

## **MEDICIONES DEL CONSUMO ENERGÉTICO EN UN PROTOTIPO DE VIVIENDA CONSTRUIDA CON BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR CURADO EN AUTOCLAVE.**

P. A. Bilbao, V. L. Volantino, A. O. Pereyra, D. D. Cruz  
Unidad Técnica Habitabilidad Higrotérmica – INTI Construcciones -Instituto Nacional de Tecnología Industrial  
Av. General Paz 5445 CP B 1650WAB Provincia de Buenos Aires  
Tel. 011 4724-6200 int. 6482 - Fax. 4753-5764 e-mail : bilbao@inti.gov.ar

**RESUMEN:** Se presentan las mediciones de consumo de energía, efectuadas en un prototipo de vivienda social emplazado en el INTI, que se ha instrumentado para registrar valores de temperatura y humedad relativa en el interior y las condiciones meteorológicas a que se encuentra expuesto. Tales mediciones contemplan consumos diarios tanto de energía eléctrica como de gas natural, como así también las correspondientes a cada artefacto existente en su interior. Asimismo se realiza una comparación con resultados obtenidos en los trabajos precedentes.

**Palabras clave:** consumo energético, confort higrotérmico, vivienda social, termografía infrarroja.

### **INTRODUCCION**

Esta presentación corresponde a la tercera etapa del trabajo original “Vivienda de Interés Social INTI” que se expuso en ASADES Formosa 2003 con el nombre “Evaluación integral del comportamiento higrotérmico y energético de variantes para la construcción de viviendas en tiempos cortos”, la segunda etapa también se expuso en ASADES Mendoza 2008: “Mediciones higrotérmicas efectuadas en una vivienda construida con bloques de hormigón celular curado en autoclave”.

En la primera etapa se evaluaron cuatro sistemas constructivos para un prototipo de vivienda social desarrollado en el INTI con el objeto de verificar el cumplimiento de cada propuesta según las Normas IRAM y realizar un estudio económico y energético de los mismos. Dicha publicación puede ser consultada en la biblioteca de Construcciones del Instituto Nacional de Tecnología Industrial, bajo el nombre “Vivienda INTI, materiales sistemas y tecnologías para la construcción de la vivienda social”. Posteriormente se realizó la construcción con uno de los sistemas evaluados: bloques de hormigón celular curado en autoclave. El emplazamiento tuvo lugar en la sede central del INTI (Parque Tecnológico Miguelete). En las Figuras 1 y 2 se muestran fotos del prototipo.



*Figura 1: Foto Fachada Sur - Este.*



*Figura 2: Foto Principal Norte - Este.*

Terminada la obra comenzó el proceso de medición in situ, para lo cual se colocaron dispositivos de adquisición y almacenamiento de datos de temperatura y humedad marca ONSET HOBO y una estación meteorológica marca Davis modelo Vantage Pro en el exterior para obtener temperatura, humedad, presión, dirección y velocidad del viento; Se instaló un switch para detectar el tiempo de apertura de puertas y ventanas, y un fluxímetro con termocuplas a ambos lados de la pared para obtener la transmitancia térmica “in situ” y compararla con el valor teórico.

Seguidamente se utilizó el programa de simulación Energy Plus para realizar una evaluación energética, se cargaron los datos de temperatura y humedad exterior de la biblioteca del International Weather for Energy Calculations (IWEC), y la información correspondiente a la carga térmica interna de la vivienda ya sea la ocupación en horas y días de permanencia cómo la generada por el equipamiento utilizado habitualmente. Se fijó una temperatura de confort tanto para invierno como para verano y se obtuvo la carga térmica necesaria para acondicionar el prototipo.

Todas las mediciones y corridas con el programa mencionado se han comentado en los trabajos referenciados anteriormente.

Finalmente y como aporte de la tercera etapa de trabajo, se instalaron medidores de energía eléctrica y de gas para cuantificar el consumo real de la vivienda y compararla con los datos obtenidos de las normas y programas de simulación.

