

CONFORT TÉRMICO E ILUMINACIÓN NATURAL EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES. RESULTADOS DE UN EJERCICIO DE AUDITORÍA ENERGÉTICA REALIZADO POR ESTUDIANTES DE ARQUITECTURA DE LA UBA

G. Casabianca¹, M. V. Snoj², J. M. Evans³, J. I. Lolago, L. Palacios.
Materia Energía en Edificios – Carrera Arquitectura
Centro de Investigación Hábitat y Energía, SI-FADU-UBA
Pabellón 3, Piso 4, Ciudad Universitaria, C1428BFA Buenos Aires
Tel. (011) 4789-6274 - e-mail: gacasabianca@yahoo.com.ar

RESUMEN:

En este trabajo se presentan algunos resultados de una evaluación del uso de energía y condiciones de confort térmico y lumínico obtenidos en un ejercicio de auditoría energética realizado por alumnos de arquitectura en sus propias viviendas. Si bien se analizan datos de consumo de gas y electricidad, se enfatiza la percepción subjetiva de los usuarios, que evalúan condiciones de confort térmico y de iluminación natural en su vivienda, asociando así aspectos vinculados al comportamiento energético del edificio. En el análisis se detectaron dos tipos de problemas relacionados con deficiencias en el uso racional de energía: los problemas relacionados con la arquitectura y los derivados del uso incorrecto del recurso por parte de los usuarios. Las conclusiones obtenidas apuntan a mejorar las características térmicas y constructivas en futuros proyectos mediante un adecuado diseño de la envolvente edilicia como paso fundamental para mejorar el comportamiento energético de la arquitectura.

Palabras clave: vivienda, consumo de energía, confort térmico, luz natural

INTRODUCCIÓN

En Argentina, los edificios utilizan cerca del 40% de la energía primaria para el acondicionamiento térmico y lumínico, correspondiendo un 53 % de esa demanda al sector residencial (Evans J.M., de Schiller S., 2007); esto representa el 21% del consumo energético nacional, con consecuentes emisiones de CO₂, ubicándose dentro de los mayores consumidores de energía y a la vez contaminadores del aire, después de los sectores industrial y de transporte (Blasco Lucas, 2008).

Se han realizado numerosos estudios de auditoría energética en el sector (Díaz et al, 2005), en general mediante evaluaciones de datos objetivos realizados con instrumental para medición y encuestas post-ocupación a usuarios, además del procesamiento de datos mediante software especialmente preparado (Salveti et al, 2009). Sin embargo, Casado (2001) hace también mención a la falta de consideración del usuario como variable interviniente; si bien sus acciones afectan directamente los consumos de energía, son considerados de una manera ideal que no se corresponde en general con su comportamiento en la realidad cotidiana.

Para los futuros arquitectos interesados en proyectar una arquitectura sostenible y energéticamente eficiente, es importante tener en cuenta el comportamiento de los usuarios, y conocer las consecuencias de ese comportamiento tanto en el consumo de energía del edificio como en las condiciones de confort resultantes. Así, con el fin de introducir la problemática del consumo de energía en edificios e identificar los aspectos del diseño arquitectónico que influyen en el uso de la energía y el confort en edificios, se propone a los alumnos de la materia Energía en Edificios un ejercicio de auditoría energética de su propia vivienda. El objetivo del ejercicio es el estudio del consumo y la demanda de energía en una vivienda unifamiliar, el análisis de los resultados, las variaciones anuales y estacionales, y la percepción de los usuarios de las condiciones de confort térmico e iluminación natural resultantes, con el fin de facilitar la comprensión de la relación entre consumo de energía, diseño arquitectónico, las instalaciones y la posible influencia de las costumbres de los usuarios.

Para realizar el ejercicio, de modalidad individual, los alumnos toman como objeto de estudio su propia vivienda o departamento, teniendo como consigna indispensable la disponibilidad de datos del consumo de energía (gas y electricidad en la mayoría de los casos), siendo indispensable contar con las facturas correspondientes a 3 a 5 años de consumo. De no contar con ellas, optan por realizar el estudio en la vivienda de un familiar, que cuente con los datos y que además pueda describir en detalle cómo usa la energía en su casa y además cómo percibe las condiciones de confort e iluminación.

El contenido analítico del trabajo realizado por los alumnos comprende:

¹ Adjunta a cargo de la materia

² Jefa de Trabajos Prácticos

³ Profesor Consulto FADU-UBA

1. Información descriptiva de la vivienda: plano de ubicación general en el entorno urbano (Google), esquema de planta/s, corte/s y vista/s 1:100, con orientación; fotos; especificación de materiales en corte/s y vista/s.
2. Planilla EXCEL donde se vuelcan los datos sobre consumo de energía eléctrica y consumo de gas, realizando el análisis de las facturas y curvas de consumo en un período comprendido entre 3 años y 5 años, según datos disponibles.
3. A partir de su propia percepción como usuario, o bien encuestando a los usuarios del ejemplo estudiado, se evalúan las condiciones de confort en las distintas épocas del año y las condiciones de disponibilidad de iluminación natural en los distintos locales de la vivienda.
4. Finalmente se estudian posibles decisiones de diseño que apunten a mejorar el confort y la eficiencia energética del edificio en distintas escalas, según sea posible. En las conclusiones se hace énfasis en los comentarios con respecto al nivel de confort obtenido, vinculando el gasto de energía con el nivel de confort resultante.

