

COMPORTAMIENTO HIGROTÉRMICO, LUMÍNICO Y ENERGÉTICO DE EDIFICIOS RESIDENCIALES UBICADOS EN LA CIUDAD DE SAN JUAN

M. G. Re¹, I. Blasco Lucas²

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 Int. 349 – Fax: +54(0)264 423 5397 – <http://www.irpha.com.ar>
E-mails: reguillermina@yahoo.com.ar, iblasco@fau.unsj.edu.ar, iblasco_2000@yahoo.com

RESUMEN:

El objetivo de la investigación fue evaluar el comportamiento higrotérmico, lumínico y energético de dos departamentos en edificios en altura ubicados en la ciudad de San Juan. Los registros se realizaron con HOBOS en periodos de 10 días durante agosto 2008 y enero 2009, conjuntamente con el relevamiento diario de consumos de gas y electricidad. Para el procesamiento de las mediciones se utilizó el programa PROMEDI-HTL. Con el modelo KG-MOD se calcularon los K de los elementos de las envolventes y los G_{cal} y G_R de los departamentos, comparados con los máximos admisibles estipulados por Normas IRAM (serie 11600). Se analizó por un lado, la relación entre mediciones y consumos energéticos, y por otro, consumos anuales contrastados con índices de estándares internacionales (UE). Los resultados enfatizan la incidencia de los hábitos de los usuarios en los tres aspectos abordados y muestran un nivel mínimo de eficiencia energética en ambos casos.

Palabras clave: monitoreo, higrotérmico, lumínico, energía, edificios residenciales.

INTRODUCCION

Existe a nivel mundial una creciente preocupación por la gestión de la energía, cuya problemática reside en el alto consumo que se ha evidenciado en las últimas décadas y la necesidad inminente de establecer políticas de ahorro que garanticen su conservación en un futuro cercano (Davies Mike, et al, 2008). La búsqueda de soluciones desde los distintos ámbitos que abarca esta temática, es una responsabilidad que han asumido la mayoría de los países en los últimos tiempos en función de las pautas acordadas en encuentros globales (Agenda de Río, 1992, Protocolo de Kyoto, 1997, Copenhague, 2009).

En el ámbito disciplinar de los arquitectos, la conciencia ambiental se percibe a través de la incorporación de nuevos conocimientos relacionados con la temática energética y de tecnología de la construcción. El desarrollo de investigaciones tendientes a esclarecer modelos y métodos de abordaje de este complejo problema representa un continuo avance para la valoración del potencial ofrecido por el sector inmobiliario y su capacidad de posibilitar la disminución de consumo energético (Cole y Larsson, 2002; Koukkari, et al, 2007; de Schiller, et al, 2003; Assaf, et al., 2007; Blasco Lucas, 2006; Cavalcante y Cavalcante Neto, 2008).

Actualmente el parque edilicio utiliza para el acondicionamiento térmico y lumínico el 37 % de toda la energía primaria, siendo el 53 % de dicha demanda correspondiente a edificios del sector residencial (Evans J.M., de Schiller S., 2007). En nuestro país el sector residencial representa el 21% del consumo energético nacional, con un índice similar de emisión de CO₂, que lo posicionan en tercer lugar dentro de los mayores consumidores energéticos y contaminadores de la atmósfera, luego de la industria y el transporte (Blasco Lucas, 2008).

Desde el punto de vista térmico, la demanda energética edilicia es función del clima exterior (localización geográfica), de la epidermis edilicia (coeficientes de transferencia térmica de los cerramientos, su capacidad de inercia y permeabilidad), del equipamiento (eléctrico y de gas u otro combustible), de las características ocupacionales y funcionales del edificio (hábitos de los usuarios) y del intervalo temporal considerado (Velazquez Vila, et al, 1997). De los factores citados con anterioridad, los que permitirían ser modificados por arquitectos e ingenieros en su labor profesional son: las características constructivas de la epidermis edilicia y el equipamiento a incorporar. Una buena concepción de estos dos aspectos implicará un ahorro de energía que se disfrutará a lo largo de la vida útil del edificio. (Blasco Lucas, 2006).

El análisis que presenta este trabajo busca evaluar el funcionamiento energético de unidades habitacionales basado en los conceptos anteriormente expuestos. Se consideran para el estudio, los factores que más afectan los aspectos energéticos de un edificio: factores climáticos, arquitectónicos, equipamiento y tipo de usuario. Los objetivos perseguidos fueron los de profundizar en el análisis del comportamiento higrotérmico y en la cuantificación de la iluminación natural de cuatro unidades habitacionales en edificios multifamiliares en altura, a la vez que relacionar la obtención de niveles de confort en cada departamento con el consumo de energía requerido para lograrlo.

¹ Miembro de ASADES. Becaria de perfeccionamiento CICITCA-UNSJ (2007-2009). Trabajo desarrollado en el marco de los proyectos PIC 21/A813 (CICITCA-UNSJ) y PICT 06-00956 (FONCYT-ANPCYT).

² Miembro de ASADES. Directora de la becaria. Directora del PIC21/A813 (CICITCA-UNSJ) y Miembro del Grupo Responsable del PICT 06-00956 (FONCYT-ANPCYT).

Las auditorías edilicias y la relación que ellas guardan con la materialización constructiva y los consumos energéticos, son un importante aporte para el desarrollo de estrategias de eficiencia energética y el adecuado diseño arquitectónico en sus aspectos tecnológico-constructivos. Existen antecedentes, como los trabajos de: Filippin C., Flores Larsen S. (2005), y Evans J.M., de Schiller S. (2007), cuyos aportes han contribuido a la ejecución del presente trabajo.

