

Artículo 3

DEFINICIÓN DE ESTRATEGIAS DE ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO EDILICIO PARA SAN JUAN A PARTIR DE UN “AÑO TIPO CLIMÁTICO”

-Irene Blasco Lucas, Liliana Hoesé.

Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño, Universidad Nacional de San Juan. Av. Ignacio de La Roza y Meglioli, 5400 San Juan, Argentina Tel.:+54(0)264 423 2395 / 3259 Int. 318 - Fax: +54(0)264 423 5397 <http://www.irpha.faud.unsj.ar>

E-mails: iblasco@faud.unsj.edu.ar, lhoese@iee-unsj.edu.ar

Palabras clave: estrategias, acondicionamiento, térmico, clima, modelos.

Resumen:

El gran potencial que las tecnologías electrónicas e informáticas poseen en la actualidad y el avance de los conocimientos sobre la relación existente entre el clima de un lugar y el desempeño higrotérmico-energético edilicio, permiten definir con gran precisión el tiempo de utilidad de estrategias de diseño adecuadas, tanto a lo largo del día, como del mes y del año. Existen diferentes métodos ya validados con este fin, cuyo insumo principal para ser efectivos, son datos climáticos confiables. El objetivo del presente trabajo es elaborar un procedimiento que permita comparar los resultados arrojados por cuatro métodos para la ciudad de San Juan, y paliar las variaciones aleatorias que caracterizan a la meteorología. Para ello, se realiza el procesamiento estadístico de las mediciones correspondientes a los parámetros climáticos registrados con la estación meteorológica Vantage-Pro-Plus de DAVIS, ubicada en el Instituto de Energía Eléctrica de la UNSJ, y se obtiene un “año tipo” con los promedios de 10 años (2002-2012). Por otro lado, se aplican los modelos Bruce Novell ampliado (BNA), Architectural Bioclimatic Classification (ABC), Método Mahony-Evans (MET-ME) y Givoni-Watson-Szockolay - Estrategias Bioclimáticas Horarias (GWS-EBH) para definir estrategias bioclimáticas, y para computar las necesidades temporales de climatización en tres de ellos, usando con este fin, un procedimiento desarrollado por una de las autoras en el GWS-EBH. Se analizan similitudes, diferencias y nivel de complementación de los resultados obtenidos con cada modelo.

Introducción:

En la actualidad, ha retomado importancia el uso del clima como recurso para lograr el acondicionamiento térmico edilicio, junto a otras variables de la naturaleza, las cuales fueron históricamente utilizadas de forma espontánea y que se rechazaron en el campo disciplinar de la Arquitectura a partir del surgimiento de la llamada “Arquitectura Internacional”, asumida como una acabada síntesis del auge tecnológico que justificaba el total divorcio del ambiente construido con su entorno local. La denominada “Arquitectura Orgánica” con David Wright a la cabeza (Banham, 1975) toma fuerza en contraposición a la corriente anterior.

El rescate de prácticas primitivas adaptadas al clima, combinado con el avance del conocimiento científico-tecnológico, ha permitido generar modelos alfanuméricos y físico-matemáticos que basados en tratamientos estadísticos de series de datos meteorológicos definen con precisión las estrategias de diseño arquitectónico apropiadas para un lugar, facilitando obtener mayor bienestar interior y calidad constructiva, a la vez que sustentabilidad ambiental con un significativo ahorro energético.

En esta tendencia hicieron importantes contribuciones Olgiay (1963), Givoni (1969), Mahoney y Evans (1971), Watson (1979) y Szockolay (1980), y Bruce Novell (Mesa, 2002). Además se han realizado desarrollos que intentan mejorar las versiones originales de algunos modelos, o brindar soportes informáticos que faciliten su aplicación, como los realizados por Zuhairy y Sayigh (1993), Yezioro y Shaviv (1996), la Universidad de San

Carlos (ABC; USC, 2006), Mesa (2002) y Blasco Lucas (2013) entre muchos otros.

Por otro lado, a fin de paliar los efectos engañosos que puede provocar la gran aleatoriedad propia del clima, a nivel internacional se han creado diferentes procedimientos para generar un "Año Tipo Climático o Meteorológico" (ATC o ATM) que sirva de referencia básica cuando se realizan cálculos de diferente índole, donde el clima es una variable principal (De Miguel y Bilbao, 2005). Se define a un ATC como un año sintético elaborado mediante técnicas estadísticas a partir de un banco de datos que reúne registros horarios de 10 años como mínimo (Wilcox y Marion, 2008). Es un recurso muy utilizado para comparaciones de la performance térmico-energética de una gran variedad de sistemas activos y pasivos en programas de simulación, tales como los prestigiosos TRNSYS y Energy-Plus, desarrollados por el National Renewable Energy Laboratory (NREL), U.S. Department of Energy's (DOE) Building Technologies Office (BTO), los cuales se encuentran disponibles en el mercado desde hace más de 30 años.

Se propone en el presente trabajo, elaborar un ATC de la ciudad de San Juan, Argentina, y utilizarlo para contrastar resultados de cuatro modelos para la determinación de estrategias de diseño edilicio bioclimático, definiendo un procedimiento específico con este fin.

