



## III ENCONTRO NACIONAL I ENCONTRO LATINO-AMERICANO

Gramado, RS, 4 a 7 de julho de 1995

### EVALUACION DEL COMPORTAMIENTO ENERGETICO DE HOSPITALES DE COMPLEJIDAD MEDIA EN UN CLIMA TEMPLADO CALIDO HUMEDO DE LA ARGENTINA

Jorge Daniel Czajkowski, Arq., B.Posdoctoral CONICET  
Elías Rosenfeld, Arq., Investigador CONICET

IDEHAB, Instituto de Estudios del Habitat. Unidad de Investigación N° 2. Facultad de  
Arquitectura y Urbanismo. Universidad Nacional de La Plata.  
Calle 47 N° 162 (1900) La Plata, Buenos Aires.  
Tel/fax 54-21-214705, E-mail: czajko@isis.unlp.edu.ar.

#### RESUMEN

El Sub-sector salud y en particular los establecimientos hospitalarios de la red presentan diversos problemas, entre los que podemos mencionar los de habitabilidad higrotérmica y deficiente uso de la energía, que en muchos casos proviene de un mal diseño de los mismos. Las medidas de diseño bioclimático propuestas deben basarse en un concepto tipológico para que sean eficaces y generalizables. Se expone el comportamiento global de dos hospitales (150 camas) de la región, basado en evaluaciones energético-térmicas en estado estacionario, utilizando el "Sistema *EnergocAD V2*". Se contrastan estos comportamientos con sus tipologías ideales<sup>(1)</sup>. Se plantean medidas de URE, evaluándose los ahorros obtenidos y se exponen conclusiones de comportamiento de estos hospitales.

#### ABSTRACT

The health subsector and in particular the net hospitals establishments, present different problems, which we can mention those of hygrothermic habitability and energy deficient usage, that in many cases come from a bad design. The bioclimatic design measures purposed must be based in a typological concept to be efficient and generalizable. We expose the global behavior of 2 hospitals (150 beds) of the region, based in energetic-thermic evaluations in stationary state, using the "*EnergocAD V2 System*". We contrast these behaviors with its ideal typologies. We propose the URE measures, evaluating the obtained saves and we expose the behavior conclusions of these hospital.

#### PALABRAS CLAVE - KEY WORDS

Arquitectura solar; diseño bioclimático; confort; uso racional de la energía; tipología.

#### INTRODUCCION

El estudio se localiza en la región del gran La Plata (lat: -35,55° long: 57,56°) a orillas del Río de La Plata sobre la margen occidental. El clima está clasificado según normas argentinas como templado cálido húmedo - subzona IIIb. El comportamiento respecto del confort higrotérmico puede verse en la figura 1 y los datos climáticos medios en la tabla 1. Del análisis de estos datos

surge que posee veranos suaves ( $t_{\text{máxmed}} = 28,5^{\circ}\text{C}$ ) e inviernos poco rigurosos ( $t_{\text{mínmed}} = 6,7^{\circ}\text{C}$ ) con alta humedad ambiente (HR= 71 y 86%) y vientos predominantes desde el río de baja intensidad.

Dentro de los objetivos particulares del trabajo se planteó la evaluación de hospitales de la región. Para lo cual se seleccionaron dos establecimientos. En la tabla 2 se muestran sus características principales. Analizando la tabla se extrae que a pesar de poseer características similares sus consumos reales de energía difieren sustancialmente, ya que el Hospital "San Roque" consume 3.7 veces más energía. Este desequilibrio energético está siendo analizado por el Grupo mediante la realización de auditorías energéticas, aunque aquí analizaremos su comportamiento térmico-energético desde un enfoque edilicio.

