

Capítulo 14

Auditorías Energéticas de la Iluminación Residencial

Carlos Tanides

1. Evaluación del consumo en iluminación en el sector residencial

2. Metodología utilizada para la evaluación del consumo de energía eléctrica por usos finales en el sector residencial

- 2.1. Encuesta y auditoría
- 2.2. Ejemplo de auditoría
- 2.3. Mediciones
- 2.4. Ejemplo de mediciones
- 2.5. Análisis de facturación

3. Aparatos de Medición

- 3.1. Medidores de tiempo
- 3.2. Registradores de datos o data loggers
- 3.3. Sistemas de monitoreo de carga domiciliarias no invasivo (NIALMS – Non-intrusive appliance load monitoring system)

Bibliografía

Anexo A. Planilla de encuesta de consumo por iluminación

Anexo B. Modelo de encuesta de satisfacción

1. Evaluación del consumo en iluminación en el sector residencial

Como se ha visto en la introducción, realizando un análisis por usos finales de la electricidad dentro de cada sector de consumo (considerando tan sólo los tres sectores más importantes), se observó que la iluminación tiene una participación destacada fundamentalmente en el sector comercial y público, luego en el residencial y en menor grado en el industrial. En la Figura 1 se ilustra la distribución del consumo por usos finales de energía eléctrica en el sector residencial y en el total del país.

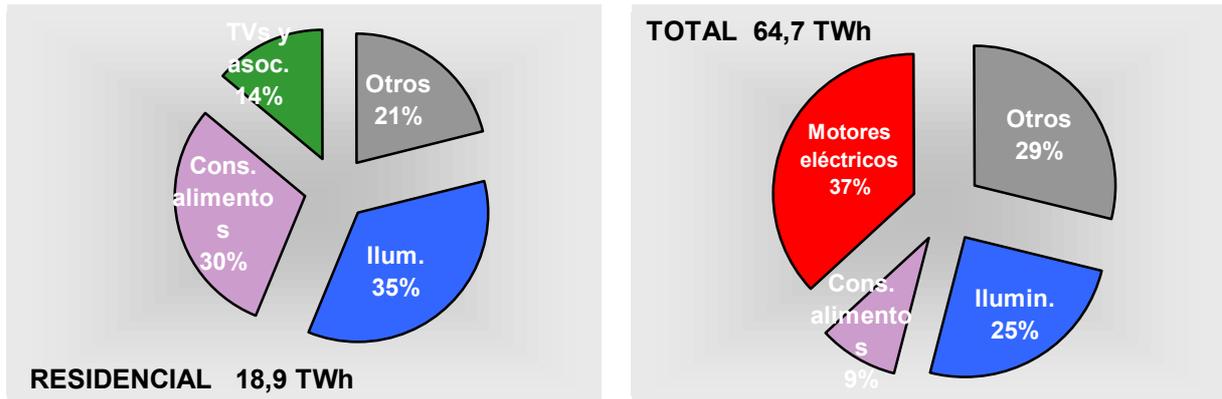


Figura 1. Consumo por usos finales de energía eléctrica para el sector residencial y el total de Argentina. [Dutt y Tanides, 1994]

En la Figura 1 se puede apreciar que en el total del consumo de energía eléctrica la iluminación¹ alcanza el 25% ubicándose como segundo uso final en importancia luego de los motores eléctricos. Este porcentaje es alto en relación con otros países donde la iluminación representa menos del 20% del consumo total de energía eléctrica debido, básicamente, a que en Argentina se utiliza el gas como sustituto de la energía eléctrica para muchos usos finales.

La correcta evaluación del consumo de energía por usos finales en el Sector Residencial requiere de una metodología que, si bien no es conceptualmente complicada, resulta muy laboriosa, debido a las múltiples aplicaciones en que se halla fragmentado.

En particular al evaluar el uso final de iluminación interesa conocer:

- 1) *¿Cuánta energía se utiliza en iluminación en los hogares de una determinada región²?*
- 2) *¿Cuál es la curva de carga diaria de este uso final?*
- 3) *¿Qué tecnología se emplea para proveer la luz artificial y en qué ambientes se utiliza más?*

Una vez obtenidas estas respuestas, se podrá avanzar sobre otras preguntas tales como:

¹ Obviando el rubro "Otros" compuesto por muchos usos finales.

² Cuando se habla de región se puede interpretar a la zona abarcada por una distribuidora de energía eléctrica, municipio, provincia o país.

- 4) *¿Cuánto podrá reducirse el consumo energético?*
- 5) *¿Cuánto podrá reducirse el pico de la potencia demandada por este uso final?*
- 6) *¿Cuál sería el beneficio que obtendrá la sociedad, el residente, y la empresa distribuidora de energía eléctrica?*
- 7) *¿Cuál es la mejor forma para promover iluminación eficiente y cuáles son los impedimentos para que esto ocurra?*

Responder estas preguntas en forma precisa requeriría de la medición de las curvas de carga de cada una de las lámparas usadas dentro de la zona de evaluación lo cual es una tarea prácticamente irrealizable. Afortunadamente la estimación del uso de la energía eléctrica en este uso final no necesita de tal grado de exactitud sino que es suficiente con hacerlo en forma aproximada aplicando una metodología adecuada, cuya extensión y profundidad dependerá de los resultados que desean obtenerse.

A continuación se desarrollan distintos procedimientos para realizar esta tarea.

2. Metodología utilizada para la evaluación del consumo de energía eléctrica por usos finales en el sector residencial

Esta metodología se basa, en un sistema mixto de encuestas y auditorías, mediciones y análisis de facturación. Dada la incertidumbre en los resultados obtenidos a partir de estas metodologías se busca siempre, en la medida de lo posible, comparar la información proveniente de distintas fuentes para aumentar la confiabilidad de los resultados obtenidos.

En la realización de estas estimaciones deberá considerarse que la iluminación tiene un patrón de consumo variable a lo largo del año relacionado inversamente con la cantidad de horas de luz natural (menor consumo en verano y mayor en invierno). Cuando las estimaciones son puntuales, y se realizan en un momento del año, deberá tenerse especial cuidado al proyectarla para el resto del año. Un modo de minimizar el sesgo de la evaluación puede ser a) tratando de realizar la evaluación en los equinoccios (comienzo de la primavera y del otoño) pues es aquí donde el día y la noche tienen la misma duración y representan un término medio del año, b) realizarlo en los dos solsticios³ y promediarlo, o c) realizarlo en algún momento del año y ajustarlo a partir de las horas de luz⁴.

En todos estos casos, deberá utilizarse un criterio estadístico que permita establecer niveles de significación con el objeto de verificar el grado de aproximación con que se está operando⁵.

A continuación se describirán las tareas y los datos requeridos para que estos tres elementos (encuestas y auditorías, mediciones, y análisis de facturación) se combinen para alcanzar el resultado final.

³ En el solsticio de verano la cantidad de luz natural es máxima y en el solsticio de invierno es mínima. En los días cercanos a los solsticios, la variación en la cantidad de luz natural entre uno y otro día es muy pequeña.

⁴ Este procedimiento puede resultar algo complicado, pues no todas las lámparas se utilizan en relación con la cantidad de horas de luz natural.

⁵ El desarrollo de la metodología estadística necesaria excede el alcance de este manual.

2.1. Encuesta y auditoría

Una *encuesta* es un procedimiento que consiste en obtener información a partir de una serie de preguntas que se realizan a los usuarios con el fin, en este caso, de responder de la mejor manera posible a las preguntas formuladas en la Sección 1. Por otro lado, una *auditoría* implica la participación de una o más personas (puede ser el mismo encuestador) en la obtención de parte (o toda) la información requerida. Los procesos de encuesta y auditoría en el caso residencial suelen realizarse en una sola instancia.