### DESARROLLO DEL TRABAJO

Se extraen a modo de resumen, los siguientes datos de los trabajos precedentes, que tiene relación directa o indirecta con el trabajo actual:

- Datos obtenidos por régimen estacionario y/o normas IRAM:
  - ❖ Bloque hormigón celular curado en autoclave (HCCA) de 15x25x50:
    - Transmitancia Térmica de 0,69 W/m<sup>2</sup>k con terminación exterior de revoque monocapa y del lado interior únicamente pintura.
    - Nivel B de Confort Higrotérmico.
    - Ausencia de condensación superficial como también intersticial.
  - ❖ Techo de teja cerámica con estructura de madera, aislación térmica de lana de vidrio de 3” de espesor (7,5cm), y film de polietileno como barrera de vapor.
    - Transmitancia térmica de 0,68 W/m<sup>2</sup>K.
    - Nivel B de Confort Higrotérmico.
    - Ausencia de condensación superficial como también intersticial.
  - ❖ Coeficiente Volumétrico de Pérdidas de Calor (G) = 1,28 W/m<sup>3</sup>K.
  - ❖ Carga Térmica anual para Calefacción Q = 3461 kWh.
- Datos obtenidos a través de mediciones:
  - ❖ Transmitancia térmica “in situ” del muro K = 0,72 W/m<sup>2</sup>k
- Datos obtenidos con programa de simulación en régimen dinámico:
  - ❖ Demanda de Energía para Calefacción según programa de simulación = 2381 kWh.
  - ❖ Demanda de Energía para Refrigeración según programa de simulación = 713 kWh.
- Uso de la vivienda: biblioteca – oficina
- Uso horario: de Lunes a Viernes de 8hs a 12hs y de 13hs a 16hs
- Cantidad de personas: 3 permanentes en el horario referido

Como se ha comentado en la introducción, para poder abordar este trabajo se hizo necesario medir el consumo de energía eléctrica y de gas del prototipo, realizar un nuevo relevamiento del equipamiento utilizado, y medir la potencia de cada uno de ellos. Se incorporaron, entonces, a cada acometida un caudalímetro de gas Elster - AMCO de Sudamérica SA, y un Vatímetro Galileo Argentina medidor monofásico tipo M5A1, para obtener el consumo de energía eléctrica; también se midió, con un Multímetro Digital, la potencia de cada equipo eléctrico utilizado en la oficina. Las mediciones de consumo de energía se registraron diariamente logrando estimar el consumo diario del piloto de la estufa y el gasto del termotanque, siendo este último de aproximadamente 0.110m<sup>3</sup> x día, consumo que puede despreciarse al usarse únicamente para el lavado de manos.

El personal que ocupa la oficina de la biblioteca se vio incrementado desde mayo de 2008 momento en el cual ingresó una tercera persona, incorporándose además una computadora completa para la realización de su tarea laboral.

En la *Figura 3* se observa un esquema de planta con el equipamiento actual de la oficina, referenciados con números en la *Tabla 1*, los artefactos de iluminación sobre pared se dibujaron en línea roja (baño, pasillo y lavadero), y en línea punteada roja los artefactos de iluminación cenital. El cuadro de la *Tabla 1* especifica los distintos equipos que se encuentran en la oficina y la potencia de cada uno.

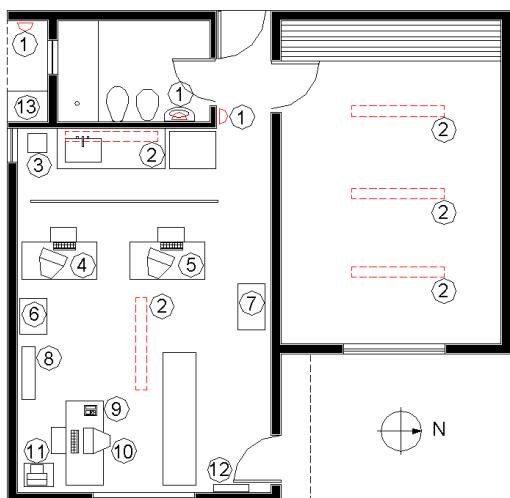


Figura 3: Planta del prototipo con esquema de equipamiento interno e iluminación.

Actualmente se utilizan tres computadoras, 2 impresoras, teléfono fax, y una fotocopiadora; las luces de la oficina permanecen encendidas durante las horas mencionadas. Durante el período estival, el equipo de aire acondicionado, es escasamente utilizado, no ocurriendo lo mismo para el período invernal, al permanecer constantemente encendida una estufa de tiro balanceado sumándole ocasionalmente uno o dos calefactores eléctricos.