ANALISIS DE CASOS

Para el desarrollo del presente trabajo en su fase práctica se ha llevado a cabo una selección de dos unidades habitacionales, ubicadas cada una en edificios de departamentos diferenciados, que son analizadas desde el punto de vista energético y constructivo. La selección de los casos de estudio fue realizada contemplando ciertos factores que afectan los aspectos energéticos de un edificio (factores climáticos, arquitectónicos y tipo de usuario), procurando unificar la muestra de modo de posibilitar el posterior análisis de las variables determinadas. Respecto al **factor climático**, la ciudad de San Juan pertenece a la Zona bioambiental III (Templada Cálida), Subzona "a", según la clasificación de la Norma IRAM 11603 para la República Argentina. Posee un clima árido seco con grandes amplitudes térmicas diarias y estacionarias (Tabla 1); está ubicada en la región cuyana al centro oeste de la Argentina, a los 31°6' Latitud Sur y 68°5' Longitud Oeste, con una altura sobre el nivel del mar de 615m. El **tipo de usuario** influye en los registros de consumo y funcionamiento de una vivienda; por ello se han seleccionado departamentos ocupados por usuarios que tuviesen características similares, como la edad entre 25 y 30 años, y que se encuentren en actividad laboral; para homogeneizar algunas variables. En los casos de estudio del presente trabajo no hubo ninguna manifestación previa de los habitantes por lograr un ahorro energético en sus departamentos o implementar prácticas sustentables y de cuidado del medio ambiente; es decir que el estudio se lleva a cabo en situaciones reales de uso. En cuanto al **factor arquitectónico**, se tuvo en cuenta: la tipología de edificios multifamiliares en altura, la antigüedad menor a 15 años y la localización urbana dentro del radio céntrico de la ciudad con proximidad al transporte público. Para la selección de unidades habitacionales se consideró que fuesen de 1 dormitorio con estar comedor, cocina y 1 baño, que se encontraran en el segundo piso (o nivel) dentro del edificio y que estuviesen habitados por 1 o 2 personas.

Aplicación de Normas IRAM

Utilizando el Método KG-MOD (Blasco 2002 y 2006) se siguieron los procedimientos estipulados por las Normas IRAM 11601 (2002) y 11604 (2001) para calcular los Factores de Forma (FF) de cada departamento, las respectivas transmitancias térmicas (coeficientes K) de los elementos componentes de la envolvente, y la transmitancia térmica global (coeficientes Gcal) de cada caso. Con estos últimos valores se obtuvo la carga térmica de calefacción anual (Qcal). También se aplicó la Norma IRAM 11659-2 (2007) para calcular el coeficiente volumétrico de refrigeración (Gr) y la carga térmica en refrigeración (QR) que permiten conocer las propiedades térmicas en régimen estacionario para la estación estival.

SAN JUAN			VARIABLES ARQ.		DPTO 1	DPTO 2
ANUALES	VARIABLES CLIMATICAS		VALORES			
	Tº Media	18,2 °C	Orientación Ppal		Norte	Norte-Sur
	Tº Media Máxima	27,1 °C	Ventilación Cruzada		NO	SI
	Tº Media Mínima	10,2 °C	Factor de Forma *1		0,69 m ⁻¹	0,77 m ⁻¹
INVIERNO (julio)	Humedad Relativa	43,7 %	Factor de Forma *2		1,79	2,02
	Tº Media Julio	8,4 °C	Sup. Relativa		27,62	9,55
	Tº Media Máxima Julio	18,1 °C	Ventanas (%)			
	Tº Media Mínima Julio	-0,5 °C	Volumen Masa Relativo (%)		14,15	23,48
	Amplitud Térmica Media Julio	18,6 °C	Volumen Interior		171 m ³	104 m ³
	Radiación Media sobre Sup. Hor.	3 kWh/m ²	Gcal (W/m ³ °C)		0,74	1,58
VERANO (enero)	Humedad Relativa Julio	48,5 %	Qcal (kWh)		3853	5018
	Velocidad Media Viento	11,0 Km/h	Gr (W/m ³)		21,81	29,06
	Tº Media Enero	27,1 °C	Qr (W)		3730	3021
	Tº Media Máxima Enero	35,2 °C	*1- sup envolvente / volumen			
	Tº Media Mínima Enero	19,7 °C	*2- sup envolvente / sup planta			
	Amplitud Térmica Media Enero	15,5 °C				
Radiación Media sobre Sup. Hor.	7 kWh/m ²					
Humedad Relativa Enero	43,6 %					
Velocidad Media Viento	16,3 km/h					

Fuente: tutiempo.net. Años 2006 a 2008

Tabla 1: Variables Climáticas para San Juan (Izq.), y Variables Arquitectónicas de los Dptos. 1 y 2 (Der.).

COMPONENTE y MATERIAL	DPTO 1				DPTO 2						
	Trasmitancia Térmica K	Diferencia K Verano		Diferencia K Invierno		Trasmitancia Térmica K	Diferencia K Verano		Diferencia K Invierno		
	[W/m ² °C]	[W/m ² °C]	[%]	[W/m ² °C]	[%]	[W/m ² °C]	[W/m ² °C]	[%]	[W/m ² °C]	[%]	
Muro Hormigón	2,55	-1,30	-104	-1,55	-155	Muro Ladrillo Ex	1,86	-0,61	-48	-0,86	-86
Muro Ladrillo Hueco	2,09	-0,84	-67	-1,09	-109	Muro Ladrillón Lindero	1,92	-0,67	-54	-0,92	-92
Muro H-Lindero	2,08	-0,83	-66	-1,08	-108	Total Techo	2,86	-1,90	-396	-2,03	-244
Muro L-Lindero	1,76	-0,51	-41	-0,76	-76	Total Piso	1,86	-2,04	-426	-1,03	-125
Total Techo	2,45	-1,61	-336	-1,62	-196	Puertas Madera	2,29	-1,04	-83	-1,29	-103
Total Piso	1,65	-1,66	-345	-0,82	-98	Vidrio	5,75	-4,50	-360	-4,75	-475
Puertas Madera	2,29	-1,04	-83	-1,29	-103	Aluminio	5,88	-4,63	-371	-4,88	-488
Total Vidrio	5,59	-4,34	-347	-4,59	-459						
Aluminio	5,88	-4,63	-371	-4,88	-488						

Tabla 2: Síntesis de los coeficientes K de los componentes constructivos de cada Dpto.

