles, de clima templado subhúmedo-húmedo, sin estación seca, con altos valores de tensión de vapor y buena disponibilidad de radiación solar. En este nicho ecológico, característico por su extensión topográfica y climática, se radica más del 80% de la población argentina y de él se obtiene prácticamente toda la producción agrícola-ganadera del país. Esta relevancia demográfica y económica refuerza la necesidad de construir masivamente viviendas mediante un uso sensato de los recursos naturales y una real economía de materiales y energía. Esto, sin dudas, exige un esfuerzo del diseñador para concebir la vivienda de modo tal que los costos totales al cabo de su vida útil sean los menores posibles, optimizando la relación entre los costos de construcción, de mantenimiento y de funcionamiento. Así, con un adecuado incremento en el costo de construcción inicial (mejores materiales, bue-

nas aislaciones, etc.) acompañado de correctas decisiones de diseño (formas, colores, orientaciones, etc.) se logrará reducir sensiblemente los costos de mantenimiento y funcionamiento (calefacción y refrigeración artificial), o bien se mejorará la calidad de vida en términos de confort de los usuarios de menores recursos.

DESCRIPCION DE LA VIVIENDA

Emplazada en un amplio lote suburbano de baja masa térmica en sus alrededores, es una unidad de partido compacto con una superficie cubierta de 50 m², de planta cuadrada organizada en un único ambiente que reúne estar, comedor y dormitorio, más un núcleo sanitario de baño y cocina. El estar está conectado con una galería-quincho que se cubre parcial o totalmente con un toldo enrollable de lona blanca. El partido arquitectónico se completa con taludes de tierra y barreras de árboles que protegen las caras sur, este y oeste de los vientos fríos de invierno (figura 1).

Se ha optimizado el diseño de la envolvente minimizando las superficies vidriadas al sur, este y oeste, y protegiéndolas exteriormente con postigos armados con una pulgada de poliestireno expandido y madera terciada, e interiormente con cortinas de tela pesada. De esta manera es posible lograr una conductancia térmica de aproximadamente 1 W/m²C durante las horas de la noche. Las superficies opacas están compuestas por muros de mampostería de ladrillos comunes de 0.30 m de espesor y una aislación térmica de 0.05 m de poliestireno expandido en la cara exterior, protegida por un tabique de panderete revocado y pintado

(°) Becario del CONICET

(+) Director del CEB

ANTEPROYECTO DE VIVIENDA SUBURBANA
CON SISTEMAS PASIVOS DE ACONDICIONAMIENTO

Daniel Perone (*) y Elio Di Bernardo (+)

Centro de Estudios Bioambientales (CEB)
Facultad de Arquitectura, Planeamiento y Diseño
Universidad Nacional de Rosario
Riobamba 250 bis - 2000 Rosario

RESUMEN

Localizada en el litoral de la región pampeana, la vivienda está diseñada de modo tal que se espera lograr niveles de confort aceptables en la mayor parte de los períodos fríos y cálidos sin aporte adicional de energías fósiles. Para estimar este comportamiento se realizó un estudio estadístico minucioso de las condiciones climáticas de la zona, de manera de obtener una gama de combinaciones entre las temperaturas medias y la radiación solar disponible, definiendo un conjunto de "días de diseño" de frecuencias conocidas. La evaluación térmica se realizó utilizando un modelo simplificado que permite estimar en forma aproximada la temperatura media en el interior de la vivienda y su variación horaria para cada "día de diseño".

INTRODUCCION

La vivienda se encuentra ubicada en el geotopo pampeano, una planicie naturalmente sin árboles, de clima templado subhúmedo-húmedo, sin estación seca, con altos valores de tensión de vapor y buena disponibilidad de radiación solar. En este nicho ecológico, característico por su extensión topográfica y climática, se radica más del 80% de la población argentina y de él se obtiene prácticamente toda la producción agrícola-ganadera del país. Esta relevancia demográfica y económica refuerza la necesidad de construir masivamente viviendas mediante un uso sensato de los recursos naturales y una real economía de materiales y energía. Esto, sin dudas, exige un esfuerzo del diseñador para concebir la vivienda de modo tal que los costos totales al cabo de su vida útil sean los menores posibles, optimizando la relación entre los costos de construcción, de mantenimiento y de funcionamiento. Así, con un adecuado incremento en el costo de construcción inicial (mejores materiales, bue-

nas aislaciones, etc.) acompañado de correctas decisiones de diseño (formas, colores, orientaciones, etc.) se logrará reducir sensiblemente los costos de mantenimiento y funcionamiento (calefacción y refrigeración artificial), o bien se mejorará la calidad de vida en términos de confort de los usuarios de menores recursos.