Cabe aclarar los siguientes puntos: 1) la calefacción y refrigeración no responden a una condición de confort preestablecida en cuanto a temperatura y humedad, sino a las distintas sensaciones de bienestar particulares de las personas que lo habitan; 2) durante los fines de semana, feriados y dentro del período horario no laboral, la oficina permanece sin ocupación con el equipamiento eléctrico fuera de funcionamiento; y 3) que si bien el prototipo se pensó para vivienda el uso que tiene actualmente no la hace comparable con el consumo real de una vivienda ya que la carga térmica interna debida al equipamiento es más elevada al poseer el equipamiento mencionado, y un horario diferente al del uso familiar.

## RESULTADOS

En los gráficos de las Figuras 4 y 5, donde se registran los consumos de gas y de energía eléctrica, respectivamente, puede observarse cómo en los meses de junio y julio, el consumo promedio de cada uno fue del orden de 70m<sup>3</sup> de gas y de 224 kWh para consumo eléctrico, de estos totales, puede decirse que en el primer caso el 100% se utilizó para calefacción por gas, y que en el segundo, el 30% fue utilizado por los calefactores eléctricos. En el mes de agosto el consumo descendió al valor de 49m<sup>3</sup> para calefacción por gas y de 138kWh correspondientes al consumo eléctrico; este descenso puede derivarse del aumento de temperatura exterior en algunos días de dicho mes.

Durante el período estival el consumo promedio en electricidad fue de 180 kWh, estimándose que el 26% corresponden al uso de Aire Acondicionado. Evaluando el mes de marzo se observa que el consumo fue de 154 kWh, la temperatura exterior se mantuvo dentro de la sensación de confort de los ocupantes que prefirieron abrir ventanas y no encender el equipo de aire acondicionado; en Abril esta situación se acentúa llegando a un consumo de 109 kWh correspondientes a la utilización de los equipos de la oficina mencionados en el cuadro de la Figura 4; en Mayo la temperatura exterior baja, produciendo que el consumo se eleve al valor de 191 kWh por uso de calefacción en días fríos. La estufa de tiro balanceado se enciende a finales del mes de mayo.

Equipos	Potencia (W)
1 - Lámpara incandescente	100
2 - Dos tubos fluorescentes	80
3 - Dispenser, Clover Modelo BSCH	484
4 - Computadora: CPU con Monitor LG EZT 530S	132
5 - Computadora: CPU con Monitor VTC Computers V-4967	88
6 - Impresora Fotocopiadora, Samsung SCX 5330N	1100
7 - Fotocopiadora	550
8 - Equipo de Aire Acondicionado	770
9 - Teléfono Fax	6,6
10 - Computadora: CPU con Monitor Samsung SYNC Master 550V	132
11 - Impresora Hewlett Packard Deskjet 810C	27
12 - Calefactor a gas, SURREY 3.000 kcal./h	
13 - Termotanque	

Otros Equipos utilizados	Potencia (W)
Calefactor pantalla circular	515
Calefactor eléctrico, ATMA Modelo 1.200. - 1000 W	1100
Davis	3
Radio Diplomat	4

Tabla 1: Cuadro con la descripción del equipamiento interno y la potencia medida de cada uno