La Tabla 1 (Der.) resume las variables arquitectónicas de los departamentos analizados, mientras que la Tabla 2 presenta la comparación de los coeficientes K con los K admisibles de invierno y verano recomendados para la zona, en el nivel medio de calidad constructiva (B). Los resultados evidencian que los 2 casos estudiados superan dichos índices. El valor más cercano a lo estipulado por la norma es el del muro de ladrillo hueco del departamento 1, siendo las ventanas de ambos departamentos las que presentan un mayor valor negativo. En cuanto a los valores G_{cal} , G_R y Q_R , se ve representado gráficamente en las Figs.1 y 2, que en ninguno de los dos casos analizados se superan los máximos admisibles sugeridos por las Normas IRAM 11604 y 11659-2. Para realizar los gráficos comparativos, en el cálculo de G_R y Q_R , no se consideraron ganancias internas por equipamiento y personas, ni por radiación solar a través de aberturas, dado que estos factores no se contemplan para obtener G_{cal} conforme la Norma IRAM 11604.

En la Figura1-Izq se observa que el Dpto.1 ($0,74 \text{ W/m}^3\text{C}$) presenta un valor G_{cal} menor que el Dpto.2 ($1,58 \text{ W/m}^3\text{C}$), lo cual denota menores pérdidas de calor del primero con respecto al segundo. Incide en este resultado el hecho de que el Dpto.2 se ubica en la última planta del edificio, encontrándose la superficie del techo en contacto directo con el exterior y por lo tanto mayormente afectada por los factores climáticos de cada estación. El Dpto.2 requiere de mayor cantidad de energía (Q_{cal} 5,02 MWh) para alcanzar confort interior en invierno (Figura1-Der.). Se puede observar en la Figura2-Der que para verano la situación se revierte y el Dpto.1 evidencia mayores cargas térmicas (3730 W) que el Dpto.2 (3022 W). Si bien el Dpto.1 posee un valor G_R menor (Figura1-Izq), el mayor requerimiento energético está afectado por la superioridad en el porcentaje de aventanamientos (Figura1-Der.).

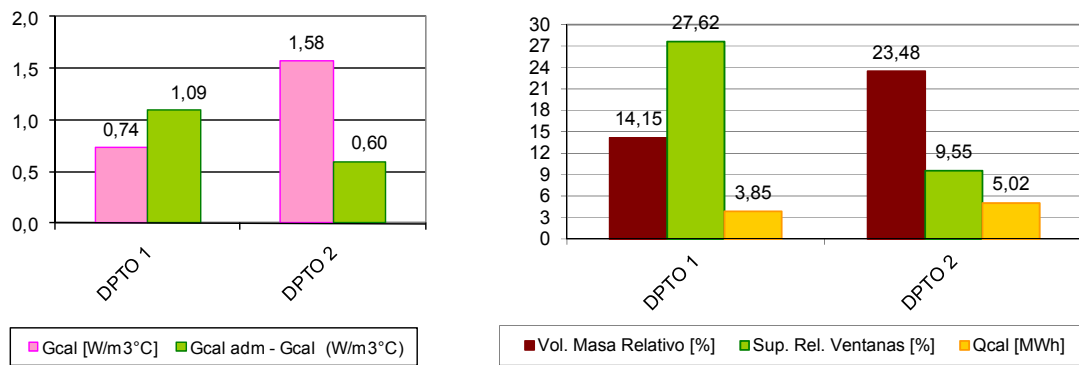


Figura 1: INVIERNO: Comparación G_{cal} Total y la diferencia entre G_{cal} admisible y G_{cal} de cada departamento (Izq.). Comparación entre Volumen de Masa Relativo, Superficie Relativa de Ventanas y Q_{cal} . (Der.).

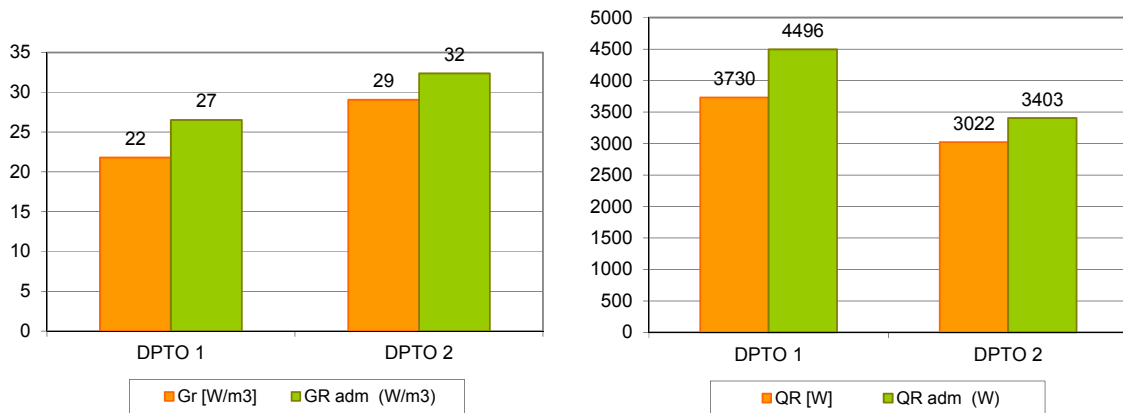


Figura 2: VERANO: Comparación G_R y G_R admisible Dpto.1 y 2 (Izq.). Comparación Q_R con Q_R admisible (Der.).

