

## Capítulo 16

# Procedimientos de Auditorías para la Evaluación de Instalaciones de Iluminación de Edificios No Residenciales

Leonardo Assaf

### I. INTRODUCCION

- I.1. Importancia de la evaluación de sistemas de alumbrado de edificios no-residenciales
- I.2. Auditorías de instalaciones de alumbrado

### II. MÉTODOLÓGÍA PARA LA EVALUACIÓN

- II.1. Relevamiento o monitoreo
- II.2 Diagramas de carga. Registros automáticos y manuales. Técnicas de monitoreo.

### III. EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES DE SERVICIO

- III.1 Eficiencia y Condiciones de Servicio en los sistemas de iluminación

### IV. EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

- IV.1. El alumbrado como sistema conversor de energía
- IV.2. Eficiencia energética de un sistema de iluminación
- IV.3. Eficiencia energética de la instalación
- IV.4. Cálculo de la potencia específica de iluminación

### V - RECURSOS Y ORGANIZACION DEL MANTENIMIENTO

- V.1 Recursos humanos
- V.2 Recursos materiales
- V.3 Planificación del mantenimiento
- V.4 Pérdidas de condiciones de servicio y energéticas
- V.5 Conclusiones: Procedimiento de evaluación

### Glosario

*Auditoría de una instalación de alumbrado:* Procedimiento de evaluación, clasificación e inventario de una instalación, basado en información de diversos parámetros de la misma.

*Auditor:* Persona física o jurídica encargada o responsable de la auditoría.

*Rentabilidad:* Cualidad de una inversión amortizable con los beneficios que genera, dentro de un plazo conveniente para el inversor.

*ESCO:* Acrónimo de origen inglés (*Energy Service Company*) con el cual se designa a una empresa especializada en servicios de sistemas de energía, mantenimiento y trabajos relacionados.

*Relevamiento:* Recopilación de información in-situ de la instalación de un edificio, mediante procedimientos manuales o automáticos.

## I. Introducción

### I.1. Importancia de la evaluación de sistemas de alumbrado de edificios no-residenciales

El sistema de iluminación da cuenta de una importante proporción en la energía consumida en un edificio. Según datos de países desarrollados, la iluminación representa el 40% de toda la energía eléctrica consumida (1)(2), siendo a la vez el mayor contribuyente de carga térmica en edificios no residenciales. Por otro lado, es el grupo de consumo que mayor beneficio ofrece para la introducción de eficiencia ya que en los sistemas de alumbrado es donde más se desperdicia (3), y es allí donde deberían apuntar las estrategias de reconversión.

En lo que respecta a la situación en la República Argentina, puede estimarse que la iluminación no está a la zaga de los términos expuestos: los sistemas de alumbrado absorben casi un cuarto de toda la generación de energía eléctrica (4), y generalmente representa el mayor uso final de energía eléctrica en edificios no residenciales. No obstante esta indudable importancia, la *Administración* —o sea el uso y el mantenimiento— de los sistemas de alumbrado no se ha desarrollado en nuestro medio como la práctica y la metodología que las necesidades imponen, con los previsibles resultados: baja eficiencia y deficientes condiciones de servicio. Tal es la conclusión arribada luego de la evaluación de un número importante de edificios (5) mediante el procedimiento de auditoría que se expone en el presente capítulo. Esta situación —por otro lado— ofrece como contrapartida las máximas posibilidades para el desarrollo de proyectos de reconversión de instalaciones para disminuir los gastos de energía y de mantenimiento.

Los edificios no-residenciales constituyen un grupo de gran interés. Se trata de sistemas de alumbrado, por lo general de escala considerable, con altos factores de simultaneidad y densidad de carga, que ofrecen excelentes posibilidades para la aplicación de medidas de eficiencia. Dentro de esta tipología, el usuario y la administración del sistema constituyen dos aspectos importantes. El usuario, por lo general, carece de mayor preocupación en las cuentas del consumo energético del edificio (6), y la administración del sistema, frecuentemente asumida por personal sin la capacitación necesaria, no destina directamente ningún responsable en especial.

Diversos procedimientos pueden aplicarse para revertir la ineficiencia de una instalación de alumbrado. La *Auditoría* de la instalación es una herramienta recomendable para evaluar las posibilidades de generar beneficios para el comitente, mediante la introducción de medidas de eficiencia energética o mejoras del servicio para los usuarios. El interés de las auditorías no se agota allí. Desde una perspectiva más amplia, brindarían la posibilidad para el desarrollo en el mercado de una oferta de servicio técnico que demanda mano de obra especializada. Este mercado puede llegar a materializarse en la medida que la situación expuesta y las perspectivas de mejoras sean de conocimiento de los responsables de las instalaciones de alumbrado.

### I.2 - Auditorías de instalaciones de alumbrado

Una auditoría puede tener diversos objetivos: analizar la eficiencia de la instalación, las condiciones y calidad del servicio y el mantenimiento; todo ello con miras a la introducción de los cambios que se consideren necesarios sustentados en la relación costo-beneficio y/o en la mejora en las condiciones de servicio. Los tres aspectos básicos para evaluar una instalación son:

1. Condiciones de servicio
2. Eficiencia energética
3. Administración y mantenimiento

Las auditorías se basan en el análisis de datos de la instalación. Esta información puede obtenerse por diferentes procedimientos, el más simple, práctico y económico es la utilización de los documentos técnicos de la instalación. En cada caso particular se deberá considerar si la información disponible es suficiente para los fines de la auditoría o, llegado el caso, si es necesario encarar procedimientos más laboriosos de obtención de información como el relevamiento o monitoreo del edificio.

La información de carácter documental es suministrada por el comitente del servicio a pedido del auditor, o —en ciertos casos— obtenida por éste de fuentes catastrales o registros de diversa índole, para lo cual es necesario contar con la debida autorización. Esta documentación es la siguiente:

- Planos conforme a Obra
- Administración y su organización: personal propio, jerarquía, personal contratado, etc.
- Tercerizaciones, ESCO's: Tipos de Contratos, certificaciones de obra
- Manuales de procedimiento de administración del edificio
- Facturas del servicio eléctrico
- Informes y registros de operaciones de mantenimiento
- Registros de insumos de material de reposición y mantenimiento: remitos y facturas, especificaciones de materiales, pedidos de cotización.

## **II. Metodología para la evaluación**

La metodología propuesta consiste en analizar datos relacionados con la instalación, evaluando los siguientes rubros:

- Condiciones de servicio
  - Iluminancia horizontal de servicio
  - Confort Visual
  - Atmósfera visual
- Eficiencia
  - Eficiencia energética de componentes
  - Eficiencia de uso
  - Pérdidas de energía asociada
  - Costos operativos
- Administración y mantenimiento
  - Organización y recursos humanos
  - Planificación del mantenimiento
  - Prácticas de Reposición de equipos
  - Calidad de la instalación existente y de los materiales de reposición

## II.1. Relevamiento o monitoreo

El relevamiento de una instalación es un procedimiento de obtención de los datos de interés directamente del edificio, en forma manual o mediante dispositivos de registro automático para lo cual debe contarse con los medios adecuados. El monitoreo es el registro continuo de ciertas variables, cuya finalidad es determinar la variación de los parámetros de la instalación durante un período de tiempo. Por tratarse de operaciones atípicas del edificio, y por implicar costos, ambos procedimientos deben ser concisos y efectivos, y estar basados en una cuidadosa planificación, a fin de minimizar las posibles interferencias con el medioambiente laboral y obtener datos fidedignos.

## II.2. Diagramas de carga. Registros automáticos y manuales. Técnicas de monitoreo.

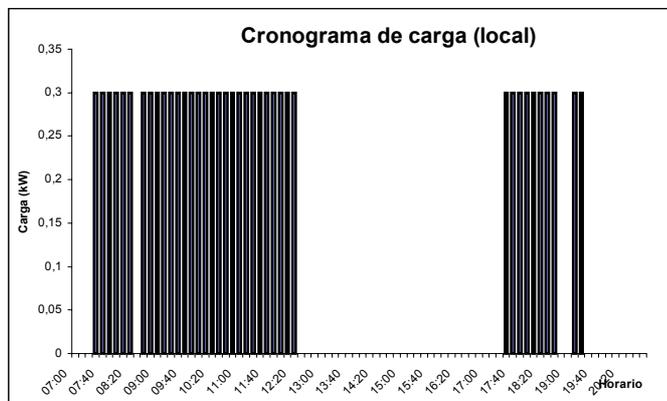
Una de las variables más importante para la evaluación de una instalación, como se verá más adelante, es la energía absorbida; determinada sobre la base de la variación de la potencia activa. Para la estimación de la potencia promedio de un sistema de iluminación es necesario el *monitoreo* de la carga de iluminación, para conocer su variación temporal ya sea en forma tabulada o gráfica, lo que es conocido técnicamente como “diagrama de carga”.

