

## ILUMINACIÓN EFICIENTE EN EL SECTOR RESIDENCIAL ARGENTINO: EVOLUCIÓN Y PERSPECTIVAS FUTURAS

C.G. Tanides y H.D. Iglesias Furfaro

Departamento de Electrotecnia, Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires

Av. Paseo Colón 850, Subsuelo, (1063) Capital Federal

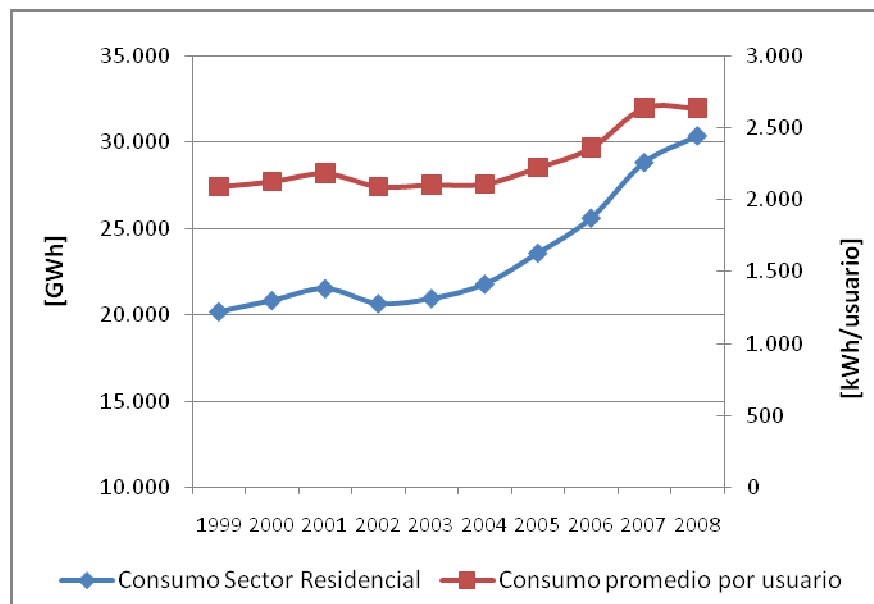
Tel.: (+54 11) 4343 0891 Ext. 159, Fax: Ext. 365, e mail: [ctanide@fi.uba.ar](mailto:ctanide@fi.uba.ar)

**RESUMEN:** La iluminación es uno de los usos finales que más contribuye a la eficiencia del sector residencial dados los altos potenciales de ahorro y la relativa facilidad para aprovecharlos. Esto es así en todo el mundo y en particular en la Argentina en donde han comenzado a implementarse en los últimos 5 años una serie de políticas que involucran este consumo. En este trabajo se resumen la evolución que ha experimentado este consumo a partir de una metodología de encuesta realizada en 1997 y repetida en 2008 en el sector residencial. El estudio muestra que las lámparas incandescentes siguen dominando el consumo de iluminación en el sector y que el potencial de ahorro a partir de las medidas que el Estado está llevando adelante en el año 2015 es del orden de los 3 TWh.

**Palabras clave:** uso eficiente de la energía eléctrica, sector residencial, iluminación, potencial de ahorro de energía

### INTRODUCCION

El sector residencial argentino participa con el 33% sobre el total de la energía eléctrica consumida en el país, ocupando el segundo lugar luego del sector industrial (36%) y superándolo en su tasa de crecimiento anual. El 49 % de toda la electricidad consumida en este sector ocurre en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA), el Gran Buenos Aires (GBA) y La Plata. A diferencia de lo que sucede a nivel nacional, el sector residencial aquí es el de mayor consumo de electricidad, alcanzando una participación del 40%. [Secretaría de Energía, 2009]



**Figura 1.** Evolución del consumo de electricidad del sector residencial.  
[Secretaría de Energía, 2009]

Más específicamente, la iluminación residencial ha sufrido un importante cambio en los últimos 10 años fundamentalmente debido a la irrupción de nuevas tecnologías que han ido modificando las particularidades de este uso final en el sector. Entre ellas podemos mencionar fundamentalmente las Lámparas Fluorescentes Compactas (LFCs), que si bien están presentes en el mercado desde hace más de 10 años, aparecen ahora con una variedad creciente de modelos, potencias y calidades, las lámparas dicroicas y, más recientemente, los LEDs que buscan establecerse en el mercado como una opción más, lugar que, muy posiblemente, conquistarán en algunos pocos años.

