

# **CAPÍTULO 3**

# **CONTROL DE SISTEMAS DE ILUMINACIÓN FLUORESCENTE**

Los controles de iluminación son cada vez más sofisticados. Debido a que el costo de energía continuamente se incrementa, es necesario hacer esfuerzos para minimizar el consumo de energía en sistemas de iluminación. Estos esfuerzos apuntan a tres direcciones principalmente:

- Desarrollo de equipo de iluminación más eficiente.
- Utilización de diseños mejorados para iluminación.
- Implementación de sistemas de control.

El control de los sistemas de iluminación juega un papel importante en un sistema de iluminación, todos los dispositivos de control de iluminación tienen dos funciones básicas: abrir o cerrar los circuitos de iluminación y regular el flujo luminoso en las lámparas. Existe una gran variedad de formas, tipos y aplicaciones para los controles de iluminación, sin embargo todos estos controles pueden ser agrupados en los siguientes tipos:

- **Atenuadores o reguladores de flujo luminoso (dimmers).** Se usan para controlar la salida de luz de las lámparas.
- **Temporizadores (timers).** Reducen el consumo de energía poniendo límites de tiempo donde es posible establecer horarios definidos, ya sea para encender o apagar las lámparas en horarios.
- **Sensores de presencia.** Proporcionan un control local de encendido-apagado de las lámparas en respuesta a la presencia o ausencia de ocupantes en un espacio. Las lámparas son apagadas después que el espacio es desocupado dentro de un periodo de tiempo predeterminado.
- **Fotosensores.** Son dispositivos fotoeléctricos que permiten a un sistema de iluminación responder a cambios en el nivel de iluminación del entorno, son muy utilizados en iluminación exterior.

La instalación de controles para iluminación es la forma más efectiva de ahorrar energía debido a que se utiliza el sistema de iluminación solo cuando sea necesario. Para una correcta implementación de algún dispositivo de control existen una serie de estrategias a seguir y la elección de estas dependerá de la actividad que se lleve a cabo en el lugar donde se instalarán los controles.



## **3.4 ESTRATEGIAS PARA EL CONTROL DE ILUMINACIÓN**

Las estrategias para el control de iluminación pueden mejorar la calidad de iluminación del espacio y los controles instalados, principalmente para fines estéticos pueden producir un ahorro de energía significativo. Adicionalmente, el sistema de control debe ser capaz de permitir ajustes iniciales y no afectar la operación de otros equipos como por ejemplo dispositivos de control de demanda.

### **3.4.1 CONTROL POR SENSORES DE PRESENCIA**

Esta estrategia es utilizada en áreas o espacios parcialmente ocupados, se encienden las luces cuando se detecta la presencia de alguien y se apagan automáticamente después de cierto tiempo de no detectar a nadie. Los detectores de presencia pueden ahorrar una cantidad significativa de energía y dinero, evitando el desperdicio de energía cuando la iluminación no sea necesaria.

Actualmente los detectores de presencia se basan principalmente en dos tecnologías: dispositivos basados en sensores ultrasónicos y dispositivos basados en sensores pasivos de infrarrojos. Los detectores de presencia se pueden utilizar por separado para activar o desactivar el sistema de iluminación; sin embargo también se pueden combinar con atenuadores de flujo luminoso ya que en algunas aplicaciones puede requerirse además la atenuación del flujo luminoso.

### **3.4.2 CONTROL POR FOTSENSORES**

El objetivo de esta estrategia de control es variar el flujo luminoso de acuerdo a la luz censada en fotosensores, llegándose a tener un ahorro de energía de hasta el 60 %. Para lograr esto se utilizan regularmente sistemas automáticos con ajuste de flujo luminoso, aunque el ahorro depende de varios factores, como las condiciones climáticas; la forma, orientación y diseño del edificio, los sensores y el diseño de la instalación; y las actividades propias del edificio.

Las zonas a iluminar tienen que ser adyacentes a las ventanas y a no más de 4 metros y los sensores deben estar montados sobre el área de trabajo. Los detectores de presencia de hoy en día cuentan con la opción de activación por fotoceldas.

También se puede utilizar un dimmer, su uso involucrará el uso de un fotosensor el cual le proporcionará el nivel de iluminación del lugar y le da la posibilidad de reducir el flujo luminoso de la lámpara cuando haya suficiente luz solar. El fotosensor va conectado al balastro electrónico controlable. Algunos fabricantes proporcionan un fotosensor para controlar cada balastro, otros proporcionan uno para un grupo de balastros y otros requieren se instale un control entre el balastro y el fotosensor como se muestra en la figura 3-1.

En estos sistemas se utilizan fotosensores en lazo cerrado para mantener un nivel de iluminación constante; es decir, estos sensores miden la contribución de luz solar y luz artificial, y

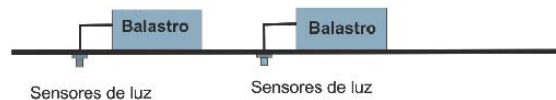


continuamente ajustan el flujo luminoso de las lámparas para mantener el nivel de iluminación deseado.

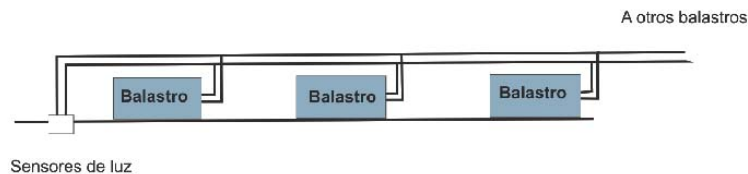
Un ajuste manual del fotosensor permite a los usuarios seleccionar el nivel de iluminación, el cual se mantendrá en ausencia de luz solar y durante el proceso de control.

Se puede utilizar dimmer de rango completo o de medio rango, aunque su utilización depende del lugar donde se utilice. Un dimmer de rango completo es aquel que puede variar el flujo luminoso aproximadamente desde el 10% hasta el 100%, mientras que uno de medio rango generalmente varía el flujo luminoso desde el 50% al 100%.

