

INDICE

Capítulo 1	Pagina
LA LUZ Y EL SENTIDO DE LA VISION	
1.1 INDTRDUCCION	1
1.2 LA LUZ	1
1.3 EL SENTIDO DE LA VISION	2
1.4 CARACTERISTICAS VISUALES DEL OJO	4
1.5 FACTORES OBJETIVOS DEL PROCESO VISUAL	8
1.6 CONCEPTOS Y UNIDADES	9
1.7 RELACION ENTRE CONCEPTOS	13
1.8 TEMPERATURA DEL COLOR	15
1.9 FOTOMETRIA	16
 Capítulo 2	
FUENTES LUMINOSAS	
2.1 INTRODUCCION	1
2.2 LAMPARAS INCANDESCENTES	1
2.3 PARTES DE UNA LAMPARA INCANDESCENTE	4
2.4 TIPOS DE LAMPARAS INCANDESCENTES	7
2.5 APLICACIONES CON LAMPARAS INCANDESCENTES	10
2.6 LAMPARAS DE DESCARGA EN GAS	13
2.7 OTROS TIPOS DE LAMPARAS	67
2.8 RENDIMIENTO LUMINOSO Y LUMINANCIA MEDIA DE ALGUNOS TIPOS DE LAMPARAS	70
 Capítulo 3	
DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACION	
3.1 INTRODUCCION	1
3.2 CANTIDAD	1
3.3 CALIDAD	2
3.4 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE ALUMBRADO	9
3.5 DISEÑO DEL SISTEMA DE ILUMINACION EN AREAS DE TRABAJO	11
3.6 LUMINARIAS	19
3.7 RENDIMIENTO DE LA LUMINARIA	25
3.8 COMPONENTES DE LAS LUMINARIAS	25
3.9 TIPOS DE LUMINARIAS	26
3.10 ASPECTOS IMPORTANTES PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACION	33
3.11 ERRORES MAS COMUNES QUE HAY QUE EVITAR EN EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACION	35

Capítulo 4 **Página****NIVELES DE ILUMINACION**

4.1	INTRODUCCION	1
4.2	NIVEL DE ILUMINACION MINIMO PARA ZONAS DE CIRCULACION	1
4.3	NIVEL DE ILUMINACION MINIMO PARA LOCALES DE TRABAJO	1
4.4	NIVEL DE ILUMINACION OPTIMO PARA LOCALES DE TRABAJO	1
4.5	ILUMINANCIAS RECOMENDADAS	2
4.6	VALORES DE SERVICIO DE ILUMINACION RECOMENDADA PARA DIVERSAS CLASES DE TAREA VISUAL	3
4.7	RELACION ENTRE ILUMINACION GENERAL Y LOCALIZADA	3
4.8	NIVELES DE ILUMINACION REQUERIDOS POR DISTINTOS TIPOS DE AMBIENTES	3

Capítulo 5**METODO DE LOS LUMENES**

5.1	INTRODUCCION	1
5.2	APLICACIÓN DEL METODO DE LOS LUMENES	1
5.3	CALCULO DEL NÚMERO DE LUMINARIAS	5
5.4	EJEMPLO DE APLICACION	7

Capítulo 6**METODO DE LAS CAVIDADES ZONALES**

6.1	INTRODUCCION	1
6.2	VENTAJAS DEL METODO DE LAS CAVIDADES ZONALES	1
6.3	PROCESO DE CALCULO	2
6.4	EJEMPLO DE APLICACIÓN	15

Capítulo 7**ALUMBRADO DE EDIFICIOS Y AREAS CON PROYECTORES**

7.1	INTRODUCCION	1
7.2	PROYECTORES	1
7.3	APLICACIÓN DE LA ILUMINACION CON PROYECTORES	3
7.4	CALCULO DE LUMINANCIA	11
7.5	EJEMPLO DE APLICACIÓN	12
7.6	ILUMINACION DE FACHADAS CON PROYECTORES	13

Capítulo 8**Página****METODO PUNTO POR PUNTO****ILUMINACION PUBLICA (ALUMBRADO DE CALLES Y CARRETERAS)**

8.1	INTRODUCCION	1
8.2	CLASIFICACION DE LAS VIAS PUBLICAS	1
8.3	NIVELES DE ILUMINACION RECOMENDADOS	2
8.4	CONDICIONES DE UNA BUENA ILUMINACION	3
8.5	CONSIDERACIONES ECONOMICAS	7
8.6	LAMPARAS Y LUMINARIAS	8
8.7	RECOMENDACIONES PARA EL ALUMBRADO PÚBLICO	17
8.8	CALCULOS DE ALUMBRADO EXTERIOR	17
8.9	EJEMPLOS DE APLICACIÓN	22
8.10	CURVAS ISOLUX Y DIAGRAMAS DE FACTOR DE UTILIZACION	27

Capítulo 9**GENERALIDADES DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS**

9.1	INTRODUCCION	1
9.2	CLASIFICACION DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS	1
9.3	PLANIFICACION DE UN PROYECTO	1
9.4	TENSIONES	2
9.5	SIMBOLOGIA	6

Capítulo 10**REQUERIMIENTOS PARA PRESENTACION DE PROYECTOS DE
INSTALACIONES ELÉCTRICAS INTERIORES**

10.1	INTRODUCCION	1
10.2	INFORMACION REQUERIDA	1
10.3	APROBACION DE PROYECTOS	8

Capítulo 11**Página****PROCEDIMIENTOS PARA LA REALIZACION DE TRAMITES**

11.1	INTRODUCCION	1
11.2	PROCEDIMIENTOS PARA LA REALIZACION DE TRAMITES	1

Capítulo 12**INTRODUCCION A LA PROTECCION**

12.1	ASPECTOS FUNDAMENTALES	1
12.2	ATERRAMIENTO O PUESTA A TIERRA	2
12.3	CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS	4

12.4 RANGOS DE TENSION EN INSTALACIONES ELECTRICAS	8
--	---

Capítulo 13

SIMBOLOGIA

13.1 SIMBOLOGIA	1
-----------------	---

Capítulo 14

ESQUEMAS DE CONEXIONADO

14.1 CABLEADO DE CIRCUITOS DE ILUMINACION	1
14.2 CABLEADO DE CIRCUTOS DE TOMA CORRIENTES	11
14.3 CABLEADO DE CIRCUTOS DE FUERZA	11

CAPITULO 1

LA LUZ Y EL SENTIDO DE LA VISION

1.1 INTRODUCCION

Luz y el sentido de la visión, las dos caras de la misma moneda. Sin una la otra no tiene sentido. Sin luz los ojos no podrían percibir las formas, los colores de los objetos y, en definitiva, el mundo que nos rodea. Sin una visión que interpretara la luz, esta no serviría de nada.

1.2 LA LUZ

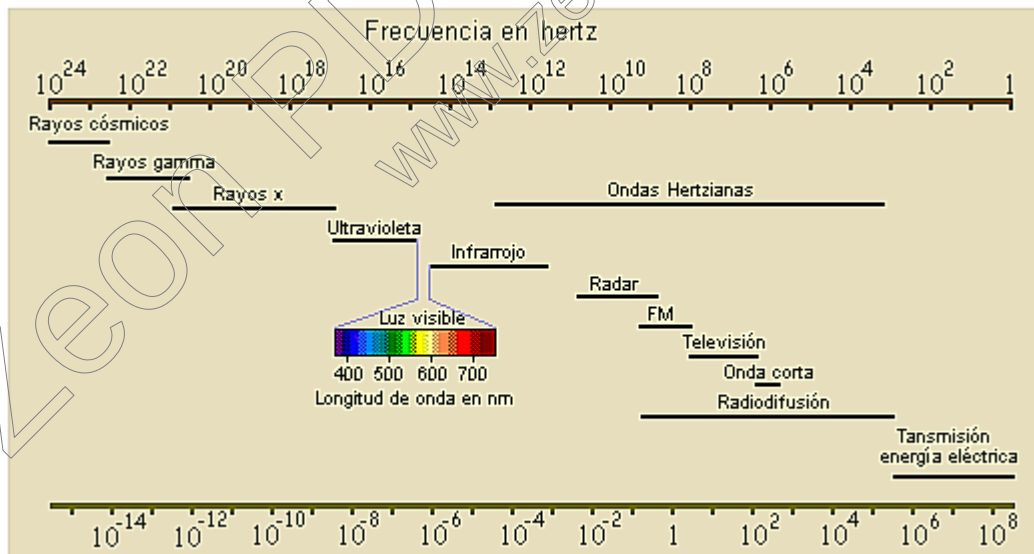
La luz, que llega a nuestros ojos y nos permite ver, es un pequeño conjunto de radiaciones electromagnéticas de longitudes de onda comprendidas entre los 380 nm. y los 770 nm.

1.2.1 El Espectro electromagnético

La luz forma parte del espectro electromagnético que comprende tipos de ondas tan dispares como los rayos cósmicos, los rayos gamma, los ultravioletas, los infrarrojos y las ondas de radio o televisión entre otros. Cada uno de estos tipos de onda comprende un intervalo definido por una magnitud característica que puede ser la longitud de onda (λ) o la frecuencia (f). Recordemos que la relación entre ambas es:

$$f = \frac{c}{\lambda} \quad (1.1)$$

Donde c es la velocidad de la luz en el vacío ($c = 3 \cdot 10^8$ m/s).



(Fig. 1.1) Longitud de onda en metros

El ojo humano sólo es sensible a las radiaciones pertenecientes a un pequeño intervalo del espectro electromagnético. Son los colores que mezclados forman la luz blanca. Su distribución espectral aproximada es:

TIPO DE RADIACIÓN	LONGITUDES DE ONDA (NM)
Violeta	380-436
Azul	436-495
Verde	495-566
Amarillo	566-589
Naranja	589-627
Rojo	627-720

(Tab. 1.1) Longitudes de onda de los colores del espectro electromagnético

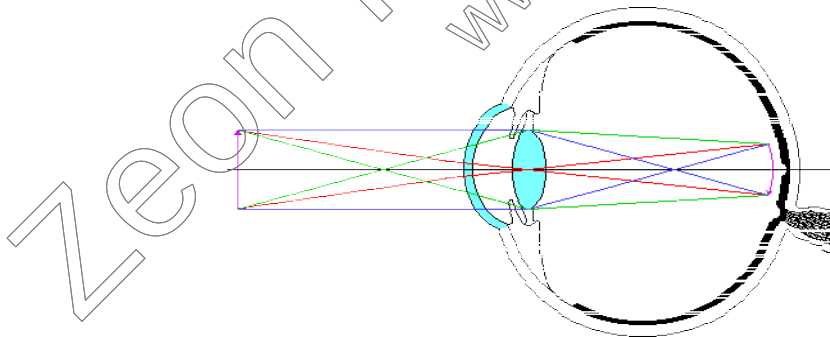
Cuando la luz blanca choca con un objeto una parte de los colores que la componen son absorbidos por la superficie y el resto son reflejados. Las componentes reflejadas son las que determinan el color que percibimos. Si las refleja todas es blanco y si las absorbe todas es negro. Un objeto es rojo porque refleja la luz roja y absorbe las demás componentes de la luz blanca. Si iluminamos el mismo objeto con luz azul lo veremos negro porque el cuerpo absorbe esta componente y no refleja ninguna. Queda claro, entonces, que el color con que percibimos un objeto depende del tipo de luz que le enviamos y de los colores que este sea capaz de reflejar.

1.3 EL SENTIDO DE LA VISION

El propósito del alumbrado es hacer posible la visión, cualquier estudio del mismo debe empezar con unas consideraciones sobre el ojo y el proceso visual. Solo cuando el ingeniero entiende el mecanismo del ojo y la forma en que este opera, puede llevar a cabo satisfactoriamente su función principal, cual es la de proporcionar luz para la realización de las tareas visuales con un máximo de velocidad, exactitud, facilidad y comodidad y con un mínimo de esfuerzo y fatiga.

El ojo humano es un órgano sensitivo muy complejo que recibe la luz procedente de los objetos, la enfoca sobre la retina formando una imagen y la transforma en información comprensible para el cerebro. La existencia de dos ojos nos permite una visión panorámica y binocular del mundo circundante y la capacidad del cerebro para combinar ambas imágenes produce una visión tridimensional o estereoscópica.

1.3.1 El mecanismo visual

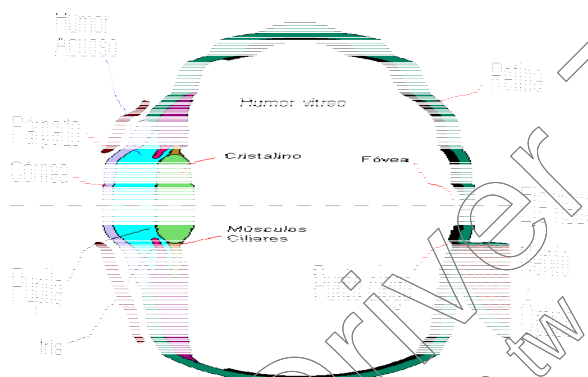


(Fig. 1.2) Formación de la imagen en el ojo

El ojo humano suele compararse con una cámara fotográfica, a la que se parece en muchos aspectos. Ambos tienen una lente, que enfoca una imagen invertida sobre una superficie sensible a la luz: la película en una máquina fotográfica, la retina en el ojo. El párpado corresponde al obturador de la cámara. Enfrente de la lente fotográfica hay un diafragma, que puede abrirse o cerrarse para regular la cantidad de luz que debe ingresar a la cámara. Delante de la lente, en el ojo, esta el iris, que lleva a cabo la misma función.

Sin embargo, hay cierto riesgo en llevar esta analogía demasiado lejos, dadas las importantes diferencias entre el ojo y la cámara. El ojo es un órgano viviente extraordinariamente adaptable, y opera en un campo de niveles de iluminación variables entre límites que guardan entre sí una relación de más de un millón a uno. Además, los continuos cambios necesarios para una buena visión en condiciones continuamente variables se efectúan automáticamente, sin esfuerzo consciente. Debido a este hecho, es muy fácil abusar del ojo. Si se toman fotografías con escasa luz o con un foco deficiente, no se daña la cámara, pero si se utilizan los ojos con una luz insuficiente o de baja calidad se produce, como mínimo, una fatiga innecesaria, pudiendo dar lugar a la inflamación de los mismos y a dolores de cabeza. El uso indebido y constante de los ojos puede incluso ser causa de malestar en otras partes del cuerpo.

1.3.2 Partes del ojo y sus funciones



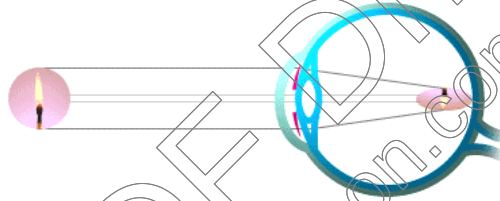
(Fig. 1.3) Partes del ojo y sus funciones

- a) **Párpado.** Pliegue de piel que protege el ojo y que, en condiciones de luz muy brillante, ayuda a regular la cantidad de luz que llega a él.
- b) **Cornea.** Porción transparente de la membrana exterior que rodea al ojo; sirve como parte del sistema refractor.
- c) **Iris.** Parte coloreada del ojo que funciona como un diafragma, controlando la cantidad de luz que ingresa a él.
- d) **Pupila.** Abertura en el centro del iris, por la que entra la luz en el ojo. El tamaño de la abertura se controla por la acción de músculos involuntarios.
- e) **Cristalino.** Cápsula transparente situada detrás del iris, cuya forma puede cambiar para enfocar objetos a distintas distancias.
- f) **Músculo ciliar.** Músculo en forma de anillo que ajusta la tensión aplicada al cristalino, cambiando así su curvatura y enfocando objetos cercanos o lejanos.
- g) **Retina.** Superficie sensible a la luz, situada en la parte posterior del globo ocular. Contiene una delicada película de fibras nerviosas que parten del nervio óptico y que terminan en una pequeñísimas estructuras en forma de conos y bastoncillos.
- h) **Conos.** Receptores de la retina que hacen posible la discriminación de los detalles finos y la percepción del color. Son insensibles a los niveles bajos de iluminación; se encuentran principalmente cerca del centro de la retina, con mayor concentración en la Fóvea, zona de 0,3 mm. De diámetro aproximadamente, que solo esta compuesta de conos. Es en la Fóvea donde el ojo enfoca, involuntariamente, la imagen de un objeto que deba ser examinado minuciosamente.

- i) *Bastones*. Receptores de la retina, sensibles a niveles bajos de iluminación. No responden al color y existen solamente fuera de la región Fóveana, aumentando su número a medida que aumenta su distancia a la Fóveana. La parte más superficial de la retina, compuesta principalmente de bastoncillos, no ofrece una visión precisa, pero es muy sensible al movimiento y a las oscilaciones luminosas.
- j) *Púrpura retiniana (rhodopsin)*. Es un líquido purpúreo que se encuentra en los bastones, sensible a la luz, y se decolora rápidamente cuando es expuesto a ella. Su regeneración es un factor importante en la adaptación a la oscuridad.
- k) *Punto ciego*. Es el punto de la retina por donde entra en el ojo el nervio óptico, el cual conduce las sensaciones de luz al cerebro. En este punto no hay bastones ni conos y por consiguiente un estímulo de luz no provoca sensación alguna.
- l) *Fóvea o mancha amarilla*. Es una pequeña depresión, poco profunda, situada en la retina donde solo hay un tipo de células nerviosas: los conos. Es el área de mayor agudeza visual ya que aquí se concentran las imágenes procedentes del centro del campo visual.

1.3.3 Defectos estructurales del ojo

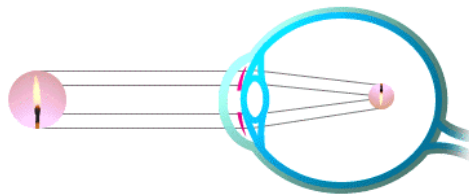
a) Astigmatismo



(Fig. 1.4) Defecto visual – astigmatismo –

Incapacidad de enfocar líneas horizontales y verticales al mismo tiempo. La distancia focal del ojo astigmático es diferente para dos planos perpendiculares. Esta condición resulta de irregularidades en la curvatura de la córnea y del cristalino.

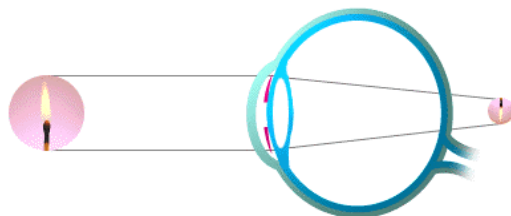
b) Miopía



(Fig. 1.5) Defecto visual – miopía –

La distancia focal del ojo miope es demasiado corta, por lo que los rayos paralelos convergen delante de la retina y no en ella. Las personas miopes ven los objetos cercanos claramente, pero los distantes aparecen borrosos.

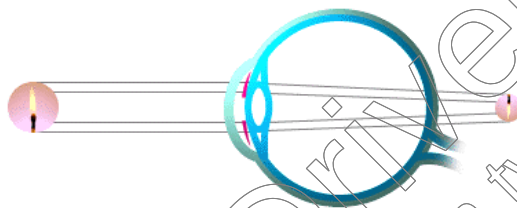
c) Hipermetropía



(Fig. 1.6) Defecto visual – hipermetropía –

En este caso, la distancia focal del ojo es demasiado grande y el foco está detrás de la retina. Las personas que sufren de hipermetropía no ven con claridad los objetos cercanos.

d) Presbicia



(Fig. 1.7) Defecto visual – presbicia –

(Pérdida del poder de acomodación del cristalino). En personas de edad media o avanzada, el cristalino se vuelve progresivamente menos elástico, y el proceso para una acomodación más cercana se va haciendo más difícil. El resultado es una condición parecida a la hipermetropía.

1.4 CARACTERÍSTICAS VISUALES DEL OJO

1.4.1 Acomodación

Cuando el cristalino presenta su forma más aplanada, el ojo normal está enfocado sobre objetos en el infinito. Para enfocar un objeto más cercano, particularmente dentro de los 6 metros, es preciso aumentar la convexidad del cristalino mediante la contracción de los músculos ciliares. Cuanto más cercano esté el objeto, más convexo debe hacerse el cristalino; esto es parte del proceso conocido por acomodación.

La acomodación incluye también cambios en el diámetro de la pupila. Cuando el ojo se enfoca sobre objetos distantes la pupila es relativamente grande. Cuando la atención se fija en un objeto visual cercano la pupila se contrae algo, logrando así una apreciación más penetrante, pero admitiendo menos luz en el ojo.

1.4.2 Adaptación

El ojo es capaz de trabajar en un amplio campo de niveles de iluminación, mediante un proceso conocido como adaptación, que incluye un cambio en el tamaño de la abertura de la pupila, al mismo tiempo que unas variaciones fotoquímicas en la retina.



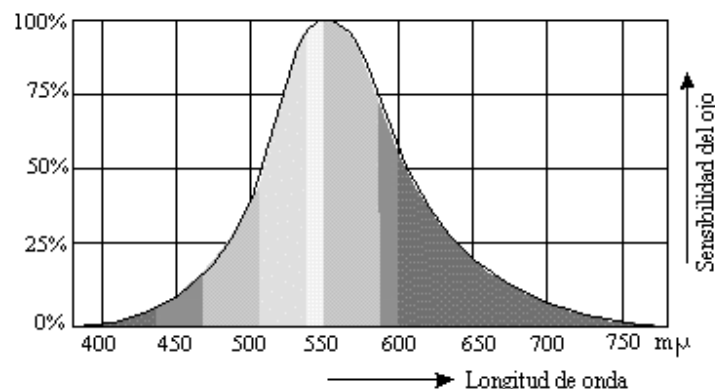
(Fig.1.8) Tiempo de acomodación del ojo

El tamaño de la abertura de la pupila obedece principalmente a la cantidad de luz recibida en el ojo. En una luz muy tenue la pupila se dilata, pero a medida que la luz aumenta la abertura se contrae. Esto es particularmente perceptible cuando se pasa de una zona bien iluminada a otra más oscura, o cuando una fuente de luz muy brillante entra dentro del ámbito de la visión. El cambio en la retina implica un equilibrio del grado de regeneración de las sustancias fotoquímicas presentes en aquella frente a las necesidades del ojo en una situación dada.

El tiempo requerido para el proceso de adaptación depende del previo estado de adaptación y de la magnitud del cambio. En general la adaptación a un nivel más alto de iluminación se lleva a cabo más rápidamente que en sentido contrario. La mayor intensidad de adaptación suele tener lugar durante el primer minuto, mientras que el proceso de adaptación a la oscuridad se verifica muy lentamente en los 30 primeros minutos y para la completa adaptación a la oscuridad puede ser necesaria una hora. Estos son hechos que los ingenieros deben considerar en la iluminación de cines, túneles o cualquier lugar en donde la gente pase bruscamente de un nivel de luz a otro.

1.4.3 Curva de sensibilidad del ojo

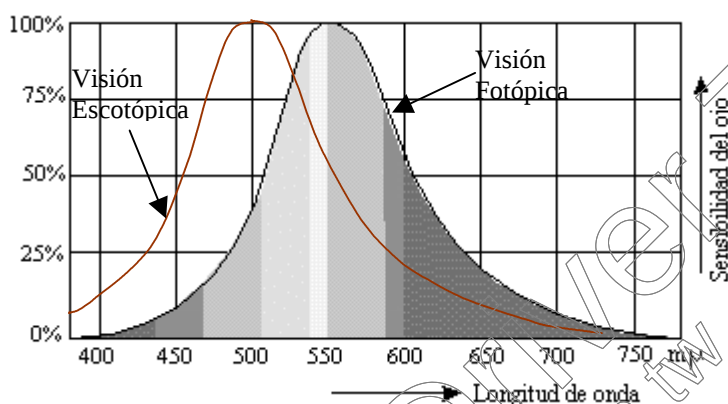
El ojo no es igualmente sensible a la energía de todas las longitudes de onda o colores. Experimentos en un gran número de personas sometidas a la observación han establecido una curva de sensibilidad del ojo que da la respuesta del ojo normal a iguales cantidades de energía con distintas longitudes de onda. La máxima sensibilidad esta en el amarillo verdoso, con una longitud de onda de aproximada de 5550 Angstroms, mientras que comparativamente la sensibilidad en los extremos azul y rojo del espectro es muy baja. Esto quiere decir, que se necesitan unas 9 unidades de energía roja de una longitud de onda de 6500 Angstroms para producir el mismo efecto visual que una unidad de amarillo verdoso. Es obvio que la curva de sensibilidad se debe tener siempre en cuenta para evaluar la energía visual en función de la sensación.



(Fig. 1.9) Curva de sensibilidad del ojo

1.4.4 Efecto Purkinje

La curva normal (Fotópica) de sensibilidad del ojo esta basada en la “visión de conos”, esto es, en los niveles ordinarios durante el día, en los que la sensación de la visión incumbe principalmente a los conos. En niveles de iluminación muy bajos, donde el brillo es del orden de 0.00000107 lamberts o menos, los conos no pueden operar y los bastones se cargan de todo el proceso visual. La visión mediante los bastones, denominada, visión Escotópica, se verifica de acuerdo con una nueva curva de la misma forma que la Fotópica, pero desplazada 480 Angstroms hacia el extremo azul de espectro. Esta traslación, que es conocida como efecto Purkinje, desplaza la sensibilidad máxima del ojo de los 5.550 a los 5.070 Angstroms.

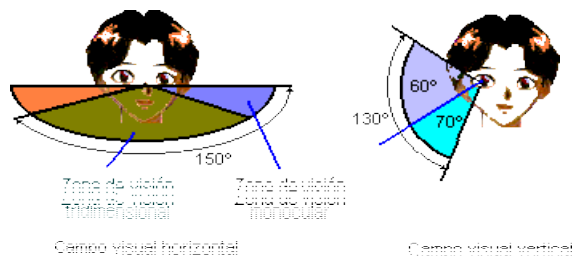


(Fig. 1.10) Efecto Purkinje

El resultado es que en la oscuridad, a pesar de que la visión carece por completo de color, el ojo se vuelve relativamente muy sensible a la energía del extremo azul del espectro y casi ciego a la del rojo. Si un rayo de luz roja y un rayo de luz azul, de intensidades iguales a niveles en que el trabajo visual esta a cargo de los conos, se reducen en la misma proporción hasta niveles en que el trabajo visual corresponde a los bastones, la luz azul aparecerá mucho más brillante que la roja. Las implicaciones del efecto Purkinje son importantes en las instalaciones de alumbrado que presentan niveles muy bajos de iluminación, y el hecho de no tenerlo en cuenta puede conducir a serios errores en la medida de los valores del brillo e iluminación.

1.4.5 El Campo visual

El campo visual normal se extiende aproximadamente 180° en el plano horizontal y 130° en el plano vertical, 60° por encima de la horizontal y 70° por debajo, La Fóvea, donde tiene lugar la mayor parte de la visión y todas las discriminaciones de detalles finos, subtiende un ángulo de menos de un grado a partir del centro. Los límites de lo que puede ser llamado campo central – el campo visual ó su fondo- varían con el tipo de trabajo.



(Fig. 1.11) Campo visual horizontal y vertical

1.5 FACTORES OBJETIVOS DEL PROCESO VISUAL

Las investigaciones han demostrado que la visión depende de cuatro variables primarias, asociadas al objeto visual: tamaño, luminancia, contraste de luminancia entre el objeto u sus alrededores y tiempo disponible para verlo.

1.5.1 Tamaño

El tamaño del objeto es el factor que generalmente tiene más importancia en el proceso visual. Cuanto más grande es un objeto en relación con el ángulo visual (o ángulo subtendido por el objeto desde el ojo) más rápidamente puede ser visto.



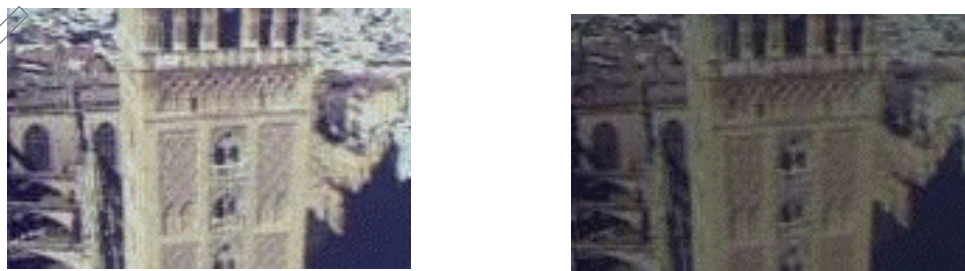
(Fig. 1.12) Efecto del tamaño en función del ángulo visual

1.5.2 Luminancia (brillo fotométrico)

Uno de los factores primordiales para la visibilidad es la luminancia. La de un objeto depende de la intensidad de la luz que incide sobre él y de la proporción de ésta que se refleja en dirección al ojo. Una superficie blanca tendrá un brillo mucho mayor que la misma iluminación. Sin embargo, añadiendo suficiente luz a una superficie oscura, es posible hacerla tan brillante como una blanca. Cuanto más oscuro es un objeto o una labor visual, más grande es la iluminación necesaria para conseguir igual brillo, en circunstancias parecidas, para la misma visibilidad.

1.5.3 La Agudeza visual

Es la capacidad de distinguir entre objetos muy próximos entre sí. Es una medida del detalle más pequeño que podemos diferenciar y está muy influenciada por el nivel de iluminación. Si este es bajo como ocurre de noche cuesta mucho distinguir cosas al contrario de lo que ocurre de día.



(Fig. 1.13) Influencia del nivel de iluminación sobre la agudeza visual.

1.5.4 Contraste

Tan importante para la visión es el nivel general de luminancia como el contraste de luminancia o color entre el objeto visual y su fondo. La diferencia en el esfuerzo visual requerido para leer las dos mitades de la tarjeta, es una simple demostración de la efectividad del contraste.



(Fig. 1.14) Contraste de colores

Los altos niveles de iluminación compensan parcialmente los contrastes de bajo brillo y resultan de gran ayuda cuando no pueden evitarse las condiciones de deficiencia de contrastes.

1.5.5 Tiempo

La visión no es un proceso instantáneo; requiere tiempo. De nuevo puede recurrirse a la cámara fotográfica para ilustrarlo. Es posible tomar una fotografía con una luz muy tenue si la exposición es suficientemente larga, pero para una exposición rápida es necesario emplear una gran cantidad de luz.

El ojo puede ver detalles muy pequeños con niveles bajos de iluminación, si se da tiempo suficiente y se prescinde de la fatiga visual. Pero para una visión rápida se requiere más luz.

1.6 CONCEPTOS Y UNIDADES

La luz, al igual que las ondas de radio, los rayos X o los Gamma es una forma de energía. Si la energía se mide en joules (J) en el Sistema Internacional, para qué necesitamos nuevas unidades. La razón es más simple de lo que parece. No toda la luz emitida por una fuente llega al ojo y produce sensación luminosa, ni toda la energía que consume, por ejemplo, una lámpara incandescente se convierte en luz. Todo esto se ha de evaluar de alguna manera y para ello definiremos nuevas magnitudes: el flujo luminoso, la intensidad luminosa, la iluminancia, la luminancia, el rendimiento o eficiencia luminosa y la cantidad de luz.

1.6.1 Flujo Luminoso

Para hacernos una primera idea consideraremos dos lámparas incandescentes, una de 25 W y otra de 60 W. Está claro que la de 60 W dará una luz más intensa. Pues bien, esta es la idea: ¿cuál luce más? ó dicho de otra forma ¿cuánto luce cada lámpara incandescente?



(Fig. 1.15) Efecto del flujo luminoso de una lámpara de 25 (W) y 60(W)

Cuando hablamos de 25 W o 60 W nos referimos sólo a la potencia consumida por la lámpara incandescente de la cual solo una parte se convierte en luz visible, es el llamado flujo luminoso. Podríamos medirlo en watts (W), pero parece más sencillo definir una nueva unidad, el *lumen*, que tome como referencia la radiación visible.

El flujo luminoso es la cantidad total de luz emitida por segundo. Se define también como la unidad de potencia de 1/ 683 (W) emitidos en la longitud de onda de 555 (nm) con una frecuencia de 540×10^{12} (Hz).

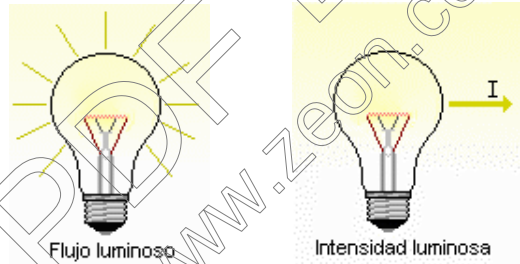
Se define el *flujo luminoso* como la potencia (W) emitida en forma de radiación luminosa a la que el ojo humano es sensible. Su símbolo es Φ y su unidad es el lumen (lm). A la relación entre watts y lúmenes se le llama *equivalente luminoso de la energía* y equivale a:

$$1 \text{ watt-luz a } 555 \text{ nm} = 683 \text{ lm}$$

Flujo luminoso	Símbolo: Φ
	Unidad: lumen (lm)

1.6.2 Intensidad Luminosa

El flujo luminoso nos da una idea de la cantidad de luz que emite una fuente de luz, por ejemplo una lámpara, en todas las direcciones del espacio. Por el contrario, si pensamos en un proyector es fácil ver que sólo ilumina en una dirección. Parece claro que necesitamos conocer cómo se distribuye el flujo en cada dirección del espacio y para eso definimos la intensidad luminosa.



(Fig. 1.16) Diferencia entre flujo e intensidad luminosa.

Se conoce como *intensidad luminosa* de una fuente al flujo luminoso emitido por unidad de ángulo sólido que contiene la dirección dada.

Intensidad luminosa $I = \frac{\Phi}{\omega}$	Símbolo: I	
	Unidad: candela (cd)	

$$I = \frac{\text{Flujo luminoso}}{\text{Angulo Sólido}} = \frac{\Phi}{\omega} = \frac{1(\text{Lm})}{1(\text{W})} = 1[\text{cd}]$$

La candela es la cantidad física básica internacional en todas las medidas de luz. Su valor esta determinado por la luz emitida por un patrón de laboratorio llamado cuerpo negro, trabajando a una temperatura específica.

La intensidad luminosa es una propiedad característica de una fuente de luz, y de la información relativa al flujo luminoso en su origen.

Angulo Sólido

La unidad de ángulo sólido es el estereoradian, que puede definirse como:

En la superficie de una esfera de R (cm) de radio, cabe imaginarse un área de R^2 (cm^2). Si el radio de la esfera se mueve, siguiendo el contorno de esa área, describirá un cono que contiene una unidad de ángulo sólido, o sea, un estereoradian. La medida del ángulo sólido se obtiene dividiendo el área por el cuadrado del radio, esto es:

$$w = \frac{A(\text{cm}^2)}{R^2(\text{cm}^2)} = \frac{A}{R^2} \rightarrow \text{estereoradian}$$

Considerando que el área de toda la superficie de una esfera es $4\pi R^2$, tendríamos que el ángulo sólido alrededor del centro es:

$$w = \frac{4\pi R^2}{R^2} = 4\pi \rightarrow \text{estereoradian}$$

1.6.3 Iluminancia

Quizás haya jugado alguna vez a iluminar con una linterna objetos situados a diferentes distancias. Si se pone la mano delante de la linterna podemos ver esta fuertemente iluminada por un círculo pequeño y si se ilumina una pared lejana el círculo es grande y la luz débil. Esta sencilla experiencia recoge muy bien el concepto de iluminancia.



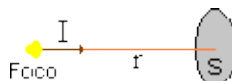
(Fig. 1.17) Concepto de iluminancia

Se define *iluminancia* como el flujo luminoso recibido por una superficie.

Iluminancia $E = \frac{\Phi}{S}$	Símbolo: E	$\text{lux} = \frac{\text{lumen}}{\text{m}^2}$
	Unidad: lux (lx)	

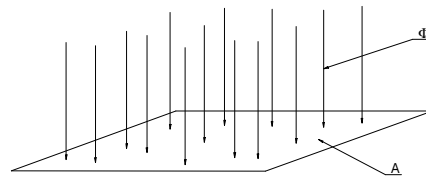
Un lux es la iluminación en un punto (A) sobre una superficie que dista, en dirección perpendicular, un metro de una fuente puntual uniforme de una candela.

$$\text{Iluminancia} = \frac{\text{Intensidad luminosa}}{\text{Cuadrado distancia}}$$



(Fig.1.18) Definición gráfica de la unidad lux

De la definición de lumen se deduce que un Lumen uniformemente distribuido en un metro cuadrado de superficie produce una luminancia de un Lux. (Si un flujo de 1 lumen incide en un área de 1m^2 , la iluminancia en esta área es de 1 lux).



$$E = \frac{\text{Lúmenes}}{\text{area}} = \frac{\Phi}{A} \Rightarrow \text{Lux}$$

1.6.4 Luminancia

Hasta ahora hemos hablado de magnitudes que informan sobre propiedades de las fuentes de luz (flujo luminoso o intensidad luminosa) o sobre la luz que llega a una superficie (iluminancia). Pero no hemos dicho nada de la luz que llega al ojo que a fin de cuentas es la que vemos. De esto trata la luminancia. Tanto en el caso que veamos un foco luminoso como en el que veamos luz reflejada procedente de un cuerpo la definición es la misma:

Se llama *luminancia* a la relación entre la intensidad luminosa y la superficie aparente vista por el ojo en una dirección determinada. Su símbolo es L y su unidad es la cd/m^2 . También es posible encontrar otras unidades como el stilb ($1\text{ sb} = 1\text{ cd}/\text{m}^2$) o el nit ($1\text{ nt} = 1\text{ cd}/\text{cm}^2$).

Luminancia	Símbolo: L
$L = \frac{I}{S_{\text{aparente}}} = \frac{I}{S \cdot \cos \alpha}$	Unidad: cd/m^2

La luminancia se expresa de dos formas en candelas por unidad de superficie o en lúmenes por unidad de superficie.

1.6.5 Rendimiento Luminoso ó Eficiencia Luminosa

Ya mencionamos al hablar del flujo luminoso que no toda la energía eléctrica consumida por una lámpara (incandescente, fluorescente, etc.) se transformaba en luz visible. Parte se pierde por calor, parte en forma de radiación no visible (infrarrojo o ultravioleta), etc.



(Fig. 1.19) Energía eléctrica consumida para producir luz visible

Para hacernos una idea de la porción de energía útil definimos el *rendimiento luminoso* como el cociente entre el flujo luminoso producido y la potencia eléctrica consumida, que viene con

las características de las lámparas (25 W, 60 W..). Mientras mayor sea mejor será la lámpara y menos gastará. La unidad es el lumen por watt (lm/W).

Rendimiento luminoso $\eta = \frac{\Phi}{W}$	Símbolo: η	Rendimiento = $\frac{\text{Flujo luminoso}}{\text{Potencia consumida}}$
	Unidad: lm / W	

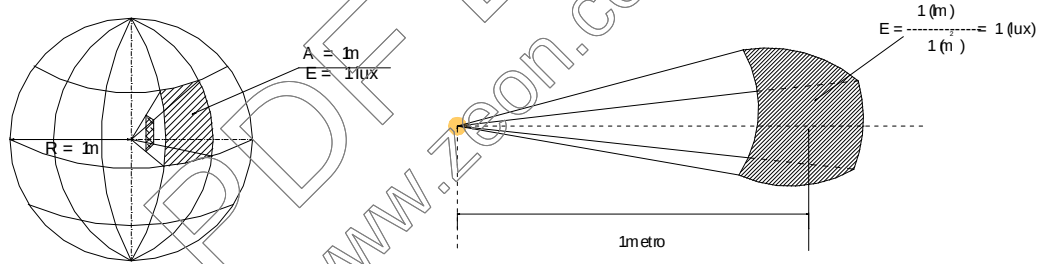
1.6.6 Cantidad de luz

Esta magnitud sólo tiene importancia para conocer el flujo luminoso que es capaz de dar un flash fotográfico o para comparar diferentes lámparas según la luz que emiten durante un cierto periodo de tiempo. Su símbolo es Q y su unidad es el lumen por segundo (lm·s).

Cantidad de luz $Q = \Phi \cdot t$	Símbolo: Q
	Unidad: lm·s

1.7 RELACION ENTRE CONCEPTOS

La relación entre conceptos es clara si imaginamos que, en el centro de una esfera de radio $R = 1\text{m}$, hay un foco o fuente de luz en forma de punto, de modo que la superficie esférica interior está iluminada uniformemente.



(Fig. 1.20) Ejemplo gráfico de la relación entre conceptos

Si esta fuente de luz tiene una intensidad luminosa en todas las direcciones de 1 candela, un ángulo sólido de 1 estereoradian, transmitirá un flujo luminoso de 1 lumen, por lo que el área de la superficie esférica delimitada por el ángulo sólido de 1m^2 tendrá una iluminación de 1 lux.

La luminiscencia de una superficie reflectora depende de la iluminación y del factor de reflexión de la mencionada superficie.

1.7.1 La iluminación media de una superficie

Es igual al flujo luminoso total incidente en ella, dividido por el área.

$$E_m = \frac{F}{A} \quad (1.2)$$

O sea iluminación en lux = lúmenes / m^2

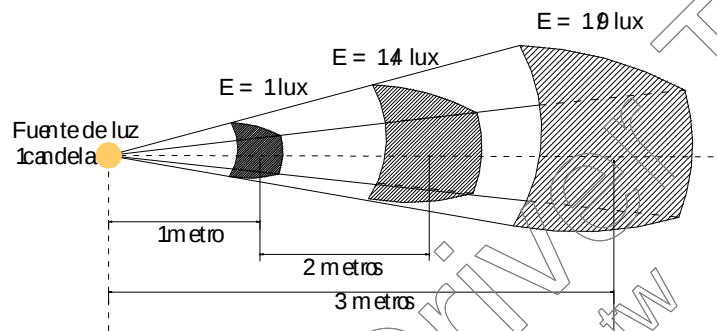
Ejemplo:

Si un flujo luminoso de 40.000 lúmenes incide en una superficie de 5m², la iluminación media es:

$$E_m = \frac{40.000}{5} = 800 \text{ (lx)}$$

1.7.2 La iluminación en un punto

La iluminación de un punto perteneciente a un plano perpendicular a la dirección de la intensidad es igual a la intensidad luminosa en la dirección de ese punto, dividida por el cuadrado de la distancia entre la fuente de luz y el punto de referencia.



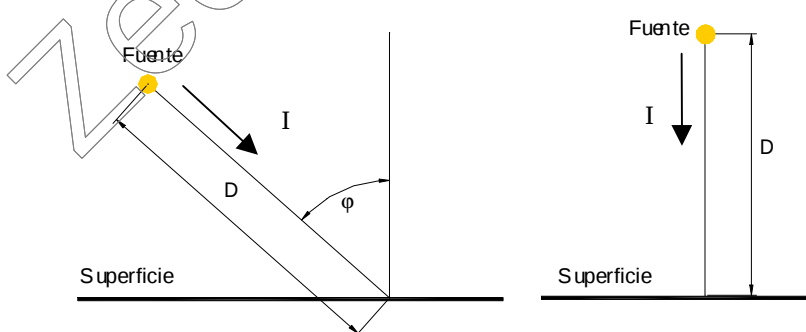
(Fig. 1.21) Representación gráfica de la ley de la inversa de los cuadrados

Este criterio se conoce también como “*Ley de la inversa de los cuadrados*” y expresa que: “La iluminación es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre la fuente de luz y la superficie iluminada”.

La ley de la inversa del cuadrado constituye la base del cálculo por el método Punto por Punto para proyectos de alumbrado.

1.7.3 Ley del Coseno

La iluminación es proporcional al coseno del ángulo de incidencia (ángulo formado por la dirección del rayo incidente y la perpendicular a la superficie).



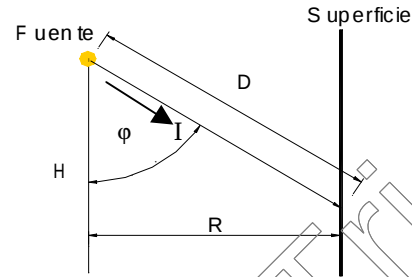
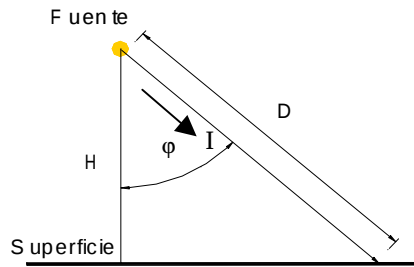
$$E = \frac{I \times \cos \phi}{D^2} \quad (1.3)$$

$$E = \frac{I}{D^2}$$

E : Iluminación en lux
I : Intensidad luminosa en candelas
D : Distancia en metros
φ : Ángulo de incidencia

Para un ángulo de incidencia de 0°, se tiene. $\cos 0^\circ = 1$

Dada la curva normal de distribución luminosa, el ángulo más conveniente es el que forman la vertical y la dirección de la luz incidente que se puede determinar a partir de las relaciones siguientes:



$$E_H = \frac{I \times \cos j}{D^2}$$

Como:

$$\cos j = \frac{H}{D} \quad (1.4)$$

$$E_H = \frac{I \times H}{D^3}$$

$$E_H = \frac{I \times \cos^3 j}{H^2}$$

$$E_V = \frac{I \times \sin j}{D^2}$$

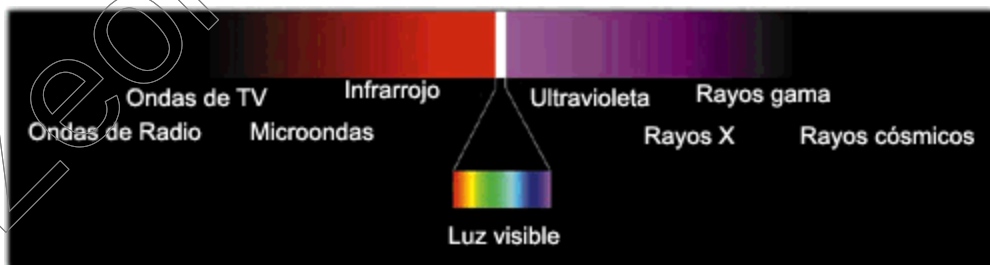
Como:

$$E_V = \frac{I \times R}{D^3} \quad (1.5)$$

$$E_V = \frac{I \times \cos^2 j \times \sin j}{H^2}$$

1.8 TEMPERATURA DEL COLOR

La temperatura del color es un término que se utiliza para describir el color de una fuente luminosa comparándola con un cuerpo negro, que es el teóricamente “radiante perfecto”. Como cualquier cuerpo incandescente, un cuerpo negro cambia de color al aumentar su temperatura, poniéndose primero rojo oscuro y después rojo claro, naranja, amarillo y, finalmente blanco, blanco azulado y azul.

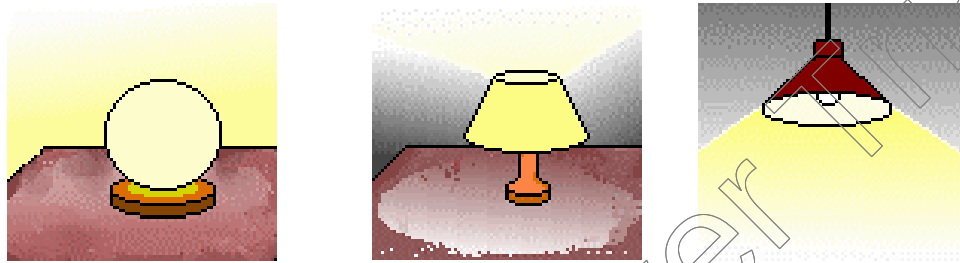


(Fig. 1.22) Espectro de frecuencias

Se ha de tener en cuenta que la temperatura del color no es una medida de la temperatura real, ya que define solamente el color, y que se puede aplicar únicamente a fuentes que se parezcan mucho al cuerpo negro.

1.9 FOTOMETRIA

Cuando se habla en fotometría de magnitudes y unidades de medida se definen una serie de términos y leyes que describen el comportamiento de la luz y sirven como herramientas de cálculo. Pero no hemos de olvidar que las hipótesis utilizadas para definirlos son muy restrictivas (fuente puntual, distribución del flujo esférica y homogénea, etc.). Aunque esto no invalida los resultados y conclusiones obtenidas, nos obliga a buscar nuevas herramientas de trabajo, que describan mejor la realidad, como son las tablas, gráficos o programas informáticos. De todos los inconvenientes planteados, el más grave se encuentra en la forma de la distribución del flujo luminoso que depende de las características de las lámparas y luminarias empleadas.



(Fig. 1.23) Influencia de la luminaria en la forma del haz de luz.

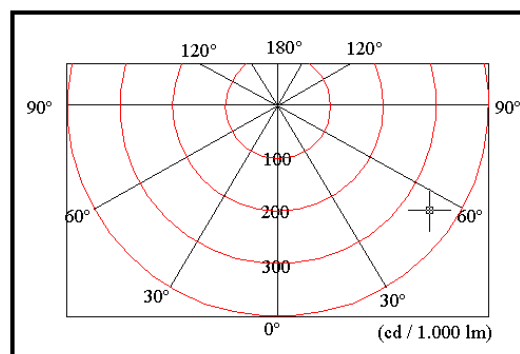
A menudo no le daremos mucha importancia a este tema, como pasa en la iluminación de interiores, pero será fundamental si queremos optimizar la instalación o en temas como la iluminación de calles, decorativa, de industrias o de instalaciones deportivas.

A continuación veremos los gráficos más habituales en luminotécnica:

- Diagrama Polar o curva de distribución luminosa.
- Diagramas Isocandela
 - Alumbrado por proyección.
 - Alumbrado público. Proyección azimutal de Lambert.
- Curvas Isolux.

1.9.1 Diagrama Polar o Curvas de distribución luminosa

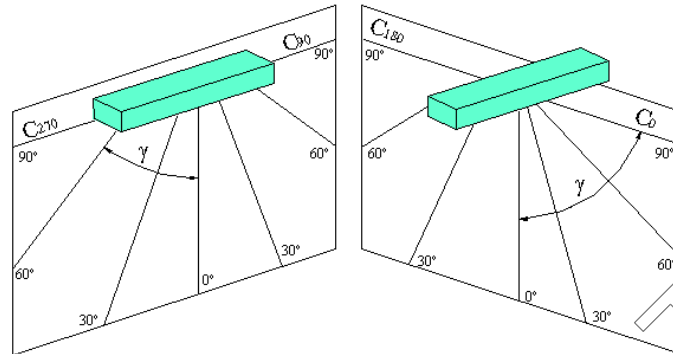
Para luminarias en interiores



(Fig. 1.24)
Curva de Intensidad luminosa
de luminarias para interiores

La intensidad luminosa I , viene dada bajo la forma de un diagrama polar en candelas por 1.000 lúmenes ($\text{cd} / 1.000 \text{ lm}$) de flujo nominal de la lámpara, el diagrama proporciona la distribución de la luz de la luminaria en dos planos:

En un plano vertical según el eje longitudinal de la luminaria, el plano $C_{90} - C_{270}$, indicado como:



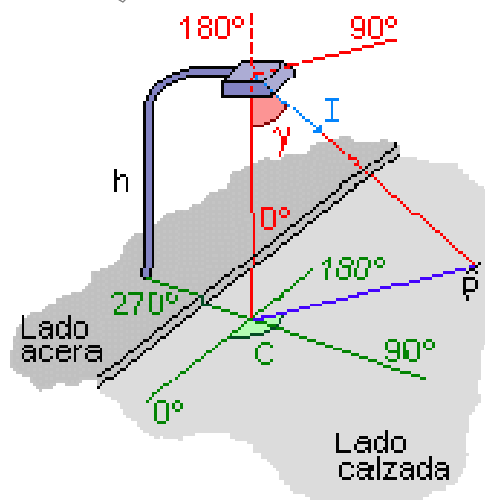
(Fig. 1.25) Plano vertical según el eje longitudinal de la luminaria

Si la distribución de la luz de una luminaria es rotatoriamente simétrica, sólo se da la distribución de la luz en un plano C . El diagrama de la intensidad luminosa da una idea aproximada de la forma de la distribución de la luz de una luminaria.

Para distribuciones asimétricas de la luz, dos planos no son suficientes a efectos de cálculos. No obstante, en el diagrama de intensidades luminosas sólo se dan dos planos, ya que esto a sido internacionalmente aceptado.

Para luminarias en exteriores

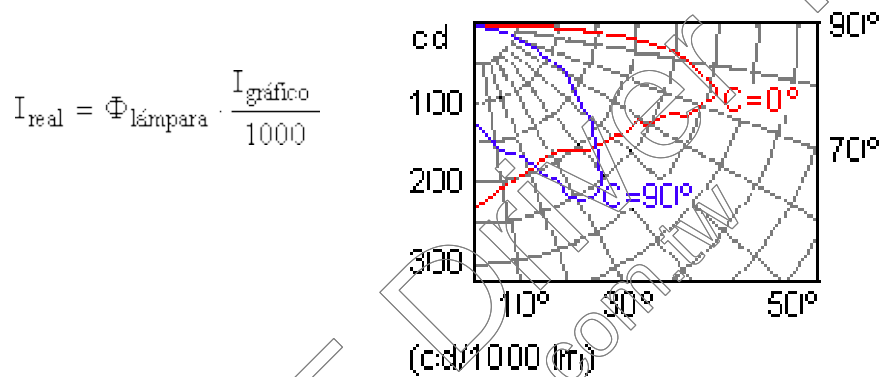
En estos gráficos la intensidad luminosa se representa mediante un sistema de tres coordenadas (I, C, γ). La primera de ellas I representa el valor numérico de la intensidad luminosa en candelas e indica la longitud del vector mientras las otras señalan la dirección. El ángulo C nos dice en qué plano vertical estamos y mide la inclinación respecto al eje vertical de la luminaria. En este último, 0° señala la vertical hacia abajo, 90° la horizontal y 180° la vertical hacia arriba. En este caso, los ángulos entre 0° y 180° quedan en el lado de la calzada y los comprendidos entre 180° y 360° en la acera; 90° y 270° son perpendiculares al bordillo y caen respectivamente en la calzada y en la acera.



(Fig. 1.26) Sistema polar para la iluminación

Con un sistema de tres coordenadas es fácil pensar que más que una representación plana tendríamos una tridimensional. De hecho, esto es así y si representamos en el espacio todos los vectores de la intensidad luminosa en sus respectivas direcciones y uniéramos después sus extremos, obtendríamos un cuerpo llamado *sólido fotométrico*. Pero como trabajar en tres dimensiones es muy incómodo, se corta el sólido con planos verticales para diferentes valores de C (suelen ser uno, dos, tres o más dependiendo de las simetrías de la figura) y se reduce a la representación plana de las curvas más características.

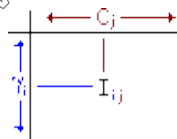
En la *curva de distribución luminosa*, los radios representan el ángulo γ y las circunferencias concéntricas el valor de la intensidad en candelas. De todos los planos verticales posibles identificados por el ángulo C , solo se suelen representar los planos verticales correspondientes a los planos de simetría y los transversales a estos ($C = 0^\circ$ y $C = 90^\circ$) y aquel en que la lámpara tiene su máximo de intensidad. Para evitar tener que hacer un gráfico para cada lámpara cuando solo varía la potencia de esta, los gráficos se normalizan para una lámpara de referencia de 1000 lm. Para conocer los valores reales de las intensidades bastará con multiplicar el flujo luminoso real de la lámpara por la lectura en el gráfico y dividirlo por 1000 lm.



(Fig. 1.27) Curva polar de intensidades luminosas

1.9.2 Matriz de Intensidades luminosas

También es posible encontrar estos datos en unas tablas llamadas *matriz de intensidades luminosas* donde para cada pareja de valores de C y γ obtenemos un valor de I normalizado para una lámpara de flujo de 1000 lm.



$\gamma \backslash C$	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°
0°	140	140	140	140	140	140	140
10°	120	130	130	135	160	200	230
20°	110	120	120	125	210	290	310
30°	100	110	115	160	300	320	330
40°	90	100	110	180	400	330	260
50°	70	80	100	200	450	190	110
60°	60	70	120	280	470	90	60
70°	30	20	60	230	300	60	20
80°	5	8	10	15	35	40	15
90°	0	0	0	0	0	0	0

(Fig.1.28) Matriz de intensidades luminosas

1.9.3 Diagrama Isocandela

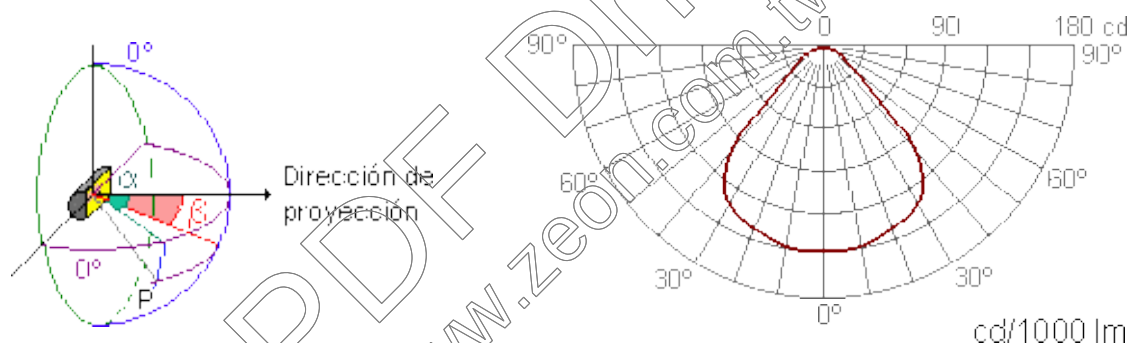
A pesar de que las curvas de distribución luminosa son herramientas muy útiles y prácticas, presentan el gran inconveniente de que sólo nos dan información de lo que ocurre en unos pocos planos meridionales (para algunos valores de C) y no sabemos a ciencia cierta qué pasa en el resto.

Para evitar estos inconvenientes y conjugar una representación plana con información sobre la intensidad en cualquier dirección se definen las curvas isocandela.

En los *diagramas isocandelas* se representan en un plano, mediante curvas de nivel, los puntos de igual valor de la intensidad luminosa. Cada punto indica una dirección del espacio definida por dos coordenadas angulares. Según cómo se escojan estos ángulos, distinguiremos dos casos:

- $\ddot{y}$ Proyectores para alumbrado por proyección.
- $\ddot{y}$ Luminarias para alumbrado público. Proyección azimutal de Lambert.

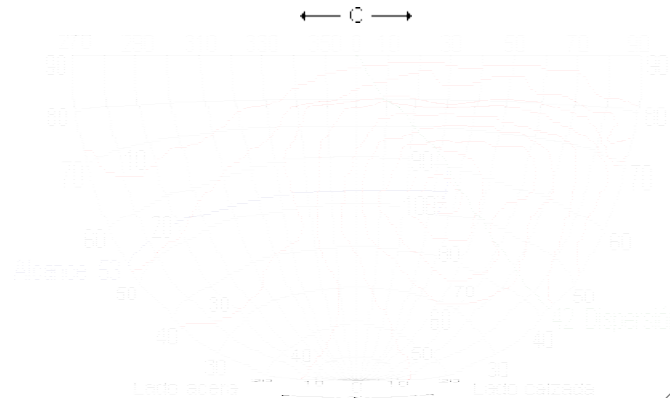
En los *proyectores* se utiliza un sistema de coordenadas rectangulares con ángulos en lugar de las típicas x e y . Para situar una dirección se utiliza un sistema de meridianos y paralelos similar al que se usa con la Tierra. El paralelo 0° se hace coincidir con el plano horizontal que contiene la dirección del haz de luz y el meridiano 0° con el plano perpendicular a éste. Cualquier dirección, queda pues, definida por sus dos coordenadas angulares. Conocidas estas, se sitúan los puntos sobre el gráfico y se unen aquellos con igual valor de intensidad luminosa formando las *líneas isocandelas*.



(Fig. 1.29) Diagrama Isocandela de proyección

En las *luminarias para alumbrado público*, para definir una dirección, se utilizan los ángulos C y usados en los diagramas polares. Se supone la luminaria situada dentro de una esfera y sobre ella se dibujan las líneas isocandelas. Los puntos de las curvas se obtienen por intersección de los vectores de intensidad luminosa con la superficie de esta. Para la representación plana de la superficie se recurre a la proyección azimutal de Lambert.

En estos gráficos, los meridianos representan el ángulo C , los paralelos y las intensidades, líneas irregulares, se reflejan en tanto por ciento de la intensidad máxima. Como en este tipo de proyecciones las superficies son proporcionales a las originales, el flujo luminoso se calcula como el producto del área en el diagrama (en estereorradianes) por la intensidad luminosa en esta área.



(Fig. 1.30) Diagrama isocandela de luminaria de alumbrado público

Además de intensidades y flujos, este diagrama informa sobre el alcance y la dispersión de la luminaria. El alcance da una idea de la distancia longitudinal máxima que alcanza el haz de luz en la calzada mientras que la dispersión se refiere a la distancia transversal.

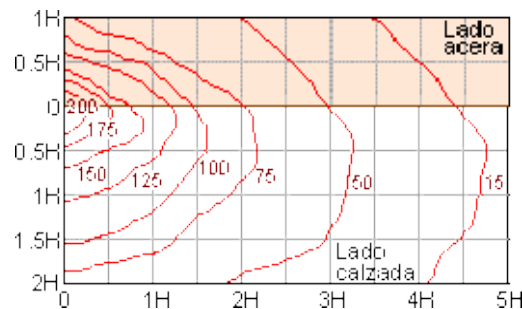
1.9.4 Curvas Isolux

Las curvas vistas en los apartados anteriores (diagramas polares e isocandelas) se obtienen a partir de características de la fuente luminosa, flujo o intensidad luminosa, y dan información sobre la forma y magnitud de la emisión luminosa de esta. Por contra, las Curvas Isolux hacen referencia a las iluminancias, flujo luminoso recibido por una superficie, datos que se obtienen experimentalmente o por cálculo a partir de la matriz de intensidades usando la fórmula:

$$E_H = \frac{I(C, \gamma)}{H^2} \cdot \cos^3 \gamma \quad (1.6)$$

Estos gráficos son muy útiles porque dan información sobre la cantidad de luz recibida en cada punto de la superficie de trabajo y son utilizadas especialmente en el alumbrado público donde de un vistazo nos podemos hacer una idea de como iluminan las farolas la calle.

Lo más habitual es expresar las curvas isolux en valores absolutos definidas para una lámpara de 1000 lm y una altura de montaje de 1m.



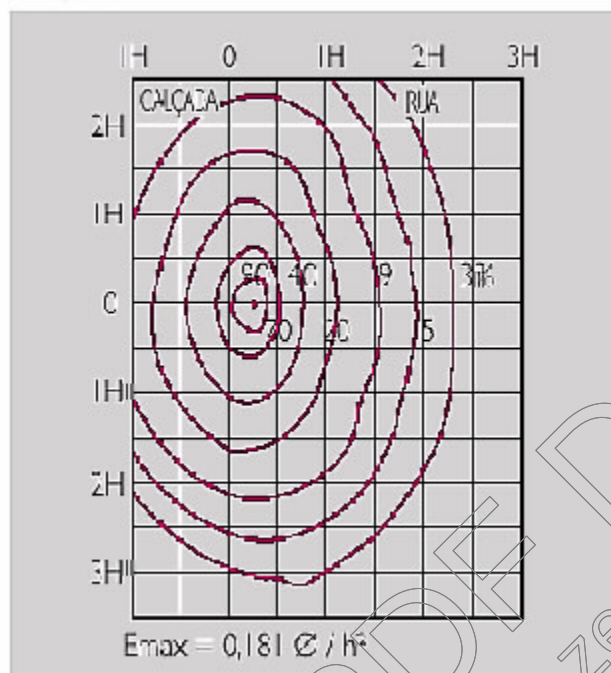
(Fig. 1.31) Curva Isolux

Los valores reales se obtienen a partir de las curvas usando la expresión:

$$E_{H_{\text{real}}} = E_{\text{curva}} \cdot \frac{\Phi_{L_{\text{real}}}}{1000} \cdot \frac{1^2}{H^2} \quad (1.7)$$

También puede expresarse en valores relativos a la iluminancia máxima (100%) para cada altura de montaje. Los valores reales de la iluminancia se calculan entonces como:

Curvas Isolux



$$E_{\text{real}} = E_{\text{curva}} \cdot E_{\text{máx}}$$

con:

$$E_{\text{máx}} = \alpha \cdot \frac{\Phi_{L_{\text{real}}}}{H^2}$$

H : siendo a un parámetro suministrado con las gráficas.

(Fig. 1. 32) Curva Isolux de Philips

CAPITULO 2

FUENTES LUMINOSAS

2.1 INTRODUCCION

Existen dos tipos de fuentes luminosas:

- *Naturales* (sol, cometas)
- *Artificiales* (Lámparas incandescentes y de descarga en gas)

Para iluminar espacios carentes de luz es necesaria la presencia de fuentes de luz artificiales, las lámparas, y aparatos que sirvan de soporte y distribuyan adecuadamente la luz, las luminarias. De esta forma es posible vencer las limitaciones que la naturaleza impone a las actividades humanas.

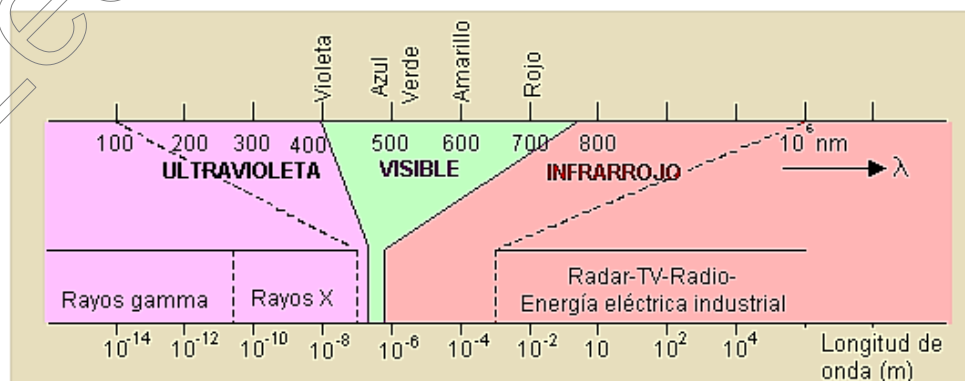
La primera finalidad de una fuente de luz consiste en producirla, y la eficacia con que una lámpara realiza este cometido se expresa en lúmenes emitidos por vatios consumidos, relación llamada eficacia luminosa.

2.2 LÁMPARAS INCANDESCENTES

Las lámparas incandescentes fueron la primera forma de generar luz a partir de la energía eléctrica. Desde que fueran inventadas, la tecnología ha cambiado mucho produciéndose sustanciosos avances en la cantidad de luz producida, el consumo y la duración de las lámparas. Su principio de funcionamiento es simple, se pasa una corriente eléctrica por un filamento metálico muy fino y de gran resistencia hasta que este alcanza una temperatura tan alta que emite radiaciones visibles para el ojo humano. El filamento toma por efecto Joule una temperatura aproximada de 500°C, por lo que la radiación emitida contiene una gran proporción de rayos infrarrojos (energía calorífica), en consecuencia el rendimiento luminoso es muy bajo oscilando entre 10 y 20 (lm/W).

2.2.1 La Incandescencia

Todos los cuerpos calientes emiten energía en forma de radiación electromagnética. Mientras más alta sea su temperatura mayor será la energía emitida y la porción del espectro electromagnético ocupado por las radiaciones emitidas. Si el cuerpo pasa la temperatura de incandescencia una buena parte de estas radiaciones caerán en la zona visible del espectro y obtendremos luz.



(Fig. 2.1) Espectro electromagnético

La incandescencia se puede obtener de dos maneras. La primera es por combustión de alguna sustancia, ya sea sólida como una antorcha de madera, líquida como en una lámpara de aceite o gaseosa como en las lámparas de gas. La segunda es pasando una corriente eléctrica a través de un hilo conductor muy delgado como ocurre en las lámparas incandescentes corrientes. Tanto de una forma como de otra, obtenemos luz y calor (ya sea calentando las moléculas de aire o por radiaciones infrarrojas). En general los rendimientos de este tipo de lámparas son bajos debido a que la mayor parte de la energía consumida se convierte en calor.



(Fig. 2.2) Consumo de energía para producir luz visible incandescente

La producción de luz mediante la incandescencia tiene una ventaja adicional, y es que la luz emitida contiene todas las longitudes de onda que forman la luz visible o dicho de otra manera, su espectro de emisiones es continuo. De esta manera se garantiza una buena reproducción de los colores de los objetos iluminados.

2.2.2 Características de una lámpara incandescente

Entre los parámetros que sirven para definir una lámpara tenemos las características fotométricas: la intensidad luminosa y el rendimiento o eficiencia. Además de estas, existen otros que nos informan sobre la calidad de la reproducción de los colores y los parámetros de duración de las lámparas.

2.2.3 Características Cromáticas

Los colores que vemos con nuestros ojos dependen en gran medida de las características cromáticas de las fuentes de luz. Por poner un ejemplo, no se ve igual una calle de noche a la luz de las farolas iluminadas por lámparas de luz blanca que con lámparas de luz amarilla.

A la hora de describir las cualidades cromáticas de las fuentes de luz hemos de considerar dos aspectos. El primero trata sobre el color que presenta la fuente. Y el segundo describe cómo son reproducidos los colores de los objetos iluminados por esta. Para evaluarlos se utilizan dos parámetros: la temperatura de color y el rendimiento de color que se mide con el IRC.

La *temperatura de color* hace referencia al color de la fuente luminosa. Su valor coincide con la temperatura a la que un cuerpo negro tiene una apariencia de color similar a la de la fuente considerada. Esto se debe a que sus espectros electromagnéticos respectivos tienen una distribución espectral similar. Conviene aclarar que los conceptos temperatura de color y temperatura de filamento son diferentes y no tienen porque coincidir sus valores.

El *índice de rendimiento en color (IRC)*, por contra, hace referencia a cómo se ven los colores de los objetos iluminados. Nuestra experiencia nos indica que los objetos iluminados por un fluorescente no se ven del mismo tono que aquellos iluminados por lámparas incandescentes. En el primer caso destacan más los tonos azules mientras que en el segundo lo hacen los rojos. Esto se debe a que la luz emitida por cada una de estas lámparas tiene un alto porcentaje de radiaciones monocromáticas de color azul o rojo.



(Fig. 2.3) Efecto del color de la fuente sobre el color de los objetos

Las lámparas incandescentes tienen una temperatura del color del orden de 2.700 (K) y un IRC de 100.

2.2.4 Características de duración

La duración de una lámpara viene determinada básicamente por la temperatura de trabajo del filamento. Mientras más alta sea esta, mayor será el flujo luminoso pero también la velocidad de evaporación del material que forma el filamento. Las partículas evaporadas, cuando entren en contacto con las paredes se depositarán sobre estas, ennegreciendo la ampolla. De esta manera se verá reducido el flujo luminoso por ensuciamiento de la ampolla. Pero, además, el filamento se habrá vuelto más delgado por la evaporación del tungsteno que lo forma y se reducirá, en consecuencia, la corriente eléctrica que pasa por él, la temperatura de trabajo y el flujo luminoso. Esto seguirá ocurriendo hasta que finalmente se rompa el filamento. A este proceso se le conoce como depreciación luminosa.

Para determinar la *vida de una lámpara* disponemos de diferentes parámetros según las condiciones de uso definidas.

- La *vida individual* es el tiempo transcurrido en horas hasta que una lámpara se estropea, trabajando en unas condiciones determinadas.
- La *vida promedio* es el tiempo transcurrido hasta que se produce el fallo de la mitad de las lámparas de un lote representativo de una instalación, trabajando en unas condiciones determinadas.
- La *vida útil* es el tiempo estimado en horas tras el cual es preferible sustituir un conjunto de lámparas de una instalación a mantenerlas. Esto se hace por motivos económicos y para evitar una disminución excesiva en los niveles de iluminación en la instalación debido a la depreciación que sufre el flujo luminoso con el tiempo. Este valor sirve para establecer los periodos de reposición de las lámparas de una instalación.
- La *vida media* es el tiempo medio que resulta tras el análisis y ensayo de un lote de lámparas trabajando en unas condiciones determinadas.

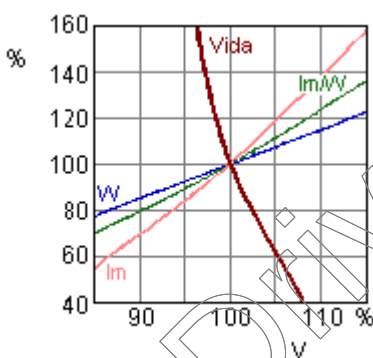
La duración de las lámparas incandescentes está normalizada; siendo de unas 1.000 horas para las normales, para las halógenas es de 2.000 horas para aplicaciones generales y de 4.000 horas para las especiales.

2.2.5 Factores externos que influyen en el funcionamiento de las lámparas incandescentes

Los factores externos que afectan al funcionamiento de las lámparas son la temperatura del entorno dónde esté situada la lámpara y las desviaciones en la tensión nominal en los bornes.

La *temperatura ambiente* no es un factor que influya demasiado en el funcionamiento de las lámparas incandescentes, pero sí se ha de tener en cuenta para evitar deterioros en los materiales empleados en su fabricación. En las lámparas normales hay que tener cuidado de que la temperatura de funcionamiento no exceda de los 200° C para el casquillo y los 370° C para el bulbo en el alumbrado general. Esto será de especial atención si la lámpara está alojada en luminarias con mala ventilación. En el caso de las lámparas halógenas es necesario una temperatura de funcionamiento mínima en el bulbo de 260° C para garantizar el ciclo regenerador del tungsteno. En este caso la máxima temperatura admisible en la ampolla es de 520° C para ampollas de vidrio duro y 900° C para el cuarzo.