En este trabajo se analiza la evolución de las características del consumo de iluminación en el sector residencial a partir de los resultados que han surgido de dos trabajos en donde se aplicaron metodologías similares en muestras del sector residencial. El primero presentado en 1998 [Tanides, 1998] y el segundo por primera vez en este trabajo. Ambos estudios fueron realizados en la zona de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y el Gran Buenos Aires.

Simultáneamente se analizan y consideran 3 medidas implementadas desde el año 2008: i) el recambio de lámparas incandescentes por lámparas fluorescente compactas (LFCs), ii) la obligatoriedad del sistema de etiquetado de eficiencia energética en lámparas eléctricas y, por último iii) la futura implementación de la ley N° 26.473 que establece, a partir del 31 de diciembre de 2010, la prohibición de la importación y comercialización de lámparas incandescentes de uso residencial general en todo el territorio de la República Argentina

Con estos datos se espera poder estimar cuál será el impacto en términos energéticos y el ahorro esperable en el corto plazo.

## **POLÍTICAS QUE AFECTAN A LA ILUMINACIÓN RESIDENCIAL**

La iluminación ha sido tal vez el uso final que ha sido objeto de mayor cantidad de medidas para optimizar su consumo, lo cual resulta sensato dado el alto impacto que puede lograrse en tiempos reducidos. Una serie de políticas se encuentran operando en la Argentina dentro de este sector. En orden cronológico son:

a) *Recambio de lámparas incandescentes por LFCs.* Desde enero de 2008 a la fecha, el Gobierno Nacional, se encuentra desarrollando un programa de recambio de lámparas incandescentes por fluorescentes compactas en todas las viviendas del país. El mismo tiene por objetivo cambiar 2 lámparas por hogar lo cual implicaría un total de aproximadamente 25 millones de unidades. A la fecha se han enviado a las provincias 18 millones de lámparas. Las mismas son de 20 W, equivalentes en nivel de iluminación a una incandescente de 100 W. Las características de estas lámparas son:

- Potencia nominal: 18W - 20W
- Tensión de trabajo: 220V - 50Hz
- Tipo de bulbo: 3U
- Tipo de casquillo: E27
- Rendimiento lumínico (mínimo): 57 lm/W (determinado según norma IRAM 62404-2:2006, a 220V / 50Hz de tensión de alimentación).
- Vida media (mínimo): 6.000hs
- Temperatura de color: blanco frío (4000°K) - blanco luz día (6500°K)
- Factor de potencia: >0,5
- Clase de eficiencia energética: A (según norma IRAM 62404-2:2006)
- Índice de reproducción de color:  $\geq 80$

b) *Etiqueta de eficiencia energética.* La implementación de la etiqueta de eficiencia energética desde el 23 de octubre del año 2008 a partir de la Disposición 86/2007 que establece la entrada en vigencia de la Resolución de la ex Secretaría de Industria, Comercio y Minería N° 319 del 14 de mayo de 1999, para determinados productos eléctricos de iluminación, involucrando las lámparas incandescentes, fluorescentes, y fluorescentes compactas. Esta etiqueta es de formato similar a la de las heladeras y freezers y a la de los equipos de aire acondicionado. A la fecha sólo está vigente el etiquetado para:

- Lámparas incandescentes con filamento de tungsteno para iluminación general, de potencia nominal entre 25 y 200 W inclusive, y base rosca Edison E27.
- Lámparas fluorescentes para iluminación general con balasto incorporado de potencia nominal hasta 60 W inclusive, y casquillo de tipo rosca Edison o bayoneta.<sup>1</sup>

Actualmente se están finalizando las acciones para el reconocimiento de los laboratorios que podrían ensayar tubos fluorescentes, con lo cual en el corto plazo se establecería el etiquetado obligatorio para estas lámparas.