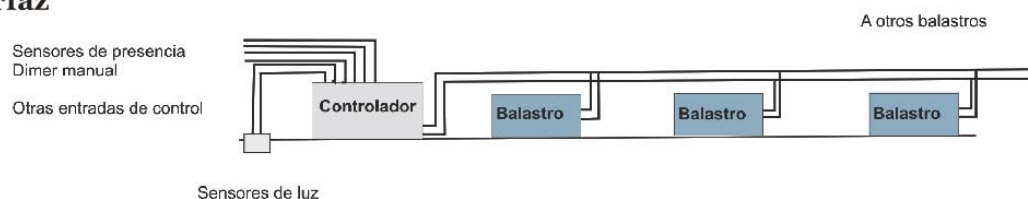
### Control Local por Fibra Óptica



### Área de control sin interfaz



### Área de control con interfaz

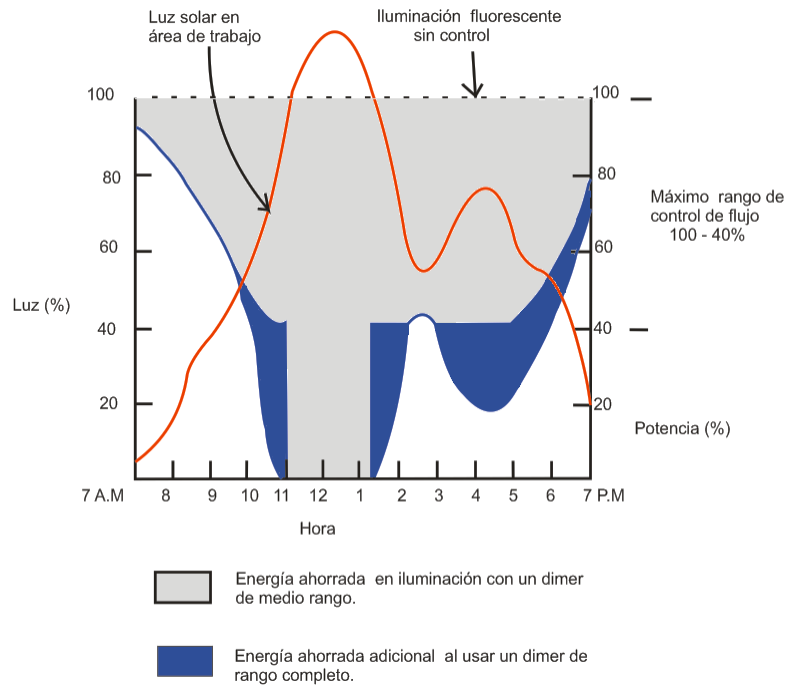


**Figura 3-1.** Configuración típica para dimmer activado por fotosensores para lámparas fluorescentes.

Si se desea iluminar determinada área, la cual es iluminada en determinadas horas del día por suficiente luz solar, se requiere un dimmer de rango completo para aprovechar mejor la luz solar. En cambio si el área a iluminar es iluminada con poca luz solar (el nivel de iluminación obtenido con la luz solar hasta es el 50% del requerido en el área) basta con un dimmer de medio rango. Una consideración importante es que tanto el fotosensor como el balastro y el control deben ser compatibles para trabajar en un sistema con dimmer basado en el nivel de iluminación.

En la siguiente figura se muestran los efectos de usar un dimmer de rango completo y uno de medio rango, considerando que en un intervalo de tiempo, la luz solar proporciona el nivel de iluminación requerido.

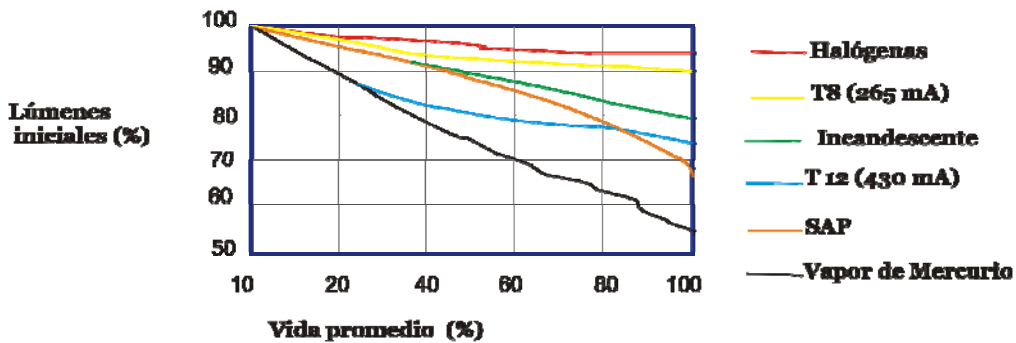




**Figura 3-2.** Gráfica típica del ahorro de energía al utilizar un dimmer en sistemas de control por compensación de luz solar.

### 3.4.3 CONTROL POR MANTENIMIENTO DE FLUJO LUMINOSO

El flujo luminoso de un sistema eléctrico de iluminación va disminuyendo al paso del tiempo, a este fenómeno se le conoce como depreciación del flujo luminoso y depende del tipo de lámpara que se utilice.

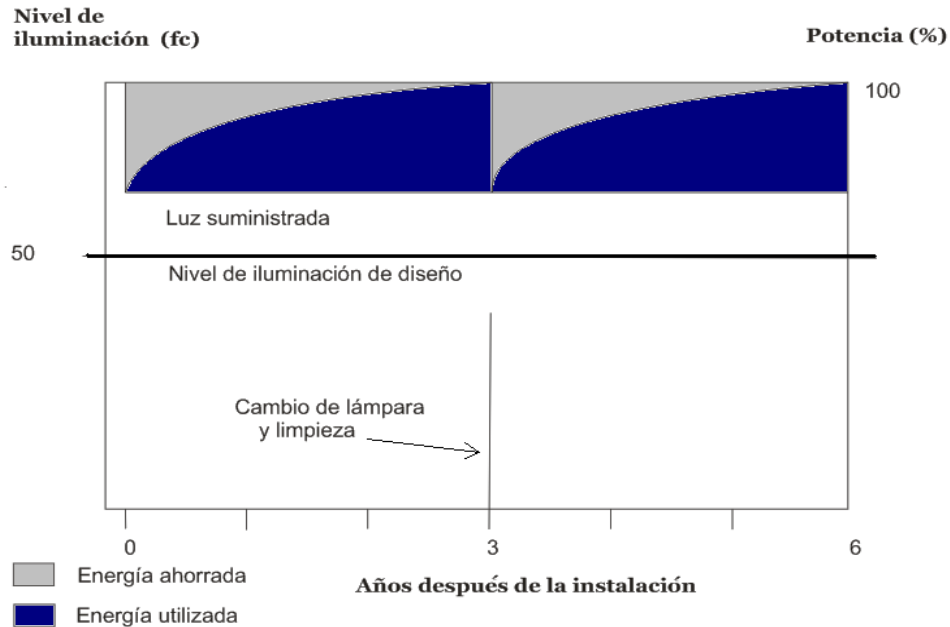


**Figura 3-3.** Depreciación de lúmenes de las lámparas más comunes.

Con esta estrategia de control lo que se busca es mantener constante el nivel de iluminación, compensando el cambio por causa de la depreciación de lúmenes. Los mismos sensores que se



utilizan en el control por fotosensores se utilizan en esta estrategia; los sensores detectan la reducción gradual de la salida de luz, y el sistema de control responde incrementando la potencia de entrada para poder mantener el nivel de iluminación deseado.



**Figura 3-4.** Energía utilizada y energía ahorrada en un sistema de control por compensación de depreciación de lúmenes.

Para poder implementar estos sistemas es importante que el nivel de iluminación este sobrado entre el 20 y 35 % en un principio.

Este sistema de control es más rentable cuando se utiliza para controlar grandes bloques de luminarios.

### 3.4.4 CONTROL MANUAL

Esta estrategia se refiere al ajuste del flujo luminoso que sale del luminario o sistemas de luminarios para proporcionar un determinado nivel de iluminación de acuerdo a la tarea que se realice en el área.

