

# **Capítulo 7**

## **Sistemas Innovadores de Iluminación**

**Leonardo Assaf**

- 1. Sistemas Automáticos de Control de Iluminación**
- 2. Sensores**
- 3. Referencias de instalaciones con sistemas automáticos de control**
- 4. Selección de estrategia de control**
- 5. Limitaciones de la tecnología de los Sistemas Automáticos de Control de Iluminación**
- 6. Bibliografía**

Con el nombre de *Sistemas Innovadores* se engloba una serie de dispositivos concebidos para mejorar la eficiencia y las condiciones de servicio en instalaciones de alumbrado, mediante la introducción de nuevas funciones, haciéndolas más flexibles, confortables y atractivas. *Innovador* hace referencia a aquello distinto de lo convencional y que aún no se ha generalizado para las instalaciones corrientes.

Los sistemas innovadores comprenden una diversidad de dispositivos que van desde luminarias, equipos auxiliares y sistemas de control, hasta ventanas inteligentes, lumiductos y colectores de luz solar. Una clasificación general permitiría diferenciar inicialmente entre los sistemas innovadores *del alumbrado artificial* y los sistemas innovadores *del alumbrado natural*. Aunque muchos de ellos aún se hallan en etapa experimental y de perfeccionamiento, las expectativas que generan sobre eficiencia y mejoramiento en la calidad de servicio de las instalaciones de alumbrado permiten vaticinar que en un futuro cercano no podrán estar ausentes en ningún tipo de instalación de luz. Estas circunstancias, y la insuficiente información disponible, justifican la importancia de una mayor y más objetiva divulgación de ellos en la República Argentina.

### **1. Sistemas de control automáticos de iluminación**

Con el desarrollo de la electrónica de potencia, con componentes capaces de manejar las corrientes y tensiones típicas de lámparas de descarga (Assaf y Avellaneda de Wilde, 1985) de interfaces de control y de los Controladores Lógicos Programables (PLC), han aparecido en el mercado equipos que realizan nuevas e innovativas funciones en los sistemas de iluminación, entre ellos, los denominados Sistemas Automáticos de Control.

Un Sistema Automático de Control de Iluminación (SACI) puede ser definido como un dispositivo de control del alumbrado artificial, que tiene la finalidad de proveer alguna de las siguientes funciones:

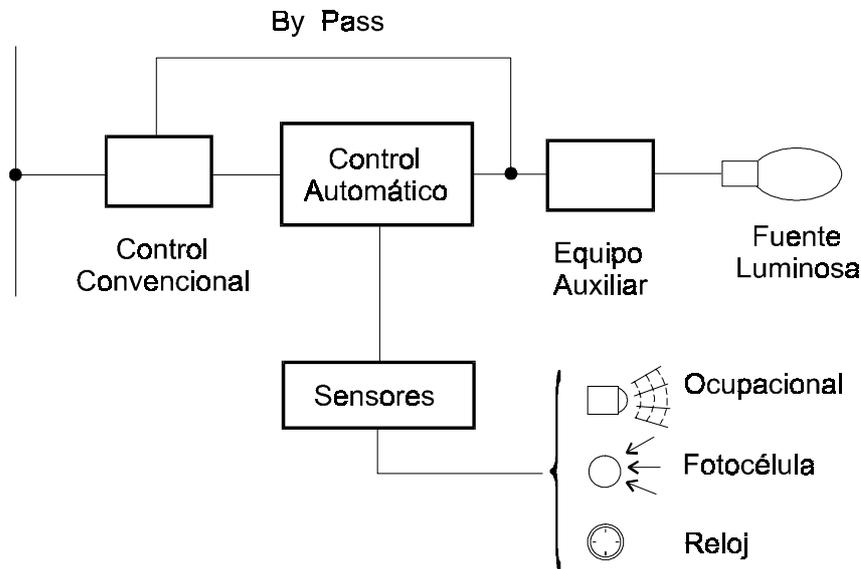
- Encendido
- Apagado
- Atenuación (control del flujo luminoso)

Los sistemas de control automático (SACI) aparecen, entonces, como una alternativa al control manual, realizado por el usuario o por el encargado (administrador) según su propio criterio; con los SACI se ejecutan las mismas tareas automáticamente, y de acuerdo a un patrón preestablecido, orientado al ahorro energético y en función de una o más de las siguientes variables:

- Nivel de iluminancia por la luz artificial o natural
- Ocupación de los locales
- Horario de ocupación de los locales

Pertenece a esta categoría una amplia gama de equipos, desde simples relojes controladores de iluminación hasta módulos de control conectados, por interfaces apropiadas, a complejas centrales de administración y control de un edificio domótico. La finalidad de estos sistemas es el control de todos los sub sistemas, incluidos los de iluminación, luz de emergencia, señalización de vías de escape, alarmas de seguridad, etc. Cada módulo, compuesto por una

red de sensores y de dispositivos varios, realiza el monitoreo de las condiciones operativas, la detección de fallas, predicción del mantenimiento, etc., información que es luego procesada por la central de control. En el presente capítulo nos referiremos únicamente a los SACI como módulos independientes y al ahorro energético como la más importante finalidad de los mismos.



**Figura. 1-** Esquema de un sistema automático de control de una lámpara de descarga, con los diferentes tipos de sensores con los que puede operar. El bypass permite la anulación del control automático, recuperando el control manual.