DESARROLLO DEL TRABAJO

Para desarrollar el trabajo, el alumno selecciona una vivienda con disponibilidad de facturas de electricidad y gas durante un periodo mínimo de 3 años; de manera optativa incluye adicionalmente datos de las facturas de consumo de agua en el caso de contar con medidor. La vivienda debe tener datos completos de la demanda de energía; en general, se presentan problemas en los casos de departamentos con calefacción y/o agua caliente central; en el caso de departamentos sin calefacción o agua caliente central, se complementan los datos de la demanda de energía proporcional indicada en las expensas, y destinada a usos comunes, como servicios centrales de ascensores, iluminación artificial de pasillos y escaleras, y bombeo de agua. En el caso de viviendas con otras fuentes de energía, tales como gas en garrafa o tubo, calefacción con estufas a kerosén u hogares a leña, es importante estimar el consumo con la cantidad aproximadamente por mes en invierno y verano: por ejemplo, tres garrafas de 25 kilos por mes en invierno y uno en verano, o 5 kg de carbón por mes en verano.

Para facilitar el registro, visualización y análisis de los datos, se utiliza una planilla electrónica Excel '*TPI Energia.xls*'. Los datos que se ingresan son:

Hoja 1: Datos de la vivienda: datos generales de la vivienda, superficie cubierta, volumen, número de pisos; datos de los ocupantes, número, permanencia en el edificio y datos de las instalaciones, equipamiento y electrodomésticos

Hoja 2: Gas: fecha de inicio del primer bimestre de datos y fecha final de cada bimestre; registro de medidor en m³, inicio de primer bimestre y final de cada bimestre; cargo fijo y variable en \$, de cada bimestre, bonificación por menor consumo, si corresponde y cargo total en \$, cada bimestre. Los valores de impuestos y otros datos se calculan automáticamente

Hoja 3: Electricidad; ingreso de datos similar a Gas

Hoja 4: Agua: ingreso de datos similar a Gas, aunque se ingresan los datos sólo en los casos de servicio medido (medidor individual por unidad habitacional).

En el caso de falta de la factura de un bimestre se estima la cantidad de energía utilizada con los últimos datos del medidor de la factura anterior y la primera lectura de la factura posterior, o bien con las indicaciones de consumo en los gráficos de barras en el sector superior izquierdo de la factura. Con los datos del consumo, se puede estimar el valor de la factura, sumando el cargo fijo, el costo de la energía utilizada en \$ por kwh de electricidad o m³ de gas. Los impuestos son un porcentaje de la suma del cargo fijo y cargo variable, obtenido de la factura posterior.

Los alumnos/auditores analizan en detalle distintos aspectos que complementan la información cuantitativa obtenida de las facturas de servicios como se muestra en las láminas síntesis presentadas en las Figuras 1 y 2; se enfatiza en la propuesta del ejercicio el hecho de que conocer cómo se usa la energía es tan importante como cuánto se consume: el primer paso para reducir u optimizar el consumo es saber si las mejoras en el modo de uso implican directamente la reducción de la cantidad de energía utilizada.

Los aspectos analizados, que tienen incidencia en el comportamiento energético de la vivienda incluyen:

- Cantidad de artefactos que hay en la vivienda, tanto los que funcionan con gas (cocina, estufas, calefones, termotanques) como con electricidad (iluminación, electrodomésticos, equipos de acondicionamiento de aire, computadoras, etc.). El análisis incluye el reconocimiento de las pautas de uso de estos artefactos y una evaluación subjetiva sobre si considera que se utilizan racionalmente o si son utilizados sin necesidad o incorrectamente (por ejemplo, uso de cocinas para calefaccionar)
- Análisis de los materiales de la envolvente edilicia, tipo de materiales y calidad (por ejemplo, tipo de carpinterías y grado de estanqueidad a infiltraciones que percibe)
- Localización, tipo de aberturas, su orientación y condiciones de acceso al sol y la luz, protección solar.
- Posibilidades de acondicionamiento natural de la vivienda: nivel de asoleamiento, de iluminación natural, protección solar y ventilación natural, en relación con el diseño arquitectónico de la vivienda y con la disponibilidad de recursos según las características del entorno.

Una vez analizados los datos del consumo, se estudian las condiciones de confort tal como son percibidas por los ocupantes, se identifican los problemas y se asocian con distintos aspectos vinculados al diseño arquitectónico. Los comentarios y conclusiones se relacionan con los factores que influyen en las variaciones estacionales (consumo en invierno y verano), las explicaciones para las variaciones entre los distintos años (clima, calidad ambiental, artefactos y/o cambios en el uso de la vivienda); identificación de factores de diseño y uso que afectan la demanda de energía y grado de confort y calidad ambiental obtenido del condicionamiento natural y artificial.