Monitoreo

El monitoreo higrotérmico y lumínico de los departamentos tuvo como finalidad conocer los valores registrados en los ambientes interiores y su aproximación a los niveles de confort en periodos significativos del año. El objetivo principal fue evaluar el comportamiento energético de cada departamento por el periodo de un año, a partir de comparar las mediciones con la cantidad de energía demandada por los usuarios para llegar a situaciones de confort. Siguiendo procedimientos aplicados en Blasco Lucas et al. (2004) se utilizaron data-loggers tipo HOBOs U12 para el monitoreo de los diferentes locales, cuya ubicación se indica en la Tabla 3, al igual que el equipamiento a gas (verde) y eléctrico (bermellón). Se realizaron registros de temperatura (°C), humedad relativa (%) e iluminancia (lux) cada 30 minutos, durante 10 días de invierno (28/07/08 al 09/08/08) y de verano (16/01/09 al 30/01/09), en situaciones normales de ocupación por parte de los habitantes. Los datos meteorológicos fueron provistos por el Instituto de Energía Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la UNSJ (Ing. Pontoriero), a través de una estación meteorológica tipo DAVIS. Cabe aclarar que los Hobos U12 miden niveles de iluminación relativa (lux) y son apropiados para el tipo de análisis lumínico que se realiza, cuya intención es conocer los niveles de iluminación general de los ambientes, sin efectuar un estudio detallado sobre planos de trabajo.

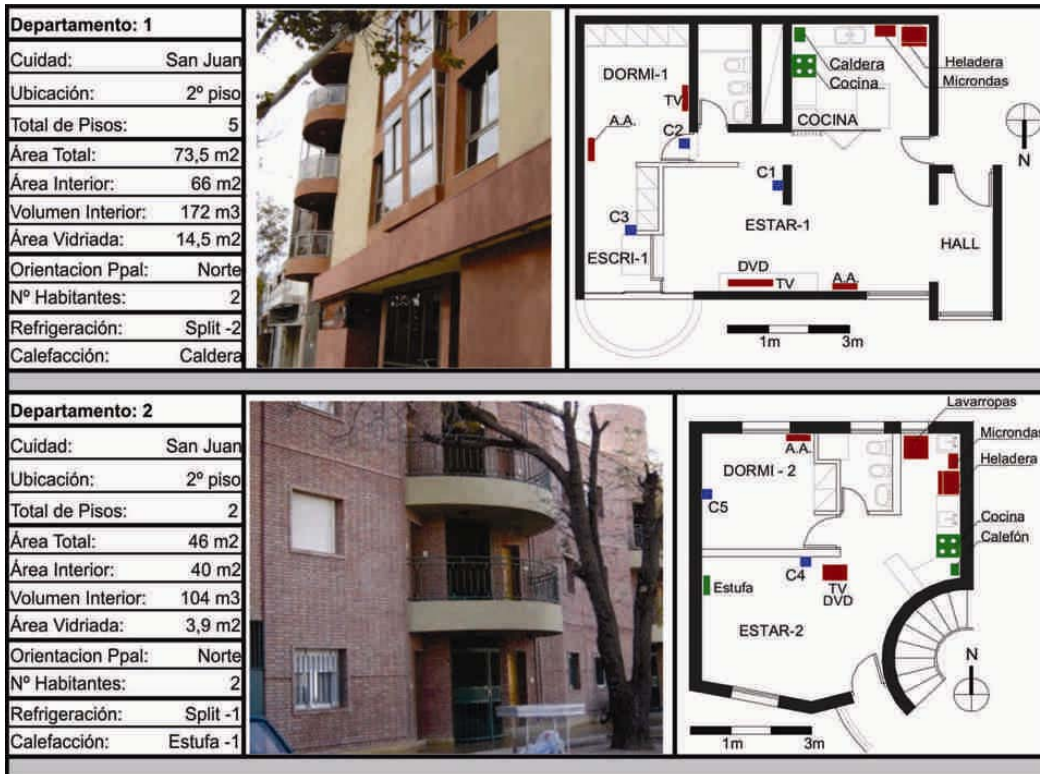


Tabla 3. Relevamiento Dptos. 1 y 2, con identificación de equip. de gas y electricidad, y ubicación de sensores (C1 a C5).

Procesamiento de Mediciones

Para el procesamiento de datos y el análisis comparativo de las mediciones higrotérmicas y lumínicas de cada departamento se ha utilizado el procedimiento PROMEDI-HTL-V3 (Blasco, et al, 2007). Los locales monitoreados se identificaron con un número que indica a qué departamento pertenece.

En la Figura 3 se pueden observar los Gráficos de dispersión de los datos higrotérmicos de invierno correspondientes a las unidades habitacionales analizadas, mientras que en la Figura 4 se exponen los datos de verano. En dichos gráficos de la zona de confort se encuentra identificada con verde, habiendo sido modificada respecto a su versión original con una forma geométrica que se aproxima de manera más precisa a la identificación del área deseada en el diagrama de Givoni. La zona de confort sugerida este último tiene validez anual con un rango que va desde los 18°C a los 28°C, sin embargo a efectos del presente trabajo, se considera mas conveniente adoptar una zona de confort para invierno y otra para verano.