La figura 1 muestra esquemáticamente los constituyentes de un SACI. El equipo de control actúa sobre el equipo auxiliar o directamente sobre la lámpara asociada, pudiendo *conmutar* (encender o apagar) o bien *atenuar* la potencia de las mismas. La atenuación es realizada, por lo general, con balastos electrónicos de alta frecuencia, también con componentes convencionales (balastos inductivos), aunque son menos apropiados. La acción de control se ejerce sobre una o varias luminarias, pudiendo ser:

- con salida a interruptores (control si-no).
- con salida a atenuadores (regulación continua).

Se describen, a continuación, cada uno de los componentes y sus aplicaciones.

#### *Salida a interruptores*

La salida a interruptores provee un control tipo Sí/No, su confiabilidad deviene en que no involucra componentes sofisticados. El control (apagar o encender) puede ejercerse sobre una o más luminarias, pudiendo emplearse tanto con sensores ocupacionales como con sensores de nivel luminoso, como se verá más adelante.

Los equipos ofrecidos comercialmente soportan por lo general cargas de hasta 10 Amperes, lo que es suficiente para conmutar directamente unas 25 lámparas fluorescentes de 36 W. Instalaciones más importantes, con una mayor cantidad de lámparas, tales como naves industriales o locales deportivos, precisan la ayuda de relés o contactores (Figura 2).

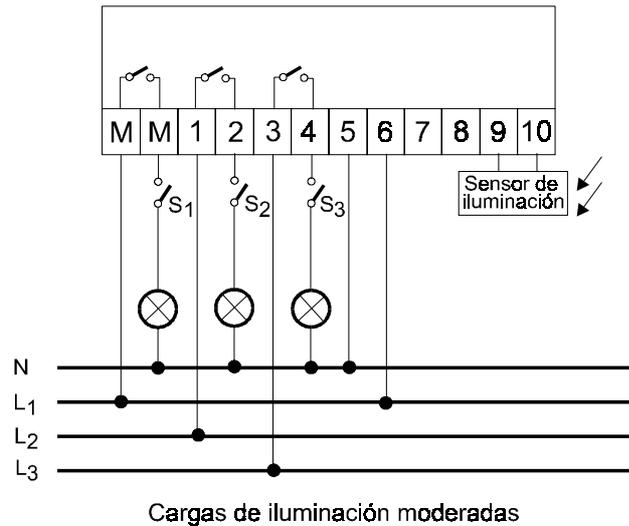


Fig. 2a

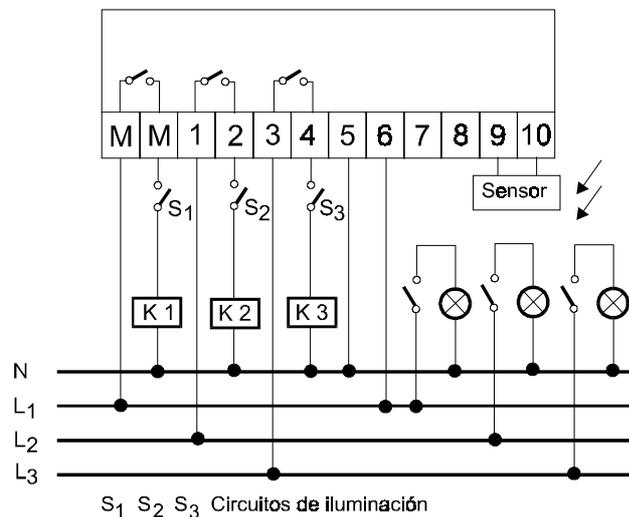


Fig. 2b

**Figura. 2.-** Diagrama de un SACI con salida sí/no: a) cargas menores de 10 Amperes pueden ser controladas directamente, b) para cargas mayores se utilizan contactores o relés

Si se usan sensores fotoeléctricos, con salida sí/no, el control se hace por escalones, es decir se apagan o encienden *grupos* de luminarias a la vez. Cuanto mayores sean estos escalones, más económica resultará la instalación, aunque menor será el aprovechamiento de la luz natural disponible. Por el contrario, escalones pequeños, aunque resulten más onerosos, no sólo permiten un mejor aprovechamiento energético sino que evitan las distracciones de los usuarios ocasionadas por las variaciones perceptibles del nivel de iluminación. Para evitar esto, los escalones de control no deben ser superiores al 30 % de la potencia total instalada en luz en los locales bajo control; por esta razón, el control por atenuación del nivel de iluminancia, mediante sensores fotoeléctricos es más apropiado que el si/no.

### *Salida a Atenuadores*

Es un sistema de control proporcional, la señal de control determina cuál es la proporción de atenuación del flujo luminoso de las lámparas, disminuyéndoles su potencia. La relación directa entre flujo luminoso y potencia, denominada eficiencia luminosa, puede modificarse con la regulación del flujo luminoso de la lámpara. Si se realiza la regulación a un tubo fluorescente con un dispositivo que no provoque distorsiones en la forma de corriente de alimentación de la lámpara, la eficacia puede aumentar hasta en un 12%. Equipos de mala calidad no sólo empeoran la eficacia luminosa con la atenuación, sino que pueden afectar la duración de la lámpara. No todas las lámparas son aptas para la regulación de su flujo luminoso sin que experimenten algún tipo de inconvenientes. Recientes desarrollos electrónicos permiten hacer funcionar tubos fluorescentes en regímenes de baja potencia, por lo tanto, no hay limitaciones en el grado de atenuación que puede realizarse, desde el 100% a valores tan bajos como 1%, sin parpadeos.