c) *Implementación de la ley N° 26.473.* Esta ley establece, a partir del 31 de diciembre de 2010, la prohibición de la importación y comercialización de lámparas incandescentes de uso residencial general. El Proyecto de decreto reglamentario, sobre el cual se está trabajando, establecería como alcance de la prohibición a las lámparas incandescentes de uso residencial comprendidas en las posiciones arancelarias de la NOMENCLATURA COMÚN DEL MERCOSUR, que se detallan en la partida 8539.22.00 y todas sus subpartidas, excluidas las lámparas halógenas, dicróicas y las de automóviles. A su vez dentro de las incandescentes quedarían excluidas:

- Lámparas incandescentes cuya potencia sea menor a 25 W
- Lámparas incandescentes cuya tensión nominal sea igual o menor a 50 V.
- Lámparas incandescentes que ingresen al País en carácter de importaciones temporarias y en tránsito.

---

<sup>1</sup> Es de notar que actualmente pueden encontrarse en el mercado LFCs de hasta 200W.

Este tipo de medida bajo distintos esquemas está siendo implementada en diferentes partes del mundo: Australia, Canadá, EE.UU, Japón y la Unión Europea constituyéndose en una tendencia mundial.

### **LAS LAMPARAS EN EL MERCADO**

Las opciones tecnológicas en el mercado de LFCs se han ido incrementando en los últimos años, con potencias que, fundamentalmente, han ido en crecimiento encontrándose en este momento lámparas de este tipo de hasta 200W y en formatos muy diversos que cubren distintos tipos de artefactos. Inclusive han aparecido modelos con casquillo bipin (utilizados usualmente en lámparas comúnmente llamadas dicróicas) para utilizar en artefactos diseñados originalmente para ese tipo de lámparas. Estos factores más la gradual aceptación que han ido ganando en los consumidores han permitido el avance en la penetración de esta tecnología. Las opciones con balasto electromagnético han desaparecido siendo todas de balasto electrónico.

Simultáneamente, la etiqueta de eficiencia energética ha colaborado con el proceso de depuración de LFCs de muy baja calidad. Esto es a partir de la clasificación por clase de eficiencia y porque somete a las lámparas, entre otros requerimientos, a un ensayo de “mantenimiento de flujo luminoso” que si bien no es un ensayo de la vida nominal, debido a que el período necesario para llevarlo a cabo sería demasiado extenso, tiene un efecto positivo sobre la calidad del producto. Este ensayo consiste en ensayar las lámparas durante 2.000 horas, al cabo de las cuales no deberán haber fallado más de dos lámparas ni disminuido el flujo luminoso promedio de la muestra por debajo del 80% del flujo luminoso inicial. Durante el ensayo las lámparas son sometidas a un ciclo de encendido / apagado de la lámpara. Este ciclo es de tres horas de duración y en él la lámpara permanece apagada durante 15 minutos y encendida el tiempo restante. De esta manera la lámpara es encendida 8 veces al día. Al alcanzar las 2.000 horas de encendido netas se finaliza el ensayo.

Adicionalmente, comienzan a verse modelos diversos de lámparas tipo LED que aparentemente tendrán su lugar destacado en un futuro no tan lejano.

### **ESTUDIO DEL CONSUMO EN ILUMINACIÓN- ESTIMACIÓN 1997 y 2009**

En 1997 se realizó una estimación del consumo de energía eléctrica en iluminación en el sector residencial para lo cual se evaluó una muestra de 15 casas, también en la región de CABA y GBA. Los resultados más destacados del estudio fueron que el 86 % del stock de lámparas utilizadas era del tipo incandescente y que el mayor consumo eléctrico para iluminar se producía en las cocinas. El trabajo proponía como reemplazo inmediato de las lámparas incandescentes la utilización de Lámparas Fluorescentes Compactas. A partir del estudio emergía que se podía disminuir, en forma rentable, el consumo en iluminación un 54 % y que tan sólo reemplazando 2 lámparas por residencia podríamos alcanzar aproximadamente la mitad de este ahorro. Una descripción más detallada se encuentra en [Tanides, 1997]