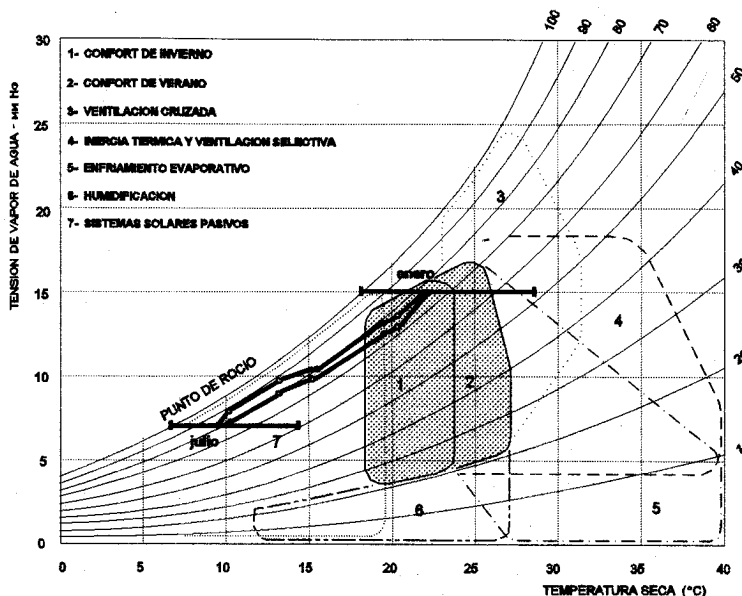


Figura 1 Situación de confort higrotérmico de la ciudad de La Plata, Argentina. Según modelo de B. Givoni.

Estación	$t_{\text{med}}$ °C	$t_{\text{máxmed}}$ °C	$t_{\text{mínmed}}$ °C	HR %	VV km/h	Heliofanía relativa %
Verano	22,4	28,5	17,6	71	12	68
Invierno	9,7	14,6	6,7	86	11	42
Anual	16,2	21,5	12,0	79	11	55

Tabla 1 Resumen de datos climáticos de la ciudad de La Plata, Buenos Aires, Argentina.

Denominación	Jerarquía	Tipo	Cant. camas	Superficie m <sup>2</sup>	Consumo energía		
					E. Eléctrica Kw/h/año	Gas natural m <sup>3</sup> /año	Total MJ/año
San Roque	Zonal Gral. de Agudos	Bloque-basamento	154	4.585	366.111	144.538	1.593.699
Dr. R. Gutiérrez	Zonal Gral. de Agudos	Claustral	161	4.682	32.929	515.788	5.935.762

Tabla 2 Datos comparativos de los casos hospitalarios adoptados.

Debemos aclarar que la mayor parte del consumo de energía en los hospitales no se debe exclusivamente al acondicionamiento higrotérmico de estos, sino al equipamiento energo-intensivo que poseen los distintos servicios. Este campo lo lleva adelante otro<sup>(4)</sup> miembro del equipo y se expone en otro trabajo de este congreso.

## METODOLOGÍA

La metodología utilizada consiste en aplicar medidas progresivas de URE- Uso racional de la Energía en la envolvente edilicia, permitiendo conocer cuanta energía en calefacción demandan

realmente estos edificios respecto de lo que consumen; según el siguiente detalle: a. primer balance térmico con condiciones de envolvente térmica reales y 5 renovaciones de aire correspondientes al tipo de carpinterías de los edificios; b. la primera medida adoptada corresponde a mejorar la estanqueidad del edificio incorporando burletes en las carpinterías, con lo cual las renovaciones de aire se reducen a las reglamentarias (2 RA/h); c. la segunda medida fué incorporar 5 cm de aislante térmico en techos. d. la tercera medida - la más costosa - fué incorporar 2 cm de aislante térmico en paredes.

