

## PROCEDIMIENTO DE EVALUACION BIOCLIMATICA DE VIVIENDAS (\*)

I. Blasco Lucas<sup>1</sup>, O. Albarracín, L. Hoesé<sup>2</sup>

Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat (IRPHa) – Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño (FAUD)  
Universidad Nacional de San Juan (UNSJ) – Av. Ignacio de La Roza y Meglioli – 5400 San Juan – Argentina  
Tel.: +54(0)264 423 2395 / 3259 – Fax: +54(0)264 423 5397 – E-mail: iblasco@farqui.unsj.edu.ar  
Internet: <http://www.unsj.edu.ar/arquitect/FAUD.htm>

### RESUMEN

Se instrumenta un procedimiento para calificar el grado de bioclimatismo de diferentes diseños de viviendas existentes, en base a datos climáticos locales, como también para estimar en forma global el porcentaje de ahorro que se obtendría en el consumo de combustibles tradicionales, introduciendo estrategias bioclimáticas. Los métodos utilizados son el de Mahony-Evans, el de Givoni, el de Watson y el de Szokolay. La contribución del trabajo reside en la sistematización del análisis aplicando los métodos mencionados y en la definición de los criterios de asignación de puntos a los proyectos analizados. Los resultados permiten determinar tres tipos de índices para cada vivienda, uno de diagnóstico de la situación actual, otro de posibilidad de mejoras, y otro de los rangos de ahorro factibles de obtener en total.

### PALABRAS CLAVE

Bioclimático, evaluación, viviendas, procedimiento.

### INTRODUCCION

Los métodos de Givoni (Givoni, 1984), de Watson (Watson, 1979), de Szokolay y de Mahony-Evans (Evans y de Schiller, 1991) permiten, entre otros, la definición de diferentes estrategias de diseño generales para una localidad a partir de sus datos climáticos (Temperatura de bulbo seco, Humedad Relativa, Precipitaciones y Vientos). Los dos primeros realizan una zonificación de la carta psicrométrica basándose en distintos recursos para alcanzar los rangos de confort del ser humano. El último se basa en un análisis estadístico preestablecido de datos climáticos inter-relacionados. La precisión de los resultados de cada método varía en función del tipo de dato con que se los aplica, es decir si son éstos promedios mensuales o datos horarios promedio mensuales. El potencial de los mismos es mayor que el demostrado hasta ahora (Zuhairy et al., 1993), si se los inter-relaciona y se los utiliza para catalogar diseños existentes y potenciales de ahorro energético global, lo que es objeto de la presente investigación.

### PROCEDIMIENTO

Cada edificio es considerado como un sistema de energía (ASHRAE, 1993), cuyos principales componentes son los de captación, almacenamiento, aislación y distribución. A su vez las estrategias bioclimáticas más usuales tanto para invierno como para verano tienen mayor relación con la función de alguno de los componentes del sistema, mediante soluciones que afectan aspectos de diseño (distribución de ambientes, morfología y localización) y constructivos (entorno, elementos).

Con estos criterios se detallan, ordenan y amplían las estrategias bioclimáticas a 27 de invierno y 27 de verano, 13 de las cuales son comunes para ambas estaciones, por lo que resulta un total de 43 para todo el año (Papparelli et al., 1993). Además se establecen equivalencias entre las mismas y las estipuladas por los métodos aplicados, asignándoles códigos que faciliten el trabajo en bases de datos. De este modo se determina también la relación con las escalas de puntajes respectivas para la evaluación de edificios.

La Fig. 1 esquematiza el procedimiento general utilizado, incluyendo en forma genérica los criterios y las fórmulas. Esta estructura se soporta en sistemas informáticos gráficos y analíticos que facilitan su ejecución. Las siglas utilizadas en la Fig. 1 son: G-W-S: Métodos unificados de Givoni, Watson y Szokolay; M-E: Método de Mahony-Evans; HBA: Cantidad de horas anuales aptas para estrategias bioclimáticas; HA: Cantidad de horas anuales; HSA: Cantidad de horas anuales de utilidad de los sistemas; (I a VIIi): Índices de evaluación definidos; (pi): Puntaje cuantitativo por tipo de índice; (p'i): Puntaje cuali-cuantitativo por tipo de índice; Ii: Promedio total de puntajes para estrategias de invierno; Iv: Promedio total de puntajes para estrategias de verano; Ia: Promedio total de puntajes para estrategias anuales; ISA: Índice anual por sistema (vivienda); IDA: Índice de diagnóstico del ahorro anual actual por prototipo; IMA: Índice de diagnóstico del ahorro anual obtenible con mejoras en cada prototipo; SVB: Superficie cubierta de cada prototipo; CVB: Cantidad de viviendas por barrio; CAS: Consumo unitario anual de energía por sistema (vivienda); IATA: Índice de ahorro total anual por prototipo; DTA:

<sup>1</sup> Miembro de ASADES.

