

# INTRODUCCIÓN A LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ILUMINACIÓN

## 1.- CONCEPTOS

### Eficiencia Energética en Iluminación

Acciones que redunden en una mayor eficiencia y ahorro de energía y en aumentar la calidad de las instalaciones de iluminación

### Sector Profesional

Forman parte del proceso de toma de decisión que afecta a la estrategia para el ahorro de energía

### Finalidad

Ahorro de Energía y Calidad en el Confort Visual

## 2.- FUENTES DE LUZ

### 2.1.- Tipos: Generación de Luz

- Incandescencia
- Luminiscencia
  - Descarga en gases
    - Luminiscentes
    - Por Arco
    - Arco de Baja Presión
    - Arco de Alta Presión
  - Fluorescencia
- Inducción

### 2.2.- Características

- Eficacia Luminosa (lm/w)
  - Relación entre el flujo luminoso de una fuente de luz y la potencia consumida en ella
- Temperatura de Color
  - Aquella con la que el cuerpo negro presenta un color semejante al de la fuente analizada
- Rendimiento de Color
  - Capacidad que tiene la fuente para reproducir el color. Está ligado al espectro de emisión de la lámpara
- Arranque
  - Necesidad de Balastos y Arrancadores
- Período de Encendido
  - Durante el encendido cambia el color y el flujo luminoso
- Reencendido
  - En lámparas de descarga existen retrasos entorno a 10 minutos debido a la sobrepresión del gas
- Vida de la Lámpara

Vida promedio: tiempo transcurrido hasta que falla el 50% de las lámparas de un lote  
Vida útil: núm. de horas estimado tras el cual resulta más rentable proceder a la sustitución de una lámpara que mantenerla funcionando

- Depreciación del Flujo

El flujo luminoso emitido por una lámpara disminuye con el tiempo

### 2.3.- Factores Externos

- Temperatura ambiente

Importante la ventilación de la luminaria. Temperaturas bajas dificultan el arranque

- Desviaciones tensión de red

Sobretensiones afectan a la vida. En los halogenuros varía el espectro

- Número de encendidos

### 2.4.- Tipos de Lámparas: Incandescentes

- Estándar

Espectro de emisión continuo

Filamento: Tungsteno

Gas de relleno compuesto de Argón y Nitrógeno

Casquillos estándar

- Halógena

Se le añade al gas de relleno un porcentaje de Halógeno (Br) para contrarrestar la evaporación del Tungsteno

Permite reducir el tamaño

Nuevos tipos de Casquillos

Dicroicas

- Consideraciones

Eficacia baja. A menor potencia menor eficacia

A mayor temperatura de filamento mayor eficacia y menor vida

El costo de energía consumida durante su vida es 15 veces el precio de compra

Recomendable el uso de lámparas de mayor potencia

### 2.5.- Tipo de Lámparas: Fluorescentes

Son Lámparas de Descarga de Vapor de Mercurio a Baja Presión

La emisión de la descarga es en radiación UV

Necesitan Balasto y Arrancador

Tubo de vidrio estirado con dimensiones normalizadas

El recubrimiento fluorescente determina las características de la luz

Pueden tener emisiones desde el infrarrojo al ultravioleta, abarcando algunos casi la totalidad del espectro visible ("luz blanca")

En caso de requerir buenas calidades se mezclan

Los Electrodoes son de Tungsteno y están recubiertos de material emisor para proporcionar electrones libres

Los electrodoes suelen precaldearse para arrancar

Los soportes son semejantes a los incandescentes

En una extremidad del tubo se aloja una cápsula con mercurio líquido necesario para la descarga

El Gas de Relleno es una mezcla

Gas Inerte que controla la movilidad de electrones, prolonga la vida de electrodos y facilita la ignición

Mercurio que varía su presión equivalente con la temperatura y por tanto salida de luz

Los Casquillos suelen ser dos con dos contactos cada uno para los electrodos caldeados

