

EL CONSUMO DE ENERGIA EN EL SECTOR RESIDENCIAL DEL AREA METROPOLITANA ARGENTINA. POTENCIAL DE URE *

E. Rosenfeld+, O. Ravella, A. Fabris+, C. Discolio, N. Di Costanzo, S. Lozano, S. Martínez, C. Ferreyro, J. Czajkowski, C. Sagasti, M. Fontana, y A. Gómez

RESUMEN

Se dimensiona el yacimiento de ahorro energético del sector residencial del Area Metropolitana alimentado por redes. Se cuantifican los ahorros por formas y por usos de la energía.

Se comunica la metodología, basada en el análisis tipológico edificio del parque de viviendas y en un plan de auditorías y diagnósticos energéticos.

Entre las conclusiones preliminares se destaca, que pareciera ser posible ahorrar el 24% del consumo total de gas natural y el 9,2% de la energía eléctrica.

El yacimiento potencial de ahorro total estimado es de 713.253 TEP/año.

1. INTRODUCCION

El Proyecto "Audibaires" (1) permitió conocer el uso de la energía en el sector residencial del Area Metropolitana (Capital Federal, Gran Buenos Aires y Gran La Plata), constituido por 10.500.000 habitantes y 2.850.000 viviendas (INDEC 1980).

A partir de un análisis de tipologías de viviendas representativas y de auditorías energéticas globales y detalladas sobre una muestra básica de 360 hogares del área, se obtuvo información desagregada de las formas de energía: electricidad y gas natural y por usos: calefacción, cocción, agua caliente, iluminación y otros.

El estudio no incluyó al subsector de usuarios de gas envasado, que están localizados en las áreas suburbanas y rurales y totalizan aproximadamente 330.000 consumidores.

2. METODOLOGIA DE DIMENSIONAMIENTO DE LOS YACIMIENTOS

Para determinar los potenciales yacimientos de ahorro, en base a los resultados obtenidos en Audibaires, se utilizó el siguiente procedimiento:

IAS/FIPE, Instituto de Arquitectura Solar. Fundación para la Investigación y el Progreso Energético. Calle 526 N° 2005 - 1900. La Plata, Argentina.

* Proyecto financiado por la Secretaría de Energía.

+ Investigador de la carrera del CONICET.

• Becario CONICET. ^ Colaborador.

- i. Se obtuvo de las empresas prestatarias de los servicios -Gas del Estado y Segba- (2) (3), la cantidad de usuarios del área y su consumo registrado. Ver Cuadro 1.

CUADRO 1. Consumo en los hogares (1985) según las prestatarias.

| | CONSUMIDORES | CONSUMO RESIDENCIAL REGISTRADO |
|--------------|--------------|--------------------------------|
| GAS NATURAL | 2.261.008 | 2.037.630 (TEP) |
| ELECTRICIDAD | 3.076.735 | 398.620 (TEP) |

- ii. Del universo de 360 viviendas analizadas se estudiaron las de mayor peso estadístico según (1), correspondiendo ocho tipos a viviendas individuales y siete a departamentos.
- iii. En base al consumo registrado (Cuadro 1), a la representatividad tipológica porcentual y a la desagregación entre viviendas individuales (57,2%) y departamentos (42,8%) en el área, proveniente de (4) se elaboraron los Cuadros 2 y 3 que muestran los consumos por tipología, discriminando las formas de energía.

CUADRO 2. Consumo de viviendas individuales por tipología y forma de energía.

| Nro. DESIGNACION | REPRESENT | | GAS NATURAL E. ELECTRICAL | | CENSO 1980 |
|------------------------|-----------|------|---------------------------|------|------------|
| | % | n3 | TEP | KW/h | |
| T1 CASA CHORIZO | 16,20 | 1129 | 1,05 | 1526 | 0,13 |
| T2 CASA CAJON | 43,00 | 1123 | 1,05 | 1429 | 0,12 |
| T3 DUPLIX MIXTO | 6,20 | 1443 | 1,35 | 1319 | 0,11 |
| T4 CASA RACIONALISTA | 13,80 | 1014 | 0,95 | 1652 | 0,14 |
| T5 CHALET CALIFORNIANO | 9,20 | 1621 | 1,51 | 2040 | 0,18 |
| T6 CHALET P.E.P. | 4,60 | 1350 | 1,26 | 1435 | 0,12 |
| T7 CASA FO.NA.VI. | 1,50 | 1503 | 1,40 | 1736 | 0,15 |
| T8 DUPEX ESTATAL | 5,40 | 753 | 0,70 | 1140 | 0,10 |
| CASAS - VALORES MEDIOS | | | 1,22 | 1591 | 0,14 |
| 57,20% | | | | | |