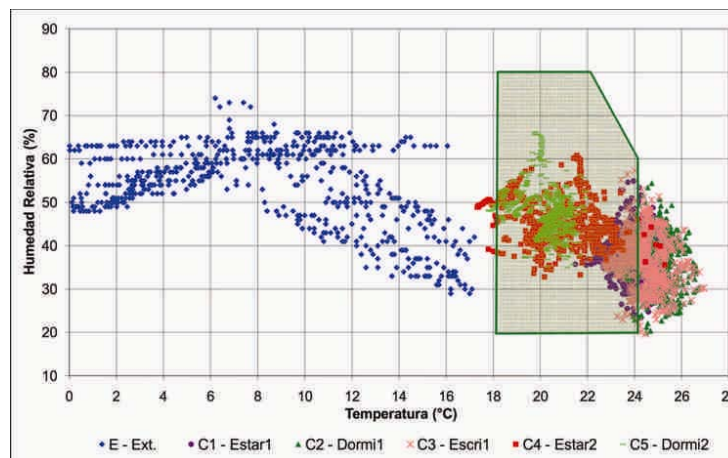


Figura 3: Dispersión Higrotérmica en Invierno.

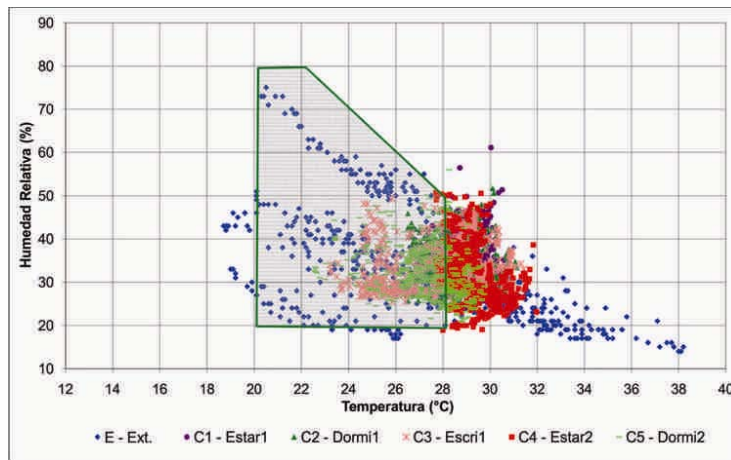


Figura 4: Dispersión Higrotérmica en Verano.

La Figuras 5 y 6 muestran la evolución temporal de la temperatura y la irradiancia solar para cada estación, mientras que las gráficas de la variación temporal de la iluminancia quedan representadas en las Figs. 7 y 8, con los datos de invierno y verano respectivamente. En estas últimas, la zona comprendida entre los 25 lux y los 150 lux representa la zona de confort visual (Blasco Lucas et al., 2005) para los distintos ambientes monitoreados (dormitorio y estar-comedor). Los valores mínimos indicados en la Norma IRAM-AADL J 20-30 (1969) son: para nivel de iluminación general en dormitorios 25 lux y salas de estar 50 lux; y para niveles específicos sobre planos de trabajo los valores mínimos son de 100 a 150 lux (Evans, 2001).

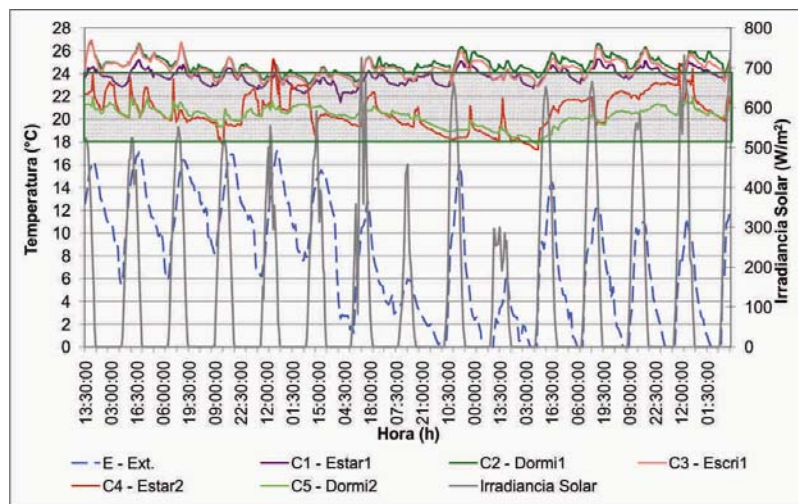


Figura 5: Temperatura e Irradiancia Solar. Evolución Temporal Agosto 2008.

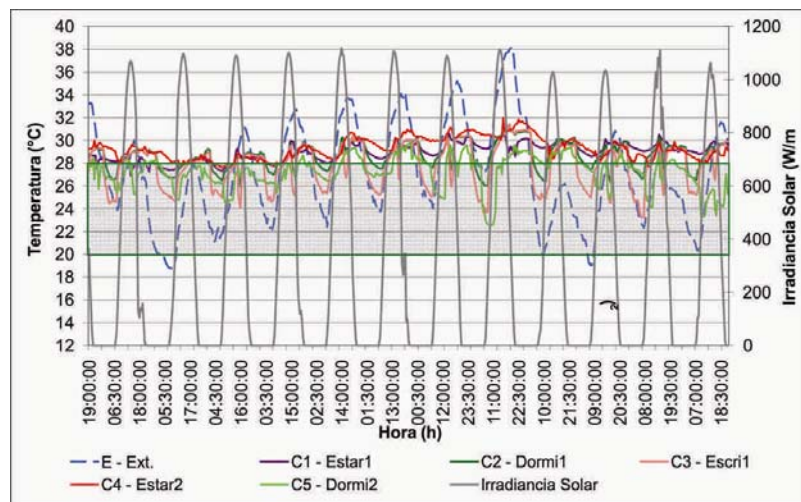


Figura 6: Temperatura e Irradiancia Solar. Evolución Temporal Enero 2009.