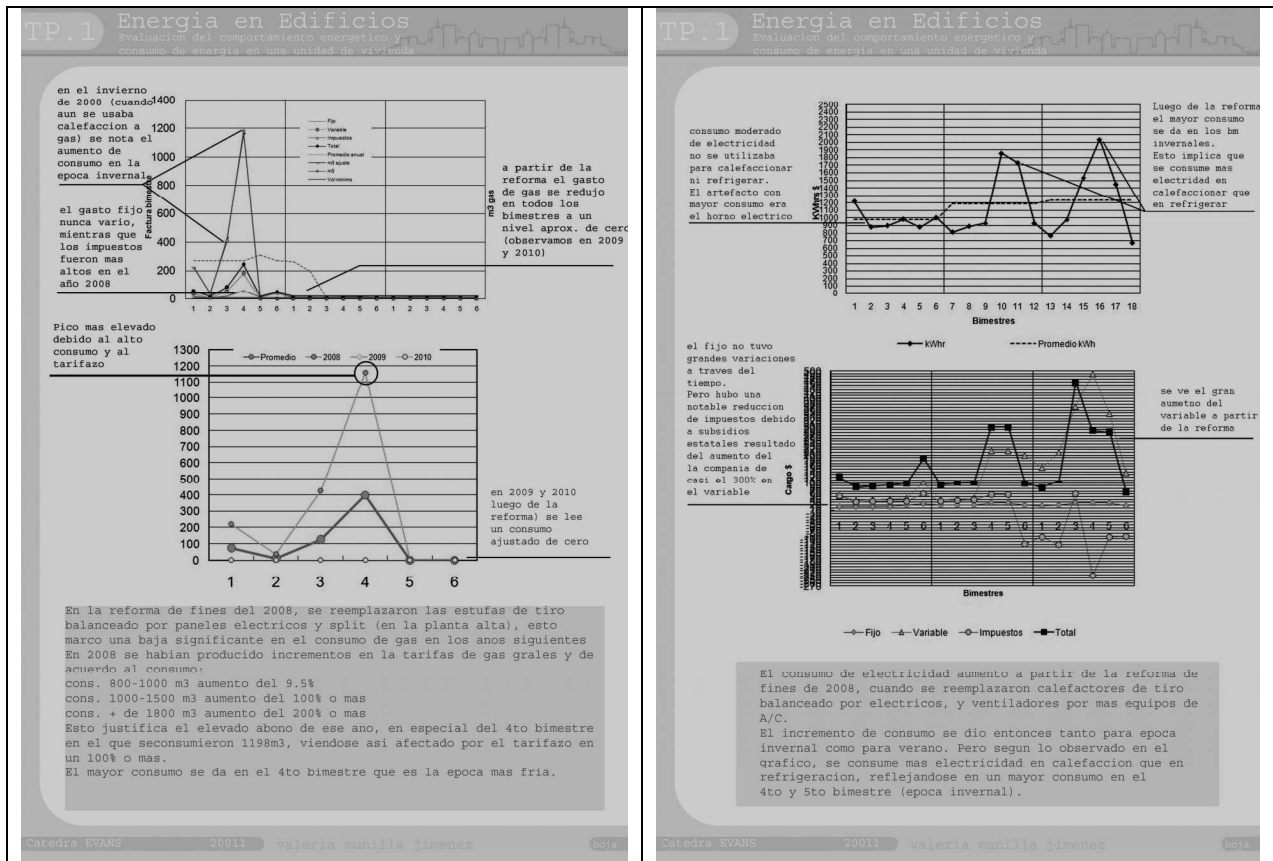


Figura 1: Ejemplo del análisis de los datos de consumo de gas y electricidad. Alumna: Munilla V.