Usando un control manual, el flujo de salida de cada luminario o grupo de luminarios puede ser reducido hasta igualar los requerimientos visuales del área. Donde han sido instalados controles por fotosensores o para mantenimiento de flujo luminoso; el nivel de iluminación mantenido puede ser ajustado con un control manual del fotosensor. Otros métodos de ajuste manual del nivel de iluminación involucran el uso de dimmer de pared y/o control remoto de mano.

Como una alternativa para los dimmer montados en pared, están las tecnologías de control inalámbricas. Un sensor es instalado en el techo y es conectado directamente a los balastos. El



sensor recibe las señales del dimmer, el cual las envía con un transmisor inalámbrico. Adicionalmente además de recibir las señales de un dimmer, algunos sensores pueden también detectar la presencia y las condiciones de luz solar dentro del espacio. Con esta estrategia se obtiene un importante ahorro de energía sin perjudicar las tareas de los ocupantes. La desventaja de utilizar controles manuales es que, cuando se utiliza este tipo de control, la tendencia de los usuarios es dejar encendidas las lámparas, para el caso de controles de encendido y apagado; y mantener el nivel de iluminación al máximo cuando se utiliza un dimmer.

### 3.4.5 CONTROL POR PLANIFICACIÓN

En algunos casos, el sistema de control de iluminación es programado para cambiar el nivel de iluminación o simplemente activarse de acuerdo a la hora del día.

Esta estrategia de control tiene su principal aplicación en lugares donde las actividades transcurren de manera rutinaria como por ejemplo la llegada y salida de personal, periodos de comida, etc. Principalmente se utiliza en oficinas en donde se tenga bien definido el trabajo durante el día para toda el área.

MODO DE OPERACIÓN																									
CAPTACIÓN DE LUZ SOLAR																									
DEMANDA PICO																									
MANTENIMIENTO DEL EDIFICIO																									
TURNO NOCTURNO																									
HORAS LABORALES																									
HORAS DE SISTEMA APAGADO																									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	

Figura 3-5. Ejemplo de planificación para el funcionamiento del sistema de iluminación de un edificio.

Con esta estrategia se puede tener un ahorro de energía de hasta el 40 %, aunque controlar la iluminación de esta forma tiene la desventaja de mantener iluminada una área específica donde tal vez no hay actividad en determinado momento o peor aún apagar la iluminación cuando aún haya ocupantes, sin embargo estas desventajas se pueden corregir si se combina la planificación con alguna otra estrategia de control aunque la elección siempre estará en función del costo del sistema y la viabilidad de su implementación.

### 3.5 MÉTODOS PARA EL CONTROL DE ILUMINACIÓN

La selección de los métodos para el control es de mucha importancia en el proceso de especificación de un sistema de iluminación. La elección de una técnica de control se realiza con base a la estrategia de control decidida, así por ejemplo si se opta por control por fotosensores, se buscara una técnica de control que nos proporcione la mejor solución como podría ser el ajuste de flujo luminoso.

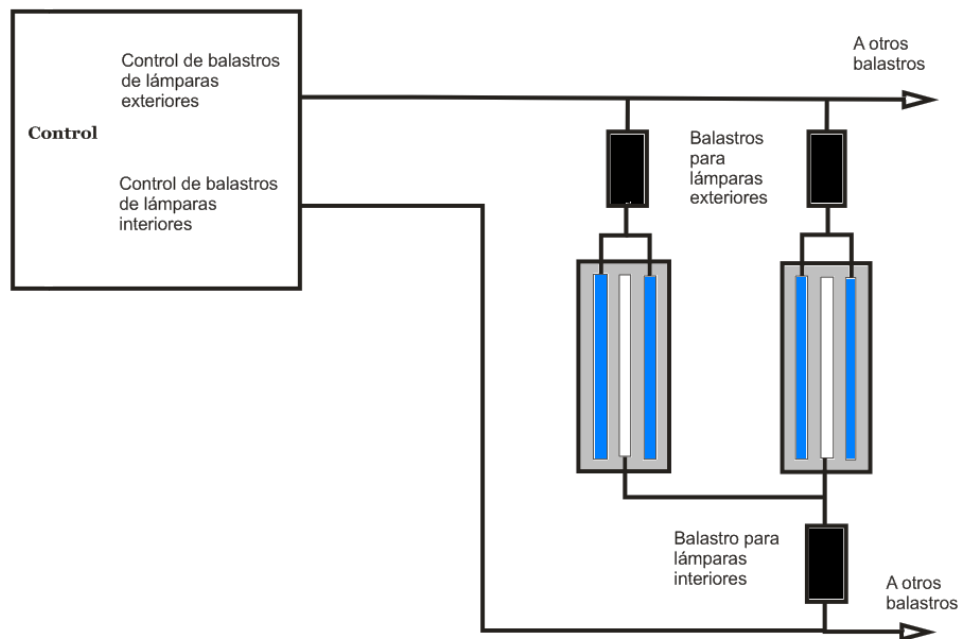
Las principales opciones que se tienen son: conmutación, ajuste de flujo luminoso, control local o central y el grado de automatización.

### 3.5.1 ENCENDIDO - APAGADO

Para este tipo de control se requiere un mínimo de espacio, como es el caso de apagadores en paredes. Con este método, la iluminación es activada o desactivada; la conmutación puede ser realizada manualmente con apagadores; remotamente por medio de interruptores en el tablero de control, por un sistema de control o por sensores de presencia.

Los sistemas de conmutación centralizados pueden resultar más económicos que la utilización de un dimmer, y son apropiados para estrategias como control por planificación, donde la acción de conmutación puede ser efectuada solamente cuando se desocupe el área.

Cuando se tienen varios balastos en el sistema, la conmutación puede ser empleada para proporcionar un ajuste del nivel de iluminación por etapas. La iluminación puede ser graduada durante el día permitiendo un nivel de iluminación reducido de acuerdo a los requerimientos de la tarea realizada. La reducción del flujo luminoso se obtiene gracias a la activación o desactivación de ciertos balastos. Dependiendo del diseño se pueden tener diversos niveles de iluminación, por lo general se utilizan 3 lámparas por luminario y se utiliza un balastro para dos lámparas.



