

CLIMATIZACION NATURAL DE DOS VIVIENDAS  
EN EL AREA BIOCLIMATICA DE ROSARIO

Elio Di Bernardo\*

Centro de Estudios Bioambientales  
Facultad de Arquitectura, Planeamiento y Diseño  
Universidad Nacional de Rosario  
Rio Bamba 250 bis- 2000 Rosario

Resumen

Se describen las decisiones de diseño de dos viviendas y el comportamiento térmico de invierno predecible de una de ellas. Ambas se encuentran en construcción en el área bioclimática de Rosario, pero en zonas de muy distinta masa térmica del entorno.

Se comparan los sistemas de ventilación nocturna de verano, que se han planteado de distinta manera por encontrarse ambas viviendas en entornos distintos.

Introducción

Las viviendas se presentan juntas a los efectos de poder comparar las decisiones adoptadas para una misma área bioclimática, pero diferenciada por distintas condiciones del entorno físico. Además, una resulta un diseño original, mientras que la otra es una modificación y ampliación de una vivienda anteriormente construida.

El criterio de aprovechamiento solar, así como con variantes en el sistema captador, desde el punto de vista del subsistema térmico muestra analogías evidentes que consisten en vincular espacialmente ambos niveles de la vivienda, a los efectos de disminuir el sobrecalentamiento diurno de la planta baja haciendo que el aire sobrecalentado ascienda a la planta alta. De esta manera se mejora el calentamiento de la masa térmica de los dormitorios.

Una de las diferencias está dada por las relaciones entre área captora y superficie cubierta que en la vivienda ampliada y reformada queda determinada por la orientación este-oeste del techo y por la superficie construida.

La ventilación nocturna de verano para el enfriamiento convectivo de la masa, presenta características bien diferenciadas. La vivienda urbana en base a la menor disponibilidad de vientos de superficie y el menor salto de temperaturas del aire nocturno, aprovechable (lo que exige un mayor caudal de ventilación), tiene una "chimenea" de ventila-

ción en todo el largo de los dormitorios. La vivienda suburbana, por el contrario, utiliza la propia estructura de sostén del tanque para formar una "chimenea" que acentúe la ventilación natural.

Descripción casa Carignani

La vivienda se encuentra ubicada en un área céntrica con masa térmica grande. Calles y veredas totalmente pavimentadas, pocos árboles; la manzana está edificada entre un 60 a 70% de su superficie y en dos plantas de altura. Las superficies de las azoteas, en general, con una absorción del orden del 70%.

La primera construcción data de 1928 y consistía en una fila de habitaciones con el baño y la cocina al final, separadas del patio mediante una galería orientada en todo su largo al norte.

La segunda construcción data de 1958 en donde se agregaron una cochera y zaguán al frente y un comedor a la altura de la cocina; la galería continua quedó interrumpida perdiendo todo carácter, formándose ahora un patio rectangular semicubierto por la galería. El primer partido arquitectónico interesante en lo bioclimático, aunque con problemas en lo funcional, había perdido todo su sentido. El remanente de la galería ahora transformado en patio rectangular se recupera desde el punto de vista bioclimático, transformándose en un estar invernal, con vidrioado vertical de doble altura escalonado al norte.

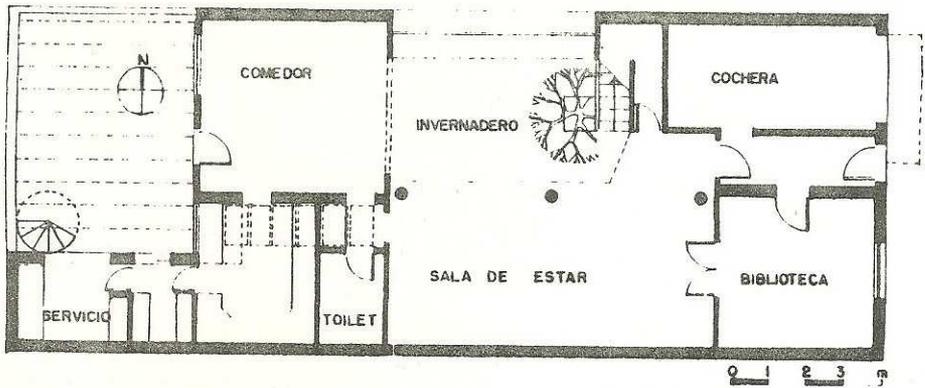
La planta baja reúne las actividades de recepción y servicio, mientras que en la planta alta se encuentra la zona de íntimo, figuras 1, 2 y 3.