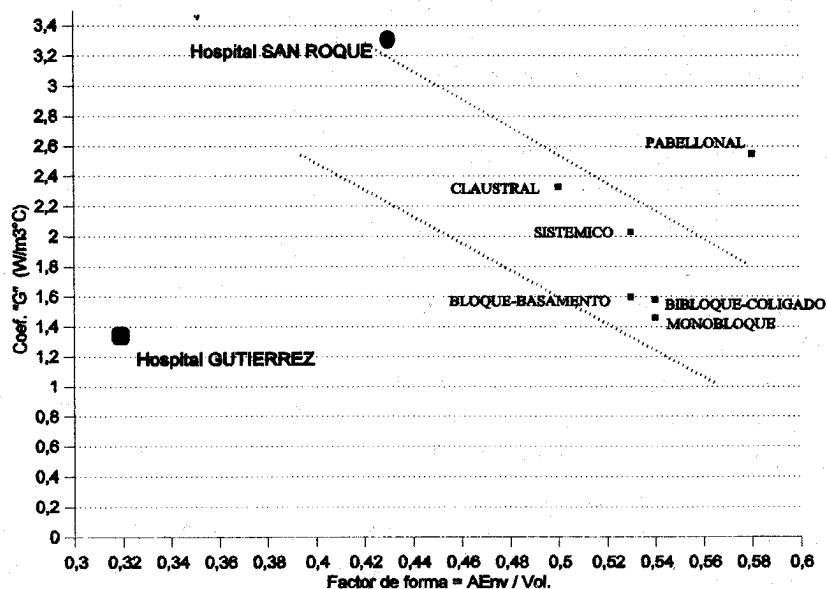
**Comportamiento térmico de las tipologías:** Se analizaron las tipologías ideales en función de los indicadores calculados para conocer el comportamiento térmico de estas. En la Tabla 3 se sintetizan los valores de los casos seleccionados.

TIPO	Superficie m <sup>2</sup>	Volumen m <sup>3</sup>	Area Envolv. m <sup>2</sup>	Co	Ff	U.A. W/°C	C.T.A. KW / h	UA / m <sup>2</sup> W / m <sup>2</sup> °C	G W / m <sup>2</sup> °C
Claustral	7056	21162	10562	0.67	0.50	49.302	1.619.882	6.99	2.33
Bloque- basamento	7056	22032	11628	0.61	0.53	33.648	1.105.553	4.77	1.60
GUTIERREZ (claustral)	4.682	15.627	5.035	0.93	0.32	21.094	584.934	4.51	<b>1.35</b>
SAN ROQUE (bloque-basamento)	4.585	13.776	5.916	0.78	0.43	45.547	1.263.000	9.93	<b>3.31</b>

**Tabla 3** Resumen de datos formales, dimensionales y energéticos de los tipos ideales.

En esta encontramos para cada tipo: la superficie, el volumen, el área envolvente total del edificio, el coef. de compacidad (Co), el factor de forma (Ff), las pérdidas totales por grado (UA), la carga térmica anual del edificio en calefacción (CTA), las pérdidas en función a la superficie calefaccionada (UA/m<sup>2</sup>) y el coeficiente global de pérdidas térmicas (G). De esta información se analizan las siguientes relaciones:

**Variación formal de los casos en función del "G" con los tipos ideales:** En la Figura 2 se analiza la relación entre el coef. global de pérdidas térmicas "G" y el factor de forma de los casos analizados respecto de los tipos ideales. Vemos que estos hospitales distan mucho de los tipos ideales. En el caso del "San Roque" su situación es particular ya que su factor de forma es bajo para la tipología a que pertenece y posee un coef. "G" alto, en otras palabras es poco compacto y de baja calidad térmica. En contraposición el "Gutiérrez" es bastante menos compacto y posee una mejor calidad térmica global.



**Figura 2** Relación entre el Factor de forma y el Coef. "G" según tipos ideales

En contraposición el "Gutiérrez" es bastante menos compacto y posee una mejor calidad térmica global.

La calidad térmica de la envolvente es explicable ya que en el primer hospital la relación opaco/transparente es baja, los techos son de losas cerámicas ( $k=3.5 \text{ w/m}^2\text{°C}$ ) y los muros son de ladrillos comunes de 20 cm ( $K=2.1 \text{ w/m}^2\text{°C}$ ). Mientras en el segundo la relación opaco/transparente es más alta, los techos poseen menor conductividad térmica ( $K= 0.91 \text{ W/m}^2\text{°C}$ ), lo mismo que los muros ( $K= 1.88 \text{ W/m}^2\text{°C}$ ).