Un diagrama de carga es un registro continuo, diario, mensual o anual, de la carga conectada de iluminación (kW), que indica la variación de la potencia instantánea del sistema de iluminación. Puede obtenerse mediante dispositivos de registro automático que interceptan las canalizaciones de alimentación del sistema de iluminación. Estos dispositivos son capaces de medir potencia para lo cual es necesario disponer de una conexión en paralelo, para la señal de *tensión*, y otra en serie, para la señal de *corriente*. La necesidad de una conexión en serie (para corriente) excluye de la posibilidad de registro aquellas instalaciones cuyas canalizaciones eléctricas alimentan indistintamente cargas de iluminación y otras, al no poder discriminarse las corrientes que fluyen por un mismo conductor. El *Reglamento para Instalaciones Eléctricas en Inmuebles* de la Asociación Electrotécnica Argentina (7), la norma técnica de mayor consenso en la República Argentina, establece desde 1987 la disposición de ejecutar las canalizaciones para iluminación y otras cargas por circuitos separados. Esto posibilita —en instalaciones realizadas bajo esa norma— la conexión de registros automáticos pero sólo a partir de los tableros seccionales, permitiendo el registro de carga de iluminación de locales —no del edificio en general— debido a que la exigencia no comprende las canalizaciones desde tablero general a los seccionales. En este caso el diagrama de carga del edificio se obtiene realizando los diagramas de carga de cada uno de los locales que lo componen, lo que es engorroso.

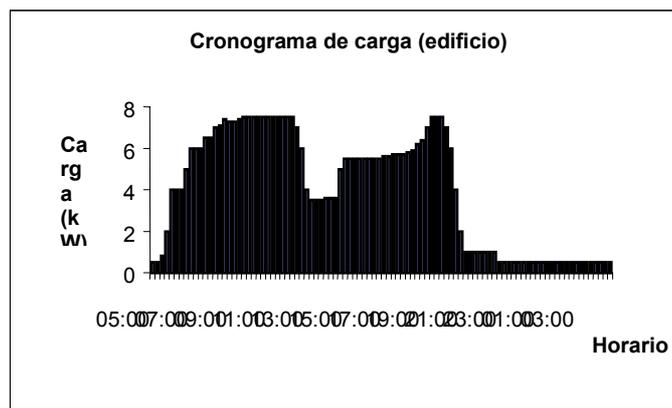
Un procedimiento menos “invasivo” para la instalación puede realizarse mediante colectores de datos (data loggers) con sensores de iluminación. Se trata de elementos fotosensibles conectados a un registrador que va midiendo —con una frecuencia de tiempo que puede ser preestablecida— la señal de entrada, permitiendo conocer el momento preciso en que una luminaria se enciende o se apaga, de allí se puede deducir la potencia de iluminación conectada. La disponibilidad en el mercado de colectores de este tipo, de dimensiones reducidas (50x30x8mm) y de bajo costo, ofrece la posibilidad de realizar el monitoreo automático de un edificio sin mayores complicaciones, siempre y cuando se disponga de un número importante de equipos. En este caso las necesidades son aún mayores que cuando se monitorea potencia, debido a que es necesario disponer un equipo por cada circuito de iluminación que el local tenga, por lo general, mas de uno.

*Relevamiento manual:* La obtención de un diagrama de carga de iluminación mediante relevamiento manual es un procedimiento alternativo para aquellos casos en que no sea posible utilizar registradores automáticos, sea por los inconvenientes expuestos precedentemente o bien por que no se disponga de ellos. Este procedimiento supone contar con personal de la capacidad suficiente para reconocer los diferentes tipos y potencias de lámpara con sólo una inspección visual.

Las figuras 1 y 2 muestran el diagrama de carga de una oficina individual y de un edificio respectivamente. En el primer caso la instalación posee solamente un efecto, es decir que todas las luces (100% de la carga) se conectan o desconectan con un único interruptor resultando el diagrama de figura 1. El diagrama de cargas del edificio (figura 2) refleja un elevado fraccionamiento de la carga, resultado del accionamiento de los numerosos interruptores que posee el edificio. Con esa información es sencillo estimar la potencia promedio,  $P_p$ , necesaria para los cálculos de energía y eficiencia de la instalación.



**Figura 1.-** Diagrama de carga de iluminación de un local (la potencia conectada promedio es de 0,1 kW en 24 horas)



**Figura 2.-** Diagrama de carga de iluminación de un edificio (la potencia conectada promedio es de 4 kW en 24 horas)

### III. Evaluación de las condiciones de servicio

#### III.1. Eficiencia y Condiciones de Servicio en los sistemas de iluminación

Las condiciones de servicio de una instalación de iluminación se relacionan con las necesidades visuales de los ocupantes de los ambientes iluminados. Si bien es cierto que el sistema visual humano posee una notable capacidad de adaptación, pudiendo desarrollar tareas bajo condiciones de iluminación muy distintas, hay un vínculo perfectamente demostrado entre *bienestar* y *productividad* con *condiciones de iluminación*. Esta es la principal razón por la cual la instalación de un local debe proveer a sus ocupantes la calidad de iluminación necesaria para el tipo de actividad que allí se realice, preocupación propia de quien controle el sistema o *Administrador*. Estas son las denominadas *Condiciones de Servicio* que deben caracterizar a toda instalación de iluminación.

Las *condiciones de visión, confort y atmósfera visual* (8), que en adelante se mencionarán simplemente como "*Condiciones Visuales y de Diseño*" (CVD), son el objetivo primordial de todo sistema de iluminación y nunca deberían situarse por debajo de los valores mínimos recomendables, bajo riesgo de deteriorar la seguridad laboral, la higiene visual o la productividad. El análisis de la eficiencia de un sistema de iluminación requiere como punto de partida la definición de cada uno de los componentes de las CVD:

Condiciones de visión: aquellas necesarias para el desarrollo normal de las actividades visuales del local; están satisfechas por la mínima cantidad de luz necesaria sobre el plano de trabajo.

Confort visual implica la ausencia de deslumbramiento y el correcto balance de luminancias.

Atmósfera Visual: (o Ambientación) puede definirse como la impresión que el espacio iluminado causa en las personas, producida por una conjunción de aspectos del local como color de paredes, tipo y disposición de mobiliario, etc. La iluminación juega un papel preponderante en la ambientación.

Las condiciones de visión y confort están especificadas, según el tipo de tareas, en las normas de diseño adoptadas para la instalación. En la República Argentina las normas elaboradas por la Asociación Argentina de Luminotecnia y el Instituto IRAM, IRAM AADL J2005 (10) e IRAM AADL J2006 (11) dan una aceptable orientación al respecto mediante parámetros físicos, susceptibles de ser mensurados o calculados. El más sencillo de estos, y por ende el más usado, es la Iluminancia Horizontal mínima sobre el plano de Trabajo,  $E_{hmin}$ , que es un parámetro de diseño de la instalación.

La Iluminancia Horizontal  $E_h$  puede determinarse por medición o por cálculo. Este último caso se emplea en instalaciones proyectadas. En la medición de instalaciones hay que desechar cualquier aporte de luz natural, haciendo las verificaciones preferentemente en horarios nocturnos.

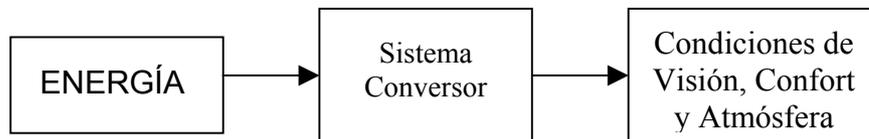
A diferencia de las condiciones de visión y confort visual, mencionados anteriormente, la *Atmósfera Visual* no puede ser reducida a parámetros mensurables, quedando liberada al criterio y gusto del diseñador del espacio.

La preservación de las CVD es un punto primordial para el correcto abordaje de la eficiencia energética, lo contrario puede conducir a un detrimento de las condiciones de visión o de valorización del espacio. Si un local no reúne los valores mínimos de iluminancia ( $E_h < E_{h\text{mín}}$ ), debe presuponerse que no está proveyendo a los usuarios las condiciones mínimas de visión, lo cual podría involucrar discomfort y baja productividad, además de configurar un incumplimiento de la Ley de Higiene y Seguridad en el Trabajo (11). Un sistema así no puede ser considerado eficiente aunque la cantidad de energía consumida fuera menor a cualquier otro.

#### IV. Evaluación de la eficiencia energética

##### IV.1. El alumbrado como sistema conversor de energía

El alumbrado puede ser considerado como un sistema conversor en donde la energía, de origen eléctrico, es transformada en “condiciones de visión, confort y de atmósfera visual” (CVD).



La conversión debe realizarse con la menor cantidad de energía posible, siempre que las CVD mínimas estén aseguradas. Esto —y no otra cosa— es la Eficiencia Energética.

Si las Condiciones Visuales y de Diseño del espacio de un local están satisfechas, puede evaluarse la eficiencia de su alumbrado, mediante la cantidad de energía que está disipando. Un sistema será más eficiente cuanto menos energía consume. ¿Cómo se determina esta energía?

En cualquier período de tiempo, la energía del alumbrado es igual a:

$$dE = P \cdot dt \quad [1]$$

donde:

$E$ = Energía disipada por el sistema de iluminación (kWh),  $dE$ , su derivada

$P$ = Potencia conectada de iluminación (kW)

$T$ = Período de tiempo considerado (horas),  $dt$ , su derivada

Debido a que la cantidad de luces en servicio de un sistema de alumbrado va cambiando durante el periodo  $T$  según las necesidades y uso de los locales, la potencia  $P$  no permanece constante, para lo cual es preciso realizar una integración para calcular la energía, tal cuál lo haría un medidor de energía:

$$E = \int_0^T P(t) dt \quad [2]$$

siendo:

$E$  = Energía disipada por el sistema de alumbrado (kWh) en un período entre 0 y  $T$  (horas)

$P(t)$  = Potencia instantánea del sistema de alumbrado (kW).