DESCRIPCION DE LA VIVIENDA

Emplazada en un amplio lote suburbano de baja masa térmica en sus alrededores, es una unidad de partido compacto con una superficie cubierta de 50 m², de planta cuadrada organizada en un único ambiente que reúne estar, comedor y dormitorio, más un núcleo sanitario de baño y cocina. El estar está conectado con una galería-quincho que se cubre parcial o totalmente con un toldo enrollable de lona blanca. El partido arquitectónico se completa con taludes de tierra y barreras de árboles que protegen las caras sur, este y oeste de los vientos fríos de invierno (figura 1).

Se ha optimizado el diseño de la envolvente minimizando las superficies vidriadas al sur, este y oeste, y protegiéndolas exteriormente con postigos armados con una pulgada de poliestireno expandido y madera terciada, e interiormente con cortinas de tela pesada. De esta manera es posible lograr una conductancia térmica de aproximadamente 1 W/m²C durante las horas de la noche. Las superficies opacas están compuestas por muros de mampostería de ladrillos comunes de 0.30 m de espesor y una aislación térmica de 0.05 m de poliestireno expandido en la cara exterior, protegida por un tabique de panderete revocado y pintado

(*) Becario del CONICET

(+) Director del CEB

de blanco, siendo la conductancia total del muro de $0.5 \text{ W/m}^2\text{C}$ aproximadamente.

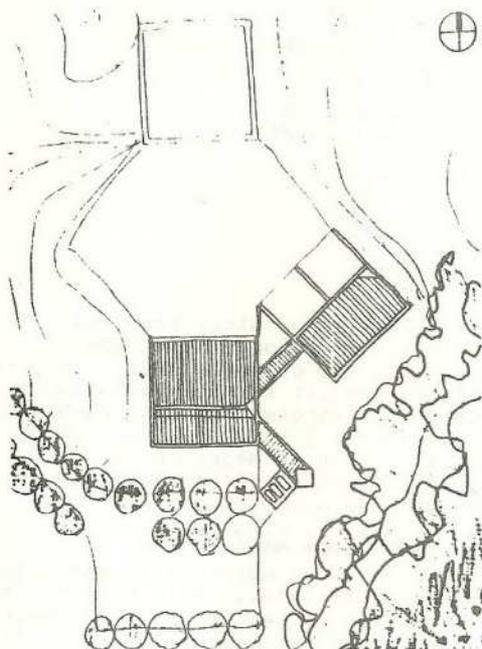


Figura 1 Planta de ubicación

El techo es "liviano", con estructura portante de madera y cubierta metálica de chapa galvanizada pintada de blanco, aislado con 0.08 m de poliestireno expandido sobre un cielorraso de madera machimbrada. Su conductancia térmica sería apenas del orden de $0.4 \text{ W/m}^2\text{C}$.

La piel captora norte combina tres sistemas de aprovechamiento solar pasivo:

1. Áreas de ganancia directa en la fachada (4.6 m^2) y en el quiebre de la cubierta (3.1 m^2) que representan alrededor de un tercio del total de superficie colectora, porcentaje que se estima como el máximo admisible para evitar un sobrecalentamiento excesivo del aire en los mediodías de abundante radiación solar. Las ventanas de la fachada, longitudinales en el sentido vertical, están protegidas exteriormente por cortinas de enrollar de madera pintadas de blanco, e interiormente por postigos rebatibles similares a los ya descritos; las ventanas altas cuentan sólo con el postigo interior por razones constructivas y de manejo (1).

2. Muros captadores acumuladores de hormigón de 2200 Kg/m^3 y 0.40 m de espesor, protegidos con vidrios simples de 6 mm y cortina de enrollar de madera. La descarga es directa sin termocirculación, con un retardo aproximado de 10 horas y un amortiguamiento de la onda térmica del orden del 80%. La cara externa del muro es verde oscuro con una absorptancia en la gama solar estimada en 0.90 aproximadamente y la cámara de aire es de 50 mm .