Metodología:

Para elaborar el ATC se utilizaron las mediciones registradas durante los años 2002 a 2012 (Pontoriero y Hoesé, 2013) con la estación meteorológica marca DAVIS modelo Pro-Plus instalada en el techo del Instituto de Energía Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de San Juan (IEE-FI-UNSJ). Los parámetros climáticos relevados fueron Temperatura, Humedad Relativa e Irradiancia Solar. Las bases de datos se conformaron en planillas electrónicas de MS-Excel importando los archivos grabados por la estación meteorológica. Se debieron efectuar macros de depuración para eliminar lecturas erróneas, y de homogeneización temporal para transformar todos a series horarias. Finalmente, mediante tratamiento estadístico se elaboró el ATC con promedios mensuales por hora, definiendo adicionalmente del mismo modo "días tipo" por mes, y medias diarias mensuales.

modo "días tipo" por mes, y medias diarias mensuales. Se aplican con estos últimos valores los modelos Bruce Novell ampliado (BNA; Mesa, 2002), Architectural Bioclimatic Classification (ABC; USC, 2006), Método Mahony-Evans (MET- ME, Blasco Lucas, 2013) y Givoni-Watson-Szokolay - Estrategias Bioclimáticas Horarias (GWS-EBH; Blasco Lucas, 2013) para la definición de estrategias bioclimáticas, y para computar las necesidades temporales de climatización en tres de ellos, usando procedimiento desarrollado para este fin en el último mencionado. Los resultados se organizan en tablas y figuras síntesis, agrupando las estrategias por tipo, asociándolas a las recomendaciones más detalladas de MET-ME y se comparan entre sí.

"Año Tipo" Climático (ATC):

El ATC se elabora siguiendo el procedimiento explicado en el punto 2, y a partir del año tipo resultante en días tipo mensuales se realiza la representación gráfica lineal y de superficies, para valores estadísticos mensuales medios, máximos y mínimos, como también los calculados en base a ellos, tales como las amplitudes de temperatura y humedad relativa, y las horas diarias de asoleamiento. La Figura 1 muestra la hoja del libro confeccionado en MS-Excel, correspondiente a Temperatura.

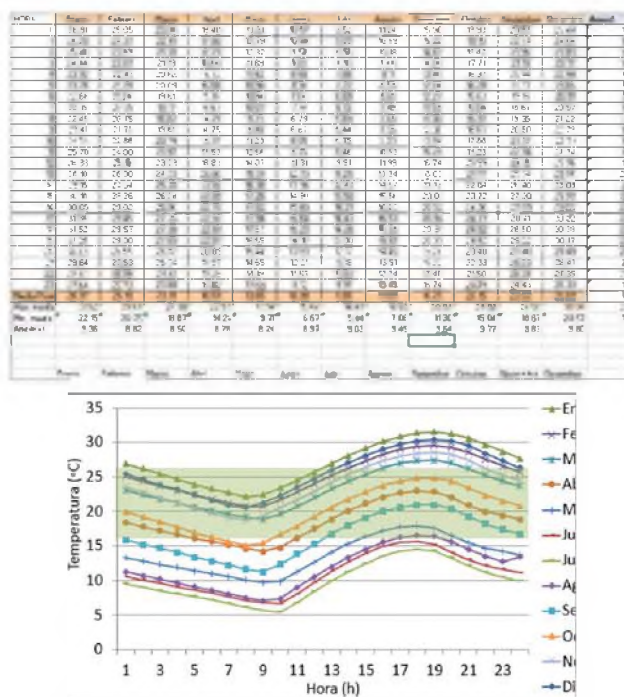
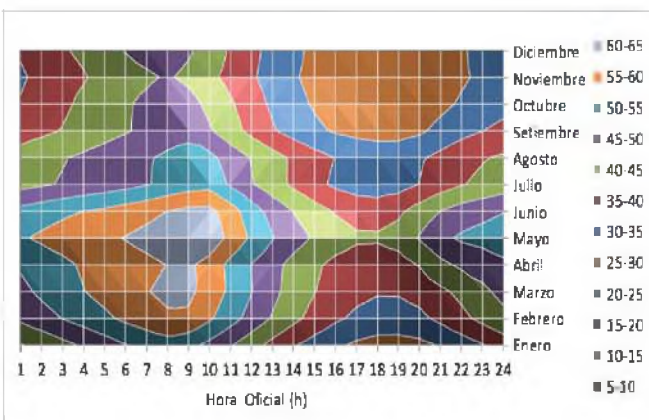
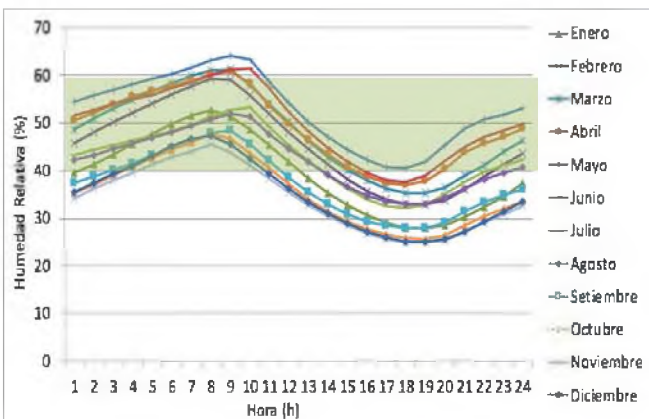
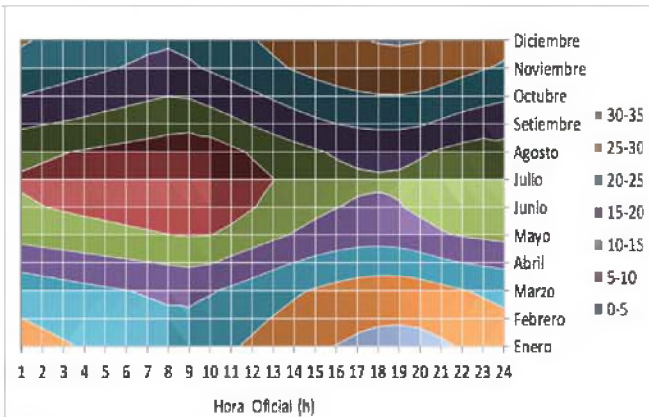
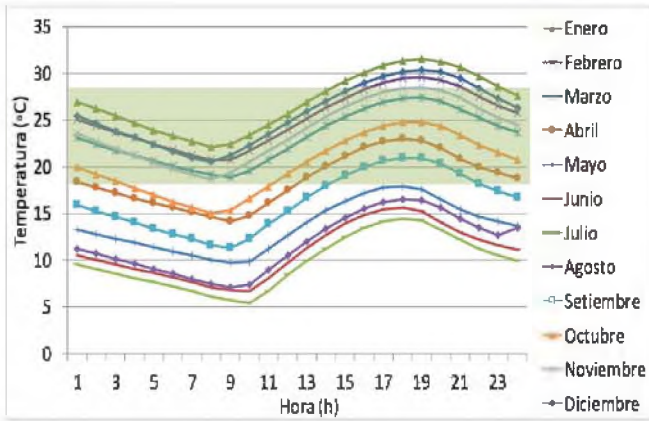