Algunos fabricantes han desarrollado líneas especiales de lámparas con capacidad de ser atenuadas, para ser usadas con balastos de alta frecuencia preferentemente en instalaciones que posean regulación de flujo. La información necesaria para una adecuada selección puede obtenerse de los catálogos.

Merece destacarse que la regulación del flujo luminoso de lámparas posibilita el máximo aprovechamiento de las continuas variaciones de la luz natural con mínimas molestias para el usuario quien no percibe ningún cambio en la iluminación. Además, permite ahorrar la energía del exceso de iluminación que puede estar originado, por ejemplo, por sobredimensionado inicial de la instalación para lograr un buen *factor de mantenimiento*. Este sobredimensionado inicial de la instalación –del orden del 20 al 25%– se realiza para que la depreciación luminosa hasta el momento del mantenimiento no deteriore el nivel de iluminación por debajo del mínimo recomendable. Esto puede representar una economía de un 10 al 15% de la energía consumida, entre períodos de mantenimiento.

## **2. Sensores**

La finalidad de un sensor de un sistema de control es evaluar las condiciones de los ambientes (cantidad de luz natural, presencia o ausencia de ocupantes, etc.) para generar la señal de control. Los tipos más conocidos son:

- Sensor ocupacional
- Sensor fotoeléctrico
- Sensor de tiempo (reloj)

### *Sensor Ocupacional*

El derroche por factor ocupacional (Dfo) ha sido caracterizado como un importante factor en la ineficiencia en los sistemas de alumbrado. Valores típicos del desperdicio por luces encendidas, en locales desocupados de un edificio, pueden ser del 25% de la energía total disipada en iluminación (Tabla 1). El sensor ocupacional es un dispositivo que detecta la presencia de personas en los locales para realizar el control.

Son apropiados, a este fin, dispositivos similares a los utilizados en sistemas de seguridad (alarmas antirrobo), los que están basados principalmente en dos tipos de tecnología: de

*infrarroja* y de *ultrasonido*. En este caso, el control es del tipo Sí/No, no siendo compatibles las salidas de atenuación.

*Tecnología de infrarroja:* Los sensores infrarrojos pasivos (PIR, passive infrared) consisten en opto-resistencias que se hallan colimadas por una lente de Fresnel. Detectan la ocupación del espacio por diferencias de temperatura entre los cuerpos en movimientos y el ambiente. Las lentes de Fresnel les otorgan una gran cobertura espacial. La principal ventaja es que son económicos y el área de control está perfectamente delimitada.

*Tecnología Ultrasónica:* actúan por efecto Doppler producido por el movimiento de la fuente emisora. La señal ultrasónica de un emisor de cristal de cuarzo, reflejada por los objetos del local, es recibida por uno o más receptores, permitiendo la detección de movimiento por cambios en el tiempo de retorno de la señal. Debido a que el sonido se propaga en todas direcciones, se denominan también detectores volumétricos, característica que deberá considerarse cuando se realiza el diseño de una instalación con este tipo de sensores, en atención a la existencia de fuentes de perturbación que ocasionen falsos disparos.

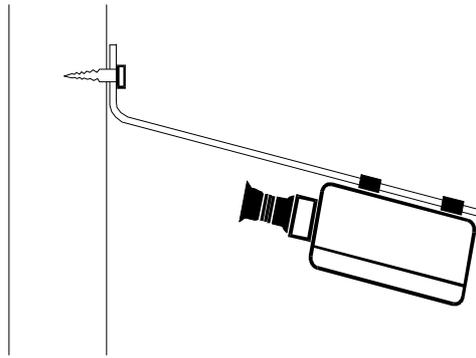
<b>Tabla 1.</b> Derroche por factor ocupacional (Dfo) producido en locales no ocupados con luces encendidas	
<b>TIPO DE LOCAL</b>	<b>Dfo</b>
Baños-Servicios	43%
Oficinas individuales	27%
Salas de Reunión	23%
Laboratorios	19%
Talleres	3%

### *Sensor fotoeléctrico*

Un fotosensor es un dispositivo de control electrónico que permite variar el flujo luminoso de un sistema de iluminación en función de la iluminancia detectada.

Aprovechar la luz natural con el sistema de control convencional significa considerar, en diferentes circunstancias, si la luz que está ingresando por la ventana es suficiente para la remisión total o parcial de la luz artificial, una tarea que para los ocupantes de una oficina, por ejemplo, sería aceptable sólo si es realizada voluntariamente, como un compromiso en contra del derroche de energía, nunca si se vieran presionados a ello. En los ambientes laborales, donde los usuarios no han adquirido tal hábito, el aprovechamiento de la luz natural puede representar un porcentaje insignificante, estudios realizados en edificios informan que no alcanza al 5% del gasto de energía en iluminación.