3. Muro captor acumulador de alto calor específico (6.3 m^2) constituido por tambores metálicos pintados también de verde oscuro y llenos de agua, asentados al trebolillo sobre una estructura metálica. El muro está protegido por un vidrio translúcido y una cortina de enrollar similar a las anteriores. La descarga es controlada interiormente por una placa liviana rebatible de madera terciada, de menor resistencia térmica que la protección exterior. El manejo de esta placa brinda varias alternativas de control: estando cerradas totalmente permite retardar la descarga del muro, abriéndolas es posible descargar directamente el acumulador, o bien abriendo las rejillas inferiores y superiores permite extraer el calor almacenado por termocirculación natural.

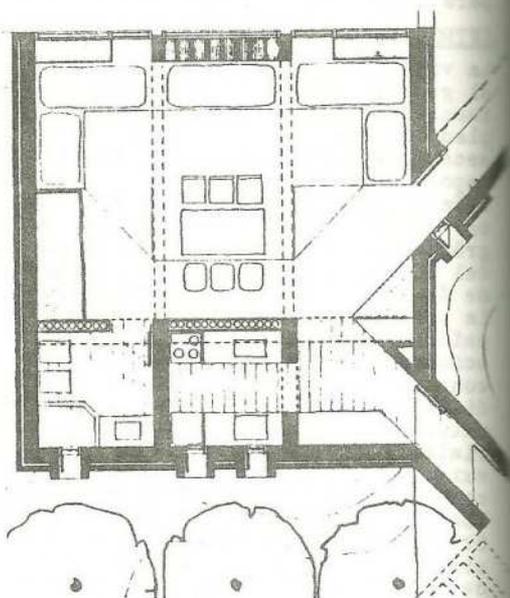


Figura 2 Planta

La fachada norte presenta entonces un plano completo de vidrio, aunque con distintas superficies absorbentes por detrás, con una carpintería metálica de escuadrias delgadas y pintada también de verde oscuro.

Si bien se ha optimizado el tamaño de las ventanas captoras, se intentará atenuar el efecto del sobrecalentamiento del aire durante los mediodías de abundante radiación solar, impulsando el aire estratificado sobre la masa térmica interna de la vivienda. Esa masa térmica está formada en parte por el contrapiso de hormigón de piedra de 2200 Kg/m³ y 0.20 m de espesor, que está aislado por una franja de un metro de ancho y 0.05 m de espesor de poliestireno expandido de descarte embolsado en polietileno de 100 micrones, en todo el borde de la vivienda. Esto es a los efectos de reducir las pérdidas perimetrales de calor a través del piso.

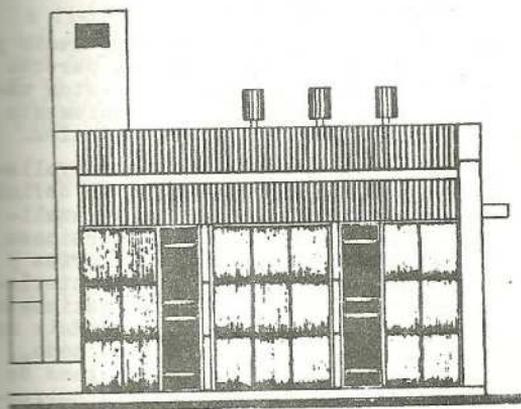


Figura 3 Fachada norte

Colaboran en gran medida también la masa de los muros de la envolvente y la de los "muros almacenadores de agua" que separan baño y cocina del ambiente principal.

El acondicionamiento estival de la vivienda está confiado en primer lugar a la alta reflectancia, resistencia e inercia térmica de toda la envolvente no captora y a las protecciones previstas para las áreas vidriadas, lo que reducirá sin dudas el sobrecalentamiento de la masa estructural por incidencia del sol y la temperatura del aire. En segunda instancia, el enfriamiento necesario se podrá lograr mediante ventilación natural cruzada durante el día, para lo cual se dispone de aberturas en las ventanas en-

frentadas de las caras norte y sur y a distintas alturas, de modo que se facilite el "barrido" completo de todos los locales y el movimiento convectivo del aire sobre las personas. Esto, obviamente, cuando la velocidad del viento lo permita y siempre y cuando la temperatura del aire exterior no supere los 29 o 30 C y sea elevada la tensión de vapor. En ese caso, se recomienda cerrar las ventanas, agitar el aire interior (mediante ventiladores de techo, por ejemplo) y/o extraer el calor latente metabólico con extractores de aire convencionales o bien con los "savonius" colocados en la cumbre del techo. Durante la noche, dada la baja masa térmica del entorno, es posible aprovechar los vientos frescos para enfriar convectivamente la masa térmica interior impulsando el aire a través de la misma (de manera natural o forzada cuando fuera necesario).