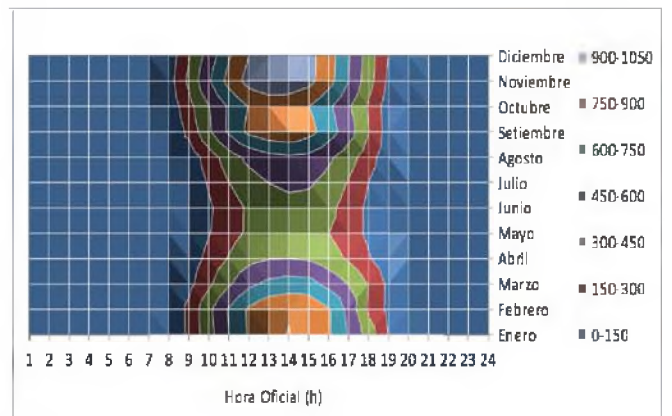
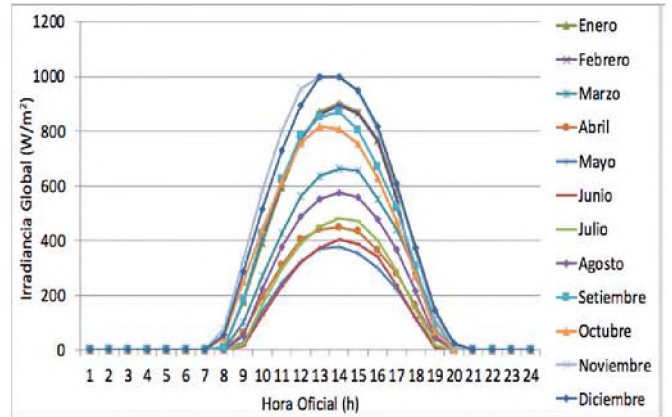
Figura 1: Libro en MS-Excel de análisis estadístico de "días tipo" mensuales. Hoja correspondiente a Temperatura. Fuente: elaboración propia.

En la Figura 2 se muestran las gráficas lineales y de superficie correspondientes a los valores horarios medios mensuales de Temperatura y Humedad Relativa del ATC.

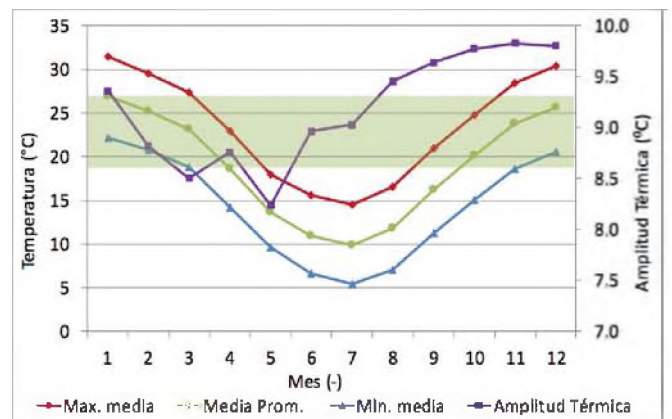


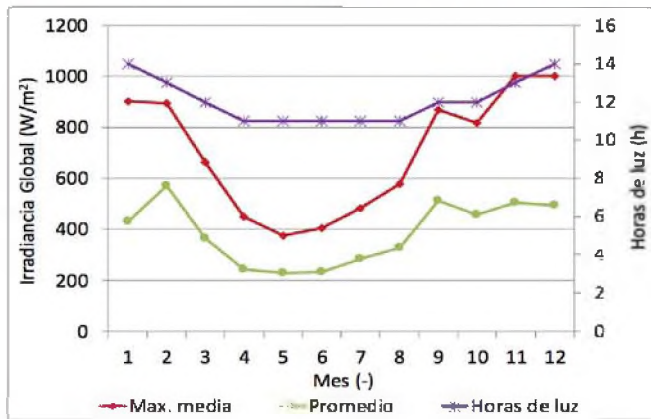
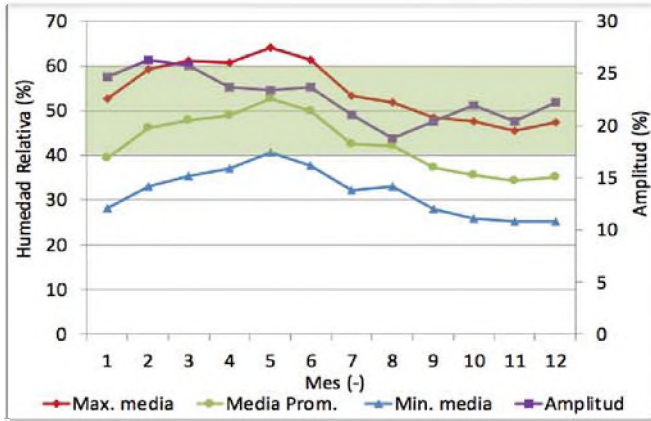
Figuras 2: gráficas lineales y de superficie correspondientes a los valores horarios medios mensuales de Temperatura y Humedad Relativa del ATC. Fuente: elaboración propia.