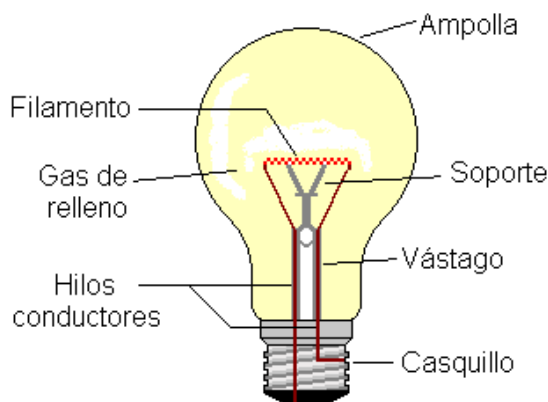
Las *variaciones de la tensión* se producen cuando aplicamos a la lámpara una tensión diferente de la tensión nominal para la que ha sido diseñada. Cuando aumentamos la tensión aplicada se produce un incremento de la potencia consumida y del flujo emitido por la lámpara pero se reduce la duración de la misma. Análogamente, al reducir la tensión se produce el efecto contrario.



(Fig. 2.4) Efecto de las variaciones de tensión (%) sobre las características de funcionamiento de las lámparas incandescentes

2.3 PARTES DE UNA LÁMPARA INCANDESCENTE

Las lámparas incandescentes están formadas por un hilo de tungsteno que se calienta por efecto Joule alcanzando temperaturas tan elevadas que empieza a emitir luz visible. Para evitar que el filamento se queme en contacto con el aire, se rodea con una ampolla de vidrio a la que se le ha hecho el vacío o se ha rellenado con un gas. El conjunto se completa con unos elementos con funciones de soporte y conducción de la corriente eléctrica y un casquillo normalizado que sirve para conectar la lámpara a la luminaria.

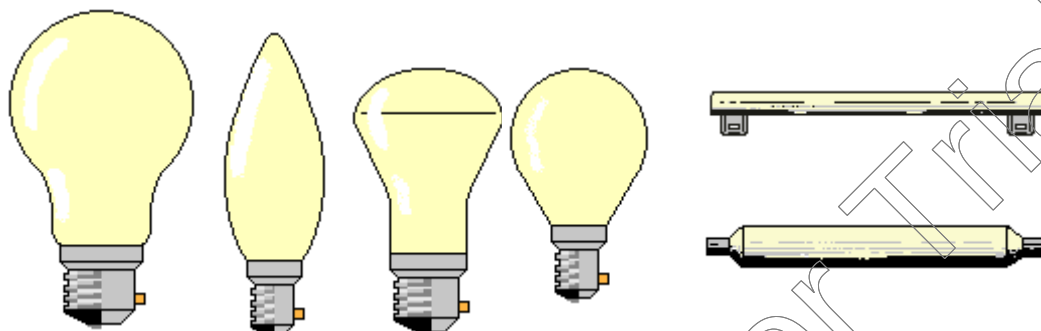


(Fig. 2.5) Partes de una Lámpara Incandescente

a) Ampolla

La ampolla es una cubierta de vidrio que da forma a la lámpara y protege el filamento del aire exterior evitando que se queme. Si no fuera así, el oxígeno del aire oxidaría el material del filamento destruyéndolo de forma inmediata.

Las ampollas pueden ser de vidrio transparente, de vidrio blanco translúcido o de colores proporcionando en este último caso una luz de color monocromática en lugar de la típica luz blanca.



(Fig. 2.6) Algunas formas típicas de ampollas

Es una cubierta de vidrio sellada, fabricada con vidrio Cal-soda (el vidrio más común y el más económico).

Para lámparas de altas temperaturas (halógenas) se emplean vidrios de mayor resistencia, por ejemplo de cuarzo (dióxido de silicio fundido).

La ampolla puede ser sometida a diferentes acabados:

- De color
- Espejada
- Mate
- Opalina

1) *La coloración*, se logra aplicando una capa de pintura en la parte interna de la ampolla; y a las lámparas reflectoras de color se les aplica una capa de laca opalina en su parte externa.

2) *El espejado* plateado se obtiene aplicando una capa de pintura de color plata, aunque actualmente se logra el mismo efecto aplicando aluminio evaporado al vacío. Por otra parte, el espejado dorado se obtiene mediante la evaporación al vacío de una aleación de cobre y aluminio.

3) *El acabado mate* se realiza por medio del grabado con ácido de la parte interna de la ampolla, lo que produce una terminación satina y una moderada difusión de la luz que emite la lámpara, casi sin disminución durante la transmisión.

4) *La opalinización* produce mejor difusión que el acabado mate, pero a costa de una mayor absorción de la luz. Se logra revistiendo la parte interior con sílice en polvo fino dióxido de titanio.

Algunos tipos de lámparas poseen unas terminaciones de espejos dicróicos o de vidrios de color, esto se obtiene construyendo un número variado de capas alternadas de dos materiales con diferentes índices de refracción, de esta manera se consigue que se reflejen algunas longitudes de onda y se transmitan otras.

5) *El tamaño y forma de la ampolla* de las lámparas se designan por una letra o letras seguidas de un número. Las letras indican la forma de la ampolla.

- S → Lado recto
- F → Llama

Y G	→ Redondo o globular
Y T	→ Tubular
Y PS	→ De cuello recto
Y PAR	→ Parabólico
Y R	→ Reflector
Y A	→ Designación Arbitraria

El número de designación de la ampolla indica el diámetro del bulbo en octavos de pulgada. Por ejemplo T-10 indica una ampolla que tiene un diámetro de 10/8 ó 1¼ pulgadas.

El tamaño y la forma de la ampolla vienen determinados por la aplicación en que va a utilizarse la lámpara.

b) Casquillo

El casquillo cumple dos importantes funciones en la lámpara. Por un lado, sirve para conectar el filamento a la corriente eléctrica proveniente del portalámparas. Y por el otro, permite la sujeción de la lámpara a la luminaria evitando su deterioro. En su fabricación se usan habitualmente el latón, el aluminio o el níquel.

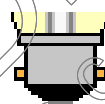
Los casquillos empleados en alumbrado general son de dos tipos: Edison (E) y Bayoneta (B). Para su nomenclatura se utiliza la inicial de la clase seguida del diámetro en milímetros. Por ejemplo, E25 quiere decir que tenemos una lámpara con casquillo Edison de 25 mm de diámetro.

Casquillo de rosca



(Edison)

Casquillo de bayoneta



(Swan)

(Fig. 2.7) Roscas clásicas

c) Filamento

Para que una lámpara incandescente emita luz visible, es necesario calentar el filamento hasta temperaturas muy elevadas. Esto se consigue pasando una corriente eléctrica a través de un material conductor por efecto Joule.

Como la temperatura depende de la resistencia eléctrica es necesario que esta última sea muy elevada. Para conseguirlo podemos actuar de dos formas. En primer lugar que el filamento esté compuesto por un hilo muy largo y delgado; de esta manera los electrones tendrán más dificultad para pasar por el cable y aumentará la resistencia. Y la segunda posibilidad es emplear un material que tenga una resistividad eléctrica elevada.

También es muy importante que el filamento tenga un punto de fusión alto y una velocidad de evaporación lenta que evite un rápido desgaste por desintegración del hilo. De esta manera se pueden alcanzar temperaturas de funcionamiento más altas y, por tanto, mayores eficacias.

Para mejorar la eficacia luminosa de las lámparas se enrolla el filamento en forma de doble espiral ó triple espiral. De esta manera se consigue que emitiendo la misma cantidad de luz, el filamento presente una menor superficie de intercambio de calor con el gas que rellena la ampolla, por lo que las pérdidas por este motivo se reducen al mínimo.

En la actualidad el material más empleado para los filamentos es el tungsteno por sus elevadas prestaciones que se ajustan a los requisitos exigidos además de ser una materia prima asequible. El tungsteno tiene una temperatura de fusión alrededor de 3.400° C.

Las formas de filamento de uso común hoy día se designan por una o más letras que indican si el hilo es recto o arrollado, seguidas de un número que especifica la forma general del filamento, y algunas veces de otra letra que indica la disposición de los soportes.

- S → Filamento de hilo recto no arrollado
- C → Hilo arrollado en espiral
- CC → Doblemente arrollado en espiral
- R → Hilo plano o en forma de cinta

Los números y, eventualmente, otras letras asignadas a las diversas formas de filamentos son arbitrarias.

d) Gas Relleno

Aunque antiguamente se hacía el vacío en el interior de la ampolla, en la actualidad se rellena con un gas inerte por las ventajas que presenta. Con el gas se consigue reducir la evaporación del filamento e incrementar la temperatura de trabajo de la lámpara y el flujo luminoso emitido. Los gases más utilizados son el Nitrógeno en pequeñas proporciones que evita la formación de arcos y el Argón que reduce la velocidad de evaporación del material que forma el filamento, en algunos tipos especiales el Kriptón. Las proporciones empleadas varían según la aplicación de la lámpara y la tensión de trabajo. Aumentando la presión del gas se consigue, además, disminuir la evaporación del filamento y aumentar la eficacia luminosa y vida de la lámpara.

e) Soporte para el filamento

El filamento está fijado a la lámpara por un conjunto de elementos que tienen misiones de sujeción y conducción de la electricidad.

Los hilos conductores transportan la electricidad desde el casquillo a los hilos de soporte a través del vástago. Para evitar el deterioro de las varillas de soporte es necesario un material, normalmente se usa el molibdeno, que aguante las altas temperaturas y no reaccione químicamente con el tungsteno del filamento.

El vástago es de vidrio con plomo, un material con excelentes propiedades de aislante eléctrico, que mantiene separada la corriente de los dos conductores que lo atraviesan. Además, y gracias a su interior hueco sirve para hacer el vacío en la ampolla y rellenarla de gas (cuando se requiera).

Los soportes conductores de las lámparas comúnmente se dividen en tres partes:

- Parte superior: en la cual se engancha o se suelda el filamento.
- Parte central: que forma un sellado con el vidrio conductor de la base.
- Parte inferior: frecuentemente posee un punto de fusión mas bajo, de tal manera que actúa como un fusible incorporado.

2.4 TIPOS DE LÁMPARAS INCANDESCENTES

Existen dos tipos de lámparas incandescentes: las que contienen un gas halógeno en su interior y las que no lo contienen.

2.4.1 Lámparas no Halógenas

Entre las lámparas incandescentes no halógenas podemos distinguir las que se han rellenado con un gas inerte de aquellas en que se ha hecho el vacío en su interior. La presencia del gas supone un notable incremento de la eficacia luminosa de la lámpara dificultando la evaporación del material del filamento y permitiendo el aumento de la temperatura de trabajo del filamento. Las lámparas incandescentes tienen una duración normalizada de 1.000 horas, una potencia entre 25 y 2000 W y unas eficacias entre 7.5 y 11 lm/W para las lámparas de vacío y entre 10 y 20 (lm/W) para las rellenas de gas inerte. En la actualidad predomina el uso de las lámparas con gas, reduciéndose el uso de las de vacío a aplicaciones ocasionales en alumbrado general con potencias de hasta 40 W.

CARACTERISTICAS	LÁMPARAS CON GAS	LÁMPARAS DE VACÍO
Temperatura del filamento	2500°C	2100°C
Eficacia luminosa de la lámpara	10 - 20 lm/W	7,5 - 11 lm/W
Duración	1.000 horas	1.000 horas
Perdidas de calor	Convección y radiación	Radiación

(Tab. 2.1) Características de lámparas no halógenas

a) Ambito de aplicación

Las lámparas incandescentes tienen bajo rendimiento luminoso, pero son económicas y existe gran variedad de tipos, tamaños y formas, por lo tanto su empleo no es adecuado en; iluminación general, sobre todo si se trata de superficies grandes, pero si en iluminación localizada para actividades que no requieran ambos tipos de iluminación artificial.

Estas lámparas son adecuadas en todas las aplicaciones que requieran una buena reproducción de colores como domicilios, restaurantes, estudios, teatros, etc.

b) Nuevos desarrollos

Entre las aportaciones mas recientes, destacamos las siguientes:

Lámpara de Neodimio

La lámpara contiene oxido de neodimio, que tiene la propiedad de absorber gran parte de la radiación amarillo-naranja y fundamentalmente del rojo del espectro visible. Este tipo de lámparas acentúa la reproducción de los colores fríos (azul, verde).

Se utiliza mayormente en carnicerías, fruterías, florerías y joyerías.

Hay también nuevas lámparas reflectoras que concentran más el haz y nuevas formas de ampollas y recubrimiento.

c) Perspectivas de futuro

Los perfeccionamientos más espectaculares de la lámpara incandescente ya han tenido lugar, llegando a duplicar la eficacia luminosa a lo largo de su historia. No obstante, la investigación continua con vistas a conseguir mejorarla, en las siguientes líneas de acción:

- Aplicación de materiales más emisores que el tungsteno y de características de funcionamiento estables.

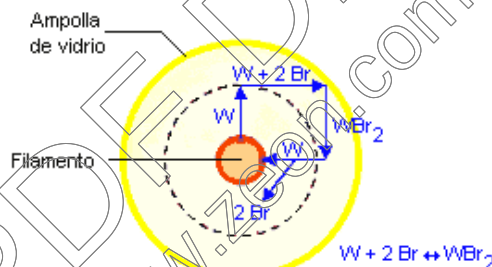
- Formas esféricas de la ampolla y filtros selectivos incorporados al vidrio que permitan reflejar sobre el filamento la radiación infrarroja, de modo que se precise una potencia más reducida para mantener el filamento a la temperatura de trabajo.

La sustitución de la lámpara incandescente, en razón de su reducido costo, por otras fuentes de luz, no parece probable a medio plazo en el sector doméstico, si bien esta sufriendo la competencia de lámparas halógenas, fluorescentes compactas o miniaturizadas. En el resto de los sectores esta siendo claramente desplazada por otras fuentes de luz más eficaces, permaneciendo económicamente como iluminación localizada o iluminación complementaria de tipo decorativo.

2.4.2 Lámparas Halógenas de alta y baja tensión

En las lámparas incandescentes normales, con el paso del tiempo, se produce una disminución significativa del flujo luminoso. Esto se debe, en parte, al ennegrecimiento de la ampolla por culpa de la evaporación de partículas de tungsteno del filamento y su posterior condensación sobre la ampolla.

Agregando una pequeña cantidad de un compuesto gaseoso con halógenos (cloro, bromo o yodo), normalmente se usa el CH_2Br_2 , al gas de relleno se consigue establecer un ciclo de regeneración del halógeno que evita el ennegrecimiento. Cuando el tungsteno (W) se evapora se une al bromo formando el bromuro de wolframio (WBr_2). Como las paredes de la ampolla están muy calientes (más de 260°C) no se deposita sobre estas y permanece en estado gaseoso. Cuando el bromuro de wolframio entra en contacto con el filamento, que está muy caliente, se descompone en tungsteno que se deposita sobre el filamento y bromo que pasa al gas de relleno. Y así, el ciclo vuelve a empezar.



(Fig. 2.8) Ciclo del Halógeno

El funcionamiento de este tipo de lámparas requiere de temperaturas muy altas para que pueda realizarse el ciclo del halógeno. Por eso, son más pequeñas y compactas que las lámparas normales y la ampolla se fabrica con un cristal especial de cuarzo que impide manipularla con los dedos para evitar su deterioro. Su temperatura de funcionamiento alcanza los 3.000°K .

Tienen una eficacia luminosa de 22 (lm/W) con una amplia gama de potencias de trabajo 150 a 2.000 (W) según el uso al que estén destinadas. Las lámparas halógenas se utilizan normalmente en alumbrado por proyección y cada vez más en iluminación doméstica.

a) Elementos principales de una lámpara de Halógeno

1. Gas de llenado

Las reducidas dimensiones de este tipo de lámparas permiten la utilización de gases inertes de mayor precio, básicamente Kriptón y Xenón (también se emplea el Argón como en las convencionales).

En la doble envoltura se emplea Nitrógeno como gas de relleno entre las dos ampollas.

2. Casquillo

Los más frecuentes son:

- Cerámica (R) en la de cuarzo-yodo
- Edison (E) en la de doble envoltura
- Bayoneta (G) en las de baja tensión

b) Características de funcionamiento

En cuanto al encendido son similares a las convencionales, una alimentación continuada de tensión reduce sensiblemente la vida de la lámpara al no verificarse correctamente el ciclo del halógeno. Su duración es de una vida media de 2.000 a 3.000 horas, temperatura de color de 3.000 a 3.200° K y un índice de rendimiento de color de 100.

2.5 APLICACIONES CON LÁMPARAS INCANDESCENTES

2.5.1 Lámparas Reflectoras



Las lámparas con reflector incorporado tienen un acabado de espejo, aplicado a una parte de la superficie interior de la ampolla. Este reflector, por ser interior, no sufre corrosión o ensuciamiento alguno; por consiguiente, reduce gastos de mantenimiento luminoso durante toda la vida útil de la lámpara. Hay dos grupos principales de lámparas reflectoras:

- Las de vidrio prensado
- Las de vidrio soplado
- Las de luz indirecta

2.5.2 Vidrio Prensado



Son fabricadas en vidrio duro, resistente al calor. La parte frontal actúa como lente que, según su acabado, emite haces de luz de diferente abertura:

- Estrecho (spot)
- Ancho (flood)
- Muy ancho (wide-flood)

Cuando estas lámparas de vidrio prensado se instalan al aire libre resisten choques térmicos y pueden, de hecho, usarse sin protección contra la intemperie en la mayoría de los casos.

2.5.3 Vidrio Soplado



Al igual que las de vidrio prensado, se las fabrican con haces spot, flood, y en colores. En estos tipos la parte frontal es esmerilada y el ancho del haz depende de la posición del filamento dentro de la lámpara reflectora. La intensidad luminosa de estas lámparas es menor que las de vidrio prensado de la misma potencia. Por su tamaño y peso más reducidos, además de que se fabrican en potencias inferiores, hacen de las lámparas de vidrio soplado una fuente ideal para un gran número de aplicaciones en interiores.

2.5.4 Lámparas de Luz Indirecta

Existe un tercer grupo de lámparas reflectoras, las denominadas de luz indirecta que se caracterizan por tener la capa reflectora interior en la parte frontal de la ampolla. Estas lámparas se usan con un reflector separado para obtener la distribución luminosa deseada.

Lámparas para iluminación por proyección (floodlight) y lámparas para proyección de imágenes. La característica esencial de todas las lámparas que se usan para la iluminación por proyección y proyectores de imágenes es el filamento concentrado, colocada con gran precisión en relación con el casquillo. Esto asegura la alineación exacta del filamento con el eje del sistema óptico en que se va a utilizar.

Hay también lámparas halógenas para proyectores de imágenes. Las que tienen forma elipsoidal, con reflector incorporado, han sido diseñadas para uso en proyectores de cine de película estrecha y diapositivas.

Se fabrican también lámparas para estudios y teatros con un filamento muy concentrado, para lograr la máxima intensidad luminosa dentro del haz. Para fotografía fabricada con ampolla esmerilada que tiene una alta intensidad luminosa.

2.5.5 Lámparas Incandescentes Especiales

A continuación se citan a título ilustrativo algunas de las lámparas incandescentes especiales y sus aplicaciones más notables:

a) Lámpara Dicroica o de haz frío



Son lámparas halógenas reflectoras que constan de un emisor halógeno de bajo voltaje, ópticamente centrado en un reflector dicroico dotado de un recubrimiento especial, transmisor de calor y reflector de la luz. Esta combinación de emisor y reflector consigue un haz de alta intensidad, con una distribución luminosa bien definida. El recubrimiento del reflector dicroico deja pasar la radiación infrarroja (calor) hacia atrás y refleja la radiación visible (luz) hacia delante, produciendo un “haz fresco”. Estas lámparas están dotadas de un emisor con bloqueo de UV. Estas fuentes luminosas de alta intensidad con haz frío se utilizan en alumbrado intensivo decorativo. Como todas las lámparas halógenas los reflectores dicroicos dan una fresca luz blanca y se pueden regular posición de funcionamiento: universal.

Las aplicaciones más comunes de este tipo de luminarias son:

Alumbrado intensivo, para tareas específicas y downlighters en:

- Tiendas
- Museos / exposiciones
- Hoteles / restaurantes

Basadas en el mismo principio que las halógenas de baja tensión con reflector dicroico, son esencialmente lámparas reflectoras tipo PAR, o bien las mismas de baja tensión. Un ejemplo de aplicación es en quirófanos o en proyectores de cine.

b) Lámpara de Proyección y Escenarios (cine, teatro, tv)



Metalógenas (lámparas HMI) para estudios de cine, TV y vídeo.

Halógenas de Tungsteno para teatro, cine y TV.

Halógenas de tungsteno para vídeo y proyección profesional.

Pueden ser convencionales o halógenas, con o sin reflector incorporado (algunas de ellas son de haz frío como las anteriores).



c) Lámpara de Automóvil

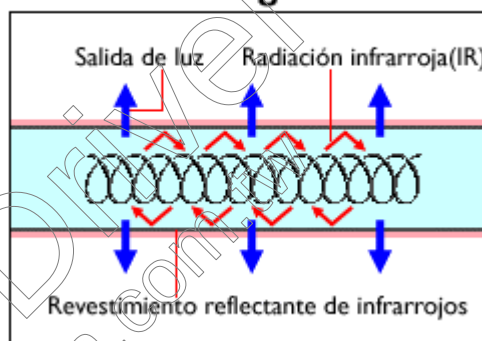


Convencionales o halógenas, naturalmente de 12 (V), estas lámparas desarrolladas por la industria del automóvil, están siendo introducidas a uso decorativo domestico y comercial.

d) Lámparas Infrarrojas



Tecnología IRR



Lámparas reflectoras con envoltura en vidrio soplado que proporcionan una energía radiante controlada con precisión. Estas lámparas producen solamente un pequeño flujo de luz visible. Son simples, seguras y limpias, así como, fáciles de mantener y transportar. Posición de funcionamiento universal.

Generalmente emiten dentro del infrarrojo (1.400 nm), La tecnología de reflexión de infrarrojos (IRR) consiste en unas capas reflectantes del calor que han sido cuidadosamente diseñadas, hechas de dióxido de niobio y dióxido de silicio (NbO_2 , SiO_2) y situadas sobre la superficie interior de la bombilla, para reflejar el calor perdido de nuevo sobre el filamento. Normalmente, el 10% de la energía consumida por una lámpara halógena produce luz visible; el resto se pierde en forma de calor. Además, el nuevo quemador de terminal doble permite que el recubrimiento por infrarrojos funcione con todo su potencial.

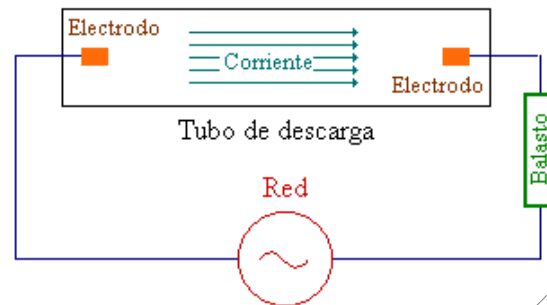
Se puede distinguir las lámparas para aplicaciones industriales (secado rápido, gelificación, polimerización, vulcanización), lámparas para agricultura, generalmente reflectoras convencionales.

2.6 LÁMPARAS DE DESCARGA EN GAS

Las lámparas de descarga constituyen una forma alternativa de producir luz de una manera más eficiente y económica que las lámparas incandescentes. Por eso, su uso está tan extendido hoy en día. La luz emitida se consigue por excitación de un gas sometido a descargas eléctricas entre dos electrodos. Según el gas contenido en la lámpara y la presión a la que esté sometido tendremos diferentes tipos de lámparas, cada una de ellas con sus propias características luminosas.

2.6.1 Funcionamiento

En las lámparas de descarga, la luz se consigue estableciendo una corriente eléctrica entre dos electrodos situados en un tubo lleno con un gas o vapor ionizado.

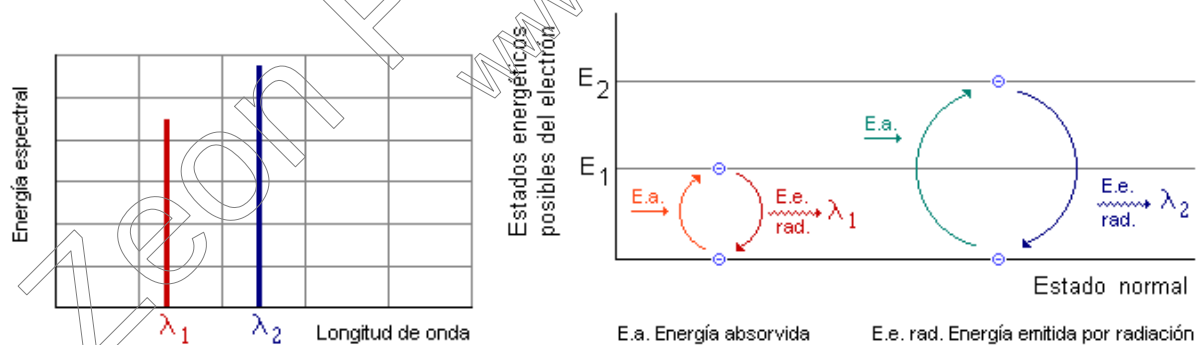


(Fig. 2.9) Circulación de la corriente en un tubo de descarga

En el interior del tubo, se producen descargas eléctricas como consecuencia de la diferencia de potencial entre los electrodos. Estas descargas provocan un flujo de electrones que atraviesa el gas. Cuando uno de ellos choca con los electrones de las capas externas de los átomos les transmite energía y pueden suceder dos cosas.

La primera posibilidad es que la energía transmitida en el choque sea lo suficientemente elevada para poder arrancar al electrón de su orbital. Este, puede a su vez, chocar con los electrones de otros átomos repitiendo el proceso. Si este proceso no se limita, se puede provocar la destrucción de la lámpara por un exceso de corriente.

La otra posibilidad es que el electrón no reciba suficiente energía para ser arrancado. En este caso, el electrón pasa a ocupar otro orbital de mayor energía. Este nuevo estado acostumbra a ser inestable y rápidamente se vuelve a la situación inicial. Al hacerlo, el electrón libera la energía extra en forma de radiación electromagnética, principalmente ultravioleta (UV) o visible. Un electrón no puede tener un estado energético cualquiera, sino que sólo puede ocupar unos pocos estados que vienen determinados por la estructura atómica del átomo. Como la longitud de onda de la radiación emitida es proporcional a la diferencia de energía entre los estados inicial y final del electrón y los estados posibles no son infinitos, es fácil comprender que el espectro de estas lámparas sea discontinuo.



(Fig. 2.10) Relación entre los estados energéticos de los electrones y las franjas visibles en el espectro

La consecuencia de esto es que la luz emitida por la lámpara no es blanca (por ejemplo en las lámparas de sodio a baja presión es amarillenta). Por lo tanto, la capacidad de reproducir los colores de estas fuentes de luz es, en general, peor que en el caso de las lámparas incandescentes que tienen un espectro continuo. Es posible, recubriendo el tubo con sustancias fluorescentes, mejorar la reproducción de los colores y aumentar la eficacia de las lámparas convirtiendo las nocivas emisiones ultravioletas en luz visible.

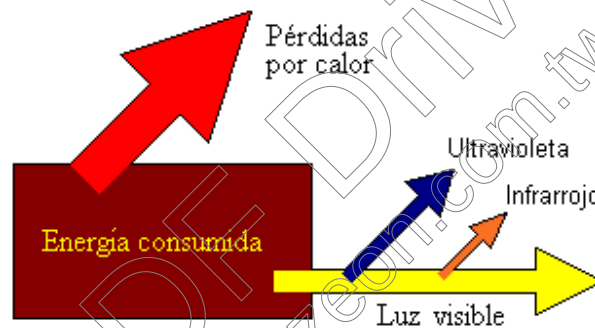
2.6.2 Elementos auxiliares

Para que las lámparas de descarga funcionen correctamente es necesario, en la mayoría de los casos, la presencia de unos elementos auxiliares: cebadores y balastos. Los *cebadores o ignitores* son dispositivos que suministran un breve pico de tensión entre los electrodos del tubo, necesario para iniciar la descarga y vencer así la resistencia inicial del gas a la corriente eléctrica. Tras el encendido, continua un periodo transitorio durante el cual el gas se estabiliza y que se caracteriza por un consumo de potencia superior al nominal.

Los *balastos*, por contra, son dispositivos que sirven para limitar la corriente que atraviesa la lámpara y evitar así un exceso de electrones circulando por el gas que aumentaría el valor de la corriente hasta producir la destrucción de la lámpara.

2.6.3 Eficacia

Al establecer la eficacia de este tipo de lámparas hay que diferenciar entre la eficacia de la fuente de luz y la de los elementos auxiliares necesarios para su funcionamiento que depende del fabricante. En las lámparas, las pérdidas se centran en dos aspectos: las pérdidas por calor y las pérdidas por radiaciones no visibles (ultravioleta e infrarrojo). El porcentaje de cada tipo dependerá de la clase de lámpara con que trabajemos.

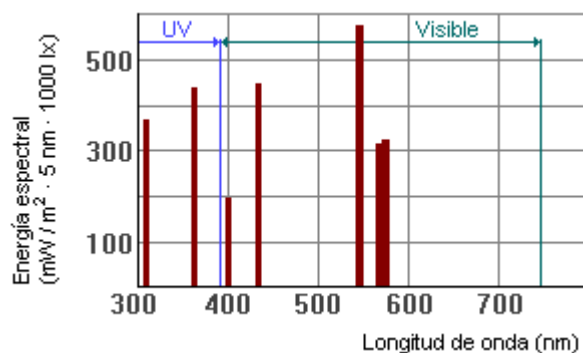


(Fig. 2.11) Balance energético de una lámpara de descarga

La eficacia de las lámparas de descarga oscila entre los 19-28 lm/W de las lámparas de luz de mezcla y los 100-183 lm/W de las de sodio a baja presión.

TIPO DE LÁMPARA	EFICACIA SIN BALASTO (Lm/W)
Fluorescentes	38-91
Luz mezcla	19-28
Mercurio de alta presión	40-63
Halogenuros metálicos	75-95
Sodio a baja presión	100-183
Sodio a alta presión	70-130

(Tab. 2.2) Eficacia de lámparas sin balasto



(Fig. 2.12) Espectro de una lámpara de descarga

Para solucionar este problema podemos tratar de completar el espectro con radiaciones de longitudes de onda distintas a las de la lámpara. La primera opción es combinar en una misma lámpara dos fuentes de luz con espectros que se complementen como ocurre en las lámparas de luz de mezcla (incandescencia y descarga). También podemos aumentar la presión del gas. De esta manera se consigue aumentar la anchura de las líneas del espectro de manera que formen bandas anchas y más próximas entre sí. Otra solución es añadir sustancias sólidas al gas, que al vaporizarse emitan radiaciones monocromáticas complementarias. Por último, podemos recubrir la pared interna del tubo con unas sustancias fluorescente que conviertan los rayos ultravioletas en radiaciones visibles.

2.6.4 Características de duración

Hay dos aspectos básicos que afectan a la duración de las lámparas. El primero es la depreciación del flujo. Este se produce por ennegrecimiento de la superficie de la superficie del tubo donde se va depositando el material emisor de electrones que recubre los electrodos. En aquellas lámparas que usan sustancias fluorescentes otro factor es la pérdida gradual de la eficacia de estas sustancias.

El segundo es el deterioro de los componentes de la lámpara que se debe a la degradación de los electrodos por agotamiento del material emisor que los recubre. Otras causas son un cambio gradual de la composición del gas de relleno y las fugas de gas en lámparas a alta presión.

TIPO DE LÁMPARA	VIDA PROMEDIO EN HORAS
Fluorescentes	12.500
Luz mezcla	9.000
Mercurio de alta presión	25.000
Halogenuros metálicos	11.000
Sodio a baja presión	23.000
Sodio a alta presión	23.000

(Tab. 2.3) Vida promedio de algunas lámparas

2.6.5 Factores externos que influyen en el funcionamiento

Los factores externos que más influyen en el funcionamiento de la lámpara son la temperatura ambiente y la influencia del número de encendidos.

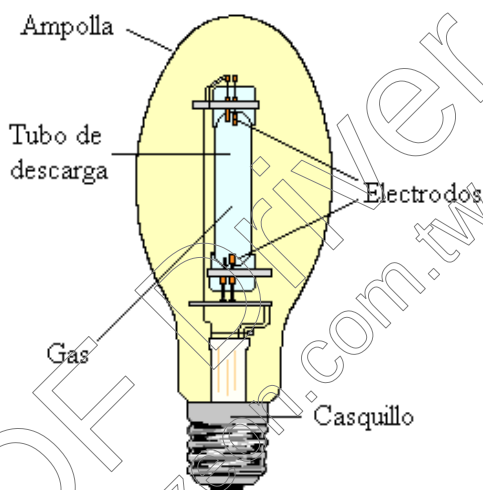
Las lámparas de descarga son, en general, sensibles a las temperaturas exteriores.

Dependiendo de sus características de construcción (tubo desnudo, ampolla exterior...) se verán más ó menos afectadas en diferente medida. Las lámparas a alta presión, por ejemplo, son sensibles a las bajas temperaturas en que tienen problemas de arranque. Por contra, la temperatura de trabajo estará limitada por las características térmicas de los componentes (200°C para el casquillo y entre 350°C y 520°C para la ampolla según el material y tipo de lámpara).

La influencia del número de encendidos es muy importante para establecer la duración de una lámpara de descarga ya que el deterioro de la sustancia emisora de los electrodos depende en gran medida de este factor.

2.6.6 Partes de una lámpara de descarga en gas

Las formas de las lámparas de descarga varían según la clase de lámpara con que tratemos. De todas maneras, todas tienen una serie de elementos en común como el tubo de descarga, los electrodos, la ampolla exterior o el casquillo.



(Fig. 2.13) Principales partes de una lámpara de descarga

a) Ampolla exterior

La ampolla es un elemento que sirve para proteger al tubo de descarga de los agentes atmosféricos. Es un elemento presente en todas las lámparas excepto en las lámparas fluorescentes que no disponen de él. En su interior se hace el vacío o se rellena con un gas inerte. Sus formas son muy variadas y puede estar recubierta internamente con sustancias fluorescentes que filtran y convierten las radiaciones ultravioletas en visibles mejorando el rendimiento en color de estas lámparas y su eficiencia.

b) Tubo de descarga

Es un tubo, normalmente de forma cilíndrica, donde se producen las descargas eléctricas entre los electrodos. Está relleno con un gas (vapor de mercurio o sodio habitualmente) a alta o baja presión que determina las propiedades de la lámpara. En las lámparas fluorescentes se recubre la cara interna con sustancias fluorescentes que convierten las emisiones ultravioletas en luz visible. Los materiales que se emplean en su fabricación dependen del tipo de lámpara y de las condiciones de uso.

c) Electrodos

Los electrodos son los elementos responsables de la descarga eléctrica en el tubo. Están hechos de tungsteno y se conectan a la corriente a través del casquillo. Se recubren con una sustancia emisora para facilitar la emisión de los electrones en el tubo.

d) Casquillo

El casquillo tiene la función de conectar los electrodos a la red a través del portalámparas. Puede ser de rosca o bayoneta aunque hay algunas lámparas como las fluorescentes que disponen de casquillos de espigas con dos contactos en los extremos del tubo. Los materiales de que se elaboran dependerán de los requisitos térmicos y mecánicos de cada tipo de lámpara.

e) Gas

En el interior del tubo de descarga encontramos una mezcla entre un vapor de sodio o mercurio y un gas inerte de relleno. El primero determina las propiedades de la luz de la lámpara y es el responsable de la emisión de la luz como consecuencia de la descarga. El segundo, el gas inerte, cumple varias funciones. La principal es disminuir la tensión de ruptura necesaria para ionizar el gas que rellena el tubo e iniciar así la descarga más fácilmente. Otras funciones que realiza son limitar la corriente de electrones y servir de aislante térmico para ayudar a mantener la temperatura de trabajo de la lámpara.

2.6.7 Tipos de lámparas de descarga

Las lámparas de descarga se pueden clasificar según el gas utilizado (vapor de mercurio o sodio) o la presión a la que este se encuentre (alta o baja presión). Las propiedades varían mucho de unas a otras y esto las hace adecuadas para unos usos u otros.

• Lámparas de vapor de mercurio:

β Baja presión:

β Lámparas fluorescentes

β Alta presión:

β Lámparas de vapor de mercurio de alta presión

β Lámparas de luz mezcla

β Lámparas con halogenuros metálicos

β Lámparas de vapor de mercurio especiales

• Lámparas de vapor de sodio:

β Lámparas de vapor de sodio de baja presión

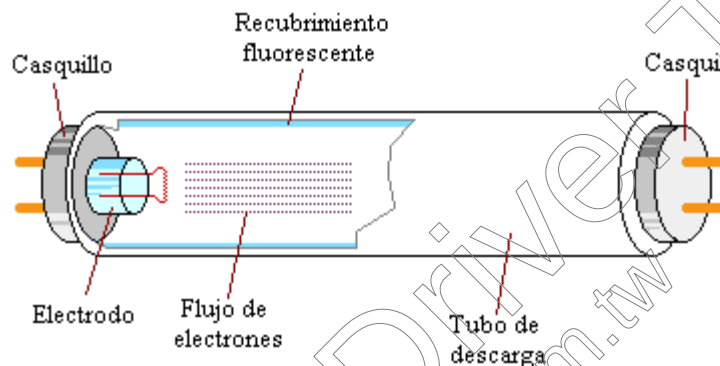
β Lámparas de vapor de sodio de alta presión

• Otros tipos de lámparas

2.6.7.1 Lámparas de Vapor de Mercurio Baja Presión

Lámparas Fluorescentes

Las lámparas fluorescentes son lámparas de vapor de mercurio a baja presión (0.8 Pa). En estas condiciones, en el espectro de emisión del mercurio predominan las radiaciones ultravioletas en la banda de 253.7 nm. Para que estas radiaciones sean útiles, se recubren las paredes interiores del tubo con polvos fluorescentes que convierten los rayos ultravioletas en radiaciones visibles. De la composición de estas sustancias dependerán la cantidad y calidad de la luz, y las cualidades cromáticas de la lámpara. En la actualidad se usan dos tipos de polvos; los que producen un espectro continuo y los trifósforos que emiten un espectro de tres bandas con los colores primarios. De la combinación estos tres colores se obtiene una luz blanca que ofrece un buen rendimiento de color sin penalizar la eficiencia como ocurre en el caso del espectro continuo.



(Fig. 2.14) Lámpara fluorescente

Las lámparas fluorescentes se caracterizan por carecer de ampolla exterior. Están formadas por un tubo de diámetro normalizado, normalmente cilíndrico, cerrado en cada extremo con un casquillo de dos contactos donde se alojan los electrodos. El tubo de descarga está relleno con vapor de mercurio a baja presión y una pequeña cantidad de un gas inerte que sirve para facilitar el encendido y controlar la descarga de electrones.

a) Partes de una lámpara fluorescente

Tubo de descarga

De vidrio (opalizado por el recubrimiento fluorescente). Su forma mas extendida es rectilínea, aunque existen otras ejecuciones especiales (circular, U, etc.). los diámetros convencionales son:

- 15 mm. → tubos de pequeña potencia
- 26 mm. → convencionales, trifósforos y alta frecuencia
- 38 mm. → convencionales antiguos, arranque rápido y arranque instantáneo.

Las longitudes y potencias mas usadas son:

- 0,6 m. → 16, 18, 20 (W)
- 1,2 m. → 32, 36, 40 (W)
- 1,5 m. → 50, 58, 65 (W)

Electrodo

Fabricados de tungsteno, normalmente en doble espiral y recubiertos por sustancias emisivas de electrones (componentes de metales alcalino-terreos). De su calidad depende la duración de la lámpara.

Gas de llenado

Las funciones que realiza el gas de llenado son:

- Facilitar el inicio de la descarga, por reducción de la tensión de encendido.
- Reducir el recorrido libre, por medio de los electrones, por aumentar su polaridad de colocación con los átomos de mercurio.
- Proteger la sustancia emisiva de los electrodos reduciendo su tasa de evaporación.

Los gases comúnmente usados son Argón, mezcla de Argón - Neón; normalmente en las lámparas trifósforo de 26 mm. de diámetro, mejora la eficacia luminosa y la protección de los electrodos. Se utiliza también el Kriptón, pero, incrementa la tensión de encendido de la lámpara.

Además de estos gases se necesita la presencia de unas gotas de mercurio, exactamente dosificado para reducir los efectos nocivos de estos metales en la sustancia fluorescente.

La Sustancia Fluorescente

En general desean satisfacer las siguientes condiciones:

- Ser material no tóxico
- Ser muy absorbentes del ultravioleta corto (región de los 257,7 y 185 nm.), con la consiguiente fluorescencia.
- Emitir en el espectro visible y no ser absorbentes en el mismo.
- Presentar sus óptimas características de funcionamiento en los 40°C.
- Poder ser divididos en partículas muy finas sin disminución de su rendimiento.

Actualmente se usan:

- Halofosfatos de Calcio, activados con Antimonio, Manganeso y Europio. Para lámparas en la que la eficacia luminosa prevalece sobre el rendimiento de color.
- Fluogermanato de Magnesio ó Silicato de Calcio activada con diversos componentes para lámparas en las que se persigue el efecto contrario (la tradicionalmente denominada “de lujo”).
- Aluminatos de Magnesio ó Vanadato de Itrio, con diversos aditivos para los tubos trifósforo de elevada eficacia luminosa y alto rendimiento de color.

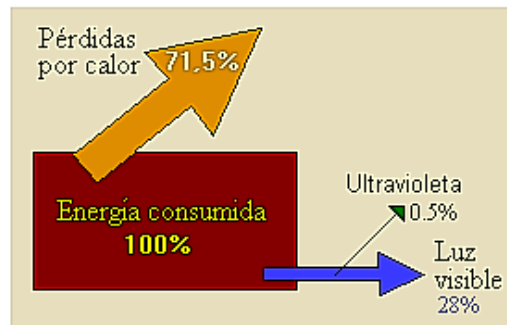
Casquillo

Los más frecuentes son:

- G → (espigas), en los tubos convencionales, trifósforos, alta frecuencia y arranque rápido.
- R → (un contacto), en tubos de arranque instantáneo

b) Eficacia

La eficacia de estas lámparas depende de muchos factores: potencia de la lámpara, tipo y presión del gas de relleno, propiedades de la sustancia fluorescente que recubre el tubo, temperatura ambiente. Esta última es muy importante porque determina la presión del gas y en último término el flujo de la lámpara. La eficacia oscila entre los 38 y 91 lm/W dependiendo de las características de cada lámpara.



(Fig. 2.15) Balance energético de una lámpara fluorescente

La duración de estas lámparas se sitúa entre 5.000 y 7.000 horas. Su vida termina cuando el desgaste sufrido por la sustancia emisora que recubre los electrodos, hecho que se incrementa con el número de encendidos, impide el encendido al necesitarse una tensión de ruptura superior a la suministrada por la red. Además de esto, hemos de considerar la depreciación del flujo provocada por la pérdida de eficacia de los polvos fluorescentes y el ennegrecimiento de las paredes del tubo donde se deposita la sustancia emisora.

El índice de rendimiento en color de estas lámparas varía de moderado a excelente según las sustancias fluorescentes empleadas. Para las lámparas destinadas a usos habituales que no requieran de gran precisión su valor está entre 80 y 90. De igual forma la apariencia y la temperatura de color varía según las características concretas de cada lámpara.

APARIENCIA DEL COLOR	T _{color} (K)
Blanco cálido	3.000
Blanco	3.500
Natural	4.000
Blanco frío	4.200
Luz día	6.500

(Tab. 2.4) Temperatura del color según la apariencia del color

Las lámparas fluorescentes necesitan para su funcionamiento la presencia de elementos auxiliares. Para limitar la corriente que atraviesa el tubo de descarga utilizan el balasto y para el encendido existen varias posibilidades que se pueden resumir en arranque con cebador o sin él. En el primer caso, el cebador se utiliza para calentar los electrodos antes de someterlos a la tensión de arranque. En el segundo caso tenemos las lámparas de arranque rápido en las que se calientan continuamente los electrodos y las de arranque instantáneo en que la ignición se consigue aplicando una tensión elevada.

Más modernamente han aparecido las lámparas fluorescentes compactas que llevan incorporado el balasto y el cebador. Son lámparas pequeñas con casquillo de rosca o

bayoneta pensadas para sustituir a las lámparas incandescentes con ahorros de hasta el 70% de energía y unas buenas prestaciones.

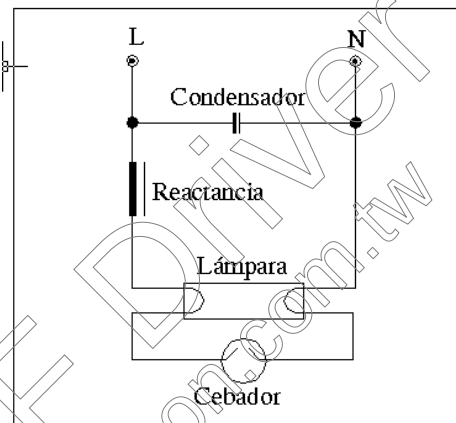
c) Características de funcionamiento

Encendido

Existen tres tipos básicos de encendido:

- *Encendido por cebador*, utilizado en la mayoría de los tubos de fluorescentes (convencionales y trifósforo).

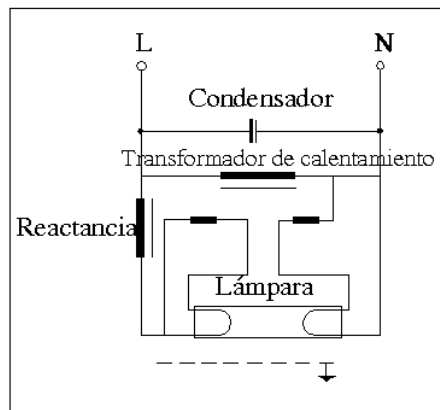
El cebador, situado en paralelo con el tubo, provoca el precalentamiento de los electrodos, aproximadamente un segundo después, el cebador interrumpe el circuito de precalentamiento, y en combinación con el balasto provoca una sobretensión instantánea que es suficiente para iniciar la descarga.



(Fig. 2.16) Circuito de arranque por cebador

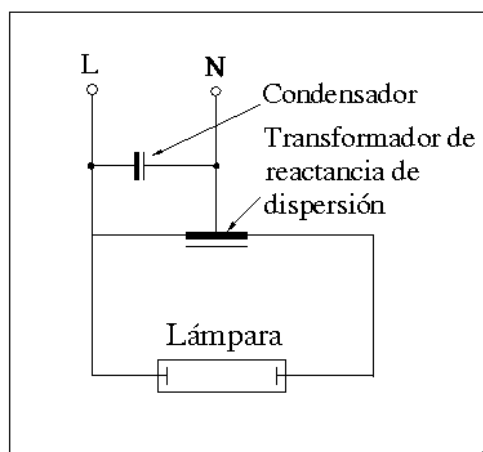
- *Encendido rápido*, con precalentamiento de electrodos, utilizado en los tubos de arranque rápido.

El calentamiento de los electrodos proviene del propio balasto y existe además una ayuda al encendido, consistente en una banda metálica externa conectada a uno de los electrodos que juega el papel del electrodo auxiliar.



(Fig. 2.17) Circuito de encendido rápido

• *Encendido instantáneo o arranque en frío*, que se produce bajo el efecto combinado de la tensión producida por el balasto y la ayuda externa.



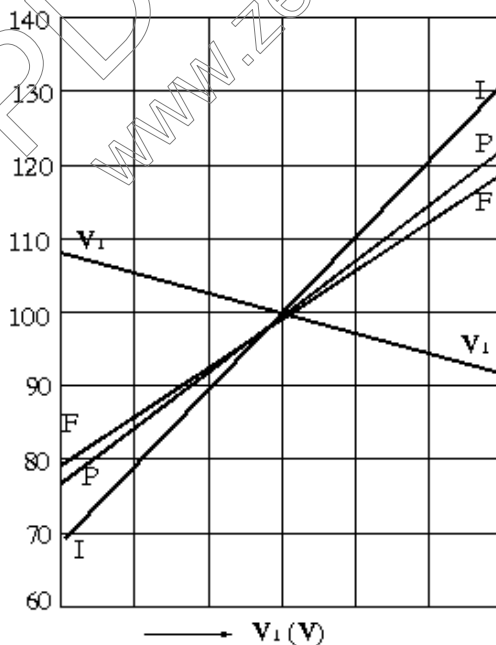
(Fig. 2.18) Circuito de encendido instantáneo

Estabilización de la descarga

Las lámparas fluorescentes deben ser estabilizadas mediante un balasto en serie con el tubo. La tensión de alimentación, durante el funcionamiento, se divide entre el balasto y la lámpara, dado que prácticamente la tensión de funcionamiento de las lámparas es la mitad de la tensión de la red.

Si el balasto es de tipo inductivo únicamente, se suele colocar en paralelo un condensador para mejorar el factor de potencia, constituyendo un balasto de tipo capacitivo – inductivo denominándose en este caso de “alto factor de potencia”.

Variaciones de la Tensión



(Fig. 2.19) Influencia de las variaciones de tensión

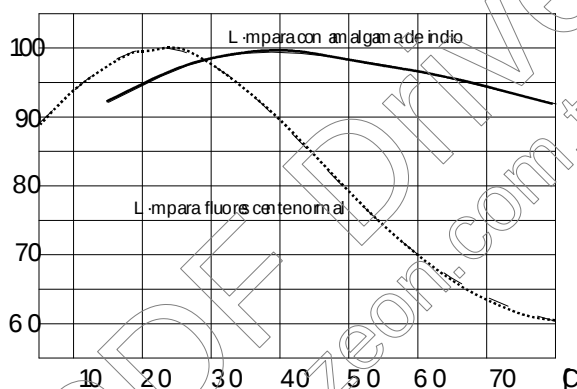
En general, un incremento de la tensión de alimentación ocasiona:

- Mayor intensidad de corriente (I)
- Disminución de la tensión en bornes de la lámpara (U)
- Mayor flujo luminoso (F)
- Mayor potencia absorbida (P) pero con un incremento relativo superior al del flujo luminoso, es decir, una disminución de la eficacia luminosa.

Influencia de la temperatura

Las variaciones de la temperatura modifican la presión del vapor de mercurio e influyen sobre las prestaciones de la lámpara. Cualquier modificación de la presión óptima del mercurio se traduce en una reducción del flujo luminoso emitido por la lámpara y en la disminución de su eficacia luminosa.

Para compensar los efectos derivados de la elevación de la temperatura, se emplea amalgama (indio – mercurio), que tiene el efecto de liberar o absorber el mercurio en función de la temperatura, dando lugar a unas condiciones estables de emisión del flujo luminoso en un margen de temperaturas más amplio.



(Fig. 2.20) Influencia de la temperatura en el flujo luminoso

Este tipo de lámparas se pueden utilizar en luminarias multilámpara, sin circulación de aire, que sufren los efectos de un incremento térmico considerable.

Por el contrario, a bajas temperaturas, existen lámparas especiales que alcanzan la presión óptima del mercurio en esas condiciones. En general, la iluminación de las cámaras frigoríficas puede resolverse a base de luminarias estancas especiales, donde las lámparas están bien aisladas térmicamente.

Temperatura de Color

Existen tubos fluorescentes en las tres tonalidades básicas, si bien las denominaciones cambian con relación a las generales (cálida, intermedia, fría). Los términos utilizados y algunos valores típicos de temperatura de color son los siguientes:

DESIGNACIÓN	TEMPERATURA DE COLOR (K)
Blanco cálido	2.700 – 3.000
Blanco	4.000 – 5.000
Luz día	5.300 – 6.500

(Tab. 2.5) Temperatura del color de los tubos fluorescentes

Rendimiento de Color

En los tubos fluorescentes convencionales, el rendimiento en color y la eficacia luminosa han sido dos parámetros antagonistas, dado que se consideraba que un buen IRC solo podía ser obtenido mediante un espectro continuo, similar al de las lámparas incandescentes y por tanto, de baja eficacia luminosa.

En este sentido, las antiguas denominaciones utilizadas para designar el rendimiento en color y sus valores usuales son los siguientes:

DENOMINACIÓN IRC	VALOR IRC
Normal	50 – 60
De lujo	87 – 92
Especial de lujo	93 – 95

(Tab. 2.6) Rendimiento en color de tubos fluorescentes

Normalmente se podían encontrar estos tres valores del IRC, dentro de cada apariencia de color, dando lugar a una gama completa de hasta nueve posibles tubos en cada fabricante. Como se ha señalado anteriormente, los valores de la eficacia luminosa se reducirán que los tubos evolucionaban hacia las categorías “de lujo” y “especial de lujo”.

Actualmente se sabe que las radiaciones de onda 460 (azul), 540 (verde) y 610 (naranja – rojo), juegan un papel preponderante en el mecanismo de la visión de colores. Así, una fuente de luz que emita en las cercanías de estas tres longitudes de onda presentara un buen rendimiento en color. Por otro lado, al emitir la mayoría de la radiación luminosa en la banda verde – amarilla y menos, comparativamente, en el azul y rojo (es decir, adaptando la emisión luminosa en las tres bandas a la curva de sensibilidad visual del ojo), aumenta significativamente la eficacia luminosa.

Mediante este procedimiento utilizando en los tubos trifósforo, se ha resuelto el antagonismo entre rendimiento de color y eficacia luminosa. Los valores usuales del IRC en estos tubos, son los siguientes:

TIPOS DE TUBO	VALOR IRC
Trifósforo normal	85
Trifósforo de lujo	95

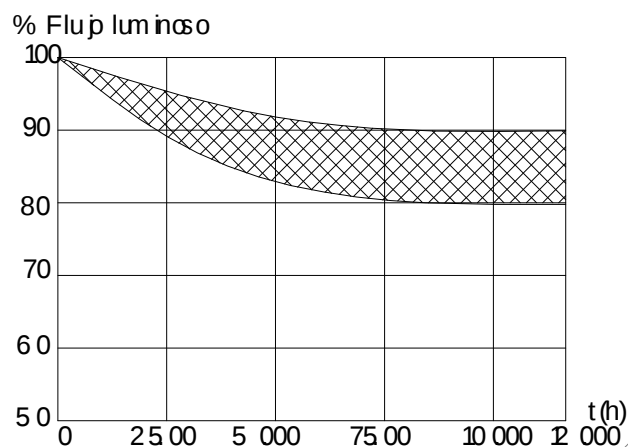
(Tab. 2.7) Valor de IRC de distintos tipos de tubos fluorescentes

Duración

Las lámparas fluorescentes se extinguen cuando desaparece la sustancia emisiva de uno de los electrodos. Así, la duración de las lámparas es función del número de encendidos, dado que cada arranque supone la pérdida de una pequeña parte de sustancia emisiva.

Los ensayos de duración se basan en periodos de 3 horas de conexión por encendido (8 encendidos/ida) y ofrecen un resultado de vida media del orden de las 10.000 horas.

Su vida útil se establece en 7.500 horas con un flujo luminoso, al cabo de este tiempo, del orden del 80% del flujo inicial. Esta vida útil supone un régimen de funcionamiento de la lámpara igual al indicado anteriormente.



(Fig. 2.21) Depreciación del flujo luminoso

d) Características Técnicas y Energéticas

Los datos que se ofrecen a continuación corresponden a tubos fluorescentes de arranque por cebador, a excepción de los de alta frecuencia.
Tubos convencionales de 38 mm. (antiguos)

POTENCIA (W)	COLOR (*)	FLUJO LUMINOSO (Lm)	EFICACIA (Lm/W)
20	BC	1.250	63
20	BC/Lámparas	850	43
20	B	1.250	63
20	B/Lámparas	1.080	54
20	LD	1.250	63
20	LD/Lámparas	950	48
20	LD/EL	850	43
40	BC	3.200	80
40	BC/Lámparas	2.000	50
40	B	3.200	80
40	B/Lámparas	2.500	63
40	LD	3.200	80
40	LD/Lámparas	2.500	63
40	LD/EL	2.000	50
65	BC	5.100	79
65	BC/Lámparas	3.300	51
65	B	5.100	79
65	B/Lámparas	4.000	62
65	LD	5.100	79
65	LD/Lámparas	3.900	60
65	LD/EL	3.300	51
* Claves			
	BC	Blanco cálido	
	B	Blanco	
	LD	Luz día	
	L	De lujo	
	EL	Especial de lujo	

(Tab. 2.8) Características técnicas y energéticas de tubos de 38 (mm)

Tubos convencionales de 26 mm. (actuales)

POTENCIA (W)	FLUJO LUMINOSO (Lm)	EFICACIA (Lm/W)	EFICACIA CON AUXILIARES (Lm/W)
18	1.150	64	47
36	3.000	83	68
58	4.800	83	70
Todas ellas con IRC entre 55 – 70, en las tres apariencias de color (sustituyen a los tipos BC, B y LD normales).			

(Tab. 2.9) Características tenencias y energéticas de tubos de 26 (mm)

Tubos trifósforo de 26 mm. (IRC = 85)

POTENCIA (W)	FLUJO LUMINOSO (Lm)	EFICACIA (Lm/W)	EFICACIA CON AUXILIARES (Lm/W)
18	1.450	81	59
36	3.450	96	79
58	5.400	93	78

(Tab. 2.10) Características tenencias y energéticas de tubos de 26 (mm) con IRC = 85

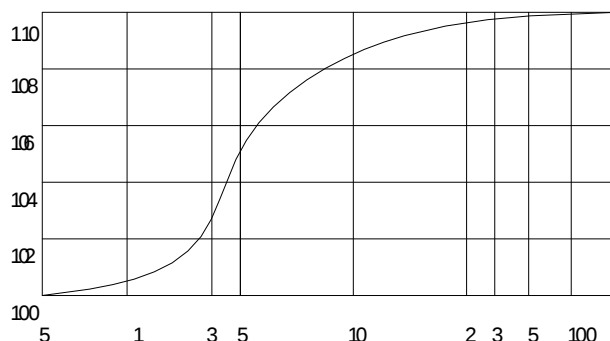
Tubos trifósforo de 26 mm. (IRC = 95)

POTENCIA (W)	FLUJO LUMINOSO (Lm)	EFICACIA (Lm/W)	EFICACIA CON AUXILIARES (Lm/W)
18	1.000	56	40
36	2.350	65	54
58	3.750	65	55

(Tab. 2.11) Características tenencias y energéticas de tubos de 26 (mm) con IRC = 95

2) Tubos Fluorescentes de Alta Frecuencia

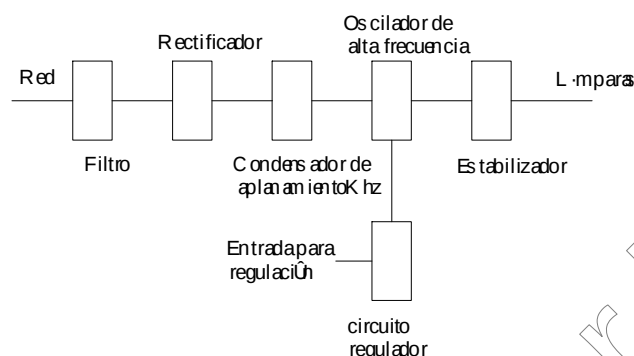
Como se observa en la figura, si la frecuencia de alimentación de la lámpara fluorescente se eleva por encima de 15 (KHz), manteniendo la potencia constante, su flujo luminoso se incrementa aproximadamente un 10%; como la gama audible termina alrededor de los 20 (KHz), la frecuencia adoptada para este tipo de lámparas es de 28 (KHz).



(Fig. 2.22) Influencia de la frecuencia en el flujo luminoso

El encendido se realiza mediante el precalentamiento de electrodos producido por un balasto electrónico (no precisa cebador). Este mismo balasto (de reducidas perdidas) asegura la estabilización de la descarga.

Este balasto electrónico convierte la frecuencia de la red 50 (Hz) en frecuencias superiores a 25 (KHz) del orden de 28 (KHz).



(Fig. 2.23) Componentes del balasto electrónico

Sus componentes principales son:

- Filtro de bajas frecuencias que limita las oscilaciones armónicas y las radiointerferencias, y protege los componentes electrónicos contra los picos de alta tensión de la red.
- El rectificador o convertidor de corriente alterna en continua.
- El oscilador de potencia que permite variar la frecuencia de alimentación de las lámparas.

En la figura anterior se han indicado los componentes del balasto electrónico que permite regular el flujo luminoso, aunque existen también balastos electrónicos más simples (sin el circuito regulador), para aquellas aplicaciones en que no se realice regulación de flujo.

En las lámparas fluorescentes de alta frecuencia se ha seguido el criterio de mantener el flujo luminoso en valores similares a los de las lámparas trifósforo y reducir su potencia, de este modo se consiguen valores de eficacia luminosa hasta 104 (lm/W).

Las características mas destacadas de estas lámparas, que mantienen las mismas dimensiones (longitudes y diámetro) de los tubos trifósforo, son las siguientes:

POTENCIA (W)	FLUJO LUMINOSO (Lm)	EFICACIA (Lm/W)	EFICACIA CON AUXILIARES (Lm/W)
16	1.450	91	78
32	3.200	100	89
50	5.200	104	94

(Tab. 2.12) Características técnicas y energéticas de lámparas fluorescentes de alta frecuencia

a) Ventajas

Las más destacables son:

- Su *excelente adaptabilidad al alumbrado de interiores*, con la única limitación de la altura de implantación (en la práctica, el máximo es de 5 – 6 m).
- Su *elevada eficacia luminosa*, que permite satisfacer altos niveles de iluminación (característicos del alumbrado del sector terciario) con prestaciones energéticas muy favorables y reducida potencia instalada por unidad de superficie.
- La *reducida aportación calorífica* y posibilidad de utilización de luminarias integradas en sistemas de climatización.
- El buen, e incluso, *excelente rendimiento de color* en algunos tipos.
- La *larga duración* de las lámparas y equipos auxiliares.
- El *encendido y reencendido rápido* (instantáneo en algunos modelos).
- La *amplia gama* de lámparas y luminarias, en distintos fabricantes, incluyendo todo tipo de apariencias de color.

b) Limitaciones

Destacan las siguientes:

- La escasa posibilidad de empleo en *sistemas de proyección*, por las dimensiones de los tubos.
- Su *factor de potencia bajo*, que se corrige mediante condensadores de compensación, usualmente incorporados en las luminarias.
- Son *poco adaptables al alumbrado de exteriores*, por la influencia que ejerce la temperatura en su funcionamiento.
- Producen el *efecto estroboscópico*, salvo en las de alta frecuencia (aunque puede eliminarse mediante montajes de conexión especiales).

c) Nuevos desarrollos

Con toda probabilidad, las lámparas fluorescentes han sido las fuentes de luz más investigadas desde la crisis de energía, y en las que se han obtenido mayor número de nuevos desarrollos prácticos.

En este camino, desde mediados de la década de los 70 hasta nuestros días los tubos fluorescentes han cambiado de tamaño (diámetro), composición de los gases de llenado, composición de las sustancias fluorescentes y, en último lugar, de frecuencia de funcionamiento.

Las *lámparas de alta frecuencia*, ya comercializadas y en constante desarrollo, presentan las siguientes innovaciones frente a los restantes tubos fluorescentes:

- Mejora sustancial de la eficacia luminosa, traducida en reducción de potencia.
- Factor de potencia próximo a la unidad (0.96), por lo que no necesitan condensador de compensación.
- Fácil regulación del flujo luminoso, continuo de 25 a 100 %. En la práctica las nuevas instalaciones en las que se prevé o se necesita regulación del flujo luminoso, se proyectan con balastos y lámparas de alta frecuencia.
- Funcionamiento óptimo y estable en una banda amplia de temperatura ambiente.
- Eliminación del efecto estroboscópico.

- ÿ Encendido casi instantáneo (0,5 s)
- ÿ Balasto electrónico de reducidas pérdidas, que incluso deja de consumir energía en el momento en que la lámpara cesa de funcionar correctamente (no permite los sucesivos intentos de encendido o parpadeo de la lámpara), lo que se traduce en un mejor aprovechamiento energético.
- ÿ Menor depreciación del flujo luminoso.
- ÿ Supresión del ruido producido por los balastos convencionales.

d) Perspectivas de futuro

En el momento actual, la investigación de los fabricantes de tubos fluorescentes siguen las pautas marcadas por los últimos años, si bien centrados mas en las presentaciones de calidad de sus productos (por ejemplo, rendimiento en color) que en la propia eficacia luminosa, que ha sido el factor más importante durante este tiempo.

Así, cobra importancia la investigación de:

- ÿ Nuevas sustancias fluorescentes, o combinaciones de distintos materiales, para conseguir ampliar las gamas de producto.
- ÿ Mejora de los gases de relleno con el objetivo de reducir la tensión de encendido (lámparas de alta frecuencia) y confirmar el arco de descarga a una región mas reducida, para optimizar la emisión de ultravioleta.
- ÿ Mejora de la sustancia emisora de los electrodos, para aumentar la fiabilidad y duración de los tubos.

Hoy por hoy, no se plantea la sustitución de los tubos fluorescentes por otras fuentes de luz, sino que se trata de adoptar todos los nuevos desarrollos conseguidos en las instalaciones existentes mediante el reemplazamiento de unos tubos por otros. En esta línea, los fabricantes han mantenido siempre el mismo tipo de casquillo y la longitud de los tubos para facilitar su intercambiabilidad.

En la practica, y dentro del sector terciario, los tubos fluorescentes carecen de competencia cuando se trata de conseguir un alto nivel de iluminación y no existe un condicionante especial de altura de implantación.

Las tendencias de los fabricantes van en la línea de introducir, cada vez más, equipos electrónicos de estabilización, no sólo en el caso de la alta frecuencia, sino en la adaptación a instalaciones convencionales y sistemas de regulación del flujo luminoso, en función de las condiciones de ocupación o aportación de luz natural en los locales.

3) Fluorescentes Compactas

a) Descripción

Son lámparas de tubo estrecho (10 – 15 mm.), curvado en doble U, o multitubo conectado por un puente de unión, para conseguir unas dimensiones reducidas. Basan su funcionamiento en la utilización de sustancias fluorescentes de banda estrecha (trifósforo) que se adaptan convenientemente a las condiciones de funcionamiento (estabilidad del recubrimiento fluorescente ante la densidad superficial de potencia, 0,1 (W/cm², del tubo) impuestas por las dimensiones de la lámpara.

Existen diversas modalidades:

- ÿ Lámparas compactas (con balasto y cebador incorporado), que están concebidas para la sustitución directa de las lámparas incandescentes, en las luminarias existentes. Versión con balasto electrónico.

- ÿ Lámparas miniaturizadas (sin balasto y con cebador incorporado) que precisan luminarias especialmente concebidas para ellas.
- ÿ Lámparas miniaturizadas electrónicas con balasto y cebador incorporado.



(Fig. 2.24) Lámparas fluorescentes compactas

b) Componentes

Se citan únicamente aquellos que ofrecen alguna diferencia con los descritos para los tubos fluorescentes.

Ampolla

Se trata de una ampolla exterior que envuelve al tubo de descarga y que solamente existe en las lámparas compactas, ante la posibilidad de empleo de la lámpara vista, como sucede en buena parte de las instalaciones de lámparas de incandescencia.

Esta construida en vidrio y puede presentar forma cilíndrica (prismática clara y opalizada) o globo (opalizada).

Casquillo

Dependiendo del tipo de la lámpara, existen las siguientes variantes:

- ÿ Edison (E), para las compactas.
- ÿ Espigas (G), para las miniaturizadas con y sin cebador incorporado.

c) Características de funcionamiento

Encendido

En todos los casos son de encendido por cebador (electrodos precalentados).

Estabilización de la descarga

Mediante balasto inductivo (reactancia), colocado en serie con el tubo de descarga, como el convencional de los tubos fluorescentes; va incorporado en las compactas y separado de las miniaturizadas, mediante balasto electrónico incorporado en las miniaturizadas electrónicas.

Temperatura de color

Normalmente 2.700 K (apariencia cálida, similar a la de las lámparas incandescentes), aunque existen versiones de 3.000 y 4.000 K.

Rendimiento de color

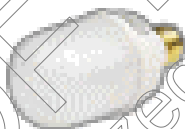
85

Duración

La vida media usual es de 5.000 – 6.000 horas. En algunos modelos de lámparas miniaturizadas (los que no incorporan cebador ni balasto) se alcanzan duraciones relativamente próximas a las de los tubos fluorescentes. Las lámparas electrónicas tienen una vida media de 8.000 horas.

d) Características Técnicas y Energéticas

Lámparas Compactas (ampolla cilíndrica)



Se ofrecen los datos correspondientes a las lámparas de ampolla clara. La reducción del flujo provocada por la ampolla opal es del orden del 10%, análogamente sucede con la ampolla globo opal.

POTENCIA (W)	FLUJO LUMINOSO (Lm)	EFICACIA (Lm/W)	INCANDESCENTE SUSTITUIDA (W)
9	450	50	40
13	650	50	60
18	900	50	75
25	1.200	48	100

(Tab. 2.13) Ahorro energético de lámparas compactas de ampolla cilíndrica

Supone, por tanto, un ahorro de energía del 70%, respecto a la incandescente sustituida.

Lámparas Miniaturizadas Electrónicas

Como las anteriores permiten sustituir (tienen el mismo casquillo) directamente a las incandescentes.

POTENCIA (W)	FLUJO LUMINOSO (Lm)	EFICACIA (Lm/W)	INCANDESCENTE SUSTITUIDA (W)
7	400	57	40
11	600	55	60
15	900	60	75
20	1.200	60	100

(Tab. 2.14) Ahorro energético de lámparas miniaturizadas electrónicas

Lámparas Miniaturizadas (cebador incorporado)

De los modelos indicados, los cuatro primeros corresponden a la ejecución de los dos tubos unidos y las restantes a las de cuatro tubos.

POTENCIA (W)	FLUJO LUMINOSO (Lm)	EFICACIA (Lm/W)	EFICACIA CON AUXILIARES (Lm/W)
5	250	50	30
7	400	57	36
9	600	67	46
11	900	82	63
10	600	60	42
13	900	69	52
18	1.200	67	53
26	1.800	69	54
Suponen un ahorro de energía del 80%, respecto a la incandescente sustituida			

(Tab. 2.15) Características técnicas y energéticas de Lámparas miniaturizadas (cebador incorporado)

Lámparas Miniaturizadas (sin balasto, ni cebador incorporado)

Constituyen el primer intento de competencia con los tubos fluorescentes de longitudes estándar, al disponer de potencias similares y poder utilizar luminarias más compactas. Sus características de color se asemejan a la de los tubos trifósforo, aunque su eficacia luminosa es más reducida. Pueden ser utilizadas con balastos de alta frecuencia, además de los inductivos convencionales.

POTENCIA (W)	FLUJO LUMINOSO (Lm)	EFICACIA (Lm/W)	EFICACIA CON AUXILIARES (Lm/W)
18	1.200	67	47
24	1.800	75	55
36	2.900	81	68

(Tab. 2.16) Características tenencias y energéticas de lámparas miniaturizadas (sin balasto, ni cebador incorporado)

Se están desarrollando este tipo de lámparas de forma acelerada, así es reciente la operación de un nuevo modelo de 50 (W) que proporciona 4.000 lúmenes, y mantiene las dimensiones de la lámpara de 36 (W).

00

e) Ventajas

En comparación con las lámparas incandescentes, para cuya sustitución han sido concebidas, las lámparas compactas y miniaturizadas presentan las siguientes ventajas:

- Un consumo de energía del 25% (compactas) ó 20% (miniaturizadas)
- Una duración de 5 a 8 veces superior

La posibilidad de utilización como alumbrado general, fundamentalmente en el ámbito comercial, con aceptables r  tios de potencia instalada por unidad de superficie.

El costo total (inversión + explotación) mas reducido, en utilizaciones de conexión prolongada, típicas del sector terciario, donde la rentabilidad se alcanza alrededor de las 3.000 horas.

La apariencia de color equivale (2.700 K)

Una amplia gama de luminarias especificas para lámparas miniaturizadas, incluso con posibilidad de sistemas de proyección.

f) Limitaciones

También frente a la incandescencia

Un precio elevado, que hace dudosa la rentabilidad en aplicaciones con pocas horas de utilización y que requieren gran número de encendidos, tal como el alumbrado domestico.

Un peso sensiblemente superior (0,5 Kg.) de las lámparas compactas y mayores dimensiones, que pueden dificultar, en algunos casos, la sustitución directa. Este inconveniente se esta solventando con la utilización de balastos electrónicos.

Un rendimiento de color mas reducido (85), aunque suficiente para la mayor parte de las aplicaciones.

No son utilizables con graduadores o reguladores de flujo, o con temporizadores.

Presentan un bajo factor de potencia, y se han detectado ciertos problemas con los armónicos que generan. Las lámparas fluorescentes compactas que integran un balasto magnético y que fueron las primeras introducidas en el mercado, poseen un factor de potencia de 0,25. En las lámparas actuales con balasto electrónico, el factor de potencia es de 0,5 - 0,6, pero el problema con los armónicos se ha acrecentado. Es problemático conseguir un alto factor de potencia y reducir los armónicos, por las limitaciones de peso, volumen y costo de este tipo de lámparas.

g) Nuevos desarrollos y perspectivas de futuro

Aparte de las mejoras de eficacia que pueden experimentar estas lámparas, como consecuencia de los desarrollos previsibles de los tubos fluorescentes, se tiende a la introducción de balastos y cebadores electrónicos en toda la gama, con objeto de reducir el peso, fundamentalmente de las lámparas compactas.