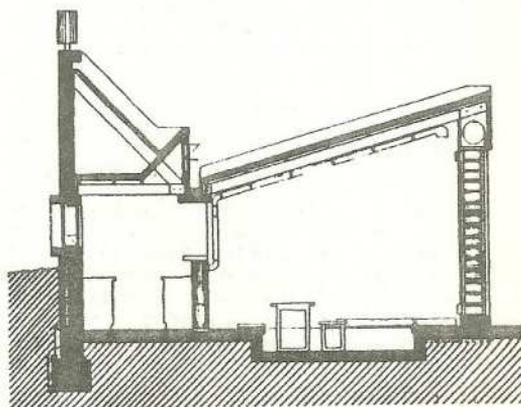


Figura 4 Corte transversal

Además, las ventanas altas en el quiebre del techo permiten recoger el aire exterior que se desliza, sub-enfriándose, en contacto con la cubierta metálica que estará a menor temperatura debido al efecto del enfriamiento radiante, especialmente si el cielo está despejado de nubes durante la noche. Para mejorar dicho efecto radiante, la chapa será pintada de color blanco de modo de lograr alta reflectancia en la gama solar y alta emisividad en la gama térmica, para aproximarse al comportamiento de un radiador selectivo ideal. Se ensayará también un sistema de enfriamiento evaporativo indirecto (sin agregar humedad al aire interior) rociando con agua la cubierta, a fin de que la temperatura de la chapa se acerque a la de bulbo húmedo.

ANÁLISIS CLIMÁTICO

Todo intento de estimar y/o predecir el comportamiento térmico de una vivienda requiere necesariamente un conocimiento preciso del clima de la región. Dentro de las múltiples variables que definen las características climáticas, para la región pampeana y en el caso del invierno, los dos factores que inciden fundamentalmente son la temperatura del aire y la radiación solar disponible.

En términos generales el clima de la ciudad de Rosario y su zona de influencia (33° latitud sur, 60° longitud oeste y 30 m de altitud sobre el margen occidental del Río Paraná) se encuadra según Thornthwaite (2) en el tipo pampeano subhúmedo húmedo. Las cuatro estaciones están claramente definidas, con dos períodos de transición relativamente cortos, un período cálido que se extiende desde diciembre hasta marzo, y otro frío que comienza a fines de mayo y termina a principios de setiembre, del cual los datos meteorológicos promedios son los siguientes (3):

temp máximas medias	16 - 18 C
temp mínimas medias	4 - 6 C
temp medias	9 - 12 C
radiación solar (4)	8 MJ/m ² dfa

Sin embargo, todos estos valores medios no alcanzan para describir adecuadamente las condiciones del clima de la región, ya que al promediar todo el conjunto de datos disponibles se encubren las frecuencias, variaciones y dispersiones de las variables, medidas que realmente interesan para diferenciar las características microclimáticas de un área determinada.

En consecuencia, creemos poco adecuado adoptar el criterio de grados-día para analizar térmicamente una vivienda en base a la temperatura media exterior de todo un período y a una temperatura interior constante preestablecida. Esto es por las dificultades de su estimación en una región de clima templado y variable como el nuestro, y además por las condiciones socioeconómicas generales de la población; suponer que un usuario logrará mantener artificialmente una temperatura media constante de confort en el interior de toda su vivienda durante todo el invierno, es sin dudas una hipótesis demasiado optimista y difícilmente verificable.

Por otro lado, la estimación de la radiación solar diaria y horaria que incide sobre la envolvente del edificio

es sumamente complicada si se recurre a los registros y métodos convencionales. En primer lugar, la ausencia de estaciones de medición en la zona obliga a interpolar los valores correspondientes a estaciones más o menos cercanas, que además no cuentan en todos los casos con mediciones de períodos suficientemente prolongados. Luego, es sabida la propia incertidumbre de los datos registrados (hasta un 20% en algunos casos) producto de fallas en el instrumental, falta de mantenimiento, errores de integración, etc. (5). Por último, todos los métodos para calcular las componentes directa y difusa de la radiación global registrada en un plano horizontal (necesarios para estimar la radiación incidente sobre el resto de los planos del edificio) introducen cierto número de suposiciones que no hacen sino aumentar el grado de incertidumbre sobre los valores obtenidos (constantes empíricas según tipificaciones climáticas globales, nubosidad media mensual no ponderada, etc.) (6).

Es por ello que, para nuestro medio y según nuestros objetivos, no parecen resultar del todo adecuados estos métodos para reproducir razonablemente las condiciones climáticas locales.

