

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO HIGROTÉRMICO Y ENERGÉTICO DE DEPARTAMENTOS EN EDIFICIOS RESIDENCIALES DE LA CIUDAD DE LA PLATA

M. G. Ré¹, 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: reguillermi@yaho.com.ar, iblasco@faud.unsj.edu.ar, iblasco_2000@yahoo.com

RESUMEN: Se presenta la evaluación del comportamiento higrotérmico y energético de dos departamentos en situaciones normales de uso, localizados en la ciudad de La Plata, Argentina. Los edificios residenciales donde se encuentran, cuentan con diseño y construcción tradicional. El estudio fue realizado a través del procesamiento de mediciones llevadas a cabo durante julio y diciembre de 2008, que permitió analizar la relación entre los registros, las características de las envolventes y los consumos energéticos respectivos. Los resultados evidenciaron una baja eficiencia energética según índices de estándares internacionales, y una fuerte incidencia de los hábitos de los usuarios. El departamento con menor transmitancia térmica en su envolvente y menor factor de forma, mostró temperaturas interiores más estables. Respecto al equipamiento, el departamento climatizado con Split frío-calor presenta menores valores de consumos totales anuales para alcanzar mejores niveles de confort, pero lo hace de manera más contaminante, al generar mayores niveles de CO₂.

Palabras clave: edificio residencial, monitoreo, higrotérmico, energético.

INTRODUCCIÓN

En Argentina, la participación del sector residencial en el total del consumo energético nacional, es del 23%. De dicho consumo, suscitado principalmente para el acondicionamiento térmico y lumínico, en el año 2010 la demanda de electricidad representó el 30%, y la de gas por red el 42%, según los datos publicados por la Secretaría de Energía de la Nación (2012). Para propiciar el ahorro energético en edificios a lo largo de su vida útil, es necesario estudiar y considerar las características constructivas de su epidermis y el equipamiento a incorporar. Sin embargo, el control gubernamental de la calidad edilicia del sector residencial en obras privadas está centrado fundamentalmente en los aspectos funcionales, constructivos y estructurales, descuidando los referidos al confort térmico y lumínico y la eficiencia energética, pues el cuerpo normativo establecido a través de las Normas IRAM de acondicionamiento térmico de edificios estipula recomendaciones que sólo son obligatorias para la obra pública.

Estas normas indican: procedimientos para conocer las propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario (IRAM 11601, 2002); valores admisibles para el Coeficiente Volumétrico G de Pérdidas de Calor; métodos de cálculo de la carga térmica anual, Coeficiente Q, que permiten evaluar las posibilidades de ahorro de energía en calefacción (IRAM 11604, 2001); valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos (IRAM 11605, 1996) según la zona bioambiental de referencia (IRAM 11603, 1996), entre otros. A su vez, las IRAM 11659-1 y 2 (2007) también complementan las normas mencionadas, suministrando datos que ayudan a determinar la carga térmica de refrigeración y calcular el ahorro de energía para tal fin.

El análisis que presenta este trabajo busca evaluar el funcionamiento energético de unidades habitacionales, en condiciones normales de uso, utilizando los procedimientos de cálculo y valores admisibles suministrados por las Normas IRAM. El objetivo central es llegar a conocer el comportamiento higrotérmico de dos departamentos ubicados en edificios residenciales en altura, de construcción tradicional, asociado a la obtención de niveles de confort y el consumo de energía requerido para lograrlo.

¹ Becaria doctoral PFDT-PRH26, FONCYT-UNSJ (2010-2014). Trabajo desarrollado en el marco de los proyectos PIC 21/A813 (CICITCA-UNSJ) y PICT 06-00956 (FONCYT-ANPCYT).

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

La relación que guardan las auditorías edilicias con la materialización constructiva y los consumos energéticos, posibilitan la obtención de diagnósticos y la deducción de prioridades a considerar, para futuras propuestas mejoradas, que se basen en criterios bioclimáticos y de ahorro energético. Debido a su gran utilidad, es un procedimiento que ha sido abordado, por diferentes grupos de investigación (Filippín y Flores Larsen, 2005; Arboit, Arena, et al., 2008; Vagge, Filippín, et al., 2008), con distintos enfoques y grados de complejidad, pero manteniendo su vigencia y contribución para la implementación de estrategias de eficiencia energética.

METODOLOGIA

El trabajo se subdivide en distintas etapas que posibilitan el análisis teórico y empírico del comportamiento higrotérmico y energético de los Casos de estudio. En la Etapa 1 (*casos de estudio*), se lleva a cabo el relevamiento de los departamentos, los edificios y su localización, utilizando para ello, técnicas de observación directa. Se persigue el fin de recolectar información respecto a los aspectos arquitectónicos, constructivos, y habitacionales, que permitan efectuar el posterior análisis del funcionamiento energético de cada uno de ellos, desde el punto de vista térmico.