En el caso de la iluminación residencial el procedimiento de encuesta y auditoría consiste en relevar todas las lámparas tomando el dato de su tipo y potencia, su horario de encendido y la clase de ambientes en dónde están ubicadas. En la Figura 2 se puede apreciar una posible forma de confeccionar una tabla para recoger dicha información. El horario de uso puede discriminarse, de ser necesario, entre días hábiles, sábados, y domingos y feriados, cubriendo de esta manera las diferencias que pueden existir por cambio de comportamientos. Se adjunta en el Anexo A un modelo de planilla para la toma de datos que resume toda la información a obtener en una encuesta y auditoría, la cual es incorporada a una hoja de cálculo para procesar los datos.

Adicionalmente, se pueden obtener datos acerca del nivel socioeconómico, el consumo eléctrico total facturado, la cantidad de integrantes de la familia, y la superficie cubierta de la vivienda, datos estos que permitirán caracterizar apropiadamente el consumo en iluminación.

De ser posible, conviene realizar las encuestas con el grupo familiar, pues difícilmente un único integrante tenga una noción correcta del uso que hacen los demás de las luces.

En el caso de la ejecución de un programa de iluminación eficiente también resulta útil realizar una encuesta posterior a la colocación de las LFCs con el objeto de valorar el grado de conformidad de los usuarios con el producto. Esta realimentación permitirá encontrar respuesta a la pregunta: “¿Cuál es la mejor forma para promover iluminación eficiente y cuáles son los impedimentos para que esto ocurra?”, y corregir futuras intervenciones. En el Anexo B se incorpora un modelo de encuesta de satisfacción.

2.2. Ejemplo de auditoría

A modo de ejemplo se desarrolla a continuación un trabajo de encuesta y auditoría energética, realizado en 1997 en 15 viviendas, orientado principalmente a la iluminación (Mazzeo et al., 1997). El trabajo consistió básicamente en relevar el consumo en iluminación auditando todas las lámparas existentes, su tipo, potencia y clase de ambiente y encuestando al grupo familiar sobre el horario de encendido de todas las luminarias de la vivienda discriminando entre días de semana, sábados y domingos y feriados. Adicionalmente se colectó información sobre el total de electricidad facturada, el número de integrantes de la familia, la superficie cubierta de la vivienda y el nivel socioeconómico.

Los resultados obtenidos a partir de la información recogida pueden sintetizarse de la siguiente manera.

Stock por tipo de lámparas

El parque de lámparas instaladas en bocas de luz, en adelante *stock de lámparas*, por tipo de lámparas surge directamente del recuento realizado en las auditorías. Su conocimiento permite comprender la actual composición tecnológica y el grado de penetración que tienen los distintos tipos de lámparas, en especial las eficientes.

En el ejemplo desarrollado, el sector se halla conformado principalmente por las incandescentes (86 %), la mayor parte de las cuales son de 40 y 60 W de potencia. Considerando ahora la distribución del consumo de energía eléctrica, también son las lámparas incandescentes las que originan el mayor consumo (83 %). En la Tabla 1, se puede apreciar la composición del stock por tipo de lámpara y su consumo eléctrico.

Tabla 1. Distribución, por tipo de lámpara, del stock y del consumo de electricidad en el Sector Residencial de Cap. Fed. y GBA. (Mazzeo et al., 1997)		
Tipo de lámpara	Participación en el stock (%)	Consumo de energía eléctrica (%)
Incandescentes	85,6	83,3
Tubo fluorescente	7,7	11,6
Tubo fluorescente circular	1,4	1,6
Lámpara fluorescente compacta	3,9	1,4
Dicroica	1,4	2,1

En la muestra puede observarse una baja penetración de lámparas eficientes con predominio de las lámparas incandescentes.

Cantidad de energía. Participación de la iluminación.

El consumo de energía eléctrica para la iluminación se obtiene a partir de los datos encuestados. La participación de la iluminación en el consumo energético total se puede obtener por comparación entre el estimado por encuesta y el total anual facturado que es un dato de fácil obtención. En la Tabla 2 puede observarse la síntesis de la información recogida y los datos que surgen de su procesamiento.

Tabla 2. Cantidad de energía consumida en iluminación y participación en el consumo total. (Fecha de encuesta: junio 1997)							
	Datos obtenidos por encuesta y auditoría				Datos obtenidos por facturación		Energía elec. por iluminación (%)
	Energía ilum./día de semana (kWh)	Energía ilum./día sábado (kWh)	Energía ilum./día domingo (kWh)	Consumo anual de iluminación (kWh)	Consumo elec. promedio/bimestre (kWh)	Consumo elec. Anual (kWh)	
Familia: 1	1,50	1,50	2,35	569,98	278	1.668	34,17
Familia: 2	1,34	0,66	1,93	465,83	219	1.314	35,45
Familia: 3	2,32	2,32	2,32	814,32	349	2.094	38,89
Familia: 4	4,02	3,81	3,00	1.349,52	248	1.488	90,69
Familia: 5	4,72	5,12	10,06	1.943,72	710	4.260	45,63
Familia: 6	1,53	1,97	1,74	570,73	245	1.470	38,83
Familia: 7	5,29	4,42	4,96	1.795,89	534	3.204	56,05
Familia: 8	2,25	4,68	4,61	1.027,95	242	1.452	70,80
Familia: 9	2,26	2,36	2,36	801,51	390	2.340	34,25
Familia: 10	3,17	3,73	3,53	1.159,05	536	3.216	36,04
Familia: 11	1,48	0,60	1,48	474,77	363	2.178	21,80
Familia: 12	3,12	3,77	4,70	1.206,42	577	3.462	34,85
Familia: 13	1,98	1,89	1,87	684,55	300	1.800	38,03
Familia: 14	6,33	6,57	8,40	2.338,01	870	5.220	44,79
Familia: 15	1,36	1,78	1,10	485,41	363	2.178	22,29
Promedio	2,84	3,01	3,63	1.045,84	414,93	2.490	42,84

De la aplicación directa de los resultados obtenidos, surge que la iluminación tiene una participación del 43% en el consumo del sector. Sin embargo, un análisis más minucioso muestra que este es un valor en exceso ya que deben realizarse las siguientes consideraciones:

- a) La encuesta fue realizada en junio momento de la menor cantidad de luz natural o sea, mayor requerimiento de luz artificial.
- b) No se consideran vacaciones, en las cuales no hay utilización de luz.

Los dos factores mencionados contribuyen a una estimación por exceso de la utilización de la luz artificial. Esto puede corregirse realizando una encuesta en el verano, o mediante alguno de los procedimientos mencionados.

De la Tabla 2 surge también como dato de interés, la mayor utilización de la iluminación artificial los sábados y más aún los días domingos, como es lógico suponer.

Cantidad de energía por ambiente

La cantidad de energía por ambiente surge del producto entre la potencia de las lámparas ubicadas en cada ambiente y la cantidad de horas de funcionamiento. La caracterización del consumo por tipo de ambiente resulta un elemento de análisis interesante ya que permite identificar aquellos sitios con mayores requerimientos de luz artificial y a partir de esta información:

1. Orientar apropiadamente las recomendaciones en una campaña de iluminación eficiente.
2. Profundizar acerca de las pautas de diseño y del estudio de la forma de utilización de la luz en estos ambientes para optimizar el aprovechamiento de luz natural y el artificial y en donde el diseño de las luminarias y la selección de las lámparas requieren especial atención.
3. Guiar adecuadamente los recambios de acuerdo al propósito del plan de eficiencia que puede estar dirigido a la reducción del consumo energético y/o la punta de la demanda.

La especificación del tipo de ambiente resulta en muchos casos complicada debido a la dificultad de tipificarlos y a la variedad de términos utilizados habitualmente motivo por el cual deberá realizarse una buena descripción previa de la nomenclatura a utilizar para evitar ambigüedades.

En este trabajo la cocina fue el principal consumidor de electricidad para iluminación, seguida por los dormitorios (ver Tabla 3).