El control con sensor fotoeléctrico ahorra esas molestias al ocupante, siendo casi infalible en la evaluación de la cantidad de luz. Los sensores no son otra cosa que elementos fotosensibles colimados por una lente enfocada sobre el área de interés, como en el caso de sensores PIR. Cuando se pretende integrar señales de un área importante del local son apropiadas las lentes de Fresnel, o bien lentes comunes orientadas sobre un área más reducida, ya sea un escritorio o una porción de pared (Figura 3). La ubicación de este punto, junto con el enfoque del sensor, parecieran ser los puntos críticos de esta técnica, que frecuentemente se ve perjudicada por falsos disparos.



Sensor de iluminación

Fig. 3

**Figura. 3.-** Sensor fotoeléctrico enfocado a un área de trabajo que recibe luz natural y artificial.

Las lentes son enfocados a partes testigos del área de trabajo (Figura 3), generándose la señal de control, según la cantidad de iluminación que está recibiendo esa zona del local. Si esta cantidad es mayor que el valor de calibración (coincidente con el nivel de iluminancia de servicio) una proporción de la potencia de las lámparas controladas es atenuada. Las luminarias deben estar dispuestas en filas paralelas a la ventana. Primero se conmutará (o atenuará, según el tipo de control) la fila más próxima a la ventana, siguiendo con las restantes, según la cantidad de luz natural disponible en cada zona. El gradiente de esta atenuación debería ser tal que los usuarios no lleguen a percibir cambios ni diferencias de su medio ambiente visual.

El control fotoeléctrico es recomendable sólo en locales o zonas que dispongan de una buena contribución de luz natural. El denominado *coeficiente de luz diurna* (*cld*, ver Capítulo 12) es el indicador más apropiado para evaluar la luz natural de un local. Se define como el cociente de la iluminancia interior (en un punto) y la iluminancia exterior producidas por la luz natural (sin considerar obstrucciones y en un día nublado). Puede ser calculado mediante tablas, con los datos geográficos del sitio de emplazamiento del edificio.

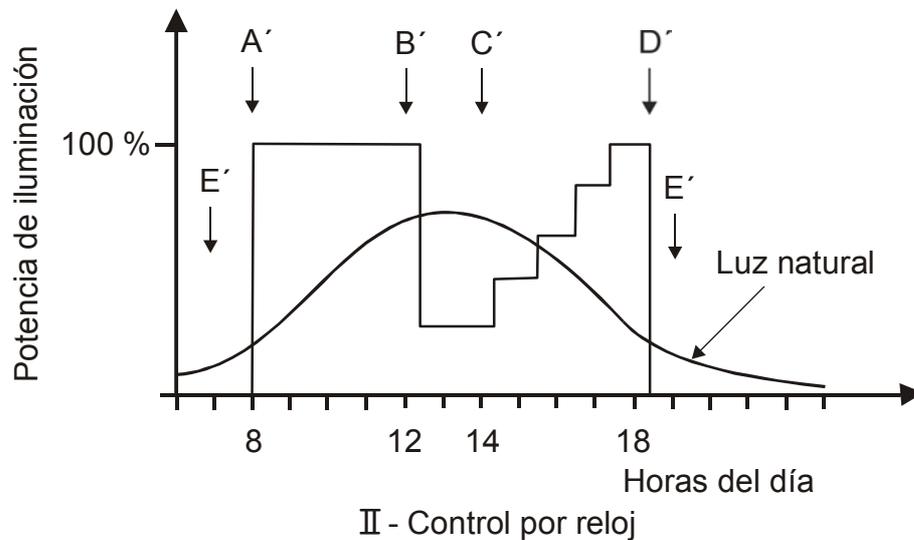
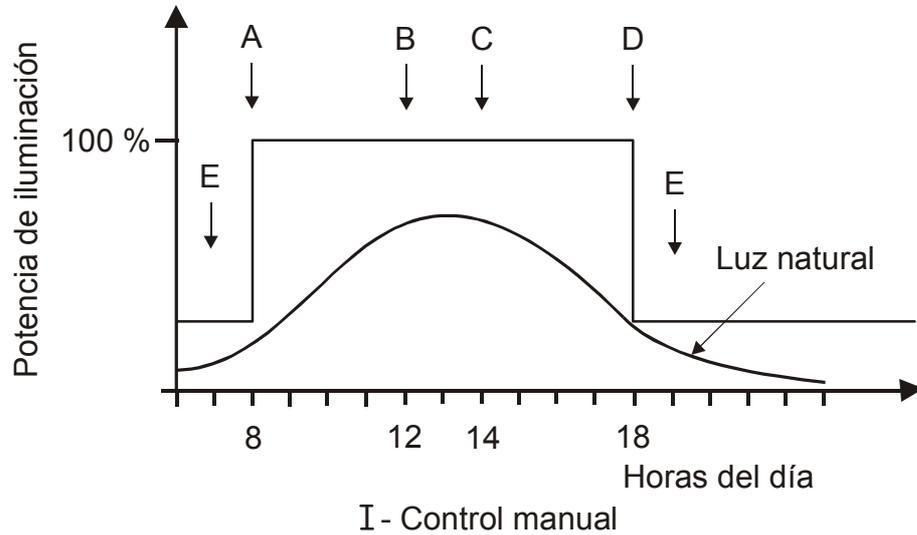
Un control tipo si/no será provechoso cuando el *cld* en el punto de ubicación de las luminarias a controlar sea mayor al 1%, mientras que los que tienen salida de atenuación pueden ser usados a partir de  $cld = 0,5\%$ , siendo por lo demás apto para controlar exceso de iluminancia sobre el plano de trabajo cualquiera sea su origen, tal como se comentó anteriormente.