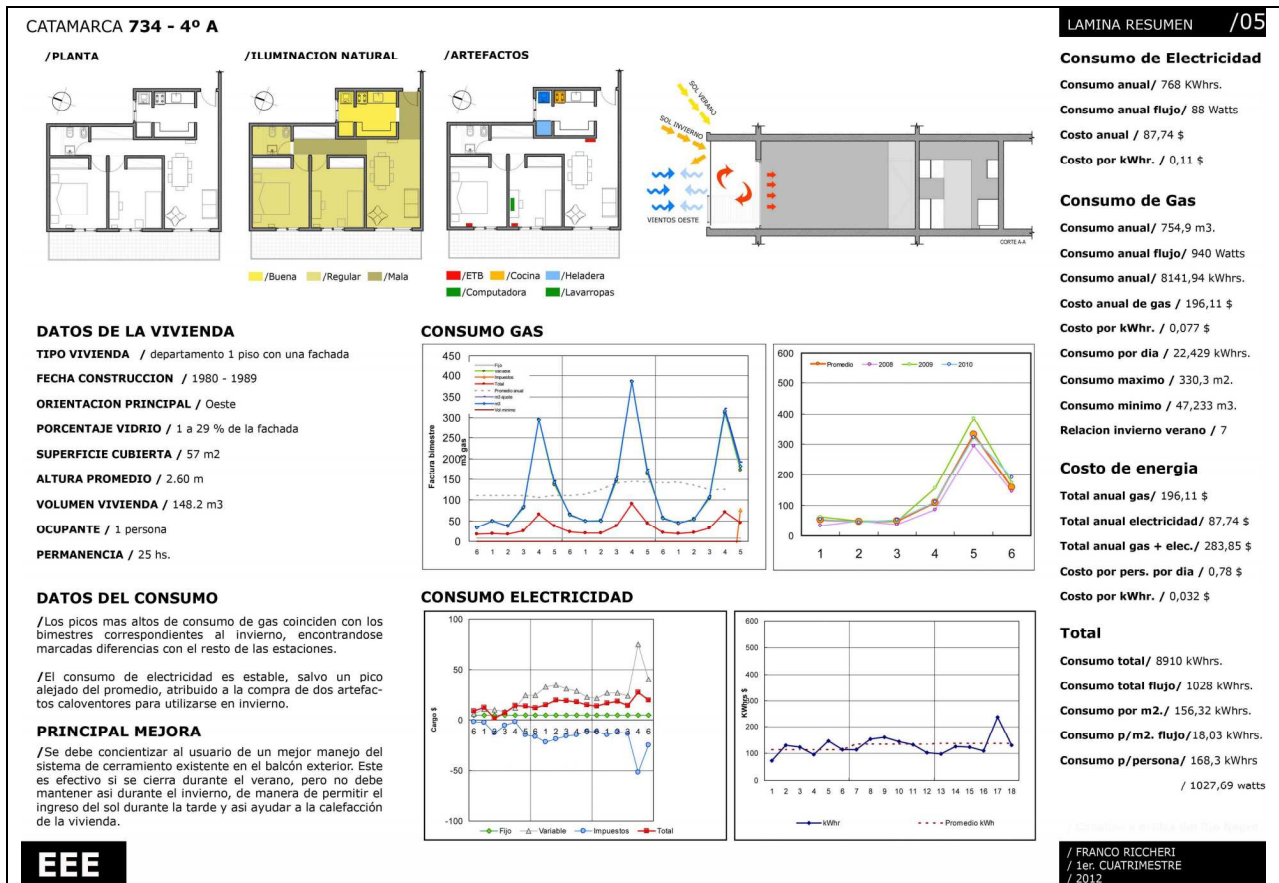


Figura 2: Ejemplo del análisis de los datos de consumo de gas y electricidad. Alumno: Riccheri F.

Un aspecto muy importante es precisamente la asociación entre cómo se utiliza la energía y cómo es el confort resultante, como se muestra en las láminas presentadas en las figuras 3 y 4. El desarrollo de este punto del análisis en este ejercicio de auditoría es el más interesante del estudio, ya que no siempre se puede contar con información tan detallada que incorpore tan claramente la percepción subjetiva del usuario. La información resultante es más completa que la obtenida mediante una simple encuesta: el usuario-auditor analiza exhaustivamente las características de la vivienda analizada y además identifica puntualmente los problemas y los aspectos positivos del diseño que se relacionan con las condiciones de confort y la posibilidad de mejorar la eficiencia energética del edificio.

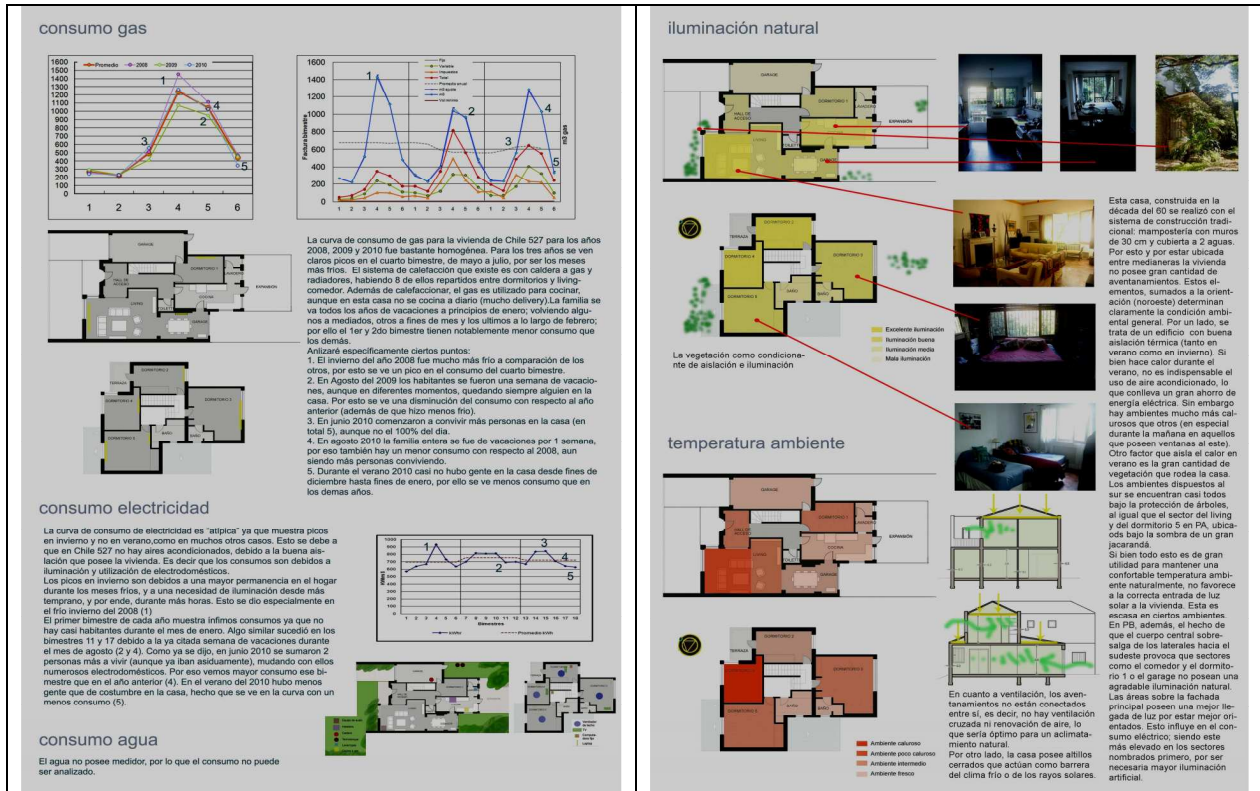


Figura 3: Ejemplo del análisis de los datos de consumo de gas y electricidad y relación con condiciones de iluminación natural y confort térmico. Alumna: Gordyn B.