Tabla 3. Distribución, por tipo de ambiente, del consumo de electricidad para iluminación [kWh/año-ambiente] en el Sector Residencial de Cap. Fed. y GBA, según muestra. (Mazzeo et al., 1997)	
Tipo de ambiente	Consumo anual [kWh]
Cocina	297
Dormitorio ⁶	186
Pasillo, galería	120
Living, sala de estar	118
Comedor, living comedor	115
Baño	91
Otros	119
Total iluminación por residencia	1.046

Cantidad de luz

En realidad el consumo energético (kWh) por ambiente no es el mejor indicador del servicio energético (iluminación) ya que éste depende de la eficacia lumínica de la lámpara empleada. Debido a que la energía consumida se correlaciona con la cantidad de luz entregada (servicio energético) a partir de la tecnología utilizada (tipo de lámpara) un mejor indicador de los

⁶ Aquí *dormitorio* representa a la suma del consumo en todos los dormitorios de la vivienda.

requerimientos de luz por ambiente son los miles de lúmen-hora (o klm-h) por tipo de ambiente. Su determinación resulta, en primera instancia, bastante sencilla ya que puede obtenerse con el horario de funcionamiento —ya determinado— multiplicado por el flujo luminoso de cada lámpara —que es un dato—. En la Tabla 4 se muestran los resultados a partir de los datos encuestados, según este procedimiento.

Tabla 4. Totales diarios x residencia, consumo diario por banda horaria y Factor de Coincidencia con la Punta (FCP).						
Ambiente	Promedios diarios por residencia			Consumo diario por banda horaria		
	klm-h ⁽¹⁾	kWh	lm/W	En punta	Fuera de punta	FCP ⁽²⁾
Cocina	20,96	0,80	26,3	0,38	0,41	0,48
Pasillos	7,37	0,38	19,3	0,11	0,27	0,28
Dormitorios	6,56	0,54	12,2	0,22	0,32	0,40
Comedor	3,91	0,26	15,2	0,17	0,08	0,68
Baño	3,10	0,25	12,4	0,08	0,17	0,31
Living	2,24	0,23	9,6	0,15	0,09	0,63
Otros	6,92	0,39	17,9	0,25	0,13	0,65

- (1) En el Sector Residencial no se trabaja con iluminancia (lux) tal como se hace usualmente sino que se usa por practicidad el flujo luminoso total (lúmen).
 (2) Factor de Coincidencia con la Punta. (Ver 2.4 *Ejemplo de mediciones*)

Nótese que en este caso, la diferencia entre la necesidad de luz por parte de la *cocina* y *dormitorios* es mucho más notoria, y que pasa a segundo lugar en importancia *pasillos*, respecto a lo determinado en el consumo por energía eléctrica (Tabla 3). Esto es debido a que tanto en *cocina* como *pasillos* existe una mayor proporción de lámparas eficientes que en el resto de los ambientes (v.g. dormitorios) tal como lo señala la columna lm/W de la Tabla 4. En los datos que surgen de la Tabla 3 este hecho se hallaba oculto por la ineficiencia energética de aquellos ambientes que utilizan fundamentalmente lámparas incandescentes que consumen mayor cantidad de electricidad en relación al servicio que prestan. También puede rescatarse de la información que muestra la Tabla 4 que en aquellos ambientes en donde se tienen mayores requerimientos de luz el usuario coloca las lámparas más eficientes, tal como es económicamente racional.

Por último, pueden eventualmente correlacionarse los datos obtenidos para poder estimar los consumos en iluminación y también su futura evolución con otras variables. Este trabajo deberá realizarse con técnicas de Análisis de Regresión que determinarán cuál es la relación óptima entre distintas variables como kWh por m², kWh por habitante, kWh por m² y habitante, klm-h por m², etc

Potencial de ahorro

El potencial de ahorro queda determinado por aquellas tecnologías que permiten brindar el servicio de iluminación con un menor costo económico, determinado este último según algunos

de los procedimientos estudiados en el capítulo de economía. Conforme a lo visto en estas evaluaciones económicas el potencial de ahorro dependerá del patrón de utilización, del tipo de lámparas utilizadas, su vida útil, sus costos y el precio de la energía.

En el ejemplo analizado se utilizó como índice de evaluación al Costo Anualizado Total (CAT) determinándose de esta forma cuáles eran los reemplazos rentables y cuales no. Para ello se calculó en cada boca de luz el CAT de la lámpara incandescente versus el de la fluorescente compacta equivalente determinándose un potencial punto de ahorro en todos aquellos casos en que el CAT LFC fuera menor que el CAT incandescente. Esta tarea contabilizó un potencial de ahorro máximo del 54% en iluminación. Dicho de otra manera, al cambiar todas las lámparas incandescentes por LFCs —en aquellos casos rentables— se puede consumir menos de la mitad de la electricidad para obtener la misma cantidad o aún más luz⁷.

El análisis también demuestra que el potencial de ahorro se concentra en unas pocas bocas de luz del hogar y que reemplazando unas pocas lámparas puede obtenerse gran cantidad del ahorro posible. Para determinar esto, se ordenaron por consumo decreciente dentro de cada residencia, las bocas de luz seleccionadas y fue computándose el ahorro a obtenerse si se reemplazaban las lámparas en la boca de mayor potencial de ahorro en cada residencia, luego en dos bocas y así sucesivamente. El resultado de hacer esto se ve graficado en la Figura 3.

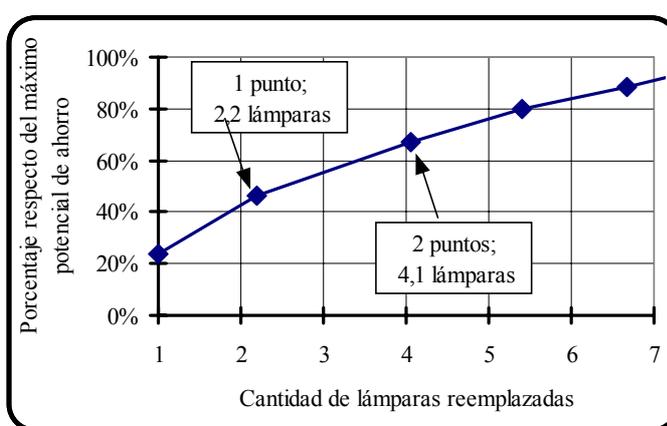


Figura 3. Potencial de ahorro respecto del máximo posible (identificado) en función de la cantidad de lámparas reemplazadas.

A pesar de que en promedio la cantidad de bocas de luz por residencia en la muestra ha sido de aproximadamente catorce (14), se observa que cambiando las lámparas en un solo punto luminoso de la casa —aquel en donde se consume más energía eléctrica—, en promedio 2,2 lámparas, se obtiene alrededor de un 45 % del potencial de ahorro posible, cifra que se eleva al 70 % si el reemplazo se efectúa en las dos bocas luminosas que más electricidad consumen (en promedio 4,1 lámparas). Por lo tanto frente a un programa de eficiencia energética en iluminación en el sector residencial será de vital importancia identificar aquellos puntos clave que permitirán maximizar el beneficio. (Tanides, 1998)

2.3. Mediciones

Hasta ahora se ha trabajado con valores de encendido horario encuestados, o sea declarados por los residentes. La medición del consumo en iluminación en forma completa y exacta resulta una

⁷ El reemplazo sugerido en este trabajo fue de 4 a 1 en potencia entre lámparas incandescente y fluorescente compacta.

tarea compleja, debido a la gran cantidad de bocas de luz que se encuentran en las residencias (en promedio 14 pero pueden ser muchas más)⁸. En la práctica y frente a un plan de promoción de eficiencia energética la medición se puede restringir a unas pocas bocas identificadas (de 2 a 4 bocas) que representan el mayor consumo energético. En algunos casos, de ser necesario, es posible evaluar el comportamiento de todas las lámparas con analizadores especiales (ver 3.3 NIALMS) pero a un costo sustancialmente mayor.

Básicamente, la información que se pretende obtener a partir de realizar las mediciones puede sintetizarse en cuatro ítems principales: 1) energía consumida, 2) curva de carga, 3) cantidad de encendidos y 4) características técnicas de las lámparas: intensidad luminosa (lux), fdp, etc.