La Etapa 2 (*características térmico-energéticas*), procura evaluar, de manera teórica, las características de las envolventes de los departamentos, sometiéndolos a comparación con los valores admisibles recomendados por las Normas IRAM 11601, 11604, 11605 y 11659. La información suministrada en estas Normas y los procedimientos de cálculo sugeridos contribuyen al estudio del comportamiento energético de edificios en régimen estacionario, permitiendo identificar los elementos ineficientes de la envolvente, a partir de lo cual se pueden desarrollar propuestas mejoradas que contribuyan a reducir el consumo. Se utiliza para este trabajo el modelo KG-MOD (Blasco Lucas, 2002), que calcula, en régimen estacionario y simultáneamente para cada caso, la Transmitancia Térmica (K) de la envolvente, el Coeficiente Volumétrico de Calefacción (Gcal), la Carga Térmica de Calefacción anual (Qcal), el Coeficiente Volumétrico de Refrigeración (GR), la Carga Térmica de Refrigeración (QR), y los respectivos Índices por unidad de superficie, incluyendo además la estimación de los correspondientes Factores de Forma (FF). Se consideran los valores máximos sugeridos por las normas argentinas para los valores de transmitancia térmica de los cerramientos opacos, y los valores admisibles para los coeficientes.

En la Etapa 3 (*monitoreo higrotérmico y energético*), se realiza el monitoreo de los departamentos, que posibilita conocer empíricamente su comportamiento. Las mediciones higrotérmicas se llevan a cabo durante períodos de diez días, en invierno y verano, en coincidencia con el registro de medidores de gas y electricidad, con el fin de conocer la cantidad de energía demandada por los usuarios para llegar a situaciones de confort. Relacionando los consumos con los valores de temperatura y humedad procesados, se identifica la influencia de las decisiones del usuario en el consumo de gas y electricidad.

Las mediciones se realizaron siguiendo el procedimiento desarrollado en (Blasco Lucas, 2006), utilizando data-loggers tipo HOBOS U12 para el monitoreo de los diferentes locales. Se realizaron registros de temperatura (°C), humedad relativa (%) e iluminancia (lux) cada 30 minutos, durante 10 días de invierno (del 30/06/08 al 09/07/08) y de verano (del 17/12/08 al 26/12/08), en situaciones normales de ocupación por parte de los habitantes. Los datos climáticos exteriores de temperatura y humedad del mes de julio se registraron con un HOBOS; mientras que los valores de radiación se calcularon con el software RADIAC2 (Czajkowski, 1998) a partir de la consideración de las condiciones del cielo: despejado, nublado, etc. En el período de diciembre, las mediciones de parámetros exteriores (temperatura, humedad y radiación) fueron provistas por el Dr.-Arq. J. Czajkowski (FAU-UNLP), efectuadas con una estación meteorológica tipo DAVIS. Para el procesamiento de datos y el análisis comparativo de las mediciones higrotérmicas de cada departamento se ha utilizado el procedimiento PROMEDI-HTL-V3 (Blasco Lucas, et al., 2007).

La evaluación del comportamiento energético de los departamentos en la Etapa 4 (*evaluación de consumos*), se realiza según el método implementado en Blasco Lucas, 2006, que compara los valores anuales calculados, con los índices de los estándares internacionales de referencia (Unión Europea). Éstos indican consumos energéticos óptimos desde el punto de vista sustentable, categorizados en tres niveles. El procedimiento permite obtener una estimación aproximada de la performance energética de los departamentos, además de proveer una idea de cuáles serían las prácticas de operación y uso, que las personas pueden implementar para reducir el consumo. Asimismo, con los datos de consumo anual, es posible estimar las emisiones de CO₂ generadas en un año de uso de energía eléctrica y gas.

CASOS DE ESTUDIO

Para la selección de las dos unidades habitacionales se analizaron *los factores climáticos y socio-técnicos* que afectan los aspectos energéticos de un edificio, procurando que los Casos fuesen compatibles entre sí a los fines de obtener resultados comparables en el estudio de las variables intervinientes (Olofsson et al., 2009; Re y Blasco Lucas, 2008).

Factor climático: responde a las características de la ciudad de La Plata, ubicada al este de la República Argentina, a los 34°55' LS, 57°57' LO y 15msnm, dentro de la Zona bioambiental IIIa (Templada Cálida), según la clasificación de la Norma IRAM 11603, con un clima húmedo, amplitudes térmicas menores a los 14°C, y Grados Día de 992°C-día (base 18 °C). La Tabla 1 (izq.), muestra los datos de las principales características del clima del lugar.

El *factor socio-técnico* se subdivide en dos:

Factor social: se buscó que en ambos departamentos los usuarios tuviesen características similares, en cuanto a la edad (entre 25 y 30 años), situación laboral, número de personas (1 o 2), y grado de conciencia ambiental, la cual fue muy baja, no existiendo una conducta orientada al ahorro energético.

Factor arquitectónico: se consideró el tipo de edificio (multifamiliar en altura), la localización dentro de la ciudad (radio céntrico.), la antigüedad de la construcción (< 15 años), la ubicación de las unidades en el edificio (en pisos intermedios del primero o segundo nivel), la superficie cubierta de las mismas (~50 m²), la cantidad y función de los ambientes que las componen (dormitorio y estar comedor). Como diferencias, se encuentran las tipologías arquitectónicas (Caso 1, lineal con ventilación cruzada, y Caso 2, compacta y en esquina) y las orientaciones de los departamentos (Caso 1, Sureste y Caso 2, Noroeste).

Las Figuras 1 y 2 muestran las plantas y fotografías de las alzadas, de cada Caso de Estudio, con la ubicación de los sensores y el equipamiento que incide en el consumo energético de los mismos.