**Figura 3-6.** Configuración para tener variación de flujo luminoso. Los porcentajes del flujo luminoso posibles con esta configuración son: 0%, 33%, 66% y 100%

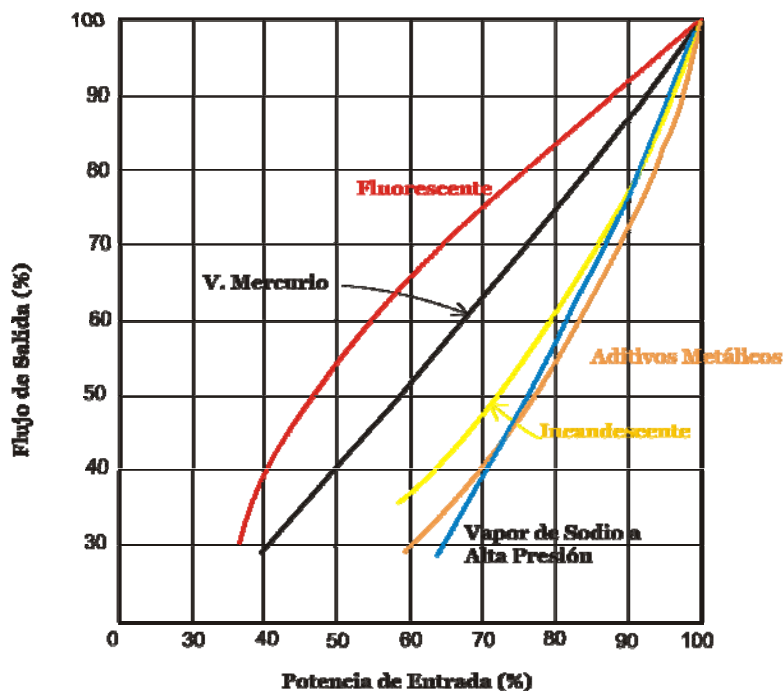
Con estos sistemas se puede variar el flujo luminoso, sin embargo hay varias limitantes como el espaciamiento entre luminarios, cantidad de lámparas, etcétera; por lo que para tener un ajuste más preciso lo más recomendable es el empleo de un dimmer.



### 3.5.2 REGULACIÓN DE FLUJO LUMINOSO

La regulación del flujo luminoso se lleva a cabo con un dimmer, con esta técnica la iluminancia en cada zona puede ser variada suave y continuamente (cuando el ajuste no es por pasos). Esta técnica puede ser utilizada para el control por fotosensores. También es eficaz en la compensación por depreciación del flujo luminoso la cual ocurre en todos los sistemas de iluminación (estrategia de control por mantenimiento del flujo luminoso).

El nivel mínimo de flujo luminoso es distinto para cada lámpara. Para el caso de lámparas fluorescentes se observa un comportamiento casi lineal a partir del 40% o si se es más estricto del 50%.



**Figura 3-7.** Comparativo de la reducción de flujo luminoso de los principales tipos de lámparas.

Esta característica puede ser explotada en esquemas de control donde se desea cambiar gradualmente el flujo luminoso sin sacrificar la eficiencia. Es posible tener un intervalo variación de flujo luminoso desde el 10% hasta el 100% el cual es posible obtener mediante la utilización de un balastro electrónico ajustable. En algunos casos es posible llegar hasta el 1%.

### 3.5.3 CONTROL LOCAL Y CENTRAL

El control de iluminación puede ser implementado en edificios que usan un sistema de control local, central o la combinación de ambos. Un sistema con control local se divide en zonas de control, su tamaño y forma depende de los espacios del edificio o su funcionamiento. En este sistema los sensores se conectan directamente al módulo control de un área específica, cada





módulo de control cuenta con sensores propios y es totalmente independiente de otros módulos. El empleo de sensores de presencia que detecten la intensidad de luz solar puede ser eficaz en este control.

En un sistema central por lo general se combinan zonas con control local formando así un sistema integrado o bien se gobierna el sistema de control desde un solo punto. Algunos sistemas con control central emplean microcontroladores y se encargan de controlar los módulos locales de cada área.

### **3.5.3.1 SISTEMAS DE CONTROL INTEGRADO**

Un sistema de control integrado consta de componentes manuales o automáticos, que se diseñan para ser compatibles con balastos electrónicos ajustables. Los módulos principales que componen este sistema de control son: módulo de potencia, módulo lógico y sensores.

El módulo de potencia consta de dispositivos que acoplan los circuitos electrónicos con el dispositivo de actuación. Este dispositivo puede ser un relevador o un interruptor a base de semiconductores.

El módulo lógico es el cerebro del control; consta de un microcontrolador y se encarga de procesar las señales provenientes de los sensores y mandar acciones a realizar al módulo de potencia. Los sensores son los dispositivos que convierten las variables físicas en eléctricas, como por ejemplo una fotocelda, la cual proporciona un voltaje de corriente directa dependiendo del nivel de iluminación.

### **3.5.3.2 PROCESADORES CENTRALES**

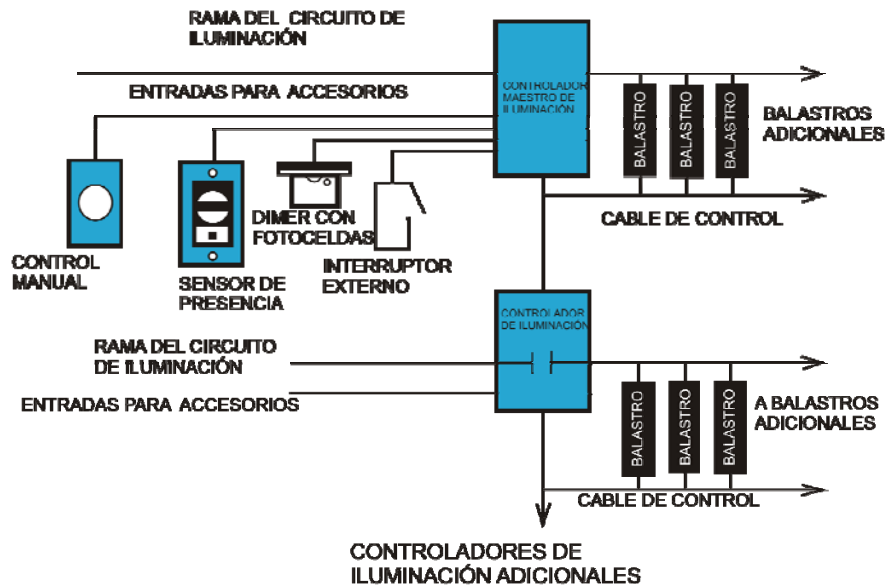
En sistemas centralizados, el procesador es el dispositivo que asimila los datos, determina los cambios requeridos y la acción a tomar. Los procesadores más sofisticados pueden responder a un gran número de condiciones recopilar datos sobre la utilización de la energía y proporcionan reportes para la administración.

De manera general, todos los procesadores operan de la misma manera: la señal de entrada proviene de un sensor, los datos son analizados de acuerdo con reglas predeterminadas y posteriormente toman una acción.

Los sistemas pueden responder tanto a controles manuales como a automáticos. Hay tres tipos de procesadores: local central y distribuido. Los procesadores locales se colocan adyacentes a los dispositivos a controlar, la señal proveniente del sensor, va a un acondicionador de señal y posteriormente al procesador. Los procesadores centrales reciben todas las entradas, analizan los datos y posteriormente envían las señales de control a los respectivos controladores. Este método permite coordinar el control de todos los elementos del sistema.

En un procesador distribuido, la toma de decisiones es llevada a cabo por procesadores locales, pero un procesador central se encarga de todo el sistema. La ventaja de este sistema es que no colapsa por la pérdida de algún procesador, solamente se requiere de la reprogramación en el procesador local, para ajustarse a los cambios.