#### *Sensor horario*

Son interruptores horarios programables que poseen más de un ciclo de apagado. Precursores de estos equipos son los relojes usados desde hace décadas para el control de luces de vidrieras o carteles luminosos de la vía pública. En los modernos relojes de tiempo electrónico y en ciertos PLCs, puede realizarse una programación en forma diaria, semanal, mensual o anual y hasta incluir feriados. Una memoria no volátil con reserva horaria evita que un eventual corte de energía borre la programación.

Estos dispositivos están indicados preferentemente para locales con un patrón de ocupación muy regular y conocido, por ejemplo aulas escolares, naves industriales, o locales de oficinas, para la pausa del mediodía o al final de la jornada. En una oficina, cuyos horarios incluyan

una pausa al mediodía, un control horario induce un ahorro adicional, al estimular un mayor uso de la luz natural debido a que al regreso de la pausa, coincidente con la hora de mayor aporte de luz natural, los ocupantes de los locales tienden a encender en menor proporción las luces.(Figuras 4)



**Figura 4.-** Diagrama de carga de iluminación en una oficina típica. Comparación entre control convencional (I) y control automático (II):

*(I) Control convencional (usuarios)*

- A- Por las mañanas al inicio de las tareas, la disposición de luz natural es mínima, los usuarios encienden todas las luces (la utilización de la iluminación es máxima-100%).
- B-C En la pausa del medio día, coincidente con la hora de máxima disposición de luz natural, los ocupantes abandonan su locales dejando las luces encendidas.
- D- Al final de las tareas, por descuido, algunas luces quedan encendidas
- E- Luces encendidas hasta la próxima jornada.

(II) *Control por reloj , programado para apagar las luces a las 12:00 y 18:00 hs.; con retardo ( $t_r=20'$ ) los usuarios pueden encenderlas a voluntad*

- A'- Por las mañanas al inicio de las tareas, la disposición de luz natural es mínima, los usuarios encienden todas las luces (utilización 100%)
- B'- A las 12:00 Hs pausa del medio día, el sistema apaga las luces. Sólo quedan encendidas unas pocas luces indispensables.
- C'- Al regresar a sus tareas, coincidentes con la hora de máxima luz solar, los ocupantes sólo encienden parte de la lámparas, aumentando gradualmente según las necesidades, según declina la luz diurna.
- D'- Corte de las 18:00 Hs. Con un dispositivo de control automático,
- E' - Ninguna lámpara queda encendida una vez finalizada la tarea.

Los dispositivos con control horario no se usan, por lo general, para *encender* luces, quedando esta función como atributo de los ocupantes, que las ejecutan según sus necesidades. Resulta menos problemático y beneficioso usar el dispositivo de control para *apagar* antes que para *encender* luces. Ya que es frecuente que algunos ocupantes permanezcan en los lugares de trabajo más allá de los horarios establecidos, se recomienda incluir una señal que les advierta que las luces van a ser apagadas, en cuyo caso los usuarios optarán por retirarse o permanecer en los locales anulando el dispositivo de control.

#### *Ajuste de los sistemas de control*

Un tema crítico de estos sistemas lo constituye el ajuste post-instalación. Ninguno de ellos sale de fábrica listo para operar inmediatamente después de instalado, requiriendo el ajuste a cada local en particular. Esta tarea puede demandar varias jornadas de control y observación en prevención de cualquier funcionamiento inapropiado. Las situaciones imprevisibles derivadas de instalaciones no bien ajustadas pueden ocasionar conflictos con los ocupantes o bien el desaprovechamiento del potencial de ahorro de los locales, dos circunstancias que hay que evitar.

A continuación, destacamos los puntos que deben considerarse en el ajuste de los diferentes tipos de sensores:

**Retardo de prevención:** La acción de control con cualquier tipo de sensor debe estar precedida por un retardo a fin de evitar alteraciones molestas en el ambiente iluminado, producidas por cambios momentáneos de la variable de control, tales como usuarios que se alejan de sus lugares de tareas para retornar inmediatamente, o variaciones de la luz natural provocados por un nublado pasajero, etc. No hay una regla sobre la magnitud de tal retardo, empero entre 5 y 10 minutos pareciera ser un tiempo suficiente para abarcar la mayoría de las situaciones que pueden considerarse como transitorias.