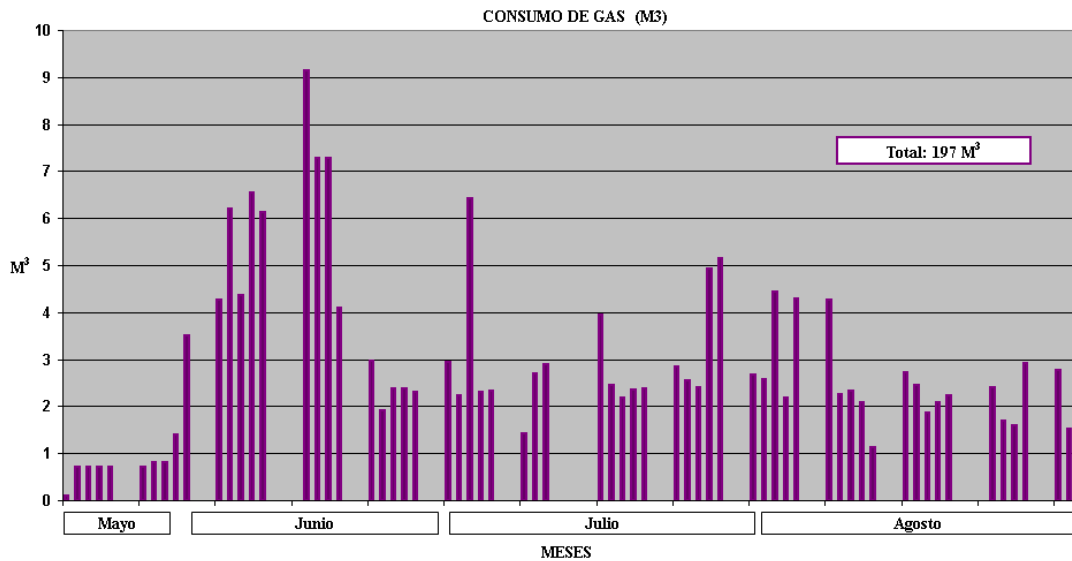


Figura 4: Gráfico de Consumo de gas del periodo Mayo – Agosto de 2009.

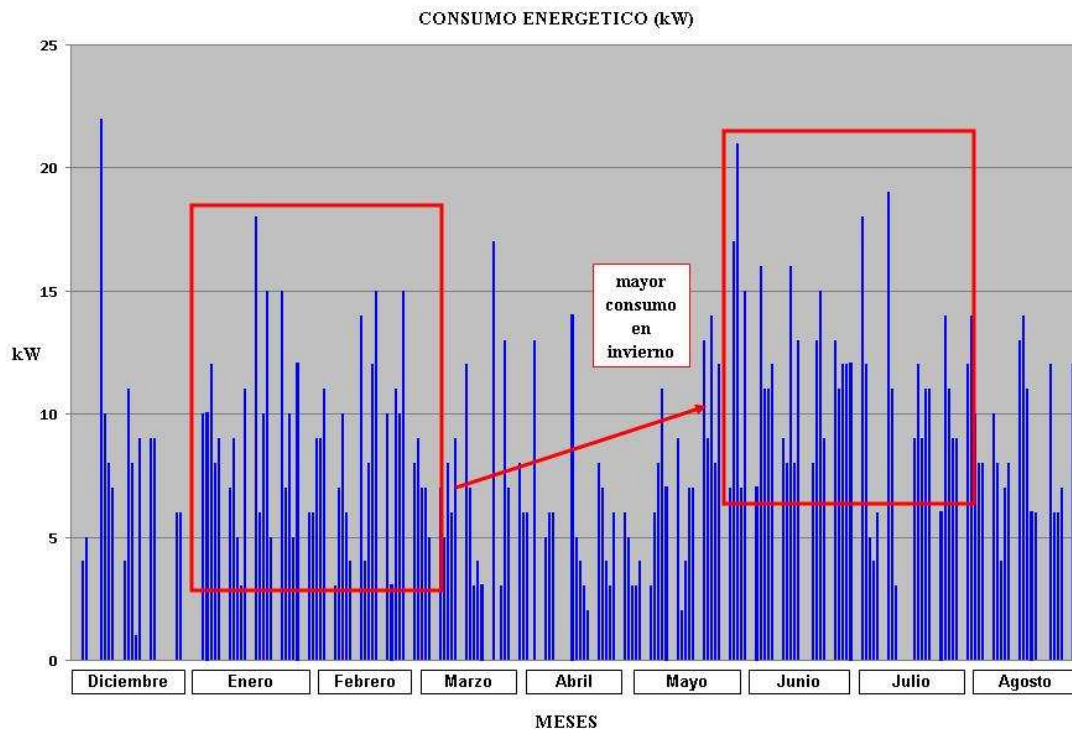


Figura 5: Gráfico de Consumo de energía eléctrica de los meses de Diciembre 2008 al mes de Agosto 2009.

Del total del consumo eléctrico durante el periodo invernal, el 47% corresponde al uso de computadoras e impresoras, el 10% a iluminación, el 12% al dispenser de agua frío-calor, el 30% a uso de pantallas eléctricas referenciadas en la *Tabla 1*, y un 1% a consumo de radio, teléfono fax, y estación meteorológica Davis instalada. Pueden observarse estos porcentajes en el gráfico de las *Figuras 6*.