**Figura 3-8.** Sistema de control de iluminación integrado.

Los medios de transmisión son los encargados de conectar cada módulo. Los medios de transmisión pueden ser los siguientes:

- **Cableado por par torcido.** Es usado para enviar y recibir datos entre los controladores de iluminación. El funcionamiento de este medio de transmisión es similar al del cable coaxial así como el mantenimiento requerido.
- **Cableado con cable coaxial.** Consiste en un conductor rodeado por una capa protectora contra interferencia electromagnética. Este cable puede transmitir datos sin ningún problema, limitando únicamente por la transmisión del equipo.
- **Transmisión por radiofrecuencia.** Este medio de transmisión elimina la necesidad de tener cable entre los módulos del sistema. Estos sistemas son relativamente caros pero son aplicables en sistemas exteriores y en donde sea difícil el acceso al control del luminario. Las frecuencias de radio de diversas fuentes pueden interferir con la operación adecuada de este equipo, por lo que se debe seleccionar muy bien el ancho de banda y la frecuencia a la que trabajara el sistema de transmisión-recepción.
- **Transmisión por microondas.** Es una alternativa práctica para la comunicación entre instalaciones separadas por distancias considerables. La transmisión con microondas tiene gran fiabilidad y compatibilidad con requerimientos futuros o expansión. El inconveniente es su costo.
- **Transmisión por líneas telefónicas.** Es el medio de transmisión más común cuando el sistema de control de iluminación se controla remotamente.
- **Transmisión por corrientes portadoras.** Cuando se transmite por medio de corrientes portadoras, se utiliza como medio de transmisión el cableado de la red eléctrica existente en el sitio. Es necesario instalar dentro de los luminarios los receptores y los emisores en algún punto deseado; ambos conectados a la red eléctrica. La transmisión



se realiza introduciendo la señal que contiene los datos sobre la señal de 60 Hz de la red. Existen varios protocolos, pero el más común es el denominado X-10. La transmisión se sincroniza con el paso por cero de la corriente alterna, un 1 binario del mensaje se representa con un pulso de 120 kHz durante 1ms, un cero por la ausencia de este pulso. La transmisión completa de un código X-10 necesita 11 ciclos de la onda senoidal de la línea.

### **3.5.4 GRADO DE AUTOMATIZACIÓN**

Los controles para iluminación van desde los apagadores comunes, hasta controles altamente automatizados. En términos de ahorro de energía, los controles automáticos pueden reducir el consumo energético. En términos del costo y respuesta de los usuarios, los controles automáticos no siempre son los más efectivos.

Los controles automáticos pueden ser de dos tipos: estáticos o dinámicos. El control estático o de lazo abierto más común es el controlador programable con base en tiempo, esto es, se programa y la única referencia que toma es el tiempo por lo que tiene la desventaja de no poder verificar el estado en que se encuentra el sistema. Este control es frecuentemente usado cuando se adopta la estrategia de control por horario programado o planificación.

El control dinámico o de lazo cerrado es el otro tipo de control automático. Este tipo de control constantemente recibe el estado en que se encuentra el sistema por medio de señales enviadas por los sensores, dependiendo de la información recibida, el control puede actuar para corregir el error (diferencia entre la salida del control y la información proveniente del sensor).

## **3.6 EQUIPO PARA EL CONTROL DE ILUMINACIÓN**

El equipo de control de iluminación está dividido en dos categorías, controles de encendido-apagado y de regulación, los cuales a su vez pueden ser automáticos o manuales.

La función de los controles de encendido-apagado es simplemente abrir o cerrar el circuito de iluminación. La acción se puede llevar a cabo directamente en el interruptor o se puede emplear un control remoto. Cuando esta función se lleva a cabo automáticamente, se emplean sensores de presencia o fotosensores.

La función de los dispositivos de regulación o atenuación es ajustar el nivel de iluminación producido por las lámparas. De igual manera que el caso anterior, pueden ser dispositivos manuales o automáticos. Con dispositivos manuales se efectúa la acción mediante un control fijo o remoto, la regulación de flujo será la deseada por el usuario. Con dispositivos automáticos la regulación se lleva a cabo sin intervención del usuario, el ajuste del flujo luminoso es determinado por fotosensores los cuales proporciona el nivel de iluminación existente en el área.

### **3.6.1 INTERRUPTORES MANUALES**

La energía ahorrada debido a la instalación de interruptores o apagadores debe ser la primera consideración al hacer un diseño para circuitos de iluminación. Lo más común en este tipo de



control es permitir el accionamiento manual y por cada usuario, por esta razón en ocasiones no se tiene el ahorro de energía deseado que se puede tener con otro tipo de control. Cuando se elija este tipo de control en un proyecto de iluminación se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- Cada oficina debe tener su propio apagador para el control de las lámparas, si se cuenta con luz solar, es conveniente tener al menos dos niveles de control.
- En grandes espacios de trabajo, todas las lámparas deben ser concentradas en un solo circuito.
- Cuando son utilizados luminarios con una o dos lámparas, los luminarios adyacentes se deben colocar en circuitos alternados para proporcionar el 100% o el 50% del nivel de iluminación.
- Cuando se utilizan luminarios con 3 lámparas, la lámpara intermedia se debe colocar en un circuito independiente al de las lámparas de los extremos, con esto se obtienen 3 niveles de iluminación.
- Cuando se utilizan luminarios con 4 lámparas, cada par de lámparas debe ser conectado a un circuito diferente.
- Las áreas de trabajo con altos niveles de iluminación deben tener apagadores independientes.
- Los luminarios que se encuentren a lo largo de ventanas deben ser cableados en circuitos separados.



**Figura 3-9.** Interruptor manual comúnmente utilizado.

### **3.6.2 FOTSENSORES**

Los fotosensores son componentes electrónicos usados para transformar la radiación visible en una señal eléctrica. Por lo general estos sensores tienen filtros para ser inmunes a las radiaciones infrarrojas y ultravioletas, por lo regular los fotosensores generan una señal de control proporcional a la intensidad de luz que incide en su superficie.

La señal de control se utiliza para activar un interruptor o un relevador cuando se utilizan controles de encendido–apagado, también se puede utilizar la salida variable, la cual acondicionada adecuadamente es recibida por un controlador el cual continuamente se encargara de ajustar el flujo luminoso de la lámpara.



Cuando son utilizados fotosensores en interiores y en conjunción con relevadores para abrir o cerrar circuitos de iluminación, deben utilizar una "banda muerta", esto es, la iluminancia con la cual las lámparas son apagadas debe ser mayor que la iluminancia con las que son encendidas, con esto se evita encender y apagar cerca del umbral del nivel de iluminación. Un fotosensor se utiliza en algunas ocasiones en conjunción con un temporizador.

Cuando se utilizan fotosensores para exteriores, se orientan por lo general al norte, con esto se asegura un mejor funcionamiento del sensor porque no hay contribución directa de la luz solar. Estos fotosensores no se deben utilizar en aplicaciones interiores debido a su ajustabilidad y sensibilidad limitada.