Energía consumida, curva de carga y cantidad de encendidos

La energía consumida generalmente se determina a partir de mediciones indirectas en donde se contabiliza la cantidad de horas de funcionamiento de las lámparas y se multiplica por su potencia. Para realizar esta tarea se pueden utilizar contadores de horas de luz o data loggers de luz (*lighting loggers*). Los primeros permiten estimar la cantidad de energía consumida por una lámpara o por un grupo de lámparas. Los segundos, además de la cantidad de energía, almacenan la información del momento de encendido y del apagado, relevando de esta forma la curva de carga y la cantidad de encendidos efectuados dentro del período de medición. La descripción pormenorizada de estos aparatos se realiza en la Sección 3.

Si conjuntamente con los medidores de luz se registra el consumo de energía eléctrica total de la casa con un medidor de energía, se conseguirá determinar qué porcentaje del consumo corresponde a la iluminación. Si el registrador del consumo total de energía almacena los datos de consumo horarios, se obtendrá la curva de carga total que al ser contrastada con la obtenida por los *lighting loggers*, además, permitirá distinguir el factor de coincidencia con el pico de la demanda (FCP) y los consumos en las horas valle, resto y pico.

Características técnicas de las lámparas

Para la realización de un plan de promoción de una tecnología eficiente es importante evaluar su desempeño en las residencias y su influencia sobre el resto del sistema. En este sentido puede resultar interesante medir, por ejemplo, los niveles de iluminación de las lámparas en condiciones reales. Esta determinación es crítica, pues se reflejará en la satisfacción del usuario y por lo tanto en su aceptación o no al producto. Se ha detectado en numerosos trabajos que, aplicando las equivalencias de reemplazo declaradas por los fabricantes, la iluminancia de las lámparas LFC es menor que la de las incandescentes. Los motivos de este menor nivel pueden resumirse en: condiciones de trabajo distintas a las del ensayo normalizado (posición y temperatura)⁹ y diseño de luminarias apto para lámparas incandescentes, pero inapropiado para LFCs. Para solucionar este problema se sugiere un reemplazo con una relación de potencia entre incandescentes y LFC de 4 a 1 y no 5 a 1 como sugieren muchos fabricantes de lámparas.

⁸ Existen pocos trabajos de mediciones de este tipo en todo el mundo y siempre con una cantidad de viviendas sin significancia estadística.

⁹ Para mayor detalle ver Davis et al., 1994.

La última consideración es acerca del factor de potencia (fdp). Las lámparas incandescentes son cargas resistivas con fdp igual a uno. La iluminación eficiente generalmente depende de lámparas de descarga, que requiere de circuitos auxiliares los cuales pueden bajar el factor de potencia. Por ejemplo, los balastos *electromagnéticos* para tubos fluorescentes implican una reducción del $\cos \varphi$. Por otro lado, tubos fluorescentes operados con balastos *electrónicos* distorsionan la corriente, también bajando el factor de potencia.

Muchos modelos de LFCs tienen un bajo fdp —alrededor de 0,5¹⁰— lo que puede llegar a ser un inconveniente, cuando las distribuidoras de energía eléctrica lo controlan multando a los consumidores con bajos valores. Para una evaluación del fdp deben realizarse mediciones en la entrada de los hogares y verificar la influencia de este tipo de cargas en la corriente total. Para esta tarea deben utilizarse medidores especiales con capacidad para calcular la composición armónica de la tensión y corriente alternas.

Consideraciones generales para realizar mediciones

La selección de las lámparas a monitorear se realiza a partir de la identificación de aquellas que resulten más importantes a la hora de establecer la demanda y/o en donde exista incertidumbre acerca de cuál es su horario de utilización. En ciertos casos, el horario de utilización es suficientemente conocido, como lo es en el caso de lámparas que se utilicen para iluminación de exteriores con un patrón de uso muy regular.

El período de análisis deberá considerar un tiempo suficiente para poder representar en términos medios la característica del consumo. Cuando los períodos de medición sean cortos (1 ó 2 semanas) deberá considerarse la eventualidad de algún día feriado. Además deberá tenerse en cuenta que a lo largo del año la duración de los días es variable.

A continuación se muestra un ejemplo en donde se desarrollan los puntos mencionados.

Ejemplo de mediciones

Sobre una muestra de diez viviendas se realizó un monitoreo intensivo del funcionamiento de algunas lámparas incandescentes y luego de sus reemplazos por LFCs, en bocas luminosas previamente identificadas. El objetivo principal de las mediciones fue determinar el ahorro energético producido y la variación de la curva de carga por la substitución de las lámparas. Para estos fines, se reemplazó el medidor de facturación con registradores de la demanda de energía y potencia en la entrada de las 10 casas.

Simultáneamente en 5 de las mismas casas, se midieron la actividad de las lámparas seleccionadas utilizando “lighting loggers” o registradores de luz, colocados cerca de las lámparas a monitorear. Dichos aparatos registran el momento de encendido y apagado de las lámparas. Se ajustó el umbral de luz de cada medidor para que capte únicamente el funcionamiento de la lámpara en cuestión y se verificó en cada caso, que el aparato no fuera sensible al encendido de otras lámparas o a la luz natural. Con este fin, se colocó el logger cerca de la lámpara monitoreada, creando sombras para bloquear otras lámparas y la luz natural cuando fue necesario.

En general, se instalaron dos lighting loggers por casa en correspondencia con las bocas de luz de mayor intensidad de uso (ver abajo: *Selección de las lámparas a reemplazar*).

Finalmente, se realizaron mediciones adicionales con otros objetivos: determinar la variación en la iluminancia y cambio en el fdp de las casas como consecuencia del reemplazo de las lámparas.

Selección de las lámparas a reemplazar

La sustitución de lámparas incandescentes por fluorescentes compactas es más rentable para las incandescentes de mayor potencia y mayor uso en términos de horas por día. En cada casa se realizó un relevamiento del patrón de uso de las lámparas para elegir las dos bocas luminosas donde el reemplazo sería más rentable. Se utilizó en este caso un factor de 5 a 1 en la potencia de la lámpara para la sustitución entre incandescente y fluorescente compacta obedeciendo la sugerencia de los fabricantes. Específicamente, se reemplazaron incandescentes (INC) de 100 W por LFC de 20 W, INC de 75 W por LFC de 15 W e INC de 60 W por LFC de 12 W.

Períodos de análisis

Se definieron dos períodos de medición controlados, de dos semanas cada uno: el primero llamado “Incandescente” o “INC” duró desde el 9 hasta el 22 de diciembre de 1999 y el otro período llamado “LFC” se prolongó desde el 30 de diciembre de 1999 hasta el 12 de enero de 2000.

A continuación se presentan los resultados de las mediciones y las conclusiones correspondientes.

Ahorro de energía y cambio en la curva de carga para toda la vivienda

En las diez casas, se comparó el patrón del *consumo total de electricidad* —medido por el registrador en la entrada de la casa— durante los dos períodos “INC” y “LFC”, de dos semanas cada uno.

Estos datos muestran cierta dificultad en medir el ahorro energético a partir de la sustitución de dos lámparas tomando la demanda total de energía y potencia para viviendas individuales. Esto se debe a la magnitud y variación de los otros usos de electricidad en cada vivienda, incluyendo a otras lámparas. Si consideramos el promedio de la demanda de las 10 casas, el ahorro es más visible tal como se visualiza en la Figura 4.

¹⁰ Existen modelos de LFCs que tienen buen fdp (> 0,9).