CUADRO 3. Consumo de departamentos por tipología y por forma de energía.

| Nro. DESIGNACION | REPRESENT | | GAS NATURAL E. ELECTRICAL | | CENSO 1980 |
|--------------------------------|-----------|-----|---------------------------|------|------------|
| | % | n3 | TEP | KW/h | |
| T9 RENTA PASILLO | 10,00 | 834 | 0,78 | 1331 | 0,11 |
| T11 RENTA ALTURA | 6,90 | 827 | 0,77 | 831 | 0,07 |
| T12 PROP. HORIZONTAL | 23,10 | 624 | 0,58 | 1430 | 0,12 |
| T14 EDIF. TORRE P.H. | 16,20 | 720 | 0,67 | 1016 | 0,09 |
| T15 BLOQUE BAJO | 15,40 | 862 | 0,80 | 1358 | 0,12 |
| T16 TORRE ESTATAL | 8,50 | 634 | 0,59 | 1111 | 0,10 |
| T17 EDIFICIO PLACA | 10,00 | 772 | 0,72 | 1264 | 0,11 |
| DEPARTAMENTOS - VALORES MEDIOS | | | 0,70 | 1192 | 0,10 |
| 42,80% | | | | | |

- iv. Se está entonces en condiciones de inferir los consumos globales del parque edilicio residencial como integración de sectores tipológicos y por formas de energía. Para gas natural se muestran en los Cuadros 4 y 5. Para electricidad en los Cuadros 6 y 7.

CUADRO 4 y 5. GN. Consumo inferido por sectores tipológicos.

| Nº | TIPOLOGIA (viviendas indiv.) | REPRE- SENT. | USUARIOS | CONSUMO INFERIDO | GLOBAL (TEP) |
|----|---------------------------------|-----------------|-----------|---------------------|-----------------|
| T1 | CHORIZO | 16,2% | 209.514 | 1,05 | 219.990 |
| T2 | CAJON | 43,1% | 557.411 | 1,05 | 585.282 |
| T3 | DUPLEX MIXTO | 6,2% | 80.184 | 1,35 | 108.248 |
| T4 | CASA RACIONALISTA | 13,8% | 178.475 | 0,95 | 169.551 |
| T5 | CHALET CALIFORNIANO | 9,2% | 118.983 | 1,51 | 179.664 |
| T6 | CHALET "PEP" | 4,6% | 59.492 | 1,26 | 74.960 |
| T7 | CASA FO.NA.VI. | 1,5% | 19.400 | 1,40 | 27.160 |
| T8 | DUPLEX ESTATAL | 5,4% | 69.838 | 0,70 | 48.887 |
| | | 100 % | 1.293.297 | 1.10 | 1 413.742 |

| Nº | TIPOLOGIA (departamentos) | REPRE- SENT. | USUARIOS | CONSUMO INFERIDO | GLOBAL (TEP) |
|-----|------------------------------|-----------------|----------|---------------------|-----------------|
| T9 | RENTA PASILLO | 20,0% | 193.542 | 0,76 | 150.963 |
| T11 | RENTA EN ALTURA | 6,9% | 66.772 | 0,77 | 51.414 |
| T12 | PROPIEDAD HORIZONTAL | 23,0% | 222.574 | 0,58 | 129.093 |
| T14 | TORRE P.H. | 16,2% | 156.769 | 0,67 | 105.035 |
| T15 | BLOQUE BAJO | 15,4% | 149.028 | 0,80 | 119.223 |
| T16 | TORRE ESTATAL | 8,5% | 82.255 | 0,59 | 48.531 |
| T17 | PLACA | 10,0% | 96.771 | 0,72 | 69.675 |
| | | 100 % | 967 711 | 0,66 | 673.934 |