Partido térmico

La medianera en planta baja, ya construida, linda en un 60% de longitud con otra vivienda, mientras que la medianera norte en sus dos pisos y desde el frente hasta el patio de doble altura, también está en contacto con otra vivienda.

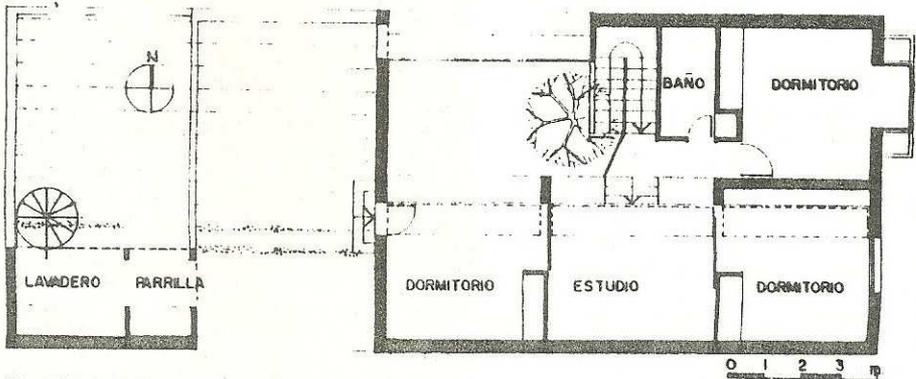
La parte nueva construida, los dos dormi-

\*Prof. Asociado de la Facultad de Arquitectura, Planeamiento y Diseño. U.N.R. Director del Centro de Estudios Bioambientales (CEB).



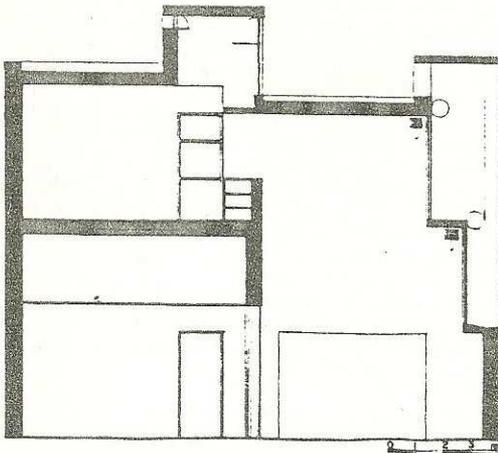
PLANTA BAJA

FIG. 1



PLANTA ALTA

FIG. 2



CORTE TRANSVERSAL POR EL INVERNADERO FIG. 3

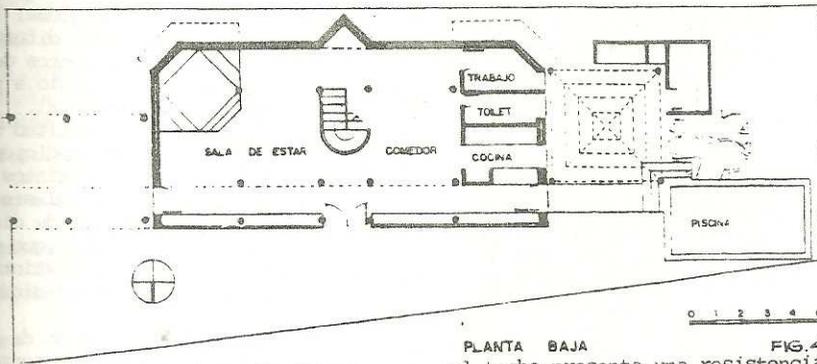
torios y el estudio en planta alta, se han realizado mediante dos tabiques de ladrillo común con 4 cm. aproximadamente de poliestireno expandido al medio. El techo de los dormitorios y del estar invernadero, está construido con viguetas pretensadas interponiendo entre la losa y el hormigón de pendiente 6 cm. de po-

liestireno expandido protegido con films de polietileno de 0,2 mm. de espesor. Los dormitorios cuentan con un área de ganancia directa de 15 m<sup>2</sup> a razón de 0,3 m<sup>2</sup> de vidrio por metro cuadrado de superficie cubierta y la relación entre el área de ganancia directa y la superficie de masa térmica en contacto directo es de aproximadamente 1 a 9. Esta ganancia directa está protegida interiormente con una cortina pesada.

El estar invernadero está limitado al norte mediante un área vidriada en dos planos escalonados, para facilitar su limpieza exterior, con una superficie que totaliza 22 m<sup>2</sup> y está protegida exteriormente con una cortina de enrollar de PVC color blanca e interiormente con cortina de tela pesada.