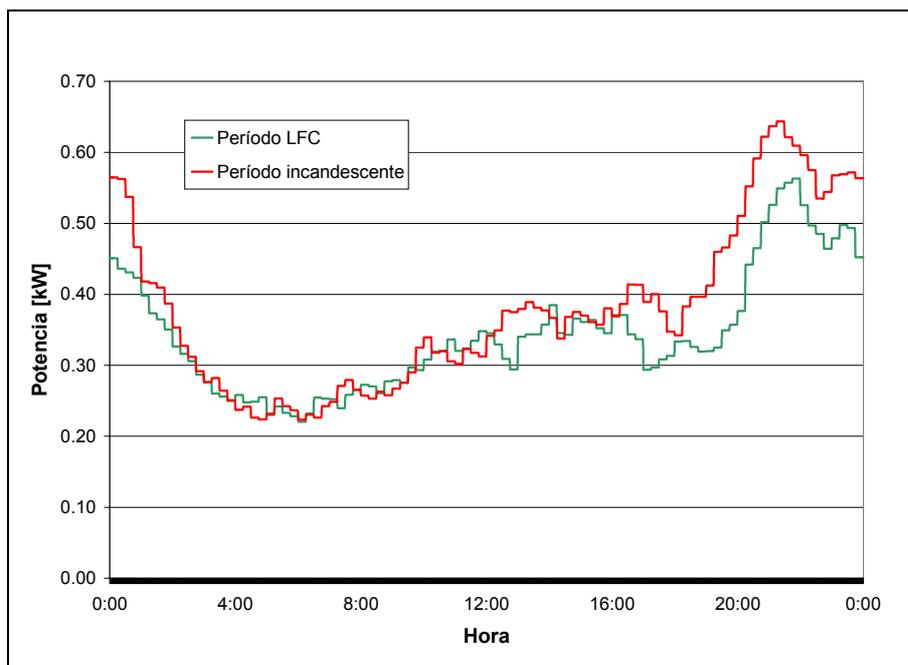


Figura 4. Comparación entre el consumo total en 10 casas durante dos períodos de medición (con incandescentes y LFC).

La Tabla 5 presenta el consumo promedio diario (kWh/día) total y separado para los períodos Valle (23 a 5 horas), Resto (5 a 18 h) y Pico (18 a 23 h) para las 10 viviendas. El ahorro es la diferencia entre el consumo en los períodos incandescentes y LFC (Ahorro = Consumo INC – Consumo LFC).

Tabla 5. Valor promedio de consumo energético y ahorro en las 10 casas con incandescentes y LFCs en bocas luminosas seleccionadas				
Período	Consumo promedio, kWh/día y ahorro (%)			
	Valle 23 a 05 horas (kWh/día)	Resto 05 a 18 horas (kWh/día)	Pico 18 a 23 horas (kWh/día)	Total
INC	2,330	4,165	2,604	9,098
LFC	2,109	3,976	2,162	8,247
Ahorro	0,221 9,5%	0,189 4,5%	0,442 17,0%	0,851 9,4%

El ahorro promedio de las 10 casas es 9,4% del consumo total eléctrico. Para las casas individuales, el ahorro va desde 0,5% hasta 25,7%. Debe observarse que los dos períodos de medición abarcan desde el 9 de diciembre del 1999 hasta el 12 de enero del 2000, cerca del solsticio del verano austral, cuando el día es más largo, por lo cual el consumo de energía para la iluminación y las posibilidades de ahorro en el mismo son mínimos.

Se observan mayores ahorros en las horas pico (18 a 23 h) donde existe mayor uso de lámparas. El ahorro promedio es de 17,0% en este horario con ahorros individuales que van desde *menos* 9,2% (es decir un aumento en el consumo) hasta ahorros de 29,5%.

En las horas Valle (23 a 5 h) el ahorro promedio de las 10 casas fue de 9,5% con valores que mostraron un *aumento* en el consumo del 9,2% a un ahorro máximo de 19,0%. Este nivel de ahorro en el Valle implica que hubo un uso significativo de las lámparas reemplazadas en este horario, en los dos períodos.

En las horas Resto (5 a 18 h) la mayor parte de la banda horaria dispone de luz natural. Por otro lado, incluyen las horas laborales en las cuales algunas personas no están en sus casas. Sin embargo, cabe recordar que los períodos de medición no corresponden al período escolar e incluyen dos fines de semana cada uno. Además, el período LFC incluye el 31 de diciembre y el 1 de enero. Todo esto implica la posibilidad de una mayor presencia de personas en casa que durante un período plenamente laboral y escolar. El promedio de ahorro para las 10 casas fue del 4,5%. Estos ahorros van desde un mínimo de 2,2% a un máximo de 29,3%.

El análisis hasta ahora se realizó utilizando los datos del medidor y registrador de la demanda total de energía eléctrica en la entrada de las casas. A continuación se analizarán datos provenientes de los registradores de luz.

Ahorro de energía para las lámparas substituidas

En las cinco casas en donde se instalaron registradores de luz en las bocas de luz donde se realizó la substitución de lámparas se comparó la variación horaria en el uso de las lámparas para los períodos de medición.

Como ejemplo de los resultados obtenidos, se presenta en la Figura 5 los datos correspondientes a la potencia promedio demandada a lo largo del día por un artefacto de 3 lámparas ubicado en el comedor de una de las residencias. En cada caso, se observa una notable reducción en la demanda de las lámparas entre el período incandescente y el LFC.

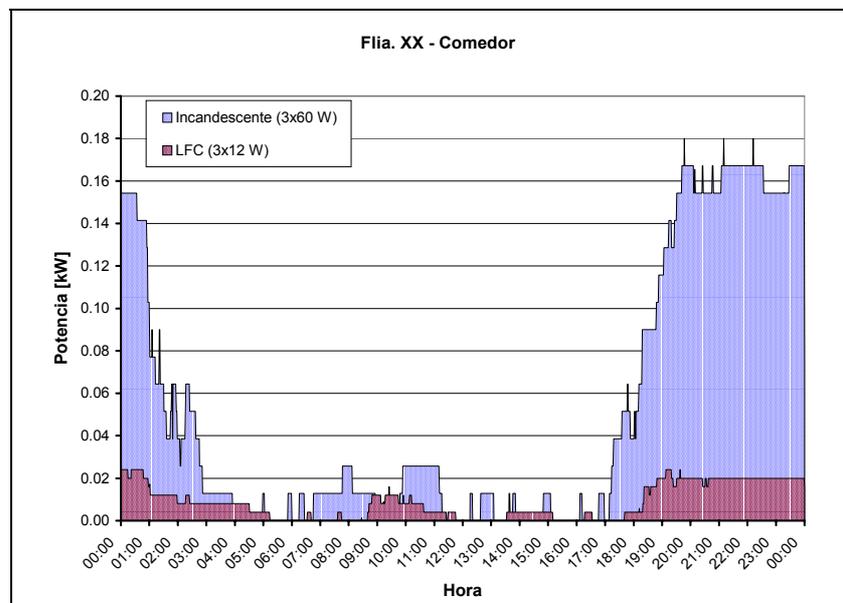


Figura 5. Potencia promedio demandada a lo largo del día por un artefacto de 3 lámparas ubicado en el comedor de una de las residencias.

En la Figura 6 se muestra la variación horaria de la demanda total de todas las bocas de luz monitoreadas, para los dos períodos de medición. Se observa una notable reducción en la demanda total en la sustitución de lámparas incandescentes por fluorescentes compactas, acorde a la diferencia en potencia de las mismas.

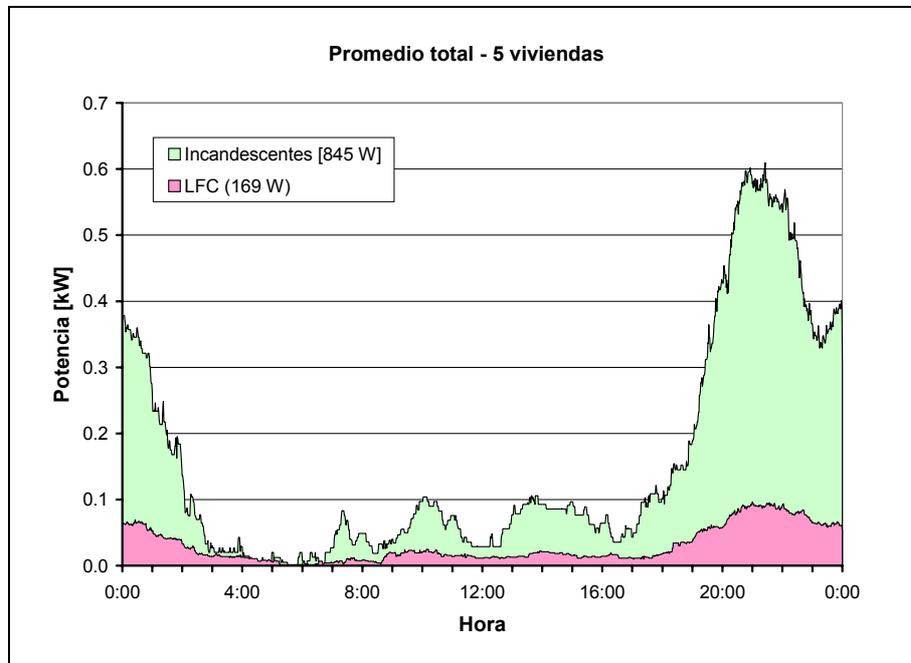


Figura 6. Variación horaria de la demanda total de todas las bocas de luz monitoreadas, para los dos períodos de medición.