**Comportamiento según pérdidas totales:** La relación entre las tipologías y la demanda anual de energía en calefacción lleva una relación con el anterior análisis. Una comparación entre los hospitales analizados y las tipologías ideales muestra que la relación entre el "San Roque" y la tipología ideal en la que se encuadra (bloque-basamento), es de solo el 16%; mientras que para el "Gutiérrez" la relación respecto de su tipología ideal (claustral), es del 159%. Esto es significativo más cuando el "San Roque" posee una demanda como carga térmica anual según balance de 1.496 MW/h/año en calefacción, respecto del "Gutiérrez" que solo demanda 518 MW/h/año. Estas diferencias tan marcadas para dos hospitales de complejidad y dimensiones similares es destacable. En estos dos casos la tipología pierde fuerza como variable crítica para ser sustituida por la tecnología-constructiva adoptada. Estas mismas relaciones surgieron en proyectos anteriores cuando se estudió el sector residencial urbano y periurbano, pero la diferencia notable en el análisis es que en aquella situación se contaba con un universo de análisis de más de 300 casos con auditorías detalladas y 2000 casos encuestados. Esta diferencia en la cantidad de casos a manejar permite que puedan extraerse relaciones cuantitativas con un cierto grado de representatividad. En esta situación en que se manejan dos casos, pero complejos por su escala, no pueden extraerse conclusiones representativas de un sector. El avance del proyecto permitirá contar con mayor información y con un instrumental de análisis adaptado a la complejidad del sector.

**Relación entre energía demandada y consumida:** Esta relación graficada en la Figura 3 nos muestra un desequilibrio entre lo calculado por balance y lo realmente consumido. El hospital "San Roque" consume casi tres veces más que lo calculado, esto puede implicar varias cosas: a. que se haya subestimado en demasía el nivel térmico de la envolvente; b. que el nivel de infiltración sea más alto que el estimado que ya es elevado (5 RA/h); c. que el rendimiento del sistema de calefacción sea muy bajo; d. que existan otros consumos no detectados (cocción, lavado, etc); e. que el nivel térmico interior sea elevado; f. que exista sobrefacturación por error de

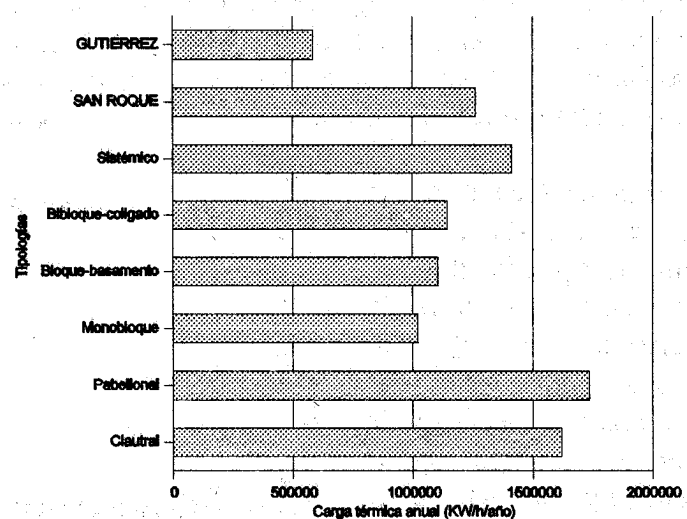


Figura 3

Demanda anual de energía en calefacción según tipos (TBC= 18°C)

o una combinación de todos estos, en diversos grados. En oposición el hospital "Gutiérrez" consume un 30 % menos de lo calculado por balance, en este caso es posible que la superficie realmente calefaccionada sea menor a la utilizada en el balance y que el nivel de infiltración sea más bajo que el estimado. En cualquiera de estos casos es conveniente la realización de una auditoría detallada que permita despejar los factores que provocan estos desequilibrios.

**Análisis en función de las pérdidas por la envolvente:** En la Tabla 4 se muestran las pérdidas térmicas relativas por partes de envolvente para los casos analizados. Esta síntesis nos permite conocer donde se producen las pérdidas más significativas y así conocer donde deberemos mejorar la aislación térmica.