En la Figura 3 se exhibe la representación gráfica lineal y de superficie correspondientes a los valores horarios medios mensuales de Irradiancia Solar, y la Figura 4 contiene la representación gráfica lineal de los valores medios, máximos y mínimos de Temperatura, Humedad Relativa Irradiancia Solar, incluyendo las amplitudes respectivas de los dos primeros parámetros y la duración diaria de la luz solar.



Figuras 3: gráficas lineales y de superficie correspondientes a los valores horarios medios mensuales de Irradiancia Solar del ATC. Fuente: elaboración propia.





Figuras 4: Valores mensuales medios máximos y mínimos de Temperatura, Humedad Relativa e Irradiancia Solar del ATC, incluyendo amplitudes y duración de la luz solar. Fuente: elaboración propia.

Uso de Modelos para definir Estrategias Bioclimáticas:

Se describen e ilustran los cuatro modelos utilizados con los datos del ATC, para definir las estrategias bioclimáticas más apropiadas para el clima de San Juan.

Modelo ABC:

El modelo Architectural Bioclimatic Classification (ABC) es en realidad un soporte informático para el Método de Givoni sobre la carta psicrométrica, al cual le adiciona el cálculo del tiempo relativo de validez de cada estrategia a lo largo del año (USC, 2006). La Tabla 1 contiene los datos del ATC introducidos. Los correspondientes a la ubicación geográfica de San Juan, son: Latitud: -31° 03 Longitud: -63° Asnm: 670m. La Figura 5 muestra la captura de pantalla del programa ABC con los resultados obtenidos, la Figura 6, los gráficos respectivos traducidos al castellano, y la Tabla 2 la síntesis de los mismos.

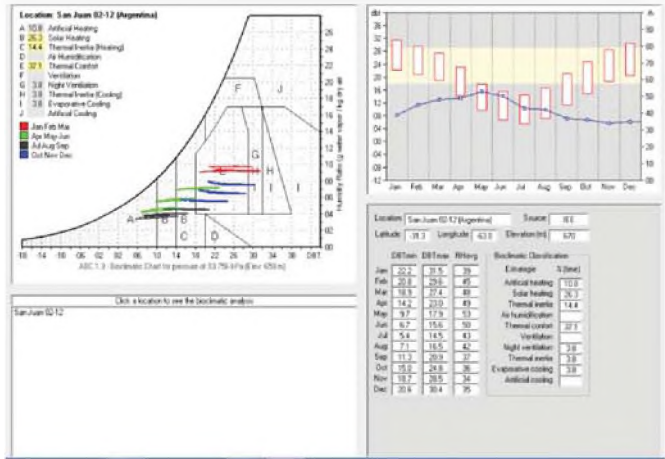


Figura 5: Captura de pantalla del programa ABC con los resultados obtenidos. Fuente: elaboración propia y ABC.

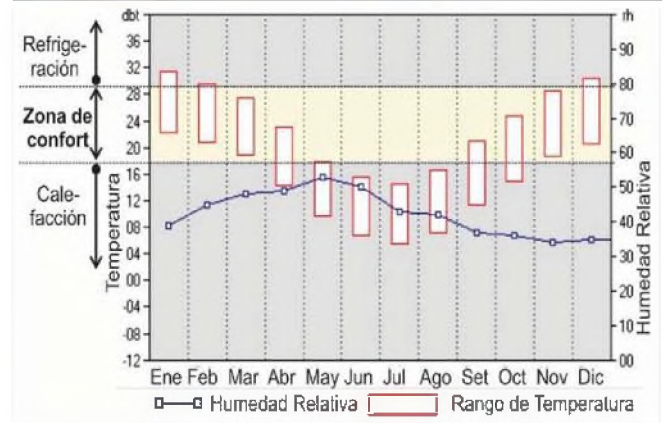
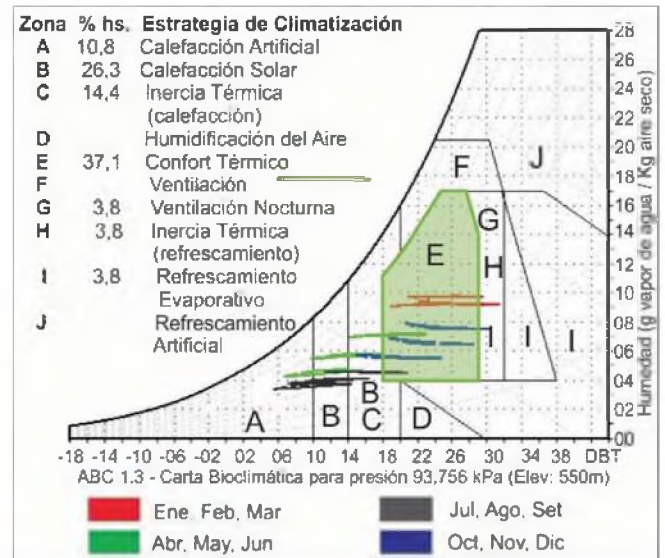


Figura 6: Gráficos obtenidos con ABC para los datos del ATC, traducidos al castellano. Fuente: elaboración propia y ABC.