En 2009 se realizó otro estudio de características y metodología similares que nos permite comparar la evolución de este uso final dentro del sector residencial. [Lieberman et al., 2010]

La metodología de trabajo se basó en la realización de un relevamiento y una encuesta por hogar en la muestra seleccionada. El relevamiento consistió en determinar las características de las lámparas utilizadas y el tipo de ambiente en donde estaban ubicadas, así como también la facturación de los últimos 6 bimestres. La encuesta, por otro lado, incluía el horario de funcionamiento de cada una de las bocas de luz discriminando entre días hábiles, sábados y domingos. También se relevaron otros datos tales como la cantidad de integrantes del grupo familiar y superficie de la vivienda.

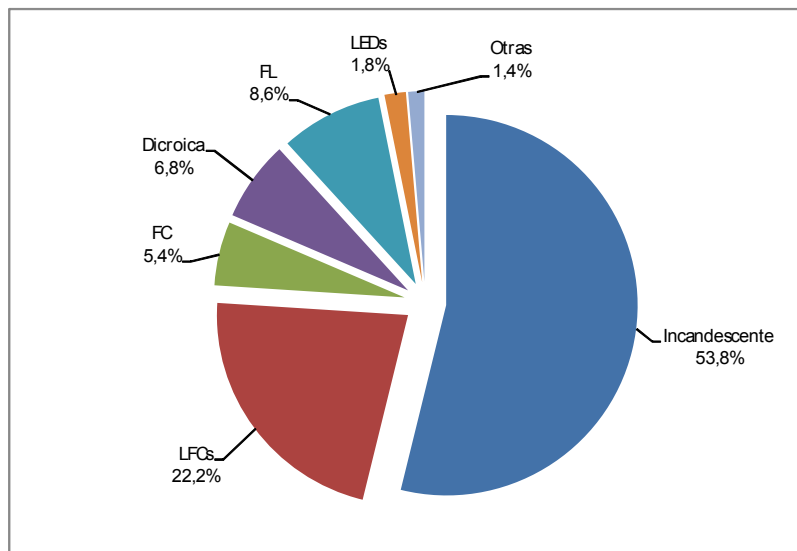
La encuesta abarcó 17 viviendas de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y Gran Buenos Aires compuesta por casas, departamentos en PH y en edificio, cuidando especialmente que la muestra reflejara la composición de usuarios por categoría tarifaria con factura tipo R1 (consumo promedio anual: 88 kWh/mes - 36% del total de usuarios) y R2 (consumo promedio anual: 356 kWh/mes - 64% del total de usuarios).

En términos de cantidad de lámparas las 17 casas acumulan un total de 213 lámparas. Este stock puede clasificarse de la siguiente manera: principalmente lámparas incandescentes (54 %), la mayor parte de las cuales son de 40 y 60 W de potencia al igual que lo sucedido en la muestra tomada en 1997. Sin embargo es de notar que la proporción de LFCs (fundamentalmente de 11W y 20W) ha crecido notablemente al igual que lo han hecho las lámparas dicróicas.<sup>2</sup> También se advierte una disminución en la proporción de lámparas fluorescentes lineales así como un aumento de las circulares. Es notable también la aparición de LEDs como modo de iluminación en el sector aunque en una pequeña proporción. Ver Figura 2.

Si ahora se considera la contribución al consumo energético, puede observarse como las incandescentes siguen representando el consumo más importante en este uso final con un 65,5% aunque también en este caso con una menor participación, respecto a la muestra tomada en 1997 (83%). En la Tabla 1 se resumen estos datos.

---

<sup>2</sup> Es de destacar que de la muestra sólo 2 residencias habían sido alcanzadas por el Plan de Recambio de lámparas incandescentes por LFCs.



**Figura 2.** Stock de lámparas por tipo obtenido de la muestra de 17 casas del sector residencial de la región de C.A.B.A. y Gran Buenos Aires. Año 2008.