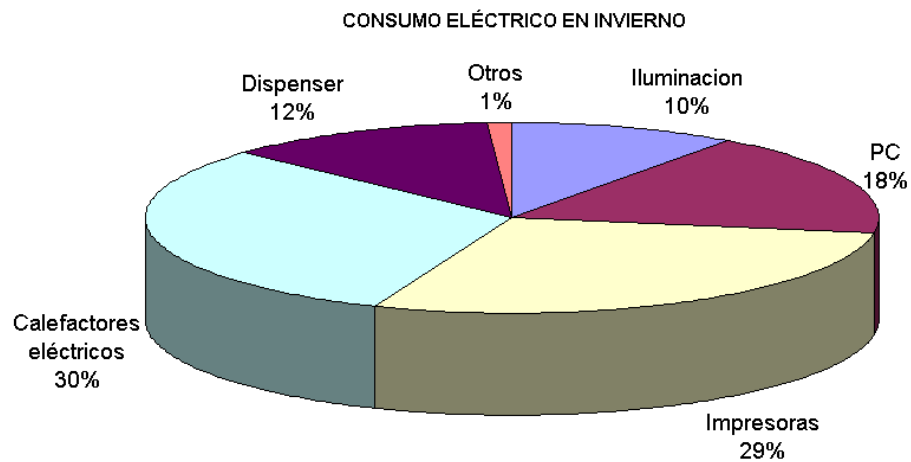


Figura 6: Porcentajes de consumo de energía eléctrica en periodo invernal 2009.

En el período estival, el consumo se distribuye de la siguiente manera el 49% corresponde al uso de computadoras e impresoras, el 11% a los artefactos de iluminación, el 13% al uso del dispenser de agua frío –calor, el 29% corresponde al uso del equipo de aire acondicionado y el 1% a los mismos usos mencionados en el párrafo precedente. Estos porcentajes pueden apreciarse en la Figura 7.

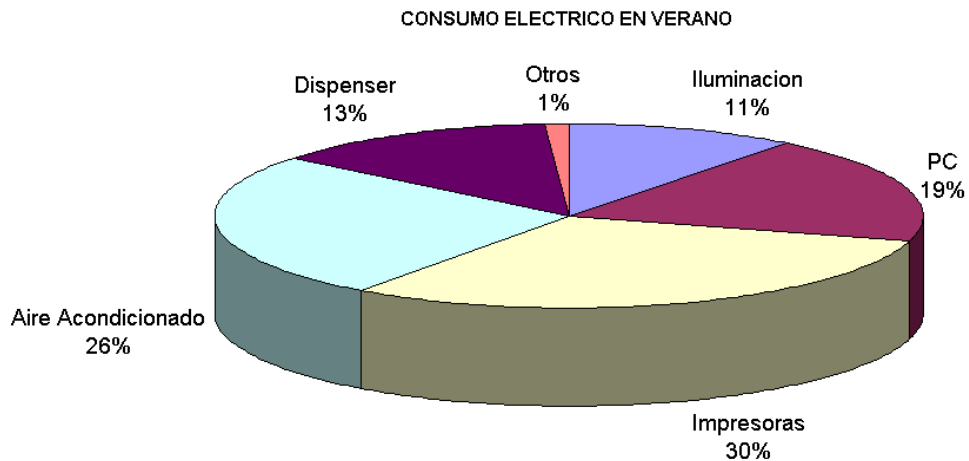


Figura 7: Porcentaje de consumo de energía eléctrica para el periodo estival 2009.

Al observar el gráfico de temperatura exterior e interiores, de la Figura 8, se pone de manifiesto una gran diferencia entre las temperaturas interiores alcanzadas para los meses invernales, que oscilan entre los 17 a 27°C en horario laboral y las alcanzadas para los meses estivales, que varían entre los 23 a 33°C. Si además observamos el gráfico de la Figura 9 donde se representa el tiempo de apertura de puerta y ventana de la oficina, puede decirse que la presencia de ventilación aumenta la sensación de confort de sus ocupantes sin necesidad de encender el equipo de aire acondicionado en días muy cálidos, cálidos o templados. Esta situación podría verse mejorada si se incorporaran parasoles para disminuir la transferencia de calor por el vidrio de las ventanas en verano y algún sistema de media sombra para la puerta de acceso.