Concepto / Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Media Anual
Temp. Máx. (°C)	31.5	29.6	27.4	23.0	17.9	15.6	14.5	16.5	20.9	24.8	28.5	30.4	23.4
Temp. Mín. (°C)	22.2	20.8	18.9	14.2	9.7	6.7	5.4	7.1	11.3	15.0	18.7	20.6	14.2
Hum. Rel. Prom. (%)	39.4	45.5	47.8	49.0	52.8	49.9	42.6	42.0	37.2	35.6	34.3	35.2	42.4

Tabla 1: Datos del ATC introducidos al modelo ABC Fuente: elaboración propia.

Zona (ABC)	% anual (ABC)	% por necesidad	% Medidas	Necesidad	Recomendaciones			
B	26.3	40.7	PASIVAS	Total	Calefacción	Calefacción solar pasiva Inercia térmica (calefacción)		
C	14.4				Neutra	Confort térmico		
E	37.1	11.4		Total - E	Refracción	Ventilación nocturna Inercia térmica (enfriamiento) Enfriamiento evaporativo		
G	3.8			10.8	ACTIVAS	10.8	Calefacción	Calefacción artificial
H	3.8							
I	3.8							

Tabla 2: Síntesis de los resultados obtenidos con el modelo ABC.
Fuente: elaboración propia.

Según ABC sería necesaria calefacción artificial solo un 10.8% del tiempo, pudiendo lograr el bienestar térmico con medidas pasivas un 52.1%, que sumadas al 37.1% en que reina confort natural, completan un 89.2% anual. Las estrategias más importantes son la calefacción solar pasiva (26.3%) y la inercia térmica tanto en verano como invierno (18.2%).

Modelo BNA:

El modelo de Bruce Novell Ampliado (BNA) se centra en las necesidades de protección solar y realiza los cálculos en una planilla electrónica de MS-Excel (Figura 7), necesitando solo los datos promedio de Temperatura y Humedad Relativa (Tabla 1). Las gráficas de superficie fueron adicionadas por una de las autoras del presente artículo. La Figura 8 muestra las correspondientes a los Grados-Día de calefacción (Izq.) y de Refrescamiento (Der.). En la Tabla 3 se reúnen los resultados obtenidos.

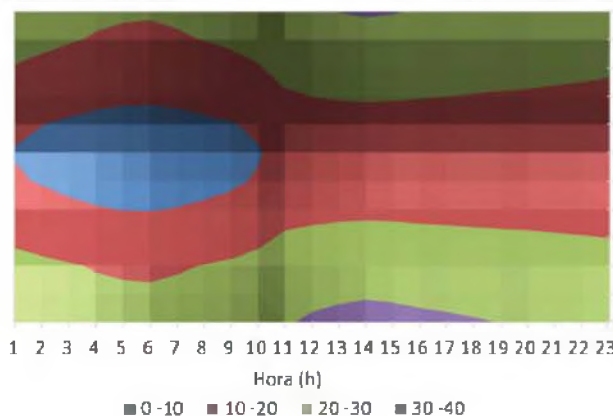
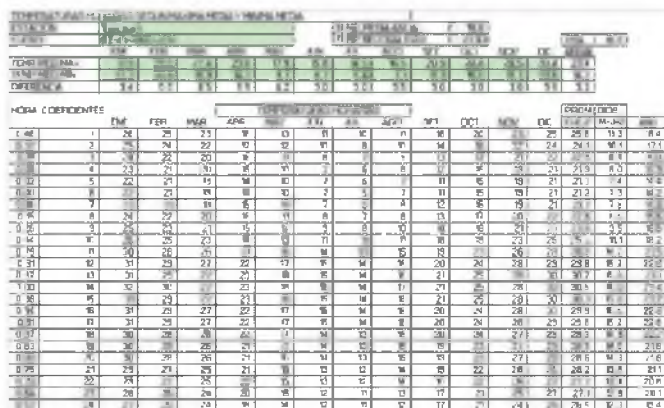


Figura 7: Tablas y figuras de superficie para los datos del ATC, en el Modelo BNA.
Fuente: elaboración propia.

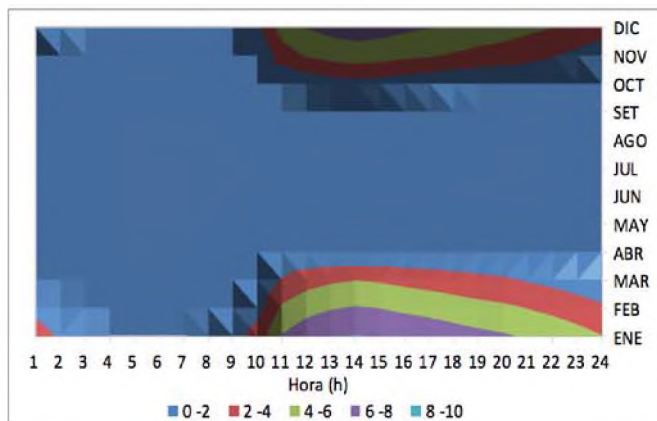
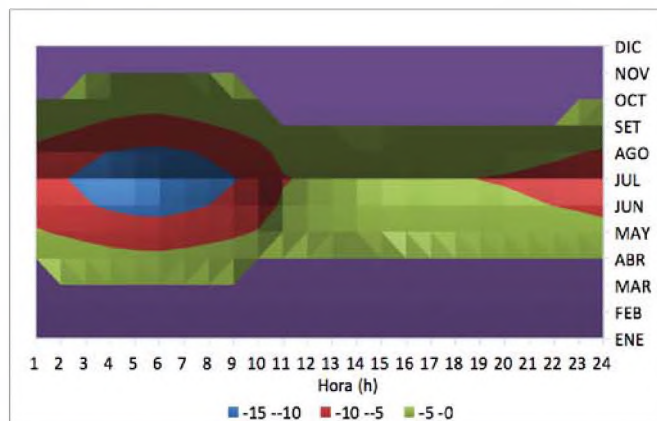


Figura 8: Gráficas de superficie con los resultados de los Grados-Día de calefacción (Arriba) y de Refrescamiento (Abajo) del Modelo BNA para los datos del ATC.
Fuente: elaboración propia.