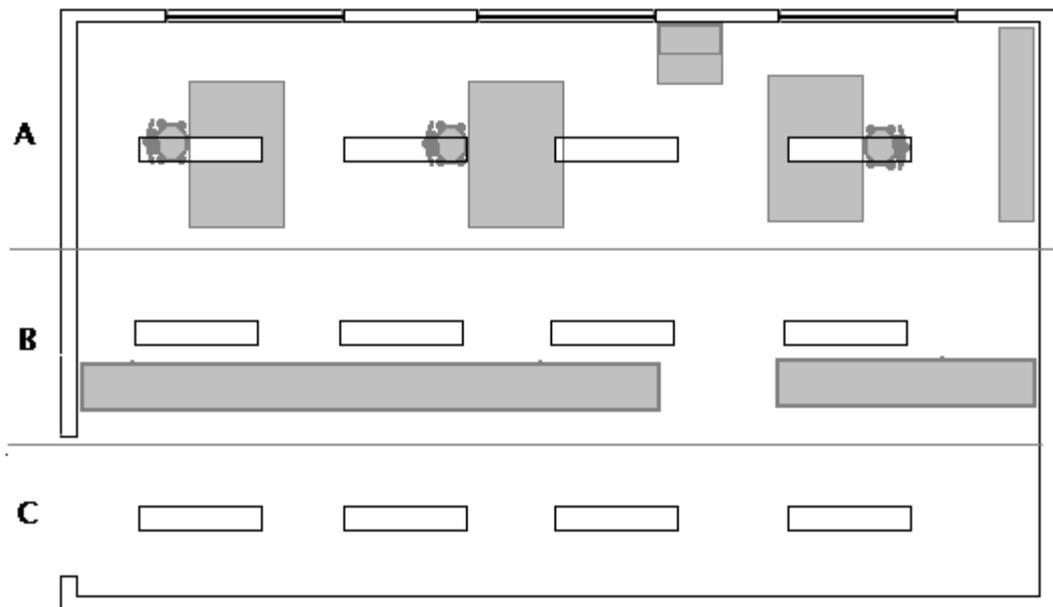
**Sensores fotoeléctricos:** El ajuste o calibración del sistema de control es la tarea mediante la cual se relaciona la señal del sensor con los valores de iluminancia horizontal. Esto se realiza en cada instalación según el control sea tipo SI/NO o de atenuación. En el primer caso debe conocerse cuál es la Iluminancia horizontal de servicio ( $E_s$ ), un valor establecido por las normas de diseño, según el tipo de local y la Iluminancia de conmutación ( $E_c$ ), ésta es, la contribución de las luminarias controladas por el dispositivo en ajuste, obtenido por medición. La señal medida por el sensor es proporcional a la iluminancia sobre el plano de trabajo ( $E$ ) y la acción de control se realizará de acuerdo a las siguientes condiciones:

si  $E > E_s + E_c$  durante un lapso de tiempo  $t > tr$ , entonces **apaga**

si  $E < E_s + E_c$  durante un lapso de tiempo  $t > tr$ , entonces **enciende**

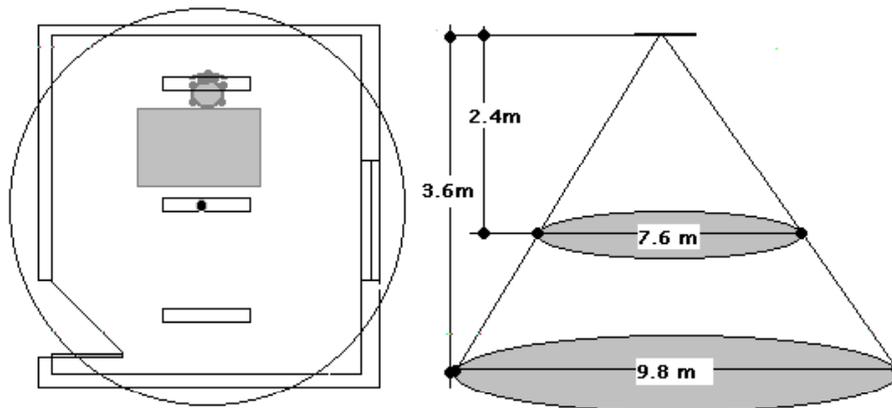
Es decir que la acción de control no se ejecutará en forma inmediata, sino luego de que la condición se prolongue un período mayor que el tiempo de retardo,  $tr$ , generalmente de entre 5 y 10 minutos.

Es indispensable que el sensor integre sólo la luz que aportan las luminarias bajo control, lo cual puede lograrse mediante una apropiada zonificación del local (Figura 5). La ubicación del sensor es otro factor a tomar en cuenta para evitar falsos disparos debido a reflejos o altas luminancias. Si no se pudiese evitar la aparición de las mismas dentro del área de sensibilidad, es recomendable el apantallado o enmascarado del sensor de las probables fuentes de perturbación.



**Figura. 5** Zonificación en una oficina multiocupacional para la instalación de sensores fotoeléctricos con atenuación. Se diferencian 3 zonas de control A (escritorios), B (mostradores) y C (pasillos), con sus respectivas luminarias, dispuestas longitudinalmente a la línea de ventanas.

Sensores ocupacionales: El área barrida por estos sensores debe limitarse a los espacios bajo control. Para evitar falsos disparos no debe hallarse expuesta a señales espurias, originadas por la presencia dentro del área sensible de objetos de alta reflectancia o que presenten rápidos cambios de temperatura, tales como calefactores, acondicionadores de aire o ventanas (Figura 6). También debe contemplarse cierto retardo de tiempo antes del apagado de luces, a fin de evitar cortes frecuentes e improductivos por ausencias breves de los usuarios.



**Figura. 6.** Vista en planta del esquema de alcance de un sensor ocupacional instalado zenitalmente en una oficina individual (izquierda). El sensor cubre un área cónica, siendo el radio de acción proporcional a la altura de montaje (derecha)

Relojes: Un apagado a escalones de 15 minutos de duración, por lo menos, puede servir de advertencia para que los usuarios tengan conocimiento de que las luces van a ser apagadas y que la hora de desocupar los locales se ha cumplido.