Consecuentemente, la idea desarrollada en este trabajo consiste en definir un conjunto de días de diseño analizando las frecuencias y dispersiones de las temperaturas medias diarias y horarias, completando las características de los días de diseño estimando directamente la radiación mediante modelos de sol y cielo. De este modo, es posible cubrir una amplia gama de situaciones y sus frecuencias correspondientes en todo el período, lo cual permitirá evaluar el comportamiento térmico probable de la vivienda.

Se estudiaron por separado los períodos fríos y cálidos, haciendo énfasis en distintas variables definitorias en cada caso, presentándose en este trabajo las conclusiones obtenidas para el invierno.

Se analizó estadísticamente el comportamiento de la variable "temperatura de bulbo seco media diaria" (TBS) para los meses de junio, julio y agosto entre los años 1979 y 1983 (7). La figura 5 es el diagrama de frecuencias absolutas (f_x) y relativas (f_x/n) que representa la distribución de la variable TBS, siendo n la población total de la muestra (460 días). En dicho polígono de frecuencias puede comprobarse que en el 21% de los días anali-

datos se observaron temperaturas medias que oscilaron entre 7 y 9 C, que fué el intervalo que presentó la mayor frecuencia (intervalo modal).

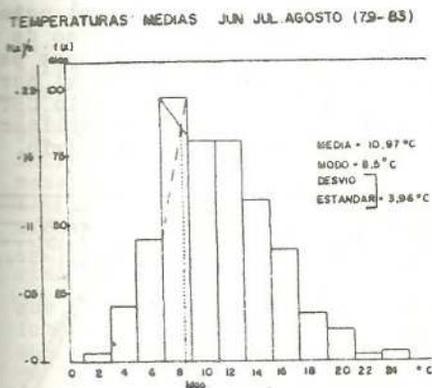


Figura 5 Frecuencias de la TBS

La figura 6 completa la descripción del comportamiento de la variable, ya que permite identificar las frecuencias acumuladas absolutas (Fx) y relativas (Fx/n) que le corresponde a cada intervalo.

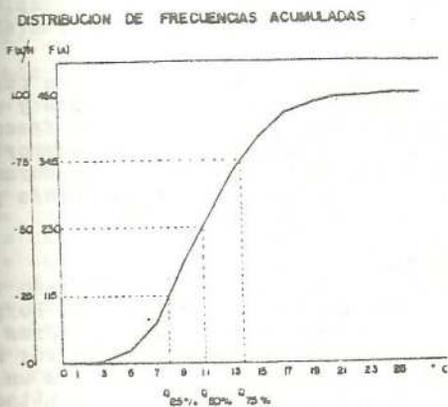


Figura 6 Frecuencias de la TBS

El valor más bajo observado no fué inferior a 2 C y el más alto no superó los 26 C, obteniéndose una media aritmética (\bar{x}) de 11.0 C con un desvío estándar o dispersión de 4.0 C, y un modo (m) de 8.5 C.

Todas estas medidas de posición utilizadas simultáneamente describen más adecuadamente el comportamiento de la variable que la simple media aritmética, que muchas veces se emplea en forma aislada. Por ejemplo, en este caso la media sola no sería demasiado re-

presentativa debido a la asimetría del polígono de frecuencias, provocada probablemente por las temperaturas más altas observadas en los meses de agosto.

A partir de este análisis se tomaron los días que registraron temperaturas medias comprendidas en el intervalo modal, discriminándolos según la heliofanía relativa diaria y la nubosidad observada en las horas cercanas al mediodía solar (de 9 a 17 horas):

- 41% de días "despejados"
- 24% de días "semicubiertos"
- 35% de días "nublados"

Tomando el primer y último grupo (75% del total de la muestra) se estudiaron por separado las temperaturas horarias respectivas. Las figuras 7 y 8 definen el entorno correspondiente al comportamiento de la temperatura horaria para los días con sol (heliofanía superior al 70%) y sin sol (heliofanía inferior al 25%) respectivamente.