CUADRO 6 y 7. EE Consumo inferido por sectores tipológicos

| Nº | TIPOLOGIA (viviendas indiv.) | REPRE- SENT | USUARIOS | CONSUMO GLOBAL RESIDENCIAL |
|----|---------------------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| T1 | CHORIZO | 16,2% | 240.926 | 0,13 |
| T2 | CAJON | 43,1% | 640.983 | 0,12 |
| T3 | DUPLEX MIXTO | 6,2% | 92.206 | 0,11 |
| T4 | CASA RACIONALISTA | 13,8% | 205.234 | 0,14 |
| T5 | CHALET CALIFORNIANO | 9,2% | 136.823 | 0,18 |
| T6 | CHALET "PEP" | 4,6% | 68.411 | 0,12 |
| T7 | CASA FO.NA.VI. | 1,5% | 22.308 | 0,15 |
| T8 | DUPLEX ESTATAL | 5,4% | 80.308 | 0,10 |
| | | 100 % | 1.759.892 | 0,13 |

| Nº | TIPOLOGIA (departamentos) | REPRE- SENT. | USUARIOS | CONSUMO GLOBAL RESIDENCIAL |
|-----|------------------------------|-----------------|-----------|-------------------------------|
| T9 | RENTA PASILLO | 20,0% | 222.560 | 0,11 |
| T11 | RENTA EN ALTURA | 6,9% | 76.783 | 0,07 |
| T12 | PROPIEDAD HORIZONTAL | 23,0% | 255.944 | 0,12 |
| T14 | TORRE P.H. | 16,2% | 180.273 | 0,09 |
| T15 | BLOQUE BAJO | 15,4% | 171.371 | 0,12 |
| T16 | TORRE ESTATAL | 8,5% | 94.588 | 0,10 |
| T17 | PLACA | 10,0% | 111.280 | 0,11 |
| | | 100 % | 1.316.842 | 0,08 |

- v. Tomando como base los valores medios muestrales para gas natural 1,22 TEP/viv. en viviendas individuales y 0,70 TEP/ viv. en departamentos y para electricidad 0,14 TEP/año y 0,10 TEP/año respectivamente, se relaciona el consumo inferido y el registrado, verificandose una diferencia de aproximadamente el 5% entre ambos valores para gas y el 20% para electricidad. En los Cuadros 8 y 9 se sintetizan los resultados.

CUADRO 8. Gas natural.

| TIPOLOGIA | % | USUARIOS (85) | CONS. PROM. TEP | CONSUMO TOTAL INF REGION | CONSUMO REAL TEP | DIF. (%) |
|--------------------------------------|------|------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------|-------------|
| CASAS | 57,2 | 1.293.297 | 1,22 | 1.577.822 | 1.165.524 | -26 |
| DEPARTAMENTOS | 42,8 | 967.711 | 0,70 | 677.398 | 872.106 | +28 |
| TOTAL USUARIOS REG. METROPOLITANA | | 2.261.008 | | 2.225.220 | 2.037.630 | -8.4 |

CUADRO 9. Electricidad

| TIPOLOGIA | % | USUARIOS (85) | CONS. PROM. TEP | CONSUMO TOTAL INF REGION | CONSUMO REAL TEP | DIF. (%) |
|--------------------------------------|------|------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------|-------------|
| CASAS | 57,2 | 1.759.892 | 0,14 | 246.385 | 227.793 | -7.5 |
| DEPARTAMENTOS | 42,8 | 1.316.842 | 0,10 | 131.684 | 170.446 | +29 |
| TOTAL USUARIOS REG. METROPOLITANA | | 3.076.735 | | 387.069 | 398.239 | +5.3 |

Con estos valores se considera validada la metodología para dimensionar el yacimiento potencial de ahorro.

3. YACIMIENTO POTENCIAL DE AHORRO

En base a los datos obtenidos anteriormente se elaboraron los cuadros que resumen los consumos de energía primaria discriminados en gas y electricidad y que relacionan los consumos inferidos del estudio y los registrados por las respectivas empresas.