Tipo de lámpara	1997		2008	
	Participación en el stock (%)	Consumo de energía eléctrica (%)	Participación en el stock (%)	Consumo de energía eléctrica (%)
Incandescentes	85,6	83,3	53,8	65,5
Tubo fluorescente	7,7	11,6	8,6	8,2
Tubo fluorescente circular	1,4	1,6	5,4	5,0
Lámpara fluorescente compacta	3,9	1,4	22,2	16,6
Halógena (dicroica)	1,4	2,1	6,8	5,0
LEDs	---	---	1,8	0,05

**Tabla 1.** Comparación entre estudio 1997 [Mazzeo et al., 1997] y el realizado en 2008 de la distribución, por tipo de lámpara, del stock y del consumo de electricidad en el Sector Residencial de C.A.B.A. y GBA.

## CONSUMO ENERGÉTICO Y CURVA DE CARGA DE LA ILUMINACIÓN RESIDENCIAL

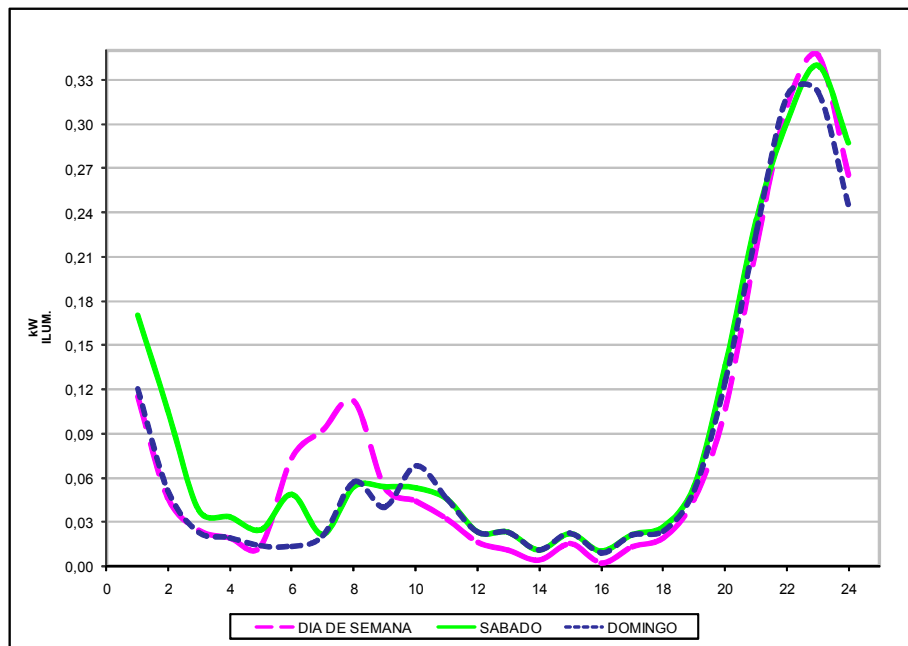
De la muestra realizada el consumo energético promedio que surge en la iluminación es de 606 kWh anuales por residencia frente a un consumo promedio total anual de 2.240 kWh anuales, lo que representa un 31,2 % (%<sub>iluminación</sub>) dedicado a este uso final. Este valor es menor respecto del trabajo realizado en 1997, debido a que la iluminación está siendo más eficiente, otros usos finales eléctricos van también ganando participación en el consumo y la encuesta del presente trabajo se realizó en noviembre de 2008 mientras que la anterior fue realizada en julio de 2007 mes con mayor incidencia de la iluminación.

El análisis estadístico de la muestra de 17 hogares, considerando un nivel de confianza del 90%, arroja un intervalo de confianza (IC) para el %<sub>iluminación</sub> expresado en la Ecuación 1.

$$IC \%_{iluminación} = \frac{\%_{iluminación}}{\sqrt{n}} \pm \frac{E_{\alpha/2, n-1}}{\sqrt{n}} = 31,22 \pm \frac{1,7459 \times 22,97}{\sqrt{17}} = 31,2\% \pm 9,73\% = (21,5\%; 40,95\%) \quad (1)$$

En caso de querer alcanzar con un nivel de confianza del 90% un intervalo de confianza %<sub>iluminación</sub> ± 10% deberíamos recurrir a una muestra de 107 hogares.