Recientemente han aparecido lámparas fluorescentes compactas con factor de potencia de 0,9 y baja distorsión de armónicos, que son las que tenderán a generalizar en el mercado en un futuro.

4) Fluorescentes Especiales

Algunas lámparas fluorescentes (tubos) especiales y sus aplicaciones más notables son las siguientes:

a) Lámparas con reflector interno

Tienen una capa reflectora interna, habitualmente de óxido de Titanio, dispuesta en la pared interna del tubo (cubriendo un ángulo de 225°) bajo el recubrimiento fluorescente. De este modo se verifica, desde la propia lámpara, un control de flujo luminoso emitido (bajo un ángulo de 135°) que supone una ganancia del 70% en la intensidad luminosa en el eje de la lámpara, con una reducción de solo el 10 % del flujo luminoso con relación a la lámpara estándar.

Estas lámparas existen en potencias de 40 y 65 (W), y son aplicables a aquellos casos en que la reflectancia de los techos es muy reducida, por lo que el flujo emitido por encima del plano horizontal de la lámpara es prácticamente inútil o cuando, por limitaciones de espacio, no es posible situar un reflector externo, por encima de la lámpara.

b) Lámparas de muy alta emisión (VHO)

Son lámparas de alta potencia (115 – 215 W), en las que se consigue mayor emisión de flujo luminoso incrementando la corriente de la lámpara, aunque su eficacia luminosa se reduce respecto a las convencionales. Están dotadas de electrodos especiales, que permiten la refrigeración del espacio existente entre el casquillo y filamento y, a menudo, llevan un reflector incorporado, como las anteriores.

Su utilización característica está en el alumbrado industrial, con alturas relativamente importantes de implantación de las luminarias.

c) Lámparas de Luz Negra

Emiten radiación ultravioleta (UV – A) y visible (violeta y azul), con un máximo de emisión concentrada entre los 350 y 400 nm. Existen en potencias de 20 – 85 (W), con aplicaciones en:

- Reprografía
- Fotoquímica, fototerapia y trampas para insectos (atracción y electrocución)
- Bronceado artificial (algunos tipos de lámparas solares)

d) Lámparas Eritérmicas

Emiten predominantemente radiación ultravioleta (UV – B) y algo de visible (menos del 10%), con picos de emisión en los 300 – 315 nm.

Esta región del espectro (ultravioletas medios) existe en la radiación solar y es responsable del bronceado de la piel.

El tubo esta construido en un vidrio adecuado para transmitir la radiación y su aplicación fundamental (lámparas solares) debe realizarse bajo estricta supervisión médica.

e) Lámparas Germicidas

Su emisión se centra, casi totalmente, en la banda de 253,7 nm (UV – C). El tubo de material transparente a esta longitud de onda (Vycor), no lleva ningún tipo de recubrimiento a fin de mejorar la transmisión.

Su gama de potencias es de 15 – 40 (W) y sus aplicaciones se centran en la destrucción de microorganismos.

- Desinfección del aire (conductos de ventilación)
- Esterilización de líquidos y sólidos (hospitales, industria farmacéutica y alimentaria)
- Eliminación de parásitos (en animales)
- Polimerización de resinas.
- Informática (borrado de memorias EPROM)

La utilización de estas lámparas exige precauciones especiales, si no se encuentran en recintos opacos al UV – C, como por ejemplo, el uso de guantes y gafas de protección.

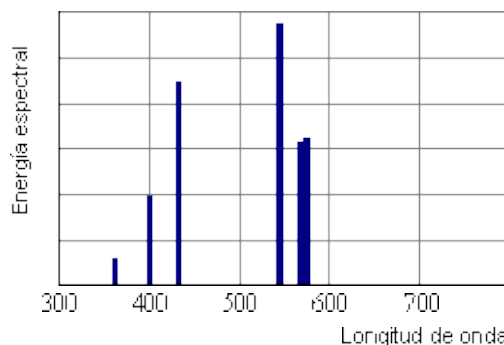
f) Lámparas para crecimiento de plantas

Se trata de una amplia gama (8 – 125 W) de lámparas, que prestan una emisión en el rojo y el azul, particularmente útiles en los procesos de fotosíntesis y función clorofílica de las plantas. Estas lámparas limitan la emisión en la región verde del espectro (reflejadas por la clorofila), lo que permite concentrar la radiación emitida en las bandas útiles del espectro.

2.6.7.2 Lámparas de Alta Presión

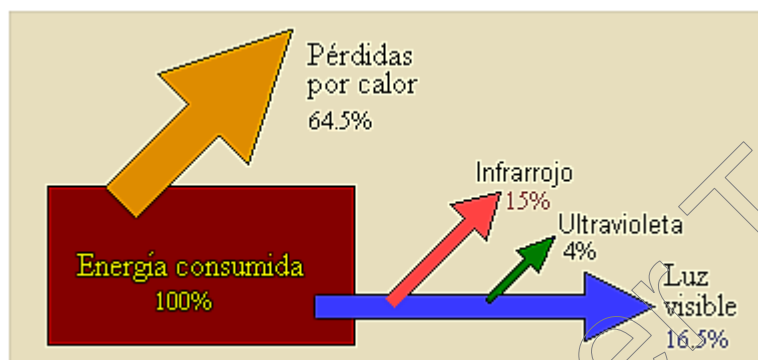
1) Lámparas de Vapor de Mercurio de Alta Presión

A medida que aumentamos la presión del vapor de mercurio en el interior del tubo de descarga, la radiación ultravioleta característica de la lámpara de baja presión pierde importancia respecto a las emisiones en la zona visible (violeta de 404.7 nm, azul 435.8 nm, verde 546.1 nm y amarillo 579 nm).



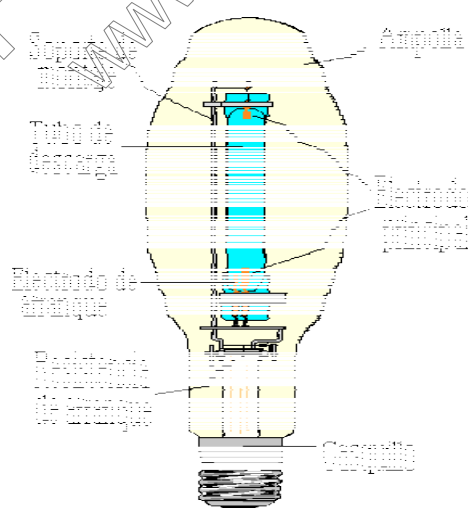
(Fig. 2.25) Espectro de emisión sin corregir de una lámpara de mercurio de alta presión

En estas condiciones la luz emitida, de color azul verdoso, no contiene radiaciones rojas. Para resolver este problema se acostumbra a añadir sustancias fluorescentes que emitan en esta zona del espectro. De esta manera se mejoran las características cromáticas de la lámpara. La temperatura de color se mueve entre 3500 y 4500 K con índices de rendimiento en color de 40 a 45 normalmente. La vida útil, teniendo en cuenta la depreciación se establece en unas 8000 horas. La eficacia oscila entre 40 y 60 lm/W y aumenta con la potencia, aunque para una misma potencia es posible incrementar la eficacia añadiendo un recubrimiento de polvos fosforescentes que conviertan la luz ultravioleta en visible.



(Fig. 2.26) Balance energético de una lámpara de mercurio a alta presión

Los modelos más habituales de estas lámparas tienen una tensión de encendido entre 150 y 180 V que permite conectarlas a la red de 220 V sin necesidad de elementos auxiliares. Para encenderlas se recurre a un electrodo auxiliar próximo a uno de los electrodos principales que ioniza el gas inerte contenido en el tubo y facilita el inicio de la descarga entre los electrodos principales. A continuación se inicia un periodo transitorio de unos cuatro minutos, caracterizado porque la luz pasa de un tono violeta a blanco azulado, en el que se produce la vaporización del mercurio y un incremento progresivo de la presión del vapor y el flujo luminoso hasta alcanzar los valores normales. Si en estos momentos se apagara la lámpara no sería posible su reencendido hasta que se enfriara, puesto que la alta presión del mercurio haría necesaria una tensión de ruptura muy alta.



(Fig.2.27) Lámpara de mercurio de alta presión

Esencialmente existen dos tipos característicos de lámparas de vapor de mercurio:

- De ampolla clara, cuyo espectro corresponde a la propia emisión del tubo de descarga, carente de rayas rojas (por lo que el IRC es bajo, del orden de 25).
- De color corregido, que incorpora sustancias fluorescentes en la pared interna de la ampolla, capaces de aprovechar la radiación ultravioleta emitida por el tubo de descarga, para su conversión en radiación visible (fundamentalmente roja).

a) Componentes

Tubo de descarga

De cuarzo, para soportar la alta temperatura registrada en el mismo (750°C) durante su funcionamiento.

Su forma es cilíndrica, con los extremos semiesféricos y contiene dos electrodos principales (uno en cada lado), un electrodo auxiliar y el gas de llenado junto con la dosificación exacta de mercurio, para que todo él se vaporice cuando la lámpara alcance sus características de régimen.

Electrodos principales

Similares a las lámparas fluorescentes, con una base de tungsteno en espiral, recubierta por sustancias emisoras de electrones (óxidos o carbonatos de estroncio, bario, torio y otros aditivos alcalino – térreos).

Electrodo auxiliar

Es un simple hilo de tungsteno o molibdeno, colocado muy próximo a un electrodo principal, pero conectado a lámpara polo opuesto, a través de una resistencia de 10–30 (Ω).

Gas de llenado

Normalmente Argón, y en ocasiones, Argón con Neón, para lámparas destinadas al funcionamiento en bajas temperaturas.

Ampolla exterior

De vidrio endurecido, diseñado para soportar temperaturas del orden de los 350°C. Entre el tubo de descarga y esta ampolla existe un gas de relleno (mezcla de Argón y Nitrógeno) para proteger a los componentes metálicos interiores del riesgo de oxidación, y mantener las condiciones de temperatura del tubo de descarga. Las formas características de estas ampollas son:

- Ovoide (la más común)
- Globo
- Parabólica reflectora

Sustancias Fluorescentes

Solo existen en las lámparas de color corregido. Actualmente se emplea el vanadato de Itrio, activado con europio, por su mejor resistencia a la temperatura que los antiguos compuestos de magnesio, y porque ofrece una eficacia luminosa mas elevada.

Casquillos

En general, rosca Edison (E)

b) Características de funcionamiento

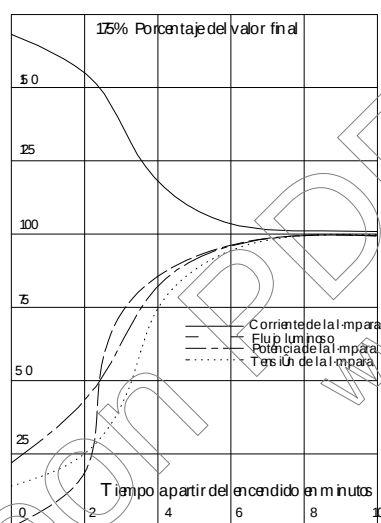
Encendido

Estas lámparas arrancan a la tensión de la red, con la ayuda del electrodo auxiliar. En el encendido, la tensión de suministro se aplica entre los dos electrodos principales, pero la distancia entre ellos es demasiado grande para iniciar la descarga. Simultáneamente, esa misma tensión aparece entre el electrodo auxiliar y el principal adyacente, de modo que se produce una descarga entre ellos, limitada por la resistencia del electrodo auxiliar.

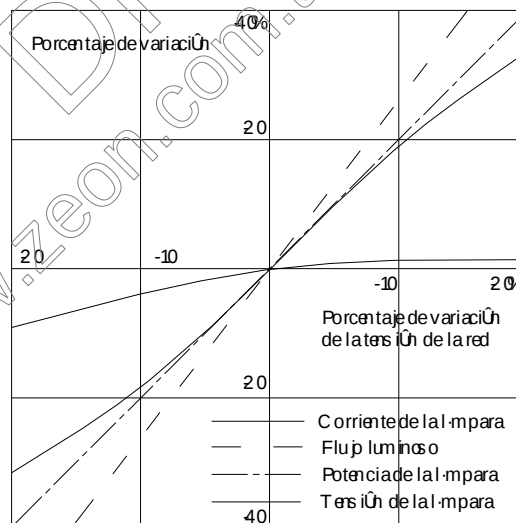
La descarga inicial, se verifica prácticamente en condiciones de baja presión, con emisión intensa de radiación ultravioleta; la descarga evoluciona, se incrementa la temperatura, el mercurio se evapora progresivamente y aumenta su presión, confinando la descarga a una región estrecha en el eje del tubo y la emisión pasa a ser la propia del mercurio.

El tiempo total de encendido es del orden de 4 – 5 minutos, durante el cual las características de la lámpara varían como se indica en la figura.

Cabe destacar que durante la puesta en régimen, la intensidad de arranque puede suponer, dependiendo del tipo de lámpara, de 1,5 a 1,9 veces la corriente nominal, lo que obliga a sobredimensionar el circuito de alimentación.



Características de encendido



Efectos de las variaciones de tensión

(Fig. 2.28) Características de encendido y variaciones de tensión de lámparas de vapor de mercurio de alta presión

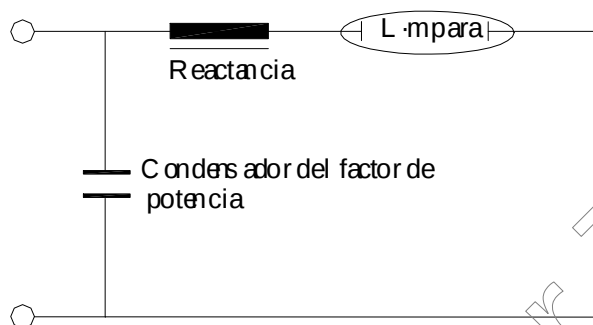
Reencendido

La alta presión hace imposible el reencendido inmediato. Así, es preciso un periodo de 3 – 6 minutos para reducir la presión a los valores requeridos, antes de reiniciar el funcionamiento.

Estabilización de la descarga

Mediante balasto inductivo, que absorbe el exceso de la tensión de red sobre la tensión de arco de la lámpara.

La utilización de este tipo de balastos provoca un factor de potencia bajo, que se corrige mediante condensador de compensación, habitualmente incorporado en el equipo auxiliar de las luminarias denominadas de alto factor.



(Fig. 2.29) Circuito de conexión de las lámparas de vapor de mercurio de alta presión

Temperatura de color

3.500 – 4.000 K (intermedia)

Rendimiento de color

Normalmente 40 – 50, aunque existen lámparas con reproducción cromática mejorada que alcanza el valor de IRC 60.

Duración

Su vida media, como en las lámparas fluorescentes, depende de la pérdida de materia emisora de electrodos, y se establece en cifras del orden de 24.000 horas.

Su vida útil, viene determinada por la reducción de flujo luminoso, fijada para una instalación. Para un factor de mantenimiento de flujo del 80 % del inicial y periodos de conexión de 3 horas por encendido, la vida útil es de unas 8.000 horas.

c) Características técnicas y energéticas

Se indican únicamente las correspondientes a lámparas de color corregido, considerado que las de ampolla clara pertenecen a la categoría de aplicaciones especiales. Todos los datos corresponden a lámparas de ampolla ovoide.

Lámparas de vapor de mercurio color corregido (IRC 40 – 45)

POTENCIA (W)	FLUJO LUMINOSO (Lm)	EFICACIA (Lm/W)	EFICACIA CON AUXILIARES (Lm/W)
50	2.000	40	32
80	3.800	48	40
125	6.300	50	45
250	13.500	54	51
400	23.000	58	54
700	42.000	60	57
1.000	60.000	60	57
2.000	125.000	63	60

(Tab. 2.17) Características técnicas y energéticas de lámparas de vapor de mercurio color corregido (IRC 40 – 45)

Lámparas de vapor de mercurio color corregido (IRC 60)

POTENCIA (W)	FLUJO LUMINOSO (Lm)	EFICACIA (Lm/W)	EFICACIA CON AUXILIARES (Lm/W)
50	2.000	40	32
80	4.000	50	43
125	6.500	52	46
250	14.000	56	52
400	24.000	60	57

(Tab. 2.18) Características técnicas y energéticas de lámparas de vapor de mercurio color corregido (IRC 60)

d) Ventajas y limitaciones

Las lámparas de vapor de mercurio de alta presión, han sido las primeras lámparas de descarga de alta intensidad utilizadas de forma masiva, en toda serie de aplicaciones en las que importa fundamentalmente la cantidad de luz.

En términos de eficacia luminosa las comparaciones deberían hacerse con las lámparas de incandescencia (su competencia histórica), dado que en la actualidad han sido claramente superadas por las restantes lámparas de descarga de alta intensidad.

No obstante, en general, presentan las siguientes ventajas:

- Equipo auxiliar muy sencillo (balasto y condensador de compensación) y costos de inversión moderados.
- Alternativa, casi única, en aquellas aplicaciones en que la altura de implantación obliga a utilizar lámparas de alta intensidad y además se desea crear un ambiente frío (prestación que no puede satisfacer el sodio).
- Reproducción fiable de los colores verdes, lo que las hace adecuadas para alumbrado exterior en parques y jardines.

En cuanto a las limitaciones, ya se ha indicado su menor eficacia luminosa que el resto de las lámparas de descarga de alta intensidad.

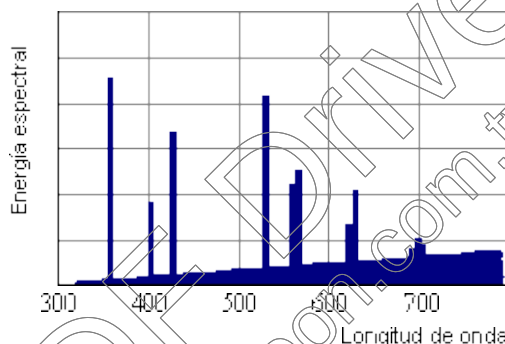
e) Nuevos desarrollos y perspectivas de futuro

No existen nuevos desarrollos de estas lámparas a excepción de la mejora del rendimiento en color, como consecuencia de la mejora de las sustancias fluorescentes, en las modalidades ya comercializadas, y que aun pueden reportar avances sustanciales en la línea de los obtenidos en las lámparas fluorescentes.

En cuanto a la situación futura de este tipo de lámparas, no se prevee su desaparición, ni siquiera a largo plazo, dado el elevado número de instalaciones existentes equipadas con estas lámparas, a pesar de que, cada vez mas, se tiende a su sustitución por lámparas de sodio. Incluso, en la actualidad se están diseñando nuevas instalaciones con vapor de mercurio, por lo que su permanencia se considera asegurada, si bien con una cuota de mercado claramente descendente.

2) Lámparas de Luz Mezcla

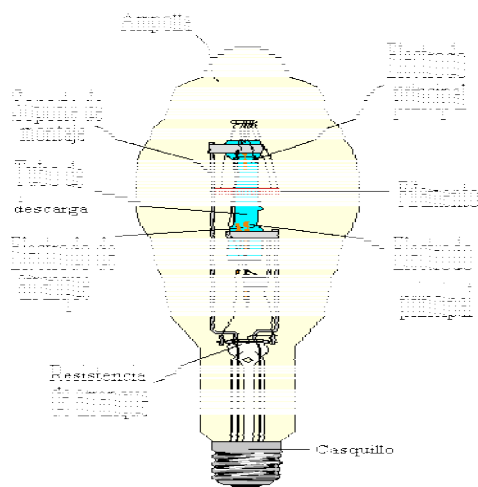
Las lámparas de luz de mezcla son una combinación de una lámpara de mercurio a alta presión con una lámpara incandescente y, habitualmente, un recubrimiento fosforescente. El resultado de esta mezcla es la superposición, al espectro del mercurio, del espectro continuo característico de la lámpara incandescente y las radiaciones rojas provenientes de la fosforescencia.



(Fig. 2.30) Espectro de emisión de una lámpara de luz de mezcla

Su eficacia se sitúa entre 20 y 60 lm/W y es el resultado de la combinación de la eficacia de una lámpara incandescente con la de una lámpara de descarga. Estas lámparas ofrecen una buena reproducción del color con un rendimiento en color de 60 y una temperatura de color de 3600 K.

La duración viene limitada por el tiempo de vida del filamento que es la principal causa de fallo. Respecto a la depreciación del flujo hay que considerar dos causas. Por un lado tenemos el ennegrecimiento de la ampolla por culpa del wolframio evaporado y por otro la pérdida de eficacia de los polvos fosforescentes. En general, la vida media se sitúa en torno a las 6000 horas.



(Fig. 2.31)
Lámpara de luz mezcla

Una particularidad de estas lámparas es que no necesitan balasto ya que el propio filamento actúa como estabilizador de la corriente. Esto las hace adecuadas para sustituir las lámparas incandescentes sin necesidad de modificar las instalaciones.

a) Descripción

Pueden definirse como lámparas de vapor de mercurio de color corregido, con balasto incorporado. El balasto, en lugar de ser una inductancia es una resistencia (filamento de tungsteno) situada alrededor del tubo de descarga, y tiene por función:

- ÿ Asegurar la estabilización de la descarga.
- ÿ Mejorar el rendimiento de color de la lámpara, mediante el espectro continuo emitido por el filamento.
- ÿ Mejora el factor de potencia de la lámpara, que se aproxima a la unidad.

El reparto de tensión (y de potencia) entre el filamento y el tubo de descarga es el resultado de un compromiso entre diversos factores, con el fin de obtener:

- ÿ Una duración del filamento acorde a la del tubo de descarga, teniendo en cuenta que en el encendido casi la totalidad de la tensión de red se aplica al filamento, que además es recorrido por una intensidad más elevada que en régimen.
- ÿ Una estabilidad suficiente de la descarga, lo que requiere, con un balasto resistivo, una tensión de arco menor que con una inductancia.

b) Componentes

Son los mismos que los de la lámpara de color corregido de ampolla ovoide, con la adición de un filamento de tungsteno, similar a los descritos para las lámparas de incandescencia y adaptado a las condiciones de funcionamiento del tubo de descarga.

c) Características de funcionamiento

Encendido

En la conexión, el filamento emite un flujo luminoso superior a su valor de régimen, dado que soporta la mayor parte de la tensión de red. A medida que evoluciona la descarga y aumenta la tensión en el tubo, disminuye el filamento hasta llegar a las condiciones de régimen. El tiempo total de encendido es del orden de 2 minutos.

Influencia de las variaciones de Tensión

Constituye la principal limitación de este tipo de lámparas, dado que el filamento, además de absorber los eventuales incrementos de la tensión de alimentación, tienen también que hacer frente a la disminución de la tensión de arco del tubo de descarga. Este factor condiciona, por tanto, la duración del filamento.

Temperatura de color

3.600 K.

Rendimiento de color

60

Duración

Al incorporar un filamento incandescente, únicamente se ofrece el dato de vida media, que se establece alrededor de las 6.000 horas

d) Características Técnicas y Energéticas

POTENCIA (W)	FLUJO LUMINOSO (Lm)	EFICACIA (Lm/W)
160	3.000	19
250	5.700	23
500	14.000	28

(Tab. 2.19) Características técnicas y energéticas de las lámparas de luz mezcla

e) Ventajas y Limitaciones

La comparación de prestaciones de este tipo de lámparas debe hacerse siempre frente a las lámparas incandescentes. Sus ventajas más importantes son:

- Eficacia luminosa más elevada (entre 30 – 70 %, dependiendo de la potencia).
- Mayor duración (seis veces mas para las incandescentes estandar).
- Sustitución directa sin otra inversión que el costo de las lámparas (pueden conectarse directamente a la red)

Entre las limitaciones destacan:

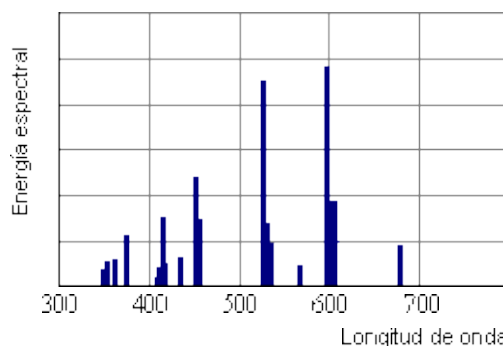
- Su baja eficacia luminosa hace que no se utilicen en nuevas instalaciones.
- Influencia acusada de las variaciones de tensión en la vida de la lámpara, por lo que no es aconsejable su instalación en lugares donde se produzcan frecuentes fluctuaciones de tensión.
- Encendido no instantáneo, al menos en las condiciones de régimen.
- Bajo rendimiento de color, normalmente poco apreciable en el tipo de aplicaciones usuales de esta lámpara.

f) Perspectivas de futuro

Es un producto en claro retroceso, con una tendencia a desaparecer a medio plazo. No se han introducido nuevas potencias en la gama disponible tradicionalmente, ni se prevé ningún nuevo desarrollo. Su ámbito de utilización queda restringido a los pequeños locales comerciales e industriales, en sustitución de la incandescente, sin costos suplementarios en luminarias y balastos. Análogamente, en el alumbrado publico de algunas zonas rurales.

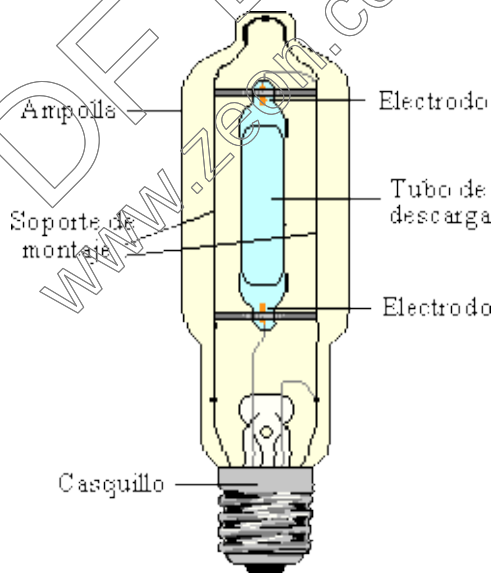
3) Lámparas con Halogenuros Metálicos

Si añadimos en el tubo de descarga yoduros metálicos (sodio, talio, indio...) se consigue mejorar considerablemente la capacidad de reproducir el color de la lámpara de vapor de mercurio. Cada una de estas sustancias aporta nuevas líneas al espectro (por ejemplo amarillo el sodio, verde el talio y rojo y azul el indio).



(Fig. 2.32) Espectro de emisión de una lámpara con halogenuros metálicos

Los resultados de estas aportaciones son una temperatura de color de 3000 a 6000 K dependiendo de los yoduros añadidos y un rendimiento del color de entre 65 y 85. La eficiencia de estas lámparas ronda entre los 60 y 96 lm/W y su vida media es de unas 10000 horas. Tienen un periodo de encendido de unos diez minutos, que es el tiempo necesario hasta que se estabiliza la descarga. Para su funcionamiento es necesario un dispositivo especial de encendido, puesto que las tensiones de arranque son muy elevadas (1500-5000 V).



(Fig.2.33) Lámpara con Halogenuros Metálicos

Las excelentes prestaciones cromáticas la hacen adecuada entre otras para la iluminación de instalaciones deportivas, para retransmisiones de TV, estudios de cine, proyectores, etc.

a) Descripción

Son lámparas derivadas de las de vapor de mercurio de alta presión, en las que el tubo de descarga contiene diversos aditivos metálicos, generalmente en forma de yoduros, de modo que las líneas de emisión de estos metales cubran las zonas apropiadas del espectro visible, con el objetivo de potenciar la eficacia luminosa, el rendimiento en color o ambas características simultáneamente.

Los elementos utilizados son tales como disprosio, galio, indio, escandio, sodio, talio, torio y otros, combinados con un halógeno (yodo), dado que la mayoría de estos metales en estado libre atacan el cuarzo del tubo de descarga. Así el halogenuro experimenta un ciclo similar al descrito para las lámparas halógenas, de modo que en la descarga se produce la vaporización del halogenuro; el vapor penetra en la región del arco, cuya temperatura (6.000 K) es suficiente para separar el metal del yodo. Los átomos metálicos excitados dan lugar a sus rayas de emisión características y se difunden por el tubo de descarga, en cuya pared se recombinan con los átomos libres de yodo reiniciándose el proceso.

Las lámparas de halogenuros metálicos no generan prácticamente radiación ultravioleta, por lo cual sus ampollas exteriores no están recubiertas de sustancias fluorescentes, en algunos casos se añade, en su lugar, una capa difusora con el objeto de reducir la lumenacia de la lámpara. Como excepción, las lámparas de ampolla exterior de cuarzo (clara), emiten una parte de ultravioleta, lo que obliga a adoptar precauciones de montaje (proyectores cerrados, con filtro UV).

Existen cuatro tendencias de lámparas de halogenuros, en función de los aditivos empleados en su construcción, que dan lugar a muy distintas prestaciones. Las diferencias entre ellas se analizan en el apartado de características de funcionamiento.

Se pueden distinguir dos tipos distintos de lámparas de halogenuros:

- Con ampolla exterior de vidrio, en diversas formas.
- Con ampolla exterior de cuarzo, de dimensiones reducidas y adaptada a pequeños sistemas de proyección.

b) Componentes

Tubo de descarga

De cuarzo, muy similar al de las lámparas de vapor de mercurio, con la diferencia característica de que no existe el electrodo auxiliar de encendido.

Electrodos

También de tungsteno, pero con algunas diferencias en cuanto a la sustancia emisora de electrones, dependiendo de la tendencia adoptada por el fabricante.

Gas de llenado

Argón en la mayoría de los casos, o bien una mezcla de argón – neón, para reducir la tensión de encendido.

Ampolla exterior

De vidrio, con características similares a la de las lámparas de vapor de mercurio. El objeto de esta ampolla externa y de su gas de relleno (argón y nitrógeno), es crear una distribución de temperaturas favorable en el tubo de descarga que impida la separación de los componentes halogenados por acción de la gravedad, de tal modo que la lámpara pueda funcionar con un grado suficiente de libertad de la posición de instalación.

La ampolla puede ser tubular (clara) u ovoide (opalizada).

Existen también lámparas de halogenuros con ampolla exterior cilíndrica de cuarzo, cuya posición de funcionamiento debe ser sensiblemente horizontal, con tolerancias variables según marcas, de 20 a 60°.

Casquillos

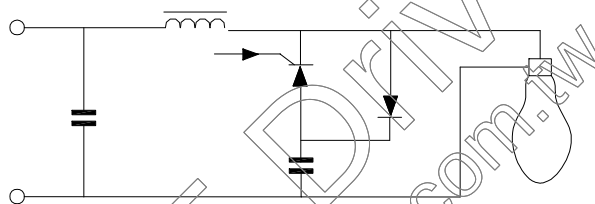
Los tipos básicos son los siguientes:

- Edison (E), para las de ampolla exterior
- Ceramicos (R), para las de tubo de cuarzo visto.

c) Características de funcionamiento

Encendido

El inicio de la descarga en este tipo de lámparas, debido a la presencia de los halogenuros, requiere la utilización de tensiones de encendido muy elevadas (incandescente, 5 – 5 KV) que son suministradas generalmente por un arrancador.



(Fig. 2.34) Circuito de conexión de lámparas con halogenuros

Este arrancador está formado por un circuito electrónico, cuya parte fundamental es un tiristor que suministra un impulso o pico de tensión muy elevado, una vez por cada ciclo. Una vez la descarga, el arrancador queda desactivado, dejando de emitir impulsos de tensión. Existen también lámparas destinadas a la sustitución de las de vapor de mercurio, que no exigen arrancador externo, sino que provocan el encendido mediante un interruptor bimetalico incorporado en la propia lámpara. El periodo transitorio, hasta alcanzar las condiciones de régimen puede alcanzar desde 3 – 5 minutos, hasta los 10 minutos en algunos tipos de lámparas.

Reencendido

En general, el reencendido requiere un tiempo de espera de varios minutos, hasta que la lámpara retorna a las condiciones de presión adecuadas. No obstante, algunos tipos de lámparas permiten el reencendido inmediato en caliente, mediante arrancadores especiales que producen picos de tensión de 35 a 60 (KV).

Estabilización de la descarga

mediante balasto inductivo, de manera similar a las lámparas de mercurio. Análogamente, para compensar el bajo factor de potencia de estos balastos, el equipo auxiliar incluye un condensador.

En razón de su alta temperatura de funcionamiento, las lámparas de halogenuros concentran el arco de manera notable en el eje del tubo de descarga, de modo que es un arco menos estable que el vapor de mercurio. Por este motivo, las variaciones de tensión de la red causan perturbaciones en

el funcionamiento de estas lámparas, lo que obliga a seleccionar el balasto de acuerdo con el tipo de lámpara a instalar.

Temperatura de Color y Rendimiento de Color

Son parámetros que varían enormemente en fusión de la tendencia de fabricación adoptada, lo que puede observarse también en los distintos espectros de emisión que presentan. Igualmente, este hecho supone grandes variaciones de eficacia luminosa.

Los aditivos que forman estas cuatro familias de lámparas de halogenuros metálicos, son los siguientes:

- El sodio, talio e indio, con emisiones concentradas en el azul, verde y amarillo. Temperatura de color 4.400 K, IRC 65, eficacia 90 (lm/W).
- El sodio y escandio, con un espectro muy completo en color. Temperatura de color 3.000 – 4.800 K, IRC 80 – 85, eficacia 80 (lm/W).
- El disprosio y talio, con un espectro extremadamente rico gracias a las rayas de emisión del disprosio. Temperatura de color 5.800 – 6.000 K, IRC 85, eficacia 75 (lm/W).
- El talio y aditivos de tierras raras, que producen un espectro sumamente denso.

Duración

Depende de la potencia de las lámparas. En general, las de pequeña potencia tienen una vida media cercana a las 10.000 horas. Las de gran potencia pueden oscilar entre 2.000 – 6.000 horas.

La vida útil depende de la tendencia de fabricación, aunque en la mayoría de los casos de depreciaciones de flujo luminoso son bastantes mas adecuadas que en las de vapor de mercurio.

d) Características Técnicas y Energéticas

Lámparas de Halogenuros (ampolla exterior de vidrio)

Se indican únicamente los valores característicos de las lámparas de ampolla tubular (clara). La reducción de flujo, producida por la ampolla ovoide, es del 5 – 10 %.

POTENCIA (W)	FLUJO LUMINOSO (Lm)	EFICACIA (Lm/W)	EFICACIA CON AUXILIARES (Lm/W)
250	19.000	76	69
400	31.500	79	75
1.000	81.000	81	77
2.000	187.000	93	89

(Tab. 2.20) Características técnicas y energéticas de lámparas de halogenuros (ampolla exterior de vidrio)

Lámparas de Halogenuros (ampolla exterior de cuarzo)

POTENCIA (W)	FLUJO LUMINOSO (Lm)	EFICACIA (Lm/W)	EFICACIA CON AUXILIARES (Lm/W)
70	5.000	71	56
150	11.250	75	66
250	20.000	80	73

(Tab. 2.21) Características técnicas y energéticas de lámparas de halogenuros (ampolla exterior de cuarzo)

Estos valores, como los indicados para otros tipos de lámparas, son orientativos, y pueden variar según el fabricante o marca de que se trate. En el caso de este tipo de lámparas, dada la gran diversidad existente en la tecnología de fabricación, las variaciones pueden ser mucho más acusadas. De hecho, existen fabricantes americanos que ofrecen eficacias luminosas de estas lámparas, claramente superiores a los fabricantes europeos.

e) Ventajas

Destacan las siguientes:

- Una alta eficacia luminosa y, en general, buen rendimiento de color, lo que las hace apropiadas para alcanzar óptimos niveles de iluminación, en aplicaciones de interior y exterior, que generalmente se relacionan con el ocio (deportes, espectáculos, etc.), don de el color es también un factor decisivo.
- Un espectro luminoso que se adapta a la perfección a la TV en color, por lo que su utilización es preferente cuando existen retransmisiones de este tipo.
- Una buena adaptabilidad a sistemas de proyección, que constituyen la parte fundamental de las utilizaciones de estas lámparas. La disponibilidad de distintas apariencias de color (intermedias y frías), que permiten su adaptación a distintos ambientes cromáticos.
- Sus reducidas dimensiones (lámparas de ampolla de cuarzo), que facilitan su adaptación a sistemas de iluminación localizada fundamentalmente en el sector comercial.

f) Limitaciones

Las más destacadas son:

- Una escasa duración, si se comparan con otras lámparas alternativas.
- Una descarga inestable, que se traduce en distintas apariencias de color a lo largo de la vida de la lámpara y en reducciones flexibles de su flujo luminoso; este fenómeno se agudiza con las variaciones de tensión de alimentación.
- Su precio elevado, que la convierte en la fuente de luz más cara a efectos de costo de instalación y limita su empleo a aquellas aplicaciones en que la reproducción cromática es prioritaria.
- La emisión de ultravioleta (sólo en las lámparas de ampolla de cuarzo) que debe ser corregida mediante filtro de UV en los proyectores.

g) Nuevos desarrollos

Los nuevos desarrollos de las lámparas de halogenuros metálicos están orientados hacia la consecución de lámparas de pequeña potencia (cuyo primer avance son las de ampolla de cuarzo), que faciliten su utilización intensiva en alumbrado interior, en competencia con las lámparas halógenas (convencionales y de baja tensión). Las investigaciones han permitido un nuevo diseño (aun no comercializado) de lámpara de 30 (W), que mantiene una eficacia luminosa de 85 (lm/W) que opera con balastos de 400 (W) que proporciona 38.00 (lm) con una temperatura de color de 4.200 K y un IRC de 85. También ha aparecido una lámpara de 360 (W) que opera con balastos de 400 (W) y produce 35.000(lm).

Otra mejora es la utilización de bastos reguladores que aumentan la duración de las lámparas (hasta 30.000 horas), reducen la depreciación luminosa y producen menos armónicos en la línea.

Otros desarrollos van encaminados a la utilización de:

- Tubos de descarga cerámicos, en lugar de los de cuarzo, que permitirán el empleo de otros yoduros metálicos (demasiado agresivos para los tubos actuales) y la consecución de mayores temperaturas del arco, con el consiguiente incremento de la eficacia luminosa.
- Lámparas sin electrodos, excitadas por una fuente de microondas. Aunque experimentalmente se han conseguido altas eficacias, con potencias reducidas, su aplicación práctica está muy dificultada por los procedimientos de generación y control de microondas.

h) Perspectivas de futuro

Son fuentes de luz en clara expansión, con una muy buena imagen y aceptación en el mercado.

Las lámparas convencionales de alta potencia (2.500 – 2.000 (W)) están plenamente consolidadas y, por el momento, carecen de competencia en aquellos casos en que se persigue un alto rendimiento de color y niveles de iluminación muy elevados. La introducción de las pequeñas lámparas de ampolla de cuarzo, ha sido muy potenciada por los fabricantes, en las aplicaciones del sector comercial, en claro detrimento de las lámparas halógenas. Esta tendencia está confirmada por los esfuerzos de desarrollo de estas lámparas, en potencias cada vez más reducidas.

Asimismo, estas pequeñas lámparas empiezan a utilizarse en el mercado de los faros de automóviles.

4) Lámparas de Vapor de Mercurio Especiales

A continuación se citan algunos de los tipos especiales de lámparas de vapor de mercurio. Varios de ellos tienen las mismas aplicaciones que los tubos fluorescentes especiales, por lo cual únicamente se expresa su gama usual de potencias.

a) Lámparas de Vapor de Mercurio de ampolla clara

Son similares a las de vapor de mercurio de color corregido, con la única salvedad de que su ampolla exterior es de vidrio transparente (sin recubrimiento de sustancias fluorescentes). Se comercializan en una potencia de 400 (W) y su utilización se centra en la decoloración y envejecimiento artificial de diversos objetos (tejidos, muebles, etc.).

b) Lámparas de Luz Negra

De vapor de mercurio con ampolla ovoide especial (wood), normalmente de 125 – 160 (W).

c) Lámparas Actínicas

De halogenuros metálicos (yoduros de plomo y galio), emiten radiación ultravioleta (UV – A) y visible, con un espectro concentrado de 320 – 440 (nm). Potencias desde 400 (W) a varios (KW).

d) Lámparas de Reprografía y Fotoquímica

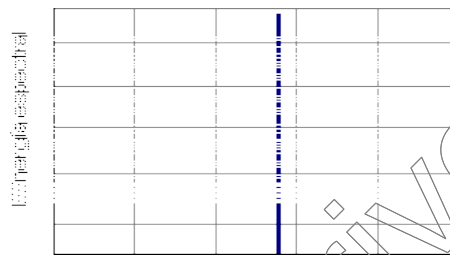
Con espectros de radiación ultravioleta (UV – B, UV – A) y algo de visible.

Pueden ser de vapor de mercurio y de halogenuros metálicos, ambas sin ampolla exterior o, a lo sumo, con una envoltura de vidrio especial que filtra la radiación ultravioleta inferior a 300 (nm). La gama de potencias y modelos es muy extensa.

2.6.7.3 Lámparas de Vapor de Sodio

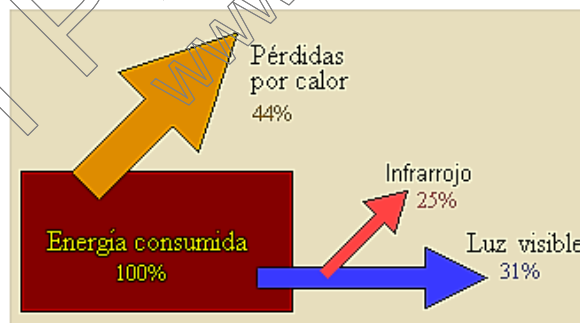
1) Lámparas de Vapor de Sodio de Baja Presión (SOX)

La descarga eléctrica en un tubo con vapor de sodio de baja presión produce una radiación monocromática característica formada por dos rayas en el espectro (589 nm y 589.6 nm) muy próximas entre sí.



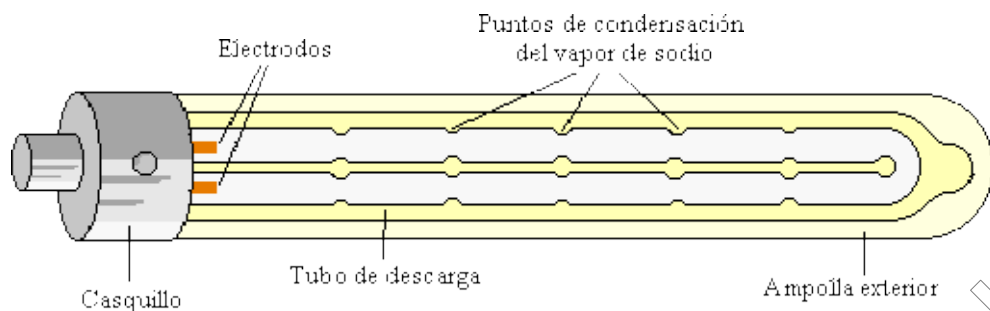
(Fig. 2.35) Espectro de una lámpara de vapor de sodio a baja presión

La radiación emitida, de color amarillo, está muy próxima al máximo de sensibilidad del ojo humano (555 nm). Por ello, la eficacia de estas lámparas es muy elevada (entre 160 y 180 lm/W). Otras ventajas que ofrece, es que permite una gran comodidad y agudeza visual, además de una buena percepción de contrastes. Por contra, su monocromatismo hace que la reproducción de colores y el rendimiento en color sean muy malas haciendo imposible distinguir los colores de los objetos.



(Fig. 2.36) Balance energético de una lámpara de Vapor de Sodio a baja presión

La vida media de estas lámparas es muy elevada, de unas 15000 horas y la depreciación de flujo luminoso que sufren a lo largo de su vida es muy baja por lo que su vida útil es de entre 6000 y 8000 horas. Esto junto a su alta eficiencia y las ventajas visuales que ofrece la hacen muy adecuada para usos de alumbrado público, aunque también se utiliza con finalidades decorativas. En cuanto al final de su vida útil, este se produce por agotamiento de la sustancia emisora de electrones como ocurre en otras lámparas de descarga. Aunque también se puede producir por deterioro del tubo de descarga o de la ampolla exterior.



(Fig. 2.37) Lámpara de Vapor de Sodio a baja presión

En estas lámparas el tubo de descarga tiene forma de U para disminuir las pérdidas por calor y reducir el tamaño de la lámpara. Está elaborado de materiales muy resistentes pues el sodio es muy corrosivo y se le practican unas pequeñas hendiduras para facilitar la concentración del sodio y que se vaporice a la temperatura menor posible. El tubo está encerrado en una ampolla en la que se ha practicado el vacío con objeto de aumentar el aislamiento térmico. De esta manera se ayuda a mantener la elevada temperatura de funcionamiento necesaria en la pared del tubo (270 °C).

El tiempo de arranque de una lámpara de este tipo es de unos diez minutos. Es el tiempo necesario desde que se inicia la descarga en el tubo en una mezcla de gases inertes (neón y argón) hasta que se vaporiza todo el sodio y comienza a emitir luz. Físicamente esto se corresponde a pasar de una luz roja (propia del neón) a la amarilla característica del sodio. Se procede así para reducir la tensión de encendido.

a) Componentes

Tubo de descarga

De vidrio duro, recubierto en su cara interior por una capa de vidrio tratado con boratos resistentes al sodio (que es agresivo con el vidrio normal). Su sección es circular, salvo en algunos modelos con tubo de descarga rectilíneo, cuya sección es en forma de cruz o creciente, para reducir la anchura del arco.

Presenta una forma doblada en U, con una serie de salientes perimetrales, cuya menor temperatura que el resto del tubo los convierte en receptores del sodio condensado. Estos pequeños depósitos de sodio tienen por objeto impedir la migración del sodio hacia lugares indeseados del tubo de descarga.

El tubo contiene los electrodos, el sodio y el gas de llenado.

Electrodos

De hilo grueso de tungsteno en doble espiral, recubierto por sustancias emisivas (óxidos de metales alcalino – térreos). La construcción de los electrodos está pensada para aumentar su duración a pesar del elevado valor de las corrientes del arco.

Gas de llenado

Habitualmente Neón, en ocasiones con un ligero contenido de Argón (1 %) para reducir la tensión de encendido.

Ampolla exterior

De vidrio, en forma cilíndrica, recubierto internamente por una capa de óxido de Indio, que transmite la radiación amarilla del sodio y refleja del orden del 80 % de la radiación infrarroja hacia

el tubo de descarga. La misión de esta ampolla es mantener la temperatura óptima del tubo de descarga (260°C), para lo cual, además de la reflexión del infrarrojo, se hace el vacío (ausencia de transmisión de calor por convección) y se añaden compuestos absorbentes (gétters) que mantienen el vacío a lo largo de la vida de la lámpara, al absorber los gases que se producen cuando la lámpara está en servicio.

Casquillos

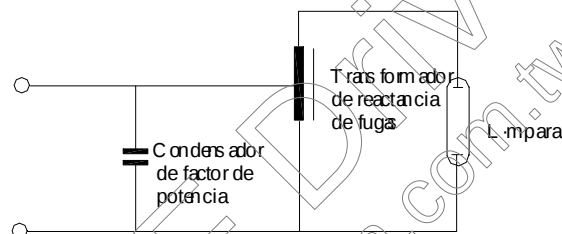
Normalmente bayoneta (B)

b) Características de funcionamiento

Encendido

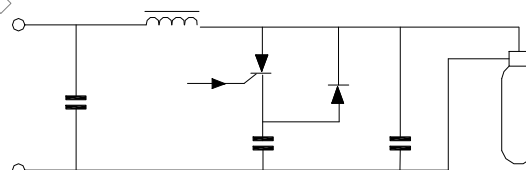
Los electrodos no son precalentados (arranque en frío), por lo que la tensión de encendido es bastante elevada ($400 - 600 \text{ (V)}$), lo que requiere la ayuda de un balasto autotransformador o un arrancador electrónico.

El balasto autotransformador proporciona el impulso de tensión, suficiente para el inicio de la descarga, pero tiene el inconveniente de ser muy voluminoso y proporcionar unas pérdidas no despreciables.



(Fig. 2.38) Circuito de conexión con balasto autotransformador

El arrancador electrónico se basa en un tiristor que desencadena un impulso de alta tensión por la acción de un pequeño condensador en serie con una inductancia (balasto de tipo híbrido). La utilización del arrancador electrónico permite un balasto de dimensiones y peso mucho mas reducidos, además de mejorar la eficacia global del circuito (10%).

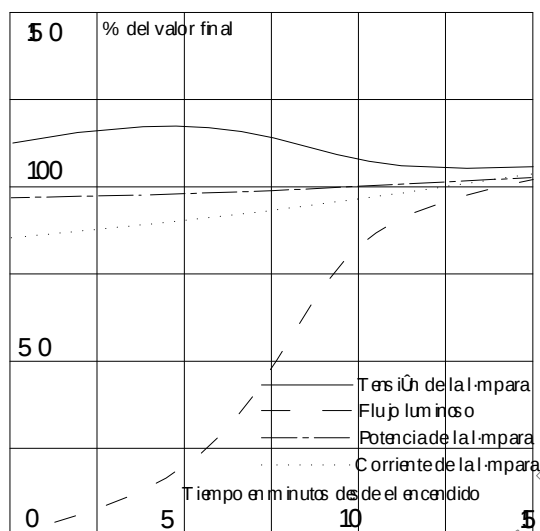


(Fig. 2.39)

Circuito de conexión con balasto híbrido

El inicio de la descarga, con el sodio en estado sólido a temperatura ambiente, se verifica únicamente en la atmósfera de Neón, lo que proporciona el color rojo característico del encendido de estas lámparas, a medida que el sodio vaporiza, el color evoluciona hacia el amarillo.

Una característica diferenciadora de este tipo de lámparas, con relación a las restantes de descarga, es que no existe sobreintensidad de encendido, al utilizar una tensión de arranque elevada y verificarse la descarga en el gas inerte, con intensidad débil hasta alcanzar las condiciones de régimen en un tiempo bastante largo, del orden de 15 minutos.



(Fig. 2.40) Características de encendido de las lámparas SOX

Reencendido

Exige un corto periodo de enfriamiento, aproximadamente 3 minutos, aunque existen dispositivos de reencendido instantáneo (con arrancadores electrónicos).

Estabilización de la descarga

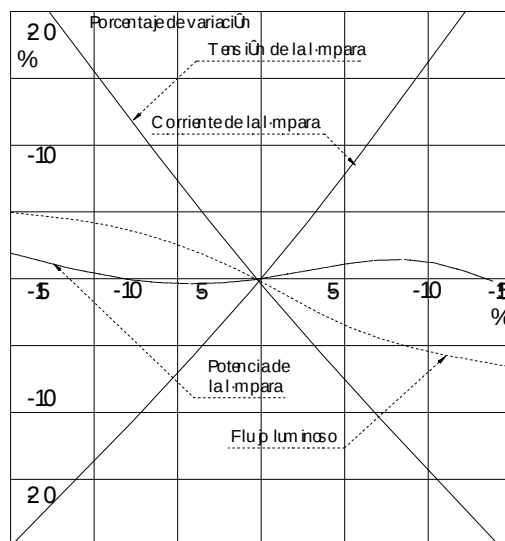
Los dos procedimientos se han descrito al hablar del encendido, estos son:

- Balasto autotransformador, con inductancia variable en función de la intensidad. Produce un bajo factor de potencia que debe corregirse mediante un condensador de compensación.
- Balasto híbrido, compuesto por inductancias y condensadores (asociado al arrancador electrónico), que produce una onda de corriente de forma casi rectangular de valor máximo más reducido, pero crecimiento más rápido que la producida por el balasto autotransformador.

Variaciones de Tensión

El incremento de la tensión de alimentación produce una disminución de la tensión de arco, lo que mantiene la potencia absorbida y el flujo luminoso en valores relativamente estables.

La tensión de la lámpara crece a lo largo de su vida (por carencia del sodio disponible), siendo la intensidad proporcionada por el balasto prácticamente constante, lo que hace aumentar la potencia absorbida mas rápidamente que el flujo luminoso, con reducción de la eficacia luminosa. Este efecto esta corregido en las lámparas de arrancador electrónico, mediante la disminución de la intensidad a medida que crece la tensión de arco, lo que proporciona un aumento muy débil de la potencia absorbida y una menor reducción de la eficacia luminosa de la lámpara a lo largo de su vida.



(Fig. 2.41) Efecto de la variación de tensión

Temperatura de Color y Rendimiento de Color

Son características que no se ofrecen en este tipo de lámparas, en razón de la radiación monocromática amarilla que emiten. Se pueden calificar como apariencia de color cálida y sin prestaciones de reproducción cromática.

Duración

Su vida media esta limitada por la desactivación de los electrodos o las pérdidas de sodio, por migración hacia puntos fríos indeseados del tubo de descarga. Se establece alrededor de las 15.000 horas.

Su vida útil es del orden de 6.000 – 8.000 horas, para regímenes de conexión de tres horas por encendido.

El mantenimiento del flujo luminoso es muy bueno, por efecto del crecimiento de flujo a medida que crece la tensión de arco de la lámpara a lo largo de su vida; no obstante, la eficacia disminuye como efecto de la mayor elevación de la potencia absorbida.

c) Características Técnicas y Energéticas

Lámparas de vapor de sodio de baja presión (balasto autotransformador)

POTENCIA (W)	FLUJO LUMINOSO (Lm)	EFICACIA (Lm/W)	EFICACIA CON AUXILIARES (Lm/W)
35	4.800	137	84
55	8.000	145	105
90	13.500	150	109
135	22.500	167	131
180	32.000	178	145

(Tab. 2.22) Características técnicas y energéticas de las lámparas SOX

d) Ventajas

- Eficacia luminosa, es la más elevada de las fuentes de luz, lo que las convierten en lámparas con mejor aprovechamiento energético.
- Precio moderado (similar al de las lámparas de las de alta presión), que iguala los costos de inversión en aquellas aplicaciones que no tengan especiales requerimientos de color (autopistas, puertos, aeropuertos, incluso alumbrado público) y donde la potencia instalada adquiere valores muy importantes.

e) Limitaciones

Fundamentalmente su nula reproducción cromática, que causa el rechazo (a veces injustificado) de esta fuente de luz en numerosas aplicaciones, incluso en las señaladas anteriormente que, en realidad, no precisan unas prestaciones de color determinadas.

Longitud considerable de la lámpara (creciente con la potencia) que dificulta considerablemente su instalación en sistemas de iluminación por proyección.

f) Nuevos desarrollos

Los nuevos desarrollos de este tipo de lámparas van dirigidos principalmente a la mejora de la eficacia luminosa del conjunto (lámpara y equipos auxiliares). Así, se han desarrollado dos líneas de actuación:

- Nuevas composiciones de los revestimientos internos de la ampolla, para mejorar la reflexión de la radiación infrarroja sobre el tubo de descarga, y perfeccionamiento del aislamiento del extremo de la ampolla.
- Mejora de la onda de corriente de la lámpara (forma más rectangular) para reducir el agotamiento del sodio, o bien funcionamiento de la lámpara en alta frecuencia; estos factores se han considerado en la utilización de nuestros sistemas de balastos híbridos con arrancador electrónico.

Fruto de estos desarrollos han aparecido nuevas lámparas de sodio de baja presión, cuyas características son las siguientes (funcionando con balastos de tipo híbrido):

POTENCIA (W)	FLUJO LUMINOSO (Lm)	EFICACIA (Lm/W)	EFICACIA CON AUXILIARES (Lm/W)
18	1.800	100	72
25	3.500	140	103
35	5.700	163	124
65	10.700	165	134
90	17.500	194	164
131	26.000	199	169

(Tab. 2.23) Características técnicas y energéticas (nuevos desarrollos SOX)

g) Perspectivas de futuro

Evidentemente, las prestaciones técnicas y energéticas de este tipo de lámparas no tiene comparación con otras fuentes de luz, incluso su desarrollo futuro puede llevar a superar ampliamente la barrera de los 200 (lm/W).

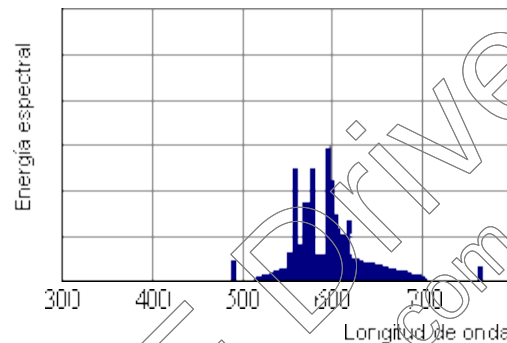
Sin embargo su utilización masiva (en aplicaciones donde es justificable su empleo) no parece posible, ni siquiera a largo plazo, por dos factores fundamentales:

- La resistencia psicológica ante sus escasas prestaciones de color.
- El desarrollo progresivo de la eficacia luminosa de su mayor competencia, la lámpara de vapor de sodio de alta presión.

Ante esta perspectiva, su utilización va a estar mas ligada a aplicaciones subsidiarias y muy localizadas, como alumbrado viario, alumbrado de vigilancia ó seguridad, en instalaciones industriales y viviendas o zonas rurales aisladas.

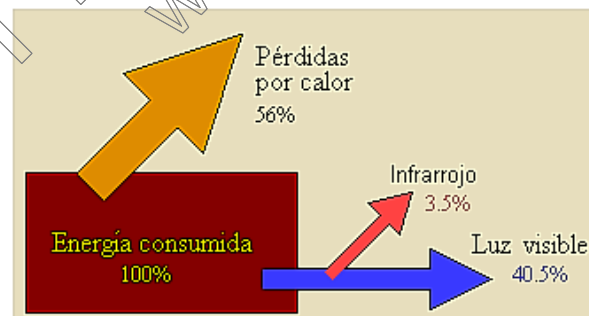
2.6.7.4 Lámparas de Vapor de Sodio de Alta Presión (SON)

Las lámparas de vapor de sodio de alta presión tienen una distribución espectral que abarca casi todo el espectro visible proporcionando una luz blanca dorada mucho más agradable que la proporcionada por las lámparas de baja presión.



(Fig. 2.42) Espectro de una lámpara de Vapor de Sodio a alta presión

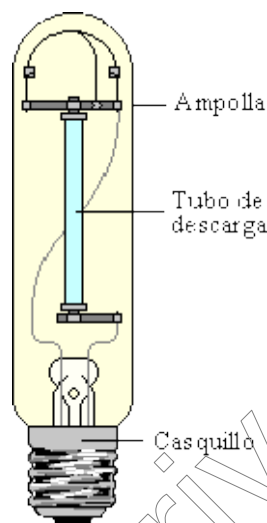
Las consecuencias de esto es que tienen un rendimiento en color ($T_{\text{color}} = 2100 \text{ K}$) y capacidad para reproducir los colores mucho mejores que la de las lámparas a baja presión ($\text{IRC} = 25$, aunque hay modelos de 65 y 80). No obstante, esto se consigue a base de sacrificar eficacia; aunque su valor que ronda los 130 lm/W sigue siendo un valor alto comparado con los de otros tipos de lámparas.



(Fig. 2.43) Balance energético de una lámpara de Vapor de Sodio a alta presión

La vida media de este tipo de lámparas ronda las 20.000 horas y su vida útil entre 8.000 y 12.000 horas. Entre las causas que limitan la duración de la lámpara, además de mencionar la depreciación del flujo tenemos que hablar del fallo por fugas en el tubo de descarga y del incremento progresivo de la tensión de encendido necesaria hasta niveles que impiden su correcto funcionamiento.

Las condiciones de funcionamiento son muy exigentes debido a las altas temperaturas ($1.000\text{ }^{\circ}\text{C}$), la presión y las agresiones químicas producidas por el sodio que debe soportar el tubo de descarga. En su interior hay una mezcla de sodio, vapor de mercurio que actúa como amortiguador de la descarga y xenón que sirve para facilitar el arranque y reducir las pérdidas térmicas. El tubo está rodeado por una ampolla en la que se ha hecho el vacío. La tensión de encendido de estas lámparas es muy elevada y su tiempo de arranque es muy breve.



(Fig. 2.44) Lámpara de Vapor de Sodio a alta presión

Este tipo de lámparas tiene muchos usos posibles tanto en iluminación de interiores como de exteriores. Algunos ejemplos son en iluminación de naves industriales, alumbrado público o iluminación decorativa.

En contraposición con la descarga de sodio de baja presión, la descarga en alta presión, presenta las siguientes características:

- Contracción intensa del arco, en el eje del tubo de descarga, con un alto gradiente de temperatura entre el arco (4.000 K) y la pared del tubo (1.500 K).
- Espectro de emisión de bandas ampliadas, muy destacadas las típicas del sodio (589 y $589,6\text{ nm}$), junto con otras suplementarias (498 , 568 , 615 , 616 nm), e infrarrojo) producto de las transiciones de niveles energéticos más elevados y una muy pequeña parte continua. No existe prácticamente emisión ultravioleta.

a) Componentes

Tubo de Descarga

De óxido de aluminio traslucido (factor de transmisión de la radiación visible del orden del 90%), con un pequeño aditivo ($0,2\%$) de óxido de magnesio, que tiene como misión impedir el aumento de tamaño de los cristales de aluminio, que perjudicaría la transmisión.

Presenta una forma cilíndrica, de reducido tamaño, cerrada en sus extremos por discos de Aluminio o Niobio.

Contiene los electrodos, el Sodio, el gas de llenado, e incluye una pequeña porción de mercurio.

Electrodos

Constituidos por una varilla de Tungsteno (o aleación de Tungsteno y Titanio), sobre la que se arrollan los hilos de Tungsteno espiralado, recubiertos de sustancias emisivas de electrones (los habituales óxidos de Bario, calcio y otros metales alcalinos)

Gas de llenado

Xenón, junto con el vapor de mercurio y el del propio Sodio.

El Xenón facilita el arranque, incluso a baja temperatura y, por su baja conductividad térmica, reduce las pérdidas de calor del tubo de descarga; el vapor de mercurio ejerce un efecto amortiguador sobre la movilidad de los electrones, protegiendo los electrodos.

Esta mezcla de gases permite reducir la longitud del arco (y las dimensiones del tubo) manteniendo la tensión del arco, con un aumento de su temperatura, emisión y eficacia luminosa.

Ampolla exterior

Generalmente de vidrio, con dos ejecuciones típicas:

- Tubular, ampolla clara
- Ovoide, recubierta interiormente por una capa difusora.

Entre esta ampolla exterior y el tubo de descarga se hace el vacío, para incrementar el aislamiento térmico del tubo y proteger sus elementos de sustentación contra la oxidación; asimismo, se añaden componentes absorbentes (gérteres) de Bario para mejorar esta protección.

Casquillos

En la mayoría de los casos, rosca Edison (E), aunque existen también lámparas tubulares de conexión bilateral (casquillos tipo F). Las de muy alto IRC suelen presentar casquillos de espiga (PG)

b) Características de funcionamiento

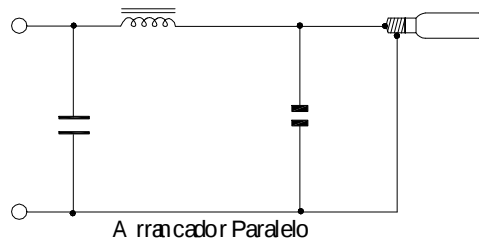
Encendido

El método usual se basa en la utilización de un arrancador electrónico, capaz de proporcionar impulsos de tensión de 2 – 5 (KV), según la potencia de la lámpara, necesarios para asegurar la descarga.

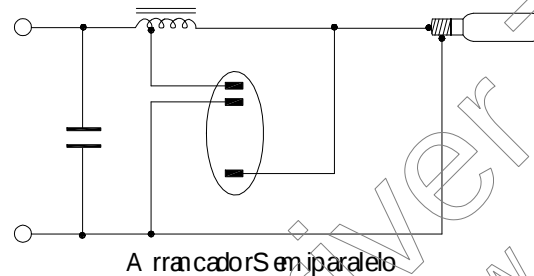
Se utiliza generalmente un tiristor que descarga la energía almacenada en un condensador sobre el balasto, o bien directamente sobre la lámpara.

Se fabrican tres tipos de arrancadores, en paralelo, semiparalelo y serie, según la forma de conexión con los restantes equipos del sistema. Asimismo, existen lámparas con elemento de arranque incorporado (lámparas de vapor de sodio con autoencendido).

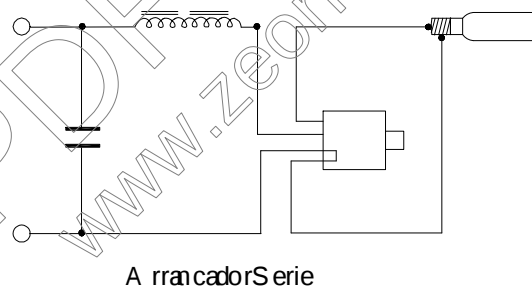
- *Arrancador paralelo.* Genera impulsos de arranque sin precisar una toma en el balasto, siendo fácil de instalar. Los hay de alta y baja frecuencia, permitiendo estos últimos su instalación alejados del resto del equipo.



• **Arrancador Semiparalelo.** Utiliza el balasto para complementar los impulsos a alta tensión a aplicar a la lámpara. presenta bajas pérdidas, reducidas dimensiones y peso, y bajo costo. El arrancador y el conjunto puede alejarse de la lámpara.



• **Arrancador Serie.** Preparado para el encendido de la lámpara con independencia del balasto, debido a que genera directamente el impulso de alta tensión. Por su funcionamiento independiente del balasto, puede alejarse de este, pero tiene que instalarse próximo a la lámpara.

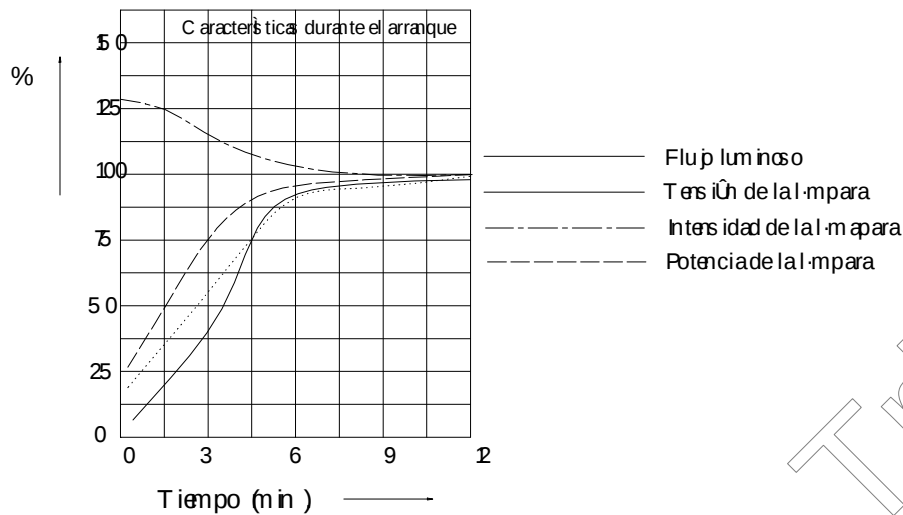


La descarga se produce, una vez iniciado el arco a través del Xenón, sobre todo en la atmósfera del vapor de mercurio, con tensión de arco reducida e intensidad elevada (1,2 – 1,5 veces la corriente de régimen), evolucionando rápidamente hacia las características de la descarga en Sodio.

El periodo de encendido, requiere un tiempo total que puede alcanzar unos 5 – 10 minutos, si bien hacia los 4 minutos, emite ya el 80 % del flujo nominal.

Reencendido

Exige un tiempo de espera muy breve, alrededor de 1 minuto, para lograr reducir las condiciones de presión, que permitan reiniciar la descarga. La posibilidad de reencendido inmediato en caliente se consigue mediante arrancadores especiales, con picos de tensión de 30 a 60 (KV).

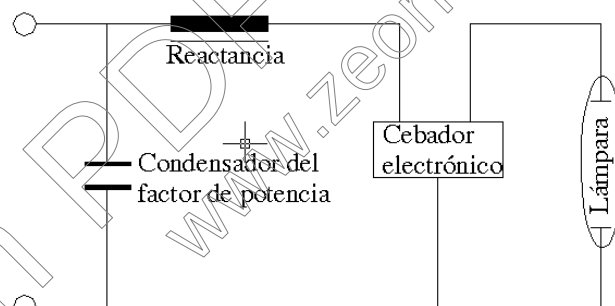


(Fig. 2.45) Características durante el arranque de las lámparas SON

Estabilización de la descarga

Como las restantes lámparas de descarga, las de Sodio de alta presión presentan una característica tensión – corriente negativa, lo que significa que precisan un elemento limitador de intensidad en serie con la lámpara. En general, se utiliza un balasto de tipo inductivo, que presenta algunas diferencias según la tecnología de origen:

- Balastos de tipo reactor, en Europa
- Balastos reguladores, en Estados Unidos

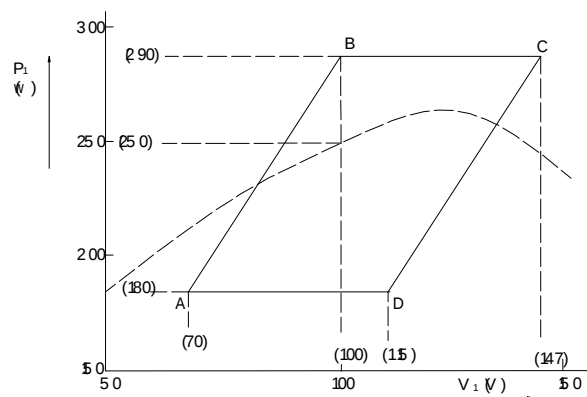


Estas diferencias tienen en cuenta el comportamiento de la lámpara de Sodio de alta presión a lo largo de su vida.

En esencia, el Sodio y el Mercurio forman una amalgama que, normalmente se introduce en exceso en el tubo de descarga. Durante el funcionamiento, una parte se vaporiza y el resto permanece en estado líquido, constituyendo el punto frío del tubo, normalmente detrás de uno o ambos electrodos (deposito de amalgama). La presión de vapor depende de la temperatura del punto frío, y tienen una influencia decisiva en las características de funcionamiento de la lámpara, entre ellas la tensión de arco, que crece a lo largo de la vida de la lámpara, debido a:

- Un incremento de la temperatura del punto frío (y el consecuente de la presión de vapor) como consecuencia del deposito de sustancia emisiva alrededor de los electrodos.
- La vaporización adicional del Sodio, que modifica paulatinamente la composición de la amalgama.

Así, el funcionamiento de la lámpara de vapor de Sodio alta presión, se ve afectado a lo largo de su vida por esta variación de la tensión de arco, lo que se refleja en la figura, para una lámpara de 250 (W).



(Fig. 2.46) Curva de funcionamiento del Sodio alta presión

El segmento AB representa la característica potencia – tensión de arco, de la lámpara nueva, a la tensión nominal mínima.

El segmento DC representa la posición límite de la curva característica a partir del funcionamiento de la lámpara se vuelve inestable.

La horizontal AD represente la potencia mínima absorbida por la lámpara, por debajo de la cual no es capaz de alcanzar sus condiciones de régimen.

La horizontal BC representa la potencia máxima, por encima de la cual el tubo de descarga sobrepasa su temperatura límite, ocasionando su agotamiento prematuro.

La curva a trazos representa la característica potencia – tensión de arco, correspondiente a un balasto inductivo alimentado a su tensión nominal. Los puntos de funcionamiento del conjunto lámpara balasto corresponde a las intersecciones de las características respectivas. Es importante considerar para el balasto, no solo la curva nominal, sin también las correspondientes a las variaciones de tensión extremas que se pueden presentar ($\pm 7\%$), lo que nos proporcionaría otras dos curvas, una por encima y otra por debajo de la nominal y sensiblemente paralelas a ésta.

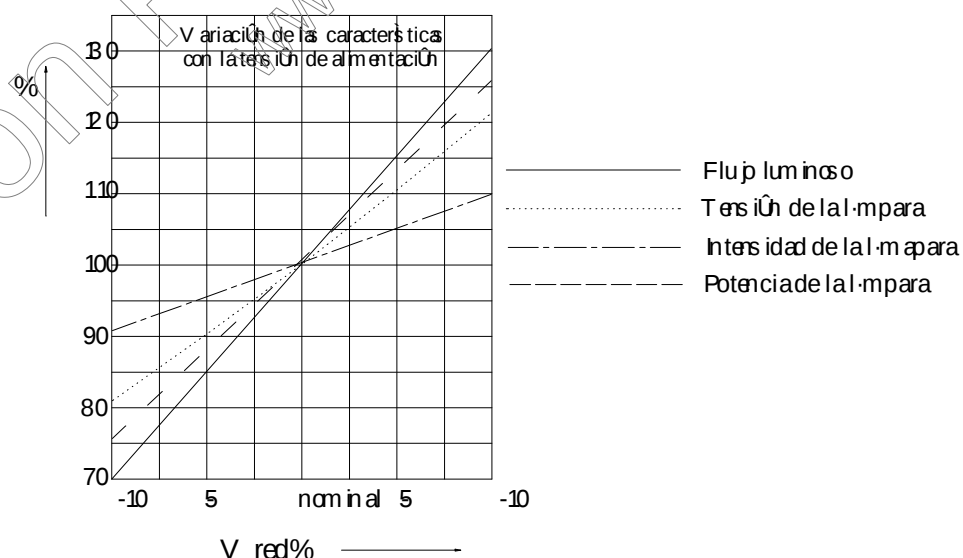
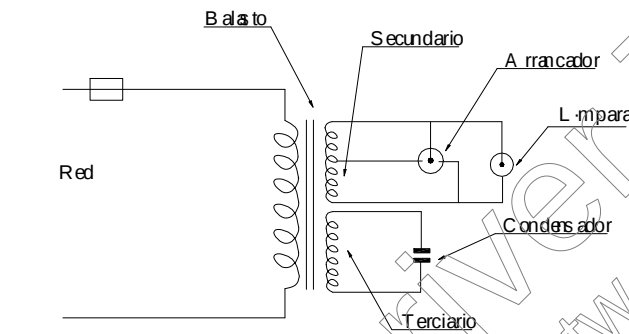


Fig. (2.47) Efecto variación de tensión con balastos tipo reactor

Los balastos inductivos de tipo reactor (europeos), para asegurar un funcionamiento adecuado y duradero de la lámpara, deben mantenerse sus curvas características (las tres, antes citadas) dentro del cuadrilátero ABCD, y deben cortar a los segmentos AB y CD (características potencia – tensión de arco, mínima y máxima, de la lámpara) entre las potencias límite AD y BC. Este tipo de balastos proporciona una buena regulación de la potencia de la lámpara en función de los cambios en la tensión de la lámpara; pero peor para las variaciones de tensión en la línea de alimentación.