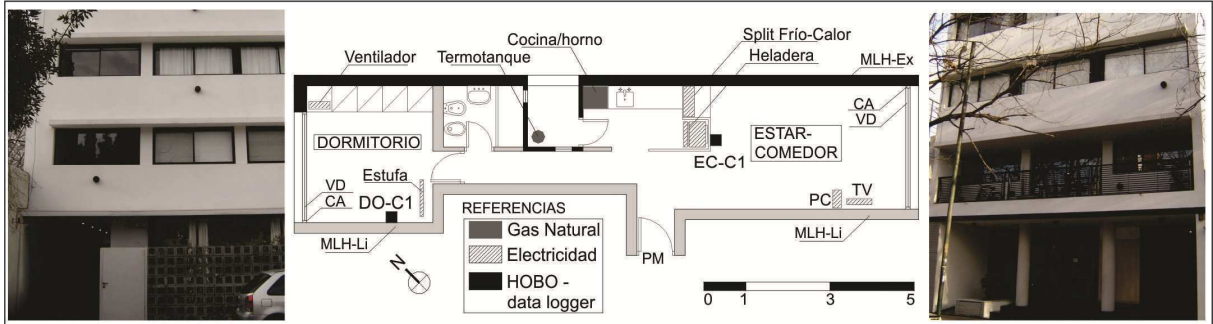


Figura 1: Dpto.1 – Planta e imágenes exteriores. Indicación principales materiales y equipamiento.

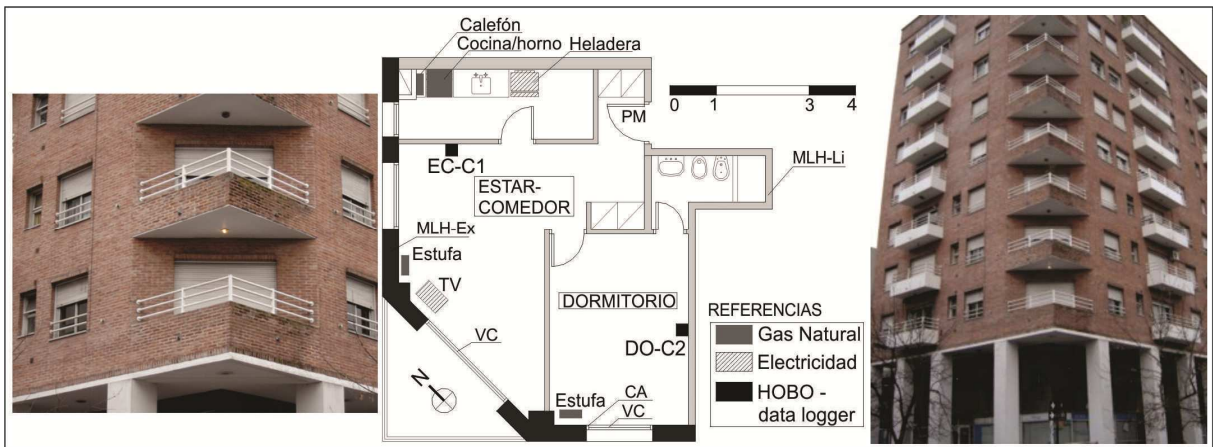


Figura 2: Dpto.2 – Planta e imágenes exteriores. Indicación principales materiales y equipamiento.

VARIABLES CLIMATICAS	UNIDAD	VALORES		
		ANUAL	INVIERNO Julio	VERANO Diciembre
Temperatura Media	°C	17,8	10,7	25,1
Temperatura Media Máxima	°C	22,5	15,4	29,9
Temperatura Media Mínima	°C	10,7	4,5	17,8
Humedad Relativa	%	67,9	73,6	59,3
Amplitud Térmica Media	°C	11,5	10,9	12,1
Radiación Media sobre Superficie Horizontal	kWh/m ²	4,1	2,0	6,5
Velocidad Media Viento	km/h	13,4	10,7	15,6

Fuente: tutiempo.net. Años 2006 a 2008. IRAM 11603.

VARIABLES ARQ.	UNIDAD	CASO 1	CASO 2
Pisos del edificio	U	8	9
Ubicación en edificio	Nº	2º piso	2º piso
Orientación Ppal.	--	Sureste	Noroeste
Ventilación cruzada	S/N	SI	SI
Área Total:	m ²	48	51
Área Interior:	m ²	39	44
Factor de Forma	m ⁻¹	1,57	1,16
FAEP		3,03	2,71
Sup. Rel. Ventanas	%	8,3	10
Vol. Masa Relativo	%	0,30	0,18
Volumen Interior	m ³	92,5	119
Gcal	W/m ³ °C	1,08	0,67
Qcal	MWh	3,47	2,79
Gr	W/m ³	21,4	13,1
Qr	W	1984	1562

EQUIPAMIENTO	CASO 1	CASO 2
Refrigeración	Split Frío	Ventil: 1
Calefacción	Calor: 1	Estufa: 2

Tabla 1: Izquierda: Valores de las principales variables climáticas. Derecha: Descripción de variables arquitectónicas, equipamiento, Cargas y Coeficientes Térmicos calculados.

CARACTERÍSTICAS TÉRMICO-ENERGÉTICAS

Los resultados del análisis realizado para conocer las propiedades térmicas de los elementos de la envolvente, se muestran en la Tabla 2. Ella exhibe la comparación de los coeficientes K y su diferencia (KDif) con los K máximos admisibles de invierno y verano recomendados para la zona, en el nivel medio de calidad constructiva (B), los cuales son superados en los 2 Casos estudiados. El valor más cercano al estipulado por la norma es el del muro de ladrillo exterior del Caso 2, mientras que las ventanas del Caso 1 presentan el mayor valor negativo, dado que no poseen protección de cortinas exteriores en sus ventanas.