Respecto a la curva de carga de la iluminación se ha elaborado el promedio de los 17 hogares, discriminando entre días hábiles, sábados y domingos. De este análisis pueden observarse en los días hábiles 2 picos de consumo bien definidos. El primero entre las 6 y las 8 h y el segundo entre las 21 y 23 h. En los días sábados el primer pico se atenúa notablemente, mientras que en los domingos y feriados prácticamente desaparece. El pico nocturno que es el mayor de los dos, es bastante similar en las tres categorías ubicándose en el orden de 330W promedio por usuario. Para los 3 tipos de días existe un valle muy marcado en el consumo entre las 14 y 16 h. En la Figura 3 pueden observarse las curvas correspondientes a los 3 tipos de días.



**Figura 3.** Curvas de carga del consumo eléctrico promedio en iluminación residencial obtenidas de la muestra de 17 casas del sector residencial de la región de C.A.B.A. y Gran Buenos Aires. Año 2008.

### POTENCIAL DE AHORRO

El potencial de ahorro en iluminación dentro del sector residencial, considerando exclusivamente el reemplazo de lámparas incandescentes por LFCs debe evaluarse en función de la factibilidad técnica y de la conveniencia económica. Dentro la primera consideración se debe tener en cuenta que por el momento las LFCs no son recomendables para sitios con una alta frecuencia de encendido y apagado, como por ejemplo pasillos con automáticos y baños.

En cuanto a la evaluación económica debe contemplarse que el costo inicial más el de operación sea menor para que la opción no resulte más onerosa. Esto fue determinado a partir de la utilización del Costo Anualizado Total (CAT) tal como fuera expuesto en el trabajo de 1998 [Tanides, 1998]. Con los valores de precio de la energía y costo de las lámparas de 2009 este indicador señala que el reemplazo es conveniente dentro del rango de incandescentes de entre 25 y 100W que funcionen más de 1 hora. En el caso de las lámparas de 75W y 100W este tiempo se reduce a media hora.

Por lo tanto para el cálculo del potencial de ahorro se consideraron como reemplazos viables todas aquellas lámparas incandescentes que funcionen más de una hora diaria y que no se encuentren ni en pasillos ni baños. Este valor entonces alcanza un potencial de ahorro promedio del 29,5%, menor al estudio de 1997 en donde esta cifra era de 49,8%. La cifra del estudio actual representa un ahorro del orden del 3% respecto al consumo de energía eléctrica total del país para el año 2008.

La reducción del potencial de ahorro entre el 1997 y 2008 resulta lógica ya que parte del potencial de ahorro fue captado por el incremento de participación de LFCs dentro del stock de lámparas en el sector residencial, lo cual es una buena señal.

Una proyección de la evolución del consumo por este uso final al año 2015 considerando las medidas de recambio de lámparas más la prohibición de las incandescentes puede observarse en la Figura 4. En donde se observa que el ahorro al año 2015 se ubicaría en el orden de los 3.050 GWh/año.

Los supuestos principales para la elaboración de la proyección se detallan a continuación:

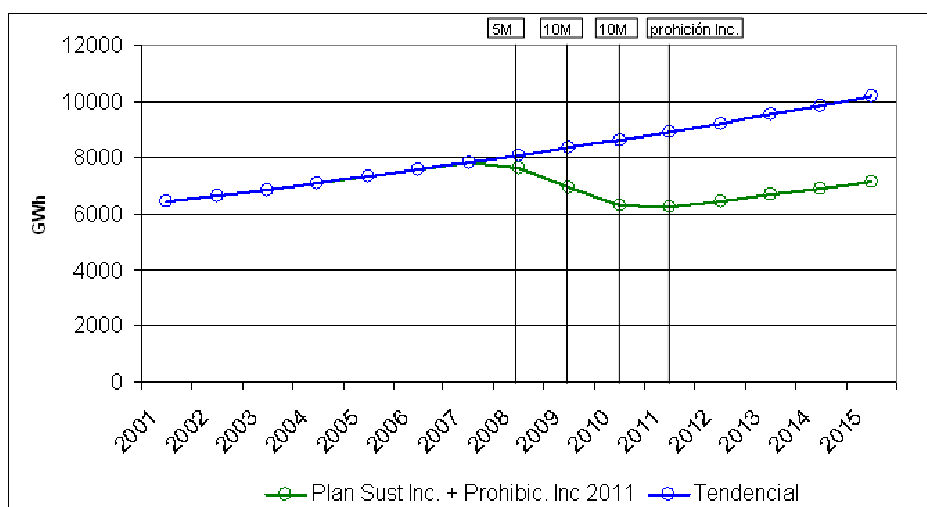
#### *Escenario tendencial*

- Tasa anual de crecimiento de las viviendas del país: 1,3%
- Demanda del servicio de iluminación al año 2007: 30,61 [klm-h/vivienda/día]
- Demanda del servicio de iluminación al año 2015: 35,86 [klm-h/vivienda/día]
- Intensidad energética en Iluminación al año 2007: 0,053 kWh/klm-h
- Intensidad energética en Iluminación al año 2015: 0,052 kWh/klm-h

#### *Escenario Plan de sustitución de incandescentes y su prohibición a partir del 2011:*

- Reemplazo de 25 millones de lámparas incandescentes por LFCs en un plazo de 3 años.
- Potencia promedio reducida por el reemplazo de cada incandescente: 51 W/lámpara

- Potencial de ahorro respecto del escenario tendencial a partir del año 2011: 30 % (este valor surge del presente estudio y de considerar la entrada en vigencia de la prohibición de la comercialización de lámparas incandescentes en el país a partir del 2011)



**Figura 4.** Escenario de evolución de la demanda de energía eléctrica del sector residencial en el uso iluminación (Valores a nivel del sistema generación).

## CONCLUSIONES

Las lámparas incandescentes siguen dominando el stock del sector residencial al menos en CABA y GBA y muy probablemente en el resto del país.

El reemplazo de lámparas incandescentes por LFCs resulta una medida económica para todas las lámparas que funcionen más de una hora diaria.

El potencial de ahorro por reemplazo de incandescentes por LFCs sigue siendo elevado 30% aunque menor al encontrado hace 11 años atrás (50%) y se ubica en el orden de los 3.054 GWh/año para el 2015.

La prohibición de lámparas incandescentes no conduciría a un ahorro mayor que el logrado con el recambio de lámparas sino que lo sostendría en el tiempo.

Resultaría interesante poder repetir este mismo tipo de análisis en distintos puntos de la Argentina para tener una caracterización más precisa del uso final. (Esto mismo es válido para otros sectores de consumo y usos finales)

## REFERENCIAS

- Liberman, C., Molinas Irala, C., Jacobsen, S. y E. Morichau Beauchant, (2010). *Estimación del consumo de energía en el sector residencial*, monografía de la materia Uso Eficiente de la Energía Eléctrica (65.40) de la carrera de Ingeniería Electricista, Departamento de Electrotecnia, Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires.
- Mazzeo, L., F. Bertolotti, y E. Wada, (1997), *Estimación del Consumo de Energía en la Iluminación Residencial*, monografía correspondiente a la materia Uso Eficiente de la Energía Eléctrica (65.40), Departamento de Electrotecnia, Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires.
- Secretaría de Energía, (2009). *Informe del Sector Eléctrico*, <http://energia3.mecon.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3253>
- Tanides, C.G., (1998). "El Uso Eficiente de la Energía Eléctrica en la Iluminación Residencial", *Revista de la Asociación Argentina de Energía Solar*, Vol. 2, Nro. 2, pp. 6.5-6.8, Salta, Argentina.

## ABSTRACT

Residential lighting is the electricity end-use that provides one of the highest energy savings potential given the high efficiency of alternatives and the easiness to be implemented. This situation is almost the same all over the world and particularly in Argentina where several policies affecting this end-use have started to be implemented since 5 years ago. We summarize in this study the evolution experimented by this consumption through evaluating it with a methodology implemented for the first time in 1997 and repeated in 2008 in the Argentine residential sector. The study shows that incandescent lamps are still the highest demanders of electricity and that the energy savings potential for 2015 is around 3 TWh/yr.

**Keywords:** efficient use of electricity, residential sector, lighting, energy savings potential