### 3. Referencias de instalaciones con sistemas automáticos de control

Las instalaciones con sistemas de control de uso de alumbrado realizadas en diversos países muestran, por lo general, excelentes resultados, lo que alienta las expectativas para la adopción de esta tecnología en nuestro país. En la evaluación de antecedentes sólo se tomó en consideración aquellos de carácter independiente, de una fuente imparcial e inobjetable, descartándose la publicada por los factores interesados en componentes de esta tecnología como pueden ser los fabricantes o instaladores.

En Gran Bretaña, las instalaciones monitoreadas reportan ahorros de un 40% a un 60%, y resulta en buena rentabilidad con período simple de recupero de capital de 1,7 a 3 años (ver Tabla 2).

<b>Tabla 2:</b> Ahorro de energía mediante sistemas de control en edificios remodelados en Inglaterra (Fuente: Slater y Wilson, 1994; Crisp, 1982).			
<b>Edificio</b>	<b>Uso de edificio</b>	<b>Ahorro de energía</b>	<b>Período de recuperación simple de capital (años)</b>
Chase Manhattan	Oficina	64%	3,5
GEC Turbines	Oficina	40%	3
Gwent CC	Oficina	75%	7
IBM – Greenlock	Oficina	S/d	1,9
Jacobs Well	Oficina	36%	0,8
Porthmouth	Oficina	40%	1,8
Racal Decca	Oficina	75%	1,5
Vandyke School	Escuela	S/d	1,7
Avon Cosmetics	Fábrica	28%	2,1
Romford Brewery	Fábrica	50%	2,5
Brooke Bond	Almacén	S/d	3,0
BT, Birmingham	Almacén	47%	1,0
Unimart, Cowley	Almacén	85%	1,8

Más promisorios aún, son los resultados que se declaran haber conseguido en Australia, país con recursos de alumbrado natural similares a los de la República Argentina, y que se muestran en la Tabla 3.

<b>Tabla 3. Ahorro de energía mediante sistemas de control en edificios de Australia.</b>	
<b>Edificio</b>	<b>Ahorro de energía</b>
Consejo de Melbourne (talleres)	62%
Hospital Dental de Adelaide	60%
Escuela Panorama	57%
Oficina Servicio de Energía	45%
Edificio Capita	56%
Oficina de teléfonos	64%

Las referencias internacionales son a veces contradictorias. Mientras en una investigación realizada en edificios escolares de Inglaterra se informa que es prácticamente nulo el ahorro que puede lograrse (Crisp, 1987), en Australia se reportan instalaciones en escuelas con ahorros de energía del 40 al 57 % (Badgery, 1989).

Con respecto a las instalaciones de envergadura de este tipo, realizadas en nuestro país (Lamata, 1982), puede decirse que se está aún lejos de las que se realizan en países de desarrollo similares. Señalemos como precursoras al edificio IBM y a la torre Pérez Companc, ambas realizadas en la ciudad de Buenos Aires en los inicios de la década de los 80. Más recientemente, una serie de edificios denominados *inteligentes*, equipados con SACI han sido inaugurados; lamentablemente se carece de información alguna sobre monitoreo del rendimiento obtenido en tales instalaciones, al menos aquello que haya sido divulgado públicamente.

#### 4. Selección de estrategia de control

La selección de la estrategia de control está orientada a lograr un buen resultado del método de control. Una selección adecuada implica la elección del sensor apropiado según el tipo de ocupación y la cantidad de ocupantes. La tabla 4 incluye las recomendaciones del Building Research Establishment (BRE) de Gran Bretaña, de los sensores más apropiados según el tipo de ocupación y la cantidades de ocupantes.

<b>Tabla 4. Recomendaciones respecto a los sensores más apropiados en distintas circunstancias.</b> (Fuente: BRE, 1983.)				
<b>Tipo de ocupación</b>	<b>Cantidad de ocupantes</b>	<b>Sensor horario</b>	<b>Sensor ocupacional</b>	<b>Sensor fotoeléctrico</b>
Variable	Muchos	+++	+	+
Variable	Uno o dos	+	++	+
Horario Intermitente	Muchos	+++	+	+
Continua	Muchos	+++	Solo en áreas localizadas	+++
Continua	Uno o dos	+	Solo en áreas localizadas	++
Horario Intermitente	Uno o dos	---	+++	+
Eventual	Cualquiera	+++	+++	---

Notas: +++ Muy apropiado ; ++ Aceptable; + No recomendable; --- No aplicable

*Selección de Sensor ocupacional*

La Tabla 5 contiene la elección más adecuada para sensores ocupacionales, en función del local a controlar. La misma está basada en información de diversos fabricantes.