En la Tabla 1 (der.) se describen las variables arquitectónicas, el equipamiento de climatización, y los valores calculados de Gcal, Qcal, GR y QR, los cuales son representados en las gráficas de la Figura 3. En ellas se observa que ninguno de los Casos supera los máximos admisibles sugeridos por las Normas IRAM 11604 y 11659-2. Vale aclarar, que en los índices de refrescamiento no se han considerado las ganancias internas por equipamiento ni personas, como tampoco por radiación solar, pues no se contemplan para los respectivos de calefacción según IRAM 11604.

El Caso 2 presenta menores valores de Gcal (0,67W/m³°C) que el Caso 1 (1,08W/m³°C), lo cual denota menores pérdidas de calor del primero con respecto al segundo. Incide en esto, el hecho de que el Caso 1 posee mayores: Factor de Forma (FF= Sup.Envolvente/Volumen), Factor de Área Envolvente Piso (FAEP= Sup.Envolvente/Sup. Cubierta), y superficie de la envolvente en contacto directo con el exterior. A su vez, el Qcal (3,47MWh) evidencia que el Caso 1, requiere más cantidad de energía para alcanzar confort interior, a 20°C, en invierno (Figura 3, izq.). También en verano, acusa mayores cargas térmicas (1984W) que el Caso 2 (1562W), y posee un coeficiente volumétrico de refrigeración superior (Gr 21,4W/m³), aunque la superficie relativa de ventanas es menor (Figura 3, der.). En ambos Casos, por tratarse de departamentos, la superficie relativa de ventanas resulta elevada (especialmente en el Caso 2), ya que la misma se calcula en relación al área de muros exteriores, y en el mismo, ésta se reduce sólo a dos lados del perímetro.

COMPONENTE y MATERIAL	COD.	K Max. Adm. Verano	Tras. Térm. K Verano	Diferencia K Verano		K Max. Adm. Invierno	Tras. Térm. K Invierno	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]	[%]	
Caso 1	Muro Ladrillo Hueco Exterior	MLH- Ex	1,25	2,09	-0,84	-67	1,00	2,09	-1,09	-109
	Muro Ladrillo Hueco Lindero	MLH- Lin	1,25	1,76	-0,51	-41	1,00	1,76	-0,76	-76
	Techo: hormigón y cerámico	THC	0,48	2,11	-1,63	-339	0,83	2,45	-1,62	-196
	Piso: hormigón y cerámico	PHC	0,48	2,14	-1,66	-345	0,83	1,66	-0,83	-100
	Puerta: Madera	PM	1,25	2,29	-1,04	-83	1,00	2,29	-1,29	-129
	Ventana: Vidrio Doble	VD	1,25	5,59	-4,34	-347	1,00	5,59	-4,59	-459
	Carpintería: Aluminio	CA	1,25	5,88	-4,63	-371	1,00	5,88	-4,88	-488
Caso 2	Muro Ladrillo Doble Exterior	MLD- Ex	1,25	1,68	-0,43	-35	1,00	1,68	-0,68	-68
	Muro Ladrillo Hueco Lindero	MLH- Li	1,25	1,76	-0,51	-41	1,00	1,76	-0,76	-76
	Techo: hormigón y cerámico	THC	0,48	2,11	-1,63	-339	0,83	2,45	-1,62	-196
	Piso: hormigón y cerámico	PHC	0,48	2,14	-1,66	-345	0,83	1,66	-0,83	-100
	Puerta: Madera	PM	1,25	2,29	-1,04	-83	1,00	2,29	-1,29	-129
	Ventana: Vidrio y Cortina PVC Exterior	VC	1,25	4,02	-2,77	-221	1,00	4,02	-3,02	-302
	Carpintería: Aluminio	CA	1,25	5,88	-4,63	-371	1,00	5,88	-4,88	-488

Fuente: K max admisible en Zonas III y IV, para calidad B de construcción - Norma IRAM 11605 (1996)

Tabla 2: Comparación de los coeficientes K de los componentes de la envolvente y su diferencia con los valores máximos admisibles K, para el invierno y el verano.