Cod	Necesidad (BNA)	Temp. Media (°C)	Grados-Día (°C)		Temp. Ref. (°C)	% Anual
			Mensual	Anual		
A	Calefacción	14.2	-138.2	-631.6	18.0	52
B	Refracción	23.4	82.2	335.7	23.4	15
C	Anual	18.8	234.3	1108.2	20.7	67
D	Sombra					51
E	Neutra (Confort)					33

Tabla 3: Síntesis de los resultados obtenidos con el Modelo BNA.
Fuente: elaboración propia.

El Modelo BNA estima que las mayores necesidades de acondicionamiento térmico en San Juan son de calefacción (52%) y sombreado (51%), y define los meses y horas en que es conveniente implementar las estrategias correspondientes.

Modelo MET-ME:

El Modelo MET-ME (Blasco Lucas, 2006, 2013) es un soporte informático para facilitar la aplicación del Método de Mahoney-Evans (Koenisberger et al., 1971), En la Figura 9 se incluyen capturas de pantalla de las 4 tablas que abarca, y en la Tabla 4 se clasifican y sintetizan los resultados cualitativos obtenidos con los datos del ATC, que consisten en recomendaciones de diseño. Es el método que requiere mayor cantidad de información del clima en valores mensuales: medias máximas y mínimas de Temperatura y Humedad Relativa, niveles de precipitación y dirección predominante de Vientos.

Tabla 1: LOCALIZACIÓN SAN JUAN. Incluye datos de longitud, latitud, altitud y clima mensual (temperatura, humedad, viento) para el grupo de humedad 1.

Tabla 2: DIAGNÓSTICO (°C) y RECOMENDACIONES ESPECÍFICAS. Incluye diagnóstico de confort diurno y nocturno, y recomendaciones para ubicación, espacio, movimiento de aire, aberturas, muros y techos.

Tabla 4: RECOMENDACIONES EN DETALLE. Incluye detalles de tamaño de aberturas, posición de las aberturas, protección de las aberturas, muros y suelos, y techos.

Figuras 9: Tablas correspondientes al Método Mahoney-Evans del Modelo MET-ME para los datos del ATC. Fuente: elaboración propia.

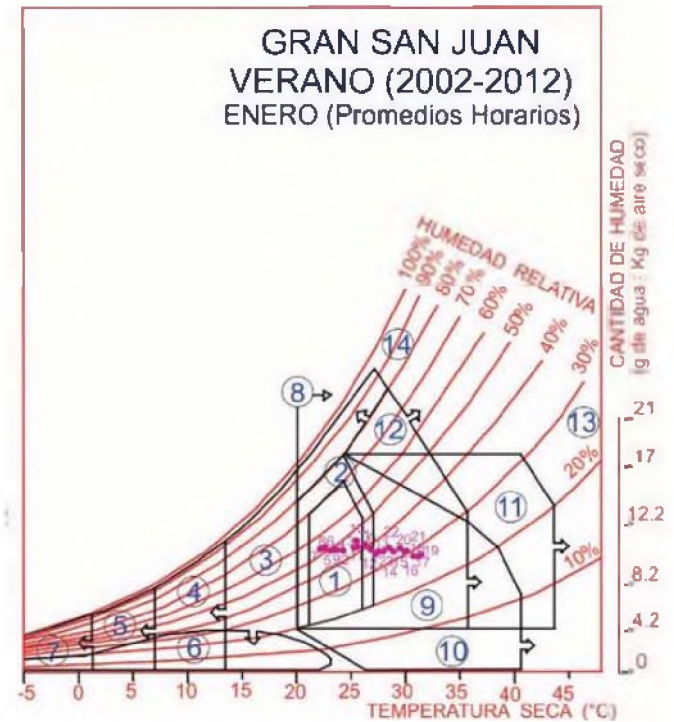
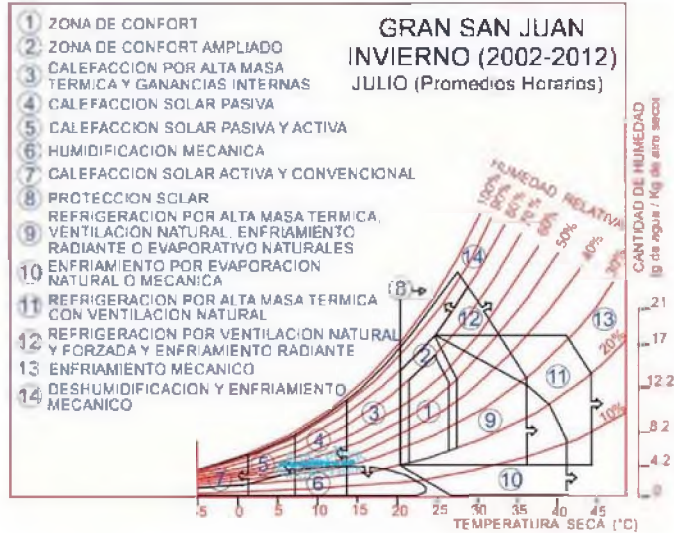
Código	Aspectos	Recomendaciones según Mahoney-Evans (MET-ME)
1	Tipología	Organización cerrada con patio interior
2	Distribución de Ambientes	Organización compacta del edificio
3	Muros	Pesados en el exterior y en el interior, con transmisión térmica diferida más de 8 horas
4	Techos	Pesados, con transmisión térmica diferida más de 8 horas
5	Pisos	Pesados, con transmisión térmica diferida más de 8 horas
6	Complementos Exteriores	Refrescamiento evaporativo en el entorno
7	Tamaño de Aberturas	Muy pequeñas (10 - 20% de muros)
8	Posición de Aberturas	Al Norte y al Sur, a la altura del cuerpo y a barlovento, con aberturas en muros interiores
9	Protección de Aberturas	Evitar asoleamiento directo
10	Ventilación	No se requiere movimiento forzado de aire

Tablas 4: Síntesis de los resultados obtenidos con el Modelo MET-ME. Fuente: elaboración propia.