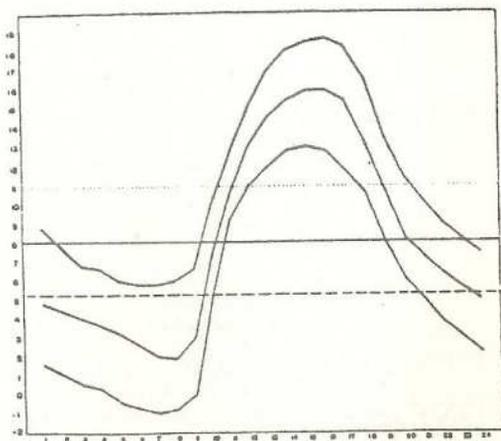


Figura 7 Días soleados

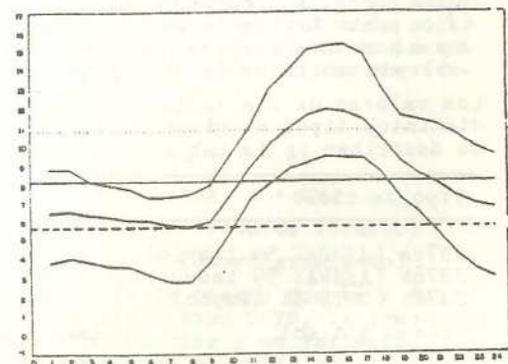


Figura 8 Días nublados

Para cada grupo, los límites máximos y mínimos del entorno se construyeron a partir de unir los valores extremos de la variable en cada hora, descartándose las observaciones muy dispersas.

De esta manera, se dispone de una gama de, por lo menos, seis situaciones distintas para el intervalo modal según se tomen las fluctuaciones máximas, mínimas o medias, pudiendo extenderse este tipo de análisis a cualquiera de los otros intervalos de frecuencia y también al período cálido.

Para completar las condiciones climáticas básicas de los días de diseño, es posible asignarles valores de radiación solar global estimados mediante el modelo de sol y distribución de brillos celestes (8), que se describe sintéticamente a continuación:

$$ESN = K \zeta^m \quad \text{para } 10^\circ \leq h \leq 90^\circ$$

$$E(b) = ESN (\cos i + K_1 \cos i + K_2 \cos h \cos a \sin b) + K_3 C$$

donde:

ESN = radiación solar directa sobre plano normal

E(b) = radiación solar global sobre cualquier plano

ζ = transmitancia de la atmósfera

m = número de masas atmosféricas

h = altura del sol

i = ángulo de incidencia de la radiación

b = diferencia angular entre el plano y el horizonte

a = diferencia acimutal entre el sol y la normal al plano

C = factor de "cielo" del cielo visible $(1 + \cos b)/2$

K = radiación solar directa para m = 0

K₁ = porcentaje correspondiente a la aureola solar

K₂ = porcentaje correspondiente al punto brillante en el horizonte

K₃ = porcentaje correspondiente a la emitancia de la bóveda de cielo

Los valores de las variables para los distintos tipos de cielo a utilizar se describen en la tabla 1:

Tipo de cielo	K (Kcal/hm ²)	ζ	K1	K2	K3
JB78a (ASHRAE 59 limpio)	950	0.83	--	0.11	0.12
JB78b (ASHRAE 59 industrial)	650	0.77	0.11	0.15	0.26
JB78c (CSTB 61 limpio)	910	0.81	--	--	0.17
Blanco sin sol	E _{max} = 400 Kcal/hm ² para h=90° m=1 y b=0°				

Tabla 1

Se diseñó y elaboró un programa de computación en BASIC que permite obtener los valores de radiación global instantánea e integrada diaria, para cualquier latitud, fecha, tipo de cielo y posición del plano en el espacio. La figura 9 muestra las curvas de radiación solar global calculadas para un plano vertical orientado al norte en latitud 33° sur y con cielo CSTB 61 limpio, para distintas declinaciones solares (δ) del período frío.

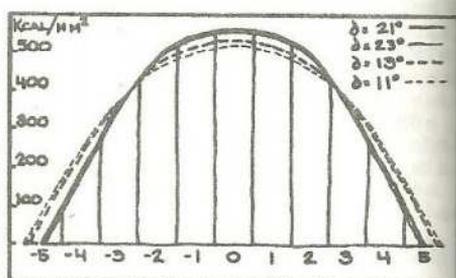


Figura 9 Radiación solar global

Los valores diarios y horarios son tan aproximados que es aceptable asignar una declinación media para cualquier día del invierno (por ejemplo $\delta = 21^\circ$) sin incurrir en errores significativos.

Definidos los días de diseño en cuanto a los valores de temperatura y asoleamiento, y conociendo sus frecuencias, es posible estimar el comportamiento térmico de la vivienda durante la mayor parte de las situaciones posibles del período invernal.