Los balastos reguladores (americanos) están constituidos por circuitos magnéticos (formados por inductancias y condensadores) que consiguen unas características del balasto muy similares incluso con los valores límites de tensión nominal, con lo que se obtiene, prioritariamente:



(Fig. 2.48) Balasto regulador magnético

- El funcionamiento estable de lámpara, al permanecer las curvas del balasto dentro del cuadrilátero ABCD.
- Aumentar la duración de la lámpara.
- Buena regulación de la potencia de la lámpara en todas las condiciones de variaciones de tensión de lámpara y línea de alimentación.

Existen también balastos de tipo reactor con un circuito electrónico añadido, que permite variar la impedancia para controlar la potencia de la lámpara. Este tipo de balasto consigue una perfecta regulación de la potencia de la lámpara para las variaciones de tensión de lámpara y alimentación. Es el de mayor costo económico; pero el que proporciona menores pérdidas eléctricas.

Temperatura de Color

2.000 – 2.200 K (cálida)

Rendimiento de Color

Probablemente es éste el parámetro que más ha evolucionado durante los últimos años, adquiriendo valores cada vez mas altos del IRC:

- 25; lámparas convencionales.
- 65 y 80; nuevos desarrollos.

A medida que aumenta la presión a la que se encuentra el Sodio contenido en el tubo de descarga se produce un ensanchamiento del espectro de emisión y, por tanto, una disminución de la eficacia luminosa y un aumento del IRC.

En las figuras se representa la variación de la eficacia para distintos tipos de lámparas de vapor de Sodio en función de la presión del tubo de descarga, y los distintos espectros de emisión para dichos tipos.

Duración

Su vida media esta limitada fundamentalmente por la elevación de la tensión de arco de la lámpara (factor que contribuye la desaparición de sustancia emisiva de los electrodos, la pérdida de sodio por reacción con los componentes del tubo de descarga y el incremento de temperatura de la amalgama por depósitos de sustancia emisiva procedente de los electrodos), y eventualmente por deterioro del propio tubo (fisuras, etc.)

Se establece en unas 20.000 – 24.000 horas

Su vida útil esta condicionada por la disminución del flujo luminoso, debido, por un parte, a la acumulación de impurezas (depósitos de sustancia emisiva) en el tubo de descarga, que son particularmente importantes a medida que sus dimensiones son mas reducidas (lámparas de pequeña potencia) y, por otra parte, al deposito de restos de aluminio, procedentes del tubo de descarga, sobre la ampolla exterior.

Los valores habituales de vida útil (al 80% del flujo luminoso inicial) son del orden de 8.000 – 12.000 horas, dependiendo del modelo de la lámpara y de su utilización.

c) Características Técnicas y Energéticas

Lámparas de Sodio alta presión con IRC 25

Los datos que se indican corresponden a los modelos de ampolla tubular clara. Las lámparas de ampolla ovoide, con recubrimiento difusor experimentan una reducción de flujo luminoso del orden del 10%.

POTENCIA (W)	FLUJO LUMINOSO (lm)	EFICACIA (lm/W)	EFICACIA CON AUXILIARES (lm/W)
35	2.100	60	42
50	3.400	68	51
70	6.000	86	68
100	10.000	100	86
150	16.000	107	96
250	27.000	108	97
400	48.000	120	109
1.000	130.000	130	124

(Tab. 2.24) Características técnicas y energéticas de Lámparas de Sodio alta presión con IRC 25

Lámparas de Vapor de Sodio con autoencendido

Son lámparas con arrancador interno, situado dentro de la ampolla exterior, que pueden adoptar dos configuraciones básicas:

- Cebador, con un interruptor bimetálico que corta al cebador una vez que se ha producido la descarga (lámparas de pequeña potencia).
- Anillo de arranque, arrollado en espiral sobre el tubo de descarga, que facilita la ionización del gas en el arranque (lámparas de potencia usual).

Estas lámparas están pensadas para sustituir a las de vapor de mercurio alta presión, sin necesidad de modificar el balasto existente (en realidad, en las lámparas de cebador es preciso cambiar este balasto).

Para facilitar el arranque (tensión de encendido más reducida), el gas de llenado es una mezcla de 995 Neón y 1% Argón, en lugar del Xenón de las lámparas convencionales, lo que supone una eficacia luminosa más reducida que la de éstas.

Asimismo, la forma de su ampolla exterior es ovoide (recubierta con una capa difusora), para poder utilizar en los mismos sistemas ópticos que las de vapor de mercurio, a las que reemplazan.

De las lámparas indicadas a continuación, las dos primeras corresponden al encendido mediante cebador interno, y las restantes al sistema de anillo de arranque.

POTENCIA (W)	FLUJO LUMINOSO (Lm)	EFICACIA (Lm/W)	EFICACIA CON AUXILIARES (Lm/W)
50	3.300	66	51
70	5.800	83	68
110	8.000	73	64
210	18.000	86	78
350	34.500	99	92

(Tab.2.25) Características técnicas y energéticas de Lámparas de vapor de Sodio con autoencendido

Las sustituciones recomendadas para este tipo de lámparas son las siguientes:

SODIO AP AUTOENCENDIDO (W)	MERCURIO AP SUSTITUIDA (W)	INCREMENTO FLUJO LUMINOSO (%)	AHORRO ENERGÍA (%)
50	80	13	38
70	125	8	44
110	125	27	12
210	250	33	16
350	400	50	13

(Tab. 2.26) Sustituciones recomendadas para ahorro de energía

d) Ventajas

- Alta *eficacia luminosa* (sólo superada por el Sodio baja presión) que la convierte, en la practica, en la fuente de luz más eficaz para un gran número de aplicaciones.
- Adecuado *rendimiento de color* de las lámparas convencionales en muchas aplicaciones comunes, mejorado apreciablemente en los nuevos desarrollos.
- *Elevadas vidas media y util*, con un adecuado nivel de mantenimiento del flujo luminoso.
- *Equipos auxiliares de calidad* contrastada y alto índice de fiabilidad y duración.
- Pueden operar en cualquier *posición de funcionamiento* sin presentar problemas.
- *Precio moderado*, que aun siendo claramente superior al de las lámparas de mercurio, se rentabiliza en razón de sus altas prestaciones energéticas.

e) Limitaciones

No consigue acercarse, por el momento, a los valores de reproducción cromática ofrecidos por las lámparas de halogenuros metálicos, lo que restringe su aplicabilidad en los casos en que este factor resulta prioritario.

Apariencia de color cálida, que tiene un rechazo psicológico cuando se trata de ofrecer muy altos niveles de iluminación, sobre todo en aplicaciones de alumbrado interior.

f) Nuevos desarrollos

Han aparecido en el mercado distintos desarrollos de las lámparas de sodio alta presión, que van en la línea de mejorar su rendimiento de color (aun a costa de perder eficacia luminosa) y, por otro lado, en mejorar algunas de sus prestaciones de funcionamiento como, por ejemplo, el tiempo de reencendido.

Entre estos nuevos avances los más significativos son los siguientes:

Lámparas de rendimiento de color mejorado (IRC 65)

Operan con una presión de vapor de Sodio mas elevada, un arco mas expandido y un tubo de descarga mas corto y de mayor diámetro que las lámparas convencionales.

Se construyen con ampollas exteriores tubular clara y ovoide con recubrimiento difusor, siendo sus características (datos de las de ampolla tubular clara) las siguientes:

POTENCIA (W)	FLUJO LUMINOSO (Lm)	EFICACIA (Lm/W)	EFICACIA CON AUXILIARES (Lm/W)
150	12.700	85	76
250	23.000	92	83
400	40.000	100	91

(Tab. 2.27) Características técnicas y energéticas de lámparas con IRC 65

Recientemente han aparecido lámparas de Sodio alta presión de doble casquillo, de 70 (W) y 150 (W), que son mecánicamente y eléctricamente intercambiables con las lámparas de halogenuros metálicos de la misma potencia.

Lámparas para iluminación comercial (IRC 80)

Constituyen la ultima mejora en color de las lámparas de Sodio de alta presión y el primer paso hacia su introducción en las aplicaciones en las que el rendimiento de color es importante.

Se construyen con ampolla exterior tubular clara, y con potencias y dimensiones reducidas, al objeto de facilitar su instalación en alumbrados de acentuación (vitrinas, escaparates, etc.).

Precisan un balasto y un regulador electrónico con arrancador incorporado, que asegura la tensión adecuada a lo largo de la vida de la lámpara.

Su temperatura de color es de 2.500 K, IRC 80 y su duración se establece en torno a las 5.000 horas.

POTENCIA (W)	FLUJO LUMINOSO (Lm)	EFICACIA (Lm/W)	EFICACIA CON AUXILIARES (Lm/W)
35 (33)	1.300	39	33
50 (53)	2.300	43	37
100 (97)	4.800	49	44

(Tab. 2.28) Características técnicas y energéticas de lámparas con IRC 80

Lámparas de reencendido instantáneo (bitubo)

Contiene dos tubos de descarga idénticos, de modo que en funcionamiento normal sólo uno de ellos está operando. En caso de interrupción momentánea del suministro, capaz de extinguir el arco, el tubo hasta entonces en funcionamiento debe refrigerarse como en una lámpara convencional (aproximadamente 1 minuto), de modo que al restablecerse el suministro (corte momentáneo) se pone en funcionamiento el tubo de reserva. Mediante este procedimiento se evita el tiempo de espera entre dos operaciones sucesivas de encendido. Se ha lanzado al mercado en potencias de 250 y 400 (W), con características de emisión luminosa y color similares a las lámparas convencionales.

g) Perspectivas de futuro

Este tipo de lámparas ha sido, y está siendo, muy potenciado por los fabricantes, lo que, unido a sus destacadas prestaciones energéticas, ha dado como resultado una introducción masiva en casi la totalidad de los campos de aplicación de las lámparas de descarga de alta intensidad, sustituyendo claramente al Mercurio alta presión y al Sodio baja presión, en la mayoría de los casos, con plena satisfacción de los usuarios.

Los nuevos desarrollos, con mejoras acusadas en el rendimiento de color, parecen marcar una tendencia a la utilización de estas lámparas en dos líneas diferentes:

- En las aplicaciones actualmente consolidadas, sustitución de las convencionales de Sodio por las de rendimiento de color mejorado, marcando por tanto un criterio de mejora de la calidad de la iluminación (por ejemplo, alumbrado público de zonas peatonales o monumentales, paseos, etc.).
- En las aplicaciones hasta ahora vedadas por los requerimientos de color (alumbrado comercial), introducción de lámparas de baja potencia e IRC competitivo, tratando de abrir un nuevo mercado, feudo casi exclusivo de la incandescencia, convencional y halógena, la fluorescencia y en menor medida los halogenuros metálicos.

El futuro de esta fuente de luz es, por tanto, muy prometedor, tanto por su evolución técnica presente y futura, como por su amplia aceptación en el mercado.

2.7 OTROS TIPOS DE LAMPARAS

2.7.1 Lámparas de Xenón

Son lámparas de descarga en alta presión, que se diferencian de otras, como por ejemplo las de vapor de mercurio alta presión, por:

- Un gradiente de tensión más débil, a la misma presión, lo que trae como consecuencia una corriente mas elevada.

- Un espectro mas continuo y completo, cercano al del cuerpo negro a 5.000 – 6.000 K (aparición fría o luz día), con emisiones importantes en el ultravioleta e infrarrojo.
- Están únicamente rellenas de Xenón, que permite una eficacia luminosa más elevada y un mejor IRC.
- Su encendido es instantáneo, emitiendo desde el primer momento su flujo luminoso de régimen, lo cual exige una tensión de arranque muy elevada (10 - 40 (KV)) que se consigue mediante equipos auxiliares especiales.

La descarga se verifica, en el interior de un tubo de cuarzo, entre dos electrodos de Tungsteno, siendo la distancia entre ellos el origen de los dos tipos básicos de lámparas de Xenón.

Las aplicaciones de las lámparas de Xenón están actualmente centradas en los siguientes campos:

- Proyección cinematográfica
- Señalización marítima (faros)
- Fotografía (flash)
- Investigación (fotografía científica, microscopios)

2.7.2 Lámparas de Arco Corto

Los electrodos están muy próximos, lo que proporciona un arco de pequeña longitud, bajo voltaje y elevada intensidad.

El tubo de descarga presenta una forma esférica en la región del arco, con distintos tamaños en función de la potencia de la lámpara y de su tipo de alimentación (continua o alterna).

Sus características más significativas son las siguientes:

- Gama de potencias: 75 – 6.500 (W)
- Eficacia luminosa: 15 – 40 (lm/W)

2.7.3 Lámparas de Destellos

Formadas por un tubo de descarga de vidrio duro o cuarzo (en las de alta potencia), con formas diversas, rectilíneas, en hélice, etc.

Este tipo de lámparas produce destellos de corta duración, durante la descarga de un condensador (alimentado por una fuente de corriente continua y un transformador elevador de tensión), comandado por un generador de impulsos. Habitualmente precisan una ayuda al encendido (ionización del Xenón) mediante un hilo auxiliar de arranque.

Sus características más destacadas son:

- Gama de potencias: 750 (W) – 10 (KW)
- Eficacia luminosa: 20 – 30 (lm/W)

2.7.4 Tubos de Neón

Son tubos de descarga en baja presión, de gran longitud en relación con su diámetro, lo que implica la utilización de alta tensión para conseguir su encendido (descarga en alta tensión con electrodos fríos).

Los gases que se emplean fundamentalmente son el Neón y el Argón, o bien una mezcla de ambos. La descarga en Neón produce una luz rojiza, y la mezcla de Neón y Argón con algo de

mercurio, azulada. Además de estos colores, la gama se amplía empleando tubos de vidrio revestidos interiormente con sustancias fluorescentes apropiadas.

La aplicación usual de este tipo de tubos es publicitaria o decorativa, no existiendo dimensiones normalizadas, sino que los tubos se construyen de manera artesanal, a la medida de cada necesidad concreta (formas y longitudes).

Las tensiones de trabajo usuales de estos tubos varían según su diámetro, el gas de llenado y la presión del mismo, siendo frecuentes los valores de 250 a 600 (V) por metro de longitud.

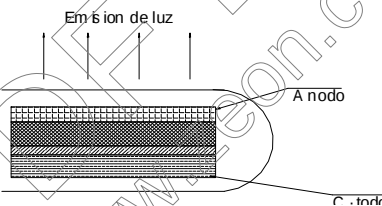
La duración de los tubos de Neón es del orden de las 20.000 horas, y no resulta afectada por el número de encendidos, puesto que los electrodos fríos carecen de sustancias emisivas de electrones.

2.7.5 Paneles Electroluminiscentes

La electroluminiscencia es la emisión de luz de determinadas sustancias, generalmente sólidos, bajo la acción de un campo eléctrico.

En escénica, el panel luminiscente es un condensador, en que la sustancia luminiscente constituye el dieléctrico del mismo. Con un dieléctrico suficientemente delgado se puede obtener luz con una tensión en bornes de 220 (V). Se pueden utilizar placas de vidrio (cerámico) rígido, o bien una capa de plástico, obteniendo así un panel semi-flexible.

La intensidad de radiación es, en una primera aproximación, proporcional a la frecuencia de la tensión aplicada, pero como la energía absorbida por el condensador es también proporcional a la frecuencia, la eficacia luminosa es independiente de ésta. Esta eficacia luminosa es débil, del orden de 10 (lm/W), lo que limita la utilización de estos paneles a aquellas aplicaciones en que la forma plana y la fiabilidad son importantes: paneles alfanuméricos, paneles de mando de aviones (en general, a 400 (Hz), alumbrado de seguridad, etc.



(Fig. 2.49) Panel Electroluminiscente

La duración de los varios miles de horas (de 2.000 a 6.000 horas), dependiendo de la frecuencia (disminuye al aumentar ésta), y del tipo de placa (menor para las de plástico), durante las cuales el flujo luminoso decrece lentamente.

2.7.6 Diodos Electroluminiscentes (LED)

En estos diodos, la emisión de luz se provoca por la recombinación de electrones y de iones positivos en la reparación de una unión p-n bajo la influencia de un campo eléctrico continuo.

La eficiencia luminosa de los LED es muy baja (del orden de 1 (lm/W)), pero su luminancia puede alcanzar varios miles de (cd/m²). Tienen la ventaja de consumir muy poca energía (del orden de 10 a varios cientos de (mW)), de tener unas dimensiones muy pequeñas y una gran duración (más de 100.000 horas).

Se utilizan fundamentalmente como lámparas de señalización, y en señales alfanuméricas.

2.7.7 El Láser

El funcionamiento del láser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) está basado en la amplificación de luz por emisión estimulada de radiación, como su propio nombre lo

indica. Es un dispositivo que genera radiación coherente (radiación cuyas ondas están en fase), en un haz estrecho predefinido y prácticamente monocromática.

Los fotones se generan cuando los electrones caen de un nivel excitado a un nivel de energía mas bajo. Normalmente, la mayoría de estas transiciones ocurren de forma espontánea, y solo una minoría y son estimulados por fotones. Sin embargo, si la población de electrones de los niveles atómicos de energía se intervienen, es decir con mas electrones en el nivel superior que en el inferior, entonces la mayoría de las transiciones pueden ser estimuladas por fotones. Un fotón generado de esta forma lo hace en la misma dirección y en la misma fase que el fotón de estimulación.

Físicamente el láser consiste en un volumen de material (sólido, líquido o gas) que contiene átomos adecuados, colocado entre un par de espejos (uno de ellos posee un factor de transmisión elevado para la radiación considerada) que se reenvían millares de veces la radiación emitida por la fuente luminosa colocada entre ellos. Es decir, que se produce una especie de resonancia que amplifica la inversión de la población de electrones y la emisión estimulada, hasta que la radiación es suficientemente potente para emerger del cristal semitransparente.

Previamente al proceso, es necesario invertir la población de electrones mediante un sistema externo; esto se puede realizar por medio de una fuente de luz monocromática intensa de longitud de onda apropiada (continua o a impulsos), o por campo eléctrico de alta frecuencia. Existen distintos tipos de láser:

- De cuerpos sólidos (por ejemplo, láser de rubí)
- De gases (por ejemplo, de Helio – Neón)
- De semiconductores

2.8 RENDIMIENTO LUMINOSO Y LUMINANCIA MEDIA DE ALGUNOS TIPOS DE LÁMPARAS

TIPO DE LÁMPARA	RENDIMIENTO LUMINOSO (Lm/W)	LUMINANCIA MEDIA (CD/M ²)
Incandescentes		
Tungsteno	10	70
Tungsteno con gas	20	200
Para proyectores	26	2400
Comunes	14	12
Mateadas Argenta	14	3
Halógenas para proyectores	22	100-300
Descarga en gas		
HPL-N	57.5 (55)	11.5
HP	56 (53)	460
HPI	76 (71)	14
HPI/T	83 (77.5)	1410
MLL-N	28	64
SON	114 (110)	57
SON-T	120 (113)	710
SOX	185 (150)	10
Fluorescentes		
Estándar de 40 W 27-37-47-57	44 (34)	0.4
Estándar de 40 W 29	77 (59)	0.7
Estándar de 40 W 32-34-55	49 (39)	0.41
Estándar de 40 W 33	80 (62)	0.75
Estándar de 40 W 84	80 (62)	0.75

(Tab. 2.23) Rendimiento luminoso y luminancia media de algunos tipos de lámparas

CAPITULO 3

DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACION

3.1 INTRODUCCION

El proyecto de cualquier instalación de alumbrado lleva consigo la consideración de numerosas variables: ¿Cuál es el objeto de la instalación? ¿Se trata de luz para visión o para ventas, o para decoración? ¿Cuál es la dureza del trabajo visual a realizar y cuanto tiempo va a durar? ¿Cuáles son las exigencias arquitectónicas y decorativas, junto con las limitaciones constructivas del lugar de emplazamiento? ¿Qué consideraciones económicas entran en juego?. Las respuestas a tales preguntas determinan la cantidad de luz necesaria y los mejores medios para conseguirla.

La *cantidad y la calidad* del alumbrado interior se debe basar en los siguientes requisitos:

- Rendimiento o eficacia visual
- Confort y placer visuales
- Economía

Si la tarea visual no es muy importante y no existen limitaciones del tipo económico, el alumbrado puede realizarse con el criterio único de confort y placer visuales, en beneficio del personal que trabaja en la zona iluminada.

Los criterios mencionados se refieren a un local iluminado, consistente en un modelo de diferentes superficies brillantes y colores observados por el ojo. Las luminancias mas altas se encuentran en las luminarias y las ventanas, y las mas bajas en las superficies de baja reflexión situadas en la sombra.

La impresión visual de un local esta determinada principalmente por la luminancia de las siguientes superficies del campo visual:

- Objetos de principal interés visual:
 - tarea
 - rostros humanos
- Grandes superficies en el interior:
 - paredes
 - techos
- Posibles fuentes de deslumbramiento:
 - ventanas en el día
 - luminarias

3.2 CANTIDAD

Una de las medidas más significativas de la idoneidad de una instalación de alumbrado es la cantidad de luz que se proporciona para realizar cualquier proceso visual con la suficiente comodidad sin causar molestias ni deslumbramientos

La cantidad de iluminación requerida depende principalmente del trabajo que se va a realizar en el local en cuestión. El punto de partida de cualquier diseño de alumbrado será siempre, por consiguiente, el espacio en si, sus detalles constructivos, su finalidad, el trabajo que debe realizarse en el y las tareas visuales implicadas.

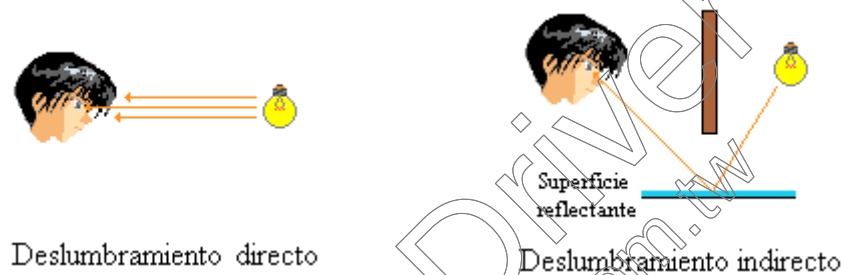
3.3 CALIDAD

La adecuada cantidad de luz por si sola no asegura una buena iluminación. La buena calidad es tan importante como la cantidad, y normalmente más difícil de conseguir. Los factores que intervienen en la calidad de la iluminación son muchos y complejos, los más importantes son:

- El deslumbramiento
- Las relaciones de brillo
- La difusión
- El color

3.3.1 Deslumbramiento

El deslumbramiento, ya sea directo o reflejado, es consecuencia de la presencia de superficies de excesiva luminancia (luminarias, ventanas, etc.) comparadas con el nivel general de iluminación del local.



(Fig. 3.1) Deslumbramientos directo e indirecto

El deslumbramiento puede ser de dos formas:

- *Deslumbramiento perturbador*, que afecta la capacidad de ver claramente.
- *Deslumbramiento molesto*, que se manifiesta como una sensación de malestar al permanecer por algún tiempo en una zona y pasar a otra de mayor luminancia.

En el alumbrado interior, el deslumbramiento molesto causa mayores problemas que el perturbador. El grado de deslumbramiento molesto depende ante todo de:

- *La luminancia de la fuente de luz*. Cuanto mayor sea este, mayor será la molestia y la interferencia con la visión.
- *El número y superficie aparente de estas fuentes*. Expresado en función del ángulo subtendido por el ojo. Un área grande de bajo brillo, como un panel luminoso, o un cierto número de luminarias de bajo brillo pueden ser tan molestas como una sola fuente pequeña de alto brillo.
- *La luminancia general de los alrededores*. Cuanto mayor es el contraste de brillo entre una fuente que deslumbre y los alrededores, mayor será el efecto del deslumbramiento.
- *La posición de las fuentes de luz en el campo visual*. El deslumbramiento decrece rápidamente a medida que la fuente se aparta de la línea de visión. Una luminaria suspendida en el campo de la visión produce mayor deslumbramiento que una montada por encima del ángulo visual normal.

3.3.2 Relaciones de Brillo

Las excesivas *relaciones de brillo en el campo de la visión o contrastes de brillo entre superficies adyacentes*, incluso cuando no son lo suficiente fuertes para que constituyan

“deslumbramientos”, pueden ser muy perjudiciales para la calidad del alumbrado. Por ejemplo, no es conveniente un brillo alto del objeto de trabajo con un brillo comparativamente bajo de los alrededores, ya que obliga a reajustar continuamente los ojos de un nivel de brillo a otro. Los brillos más altos en el campo periférico que en el trabajo tienden a distraer el ojo de la tarea visual, por lo que deben evitarse.

Estudios extensos del proceso visual han demostrado que la situación ideal para una buena visión es un brillo de fondo igual al del objeto de trabajo.

La obtención de relaciones de brillo cómodas para cualquier situación dada requiere un estudio cuidadoso de todos los factores implicados, incluyendo no solo las fuentes de luz y las luminarias, sin también las características reflectoras de techos, paredes, suelos y muebles, y la iluminación de los mismos. Para obtener los mejores resultados es necesario lograr un equilibrio adecuado entre el brillo de la zona de trabajo y el de las otras superficies del campo visual, evitando tanto los alrededores demasiado oscuros como las zonas de mucho brillo, que distraen la visión.

3.3.3 Difusión

La iluminación que resulta de la luz procedente de varias direcciones, en contraposición a la luz que procede de una sola dirección, se llama difusa. La difusión es función del número o tamaño físico de las fuentes de luz que contribuyen a la iluminación de un punto determinado y se miden en términos de ausencia de sombras.

El grado de difusión deseable depende del tipo de trabajo que se ha de realizar.

La difusión se obtiene mediante la multiplicidad de fuentes de luz, mediante luminarias de gran superficie y poco brillo, por alumbrado indirecto o parcialmente indirecto, en el que el techo y las paredes se convierten en fuentes secundarias, y mediante acabados mate de colores claros sobre techos, paredes, muebles e incluso suelos, se obtiene un grado razonable de difusión utilizando aparatos de alumbrado de haz ancho directo en zonas de techo alto ya que así cualquier punto dado recibe iluminación de un considerable número de unidades. Las luces fluorescentes directas proporcionan generalmente más iluminación difusa que las directas incandescentes directas, y las grandes zonas luminosas o paneles difusores producen una difusión aun mayor.

3.3.4 Color

Al hablar del color hay que distinguir entre el fenómeno físico donde intervienen la luz y la visión (sensibilidad y contraste) y el fenómeno sensorial. Como fenómeno físico comentaremos, además, los sistemas de especificación y la realización de mezclas.

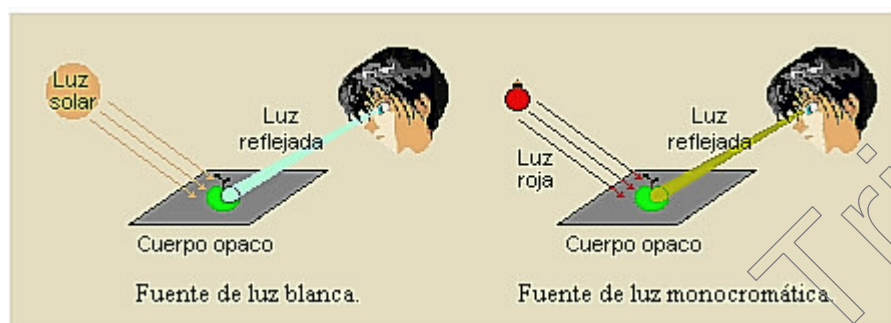
El Color como fenómeno físico

Recordemos brevemente que la luz blanca del sol está formada por la unión de los colores del arco iris, cada uno con su correspondiente longitud de onda. Los colores van del violeta (380 nm) hasta el rojo (770 nm) y su distribución espectral aproximada es:

COLOR	LONGITUD DE ONDA (nm)
Violeta	380 – 436
Azul	436 – 495
Verde	495 – 566
Amarillo	566 – 589
Naranja	589 – 627
Rojo	627 – 770

(Tab. 3.1) Longitud de onda de los colores

Cuando un cuerpo opaco es iluminado por luz blanca refleja un color o una mezcla de estos absorbiendo el resto. Las radiaciones luminosas reflejadas determinarán el color con que nuestros ojos verán el objeto. Si las refleja todas será blanco y si las absorbe todas negro. Si, por el contrario, usamos una fuente de luz monocromática o una de espectro discontinuo, que emita sólo en algunas longitudes de onda, los colores se verán deformados. Este efecto puede ser muy útil en decoración pero no para la iluminación general.



(Fig. 3.2) Efecto de la luz blanca y monocromática

Efecto de la luz coloreada sobre los objetos de color

El ojo humano no es igual de sensible a todas las longitudes de onda que forman la luz diurna. De hecho, tiene su máximo para un valor de 555 nm que corresponde a un tono amarillo verdoso. A medida que nos alejamos del máximo hacia los extremos del espectro (rojo y violeta) esta va disminuyendo. Es por ello que las señales de peligro y advertencia, la iluminación de emergencia o las luces antiniebla son de color amarillo.

Color del objeto	Color de la luz			
	Rojo	Amarillo	Verde	Azul
Blanco	Rosa claro	Amarillo muy claro	Verde muy claro	Azul muy claro
Amarillo	Naranja rojizo	Naranja brillante claro	Amarillo verdoso claro	Marrón rojizo claro
Rojo	Rojo brillante	Rojo brillante	Rojo amarillento	Rojo azulado oscuro
Marrón	Rojo marrón	Naranja marrón	Marrón aceitunado oscuro	Marrón azulado
Negro	Negro rojizo	Negro anaranjado	Negro verdoso	Negro azulado
Azul oscuro	Púrpura rojizo oscuro	Púrpura rojizo claro	Azul verdoso oscuro	Azul brillante
Azul claro	Azul rojizo	Azul rojizo oscuro	Azul verdoso	Azul brillante
Verde	Verde aceituna	Verde amarillento	Verde brillante	Azul verdoso

(Tab. 3.2) Efecto de la luz coloreada sobre los objetos de color

El Color como fenómeno sensorial

El color como otras sensaciones que percibimos a través de los sentidos está sometida a criterios de análisis subjetivos. Depende de las preferencias personales, su relación con otros colores y formas dentro del campo visual (el contraste, la extensión que ocupa, la iluminación recibida, la armonía con el ambiente...), el estado de ánimo y de salud, etc.

Tradicionalmente distinguimos entre colores fríos y cálidos. Los primeros son los violetas, azules y verdes oscuros. Dan la impresión de frescor, tristeza, recogimiento y reducción del espacio. Por contra, los segundos, amarillos, naranjas, rojos y verdes claros, producen sensaciones de alegría, ambiente estimulante y acogedor y de amplitud de espacio.

SENSACIONES ASOCIADAS A LOS COLORES	
Blanco	Friedad, higiene, neutralidad.
Amarillo	Actividad, impresión, nerviosismo
Azul	Calma, reposo, naturaleza
Negro	Inquietud, tensión
Marrón	Calidez, relajación
Rojo	Calidez intensa, excitación, estimulante

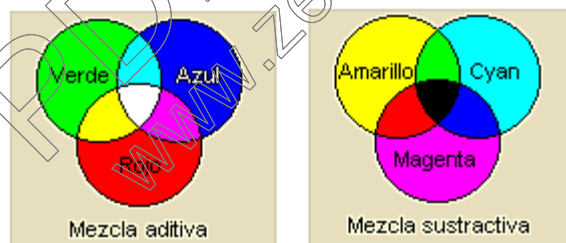
(Tab. 3.3) Sensaciones asociadas a los colores

Hay que destacar también el factor cultural y climático porque en los países cálidos se prefieren tonos fríos para la decoración de interiores mientras que en los fríos pasa al revés.

Colores y Mezclas

A todos aquellos que hallan pintado alguna vez les sonarán términos como colores primarios, secundarios, terciarios o cuaternarios. Los colores primarios o básicos son aquellos cuya combinación produce todos los demás. En pintura son el cian, el magenta y el amarillo y en iluminación el azul, el verde y el rojo. Cualquier otro color se puede obtener combinándolos en diferentes proporciones. Así los secundarios se obtienen con mezclas al 50%; los terciarios mezclando dos secundarios entre sí, etc.

Las mezclas, que en luminotécnica se consiguen mediante filtros y haces de luces, pueden ser aditivas o sustractivas.



(Fig. 3.3) Colores y mezclas

Las mezclas sustractivas o pigmentarias se consiguen aplicando a la luz blanca una serie de sucesivos filtros de colores que darán un tono de intensidad intermedia entre las componentes.

Para definir los colores se emplean diversos sistemas como el RGB o el de Munsell. En el sistema RGB (Red, Green, Blue), usado en informática, un color está definido por la proporción de los tres colores básicos - rojo, verde y azul - empleados en la mezcla. En el sistema de Munsell se recurre a tres parámetros: tono o matiz (rojo, amarillo, verde...), valor o intensidad (luminosidad de un color comparada con una escala de grises; por ejemplo el amarillo es más brillante que el negro) y cromaticidad o saturación (cantidad de blanco que tiene un color; si no tiene nada se dice que está saturado).

Para hacernos una idea de como afecta la luz al color consideremos una habitación de paredes blancas con muebles de madera de tono claro. Si la iluminamos con lámparas

incandescentes, ricas en radiaciones en la zona roja del espectro, se acentuarán los tonos marrones de los muebles y las paredes tendrán un tono amarillento. En conjunto tendrá un aspecto cálido muy agradable. Ahora bien, si iluminamos el mismo cuarto con lámparas fluorescentes normales, ricas en radiaciones en la zona azul del espectro, se acentuarán los tonos verdes y azules de muebles y paredes dándole un aspecto frío a la sala. En este sencillo ejemplo hemos podido ver cómo afecta el color de las lámparas (su apariencia en color) a la reproducción de los colores de los objetos (el rendimiento en color de las lámparas).

La apariencia en color de las lámparas viene determinada por su temperatura de color correlacionada. Se definen tres grados de apariencia según la tonalidad de la luz: luz fría para las que tienen un tono blanco azulado, luz neutra para las que dan luz blanca y luz cálida para las que tienen un tono blanco rojizo.

Temperatura de color correlacionada	Apariencia de color
$T_c > 5.000 \text{ K}$	Fría
$3.300 \leq T_c \leq 5.000 \text{ K}$	Intermedia
$T_c < 3.300 \text{ K}$	Cálida

(Tab. 3.4) Apariencia de color en función de la temperatura de color

A pesar de esto, la apariencia en color no basta para determinar qué sensaciones producirá una instalación a los usuarios. Por ejemplo, es posible hacer que una instalación con fluorescentes llegue a resultar agradable y una con lámparas cálidas desagradable aumentando el nivel de iluminación de la sala. El valor de la iluminancia determinará conjuntamente con la apariencia en color de las lámparas el aspecto final.

Iluminancia (lux)	Apariencia del color de la luz		
	Cálida	Intermedia	Fría
$E \leq 500$	agradable	neutra	fría
$500 < E < 1.000$	↑	↑	↑
$1.000 < E < 2.000$	estimulante	agradable	neutra
$2.000 < E < 3.000$	↑	↑	↑
$E \geq 3.000$	no natural	estimulante	agradable

(Tab. 3.5) Apariencia de color en función de la temperatura de color de la luz

El rendimiento en color de las lámparas es una medida de la calidad de reproducción de los colores. Se mide con el Índice de Rendimiento del Color (IRC o Ra) que compara la reproducción de una muestra normalizada de colores iluminada con una lámpara con la misma muestra iluminada con una fuente de luz de referencia. Mientras más alto sea este valor mejor será la reproducción del color, aunque a costa de sacrificar la eficiencia y consumo energéticos. La CIE ha propuesto un sistema de clasificación de las lámparas en cuatro grupos según el valor del IRC.

Grupo de rendimiento en color	Índice de rendimiento en color (IRC)	Apariencia de color	Aplicaciones
1	$IRC \geq 85$	Fría	Industria textil, fábricas de pinturas, talleres de imprenta
		Intermedia	Escaparates, tiendas, hospitales
		Cálida	Hogares, hoteles, restaurantes
2	$70 \leq IRC < 85$	Fría	Oficinas, escuelas, grandes almacenes, industrias de precisión (en climas cálidos)
		Intermedia	Oficinas, escuelas, grandes almacenes, industrias de precisión (en climas templados)
		Cálida	Oficinas, escuelas, grandes almacenes, ambientes industriales críticos (en climas fríos)
3	Lámparas con IRC < 70 pero con propiedades de rendimiento en color bastante aceptables para uso en locales de trabajo		Interiores donde la discriminación cromática no es de gran importancia
S (especial)	Lámparas con rendimiento en color fuera de lo normal		Aplicaciones especiales

(Tab. 3.6) Apariencia de color y rendimiento de color (CIE)

Fuentes de luz de igual aspecto cromático pueden tener una composición espectral completamente distinta, y por consiguiente, presentar grandes diferencias de discriminación cromática. Por esto es imposible sacar ninguna conclusión de las propiedades de discriminación cromática de una lámpara conociendo sólo su aspecto cromático.

Ahora que ya conocemos la importancia de las lámparas en la reproducción de los colores de una instalación, nos queda ver otro aspecto no menos importante: la elección del color de suelos, paredes, techos y muebles. Aunque la elección del color de estos elementos viene condicionada por aspectos estéticos y culturales básicamente, hay que tener en cuenta la repercusión que tiene el resultado final en el estado anímico de las personas.



(Fig. 3.4) Influencia del color en el ambiente

Los tonos fríos producen una sensación de tristeza y reducción del espacio, aunque también pueden causar una impresión de frescor que los hace muy adecuados para la decoración en climas cálidos. Los tonos cálidos son todo lo contrario. Se asocian a sensaciones de exaltación, alegría y amplitud del espacio y dan un aspecto acogedor al ambiente que los convierte en los preferidos para los climas cálidos.

De todas maneras, a menudo la presencia de elementos fríos (bien sea la luz de las lámparas o el color de los objetos) en un ambiente cálido o viceversa ayudarán a hacer más agradable y/o neutro el resultado final.

La calidad espectral de una fuente de luz utilizada para igualar o discriminar colores requiere una consideración especial. También es importante que la cantidad de iluminación sea constante. La luz artificial tiene una notable ventaja sobre la luz de día en cuanto a la constancia de cantidad y calidad, y su color puede ajustarse satisfactoriamente en la mayor parte de las aplicaciones especiales.

Constancia de Color

Cada tipo de fuente de luz tiene su propio efecto característico sobre el color, y cuando se observan muestras colocadas una al lado de otras en zonas pequeñas iluminadas por distintas fuentes de luz, las diferencias de aspecto de materias idénticos pueden ser considerables. Sin embargo, cuando una habitación entera se ilumina con cualquiera de los iluminantes normales el ojo se adapta, dentro de ciertos límites, a la iluminación general de tal manera que los objetos coloreados tienden a aparecer como iguales, independientemente de la calidad espectral de la fuente de luz. Este fenómeno es conocido como “*Constancia de color*”. En el proceso de adaptación, el ojo se vuelve mas sensible a la energía de longitud de onda que existe en menor cantidad en la fuente. Por ejemplo, bajo luz incandescente, que contiene relativamente poco azul, el ojo se vuelve mas sensible al azul.

A menudo es posible aprovechar esta característica del ojo para aplicaciones donde se pretende realizar determinados colores. Por ejemplo, las lámparas fluorescentes blancas frías normales pueden emplearse para el alumbrado general de un mercado de carne, y las blancas frías de lujo o las lámparas de filamento, todas las cuales contienen considerablemente mayor cantidad de rojo, para los escaparates de muestras. Debido a que los ojos de los compradores están adaptados a la iluminación general, son ligeramente mas sensibles al rojo de los escaparates que lo serian si ambas fuentes de luz fueran de la misma calidad espectral, y como resultado la carne en las cajas aparece mas rojo y atractiva.

Como regla general, las lámparas de filamento o cualquiera de las lámparas fluorescentes “blancas” producen suficiente luz en todas las regiones del espectro para satisfacer las exigencias de la mayor parte de las aplicaciones de alumbrado general. Algunas veces, se elige uno u otro color de una fuente de luz para una instalación dada porque resulta particularmente eficaz en la producción de un efecto decorativo deseado. Normalmente, sin embargo, la elección de la fuente de luz para una instalación de alumbrado general se hace basándose en preferencias personales y en el grado de calor o frío que se desee en el ambiente. Cuando lo que se quiere es la mayor fidelidad posible del color, se recomiendan las lámparas fluorescentes cálidas de lujo, blanca viva o blanca fría de lujo.

Reproducción de colores

Uno de los puntos más importantes en la decoración de un ambiente es la armonía y la combinación de los colores, sin embargo esto puede ser perjudicial si usted no escoge las lámparas adecuadas.



(Fig. 3.5) Efecto de la reproducción de colores dependiendo del tipo de luminaria y lámpara

La reproducción de colores de una lámpara es medida por una escala llamada IRC (Índice de Reproducción de Colores). Cuanto más próximo este índice al IRC 100 (dado a la luz solar), más fielmente los colores serán vistos en la decoración. Esto ocurre porque, en realidad, lo que observamos es el reflejo de la luz que ilumina los objetos, ya que en la oscuridad no vemos los colores. La luz es compuesta por los siete colores del arco iris y los pigmentos contenidos en los objetos tienen la capacidad de absorber determinados colores y reflejar otros. Por lo tanto, la cualidad de reproducción de los colores de la lámpara utilizada va a influir directamente en los colores de la decoración, alterando o manteniendo los colores escogidos.

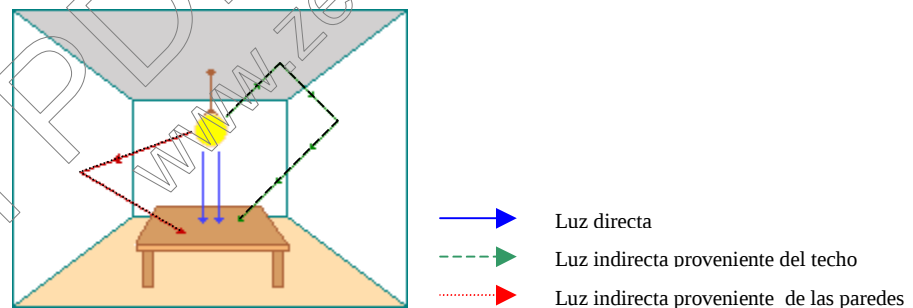
Un ejemplo claro de esto es cuando compramos ropa en un almacén y después cuando la vestimos durante el día, percibimos que el color no era exactamente aquel que nos parecía haber visto. La capacidad de las lámparas para reproducir bien los colores (IRC) es independiente de su temperatura de color ($^{\circ}\text{K}$). Existen tipos de lámparas con tres temperaturas de color diferentes y el mismo IRC.

En una residencia debemos utilizar lámparas con buena reproducción de colores (IRC arriba de 75), pues el color es fundamental para el confort y belleza del ambiente.

Entonces para asegurar la armonía y eficacia de un plan de decoración, conviene que la selección de los colores de las paredes, telas, alfombras y accesorios se hagan teniendo en cuenta tanto el tipo de luz artificial con que serán iluminados como la luz natural del día. Puesto que la intensidad de la iluminación, lo mismo que su calidad espectral, influyen en la apariencia de los colores, el nivel luminoso deberá aproximarse a las condiciones reales de uso. Las intensidades altas tienden a “diluir” los colores y los hacen parecer mas claros, llevando a conclusiones erróneas. Y como el ojo ve los mismos colores de manera diferente según las distintas combinaciones, las variaciones en el color del fondo pueden ser otra fuente de error al juzgar los colores.

3.4 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE ALUMBRADO

Cuando una lámpara se enciende, el flujo emitido puede llegar a los objetos de la sala directamente o indirectamente por reflexión en paredes y techo. La cantidad de luz que llega directa o indirectamente determina los diferentes sistemas de iluminación con sus ventajas e inconvenientes.



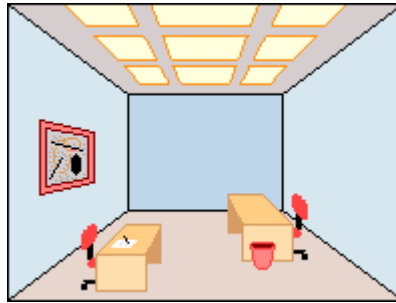
(Fig. 3.6) Incidencia de la luz sobre una superficie

Un análisis de la sala a iluminar y de las tareas visuales que se van a realizar en ella determinará la selección del sistema de alumbrado, así como la distribución y disposición de las luminarias.

Los sistemas más comunes de alumbrado son los que proporcionan:

- Iluminación general
- Iluminación direccional
- Iluminación localizada
- Iluminación suplementaria

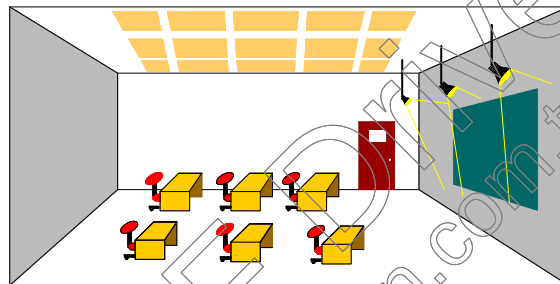
3.4.1 Iluminación General



La iluminación general se obtiene distribuyendo un número de luminarias con una disposición, mas o menos regular, por toda la superficie del techo. El resultado es una iluminancia horizontal de un cierto nivel medio y un determinado grado de uniformidad.

En salas en que no haya lugares preestablecidos para un trabajo específico, debe usarse la iluminación general, la cual produce condiciones uniformes de visión.

3.4.2 Iluminación Direccional



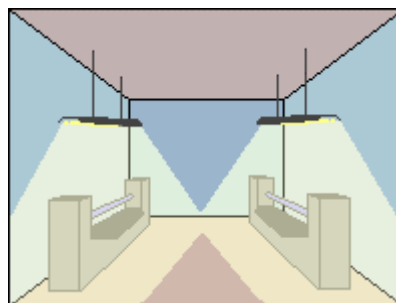
Este termino describe una iluminación en la cual la luz procede predominantemente de la dirección preferida, efecto que se logra usualmente mediante la disposición especial de luminarias fluorescentes con espejos o mediante lámparas spots de haz ancho.

Este tipo de iluminación se utiliza frecuentemente:

- Como iluminación publicitaria que resalte objetos.
- Para crear sombras que destaquen forma y textura de las figuras.
- Para iluminar superficies que, a su vez, funcionan como fuentes de luz secundarias (iluminación indirecta)

La iluminación direccional debe combinarse con el alumbrado general como medio de romper la excesiva monotonía que este podría producir.

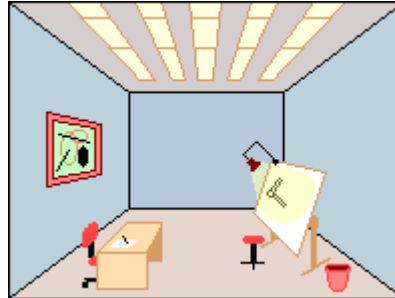
3.4.3 Iluminación Localizada



En algunos casos es necesario concentrar luminarias en ciertas partes del techo para obtener una iluminancia suficientemente alta en lugares de interés principal.

Este tipo de iluminación es muy útil para áreas localizadas de trabajo en fabricas.

3.4.4 Iluminación suplementaria



La iluminación localizada se obtiene colocando luminarias muy cerca de la tarea visual, para iluminar solamente un área muy reducida. Se complementa con uno de los otros sistemas de iluminación ya descritos.

Se recomienda iluminación localizada cuando:

- ÿ El trabajo implique exigencias visuales muy críticas.
- ÿ La visión de formas y texturas requieran que la luz venga de una dirección precisa.
- ÿ La iluminación general no alcance a ciertas zonas, debido a los obstáculos existentes.
- ÿ Se necesite mayor nivel de lumiancia en beneficio de trabajadores de edad o trabajadores con rendimiento visual deficiente.
- ÿ Para conseguir comodidad visual en interiores donde normalmente no se realicen trabajos.

3.5 DISEÑO DEL SISTEMA DE ILUMINACION EN AREAS DE TRABAJO

La iluminación de los lugares de trabajo deberá permitir que los trabajadores dispongan de condiciones de visibilidad adecuadas para poder circular por los mismos y desarrollar en ellos sus actividades sin riesgo para su seguridad y salud.

3.5.1 Iluminacion de los lugares de trabajo

1. La iluminación de cada zona o parte de un lugar de trabajo deberá adaptarse a las características de la actividad que se efectúe en ella, teniendo en cuenta:

- a. Los riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores dependientes de las condiciones de visibilidad.
- b. Las exigencias visuales de las tareas desarrolladas.

2. Siempre que sea posible, los lugares de trabajo tendrán una iluminación natural, que deberá complementarse con una iluminación artificial cuando la primera, por sí sola, no garantice las condiciones de visibilidad adecuadas. En tales casos se utilizará preferentemente la iluminación artificial general, complementada a su vez con una localizada cuando en zonas concretas se requieran niveles de iluminación elevados.

3. Los niveles mínimos de iluminación de los lugares de trabajo serán los establecidos en la siguiente tabla:

ZONA O PARTE DEL LUGAR DE TRABAJO (*)	NIVEL MÍNIMO DE ILUMINACIÓN (Lux)
Zonas donde se ejecuten tareas con:	
1. Bajas exigencias visuales	100
2. Exigencias visuales moderadas	200
3. Exigencias visuales altas	500
4. Exigencias visuales muy altas	1.000
Áreas o locales de uso ocasional	50
Áreas o locales de uso habitual	100
Vías de circulación de uso ocasional	25
Vías de circulación de uso habitual	50

(Tab. 3.7) Niveles de iluminación mínimas en áreas de trabajo

(*) El nivel de iluminación de una zona en la que se ejecute una tarea se medirá a la altura donde ésta se realice; en el caso de zonas de uso general a 85 cm. del suelo y en el de las vías de circulación a nivel del suelo.

Estos niveles mínimos deberán duplicarse cuando concurren las siguientes circunstancias:

- En las áreas o locales de uso general y en las vías de circulación, cuando por sus características, estado u ocupación, existan riesgos apreciables de caídas, choques u otros accidentes.
- En las zonas donde se efectúen tareas, cuando un error de apreciación visual durante la realización de las mismas pueda suponer un peligro para el trabajador que las ejecuta o para terceros o cuando el contraste de luminancias o de color entre el objeto a visualizar y el fondo sobre el que se encuentra sea muy débil.

No obstante lo señalado en los párrafos anteriores, estos límites no serán aplicables en aquellas actividades cuya naturaleza lo impida.

4. La iluminación de los lugares de trabajo deberá cumplir, además, en cuanto a su distribución y otras características, las siguientes condiciones:

- La distribución de los niveles de iluminación será lo más uniforme posible.
- Se procurará mantener unos niveles y contrastes de luminancia adecuados a las exigencias visuales de la tarea, evitando variaciones bruscas de luminancia dentro de la zona de operación y entre ésta y sus alrededores.
- Se evitarán los deslumbramientos directos producidos por la luz solar o por fuentes de luz artificial de alta luminancia. En ningún caso éstas se colocarán sin protección en el campo visual del trabajador.
- Se evitarán, asimismo, los deslumbramientos indirectos producidos por superficies reflectantes situadas en la zona de operación o sus proximidades.
- No se utilizarán sistemas o fuentes de luz que perjudiquen la percepción de los contrastes, de la profundidad o de la distancia entre objetos en la zona de trabajo, que produzcan una impresión visual de intermitencia o que puedan dar lugar a efectos estroboscópicos.

5. Los lugares de trabajo, o parte de los mismos, en los que un fallo del alumbrado normal suponga un riesgo para la seguridad de los trabajadores dispondrán de un alumbrado de emergencia de evacuación y de seguridad.

6. Los sistemas de iluminación utilizados no deben originar riesgos eléctricos, de incendio o de explosión, cumpliendo, a tal efecto, lo dispuesto en la normativa específica vigente.

3.5.2 Condiciones inadecuadas de iluminación

a) Las condiciones inadecuadas de iluminación en los lugares de trabajo pueden tener consecuencias negativas para la seguridad y la salud de los trabajadores; la disminución de la eficacia visual puede aumentar el número de errores y accidentes así como la carga visual y la fatiga durante la ejecución de las tareas; también se pueden producir accidentes como consecuencia de una iluminación deficiente en las vías de circulación, escaleras y otros lugares de paso.

El acondicionamiento de la iluminación conlleva la necesidad de proporcionar un nivel de luz adecuado al tipo de actividad realizada, pero junto al nivel de iluminación es necesario considerar otros aspectos importantes, entre los que se encuentran el control del deslumbramiento, la uniformidad de la iluminación, el equilibrio de luminancias en el campo visual y la integración de la luz natural.

Ahora bien, las exigencias visuales de la tarea no constituyen el único factor a considerar en el acondicionamiento de la iluminación, también es necesario tener en cuenta la existencia de trabajadores con una capacidad visual menor de la normal y las consecuencias negativas para la seguridad de las personas que se pueden derivar de los errores debidos a una mala visibilidad. Esto puede requerir el aumento de los niveles de luz y la adecuación de otros aspectos de la iluminación, de acuerdo con los criterios que se exponen más adelante.

b) El empleo de la luz natural en los lugares de trabajo tiene varias ventajas; al ahorro energético que pueda suponer el aporte de luz solar, se une la calidad de la luz natural: capacidad de reproducción cromática, estabilidad del flujo luminoso, tonalidad de la luz, etc. Por otra parte, el aporte de luz natural mediante la utilización de ventanas puede satisfacer la necesidad psicológica de contacto visual con el mundo exterior. Las referidas ventajas justifican el interés de aprovechar todo lo posible la iluminación natural en los lugares de trabajo.

El acondicionamiento de la iluminación natural lleva consigo la colocación correcta de los puestos de trabajo respecto a las ventanas o claraboyas, de manera que los trabajadores no sufran deslumbramiento y la luz solar no se proyecte directamente sobre la superficie de trabajo. Estas medidas se pueden complementar con la utilización de persianas, estores, cortinas y toldos, destinados a controlar tanto la radiación solar directa como el posible deslumbramiento.

Ahora bien, en la mayoría de los lugares de trabajo la luz solar no será suficiente para iluminar las zonas más alejadas de las ventanas ni para satisfacer las necesidades a cualquier hora del día, por lo que será necesario contar con un sistema de iluminación artificial complementario. Este sistema debería estar diseñado para proporcionar una iluminación general suficiente en las condiciones más desfavorables de luz natural.

En los lugares de trabajo donde sea necesario combinar la luz natural y la artificial se recomienda el empleo de lámparas con una "temperatura de color" comprendida entre 4.000 y 5.000 grados Kelvin. Esta tonalidad, compatible con la de la luz natural, se puede lograr fácilmente utilizando lámparas fluorescentes o de descarga. Sin embargo, las lámparas incandescentes estándar tienen una temperatura de color demasiado baja para esta finalidad.

En muchos casos, el nivel de la iluminación general puede ser suficiente para todas las tareas realizadas en un local de trabajo, pero en otras ocasiones las necesidades particulares de algún puesto o tarea visual puede hacer aconsejable el empleo de sistemas de iluminación localizada que complementen el nivel de la iluminación general.

Cuando se utilice iluminación localizada en algún puesto o zona de trabajo, es necesario proporcionar también una iluminación general, destinada a evitar desequilibrios de luminancia en el entorno visual. Esta iluminación general debería ser tanto mayor cuanto más grande sea el nivel de la iluminación localizada (véase más adelante el punto referido a la uniformidad de la iluminación).

c) Por "zona donde se ejecuten tareas" se debe entender cualquier zona donde el trabajador tenga que realizar una función visual en el transcurso de su actividad.

Por "vía de circulación" se debe entender cualquier lugar de trabajo destinado a la circulación de personas o vehículos, ya sea en interiores o en exteriores.

Por "área o local", ya sea de uso habitual u ocasional, se debe entender cualquier otra área del centro de trabajo, edificada o no, en la que los trabajadores deban permanecer o a la que puedan acceder en razón de su trabajo. Se consideran incluidos en esta definición los servicios higiénicos y locales de descanso, los locales de primeros auxilios y los comedores.

NORMAS UNE	
Categoría de la tarea	Nivel mínimo recomend. (Lux)
D (fácil)	200
E (normal)	500
F (difícil)	1.000
G (muy difícil)	2.000
H (complicada)	5.000

(Tab. 3.8) Niveles de iluminación en áreas de trabajo según UNE

EJEMPLOS DE TAREAS VISUALES SEGÚN UNE 72 - 112 – 85

- Categoría D** Manejo de máquinas herramienta pesadas, lavado de automóviles, etc.
- Categoría E** Trabajos comerciales, reparación de automóviles, planchado y corte en trabajos de confección, etc.
- Categoría F** Escritura y dibujo con tinta, ajuste en mecánica, selección industrial de alimentos, etc.
- Categoría G** Escritura y dibujo con lápiz, costura en actividades de confección, etc.
- Categoría H** Montaje sobre circuitos impresos, trabajos de relojería, igualación de colores, etc.

3.5.3 Aspectos importantes para el diseño de la iluminación en áreas de trabajo

a) Dónde se deben obtener los niveles de iluminación

El sistema de iluminación debe ser diseñado de tal forma que los citados niveles de iluminación se obtengan en el mismo lugar donde se realiza la tarea. Así pues, dichos niveles deberían ser medidos a la altura del plano de trabajo y con su misma inclinación, dado que los niveles de iluminación horizontal, vertical o en cualquier otro plano pueden ser distintos.

En las áreas de uso general los niveles de iluminación han de obtenerse a una altura de 85 cm. del suelo, en tanto que en las vías de circulación dichos niveles se deben medir al nivel del suelo, con el fin de asegurar la visualización de posibles obstáculos o discontinuidades en el mismo.

b) Cuándo se deben incrementar los niveles de iluminación

Los niveles mínimos de iluminación se deben duplicar en los siguientes casos:

1. En las áreas o locales de uso general y en las vías de circulación, cuando, por sus características, estado u ocupación, existan riesgos apreciables de accidente. La aplicación de este criterio requiere una evaluación previa de los riesgos de accidente existentes en las citadas áreas o vías de circulación. Así, por ejemplo, podría ser necesario duplicar los niveles de iluminación en las áreas o zonas de paso usadas por los trabajadores, en las que se utilicen carretillas automotoras, etc.
2. En las zonas donde se efectúen tareas, cuando un error de apreciación visual durante la realización de las mismas pueda suponer un peligro para el trabajador que las ejecuta o para terceros.
Como en el caso anterior, la decisión de duplicar el nivel de iluminación, en una determinada zona de trabajo, se debería tomar sobre la base de la evaluación previa del riesgo de accidente.
3. Finalmente, los niveles mínimos de iluminación también deben ser duplicados cuando el contraste de luminancias o de color entre el objeto a visualizar y el fondo sobre el que se encuentra sea muy débil.
Esta situación puede darse, por ejemplo, en trabajos de igualación de colores, cosido de telas con hilo del mismo color, etc.

La iluminación también debería ser incrementada para los trabajadores que requieran un nivel de luz superior a lo normal, como consecuencia de su edad o de una menor capacidad visual.

En todo caso, los requisitos señalados para el nivel de iluminación están supeditados a que lo permita la propia naturaleza de la tarea realizada. Por ejemplo, en los procesos de revelado fotográfico, realizados en cuarto oscuro, no serían aplicables los citados requerimientos.

c) Puestos de trabajo con pantallas de visualización

El nivel de iluminación para los puestos de trabajo con pantallas de visualización debería ser apropiado para todas las tareas realizadas en el puesto (por ejemplo, la lectura de la pantalla y de los impresos, la escritura sobre papel, el trabajo con el teclado, etc.), pero sin alcanzar niveles que pudieran reducir excesivamente el contraste en la pantalla.

d) Uniformidad de la iluminación

La tarea debería ser iluminada de la forma más uniforme posible. Se recomienda que la relación entre los valores mínimo y máximo de los niveles de iluminación existentes en el área del puesto donde se realiza la tarea no sea inferior a 0,8.

Por otro lado, con el fin de evitar las molestias debidas a los cambios bruscos de luminancia, el nivel de iluminación en los alrededores debe estar en relación con el nivel existente en el área de trabajo. En áreas adyacentes, aunque tengan necesidades de iluminación distintas, no deben existir niveles de iluminación muy diferentes; se recomienda que dichos niveles no difieran en un factor mayor de cinco; por ejemplo, el acceso y los alrededores de una zona de trabajo cuyo nivel de iluminación sea de 500 lux, debería tener una iluminación de, al menos, 100 lux.

e) Equilibrio de luminancias

La distribución de luminancias en el campo visual puede afectar a la visibilidad de la tarea e influir en la fatiga del trabajador.

La agudeza visual es máxima cuando la luminosidad de la tarea es similar a la existente en el campo visual del trabajador. Sin embargo, cuando la luminosidad de la tarea es muy diferente a la

del entorno se puede producir una reducción de la eficiencia visual y la aparición de fatiga, como consecuencia de la repetida adaptación de los ojos. Las relaciones de luminancia que deberían ser consideradas en el acondicionamiento de la iluminación son las siguientes:

- a) Entre la tarea y su entorno inmediato.- Se recomienda que la luminancia del entorno inmediato sea menor que la de la tarea pero no inferior a $1/3$.
- b) Entre la tarea y el entorno alejado.- En este caso se recomienda que la relación de luminancias no sea superior a 10 ni inferior a $1/10$.

El equilibrio de luminancias se puede lograr controlando la reflectancia de las superficies del entorno y los niveles de iluminación; es decir, eligiendo colores más o menos claros para las paredes y otras superficies del entorno y empleando una iluminación general adecuada, de manera que la luminosidad del entorno no sea muy diferente a la existente en el puesto de trabajo.

f) Control del deslumbramiento

En el Vocabulario Internacional de Iluminación C.I.E. el deslumbramiento se define como: *condición de la visión durante la cual se sufre un daño o una reducción de la capacidad de distinguir los detalles de un objeto debido a una distribución desfavorable de las luminancias o por contrastes excesivos.*

Este fenómeno se clasifica, en base al modo en el cual se produce, en: deslumbramiento directo y deslumbramiento indirecto, según que se haya producido por objetos luminosos colocados en el campo visivo cercano al eje de visión, o, en el segundo caso, por reflexión de la imagen del objeto luminoso en la dirección de observación.

En base a los efectos que produce se distingue entre deslumbramiento molesto y deslumbramiento perturbador.

En el primer caso, el fenómeno produce una sensación desagradable sin que la misma impida la visión de los objetos que se observan, en el segundo caso la visión de los objetos se perturba sin que esto cree una sensación desagradable.

Cuando a causa de un fenómeno de deslumbramiento se elimina la diferencia de luminancia entre el objeto que se observa y el fondo sobre el cual se destaca, impidiendo así la correcta percepción, se habla de luminancia velante equivalente.

La luminancia velante equivalente se puede producir aún en ausencia de deslumbramiento, por incremento de la luminancia de uno de los dos elementos. En este caso, el fenómeno se define como reflejos velantes, o sea una reflexión especular que se produce sobre el objeto que se observa, impidiendo, parcial o totalmente, la percepción de sus detalles debido a la reducción del contraste.

En el proyecto de las instalaciones de iluminación para interiores, en general, nos ocupamos del deslumbramiento psicológico ya que las luminancias en juego no alcanzan valores elevados, que en cambio sí se pueden encontrar en las instalaciones para iluminación de exteriores, de carreteras y de monumentos.

En la iluminación de interiores, para la valoración de los efectos deslumbrantes se utilizan las curvas límite de luminancia, que son limitadas ya que no se puede hacer intervenir en el cálculo, ni la real posición planimétrica del observador, ni el efecto de campo producido por todos los aparatos instalados.

En la publicación n.55 de 1983 CIE propuso otro método de valoración utilizando el índice de deslumbramiento (CIE Glare Index).

Las dificultades prácticas derivadas de la determinación de dicho valor ha llevado a CIE a definir un nuevo índice: el Unified Glare Rating (UGR) presentado en 1995 en la recomendación n.117.

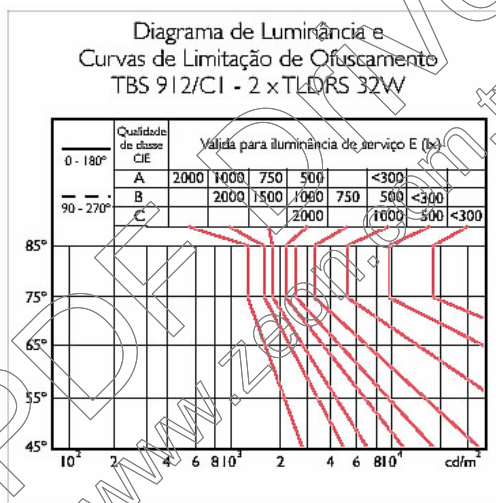
El análisis del procedimiento de determinación del UGR nos permite individualizar los elementos que en un proyecto de iluminación influyen sobre la producción de fenómenos de deslumbramiento psicológico:

- La luminancia del fondo;
- La luminancia de las partes luminosas del aparato en la dirección de los ojos del observador;
- El área de dicha parte luminosa siempre en la dirección de los ojos del observador.

La luminancia de los aparatos se determina a partir de las características de distribución de la intensidad luminosa (normalmente representada por un diagrama polar) y del área luminosa tal como aparece desde la posición de observación.

En el caso de aparatos con lámparas a la vista o con reflectores de reflexión especular que reflejan la imagen de las fuentes, es difícil determinar la luminancia, por lo tanto se hace referencia a valores de luminancia correspondientes a 1000 lm de distintos tipos de fuente luminosa.

La posición del observador se determina tanto a partir de la distancia longitudinal entre el ojo y el plano transversal del aparato como a partir de la distancia transversal entre el ojo y el plano longitudinal del aparato, dichos valores, mediante una relación puesta a punto por Lukiesh y Guth, permiten el cálculo del índice de posición.



(Fig. 3.7) Diagrama de luminancias y curvas de limitación de deslumbramiento según Philips

En síntesis, podemos decir que el deslumbramiento de una instalación puede depender de:

1. Luminancia de los aparatos
2. Disposición de los aparatos en el ambiente
3. Características del ambiente
4. Condiciones de la observación.

Soluciones para evitar los deslumbramientos

El deslumbramiento se puede producir cuando existen fuentes de luz cuya luminancia es excesiva en relación con la luminancia general existente en el interior del local (deslumbramiento directo), o bien, cuando las fuentes de luz se reflejan sobre superficies pulidas (deslumbramiento por reflejos).

Las situaciones de deslumbramiento en los lugares de trabajo pueden perturbar la visión y dar lugar a errores y accidentes.

Para evitar el deslumbramiento perturbador, los puestos y áreas de trabajo se deben diseñar de manera que no existan fuentes luminosas o ventanas situadas frente a los ojos del trabajador. Esto se puede lograr orientando adecuadamente los puestos o bien apantallando las fuentes de luz brillantes.

Para evitar el deslumbramiento molesto es necesario controlar todas las fuentes luminosas existentes dentro del campo visual. Esto conlleva la utilización de persianas o cortinas en las ventanas, así como el empleo de luminarias con difusores o pantallas que impidan la visión del cuerpo brillante de las lámparas.

El apantallamiento debería efectuarse en todas aquellas lámparas que puedan ser vistas, desde cualquier zona de trabajo, bajo un ángulo menor de 45° respecto a la línea de visión horizontal.

g) Control de los reflejos

En lo que concierne al control del deslumbramiento provocado por los reflejos, se pueden utilizar los siguientes procedimientos:

- Emplear acabados de aspecto mate en las superficies de trabajo y del entorno.
- Situar las luminarias respecto al puesto de trabajo de manera que la luz llegue al trabajador lateralmente. En general, es recomendable que la iluminación le llegue al trabajador por ambos lados con el fin de evitar también las sombras molestas cuando se trabaja con ambas manos.
- Emplear luminarias con difusores, así como techos y paredes de tonos claros, especialmente cuando la tarea requiera la visualización de objetos pulidos.

h) Direccionalidad de la luz

Para percibir la forma, el relieve y la textura de los objetos es importante que exista un equilibrio de luz difusa y direccional. Una iluminación demasiado difusa reduce los contrastes de luces y sombras, empeorando la percepción de los objetos en sus tres dimensiones, mientras que la iluminación excesivamente direccional produce sombras duras que dificultan la percepción.

- Algunos efectos de la luz dirigida también pueden facilitar la percepción de los detalles de una tarea; por ejemplo, una luz dirigida sobre una superficie bajo un ángulo adecuado puede poner de manifiesto su textura. Esto puede ser importante en algunas tareas de control visual de defectos.

i) Parpadeos y efectos estroboscópicos

El flujo de luz emitido por todas las lámparas alimentadas con corriente alterna presenta una fluctuación periódica; esta fluctuación es más acusada en las lámparas fluorescentes y de descarga que en las lámparas incandescentes, debido a la inercia térmica que presenta el filamento de estas últimas.

El flujo de luz de todas las lámparas alimentadas con corriente alterna de 50 Hz. presenta una fluctuación de 100 Hz; esta fluctuación es demasiado rápida para ser detectada por el ojo y rara vez se perciben parpadeos por esta causa. No obstante, en las lámparas fluorescentes deterioradas se pueden producir parpadeos muy acusados, lo que exigiría su rápida sustitución.

- Por lo que se refiere a los efectos estroboscópicos, producidos por la luz fluctuante, se pueden manifestar principalmente en las máquinas giratorias, cuando su velocidad se sincroniza con la frecuencia de la fluctuación del flujo lumínico. Este efecto puede resultar molesto cuando aparece en tareas que requieren una atención sostenida y también puede ser peligroso cuando da lugar a la impresión de que las partes rotativas de una máquina giran a poca velocidad, están paradas o giran en sentido contrario.
- Estos efectos pueden ser eliminados iluminando los órganos giratorios de las máquinas mediante un sistema auxiliar que utilice lámparas incandescentes.
- También pueden ser aminorados repartiendo la conexión de las lámparas fluorescentes de cada luminaria a las tres fases de la red, pero actualmente la solución más eficaz consiste en alimentar dichas lámparas con balastos electrónicos de alta frecuencia.

La iluminación de emergencia, de evacuación y de seguridad debe estar disponible en todos los lugares de trabajo en los que un fallo del sistema de iluminación normal pueda suponer riesgos importantes para la seguridad de los trabajadores que se encuentren realizando su actividad. Esto puede incluir el contacto con máquinas peligrosas, la pérdida de control de procesos críticos, la caída desde lugares elevados, el tropiezo con obstáculos, etc.

También es preciso disponer de un sistema de iluminación que permita la evacuación del personal en caso de incendio u otra emergencia.

Estos tipos de iluminación deberían estar alimentados por una fuente de energía independiente de la que proporciona la iluminación normal. El sistema debería entrar en funcionamiento de forma automática e inmediatamente después de producirse el fallo en el sistema de iluminación habitual.

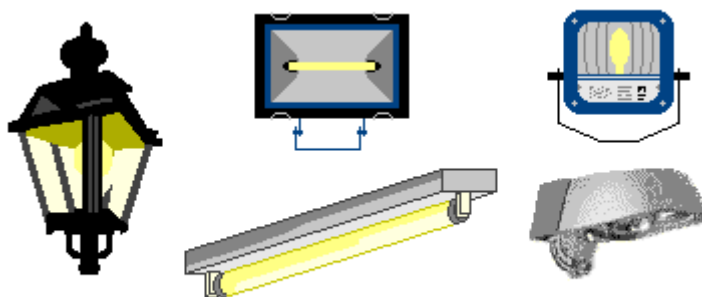
El nivel de iluminación y el tiempo durante el cual debe mantenerse operativo el mencionado sistema deben ser suficientes para permitir la adopción de todas las acciones necesarias para proteger la salud y seguridad de los trabajadores y de otras personas afectadas.

3.6 LUMINARIAS

3.6.1 Definición de luminaria

Luminaria es el aparato que sirve para distribuir, filtrar o transformar la luz por una o varias lámparas y que contiene todos los accesorios necesarios para fijarla, protegerlas y conectarlas al circuito de alimentación.

3.6.2 Clasificación de luminarias



(Fig. 3.8) Ejemplos de luminarias

Las luminarias son aparatos que sirven de soporte y conexión a la red eléctrica a las lámparas. Como esto no basta para que cumplan eficientemente su función, es necesario que cumplan una serie de características ópticas, mecánicas y eléctricas entre otras.