Si se conoce el valor medio de la potencia  $P(t)$ , (con un diagrama de cargas, por ejemplo) la ecuación [2] puede resolverse de la siguiente manera,

$$E = P_p T \quad [3]$$

con  $P_p$  = Valor medio de  $P(t)$

Los procedimientos para la obtención de los diagramas de carga han sido desarrollados en las secciones precedentes. Cuando no se disponen medios técnicos para realizar el monitoreo del edificio, pueden utilizarse otros procedimientos para la auditoría de eficiencia. Ellos se exponen en los puntos siguientes.

## IV.2 - Eficiencia energética de un sistema de iluminación

Tal como ha sido mencionado en I.2, la eficiencia de un sistema de iluminación es la minimización del consumo de energía. De la ecuación [3] se infiere que esto puede lograrse minimizando la potencia ( $P$ ) o el período de tiempo ( $T$ ). Se involucran allí dos aspectos fundamentales en el tratamiento de la eficiencia, por un lado aquel intrínseco a la instalación, relacionada con la potencia ( $P$ ), y por el otro, el tiempo de encendido ( $T$ ) o uso que se haga de ella. De ello resulta que la eficiencia energética esta compuesta, por un lado, por la eficiencia energética de la instalación, y por el otro, por la eficiencia en el uso.

Para tener una mejor percepción de esto último imagínese las luces que permanecen encendidas cuando los ocupantes abandonan los locales o el desaprovechamiento de la luz natural, dos situaciones de ineficiencia energética originadas en la falta de actitudes conservacionistas de los usuarios, antes que con la instalación en sí.

$$\text{Eficiencia del Sistema} = \text{Eficiencia de la instalación} + \text{Eficiencia de uso}$$

en donde:

- Eficiencia de la instalación es el mínimo requerimiento de potencia de la instalación para lograr las condiciones de visión necesarias.
- Eficiencia de uso es el mínimo uso que puede hacerse de la instalación sin menoscabo de las condiciones de visión.

La razón de expresar la eficiencia del sistema como la *suma* de las eficiencias de la *instalación* y de *uso* es conceptual, para expresar el hecho de que cada una de ellas contribuye en definitiva al ahorro de la energía consumida (kWh). No se trata de una suma numérica. Ambas eficiencias serán abordadas separadamente a continuación.

## IV.3. Eficiencia energética de la instalación

En la mayoría de los casos en que se trata la eficiencia, sólo se toma en cuenta la instalación, sin considerar el carácter de uso. La eficiencia de una instalación está definida por la *potencia* que se necesita para lograr las condiciones de visión, siendo el resultado de la eficiencia individual de sus componentes, lámparas, equipo auxiliar y artefactos.

$$\text{Eficiencia de la instalación} = \text{Eficiencia de (lámpara + equipo auxiliar + artefacto)}$$

Al considerar la *potencia* en lugar de la *energía*, involucrada en la ecuación [3]; no es necesario la integración con el tiempo, lo que simplifica bastante los cálculos. ¿Cómo se determina la potencia?. En una instalación en estadio de proyecto, puede ser calculada, tal como se verá mas adelante en el punto IV.4. Cuando se trate de edificios existentes, además de los cálculos, puede recurrirse al relevamiento de la instalación, contabilizando, local por local la potencia de las luminarias.

El conocimiento de la potencia de una instalación de iluminación de un determinado local es útil si puede ser comparado con el de otras instalaciones de referencia o bien con los estándares o recomendaciones en la materia. Para ello es apropiado utilizar una misma escala, convirtiendo valores absolutos en específicos o relativos. Éstos pueden estar referidos a la superficie de los locales ( $\text{W}/\text{m}^2$ ), al número de usuarios de la instalación ( $\text{W}$  per capita), a las condiciones visuales del local ( $\text{W}/\text{lux}$ ), etc.

De entre todos los índices el mas orientativo es la *potencia específica de iluminación* ( $P_{ei}$ ) expresada por los watt disipados por el sistema por unidad de superficie por cada 100 lux de iluminación horizontal ( $\text{W}/\text{m}^2$  por 100lx). De ello resulta que una instalación será más eficiente cuanto menor sea su potencia específica,  $P_{ei}$ . Este índice facilita la comparación de diferentes tipos de locales, independientemente de su superficie y de su nivel de iluminancia. La modulación en 100 lux facilita la conversión entre diferentes tipos de locales ya que es coincidente con la modulación típica del alumbrado de interiores.

A los efectos de facilitar la evaluación de la eficiencia, algunos valores típicos de potencia específica se muestran en la Tabla N° I. Los mismos han sido obtenidos de referencias internacionales, de la auditoría de un número considerable de edificios de la República Argentina y sobre la base de modelos. Como puede observarse las instalaciones de alumbrado de nuestro país tienen un gran potencial de remisión energética respecto de las instalaciones Europeas (un 50%) lo que demuestra que son poco eficientes.

De la misma manera es posible, de acuerdo a la CVD de cada tipo de local y a la tecnología disponible, desarrollar modelos de eficiencia, caracterizados con un índice de potencia específica de iluminación. Esos valores, calculados para equipos de industria nacional con balastos magnéticos de buena calidad, se muestran en Tabla N° II. Esos valores pueden resultar orientativos para la evaluación de instalaciones. Los procedimientos para la estimación de esa potencia por cálculo o por medición están expuestos en el punto IV.4.

<b>Tipo de instalación</b>	<b>Potencia específica [W/m<sup>2</sup> 100 lx]</b>
Estado del arte	1,0
Promedio instalaciones Europeas (1996)	3,1
Máxima tecnología disponible en la Argentina (1998)	3,5
Promedio de instalaciones Argentinas (1996)	6,7
Instalación con lámparas fluorescentes T8, balasto y artefactos convencionales sin louver	5,5 – 5
Instalación con lámparas fluorescentes compactas y artefactos de luz directa/indirecta	6,0 – 5,5
Instalación con lámparas incandescentes	10 – 8

<b>Tipo de local</b>	<b>Potencia específica [W/m<sup>2</sup> x 100 lx]</b>
<u>Locales comerciales</u> Vidrieras y escaparates Salones de venta	4,5 4
<u>Edificios administrativos y Oficinas</u>	3 a 4,5
<u>Clínicas y Sanatorios</u> Pasillos y salas de espera Servicios Lugares de atención y consultorios Salas de internación y reposo Sala de cuidados intensivos	3,5 3,5 4 5 5,5
<u>Escuelas y Edificios Escolares</u> Aulas Pasillos y servicios Patios y Salones de ceremonias Oficinas y salas de reuniones Laboratorios	4 3,5 3,5 3,5 4,5
<u>Industrias</u> Naves con requerimiento cromático alto Naves con requerimiento cromático medio Depósitos y salas de acopio Áreas externas	4,5 3,5 3,5 3,5

#### IV.4. Cálculo de la potencia específica de iluminación

Se verá a continuación de qué manera la potencia de la instalación está ligada con la iluminancia.

La iluminancia horizontal puede ser calculada mediante la siguiente relación:

$$E = u \times \frac{N \phi}{S} \quad [4]$$

siendo:

$E$  : Iluminancia horizontal sobre el plano de trabajo (lux)

$N$  : Número de lámparas del local

$S$  : Superficie del local ( $m^2$ )

$\phi$  : Flujo luminoso de cada lámpara (lúmenes)

$u$  : Factor de utilización = flujo sobre el plano de trabajo / flujo de lámparas.

El factor de utilización es un índice que toma en cuenta el rendimiento conjunto integrando el artefacto y el local (12).

A su vez,

$$\varepsilon = \frac{\phi}{Pl + Pb} \quad [5]$$

$$P = N (Pl + Pb) \quad [6]$$

donde:

$\varepsilon$  = Eficacia luminosa de lámpara y equipo auxiliar (lm/W) -dato que se obtiene de la información técnica de lámparas y equipos auxiliares-

$Pl$  = Potencia de lámpara (W)

$Pb$  = Potencia del equipo auxiliar (si lo hubiera)

$P$  = Potencia instalada

de [4], [5] y [6] resulta:

$$P = \frac{E \cdot S}{u \cdot \varepsilon} \quad [7]$$

o sea:

$$\frac{P}{E \times S} = \frac{1}{u \times \varepsilon} \quad [8]$$

Por definición, la *potencia específica* de iluminación,  $Pei$ , es:

$$Pei = \frac{100 P}{E \times S} \quad [9]$$

es decir:

$$Pei = \frac{100}{u \times \varepsilon} \quad [10]$$

El índice  $Pei$  puede calcularse de distintas maneras ya sea que se trate de instalaciones existentes o en etapa de diseño.

1er. caso: para instalaciones proyectadas.

La eficiencia de una instalación proyectada, que podríamos denominar “inicial”, puede calcularse con las ecuaciones [9] o [10].

La utilización de una u otra ecuación, depende de la información disponible. Si se utiliza la ecuación [9], debe efectuarse el cálculo de la Iluminancia  $E$ , para lo cual es imprescindible contar con la información fotométrica de la luminaria y de la lámpara a utilizar, provista por el fabricante. Si se utiliza la ecuación [10], la información fotométrica de la luminaria debería incluir el factor de utilización ( $u$ ).