<sup>2</sup> Docente-Investigadora del Instituto de Energía Eléctrica (IEE) - Facultad de Ingeniería (FI) – UNSJ.

Diagnóstico de ahorros en consumo total anual; MTA: Ahorros en consumos totales anuales obtenibles introduciendo mejoras; ATAB: Ahorro en consumos totales anuales de los barrios analizados.

A partir de mediciones horarias se obtienen datos horarios promedio mensuales y máximas, mínimas y promedios mensuales de temperatura y humedad relativa, como también los valores horarios de intensidad y dirección de viento de mayor frecuencia y precipitación acumulada mensual. Estos datos, según se requieran, se introducen en la planilla confeccionada para el Método de Mahony –Evans y en las cartas de Givoni-Watson. En este último caso se computan los horarios y la cantidad de horas en que son requeridas las diferentes estrategias recomendadas para cada mes, obteniendo dos tipos de tablas y gráficos con ellos. Se elaboran matrices con todas las estrategias recomendadas y las diferentes tipologías a calificar, en planillas electrónicas, donde se introducen las correspondientes valoraciones, obteniendo promedios por componente de sistema y del sistema total en los tres aspectos considerados: diagnóstico, posibilidad de mejora y posibilidad real de ahorro. Relacionando estos índices con el consumo unitario de energía actual de las viviendas y la cantidad de viviendas por barrio, se calculan las cantidades totales en términos de energía.