El lucernario colocado sobre el techo de los dormitorios, que está destinado además a la ventilación nocturna de verano, presenta dos filas continuas de ventanas, de 12,6 m de largo, orientadas al norte y al sur en la dirección de los vientos reinantes y dominantes.

De esta manera el lucernario, en función de la dirección de los vientos puede actuar como catavientos, haciendo que el aire fresco se introduzca por la ventana alta, expulsando el aire interior por las ventanas colocadas en el vidriado del estar invernadero, o bien acentúa el efecto chimenea mejorando la salida de aire por el



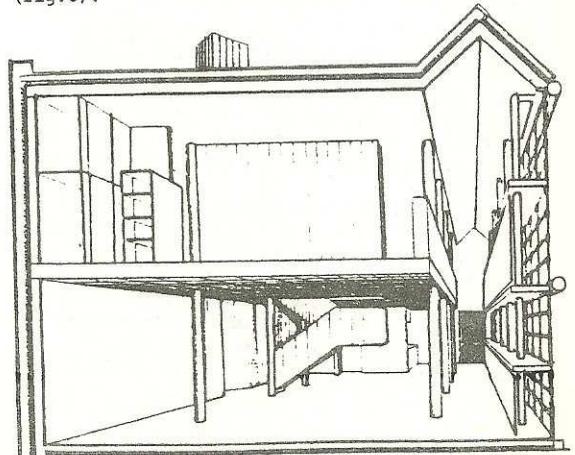
PLANTA BAJA FIG. 4

el techo presenta una resistencia térmica alta. Este techo tiene un plano inclinado a 45° destinado a la colocación de sistemas activos, (fig. 6).

haciendo que penetre aire fresco en las ventanas colocadas al norte y que estén enfrentadas hacia un jardín con césped y arbustos. La menor disponibilidad de vientos de superficie en las áreas urbanas, el menor salto de temperaturas útil debido a las temperaturas altas, más altas por la masa térmica del entorno, exige un área de ventilación grande que además permitirá una mejor distribución del aire y menores molestias ante la necesidad de grandes volúmenes de renovación.

Descripción casa Anitabi

La vivienda se encuentra ubicada en un terreno en esquina vecino a Sol 55 en una zona de baja masa térmica; muchos árboles, pisos prácticamente sin pavimentos y relación de superficie edificada a superficie de terreno menor del 5%.



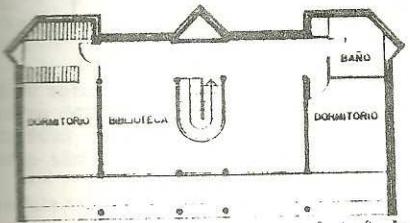
CORTE PERSPECTIVADO FIG. 6

La ventilación nocturna de verano se plantea utilizando como chimenea el espacio triangular sobre la pared sur que remata por encima del tanque de acumulación de agua.

La entrada de aire se realiza desde la fachada norte en planta baja, ingresando desde una zona de césped y arbustos. La masa térmica es de alrededor de 65MJ/°C correspondiendo aproximadamente 0,4MJ/°C por m<sup>2</sup> de superficie cubierta. La fachada norte tiene 61m<sup>2</sup> de superficie, correspondiendo el 36% a área de ganancia directa y el 64% restante a muros de agua con un volumen del orden de los 5.000 litros. Descartando la carpintería, el área de vidrio neto resulta del orden de los 50m<sup>2</sup>.

Las resistencias térmicas de las distintas partes son las siguientes:

- Paredes no captoras en planta baja:  $R = 1,12 \frac{m^2}{m^2C/W}$
- Paredes no captoras en planta alta:  $R = 1,33 \frac{m^2}{m^2C/W}$
- Techo:  $R = 1,63 \frac{m^2}{m^2C/W}$
- Ventanas en horas de sol:  $R = 0,16 \frac{m^2}{m^2C/W}$
- Ventanas durante horas de la noche:  $R = 0,50 \frac{m^2}{m^2C/W}$



PLANTA ALTA FIG. 5

Se encuentra edificada en dos plantas; en la planta baja se ha ubicado la recepción y los servicios y en la planta alta dormitorios, biblioteca y sala de juegos (fig. 4, 5 y 6). El partido arquitectónico rescata el tipo de la casa longitudinal típico de la región, con habitaciones apareadas al norte a través de una galería en todo su frente. En el presente ejemplo esta galería se ha transformado en una doble altura sobre la que se vuelca la planta alta.