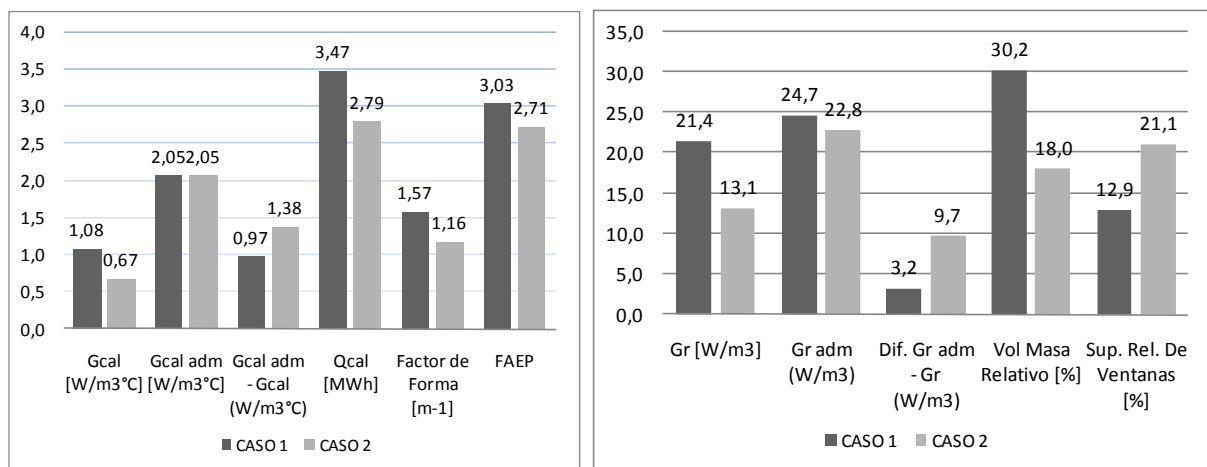


Figura 3. Izquierda: Comparación de Cargas y Coeficientes Térmicos de Calefacción con los valores admisibles, y Factores de Forma. Derecha: Comparación de Cargas y Coeficientes Térmicos de Refrigeración con los valores admisibles, Volumen Relativo de Masa Térmica y Superficie Relativa de Ventanas.

MONITOREO HIGROTÉRMICO Y ENERGÉTICO

Las Figuras 4 y 5 muestran las mediciones de temperatura y humedad relativa en gráficos de dispersión para invierno y verano respectivamente. El código de identificación de cada local monitoreado contiene el nombre según su función y el número del Caso al cual pertenece. La zona de confort se representa a modo de referencia respetando la Carta de Givoni. Si bien en ésta para todo el año el umbral de temperatura mínimo es 18°C y el máximo 28°C, para el presente trabajo, en base a expresiones de los usuarios, se diferencian por estación: en invierno 18°C y 24°C, y en verano 20°C y 26°C.

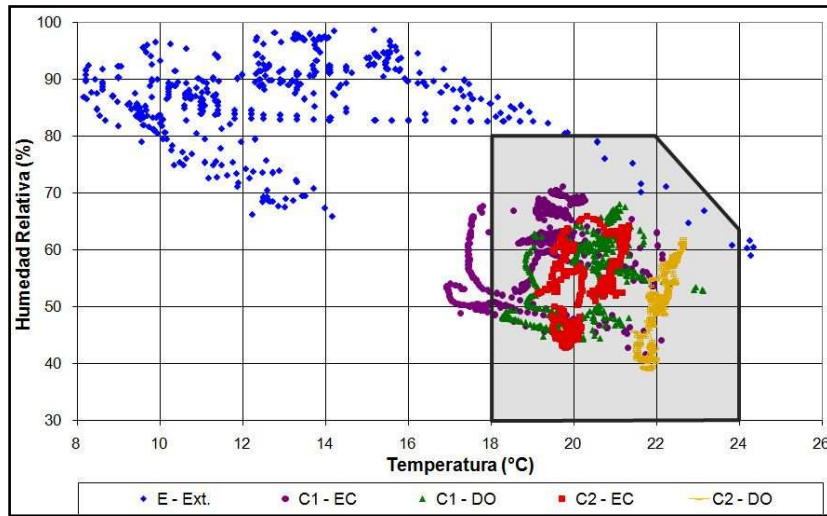


Figura 4: Dispersión higrotérmica en mes de julio 2008.

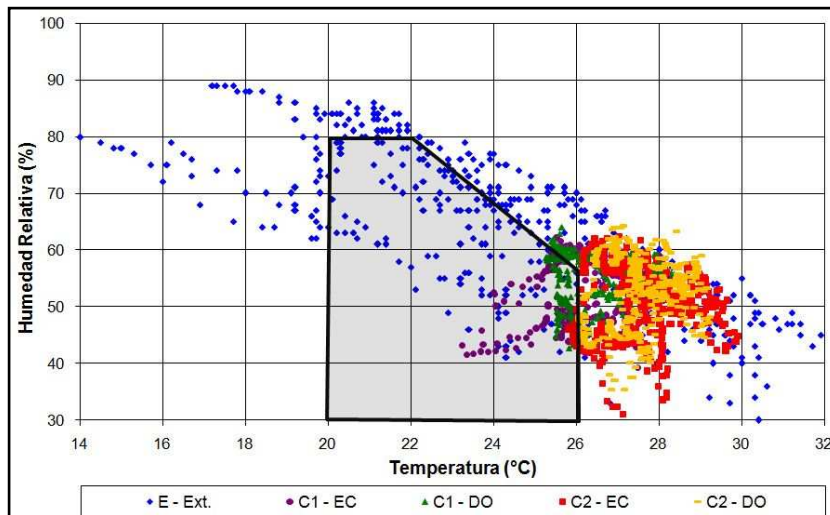


Figura 5: Dispersión higrotérmica en mes de diciembre 2008.