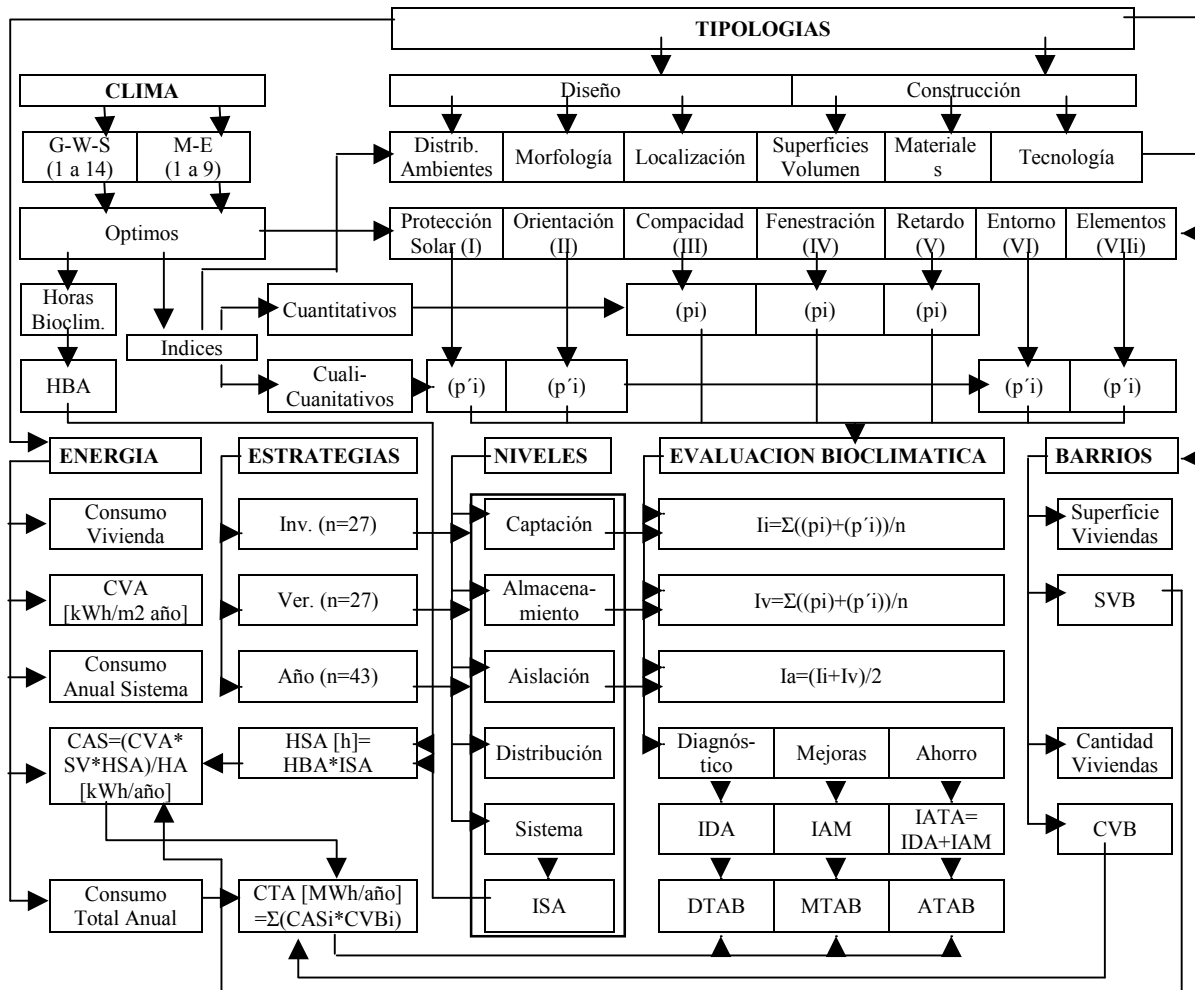


Fig. 1. Esquema del procedimiento utilizado para la evaluación bioclimática de viviendas.

## APLICACION

El procedimiento descrito se aplica para catalogar cinco prototipos de viviendas construidos en la ciudad de San Juan, Argentina (Lat.: -31,32; Long.: 68,31; Alt.: 620 m) y obtener valores de los consumos de energía globales que representan en acondicionamiento ambiental. Los datos climáticos utilizados corresponden al año 1995 de mediciones horarias realizadas en el Area de Arquitectura Ambiental – FAUD. Se implementaron soportes informáticos para realizar el análisis (Yeziro *et al.*, 1996). Cuatro prototipos tienen variantes de dos (2D) y tres dormitorios (3D) y uno, sólo de dos. Los barrios construidos con los mismos suman un total de 5.044 viviendas. La modalidad empleada en la zona, para la construcción de los barrios consiste en realizar una urbanización tipo cuadrícula e ir rotando y/o espejando el mismo prototipo en cualquier orientación. En el presente estudio se consideran los casos orientados con su fachada al Norte (N-S) y al Este (E-O). La distribución de las variantes de prototipos en los barrios y algunas características extraídas de las bases de datos elaboradas para la asignación de puntajes a los respectivos índices, se explicitan en la Tabla 1. Los códigos I a VIIi identifican los índices definidos, a los que se le asigna un puntaje relativo ( $p_i$  ó  $p'_i$ ), correspondiendo como máximo la unidad al óptimo recomendado por los métodos aplicados, y escalando en forma descendente a medida que los valores de los índices se alejan del mismo.

Tabla 1. Datos generales de los barrios y prototipos analizados

DATOS	Natania				Cooperarq				Costa Canal				Rivadavia		IPV			
	2D		3D		2D		3D		2D		3D		2D		2D		3D	
	N-S	E-O	N-S	E-O	N-S	E-O	N-S	E-O	N-S	E-O	N-S	E-O	N-S	E-O	N-S	E-O	N-S	E-O
Dormitorios																		
Orientación																		
CVB	500	400	450	250	12	8	9	5	120	80	50	30	120	80	1200	800	650	350
SVB [m2]	60,60	60,60	73,57	73,57	70,58	70,58	86,58	86,58	52,48	52,48	62,40	62,40	54,96	54,96	56,42	56,42	69,26	69,26
Envolv. [m2]	158,80	158,80	188,47	188,47	198,32	198,32	199,64	199,64	147,22	147,22	152,42	152,42	165,30	165,30	142,08	142,08	166,80	166,80
Vol. [m3]	183,33	183,33	228,08	228,08	198,00	198,00	236,99	236,99	146,95	146,95	174,72	174,72	181,38	181,38	147,32	147,32	171,03	171,03
CAS	383,20	374,50	360,22	363,08	351,03	389,94	321,83	362,22	430,47	485,25	378,58	441,03	429,75	421,00	394,28	405,60	349,50	355,42
I	0,56	0,56	0,56	0,56	0,57	0,57	0,60	0,60	0,60	0,60	0,61	0,61	1,00	0,00	0,48	0,48	0,48	0,48
II	0,70	0,20	0,70	0,20	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,20	0,70	0,70	1,00	1,00	0,00
III	0,88	0,88	0,92	0,92	0,79	0,79	0,89	0,89	0,70	0,70	0,88	0,88	0,84	0,84	0,84	0,84	0,72	0,72
IV	0,81	0,81	0,79	0,79	0,82	0,82	0,65	0,65	0,96	0,96	0,64	0,64	0,91	0,91	0,91	0,91	0,99	0,99
V	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,40	0,40	0,40	0,40	0,70	0,70	0,70	0,70	0,50	0,50
VI	0,30	0,30	0,40	0,40	0,20	0,20	0,20	0,20	0,30	0,30	0,30	0,30	0,60	0,60	0,60	0,60	0,30	0,30