2do. caso: para instalaciones existentes.

Para el cálculo se utiliza la ecuación [9] basada en la obtención de la iluminancia, la superficie y potencia por medición.

$$Pei = \frac{100 P}{E \times S}$$

siendo:

$E$  : Iluminancia horizontal medida sobre el plano de trabajo (lux)

Al utilizar valores *medidos* de iluminancia se involucra la pérdida de eficiencia por depreciación. Una comparación con los valores iniciales permitirá conocer qué parte de la potencia  $Pei$  es atribuible a este fenómeno.

### Ejemplo I

Sea un local de 4 x 3 metros, iluminado con dos artefactos con 2 lámparas fluorescentes de 36W cada uno. La iluminancia media —medida— sobre el plano de trabajo es de 250 lx ¿Cuál es la potencia específica de iluminación de dicha instalación?

Solución:

Superficie del local:  $S = 3 \times 4 = 12 \text{ m}^2$

Número de lámparas:  $N = 2 \times 2 = 4$

Potencia de lámpara:  $Pl = 36 \text{ W}$

Potencia del equipo auxiliar:  $Pb = 9 \text{ W}$  (dato de catálogo)

$$Pei = \frac{4(36 + 9)}{250} \times \frac{100}{12} = 6 \text{ W} / \text{m}^2 / 100 \text{ lux}$$

### Ejemplo II

¿Cuánto mejora la eficiencia si en el local del ejemplo I se reemplazan los balastos convencionales por electrónicos, sabiendo que, según datos de catálogo, cada balasto disipa 3 W?

Solución:

$$P = N (Pl + Pb) = 4 (36 + 3) = 156 W$$

$$Pe = (156 \times 100) / (12 \times 250) = 5,2$$

$$Pe = 5,2 \text{ W/m}^2 / 100\text{lx}$$

La eficiencia mejora un 13%

### Ejemplo III

Se proyecta remodelar la instalación del ejemplo anterior, a fin de lograr una mejor eficiencia energética. Se ha elegido para ello un artefacto fluorescente doble parabólico de 2x36 W. ¿Cuánto mejora la eficiencia?

Solución:

El problema se encuadra en lo que se denominó *instalaciones proyectadas* (1er caso). Mediante el *Método de las cavidades Zonales* (12) u otro procedimiento de cálculo, con los datos fotométricos del artefacto, resulta para el local considerado una iluminancia horizontal de 390 lx. Utilizando la ec. [9]

$$Pei = \frac{100 P}{E \times S} \quad [9]$$

donde:

$E$  : Iluminancia horizontal, medida sobre el plano de trabajo (lux)

$$E = 390 \text{ lx}$$

$$Pl = 36 \text{ W (dato)}$$

$$Pb = 9 \text{ W (dato de catálogo de equipo auxiliar)}$$

$$P = N (Pl + Pb) = 4 (36 + 9) = 156 \text{ W}$$

$$Pei = (100 \times 180) / (390 \times 12) = 3,85$$

Si se utiliza la ec.[10], se obtienen los mismos resultados:

$u$  (dato obtenido de la información propia del artefacto de iluminación) = 0,45

$\varepsilon$  : Eficiencia de lámpara (incluida equipo auxiliar) que se calcula así:

$$\varepsilon = \phi / Pl + Pb [5]$$

$$\phi = 2600 / (36 + 9) = 57,78 \text{ lm/W}$$

$$Pei = 100 / (0,45 \times 57,78) = 3,85$$

$$Pei = \underline{3,85 \text{ W/m}^2 / 100\text{lx}}$$

El índice *Pei* mejora un 26% respecto del caso II y 36% respecto del caso I.

Los ejemplos precedentes ilustran sobre los procedimientos de eficiencia. En el caso del Ejemplo II la disminución de la *Pei* se produce por una disminución de la potencia del sistema, lo que conduce a un aumento de eficiencia energética. En el Ejemplo III hay una disminución de la *Pei*, empero no significa necesariamente una disminución en la energía consumida en la iluminación, en razón de que se produjo por un aumento en el nivel de iluminación de 250 a 352 lux.

Para que ello ocurra es necesario que disminuya la potencia del sistema, lo que puede lograrse eliminando una lámpara fluorescente o instalando un atenuador de iluminación. La primer solución es práctica y económica, sin embargo es preciso determinar si la uniformidad no es afectada. La segunda solución representa una inversión e introduce un elemento pasible de fallas. Un análisis más profundo, en atención a los requerimientos de servicio del sistema (CVD), y un análisis de costos, puede orientar sobre la decisión más conveniente a adoptarse para este caso.

#### **IV. Pérdidas de energía y eficiencia**

Se considera dentro del rubro *Pérdidas de Energía* aquella parte de la energía disipada por el sistema que no es convertida en luz por causas que pueden ser revertidas por mantenimiento y que deteriora la eficiencia del sistema. Este ítem esta constituido por:

- *Pérdidas por Factor de Mantenimiento*
- *Circuitos en fallas energéticas*

Las *pérdidas por factor de mantenimiento* están compuestas por pérdidas de eficiencia por depreciación luminosa, debido a envejecimiento de lámpara y artefactos, y por depreciación debido a la suciedad de lámparas y artefactos.

Las *pérdidas por fallas energéticas* se producen por fallas en equipos que disipan energía y que, por su condición, no producen luz o la producen ineficientemente. Puede tratarse de equipos —fluorescentes- con arrancador “pegado” o con lámparas agotadas, reconocibles por simple inspección visual, los primeros se manifiestan en aquellas lámparas que tienen únicamente los extremos encendidos, y los segundos en las que permanecen continuamente parpadeantes como en la fase de arranque.

Dado que la depreciación de una instalación tiene un carácter dinámico, la evaluación debe tomar en consideración todos los aspectos que permitan determinar cuál es la eficiencia inicial previsible de la misma, independientemente del estado de mantenimiento de la misma.

## V. Recursos y organización del mantenimiento

[Resultados obtenidos de un relevamiento de edificios realizado por el Departamento de Luminotecnia, Luz y Visión, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología de la Universidad Nacional de Tucumán.]

Es apropiado, para quién va a realizar la evaluación de un sistema de iluminación, tener un conocimiento previo de las situaciones que es posible encontrar. A los efectos de una mayor ilustración sobre las instalaciones nacionales, se incluye resultados del relevamiento de un grupo de edificios realizado en la ciudad de San Miguel de Tucumán. La muestra estudiada comprendió 12 edificios no-residenciales, 11 de ellos públicos, abarcando 28.000 equipos de lámparas fluorescentes. En el relevamiento, se recopilaban datos sobre el tipo de instalación, carácter de uso de los locales, derroche, condiciones de servicio y mantenimiento de los mismos, local por local.

Los datos recopilados muestran que, en la mayoría de los edificios considerados, las funciones de mantenimiento están descategorizadas, a juzgar tanto por los *recursos materiales* que se destinan a dicha función, como por el *nivel técnico* de los encargados en realizarla. Como resultado, se destacan ineficiencia energética y malas condiciones de servicio, afectando la relación costo/beneficio de los sistemas de alumbrado.

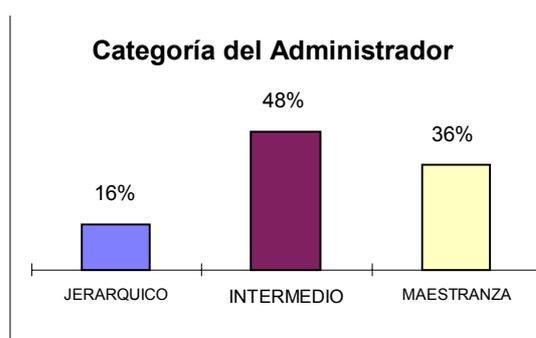
Es frecuente que el mantenimiento de una instalación no sea realizado aunque ésta se haya depreciado por debajo de los límites admisibles de servicio o, peor aun, hasta que ha alcanzado valores ostensiblemente menores a los iniciales. Cuando ello ocurre se presenta una situación de sub-mantenimiento.

### V.1. Recursos humanos

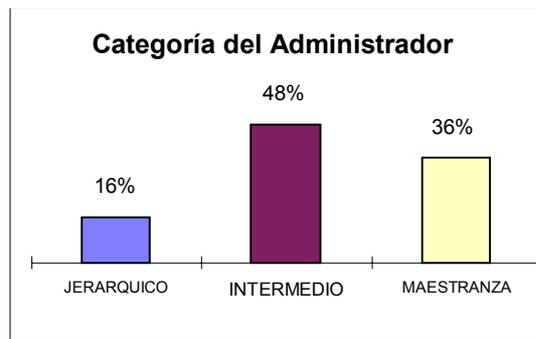
¿Quién administra el sistema?

Un aspecto a considerar en la evaluación del mantenimiento es la administración del sistema. Del relevamiento de edificios se desprende que, por lo general, está ejercido por personal de categoría intermedia, con funciones administrativas. En el 66% de los casos esta tarea es relegada a personal de menor rango quién, entre otras tareas, ejecuta las acciones de mantenimiento (Figura 3).

En la mayoría de los casos, la fuerza laboral para las tareas de mantenimiento tiene una capacitación deficiente y se cubre con personal propia. Sólo se contrata personal especializado cuando se requiere realizar alguna tarea especial (Figura 4).