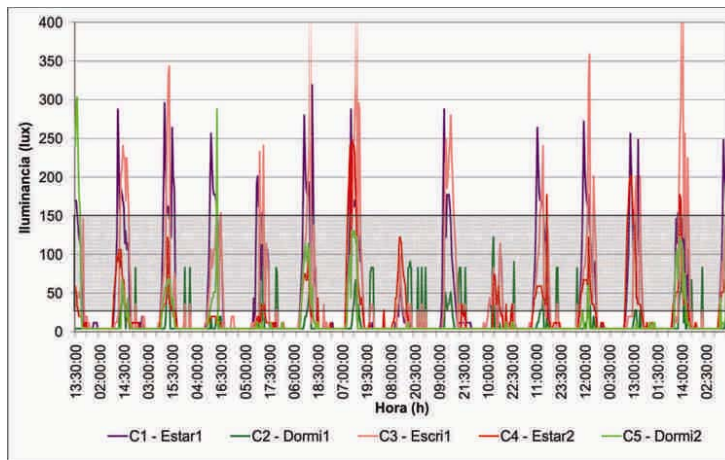


Figura 7: Iluminancia. Evolución Temporal Invierno

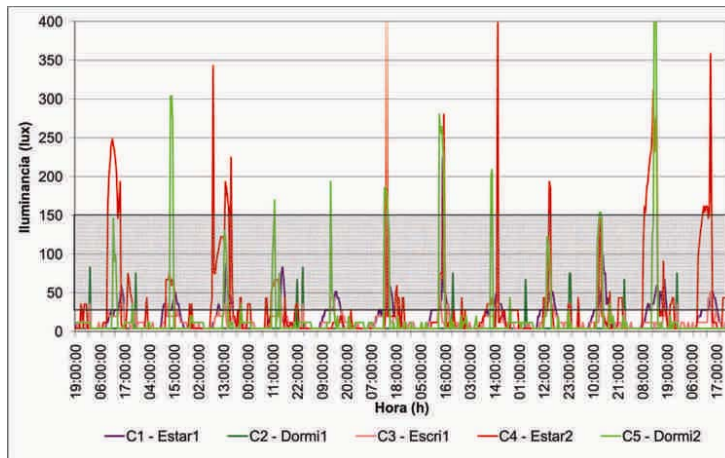


Figura 8: Iluminancia. Evolución Temporal Verano.

Consumos Energéticos

Durante el período de monitoreo se realizó el relevamiento de los registros del consumo de gas (m³) y energía eléctrica (kWh) tomados por los medidores de los departamentos. Dichos valores se sintetizan en la Tabla 4 (Izq.), en la cual además se agregan los datos de gas convertidos a kWh para lograr homogeneizar las unidades energéticas. Para su cálculo se utilizó un factor de conversión de 8,33kWh/m³ que surge de considerar una densidad del gas de 0,77 kg/m³, un poder calorífico de 9300 kcal/kg y un factor de conversión de unidades que iguala 1 kWh a 859,326 kcal/kWh (Blasco Lucas, et al., 2004).

Los consumos de energía por unidad de superficie de las unidades habitacionales se compararon con tres estándares internacionales a los efectos de obtener una valoración relativa de los mismos. Los estándares de referencia, que representan un criterio para calificación energética, son: Edificio moderno (MB) con 150kWh/m², Edificio de bajo consumo (LEB) con 50kWh/m² y Edificios de muy bajo consumo (SLEB) con 25 kWh/m² (Blasco, 2006); los valores se obtuvieron dividiendo el consumo energético anual de cada departamento en la superficie total del mismo (Tabla 4 (Der.)). Al realizar la comparación con los estándares mencionados, los valores positivos indican una situación deficitaria, mientras que los negativos implican el cumplimiento de los mismos.

CONSUMOS		PERIODO	ELECTR.	GAS	GAS	TOTAL
		DIAS	kWh	m3	kWh	kWh
DPTO 1	AGOSTO	12	86,3	64,7	538,5	624,8
	ENERO	13	130,6	5,0	41,4	172,0
	ANUAL	365	2924,4	729,0	6072,7	8997,1
	PROMEDIO DIARIO		8,0	2,0	16,6	24,6
DPTO 2	AGOSTO	12	24,1	38,0	316,8	340,9
	ENERO	14	241,1	17,4	144,7	385,8
	ANUAL	365	2105,5	509,8	4246,6	6352,1
	PROMEDIO DIARIO		5,8	1,4	11,6	17,4

DPTO.	CONS.AÑO/ SUPERFICIE	MB	LEB	SLEB
	kWh/m2	150 kWh/m2	50 kWh/m2	25 kWh/m2
1	123	-27	73	98
2	138	-12	88	113

Tabla 4: Consumos energéticos por período (Izq.). Consumos anuales por Dpto. y comparaciones con estándares internacionales (Der.).

Interpretación de Resultados

Invierno: - El Dpto. 1, posee un menor FF (Tabla 1 (Der.)), un menor Gcal, un menor Qcal (Figura 1) y una mejor orientación para invierno que el Dpto. 2; sin embargo evidencia mayores consumos de gas y electricidad durante el período invernal considerado (Tabla 4 (Izq.)). Esto se debe en parte a un exceso de calefacción ya que los ambientes interiores registran temperaturas que superan la zona de confort (Figs. 3 y 5). La incidencia de la ganancia solar en el Escritorio y en el Estar Comedor, por los aventanamientos orientados al norte, se ve representada en la Figura 7.

- El Dpto. 2 presenta un comportamiento energético aceptable para la estación fría, alcanzando el confort térmico de invierno (Figura 3) con una demanda de gas normal a baja (Tabla 4 (Izq.)).

- En los dos casos estudiados los ambientes orientados al norte (Estar-1, Escri-1 y Dormi-2 de la Figura 7) registran valores de iluminación que superan los valores recomendados por la Norma, los cuales se indican en la zona de confort lumínico. Sin embargo, en invierno este hecho no tiene una incidencia negativa ya que se traduce como ganancia térmica.