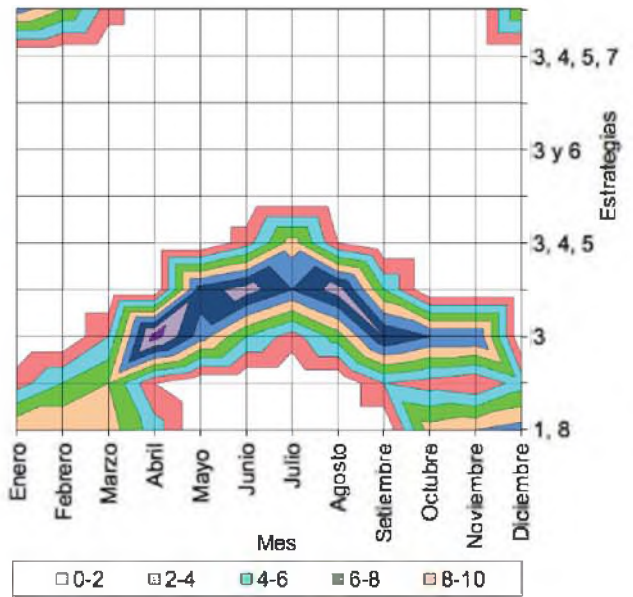
El Modelo MET-Me pondera la inercia térmica, las organizaciones cerradas, los aventanados pequeños y la protección solar, sin asignar valores cuantitativos.

Modelo GWS-EBH:

El Modelo GWS-EBH (Blasco Lucas, 2013) combina las zonificaciones de la carta psicrométrica realizadas por Givoni (1969), Watson (1979) y Szockolay (1980), unificando las estrategias bioclimáticas recomendadas para las mismas.



Hora	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
0												
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												



Permite calcular las horas anuales de validez que tiene cada una, identificando los momentos del día y del mes en que resultan apropiadas. Cuenta con soporte informático parcial en programas gráficos (AutoCad o CorelDraw) y en planillas electrónicas de MS-Excel, como se muestra en la Figura 10 y en la Tabla 5 respectivamente. Requiere datos horarios promedio de "días tipo" mensuales de Temperatura y Humedad Relativa. La Tabla 6 clasifica y sintetiza los resultados obtenidos para los valores del ATC.

Figura 10: Figuras correspondientes al Modelo GWS-EBH para los datos del ATC.
Fuente: elaboración propia.

Cód	Estrategias	Trama	Ena	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total Anual (%)
A	1, 8		42	42	38	21	0	0	0	0	0	38	42	46	22.2
B	2, 8		13	25	33	8	0	0	0	0	17	13	8	21	11.5
C	3		0	0	17	71	46	25	13	29	58	50	50	0	29.9
D	3, 4		0	0	0	0	54	63	50	1	0	0	0	0	21.2
E	3, 4, 5		0	0	0	0	0	13	38	8	0	0	0	0	4.9
F	3, 4, 5, 6		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
G	3 y 6		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
H	3, 4, 6		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
I	3, 4, 5, 7		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
J	8, 9, 10, 11		46	33	13	0	0	0	0	0	0	0	0	33	10.4
Total de Horas del Día (%)			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Tabla 5: Modelo GWS-EBH: valores relativos mensuales por combinación de estrategias.

Fuente: elaboración propia.

Zonas (GWS)	% anual (EBH)	% por necesidad	% Medidas		Necesidad	Recomendaciones según Givoni-Watson-Szokolay (GWS-EBH)	
A	22.2	33.7	PASIVAS	Total 95.2	Neutra	Confort y protección solar	
B	11.5					Confort permisible y protección solar	
C	29.9	51.1			Calefacción	Calefacción por alta masa térmica y ganancias internas	
D	21.2					Calefacción solar pasiva	
A+B	33.7	44.1			Total - (A+B) 61.5	Refrescamiento	Protección solar
J	10.4						Refrigeración por alta masa térmica, ventilación, enfriamiento radiante y evaporativo naturales
			Enfriamiento por evaporación natural o mecánica				
E	4.9	4.9	ACTIVAS	4.9	Calefacción	Calefacción solar pasiva y activa	

Tabla 6: Síntesis de resultados obtenidos con el Modelo GWS-EBH.

Fuente: elaboración propia.

Conforme a GWS-EBH solo son necesarias medidas de calefacción activas el 4.9% del tiempo, mientras que durante el 61.5% puede abastecerse con estrategias pasivas y el 33.7% está en confort higrotérmico, donde el 11.5% permanece en la zona ampliada. El 66.3% anual requiere protección solar, el 51.1% calefacción y el 44.1% refrescamiento.