Es importante destacar tanto en este caso como en el anterior que no existe una correspondencia exacta entre la demanda de las incandescentes y de las LFCs debido a que se trata de diferentes períodos de tiempo.

En la Tabla 6 se sintetizan los resultados cuantitativos, en donde se reporta en las columnas correspondientes a Energía ahorrada la cantidad de energía promedio diaria que hubiese podido ser ahorrada en el período INC de haber habido lámparas fluorescente compactas y la que efectivamente se ahorró durante el período en donde se instalaron las LFCs. Adicionalmente se agrega la demanda promedio máxima dentro de cada banda horaria.

Tabla 6. Ahorros potenciales (INC) y efectivos (LFC) en las cinco casas con registradores de luz.								
Período	Potencia lámparas [W]	Energía ahorrada [kWh]				Demanda promedio máxima [kW]		
		<i>Valle</i>	<i>Resto</i>	<i>Pico</i>	<i>Total</i>	<i>Valle</i>	<i>Resto</i>	<i>Pico</i>
INC	845	11,16	8,06	21,89	41,04	0,40	0,12	0,61
LFC	169	9,70	8,37	16,06	34,08	0,07	0,03	0,10

Analizando estos resultados podemos llegar a algunas conclusiones. Como es de esperar la potencia instalada de las lámparas se reduce en un factor de cinco (80%), de 845 W a 169 W entre los dos períodos.

Las incandescentes en su conjunto consumieron 3,734 kWh por día mientras que las LFC sólo 0,711 kWh, una reducción de 81%. Esto es idéntico a la reducción de potencia (80%).

A partir de esta información fue posible obtener el valor del Factor de Coincidencia con la Punta (FCP)¹¹ de la demanda definido como la relación entre la demanda máxima ejercida por las lámparas monitoreadas y su potencia instalada en el horario pico. En el período INC este valor alcanzó el 72% y en el LFC el 59%. La diferencia puede deberse a la existencia de algunos feriados en el segundo período.

El promedio de encendidos diarios resultó ser de 5, con un máximo de 15 y un mínimo de 1.

El promedio de uso de las lámparas fue de 4,4 horas por día en el período incandescente y 4,2 h/día en el LFC¹². No se observó una ampliación en las horas de uso de las LFC respecto a las incandescentes, hecho que es factible debido a que la mayor economía de las LFC podría inducir a un mayor encendido de las lámparas.

Aunque se seleccionaron las bocas de luz de mayor intensidad para estas mediciones, se observó que solamente 4 de las 9 bocas registraron un encendido promedio de más de 2 horas por día. Es importante tomar esto en cuenta para programas de promoción de lámparas fluorescentes compactas. La rentabilidad del cambio es menor cuanto menor es el uso diario de la lámpara incandescente en cuestión. Por otro lado el menor uso horario por día puede significar mayor cantidad de encendidos y apagados.

La vida útil de la mayoría de las lámparas fluorescentes compactas¹³ depende de la cantidad de encendidos. Algunas normas definen la vida nominal de éstas con ciclos de encendido de 3 horas.

¹¹ La obtención de este valor difícilmente pueda hacerse mediante encuestas debido a su carácter de aleatorio, ya que dentro de un lapso de tiempo a veces se apagan las luces cuando no se están utilizando, a salidas no programadas, etc., hechos que reducen la simultaneidad del encendido y que difícilmente puedan surgir en las encuestas.

¹² Un consumo de 3.734 Wh con una potencia de 845 W implica un uso de $3.734/845 = 4,4$ horas/día.

¹³ Un fabricante de lámparas declara que su línea larga vida de LFC resisten cientos de miles de encendidos.

Variación en los niveles de luz

En la sustitución de las lámparas incandescentes por fluorescentes compactas se utilizó una relación de potencia de 5 a 1, es decir una LFC de 20 W reemplaza a una incandescente de 100 W. Esta relación de 5 coincide con las indicaciones de los fabricantes en cuanto al flujo luminoso total (lúmenes) de las lámparas. Para verificar esta suposición se midió la iluminancia (lux) provista por las lámparas sobre el plano que supuestamente debían iluminar, y se observó una disminución del nivel de la lámpara fluorescente compacta con relación a la incandescente. La reducción en los niveles de luz también fue observada y comentada por varios usuarios. En el boxplot¹⁴ de la Figura 7 se comparan las iluminancias entre las lámparas incandescentes y las LFCs.

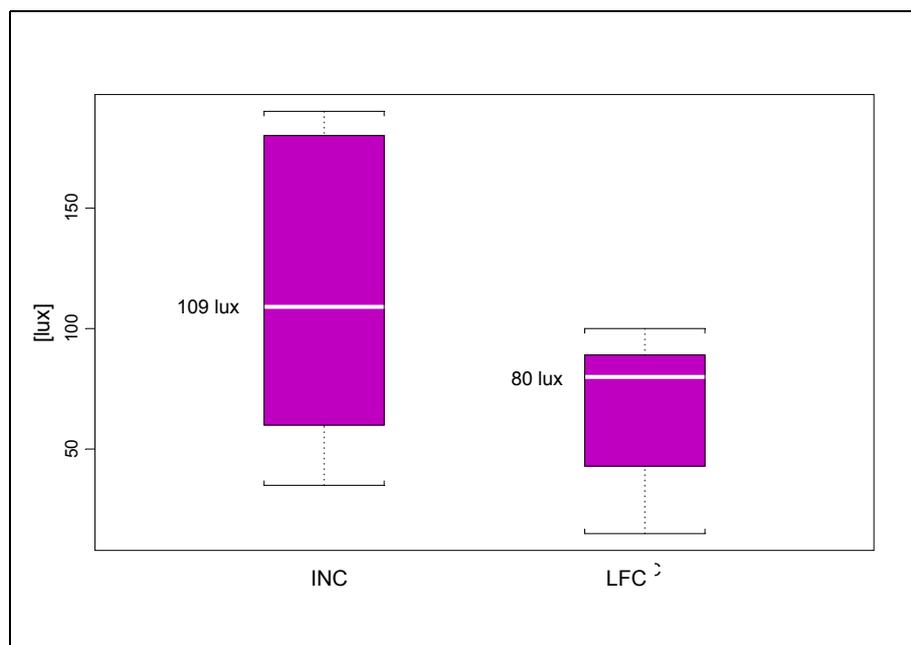


Figura 7. Boxplot de comparación de la iluminancia producida por lámparas incandescentes (INC) y LFCs sobre planos típicos de trabajo en condiciones reales de funcionamiento.

El factor de potencia

Una de las características técnicas a considerar en la promoción de las lámparas de bajo consumo es si la reducción del factor de potencia (fdp) con el reemplazo de lámparas incandescentes por lámparas fluorescentes compactas influye en el fdp del consumo total domiciliario de manera apreciable.

Una manera empírica es a partir de la medición del fdp de toda la casa, con y sin el uso de LFCs, en distintas horas del día ya que durante su transcurso, quedan energizados distintos aparatos, por lo cual el factor de potencia varía según la hora.

Debido a que la iluminación residencial se utiliza con mayor frecuencia en las horas de la noche, en 6 casas se midió el fdp en la entrada de la casa, simulando las condiciones correspondientes al patrón de encendido de las lámparas y demás equipos eléctricos a las 21 horas.

¹⁴ La barra blanca en el boxplot dentro de la caja central representa mediana, no el promedio.