En el empleo de fotosensores para controlar los sistemas de iluminación se tienen tres factores críticos: diseño apropiado, la colocación y la calibración. La colocación del sensor sobre el plano de trabajo tiene la ventaja de la medición directa del nivel de iluminación, pero se puede tener la dificultad de conectarlo con el controlador.

El montaje más frecuente, es colocar el sensor en el techo y dirigido hacia el centro del plano de trabajo.



**Figura 3-10.** Fotosensores para el control de iluminación.

### 3.6.3 TEMPORIZADORES

Estos dispositivos reemplazan a los apagadores convencionales, su función es controlar la iluminación en función de un horario programado establecido, puede controlar múltiples eventos y efectos de iluminación. Dependiendo de la tecnología empleada, el tiempo de encendido se puede escoger por el usuario o por el instalador; también existe la posibilidad de poder apagar las lámparas antes de transcurrir este tiempo.

Los temporizadores son una alternativa económica, en especial cuando la duración de la ocupación del lugar se repite con la misma frecuencia. El intervalo de tiempo programado se debe seleccionar adecuadamente ya que un intervalo demasiado largo puede ocasionar desperdicio de energía; un intervalo demasiado corto ocasiona cierta incomodidad ya que se apagarán las lámparas cuando el espacio este ocupado.

Con un temporizador individual, una carga es puesta en funcionamiento durante un periodo de tiempo preestablecido. Los temporizadores electrónicos son completamente automáticos, pueden activar sistemas de iluminación(o alguna otra carga) y desactivarlas de acuerdo a un programa preestablecido. Los dispositivos basados en microcontroladores son más caros pero



son más precisos y flexibles, ya que se puede programar hasta los 365 días del año. Estos dispositivos generalmente son más usados en el control de circuitos simultáneamente.



**Figura 3-11.** Algunos tipos de temporizadores comúnmente utilizados.

### 3.6.4 SENSORES DE PRESENCIA

La función primaria de los sensores de presencia es proporcionar un control local, mandando señales para el apagado o encendido de las lámparas dependiendo si el espacio está ocupado o desocupado.

Con esto se consigue evitar el desperdicio de una considerable cantidad de energía. El consumo de energía se reduce gracias que se utilizan las lámparas sólo cuando son necesarias. Comparados con otras opciones de control, los detectores de presencia proporcionan la máxima reducción en el consumo de energía en lugares donde la ocupación es intermitente o no es posible predecirla. Su aplicación más efectiva es en lugares donde no es posible prever la ocupación.

Estos dispositivos son diseñados para activar el sistema de iluminación cuando entra un ocupante y debe permanecer así mientras se detecte movimiento normal de las personas; en cuanto se deja de detectar movimiento, y después de un tiempo de retardo preestablecido, se apagan las lámparas. En algunas actividades en las que los movimientos son muy ligeros, como pueden ser de capturitas o telefonistas, los sensores de presencia pueden ocasionar que se apeguen las lámparas cuando el lugar este ocupado, generando con esto malestar en los ocupantes. Estos efectos pueden ser minimizados seleccionando un sensor apropiado y una buena ubicación.

El área de cobertura en oficinas es alrededor de 15 m<sup>2</sup> para sensores individuales, o en áreas de trabajo de 200 m<sup>2</sup> pero se usan varios sensores.

En los sensores de presencia se utilizan principalmente dos tecnologías: la de sensores infrarrojos pasivos (PIR) y la de sensores ultrasónicos. Ambas tecnologías pueden utilizarse en cualquier tipo de montaje, aunque en algunos casos hay condicionantes como obstáculos, para el caso de sensores PIR. Cuando se requiere de mayor efectividad se combinan las dos tecnologías.

Las fallas más frecuentes en sensores de presencia generalmente son debidas a una mala configuración, errores humanos y de instalación o mala selección del equipo; en el menor de los



casos las fallas son debidas a mal funcionamiento de los sensores. Estos dispositivos tienen opciones de ajuste para sensibilidad y tiempo de retardo, una vez que son instalados y calibrados apropiadamente, los sensores rara vez se tienen que volver a ajustar.

#### **3.6.4.1 COMPONENTES**

Los sensores de presencia son dispositivos de encendido-apagado y generalmente están compuestos por los siguientes componentes:

- Detector de movimiento
- Fuente de alimentación
- Relevadores

El relevador y la fuente de alimentación usualmente están en la misma parte del circuito, la cual es llamada bloque de potencia o de switcheo.

El relevador tiene la función de abrir o cerrar el circuito o donde estén conectadas las lámparas, esto permite encenderlas o apagarlas.

La fuente de alimentación convierte los 127 V de la línea al voltaje de corriente directa requerido por los sensores y demás componentes que funcionen con corriente directa.

#### **3.6.4.2 SENSIBILIDAD**

La opción de ajuste de sensibilidad le permite al usuario adaptar el sensor de acuerdo a la magnitud de movimientos esperados en el área. Un inadecuado ajuste de sensibilidad ocasionara la activación con señales extrañas.

Si la sensibilidad es demasiado alta, las lámparas pueden permanecer en operación en espacios desocupados; si el ajuste es demasiado bajo, las lámparas se pueden apagar en espacios donde exista movimiento normal.

#### **3.6.4.3 TIEMPO DE RETARDO**

El tiempo de retardo se refiere al tiempo que transcurre sin movimiento detectado, antes que sean apagadas las lámparas. El tiempo de retardo previene que las lámparas se apaguen cuando existan personas en el área pero se mueven poco o muy lentamente para ser detectadas por el sensor.

#### **3.6.4.4 SENSORES INFRARROJOS PASIVOS**

Los sensores pasivos de infrarrojos (PIR) detectan cambios de patrones infrarrojos a través de regiones segmentadas de detección, esto es, detectan la diferencia en el calor emitido por los cuerpos en movimiento al pasar por cada zona de detección.

Estos sensores tienen mayor sensibilidad con movimientos perpendiculares a la dirección de la vista del sensor y solo pueden detectar movimiento si su campo de visión no es obstruido ya que no pueden "ver" a través de obstáculos.

El lente del sensor define el área de cobertura mediante zonas de detección con una pequeña separación entre ellas. Cuando un cuerpo en movimiento se encuentra alejado del sensor, la



separación más amplia entre las zonas de detección ocasiona que disminuya la sensibilidad proporcionalmente con la distancia y esto puede ocasionar apagados en falso de las lámparas. La mayoría de los sensores PIR son sensibles a todos los movimientos del cuerpo hasta 12 m de distancia, pero para detectar movimientos como el de las manos la distancia debe ser no mayor a 4.5 m.

Existen señales falsas que pueden activar estos sensores, la más común es la incidencia de rayos solares directamente sobre el lente del sensor.

### **3.6.4.5      SENSORES ULTRASÓNICOS**

Los sensores ultrasónicos utilizan el efecto Doppler para detectar la presencia de un cuerpo en movimiento mediante la transmisión de una señal de baja potencia y alta frecuencia, la cual es recibida posteriormente una vez que es reflejada. La frecuencia utilizada generalmente se encuentra entre los 24 y 40 kHz.