Comparación de Resultados:

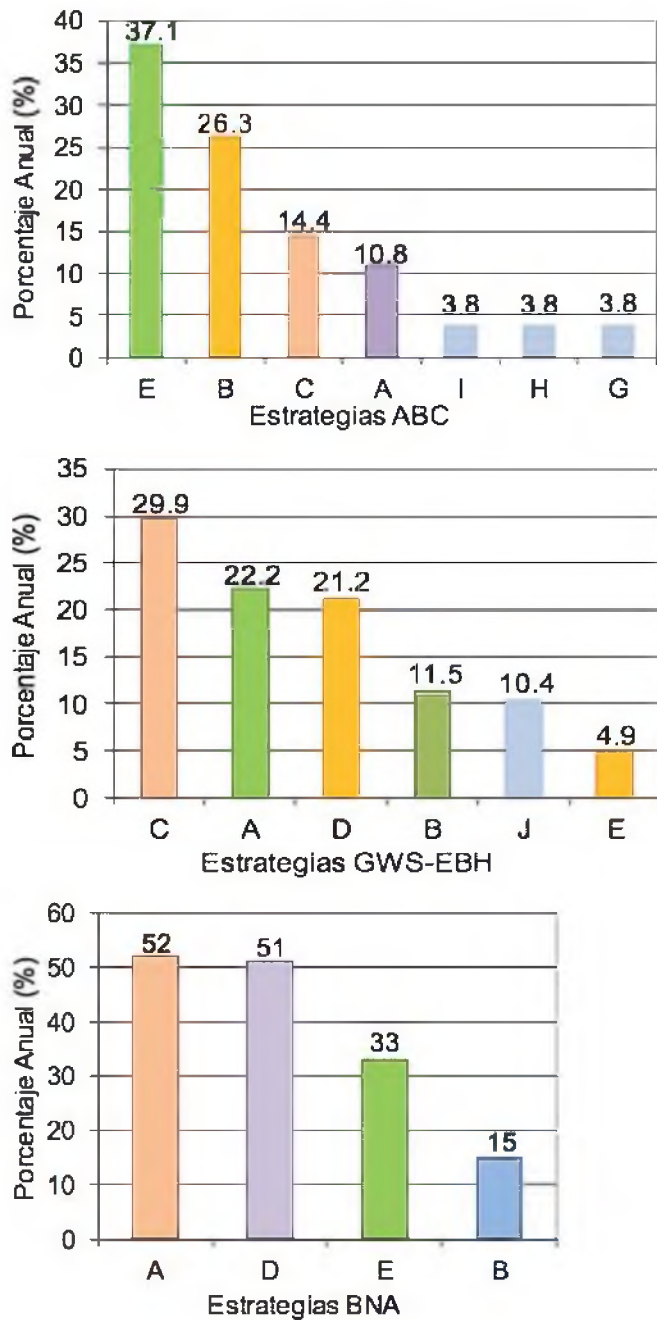


Figura 11: Resultados de los Modelos ABC, GWS-EBH y BNA para los datos del ATC.

Fuente: elaboración propia.

Conforme a GWS-EBH solo son necesarias medidas de calefacción activas el 4.9% del tiempo, mientras que durante el 61.5% puede abastecerse con estrategias pasivas y el 33.7% está en confort higrotérmico, donde el 11.5% permanece en la zona ampliada. El 66.3% anual requiere protección solar, el 51.1% calefacción y el 44.1% refrescamiento.

Conclusiones:

Los aportes que se han realizado son fundamentalmente metodológicos e instrumentales. El ATC elaborado tiene numerosas posibilidades de aplicación en análisis comparativos de diferentes sistemas termo-energéticos y resulta muy apropiado para el presente estudio. Los soportes informáticos implementados para el ATC, y los modelos MET-ME y GWS-EBH agilizan el uso de los mismos. Los criterios definidos a fin de facilitar la contrastación entre los cuatro Modelos consistieron en agrupar los resultados según tipo tecnológico (activos y pasivos), y según tipo de necesidad a satisfacer (neutra, calefacción y refrescamiento). Si bien existen diferencias en los resultados específicos según el Modelo, con cualquiera de ellos, las cantidades orientan al momento de decidir qué estrategias de diseño son más convenientes aplicar cuando se tienen limitaciones presupuestarias. En esta línea se avanza en la definición de procedimiento para determinar estrategias bioclimáticas detalladas por estación y para valorar el edificio como sistema energético (VESE; Blasco Lucas, 2004).

Referencias:

- BANHAM, R. (1975). La Arquitectura del entorno bien climatizado. Infinito, Bs. As.
- BLASCO LUCAS, I. (2013). Arquitectura Sustentable en Hábitat Rural de Zona Árido-Sísmica: Aportes Teórico-Metodológicos. Tesis Doctoral en Arquitectura. UM, Mendoza.
- DE MIGUEL, A.; BILBAO, J. (2005). Test reference year generation from meteorological and simulated solar radiation data. Solar Energy, Volume 78, Issue 6, June, Pages 695-703.
- GIVONI, B. (1984). Man, climate and Architecture. Applied Science Publishers, Londres.
- KOENISBERGER, O.; MAHONEY, C.; EVANS, J. (1971). Climate and house design. UN.
- MESA, A. (2002). BNA: Método Bruce-Novell Ampliado. LAHV-CRICYT, Mendoza.
- OLGIAY, V. (1963). Design with climate. Bioclimatic approach to architectural regionalism. Princeton University Press, New Jersey.
- PONTORIERO, D.; HOESÉ, I. (2013). Banco de datos meteorológicos. IEE-FI-UNSJ.
- SZOCKOLAY, S. (1980). Climate analysis based on the psychrometric chart. International Journal Ambient Energy 1986;7(4).

-USC (2006). ABC: Architectural Bioclimatic Classification 1.3, Software. Universidad de San Carlos, Estado de San Pablo, Brasil.

-WATSON, D. (1979). Energy conservation through building design. McGraw-Hill, NY.

-WILCOX, S. and MARION W. (2008). User's Manual for TMY3 Data Sets. NREL/TP-581-43156. National Renewable Energy Laboratory. April, Golden, Colorado.

-YEZIORO, A. and SHAVIV, E. (1996). A knowledge based CAAD system for determining thermal comfort design strategies. Renewable Energy Vol. 1, pp. 133-138.

-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.☐