Verano: - Los dos departamentos monitoreados pasan gran parte de la jornada fuera de la zona de confort (Figura 4), aunque cuentan con equipos de refrigeración.

- El Dormitorio del Dpto. 2 alcanza las menores temperaturas registradas durante el monitoreo de verano en los dos casos de estudio (Figs. 4 y 6), pero a costa de un elevado consumo energético (Tabla 4 (Izq.)). La falta de oscurecimiento de los ambientes durante el día, afecta el comportamiento térmico negativamente ya que demanda un mayor consumo energético para alcanzar temperaturas interiores cercanas a las de confort. En la Figura 8 se ve representado el exceso de iluminación de los locales, donde las mediciones del Dormi-2 y del Estar-2 superan la franja de confort lumínico en ciertos horarios.

- Si bien el Dpto. 2 presenta consumos eléctricos notablemente superiores a los del Dpto. 1, las temperaturas registradas en los ambientes son similares; hecho que denota una mayor eficiencia del segundo respecto al primero. Uno de los factores que condicionan este resultado es la ubicación del Dpto. 2 en el último piso del edificio, que lo exponen a recibir la radiación solar directamente en la cubierta de techo.

- En la Tabla 4 (Izq.) se puede observar que el Dpto. 2 posee importantes diferencias entre el consumo eléctrico de invierno y verano, mientras que el Dpto. 1 es más estable en su uso con un rango variable entre 60-86 KWh y 130 KWh respectivamente. La situación descripta se invierte para el consumo de gas, donde el Dpto. 1 presenta un alto requerimiento del servicio en invierno ($47,4 \text{ m}^3 - 64,7 \text{ m}^3$) y un mínimo en verano ($4,9 \text{ m}^3 - 14,13 \text{ m}^3$).

CONCLUSIONES

A partir del análisis se puede concluir que el Dpto. 1 consume menos energía que el Dpto. 2 a lo largo del año (123kWh y 138kWh respectivamente), aunque presenta una demanda energética mayor en la temporada fría. Para el Dpto. 1, los factores arquitectónicos que intervienen en estos resultados son: la ubicación en el segundo piso del edificio con departamentos en los niveles superiores e inferiores a él, que lo protegen de la radiación solar de verano; aventanamientos con doble vidrio hermético; y una buena calidad constructiva de los muros con coeficientes K que no se alejan tanto de los sugeridos por la norma.

Los gustos de los usuarios para generar ambientes considerablemente cálidos en invierno (Dpto. 1) o muy iluminados todo el año (Dpto. 2) provocan aumentos innecesarios en las demandas energéticas. Dicho accionar queda fuera del control arquitectónico y del diseño bioclimático, denotando que el funcionamiento de cualquier tipo de edificio, depende en gran medida del comportamiento humano. Por tratarse de departamentos la superficie relativa de ventanas resulta elevada (especialmente en Dpto. 1), ya que la misma se calcula en relación al área de muros exteriores, la cual se reduce sólo a uno o dos lados del perímetro. De todos modos, al estar el mayor porcentaje de aberturas orientadas al norte y no contar con protecciones solares, los niveles de iluminancia en los locales principales de los dos Dptos. exceden los recomendados por Norma, verificándose períodos de deslumbramiento, en varios de ellos con incidencia directa de la radiación solar, sobre todo en invierno.

En ambos casos el consumo de energía eléctrica aumenta en los meses de verano, debido principalmente al uso de equipos de aire acondicionado. En la Tabla 4 (Der.) se puede observar el consumo anual de energía por unidad de superficie en comparación con los tres estándares internacionales. En ella se evidencia que los dos departamentos logran alcanzar el nivel máximo de referencia para una eficiencia energética mínima (estándar MB -Edificio Moderno), siendo el Dpto. 1 el que prevalece con una diferencia de 27 kWh/m^2 . Sin embargo, considerando que sólo 2 personas habitan cada Dpto. los mismos presentan un nivel elevado de consumo que se aparta significativamente de los rangos LEB y SLEB, los cuales actualmente ya son exigidos para nuevas construcciones y remodelaciones en países de la Unión Europea.

Dado que los edificios seleccionados no incorporan ningún tipo de medidas de eficiencia energética, como la mayoría de las construcciones existentes en Argentina, el análisis efectuado permite alcanzar un diagnóstico del comportamiento higrotérmico y energético real de una tipología tipo del país. Los resultados pueden ser utilizados de base para plantear mejoras necesarias, en caso que se implementen políticas nacionales serias de promoción para el uso racional de la energía y la protección ambiental en el ámbito de la edificación.

En materia de reglamentaciones energéticas del sector edilicio, si bien en la actualidad existen normas de evaluación ambiental de edificios que se encuentran en estado de estudio inicial y que significarán un importante avance para la temática en un futuro no muy lejano; al momento de la ejecución del presente trabajo fue posible reconocer graves vacíos normativos. Se distinguió la falta de estándares nacionales de consumo energético por unidad de superficie según la tipología y el uso; y la escasez de regulaciones sobre la eficiencia energética de edificios, materiales de construcción y equipamiento, a modo de etiquetas de funcionamiento que permitan al consumidor una rápida interpretación de sus propiedades a la hora de elegir un producto o inmueble.