CUADRO 10. Consumos en energía primaria.

| | CONSUMO REAL EN TEP ANUALES | % | INFERIDO DEL ESTUDIO EN TEP ANUALES | % |
|--------------|-----------------------------------|-----|---|-----|
| TOTAL | 3.715.849 | 100 | 3.520.132 | 100 |
| GAS | 2.122.893 | 56 | 2.225.220 | 59 |
| ELECTRICIDAD | 1.592.956 * | 44 | 1.264.812 [∞] | 41 |

* El valor de la energía final es de 398.239 TEP/año.

[∞] El valor de la energía residencial es de 378.069 TEP/año.

En el Cuadro 11 y Figura 1 se sintetizan los consumos discriminados según usos en base a los datos obtenidos de (1).

CUADRO 11. Consumos según usos en energía primaria

| | | |
|--------------------------|-----------|------|
| TOTAL (TEP/año) | 3.737.498 | 100% |
| CALEFACCION | 1.009.124 | 27% |
| AGUA CALIENTE / COCCION | 1.382.873 | 37% |
| ILUMINACION | 448.499 | 12% |
| ARTEF. ELECTRODOMESTICOS | 896.999 | 24% |

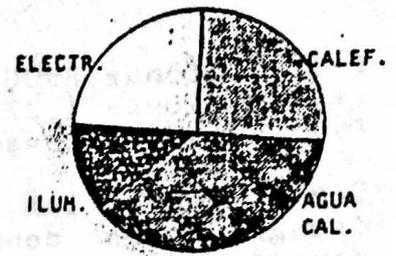


Figura 1.

3.1. Yacimiento potencial de ahorro en gas natural

El yacimiento potencial de ahorro en gas ha sido dimensionado teniendo en cuenta que el 58% del consumo corresponde a cocción y agua caliente y 42% a calefacción. Se supuso que el ahorro posible provendría de la implementación de medidas de conservación para calefacción. No se incluyó el posible ahorro proveniente de la penetración del agua caliente solar por requerir un estudio más profundizado aún no disponible.

Las medidas consideradas fueron las siguientes:

Para viviendas individuales: a. Incremento de aislación térmica en cielorraso-cubierta, adicionando el equivalente a 1" de poliestireno expandido ($R= 0,61 \text{ m}^2\text{°C/W}$) y 2" ($R= 1,22 \text{ m}^2\text{°C/W}$); b. Reducción de infiltraciones mediante burleteo, considerando una disminución de renovaciones de 1,5n a 1n; c. Colocación de doble vidrio y cortinas pesadas y d. Incremento de aislación en muros, adicionando $R= 0,61 \text{ m}^2\text{°C/W}$.

Para departamentos se estudió: a. Reducción de infiltraciones mediante burleteo; b. Doble vidrio y cortinas pesadas y c. incremento de aislación térmica en muros $R= 0,61 \text{ m}^2\text{°C/W}$.

En el Cuadro 12 se muestra para las distintas tipologías auditadas, los valores de consumos totales y desagregados según usos por vivienda a partir de los valores obtenidos en (1) y el efecto de las diferentes medidas de ahorro en calefacción (porcentuales y en TEP), calculadas mediante un balance estacionario IRAM.

CUADRO 12. Efecto de las hipótesis de ahorro.

| TIPOLOGIA | MEDIDAS | INDICADORES DE IMPACTO Y CONSERVACION DE ENERGIA | | | | | | | | | |
|-----------|------------|--|------|--------------------|------|------------|------|-------------|------|-------------------|------|
| | | RENOVACION | | G. CAL. / CALIFIC. | | EXTRACCION | | ILUMINACION | | ELECTR. / DOMEST. | |
| IND. | RENOVACION | TEP | TEP | TEP | TEP | TEP | TEP | TEP | TEP | TEP | TEP |
| | | 1 | 100% | 1,00 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 |
| 2 | 100% | 1,00 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 |
| 3 | 100% | 1,00 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 |
| 4 | 100% | 1,00 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 |
| 5 | 100% | 1,00 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 |
| 6 | 100% | 1,00 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 |
| 7 | 100% | 1,00 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 |
| 8 | 100% | 1,00 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 |
| 9 | 100% | 1,00 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 |
| 10 | 100% | 1,00 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 |
| 11 | 100% | 1,00 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 |
| 12 | 100% | 1,00 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 |
| 13 | 100% | 1,00 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 |
| 14 | 100% | 1,00 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 |
| 15 | 100% | 1,00 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 |
| 16 | 100% | 1,00 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 |
| 17 | 100% | 1,00 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 |
| 18 | 100% | 1,00 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 |
| 19 | 100% | 1,00 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 |
| 20 | 100% | 1,00 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 |

- (*) Adicionar $R=0,61 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$
- (+) Adicionar $1,22 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$
- (#) Reducir renovaciones de 1,5 a 1.