Lámparas Fluorescentes compactas para uso con Casquillos de Incandescentes

- Consideraciones

Balance Energético cercano al 30%

La eficacia luminosa viene influenciada por la temperatura, la capa de fluorescente y la frecuencia de alimentación

La temperatura de color y el rendimiento de color es muy variable en función de la capa de fluorescente

La vida de la lámpara depende de los electrodos, y disminuye con arranques en frío y picos de corriente

La depreciación del flujo se produce por el deterioro de los fósforos

## 2.6.- Tipo de Lámparas: Vapor de Mercurio

- Son Lámparas de Descarga de Vapor de Mercurio a Alta Presión

La emisión de la descarga es parte en espectro visible y parte en U.V.

- Necesitan Balasto y Electrodo de Arranque

Ignición con electrodo de arranque

Calentamiento de la lámpara hasta vaporizar la totalidad del Mercurio (Unos 4 min. de arranque)

- Consta de:

Tubo de descarga de cuarzo

Electrodos de Tungsteno

Bulbo exterior de vidrio con gas inerte

Recubrimiento exterior para mejorar el color

Gas de relleno

Casquillo exterior

- Consideraciones

Balance Energético entre 12'5 y 16'5 % según se use o no recubrimiento de fósforo

El rendimiento aumenta con la potencia

La temperatura de color y el rendimiento de color mejora mucho con el recubrimiento, siendo en otro caso muy pobre

La lámpara debe enfriarse antes de reencenderse para permitir la disminución de la presión de vapor

Presenta un efecto parpadeo que se compensa con otras lámparas que trabajen en

fases desplazadas

### 2.7.- Tipo de Lámparas: Luz Mezcla

- Es un tipo de Lámpara de Descarga de Vapor de Mercurio a Alta Presión  
Lleva el balasto incorporado en forma de filamento conectado en serie con el tubo de descarga  
Mejora su espectro con la emisión de la resistencia de tungsteno
- Consideraciones  
Este filamento es sensible a las sobretensiones que se dan en los arranques  
El gas de relleno se modifica un poco para ayudar a la duración del filamento  
El balance energético se reduce por el filamento  
La depreciación del flujo se incrementa por ennegrecimiento del bulbo  
Se reduce la vida de la lámpara a la del filamento  
Es muy sensible a los incrementos de tensión

### 2.8.- Tipo de Lámparas: Halogenuros Metálicos

- Es un tipo de Lámpara de Descarga de Vapor de Mercurio a Alta Presión  
Añade sales metálicas halógenas al tubo de descarga  
La emisión de luz pasa a ser de los halogenuros porque sus niveles de excitación son más bajos  
El mercurio pasa a ser elemento regulador  
Necesita Arrancador además de Balasto
- Hay tres tipos fundamentales en función de los metales que se combinen:  
Lámparas tricolor que emiten básicamente amarillo, verde y azul  
Lámparas con espectro multi línea que proporcionan un rendimiento del color mayor por ser un espectro semi-continuo  
Lámparas moleculares que presentan un espectro cuasi-continuo
- Consideraciones  
Es una lámpara más compleja que la de Vapor de Mercurio y con una vida más limitada  
Buen balance energético ya que radian principalmente en la región visible del espectro  
Incrementa su eficiencia con la potencia  
Muy buena apariencia y Rendimiento del Color  
Existe elevada depreciación del flujo por el ennegrecimiento del tubo de descarga  
Las variaciones en la tensión de la red modifica su temperatura de color

### 2.9.- Tipo de Lámparas: Vapor de Sodio B.P.

- Son Lámparas de Descarga de Vapor de Sodio a Baja Presión  
La radiación visible se produce directamente por la descarga en el sodio
- Consta de:  
Tubo de descarga curvado en forma de U hecho de vidrio con un recubrimiento especial  
Gas de relleno con gas inerte (principalmente neón) y sodio