HOSPITAL	U.A. W/°C	G W /m <sup>2</sup> °C	Distribución de pérdidas (%)					
			Muros	Techos	Ventanas	Puertas	Pisos	R.Aire
GUTIERREZ	37.509	2.40	10.69	5.76	7.25	0.80	2.59	72.94
SAN ROQUE	45.547	3,31	12,67	16,22	15,67	0,34	2,19	52,93

**Tabla 4** Discriminación de pérdidas térmicas por envolvente para los casos analizados.

El análisis de la tabla y sus datos permite encontrar en que items se producen las mayores pérdidas y plantear las medidas tendientes a reducirlas.

*Renov. Aire:* Este item puede reducirse ya que con un control de infiltraciones de baja inversión puede alcanzarse las condiciones normativas de 2 RA/h. En la Tabla 5 se muestra la nueva situación energética con la aplicación de esta medida. *Puertas:* En ambos casos las pérdidas por puertas son despreciables (0.8 y 0.34%), por conducción y en consecuencia no se plantean mejoras, salvo las que conciernen a mejorar la estanqueidad a las infiltraciones. *Pisos:* Como el caso anterior las pérdidas no son significativas (2.59 al 2.19%) y realizar mejoras en la aislación del contrapiso implicaría molestias en establecimientos en funcionamiento respecto de los beneficios obtenidos. *Ventanas:* Este ítem es importante por cuanto las pérdidas (7.25 y 15.67%) tienen significación, pero las mejoras implicarían un gran costo que en una primer etapa podría descartarse. *Techos:* En el caso de los techos y en particular del "San Roque" las pérdidas son considerables (5.76 y 16.22 %) y se plantea su mejora como segunda medida de URE en la Tabla 6. *Muros:* En este caso las pérdidas térmicas adquieren significación pero no son muy importantes (10.69 y 12.67%), en función de esto se plantea como ultima medida de URE. Los resultados se ven en la Tabla 7.

HOSPITAL	U.A. W/°C	G W /m <sup>2</sup> °C	Distribución de pérdidas (%)					
			Muros	Techos	Ventanas	Puertas	Pisos	R.Aire
GUTIERREZ	21.094	1.35	19.00	10.23	12.90	1.43	4.59	51.88
SAN ROQUE	31.082	2.26	18.57	23.77	22.96	0.50	3.21	31.03

**Tabla 5** Primera medida de URE - control infiltraciones de aire reduciendo las 5 RA/h originales a las 2 RA/h reglamentarias.

HOSPITAL	U.A. W/°C	G W /m <sup>2</sup> °C	Distribución de pérdidas (%)					
			Muros	Techos	Ventanas	Puertas	Pisos	R.Aire
GUTIERREZ	19.861	1.27	20.18	4.66	13.70	1.51	4.88	55.10
SAN ROQUE	25.052	1.82	23.03	5.42	28.48	0.62	3.98	38.50

**Tabla 6** Segunda medida de URE - control de infiltración más aislación de techos.

HOSPITAL	U.A. W/°C	G W /m <sup>2</sup> °C	Distribución de pérdidas (%)					
			Muros	Techos	Ventanas	Puertas	Pisos	R.Aire
GUTIERREZ	18.680	1.19	15.13	4.95	14.56	1.61	5.19	58.59
SAN ROQUE	21.529	1.56	10.44	6.31	33.14	0.72	4.63	44.80

**Tabla 7** Tercera medida de URE - control de infiltraciones más aislación de techos y muros.

La aplicación de las distintas medidas de ahorro de energía logró una considerable disminución de la demanda de energía en calefacción. Esta relación la podemos ver en la Figura 4.