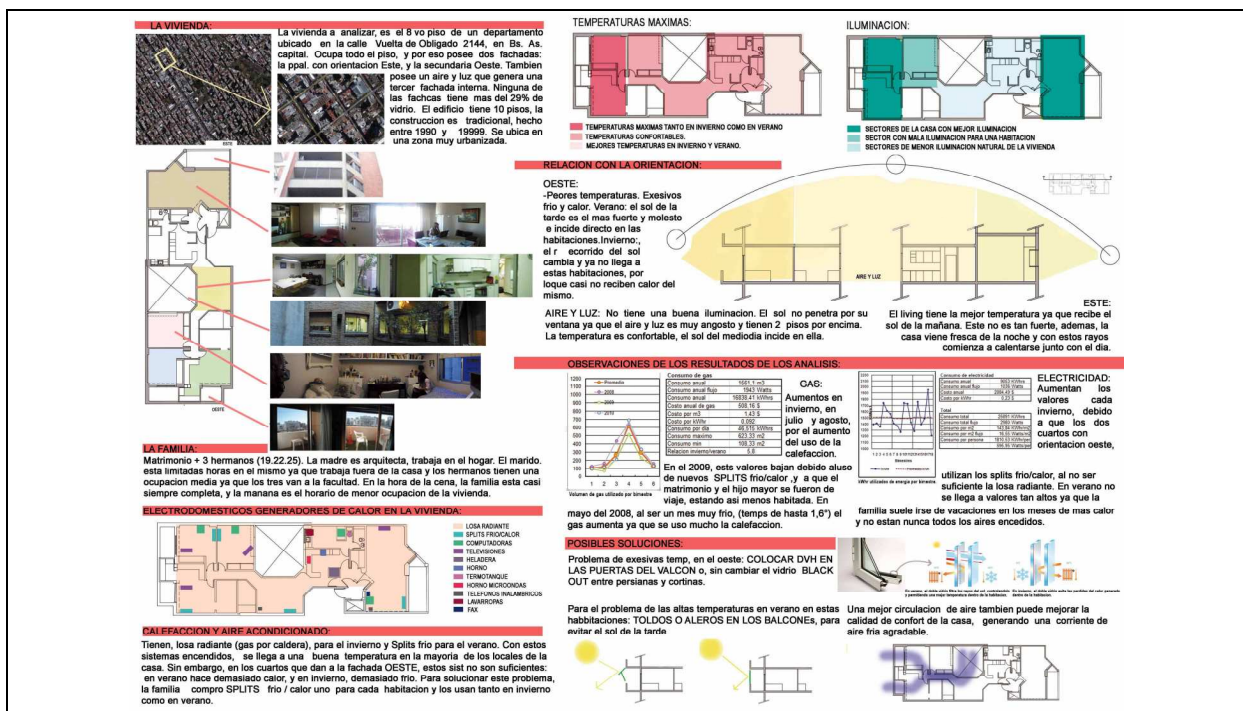


Figura 4: Ejemplo de la síntesis del análisis en el análisis de una unidad departamento: consumo de gas y electricidad y relación con condiciones de iluminación y confort térmico. Alumna: Ottolenghi L.

RESULTADOS OBTENIDOS EN RELACION CON ASPECTOS VINCULADOS AL CONFORT Y AL USO DE ENERGÍA PARA ACONDICIONAMIENTO

A partir del material recopilado en el desarrollo del trabajo realizado por los alumnos, se llegó a una muestra resultante de 182 casos de viviendas unifamiliares de la ciudad de Buenos Aires y Gran Buenos Aires, con datos y evaluación de confort completas. Los casos se distribuyen de la siguiente manera:

Tipo de vivienda	1 dormitorio (2 ambientes)	2 dormitorios (3 ambientes)	3 dormitorios (4 ambientes)	4 dormitorios (5 ambientes)	+ 4 dormitorios (+ 5 ambientes)	Total
Departamentos urbanos	7 (3.85 %)	24 (13.19 %)	38 (20.88 %)	8 (4.40 %)	-	77 (42.31 %)
Vivienda unifamiliar urbana	-	5 (2.75 %)	36 (19.78 %)	14 (7.69 %)	-	55 (30.22 %)
Vivienda unifamiliar suburbana	-	9 (4.95 %)	28 (15.38 %)	12 (6.59 %)	1 (0.55 %)	50 (27.26 %)
Total	7 (3.85 %)	38 (20.88 %)	102 (56.04 %)	34 (18.68 %)	1 (0.55 %)	182 (100 %)

Tabla 1: Resumen por tipologías y distribución porcentual de los casos analizados.

El 85 % de los casos analizados corresponde a viviendas de nivel socio económico medio y medio alto. Del resto, un 10 % corresponde a viviendas de nivel socio económico alto y un 5 % al nivel medio-bajo. En este caso, el reconocimiento de este nivel surge a partir del análisis del tipo de construcción, materiales, localización de la vivienda y equipamiento, ya que el relevamiento no incluye la especificación del nivel de ingreso o educación de los usuarios.

Con respecto a la evaluación de las condiciones de confort térmico y lumínico, si bien se realizaron en algunos casos mediciones durante una semana con dataloggers HOBO, se priorizó la percepción subjetiva de los ocupantes que indicaron cómo eran estas condiciones en los distintos locales de la vivienda analizada, como se muestra en las figuras 5 y 6.