Esta doble altura permite una termocirculación del aire, reduciendo el sobrecalentamiento como de la planta baja y permitiendo una mejor acumulación en la planta alta a los efectos de hacer frente a las horas nocturnas. Es a partir de este efecto que las resistencias térmicas de las paredes de planta alta es mayor que la de planta baja, mientras que

Comportamiento térmico de invierno

La predicción del comportamiento térmico de invierno se realiza para la temperatura media interior. En el trabajo presentado en esta misma reunión "Anteproyecto de vivienda mínima suburbana con sistemas pasivos de acondicionamiento", se realiza un cálculo de la evolución horaria de las temperaturas.

El criterio adoptado y desarrollado en el CEB consiste en definir estadísticamente un conjunto de días de diseño y sus frecuencias en el período frío (fig. 7); con la adecuada decisión de estos días se pretende representar las características del clima de invierno de la región.

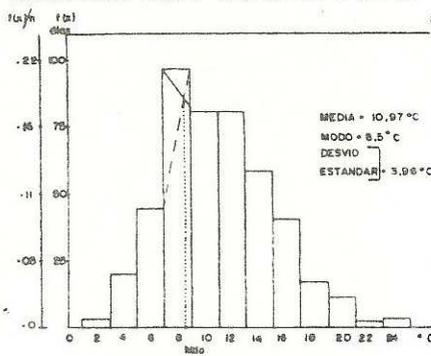
Estos días de diseño se describen con la evolución horaria de temperaturas y se han combinado con distintos modelos de Sol y distribución de brillos celestes, intentando de este modo, reproducir de manera convincente las situaciones reales (1).

Este criterio nos permite comparar diseños a los efectos de su optimización y predecir su comportamiento para distintas condiciones que en conjunto representan el clima de la región. Una herramienta para comparar diseños resulta de importancia capital para la tarea de los arquitectos.

Este criterio se aparta evidentemente del generalizado que tiende a calcular el "factor de ahorro solar".

Por las características de las condiciones socio-económicas del país creemos conveniente este criterio de días de diseño en vez que el de grados días que a su vez presenta dificultades para su determinación en el período cálido y aún en el invierno en nuestra región.

TEMPERATURAS MEDIAS JUN. JUL. AGOSTO (79-83)



dientes al cielo local, constantes que nos permiten discernir en la radiación global los valores correspondientes a la radiación difusa y a la directa a fin de encontrar los montos de radiación para cualquier plano en el espacio, a partir de los valores sobre plano horizontal.

Por lo tanto la pretendida exactitud de las condiciones para reproducir las condiciones locales no son tales, por lo que con distintos modelos de sol y distribución de brillos celestes combinados adecuadamente con los días de diseño se obtiene una amplia gama de posibilidades, que nos permite predecir el comportamiento de distintos diseños y optimizarlos para cualquier condición del clima de la localidad.

Los modelos de sol y distribución de brillos celestes (2) utilizados son los siguientes:

$$ESN = K \tau^{1/\text{sen } h} \quad 10^\circ \leq h \leq 90^\circ$$

$$E(b) = ESN (\cos i + k_1 \cos i + k_2 \cos h \cos a \text{ sen } b + k_3 C)$$

$$\cos i = \text{sen } h \cos b + \cos h \cos a \text{ sen } b$$

h = altura del sol

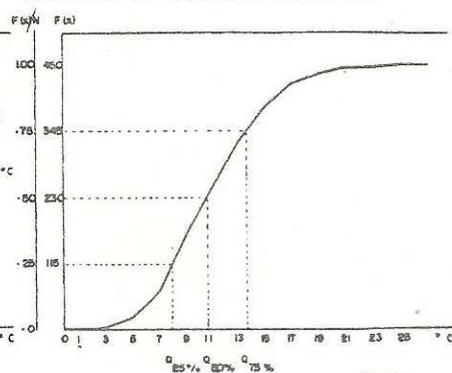
b = ángulo formado por el plano y la horizontal  
a = diferencia acimutal entre el acimut del sol y la perpendicular al plano.

ESN = radiación de sol directo sobre plano normal.

VALORES DE LAS CONSTANTES

$\frac{K}{W/m^2}$	$\tau$	$K_1$	$K_2$	$K_3$
Cielo limpio ASHRAE				
1100	0,83	0	0,11	0,12

DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS ACUMULADAS



La decisión de usar modelos de sol parte del desconocimiento o conocimiento poco preciso de los siguientes valores: promedio mensual de radiación diaria sobre plano horizontal de validez estadística para la región, relación entre los valores de radiación y las temperaturas diarias, y el promedio mensual de horas de sol por día en la localidad.