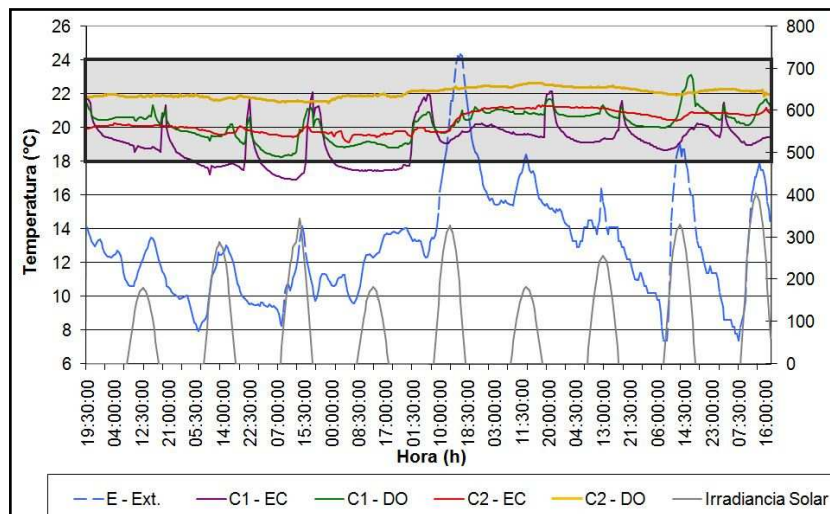


Figura 6: Temperatura e irradiación solar. Evolución temporal julio.

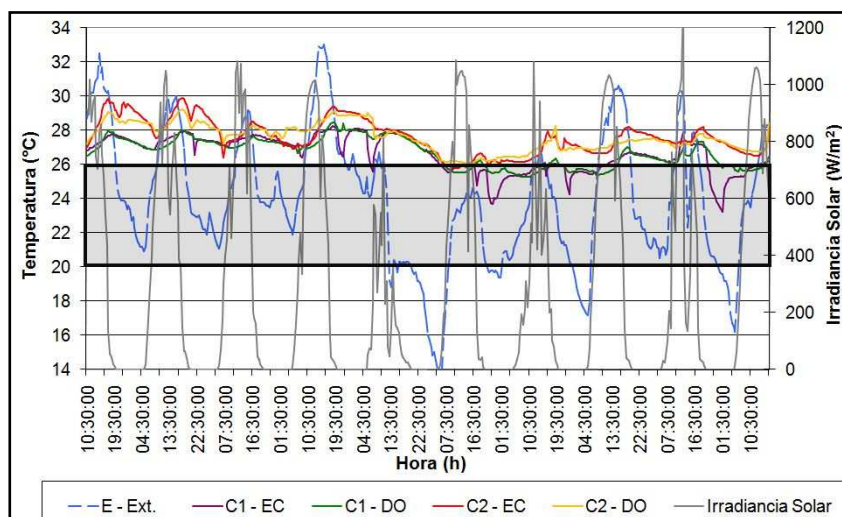


Figura 7: Temperatura e irradiancia solar. Evolución temporal diciembre.

Interpretación de resultados:

En invierno:

El Caso 2 permaneció confortable durante todo el período (Figura 4), y el Estar-Comedor del Caso 1 en algunos momentos del día no alcanzó la temperatura necesaria. El déficit de confort en el Caso 1 demostró la influencia del usuario por defecto de climatización, pues a pesar de tener un mayor Gcal y FF que el Caso 2, tuvo menor consumo unitario. No obstante, el departamento estuvo fuera de la zona de confort, mientras estaba desocupado, no afectando negativamente a sus usuarios y traduciéndose en un ahorro energético. El Caso 2 presentó menos amplitudes térmicas tanto en invierno como en verano, pero requirió una mayor demanda energética para lograrlo. Durante el recorte temporal de julio, el Caso 1 tuvo las cortinas abiertas durante el día permitiendo el ingreso de la radiación solar, lo cual contribuyó positivamente al aumento de la temperatura en el local DO-C1, de esta forma se reconocen las costumbres de los usuarios en los datos registrados.

En verano:

Los dos departamentos pasaron gran parte de las jornadas fuera de la zona de confort (Figura 5). Sin embargo en el Caso 1 se encendía el aire acondicionado del estar comedor cada vez que estaba el usuario, provocando importantes descensos de la temperatura en dicho ambiente, posicionándolo intermitentemente en el área de bienestar. El Caso 2 fue refrescado solo con ventilación natural nocturna, no alcanzando a ingresar en la zona de confort, pero mostrando un menor consumo de electricidad (Tabla 3, izq.). Su mayor superficie relativa de ventanas (Figura 3, der.) y el hecho que las mismas permanecieran abiertas durante algunos días con elevada irradiancia, favoreció las altas temperaturas registradas en los ambientes interiores (Figura 7).

Simultáneamente con el monitoreo, se realizó el relevamiento del consumo de gas (m^3) y de energía eléctrica (kWh) registrados por los medidores de los departamentos, los cuales se detallan en la Tabla 3 (izq.). A fin de homogeneizar las unidades energéticas se convierten los datos de gas a unidades eléctricas (kWh), utilizando un factor de conversión de $8,33kWh/m^3$ que surge de considerar una densidad del gas de $0,77 kg/m^3$, 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, Fachini, et al., 2000)

EVALUACIÓN DE CONSUMOS

A partir de la comparación de las mediciones con la cantidad de energía demandada por los usuarios para llegar a situaciones de confort en cada departamento, se extrapolan los valores con el fin de evaluar el correspondiente comportamiento energético anual, y con ellos se calculan los respectivos índices de consumo total por unidad de superficie (Tabla 3, izq.).