## ANALISIS ECONOMICO

Dado que el hospital San Roque se encuentra en una situación de consumo energético anormal, se realizó un análisis técnico-económico sobre la factibilidad de implementar medidas de URE en la envolvente edilicia. En función de las medidas expuestas anteriormente se deduce que el tiempo de retorno de la inversión de la medida 1 (control de la infiltración) es de solo 24 días, con un 32% de ahorro en calefacción. La medida 2 (control infiltración + aislación de techos) se recupera en 16 meses, con un ahorro

del 45% y la medida 3 (control infiltración + aislación de techos + aislación en muros) en 48 meses. El costo total de las medidas de URE se estima en 86.000 u\$ para un ahorro global en calefacción del 53%. Debemos preguntarnos, si es tan conveniente la implementación del URE en edificios, ¿porque no se logra su difusión masiva?

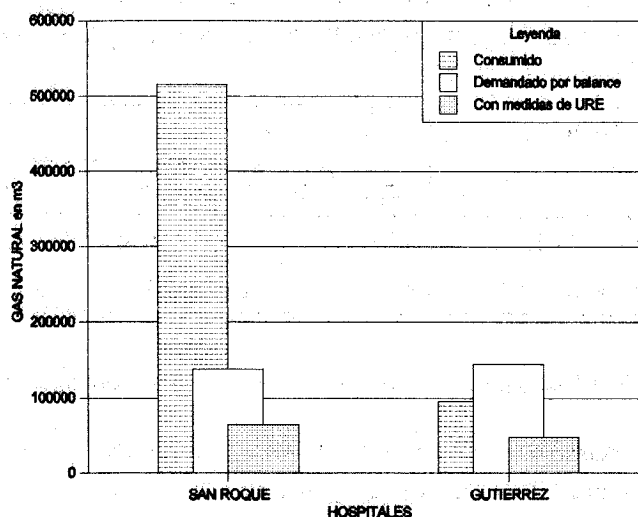


Figura 4 Relación entre consumo y demanda de gas natural con medidas de URE.

## CONCLUSIÓN

El análisis de estos casos hospitalarios mostró una clara diferencia en los indicadores térmicos respecto de sus tipos ideales. Está claro que utilizando diagnósticos globales no pueden obtenerse precisiones sobre las causas de los desequilibrios detectados, pero sirve para mostrarlos. Con pocos casos no es posible plantear medidas generales que sean representativas del sector salud.

La metodología utilizada, sumada a herramientas de diagnóstico como el *EnergocAD*, permite detectar comportamientos irregulares en edificios complejos con rapidez y gran economía de recursos. El desarrollo de herramientas avanzadas de diagnóstico energético, apoyadas en bases de datos de redes edilicias, permitirá mejorar el proceso de diseño y gestión de redes urbanas.

La implementación de medidas masivas de URE en redes edilicias son económicamente viables y requiere de mayor y mejor difusión.

## REFERENCIAS

1. Discoli Carlos y Rosenfeld Elías. "Metodo de diagnóstico temprano de la gestión energética en edificios de salud". Actas de la 14ª Reunión de trabajo de ASADES. Mendoza, abril 1990.
2. Czajkowski Jorge y Rosenfeld Elías. "Metodología para el análisis de las clasificaciones complejas y construcción de tipologías mediante la reducción del espacio de atributos. Un enfoque energético". Actas de la 14ª Reunión de trabajo de ASADES. Mendoza, abril 1990.
3. Czajkowski Jorge y Rosenfeld Elías. "Un enfoque bioclimático de las tipologías de edificios hospitalarios de la región metropolitana de Buenos Aires". 15ª Reunión de trabajo de ASADES. La Plata, noviembre 1993.
4. Discoli Carlos et al. "Normalización de los sectores energo-productivos de la red edilicia de salud". Expuesto en el III Encuentro Nacional e I Encuentro Latino-Americano de Conforto No Ambiente Construido. Gramado '95.
5. Czajkowski J. y Rosenfeld E. "Un enfoque bioclimático de las tipologías de edificios hospitalarios de la región metropolitana de Buenos Aires". Expuesto en la 16ª Reunión de Trabajo de ASADES. La Plata, 1993.
6. FIGUR, Programa informatizado de gestión urbana y regional. PID-BID-Conicet.