Tabla 2. Cuadro resumen de resultados obtenidos con la aplicación del procedimiento desarrollado

BARRIO	CASO	Natania			Cooperarq			Costa Canal			Rivadavia			IPV		
		IDA	IAM	IATA	IDA	IAM	IATA	IDA	IAM	IATA	IDA	IAM	IATA	IDA	IAM	IATA
Indíces																
ISA [%/100]	2D N-S	0,27	0,44	0,71	0,26	0,42	0,68	0,31	0,44	0,75	0,27	0,47	0,73	0,24	0,41	0,65
ISA [%/100]	2D E-O	0,22	0,42	0,64	0,15	0,43	0,58	0,15	0,47	0,62	0,26	0,42	0,69	0,12	0,42	0,54
HSA [h/año]	2D N-S	1724	2766	4490	1662	2618	4280	1949	2773	4722	1682	2932	4614	1520	2592	4112
CVA [kWh/m2 a]	2D N-S	75	121	196	67	105	172	96	136	232	83	144	226	68	117	185
HSA [h/año]	2D E-O	1355	2666	4022	916	2725	3640	949	2936	3886	1659	2657	4316	750	2643	3393
CVA [kWh/m2 a]	2D E-O	58	114	172	41	121	162	53	163	215	80	83	134	35	122	157
CTA [MWh / año]	2D Total	3690	6430	10119	171	429	600	824	1541	2365	895	1311	2082	6201	13422	19623
ISA [%/100]	3D N-S	0,26	0,43	0,68	0,26	0,42	0,68	0,31	0,44	0,75				0,25	0,42	0,87
ISA [%/100]	3D E-O	0,21	0,41	0,62	0,13	0,42	0,55	0,16	0,44	0,60				0,12	0,42	0,54
HSA [h/año]	3D N-S	1616	2676	4292	1616	2643	4259	1916	2773	4689				1575	2611	4186
CVA [kWh/m2 a]	3D N-S	66	115	184	59	97	156	83	120	203				63	104	167
HSA [h/año]	3D E-O	1331	2590	3920	814	2620	3434	999	2745	3745				736	2641	3377
CVA [kWh/m2 a]	3D E-O	55	112	169	34	108	142	50	138	189				29	105	135
CTA [MWh / año]	3D Total	6779	13188	20247	61	123	183	353	633	985				3546	7252	10797
CTA [MWh / año]	2 y 3D Total	10469	19618	30366	232	552	784	1176	2174	3350	895	1311	2082	9747	20674	30421

## RESULTADOS

El método G-W-S (González Sandino y López Asiaín, 1994), permite obtener la cantidad de horas diarias, mensuales y anuales durante las cuales es posible mantener en confort los habitantes de un edificio (Fanger, 1982), aplicando las recomendaciones elaboradas. Conforme a los códigos internacionales utilizados para cada zona de la carta psicrométrica; las zonas 1 a 4 y 7 a 11 involucran estrategias bioclimáticas y suman para la localidad en estudio un total de 6282 horas anuales (HBA); las zonas 5, 6 y 12 a 14 suponen la incorporación de equipamiento auxiliar y no se consideran en el presente trabajo.

Los resultados globales obtenidos mediante la aplicación del procedimiento a los casos analizados se muestran en la Tabla 2. Los mismos se elaboraron a partir de matrices por tipo de vivienda (clasificadas por cantidad de dormitorios y orientación) que contenían todas las estrategias recomendadas en la primera columna, distribuidas conforme a cada componente del sistema de energía (vivienda) y los diferentes prototipos a calificar en la primera hilera, con tres casilleros para cada uno. En cada uno de éstos se asignó una valoración relativa por cada estrategia, la que califica en el primer casillero el grado de cumplimiento de la estrategia (diagnóstico, indicativo de las posibilidades de ahorro actual), en el segundo casillero el grado de admisión de cambio del proyecto para lograr el cumplimiento de la estrategia (posibilidad de mejora y ahorro futuro real), y en el tercer casillero la suma de ambos (posibilidad total de ahorro).