Como la onda se refleja en los objetos y superficies del lugar, las ondas al ser recibidas tiene una frecuencia ligeramente distinta a la frecuencia con la que fue emitida, este cambio en la frecuencia es detectado por el receptor.

Los sensores ultrasónicos son los mejores para detectar movimientos ligeros y no requieren un campo de visión lineal y libre de obstáculos, aunque en la mayoría de los casos, la detección lineal es requerida para una mejor detección. A diferencia de los sensores PIR, los sensores ultrasónicos no tienen separaciones entre las regiones de cobertura y pueden detectar movimiento de las manos a una distancia de hasta 7.5 m con la limitante de no poder ser montados en techos a alturas mayores a 5 m.

Estos sensores pueden ser activados por vibraciones y movimiento del aire, por lo que deben ser instalados lejos de corrientes de aire. Algunos sensores son diseñados para filtrar las señales falsas. En ocasiones los sensores de presencia ultrasónicos ocasionan interferencia en dispositivos de audio, cuando estos operan a frecuencias menores que 40 kHz.

### **3.6.4.6      SENSORES CON TECNOLOGÍA DUAL**

Tanto los sensores infrarrojos como los ultrasónicos tienen sus fortalezas dependiendo de la aplicación. Cuando se combinan estas dos tecnologías se obtienen mejores resultados y aunque la operación lógica puede ser configurada por el usuario, usualmente se configura para operar de la siguiente forma:

- Las señales provenientes de los sensores infrarrojos o ultrasónicos son necesarios para encender las lámparas; no se activara en ausencia de estas.
- La ausencia de ambas señales son necesarias para apagar las lámparas.
- Ya sea la señal proveniente del sensor ultrasónico o la del sensor infrarrojo ocasiona el encendido de las lámparas. Si se quiere eliminar además la posibilidad de un encendido en falso se deberá prender la lámpara solo cuando ambos sensores detecten presencia.





Utilizando los dos tipos de sensores en el mismo dispositivo se complementan las características de estos. La mejor aplicación de esta tecnología es en grandes áreas con ocupación variable como salones de clase, salones de conferencia y otras áreas donde es deseable un alto grado de detección.

#### **3.6.4.7 OPCIONES DE CONTROL**

La opción de control más común en sensores de presencia es el encendido automático. Consiste en encender automáticamente las luces cuando alguien entra a un lugar desocupado. En cuanto se desocupa el área, el sensor puede apagar las lámparas inmediatamente o después de un periodo de tiempo, dependiendo del tiempo de retardo establecido. Aunque este modo de operación puede ser el más conveniente, se puede ahorrar más energía utilizando un sensor de presencia que cuente con encendido manual.

Un sensor de presencia de encendido manual requiere que los usuarios energicen manualmente el sistema de iluminación por medio de un interruptor colocado en pared. Este tipo de control puede ahorrar dinero adicional debido a que existe la posibilidad de apagar las lámparas cuando exista suficiente luz solar.

Cuando los detectores se montan en el techo como complemento de un interruptor de pared, el sistema puede operar en modo de encendido manual o automático, dependiendo si el usuario apaga las lámparas en forma manual o solamente sale del área. Por ejemplo, si el ocupante apaga manualmente las lámparas, el sistema requiere un encendido manual para el siguiente ocupante; si el ocupante anterior deja encendidas las lámparas, el sistema se activará automáticamente en cuanto ingrese el siguiente ocupante.

Adicionalmente a las dos opciones anteriores, se puede controlar por fotosensores, estos dispositivos pueden apagar las lámparas cuando el nivel de iluminación del ambiente sea superior al pre ajustado. Para este tipo de control es más conveniente usar montaje en techo ya que así se tiene más precisión. Por lo regular es preferible utilizar un dimmer automático en vez de un sensor de presencia debido a que el cambio de nivel de iluminación es gradual y no es percibido.

#### **3.6.4.8 CONSIDERACIONES PARA SENSORES DE PRESENCIA**

En la aplicación de sensores de presencia hay consideraciones que siempre tienen que ser tomadas en cuenta, las principales son:

- Es necesario que los sensores PIR estén alineados al lugar donde se aplicaran. Los sensores infrarrojos no funcionan bien cuando existen obstáculos que impiden la correcta detección del sensor.
- Los sensores infrarrojos tienen un buen desempeño en exteriores.



- La magnitud del movimiento requerido es directamente proporcional a la distancia entre los ocupantes y el sensor. Los sistemas fallan cuando el sensor está demasiado alejado de donde normalmente ocurre el movimiento.
- Cuando se utilizan sensores ultrasónicos en espacios cerrados con superficies duras, estos no requieren estar alineados con respecto a la posición de los usuarios. En oficinas abiertas los sensores si requieren tener una orientación lineal.

### **3.6.5 CONTROLADORES DE FLUJO LUMINOSO (DIMER)**

Las lámparas fluorescentes son la fuente de luz más utilizada en aplicaciones comerciales. A diferencia de las lámparas incandescentes, las cuales son cargas puramente resistivas, las lámparas fluorescentes tienen una impedancia con parte real y compleja, requiriendo de un balastro para mantener condiciones apropiadas para el arranque y operación de las lámparas.

Reduciendo la tensión de entrada, como se hace con las incandescentes, se extingue el arco y se reduce el tiempo de vida de las lámparas fluorescentes. Para regular el flujo luminoso producido por las lámparas fluorescentes existen reguladores de flujo luminoso dimmer habilitados para operar con balastros electromagnéticos o electrónicos.

El balastro se encarga de proporcionar la tensión adecuada para iniciar el arco eléctrico entre los electrodos y después regula la corriente que fluye a través de la lámpara. Este balastro puede estar diseñado para recibir la señal proveniente de un dimmer y posteriormente cambiar el flujo de corriente a través de la lámpara. Con este cambio de flujo de corriente se tiene como resultado la reducción de potencia y de flujo luminoso. La duración y magnitud de la señal de control determinan el tiempo que se tendrá determinado flujo luminoso a la salida de las lámparas. Durante todo el proceso de regulación, el balastro debe ser capaz de mantener la tensión requerida a través de la lámpara para poder mantener el arco con la corriente que fluye a través de ella, y mantener los electrodos a una temperatura adecuada.

#### **3.6.5.1 COMPONENTES DE UN SISTEMA PARA REGULACIÓN DE FLUJO LUMINOSO**

Un sistema típico con dimmer para lámparas fluorescentes consta principalmente de los siguientes elementos:

- Fuente de alimentación.
- Lámparas Fluorescentes.
- Balastro dimmeable.
- Cables de control.
- Opcionalmente se puede componer de otros dispositivos como fotosensores o sensores de presencia.

#### **3.6.5.2 TIPOS DE BALASTROS**

Los sistemas de regulación de flujo luminoso para lámparas fluorescentes satisfacen los requerimientos visuales combinando los niveles de iluminación y proporcionan un ahorro



energético. Los balastos dimeables son la parte esencial de estos sistemas, y como otros dispositivos electrónicos pueden ser vistos en términos de sus entradas y salidas, las entradas incluyen las señales de control y las salidas la regulación del flujo luminoso.