Normalmente llevan electrodos de arranque en frío hechos de tungsteno con recubierto por un material emisor

Bulbo exterior de vidrio bajo vacío recubierta con una película reflectora de infrarrojo

Casquillo especial de balloneta para situar con precisión el tubo, ya que la luz es simétrica respecto a un plano perpendicular al eje

- Consideraciones

Necesita arrancador para generar tensiones 500 a 1500 V

Balance Energético alto, entorno al 35%

Aspecto que varía del rojo al amarillo y con un rendimiento de color prácticamente nulo

La reignición es casi siempre instantánea

Depreciación de la lámpara pequeña

Vida económica relativamente larga por tener muy poca depreciación en el flujo luminoso

Poca influencia de la temperatura externa

## 2.10.- Tipo de Lámparas: Vapor de Sodio A.P.

- Son Lámparas de Descarga de Vapor de Sodio a Alta Presión

Es un buen compromiso entre eficacia luminosa y rendimiento de color

- Necesitan Balasto y Arrancador

Necesita un impulso de alta tensión, entre 1'5 y 5 kV

El encendido tarda pocos minutos debido a que hay baja presión de vapor

- Consta de:

Tubo de descarga de alumina sinterizada

Electrodos de Tungsteno recubiertos de material emisor

Gas de relleno es una amalgama de Sodio y Mercurio y Xenon

Ampolla exterior bajo vacío

Casquillo exterior normal de rosca

- Consideraciones

Balance Energético bueno, entorno a un 30%

La temperatura de color y el rendimiento de color mejora con la presión de Vapor de Sodio

La eficacia decrece con el incremento de la presión de vapor

La lámpara rearranca a los pocos minutos

La depreciación es pequeña en comparación con otras lámparas

Su posición en los reflectores es crítica porque puede concentrar calor en puntos que afectan al funcionamiento

Su tensión va creciendo durante su ciclo de vida hasta que apaga la lámpara

Es importante que la tensión de alimentación sea la correcta

## 2.11.- Lámparas de Inducción

- Se excitan los átomos de vapor de mercurio mediante un campo inducido

Emite en ultravioleta, por lo que necesita un recubrimiento de fluorescente de la

ampolla para emitir en el espectro visible

- Consideraciones

Su vida útil es muy larga

La calidad cromática va en función del polvo fluorescente, por lo que puede ser muy buena

Buena eficacia

Recomendable para largos periodos de funcionamiento

2.12.- Conclusiones iniciales

- Mejor Eficacia: Sodio Baja Presión

- Mejor Rendimiento de Color: Incandescencia de Halógenos

- Mayor Duración: Inducción

- Lámpara ideal: Compromiso en función de la Finalidad

2.13.- Recomendaciones

- Alumbrado Doméstico

Objetivos: Ahorro energético, Nivel luminoso suficiente, Armonía y Confort

Lámparas: Incandescencia en zonas de ambiente íntimo y cálido y uso discontinuo,

Halógenas para iluminación localizada y diseño decorativo, Fluorescentes en cocinas o iluminaciones indirectas

- Alumbrado Industrial

Objetivos: Alumbrado energéticamente eficiente, Visibilidad suficiente para productividad y seguridad, Mínimo número de puntos de luz

Lámparas: Fluorescente standard para alturas inferiores a 6 m, Fluorescentes compactas para iluminación localizada, Sodio Alta Presión para alturas superiores a 6 m si no es importante el rendimiento de color, Mercurio Alta Presión para alturas superiores a 6 m

- Alumbrado de Oficinas

Objetivos: Ambiente adecuado para las tareas visuales, Alta eficacia

Buen rendimiento de color, Posibilidad de regulación

Lámparas: Fluorescentes tubulares y compactas

- Alumbrado Exterior (I): Vial

Objetivos: Nivel de Luminancia suficiente en calzada, Conducción segura y de confort, Eficacia Luminosa, Aceptable rendimiento de color, Posibilidad de regulación