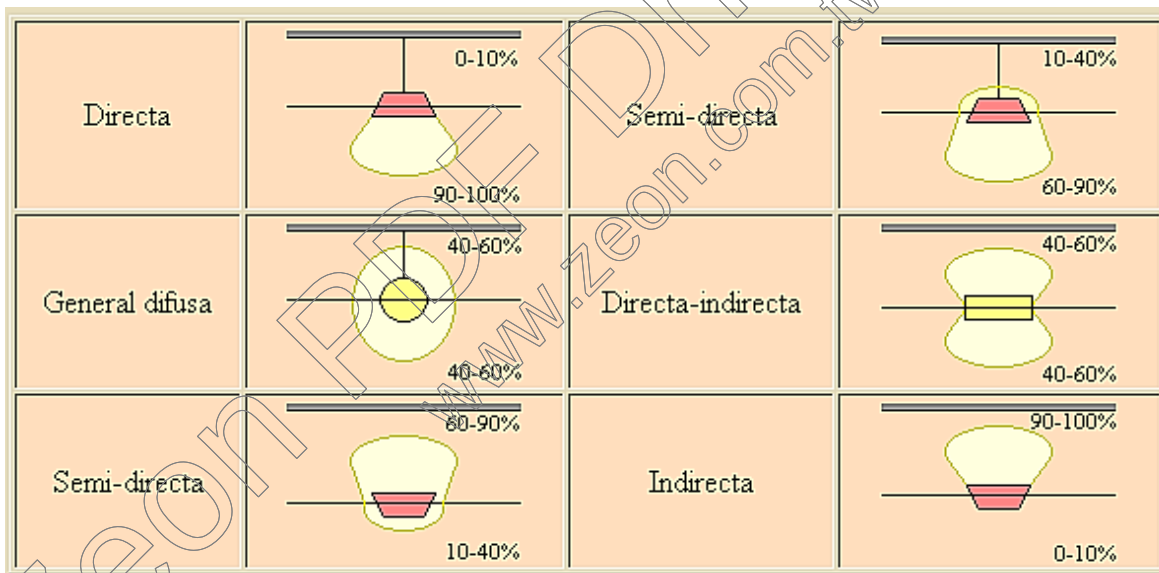
A nivel de óptica, la luminaria es responsable del control y la distribución de la luz emitida por la lámpara. Es importante, pues, que en el diseño de su sistema óptico se cuide la forma y distribución de la luz, el rendimiento del conjunto lámpara-luminaria y el deslumbramiento que pueda provocar en los usuarios. Otros requisitos que debe cumplir las luminarias es que sean de fácil instalación y mantenimiento. Para ello, los materiales empleados en su construcción han de ser los adecuados para resistir el ambiente en que deba trabajar la luminaria y mantener la temperatura de la lámpara dentro de los límites de funcionamiento. Todo esto sin perder de vista aspectos no menos importantes como la economía o la estética.

Las luminarias pueden clasificarse de muchas maneras aunque lo más común es utilizar criterios ópticos, mecánicos o eléctricos.

3.6.3 Clasificación de las luminarias según las características ópticas

a) Clasificación de las luminarias según la distribución de flujo

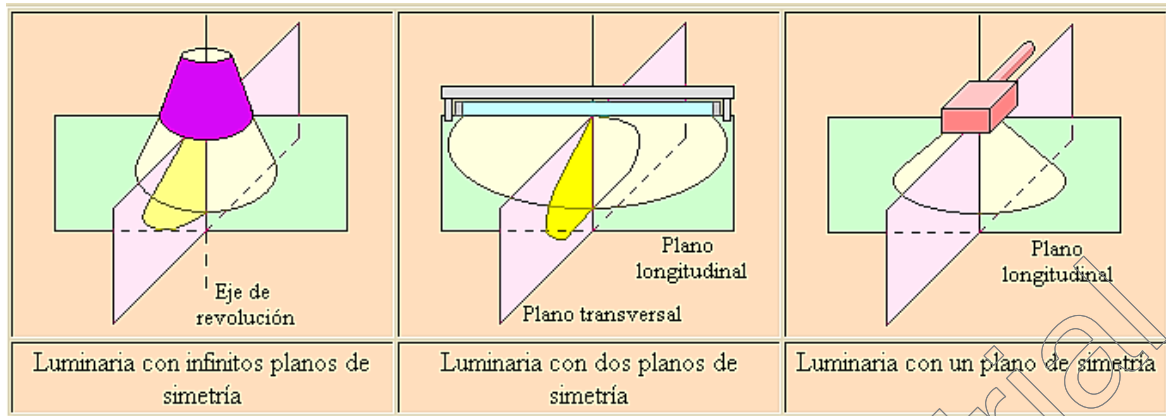
Una primera manera de clasificar las luminarias es según el porcentaje del flujo luminoso emitido por encima y por debajo del plano horizontal que atraviesa la lámpara. Es decir, dependiendo de la cantidad de luz que ilumine hacia el techo o al suelo. Según esta clasificación se distinguen seis clases.



(Fig. 3.9) Clasificación respecto de los ángulos

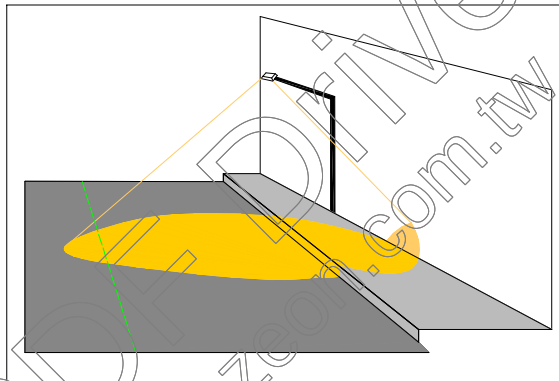
b) Clasificación en función de la simetría

Otra clasificación posible es atendiendo al número de planos de simetría que tenga el sólido fotómetro. Así, podemos tener luminarias con simetría de revolución que tienen infinitos planos de simetría y por tanto nos basta con uno de ellos para conocer lo que pasa en el resto de planos (por ejemplo un proyector o una lámpara tipo globo), con dos planos de simetría (transversal y longitudinal) como los fluorescentes y con un plano de simetría (el longitudinal) como ocurre en las luminarias de alumbrado viario.



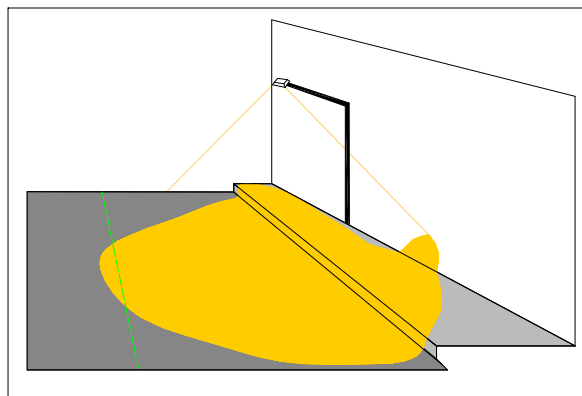
(Fig. 3.10) Clasificación respecto a la simetría de la luminaria

Las luminarias simétricas emiten la luz de tal manera que su sólido fotométrico es una superficie de revolución, por lo tanto será suficiente disponer de la información fotométrica correspondiente a un solo plano vertical que contenga al eje de revolución.



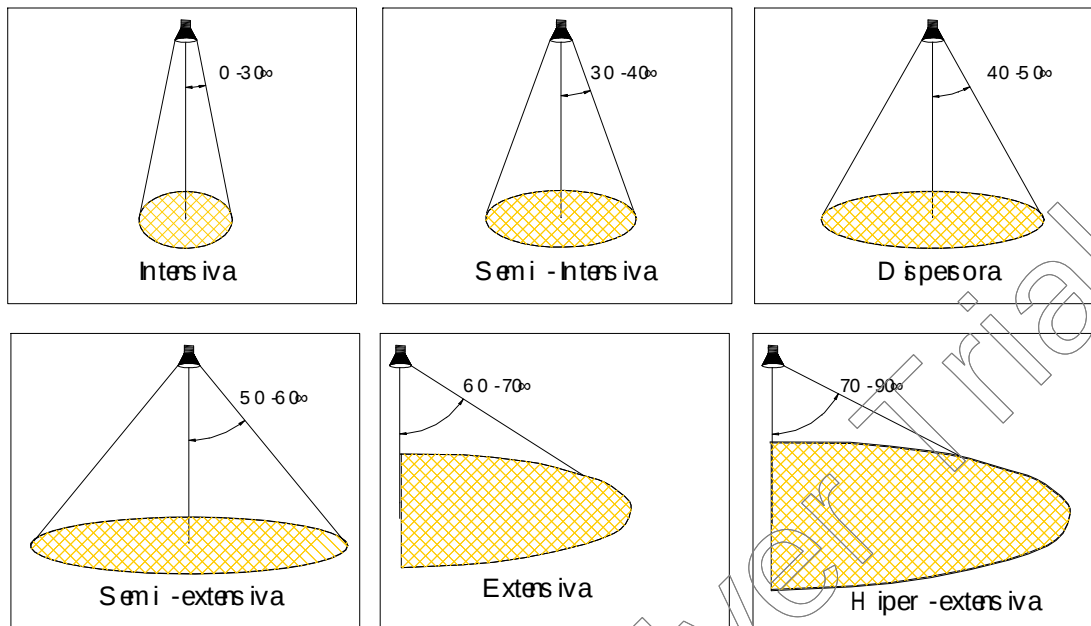
(Fig. 3.11) Luminaria Simétrica

Las luminarias asimétricas envían mayor cantidad de luz en unas direcciones que en otras, por lo que es necesario contar con la información correspondiente a varios planos verticales. Usualmente, en la documentación comercial de las luminarias de este tipo, se dispone de dos o más gráficos que corresponden a las respectivas secciones de la superficie fotométrica con los planos verticales normales y longitudinales.



(Fig. 3.12) Luminaria asimétrica

c) Clasificación de las luminarias directas en función de la apertura del haz



(Fig. 3.13) Clasificación de las luminarias en función de la apertura del haz

d) Clasificación de las luminarias para alumbrado público

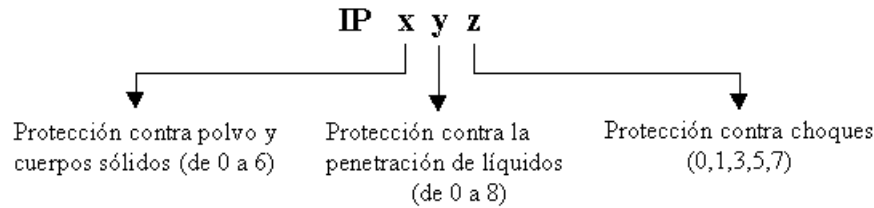
En alumbrado público existe una característica muy importante a la hora de diseñar el tipo de iluminación requerido y de elegir el material de alumbrado necesario, y es la comodidad visual de los conductores y la limitación del deslumbramiento, para ello es necesario que las luminarias tengan limitado su flujo en un determinado ángulo respecto a la horizontal, puesto que, en caso contrario la cantidad de luz emitida en direcciones perjudiciales para la correcta visión podría resultar indeseable. Según esta introducción la clasificación más extendida para las luminarias de alumbrado público es la proporcionada por la CIE (Comisión Internacional de Iluminación) que se cita a continuación:

- Las luminarias CUT – OFF de haz cortado: la intensidad emitida en la dirección horizontal debe ser inferior al 5 % de la máxima y la intensidad a 80° no debe superar las 30 (cd/100 lm), con esto se consigue limitar al máximo la posibilidad de deslumbramiento, por lo que es el tipo más usado en alumbrado público.
- Luminarias SEMI CUT – OFF o de haz semicortado, en las que la intensidad luminosa en la horizontal no debe exceder el 3 % del máximo, y para 80° respecto a la vertical debe ser inferior a 100 (cd/100 lm).
- Luminarias NON CUT – OFF. En este tipo se permite que la intensidad luminosa por encima de los 80° respecto a la vertical, no sea reducida, por lo que la intensidad en la dirección horizontal puede tomar valores superiores a los indicados para los tipos anteriores.

3.6.4 Clasificación según las características mecánicas de la luminaria

Según la norma, el grado de protección eléctrica de las luminarias debe ir visible en la placa de características eléctricas de aparato o bien especificarse claramente en la documentación,

esquemas o catálogos del fabricante. Dicho grado de protección se denota por las siglas IP seguidas de tres cifras características o, en su defecto, por un dibujo simbólico.



(Fig. 3.14) Nomenclatura IP para los grados de protección

- a) La primera cifra característica indica el grado de protección de las personas contra contactos con las partes bajo tensión y el grado de protección del material contra penetración de cuerpos sólidos extraños y de polvo. Lógicamente, si la envolvente del material eléctrico está protegida contra la penetración de cuerpos sólidos extraños, implícitamente se recoge también el grado de protección de las personas. En la tabla aparece el significado de estas cifras.

PRIMERA CIFRA CARACTERÍSTICA	GRADO DE PROTECCIÓN	
	DEFINICIÓN ABREVIADA	DEFINICIÓN
0	Ninguna protección	Ninguna protección de las personas contra contactos accidentales o involuntarios con las partes bajo tensión. Ninguna protección del material contra la penetración de cuerpos sólidos extraños.
1	Protección contra los cuerpos sólidos, cuya medida mayor sea superior a 50 (mm.)	Protección contra los contactos accidentales o involuntarios de una gran superficie del cuerpo humano, por ejemplo la mano, con las partes bajo tensión, pero contra la accesibilidad voluntaria a dichas partes o piezas. Protección contra la penetración de cuerpos sólidos extraños de dimensiones medianas.
2	Protección contra los cuerpos sólidos, cuya medida mayor sea superior a 12 (mm.)	Protección contra los contactos de los dedos con las partes bajo tensión. Protección contra la penetración de cuerpos sólidos extraños de dimensiones medianas.
3	Protección contra los cuerpos sólidos, cuya medida mayor sea superior a 2,5 (mm.)	Protección contra los contactos de herramientas, hilos u objetos análogos, de espesor superior a 2,5 mm. con las partes bajo tensión. Protección contra la penetración de cuerpos sólidos extraños de dimensiones pequeñas.
4	Protección contra los cuerpos sólidos, cuya medida mayor sea superior a 1 (mm.)	Protección total contra los contactos de herramientas, hilos u objetos análogos, de espesor superior a 1 mm. con las partes bajo tensión. Protección contra la penetración de cuerpos sólidos extraños de dimensiones pequeñas.
5	Protección contra el polvo	Protección total contra los contactos en las partes bajo tensión. Protección contra los depósitos perjudiciales de polvo. No se impide totalmente la penetración de polvo, pero sin embargo este no debe poder penetrar en cantidad suficiente como para impedir el buen funcionamiento del material.
6	Protección total contra el polvo.	Protección total contra los contactos con las partes bajo tensión. Protección total contra la penetración de polvo.

(Tab. 3.9) Primera cifra característica de los grados de protección IP

- b) La segunda cifra característica indica el grado de protección contra la penetración de líquidos según se muestra en la tabla siguiente.

SEGUNDA CIFRA CARACTERÍSTICA	GRADO DE PROTECCIÓN	
	DEFINICIÓN ABREVIADA	DEFINICIÓN
0	Ninguna protección	Ninguna protección especial
1	Protección contra la caída vertical de gotas de agua.	Las gotas de agua de condensación que caigan verticalmente no deberán producir efectos perjudiciales
2	Protección contra la caída de gotas de agua desviadas hasta 15° respecto de la vertical.	Las gotas de agua que caigan formando con la vertical un ángulo inferior o igual a 15°, no deberán producir efectos perjudiciales
3	Protección contra la lluvia.	El agua en forma de lluvia que caiga formando con la vertical un ángulo inferior o igual a 60°, no deberá producir efectos perjudiciales.
4	Protección contra las proyecciones de agua.	El agua proyectada desde cualquier dirección, no deberá producir efectos perjudiciales.
5	Protección contra los chorros de agua.	El agua lanzada por una boquilla desde cualquier dirección, no deberá producir efectos perjudiciales.
6	Protección contra los embates del mar y las proyecciones análogas.	En mar gruesa, el agua no deberá penetrar en cantidad perjudicial.
7	Protección contra los efectos de la inmersión.	Si se sumerge la envolvente en agua bajo una presión y durante un tiempo determinados, no deberá penetrar agua en su interior en cantidad perjudicial.
8	Material sumergible	Si se sumerge la envolvente en agua bajo presión determinada y durante un tiempo indefinido, no deberá penetrar agua en su interior.

(Tab. 3.10) Segunda cifra característica de los grados de protección IP

- c) La tercera cifra expresa la resistencia de la envolvente frente a posibles daños mecánicos y toma valores de 0,1,3,5,7 y 9. Para determinar estos valores se golpea la pieza lanzando un martillo normalizado desde alturas crecientes, de tal manera que no deben aparecer deformaciones que perjudiquen el buen funcionamiento ni permitir la entrada de aire o polvo.

TERCERA CIFRA SIGNIFICATIVA	GRADO DE PROTECCIÓN	
	DEFINICIÓN	
0	Ninguna protección	
1	Resistencia al choque de 0,15 kg. Caídos desde 0,15 m (0,225 J de energía de choque)	
3	Resistencia al choque de 0,25 kg. Caídos desde 0,2 m (0,5 J de energía de choque)	
5	Resistencia al choque de 0,5 kg. Caídos desde 0,4 m (2 J de energía de choque)	
7	Resistencia al choque de 1,5 kg. Caídos desde 0,4 m (6 J de energía de choque)	
9	Resistencia al choque de 5 kg. Caídos desde 0,4 m (20 J de energía de choque)	

(Tab. 3.11) tercera cifra característica de los grados de protección IP

3.6.5 Clasificación según las características eléctricas de la lámpara

Según el grado de protección eléctrica que ofrezcan las luminarias se dividen en cuatro clases (0, I, II, III).

CLASE	PROTECCION ELECTRICA
0	Aislamiento normal sin toma de tierra
I	Aislamiento normal y toma de tierra
II	Doble aislamiento sin toma de tierra
III	Luminarias para conectar a circuitos de muy baja tensión, sin otros circuitos internos o externos que operen a otras tensiones distintas a la mencionada.

(Tab. 3.12) Clasificación según las características eléctricas de la lámpara

3.6.6 Otras clasificaciones

Otras clasificaciones posibles son según la aplicación a la que esté destinada la luminaria (alumbrado viario, alumbrado peatonal, proyección, industrial, comercial, oficinas, doméstico...) o según el tipo de lámparas empleado (para lámparas incandescentes o fluorescentes).

a) Clases Fotométricas

Clasificación francesa (Norma C-71, 120), define diez clases de luminarias (a, b c,J) que aproximadamente van desde intensivas a extensivas. La clase Tungsteno se utiliza para luminarias con componentes de emisión de tipo indirecto

b) Sistema British Zonal (BZ)

Clasificación británica (British IES), define 10 clases de luminarias (BZ1, BZ2,...BZ10), en función de unas ecuaciones de curvas fotométricas tipo, hipotéticas.

3.7 RENDIMIENTO DE LA LUMINARIA

Otra característica óptica importante de las luminarias es su capacidad para emitir el flujo luminoso generado por las lámparas. Debido a que el flujo emitido por las lámparas es redistribuido en el interior de la luminaria para generar la distribución espacial deseada, se produce una pérdida de emisión luminosa que es intrínseca a la propia luminaria. Así, a la razón entre el flujo luminoso emitido por la lámpara y el flujo realmente disponible en la luminaria, se le denomina rendimiento de la luminaria y toma valores que oscilan entorno al 75 – 80 %.

3.8 COMPONENTES DE LAS LUMINARIAS

Los elementos constitutivos de las luminarias son: cuerpo, bloque óptico incandescente alojamiento para los elementos auxiliares, además de las juntas de hermeticidad, filtros, etc.

En el cuerpo se alojan el resto de los elementos, por lo que debe cumplir con una serie de requerimientos mínimos tales como resistencia mecánica y a los agentes atmosféricos, poco peso y buena estética. Los materiales más usuales son el plástico, la aleación de aluminio y la inyección de aluminio.

El bloque óptico estará constituido por un reflector, generalmente de aluminio pulido y abrigado y un refractor de vidrio, existiendo gran diversidad en sus formas en función de la óptica deseada.

El alojamiento de los equipos auxiliares debe tener resistencia mecánica suficiente para soportar el peso de los mismos y buena capacidad de refrigeración para disipar el calor que generan los elementos eléctricos. Asimismo debe ser fácilmente accesible para facilitar las operaciones de reparación y mantenimiento.

3.9 TIPOS DE LUMINARIAS

3.9.1 Luminarias para lámparas incandescentes

Son luminarias diseñadas en su mayoría para alumbrado interior, fundamentalmente en los sectores doméstico y comercial. En las de alumbrado doméstico, las consideraciones de tipo estético priman puramente luminotécnicas, en tanto que en el alumbrado comercial se tiende a un compromiso entre ambos factores, prevaleciendo uno u otro según la aplicación concreta de que se trate.

Por el carácter de baja eficacia luminosa de las lámparas incandescentes (incluso en su variante halógena), las luminarias utilizadas en las aplicaciones generales de interior, tratan de dirigir el flujo luminoso hacia direcciones determinadas, mediante sistemas de proyección, superficiales o empotrados y, a menudo, orientables.

Un aspecto importante de este tipo de luminarias es el control del deslumbramiento, dadas las luminancias elevadas motivadas por la reducida superficie del elemento emisor (filamento o filamento y óptica). En general se busca el apantallamiento de la lámpara para los ángulos normales de visión.

3.9.2 Luminarias para lámparas fluorescentes

Son las más utilizadas en aplicaciones comerciales de alumbrado interior (oficinas, tiendas, almacenes, etc.), e incluso en el sector industrial cuando la altura de montaje es inferior a 5 – 6 metros.

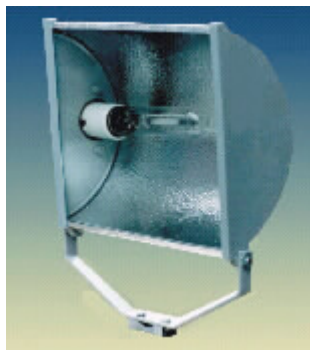
La gama de luminarias fluorescentes es la más extensa, desde la forma más simple, una regleta que soporta una lámpara desnuda, hasta las luminarias más elaboradas que incorporan sistemas de reflexión, direccionamiento y apantallamiento de la luz emitida por la lámpara.

Los tipos de montaje más comunes son superficial y empotrado. En cuanto al número de lámparas que pueden admitir, pueden encontrarse, generalmente, luminarias capaces de albergar desde 1 hasta 4 tubos, con variantes para las tres potencias básicas (18, 36, y 58 (W)).

Los sistemas de direccionamiento y control del flujo luminoso, se basan en la utilización de diferentes superficies ópticas:

a) Reflectores

Superficies de tipo especular que reflejan la luz emitida por la lámpara, aumentando su intensidad luminosa, en determinadas direcciones. En general, van acompañados de sistemas de apantallamiento.



Los materiales utilizados en las luminarias de tipo fluorescente son:

- *Acero esmaltado*: de buena reflectancia (70 %) y precio reducido; presenta los inconvenientes de su capacidad de adherencia de polvo, baja resistencia al ultravioleta y peso elevado.



- *Aluminio anodizado*: de alta reflectancia (75 – 85 %), escasa adherencia al polvo, estable al ultravioleta, gran ligereza y precio elevado.



- *Vidrio azogado*: poco utilizado, a pesar de su gran reflectancia e inalterabilidad, por su alto precio, peso elevado y gran fragilidad.

b) Refractores

En ocasiones llamados también *difusores prismáticos*, refractan la luz procedente de las lámparas y reflectores, en direcciones privilegiadas de forma que establecen un control de las intensidades luminosas y, prácticamente, del deslumbramiento.

En las luminarias de tubos fluorescentes se emplean, mayoritariamente, los materiales plásticos, entre ellos:

- *Metacrilato*: prácticamente inalterable a la radiación ultravioleta y buena resistencia mecánica; alta adherencia al polvo y precio moderado.
- *Polycarbonato*: ofrece la ventaja de su alta resistencia mecánica, pero su precio es sensiblemente mas alto que el anterior.



c) Difusores

Elementos que recogen la luz de las lámparas y la reflejada, y la difunden prácticamente en todas direcciones.

Son de materiales plásticos opalizados que contribuyen a disminuir la luminancia de la luminaria, entre ellos destacan:

- *Poliestireno*: Se degrada sensible y rápidamente por efecto de la radiación ultravioleta, presenta gran capacidad de adherencia al polvo y su precio es reducido.
- *Metacrilato*: Mencionado en el apartado anterior.

El apantallamiento de las luminarias se asegura de un modo mucho más eficaz que con los refractores y difusores, mediante la utilización de los siguientes sistemas:

Rejillas cuadradas

Formando una retícula cuadrada, como elemento de cierre de la luminaria, asegura el apantallamiento en dos direcciones (longitudinal y transversal). Existen diversas dimensiones de retícula, siendo comunes las de 15 x 15 mm. y 30 x 30 mm. Lógicamente a medida que disminuye la dimensión de la retícula, el rendimiento de la luminaria se hace más pequeño.



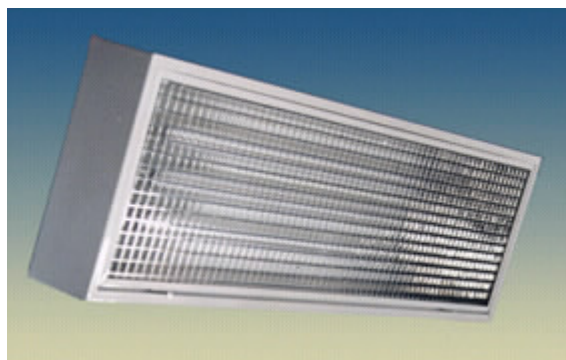
Los materiales utilizados suelen ser plásticos (poliestireno) y acero esmaltado

Rejillas de lamas transversales

Proporcionan apantallamiento únicamente en dirección longitudinal. Las lamas pueden ser planas o en forma de V, siendo su interdistancia variable según los tipos (normalmente superior a 30 mm.), y están fabricadas en acero esmaltado o aluminio anodizado.



En la iluminación de oficinas con pantallas de terminales de ordenador se esta generalizando la utilización de luminarias de baja o muy baja luminancia, que eliminan la intensidad luminosa por encima de los 45° respecto al eje de la luminaria, reduciendo los reflejos sobre las pantallas y la luminancia general de adaptación.



Los rendimientos aproximados de los diferentes tipos de luminarias para lámparas fluorescentes se indican en la siguiente tabla:

TIPO DE LUMINARIA	RENDIMIENTO TOTAL (%)	RENDIMIENTO INFERIOR (%)
Regleta sencilla	95	60
Regleta con reflector	80	80
Regleta con reflector y rejilla de retícula	65	65
Regleta con rejilla y componente indirecto	80	45
Regleta con cubeta de plástico opal	70	45
Luminaria con reflector y cubeta prismática	65	65
Luminaria con reflector y lamas con puente en V	65	65
Luminaria con reflector y rejilla de retícula fina	55	55
Luminaria con reflector de espejo y lamas	70	70
Luminaria de bajo brillo con reflectores parabólicos y rejilla de lamas	60	60

(Tab. 3.13) Rendimientos aproximados de luminarias con lámparas fluorescentes

Guía de selección de luminarias con difusores del fabricante Philips

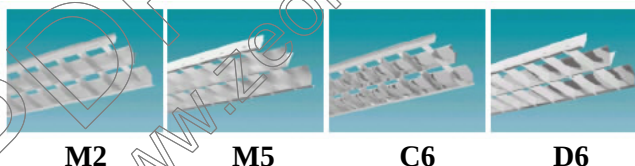
- M2** Reflectores parabólicos continuos en aluminio anodizado acetinado con aletas planas frisadas en chapa de aluminio en color natural. Este sistema esta se caracteriza por el confort visual proporcionado por la aletas frisadas y los reflectores acetinados. Es ideal para áreas de mediana demanda visual y donde el uso de computadores es frecuente.

- M5** Reflectores parabólicos continuos en aluminio anodizado acetinado y aletas parabólicas en aluminio anodizado acetinado. Este sistema se caracteriza por el altísimo confort visual. Es ideal para áreas de alta demanda visual y donde el uso de computadores es bastante frecuente. Además de eso, los reflectores y aletas acetinados tienen la ventaja de dificultar la visualización de polvo o partículas.
- C6** Reflectores parabólicos continuos en aluminio anodizado, pulido y brillante; con aletas parabólicas en aluminio anodizado, pulido y brillante. Este sistema se caracteriza por el alto confort visual.
Es ideal para áreas de alta demanda visual, tareas complejas o donde el uso de computadores es frecuente como un escritorio.
- D6** Reflectores parabólicos continuos en aluminio anodizado, pulido y brillante; aletas planas en chapa de aluminio pintada con pintura epoxi blanca. Este sistema se caracteriza por el alto rendimiento luminoso.
Es ideal para áreas de baja demanda visual, tareas simples o donde el uso de computadores no es frecuente.

El sistema de cielo y sus dimensiones normalmente determinan la luminaria que Ud. escogerá. Sin embargo, las combinaciones de las ópticas de estas deben cumplir los requerimientos de iluminación para cada área específica. Varias de las posibles ópticas deben ser seleccionadas cuidadosamente dependiendo de la importancia del área y sus dimensiones.

No obstante, también otros requerimientos tales como imagen y posición, influirán en la elección de la luminaria y de la óptica.

Esta guía de selección enumera los requerimientos de un número limitado de áreas. En el cuadro, Ud. encontrará las combinaciones de ópticas que cumplen con los requerimientos de iluminación de estas áreas.



REQUERIMIENTOS	M2	M5	C6	D6	REQUERIMIENTOS
Oficinas Ejecutivas Iluminación regulable, (control de luz remota). La uniformidad no es esencial, pero se recomienda la iluminación correcta en puntos específicos. “Diversas” iluminaciones que resulten atractivas, Deslumbramiento controlado. Buena distribución de la luminancia		●		●	Oficinas de Gerencia Iluminación uniforme regulable mediante control remoto. Buena distribución de la luminancia. Se aceptan deslumbramientos controlados. Algunos acentos de luz.
		●			
Salas de conferencia Áreas de multiuso con iluminación desde arriba, para presentaciones de diapositivas, videos y películas. Iluminación regulable (con control remoto). “Diversas” iluminaciones que resulten atractivas, (decorativas). Buena distribución de luminancias, deslumbramientos controlados		●		●	Salas de reuniones Salas de conferencias normales con prestaciones desde arriba. Iluminación regulable mediante control remoto. Deslumbramientos controlados. Buena distribución de la luminancia
	●	●			
Oficinas generales Uso ocasional de monitores de computación Iluminancia media Buena uniformidad Buena distribución de la luminancia Iluminación regulable por luz natural	●	●			Oficinas de Secretarías Diseño según oficina ejecutiva o gerencial. Iluminación media. Buena distribución de luminancia. Iluminación controlada por luz natural.
	●	●			

REQUERIMIENTOS	M2	M5	C6	D6	REQUERIMIENTOS
Oficinas de Diseño (Oficinas artísticas y Diseño en general) Gran iluminación. Ajustable mediante el uso de control remoto. Buena distribución de la luminancia, iluminación regulable por luz natural. Deslumbramientos controlados	●	●		●	Oficinas de dibujo Excelente iluminancia. Excelente uniformidad. Buena iluminancia vertical. Buena distribución de la luminancia. Deslumbramientos controlados. Luminarias altamente eficientes. Iluminación controlada por luz natural.
Oficinas CAD (Diseño computacional) Control extremo de los deslumbramientos Iluminación adaptable Distribución óptima de la luminancia			●	●	Oficinas Administrativas, de Adquisiciones, etc. Iluminancia media. Buena uniformidad. Gran control de los deslumbramientos. Buena distribución de la luminancia. Iluminación controlada por luz natural
Area de Conferencia de vídeo Gran iluminación horizontal y muy alta iluminación vertical. Iluminación adaptable. Buena uniformidad. Excelente distribución de la luminancia. Extremo control de los deslumbramientos (en la dirección de la cámara y también en dirección de los participantes)	●	●			Areas de Instrucción Iluminancia regulable. Buena uniformidad. Buena distribución de la luminancia. Deslumbramientos controlados
Areas de Servicios Públicos (Recepción, Mostrador, Lobby, Sala de Espera, etc.) Baja iluminancia Iluminancia aumentada mediante iluminación local. Buena distribución de la luminancia. Deslumbramientos controlados.	●	●			Pasillos, Escaleras Baja iluminancia. Buena uniformidad (a nivel de los ojos)
Areas de Investigación (Laboratorios eléctricos, mecánicos, con uso frecuente de PC). Gran iluminación, buena uniformidad. Alto control de los deslumbramientos. Buena distribución de la luminancia, iluminación regulable por luz natural.	●			●	Laboratorios Químicos Gran iluminancia. Excelente uniformidad. Buena iluminancia vertical. Buena distribución de luminancia. Iluminación controlada por luz natural.
Areas de Ensamblaje de Alta Tecnología Gran iluminación, excelente uniformidad. Buena distribución de la luminancia. Iluminación regulable por luz natural	●				

(Tab. 3.14) Guía de Selección de Luminarias con difusores Philips

3.9.3 Luminarias para lámparas de descarga de alta presión

Pueden dividirse en tres grupos:

a) Luminarias para grandes alturas



Son adecuadas para alturas superiores a los 6 metros. Dado que las dimensiones verticales de la luminaria no son críticas, se construye en dos piezas, una de ellas corresponde al sistema óptico (reflector, alojamiento de la lámpara y, eventualmente, cierre) y la otra, situada por encima

de la primera, dedicada al alojamiento del equipo auxiliar; esta disposición trata de facilitar el mantenimiento y desmontaje de la luminaria. Pueden diseñarse para operar en ambientes hasta 45 – 50 °C.

Existen dos versiones, una para lámparas elípticas y otra para lámparas reflectoras. Los rendimientos suelen estar entre el 80 y 95 %, con un 20 % o menos de luz hacia el hemisferio superior, y suele tener distribución simétrica.

La potencia de las lámparas utilizadas suele estar entre 250 y 1.000 (W).

b) Luminarias para alturas pequeñas (Extensivas)



Esta clase de aparatos son adecuados para alturas inferiores a 6 metros, y tienen distribuciones mucho más extensivas que las anteriores. Es normal poder espaciar estas unidades con una distancia de dos veces la altura de montaje. Se diseñan para que sean lo mas planas posibles, con la lámpara en posición horizontal y los equipos auxiliares situados lateralmente, en general separados del sistema óptico y con acceso independiente.

Los rendimientos suelen estar entre 75 y 85 %, emitiendo toda la luz hacia el hemisferio inferior, y la distribución luminosa suele ser asimétrica.

La potencia de las lámparas utilizadas suele estar entre 150 y 400 (W).

c) Luminarias direccionales (proyectores)

Destinados a la iluminación exterior de grandes espacios, o desde largas distancias y, en alumbrado interior, cuando no es factible realizar una distribución uniforme de las luminarias suspendidas por razones de seguridad o de obstrucciones en los haces de luz y se adopta una solución perimetral, disponiendo los proyectores en las paredes laterales.

En ocasiones, también se utilizan proyectores para suplementar el alumbrado de áreas destacables (alumbrado de acentuación), para compensar obstrucciones de luz o para incrementar la iluminancia vertical de determinadas superficies.

Los proyectores pueden ser de tipo parabólico, con distribución luminosa asimétrica, o rectangulares, con dos planos de simetría (longitudinal y transversal) o asimétricos.



Suelen ser equipos intensivos, cuyas curvas fotométricas se presentan en coordenadas rectangulares, puesto que su haz de proyección corresponde a un ángulo muy limitado y, en general, los valores concretos de intensidad luminosa se ofrecen en forma de tablas de doble entrada, a partir de los ángulos B y β , siendo $B = 0^\circ$ el plano longitudinal y $\beta = 0$ el transversal.

El ángulo de apertura del haz corresponde al definido por $I_m / 2$, siendo I_m la intensidad máxima en el eje del proyector. El ángulo definido por $I_m / 10$, corresponde al ángulo en el que se emite la practica totalidad del flujo luminoso.

La potencia de las lámparas utilizadas en los proyectores puede variar considerablemente entre 150 y 2.000 (W).

3.10 ASPECTOS IMPORTANTES PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACION EN GENERAL

3.10.1 Diseño del Sistema Optico

Debe tenerse en cuenta:

- La adecuación del tamaño de la óptica de la luminaria, el tamaño de la fuente de luz y su potencia para permitir un control riguroso del flujo luminoso y una correcta disipación de calor.
- La disminución de la energía reflejada sobre la propia lámpara, que elevaría su temperatura por encima de las condiciones normales de operación, acortando (en general) su vida.
- La selección de los elementos del sistema óptico de acuerdo con las emisiones no visibles de la fuente de luz utilizada; la radiación ultravioleta puede causar efectos de opacidad en algunos materiales plásticos (utilizados como cierre) y los infrarrojos problemas de dilatación térmica en materiales muy absorbentes.

3.10.2 Posición de funcionamiento de la lámpara

La posición de funcionamiento indicada por el fabricante de la luminaria, es un parámetro que debe respetarse para asegurar las prestaciones nominales de funcionamiento. Esta posición no es igual para todas las fuentes de luz, e incluso para un mismo tipo de lámpara distintos fabricantes ofrecen distintas posiciones de funcionamiento.

Por consiguiente, la colocación de la luminaria debe respetar en todo momento la posición normal de funcionamiento de la lámpara.

3.10.3 Rendimiento de la luminaria (r)

Se define como la relación entre el flujo luminoso saliente de la luminaria (F_s), y el flujo de la lámpara (F_L). Normalmente se expresa en tanto por ciento.

$$r = \frac{F_s}{F_L}$$

Algunos fabricantes ofrecen dos valores de rendimiento, inferior y superior, que corresponden a los obtenidos considerando los flujos emitidos por la luminaria por debajo y por encima, respectivamente, del plano horizontal que pasa por el eje de la fuente de luz.

Otros valores usuales en catálogos de luminarias de alumbrado interior, y que no dependen únicamente de la propia luminaria sino, además, de la geometría del local y la reflectancia de las superficies que lo delimitan son:

- **Utilancia (u):** relación entre el flujo luminoso que llega al plano de trabajo (F_T) que se desea iluminar, y el flujo luminoso saliente de la luminaria.

$$u = \frac{F_T}{F_s}$$

- **Coefficiente de utilización (C_U):** relación entre el flujo luminoso que llega al plano de trabajo y el flujo luminoso de la lámpara.

$$C_U = \frac{F_T}{F_L}$$

Evidentemente, el coeficiente de utilización es el producto de la utilancia por el rendimiento de la luminaria.

$$C_U = U \times r$$

3.10.4 Control del Deslumbramiento

Las lámparas y las luminarias pueden ser potenciales de deslumbramiento, tanto en aplicaciones de alumbrado interior como exterior.

Para evaluar el deslumbramiento producido por una luminaria determinada, existen numerosos sistemas adoptados por distintos países, entre los cuales destacan:

- Método VCP (Probabilidad de Confort Visual), Norteamericana.
- Sistema British IES de deslumbramiento, Gran Bretaña.
- Límites de luminancia, Australia.
- Curvas límite de luminancia, adoptado en diferentes países de Europa. Basado en este método, la CIE (Comisión Internacional de Iluminación), ha establecido un sistema simplificado, en forma de tablas de valores límite de luminancias, según distintos ángulos de visión en las direcciones de observación longitudinal y transversal de las luminarias.

3.10.5 Condiciones Térmicas y de Ventilación

Debe considerarse lo siguiente:

En *luminarias cerradas*, si la disipación térmica no es la adecuada puede producirse el calentamiento de la lámpara por encima de los valores normales de operación, lo que, por ejemplo, en el caso de fluorescentes supone la reducción de su flujo luminoso. Este efecto puede ser mas grave aun cuando la luminaria aloja mas de una lámpara.

En *luminarias abiertas*, el movimiento del aire alrededor de la lámpara y el sistema óptico, puede ocasionar disminución del flujo luminoso por acumulación de suciedad sobre las superficies.

Entre ambos casos se sitúan las *luminarias ventiladas*, en las que el paso del aire (a menudo filtrado para evitar la introducción de polvo) a través de las lámparas ejerce un efecto de limpieza y adecuación de la temperatura de trabajo de las mismas, logrando el mantenimiento del flujo luminoso.

Otras posibilidades de mejora, tanto de las prestaciones del sistema de iluminación como de las condiciones ambientales, se consiguen con la integración de las luminarias en los sistemas de climatización (luminarias aire – luz o agua – luz).

3.10.6 Condiciones Acústicas

Generalmente las condiciones acústicas se encuentran ligadas a las aplicaciones de alumbrado interior. La aparición de ruido atribuyente al sistema de iluminación puede tener dos orígenes:

- Generación de ruido en la propia luminaria, procedente del balasto asociado a las lámparas de descarga.
- Transmisión de ruidos a través de canalizaciones o falsos techos, hacia otro lugar distante del de generación.

En cualquiera de ambos casos, es la adecuada selección del equipo auxiliar, y su reemplazamiento en caso de defecto, el método de corrección de este problema.

3.10.7 Vibración

En locales en que se puedan transmitir vibraciones a través de elementos estructurales hacia los equipos de iluminación, pueden utilizarse elementos de amortiguación para el acoplamiento de las luminarias.

3.10.8 Mantenimiento

Previamente a la realización de una instalación deben considerarse los factores ambientales en los cuales va a trabajar la luminaria, para seleccionar los materiales apropiados (estabilidad, duración, etc.) a las condiciones del entorno.

Aun en los casos en el que el estudio haya sido riguroso en este aspecto, debe tenerse en cuenta que la luminaria va a requerir un mantenimiento para minimizar la depreciación del flujo luminoso durante el tiempo de operación. Además calidad del producto en cuanto a su bajo factor de depreciación (si ha sido correctamente seleccionado), otros aspectos tales como la facilidad de acceso a las lámparas, sistema óptico o equipos auxiliares revisten importancia en orden a disminuir los costos de mantenimiento.

3.11 ERRORES MAS COMUNES QUE HAY QUE EVITAR EN EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACION

- Apenas un punto de luz en el cuarto de dormir
- Ofuscamiento en el hall de entrada
- Sala de estar demasiada iluminada
- Focos dirigidos sobre los sofás
- Apenas un punto de luz sobre la mesa de estudio
- Poca luz y sombras en el espejo de baño
- Exceso de luz sobre la mesa del comedor
- Mala reproducción de color en la cocina

3.11.1 Apenas un punto de luz en el cuarto de dormir



El punto de luz en el centro del cuarto vá, invariablemente, a ofuscar a quien se acueste, además de proyectar la sombra de su propio cuerpo contra el armario y espejos.

Lo ideal es distribuir la iluminación por toda la habitación de acuerdo con su utilización y sus hábitos personales. Una luminaria de cabecera con luz suave para lectura o para no ser ofuscado al levantarse en medio de la noche. Otra luminaria dirigida hacia el espejo, una luminaria para dirigir la luz hacia abajo con pedestal o una columna para la iluminación general.

3.11.2 Ofuscamiento en el hall de entrada

Normalmente la intensidad de luz dentro de los elevadores y corredores de los edificios es baja, por lo tanto evite usar demasiada iluminación en el hall de entrada. Una luz general de baja intensidad y uno o dos puntos de luz para lámpara dicróica dirigidos hacia elementos de la decoración es más que suficiente, creando un clima agradable y acogedor.

3.11.3 Sala de estar demasiado iluminada

Esto ocurre cuando se abusa de las lámparas halógenas y dicróicas, que deben ser usadas para destaque. La mejor opción es trabajar con circuitos diferentes para encender la iluminación en varias etapas o la utilización de dimerizadores, posibilitando la regulación de la intensidad de luz.

3.11.4 Focos dirigidos sobre los sofás

Además de ofuscar sus invitados, los puntos de luz sobre la cabeza crean sombras incómodas en el rostro de las personas que están sentadas, además de crear un clima impersonal de vitrina.

Lo ideal para una sala de estar son lámparas de luz difusa en luminarias direccionadoras de luz hacia abajo o pedestales, pudiendo también utilizar luminarias de columna con lámparas halógenas dirigidas hacia el techo. En el caso de su sala, si el techo fuese bajo, utilice luminarias direccionables dirigidas hacia los cuadros u objetos de decoración.

3.11.5 Apenas un punto de luz sobre la masa de estudio

Generalmente se ilumina la mesa de trabajo y estudio con apenas un punto de luz sobre ella, lo cual es un error grave que perjudica la visión. Para estudiar cómodamente es interesante usar también una luz general, evitando la fatiga visual y tornando el trabajo más productivo. La lámpara indicada para el punto de luz sobre la mesa es una fluorescente compacta que no emite calor y tiene una luz uniforme y suave.

3.11.6 Poca luz y sombras en el espejo del baño



Muchas veces el baño es muy bien iluminado, pero se comete un error al iluminar el espejo. Para maquillarse por ejemplo, es necesario una luz frontal que no ofusque. Si la luz estuviera encima o abajo de la línea del rostro, provocará sombras. Lo ideal es colocar dos líneas de lámparas en las laterales del espejo, como en los camerinos.

3.11.7 Exceso de luz sobre la mesa del comedor

Lo ideal es mantener una distancia entre 60 y 80 cm entre la luminaria y la mesa, pues si ella estuviera muy baja, la luz queda excesiva y encima de esta distancia, ofusca a las personas que están allí. No se deben utilizar lámparas halógenas o incandescentes que proyecten una luz marcante y que irradian mucho calor.

3.11.8 Mala reproducción de color en la cocina



La cocina es donde preparamos las refacciones para la familia. Lámparas con baja reproducción de colores pueden confundir y esconder alimentos impropios para el consumo.

Use siempre lámparas con buena reproducción de colores. Utilice fluorescentes tubulares que dan garantía de colores reales.

CAPITULO 4

NIVELES DE ILUMINACION

4.1 INTRODUCCIÓN

El nivel de iluminación es solo una de las características de las instalaciones luminosas, sin embargo, es obvio que sin la exigencia básica de una iluminación adecuada, es decir, sin un nivel de iluminación suficiente, no se puede llevar a cabo ninguna tarea visual de un modo correcto, rápido, seguro y fácil. Los requisitos cuantitativos de una buena iluminación varían mucho con la naturaleza de la actividad, y son principalmente función de la dificultad de la tarea visual según el tamaño del detalle, brillo o contraste de color y velocidad exigidos. Otros factores tales como el tiempo en que el trabajo va a realizarse, las condiciones de los alrededores y el estado fisiológico de los ojos que han de hacer el trabajo tienen también importancia.

Se puede establecer tres niveles de iluminación diferentes según sea el tipo de local y la actividad que se realiza en él:

- Mínimo para zonas de circulación
- Mínimo para locales de trabajo
- Óptimo para locales de trabajo

Para los dos primeros niveles parece razonable escoger como criterio mínimo del nivel de iluminación la percepción visual del rostro humano, mientras que para el nivel óptimo en salas de trabajo tiene mayor importancia la luminancia de la tarea visual.

4.2 NIVEL DE ILUMINACIÓN MÍNIMO PARA ZONAS DE CIRCULACIÓN

Para poder como mínimo distinguir el aspecto de un rostro humano se necesita una luminancia horizontal aproximada de 1 cd/m^2 , lo que requiere una iluminación horizontal de unos 20 lux. Por esta razón se considera 20 lux como el valor mínimo de iluminación en todas las zonas donde circulan personas, o sea, zonas en las que no se realiza ningún trabajo.

4.3 NIVEL DE ILUMINACIÓN MÍNIMO PARA LOCALES DE TRABAJO

Para percibir el aspecto de un rostro humano de manera aceptable (es decir, que se puede reconocer satisfactoriamente sin esfuerzo de acomodación), se necesita una luminancia de $10\text{-}20 \text{ cd/m}^2$, además de una luminancia de fondo razonable. Esto significa que hace falta una iluminación vertical de 100 lux y una iluminación horizontal aun mayor.

Una iluminación horizontal de 200 lux se considera como el mínimo aceptable para locales donde la gente permanece durante mucho tiempo y para todas las salas de trabajo.

4.4 NIVEL DE ILUMINACIÓN ÓPTIMO PARA LOCALES DE TRABAJO

La luminancia óptima de la tarea visual está comprendida entre 100 cd/m^2 y 400 cd/m^2 . Las luminancias necesarias para obtener estos valores están comprendidas entre 1.500 lux (para reflectancias altas) y 2.000 lux (para reflectancias bajas).

4.5 ILUMINANCIAS RECOMENDADAS

Valores de luminancia recomendados y su correspondencia en niveles de iluminancia horizontal.

OBJETO DE VISUALIZACION	LUMINANCIA cd/m ²	ILUMINANCIA HORIZONTAL LUX
Rasgos del rostro humano apenas visibles	1	20
Rasgos del rostro humano visibles satisfactoriamente	10-20	200
Condiciones optimas de visibilidad en locales normales de trabajo	100-400	2000
Iluminancia de la tarea visual para superficies con reflectancias mayores de 0,15	1000	20000

Valores de luminancia para zonas y actividades que se realizan principalmente

Tipo	Iluminancia recomendada lux	Zonas o actividades
Alumbrado general en locales y zonas de uso poco frecuente o tareas visuales ocasionales y simples.	20	Iluminación mínima en servicios, en zonas exteriores de circulación
	30	Almacenes al exterior y playas de almacenamiento
	50	Pasillos exteriores, plataformas, aparcamientos cerrados.
	75	Diques, muelles
	100	Teatros, salas de concierto, dormitorios de hoteles, aseos y lavabos.
	150	Zonas de circulación en industrias; depósitos y almacenes.
Alumbrado general en locales de trabajo	200	Iluminancia mínima, en servicio, de la tarea visual.
	300	Trabajos medios manuales y a maquina. Trabajos normales en la industria química y la alimentación, lectura ocasional y archivo.
	500	Trabajos medios manuales y a maquina; montaje de automóviles; naves de imprentas; oficinas en general, almacenes y tiendas.
Alumbrado general en locales de trabajo	750	Salas de lectura, de pruebas, salas de dibujo y oficinas con maquinas de contabilidad.
	1000	Trabajos finos manuales y a maquina; montaje de maquinas para oficinas, trabajos con colores; salas donde se realicen dibujos muy artísticos.
	1500**	Trabajos muy finos manuales y a maquina, montaje de instrumentos y pequeños mecanismos de precisión, componentes electrónicos, calibración e inspección de piezas pequeñas y complicadas.
Alumbrado adicional localizado para tareas visuales exigentes	≥2000	Trabajos minuciosos y muy precisos, relojería y grabado; zona de operaciones en quirófano.

** Puede conseguirse con alumbrado localizado. Deben emplearse elementos ópticos.

4.6 VALORES DE SERVICIO DE ILUMINACIÓN RECOMENDADA PARA DIVERSAS CLASES DE TAREA VISUAL

CLASES DE TAREA VISUAL	ILUMINACIÓN SOBRE EL PLANO DE TRABAJO (Lux)	EJEMPLOS TÍPICOS DE TAREAS VISUALES
Visión ocasional solamente	20-30	Para permitir movimientos seguros por ejemplo: en circulaciones de poco tránsito; sala de materiales, estantes y armarios.
Tareas intermitentes ordinarias y fáciles, con contrastes fuertes	50-80	Trabajos toscos, intermitentes y mecánicos, inspección general y contado de partes de stock, colocación de maquinaria pesada
Tareas moderadamente críticas y prolongadas con detalles medianos	100-200	Trabajos medianos mecánicos y manuales, inspección y montaje. Trabajos comunes de oficina, tales como lectura, escritura, archivo.
Tareas severas y prolongadas y de poco contraste	200-400	Trabajos finos, mecánicos y manuales, montaje e inspección; pintura extrafina, sopleteado, costura de ropa oscura.
Tareas muy severas y prolongadas, con detalles minuciosos o de muy poco contraste	400-700	Montaje e inspección de mecanismos delicados, fabricación de herramientas y matrices; inspección con calibre, trabajo de molienda fina.
Tareas excepcionales difíciles e importantes	700-1000	Trabajo fino de relojería y reparación casos especiales, como por ejemplo: iluminación del campo operatorio en una sala de cirugía
Dentro de la zona de trabajo, la iluminación localizada deberá tener una uniformidad de al menos 0,8 entre su nivel mínimo y su nivel máximo. Cuando se usan combinadas, iluminación general y localizada, los valores para cada una de ellas serán los indicados en la siguiente tabla.		

4.7 RELACIÓN ENTRE ILUMINACIÓN GENERAL Y LOCALIZADA

Iluminación Localizada (lux)	Iluminación General (lux)
250	125
500	250
1.000	300
2.500	500
5.000	600
10.000	700

4.8 NIVELES DE ILUMINACIÓN REQUERIDOS POR DISTINTOS TIPOS DE AMBIENTES

TIPO DE EDIFICIO, LOCAL Y TAREA VISUAL	VALOR MÍNIMO DE SERVICIO DE ILUMINACIÓN (Lux)
Vivienda	
Baño:	
- Iluminación general	25
- Iluminación localizada sobre espejos	100*
Dormitorio:	
- Iluminación general	50
- Iluminación localizada: cama, espejo	100

Cocina:	
- Iluminación sobre la zona de trabajo: cocina, pileta, mesón	100
Estar:	50
- Iluminación general	100
- Iluminación localizada	150
- Lectura intermitente, escritura, costura	
Sala de espectáculos	
Hall	100
Circulaciones	150
Salas de teatro, concierto, etc.:	
a) Durante el entreacto	50
b) Antes y después de la función	150
c) Durante la función	Iluminación especial
Boletería	150
Sala de fiestas	
Iluminación general	150
Eventos especiales	300
* Iluminación sobre plano vertical	
Centros comerciales importantes	
Iluminación general	1.000*
Depósitos de mercaderías	20-80
Vidrieras:	
- Sobre calle comercial	2.000
- Sobre cale secundaria	1.500
Centros comerciales de mediana importancia	
Iluminación general	500
Vidrieras	1.000
Cafés – Restaurantes	
Cocina	
- Iluminación general	200**
Comedores de restaurantes, salones de té, salones de café	100**
Hoteles	
Baños:	
- Iluminación general	100
- Iluminación localizada	200
Habitaciones:	
- Iluminación general	100
- Iluminación localizada	150
Sala de espera y visitas:	
Circulaciones	
- Pasillos, palier y ascensores	100
- Hall de entrada	200
- Escaleras	100
* Se proveerá iluminación localizada suplementaria sobre determinadas zonas de exhibición	
** Las fuentes de luz a utilizar tendrán una buena reproducción del color	
Local para ropa blanca:	
- Iluminación general	200
Costura	200
Lavandería	100
Vestuarios	100
Sala de lectura y escritura	200
Sótano, bodega	70
Depósitos	100

TIPO DE EDIFICIO, LOCAL Y TAREA VISUAL	VALOR MÍNIMO DE SERVICIO DE ILUMINACIÓN (Lux)
Transporte	
Estacionamiento de ómnibus y ferroviaria, aeropuertos:	
- Circulaciones	100
- Recepción, aduana, inmigración	400
- Salas de espera	200
Zonas de boletería:	
- Iluminación localizada	400
Local de equipaje	200
Local de embarque	100
Andenes	100
Depósitos	100
Baños:	
- Iluminación general	200
Playa de estacionamiento exterior	20
Zona de carga	100
Hangares:	
- Iluminación general	200
Reparaciones	
- Iluminación general	1.000
Estación marítima	
Pasajeros	200
Cargas	100
Garajes y estaciones de servicio	
Iluminación general	100
Gomería	100
Estacionamiento	50
Fosas	250+
Salón de venta	400
Almacenaje	100
Accesos	150
Surtidores	200
Reparaciones	
- Iluminación general	200
- Iluminación localizada	400
Lavado	
- Iluminación general	200++
+ Iluminación localizada sobre el plano de trabajo (chasis del vehículo).	
++ Esta iluminación debe ser igual tanto en el plano horizontal como en el vertical	

TIPO DE EDIFICIO, LOCAL Y TAREA VISUAL	VALOR MÍNIMO DE SERVICIO DE ILUMINACIÓN (Lux)
Hospitales y clínicas	
Sala de anestesia	300
Autopsia y morgue	
- Deposito de la morgue	150
- Sala de autopsia	1.000
Museo histológico	500
Sala central de esterilización:	
- Iluminación general	250
- Mesa de trabajo	400
Local para inyecciones	400

Deposito	200
Despacho de elementos o artículos de esterilizaciones	200
Corredores de acceso a zonas de internación	
- Iluminación general durante la actividad diurna	100
- Iluminación general durante la actividad nocturna	
Zonas de quirófanos, recuperación, laboratorios y servicios	30
Sala de cistoscopia:	
- Iluminación general	300
- Mesa de cistoscopia	600
Servicio de ortodoncia:	2.000
Sala de operaciones	
- Iluminación general	400
- Iluminación de la cavidad bucal, localizada	2.000
- Laboratorio de prótesis	600
Sala de recuperación:	
- Iluminación general	50
- Iluminación localizada para observación	150
Servicio de Electromiografía:	
- Iluminación general	200
- Iluminación localizada para la inserción de agujas de electrodos	700
Servicios de encefalogramas:	
- Oficinas	400
Locales de trabajo	
- Iluminación general	400
- Iluminación localizada	700
Almacenaje, archivo y registros gráficos	400
Sala de primeros auxilios	
- Iluminación general	500
- Iluminación localizada	1.500
Consultorios externos:	
- Iluminación general	400
- Iluminación localizada	700*
Servicio de otorrinolaringología:	
Consultoría	
- Iluminación general	400
- Iluminación localizada	Propia del instrumental
Servicio de oftalmología:	
- Consultorio, sector de examinacion	300
- Cuarto oscuro, iluminación regulable	0-100
Servicio de traumatología:	
- Iluminación general	400
Laboratorios:	
- Iluminación general	600
Deposito de ropa blanca:	
- Iluminación general	200
- Sala de costura	400
- Lavandería y planchado	200
Zona de recepción y registros:	
- Durante la actividad diurna	400
- Oficinas	400
Vestuarios del personal:	
- Iluminación general	100
- Espejo	200**
Enfermería:	
- Iluminación general	300
- Mesa de tratamiento y revisión	600

Departamento de obstetricia: Sala de pre-parto: - Iluminación general	400
Sala de partos: - Iluminación general - Iluminación localizada	700 La indicada por el medico
Sala de internación: - Iluminación general - Iluminación localizada, lecturas - Observaciones clínicas - Iluminación nocturna	100 200 400 30
División de pediatría: Internación - Iluminación general, sala de internación - Lecturas - Sala de juegos	100 200 300***
* En las especificaciones que así lo requieran ** Sobre el plano vertical *** Las fuentes de luz a utilizar tendrán una buena reproducción de color	
Sala de terapia: - Iluminación general - Iluminación localizada	400 700
Farmacia: - Laboratorios bioquímicos - Almacenaje, deposito - Almacenaje en estanterías verticales - Expendio y verificación	400 100 100* 400
Departamento de cirugía: - Local para instrumental y esterilización	300
Sala de operaciones: - Iluminación general - Campo operatorio	700 1.500**
Sala de recuperación: Iluminación indirecta regulable - General - Localización para observación	200 400 400
Sala de anestesia Servicio de cinesiología: Kinesioterapia: - Iluminación general - Iluminación localizada para observaciones - Local para ejercicios	150 400 200
Oficinas	
Halls para el publico	100
Cartografía, proyecto, dibujos detallados	1.000
Contaduría, tabulaciones, teneduría de libros, operaciones bursátiles, bosquejos rápidos	300
Trabajos en general de oficina, lectura de buenas reproducciones, lectura, transcripción de escritura a mano en papel y lapiz ordinario, archivo, índices de referencia, distribución de correspondencia, etc.	300
Trabajos especiales de oficina, por ejemplo: - Sistema de computación de datos - Sala de conferencias - Circulaciones	400 200 150

Bancos	
Iluminación general	300
Sobre zonas de escritura y cajas	400
Caja de caudales	400
* Sobre el plano vertical	
** Las fuentes de luz a utilizar tendrán una buena reproducción de color	

TIPO DE EDIFICIO, LOCAL Y TAREA VISUAL	VALOR MÍNIMO DE SERVICIO DE ILUMINACIÓN (Lux)
Peluquerías y salones de belleza	
Sobre sillones	300
Iluminación general	200
Bibliotecas	
Sala de lectura	400
Pabellones:	
- De reparación y encuadernación	200
- De ficheros	400
- De libros	100
- Mostradores de control de entrada y salida de libros	400
Correos	
Salón principal	300
Sobre las mesas, salida y estampillado de la correspondencia	400
Escuelas	
Aulas comunes	400
Sobre pizarrón	
- Iluminación suplementaria	700
Oficinas	300
Bibliotecas	500
Aulas especiales	500
Gimnasios	300
Piscinas	
- Iluminación general	300*
Vestuarios y baños	
- Iluminación general	80
- Iluminación localizada	100**
Circulaciones	150
* Se recomienda iluminación subacuática de 200 lux	
** Iluminación sobre el plano vertical	

TIPO DE EDIFICIO, LOCAL Y TAREA VISUAL	VALOR MÍNIMO DE SERVICIO DE ILUMINACIÓN (Lux)
Construcciones Agrícolas***	
Hangares y bodega	50
Preparación de alimentos del ganado	100
Lavaderos y duchas para el ganado	100
Accesos	20
Establos	50
Tambo	100
Establo con divisiones	100
Granjas, graneros, depósito para cosechas	
- Iluminación general	50
- Clasificación de granos	100
*** La iluminación necesaria para la cría de determinadas especies se fija de acuerdo con los zootecnistas y agrónomos.	

Gallineros y conejeras	50
Galpón:	
- Iluminación general	50
- Iluminación localizada	10
Inspección y atención veterinaria	300

TIPO DE EDIFICIO, LOCAL Y TAREA VISUAL	VALOR MÍNIMO DE SERVICIO DE ILUMINACIÓN (Lux)
Galería de arte	
Iluminación general	100
Sobre objeto expuesto:	*
- Iluminación suplementaria	
Industria Alimenticia	
Mataderos municipales	
- Recepción	50
- Corrales inspección	300
- Permanencia	50
- Matanza	100
- Deshollo	100
- Escaldado	100
- Evisceración	300**
- Inspección	300**
Mostradores de venta	
Frigoríficos:	
- Cámaras frías	50
- Sala de maquinas	150
Conservas de carnes:	
- Corte, deshuesado, elección	30**
- Cocción	100
- Preparación de patés, envasado	150
- Esterilización	150
- Inspección	300
- Preparación de embutidos	300**
* Valor a adaptarse de acuerdo al tipo de elemento a exponer y el efecto deseado	
** Las fuentes de luz a utilizar tendrán una buena reproducción del color.	
Conservas de pescado y mariscos:	
- Recepción	300*
- Lavado y preparación	100
- Cocción	100
- Envasado	300
- Esterilización	100
- Inspección	300
- Embalaje	100
- Preparación de pescado ahumado	300*
- Secado	300*
- Cámara de secado	50
* las fuentes de luz a utilizar tendrán una buena reproducción de color	
Conservas y verduras y frutas:	
- Recepción y selección	300
- Preparación mecanizada	150
- Envasado	150
- Cámara de procesado	50
- Inspección	300
- Embalaje	200

- Esterilización	150
Molinos Harineros:	
- Depósitos de granos	100
- Limpieza	150
- Molienda y tamizado	100
- Clasificación de harinas	100
- Colocación de bolsas	300
Silos:	
- Zona de recepción	100
- Circulaciones	100
- Sala de comando	300
Panaderías:	
- Depósitos de harina	100
- Amasado sobre artesas	200
Cocción:	
- Iluminación general	200
- Delante de los hornos	300
Fabrica de bizcochos:	
- Deposito de harina	100
- Local de elaboración	200
- Inspección	300
- Deposito del producto elaborado	100
Pastas alimenticias:	
- Depósitos de harina	100
- Local de elaboración	200
- Secado	50
- Inspección y equipamiento	300
Torrefacción de café:	
- Deposito	100
- Torrefacción	200
- Inspección y empaquetado	300
Fabrica de chocolate:	
- Deposito	100
- Preparación del chocolate	200
- Preparación de cocoa en polvo	200
- Inspección y empaquetado	300
Usinas pasteurizadoras:	
- Recepción y control de materias primas	200
- Pasteurización	300
- Envasado	300
- Encajonado	100
- Laboratorio	600
Fabrica de derivados lácteos:	
- Elaboración	300
- Cámara fría	50
- Sala de maquinas	150
- Depósitos de quesos	100
- Envasado	300
Vino y bebidas alcohólicas:	
- Recepción de materias primas	100
- Local de elaboración	200
- Local de cubas (circulaciones)	200
- Curado y embotellado	300
- Embotellado (iluminación general)	150
- Embalaje	150
Cervezas y materias:	
- Deposito	100

- Preparación de la malta	100
Trituración y colocado de la malta:	
Embolsado	200
Elaboración	300
Locales de fermentación	100
- Embotellado (lavado y llenado)	150
- Embalaje	150
Fabrica de azucar:	
- Recepción de materia prima	100
Elaboración del azucar	
- Iluminación general	200
- Turbinas de trituración	300
- Almacenamiento del azucar	100
- Embolsado	200
- Hornos	Iluminación general
Manómetros, niveles	
- Iluminación localizada	300
- Sala de maquinas	150
- Tablero de distribución y laboratorios	300
Refinerías:	
- Iluminación general	100
- Amasado sobre cada turbina	300
- Aparato para cocción	Iluminación general
- Molienda sobre la maquina	300
- Empaque	200
Fabrica de productos de confitería:	
Cocción y preparación de pastas:	
- Iluminación general	200
- Iluminación localizada	400
Elaboración y terminación:	
- Iluminación general	200
- Iluminación localizada	400
Depósitos	100

TIPO DE EDIFICIO, LOCAL Y TAREA VISUAL	VALOR MÍNIMO DE SERVIO DE ILUMINACIÓN (Lux)
Metalurgia	
Fundiciones:	
- Deposito de barras y lingotes	100
Arena:	
- Transporte, tamizado y mezcla, manipulación automática (transportadoras automáticas, elevadores, trituradoras, tamices)	100
Fabricación de noyos:	
- Fino	300
- Grueso	200
Iluminación localizada de moldes profundos	Iluminación especial
Depósitos de placas modelos	100
Zona de pesado de cargas	100
Taller de moldeo:	
- Iluminación general	250
- Iluminación localizada en moldes	500
- Llenado de moldes	200
- Desmolde	100
Acerías:	

- Depósitos de minerales y carbón	100
- Alimentación de altos hornos	Iluminación especial
- Zona de colado	100
- Trenes de alimentación	200
Fragüe:	
Fabricación de alambre	
- Laminación en frío	300
- Laminación en caliente	200
- Depósitos de productos terminados	50
Mecánica general:	
- Depósitos de materiales	100
Inspección y control de calidad:	
Trabajo grueso:	
- Contar, control grueso de objetos de depósitos, etc.	150
Trabajo mediano:	
- Ensamble previo, etc.	200
Trabajo fino:	
- Dispositivos de calibración, mecánica de precisión, instrumentos.	400
Trabajos muy finos:	
- Calibración de inspección de piezas de montaje pequeñas*	700
Trabajo minucioso:	
- Instrumentos muy pequeños *	1.000
Talleres de montaje:	
Trabajo grueso:	
- Montaje de maquinas pesadas	200
Trabajo mediano:	
- Montaje de maquinas, chasis de vehículos	400
Trabajo fino:	
- Iluminación localizada	1.200
Trabajo muy fino:	
Instrumentos y mecanismos pequeños de precisión	
- Iluminación localizada	2.000
Trabajo minucioso:	
- Iluminación localizada	3.000
Deposito de piezas sueltas y productos terminados	
- Iluminación general	100
Areas especificas:	
- Mesas, ventanillas, etc.	300
Elaboración de metales en laminas:	
- Trabajo de banco y maquinas especiales	500
Maquinas, herramientas y bancos de trabajo:	
- Iluminación general	300
- Para trabajos delicados en banco o maquina, verificación de medidas, piezas de precisión, rectificación.	700
- Trabajo de piezas pequeñas en banco o maquina, rectificación de piezas medianas, fabricación de herramientas, ajustes de maquinas.	500
* Generalmente se requiere lentes de aumento	
Soldadura	
Tratamiento superficial de metales	300
Pintura:	
- Preparación de los elementos	400
- Preparación, dosaje y mezcla de colores	700
- Cabina de pulverización	400

- Pulido y terminación	400
Del calzado	
Clasificación, marcado y corte	400
Costura	600
Inspección	1.000
Centrales Eléctricas	
Estaciones de transformación	
Exteriores	
- Circulación	100
- Locales de maquinas rotativas	200
Locales de equipos auxiliares	
- Maquinas estáticas, interruptores, etc.	200
Tablero de aparatos de control y medición:	
- Iluminación general	200
- Sobre plano de lectura	400**
Sebestaciones transformadoras:	
- Exteriores	20
- Interiores	100
Cerámica	
Preparación de arcillas y amasado, molde, prensas, hornos y secadores	200
Barnizado y decoración:	
- Trabajos finos	500*
- Trabajos medianos	400*
Inspección:	
- Iluminación localizada	700
* Las fuentes de luz a utilizar tendrán una buena reproducción de color	
** Generalmente iluminación localizada	
Del Cuero	
Limpieza, curtido, igualado del espesor de los cueros, sobado, barnizado, secadores, terminación	200
Inspección y trabajos especiales	600

TIPO DE EDIFICIO, LOCAL Y TAREA VISUAL	VALOR MÍNIMO DE SERVICIO DE ILUMINACIÓN (Lux)
Imprenta	
Taller de tipografía.	
- Iluminación general, compaginación, para pruebas	300
Mesa de correctores, pupitres para composición	600
Taller de linotipos:	
- Iluminación general	300
- Sobre maquinas en la salida de letras y sobre el teclado	400
- Inspección de impresión en colores	700
Rotativas	
- Tinteros y cilindros	300
- Recepción	400
Grabado	1.000
- Grabado a mano (iluminación localizada)	700
- Litografía	
Joyería y Relojería*	
Zona de trabajo	
- Iluminación general	400
Trabajos finos	700**

Trabajos minuciosos	1.000
Corte de gemas, pulido y engarce	1.300***
* La mayoría de los procesos requerirá iluminación especial localizada	
** Se utilizara generalmente lentes de aumento	
*** las fuentes de luz a utilizar tendrán una buena reproducción de color	
Maderas	
Aserraderos:	
- Iluminación general	100
- Zona de corte y clasificación	200
Carpintería:	
- Iluminación general	100
- Zona de corte y clasificación	200
Zona de bancos y maquinas	300
Trabajos de terminación de inspección	400
Manufactura de muebles	
- Selección del enchapado y su preparación	700
- Armado y terminación	400
- Marquetería	600
- Inspección	600
Papelera	
Local de maquinas	100
Corte, terminación	300
Inspección	500
Manufactura de cajas:	
- Encartonado fino	300
- Cartones ordinarios, cajones	200
Química	
Planta de procesamiento:	
- Circulación general	100
- Iluminación general sobre escaleras y pasarelas	200
Sobre aparatos:	
- Iluminación sobre plano vertical	200
- Iluminación sobre mesas y pupitres	400
Laboratorio de ensayos y control:	
- Iluminación general	400*
- Iluminación sobre el plano de lectura de aparatos	600
Caucho:	
Preparación de materia prima	200
Fabricación de neumáticos:	
- Vulcanización de las envolturas y cámaras de aire	300
- Inspección de neumáticos	Iluminación general
Jabones	
- Iluminación general de las distintas operaciones	300
- Panel de control	400
Pinturas	
- Procesos automáticos	200
- Mezcla de pinturas elaboradas	600
- Combinación de colores (*)	700
Plásticos	
- Calandrado, extrusión, inyección, compresión y moldeado por soplado	300
- Fabricación de laminas, conformado, maquina, fresado, pulido, cementado y recortado	400
Depósitos, almacenes y salas de empaque	
- Piezas grandes	50
- Piezas pequeñas	100
- Exposición de mercaderías	300
* Las fuentes de luz a utilizar tendrán una buena reproducción de color	
(*) Ver asterisco líneas abajo	

Del tabaco	
Proceso completo	400*
Textil	
Tejido de algodón y lino:	
- Mezcla, cardado, estimado	200
- Torcido, peinado, hilado, husos	200
Urdimbre:	
- Sobre los peines	700
Tejido:	
- Telas claras y medianas	400***
- Telas oscuras	700
Inspección:	
- Telas claras y medianas	600***
- Telas oscuras	900***
Lana:	
- Cardado, lavado, peinado, retorcido tintura, lavado, urdimbre	200
	200
Tejidos:	
- Talas, claras y medianas	600***
- Telas oscuras	900***
- Maquina de tejidos de punto	900
Inspección:	
- Talas claras y medianas	1.200*
- Telas oscuras	1.500
Yute:	
- Hilado tejido con lanzaderas, devanado	200
- Calandrado	200
* Se recomienda el uso de luminarias antiexplosivas	
*** Se consideran colores claros y medianos aquellos que poseen una reflectancia comprendida entre 45% y 20% y colores oscuros aquellos con una reflectancia de hasta el 20%	
Del vestido	
Sombreros:	
- Limpieza, tintura, terminación, forma, alisado, planchado	400
- Costura	600
Vestimenta:	
- Sobre maquinas	600
- Manual	800
Fabrica de guantes:	
- Prensa, tejidos, muestreo, corte	400
- Costura	600
Del vidrio	
Sala de mezclado:	
- Iluminación general	200
- Zona de dosificación	400
- Local de horno	100
Local de manufactura:	
Mecánica	
Sobre maquinas	
- Iluminación	200
Inspección:	Iluminación localizada especial
Manual	
- Iluminación general, corte, pulido y biselado	400
- Terminación general	200
Inspección:	
- General	400
- Minuciosa	Iluminación localizada especial

Zeon PDF Driver Trial
www.zeon.com.tw

CAPITULO 5

METODO DE LOS LUMENES

5.1 INTRODUCCIÓN

Se desarrolla a continuación el Método de los lúmenes para la aplicación en el alumbrado de interiores.