El factor de potencia de la casa depende no sólo de los aparatos conectados sino también si aquellos controlados por termostatos están encendidos en el momento de las mediciones. Por ello, para evitar ambigüedad en los resultados se controló el encendido de las heladeras y freezers. Es decir se realizaron mediciones por separado con las heladeras y freezers funcionando y para los casos en que estos están apagados.

Las mediciones reportadas a continuación comprenden seis de las casas con sustitución de dos o tres incandescentes por LFC con balastos *electrónicos*. Las LFC no incorporaban filtros de armónicos para mejorar el factor de potencia.

Los resultados de las mediciones se sintetizan en la Tabla 7. Se observa que el factor de potencia baja cuando la casa operaba con las LFCs respecto a la situación con las incandescentes aunque puede considerarse que el impacto de las casas fue insignificante¹⁵.

Tabla 7. Factor de potencia de las residencias con lámparas incandescentes y LFCs, y con heladeras encendidas y apagadas.					
	# de lámparas	Heladera(s) apagadas		Heladera(s) encendidas	
		INC	LFC	INC+HELA	LFC+HELA
Z1	3	0,98	0,88	0,86	0,80
Z3	2	0,94	0,92	0,91	0,92
Z4	3	0,99	0,98	0,94	0,92
Z5	2	0,83	0,76	0,85	0,81
Z6	2	0,90	0,80	0,79	0,63
Z7	2	0,93	0,90	0,82	0,76

En Buenos aires y en otras partes de Argentina, la factura eléctrica residencial está sujeta a un recargo del 10% si el fdp es menor a 0,85. Con un factor de potencia menor a 0,75, el recargo sube al 20%. Cabe observar que en algunas de las casas, el factor de potencia registrado fue menor a 0,85 con lo cual estaría sujeto a un recargo del 10% en la factura eléctrica.

Esta muestra es muy chica para sacar conclusiones definitivas. Sin embargo, se observa que la heladera contribuye a reducir el factor de potencia, y la combinación de heladera y LFC empeoró la situación del fdp a los efectos de las multas en 3 de las 6 casas medidas. (ver Tabla 7 celdas en rojo)

2.5. Análisis de facturación

Por último, a partir del análisis de una serie consecutiva de facturas que comprendan un año completo, podrá establecerse la variación estacional de la carga. Dicha variación permite la

¹⁵ Dicho resultado concuerda con el de la experiencia internacional, aunque no se tienen registros de mediciones hechas sobre casas individuales.

cuantificación de consumo con fuerte estacionalidad (por ejemplo calefacción y aire acondicionado) y por diferencia con el total, acotar el valor máximo que representa la iluminación.

Fundamentalmente este análisis resulta más provechoso cuando se intenta determinar el consumo energético de todos (o los más importantes) los usos finales del sector.

En el caso especial de la iluminación no son muchas las conclusiones que pueden extraerse. Una de las más importantes es la verificación de que en la estimación del consumo de iluminación respecto al total no se esté cometiendo algún error grosero. También es una forma rápida de establecer la participación de la iluminación en el total del consumo energético a partir del consumo promedio anual (usualmente, este dato se halla en la factura de electricidad).

3. Aparatos de medición

Como se observó en el apartado anterior existen diferentes maneras de obtener el consumo por iluminación en el sector residencial, y distintos tipos de aparatos utilizados para lograrlo.

Los atributos deseables en estos aparatos son la simplicidad de instalación y uso, su autonomía (poca o nula asistencia una vez instalados), mínima intromisión en el desenvolvimiento normal del hogar y, por supuesto, bajo costo.

A continuación se describen algunos de los instrumentos que posibilitan realizar la estimación.

3.1. Medidores de tiempo

Los medidores de tiempo, conocidos también como *horómetros*, son aparatos que acumulan mediante un contador mecánico o una memoria electrónica el tiempo total de actividad de un determinado artefacto.

Existen horómetros diseñados específicamente para contabilizar la cantidad de horas que funciona un artefacto luminoso o también la cantidad de horas de luz natural en un ambiente. El contador es accionado cuando el nivel lumínico que llega a su sensor supera un umbral mínimo de iluminancia el cual puede ser ajustado por el usuario.

Al igual que en la mayoría de los sensores lumínicos, en algunos casos resulta difícil discriminar la luz proveniente de una lámpara de la luz natural —que en general es de mayor intensidad que la luz artificial—, o de alguna otra lámpara. Para lograrlo se debe ajustar el umbral de accionamiento adecuadamente, colocar el medidor cerca de la lámpara en cuestión, y/o crear sombras para bloquear otras lámparas y la luz natural cuando fuera necesario.

A partir de este tipo de medidor no se puede obtener la curva de utilización a lo largo del día en forma automática. Esto sólo es posible haciendo un relevamiento frecuente de su lectura.

En la Figura 8, se observa un horómetro que registra electrónicamente la cantidad de horas de luz acumulada. Se destacan el display con una resolución de décima de hora, el sensor luminoso, y el ajuste de la sensibilidad. Además se muestra un sitio de instalación típico para estos aparatos.



Figura 8. a) Detalle de horómetro lumínico y b) ejemplo de instalación.

Dado los actuales precios de mercado de estos aparatos¹⁶, no parecen ser la mejor alternativa para realizar este tipo de mediciones ya que por un precio similar o inclusive inferior, es posible conseguir otro modelo de aparato que además brinden la información necesaria para relevar la curva de carga en forma automática. Una descripción de estos aparatos se realiza a continuación.

3.2. Registradores de datos o Data Loggers

Un Registrador de Datos o *Data Logger* es un aparato que tiene la capacidad de almacenar información en una memoria. La información se adquiere con un sensor adecuado (generalmente en forma analógica) a la variable física que intenta medirse y luego es convertida por un conversor A/D guardando su magnitud en la memoria del aparato.

Existen abundantes modelos de registradores de datos, con distinto número de canales de entrada y diferentes funciones. Los hay también de diversos tamaños, algunos tan compactos como una caja de fósforos.

Muestreo a intervalos regulares

En este tipo de muestreo la variable se mide periódicamente a intervalos regulares (definidos por el usuario) y se almacena en forma de promedio (del intervalo especificado) o en su defecto, el valor instantáneo en el momento en que se toma el dato.

Dada la limitación en la cantidad de memoria que tienen los data loggers, deberá evaluarse con atención la frecuencia del muestreo, ya que a mayor frecuencia tendremos mayor información pero menor cantidad de tiempo de medición. La solución de compromiso adoptada deberá considerar la precisión con que desea hacerse la estimación, la memoria disponible, las características de funcionamiento del aparato, y la periodicidad con que podrá bajarse la información del logger (cuando no esté conectado permanentemente a una computadora). Los intervalos no podrán ser más grandes que el ciclo de operación del aparato a medir, debiéndose tener en cuenta además si el consumo sigue un ciclo de funcionamiento fijo o variable. Cuando

¹⁶ El costo de este tipo de horómetros en Argentina fue de alrededor de \$100 en 1998.

la memoria se completa con información pueden ocurrir dos cosas: a) el aparato deja de hacer el muestreo o b) borra la información más vieja para dar lugar a la nueva (modo *wrap around*).

Existen innumerables tipos de sensores para estos registradores: temperatura (sensores internos y externos); humedad; intensidad luminosa; tensión, corriente; etc.

La Tabla 8 muestra la información obtenida por un registrador de este tipo con dos canales de entrada de temperatura.

Tabla 8. Datos de salida de un registrador de intervalo de muestreo fijo con dos canales de temperatura.			
Date	Time	Temperature (°C)	Temperature (°C)
10/20/98	21:00:00,0	24,4	5,8
10/20/98	21:02:30,0	24,4	5,8
10/20/98	21:05:00,0	24,4	5,4
10/20/98	21:07:30,0	24,4	5,4
10/20/98	21:10:00,0	24,4	5,4
10/20/98	21:12:30,0	24,4	5,4
10/20/98	21:15:00,0	24,4	5,4
10/20/98	21:17:30,0	24,4	5
10/20/98	21:20:00,0	24,4	5,4
10/20/98	21:22:30,0	24,4	6,6

En el caso del consumo de energía eléctrica en iluminación estos aparatos con el sensor adecuado permiten hacer una estimación en forma aproximada del consumo y de la curva de demanda. Pero a pesar de ser un paso adelante con respecto a los contadores de horas de luz vistos en el punto anterior, tienen la desventaja de tener baja precisión cuando los intervalos de muestreo son grandes, cosa que se corrige aumentando la frecuencia de muestreo en detrimento de la autonomía.