REFERENCIAS

- Agenda de Río (1992). Conferencias Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. En Wikipedia (2010) http://es.wikipedia.org/wiki/Cumbre_de_la_Tierra.
- Assaf L. O., Casado J. C., de Schiller S., Evans J. M., Marchese R. A., Pando R. (2007). Una Propuesta para la Calificación Energética de Edificios Públicos. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Vol.9 pp. 05.67 – 05.72
Vol.11 pp. 07.79 – 07.86
- Blasco Lucas I. (2008). Aportes de la arquitectura sustentable en el sector residencial, sobre el balance energético-ambiental argentino. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 12, pp. 07.17-07.24.
- Blasco Lucas I., Hoesé L., Pontoriero D. (2007) Procedimiento “PROMEDI-HTL-V3” para Análisis Comparativos de Mediciones Higrotérmicas y Lumínicas. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Vol. 11, pp. 08.01 – 08.06
- Blasco I. (2006). Potencial de Ahorro Energético en el Sector Residencial desde un Enfoque Bioclimático. FAUD-UNSJ. San Juan, Argentina.
- Blasco Lucas I., Pontoriero D., Hoesé L., Carestía C. (2005). Mediciones lumínicas en viviendas barriales del Gran San Juan. *Luminotecnia* 79, pp. 106-115, Asociación Argentina de Luminotecnia.
- Cavalcante Sofia C.; Cavalcante Neto Tomaz N. (2008) Studies on the Rating System for Green Building in Brazil. *World Renewable Energy Congress X*. Glasgow, Scotland. Número de trabajo: LEA 69
- Cole, R. y Larsson, N., (2002) Green Building Challenge: analysis and summary of GBC-2002 case study projects, en Pettersen, T. E. *Proceedings International Conference on Sustainable Building, SB-2002, Ecobuilt, Oslo*
- Copenhague (2009) XV Conferencia Internacional sobre el Cambio Climático. En Wikipedia (2010) http://es.wikipedia.org/wiki/Conferencia_sobre_el_Cambio_Clim%C3%A1tico_de_la_UNU_2009.
- Davies Mike, Sreadman Philip, Oreszczyn Tadj (2008) Strategies for the Modification of the Urban Climate and the Consequent Impact on Building Energy Use. *Energy Policy* 36 4548-4551.
- De Schiller S., Gomes da Silva V., Gojberg N. y Treviño C. (2003) Edificación Sustentable: Consideraciones para la Calificación del Hábitat Construido en el Contexto Regional Latinoamericano. *ASADES* Vol.7 pp. 01.65
- Evans J. M. (2001). *Alumbrado Natural*. Capítulo 6 en Iluminación: Luz, visión y comunicación. Tomo 1, pp. 111-133. AADL (Asociación Argentina de Luminotecnia). Buenos Aires.
- Evans J.M., de Schiller S. (2007) Procedimiento de Auditorias y Evaluación de Servicio Energético: Desarrollo, Aplicación y Transferencia. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Vol.11 pp. 07.17 – 07.22
- Filippin C., Flores Larsen S. (2005) Comportamiento Térmico de Invierno de una Vivienda Convencional en Condiciones Reales de Uso. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Vol.9 pp. 05.67 – 05.72
- Koukkari H.; Kuhnhenne M.; Braganca L. (2007). Energy in the Sustainable European Construction Sector, Sustainability of Constructions. *Proceedings of Workshop, Lisboa*.
- Norma Argentina IRAM (2002) IRAM-11601. (2001) IRAM-11604. (1996) IRAM-11605. Aislamiento de Edificios. Métodos de Cálculo. Tercera Edición Instituto Argentino de Normalización. Argentina
- Norma Argentina IRAM (2007) IRAM-11659-2. Aislamiento Térmico de Edificios. Verificación de sus Condiciones Higrotérmicas. Ahorro de Energía en Refrigeración. Parte 2: Edificios para viviendas. Primera Edición. Instituto Argentino de Normalización. Argentina
- Normas Argentina IRAM (1969) IRAM-AADL J 20-01 a 20-03. Iluminación natural en edificios. Asociación Argentina de Luminotecnia.
- Protocolo de Kyoto (1997) Conferencia de la ONU sobre Cambio Climático. En Wikipedia (2010) http://es.wikipedia.org/wiki/Protocolo_de_Kioto
- Re G., Blasco Lucas I. (2007) Aplicación de Herramientas de Diseño Ambientalmente Conciente en Vivienda Rural para Zona Árida. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Vol.11 pp. 08.67 – 08.74.
- Re M. G.; Blasco Lucas I. (2008) Monitoreo Higrotérmico-Energético-Lumínico de Invierno en Departamentos Ubicados en las Ciudades de San Juan y La Plata. *AVERMA*. Vol. 12, Comunicaciones, pp. 05.13 – 05.20.
- Re M. G.; Blasco Lucas I. (2009). Análisis normativo en dos categorías del método LEED. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 12, pp. 07.73-07.80.
- Viegas G., San Juan G., Discoli C. (2007) Comportamiento Térmico-Energético de Tipologías Representativas Pertenecientes a Mosaicos Urbanos de la Ciudad de La Plata. *ASADES*. Vol.11 pp. 01.41 – 01.48.
- Velazquez Vila R., Álvarez Dominguez S. (1997) *Enerfco'97 – La Eficiencia Energética en la Edificación*. Grupo de Termotecnia, Escuela Superior de Ingenieros Industriales, Universidad de Sevilla, España.

ABSTRACT: The research objective was to evaluate the hygro-thermal, lighting and energy performance of two apartments in high rise buildings located in the city of San Juan, Argentina. The monitoring records were made with HOBOS in periods of 10 days during August 2008 and January 2009, together with a daily survey of gas and electricity consumption. Measurements processing was done by using PROMEDI-HTL software. Through KG-MOD model were calculated K-values for each envelope's element, also Gcal and GR for both apartments, indexes which were compared with the maximum allowable by the Standards IRAM (series 11.600). It was analyzed, on one hand, the relationship between measurements and energy consumption, and on the other hand, annual consumption rates contrasted with international standards (EU). The results emphasize the influence of habit's user in the three covered aspects and show a minimum level of energy efficiency in both cases.

Keywords: monitoring, hydro-thermal and lighting behaviour, energy consumption, residential buildings.