Lámparas: Sodio Baja Presión (no en zonas peatonales), Sodio Alta Presión, Mercurio Alta Presión

- Alumbrado Exterior (II): Deportivo

Objetivos: Perfecta visibilidad del juego, Óptima en el caso de retransmisión por televisión, Buen rendimiento de color

Lámparas: Fluorescente en alturas de montaje bajas, Mercurio Alta Presión, Halogenuros y Sodio Alta Presión, Incandescencia para usos esporádicos

- Alumbrado Exterior (III): Ornamental

Objetivos: Crear imagen atractiva. Uso de contrastes, Aceptable rendimiento de color,

Posibilidad de incorporar lámpara en proyectores  
Lámparas: Incandescencia y Halógenas, Halogenuros Metálicos, Sodio Alta y Baja  
Presión para materiales de tonos amarillos o cálidos

### 3.- LUMINARIAS

#### 3.1.- Clasificación en función del uso

- Viario
  - Convencional (plano ppal de sim. perpend. a calzada
  - Catenaria (colgado de cables)
  - Proyección (a gran altura para nudos o entronques)
- Deportivo
  - Proyectores Circulares o Rectangulares (simétricos o asimétricos)
  - Proyectores para fluorescentes tubulares
- Industrial
  - Para fluorescentes tubulares
  - Luminarias especiales para alturas de más de 6 m
- Comercial
  - Para fluorescentes tubulares (adosados, empotrados)
  - Fluorescentes compactos (normalmente empotrados)
- Oficinas
  - Semejantes a los comerciales, cuidando mucho el deslumbramiento
- Acentuación o Decorativo
  - Tipo direccional para halógenos

#### 3.2.- Elementos de las Luminarias (I)

- Reflectores
  - Especular (para tener una distribución precisa): Circular, Parabólico, Circular y Parabólico, Elíptico, y Hiperbólico
  - Dispersos (Control óptico para haz suave)
  - Difusos (Dirigir la luz masivamente en una dirección, en interiores): No es relevante su geometría
- Refractores
  - Dispositivos ópticos para controlar la dirección de la luz (semejante a antiguos faros de coche)
- Difusores
  - Se usan para distribuir la luz emitida en todas direcciones
  - Normalmente vidrio opal o plástico traslúcido
- Apantallamiento
  - Ocultan lámparas de visión directa o reducen cantidad de luz dispersa
  - Incorporados o celosías adicionales

### 3.3.- Clasificación según distribución de la luz

- Simétricas y Asimétricas

Simetría rotacional, respecto a un plano y asimetría respecto a 2 planos

- Directas o Indirectas

En alumbrado interior, función del porcentaje que emiten por encima o por debajo del plano horizontal

- Difusas o Focalizadas

Está en función de la anchura del haz. La dispersión del haz se define como ángulo para el que la intensidad disminuye hasta un 50%

Se dan varios ángulos en función de simetrías o asimetrías

### 3.4.- Rendimiento

- Rendimiento de una Luminaria

Relación entre el flujo luminoso que sale de la luminaria y el emitido por la lámpara  
Suele dividirse en Hemisferios Superior e Inferior

- Rendimiento óptico

Indica el funcionamiento favorable o no de la lámpara en el interior de la luminaria

- Factor de Mantenimiento

La depreciación luminosa se debe a envejecimiento de lámparas y depósito de suciedad

Relación entre la iluminancia tras un período de tiempo y la existente en el momento de la instalación

### 3.5.- Criterios de elección

- generales

Fiabilidad en las conexiones eléctricas de los elementos alojados en ella

Protección de la lámpara

Control y Distribución del flujo luminoso

Estéticamente agradable

Materiales: Carcasa, antivandálica en caso necesario y aislamiento si van a estar accesibles

- Alumbrado viario

Gran influencia en costes y consumo de energía de la distribución luminosa y el grado de protección contra la suciedad

Buen rendimiento hacia el hemisferio inferior

Sencillez de limpieza y mantenimiento

- Deportivo y Grandes Áreas

Deportivo: no ser afectado por objetos y pelotas del juego

Tres tipos principales

Luminarias para lámpara fluorescente con reparto simétrico para situar sobre la cancha

Luminarias para lámpara fluorescente con reparto asimétrico si hay que situar en laterales

Proyectores para lámparas de descarga simétricos o asimétricos en función de su posición.