**Figura 3:** Distribución de la categoría del personal destinado a administrar el sistema de iluminación



**Figura 4:** Distribución de la idoneidad de la mano de obra destinada al mantenimiento de los sistemas de iluminación

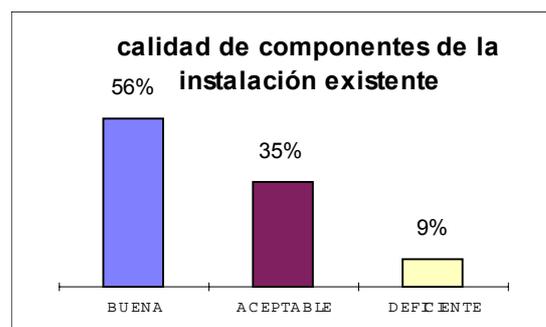
## V.2. Recursos materiales

En el relevamiento realizado se consideró la *calidad de la instalación existente y la calidad de los materiales de reposición*.

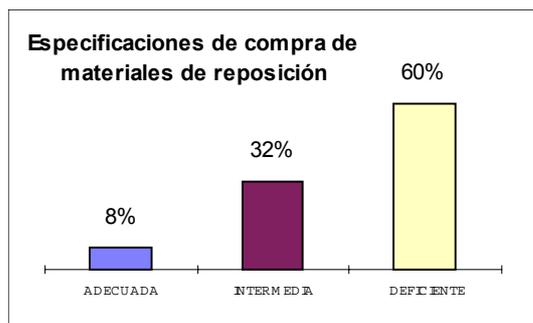
La calidad de los artefactos existentes (pintura, hermeticidad, pulido de espejos, etc.) y de los equipos auxiliares (conexionado, sello de conformidad con normas, etc.) es buena en términos generales (figura 5). Ello puede explicarse por las especificaciones adecuadas utilizadas en la construcción de los edificios, especialmente en los de reciente data.

Se analizó la calidad de los materiales incorporados a la instalación como reemplazo de los que se deterioran, observando las especificaciones de compra. Éstas se consideraron *adecuadas* cuando se basaban en especificaciones técnicas que conduzcan inequívocamente a la compra de productos de buena calidad, sea esta verificable con sello de conformidad, marca probada y reconocida, etc.

Los resultados indican que las especificaciones técnicas y, consecuentemente, la calidad de los materiales adquiridos es escasa (figura 6). Un dato con importantes implicancias energéticas es que, por efecto de la baja calidad de los arrancadores, las instalaciones están impedidas de usar lámparas fluorescentes tubulares T8 de 36 W, que consumen 10% menos energía que las T12 de 40W y tienen idéntico flujo luminoso. Solo 1.878 lámparas (menos del 7%) de las 28.000 censadas son de bajo consumo. Esto podría deberse a las dificultades de encendido que tienen las lámparas eficientes con los arrancadores de mala calidad, lo cual lejos de ser atribuido a la calidad de los arrancadores es achacado erróneamente a las lámparas T8 y por lo tanto desechadas en el momento de la reposición.



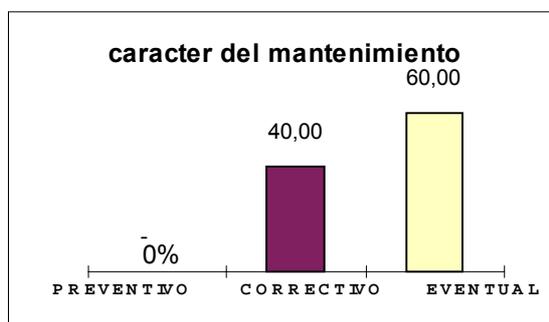
**Figura 5.** Distribución de la calidad de los componentes de la instalación existente.



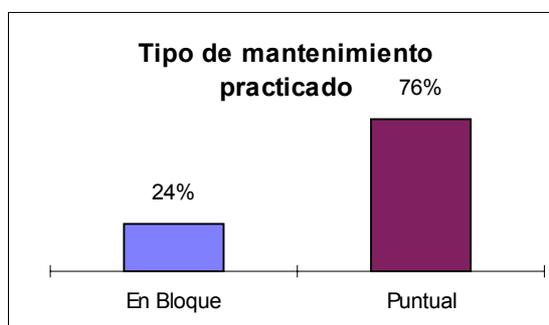
**Figura 6.** Distribución de las especificaciones de compra de materiales de reposición.

### V.3. Planificación del mantenimiento

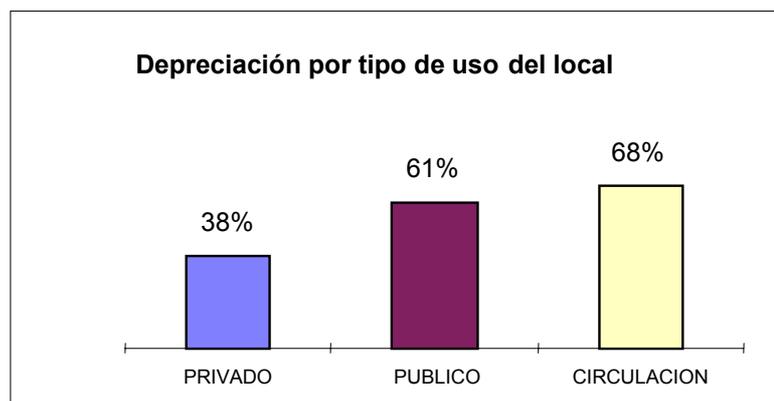
En el 100% de los edificios relevados no se hace sino mantenimiento correctivo o eventual (Figura 7). Muchos administradores de sistemas importantes preguntaron si era necesario planificar algún tipo del mantenimiento. Las acciones de corrección obedecen a estímulos que parten de los usuarios que reaccionan ante situaciones que les causan molestias. Ello explica por qué el porcentaje de mantenimiento puntual es tan alto (Figura 8) y las oficinas y locales de uso privado tienen mejores condiciones de servicio que los lugares de circulación, halls y pasillos. (Figura 9). También, y en importante medida, las tareas de mantenimiento obedecen a razones ajenas a la finalidad de los propios sistemas de alumbrado, tales como remodelación del edificio, cambio de funciones, etc. que agrupamos en el ítem “eventuales” en la encuesta realizada.



**Figura 7.** Distribución del carácter del mantenimiento: preventivo, correctivo o eventual.



**Figura 8.** Distribución del tipo de mantenimiento aplicado: puntual o en bloque.

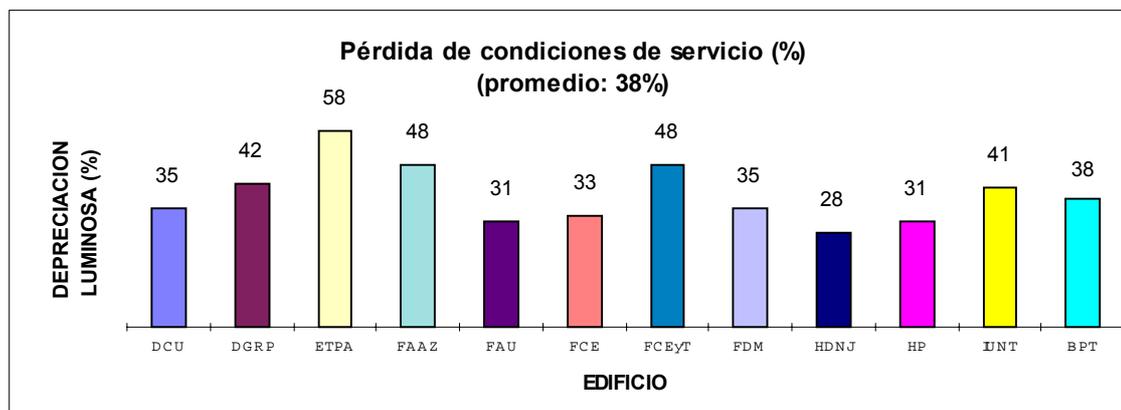


**Figura 9.** Distribución de depreciación según el tipo de local: privado, público y de circulación.

#### V.4. Pérdidas de condiciones de servicio y energéticas

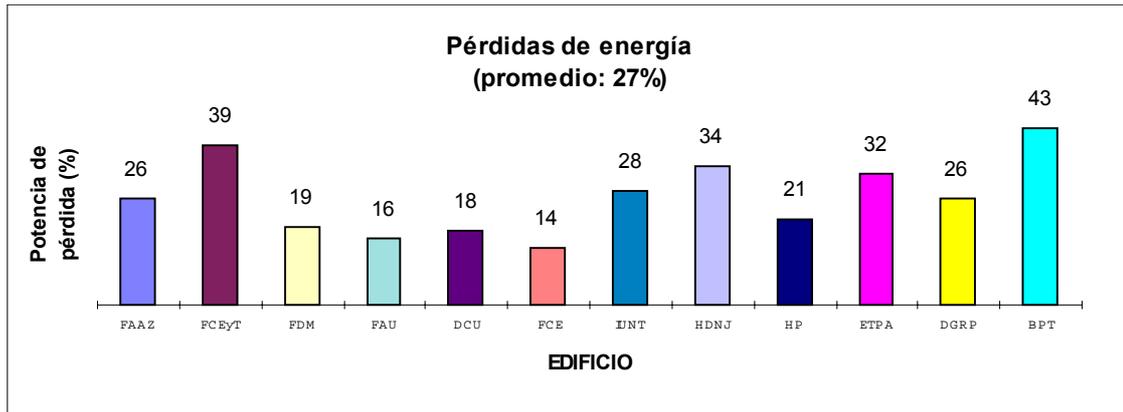
Se contabilizó la disminución del nivel de iluminación local por local, respecto de los valores iniciales, producida por la combinación de los siguientes factores: depreciación de lámpara por envejecimiento, depreciación de lámparas y artefactos por suciedad, lámparas faltantes (o que no encienden) y circuitos en falla (no producen luz). Se ha constatado que alrededor de 2,7 % de los equipos instalados observa falla de arrancador y 0,6% falla de lámpara, cantidades nada despreciables. Ya que lo que interesa es el impacto económico del fenómeno, hay que destacar que, además del consumo energético propio, los circuitos en falla conducen al desgaste acelerado de componentes. Consecuentemente, el impacto en los costos operativos de los circuitos en falla energética tiene mayor peso que los circuitos normales.