La valoración relativa de los mismos se obtiene contrastándolos mediante sustracción con tres estándares internacionales, los cuales representan un criterio para calificación energética. Ellos son: Edificio moderno (MB) con $150kWh/m^2$, Edificio de bajo consumo (LEB) con $50kWh/m^2$ y Edificios de muy bajo consumo (SLEB) con $25 kWh/m^2$ (Blasco Lucas, 2006). El alcance del menor nivel, fijado como mínima eficiencia energética, representa un buen funcionamiento energético; mientras que la optimización la obtienen los que superan, por un determinado porcentaje, los dos niveles superiores. En la Tabla 3 (derecha), los valores positivos indican un excedente de consumo, mientras que los negativos, muestran una situación mejorada respecto a los coeficientes de referencia.

Para el cálculo de las emisiones de CO₂ generadas, se utilizan los valores presentados en (Pagés, et al, 2008), que indican que para consumo de gas, el equivalente de $1kWh$ es $204g CO_2$, y para la electricidad, $1kWh$ es igual a $501g CO_2$. A partir de ello, se calculan las emisiones de CO₂, generadas por cada departamento, en base a los consumos anuales (Tabla 3, izquierda) y los valores de referencia mencionados. Esto otorga como resultado, para el Caso 1, un total de $1271,6 Kg$ de CO₂, de los cuales $960,4 Kg$ es por uso de electricidad y $311,2 Kg$ por uso de gas natural; para el Caso 2, la generación total es de $1100,5 Kg$ de CO₂, representada por los valores de $233,6 Kg$ y $866,9 Kg$ respectivamente.

Interpretación de resultados:

General:

Ambos Casos evidenciaron consumos energéticos moderados para satisfacer necesidades de acondicionamiento térmico de los espacios. El Caso 1 registró un menor consumo anual que el Caso 2, a pesar de poseer mayores valores del factor de forma ($1,57 \text{ m}^{-1}$), de la carga térmica de calefacción ($Q_{cal} = 3,47 \text{ MWh}$) y de refrigeración ($Q_r = 1984 \text{ W}$), datos que denotan mayores intercambios superficiales y requerimientos de energía en invierno y verano respectivamente. Esto demuestra que al tratarse de departamentos habitados durante el monitoreo, los gustos, actividades y necesidades de los usuarios afectaron los resultados obtenidos, como así también, que influyó el tipo de equipamiento para climatización y refrescamiento de cada uno. Se comprueba, a partir de ello, que el Split Frio-Calor posee una menor demanda energética total (de gas y electricidad) que ventiladores y estufas, cuando habitan el inmueble una o dos personas. Sin embargo, al ser la fuente principal de consumo, la de energía eléctrica, este tipo de equipamiento registra mayores niveles de generación de CO₂.

En la Tabla 3 (Izq.) se observa que el Caso 1 consumió electricidad, en ambas estaciones, para abastecer la climatización, refrigeración e iluminación, y gas para cubrir necesidades de calentamiento de agua y cocción de alimentos. El Caso 2 utilizó dos fluidos diferentes para obtener su energía y abastecer todos los requerimientos antes mencionados, siendo más alto el consumo de gas en invierno, por la presencia de estufas, y el eléctrico en verano, por los ventiladores.

CONSUMOS		PERIODO	ELECTR.	GAS	GAS	TOTAL
		DIAS	kWh	m ³	kWh	kWh
CASO 1	JULIO	8	41,0	11,2	93,1	134,1
	DICIEMBRE	10	55,0	3,7	30,9	85,9
	ANUAL	365	1917,0	183,1	1525,3	3442,3
	PROMEDIO DIARIO		5,3	0,5	4,2	9,4
CASO 2	JULIO	9	13,8	18,8	156,2	170,0
	DICIEMBRE	9	20,0	8,0	66,3	86,3
	ANUAL	365	466,3	510,2	4249,9	4716,2
	PROMEDIO DIARIO		1,3	1,4	11,6	12,9

CASO	Consumo anual / Área interior	MB	LEB	SLEB
	kWh/m ²	150 kWh/m ²	50 kWh/m ²	25 kWh/m ²
1	72	-78	22	47
2	92	-58	42	67

Tabla 3: Izquierda: Consumo de gas, electricidad y total. Derecha: Contrastación con Índices EU.

CONCLUSIONES

El análisis permite diagnosticar que el Caso 1 respondió más eficiente energéticamente, dado que consumió menos energía total que el Caso 2 a lo largo del año (72kWh y 92kWh respectivamente), principalmente en invierno, pero también resultó más contaminante, registrando niveles anuales de generación de CO de 1271,6 Kg. Contribuyó fuertemente a esto, su equipo de climatización frío-calor, que solo fue encendido cuando el morador estaba en el hogar, gracias a su rápida respuesta para atemperar el interior. Tal situación demuestra la importancia de efectuar una correcta selección del sistema de climatización, considerando que éste no solamente debe significar menor demanda energética, sino también, que la forma de consumo tendría que ser menos contaminante.

Por otro lado, también se deduce que los hábitos de los usuarios representan un alto nivel de incidencia en los registros de los consumos, pues aquí llegó a compensar deficiencias de diseño arquitectónico del Caso 1, que de estar bien resueltas, se habrían traducido en un aún mayor ahorro energético. El Caso 2 tuvo un mejor comportamiento en invierno. Los factores arquitectónicos que aportaron a ello, fueron: la buena calidad constructiva de los muros con coeficientes K que no se alejan tanto de los sugeridos por la Norma, la presencia de cortinas exteriores en las superficies vidriadas (usadas en horas nocturnas), y una orientación que permitió abundante ganancia solar (nor-oeste). Sin embargo, la costumbre del usuario de oscurecer los ambientes en invierno, provocaron aumentos innecesarios en las demandas energéticas. Tal 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.