- Interior

Para que sean energéticamente eficaces hay que tener en cuenta la luminaria, la lámpara y la reflectancia de la superficie del local

Interior de oficinas, escuelas, etc.: Rendimiento de color aprox. 90, Potencia instalada aprox. 2'9 W/m<sup>2</sup>/100 lux

Interior Industrial: Rendimiento de color aprox. 70-75, Potencia instalada aprox. 2'5 W/m<sup>2</sup>/100 lux

Industrial sin exigencia de color: Potencia instalada aprox. 1'75 W/m<sup>2</sup>/100 lux

### 3.6.- Recomendaciones

- Alumbrado residencial (5m ancho y aceras)

Evitar bolas y farolas que solo deben instalarse por motivos estéticos

Luminaria decorativa con reflector de aluminio alta calidad anodizado, con rendimiento aprox. 70% y lámparas VMCC de 125 W

Luminaria decorativa con refractor cónico y reflector blanco, con rendimiento aprox. 60% y lámparas VMCC de 125 W

- Alumbrado Calzadas simples (ancho 7m y dos carriles)

Luminaria con refractor de vidrio prismático con reflector de aluminio alta calidad con rendimiento aprox. 70% y lámpara tubular de VSAP de 100 ó 250 W

Luminaria con refractor de vidrio liso con reflector de aluminio alta calidad con rendimiento aprox. 80% y lámpara tubular de VSAP de 100 ó 250 W

- Alumbrado Autovías (varía la altura en función del ancho)

Luminarias con refractores de vidrio liso con reflector de aluminio alta calidad anodizado con rendimiento aprox. 80% con lámparas tubulares de VSAP de 100, 250 ó 400 W en función de la anchura a iluminar

- Alumbrado Industrial

Luminaria industrial abierta con reflector rotacional con rendimiento aprox. 80% y lámpara de VSAP de 150, 250 ó 400 W

Regleta de tubos fluorescentes con reflector blanco o de aluminio con rendimiento aprox. 75% y 2 tubos fluorescentes de 58 W

- Alumbrado Oficinas

Luminaria empotrada con reflector de aluminio con rendimiento aprox. 60% y 2 tubos fluorescentes de 36 W

Otra opción con más rendimiento sería análoga con equipo auxiliar electrónico y tubos fluorescentes de 16 mm.

- Alumbrado Comercial

Regleta con reflector de aluminio brillo con rendimiento aprox. 80% y 2 tubos fluorescentes de 58 W

- Alumbrado Deportivo Interior

Proyector alto rendimiento con reflector de aluminio con rendimiento aprox. 80% y lámpara tubular de halogenuros de 250 ó 400 W

- Alumbrado Deportivo Exterior

- Polideportivo sencillo

Pos. Lateral: proyector rectangular de rendimiento medio o alto (60 u 80%) y lámpara de halogenuros de 400 W

Pos. Esquinada: proyector rectangular de rendimiento alto (80%) y lámpara de halogenuros de 400 W

- Campo de futbol

Pos. Lateral: proyector rectangular de rendimiento alto (75%) con lámpara de halogenuros de 2000 W

Pos. Esquinada: proyector cónico de rendimiento alto (83%) con lámpara de halogenuros de 1800 W; o proyector rectangular de rendimiento alto (75%) con lámpara de halogenuros de 2000 W