La depreciación encontrada en este estudio es en promedio de casi el 40%, tal como se muestran en la figura 10.



**Figura 10.** Porcentaje de las pérdidas de condiciones de servicio en términos de la disminución de los niveles de iluminación para cada una de las oficinas relevadas que se indican con siglas en el eje horizontal.

Los resultados de las pérdidas de energía, es decir la disipación de energía que no produce luz (ver punto IV) es, en promedio, del 27%, según se muestra en la figura 11.



**Figura 11.** Porcentajes de Pérdidas de Energía debido a los diversos factores para cada una de las oficinas relevadas que se indican con siglas en el eje horizontal.

### V.5. Conclusiones: Procedimiento de evaluación

La descategorización de las funciones de administración y mantenimiento de los sistemas de iluminación y baja eficiencia en los edificios estudiados es una consecuencia de la práctica adoptada para reducir costos y de la ignorancia de los procedimientos más apropiados para encarar tales funciones. También influye el desconocimiento de la importancia de la iluminación sobre el confort y rendimiento de los usuarios (9).

Las encuestas realizadas en Tucumán permitieron ajustar un método de evaluación (8) que incorpora también recientes referencias internacionales sobre mantenimiento (5), (6), (7). El procedimiento RELEVA (Relevamiento y Evaluación), que se adjunta en el Anexo, ha sido diseñado para sistematizar el relevamiento de instalaciones de iluminación de edificios de una manera rápida y sencilla. Se apoya en una ficha donde se detalla la información obtenida por los procedimientos de relevamiento, otra ficha permite la evaluación posterior, orientada por una cartilla de instrucciones.

Se requiere en términos de instrumentos solamente un luxímetro y el personal que participe conviene que tenga ciertas nociones de circuitos con lámparas de iluminación, junto con las instrucciones sobre el llenado de la ficha. Completa el procedimiento una planilla que permite la inmediata evaluación de la instalación ya que contiene las operaciones necesarias para ello.

## Bibliografía

- (1) Slater A. et al., 1993. "Realising the potential for energy efficiency in office lighting" Right Light 2 Conference, Ahrnem.
- (2) EPA, 1987. Green Lights Program: A Bright Investment in the Environment, U.S. Environmental Protection Agency.
- (3) *Ibíd.*
- (4) Assaf L., C. Cisint, 1994. "Costos ocultos de la Instalación de luz sub-mantenida" - Revista Megavatios, N°163, Junio.
- (5) Assaf L., C. Cisint, 1993. "Uso y mantenimiento de instalaciones de alumbrado de edificios no-residenciales desde una nueva optica: la administracion energetica" Revista Electrotecnia, órgano de la Asociación Electrotecnica Argentina.
- (6) Assaf L., C. Cisint, V. Arreyes, 1995. "Descategorización del mantenimiento y su impacto en los costos operativos de instalaciones de alumbrado de edificios no-residenciales de la República Argentina", VIII° Congreso Iberoamericano sobre Mantenimiento. Federación Iberoamericana sobre Mantenimiento, Buenos Aires Noviembre.
- (7) AEA, 1984. "Reglamento para la ejecución de instlaciones eléctricas en inmuebles", Asociación Electrotécnica Argentina, Edición aprobada el 8/8/84,ISBN 950-659-0001.
- (8) Narisada, K., 1999. "Balance between energy, environment and visual performance". Proceedings of the CIE. Publication N° 133. Vol. 1 Part 1, pp. 17- 22 ISBN 3 900 734 93 3. Varsovia, Junio.
- (9) IRAM, 1973. IRAM AADL J2005 Iluminación artificial en interiores. Características. Instituto Argentino de Normalización.
- (10) IRAM, 1972. IRAM AADL J2006 Iluminación artificial en interiores. Niveles de iluminación. Instituto Argentino de Normalización.
- (11) Ley Nacional N° 19587 de Higiene y Seguridad en el Trabajo
- (12) Bühler C, C. Hamakers, 1971. Interpretación y uso de información fotométrica de luminarias para el alumbrado de interiores. Laboratorio de Luminotecnica, Instituto de Ingeniería Eléctrica, Fac de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán, UNT.

**ANEXO**

formulario RELEVA

**EVALUACION DE SISTEMAS DE ALUMBRADO DE EDIFICIOS  
1 - DATOS GENERALES**

<b>Ficha N°:</b>	<b>Edificio:</b>
<b>Fecha:</b> <b>hs:</b>	

<b>1.I - Identificación del edificio</b>			
Dirección			
Función		Dependencia	
		Antigüedad	
<b>Climatización:</b>			
Central	Individual	Mixta	Ninguna

**2 - EVALUACION DEL MANTENIMIENTO**

<b>2.I - Planificación del mantenimiento</b>				
Carácter		Ns/Nc	Tipo	Ns/Nc
Preventivo	Correctivo	Eventual	En bloque	Puntual

<b>2.II - Frecuencia entre servicios</b>			
Meses		Instalación abarcada por el servicio (%)	

<b>2.III - Recursos Materiales</b>		
<b>Calidad de Equipos</b>		
Buena	Aceptable	Deficiente
<b>Reposición de equipos (especificación de compra)</b>		
Adecuada	Intermedia	Deficiente

<b>2.IV - Recursos Humanos</b>					
<b>Administrador o responsable</b>					
Jerárquico		Intermedio		Maestranza	
<b>Fuerza laboral (mantenimiento)</b>			<b>Especialización del personal</b>		
Contratada	Mixta	Propia	Adecuada	Intermedia	Deficiente

**3 - EVALUACION DE LA INSTALACIÓN EN LOCALES**

<b>3.I General</b>	<b>Local N°</b>	<b>Cantidad de locales similares</b>	
Uso			
Cat.ambiental	Limpio	Intermedio	Sucio

3.II - Datos del local							
Puestos de Trabajo:		Uni o bi personal			Multipersonal:		
Dimensiones local		Ventanas			Obstrucciones de ventana (promedio)		
u x v	Altura	Sup. u x h	Orient.	Dispositivo de sombra	Poca <20%	Media 20-60%	Alta >60%
			N S E O	1 2 3 4 5 6			
			N S E O	1 2 3 4 5 6			

1-Celosías plegables, 2-Persianas, 3-Venecianas (tipo vainilla), 4-Parasoles de movimiento vertical y basculante, 5-Vainillas verticales u horizontales regulables, 6-Parasoles externos fijos.

3.III - Uso de la Instalación					
Hs. Encend/día		Días/semana		Semanas/año	

3.IV- Condiciones de servicio			
Iluminancia horizontal promedio sobre el plano de trabajo:			
Hora:	claro	nublado	semi-nublado

[Croquis del local]

3.V - La instalación					
LUMINARIAS					
Tipo	1	2	3	4	Otro
Cantidad					
N° lámp/					
T.lámpara					
Potencia					
Enciend					
Apagad					
Parpade					
Encextre					

LUMINARIA:

Fijación: Aplique Plafond      Suspendida      Proyector      Localizada

A - Luminaria para lámparas lineales fluorescentes

Cuerpo o reflector:      Chapa Pint. Aluminio      Aluminio AP

Forma:      Listón      Pantalla      Canaleta

Louver:      Chapa pintada      Aluminio      Aluminio AP

Forma:      Parabólico      Dobleparaból.      Persiana      Casetón      Reticulado

Difusor:      Cristal      Opal

B - Luminaria para lámparas circular fluorescentes

C - Luminaria para lámparas Fluoresc.Compacta modular

Cuerpo o reflector: Chapa Pint. Aluminio Aluminio AP

Forma: Cajón Tacho Combinado

Louver: Chapa pintada Aluminio Aluminio AP

Forma: Parabólico Dobleparaból. Casetón Reticulado

Difusor: Cristal Opal Chapa perforada

D - Luminaria para lámparas incandescentes

Artefactos simétricos y decorativos

E - Luminaria para lámparas fluorescentes compactas (integrales)

Artefactos simétricos y decorativos

F - Luminaria para lámparas halógena Baja Tensión Reflectoras

Los artefactos de estas lámparas no cumplen función óptica alguna.