Para regular el flujo luminoso, existen balastos electromagnéticos, pero estos son propensos a ocasionar parpadeo visible en las lámparas, tienen fallas prematuras cuando el rango de regulación es muy bajo, baja eficacia y un rango de regulación de flujo de 100 a 20 %. Por estas razones, se utiliza en recientes años los balastos electrónicos dimeables los cuales son más eficientes y ofrecen un rango de regulación mayor ya que pueden llegar hasta el 1 %.

Para optimizar la vida de la lámpara, estos balastos deben proporcionar el calentamiento adecuado de los electrodos en el arranque y durante el periodo de regulación del flujo luminoso, por esta razón, la mayoría de los balastos regulables son de encendido rápido.

Los balastos dimeables están hechos para operar las siguientes lámparas:

- Lámparas T8 de encendido rápido
- T5HO
- Fluorescentes compactas

### **3.6.5.3 RANGO DE REGULACIÓN**

El rango de regulación se expresa como un porcentaje, como por ejemplo 20 %. Este porcentaje puede estar referido a la corriente de la lámpara, el voltaje o potencia de la lámpara, sin embargo lo más frecuente es que este referido al flujo luminoso de salida. Así un dimmer que proporcione el 20% de regulación, indicara que la lámpara proporcionara el 20 % del flujo total que suministra la lámpara.

### **3.6.5.4 MÉTODOS DE CONTROL**

El método es la base para el diseño, construcción y operación de los balastos dimeables y está asociado con los dispositivos de control. Los balastos y controladores deben ser construidos con el mismo método para asegurar la interoperabilidad y comunicación entre ellos. Existen varios métodos para el dimmeo de lámparas fluorescentes. Algunos son abiertos a la industria y otros son propiedad de determinados fabricantes.

Existen varios tipos de balastos electrónicos dimeables, los cuales se diferencian en la forma en que son controlados. A la forma en que son controlados o la forma en que se transmiten las señales del control al balastro se le llama método de control. Existen varios métodos, los principales son: control de fase y control con voltaje de corriente directa más comúnmente conocido como analógico de 0-10 VCD. Aunque los métodos anteriores son los principales, también se pueden destacar el de modulación por ancho de pulsos y el inalámbrico con infrarrojos.

El método de modulación de ancho de pulso (PWM) utiliza una señal cuadrada a alta frecuencia que se transmite por los cables de control separados, con este método se puede regular por lo general hasta el 10% del flujo total.



El método de control inalámbrico mediante infrarrojos utiliza un transmisor infrarrojo para llevar a cabo las funciones de control y no requiere de cableado adicional. El dimmer se encuentra junto al balastro. El método de control con voltaje de CD consiste en enviar una señal de corriente directa a cada balastro, un control individual puede controlar entre 60 y 80 %.

### **3.6.5.5 CONTROL DE FASE**

Este método también es conocido como dimeo de CA o dimeo por triac. Cuando se emplee control de fase con 2 conductores, se utilizan los cables de alimentación para transmitir las señales de control entre el dimmer y el balastro, de esta forma, tanto la señal de control como la potencia eléctrica están en los mismos conductores, el balastro recibe la señal de dimeo a través de la línea.

El balastro arrancara cuando la señal de CA cruce por cero, después hará circular corriente después de un tiempo de espera. Los cortes a la señal senoidal traen como resultado el ajuste del flujo luminoso, el rango de dimeo es entre 100% y 5% para lámparas T8 y 100% al 1 % para las T5HO. El tiempo de espera es entre 0 y 8.3 ms, en medio periodo de la señal senoidal de 60 Hz. Este método tiene la ventaja de no necesitar cableado adicional entre el dispositivo de control y el balastro, de esta manera puede resultar de menor costo y menos sensible a las interferencias que el control con CD.

El método de control de fase también puede ser con 3 conductores, en este caso se utiliza un conductor adicional para el control del balastro, este cable de control lleva las señales cortadas en la parte del periodo de la señal requerido para obtener el porcentaje de dimeo deseado. Con este tipo de control se pueden obtener rangos de dimeo desde el 100% hasta el 1%

### **3.6.5.6 CONTROL ANALÓGICO CON CORRIENTE DIRECTA**

Este método es el más popular entre los balastros electrónicos dimeables y es compatible con dispositivos de control de varios fabricantes. Los balastros electrónicos dimeables que funcionan con este método tiene componentes para realizar funciones como: filtrado de interferencia electromagnética, rectificación, corrección de factor de potencia.

Cuando el voltaje de control es cercano a 10 V, el balastro responde con el 100 % del flujo luminoso, y mientras el voltaje se va reduciendo, el balastro va reduciendo también el flujo luminoso a la salida debido a que se controla la intensidad de corriente que fluye a través de la lámpara, y así, se reduce la potencia de la lámpara. Debido a esta reducción en la potencia de la lámpara, el voltaje de la lámpara se incrementa proporcionalmente para mantener calientes los electrodos de la lámpara.

En lámparas T8 y fluorescentes compactas, se pueden tener rangos de dimeo desde 100 % hasta 3% mientras que para las T5HO se puede tener del 100 al 1%. Con este método se requieren de 4 cables, dos para la línea (el de corriente y el neutro) que van al balastro y dos de bajo voltaje de CD para cambiar el nivel de iluminación. Generalmente estos últimos son de color gris y violeta. Con este método de control se tendrá un bus sobre el cual se aplicara el voltaje que varía entre 0 y 10 V, en este bus se puede conectar, aparte de un dimmer manual, cualquier tipo de sensor que funcione en ese rango de voltaje. Si se conectan fotosensores al



bus, este puede variar el voltaje en el bus y como consecuencia el balastro variara el flujo luminoso de la lámpara. Por lo general todo un grupo de balastros conectados en paralelo al bus de DC deben ser controlados por solo un dispositivo, fotocelda para este caso.

### **3.6.5.7 CONTROL DIGITAL**

Existe un estándar para el dimeo digital llamado Digital Addressable Lighting Interface (DALI). La mayoría de los balastros digitales manejan este protocolo. Los balastros dimeables digitales tienen componentes que realizan funciones como: filtrado de interferencia electromagnética, rectificación, corrección de factor de potencia, microcontrolador y salida del balastro hacia la lámpara.

La función del microcontrolador es almacenar recibir y enviar la información digital. Los balastros digitales basados en el protocolo DALI manejan las siguientes lámparas:

- T8
- Fluorescentes compactas
- T5HO

Estos balastros utilizan un arranque programado con lo cual se maximiza la vida de la lámpara y los hacen ideales para aplicaciones donde el apagado y encendido de las lámparas sea frecuente, como es el caso de cuando se utilizan sensores de presencia.

Para cablear los dispositivos, se tiene la ventaja de que se pueden conectar los dispositivos directamente unos con otros por lo que es más flexible que los métodos analógicos. Se puede utilizar una instalación clase 1; un conductor de la línea, el neutro, la tierra, y los dos cables del control, los 5 por la misma tubería. También se puede utilizar una instalación clase 2, en cuyo caso los cables de control van por separado