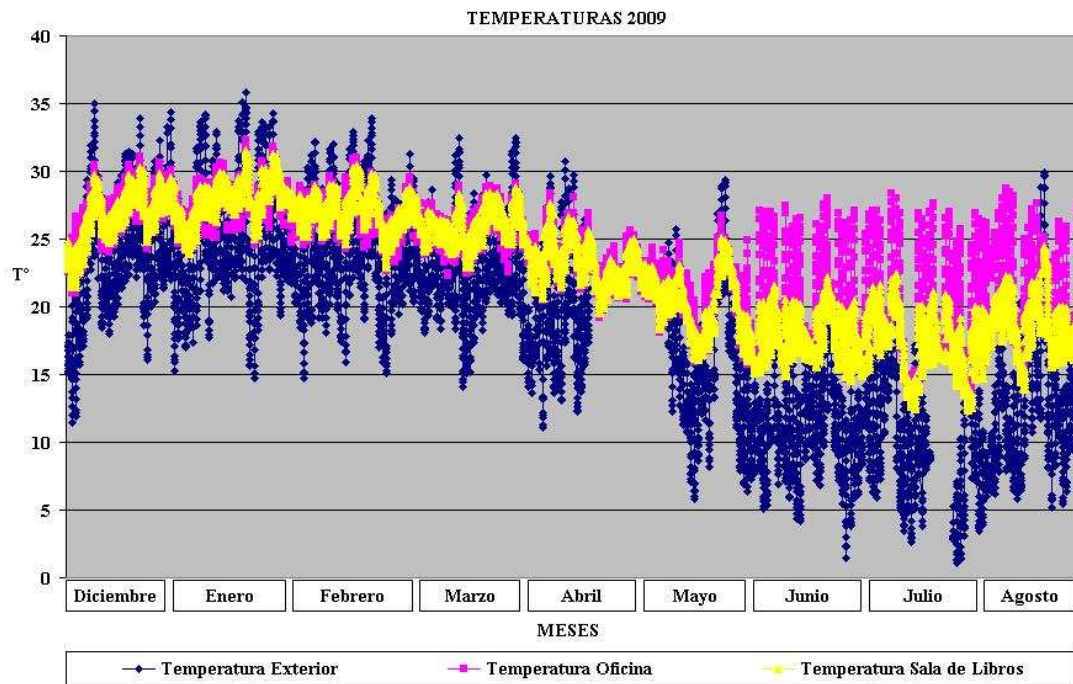


Figura 8: Gráfico de temperaturas de los meses de Diciembre 2008 al mes de Agosto 2009.

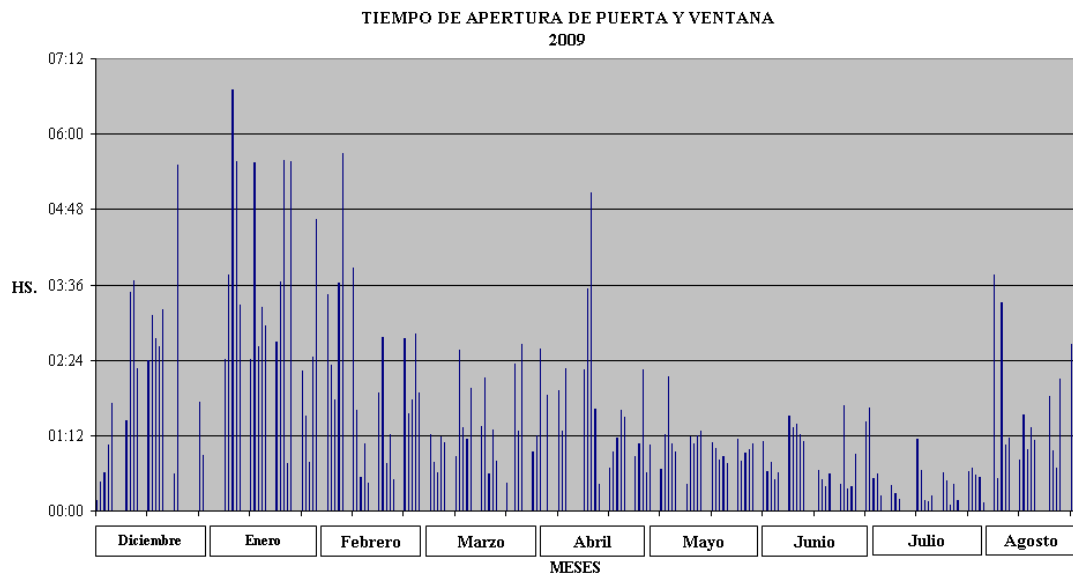


Figura 9: Gráfico de tiempo de apertura de puerta y ventana 2009.