G - Luminaria para lámparas halógena de Baja Tensión, bipines

Sólo a los efectos decorativos

H - Luminaria para lámp.de halogenuros metálicos de baja potencia, terminal doble

I - Luminaria para lámparas de cuarzo-iodo

Proyectores Campana Tacho

J - Luminaria para lámpara de halogenuros AP a rosca

Proyectores Campana Naval

## AUDITORÍA EN ILUMINACIÓN DE EDIFICIOS

### Instructivo para el llenado de la ficha RELEVA

El encuestador deberá tomar en consideración las siguientes instrucciones y recomendaciones antes de iniciar su tarea.

#### **AUTORIZACIÓN:**

El relevamiento parte de la obtención de autorización del (los) que tiene (n) la máxima responsabilidad en la seguridad y administración del edificio, quien (es) deberá (n) estar perfectamente en conocimiento de cuáles son los alcances y objetivos de la misma, del tipo de información a recabar y del procedimiento para conseguirla.

#### **PROCEDIMIENTO:**

La autorización es por lo general comunicada a los niveles de logística o maestranza con quienes, durante la fase de Procedimientos, el encuestador deberá mantener estrecha comunicación a los efectos de solucionar cualquier inconveniente que surgiera o para obtener la información que fuera necesaria.

Antes iniciar el procedimiento de relevamiento el encuestador deberá realizar un análisis del edificio, horarios de funcionamiento, los locales que lo componen, las circulaciones, niveles, áreas de servicio, accesos, etc.

### Llenado del formulario

El éxito de la presente encuesta depende de la confiabilidad de los datos recabados y de la correcta interpretación que tenga el encuestador de los rubros que la componen. Se ha incluido las presentes notas explicativas de algunos ítems a los efectos de su mejor interpretación.

#### **1.I - Identificación del edificio**

Deberá consignarse los datos que permitan la identificación del edificio, su ubicación, función y dependencia o institución a la que pertenece.

##### **Función:**

Consignar la función principal del edificio.

**Antigüedad:** se considera la antigüedad de la instalación si esta fuera distinta a la del edificio, caso de edificios acondicionados o remodelados.

##### **Climatización:**

**Central:** está servido por un equipo único, siendo característica de reconocimiento los conductos de distribución y difusión de aire.

**Individual:** Algunos o todos los ambientes cuentan con su propio sistema de climatización.

## **2 - EVALUACION DEL MANTENIMIENTO**

La información sobre este rubro es suministrada por los responsables del mantenimiento del edificio.

#### **2.I - Planificación del Mantenimiento**

##### Carácter:

**Preventivo:** cuando las acciones tienden a contrarrestar problemas que se prevee van a ocurrir -o sea antes de que ocurran- tal como la reposición de lámparas antes de que alcancen un cierto grado de deterioro, o limpieza de la instalación antes de que la depreciación luminosa afecte las condiciones de servicio, etc.

**Correctivo:** cuando la acción está precedida por el deterioro de la instalación: lámparas quemadas o excesivamente depreciadas, niveles de ensuciamiento de la instalación por encima de los admisibles, etc.,

**Eventual:** cuando la acción obedece a factores ajenos a las propias causales de la instalación: Remodelación general, quejas de los usuarios, necesidad de recuperar el buen aspecto y apariencia del edificio, etc. NS/Nc: No sabe/ No contesta.

Tipo:

Puntual: que la acción (preventiva o correctiva) se ejecuta con los artefactos o locales en los cuales se detectaron deficiencias.

En bloque: cuando la acción involucra partes considerables o toda la instalación en conjunto, reemplazando lámparas que han alcanzado su vida útil, sin contemplación de que enciendan o no.

NS/Nc: No sabe/ No contesta.

## **2.II - Frecuencia entre servicios**

Meses entre dos servicios de mantenimiento consecutivos.

Instalación abarcada por el servicio: Si el servicio se realiza por Bloque, es la parte (medida en número de luminarias, superficie, locales o ítem similar), respecto de toda la instalación, que se somete al servicio. Si fuera toda la instalación es entonces 100%.

## **2.III - Recursos Materiales**

**Calidad de luminarias:** Se evalúa la calidad de los artefactos ( pintura, hermeticidad, pulido de espejos, etc.) y de los equipos auxiliares (conexión, sello de conformidad con normas, etc.). Requiere la observación de, al menos, un artefacto representativo de la instalación (deberá disponerse de medios técnicos adecuados a ese fin)

**Especificación de compra:**

Tiende a recopilar información sobre la calidad de los materiales que son incorporados a la instalación como reemplazo de los que se deterioran. Es para ello necesario evaluar las especificaciones de compra. ¿Garantiza las especificaciones de compra, que los materiales sean de buena calidad, o únicamente se atiende al costo de los mismos o a la simplicidad de la compra , sin mayor preocupación en cuanto a la calidad de los materiales? Se considerará que esta es:

**Adecuada:** Cuando la reposición de los materiales sea basada en especificaciones técnicas que conduzcan inequívocamente a la incorporación de productos de buena calidad, sea esta verificable con sello de conformidad, marca probada y reconocida, etc.

**Intermedia:** Cuando la reposición de equipos incluya parcialmente o incompletos ítems de calidad.

**Deficiente:** Cuando la reposición de equipos se efectúe sin ninguna, o muy escasa especificación de calidad.

## **2.IV - Recursos humanos**

**Administrador o responsable:** Categoría de quién es el encargado de tomar la decisión sobre el mantenimiento de la instalación (no quien ejecuta el mantenimiento) .

**Fuerza laboral:** Quien ejecuta el mantenimiento, por cuenta y orden del administrador o responsable. ¿Es personal propio o es alguien ajeno a la empresa a quién se suele contratar con un fin específico? ¿Cuenta con suficientes conocimientos sobre instalaciones de alumbrado para solucionar de la mejor forma los problemas que el mantenimiento racional de una instalación demanda, o bien es personal no especializado, que normalmente desempeña otras funciones dentro de la organización y a quién eventualmente se recurre para solucionar los problemas en el alumbrado?

**Contratada:** se trata de personal ajeno a la organización al que se le encarga una limitada tarea de mantenimiento.

**Propia:** cuando el mantenimiento es realizado por el propio personal en relación de dependencia con la organización que administra el edificio.

**Mixta:** es el caso en que ciertas tareas son contratadas con personal ajeno (generalmente las tareas que requieren mayor especialización) quedando otras para ser realizadas con personal propio.

Uso: horas por día en las que la instalación está en uso. Días por semana y semanas al año de uso. En caso de días de uso parcial, deberá prorratearse entre los restantes días de la semana, lo mismo para períodos mensuales, vacaciones, receso, etc.

Calidad de luminarias: Se evalúa la calidad de los artefactos (pintura, hermeticidad, pulido de espejos, etc.) y de los equipos auxiliares (conexión, sello de conformidad con normas, etc.). Requiere la observación de al menos un artefacto representativo de la instalación (deberá disponerse de medios técnicos adecuados a ese fin)

### **3 - EVALUACION DE LA INSTALACIÓN DE ALUMBRADO DE LOCALES**

#### **3.I - General**

Local N°:

Esta identificación debe permitir la diferenciación de los diferentes locales del edificio sin riesgos de equivocaciones.

Uso:

Consignar el tipo de tarea que se desarrolla en el local, sea administrativo, control, sanitario, atención a clientes, etc.. Utilizar preferentemente la información suministrada por los administradores del edificio o los responsables del local.

Categoría ambiental del local:

Está determinada por el la cantidad de polvo o material particulado proveniente del exterior o generado dentro del local o edificio. El polvo suele depositarse por gravedad principalmente en superficies horizontales o electrostáticamente en dispositivos con campos electromagnéticos, tales como lámparas y luminarias.

#### **3.II - Datos del local**

Puestos de trabajo:

Uni o bipersonal: Local celular con uno o dos puestos de trabajo

Multipersonal: Local con tres o mas puestos de trabajo, deberá consignarse la cantidad de ocupantes que pueden desarrollar sus tareas allí, en la máxima capacidad de ocupación.

Dimensiones: Consignar las dos dimensiones de la planta, u x v, siendo u la dimensión de la pared que contare con ventanas. En el caso de ventanas en mas de una pared, se deberá usar el siguiente renglón.

Altura: consignar la altura del local, si se tratara de un techo con doble altura, por ejemplo 3 y 5m, consignar 3/5. En aquellos casos en que las alturas sea una diferenciación virtual de un mismo local, deberá tratarse como dos locales separados, utilizando el renglón seguido. Es el caso de áreas de atención al público y circulación en los accesos de edificios importantes.

Ventanas:

Consignar: Superficie (Sup.), Orientación (Norte Sur Este Oeste),

El tipo de dispositivo de sombra: se incluyen las opciones más corrientes: 1-Celosías plegables, 2-Persianas, 3-Venecianas (tipo vainilla), 4-Parasoles de movimiento vertical y basculante, 5-Vainillas verticales u horizontales regulables, 6-Parasoles externos fijos

Obstrucciones de ventana:

Es una estimación sobre los elementos que impiden el ingreso de la luz natural. Las obstrucciones son producidas por los propios dispositivos de sombra que poseen las ventanas. No se toma en consideración las obstrucciones EXTERNAS, proveniente de edificios, construcciones adyacentes, vegetación, etc.

### 3.III - Uso de la Instalación

Uso: horas por día en las que la instalación está en uso. Días por semana y semanas al año de uso. En caso de días de uso parcial, deberá prorratearse entre los restantes días de la semana, lo mismo para períodos mensuales, vacaciones, receso, etc.