Una vez completada la matriz, en la última hilera se promedian los valores asignados a cada prototipo en cada una de las tres columnas, obteniendo los tres índices que los catalogan. En Blasco et al., 2000 se incluyen las plantas y una fachada de los prototipos de 2 y 3 dormitorios analizados.

## CONCLUSIONES

La mayoría de los prototipos analizados cumplen actualmente un mayor porcentaje de estrategias relacionadas con la componente de captación para invierno y tienen buenas posibilidades de mejorarla, al igual que las de aislación y almacenamiento para ambas estaciones, preponderando la de verano. La diferencia debida a la orientación es más notable en Costa Canal, IPV y Cooperarq. Existe gran similitud entre los índices correspondientes a los prototipos de 2 y 3 dormitorios. Rivadavia e IPV muestran los menores consumos unitarios. La cantidad de unidades construidas en cada barrio es el factor que mayor incidencia tiene al sumar el ahorro de consumos totales, representando los de mayor importancia IPV y Natania con alrededor de 20.000 MWh/año posibles de ahorrar con mejoras. A efectos de obtener una idea global respecto al conjunto de los prototipos analizados, se elabora la Tabla 3 con promedios de índices y sumas de totales. El procedimiento propuesto resulta una herramienta efectiva para el tipo de análisis que se persigue, ya que permite realizar comparaciones basadas en una homogeneización de criterios de valoración cuali-cuantitativos y realizar cuantificaciones globales que facilitan establecer prioridades en la toma de decisiones.

Tabla 3. Valores promedios y totales del conjunto de prototipos analizados

BARRIOS	2 D			3 D		
	Indíces	IDA	IAM	IATA	IDA	IAM
ISA [%/100]	0,27	0,44	0,71	0,27	0,43	0,69
ISA [%/100]	0,18	0,43	0,61	0,15	0,42	0,58
HSA [h/año]	1708	2756	4444	1681	2676	4356
CVA [kWh/ m2 a]	78	125	202	68	109	178
HSA [h/año]	1126	2725	3851	970	2649	3619
CVA [kWh/ m2 a]	53	121	168	42	116	159
CTA [MWh / año]	11781	23134	34790	10738	21195	32213
CTA [MWh / año]	Total 2 y 3 D			22519	44328	67003

## REFERENCIAS

- Givoni B. (1984). Man, climate and architecture. Applied Science Publishers, Londres.
- Watson D. (1979). Energy conservation through building design. McGraw-Hill, U.S.A.
- Evans M. y de Schiller S. (1991). Diseño bioambiental y arquitectura solar. Ediciones Previas N° 9, Bs. As.
- Zuhairy A. y Sayigh A. (1993). The development of the bioclimatic concept in building design. *Renewable Energy* Vol. 3, N° 4/5, pp. 521-533.
- ASHRAE (1993). Handbook of fundamentals. American Society for Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers.
- Papparelli A., de Rosa C. et al. (1993). Arquitectura y clima en zonas áridas. FUUNSAJ, San Juan.
- Yezioro A. y Shaviv E. (1996). A knowledge based CAAD system for determining thermal comfort design strategies. *Renewable Energy* Vol. 1, pp. 133-138.
- González Sandino R. y López Asiaín J. (1994). Análisis bioclimático de la arquitectura. Esc. Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla.
- Fanger P. (1982). Thermal comfort, analysis and applications in environmental engineering. Robert Krieger Publishing Co., Malbar, Florida.
- Blasco I., Albarracín O. y Carestia C. (2000). Thermal performance of neighborhood prototypes built in San Juan – Argentina. *Renewable Energy*, Part. I, pp. 557-560.

## **ABSTRACT**

A procedure to qualify the bioclimatic level of different building designs, based on local climatic data, is put into practice. This procedure allows as well to estimate globally the percentage of saving that would be obtained in the consumption of traditional fuels by bioclimatic strategies applying. Givoni, Watson, Szokolay and Mahony-Evans are the methods used. The contribution of this work are the systematization of the analysis for a new application of the mentioned methods and the definition of criteria for assigning values to the studied projects. Results allow to asses three types of indexes for each building, one of diagnosis of the present situation, other of improvement possibilities, and the last one that ranges the feasible energy saving to be obtained as a whole.

---

<sup>(\*)</sup> Especial reconocimiento a la Prof. Sonia Daverio y al estudiante Maximiliano Luján.