Al proyectar un sistema de alumbrado, lo primero que se requiere es elegir un equipo que proporcione el máximo confort visual y el más alto rendimiento. Por consideraciones de orden práctico. La zona a iluminar puede condicionar seriamente dicha elección. Por ejemplo, muchos tipos de luminarias no son absolutamente recomendables en zonas donde exista mucha suciedad.

Los factores de conservación ó pérdida de luz tienen una influencia mayor al elegir el equipo, y se consideran detalladamente en el proceso de cálculo. El factor económico interviene siempre, y puede obligar a adoptar una combinación de alumbrado general y alumbrado local.

Es necesario un completo análisis de la tarea visual, incluyendo las consideraciones relativas al tamaño, reflectancia, y contrastes con el fondo.

Una vez determinadas las luminarias que se van a utilizar y el nivel de iluminación requerido, es posible calcular el número de luminarias necesarias para producir tal iluminación.

5.2 APLICACION DEL METODO DE LOS LUMENES

El método de los lúmenes de fácil aplicación proporciona la iluminación media de un local, este método se emplea para las áreas más amplias en que la iluminación es sensiblemente uniforme.

Este método esta basado en la determinación del flujo luminoso necesario para obtener una iluminación media deseada en el plano de trabajo.

Consiste resumidamente, en la determinación del flujo luminoso en Lux a través de la ecuación:

$$\Phi = \frac{E \times S}{h \times d} \quad (5.1)$$

Φ :	Flujo total emitido por el total de las lámparas en lúmenes
E :	Iluminación media requerida por el ambiente a iluminar en Lux
S :	Area del local en m ²
η :	Factor de utilización del local
δ :	Factor de depreciación

Si se conoce el rendimiento de la luminaria η_L la relación será:

$$\Phi = \frac{E \times S}{h \times \eta_L \times d} \quad (5.2)$$

5.2.1 Elección de la luminaria

Existe una serie de recomendaciones referentes a la elección del tipo de luminarias, separación y altura de montaje, tendentes a lograr la adecuación del diseño realizado a la geometría del local, a conseguir una buena uniformidad de distribución y a impedir la presencia de deslumbramientos molestos. Estas recomendaciones son:

a) Tipo de luminaria

•	Altura del local hasta 4 (m)	Luminaria extensiva
•	Entre 4 y 6 (m)	Semiextensiva
•	Entre 6 y 10 (m)	Semiintensiva
•	Más de 10 (m)	Intensiva

b) Altura de las luminarias sobre el plano de trabajo

•	Altura mínima: $h = 2/3 h'$
•	Altura aconsejable: $h = 3/4 h'$
•	Altura óptima: $h = 4/5 h'$

La altura de las luminarias sobre el plano de trabajo se elegirá entre estos tres valores teniendo en cuenta que a mayor altura de las luminarias necesitaremos mayor potencia instalada para lograr el mismo nivel de iluminación y que acercar las luminarias al plano de trabajo va en detrimento de la uniformidad. Para iluminación indirecta o semiindirecta, se tomará una altura de las luminarias sobre el plano de trabajo inferior a la altura óptima.

5.2.2 Factor de Depreciación (d)

El factor de depreciación del servicio de la luminaria, mide la relación entre el flujo luminoso emitido por la luminaria al final del periodo considerado para iniciar el proceso de mantenimiento.

Con el tiempo los equipos de iluminación acumulan polvo, las lámparas emiten menor cantidad de luz y el rendimiento visual en consecuencia es más bajo.

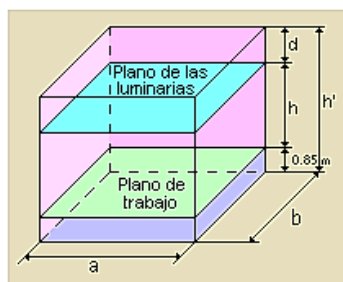
Algunos de estos factores pueden ser eliminados por medio del mantenimiento realizado a los equipos de iluminación. En la práctica para normalizar los efectos de estos factores, admitiendo una buena mantención periódica, podemos adoptar los siguientes valores del factor de depreciación:

AMBIENTE	PERIODO DE MANTENIMIENTO		
	2500 Hrs.	5000 Hrs.	7500 Hrs.
Limpio	0.95	0.91	0.88
Normal	0.91	0.85	0.80
Sucio	0.80	0.68	0.57

(Tab. 5.1) Factores de depreciación

5.2.3 Índice de Local (K)

El índice de local K depende de las dimensiones del recinto a ser iluminado y puede ser determinado a través de la ecuación



h : altura entre el plano de trabajo y las luminarias
h' : altura del local
d : altura del plano de trabajo al techo
d' : altura entre el plano de trabajo y las luminarias

Para luminarias predominantemente directas

$$K = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} \quad (5.3)$$

a : Ancho del local
b : Largo del local
h : Altura de la luminaria al plano de trabajo

Para luminarias predominantemente indirectas:

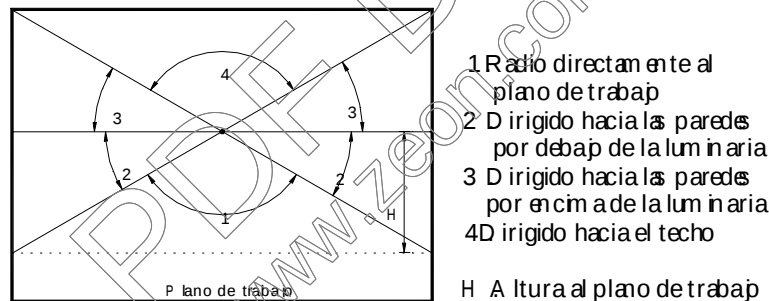
$$K = \frac{3 \times a \times b}{2 \times h \times (a + b)} \quad (5.4)$$

5.2.4 Factor de Utilización (h)

El factor de utilización del local, ó simplemente factor de utilización, mide la relación entre el flujo luminoso que llega al plano de trabajo y el flujo luminoso total emitido por las lámparas.

Parte del flujo luminoso emitido por una lámpara es absorbido por la luminaria en la cual esta instalada y no contribuye al nivel de iluminación del local. El resto del flujo de la lámpara es radiado una parte hacia arriba y otra hacia abajo, es decir, por encima y por debajo de un plano horizontal que pase por el centro de la lámpara.

La parte de flujo radiada directamente sobre el plano de trabajo es la que contribuye en mayor cuantía al nivel de iluminancia. Solamente una parte dirigido hacia el techo y las paredes se convierte en flujo útil en el plano de trabajo, algunas veces después de varias reflexiones.



(Fig. 5.1) Distribución del flujo luminoso emitido por las lámparas

El factor de utilización depende de:

- La distribución luminosa de la luminaria
- El rendimiento de la luminaria
- Las reflectancias del techo, paredes y piso
- El índice del local K
- La disposición de las luminarias en el local

Para cada tipo de luminaria, en las hojas de datos Fotométricos se dan los factores de utilización en función del índice de local y de las diferentes reflectancias de techo, paredes y piso representados por los valores 1 – 3 – 5 – 7 ó 0,1 – 0,3 – 0,5 – 0,7 que representan lo mismo.

SUPERFICIE	COLOR	FACTOR DE REFLEXIÓN (r)
Techo	Blanco	0,7
	Claro	0,5
	Medio	0,3
Paredes	Claro	0,5
	Medio	0,3
	Oscuro	0,1
Piso	Claro	0,3
	Oscuro	0,1

(Tab.5.2) Factores de reflexión de techo, pared y piso

También se puede utilizar las reflectancia de los colores y materiales de la tabla 5.3

COLORES	REFLECTANCIA	MATERIALES	REFLECTANCIA
Blanco	0,70 – 0,85	Mortero	0,30 – 0,55
Amarillo	0,50 – 0,75	Hormigón	0,25 – 0,50
Azul	0,40 – 0,55	Ladrillo	0,15 – 0,40
Verde	0,45 – 0,65	Mármol blanco	0,60 – 0,70
Rojo	0,30 – 0,50	Granito	0,15 – 0,25
Marrón	0,30 – 0,40	Madera	0,25 – 0,50
Gris oscuro	0,10 – 0,20	Espejos	0,80 – 0,90
Negro	0,03 – 0,07	Acero pulido	0,50 – 0,65

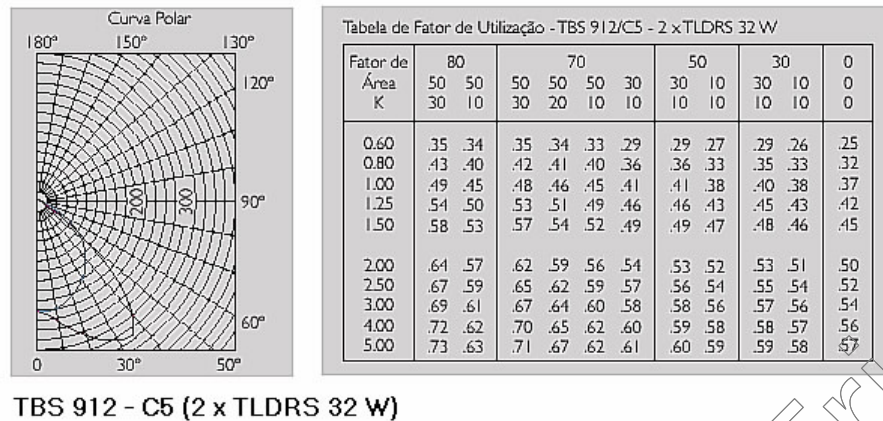
(Tab. 5.3) Reflectancia de colores y materiales

Si no se conocen las reflectancias de un local se debe tomar la combinación 5-3-1 como termino medio en locales con superficies de color claro.

Los índices 1-3-5-7 corresponden a 10 %, 30 %, 50 %, 70 % de reflectancia de las superficies oscuras, medias, claras y blancas respectivamente.

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización (η)									
		Factor de reflexión del techo									
		0.7 0.5 0.3									
		Factor de reflexión de las paredes									
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	
	1	.28	.22	.16	.25	.22	.16	.26	.22	.16	
	1.2	.31	.27	.20	.30	.27	.20	.30	.27	.20	
	1.5	.39	.33	.26	.36	.33	.26	.36	.33	.26	
	2	.45	.40	.35	.44	.40	.36	.44	.40	.35	
	2.5	.52	.46	.41	.49	.46	.41	.49	.46	.41	
	3	.54	.50	.45	.53	.50	.45	.53	.50	.45	
	4	.61	.56	.52	.60	.56	.52	.60	.56	.52	
	5	.63	.60	.56	.63	.60	.56	.62	.60	.56	
	6	.68	.63	.60	.66	.63	.60	.65	.63	.60	
	8	.71	.67	.64	.69	.67	.64	.68	.67	.64	
	10	.72	.70	.67	.71	.70	.67	.71	.70	.67	

(Fig. 5.1) Ejemplo de tabla del factor de utilización de un fabricante de luminarias



(Fig. 5.2) Ejemplo de tabla del factor de utilización de Philips

5.3 CALCULO DEL NUMERO DE LUMINARIAS

Esta dado por la ecuación:

$$N = \frac{\Phi}{n \times \Phi_l} \quad (5.5)$$

N : Número de luminarias

Φ : Flujo total requerido

n : Número de lámparas por luminaria

Φ_l : Flujo luminoso emitido por una lámpara

Redondeado por exceso

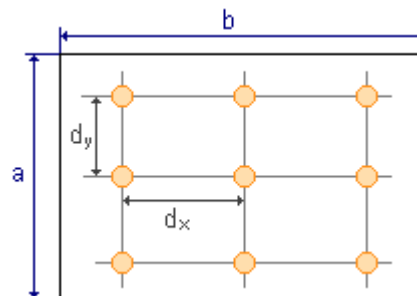
5.3.1 Distribución de las luminarias

Una vez hemos calculado el número mínimo de lámparas y luminarias procederemos a distribuir las sobre la planta del local. En los locales de planta rectangular las luminarias se reparten de forma uniforme en filas paralelas a los ejes de simetría del local según las fórmulas:

$$N_{\text{ancho}} = \sqrt{\frac{N_{\text{Total}}}{\text{largo}}} \times \text{ancho} \quad (5.6)$$

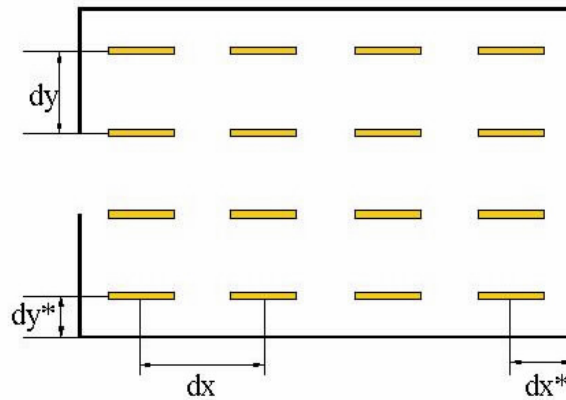
$$N_{\text{largo}} = N_{\text{ancho}} \times \left(\frac{\text{largo}}{\text{ancho}} \right)$$

donde N es el número de luminarias



El espacio que debe existir entre las luminarias depende de la altura útil, que a su vez puede conducir a una distribución adecuada de la luz. La distancia máxima entre los centros de las luminarias debe ser de 1 a 1,5 de la altura útil. El espacio de la luminaria a la pared debe corresponder a la mitad de este valor.

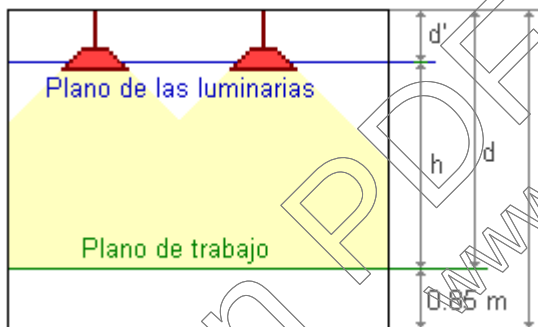
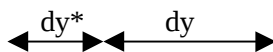
La figura indica la disposición correcta de las luminarias en una instalación:



(Fig. 5.3) Disposición de las luminarias en una instalación

Luego, de la figura se tiene

$$\begin{aligned} dy^* &= \frac{dy}{2} \\ dx^* &= \frac{dx}{2} \end{aligned} \quad (5.7)$$



h: altura entre el plano de trabajo y las luminarias
h': altura del local
d: altura del plano de trabajo al techo
d': altura entre el techo y las luminarias

Debe cumplir la condición:

dx, dy deben ser menores a $1 \rightarrow 1,5$ de h

5.3.2 Separación entre luminarias

La elección de una adecuada separación entre luminarias condicionara el mínimo número de las mismas. En realidad, la separación de las luminarias es otro factor importante en la uniformidad: evidentemente disponiendo un número mayor de luminarias con lámparas de menor potencia, la uniformidad de la iluminación será favorecida, pero también se encarecerá la instalación, por lo que es necesario llegar a una solución de compromiso entre ambas circunstancias. Así, se recomiendan las siguientes separaciones mínimas en función del tipo de luminaria empleado:

- Luminarias intensivas..... $d \leq 1,2$ h
- Semiintensivas o semiextensivas..... $d \leq 1,5$ h
- Extensivas..... $d \leq 1,6$ h

Esta separación condiciona el número mínimo de luminarias a instalar

5.4 EJEMPLO DE APLICACIÓN

Considerar un ambiente con las siguientes características 12 de ancho por 17 m de largo y una altura de 4 m, destinado a una biblioteca. Se sabe que el techo es blanco, las paredes claras y el piso oscuro. Determinar el número de luminarias TBS 912 – C1 (2 TLDRS 32 W) código comercial de la lámpara TLDRS 32 W-CO-25 necesarias en un ambiente normal con un periodo de mantenimiento de 7 meses.

a) Cálculo del flujo luminoso

Iluminación requerida:

$E = 400$ lux (dato obtenido del capítulo 4)

Superficie:

$$s = a \times b = 12 \times 17 = 204 m^2$$

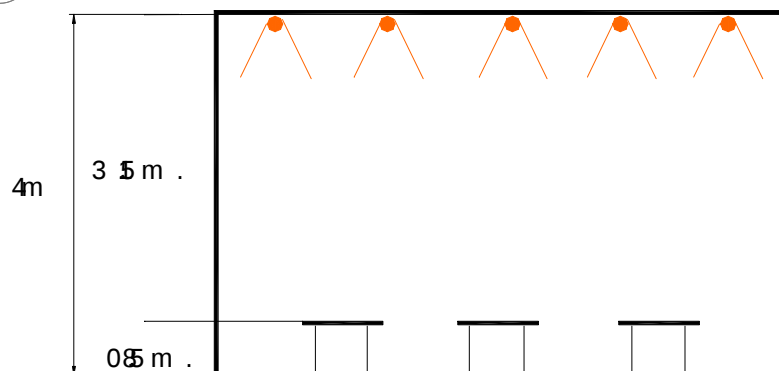
Factor de depreciación:

δ = de la tabla (5.1) obtenemos para un ambiente limpio con un periodo de mantenimiento de 7 meses = 5.000 hrs.

$$\delta = 0.85$$

Para el cálculo del factor de utilización hallamos primero el índice de local K:

$$K = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{12 \times 17}{3,15 \times (12 + 17)} = 2,23$$



Con el dato de $K = 2.23$ y las reflectancias ρ (7 5 1) halladas en la tabla (5.2) busquemos el factor de utilización en la tabla (5.4) de la luminaria TBS 912 – C1 (2 x TLDRS 32 W):

Observamos que K esta entre los valores de $K=2,00$ y $K=2,50$ haciendo una interpolación:

$$\frac{2,5 - 2}{0,62 - 0,60} = \frac{2,23 - 2}{h - 0,60} \Rightarrow h = 0,6092$$

Luego el valor de Φ será:

$$\Phi = \frac{E \times S}{h \times d} = \frac{400 \times 204}{0,6092 \times 0,85} = 157.583,71 \rightarrow \text{Lúmenes}$$

b) Cálculo del número de luminarias

$$N = \frac{\Phi}{n \times \Phi_l} = \frac{157.583,71}{2 \times 2.350} = 33,52 \rightarrow \text{luminarias}$$

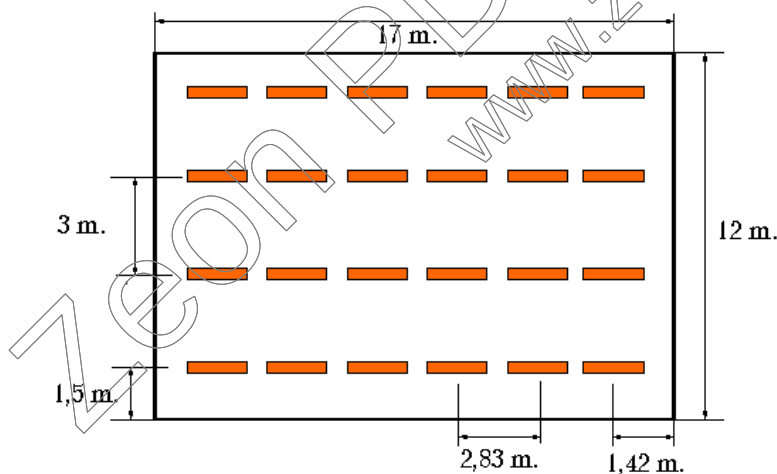
El dato de 2.350 lúmenes se los obtiene de la tabla (5.5)

El número de luminarias redondeado por exceso para mantener la simetría de la superficie a iluminar es: 36 luminarias

c) Distribución de luminarias:

$$N_{\text{ancho}} = \sqrt{\frac{N_{\text{total}}}{\text{largo}}} \times \text{ancho} = \sqrt{\frac{36}{17}} \times 12 = 5,04 \approx 6$$

$$N_{\text{largo}} = N_{\text{ancho}} \times \left(\frac{\text{largo}}{\text{ancho}} \right) = 5,04 \times \left(\frac{17}{12} \right) = 7,01 \approx 6$$



$$dx = \frac{17}{6} = 2,83(m)$$

$$dx^* = \frac{2,83}{2} = 1,42(m)$$

$$dy = \frac{12}{6} = 2(m)$$

$$dy^* = \frac{2}{2} = 1(m)$$

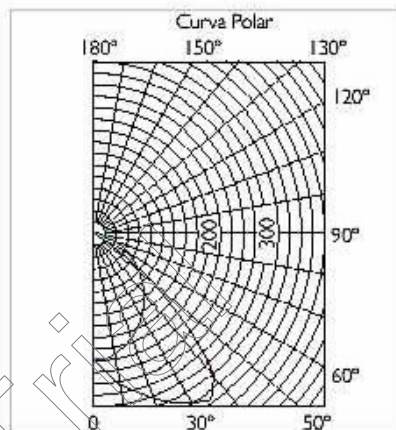
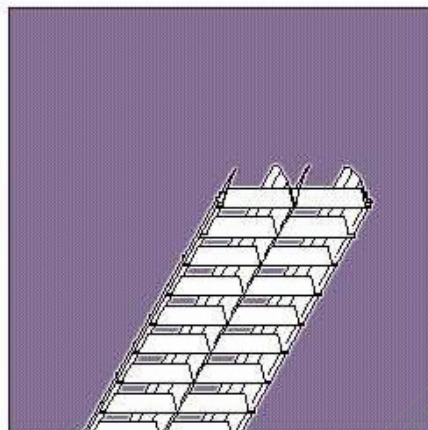
Debe cumplir la condición de que dx, dy deben ser menores a $1 \rightarrow 1,5$ de h

$$dx = 2,83 < 3,15$$

$$dy = 2 < 3,15$$

(Tab. 5.4) Catálogos de luminarias Philips

MEGALUX / TBS 912

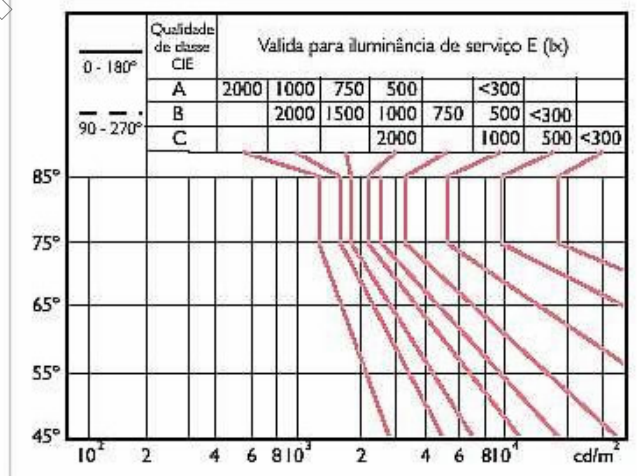


TBS 912 - C1 (2 x TLDRS 32 W)

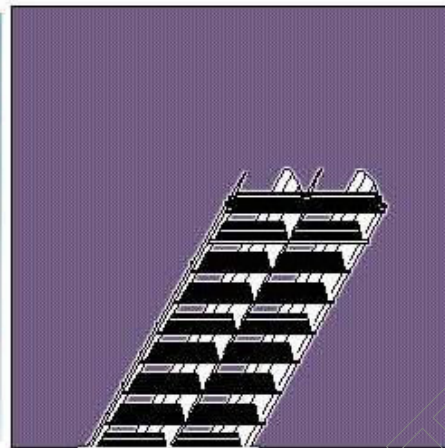
Tabela de Fator de Utilização - TBS 912/C1 - 2 x TLDRS 32 W

Fator de Área K	80		70				50		30		0
	50	30	50	30	50	30	30	10	30	10	
0.60	.37	.35	.36	.35	.35	.30	.30	.27	.29	.27	.25
0.80	.45	.42	.44	.43	.41	.37	.37	.33	.36	.33	.32
1.00	.51	.47	.50	.48	.47	.42	.42	.39	.41	.39	.37
1.25	.57	.52	.56	.54	.52	.48	.47	.44	.46	.44	.42
1.50	.61	.55	.60	.57	.55	.51	.51	.48	.50	.48	.46
2.00	.67	.60	.66	.62	.60	.57	.56	.54	.55	.53	.52
2.50	.71	.63	.69	.66	.62	.60	.59	.57	.58	.56	.55
3.00	.74	.65	.72	.68	.64	.62	.61	.59	.60	.59	.57
4.00	.77	.67	.75	.70	.66	.64	.63	.62	.62	.61	.59
5.00	.79	.68	.77	.72	.67	.66	.65	.63	.64	.63	.61

Diagrama de Luminância e
Curvas de Limitação de Ofuscamento
TBS 912/C1 - 2 x TLDRS 32W



MEGALUX / TBS 912



TBS 912 - M2 (2X TLDRS 32 W)

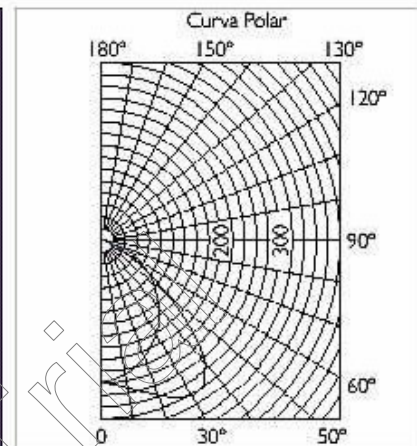
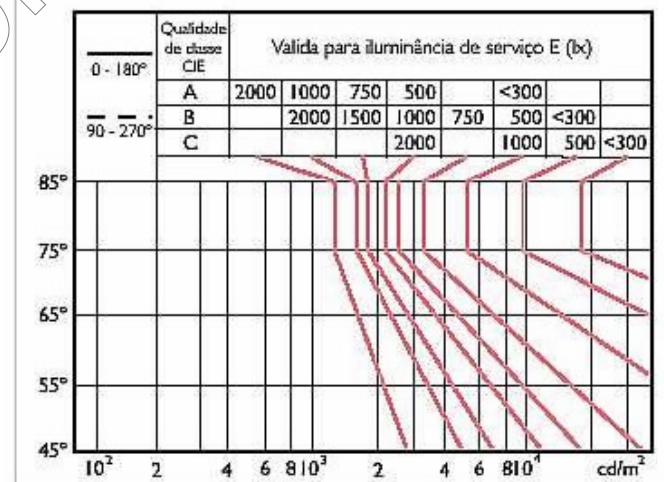


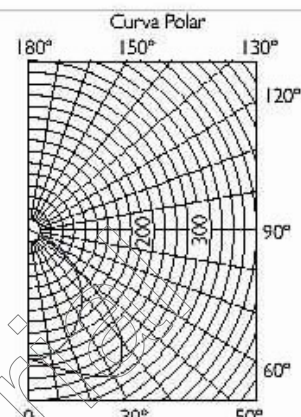
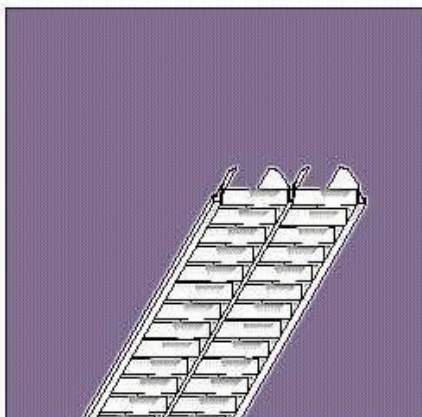
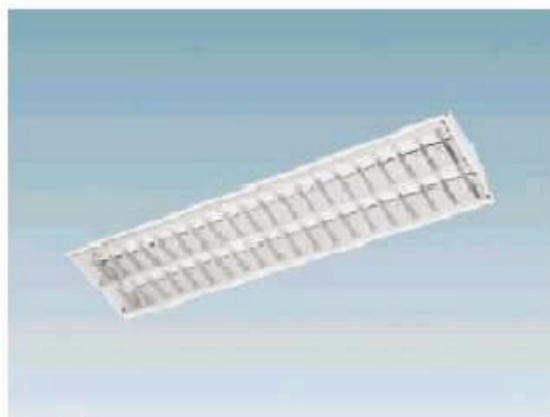
Tabela de Fator de Utilização - TBS 912/M2 - 2 x TLDRS 32 W

Fator de Área K	80		70				50		30		0
	50	50	50	50	50	30	30	10	30	10	0
0.60	.34	.32	.34	.33	.32	.28	.27	.25	.27	.25	.23
0.80	.41	.39	.41	.40	.38	.34	.34	.31	.33	.31	.30
1.00	.47	.44	.46	.45	.43	.39	.39	.36	.38	.36	.35
1.25	.53	.48	.52	.50	.48	.44	.44	.41	.43	.41	.39
1.50	.57	.51	.55	.53	.51	.47	.47	.44	.46	.44	.43
2.00	.62	.56	.61	.58	.55	.52	.52	.50	.51	.49	.48
2.50	.66	.58	.64	.61	.58	.55	.55	.53	.54	.52	.51
3.00	.69	.60	.67	.63	.59	.57	.56	.55	.56	.54	.53
4.00	.72	.62	.70	.65	.61	.60	.59	.57	.58	.57	.55
5.00	.74	.63	.71	.67	.62	.61	.60	.59	.59	.58	.56

Diagrama de Luminância e
Curvas de Limitação de Ofuscamento
TBS 912/M2 - 2 x TLDRS 32W



MEGALUX / TBS 912

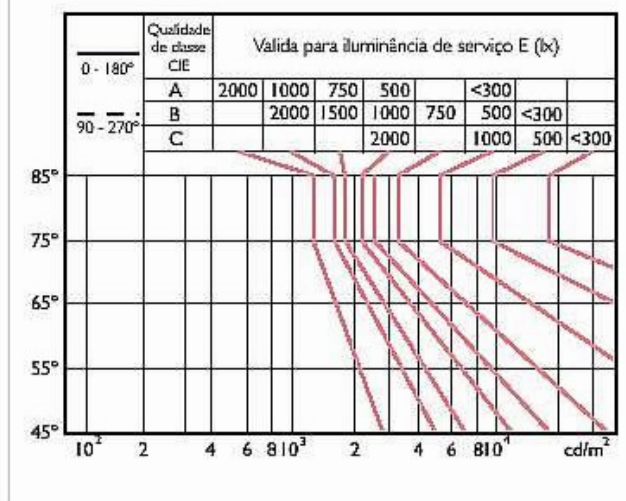


TBS - M5 (2 x TLDRS 32 W)

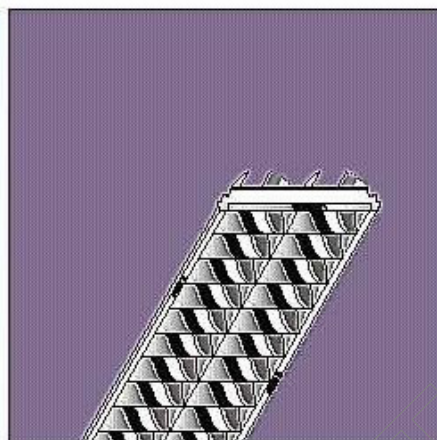
Tabela de Fator de Utilização - TBS 912/M5 - 2 x TLDRS 32 W

Fator de Área K	80		70				50		30		0
	50	30	50	30	50	30	30	10	30	10	
0.60	.33	.31	.32	.32	.31	.27	.27	.24	.27	.24	.23
0.80	.40	.37	.39	.38	.37	.33	.33	.30	.33	.30	.29
1.00	.45	.42	.45	.43	.42	.38	.38	.35	.37	.35	.34
1.25	.50	.46	.49	.48	.46	.43	.42	.40	.41	.39	.38
1.50	.54	.49	.53	.51	.49	.46	.45	.43	.44	.43	.42
2.00	.59	.53	.58	.55	.53	.50	.49	.48	.49	.47	.46
2.50	.63	.55	.61	.58	.55	.53	.52	.51	.51	.50	.49
3.00	.65	.57	.63	.60	.56	.55	.54	.52	.53	.52	.50
4.00	.68	.59	.66	.62	.58	.57	.56	.55	.55	.54	.52
5.00	.69	.60	.67	.63	.59	.58	.57	.56	.56	.55	.53

Diagrama de Luminância e
Curvas de Limitação de Ofuscamento
TBS 912/M5 - 2 x TLDRS 32W



MEGALUX / TBS 912



TBS 912 - C5 (2 x TLDRS 32 W)

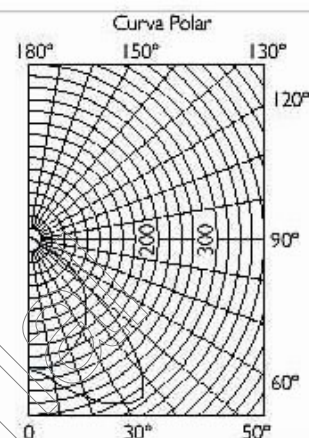
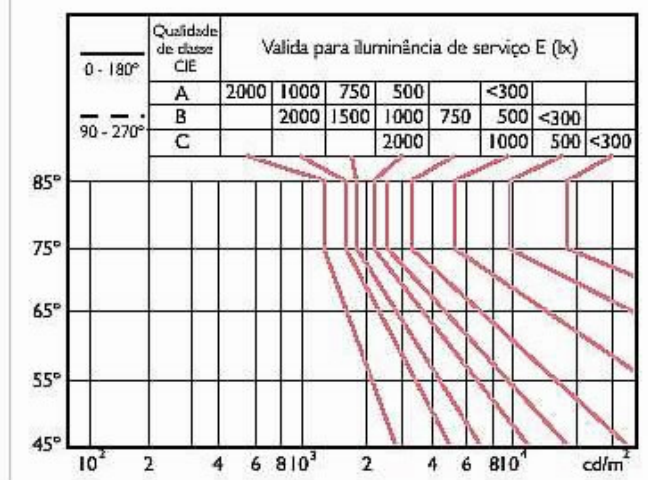


Tabela de Fator de Utilização - TBS 912/C5 - 2 x TLDRS 32 W

Fator de Área K	80		70				50		30		0
	50	50	50	50	50	30	30	10	30	10	
	30	10	30	20	10	10	10	10	10	10	
0.60	.35	.34	.35	.34	.33	.29	.29	.27	.29	.26	.25
0.80	.43	.40	.42	.41	.40	.36	.36	.33	.35	.33	.32
1.00	.49	.45	.48	.46	.45	.41	.41	.38	.40	.38	.37
1.25	.54	.50	.53	.51	.49	.46	.46	.43	.45	.43	.42
1.50	.58	.53	.57	.54	.52	.49	.49	.47	.48	.46	.45
2.00	.64	.57	.62	.59	.56	.54	.53	.52	.53	.51	.50
2.50	.67	.59	.65	.62	.59	.57	.56	.54	.55	.54	.52
3.00	.69	.61	.67	.64	.60	.58	.58	.56	.57	.56	.54
4.00	.72	.62	.70	.65	.62	.60	.59	.58	.58	.57	.56
5.00	.73	.63	.71	.67	.62	.61	.60	.59	.59	.58	.57

Diagrama de Luminância e
Curvas de Limitação de Ofuscamento
TBS 912/C5 - 2 x TLDRS 32W



TMS 500

Tabela de Fator de Utilização - TMS 500 - 2 x TLD 16 W

Fator de Área K	80			70			50		30		0
	50	50	30	50	50	30	30	10	30	10	0
	30	10	10	30	10	30	10	10	10	10	0
0.60	.37	.35	.28	.34	.33	.27	.23	.19	.20	.20	.12
0.80	.46	.43	.36	.43	.40	.35	.29	.25	.25	.25	.16
1.00	.53	.50	.42	.49	.46	.41	.34	.30	.29	.29	.19
1.25	.61	.56	.48	.56	.52	.48	.40	.35	.34	.34	.22
1.50	.67	.60	.53	.61	.56	.54	.44	.40	.37	.37	.25
2.00	.75	.67	.61	.69	.63	.62	.50	.46	.42	.42	.29
2.50	.81	.72	.66	.74	.67	.68	.54	.50	.46	.46	.33
3.00	.85	.75	.70	.78	.70	.72	.57	.54	.49	.49	.35
4.00	.91	.79	.75	.83	.74	.78	.61	.58	.50	.52	.38
5.00	.95	.81	.78	.87	.76	.82	.63	.61	.53	.54	.40

TMS 500 (2 x TLD 16 W)

Curva Polar

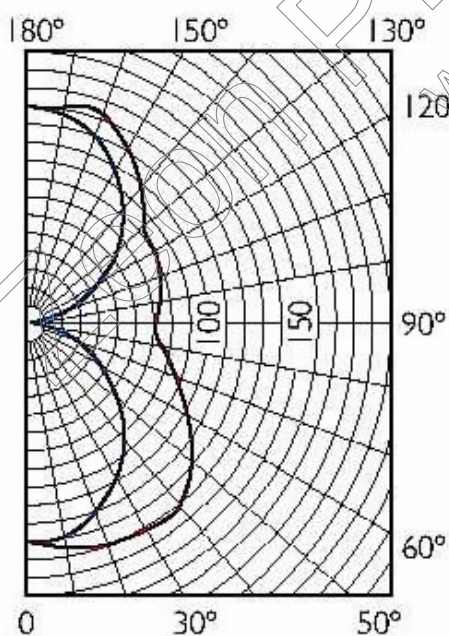
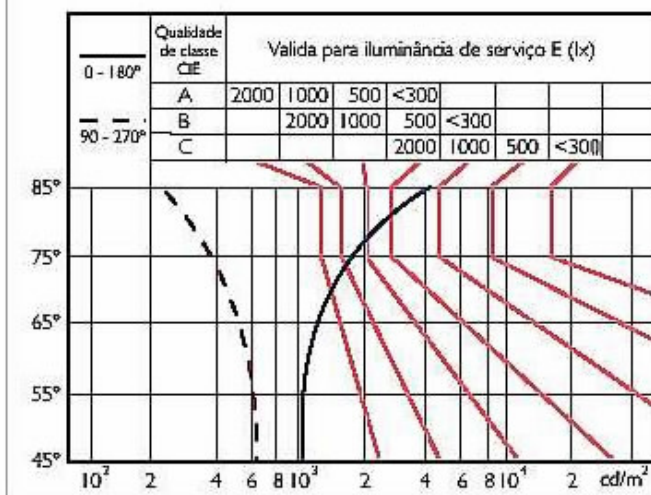


Diagrama de Luminância e Curvas de Limitação de Ofuscamento



TMS 500

Tabela de Fator de Utilização - TMS 500 - 2 x TLD 32 W

Fator de Área K	80			70			50		30		0
	50	50	30	50	50	30	30	10	30	10	0
	30	10	10	30	10	30	10	10	10	10	0
0.60	.36	.34	.26	.34	.33	.26	.23	.19	.21	.17	.14
0.80	.45	.42	.34	.43	.40	.34	.30	.25	.27	.23	.19
1.00	.52	.49	.40	.49	.46	.40	.35	.30	.32	.28	.23
1.25	.60	.55	.47	.56	.52	.47	.41	.36	.37	.33	.27
1.50	.66	.60	.52	.62	.57	.53	.45	.40	.41	.37	.31
2.00	.75	.67	.59	.70	.64	.62	.52	.48	.48	.44	.37
2.50	.81	.71	.65	.76	.68	.68	.57	.53	.52	.49	.41
3.00	.85	.75	.69	.8	.72	.73	.61	.57	.55	.52	.44
4.00	.92	.79	.74	.86	.76	.80	.66	.62	.60	.57	.49
5.00	.96	.82	.78	.90	.79	.84	.69	.66	.63	.60	.52

TMS 500 (2 x TLD 32 W)

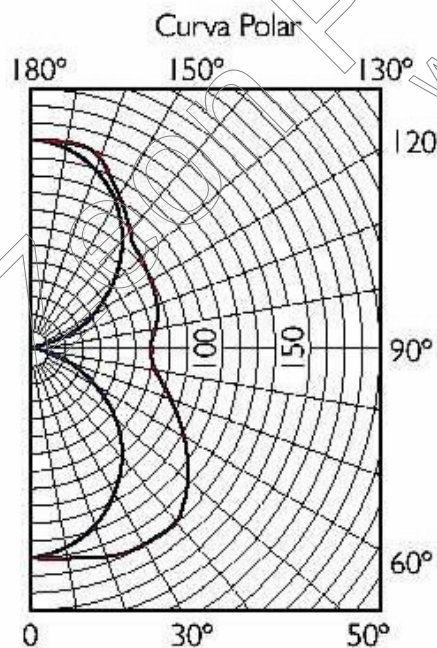
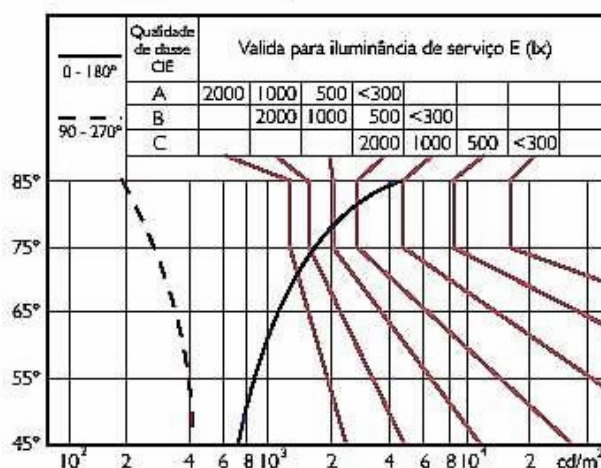


Diagrama de Luminância e Curvas de Limitação de Ofuscamento

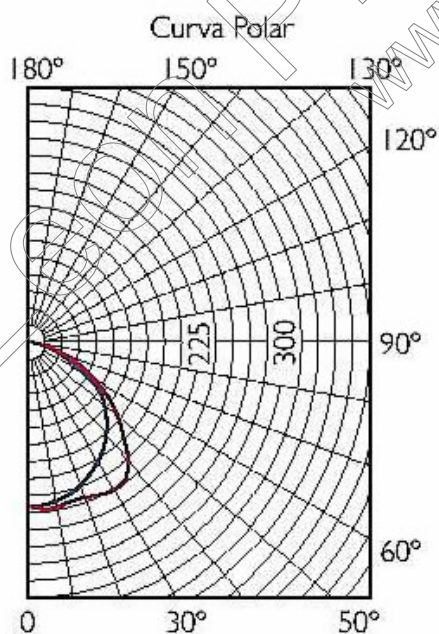
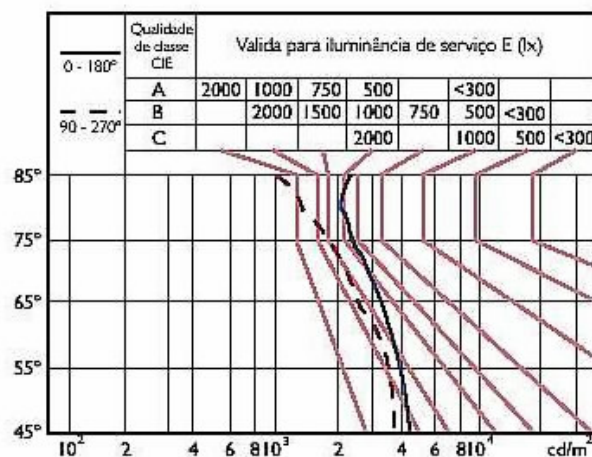


TCS 029 / 029D

Tabela de Fator de Utilização - TCS 029D - 2 x TLDRS 32 W

Fator de Área K	80		70				50		30		0
	50	50	50	50	50	30	30	10	30	10	
	30	10	30	20	10	10	10	10	10	10	0
0.60	.32	.30	.31	.31	.30	.25	.25	.22	.25	.22	.20
0.80	.39	.37	.38	.37	.36	.31	.31	.28	.31	.28	.26
1.00	.45	.42	.44	.43	.41	.37	.36	.33	.36	.33	.31
1.25	.51	.47	.50	.48	.46	.42	.41	.38	.40	.38	.36
1.50	.55	.50	.54	.51	.49	.45	.45	.42	.44	.41	.40
2.00	.62	.55	.60	.57	.54	.51	.50	.48	.49	.47	.45
2.50	.66	.58	.64	.60	.57	.54	.54	.51	.53	.51	.49
3.00	.69	.60	.67	.63	.59	.57	.56	.54	.55	.53	.52
4.00	.73	.63	.70	.66	.62	.60	.59	.57	.58	.57	.55
5.00	.75	.64	.72	.68	.64	.62	.61	.59	.60	.58	.57

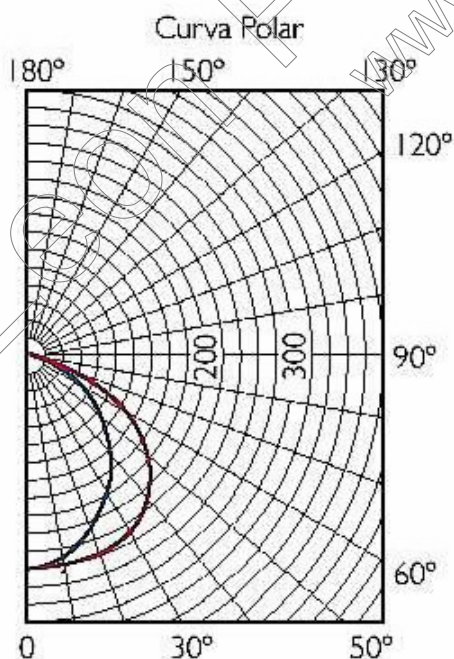
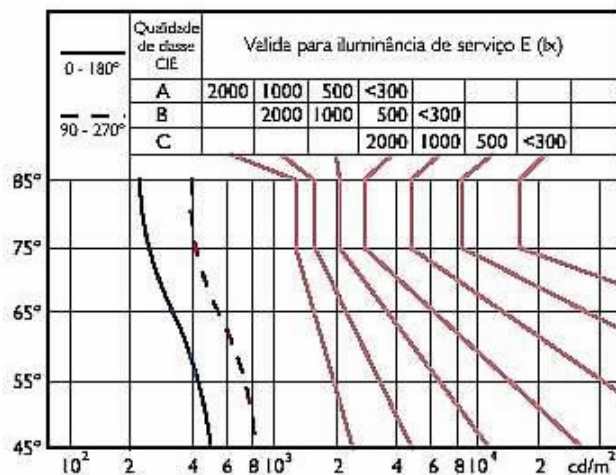
TCS 029D (2 X TLDRS 32 W)

Diagrama de Luminância e
Curvas de Limitação de Ofuscamento
TCS 029D - 2 x TLDRS 32W

TCS 029 / 029D

Tabela de Fator de Utilização - TCS 029 - 2 x TLD 32 W

Fator de Área K	80			70			50		30		0
	50	50	30	50	50	30	30	10	30	10	0
	30	10	10	30	10	30	10	10	10	10	0
0.60	.31	.30	.25	.31	.30	.26	.25	.22	.25	.22	.21
0.80	.38	.36	.31	.38	.36	.32	.31	.28	.30	.27	.26
1.00	.44	.41	.36	.43	.40	.38	.36	.32	.35	.32	.31
1.25	.50	.45	.41	.48	.45	.43	.40	.37	.40	.37	.35
1.50	.54	.49	.45	.52	.48	.47	.44	.41	.43	.40	.39
2.00	.60	.53	.50	.58	.53	.54	.49	.46	.48	.46	.44
2.50	.64	.56	.53	.62	.56	.58	.52	.50	.51	.49	.48
3.00	.67	.58	.56	.65	.58	.61	.54	.52	.53	.52	.50
4.00	.70	.61	.59	.68	.60	.65	.57	.55	.56	.55	.53
5.00	.72	.62	.60	.70	.61	.67	.59	.57	.57	.56	.55

TCS 029 (2X TLD 32 W)Diagrama de Luminância e Curvas de Limitação de Ofuscamento
TCS 029 - 2 x TLD 32 W

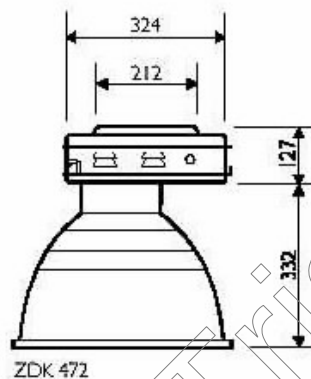
HDK / SDK 472

Tabela de Fator de Utilização - HDK 472 + ZDK 472 - 1 x HPLN 400 W

Fator de Área K	80			70			50		30		0
	50	30	10	50	30	10	30	10	10	10	
0.60	.47	.45	.41	.46	.44	.42	.40	.38	.40	.38	.37
0.80	.54	.51	.47	.54	.51	.49	.46	.44	.46	.44	.43
1.00	.60	.56	.52	.59	.55	.54	.51	.49	.51	.49	.48
1.25	.66	.60	.57	.64	.60	.60	.56	.54	.55	.53	.52
1.50	.69	.63	.60	.68	.62	.64	.59	.57	.58	.56	.55
2.00	.75	.67	.65	.73	.66	.70	.63	.62	.63	.61	.60
2.50	.79	.69	.67	.77	.69	.73	.66	.65	.65	.64	.62
3.00	.81	.71	.69	.79	.70	.76	.68	.67	.67	.66	.64
4.00	.84	.73	.71	.82	.72	.79	.70	.69	.69	.68	.66
5.00	.86	.74	.72	.83	.73	.81	.71	.70	.69	.69	.67

HDK 472 ZDK 472 (1 X HPLN 400 W)

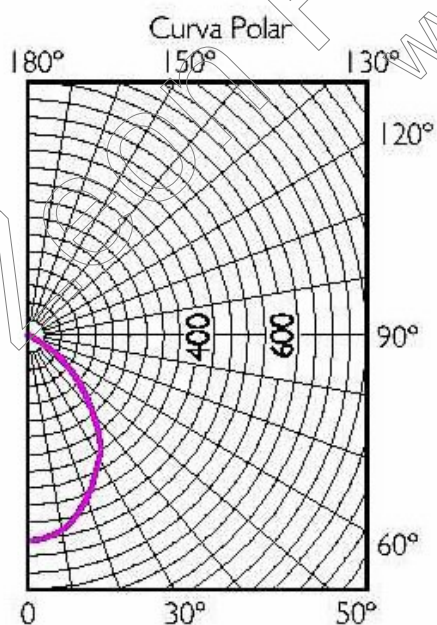
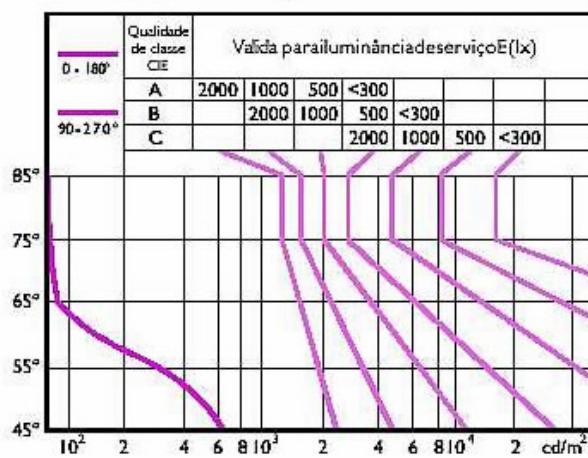
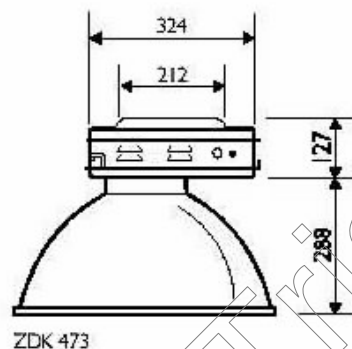


Diagrama de Luminância e Curvas de Limitação de Ofuscamento



HDK / SDK 472

ZDK 473

Tabela de Fator de Utilização - HDK 472 + ZDK 473 - 1 x HPLN 400 W

Fator de Área K	80			70			50		30		0
	50	50	30	50	50	30	30	10	30	10	
	30	10	10	30	10	30	10	10	10	10	0
0.60	.53	.50	.46	.52	.50	.47	.46	.43	.45	.43	.42
0.80	.61	.57	.53	.60	.56	.54	.52	.49	.51	.49	.48
1.00	.67	.62	.58	.66	.61	.60	.57	.54	.57	.54	.53
1.25	.72	.66	.63	.71	.66	.66	.62	.59	.61	.59	.57
1.50	.77	.69	.66	.75	.69	.70	.65	.63	.64	.62	.61
2.00	.83	.74	.71	.81	.73	.77	.70	.68	.69	.67	.66
2.50	.87	.77	.74	.85	.76	.81	.73	.71	.72	.71	.69
3.00	.90	.78	.77	.87	.78	.84	.75	.74	.74	.73	.71
4.00	.93	.80	.79	.90	.80	.88	.77	.76	.76	.75	.73
5.00	.95	.81	.80	.92	.81	.90	.78	.77	.77	.76	.74

HDK 472 ZDK 473 (1 X HPLN 400)

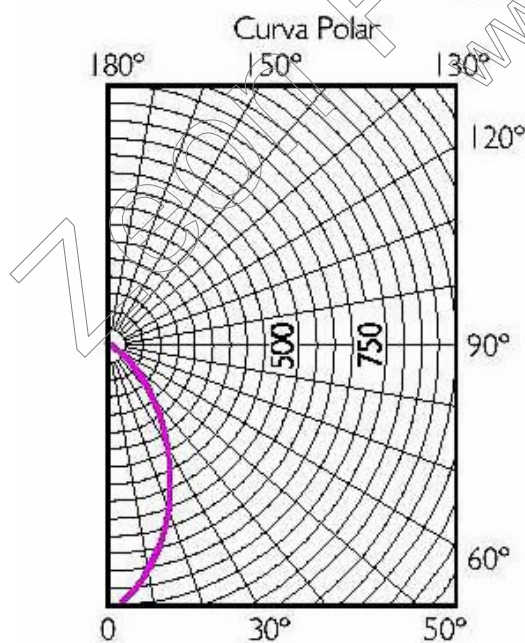
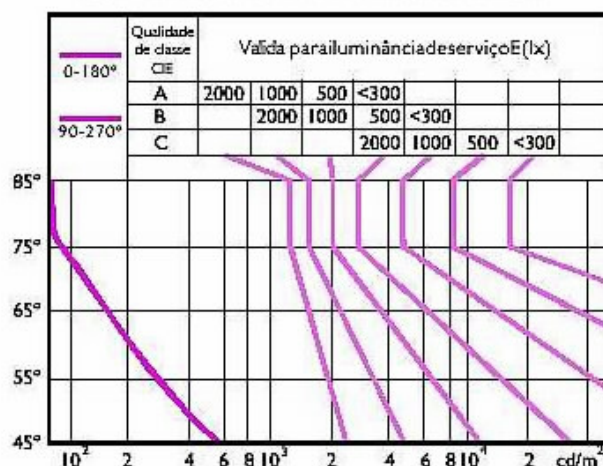


Diagrama de Luminância e Curvas de Limitação de Ofuscamento



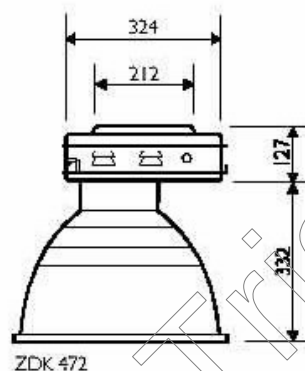
HDK / SDK 472

Tabela de Fator de Utilização - SDK 472 + ZDK 472 - 1 x SON 250 W

Fator de Área K	80			70			50		30		0
	50	50	30	50	50	30	30	10	30	10	0
0.60	.55	.52	.48	.54	.52	.50	.48	.46	.48	.45	.44
0.80	.61	.58	.54	.61	.57	.56	.53	.51	.53	.51	.50
1.00	.67	.62	.59	.66	.62	.61	.58	.56	.58	.56	.55
1.25	.72	.66	.63	.71	.66	.66	.62	.60	.62	.60	.59
1.50	.76	.69	.66	.74	.68	.70	.65	.63	.64	.63	.61
2.00	.81	.73	.71	.80	.72	.76	.69	.68	.68	.67	.66
2.50	.85	.75	.73	.83	.74	.80	.72	.71	.71	.70	.68
3.00	.87	.77	.75	.85	.76	.82	.73	.72	.72	.72	.70
4.00	.90	.78	.77	.88	.77	.85	.75	.74	.74	.74	.72
5.00	.92	.79	.78	.89	.78	.87	.76	.75	.75	.75	.73

SDK 472 + ZDK 472 (1 X SON 250)

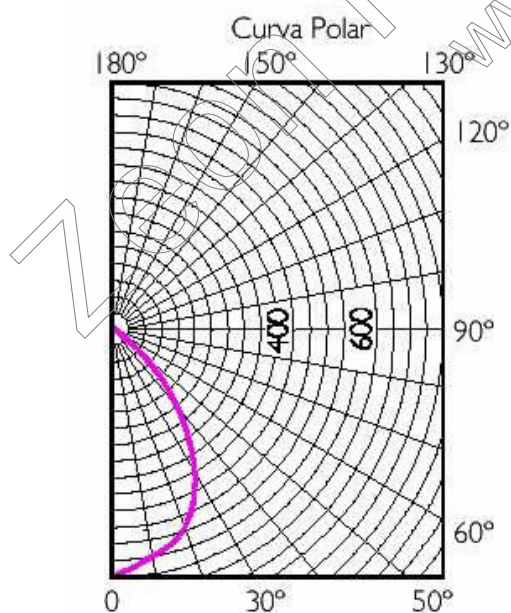
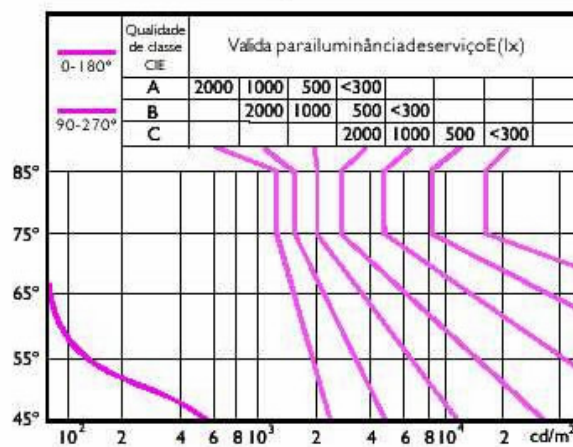


Diagrama de Luminância e Curvas de Limitação de Ofuscamento



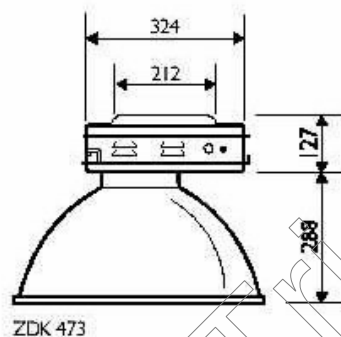
HDK / SDK 472

Tabela de Fator de Utilização - SDK 472 + ZDK 473 - 1 x SON 400 W

Fator de Área K	80			70			50		30		0
	50	50	30	50	50	30	30	10	30	10	0
0.60	.54	.52	.47	.54	.51	.48	.46	.43	.46	.43	.42
0.80	.62	.58	.54	.61	.58	.56	.53	.50	.53	.50	.49
1.00	.69	.64	.60	.68	.63	.62	.59	.56	.58	.56	.54
1.25	.75	.69	.65	.74	.68	.68	.64	.61	.63	.61	.59
1.50	.80	.72	.68	.78	.71	.73	.67	.65	.66	.64	.63
2.00	.86	.77	.74	.84	.76	.80	.73	.71	.72	.70	.68
2.50	.91	.80	.78	.88	.79	.84	.76	.74	.75	.73	.72
3.00	.94	.82	.80	.91	.81	.88	.78	.77	.77	.76	.74
4.00	.97	.84	.82	.94	.83	.91	.80	.79	.79	.78	.76
5.00	.99	.85	.84	.96	.84	.94	.82	.81	.80	.80	.78

SDK 472 + ZDK 473 (1 X SON 400 W)

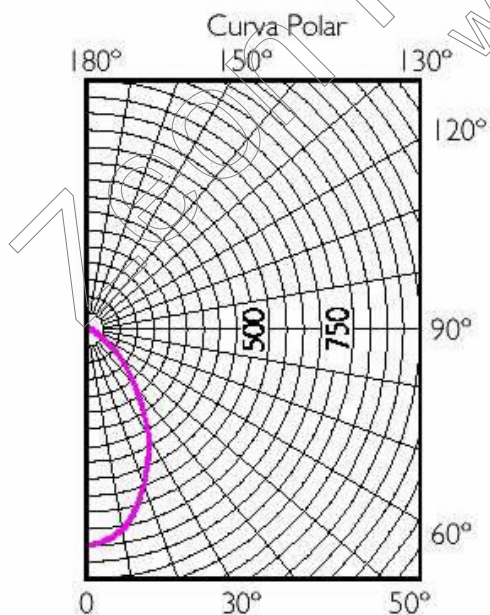
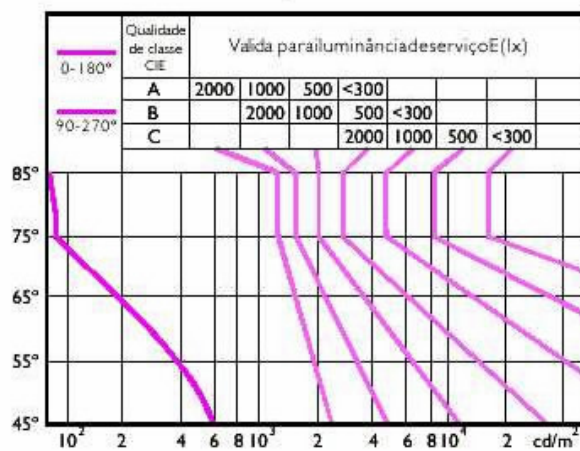


Diagrama de Luminância e Curvas de Limitação de Ofuscamento



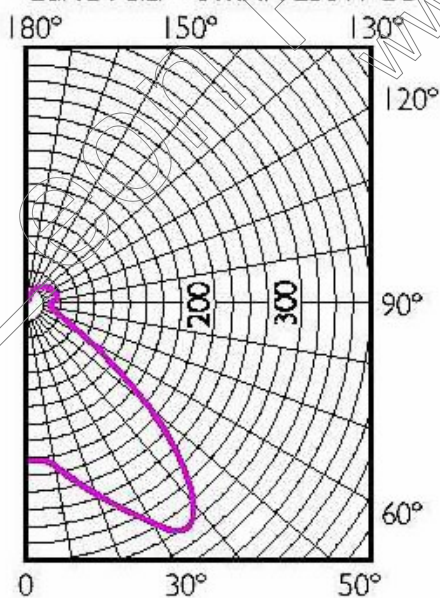
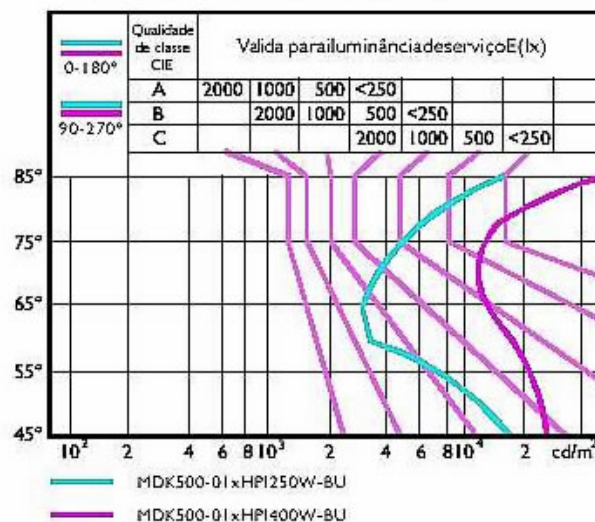
MDK 500

Tabela de Fator de Utilização - MDK 500 - 1 x HPI 250W - BU

Fator de Área K	80		70				50		30		0
	50	50	50	50	50	30	30	10	30	10	
	30	10	30	20	10	10	10	10	10	10	
0.60	.46	.44	.45	.44	.43	.36	.35	.31	.34	.30	.28
0.80	.56	.53	.54	.53	.51	.45	.43	.39	.42	.38	.35
1.00	.64	.60	.62	.60	.58	.52	.50	.46	.48	.44	.41
1.25	.72	.66	.69	.66	.64	.59	.56	.52	.54	.50	.47
1.50	.77	.70	.74	.71	.68	.63	.60	.57	.58	.55	.50
2.00	.85	.76	.82	.78	.74	.70	.67	.64	.64	.61	.56
2.50	.91	.80	.87	.82	.78	.74	.70	.68	.67	.65	.60
3.00	.94	.82	.90	.85	.80	.77	.73	.71	.70	.68	.62
4.00	.99	.85	.94	.88	.83	.80	.76	.74	.72	.71	.65
5.00	1.02	.87	.97	.90	.85	.82	.78	.76	.74	.72	.67

MDK 500 (1 x HPI 250 W - BU)

Curva Polar - 01 x HPI 250W-BU

Diagrama de Luminância e
Curvas de Limitação de Ofuscamento

MDK 500

Tabela de Fator de Utilização - MDK 500 - 1 x HPI 400W - BU

Fator de Área K	80		70				50		30		0	
	50	30	50	30	50	30	30	10	30	10	30	10
0.60	.45	.43	.44	.43	.42	.36	.34	.30	.33	.29	.26	.26
0.80	.55	.52	.53	.52	.51	.44	.42	.38	.40	.37	.33	.33
1.00	.63	.59	.61	.59	.57	.51	.48	.44	.46	.43	.39	.39
1.25	.71	.65	.68	.65	.63	.57	.54	.50	.51	.48	.44	.44
1.50	.76	.69	.73	.70	.67	.62	.58	.55	.55	.52	.47	.47
2.00	.84	.75	.81	.77	.73	.68	.65	.61	.61	.58	.53	.53
2.50	.90	.79	.85	.81	.77	.73	.68	.66	.64	.62	.56	.56
3.00	.93	.82	.89	.84	.79	.75	.71	.68	.67	.65	.59	.59
4.00	.98	.85	.93	.87	.82	.79	.74	.72	.70	.68	.61	.61
5.00	1.01	.87	.96	.89	.84	.81	.76	.74	.71	.70	.63	.63

Curva Polar - 01xHPI 400W-BU

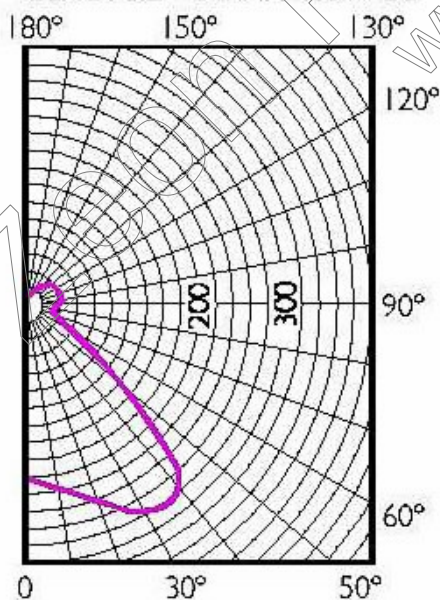
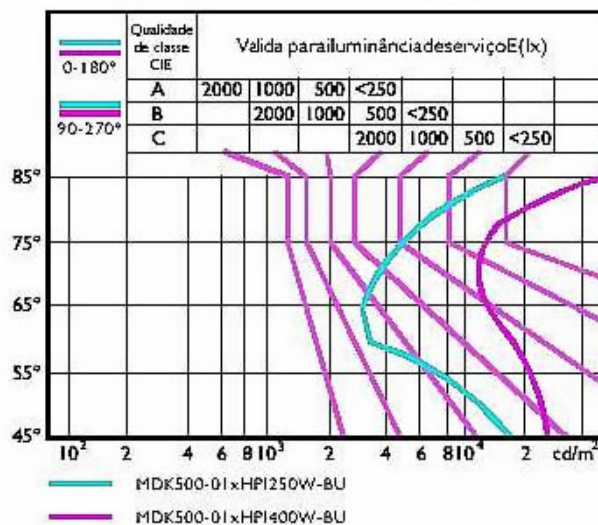


Diagrama de Luminância e Curvas de Limitação de Ofuscamento



(Tab. 5.5) Características técnicas de las lámparas fluorescentes y de descarga

LAMPARAS FLUORESCENTES**TL5**

Código Comercial	Base	Tensión da lâmpada (V)	Corrente da lâmpada (A)	Fluxo Luminoso (lm)	Temperatura de Cor (K)	Eficiência (lm/W)	Peso Líquido (g)
TL5-14W-HE/830	G5	82	0,170	1350	3000	96	55
TL5-14W-HE/840	G5	82	0,170	1350	4000	96	55
TL5-14W-HE/850	G5	82	0,170	1350	5000	96	55
TL5-28W-HE/830	G5	167	0,170	2900	3000	93	55
TL5-28W-HE/840	G5	167	0,170	2900	4000	89	55
TL5-28W-HE/850	G5	167	0,170	2900	5000	100	85
TL5-49W-HO/840	G5	195	0,255	5000	4000	100	85

TLD / TLT COLORES STANDARD

Código Comercial	Potência da Lâmpada (W)	Tensão Média da Lâmpada (V)	Corrente Média da Lâmpada (A)	Base	Fluxo Luminoso Médio (lm)	IRC	Temperatura de Cor (K)	Lâmpadas por caixa
TLD15W-ELD-25	15	54	0,32	G13	800	70	5000	25
TLD30W-ELD-25	30	96	0,37	G13	2000	70	5000	25
TLDRS16W-CO-25	16	67	0,27	G13	1070	66	4100	25
TLDRS32W-CO-25	32	139	0,27	G13	2350	66	4100	25
TLTRS20W-ELD-25	20	58	0,36	G13	1100	70	5000	25
TLTRS40W-ELD-25	40	106	0,42	G13	2600	70	5000	25
TLRS-65W-LD	65	110	0,67	G13	4400	70	5000	20
TLTRS-110W-ELD	110	160	0,80	R17D	7600	70	5000	20

TLD / TLT SUPER 80

Código Comercial	Potência da Lâmpada (W)	Tensão da Lâmpada (V)	Corrente da Lâmpada (A)	Base	Fluxo Luminoso (lm)	IRC	Temperatura de Cor (K)	Lâmpadas por caixa
TLDRS16W-S83-25	16	64	0,26	G13	1200	85	3000	25
TLDRS16W-S84-25	16	64	0,26	G13	1200	85	4000	25
TLDRS16W-S85-25	16	64	0,26	G13	1150	85	5000	25
TLDRS32W-S83-25	32	139	0,26	G13	2700	85	3000	25
TLDRS32W-S84-25	32	139	0,26	G13	2700	85	4000	25
TLDRS32W-S85-25	32	139	0,26	G13	2600	85	5000	25
TLTRS20W-S84-25	20	57	0,37	G13	1350	85	4000	25
TLTRS20W-S85-25	20	57	0,37	G13	1300	85	5000	25
TLTRS40W-S84-25	40	106	0,42	G13	3250	85	4000	25
TLTRS40W-S85-25	40	106	0,42	G13	3150	85	5000	25
TLTRS-110W-S84	110	160	0,80	DCE	9500	85	4000	25
TLTRS-110W-S85	110	160	0,80	DCE	9500	85	5000	25

LAMPARAS DE DESCARGA

SON/SON-H/ SON PLUS

Código Comercial	Base	Potência da lâmpada	Tensão da lâmpada	Corrente da lâmpada	Fluxo luminoso	Eficiência da fonte	Temperatura de cor correlata	Índice de reprodução de cores	Máxima temperatura permitida na base/°C	Máxima temperatura permitida no bulbo/°C
		W	V	A	lm	lm/W	K			
SON										
SON70W-E	E27	70	90	0.98	5600	80	1950	25	200	350
SON150W-E	E40	147	100	1.80	14500	97	1950	25	250	350
SON250W-E	E40	250	100	3.00	27000	108	1950	25	250	350
SON400W-E	E40	400	105	4.45	48000	120	1950	25	250	350
SON-H										
SONH220W	E40	220	120	2.20	20000	91	2000	25	250	350
SONH350W	E40	350	117	3.60	34000	97	2000	25	250	350
SON-T										
SONT100W	E40	100	100	1.20	9000	90	2000	20	250	350
SONT150W-RE	E40	150	100	1.80	15000	100	1950	25	250	350
SONT250W-RE	E40	250	100	3.00	28000	112	1950	25	250	450
SONT400W-RE	E40	392	100	4.60	48000	120	1950	25	250	450
SONT1000W	E40	1000	105	10.60	130000	130	1950	25	250	450
SON-T PLUS										
SONT PLUS 600W	E40	600	115	5.8	90000	150	2100	20	250	450

HPL-N (mercúrio)

Código Comercial	Base	Potência da lâmpada	Tensão da lâmpada	Corrente da lâmpada	Fluxo luminoso	Temperatura de cor correlata	Índice de reprodução de cores	Temperat. máxima permitida na base °C	Temperat. máxima permitida no bulbo °C
		W	V	A	lm	K			
HPLN80W	E27	80	115	0.80	3700	4300	48	200	350
HPLN125W	E27	125	125	1.15	6200	4100	46	200	350
HPLN250W	E40	250	135	2.10	12700	4100	40	250	350
HPLN400W	E40	400	140	3.25	22000	3900	40	250	350
HPLN700W	E40	700	145	5.40	40000	3900	45	250	350
HPLN1000W	E40	1000	145	7.50	58000	3900	45	250	350

CAPITULO 6

METODO DE LAS CAVIDADES ZONALES

6.1 INTRODUCCION

El método denominado de las “Cavidades Zonales”, debido a los investigadores J.R. Jones y B.F. Jones, es el recomendado por la “Illuminating Engineering Society IES – USA” a partir del mes de febrero de 1.964.