Considerando la sumatoria de medidas de ahorro (Cuadro 12), la desagregación censal para el área -viviendas individuales 57,2%, departamentos 42,8% (2)- y el peso estadístico muestral de representatividad de cada tipología obtenemos los siguientes valores:

| | |
|--|-----------------|
| Yacimiento de ahorro de gas en viviendas | 424.201 TEP/año |
| Yacimiento de ahorro de gas en departamentos | 125.802 TEP/año |
| Yacimiento potencial de ahorro global de gas | 550.003 TEP/año |

Disminución porcentual sobre:

| | |
|--|----------------|
| Total de consumo de energía (3.737.496 TEP): | 14,7% (Fig. 2) |
| Consumo de gas (2.225.220 TEP): | 24,7% (Fig. 3) |
| Consumo para calefacción (934.592 TEP): | 58,8% (Fig. 4) |

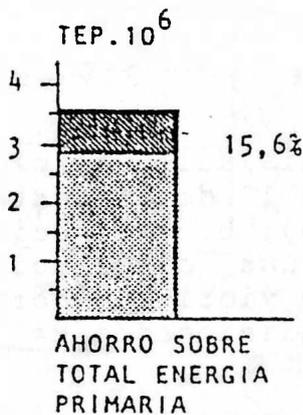


Figura 2

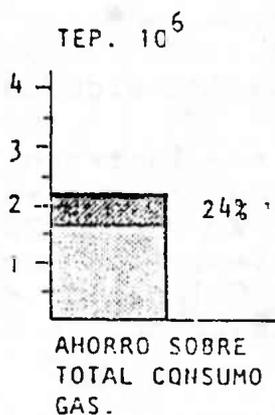


Figura 3

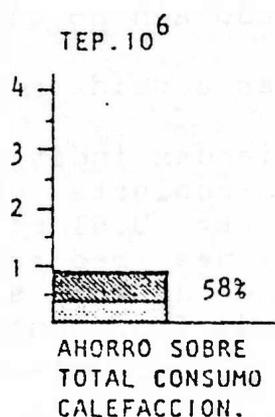


Figura 4

Debe aclararse que estos datos no tienen en cuenta las variaciones de comportamiento de los usuarios sensibles a la relación ingresos-tarifas las que requieren un estudio particularizado.

3.2. Yacimiento potencial de ahorro de energía eléctrica

En este yacimiento sólo se consideró medidas de ahorro basadas en tecnología existente en el mercado y de costos razonables. Se tuvo en cuenta en consecuencia los aspectos de iluminación, a través del uso de artefactos de bajo consumo. Este ahorro se ha estimado en un 27% y en las Figuras 5 a 7 se sintetizan los ahorros posibles.

| | |
|--------------------------------|-------------------|
| Total de energía eléctrica | 1.512.276 TEP/año |
| Destinada a iluminación | 448.499 TEP/año |
| Yacimiento Potencial de Ahorro | 121.095 TEP/año |

Disminución porcentual sobre:

| | |
|---|-------|
| Total del consumo de energía (3.737.496 TEP/año): | 3,3 % |
| Consumo de electricidad (1.512.276 TEP/año): | 8 % |
| Consumo para iluminación (448.499 TEP/año): | 27 % |