### 3.IV- Condiciones de servicio

Es la iluminancia horizontal medida a una altura sobre el piso definido por el plano de trabajo mas importante del local.

A los efectos de facilitar su evaluación se ha dispuesto un espacio para que el encuestador realice un croquis a mano alzada del local. Allí puede consignarse la ubicación de las luminarias, puestos de trabajo, etc. en lápiz. Los puntos de medición de iluminancia estarán demarcados en el croquis con una equis, y el valor de iluminancia consignado sobre de ella. La cantidad de puntos a medirse depende de las dimensiones del local y de la regularidad de distribución de luminarias. Se sugiere una retícula de no mas de 1.5 x 1.5 metros.

Nota: No es necesario efectuar el cálculo del promedio de iluminancia

### 3.V - La instalación

La planilla está diseñada de manera de permitir en forma sucinta la inclusión de diferentes tipos (hasta 5) de luminarias que pueda encontrarse en un mismo local, las que se individualizará con un número. A los efectos la descripción de cada tipo se deberá seleccionar marcando con un círculo las características mas similares a las opciones que se incluyen y colocando el número del tipo al que hace referencia sobre de cada círculo.

Ejemplo: en un local a con 6 artefactos para tubos fluorescentes tipo canaleta de chapa pintada con louver persiana de aluminio de 2 tubos de 36 W a los que se ha designado como "tipo 1".

En este caso la planilla de la instalación correspondería llenarse de la siguiente manera:

3.V - La instalación					
LUMINARIAS					
Tipo	1	2	3	4	Otro
Cantidad	<b>6</b>				
Nº lámp/	<b>2</b>				
T.lámpara	<b>A</b>				
Potencia	<b>36</b>				
Enciend	<b>10</b>				
Apagad	<b>1</b>				
Parpade	<b>1</b>				
Encextre	--				

LUMINARIA:

Fijación: Aplique Plafond Suspendida Proyector Localizada

A - Luminaria para lámparas lineales fluorescentes

Cuerpo o reflector: Chapa Pint. Aluminio Aluminio AP  
Forma: Listón Pantalla Canaleta

Louver: Chapa pintada Aluminio Aluminio AP  
Forma: Parabólico Dobleparaból. Persiana Casetón Reticulado

Difusor: Cristal Opal

### B - Luminaria para lámparas circular fluorescentes

### C - Luminaria para lámparas Fluoresc.Compacta modular

Cuerpo o reflector:	Chapa Pint.	Aluminio	Aluminio AP	
Forma:	Cajón	Tacho	Combinado	
Louver:	Chapa pintada	Aluminio	Aluminio AP	
Forma:	Parabólico	Dobleparaból.	Casetón	Reticulado
Difusor:	Cristal	Opal	Chapa perforada	
...				

### Selección de tipo de luminaria

La luminaria tiene un amplio rango de clasificaciones, según sea su fijación, tipo de lámpara, características ópticas, etc.

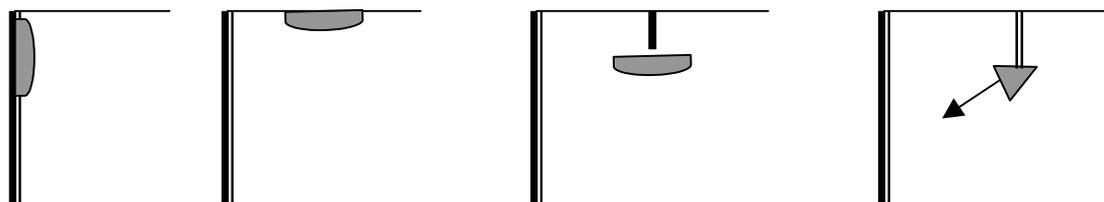
### Clasificación según su Fijación

**Aplicado:** está directamente en contacto con la pared o embutida en él

**Plafond:** está directamente en contacto con el cieloraso o embutida en él.

**Suspendida:** Está separada por una distancia importante del cieloraso, posee elementos de suspensión, tales como cadenas, barrales o tensores.

**Proyector:** Es una luminaria orientable de haz estrecho. Por lo general está separado de paredes o cieloraso, a fin de poder ser orientado.



Aplique

Plafond

Suspendida

Proyector

Fig. 1 - Diferentes tipos de fijaciones

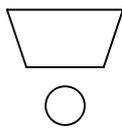
### Artefacto para lámparas fluorescentes lineales

Las lámparas fluorescentes lineales son las más empleadas en edificios no-residenciales. Los artefactos cubren una amplia gama de modelos, siendo muy difícil establecer una clasificación que los abarque en su totalidad.

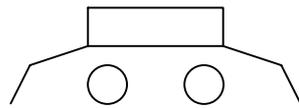
En un artefacto puede reconocerse las siguientes partes ópticas: (1) el cuerpo reflector, o sea la parte de la superficie del artefacto enfrente a la lámpara y (2) louvers o difusores, interpuesto entre lámparas y plano de trabajo. Los louvers y difusores no siempre están presentes en un artefacto.

### Materiales empleados en Reflectores y Louvers

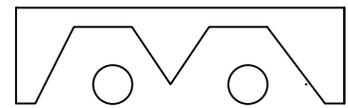
Pueden ser de chapa pintada, reconocibles por su color blanco mate, de aluminio (pulido, anodizado o abrigantado) caracterizado por su color metálico y textura semi-brillante y aluminios de alta pureza (AP), reconocibles por su alto factor de reflexión especular.



Listón



Pantalla



Canaleta

Fig. 2 - Tipos de cuerpos reflectores

Louvers:

Son superficies reflectoras, interpuestas entre lámpara y plano de trabajo para direccionar o apantallar haces de luz emergentes.

Parabólico: Chapas de forma parabólica, dispuestas longitudinalmente a la lámpara, exclusivamente de aluminio de alta pureza (AP).

Duoparabólico: Idem anterior, dispuestos tanto longitudinal como transversalmente a la lámpara.

Cantidad:

Número de luminarias de igual tipo

Nº lámp/ Cantidad de lámparas de 1 solo artefacto de igual tipo

T.lámpara: Seleccionar el tipo de lámpara correspondiente. Se incluyen los tipos mas comunes en los ambientes a auditar.

Enciend. : cantidad de lámparas con capacidad de encender

Apagad. : cantidad de lámparas que no encienden (se presume en falla) o que falta en los artefactos relevados.

(Los siguientes ítems son aplicables a lámparas tubulares fluorescentes)

Parpade: cantidad de lámparas que están parpadeantes (Tubos agotados). A los fines del cálculo de la potencia disipada estos equipos consumen el 90% de un circuito normal.

Encextre: cantidad de lámparas encendidas en los extremos (falla en arrancador). A los fines del cálculo de la potencia disipada estos equipos consumen el 100% de un circuito normal.

Otro: Este espacio es para agregar una breve descripción de artefactos que no pudieren ser clasificados con las opciones del formulario.

Tipos de lámparas:

Deberá seleccionarse el tipo de lámpara colocando la letra identificatoria en el casillero correspondiente, marcado como T.lámpara.

A - Lámparas lineales fluorescentes

La lámpara mas usual en el alumbrado no residencial. Entre ellas las potencias mas común es de 40 y 36W, de una longitud de 1200 mm. Luego le siguen las de 65W (1500mm) y 110W (105W), las que por su gran longitud (2400mm) solo son usadas en la iluminación de grandes espacios.

Las lámparas fluorescentes de 20 y 30W, son cada menos frecuentes debido a que están siendo reemplazadas por las fluorescentes compactas.

B - Lámparas circular fluorescentes

Los artefactos son circulares, por lo general, para una sola lámpara y pueden poseer o no difusores de vidrio o acrílico.

#### C - Lámpara Fluoresc.Compacta modular

Es una lámpara alternativa de las incandescentes y –en ciertos casos– de las fluorescentes tubulares, debido a sus dimensiones mas reducidas. El aspecto que ofrecen los artefacto de lámparas compactas fluorescentes es similar al los que se utiliza para las tubulares, con louvers y difusores de idénticas características y materiales, aunque mas compactos. Los artefactos deben contar con un espacio para el alojamiento de los equipos auxiliares.

Puede reconocerse las siguientes formas:

Cajón: de forma cuadrada, con capacidad de varias lámparas

Tacho: forma cilíndrica, que puede poseer reflector elipsoidal de aluminio

Combinado: Posee louver (o difusor) que no cubre toda la boca del artefacto, sólo la lámpara.

#### D - Incandescentes

Artefactos simétricos y decorativos

#### E - LFC integrales

Los artefactos son similares a los utilizados en lámparas incandescentes, o sea simétricos y decorativos.

#### F - Halógena Baja Tensión Reflectoras

Los artefactos de estas lámparas no cumplen función óptica alguna, ya que éstas poseen su propio reflector.

#### G - Halógena Baja Tensión bipines

Generalmente usadas a los efectos decorativos.

#### H - De halogenuros metálicos de baja potencia, terminal doble

Proyectores                      Campana              Tacho

#### I - Lámparas de cuarzo-yodo

Este tipo de lámparas están siendo reemplazadas por otras alternativas más ventajosas. Los artefactos comunes a las mismas son:

Proyectores                      Campana              Tacho

#### J - Lámpara de halogenuros AP a rosca

Proyectores                      Campana Naval

Por su alta potencia estas lámparas sólo se usan para iluminación de grandes espacios.