En el laboratorio de luminotécnica de la Universidad Nacional de Tucumán, se ha procedido a un análisis exhaustivo de los métodos que con fines similares se vienen empleando en los distintos países, tales como:

- ÿ El método de las tres curvas o del “Lumen” - 1.915 – 20
- ÿ El método de la interreflexión debido a Moon y Spencer - 1.948
- ÿ El método de factores zonales de interreflexión debido a Vones y Neidhard – 1.956
- ÿ El método zonal británico y el zonal clasificado – 1.961
- ÿ El método recomendado por la Asociación Luminotécnica Alemana – 1.956
- ÿ El método expuesto en la norma experimental Francesa (S40 – 001- 1.968)

Y recomienda por las ventajas que presenta, el método de las Cavidades Zonales siempre y cuando se pueda disponer de las tablas de Coeficientes de Utilización correspondientes a cada luminaria.

Este método también está recomendado y es de uso común en Brasil.

6.2 VENTAJAS DEL METODO DE LAS CAVIDADES ZONALES

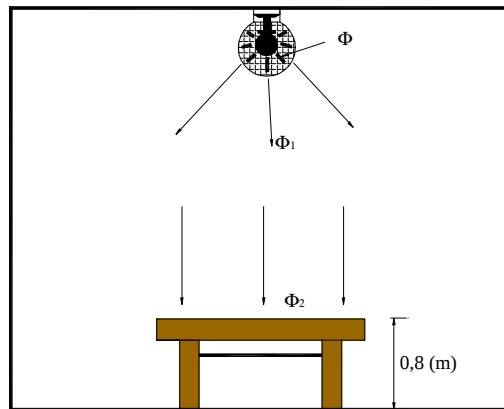
Une a su sencillez (es muy similar en su aplicación al tradicional método del los Lúmenes, dando los coeficientes de utilización en las tablas con la misma presentación), una gran flexibilidad, que lo hace especialmente apto para resolver una serie de problemas que uno siempre encuentra solución con los métodos anteriormente citados.

El método permite considerar entre otros casos:

- 1) Altura de suspensión de las luminarias variable.
- 2) Altura del plano de trabajo, variable.
- 3) Distintas reflectancias de paredes sobre y bajo el plano de trabajo y por arriba del plano de las luminarias.
- 4) Obstrucción en el espacio existente sobre el plano de las luminarias (por ejemplo vigas).
- 5) Planta del local compuesto por más de un rectángulo.

6.3 PROCESO DE CALCULO

6.3.1 Introducción



Φ : Flujo emitido por la lámpara
 Φ_1 : Flujo que sale de la luminaria
 Φ_2 : Flujo que incide sobre la superficie de trabajo

Fig.(6.1) Incidencia del flujo luminoso sobre una superficie

Si consideramos la fig.(6.1), que representa un corte de un ambiente donde una superficie útil a ser iluminada o el plano de la mesa, situada a 0,8 (m) del piso. La iluminación media (E) sobre la mesa será:

$$E = \frac{\Phi_2}{S} \quad (6.1)$$

Φ_2 : Flujo luminoso que incide sobre la superficie de trabajo considerada (mesa) en Lúmenes.

S : Área de la superficie de trabajo en (m^2).

Las lámparas instaladas en la luminaria producen un flujo luminoso total Φ . Solamente parte de este flujo sale realmente de la luminaria (Φ_1). El rendimiento de la luminaria sería:

$$h = \frac{\Phi_1}{\Phi} \quad (6.2)$$

La relación fig.(6.1) entre el flujo luminoso (Φ) producido por las lámparas y la que realmente incide en la superficie de trabajo (Φ_2) es lo que llamaremos factor de utilización (F_u), siendo:

$$F_u = \frac{\text{Flujo luminoso que incide sobre el plano de trabajo } (\Phi_2)}{\text{Flujo luminoso total emitido por las lámparas } (\Phi)} \quad (6.3)$$

Sustituyendo en la ecuación (6.1) los valores de las ecuaciones (6.2) y (6.3), obtenemos un valor de iluminación inicial sobre la superficie de trabajo.

$$E = \frac{\Phi_2}{S} = \frac{F_u \times \Phi}{S} \quad (6.4)$$

La iluminación real de la superficie de trabajo es normalmente inferior al valor calculado por esa relación, debido a varios factores como:

- *Temperatura ambiente* que afectará el flujo luminoso producido por las lámparas de descarga.
- *Calidad del equipo auxiliar* de las lámparas que podrá suministrar a las mismas, condiciones no ideales de funcionamiento.
- *Depreciación de la reflectancia* de las luminarias con su envejecimiento.
- *Envejecimiento de las superficies (paredes)* del local con la acumulación de polvo sobre las mismas.
- *Lámparas quemadas*
- *Depreciación del flujo luminoso de las lámparas* en el transcurso de su vida útil.
- *Acumulación de polvo* sobre las luminarias
- *Tensión de alimentación* de las luminarias

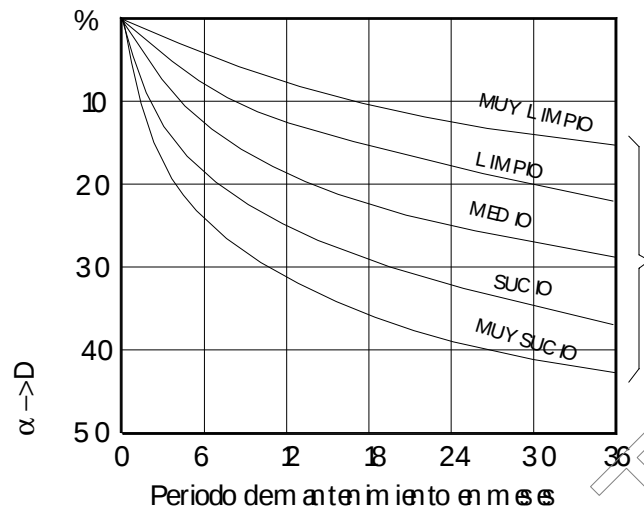
Cada uno de estos ítems es un factor de depreciación (inferior a la unidad) que multiplicados entre sí resultan en un “factor de pérdida de luz” (F_p) de la instalación:

$$F_p = \frac{\text{Flujo luminoso medio recibido por la superficie de trabajo}}{\text{Flujo luminoso recibido por la superficie de trabajo cuando la instalación es nueva}} \quad (6.5)$$

De los factores de depreciación anteriormente señalados debemos tener en cuenta los más importantes en cada caso particular de instalación. Un factor de depreciación de las superficies (paredes) (F_{ds}) debido a la disminución de las reflectancias de las paredes con el tiempo, puede calcularse con la utilización de la tabla (6.1) y la figura (6.2).

Depreciación de la reflectancia porcentual a ΔE		TIPO DE DISTRIBUCIÓN DE LUMINARIAS											
		DIRECTA				MIXTA				INDIRECTA			
		10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40
		FACTOR DE DEPRECIACION DE LAS SUPERFICIES F_{ds}											
Índice de cavidad del local I_{CR}	1	.98	.95	.94	.92	.94	.97	.80	.76	.90	.80	.70	.60
	2	.98	.95	.94	.92	.94	.97	.80	.75	.90	.80	.69	.59
	3	.98	.95	.93	.90	.94	.96	.79	.74	.90	.79	.68	.58
	4	.97	.95	.92	.90	.94	.96	.79	.73	.89	.78	.67	.55
	5	.97	.94	.91	.89	.93	.86	.78	.72	.89	.78	.66	.55
	6	.97	.94	.91	.89	.93	.85	.78	.71	.89	.77	.66	.54
	7	.97	.94	.90	.87	.93	.84	.77	.70	.89	.76	.65	.53
	8	.96	.93	.89	.86	.93	.84	.76	.69	.88	.76	.64	.52
	9	.96	.92	.88	.83	.93	.84	.76	.68	.88	.75	.63	.51
	10	.96	.92	.87	.83	.93	.84	.75	.67	.88	.75	.62	.50

(Tab. 6.1) Factor de depreciación debido a la disminución de la reflectancia de las paredes del local.



(Fig. 6.2) Gráfica de la disminución de la reflectancia de las paredes debido a la suciedad (F_{ds})

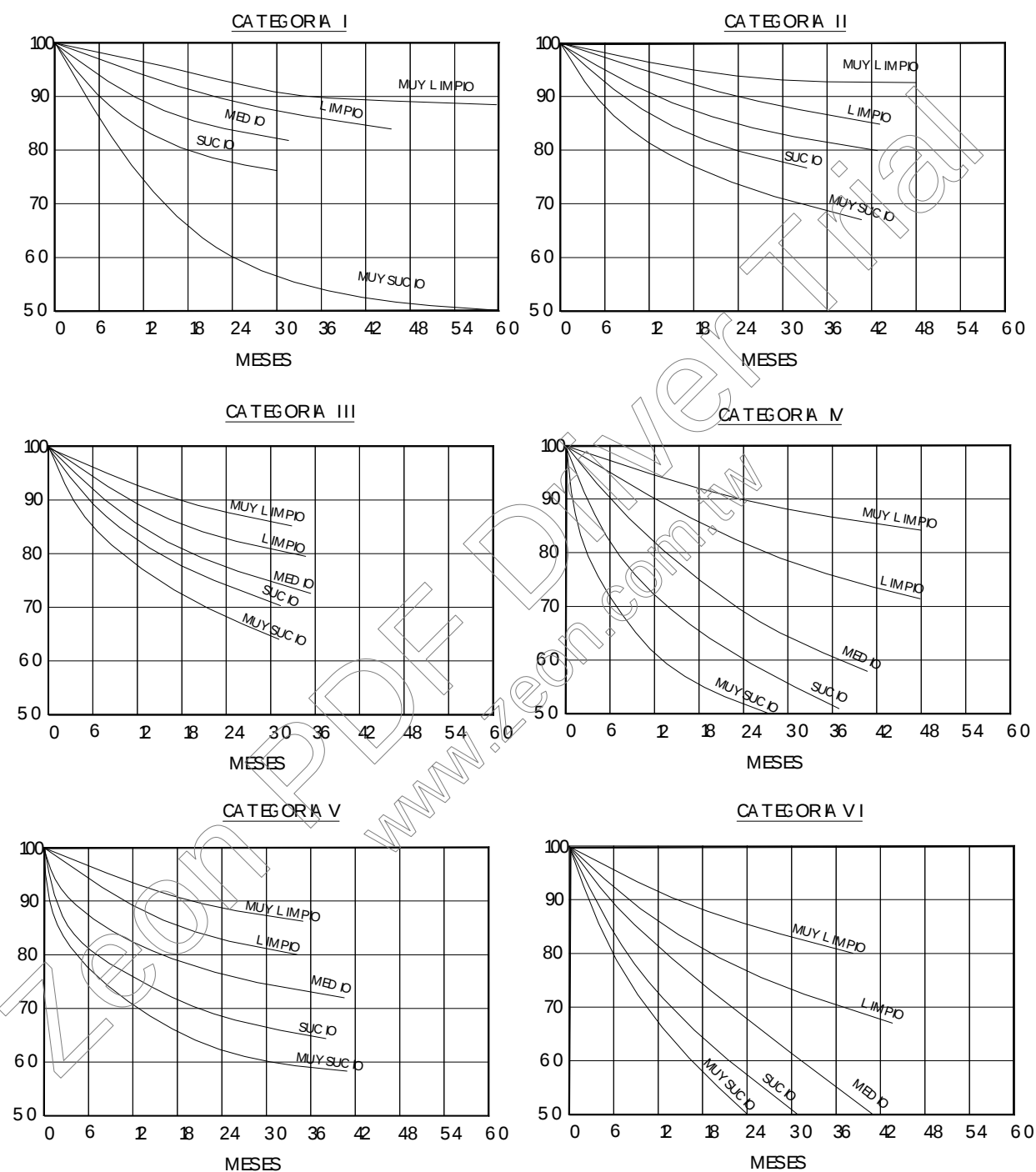
Los demás factores de depreciación que forma el factor de pérdidas de luz (F_p) para la mayoría de los casos pueden ser considerados iguales a la unidad. En el caso de esta suposición tenemos:

$$F_p = F_{ds} \times F_{dl} \quad (6.6)$$

El factor de depreciación de la luminaria por suciedad (F_{dl}), puede ser evaluado dependiendo del grado de suciedad por la figura (6.3).

CINCO GRADOS DE SUCIEDAD		
	Muy limpio	Limpio
Suciedad generada	Nula	Muy poca
Suciedad ambiente	Nula	Algo (no llega casi nada)
Eliminación o filtrado	Excelente	Superior a la media
Adherencia de la suciedad	Nula	Escasa
Ejemplos	Oficinas de alto rango, no próximas a las zonas de producción: laboratorios, habitaciones limpias.	Oficinas en edificios antiguos o próximas a los puntos de producción

	Medio	Sucio	Muy sucio
Suciedad generada	Perceptible, pero no alta	Se acumula rápidamente	Acumulación constante
Suciedad ambiente	Algo de suciedad alcanza la zona	Una gran cantidad llega a la zona	Casi nunca queda excluida
Eliminación o filtrado	Inferior a la media	Solo ventiladores o soplantes si los hay	
Adherencia de la suciedad	Suficiente para hacerse visible después de algunos meses	Alta, probablemente debida al aceite, a la humedad, o estática	Alta
Ejemplos	Oficinas de fabricas	Tratamientos térmicos; impresiones a alta velocidad; procesos con goma	Similar a lámparas grado sucio, pero en las luminarias dentro de la zona inmediata de contaminación

FACTOR DE DEGRADACION POR SUCIEDAD DE LA LUMINARIA

(Fig. 6.3) Factor de degradación por suciedad de la luminaria

Tomando en cuenta el factor de pérdida de luz, la formula (6.4) adquiere la forma siguiente; que corresponde a la iluminación probable media sobre una superficie de trabajo después de un tiempo de uso de la instalación:

$$E = \frac{F_U \times F_p \times \Phi}{S} \quad (6.7)$$

ó

$$\Phi = \frac{E \times S}{F_U \times F_p} \quad (6.8)$$

Donde:

Φ : es el flujo luminoso inicial de las lámparas de la luminaria
 E : nivel de iluminación media requerida (lux)
 S : área a ser iluminada por la luminaria (m²)
 F_U : factor de utilización de la luminaria
 F_p : factor de pérdida de luz de la instalación

El número de luminarias a ser utilizadas en el proyecto será:

$$\text{Nº de luminarias} = \frac{\text{Area del local a ser iluminado}}{\text{Area a ser iluminada por luminaria}} \quad (6.9)$$

El factor de utilización (F_U) depende de la curva de distribución de la luminaria, las reflectancias del techo, paredes y piso del ambiente, de la forma y dimensiones del local, de la posición de montaje de la luminaria etc.

El método de las Cavidades Zonales divide el recinto figura (6.4) en tres cavidades básicas:

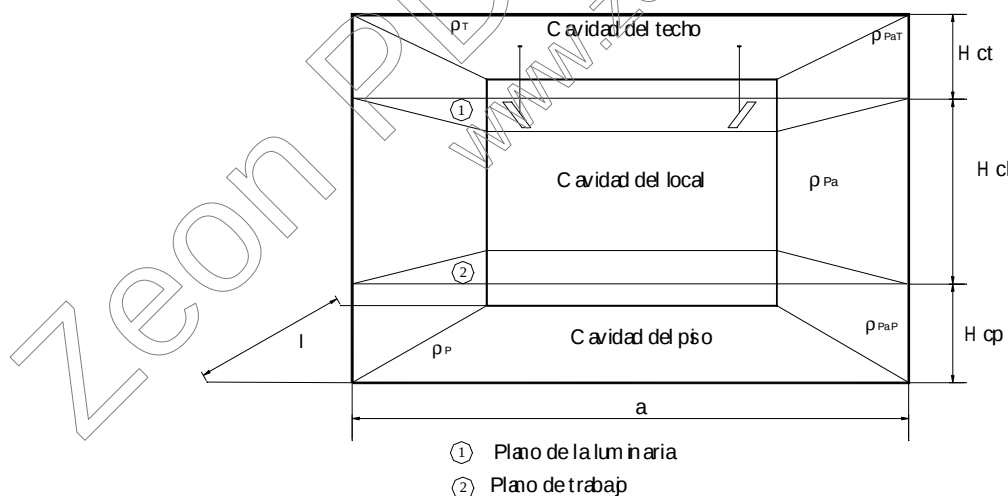


Fig.(6.4) Cavidades zonales propios de un ambiente

- 1) Cavity de techo, que es la cavidad encima del plano de las luminarias (CT)
- 2) Cavity de local, que es la existente entre el plano de las luminarias y el plano de trabajo (CL)
- 3) Cavity de piso, que es la cavidad debajo del plano de trabajo (CP)

Para las luminarias directamente montadas en el techo, la cavidad del techo será el propio techo. Cuando se desea calcular el nivel de iluminación en el piso, la cavidad de piso será el propio piso.

Por el método de Cavidades Zonales, se consigue tomar en cuenta, en la determinación del coeficiente de utilización, varios factores difíciles de ser ponderados, tales como la altura de montaje de la luminaria, obstrucciones en el techo o en el espacio debajo del plano de trabajo, áreas parciales de los recintos, locales de tomas irregulares, etc.

6.3.2 Determinación del coeficiente de utilización

Inicialmente se determinan los índices de cavidad por la formula:

$$R_c = \frac{5 \times H \times (L + A)}{L \times A} \quad (6.10)$$

Donde:

L : Longitud del local

A : Anchura del local

H : Es la altura de la cavidad que seria:

$$H \begin{cases} H_{CT} : \text{para la relación de cavidad de techo } (R_{CT}) \\ H_{CL} : \text{para la relación de cavidad de local } (R_{CL}) \\ H_{CP} : \text{para la relación de cavidad de piso } (R_{CP}) \end{cases}$$

Observando la relación (6.10) vemos que se cumple:

$$R_{CL} = \frac{5 \times H_{CL} \times (L + A)}{L \times A}$$

$$R_{CT} = \frac{5 \times H_{CT} \times (L + A)}{L \times A} = R_{CL} \times \frac{H_{CT}}{H_{CL}}$$

$$R_{CP} = \frac{5 \times H_{CP} \times (L + A)}{L \times A} = R_{CL} \times \frac{H_{CP}}{H_{CL}}$$

Estas relaciones de cavidad pueden obtenerse también mediante el uso de las tablas (6.2).

RELACIONES DE CAVIDAD

Dimensiones del local		Altura de la cavidad																			
Anchura		0,30	0,45	0,60	0,75	0,90	1,05	1,20	1,50	1,80	2,10	2,40	2,70	3	3,30	3,60	4,20	4,80	6	7,50	9
2,40	2,40	1,2	1,9	2,5	3,1	3,7	4,4	5,0	6,2	7,5	8,8	10,0	11,2	12,5	13,8	15,0	16,2	17,5	18,8	20,0	21,2
	3	1,1	1,7	2,2	2,8	3,4	3,9	4,5	5,6	6,7	7,9	9,0	10,1	11,3	12,4	13,5	14,6	15,7	16,8	17,9	19,0
	4,20	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,4	3,9	4,9	5,9	6,9	7,8	8,8	9,7	10,7	11,7	12,7	13,7	14,7	15,7	16,7
	6	0,9	1,3	1,7	2,2	2,6	3,1	3,5	4,4	5,2	6,1	7,0	7,9	8,8	9,6	10,5	11,4	12,2	13,1	14,0	14,9
	9	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4	2,8	3,2	4,0	4,7	5,5	6,3	7,1	7,9	8,7	9,5	10,3	11,0	11,8	12,5	13,3
3	12	0,7	1,1	1,5	1,9	2,3	2,6	3,0	3,7	4,5	5,3	5,9	6,5	7,4	8,1	8,8	9,4	10,0	10,6	11,2	11,8
	3	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0
	4,20	0,9	1,3	1,7	2,1	2,6	3,0	3,4	4,3	5,1	6,0	6,9	7,8	8,6	9,5	10,4	11,3	12,2	13,1	14,0	14,9
	6	0,7	1,1	1,5	1,9	2,3	2,6	3,0	3,7	4,5	5,3	6,0	6,8	7,5	8,3	9,0	9,7	10,4	11,1	11,8	12,5
	9	0,7	1,0	1,3	1,7	2,0	2,3	3,3	3,3	4,0	4,7	5,3	6,0	6,6	7,3	8,0	8,4	10,0	10,6	11,2	11,8
3,60	12	0,6	0,9	1,2	1,6	1,9	2,2	2,5	3,1	3,7	4,4	5,0	5,6	6,2	6,9	7,5	8,1	8,7	9,3	9,9	10,5
	18	0,6	0,9	1,2	1,5	1,7	2,0	2,3	2,9	3,5	4,1	4,7	5,3	5,9	6,5	7,1	8,2	9,4	10,6	11,7	12,8
	3,60	0,8	1,2	1,7	2,1	2,5	2,9	3,3	4,2	5,0	5,8	6,7	7,5	8,4	9,2	10,0	11,7	12,8	13,9	15,0	16,1
	4,80	0,7	1,1	1,5	1,8	2,2	2,5	2,9	3,6	4,4	5,1	5,8	6,5	7,2	8,0	8,7	10,2	11,3	12,4	13,5	14,6
	7,20	0,6	0,9	1,2	1,6	1,9	2,2	2,5	3,1	3,7	4,4	5,0	5,6	6,2	6,9	7,5	9,7	10,0	10,5	11,0	11,5
4,20	10,80	0,6	0,8	1,1	1,4	1,7	1,9	2,2	2,8	3,3	3,9	4,4	5,0	5,5	6,0	6,6	7,8	8,2	8,7	9,2	9,7
	15	0,5	0,8	1,0	1,3	1,5	1,8	2,1	2,6	3,1	3,6	4,1	4,6	5,1	5,6	6,2	7,2	8,2	9,2	10,2	11,2
	21	0,5	0,7	1,0	1,2	1,5	1,7	2,0	2,4	2,9	3,4	3,9	4,4	4,9	5,4	5,9	6,8	7,8	8,7	9,7	10,7
	4,20	0,7	1,1	1,4	1,8	2,1	2,5	2,9	3,6	4,3	5,0	5,7	6,4	7,1	7,8	8,5	10,0	11,4	12,8	14,2	15,6
	6	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	3,0	3,6	4,2	4,9	5,5	6,1	6,7	7,3	8,6	9,8	10,5	11,8	13,0
5,10	9	0,5	0,8	1,0	1,3	1,6	1,8	2,1	2,6	3,1	3,7	4,2	4,7	5,2	5,8	6,3	7,6	8,6	9,6	10,9	12,1
	12,60	0,5	0,7	1,0	1,2	1,4	1,7	1,9	2,4	2,9	3,3	3,8	4,3	4,8	5,2	5,7	6,6	7,6	8,6	9,9	11,1
	18	0,4	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,8	2,2	2,6	3,1	3,5	3,9	4,4	4,8	5,2	6,1	7,0	8,0	9,0	10,0
	27	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	2,0	2,5	2,9	3,3	3,7	4,1	4,5	5,0	5,8	6,6	7,6	8,3	9,3
	5,10	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,3	2,9	3,5	4,1	4,7	5,3	5,9	6,5	7,0	8,2	9,4	10,0	11,7	12,8
6	10	0,5	0,7	1,0	1,2	1,5	1,7	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0
	7,50	0,4	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	2,2	2,6	3,1	3,5	3,9	4,4	4,8	5,2	6,1	7,0	8,0	9,0	10,0
	10,50	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	2,0	2,4	2,8	3,1	3,5	3,9	4,3	4,7	5,4	6,2	7,2	8,2	9,2
	15	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,2	1,4	1,8	2,1	2,5	2,9	3,3	3,6	4,0	4,3	5,1	5,8	7,2	9,0	10,9
	24	0,3	0,5	0,7	0,8	1,0	1,2	1,3	1,7	2,1	2,3	2,7	3,0	3,4	3,7	4,0	4,7	5,4	6,7	8,4	10,1
7,20	36	0,5	0,7	1,0	1,2	1,5	1,7	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	7,0	8,0	10,0	12,5	15,0
	9	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	1,7	2,1	2,5	2,9	3,3	3,7	4,1	4,5	4,9	5,8	6,6	8,2	10,3	12,4
	13,50	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,4	1,8	2,2	2,5	2,9	3,3	3,6	4,0	4,3	5,1	5,8	7,2	9,1	10,9
	18	0,3	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,3	1,7	2,0	2,3	2,7	3,0	3,4	3,7	4,0	4,7	5,4	6,7	8,4	10,1
	27	0,3	0,5	0,6	0,8	0,9	1,1	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3,0	3,3	3,6	4,2	4,8	6,0	7,5	9,0
7,20	48	0,3	0,4	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,4	1,7	2,0	2,3	2,6	2,9	3,2	3,4	4,0	4,6	5,7	7,2	8,6
	7,20	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	1,7	2,1	2,5	2,9	3,3	3,7	4,1	4,5	5,0	5,8	6,7	8,2	10,3	12,4
	9,60	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,8	2,2	2,6	2,9	3,3	3,6	4,0	4,3	5,1	5,8	7,2	9,0	11,0
	15	0,3	0,4	0,6	0,8	0,9	1,1	1,2	1,5	1,8	2,2	2,5	2,8	3,2	3,5	3,8	4,4	5,0	6,2	7,8	9,4
	26,30	0,3	0,4	0,6	0,8	0,9	1,1	1,2	1,5	1,8	2,2	2,5	2,8	3,2	3,5	3,8	4,4	5,0	6,2	7,8	9,4
7,20	48	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,7	1,9	2,1	2,4	2,6	2,8	3,3	3,8	4,7	5,9	7,1

RELACIONES DE CAVIDAD

9	9	0,3	0,5	0,7	0,8	1,0	1,2	1,3	1,7	2,0	2,3	2,7	3,0	3,3	3,7	4,0	4,7	5,4	6,7	8,4	10,0	
	13,50	0,3	0,4	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,4	1,7	1,9	2,2	2,5	2,7	3,0	3,3	3,8	4,4	5,5	6,9	8,2	
	18	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,5	1,7	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0	3,5	4,0	5,0	6,2	7,4	
	27	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	1,3	1,6	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	3,1	3,6	4,5	5,6	7,1	
	45	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,8	3,2	4,0	5,0	5,9	
60	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,0	2,2	2,6	3,0	3,7	4,7	5,6		
10,80	10,80	0,3	0,4	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,4	1,7	1,9	2,2	2,5	2,8	3,0	3,3	3,9	4,4	5,5	6,9	8,3	
	15	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,7	1,9	2,1	2,5	2,6	2,9	3,3	3,8	4,8	5,9	7,2	
	22,50	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,3	2,5	2,9	3,3	4,1	5,1	6,1	
	30	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,6	3,0	3,8	4,7	5,7	
	45	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,4	2,8	3,5	4,3	5,2	
60	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,3	2,6	3,1	4,1	4,9		
12,60	12,60	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,9	2,1	2,4	2,6	2,8	3,3	3,8	4,7	5,9	7,1	
	18	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,8	3,2	4,0	5,0	6,0	
	27	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,4	2,8	3,5	4,4	5,2	
	42	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	1,9	2,2	2,5	3,1	3,9	4,6	
	60	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,0	1,1	1,3	1,4	1,6	1,7	2,0	2,3	2,9	3,6	4,3	
90	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,7	0,8	0,9	1,1	1,3	1,4	1,5	1,7	1,9	2,2	2,8	3,5	4,2		
15	15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,8	3,2	4,0	5,0	6,0	
	21	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,0	1,2	1,4	1,5	1,7	1,9	2,0	2,4	2,7	3,4	4,3	5,1	
	30	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,0	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	2,1	2,4	3,0	3,7	4,5	
	45	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,7	0,8	0,9	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,9	2,1	2,7	3,3	4,0	
	90	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3	1,4	1,6	1,9	2,3	2,9	3,5	
18	18	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,3	1,5	1,7	1,8	2,0	2,3	2,7	3,3	4,2	5,0	
	30	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,7	0,8	0,9	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,9	2,1	2,7	3,3	4,0	
	45	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,4	1,6	1,9	2,3	2,9	3,5	
	90	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,6	2,0	2,5	3,0	
22,50	22,50	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,7	0,8	0,9	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,9	2,1	2,7	3,3	4,0	
	30	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,7	2,2	2,7	3,3	
	60	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3	1,5	1,8	2,3	2,7	
	90	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,7	2,1	2,5	
30	30	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,6	2,0	2,5	3,0	
	60	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,5	1,9	2,2	
	90	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,1	1,3	1,7	2,0	
	45	45	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,1	1,3	1,7	2,0
90	90	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,5	
60	60	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,5
	90	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,5
90	90	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2
150	150	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8

En el caso de recintos de forma irregular, la relación de cavidad se calcula con la formula:

$$R_c = \frac{2,5 \times P \times H}{S} \quad (6.11)$$

Donde:

P : Perímetro de la cavidad
H : Altura de la cavidad
S : Area de la base de la cavidad

Luego se determina las reflectancias de las cavidades. La reflectancia efectiva de la cavidad de techo (ρ_{CT}) se obtiene de la combinación de la reflectancia del techo (ρ_T) y la reflectancia de las paredes correspondiente a la parte de la pared que está por encima de las luminarias (ρ_{PaT}), mediante la utilización de la tabla (6.3)

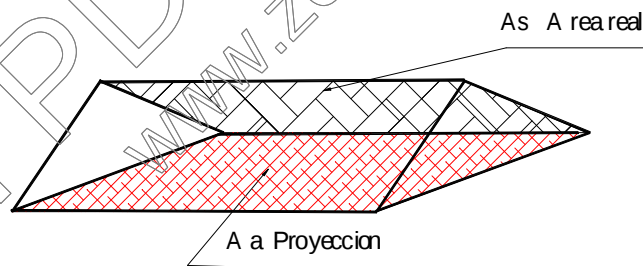
Para luminarias embutidas o montadas en la superficie del techo ($H_{CT}=0$). La reflectancia efectiva de la cavidad de techo (ρ_{CT}) es la propia reflectancia del techo (ρ_T).

En el caso de techos no horizontales, como el caso de muchos galpones industriales el valor de (ρ_{CT}) esta dado por la formula:

$$r_{CT} = \frac{r_T \times Aa}{As - (r_T \times As) + (r_T \times Aa)} \quad (6.12)$$

Donde:

Aa : Area de la proyección horizontal del techo
As : Area de la superficie del techo
 ρ_T : Debe tenerse en tanto por uno



(Fig. 6.5) Area de proyección de una superficie no plana

La reflectancia efectiva de la cavidad de piso (ρ_{CP}) se obtiene de la combinación de la reflectancia de piso (ρ_P) y la reflectancia de las paredes correspondiente a la parte de la pared que esta por debajo del plano de trabajo (ρ_{PaP}), mediante la utilización de la tabla (6.3).

REFLECTANCIAS EFECTIVAS DE CAVIDAD

Reflectancia base (de techo) en %		90						80						70						60						50										
Reflectancia de las paredes en %		90	80	70	50	30	10	0	90	80	70	50	30	10	0	90	80	70	50	30	10	0	90	80	70	50	30	10	0	90	80	70	50	30	10	0
RELACION DE CAVIDAD	0,2	89	88	88	86	85	84	82	79	78	78	77	76	74	72	70	69	68	67	66	65	64	60	59	59	58	56	55	53	50	50	49	48	47	46	44
	0,4	88	87	86	84	81	79	76	79	77	76	74	72	70	68	69	68	67	65	63	61	58	60	59	59	57	54	52	50	50	49	48	47	45	44	42
	0,6	87	86	84	80	77	74	73	78	76	75	71	68	65	57	69	67	65	63	59	57	54	60	58	57	55	51	50	46	50	48	47	45	43	41	38
	0,8	87	85	82	77	73	69	67	78	75	73	69	65	61	57	68	66	64	60	56	53	50	59	57	56	54	48	46	43	50	48	47	44	40	38	36
	1,0	86	83	80	75	69	64	62	77	74	72	67	62	57	55	68	65	62	58	53	50	47	59	57	55	51	45	43	41	50	48	46	43	38	36	34
	1,5	85	80	76	68	61	55	51	75	72	68	61	54	49	46	67	62	59	54	46	42	40	59	55	52	46	40	37	34	50	47	45	40	34	31	26
	2,0	83	77	72	62	53	47	43	74	69	64	56	48	41	38	66	60	56	49	40	36	33	58	54	50	43	35	31	29	50	46	43	37	30	26	24
	2,5	82	75	68	57	47	40	36	73	67	61	51	42	35	32	65	60	54	45	36	31	29	58	53	47	39	30	25	23	50	46	41	35	27	22	21
	3,0	80	72	64	52	42	34	30	72	65	58	47	37	30	27	64	58	52	42	32	27	24	57	52	46	37	28	23	20	50	45	40	32	24	19	17
	3,5	79	70	61	48	37	31	26	71	63	55	43	33	26	24	63	57	50	38	29	23	21	57	50	44	35	25	20	17	50	44	39	30	22	17	15
4,0	77	69	58	44	33	25	22	70	61	53	40	30	22	20	63	55	48	26	26	20	17	57	49	42	32	23	18	14	50	44	38	28	20	13	12	
5,0	75	59	53	38	28	20	16	68	58	48	35	25	18	14	61	52	44	31	22	16	12	56	48	40	28	20	14	11	50	42	35	25	17	12	09	
6,0	73	61	49	34	24	16	11	66	55	44	31	22	15	10	60	51	41	28	19	13	09	55	45	37	25	17	11	07	50	42	34	23	15	10	08	
8,0	68	55	42	27	18	12	06	62	50	38	25	17	11	05	57	46	35	23	15	10	05	53	42	33	22	14	08	04	49	40	30	19	12	07	03	
10,6	65	51	36	22	15	09	04	59	46	33	21	14	08	03	55	43	31	19	12	08	03	51	39	29	18	11	07	02	47	37	27	17	10	06	02	
Reflectancia base (de techo) en %		40						30						20						10						0										
Reflectancia de las paredes en %		90 <th>80</th> <th>70</th> <th>50</th> <th>30</th> <th>10</th> <th>0</th> <th>90</th> <th>80</th> <th>70</th> <th>50</th> <th>30</th> <th>10</th> <th>0</th> <th>90</th> <th>80</th> <th>70</th> <th>50</th> <th>30</th> <th>10</th> <th>0</th> <th>90</th> <th>80</th> <th>70</th> <th>50</th> <th>30</th> <th>10</th> <th>0</th> <th>90</th> <th>80</th> <th>70</th> <th>50</th> <th>30</th> <th>10</th> <th>0</th>	80	70	50	30	10	0	90	80	70	50	30	10	0	90	80	70	50	30	10	0	90	80	70	50	30	10	0	90	80	70	50	30	10	0
RELACION DE CAVIDAD	0,2	40	40	39	39	38	36	36	31	31	30	29	29	28	27	21	20	20	20	19	19	17	11	11	11	10	10	09	09	02	02	02	01	01	00	0
	0,4	41	40	39	38	36	34	34	31	31	30	29	29	26	25	22	21	20	20	19	18	16	12	11	11	11	10	09	08	04	03	03	02	01	00	0
	0,6	41	40	39	37	34	32	31	32	31	30	28	26	25	23	23	21	21	19	18	17	15	13	13	12	11	10	08	08	05	05	04	03	02	01	0
	0,8	41	40	38	36	33	31	29	32	31	30	28	25	23	22	24	22	21	19	18	16	14	15	14	13	11	10	08	07	07	06	05	04	02	01	0
	1,0	42	30	38	34	32	29	27	33	32	30	27	24	22	20	25	23	22	19	17	15	13	16	14	13	12	10	08	07	08	07	06	04	02	01	0
	1,5	42	39	37	32	28	24	22	34	33	30	25	22	18	17	26	24	22	18	16	13	11	18	16	15	12	10	07	06	11	10	08	06	03	01	0
	2,0	42	39	36	31	25	21	19	35	33	29	24	20	16	14	28	25	23	18	15	11	09	20	18	16	13	09	06	05	14	12	10	07	04	01	0
	2,5	43	39	35	29	23	18	12	36	32	29	24	18	14	12	29	26	23	18	14	10	08	22	20	17	13	09	05	04	16	14	12	08	05	02	0
	3,0	43	39	35	27	21	16	13	37	33	29	22	17	12	10	30	27	23	17	13	09	07	24	21	18	13	09	05	03	18	16	13	09	05	02	0
	3,5	44	39	34	26	20	14	12	38	33	29	21	15	10	09	32	27	23	17	12	08	05	26	22	19	13	09	05	03	20	17	15	10	05	02	0
4,0	44	38	33	25	18	12	10	38	33	28	21	14	09	07	33	28	23	17	11	07	07	27	23	20	14	09	04	02	22	18	15	10	05	02	0	
5,0	45	38	31	22	15	10	07	39	33	28	19	13	08	05	35	29	24	16	10	06	04	30	25	20	14	08	04	02	25	21	17	11	06	02	0	
6,0	44	37	30	20	13	08	05	39	33	27	18	11	06	04	36	30	24	16	10	05	02	31	26	21	14	08	03	01	27	23	18	12	06	02	0	
8,0	44	35	28	18	11	06	03	40	33	26	16	09	04	02	37	30	23	15	08	03	01	33	27	21	13	07	03	01	30	25	20	12	06	02	0	
10,6	43	34	25	15	08	05	02	40	32	24	14	08	03	01	37	29	22	13	07	03	01	34	28	21	12	07	02	01	31	25	20	12	06	02	0	

REFLECTANCIAS EFECTIVAS DE CAVIDAD

7/5

(Tab. 6.3) Reflectancias efectivas de cavidad

Con la información de la tabla (6.4) entramos en las tablas (6.5), que tomando en cuenta los valores de la reflectancia efectiva de la cavidad de techo (ρ_{CT}), la reflectancia de las paredes (ρ_{Pa}), la relación de cavidad de local (R_{CL}) y el tipo de luminaria utilizada, nos suministra el factor de utilización.

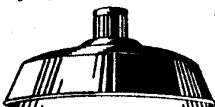
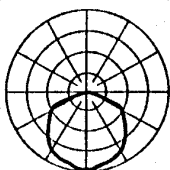
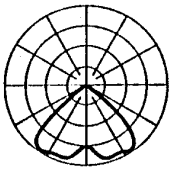
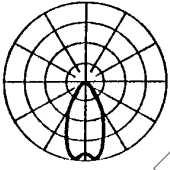
REFLECTANCIAS TÍPICAS CON LUZ BLANCA

COLORES	REFLECTANCIA	MATERIALES	REFLECTANCIA
Blanco	75 – 85	Espejo metálico	80 – 90
Crema claro	70 – 75	Plástico matizado	75 – 85
Amarillo claro	65 – 75	Aluminio pulido	65 – 85
Plomo claro	55 – 75	Acero inoxidable	55 – 65
Verde claro	55 – 65	Hierro esmaltado	60 – 90
Azul claro	50 – 60	Blanco sintético	70 – 85
Plomo medio	40 – 55	Concreto	40 – 50
Verde medio	40 – 50	Estuco	70 – 80
Azul medio	35 – 50	Ladrillos	10 – 40
Rojo	10 – 20	Asfalto	4 – 10

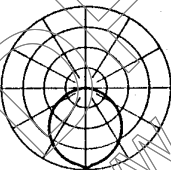
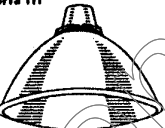
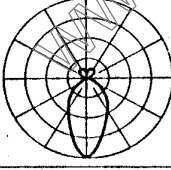
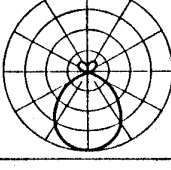
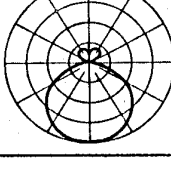
(Tab. 6.4) Reflectancias típicas con luz blanca

Las tablas (6.5) suministran los factores de utilización para reflectancias efectivas de cavidad de piso (ρ_{CP}) de 20%. Para otros valores de (ρ_{CP}) es necesario hacer una corrección de F_U a través de los valores indicados en la tabla (6.6).

COEFICIENTES DE UTILIZACION

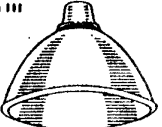
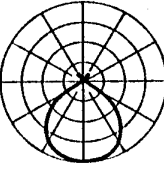
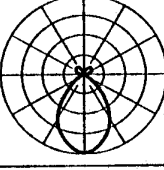
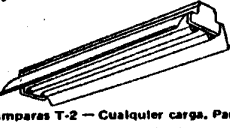
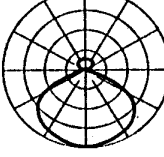
COEFICIENTES DE UTILIZACION													
LUMINARIA	DISTRIBUCION	Separación no superior a	Reflectancias										
			Cavidad del techo	80 %			50 %			10 %			0 %
				Paredes			50% 30% 10%			50% 30% 10%			0 %
			RCL:	COEFICIENTES DE UTILIZACION									
Categoría III  Reflector de cúpula ventilado	0 ↓ 79 	1,3 x Altura de montaje	1	8,50	8,20	7,90	7,90	7,70	7,50	7,30	7,20	7,10	6,90
			2	7,40	6,90	6,50	7,00	6,60	6,20	6,50	6,20	5,90	5,80
			3	6,50	6,00	5,40	6,20	5,70	5,30	5,70	5,40	5,10	4,90
			4	5,80	5,10	4,60	5,50	4,90	4,50	5,10	4,70	4,40	4,20
			5	5,00	4,40	3,80	4,70	4,20	3,70	4,50	4,00	3,60	3,50
			6	4,40	3,80	3,30	4,30	3,60	3,20	4,00	3,50	3,20	3,00
			7	4,00	3,30	2,80	3,80	3,30	2,80	3,60	3,20	2,70	2,60
			8	3,60	2,90	2,40	3,40	2,80	2,40	3,20	2,70	2,30	2,20
			9	3,30	2,50	2,00	3,10	2,30	2,00	2,90	2,40	2,00	1,80
			10	2,90	2,20	1,80	2,80	2,20	1,80	2,60	2,10	1,80	1,70
Categoría I  Lámpara reflectora de filamento R-52 Haz ancho, 500 y 750 W	0 ↓ 100 	1,5 x Altura de montaje	1	10,80	10,50	10,20	10,10	9,90	9,70	9,40	9,30	9,10	8,90
			2	9,80	9,30	8,90	9,30	8,90	8,60	8,80	8,50	8,20	8,00
			3	8,90	8,30	7,80	8,50	8,00	7,60	8,00	7,60	7,30	7,10
			4	8,10	7,40	6,80	7,70	7,20	6,70	7,30	6,90	6,50	6,40
			5	7,30	6,60	6,00	7,00	6,40	5,90	5,60	6,20	5,80	5,60
			6	6,70	5,90	5,30	6,40	5,80	5,20	6,10	5,60	5,20	5,00
			7	6,00	5,20	4,70	5,80	5,10	4,60	5,50	5,00	4,60	4,50
			8	5,40	4,60	4,00	5,20	4,50	4,00	4,90	4,40	4,00	3,80
			9	4,80	4,00	3,50	4,60	3,90	3,50	4,40	3,80	3,40	3,30
			10	4,30	3,60	3,00	4,20	3,50	3,00	4,00	3,40	3,00	2,80
Categoría I  Lámpara reflectora de filamento R-57. Haz estrecho — 500 y 750 W	0 ↓ 100 	1,6 Altura de montaje	1	11,00	10,80	10,50	10,40	10,20	10,00	9,70	9,60	9,50	9,30
			2	10,20	9,80	9,40	9,70	9,40	9,10	9,10	8,90	8,80	8,60
			3	9,50	9,00	8,50	9,10	8,70	8,30	8,60	8,30	8,10	7,90
			4	8,80	8,20	7,80	8,50	8,00	7,60	8,10	7,70	7,50	7,30
			5	8,20	7,60	7,10	7,90	7,40	7,00	7,60	7,20	6,90	6,70
			6	7,70	7,00	6,50	7,40	6,90	6,50	7,20	6,80	6,40	6,30
			7	7,10	6,50	6,10	6,90	6,40	6,00	6,70	6,30	6,00	5,80
			8	6,60	6,00	5,60	6,50	5,90	5,50	6,30	5,80	5,50	5,40
			9	6,20	5,50	5,10	6,00	5,50	5,10	5,90	5,40	5,00	4,90
			10	5,80	5,10	4,70	5,60	5,10	4,70	5,50	5,00	4,60	4,50

COEFICIENTES DE UTILIZACION

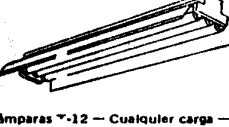
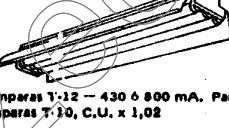
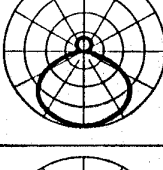
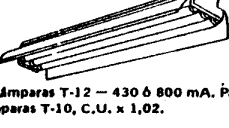
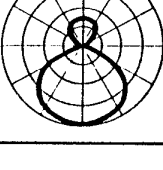
Categoría III  Ventilada, de porcelana esmaltada bajas alturas. Lámpara de vapor revestida de fósforo 400 W.	0 ↓ 76	 1,2 x Altura de montaje	1	8,10	7,80	7,60	7,60	7,40	7,20	7,10	6,90	6,80	6,70
			2	7,30	6,90	6,50	6,90	6,60	6,30	6,40	6,20	6,00	5,90
			3	6,50	6,00	5,60	6,20	5,80	5,50	5,80	5,50	5,30	5,10
			4	5,90	5,30	4,90	5,60	5,20	4,80	5,30	5,00	4,70	4,50
			5	5,30	4,70	4,30	5,10	4,60	4,20	4,80	4,40	4,10	4,00
			6	4,80	4,20	3,80	4,60	4,10	3,70	4,40	4,00	3,70	3,50
			7	3,90	3,30	2,90	4,10	3,60	3,20	3,90	3,60	3,20	3,10
			8	3,60	3,00	2,60	3,80	3,20	2,80	3,60	3,20	2,80	2,70
			9	3,20	2,70	2,30	3,40	2,90	2,50	3,30	2,80	2,50	2,40
			10	3,10	2,90	2,30	3,10	2,90	2,30	3,00	2,80	2,20	2,10
Categoría III  Ventilada de aluminio 450 mm, para gran- des alturas. Haz concentrado. Lámpara cla- ra de vapor de 400 W	9 ↓ 77	 7 x Altura de montaje	1	9,30	9,00	8,80	8,50	8,30	8,20	7,60	7,50	7,40	7,20
			2	8,60	8,20	7,90	7,90	7,70	7,40	7,20	7,00	6,90	6,70
			3	7,90	7,50	7,10	7,40	7,00	6,80	6,80	6,50	6,40	6,20
			4	7,40	6,90	6,50	6,90	6,50	6,20	6,40	6,10	5,90	5,70
			5	6,80	6,30	5,90	6,40	6,00	5,70	6,00	5,70	5,40	5,30
			6	6,30	5,80	5,40	6,00	5,60	5,20	5,60	5,30	5,00	4,90
			7	5,90	5,30	4,90	5,60	5,10	4,80	5,20	4,90	4,60	4,50
			8	5,50	4,90	4,50	5,20	4,70	4,40	4,90	4,50	4,30	4,10
			9	5,00	4,50	4,10	4,80	4,30	4,00	4,50	4,20	3,90	3,80
			10	4,70	4,10	3,80	4,50	4,00	3,70	4,20	3,80	3,50	3,50
Categoría III  Ventilada de aluminio 450 mm grandes altu- ras. Haz medio. Lámpara de vapor revestida, 400 W.	10 ↓ 74	 1,2 x Altura de montaje	1	8,80	8,60	8,40	8,00	7,90	7,70	7,10	7,00	6,90	6,70
			2	8,10	8,60	8,40	7,50	7,20	7,00	6,70	6,50	6,40	6,20
			3	7,40	7,70	7,40	6,90	6,50	6,20	6,20	6,00	5,80	5,60
			4	6,80	6,30	5,90	6,40	6,00	5,70	5,80	5,50	5,30	5,10
			5	6,30	5,70	5,30	5,90	5,50	5,10	5,40	5,10	4,90	4,70
			6	5,80	5,20	4,80	5,40	5,00	4,60	5,00	4,70	4,40	4,30
			7	5,30	4,70	4,30	5,00	4,50	4,20	4,60	4,30	4,00	3,90
			8	4,80	4,30	3,90	4,60	4,10	3,80	4,20	3,90	3,60	3,50
			9	4,40	3,90	3,50	4,20	3,70	3,40	3,90	3,50	3,30	3,10
			10	4,10	3,50	3,10	3,90	3,40	3,00	3,60	3,20	3,00	2,80
Categoría III  Ventilada de porcelana esmaltada, 675 mm. Lámpara de vapor revestida de fósforo, 1000 W.	11 ↓ 73	 1,3 x Altura de montaje	1	8,60	8,30	8,00	7,80	7,60	7,30	6,80	6,70	6,50	6,30
			2	7,70	7,20	6,80	7,00	6,60	6,30	6,10	5,90	5,70	5,50
			3	6,80	6,20	5,70	6,20	5,80	5,40	5,50	5,20	4,90	4,70
			4	6,10	5,50	4,90	5,60	5,10	4,70	5,00	4,60	4,30	4,10
			5	5,50	4,80	4,20	5,00	4,50	4,10	4,50	4,10	3,80	3,60
			6	4,90	4,20	3,70	4,50	3,90	3,50	4,00	3,60	3,30	3,10
			7	4,30	3,60	3,10	4,00	3,40	3,00	3,60	3,10	2,80	2,60
			8	3,90	3,20	2,80	3,60	3,00	2,60	3,20	2,80	2,50	2,30
			9	3,50	2,80	2,40	3,30	2,70	2,30	2,90	2,50	2,20	2,00
			10	3,20	2,50	2,10	2,90	2,40	2,00	2,60	2,20	1,90	1,70

COEFICIENTES DE UTILIZACION

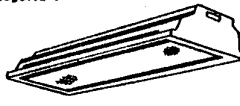
(Tab. 6.5) Coeficientes de utilización

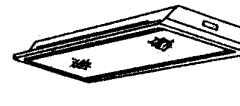
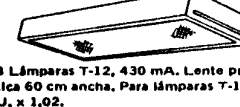
COEFICIENTES DE UTILIZACION														
LUMINARIA	DISTRIBUCION	Separación no superior a	Reflectancias											
			Cavidad del techo	80 %			50 %			10 %			0 %	
				Paredes	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	0 %
					RCL	COEFICIENTES DE UTILIZACION								
 Ventilada de aluminio 675 mm grandes alturas. Haz medio. Lámpara de vapor revestida de fósforo, 1.000 W.	 7 ↑ ↓ 79	1,0 x Altura de montaje	1	9,10	8,80	8,60	8,40	8,20	8,00	7,50	7,40	7,30	7,10	
			2	8,30	7,80	7,50	7,70	7,30	7,10	7,00	6,70	6,60	6,40	
			3	7,50	6,90	6,50	7,00	6,50	6,20	6,40	6,10	5,80	5,60	
			4	6,80	6,20	5,70	6,30	5,80	5,50	5,80	5,50	5,20	5,00	
			5	6,10	5,50	5,00	5,70	5,20	4,80	5,30	4,90	4,60	4,40	
			6	5,50	4,90	4,40	5,20	4,70	4,30	4,80	4,40	4,10	3,90	
			7	5,00	4,30	3,80	4,70	4,10	3,70	4,30	3,90	3,60	3,40	
			8	4,50	3,90	3,40	4,30	3,70	3,30	3,90	3,50	3,20	3,00	
			9	4,10	3,40	3,00	3,90	3,30	2,90	3,60	3,20	2,80	2,70	
			10	3,70	3,10	2,70	3,50	3,00	2,60	3,30	2,80	2,50	2,40	
 Ventilada de aluminio 675 mm grandes alturas. Lámpara de vapor revestida de fósforo, 1.000 W.	 12 ↑ ↓ 73	1,3 x Altura de montaje	1	9,00	8,80	8,60	8,10	8,00	7,80	7,10	7,00	7,00	6,70	
			2	8,30	7,90	7,60	7,60	7,30	7,10	6,70	6,60	6,40	6,20	
			3	7,70	7,20	6,80	7,00	6,70	6,40	6,30	6,10	5,90	5,70	
			4	7,10	6,60	6,20	6,60	6,20	5,90	5,90	5,70	5,50	5,30	
			5	6,50	6,00	5,60	6,10	5,70	5,30	5,50	5,20	5,00	4,80	
			6	6,00	5,50	5,00	5,60	5,20	4,80	5,20	4,80	4,60	4,40	
			7	5,50	5,00	4,60	5,20	4,70	4,40	4,80	4,40	4,20	4,00	
			8	5,10	4,50	4,10	4,80	4,30	4,00	4,40	4,10	3,80	3,70	
			9	4,70	4,10	3,80	4,40	4,00	3,70	4,10	3,80	3,50	3,40	
			10	4,40	3,80	3,40	4,10	3,70	3,30	3,80	3,50	3,20	3,10	
 2 Lámparas T-2 — Cualquier carga. Para Lámparas T-10 — C.U. x 1,02.	 10 ↑ ↓ 75	1,3 x Altura de montaje	1	8,80	8,40	8,10	7,90	7,70	7,40	6,90	6,80	6,60	6,40	
			2	7,70	7,10	6,60	7,00	6,50	6,20	6,10	5,90	5,60	5,40	
			3	6,80	6,10	5,60	6,10	5,60	5,20	5,40	5,10	4,80	4,60	
			4	6,00	5,20	4,70	5,40	4,90	4,40	4,80	4,40	4,10	3,90	
			5	5,20	4,50	3,90	4,80	4,20	3,70	4,30	3,80	3,50	3,30	
			6	4,70	3,90	3,40	4,30	3,70	3,20	3,80	3,40	3,00	2,80	
			7	4,20	3,40	2,90	3,80	3,20	2,80	3,40	3,00	2,60	2,40	
			8	3,70	3,00	2,50	3,40	2,80	2,40	3,10	2,60	2,20	2,10	
			9	3,30	2,60	2,10	3,10	2,50	2,10	2,80	2,30	1,90	1,80	
			10	3,00	2,30	1,90	2,80	2,20	1,80	2,50	2,00	1,70	1,50	

COEFICIENTES DE UTILIZACION

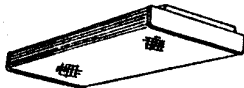
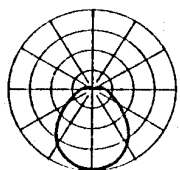
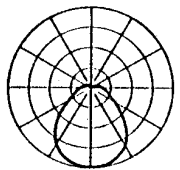
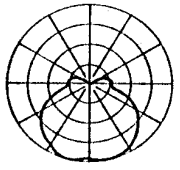
Categoría II  2 Lámparas T-12 — Cualquier carga — Para Lámparas T-10, C.U. x 1,02	17  71	1,3 x Altura de montaje	1	8,80	8,50	8,10	7,70	7,50	7,30	6,50	6,40	6,20	5,90
			2	7,70	7,10	6,70	6,80	6,40	6,00	5,70	5,50	5,30	5,00
			3	6,80	6,10	5,60	6,00	5,50	5,10	5,10	4,80	4,50	4,20
			4	6,00	5,30	4,70	5,30	4,80	4,30	4,50	4,20	3,80	3,60
			5	5,30	4,50	4,00	4,70	4,10	3,60	4,00	3,60	3,30	3,00
			6	4,70	3,90	3,40	4,20	3,60	3,10	3,60	3,10	2,80	2,60
			7	4,20	3,40	2,90	3,80	3,10	2,70	3,20	2,80	2,40	2,20
			8	3,80	3,00	2,50	3,40	2,80	2,30	2,90	2,40	2,10	1,90
			9	3,40	2,60	2,20	3,00	2,40	2,00	2,60	2,10	1,80	1,60
			10	3,10	2,40	1,90	2,60	2,20	1,80	2,40	1,90	1,60	1,40
Categoría II  2 Lámparas T-12 — Cualquier carga Protección central. Para Lámparas T-10, C.U. x 1,02	18  66	1,3 x Altura de montaje	1	8,40	8,10	7,80	7,40	7,20	7,00	6,10	6,00	5,90	5,60
			2	7,50	7,00	6,50	6,60	6,20	5,90	5,50	5,30	5,10	4,80
			3	6,60	6,00	5,60	5,90	5,40	5,10	4,90	4,70	4,40	4,20
			4	5,90	5,20	4,70	5,20	4,70	4,30	4,40	4,10	3,80	3,60
			5	5,20	4,50	4,00	4,60	4,10	3,70	3,90	3,60	3,30	3,10
			6	4,70	4,00	3,50	4,20	3,60	3,20	3,60	3,20	2,90	2,70
			7	4,20	3,50	3,00	3,70	3,20	2,80	3,20	2,80	2,50	2,30
			8	3,80	3,10	2,60	3,40	2,80	2,40	2,90	2,50	2,20	2,00
			9	3,40	2,70	2,20	3,00	2,50	2,10	2,60	2,20	1,90	1,70
			10	3,10	2,40	2,00	2,70	2,20	1,80	2,30	1,90	1,70	1,50
Categoría III  Lámparas T-12 — 430 ó 800 mA. Para Lámparas T-10, C.U. x 1,02	9  74	1,3 x Altura de montaje	1	8,60	8,30	8,00	7,80	7,60	7,30	6,90	6,70	6,60	6,40
			2	7,50	7,00	6,60	6,90	6,50	6,10	6,10	5,80	5,60	5,40
			3	6,70	6,00	5,50	6,10	5,60	5,20	5,40	5,10	4,80	4,60
			4	3,90	5,20	4,70	5,40	4,90	4,40	4,80	4,50	4,10	3,90
			5	5,20	4,50	3,90	4,80	4,20	3,80	4,30	3,90	3,50	3,30
			6	4,60	3,90	3,40	4,30	3,70	3,20	3,80	3,40	3,00	2,80
			7	4,10	3,40	2,90	3,80	3,20	2,80	3,40	3,00	2,60	2,50
			8	3,70	3,00	2,50	3,40	2,80	2,40	3,10	2,60	2,30	2,10
			9	3,30	2,60	2,20	3,10	2,50	2,10	2,80	2,30	2,00	1,80
			10	3,00	2,30	1,90	2,80	2,20	1,80	2,50	2,10	1,70	1,60
Categoría II  3 Lámparas T-12 — 430 ó 800 mA. Para Lámparas T-10, C.U. x 1,02.	15  69	1,3 x Altura de montaje	1	8,50	8,20	7,90	7,60	7,30	7,10	6,40	6,30	6,20	5,90
			2	7,50	7,00	6,50	6,70	6,30	5,90	5,70	5,50	5,20	5,00
			3	6,60	6,00	5,50	5,90	5,40	5,00	5,10	4,80	4,50	4,20
			4	5,90	5,20	4,60	5,20	4,70	4,30	4,50	4,10	3,80	3,60
			5	5,10	4,40	3,90	4,60	4,00	3,60	4,00	3,60	3,30	3,00
			6	4,60	3,90	3,30	4,10	3,50	3,10	3,60	3,10	2,80	2,60
			7	4,10	3,40	2,90	3,70	3,20	2,70	3,20	2,80	2,40	2,30
			8	3,70	3,00	2,50	3,30	2,70	2,30	2,90	2,40	2,10	1,90
			9	3,30	2,60	2,10	3,00	2,40	2,00	2,60	2,10	1,80	1,60
			10	3,00	2,30	1,90	2,70	2,10	1,80	2,30	1,90	1,60	1,40

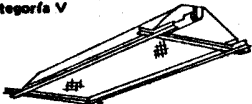
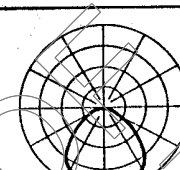
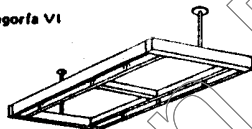
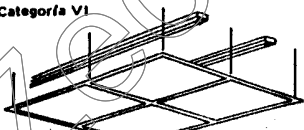
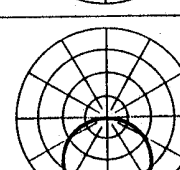
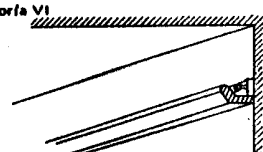
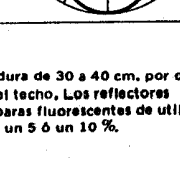
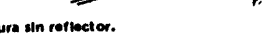
(Tab. 6.5) Coeficientes de utilización (continuación)

COEFICIENTES DE UTILIZACION														
LUMINARIA	DISTRIBUCION	Separación no superior a	Reflectancias											
			Cavidad del techo	80 %			50 %			10 %			0%	
				Paredes	50 %	30 %	10 %	50 %	30 %	10 %	50 %	30 %	10 %	0%
Categoría V	12 ↓ 60	1,5 x Altura de montaje	1	7,00	6,60	6,30	6,20	5,90	5,70	5,20	5,10	4,90	4,70	
 2 Lámparas T-12 430 mA. Para 800 mA, C.U. x 0,96.			2	6,00	5,40	5,00	5,30	4,90	4,60	4,50	4,20	4,00	3,70	
			3	5,20	4,60	4,10	4,60	4,10	3,80	3,90	3,60	3,30	3,10	
			4	4,60	3,90	3,40	4,10	3,60	3,20	3,50	3,10	2,80	2,60	
			5	4,00	3,30	2,80	3,60	3,00	2,60	3,10	2,70	2,40	2,20	
			6	3,60	2,90	2,40	3,20	2,60	2,20	2,70	2,30	2,00	1,80	
			7	3,20	2,50	2,10	2,90	2,30	1,90	2,50	2,10	1,70	1,60	
			8	2,90	2,20	1,80	2,60	2,00	1,70	2,20	1,80	1,50	1,30	
			9	2,60	1,90	1,50	2,30	1,80	1,40	2,00	1,60	1,30	1,10	
			10	2,30	1,70	1,30	2,10	1,60	1,20	1,40	1,40	1,10	1,00	
Categoría V	0 ↓ 59	1,2 x Altura de montaje	1	6,30	6,10	5,90	5,90	5,80	5,60	5,50	5,40	5,30	5,20	
 2 Lámparas T-12 430 mA. Lente prismática 30 cm ancha. Para lámparas T-10, C.U. x 1,02			2	5,70	5,40	5,10	5,40	5,10	4,90	5,00	4,90	4,70	4,60	
			3	5,10	4,80	4,40	4,90	4,60	4,30	4,60	4,40	4,20	4,10	
			4	4,60	4,20	3,90	4,40	4,10	3,80	4,20	3,90	3,70	3,60	
			5	4,20	3,70	3,40	4,00	3,60	3,40	3,80	3,50	3,30	3,20	
			6	3,80	3,40	3,00	3,70	3,30	3,00	3,50	3,20	2,90	2,80	
			7	3,50	3,00	2,70	3,30	2,90	2,70	3,20	2,90	2,60	2,50	
			8	3,10	2,70	2,40	3,00	2,60	2,30	2,90	2,60	2,30	2,20	
			9	2,80	2,40	2,10	2,70	2,30	2,00	2,60	2,30	2,00	1,90	
			10	2,60	2,10	1,80	2,50	2,10	1,80	2,40	2,00	1,80	1,70	
Categoría V	0 ↓ 68	1,2 x Altura de montaje	1	7,30	7,10	6,80	6,90	6,70	6,60	6,40	6,20	6,10	6,00	
 2 Lámparas T-12, 430 mA. Lente prismática 60 cm ancha. Para lámparas T-10, C.U. x 1,01.			2	6,60	6,20	5,90	6,20	5,90	5,70	5,80	5,60	5,50	5,30	
			3	5,90	5,50	5,10	5,60	5,30	5,00	5,30	5,00	4,80	4,70	
			4	5,30	4,80	4,50	5,10	4,70	4,40	4,80	4,50	4,30	4,10	
			5	4,80	4,30	3,90	4,60	4,20	3,90	4,40	4,00	3,80	3,60	
			6	4,40	3,80	3,40	4,20	3,70	3,40	4,00	3,60	3,30	3,20	
			7	3,90	3,40	3,00	3,80	3,30	3,00	3,60	3,20	3,00	2,80	
			8	3,60	3,00	2,60	3,40	3,00	2,60	3,30	2,90	2,60	2,50	
			9	3,20	2,70	2,30	3,10	2,60	2,30	2,90	2,50	2,30	2,10	
			10	2,90	2,40	2,00	2,80	2,30	2,00	2,70	2,30	2,00	1,90	

Categoría V	0 ↓ 62	1,2 x Altura de montaje	1	6,60	6,40	6,20	6,20	6,10	5,90	5,80	5,70	5,60	5,50
 4 Lámparas T-12, 430 mA. Lente prismática 60 cm ancha. Para lámparas T-10, C. U. x 1,02.			2	6,00	5,60	5,30	5,60	5,40	5,20	5,30	5,10	4,90	4,80
			3	5,40	5,00	4,60	5,10	4,80	4,50	4,80	4,60	4,40	4,30
			4	4,90	4,40	4,10	4,60	4,30	4,00	4,40	4,10	3,90	3,80
			5	4,40	3,90	3,50	4,20	3,80	3,50	4,00	3,70	3,40	3,30
			6	4,00	3,50	3,10	3,80	3,40	3,10	3,60	3,30	3,10	2,90
			7	3,60	3,10	2,80	3,50	3,00	2,70	3,30	3,00	2,70	2,60
			8	3,20	2,80	2,40	3,10	2,70	2,40	3,00	2,60	2,40	2,30
			9	2,90	2,40	2,10	2,80	2,40	2,10	2,70	2,30	2,10	2,00
			10	2,70	2,20	1,90	2,60	2,30	1,90	2,50	2,10	1,80	1,70
Categoría V	0 ↓ 56	1,2 x Altura de montaje	1	6,00	5,80	5,60	5,60	5,50	5,40	5,20	5,10	5,00	4,90
 6 Lámparas T-12 430 mA. Lente prismática 60 cm ancha. Para lámparas T-10, C. U x 1,05.			2	5,40	5,10	4,80	5,10	4,90	4,70	4,80	4,60	4,50	4,40
			3	4,90	4,50	4,20	4,60	4,30	4,10	4,40	4,10	4,00	3,90
			4	4,40	4,00	3,70	4,20	3,90	3,60	4,00	3,70	3,50	3,40
			5	4,00	3,50	3,20	3,80	3,50	3,20	3,60	3,30	3,10	3,00
			6	3,60	3,20	2,90	3,50	3,10	2,80	3,30	3,00	2,80	2,70
			7	3,30	2,80	2,50	3,20	2,80	2,50	3,00	2,70	2,50	2,40
			8	3,00	2,50	2,20	2,80	2,50	2,20	2,70	2,40	2,20	2,10
			9	2,70	2,20	1,90	2,60	2,20	1,90	2,50	2,10	1,90	1,80
			10	2,40	2,00	1,70	2,30	2,00	1,70	2,20	1,90	1,70	1,60
Categoría V	0 ↓ 55	1,3 x Altura de montaje	1	5,90	5,70	5,50	5,50	5,40	5,20	5,10	5,00	4,90	4,80
 8 Lámparas T-12, 430 mA. Lente prismática 1,20 x 1,20 m. Para lámparas T-10, C. U. x 1,02.			2	5,30	5,00	4,70	5,00	4,80	4,60	4,70	4,50	4,40	4,30
			3	4,80	4,40	4,10	4,50	4,20	4,00	4,30	4,00	3,90	3,80
			4	4,30	3,90	3,60	4,10	3,80	3,50	3,90	3,60	3,40	3,30
			5	3,90	3,50	3,10	3,70	3,40	3,10	3,50	3,20	3,00	2,90
			6	3,50	3,10	2,80	3,40	3,00	2,80	3,20	2,90	2,70	2,60
			7	3,20	2,80	2,50	3,10	2,70	2,50	2,90	2,60	2,40	2,30
			8	2,90	2,50	2,20	2,80	2,40	2,20	2,70	2,40	2,10	2,00
			9	2,60	2,20	1,90	2,50	2,10	1,90	2,40	2,10	1,90	1,80
			10	2,40	2,00	1,70	2,30	1,90	1,70	2,20	1,70	1,60	1,60
Categoría V	2 ↓ 51	1,2 x Altura de montaje	1	5,60	5,40	5,20	5,20	5,00	4,90	4,70	4,60	4,50	4,40
 4 Lámparas T-12, 430 mA. Lente prismática 60 cm ancha. Para lámparas T-10, C. U. x 1,02.			2	5,00	4,70	4,50	4,70	4,40	4,20	4,30	4,10	4,00	3,90
			3	4,50	4,10	3,80	4,20	3,90	3,70	3,90	3,70	3,50	3,40
			4	4,10	3,6	3,40	3,80	3,50	3,20	3,50	3,30	3,10	3,00
			5	3,70	3,20	2,90	3,40	3,10	2,80	3,20	2,90	2,70	2,60
			6	3,30	2,90	2,60	3,10	2,80	2,50	2,90	2,70	2,40	2,30
			7	3,00	2,60	2,30	2,90	2,50	2,20	2,70	2,40	2,20	2,00
			8	2,70	2,30	2,00	2,60	2,20	2,00	2,40	2,10	1,90	1,80
			9	2,50	2,00	1,80	2,30	2,00	1,70	2,20	1,90	1,70	1,60
			10	2,20	1,80	1,60	2,10	1,80	1,50	2,00	1,70	1,50	1,40

(Tab. 6.5) Coeficientes de utilización (continuación)

COEFICIENTES DE UTILIZACION													
LUMINARIA	DISTRIBUCION	Separación no superior a	Reflectancias										
			Cavidad del techo	80 %			70 %			50 %			
				Paredes	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%
Categoría V  2 Lámparas T-12, 430 mA. Envoltura prismática de 30 cm ancho.	 7 ↓ 59	1,2 x Altura de montaje	1	6,80	6,50	6,30	6,50	6,30	6,10	6,10	6,00	5,80	
			2	6,00	5,60	5,30	5,80	5,50	5,20	5,50	5,20	4,90	
			3	5,40	4,90	4,50	5,20	4,80	4,50	5,00	4,60	4,30	
			4	4,90	4,30	4,00	4,70	4,30	3,90	4,50	4,10	3,80	
			5	4,40	3,80	3,40	4,30	3,80	3,40	4,00	3,60	3,30	
			6	4,00	3,40	3,00	3,90	3,40	3,00	3,70	3,20	2,90	
			7	3,60	3,10	2,70	3,50	3,00	2,60	3,30	2,90	2,60	
			8	3,20	2,70	2,40	3,20	2,70	2,30	3,00	2,60	2,30	
			9	2,90	2,40	2,10	2,90	2,40	2,00	2,70	2,30	2,00	
			10	2,70	2,20	1,80	2,60	2,10	1,80	2,50	2,10	1,80	
Categoría V  4 Lámparas T-12, 430 mA. Envoltura prismática de 60 cm de ancho.	 4 ↓ 59	1,2 x Altura de montaje	1	6,60	6,40	6,10	6,40	6,20	6,00	6,10	5,90	5,70	
			2	5,90	5,50	5,20	5,70	5,40	5,10	5,50	5,20	4,90	
			3	5,30	4,80	4,50	5,20	4,80	4,40	4,90	4,60	4,30	
			4	4,80	4,30	3,90	4,70	4,20	3,90	4,50	4,10	3,80	
			5	4,30	3,80	3,40	4,20	3,70	3,40	4,00	3,60	3,30	
			6	3,90	3,40	3,00	3,80	3,40	3,00	3,60	3,20	2,90	
			7	3,50	3,00	2,60	3,40	3,00	2,60	3,30	2,90	2,60	
			8	3,20	2,70	2,30	3,10	2,60	2,30	3,00	2,60	2,30	
			9	2,80	2,40	2,00	2,80	2,30	2,00	2,70	2,30	2,00	
			10	2,60	2,10	1,80	2,50	2,10	1,80	2,50	2,00	1,70	
Categoría I  2 Lámparas desnudas cualquier carga.	 17 ↓ 69	1,6 x Altura de montaje	1	8,30	7,90	7,50	7,90	7,60	7,20	7,30	7,00	6,70	
			2	7,10	6,50	6,00	6,80	6,20	5,70	6,20	5,80	5,40	
			3	6,20	5,50	4,90	5,90	5,30	4,70	5,50	4,90	4,40	
			4	5,50	4,70	4,10	5,20	4,50	3,90	4,80	4,20	3,70	
			5	4,80	4,00	3,40	4,60	3,80	3,30	4,20	3,60	3,10	
			6	4,30	3,50	2,90	4,10	3,30	2,80	3,80	3,10	2,60	
			7	3,80	3,00	2,50	3,60	2,90	2,40	3,40	2,70	2,30	
			8	3,40	2,60	2,10	3,30	2,50	2,10	3,00	2,40	1,90	
			9	3,00	2,30	1,80	3,00	2,30	1,80	2,70	2,10	1,70	
			10	2,80	2,10	1,60	2,70	2,00	1,50	2,50	1,90	1,50	

COEFICIENTES DE UTILIZACION												
Categoría V  1 Lámpara —cualquier carga— lente prismática 60 cm ancha y 30 cm alta.	 0 ↓ 60	1,2 Altura de montaje	1	6,40	6,20	6,00	6,30	6,10	5,90	6,00	5,90	5,70
			2	5,80	5,50	5,20	5,70	5,40	5,10	5,50	5,20	5,00
			3	5,20	4,80	4,50	5,10	4,70	4,40	4,90	4,60	4,40
			4	4,70	4,20	3,90	4,60	4,20	3,90	4,50	4,10	3,80
			5	4,20	3,70	3,00	4,20	3,70	3,40	4,00	3,60	3,40
			6	3,80	3,30	3,00	3,80	3,30	3,00	3,70	3,20	3,00
			7	3,50	3,00	2,60	3,40	3,00	2,60	3,30	2,90	2,60
			8	3,10	2,60	2,30	3,10	2,60	2,30	3,00	2,60	2,30
			9	2,80	2,30	2,00	2,80	2,30	2,00	2,70	2,30	2,00
			10	2,60	2,10	1,80	2,50	2,10	1,80	2,50	2,10	1,80
Categoría VI  2 Lámparas. Cualquier carga. Lados opacos.	 75 ↓ 6	1,5 Altura de montaje	1	6,80	6,50	6,20	5,90	5,60	5,40	4,20	4,10	3,90
			2	5,90	5,40	5,10	5,10	4,80	4,40	3,70	3,50	3,20
			3	5,20	4,60	4,20	4,50	4,00	3,70	3,20	2,90	2,70
			4	4,60	4,00	3,50	4,00	3,50	3,10	2,80	2,50	2,30
			5	4,00	3,40	3,00	3,50	3,00	2,60	2,50	2,20	2,00
			6	3,60	3,00	2,60	3,10	2,70	2,30	2,20	2,00	1,70
			7	3,20	2,60	2,20	2,80	2,30	1,90	2,00	1,70	1,40
			8	2,90	2,30	1,90	2,50	2,00	1,70	1,80	1,50	1,30
			9	2,60	2,00	1,70	2,30	1,80	1,50	1,70	1,30	1,10
			10	2,40	1,80	1,50	2,10	1,60	1,30	1,50	1,20	1,00
Categoría VI  Techo luminoso. Transmisión 50 %. Reflectancia de cavidad 80 %.	 0 ↓ 60	1,5 a 2,0 x Altura de montaje sobre el difusor	1	Para cavidades pintadas de blanco efectiva de techo del 70 por ciento.			6,00	5,80	5,60	5,80	5,60	5,40
			2	"			5,30	4,90	4,50	5,10	4,70	4,30
			3	"			4,70	4,20	3,70	4,50	4,10	3,60
			4	"			4,10	3,60	3,20	3,90	3,50	3,10
			5	"			3,70	3,10	2,70	3,50	3,00	2,60
			6	Para cavidades oscuras de menor reflectancia, usar una reflectancia efectiva de cavidad de techo del 50 %.			3,30	2,70	2,30	3,10	2,60	2,30
			7	"			2,90	2,40	2,00	2,80	2,30	2,00
			8	"			2,60	2,10	1,80	2,50	2,00	1,70
			9	"			2,30	1,80	1,50	2,30	1,80	1,50
			10	"			2,10	1,70	1,30	2,10	1,60	1,30
Categoría VI  Moldura de 30 a 40 cm. por debajo del techo. Los reflectores con lámparas fluorescentes de utilización un 5 ó un 10 %.	 0 ↓ 60		1	4,20	4,00	3,90	3,60	3,50	3,30	2,50	2,40	2,30
			2	3,70	3,40	3,20	3,20	2,90	2,70	2,20	2,00	1,90
			3	3,20	2,90	2,60	2,80	2,50	2,30	1,90	1,70	1,60
			4	2,90	2,50	2,20	2,80	2,20	1,90	1,70	1,50	1,30
			5	2,50	2,10	1,80	2,20	1,90	1,60	1,50	1,30	1,10
			6	2,30	1,90	1,60	2,00	1,60	1,40	1,40	1,20	1,00
			7	2,00	1,70	1,40	1,70	1,40	1,20	1,20	1,00	0,90
			8	1,80	1,50	1,20	1,60	1,30	1,00	1,10	0,90	0,80
			9	1,70	1,30	1,00	1,50	1,10	0,90	1,00	0,80	0,70
			10	1,50	1,20	0,90	1,50	1,00	0,80	0,90	0,70	0,60
Categoría VI  Moldura sin reflector.	 0 ↓ 60		1	4,20	4,00	3,90	3,60	3,50	3,30	2,50	2,40	2,30
			2	3,70	3,40	3,20	3,20	2,90	2,70	2,20	2,00	1,90
			3	3,20	2,90	2,60	2,80	2,50	2,30	1,90	1,70	1,60
			4	2,90	2,50	2,20	2,80	2,20	1,90	1,70	1,50	1,30
			5	2,50	2,10	1,80	2,20	1,90	1,60	1,50	1,30	1,10
			6	2,30	1,90	1,60	2,00	1,60	1,40	1,40	1,20	1,00
			7	2,00	1,70	1,40	1,70	1,40	1,20	1,20	1,00	0,90
			8	1,80	1,50	1,20	1,60	1,30	1,00	1,10	0,90	0,80
			9	1,70	1,30	1,00	1,50	1,10	0,90	1,00	0,80	0,70
			10	1,50	1,20	0,90	1,50	1,00	0,80	0,90	0,70	0,60

(Tab. 6.5) Coeficientes de utilización (continuación)

FACTOR DE CORRECCION PARA REFLECTANCIAS EFECTIVAS DE LA CAVIDAD DEL SUELO DISTINTAS DEL 20 %

Reflectancia efectiva de la cavidad del techo en %	80			70			50			10		
Reflectancia de la pared en %	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10
Relacion de la cavidad del local												
1	1.08	1.08	1.07	1.07	1.06	1.06	1.05	1.04	1.04	1.01	1.01	1.01
2	1.07	1.06	1.05	1.06	1.05	1.04	1.04	1.03	1.03	1.01	1.01	1.01
3	1.05	1.04	1.03	1.05	1.04	1.03	1.03	1.03	1.02	1.01	1.01	1.01
4	1.05	1.03	1.02	1.04	1.03	1.02	1.03	1.02	1.02	1.01	1.01	1.00
5	1.04	1.03	1.02	1.03	1.02	1.02	1.02	1.02	1.01	1.01	1.01	1.00
6	1.03	1.02	1.01	1.03	1.02	1.01	1.02	1.02	1.01	1.01	1.01	1.00
7	1.03	1.02	1.01	1.03	1.02	1.01	1.02	1.01	1.01	1.01	1.01	1.00
8	1.03	1.02	1.01	1.02	1.02	1.01	1.02	1.01	1.01	1.01	1.01	1.00
9	1.02	1.01	1.01	1.02	1.01	1.01	1.02	1.01	1.01	1.01	1.01	1.00
10	1.02	1.01	1.01	1.02	1.01	1.01	1.02	1.01	1.01	1.01	1.01	1.00

(Tab. 6.6) Factor de corrección para reflectancias efectivas de la cavidad del suelo distintas del 20%

Determinados los factores F_p y F_u empleamos la formula (6.8) que nos da la solución del problema.