**Tabla 5.** Tipos de sensores ocupacionales más adecuados en función del espacio a controlar.

Tipo de local	Sensor PIR	Sensor ultrasónico	PIR + ultrasónico
Oficinas con cerramientos	+++	+	+++
Depósitos	+++	+	+++
Baños	+	+++	+++
Con techos altos	+++	+	+
Aulas	+++	+	+++
Salas de reuniones	+	+++	++
Con generadores de calor	+	++	+++
Cocinas	+	+++	+++
Pasillos confinados	+++	+++	+++
Oficinas Individuales	+	++	+++

Notas: +++ Muy apropiado; ++ Aceptable; + No recomendable

## 5. Limitaciones de la tecnología de los SACI

Como toda tecnología de innovación, corresponden mencionarse limitaciones e inconvenientes derivados de ella, con el objeto de evitar que se vea desprestigiada, situación que, según los cánones del mercado, es muy difícil de revertir. Los inconvenientes, todos superables desde el punto de vista tecnológico, sobre los que el diseñador o proyectista debe tomar las precauciones necesarias son:

- (a) Carencia de métodos apropiados para el diseño de instalaciones
- (b) Dificultad en la predicción del ahorro que es posible lograr
- (c) Funcionamiento no deseado de las instalaciones, sea en el encendido o apagado de luces
- (d) Dificultad de especificaciones y calidad de los equipos
- (e) Reacción adversa de los ocupantes a este tipo de instalación.

Según una investigación realizada en los EEUU (RPI, 1997), los detectores PIR han sido disparados por corrientes de aire, reflejos u otras señales espurias, provocando encendidos o apagados innecesarios de luces. También se objeta que los sensores utilizados no son de presencia, sino de movimiento, lo cual es cierto en parte: es más fácil la detección de personas en movimiento que la detección sin movimiento. Si el usuario permanece inmóvil durante cierto tiempo, el sensor puede interpretarlo como una "ausencia de ocupante" y producir un disparo falso. Por esta razón no son apropiados para locales como baños u oficinas individuales, curiosamente en donde mayor derroche por factor ocupacional se verifica (Tabla 1). La tecnología dual (combinación PIR y ultrasonido) es más recomendable en cualquier situación dudosa, con mucho menos posibilidades de falsos disparos.

Los detectores ultrasónicos pueden ser activados también con señales provenientes desde zonas fuera del área de interés, tal como corredores adyacentes o aún zonas exteriores a una puerta o ventana. Las características acústicas, de cada una de las superficies de los locales,

influyen en el rendimiento y funcionamiento de estos equipos; superficies tales como alfombras y tapices disminuyen el alcance debido a que absorben la señal.

Un tema importante es el de la calidad de los equipos y confiabilidad de las instalaciones, especialmente cuando los sistemas de control (SACI) incluyen dispositivos electrónicos. Polución electromagnética, prematuro envejecimiento de lámparas y fallas catastróficas son algunos de los problemas que se reportaron debido a la mala calidad de balastos electrónicos, dimmers o sensores ocupacionales. Podría argumentarse que éste es un problema que puede solucionarse con apropiados estándares de calidad, lo cual es cierto. Sin embargo, no es fácil la normalización de dispositivos de relativamente nuevo diseño.

La Norma IRAM 2465 (IRAM, 1996) homologa a las internacionales IEC 928 y 929 (IEC, 1989) sobre balastos electrónicos. No existe por el momento norma para atenuadores (dimmers) a nivel internacional. La mayoría de los componentes de los sistemas de control se hallan aún sin normalización.

Las reacciones adversas, de los ocupantes de locales equipados con sistemas de control SACI, parecen ser el punto más limitante de esta tecnología. Afortunadamente la mayoría de las quejas se originan principalmente en el mal funcionamiento de estos equipos, ya sea porque incurren en apagados incorrectos o bien incluyen operaciones frecuentes y distractivas, tal como se comentó anteriormente.

Aunque la queja de los usuarios u ocupantes pueda hallar en los sistemas de control, la oportunidad para canalizar otras insatisfacciones, mayormente relacionadas con el medio ambiente laboral, un aspecto a considerar es la no-resignación a la pérdida de control de la iluminación, percibiendo en ello una restricción de sus atribuciones. Sólo un diseño inobjetable de la instalación puede prevenir un conflicto de esa naturaleza. Por lo demás, en caso de dudas, es aconsejable la coexistencia del control manual y el automático, en el cual el usuario conserve la facultad de encender y aún de apagar las luces a su voluntad.

### **Bibliografía**

Assaf L. y Avellaneda de Wilde, M., 1985. "Dispositivos electrónicos como equipos auxiliares de fuentes luminosas". *Luminotecnica* N° 19.

Badgery, J., 1989. "Lighting controls systems practical experiences". 35th IESANZ National Convention, Auckland.

BRE, 1983. *Lighting Controls and Daylight Use*. BRE Digest No. 272, Building Research Establishment, Department of Environment, United Kingdom.

Crisp, V., 1982. *Lighting Controls to Save Energy* PD 33/82, BRE (Building Research Establishment), Dept. of Environment, Reino Unido.

Crisp, V., 1987. *Lighting Research and Technology*, Vol.10, No. 2.

Lamata, J, 1982. "Control del consumo energético en instalaciones a través de computadoras". *Luminotecnica* 34, Vol. XVI.

RPI, 1997. *Occupancy Sensors*, Specifier Reports, Vol. 5, No. 1. Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, NY. (Revisado: oct. 1998.)

Slater, A. y Wilson, A., 1994. "Energy efficient lighting in industrial buildings and warehouses". *CIBSE National Lighting Conference*, p.154.

IEC, 1989. Normas IEC 928 e IEC 929. *Electronic ballasts for tubular fluorescent lamps*. International Electrotechnical Commission.

IRAM, 1996. Norma IRAM 2465. *Balastos electrónicos para lámparas tubulares fluorescentes*. Instituto Argentino de Normalización.