A estos aspectos debemos agregar el desconocimiento de las constantes empíricas correspon-

FIG. 7

Cielo industrial ASHRAE	755	0,77	0,11	0,15	0,26
Cielo claro CSTB	1055	0,81	0	0	0,11

Cielo blanco sin sol radiación máxima para plano horizontal, E = 465 W/m<sup>2</sup>.

La estimación de la magnitud de la temperatura media se realiza en base a hipótesis simplificatorias (3) que pueden resultar de gran utilidad.

en la mesa del diseñador.

Primera hipótesis:

En cada instante la temperatura del aire interior es uniforme en todo el espacio.

Segunda hipótesis:

$$\dot{Q}_{int} = -KSQ + \int_{-12}^{+12} CS (t_i - t_e) dt$$

para muros pesados

$$\dot{Q}_{int} = -KSQ + \int_{-12}^{+12} CS (t_i - t_e) dt$$

para tabiques livianos

donde

- Q = flujo de energía
- S = superficie
- C = conductancia
- t<sub>i</sub> = temperatura interior
- t<sub>e</sub> = temperatura ambiente
- dt = tiempo
- K = Coeficiente
- Q<sub>rad</sub> = radiación acumulada diaria
- U = absorptancia de la superficie
- R = resistencia pelicular externa

Tercera hipótesis:

$$t_i - t_e \approx \text{cte.} \approx t_i - t_e$$

Para cada jornada en una serie de jornadas iguales.

$$t_i - t_e = \frac{M + U + K S Q}{\int_{-12}^{+12} (\sum CS + V) dt}$$

- M = calor metabólico
- U = aporte de calor por procesos internos del edificio
- V = carga térmica de ventilación

Los resultados de la predicción de la temperatura media interior para las distintas combinaciones de días de diseño y modelos de sol y distribución de brillos celestes se ilustra en la (fig.8)

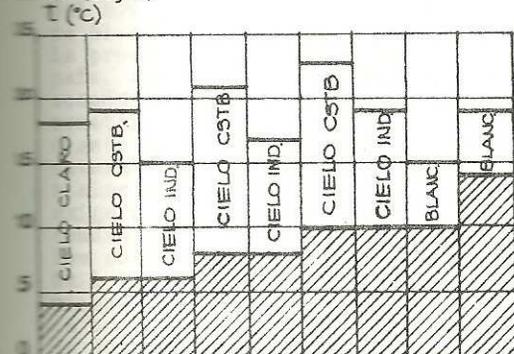


Fig. 8 TEMPERATURA MEDIA PARA DISTINTAS COMBINACIONES DE DIAS DE DISEÑO Y MODELOS DE SOL Y BRILLOS DE CIELO.

Estos valores de temperatura media interior representan el promedio de temperaturas de toda la casa y deben tomarse con suficiente cuidado. Para compensar el aire caliente ascendente durante las horas de sol, debido a la doble altura, se consideraron en los cálculos idénticas resistencias térmicas de las paredes de planta baja y planta alta.

### Conclusiones y Perspectivas

Del análisis de las temperaturas medias se desprende el aceptable comportamiento térmico de la vivienda.

Ambas viviendas se encuentran en avanzado estado de construcción. En la casa Anitabi se realizará un seguimiento durante un año continuo, posteriormente al monitoreo que se está realizando en la vivienda SOL 55.

En la casa Carignani se seguirá durante un período de por lo menos un año, la evolución de las temperaturas máximas y mínimas (mediante termómetros de máxima y mínima) en distintos lugares, a los efectos de verificar los niveles y la distribución de las temperaturas.

En ambas viviendas se realizará un cuidadoso estudio de las condiciones de enfriamiento logrado a través de la ventilación nocturna de verano.

### Referencias

- (1) Di Bernardo - Perone "Anteproyecto de vivienda mínima suburbana con sistemas pasivos de acondicionamiento". 9ª Reunión de Trabajo de ASADES. San Juan. Argentina. Octubre 1984.
- (2) Borgato, Jorge "Un modelo analítico para la radiancia de cielos despejados de distinta turbidez y arbitraria extensión visible". Facultad de Arquitectura UNR. 1978.
- (3) Borgato, Jorge "Calefacción solar directa". Facultad de Arquitectura, Planeamiento y Diseño UNR. 1984.