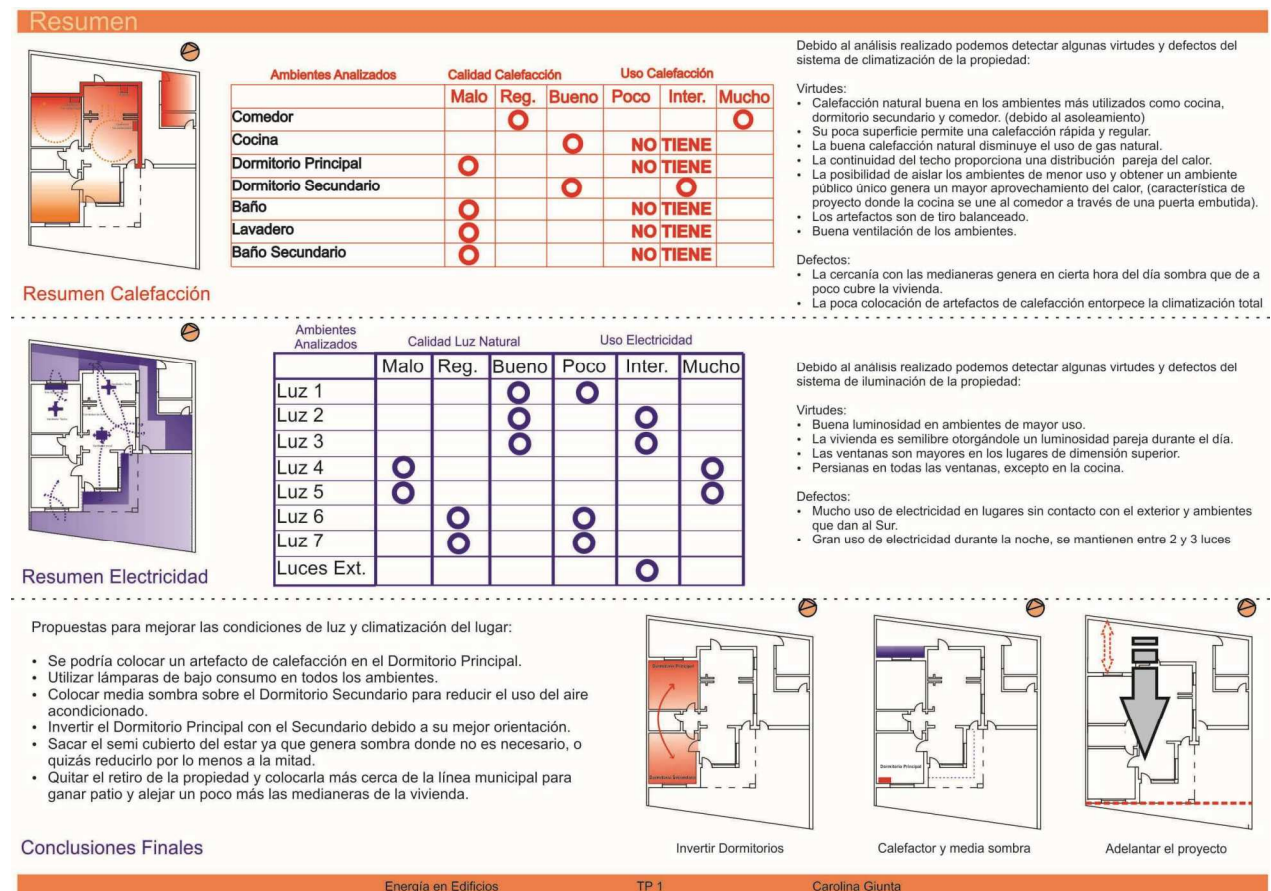


Figura 5: Ejemplo del análisis de las condiciones de confort en la vivienda. Alumna: Giunta C.