EVALUACION TERMICA

El método de evaluación utilizado fue desarrollado por el Arq. Jorge Borgato (9) y permite calcular en forma aproximada la temperatura interior media y la variación horaria para un determinado día de diseño. Este método fue adoptado porque, por su simplicidad y rapidez, le brinda al arquitecto no especializado, una herramienta eficaz para evaluar y comparar térmi-

amente diseños alternativos. Para ello es necesario establecer algunas hipótesis simplificadoras tales como:

- que la temperatura interior es más o menos uniforme en todos los puntos del espacio de la vivienda.
- que el calor solar es absorbido en primera instancia por el aire interior y luego es transferido convectivamente a la masa constructiva, es decir, que se desprecia la incidencia solar directa sobre la masa acumuladora, teniendo en cuenta las obstrucciones por amoblamientos, alfombras, etc., y dada la claridad usual de las superficies interiores.
- que las pérdidas de calor son uniformes a lo largo del día para la envolvente pesada y variables para la piel liviana con protección móvil.
- que las ganancias de calor internas y externas igualan a las pérdidas al cabo del día.

Con lo cual puede definirse la siguiente ecuación de equilibrio:

$$\int_{-12}^{+12} (V + \Sigma CS) (t_i - t_e) dt =$$

$$\int_{-12}^{+12} (M + L) dt + \Sigma K S Q$$

donde:

- V = pérdidas por infiltraciones de aire (W/C)
- C = conductancia térmica (W/m²C)
- S = superficies de la envolvente (m²)
- t_i = temperatura interior (C)
- t_e = temperatura exterior (C)
- M = calor sensible metabólico (W)
- L = calor sensible por artefactos (W)
- $\alpha = C \times Re + \tau$
- α = absorptancia en la gama solar
- τ = transmitancia en la gama solar
- Re = resistencia superficial (m²C/W)
- Q = radiación integrada diaria (Wh/m²)

Esta ecuación permitiría calcular sin ninguna dificultad la temperatura interior media si el término (V + ΣCS) fuera constante. No siendo así, hacemos la aproximación de suponer que es en cambio constante la diferencia, es decir:

$$(t_i - t_e) \approx \text{constante} \approx (\bar{t}_i - \bar{t}_e)$$

y tenemos entonces que:

$$\bar{t}_i = \frac{\int_{-12}^{+12} (M + L) dt + \Sigma K S Q}{\int_{-12}^{+12} (V + \Sigma CS) dt} + \bar{t}_e$$

Con esta ecuación se calcularon las

temperaturas medias interiores que se muestran en la figura 10, para varias combinaciones de temperaturas exteriores medias y modelos de sol y cielo.

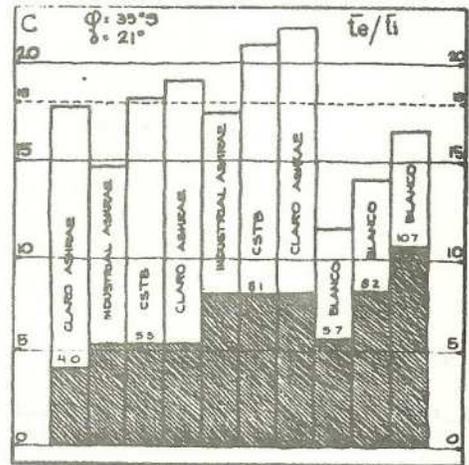


Figura 10 Temperaturas medias

Obtenida la temperatura interior media, para cualquier día de diseño seleccionado se puede calcular la variación horaria con:

$$t_i = \frac{M + L + E S v K + \alpha S \bar{t}_i + \Sigma C S t_{sap} + (V + C v S) t_e}{\Sigma A S + \Sigma C S + V + C v S}$$

donde:

- E = radiación solar (W/m²)
- SvK = fracción de radiación solar transmitida por las ventanas
- AS = conductancia de la masa térmica interior (W/C)
- t_{sap} = temperatura sol-aire-panel (C)
- CvS = conductancia de ventanas (W/C)

Siguiendo con el criterio de evaluar simplícidamente los fenómenos térmicos, el efecto combinado de la temperatura del aire y la radiación solar incidente sobre cada plano de la envolvente se calculó con las siguientes aproximaciones:

$$t_{sa} = t_e + (E \alpha Re)$$

$$\bar{t}_{sa} = \bar{t}_e + (Q \alpha Re) / 24 \text{hs}$$

$$t_{sap} = (t_{sa} - \bar{t}_{sa}) a + \bar{t}_{sa}$$

$$r = 4 \text{ cm/hr (retardo térmico)}$$

$$a = 2 \text{ hs/r (amortiguamiento)}$$

Para un día de diseño con $\bar{t}_e = 5.3 \text{ C}$ y cielo claro tipo CSTB, la temperatura media interior y su variación horaria aproximada se puede apreciar en la figura 11.