Finalmente, se muestran unas fotos termográficas del prototipo, tomadas en condición invernal, que ponen en evidencia las pérdidas del mismo a través de su envolvente, como puede observarse las mayores pérdidas se dan por las ventanas, recordemos que la transmitancia de la misma es de  $5,8 \text{ W/m}^2\text{K}$  correspondientes a vidrio simple y que la transmitancia de los muros de hormigón celular curado en autoclave no supera el valor de  $0,69 \text{ W/m}^2\text{K}$ , también son notorias las pérdidas por el perímetro del suelo, techo, y puentes térmicos por vigas de encadenado, carpinterías y empalme entre muro exterior tabique interno.



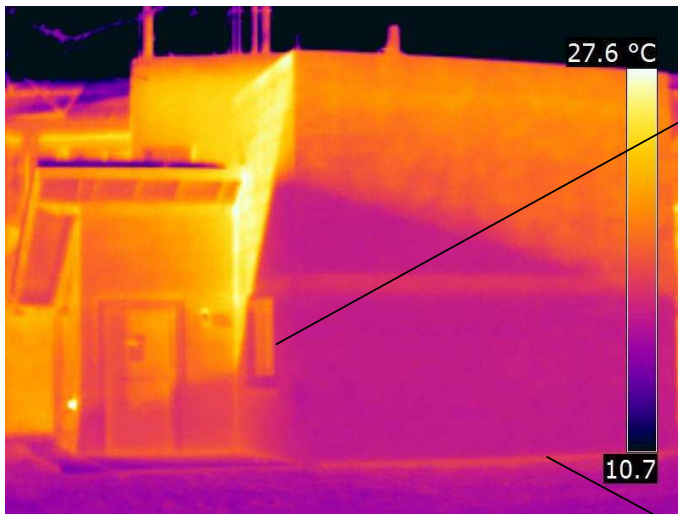


Figura 11: Termografía de la fachada Noreste



Figura 12: Detalle de las pérdidas por carpintería

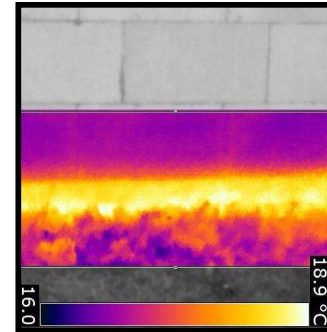


Figura 13: Detalle de las pérdidas por el piso

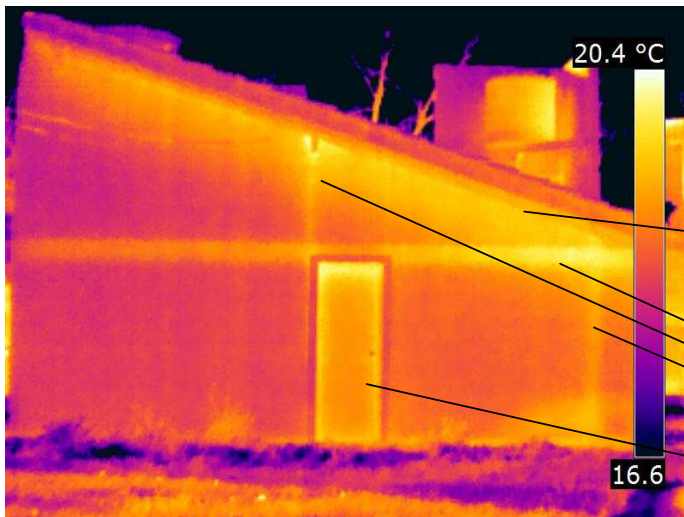


Figura 14: Termografía de la fachada Oeste

- Pérdidas de calor por el perímetro del techo.
- Pérdidas de calor por vigas de encadenado y unión con paredes
- Pérdidas de calor por la puerta, ausentándose en su perímetro.