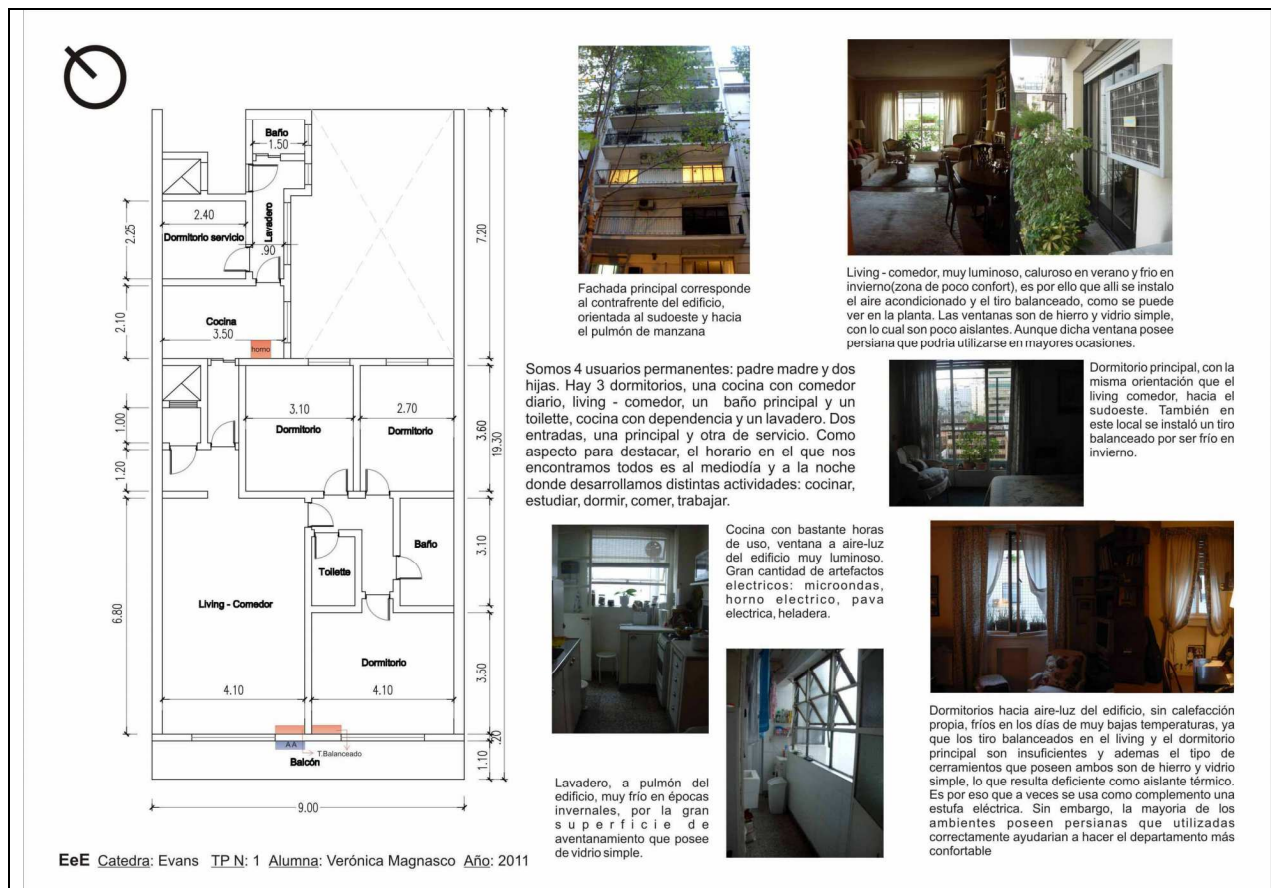


Figura 6: Ejemplo del análisis de condiciones de confort térmico e iluminación natural. Alumna: Magnasco V.

A partir del relevamiento y análisis realizado por los alumnos, se pueden detectar dos tipos de problemas vinculados a deficiencias en el uso racional o eficiente de la energía en las viviendas. El primero abarca los problemas relacionados con el edificio, tanto por causas relacionadas con la densidad del entorno urbano como por problemas de diseño arquitectónico; el segundo incluye el incorrecto uso de los recursos por parte de los usuarios.

Dentro del primer grupo, la incidencia de los distintos tipos de problemas está relacionada con las tipologías: los edificios de departamentos presentan recurrentemente ciertos problemas mientras que en las viviendas se repiten otros.

En los edificios de departamentos, los problemas más comunes son:

- Deficiencia en la disponibilidad de luz natural, que hace necesario contar con iluminación artificial durante gran parte del día. Los espacios de aire y luz convencionales en la edificación en altura no son suficientes para asegurar un aceptable nivel de luz natural. Esto es notorio en los edificios correspondientes a un nivel socio-económico medio, en unidades que forman parte de una planta con 3 ó 4 departamentos por piso.
- Lo mismo sucede con la ventilación natural en esta tipología. No hay buenas posibilidades de obtener refrescamiento mediante esta estrategia en épocas cálidas por deficiencias en la captación de brisas que favorezcan el movimiento de aire.
- En edificios de mejor calidad, correspondientes a un nivel económico más alto, en general torres con departamentos en forma de pisos completos o semi-pisos, ubicados en general en una trama edilicia más abierta, aparece como problema el vidriado excesivo, que presenta muchas pérdidas de calor en invierno y tiene deficiencias en la protección solar en verano.
- Un problema adicional en esta tipología es la calefacción común para todo el edificio. Tanto en sistemas de losa radiante como de calefacción central por radiadores de agua caliente, se juzgó el nivel de calefacción como excesivo. En la mayoría de los casos es necesario abrir ventanas para evacuar el exceso de calor y en otros casos el sistema fue anulado y se reemplazó por equipos Split u otro tipo de calefacción por electricidad.

En las viviendas unifamiliares urbanas y suburbanas, los problemas predominantes son los de acceso al sol y a la luz, que tienen relación directa con la densidad del entorno urbano: aparecen en todos los casos de viviendas implantadas en entornos de densidad urbana media y baja con entornos consolidados y parcelas con frentes de 8.66 y hasta 12 metros, y edificación entre medianeras. Aún cuando los edificios del entorno son de 1 ó 2 plantas (PB + 1 piso), la proximidad edilicia hace que las condiciones de acceso al sol no sean favorables debido a las sombras proyectadas entre los edificios; el acceso a la radiación solar lleva a cabo por el frente o el fondo de la vivienda, y en muchos casos aparecen obstrucciones por la presencia de árboles o construcciones próximas a las líneas de fondo de las parcelas.

Los casos correspondientes a viviendas suburbanas con perímetro libre, que cuentan con espacios abiertos alrededor del edificio, presentan mejores condiciones de uso del recurso solar y aprovechamiento de las brisas para ventilación. Los problemas que aparecen en estos casos corresponden a sombras proyectadas por árboles próximos a la vivienda y, de modo similar al caso de edificios de nivel medio-alto, excesos en las superficies vidriadas que hacen necesario contar con calefacción permanente para compensar las pérdidas de calor en invierno y uso de aire acondicionado debido a problemas de sobrecalentamiento en verano.

En estos casos, no hay diferencias notorias en el consumo entre viviendas calefaccionadas mediante sistemas centrales o unidades individuales si esta calefacción se realiza mediante gas, aunque los costos son mayores si se utiliza gas envasado.

En todos los casos, indistintamente de la diferenciación tipológica, aparecen como problemas frecuentes la falta de aislación térmica en cerramientos, pérdidas de calor por superficies de vidrio y por filtraciones a través de carpinterías de mala calidad, sin estanqueidad ni burletes para evitarlas, y la necesidad de utilizar iluminación artificial en espacios con ventanas reducidas o sin acceso al exterior, como pasillos o baños, y en algunos casos en habitaciones de servicio refuncionalizadas como cuartos de estudio.

Con respecto a los problemas producidos por un uso incorrecto del recurso energético, el más común es el uso de las hornallas de la cocina para calefaccionar el ambiente o mantener el agua caliente, prender las luces durante el día sin abrir cortinas o bien mantener encendidos aparatos de TV y computadoras aunque no se estén utilizando. Sobre estos problemas, la única acción posible es concientizar al usuario sobre el uso correcto, quedando fuera del alcance del rol profesional del arquitecto.