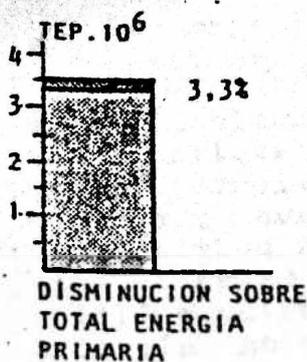


Figura 5

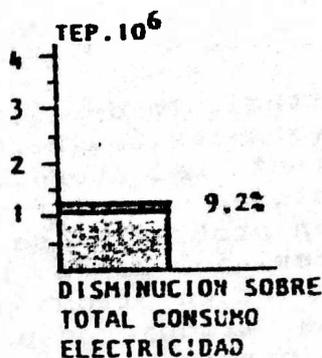


Figura 6

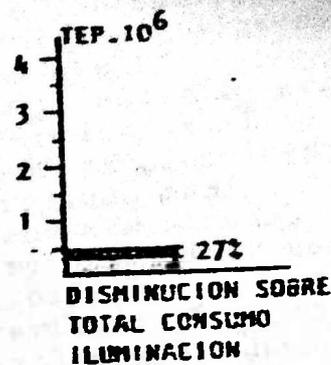


Figura 7

3.3. Yacimiento potencial de ahorro global

En la Figura 8 se sintetiza el potencial de ahorro global considerando en conjunto los de conservación de energía en calefacción y en iluminación.

| | | |
|---------------------------------|----------------|----------------|
| Consumo total de energía | 3.737.496 | TEP/año |
| Ahorro potencial en calefacción | 550.003 | TEP/año |
| Ahorro potencial en iluminación | 121.095 | TEP/año |
| TOTAL | 671.098 | TEP/año |

Representa el 17,9% del consumo actual.

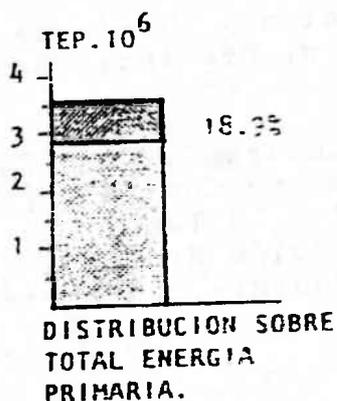


Figura 8.

4. CONCLUSIONES

El buen ajuste obtenido entre los consumos inferidos y los reales registrados por las empresas que suministran la energía, pareciera indicar que la metodología es correcta para el estudio del consumo desagregado de energía. Esto deberá verificarse en estudios posteriores.

El potencial de ahorro más significativo detectado es en gas natural destinado a calefacción con un 58,8%, lo que representa el 24,7% en el consumo total de gas y el 14,7% del total de energía primaria.

Con respecto a energía eléctrica el potencial es más reducido, ya que las medidas de ahorro son más limitadas, abarcando solamente el

consumo en iluminación, con un 27% de ahorro, representan el 8% del total de energía eléctrica y el 3,3% de la energía primaria.

Los aspectos ligados al comportamiento de los consumidores son muy sensibles a la relación ingresos-tarifas según se explicita en (1) (2), especialmente en lo referente al acondicionamiento higrotérmico. Se verifican amplios sectores en infraconsumo y franjas en derroche. Estos temas debieran profundizarse pues podrían derivar alteraciones de los valores previsibles. De hecho es ya conocido e informado por la bibliografía que en otros países las políticas de mejoramiento de la envolvente se tradujeron primero en elevación de las condiciones de confort y a partir de ello en ahorros de energía. El comportamiento respecto a la iluminación pareciera ser menos sensible, pero igual es necesario conocerlo mejor.

REFERENCIAS

1. E. Rosenfeld et al. "Evaluaciones energéticas de viviendas urbanas en el Area Metropolitana: 'Audibaires'. Resultados y conclusiones". 12ª Reunión de ASADES, Buenos Aires, 1987.
2. Gas del Estado, MOSP. Boletín Estadístico Anual 1985. Buenos Aires.
3. SEGBA, Servicios Eléctricos del Gran Buenos Aires. Informe Estadístico 1985. Buenos Aires, setiembre 1986.
4. INDEC. "Censo Nacional de Población y Vivienda 1980". Capital Federal; Gran Buenos Aires; Provincia de Buenos Aires.
5. E. Rosenfeld et al. IAS-FIPE. "Audibaires", Plan Piloto de Evaluación Energética en Viviendas de Capital Federal y Gran Buenos Aires. Informe Final. 2º Tomo. La Plata, 1987. Puede consultarse en la Dirección Nacional de Conservación y Nuevas Fuentes de Energía, Secretaría de Energía, Buenos Aires.