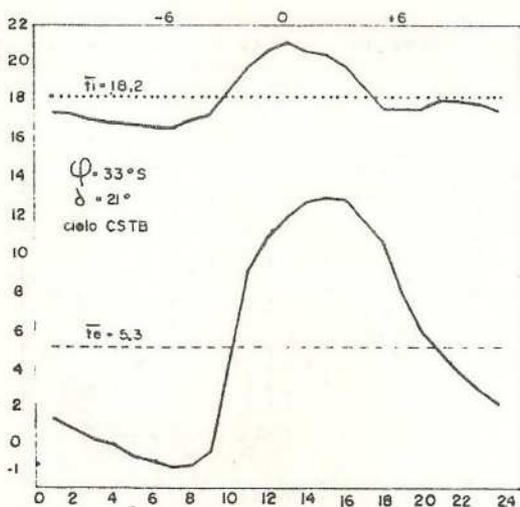


Figura 11 Variación horaria estimada de la temperatura interior

CONCLUSIONES

Los niveles de confort estimados son más que aceptables en prácticamente todas las situaciones estudiadas del período frío. Con lo cual es posible demostrar cómo un adecuado diseño arquitectónico combinado con simples sistemas de aprovechamiento solar pasivos y un relativo incremento en los costos iniciales de construcción, permitiría conseguir una real economía de energías convencionales a lo largo de la vida útil de la vivienda. El diseño de los sistemas captadores-acumuladores, el razonable porcentaje de las áreas de ganancia directa, y la alta resistencia y masa térmica de la vivienda, permiten lograr para esta zona bioclimática temperaturas interiores adecuadas y además con muy poca amplitud térmica diaria.

Si bien creemos que es prácticamente imposible predecir exactamente el ahorro total de energía que se podría lograr en una vivienda (ya que ello significaría presuponer un determinado comportamiento tanto del usuario como del clima), con la idea de definir un conjunto de días de diseño y sus frecuencias probables es posible comparar dos proyectos en su comportamiento térmico natural. Y haciendo algunas aproximaciones e hipótesis simplificatorias, estimar el ahorro energético relativo entre un diseño convencional y otro "térmicamente racionalizado", en el que todos los detalles se han ajustado de modo de lograr una "rela-

ción bioambiental" entre la vivienda y las circunstancias naturales de su entorno.

COLABORACIONES

Los autores agradecen a los demás integrantes del Centro de Estudios Bioambientales, y especialmente las colaboraciones de N. Cannelli, J. Vazquez y N. Glikstein en el análisis climático, de D. Martín, N. Mastrogiuseppe y A. Ravetto en el anteproyecto de la vivienda, de R. Tarditti en la verificación del modelo térmico, y de L. Legorio y P. Medina en la graficación.

REFERENCIAS

- (1) E. Di Bernardo, J. Elicabe Urrutia y R. Piacentini. "Consumo energético de la vivienda SOL 55 y experimentación de su muro colector acumulador". Presentado en la 6ª Reunión de Trabajo de ASADES 1980.
- (2) Burgos y Vidal. "Los climas de la República Argentina según la nueva clasificación de Thornthwaite".
- (3) Servicio Meteorológico Nacional. "Estadísticas Climatológicas 1950-1960".
- (4) H. Grossi Gallegos. "Evaluación preliminar del recurso solar en Argentina". Presentado en la 8ª Reunión de Trabajo de ASADES 1981.
- (5) Duffie y Beckman. "Solar engineering of thermal processes". 1980.
- (6) H. Grossi Gallegos y otros. "Relaciones entre las componentes difusa y global de la radiación solar". Presentado en la 7ª Reunión de Trabajo de ASADES 1981.
- (7) Servicio Meteorológico Nacional. "Registros diarios y horarios de la Estación Meteorológica Aeropuerto Fisherton 1979-1983".
- (8) J. Borgato. "Un modelo analítico para la radiancia de cielos despejados de distinta turbidez y arbitraria extensión visible". Facultad de Arquitectura (UNR) publicación interna 1979.
- (9) J. Borgato. "Calefacción solar directa". Facultad de Arquitectura (UNR) publicación interna 1981.