El Índice de consumo por unidad de superficie de ambos Casos responde al rango de una eficiencia energética mínima respecto al de referencia EU (MB: Edificio Moderno), donde el Caso 1 mostró la mayor diferencia (78 kWh/m²) siendo el más próximo del nivel medio (LEB: Edificio de bajo consumo). Sin embargo, si se tiene en cuenta que sólo una persona habita cada departamento, los mismos se consideran elevados.

Como los edificios seleccionados no incorporan ningún tipo de medidas de eficiencia energética, al igual que la mayoría de las construcciones existentes en Argentina, el análisis efectuado permite alcanzar un diagnóstico del comportamiento higrotérmico y energético real de una tipología del país. Los resultados pueden ser utilizados de base para plantear las mejoras necesarias, en caso que se implementen políticas nacionales de promoción para el uso racional de la energía y la protección ambiental en el ámbito de la edificación, como también para completar Normas recientemente elaboradas (IRAM 11900 y 11930) fijando umbrales para Índices nacionales según tipología y uso, que posibiliten calificar a los inmuebles y una rápida interpretación de sus propiedades al consumidor, a la hora de decidir una compra o alquiler.

REFERENCIAS

- Arboit, M.; Arena, P.; de Rosa, C. (2008). Evaluación térmica y económica de componentes constructivos con tecnologías disponibles, en viviendas unifamiliares en la región de Mendoza. *AVERMA*, 12: p. 01.97-104.
- Blasco Lucas, I.; Facchini, M.; Pontoriero, D.; Rosés, R.; Carestia, C. (2000). Analysis of energy consumption at suburban dwellings in relation to urban-architectonic parameters. In *Proceedings of the World Renewable Energy Congress VI, Part III*: p. 1882-1885. Brighton, UK, July 17-21.
- Blasco Lucas, I. (2002). Método KG-MOD: Modelo de cálculo de K, G y Q. Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat (IRPha). FAUD-UNSJ.
- Blasco Lucas, I. (2006). Potencial de ahorro energético en el sector residencial desde un enfoque bioclimático. FAUD-UNSJ. San Juan, Argentina.
- Blasco Lucas, I.; Hoesé, L.; Pontoriero, D. (2007). Procedimiento "PROMEDI-HTL-V3" para análisis comparativos de mediciones higrotérmicas y lumínicas. *AVERMA*, 11: p. 08.01 – 08.06.
- Blasco Lucas, I. (2008) "Promises of Sustainable Architecture in Argentina." *World Renewable Energy Congress X*. Glasgow, Scotland, UK.
- Czajkowski J. (1998). *RADIAC2*. Software para cálculo de la radiación solar. FAU-UNLP.
- Filippín, C., Flores Larsen S. (2005). Comportamiento térmico de invierno de una vivienda convencional en condiciones reales de uso. *AVERMA*, 9: p. 05.67–72.
- 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
- Norma Argentina IRAM 11900 (2010). Etiquetado de eficiencia energética en edificios para calefacción. Clasificación según la transmitancia térmica de la envolvente. Primera Edición. Instituto Argentino de Normalización. Argentina
- Olofsson Thomas, Andersson Staffan, Sjögren Jan-Ulric (2009) Building energy parameter investigations based on multivariate analysis. *Energy and Buildings*, 41: p. 71–80
- Pagés A., Palme M., Coch H., Isalgué T. (2008) Energy Consumption and CO2 Emissions in the Construction and Use of Flats According to Floor Area. *World Renewable Energy Congress (WRECX)*.
- Ré 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.
- Ré, M. G, Blasco Lucas I. (2008). Monitoreo higrotérmico-energético-lumínico de invierno en departamentos ubicados en las ciudades de San Juan y La Plata. *Comunicación. AVERMA*, 12: p. 05.13–20.
- Secretaría de Energía de la Nación (2012) Balances energéticos 2010. Los datos consignados corresponden a la información existente en el SESCO de abril de 2012. www.energia3.mecon.gov.ar. Información de Mercado, Publicaciones, Energía en general, Balances energéticos.
- Vagge, C.; Filippín, C.; Czajkowski, J. (2008) Auditorías energéticas en Santa Rosa, La Pampa. Análisis del comportamiento energético y consumo de gas natural en edificio de vivienda multifamiliar. *AVERMA*, 12: p. 05.57-64.

ABSTRACT: It is presented the hygrothermal and energetic performance evaluation, of two apartments in normal use, located in the city of La Plata, Argentina. Residential buildings, where they are located, have a traditional design and construction. The study was conducted through the processing of measurements carried out during July and December 2008, which allowed analyzing the relationship between records, the characteristics of the envelopes and the respective energy consumption. The results showed low levels of energy efficiency according to international standards and a strong influence of the user's habits. The department with lower thermal transmittance and smaller form factor, showed more stable indoor temperatures. With regard to equipment, it is concluded that the apartment thermally conditioned with Split systems hot-cold type, presents lower values of total annual consumption to achieve better levels of comfort, but it does so in a more polluting way, generating higher levels of CO2.

Keywords: residential buildings, monitoring, hygro-thermal, energy consumption.