Una mejora a esta situación se consigue con los registradores de cambio de estado.

Registro del Cambio de Estado

En algunos casos no interesa medir la magnitud de una variable en particular sino conocer cuándo se activa y cuándo se desactiva un determinado aparato. A partir de este dato si el aparato toma una potencia constante (p.e. lámparas, bombas de agua, etc.) se puede, calculando el tiempo de funcionamiento, conocer la cantidad de energía consumida y su curva de carga. Para el caso en que el aparato monitoreado no consuma una potencia constante, pero tenga un ciclo de funcionamiento fijo y conocido podrá también calcularse su consumo a partir del número de encendidos por la energía por ciclo, y su curva de carga. Para estas situaciones la medición a intervalos regulares, implica un desperdicio de espacio de memoria.

Los registradores de cambio de estado sólo almacenan la información cuando detectan un cambio en el estado de una variable (encendido - apagado; ON – OFF, etc.) minimizando la

cantidad de información almacenada a aquella imprescindible (más es redundante) y extendiendo el tiempo de autonomía de la memoria.

También en este caso, existen distintos tipos de sensores que activan a los registradores: luz, vibración, flujo magnético disperso, etc.

Por todos estos motivos en la actualidad estos loggers son los óptimos para la determinación del funcionamiento de las lámparas (caso en el que el consumo es constante) ya que nos entregan simultáneamente, energía consumida, la curva de carga y suplementariamente la cantidad de encendidos. En la Tabla 9 puede apreciarse una salida de información obtenida a partir de uno de estos registradores, mientras que la Figura 9 (la Figura 3 también muestra una salida similar) ejemplifica el resultado de procesar una de estas salidas con una planilla de cálculo.

Tabla 9. Salida de un registrador de cambio de estado.		
Date	Time	State
12/15/99	18:57:58.0	ON
12/15/99	19:09:09.0	OFF
12/15/99	19:23:11.5	ON
12/15/99	19:35:52.0	OFF
12/15/99	19:39:34.5	ON
12/15/99	20:12:30.0	OFF
12/15/99	20:14:29.5	ON
12/15/99	20:14:43.5	OFF
12/15/99	20:26:00.0	ON
12/15/99	20:29:56.5	OFF
12/15/99	20:48:45.5	ON
12/15/99	22:34:05.5	OFF

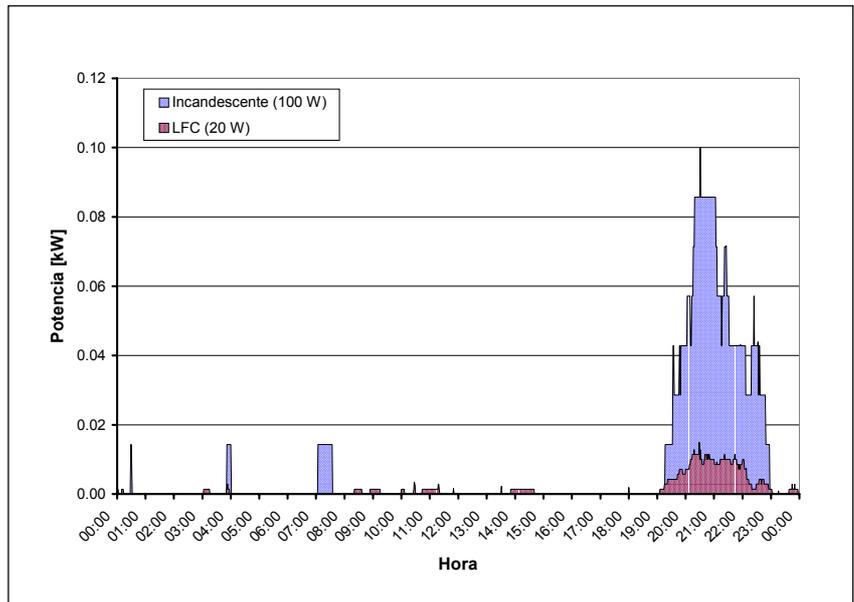


Figura 9. Curva de carga promedio de una lámpara obtenida a partir de un registrador de cambio de estado.

La Figura 10a. ilustra un modelo compacto de lighting logger mientras que en la b) se aprecia un ejemplo de su instalación.



a)

b)

Figura 10. a) Detalle de lighting logger; b) instalación en un artefacto de cocina.

Por último, cabe mencionar la existencia de registradores que además de detectar el cambio de estado de una fuente luminosa señalan la presencia o no de seres humanos en el ambiente mediante sensores infrarrojos de movimiento o ultrasonido. Estos registradores permiten establecer cuando la luz es necesaria y cuando no lo es. Generalmente tienen aplicación en instalaciones luminosas de envergadura tales como la de los edificios comerciales y públicos aunque también podrían utilizarse en un monitoreo en el sector residencial.

3.3. Sistemas de monitoreo de carga domiciliarias no invasivo (NIALMS - Non-intrusive Appliance Load Monitoring System)

Como su nombre lo indica estos aparatos son utilizados para la identificación del consumo por usos finales en el sector residencial sin perturbar el normal desenvolvimiento de los hogares. Su principal característica es que se coloca fuera del hogar junto al medidor general de energía y desde allí registra el funcionamiento del domicilio. Luego, a partir de los datos recogidos y procesados convenientemente mediante un software desarrollado para este fin, es capaz de identificar cuáles han sido los aparatos que han estado funcionando en cada momento y por la tanto el consumo energético y la curva de carga debida a cada uno de los usos finales.

La Figura 11 muestra un detalle de uno de estos aparatos y un ejemplo de instalación.



Figura 11. Sistemas de Monitoreo de Carga Domiciliarias No Invasivo (NIALMS): detalle e instalación.

Si bien este aparato parece ser el ideal, debido a su alto costo comparado con los registradores anteriormente mencionados resulta una opción cara para realizar un monitoreo de iluminación. Ahora bien, como la información que brinda es mucho más completa pues está analizando el comportamiento de toda la casa y de todos sus usos finales, en una campaña en donde interese esta información, su utilización puede justificarse mejor.

Otro problema que tiene es que existe un margen de error en la identificación de cargas muy similares o lámparas de la misma magnitud y si bien es capaz de determinar su correspondencia con la iluminación no puede identificar ubicación, o encendidos simultáneos.

Bibliografía

Davis, R., Y. Ji, y X. Luan, 1994. "Performance Evaluations of Compact Fluorescent Lamps: What Does "Equivalent" Really Mean?", *Proceedings of the American Council for an Energy Efficient Economy 1994 Summer Study*, vol.3, pp. 3.45 - 3.56.

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.

Tanides, C., 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.

Anexo B. Modelo de encuesta de satisfacción

PROYECTO ...

ILUMINACION RESIDENCIAL

La empresa XXX quiere comprobar el grado de satisfacción de los clientes. Estamos haciendo esta encuesta con Ud.

¿Dónde se pusieron?

Patio

Cocina

Salón

Otro

¿En que artefacto?.....

¿Hubo algún problema de instalación?

Tamaño

Otros

¿Cómo se ve en el artefacto?

Mejor que antes

Bien

Regular

Peor

Mal

¿Cómo le parece la luz?

En cuanto al Color

Mejor que antes

Bueno

Normal

Peor

Tiempo de arranque

No hay problemas

Si hay

Cantidad de luz que da

Mejor que antes

Bueno

Normal

Peor

Generalmente esta

Muy satisfecho

Satisfecho

No satisfecho

Comentario libre.....

¿Tiene la intención de comprar más lámparas ahora? Si No

Cuando se quemen Si No

¿Número de personas en el hogar?

¿Número de personas que trabajan?

¿La casa es suya?

Muchas gracias por su ayuda.