Recordando los valores obtenidos de trabajos precedentes tenemos que: la carga térmica anual para calefacción (Q) es de 3461 kWh., la demanda de energía para calefacción según programa de simulación es de 2381 kWh., y la demanda de energía para refrigeración según programa de simulación es de 713 kWh.

Para calcular los totales de consumo medidos hubo que pasar los 197 m<sup>3</sup> de gas, registrados hasta finales del mes de agosto a 2129,57 kWh, sumándole además el 30% correspondiente a calefacción por energía eléctrica, que es aproximadamente 233kWh. Este cálculo dio un total de 2294 kWh

Durante el período estival el consumo medido fue de 623 kWh, de este total se considera sólo el 26 % usado para el equipo de aire acondicionado, que es aproximadamente 162 kWh.

Régimen Estacionario		Mediciones
Carga térmica anual para calefacción (Q)	3461 kWh	2363 kWh
Régimen Dinámico		
Demanda de energía para calefacción	2381 kWh	162 kWh
Demanda de energía para refrigeración	713 kWh	

Tabla 2: Comparación de resultados

## CONCLUSIONES

De la comparación de resultados puede apreciarse una diferencia del 0,75% entre las mediciones obtenidas y la demanda de energía para calefacción calculada en régimen dinámico, aumentando a 32% al comparar las mismas mediciones con el valor

de régimen estacionario según la norma IRAM 11.604. Esta última diferencia es lógica, si se entiende que la norma, no contempla la ganancia de radiación solar, el calor obtenido de cargas internas debidas a personas, equipos y cocción. En cambio la diferencia existente con el valor obtenido en régimen dinámico hace pensar que sería necesario confrontar el programa con mediciones de consumos energéticos de distintos prototipos para comparar de modo fehaciente el impacto de los aspectos que contempla el programa y los valores obtenidos de mediciones y hábitos humanos, por ejemplo, los datos climáticos del programa vs. las temperaturas medidas, o el uso de los artefactos contra una temperatura de confort preestablecida para invierno y verano.

Al observar la diferencia del 77% entre los totales de refrigeración, podemos concluir que, primero las mediciones son representativas de 3 meses y el valor del programa es anual, y por otro lado, el comportamiento humano que regula la sensación de confort con la apertura o cierre de ventanas en días apropiados, prefiriendo trabajar con temperaturas entre los 25 y 30° C, a enfermarse por el impacto, en el cuerpo, del viento frío del equipo de aire acondicionado, o por la diferencia de temperatura que se produce al mantener la temperatura interior baja y salir al exterior con temperaturas elevadas.

El comportamiento humano es un parámetro que no puede contemplarse de modo racional en programas de cálculo o simulación, y pone en evidencia la importancia de un uso conciente y racional del usuario para mejorar las condiciones interiores utilizando recursos naturales.

## REFERENCIAS

- Checmarew L., Volantino V., Oroz A. y Oghievski M. (2004). Vivienda INTI, Materiales Sistemas y Tecnologías para la construcción de la vivienda social. INTI Construcciones.
- Volantino V. (2003). Evaluación integral del comportamiento higrotérmico y energético de variantes para la construcción de viviendas en tiempos cortos. XXVI Reunión de trabajo ASADES Formosa.
- Bilbao P., Volantino V., Bernacchia T., Pereyra A., Cruz D. (2008) Mediciones higrotérmicas efectuadas en una vivienda construida con bloques de hormigón celular curado en autoclave. XXXII Reunión de trabajo ASADES Mendoza.
- IRAM, Normas de Acondicionamiento Térmico de Edificios N°: 11603, 11604 y 11605
- ISO Norma 9836:1992. Performance standards in building -- Definition and calculation of area and space indicators
- U.S. Department of Energy, Energy efficiency and renewable energy. International Weather for Energy Calculations (IWEC)

## ABSTRACT

Measurements of power consumption carried out in a social housing prototype located at INTI are presented. This prototype is instrumented to record internal temperature and relative humidity values and weather conditions under which it is exposed. Such measurements take into account electrical energy and natural gas daily consumptions as well as those belonging to each home device. Also, a comparison with results obtained in preceding works is realized. This presentation is the third stage of the work "INTI Social Interest Housing".

**Keywords:** power consumption, hygrothermal comfort, social house, infrared thermography.