CONCLUSIONES

A partir del ejercicio realizado por los alumnos, que estudian el uso de energía en su propia vivienda, se pueden analizar algunos aspectos de la relación entre el consumo de energía de la vivienda, el diseño del edificio y su entorno, los materiales, las instalaciones, los hábitos de los usuarios y el nivel de confort obtenido, interpretando la problemática desde un enfoque integrador asociado al diseño arquitectónico. Complementariamente, se proponen situaciones, estrategias y elementos de diseño que podrían mejorar el comportamiento energético del ejemplo analizado, facilitando la comprensión de que claramente las soluciones deben estar integradas en el proyecto arquitectónico desde su concepción.

Si bien el grupo de casos analizados no constituye una muestra finalísticamente seleccionada, ya que ha sido conformada en función de los casos presentados por los alumnos, resulta bastante representativa de las condiciones existentes en el medio construido de la ciudad de Buenos Aires y sus alrededores; y los problemas detectados con respecto a las condiciones de confort que inciden en el uso de la energía en la vivienda son similares al de los de otras viviendas de la región, y posiblemente de gran parte de las viviendas de zonas urbanas de la Argentina.

El ejercicio es una buena herramienta para concientizar a los alumnos sobre el uso de la energía en los edificios, ya que surge a partir del análisis de sus propias vivencias, y luego es asociado a los conocimientos que recibe durante el cursado de la materia. Además, ellos mismos proponen soluciones o mejoras a los problemas detectados (inclusive soluciones de bajo grado de complejidad, como el agregado de aislación nocturna en aberturas o burletes en las carpinterías), que en muchos casos implementan en las viviendas, verificando rápidamente la influencia de estas mejoras a partir de su propia percepción de las condiciones de confort. Ante estos buenos resultados, muchos han manifestado que inclusive han aconsejado a amigos o familiares sobre algunas mejoras que pueden hacer en las viviendas para mejorar su comportamiento térmico, y ahorrar energía destinada a su acondicionamiento.

Las conclusiones obtenidas por los alumnos apuntan principalmente a mejorar las características térmicas y constructivas en futuros proyectos mediante un adecuado diseño de la envolvente edilicia como paso inicial y fundamental para mejorar el comportamiento energético de la arquitectura. Esto es de fundamental importancia para promover el uso racional de los recursos energéticos no renovables y comenzar a incorporar recursos disponibles como el aprovechamiento de la radiación solar a partir de una adecuada orientación de edificios y aberturas.

REFERENCIAS

- 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. (2011) Evaluación del comportamiento térmico-energético de alternativas bioclimáticas de mejoras en tipologías FONAVI. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 15, pp. 05.09-05.18.
- Re M. G., Blasco Lucas I. (2010) comportamiento higrotérmico, lumínico y energético de edificios residenciales ubicados en la ciudad de San Juan. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* Vol. 14, pp. 05.181-05.188.
- Casado, C. (2001). Auditoría energética en edificios. El consumo energético del sector residencial de San Miguel de Tucumán. El usuario y su vinculación con el consumo. 1ª edición pp. 1-7. San Miguel de Tucumán.
- Cortegoso J. L., Mitchell J. A. (2010) Monitoreo de viviendas sociales del Valle de Uco, Provincia de Mendoza. Caso base de viviendas sociales bioclimáticas "Obreros Rurales III", *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* Vol. 14, 05.159-05.164.
- Diaz, C.; Corredera C. y Czajkowski J. (2005). Resultados de Mediciones de Confort Higrotérmico en Viviendas de Interés Social en Tierra del Fuego. Campaña de Verano. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* Vol. 9, 05.79-05.84.
- Viegas G., San Juan G., Discoli C. (2007). Comportamiento térmico-energético de tipologías representativas pertenecientes a mosaicos urbanos de la ciudad de La Plata. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 11, 01.41-01.48.

- Evans J.M., de Schiller S. (2007) Procedimiento de Auditorías y Evaluación de Servicio Energético: Desarrollo, Aplicación y Transferencia. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol.11 pp. 07.17 – 07.22
- Evans J., Casabianca G., Pésico M. (2006). Energía en edificios: nueva propuesta metodológica para introducir la temática del uso racional de la energía en arquitectura –, Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Volumen 10, 10.19-10.23.
- Evans J., Reyes J. Eguía S., Martín R. (1996). Energía en Edificios. Cinco años de transferencia. Actas de la XVIII Reunión de Trabajo de ASADES (San Luis), Tomo 3, 12.7-12.11.
- Salveti, M. B.; Czajkowski, J. y Gómez, A. (2009) Análisis del comportamiento energético-ambiental en torre de viviendas en La Plata. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 13, 05.127-05.134
- Sulaiman H., Blasco Lucas I., Filippín C. (2009) Incidencia del usuario en el comportamiento higrotérmico estival de una vivienda convencional en San Juan. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 13, 05.53-05.60.

ABSTRACT

This paper presents some results of an evaluation of energy use, thermal comfort conditions and daylight obtained in an energy audit exercise conducted by students of architecture in their own homes. They analyzed data from gas and electricity consumption and the subjective perception of users, assessing thermal comfort conditions and natural lighting in the home, thus linking aspects related to building energy performance. Two types of problems related to deficiencies in the rational use of energy are detected in the analysis: issues related to architecture and related to improper use of the resource by users. The conclusions aims to improve the thermal characteristics and constructive choices in future projects through proper design of the housing building to improve the energy performance of the architecture.

Keywords: housing, energy consumption, thermal comfort, natural light