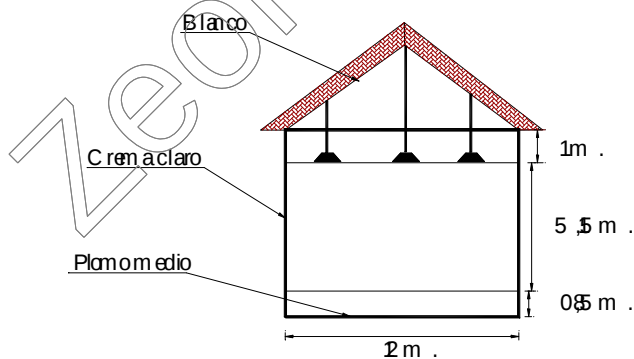
6.4 EJEMPLO DE APLICACION

1. Calcular el número de luminarias necesarias para conseguir una iluminación de 300 (lux) en un ambiente de tipo medio, con un tiempo de mantenimiento de 12 meses.

Datos.

Solución:

- a) Obtenemos las reflectancias del techo, pared, piso de los colores dados como dato en la tabla (6.4):



$$\text{Blanco} \Rightarrow r_T = 70 \% \rightarrow 0,7$$

$$\text{Crema} - \text{Claro} \Rightarrow r_{Pa} = 70 \% \rightarrow 0,7$$

$$\text{Plomo} - \text{Medio} \Rightarrow r_p = 50 \% \rightarrow 0,5$$

Largo : 24 m

E : 300 (lux)

Mantenimiento : 12 meses

Ambiente : Limpio

Categoría III $\frac{\uparrow 10}{\downarrow 74}$

Lamparas de vapor de mercurio
HPL-N 250 W.

b) Calculamos la reflectancia efectiva del techo a través de la ecuación (6.12)

$$r'_{CT} = \frac{r_T \times Aa}{As(1 - r_T) + r_T \times Aa}$$

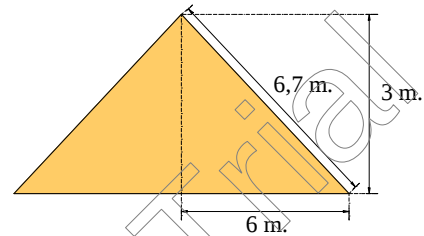
Primero calculamos la relación de cavidad del techo a través de la ecuación (6.10):

$$R_{CT} = \frac{5 \times H_{CT} \times (a + b)}{a \times b} = \frac{5 \times 1 \times (12 + 24)}{12 \times 24} = 0,625$$

$$Aa = a \times b = 12 \times 24 = 288 \rightarrow m^2$$

$$As = 6,7 \times 24 \times 2 = 322 \rightarrow m^2$$

$$r'_{CT} = \frac{0,7 \times 288}{322(1 - 0,7) + 0,7 \times 322} = 0,626 \approx 0,6$$



Con estos datos la reflectancia de la cavidad del techo esta en función de:

$$\rho_{CT} = f(\rho'_{CT}, \rho_{Pa}, R_{CT}) = (60\%, 70\%, 0,625)$$

Utilizando estos datos obtenemos la reflectancia efectiva de la cavidad del techo utilizando la tabla (6.3).

$$r_{CT} = \mathbf{0,37}$$

c) Calculamos el factor de utilización F_u

$$F_u = f(\rho_{CT}, \rho_{Pa}, R_{CL}, \text{Categoría})$$

Relación de cavidad de local:

$$R_{CL} = \frac{5 \times h \times (a + b)}{a \times b} = \frac{5 \times 5,15 \times (12 + 24)}{12 \times 24} = 3,22$$

$$F_u = (70\%; 70\%; 3,22; \text{III})$$

Utilizando estos datos obtenemos el factor de utilización en la tabla 6.5.

$$F_u = \mathbf{0,74}$$

d) Calculamos el factor de depreciación F_p

$$F_p = F_{ds} \times F_{dl}$$

F_{dl} : Factor de depreciación de la luminaria se calcula: $F_{dl} = f(\text{Categoría, tiempo de manutención, tipo de atmósfera del local})$ en la figura (6.3)

Categoría : III

Mantenimiento : 12 meses

Ambiente : limpio

$$F_{dl} = \mathbf{0,90}$$

F_{ds} : Factor de depreciación debido a la disminución de la reflectancia de las paredes

$F_{ds} = f$ (tiempo de manutención, tipo de atmósfera del local, depreciación de la reflectancia α , clasificación de la luminaria, Relación de cavidad de local).

Obtenemos el valor de alfa en la figura (6.2)

$$\alpha = 12\% \cong 10$$

Con este valor de alfa, en la relación de cavidad de local R_{cl} obtenemos F_{ds} en la tabla (6.1)

Depreciación de la reflectancia porcentual $\alpha \text{ } \%$		TIPO DE DISTRIBUCION DE LUMINARIAS											
		DIRECTA				MIXTA				INDIRECTA			
		10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40
FACTOR DE DEPRECIACION DE LAS SUPERFICIES F_{ds}													
Indice de cavidad del local R_{cl}	1	.98	.95	.94	.92	.94	.97	.80	.76	.90	.80	.70	.60
	2	.98	.95	.94	.92	.94	.97	.80	.75	.90	.80	.69	.59
	3	.98	.95	.93	.90	.94	.96	.79	.74	.90	.79	.68	.58
	4	.97	.95	.92	.90	.94	.96	.79	.73	.89	.78	.67	.55
	5	.97	.94	.91	.89	.93	.86	.78	.72	.89	.78	.66	.55
	6	.97	.94	.91	.89	.93	.85	.78	.71	.89	.77	.66	.54
	7	.97	.94	.90	.87	.93	.84	.77	.70	.89	.76	.65	.53
	8	.96	.93	.89	.86	.93	.84	.76	.69	.88	.76	.64	.52
	9	.96	.92	.88	.83	.93	.84	.76	.68	.88	.75	.63	.51
	10	.96	.92	.87	.83	.93	.84	.75	.67	.88	.75	.62	.50

$$F_{ds} = 0,94$$

$$F_p = F_{ds} \times F_{dl} = 0,90 \times 0,94 = 0,846$$

e) Cálculo del flujo luminoso

$$\Phi = \frac{E \times S}{Fu \times Fp} = \frac{300 \times 288}{0,74 \times 0,846} = 138.010,36 (lm)$$

f) Cálculo del número de luminarias

$$N = \frac{\Phi}{n \times \Phi I} = \frac{138.010,36}{1 \times 12.600} = 10,95 \cong 12 \rightarrow \text{Luminarias (redondeado por exceso)}$$

g) Distribución de luminarias

Se procede de la misma forma que en el método de los Lúmenes.

CAPITULO 7

ALUMBRADO DE EDIFICIOS Y AREAS CON PROYECTORES

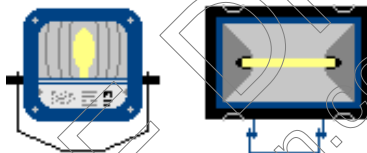
7.1 INTRODUCCION

Hay un gran número de campos de aplicación totalmente diferentes y de sistemas de iluminación a los cuales se aplican ordinariamente el término de “Iluminación por Proyección” ó, más explícitamente, “Iluminación por Inundación”. Lo que tienen en común todas las instalaciones de iluminación por proyección es que aumentan la iluminancia de una superficie en relación con sus alrededores mediante proyectores.

El campo de aplicación en que puede realizarse una iluminación por proyección ha aumentado considerablemente durante los últimos años. Esto se debe ante todo, al auge de las instalaciones con postes altos (más de 20 metros), en los que se utilizan proyectores para iluminar la zona circundante.

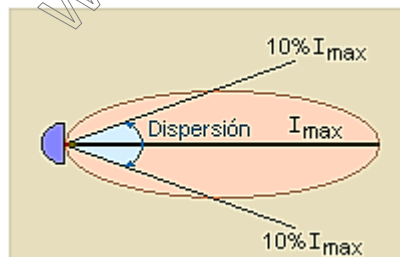
7.2 PROYECTORES

Un *proyector* es una luminaria que concentra la luz en un determinado ángulo sólido mediante un sistema óptico (espejos ó lentes), para conseguir una intensidad luminosa elevada en dicha zona. Las lámparas empleadas son muy variadas dependiendo del uso al que este destinado el aparato.



(Fig. 7.1) Ejemplos de proyectores

Los proyectores se clasifican según la *apertura o dispersión* del haz de luz que se define como el ángulo comprendido entre las dos direcciones en que la intensidad luminosa cae un determinado porcentaje (usualmente el 10% ó el 50%) del valor máximo que hay en el centro del haz donde la intensidad es máxima.



(Fig. 7.2) Dispersión ó apertura del haz

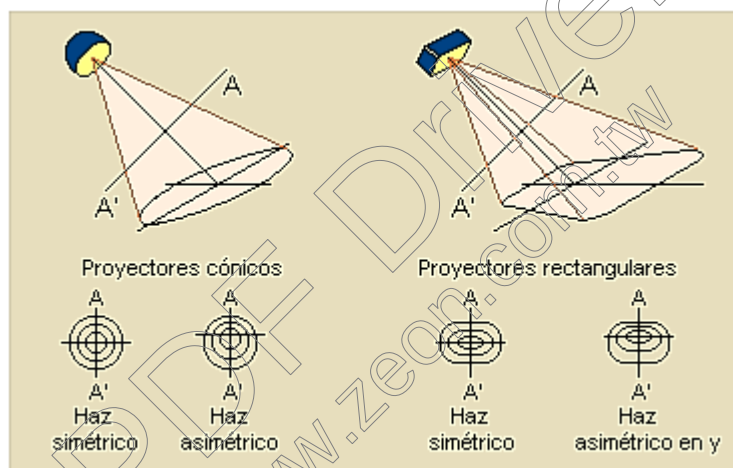
Clasificación de las luminarias según la apertura del haz de luz

TIPO ABERTURA	APERTURA DEL HAZ EN GRADOS (50% I_{MAX})
Pequeña	<20
Mediana	Entre 20 y 40
Grande	>40

CLASE	APERTURA DEL HAZ EN GRADOS (10% I_{MAX})
1	10-18
2	18-29
3	29-46
4	46-70
5	70-100
6	100-130
7	>130

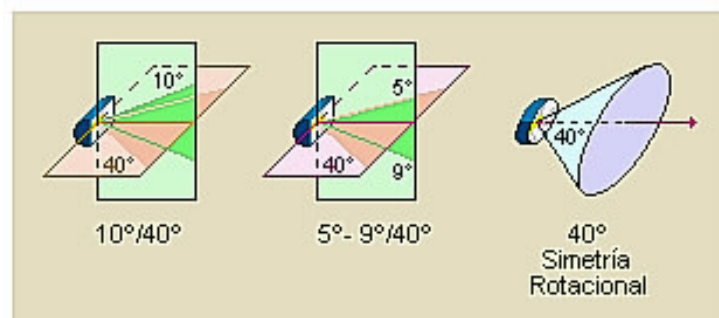
(Tab. 7.1) Clasificación de las luminarias según la apertura del haz de luz

La *forma de la distribución del haz* de luz depende del tipo de proyector. Así, en los proyectores circulares puede ser cónico o cónico ligeramente asimétrico, obteniéndose una proyección elíptica sobre las superficies iluminadas. Mientras, en los rectangulares suele ser simétrica en los planos horizontal y vertical; aunque en este último plano también puede ser asimétrica y la proyección obtenida tiene forma trapezoidal.



(Fig. 7.3) Forma de la distribución del haz de luz de los proyectores

Para la denominación de un proyector basta indicar los ángulos de abertura en sus planos de simetría (vertical y horizontal normalmente). Por ejemplo, 10°/40° indica un proyector que tiene en el plano vertical 5° a cada lado del eje central y 20° en cada lado en el plano horizontal.



(Fig. 7.4) Ejemplo de la denominación de un proyector

Finalmente, la *eficacia del haz* es la relación entre los lúmenes contenidos dentro de la abertura del haz (lúmenes del haz) y los lúmenes de la lámpara en tanto por ciento.

7.3 APLICACIÓN DE LA ILUMINACION CON PROYECTORES

Los campos más importantes de aplicación de la iluminación por proyección son:

- Zonas extensas al aire libre.
- Zonas de estacionamiento de aeronaves.
- Edificios y monumentos
- Parques y jardines
- Campos de deporte

7.3.1 Areas extensas al aire libre

Muchas zonas extensas al aire libre, tales como intersecciones de vías, puertos, zona de clasificación en ferrocarriles, zonas de construcción, y áreas de almacenamiento, se iluminan hoy con la ayuda de postes altos. La instalación de estos postes se prefiere, ante todo, porque al ser altos se reducen en número, factor que facilita la libertad de movimiento dentro de la zona iluminada.

La iluminación con postes altos significa muchas veces economía en el costo total comparada con sistemas tradicionales de poca altura. La economía se deriva principalmente del costo de postes, luminarias y cables y, en muchas ocasiones, de la mano de obra.

Si se desea una iluminancia media de unos 30 lux, la altura más económica para los postes es de 20 a 30 metros. Con alturas mayores, el costo de postes (o torres) aumenta considerablemente, aun cuando se han utilizado torres de hasta 70 metros para astilleros, donde el aprovechamiento del espacio prima sobre la reducción de costos.

El nivel mínimo de iluminancia de una zona grande al aire libre debe ser igual al de un buen alumbrado de vías publicas, el que a su vez, corresponde al límite inferior propuesto para zonas de circulación en interiores, ósea, 20 lux. Los niveles de iluminación hasta 50 lux, cuyo valor exacto depende de cada caso, son frecuentes.

Se recomienda el uso de lámparas de descarga de alta eficacia, colocadas en apropiados proyectores de haz ancho o concentrado. Las lámparas frecuentemente usadas son los tipos SON(T) y HP(T), en sus diferentes potencias.

7.3.2 Zonas de estacionamiento de aeronaves



(Fig. 7.5) Torre de iluminación de plataforma de aeronaves

La iluminación por proyección es necesaria en todos los aeropuertos que prestan un servicio continuo durante la noche y en épocas de mal tiempo. Su finalidad es la de facilitar:

- Orientación al piloto para maniobrar la aeronave
- Orientación eficiente y seguridad de pasajeros, equipaje y carga
- Servicio de mantenimiento
- Vigilancia para seguridad del aeropuerto

En algunos aeropuertos se puede suprimir la iluminación por proyección para algunas de estas funciones. Por ejemplo, no se necesita las áreas de movimiento de pasajeros si hay rampas cubiertas que comunican directamente el avión con el Edificio Terminal.

En estas zonas son importantes los niveles de iluminancia, tanto horizontales como verticales. Los valores recomendados son: 20 a 50 lux horizontal y 5 a 50 lux vertical. La iluminancia vertical, necesaria para ciertos trabajos, puede ser superior a los 50 lux, por esta iluminancia adicional se puede conseguir empleando equipos móviles.

Deben evitarse las áreas oscuras, producidas por sombras, iluminando las aeronaves en la zona de estacionamiento desde por lo menos dos direcciones. Con independencia de algunas zonas de servicio, la uniformidad no es esencialmente importante. El nivel de iluminancia hacia las pistas de rodaje debe reproducirse gradualmente para permitir a los ojos del piloto adaptarse al cambio de luminancia. Para ciertas partes de zona de estacionamiento, por ejemplo zonas de aparcamiento, la uniformidad debe ajustarse a los requisitos de cada caso.

No deben haber deslumbramientos que puedan obstaculizar la actuación de:

- Pilotos durante las operaciones de maniobra de los aviones
- Pilotos al efectuar la aproximación de sus aeronaves
- Supervisores de tráfico aéreo en la torre de control
- Personal de tierra

El deslumbramiento puede producirse al mínimo mediante una cuidadosa selección de los proyectores, provistos de rejillas antideslumbrantes, si fuera preciso, una selección acertada de los puntos de enfoque y un ajuste correcto en el plano vertical de los proyectores. El flujo emitido por encima del plano horizontal debe evitarse cuanto sea posible.

La altura máxima de montaje con relación con su distancia a la pista puede determinarse siguiendo las normas internacionales sobre obstáculos para aviones en vuelo. Los postes del alumbrado no deben obstaculizar la visión del personal de control de tráfico aéreo o de los pilotos. Tampoco deben constituirse en un peligro para la maniobra de las aeronaves. Una vez determinada la zona, el emplazamiento preciso de los postes puede tener en cuenta aspectos estéticos.

Una parte de la iluminación por proyección de las zonas de estacionamiento, o un sistema independiente, deben proporcionar alumbrado de emergencia en caso de faltar la tensión de la red.

7.3.3 Edificios y monumentos



(Fig. 7.6) Iluminación de edificios y monumentos

Durante las horas diurnas un edificio esta iluminado por la luz directa del sol, la difusa radiada desde el cielo o por ambas. El resultado es que los rasgos arquitectónicos del edificio se ponen de relieve por un variado juego de luces y sombras. El diseño de una buena iluminación por proyección presupone un estudio detenido de estos efectos lumínicos.

Ordinariamente, no se puede lograr con luz artificial el mismo efecto que el creado por la luz diurna; los efectos pueden, por el contrario, ser totalmente diferentes. La tarea del experto en iluminación por proyección es la de hallar cuales son las características del edificio más atractivas y después hacer el diseño de acuerdo con ellas. Las técnicas de iluminar un edificio con proyectores no están basadas solamente en la luminotecnia; el sentimiento y la comprensión de los valores estéticos son de igual importancia.

a) Fuentes luminosas

Las fuentes luminosas apropiadas para la iluminación por proyección se enumeran en la tabla siguiente. Las lámparas de descarga necesitan algún tiempo, después de ser encendidas, para alcanzar su plena intensidad (periodo de calentamiento o de arranque). Algunas, una vez apagadas, solo se pueden volver a encender transcurrido un periodo de enfriamiento (tiempo de reencendido).

Fuentes Luminosas	Posibilidad de Regulación	Periodo de reencendido (minutos)	Eficacia	Discriminación cromática	Vida	Costo inicial
Incandescentes Lámparas normales	Si	0	Moderada	Excelente	Moderada	Bajo
Vidrio prensado (incandescentes)	Si	0	Moderada	Excelente	Mediana	Bajo
Halógenas (cuarzo – yodo)	Si	0	Moderada	Excelente	Mediana	Relativamente bajo
Fluorescentes	Si	0	Alta	Bueno	Larga	Alto
Mercurio Alta presión	No	> 4	Alta	Mediano	Larga	Alto
Haluros Metálicos	No	4 – 5	Alta	Bueno	Larga	Alto
Sodio Alta presión	No	< 1	Muy alta	Mediano	Larga	Alto
Sodio Baja presión	No	7 – 12	Muy alta	Muy reducido	Larga	Alto

(Tab. 7.2) Fuentes luminosas recomendables para la iluminación por proyección

b) Consideraciones generales

Línea de observación. Generalmente hay varias direcciones desde las cuales puede observarse un edificio, pero muchas veces una de ellas puede seleccionarse como principal.

Distancia. La distancia de observación es importante puesto que de ella dependen los detalles de la fachada que permanecerán visibles.

Alrededores y fondo. Si los alrededores y el fondo de un edificio son oscuros, se necesitan bajos niveles de luminancia para que el edificio destaque contra el fondo.



Si hay otros edificios cercanos, sus ventanas iluminadas o sus parámetros, producirán una fuerte impresión de luminancia. Se necesitara mas luz para que la iluminación por proyección produzca el impacto deseado. Lo mismo ocurre si, además, el fondo también produce resplandor. Otra solución puede ser la de crear contrastes de colores, en vez de diferencias de luminancias.

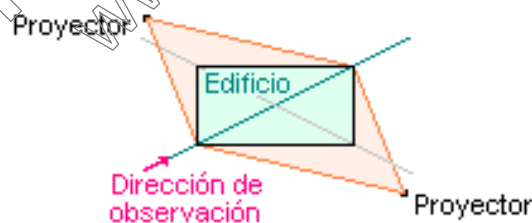


Obstáculos. Los árboles y las rejas que rodean un edificio pueden formar un elemento decorativo de la instalación. Un método atractivo para el trato de estos obstáculos es colocar las fuentes luminosas delante de ellos. Esto tiene dos ventajas: primero, las fuentes luminosas son invisibles para el observador y, el segundo, los árboles y rejas se ven como siluetas contra el fondo iluminado de la fachada, lo que aumenta la impresión de profundidad.



Agua. Puede favorecer el proyecto cualquier extensión de agua, tal como lagos, fosos, ríos o canales. El edificio iluminado se reflejara en la superficie del agua, superficie que se comporta como “espejo negro”.

La forma del edificio. Una vez que se ha escogido la línea principal de observación, la implantación y enfoque de las unidades luminosas dependerá de la forma del edificio o, mejor, de la de su planta o corte horizontal. La experiencia indica que la mejor disposición de las fuentes luminosas para un edificio con planta rectangular es el indicado en la figura.



(Fig. 7.7) Disposición de los proyectores en un edificio de planta rectangular

La línea principal de observación esta indicada por la flecha y la posición de las unidades luminosas (proyectores) Al colocar las luminarias en los dos extremos de la diagonal se obtiene un buen contraste de luminancia entre los lados contiguos del edificio, con lo que se logra una buena perspectiva. Los haces oblicuos de los proyectores hacen resaltar la textura de los materiales que forman la fachada. Esta disposición para edificios rectangulares es también aplicable a los de planta cuadrada.

c) Materiales para las fachadas

Si se desea determinar el nivel de luminancia necesario para dar a una fachada la brillantez requerida hay que tener en cuenta dos factores: la reflectancia de los materiales y su forma de reflexión.

La reflexión total de una fachada depende de:

- El tipo de material de su acabado
- El ángulo de incidencia de la luz
- La posición del observador en relación con la superficie reflectante (reflexiones especulares)

MATERIAL	ESTADO	REFLECTANCIA
Ladrillos rojos	Sucio	0,05
Hormigón o piedra (colores claros)	Muy sucio	0,05 – 0,10
Granito	Bastante limpio	0,10 – 0,15
Hormigón y piedra (colores claros)	Sucio	0,25
Ladrillo amarillo	Nuevo	0,35
Hormigón o piedra (colores claros)	Bastante limpio	0,40 – 0,50
Imitación a hormigón (pintura)	Limpio	0,50
Mármol blanco	Bastante limpio	0,60 – 0,65
Ladrillo blanco	Limpio	0,80

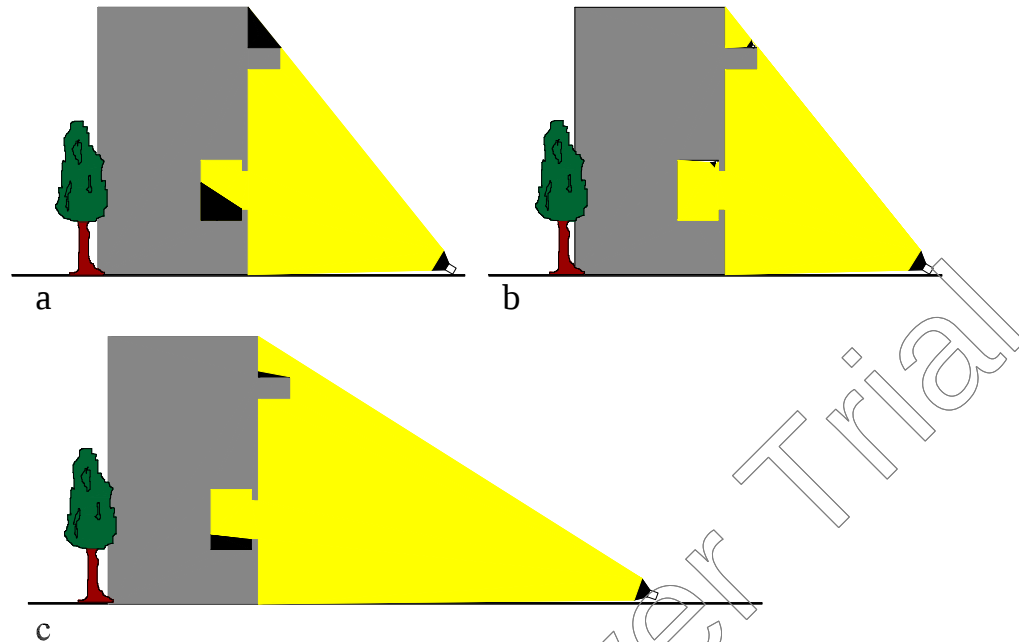
(Tab. 7.3) Reflectancia de materiales de construcción

Que una determinada superficie refleje la luz en forma difusa, especular o de alguna otra manera intermedia entre estos dos extremos, dependerá de la textura de esa superficie. Podemos distinguir cuatro clases de superficies: supermate, mate, lisa y superlisa. En una instalación normal donde la luz esta dirigida hacia arriba, contra una superficie vertical, la cantidad de luz reflejada que llega aun observador, a nivel del suelo, disminuirá a medida que aumenta el grado de acabado liso de la superficie iluminada.

d) Emplazamiento y selección de las fuentes luminosas

Es necesario investigar todos los posibles emplazamientos de las fuentes luminosas. Por ejemplo, elementos salientes o voladizos (como balcones), muros o balaustradas pueden enriquecer la apariencia de una fachada, si se les incluye en el esquema de iluminación. En este caso, los reflectores deben colocarse a cierta distancia de la fachada, para evitar que resulten sombras excesivamente duras. Si no hubiese espacio para esto se podría utilizar pequeñas fuentes luminosas, como iluminación complementaria, colocadas en el mismo voladizo.

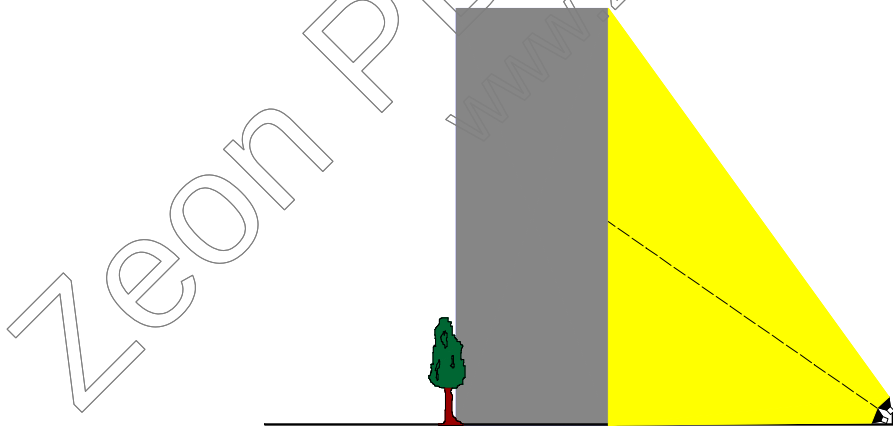
Elementos entrantes o cóncavos, como galerías o balcones, quedaran en sombra al colocar proyectores a poca distancia de la fachada. En estos casos se puede usar iluminación complementaria, colocada en las mismas partes entrantes. La luz de otro color puede ser apropiada para este fin. Una iluminación por proyección, colocada a una mayor distancia, produce menos sombras y elimina la necesidad de la iluminación adicional.



(Fig. 7.8) a) Sombras excesivamente acusadas; b) eliminadas mediante iluminación complementaria; c) y mediante la colocación de los proyectores a mayor distancia

Algunas de las muchas alternativas para colocar las fuentes luminosas son: en los postes del alumbrado público o en postes expresamente colocados para este fin; en el techo de un edificio vecino; en soportes colocados en la misma fachada o en el suelo, detrás de muros bajos, setos o arbustos.

Así como el emplazamiento de las baterías de proyectores dependen principalmente de la planta del edificio y sus detalles arquitectónicos, el tipo de los proyectores (especialmente por las características de su haz), dependen de la altura del edificio.



(Fig. 7.9) Proyectores de haz estrecho y medio para iluminar un edificio alto

Los proyectores de haz ancho son los mas apropiados para construcciones bajas, de uno o dos pisos. Para edificios altos, de ocho o más pisos, los mejores resultados se obtienen con una batería de proyectores de haz estrecho y medio.

La uniformidad de la luminancia se logra mediante una cuidadosa distribución de los haces de luz en lámparas la fachada y con un ajuste correcto de los mismos proyectores.

e) Niveles de Iluminancia recomendados

La tabla indica los niveles recomendados de iluminancia en función de los materiales que se usan en los acabados de edificios, para alrededores con iluminación reducida, buena o fuerte.

Superficie		Iluminación en lux, si los alrededores tienen		
Tipo	Estado	Poca iluminación	Buena iluminación	Alta iluminación
Ladrillo blanco	Bastante limpio	20	40	80
Mármol blanco	Bastante limpio	25	50	100
Hormigón o piedra (colores claros)	Bastante limpio	50	100	200
Ladrillo amarillo	Bastante limpio	50	100	200
Hormigón o piedra (colores oscuros)	Bastante limpio	75	150	300
Ladrillo rojo	Bastante limpio	75	150	300
Granito	Bastante limpio	100	200	400
Ladrillo rojo	Bastante limpio	150	300	---
Hormigón	Muy sucio	150	300	---

(Tab. 7.4) Iluminancias recomendadas para varios materiales de construcción

7.3.4 Parques y jardines



(Fig. 7.10) Farola decorativa para iluminación de parques

La iluminación de un parque o un jardín implica la iluminación de árboles, arbustos, setos y posiblemente lagos y fuentes. El objetivo esencial de la iluminación es el de acentuar durante la noche la belleza del escenario y eliminar zonas oscuras en una ciudad ordinariamente bien iluminada.

a) Consideraciones generales

Al proyectar la iluminación de un parque o jardín debemos hacernos las siguientes preguntas:

- ¿Cuáles son los objetos más importantes, hacia los cuales se debe llamar la atención y como pueden estos mostrarse mejor?
- ¿Cuáles son los colores de los árboles y flores que se iluminarán? (La influencia del tiempo y de la estación en que la instalación funcionara debe tenerse en cuenta.)
- ¿Qué color de luz resaltara mejor los objetos y producirá el efecto más dramático?
- ¿Producirán los proyectores una iluminancia suficiente para que el público pueda encontrar su camino o se necesitara una iluminación adicional para estos caminos?
- ¿Funcionara la instalación durante pocos o cortos periodos de encendido o debe ser considerada como permanente o semipermanente? En el ultimo caso, ¿vale la pena ocultar la instalación aun cuando los costos resulten altos muchas veces?

b) Arboles y arbustos

Durante el día, un árbol se ve generalmente como una silueta perfilada contra el cielo brillante. Si el árbol esta iluminado en la noche, la situación es a la inversa; el árbol sobresale claramente contra el cielo oscuro. Este efecto dramático queda realzado si las fuentes luminosas están ocultas.

Las luminarias pueden iluminar el follaje desde cierta distancia o colocarse próximas al tronco, iluminando sus ramas desde abajo.

Pueden lograrse hermosos efectos utilizando luces diferentes colores. Las hojas, que son predominantemente amarillas o verdes, pueden iluminarse con luz amarilla de sodio o incandescente. En los árboles cuyo follaje sea intensamente verde o verde – azul se recomiendan lámparas de mercurio fluorescentes verdes.

Las lámparas incandescentes de filamento concentrado y las de descarga en gas con tubo de descarga reducido son muy aptas para utilizarse en proyectores, especialmente, para conseguir fotometrías de haz concentrado. Estos proyectores pueden, por consiguiente, utilizarse a gran distancia del objeto. Las lámparas fluorescentes, debido a su forma tubular, se instalan normalmente muy cerca del objeto a iluminar.

En muchos casos deben emplazarse proyectores entre los visitantes y el objeto a iluminar. El deslumbramiento puede evitarse agregando a los proyectores limitadores de haz.

Como alternativa, se pueden empotrar los puntos de luz en el suelo, teniendo en cuenta la necesidad de un drenaje.

c) Plantas y flores

Los proyectores usuales son demasiado grandes para iluminar plantas pequeñas y arbustos.

Para este fin sirven mejor las lámparas reflectores o luminarias diseñadas en forma de flores (cálices), campanas u hongos. Las especialmente diseñadas tienen la ventaja de que, durante las horas del día, cumplen un papel más decorativo, en un parque, que las normalizadas, más funcionales.

Un buen rendimiento en color es esencial para la iluminación de macizos florales. Considerando el bajo nivel de iluminancia que se necesita, suelen utilizarse lámparas

incandescentes normales para esta aplicación. Las lámparas incandescentes de vidrio prensado son también muy aptas, por ser resistentes y fáciles de instalar.

Como ciertas especies florecen solamente temporalmente, el periodo de su iluminación será también limitado. Por consiguiente, la iluminación de los macizos florales tendrá también carácter temporal. Por estas razones se recomienda el uso de una instalación a prueba de agua con cables flexibles, de fácil conexión a tomas de tensión estancas a la intemperie.

d) Fuentes



(Fig. 7.11) Iluminación de fuentes de agua

En muchos parques hay zonas de agua. Puede ser un estanque o un lago natural o artificial. Agregar una fuente iluminada es quizá el método más efectivo para vitalizar la iluminación de un parque.

De todos modos, para este tipo de iluminación hay que utilizar luminarias especiales, estancas al agua.

7.4 CALCULO DE LUMINANCIA

Hay dos métodos para establecer el tipo de proyectores necesarios para lograr la iluminación deseada: el del flujo luminoso y el de la intensidad luminosa. El primero es recomendable para grandes fachadas y el segundo para torres altas, campanarios, chimeneas, etc.

7.4.1 Método del Flujo Luminoso (lúmenes)

Este método requiere el cálculo del número total de lúmenes (o sea, el flujo luminoso total) dirigidos hacia la fachada por todas las lámparas. Este total puede calcularse por la formula:

$$\Phi_{Total} = \frac{F \times E}{h}$$

F : área de la superficie iluminada en m²

E : iluminancia deseada en lux

η : factor de utilización, que tiene en cuenta la eficacia del proyector y las pérdidas de luz (eficiencia lumínica)

La presencia de un factor de utilización en esta formula indica que no todos los lúmenes de las lámparas contribuyen al nivel de iluminancia de la fachada. Los lúmenes producidos se enfocan mediante reflectores y es inevitable alguna pérdida

Después de algún tiempo de funcionamiento del proyector, hay otra pérdida, porque se reduce el flujo luminoso debido al envejecimiento de las lámparas y la acumulación de polvo, tanto en la lámpara como en el proyector. Finalmente, un porcentaje de las pérdidas se debe a la luz que se pierde, luz parásita, o sea, la que no incide en la fachada del edificio.

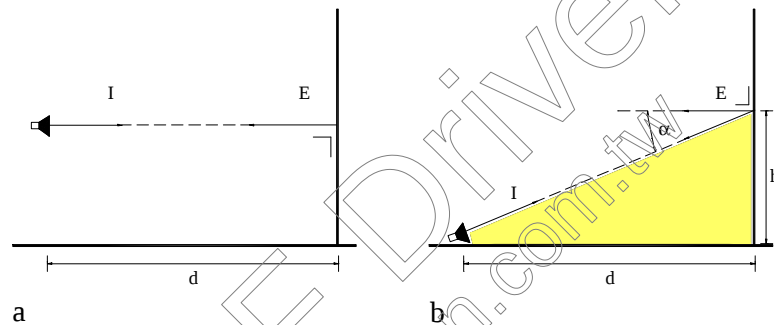
En la práctica puede aplicarse un factor medio de utilización entre 0,25 y 0,35. Poniendo esta cifra en la fórmula anterior se puede calcular el flujo luminoso total. Dividiendo por la cantidad de lúmenes por proyector, resulta el número requerido de proyectores, o sea:

$$\text{Número de proyectores} = \frac{\Phi_{\text{Total}}}{\Phi_{\text{Proyector}}}$$

7.4.2 Método de Intensidad Lumínica (candelas)

En este método, el punto de partida es el cálculo de la intensidad luminosa (en candelas) que debe ser irradiada por la fuente luminosa en determinada dirección para producir la iluminancia vertical deseada.

Esta intensidad luminosa, I , se calcula con las fórmulas:



(Fig. 7.12) Cálculo de la intensidad luminosa si el haz incide a) perpendicularmente en una superficie y b) con un ángulo α

$$I = E \times d^2$$

Fig. a

$$I = \frac{E \times h^2}{\sin \alpha \times \cos^2 \alpha}$$

Fig. b

E : Iluminancia vertical que incide en la fachada, en lux

h : Altura en metros entre el plano de montaje de los proyectores y el punto donde el centro del haz de luz incide en la fachada.

d : Distancia horizontal, en metros, entre el proyector y la fachada

α : Ángulo con el cual el haz de luz incide en la fachada. (Nota: $\alpha = \arctg h/d$)

Conociendo los valores de I se pueden usar diagramas de intensidad luminosa o tablas, para determinar el tipo de proyector apropiado.

7.5 EJEMPLO DE APLICACION

- a) Se desea iluminar la torre y el campanario de una iglesia. Su altura es de 90 metros, Se coloca un proyector en el techo del edificio vecino, de una altura de 20 metros, situado a una distancia de 75 metros de la torre. La iluminación requerida es de 50 lux.

Solución.

Por consiguiente:

$$a = \arctg \frac{90 - 20}{75} = 43^\circ$$

$$I = \frac{50 \times 70^2}{0,465 \times 0,731} = \frac{245.000}{0,34} = 720.000 [cd]$$

El proyector seleccionado debe tener, por consiguiente, en el centro del haz de luz una intensidad de 720.000 candelas (o dos proyectores de la mitad de ese valor).

El diámetro de la luz proyectada puede calcularse con la formula:

$$\Phi = d \times 2 \times \tg \frac{\beta}{2}$$

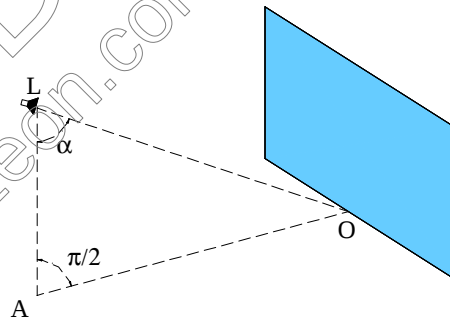
d = Distancia entre el proyector y la superficie iluminada

β = Abertura del haz del proyector en grados. (Para el ángulo se toma en cuenta solamente aquellas intensidades luminosas de la curva polar que sean superiores al 50 % del máximo)

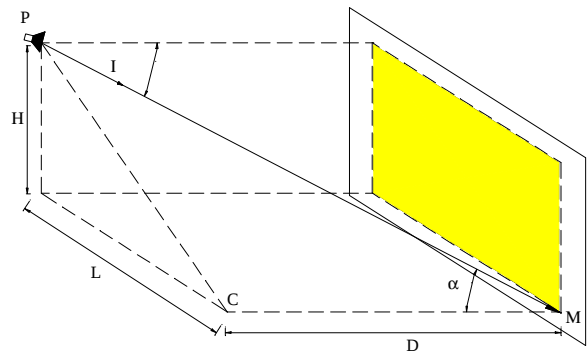
7.6 ILUMINACION DE FACHADAS CON PROYECTORES

Partiendo de la ecuación:

$$E = \frac{I \times \cos a}{d^2}$$



$$E = \frac{I \cos a}{PM^2} = \frac{I \cos a}{H^2 + D^2 + L^2}$$



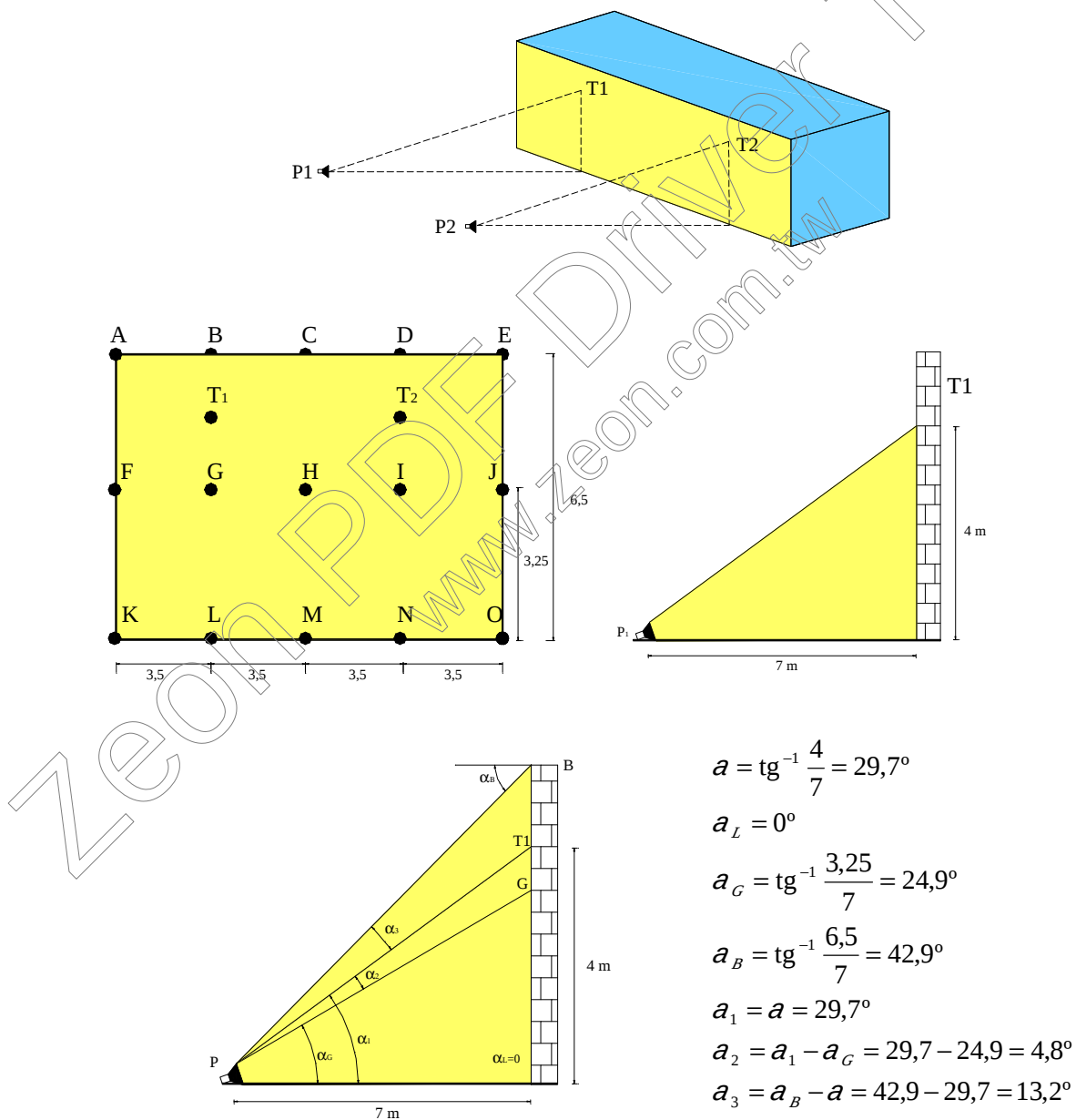
Después de una serie:

$$\cos \alpha = \frac{D}{(H^2 + D^2 + L^2)^{1/2}}$$

$$E = \frac{I \times D}{(D^2 + L^2 + H^2)^{3/2}}$$

7.7 Ejemplo

- (a) Calcular por el método de punto por punto, la iluminación producida en los puntos A, B, ..., N, O de la fachada vertical mostrada en la figura, utilizando la luminaria Z-30 de Peterco. Con una lámpara de mercurio de color corregido de 400 (W) y de 20.500 (lm).



De la curva isocandela de la luminaria Peterco:

$$Ia_1 = 20,5 \times 250 = 5.125 \text{ (cd)}$$

$$Ia_1 = 20,5 \times 750 = 15.375 \text{ (cd)}$$

$$Ia_1 = 20,5 \times 600 = 12.300 \text{ (cd)}$$

La iluminación producida por el proyector P1 en los puntos L, G y B serán:

$$E_{L/P_1} = \frac{I \times a_1 \times \cos 0^\circ}{7^2} = \frac{5.125}{49} = 104,59 \text{ (lux)}$$

$$E_{G/P_1} = \frac{I \times a_2 \times \cos 24,9^\circ}{7^2 + 3,25^2} = \frac{15.375 \times 0,91}{59,56} = 234,91 \text{ (lux)}$$

$$E_{B/P_1} = \frac{I \times a_3 \times \cos 42,9^\circ}{7^2 + 6,5^2} = \frac{12.300 \times 0,73}{91,25} = 98,4 \text{ (lux)}$$

Estos valores también se pueden obtener a partir de la relación:

$$E = \frac{I \times D}{(D^2 + L^2 + H^2)^{3/2}}$$

Para los puntos L, G, B tendríamos:

$$E_{L/P_1} = \frac{5.125 \times 7}{7^2} = 104,69 \text{ (lux)}$$

$$E_{G/P_1} = \frac{15.375 \times 7}{(7^2 + 3,25^2)} = 234,13 \text{ (lux)}$$

$$E_{B/P_1} = \frac{12.300 \times 7}{(7^2 + 6,5^2)} = 98,78 \text{ (lux)}$$

$$\overline{KT_1}^2 = \overline{PK}^2 + \overline{PT_1}^2 - 2 \times \overline{PK} \times \overline{PT_1} \times \cos a_4$$

$$\overline{KT_1} = \sqrt{4^2 + 3,5^2} = 5,31 \text{ (m)}$$

$$\overline{PK} = \sqrt{7^2 + 3,5^2} = 7,83 \text{ (m)}$$

$$\overline{PT_1} = \sqrt{7^2 + 4^2} = 8,06 \text{ (m)}$$

$$\cos a_4 = \frac{\overline{PK}^2 + \overline{PT_1}^2 - \overline{KT_1}^2}{2 \times \overline{PK} \times \overline{PT_1}}$$

$$\cos a_4 = \frac{7,83^2 + 8,06^2 - 5,31^2}{2 \times 7,83 \times 8,06} = 0,78$$

$$a_4 = 39,01^\circ$$

$$\overline{AT_1} = \sqrt{2,5^2 + 3,5^2} = 4,30 \text{ (m)}$$

$$\overline{AP_1} = \sqrt{7,83^2 + 6,5^2} = 10,18 \text{ (m)}$$

$$\cos a_6 = \frac{\overline{AP_1}^2 + \overline{PT_1}^2 - \overline{AT_1}^2}{2 \times \overline{AP_1} \times \overline{PT_1}}$$

$$\cos a_6 = \frac{10,18^2 + 8,06^2 - 4,30^2}{2 \times 10,18 \times 8,06} = 0,91$$

$$\cos a_6 = 23,83^\circ$$

$$\overline{FT_1}^2 = \overline{PF}^2 + \overline{PT_1}^2 - 2 \times \overline{PF} \times \overline{PT_1} \times \cos a_5$$

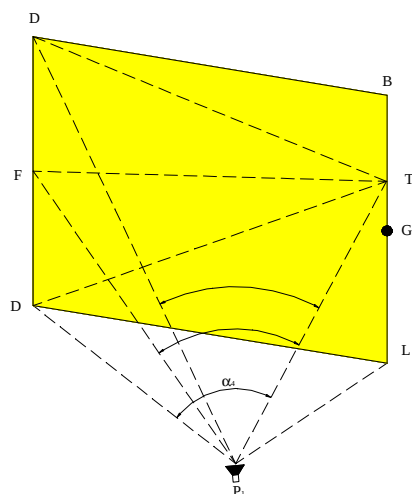
$$\overline{FT_1} = \sqrt{0,75^2 + 3,5^2} = 3,58 \text{ (m)}$$

$$\overline{PF} = \sqrt{3,25^2 + 7,83^2} = 8,48 \text{ (m)}$$

$$\cos a_5 = \frac{\overline{PF}^2 + \overline{PT_1}^2 - \overline{FT_1}^2}{2 \times \overline{PF} \times \overline{PT_1}}$$

$$\cos a_5 = \frac{8,48^2 + 8,06^2 - 3,58^2}{2 \times 8,48 \times 8,06} = 0,9075$$

$$a_5 = 24,8^\circ$$



La iluminación en el punto K, debido al proyector P_1 será:

$$I = Ia_4 = I_{39} = 20,5 \times 170 = 3.485 (cd)$$

$$E_{K/P_1} = \frac{3.481 \times 7}{(7^2 + 3,50^2)^{3/2}} = 50,87 (lux)$$

En el punto F:

$$I = Ia_6 = I_{23,83} = 20,5 \times 360 = 7.380 (cd)$$

$$E_{F/P_1} = \frac{7.380 \times 7}{(7^2 + 3,50^2 + 6,5^2)^{3/2}} = 49,06 (lux)$$

En el punto A:

$$I = Ia_5 = I_{24,8} = 20,5 \times 340 = 6.970 (cd)$$

$$E_{F/P_1} = \frac{6.970 \times 7}{(7^2 + 3,50^2 + 3,25^2)^{3/2}} = 80,17 (lux)$$

En los puntos M, H, C serán iguales a los puntos K, F y A respectivamente

$$E_{M/P_1} = E_{K/P_1} = 50,87 (lux)$$

$$E_{H/P_1} = E_{F/P_1} = 80,17 (lux)$$

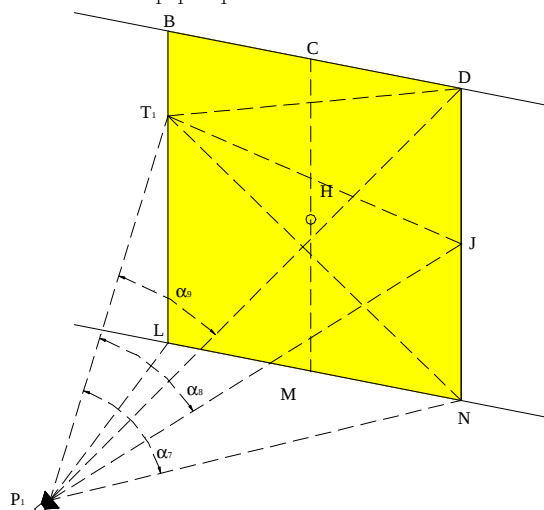
$$E_{C/P_1} = E_{A/P_1} = 49,06 (lux)$$

Calculando ahora la iluminación en los puntos N, I, D

$$\cos a_7 = \frac{\overline{T_1 P_1}^2 + \overline{P_1 N}^2 - \overline{T_1 N}^2}{2 \times \overline{T_1 P_1} \times \overline{P_1 N}} = \frac{8,06^2 + 9,9^2 - 8,06^2}{2 \times 8,06 \times 9,9} = 0.61 \rightarrow a_7 = 52,41^\circ$$

$$\cos a_8 = \frac{\overline{T_1 P_1}^2 + \overline{P_1 I}^2 - \overline{T_1 I}^2}{2 \times \overline{T_1 P_1} \times \overline{P_1 I}} = \frac{8,06^2 + 10,42^2 - 7,08^2}{2 \times 8,06 \times 10,42} = 0.74 \rightarrow a_8 = 42,43^\circ$$

$$\cos a_9 = \frac{\overline{T_1 P_1}^2 + \overline{P_1 D}^2 - \overline{T_1 D}^2}{2 \times \overline{T_1 P_1} \times \overline{P_1 D}} = \frac{8,06^2 + 11,84^2 - 7,43^2}{2 \times 8,06 \times 11,84} = 0.78 \rightarrow a_9 = 38,22^\circ$$



De la curva isocandela obtenemos:

$$Ia_7 = 20,5 \times 100 = 2.050(cd)$$

$$Ia_8 = 20,5 \times 140 = 2.870(cd)$$

$$Ia_9 = 20,5 \times 170 = 3.485(cd)$$

Las iluminaciones:

$$E_{N/R_1} = \frac{2.050 \times 7}{(7^2 + 7^2)^{3/2}} = 14,7(lux)$$

$$E_{J/R_1} = \frac{2.870 \times 7}{(7^2 + 7^2 + 3,25^2)^{3/2}} = 17,8(lux)$$

$$E_{B/R_1} = \frac{3.485 \times 7}{(7^2 + 7^2 + 6,5^2)^{3/2}} = 14,68(lux)$$

Vamos a considerar nulos la iluminación producida por P₁ en los puntos O, J, E. Como la disposición del proyector P₂ es simétrica tenemos:

$$E_{L/P_2} = E_{N/R_1} = 14,7(lux)$$

$$E_{B/P_2} = E_{D/R_1} = 14,68(lux)$$

$$E_{J/P_2} = E_{G/R_1} = 234,13(lux)$$

$$E_{M/P_2} = E_{O/R_1} = E_{K/R_1} = 50,87(lux)$$

$$E_{C/P_2} = E_{E/R_1} = E_{I/R_1} = 49,06(lux)$$

$$E_{G/P_2} = E_{J/R_1} = 17,8(lux)$$

$$E_{N/P_2} = E_{L/R_1} = 104,69(lux)$$

$$E_{D/P_2} = E_{B/R_1} = 98,78(lux)$$

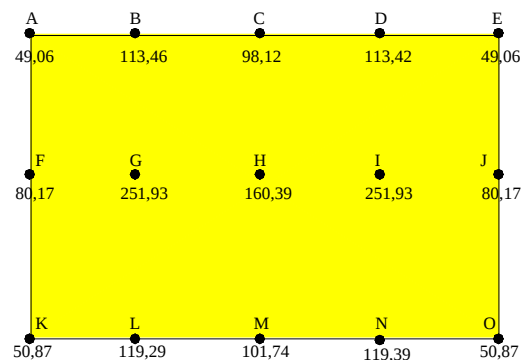
$$E_{H/P_2} = E_{J/R_1} = E_{H/R_1} = 80,17(lux)$$

Como la iluminación se suma:

Puntos	A	B	C	D	E	F	G
P1	49,06	98,78	49,06	14,69	0	80,17	234,13
P2	0	14,68	49,06	98,78	49,06	0	17,8
Total	49,06	113,46	98,12	113,42	49,06	80,17	251,93

Puntos	H	I	J	K	L	M	N	O
P1	80,17	17,8	0	50,87	104,69	50,87	14,7	0
P2	80,17	234,13	80,17	0	14,7	50,87	104,64	50,87
Total	160,34	251,93	80,17	50,87	119,39	101,74	119,39	50,87

Las luminancias en los puntos será entonces:



CAPITULO 8

METODO PUNTO POR PUNTO

ILUMINACION PUBLICA (ALUMBRADO DE CALLES Y CARRETERAS)

8.1 INTRODUCCIÓN

El objetivo fundamental del alumbrado de carreteras y calles es proporcionar cantidad y calidad de iluminación requerida para una segura, rápida y cómoda visibilidad por la noche de todos los objetos que se encuentran en la vía.

Para conseguir un alumbrado eficaz de este tipo, es esencial que la instalación este bien proyectada, considerando sucesivamente los siguientes puntos:

- a) La clasificación de la zona y de la carretera (detalles del perfil de la vía).
- b) El nivel de iluminación apropiado según la clasificación.
- c) Selección de las luminarias de acuerdo a la distribución de luz requerida.
- d) El apropiado emplazamiento de la luminaria (altura de montaje, longitud del brazo y separación entre luminarias) para proporcionar la iluminación requerida en cantidad y calidad.
- e) Cálculos luminotécnicos.

Hasta este punto, se proceden a identificar varias soluciones que cumplen los requisitos técnicos, debido a esta situación corresponde hacer una evaluación de las soluciones y elegir lo que resulte más conveniente desde el punto de vista económico.

8.2 CLASIFICACIÓN DE LAS VÍAS PUBLICAS

Las clasificaciones de las zonas y de las carreteras y el nivel de iluminación recomendado para cada una de ellas se dan en la siguiente tabla:

NORMA BRASILERA	
Tráfico	Vehículos hora
Muy ligero	Menos de 150
Ligero	150 a 500
Medio	500 a 1.200
Pesado	1200 a 1.400
Muy Pesado	1400 a 4.000
Máximo	Mas de 4.000

(Tab. 8.1) Clasificación de tráfico Norma BRASILERA

NORMA BRASILERA	
Clasificación	Nº de vehículos (Máximo horario nocturno en ambas direcciones)
Tráfico Leve	Hasta 500
Tráfico Medio	500 a 1.200
Tráfico Intenso	Mas de 1.200

(Tab. 8.2) Clasificación de tráfico Norma BRASILERA

Norma BRASILERA	
Clasificación	Transito de peatones
Desierto	Como vías clase A (no existen peatones)
Leve	Como vías – Barrios residenciales
Medio	Vías comerciales secundarias
Intenso	Vías Comerciales principales

(Tab. 8.3) Clasificación de tráfico Norma BRASILERA

8.2.1 Clasificación según CIE 1.977

Tipo A: Vías rápidas sin cruces a nivel con accesos controlados y tráfico rápido. Por ejemplo autopistas y autovías.

Tipo B: Carreteras principales con tráfico rápido y posiblemente carriles para tráfico lento y peatones. Carreteras nacionales, interurbanas...

Tipo C: Vías con tráfico moderadamente rápido. Por ejemplo cinturones de circunvalación, carreteras radiales y vías urbanas de tráfico rápido.

Tipo D: Vías con tráfico mixto con presencia de vehículos lentos y peatones. Carreteras provinciales, comarcales, travesías, vías urbanas y calles comerciales.

Tipo E: Vías con tráfico elevado mixto y limitación de velocidad. Zonas residenciales y calles locales.

8.2.2 Clasificación según CIE 1.995

Tipo de vía	Categoría	Categoría * zonas de conflicto
Vías rápidas con calzadas separadas, sin cruces a nivel con accesos controlados y tráfico rápido. Ej. : autopistas y autovías.	M1, M2 o M3	C1, C2 o C3
Vías rápidas con dos carriles	M1 o M2	C1 o C2
Vías urbanas importantes. Carreteras radiales y de distribución. Ej. : cinturones de circunvalación, carreteras radiales...	M2 o M3	C2 o C3
Carreteras de conexión de menor importancia, distribución local	M4 o M5	C4 o C5

(Tab. 8.4) Clasificación de carreteras CIE 1.995

8.3 NIVELES DE ILUMINACIÓN RECOMENDADOS

Los niveles de iluminación recomendados dependen de las normativas en vigor en cada territorio, aunque muchas de ellas toman como referencia los valores aconsejados por normas por normas específicas (CIE, NEMA – IES).

NIVELES DE ILUMINACION MINIMOS [LUX] (Norma BRASILEIRA)				
Tráfico de Peatones	Tráfico Vehicular			
	Muy Ligero	Ligero	Medio	Pesado
Pesado	9	12	15	18
Medio	6	9	12	15
Nulo	3	6	9	12

(Tab. 8.5) Niveles de iluminación mínima recomendados por BRASILERA - CIE

NIVELES MINIMOS DE ILUMINACION MEDIA HORIZONTAL [LUX] (Norma BRASILEIRA)			
Transito de Peatones	Tráfico Motorizado		
	Leve	Medio	Intenso
Leve	3	7,5	15
Medio	7,5	15	20
Intenso	15	20	25

(Tab. 8.6) Niveles de iluminación horizontal recomendados por NEMA- IES

8.3.1 Niveles de Luminancia

- a) Vías importantes 2 [cd / m²]
- b) Pavimentos secundarios y vías residenciales 0,5 [cd / m²]
- c) Vías menos importantes 1 [cd / m²]

NORMA CIE						
Tipo de vía	Nivel medio De luminancia [cd / m ²]	Deslumbramiento	Pavimento [cd/m ²]		Tipo de distribución de luminaria	
			Claro	Oscuro	Aconsejable	Tolerable
Vías Expresas	2	Muy reducido	70	140	Limitada	Semilimitada
Arterias principales	2	Reducido	70	140	Limitada	Semilimitada
Vías con Tráfico reducido	1	Reducido	70	35	Limitada	Semilimitada
Vías secundarias y residenciales	0,5	Moderado	70	30	Semilimitada	No Limitada

(Tab. 8.7) Niveles de luminancia norma CIE

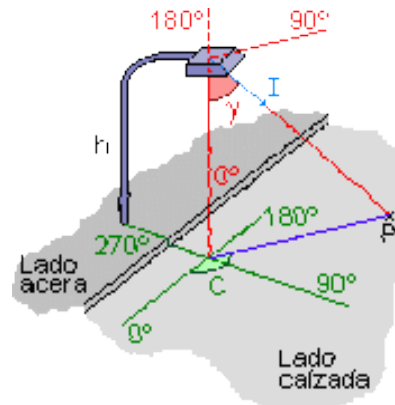
8.4 CONDICIONES DE UNA BUENA ILUMINACIÓN

Los criterios de calidad más importantes para una instalación de alumbrado público desde el punto de vista de la seguridad del tráfico y percepción visual, son:

- Nivel de Iluminancia
- Nivel de Luminancia
- Coeficientes de uniformidad
- Deslumbramiento
- Coeficiente de iluminación en los alrededores
- Apariencia en color y rendimiento en color
- Eficiencia de la geometría de la instalación para la orientación visual

8.4.1 Nivel de iluminancia

$$E = \frac{d\Phi}{ds} \quad (8.1)$$



(Fig. 8.1) Iluminancia en el punto P

La iluminancia indica la cantidad de luz que llega a una superficie y se define como el flujo luminoso recibido por unidad de superficie.

Si la expresamos en función de la intensidad luminosa nos queda como:

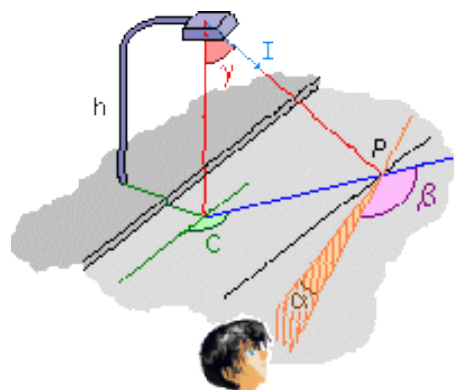
$$E_H = \sum_{i=1}^n \frac{I(C_i, \gamma_i)}{h_i^2} \cdot \cos^3 \gamma_i \quad (8.2)$$

donde I es la intensidad recibida por el punto P en la dirección definida por el par de ángulos (C, γ) y h la altura del foco luminoso. Si el punto está iluminado por más de una lámpara, la iluminancia total recibida es entonces:

8.4.2 Nivel de luminancia

La luminancia, por contra, es una medida de la luz que llega a los ojos procedente de los objetos y es la responsable de excitar la retina provocando la visión. Esta luz proviene de la reflexión que sufre la iluminancia cuando incide sobre los cuerpos. Se puede definir, pues, como la porción de intensidad luminosa por unidad de superficie que es reflejada por la calzada en dirección al ojo.

El nivel de luminancia en la superficie de una calzada influye sobre la sensibilidad a los contrastes del ojo del conductor y, por consiguiente, sobre su seguridad de percepción



$$L = q(b, g) \times E_H \quad (8.3)$$

(Fig.8.2) Iluminancia percibida por un observador

Donde q es el coeficiente de luminancia en el punto P que depende básicamente del ángulo de incidencia γ y del ángulo entre el plano de incidencia y el de observación β . El efecto del ángulo de observación α es despreciable para la mayoría de conductores (automovilistas con campo visual entre 60 y 160 m por delante y una altura de 1,5 m sobre el suelo) y no se tiene en cuenta. Así pues nos queda:

$$L = \frac{I(C, \gamma) \cdot \cos^3 \gamma}{h^2} \cdot q(\beta, \gamma) \quad (8.4)$$

Por comodidad de cálculo, se define el termino:

$$r(\beta, \gamma) = q(\beta, \gamma) \cdot \cos^3 \gamma \quad (8.5)$$

Quedando finalmente:

$$L = \frac{I(C, \gamma) \cdot r(\beta, \gamma)}{h^2} \quad (8.6)$$

Y si el punto está iluminado por más de una lámpara, resulta:

$$L = \sum_{i=1}^n \frac{I(C_i, \gamma_i) \cdot r(\beta_i, \gamma_i)}{h_i^2} \quad (8.7)$$

Los valores de $r(\beta, \gamma)$ se encuentran tabulados o incorporados a programas de cálculo y dependen de las características de los pavimentos utilizados en la vía.

8.4.3 Criterios de calidad

Para determinar si una instalación es adecuada y cumple con todos los requisitos de seguridad y visibilidad necesarios se establecen una serie de parámetros que sirven como criterios de calidad. Son la luminancia media (L_m , L_{AV}), los coeficientes de uniformidad (U_0 , U_L), el deslumbramiento (TI y G) y el coeficiente de iluminación de los alrededores (SR).

8.4.4 Coeficientes de uniformidad

Como criterios de calidad y evaluación de la uniformidad de la iluminación en la vía se analizan el rendimiento visual en términos del coeficiente global de uniformidad U_0 y la comodidad visual mediante el coeficiente longitudinal de uniformidad U_L (medido a lo largo de la línea central).

-

$$U_0 = L_{\min} / L_m \quad U_L = L_{\min} / L_{\max} \quad (8.8)$$

Las recomendaciones adecuadas sobre uniformidad de la luminancia lo que equivale prácticamente al grado máximo aceptable de no-uniformidad, dependen del punto de vista económico. Cualquiera que sea el sistema de alumbrado, una mejor uniformidad solo puede lograrse mediante un menor espaciamiento de las luminarias o un sistema óptico de la luminaria mas cuidadosamente diseñado, todo lo cual aumenta el costo de la instalación.

8.4.5 Deslumbramiento

El deslumbramiento producido por las farolas o los reflejos en la calzada, es un problema considerable por sus posibles repercusiones. En sí mismo, no es más que una sensación molesta que dificulta la visión pudiendo, en casos extremos, llegar a provocar ceguera transitoria. Se hace necesario, por tanto, cuantificar este fenómeno y establecer unos criterios de calidad que eviten estas situaciones peligrosas para los usuarios.

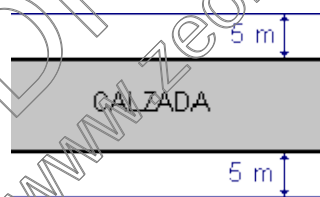
Se llama *deslumbramiento molesto* a aquella sensación desagradable que sufrimos cuando la luz que llega a nuestros ojos es demasiado intensa. Este fenómeno se evalúa de acuerdo a una escala numérica, obtenida de estudios estadísticos, que va del deslumbramiento insoportable al inapreciable.

Deslumbramiento	Evaluación del alumbrado
Insoportable	Malo
Molesto	Inadecuado
Admisible	Regular
Satisfactorio	Bueno
Inapreciable	Excelente

(Tab. 8.8) Tipos de deslumbramiento

8.4.6 Coeficiente de iluminación en los alrededores

El coeficiente de iluminación en los alrededores (*Surround Ratio*, SR) es una medida de la iluminación en las zonas limítrofes de la vía. De esta manera se asegura que los objetos, vehículos o peatones que se encuentren allí sean visibles para los conductores. SR se obtiene calculando la iluminancia media de una franja de 5 m de ancho a cada lado de la calzada.



(Fig. 8.3) Iluminancia necesaria a cada lado de la calzada

8.4.7 Apariencia en color y rendimiento en color.

- La influencia del color de la luz sobre la visibilidad (distancia de visibilidad)
- La influencia del color de la luz en el deslumbramiento molesto.
- La influencia del color de la luz sobre la rapidez de percepción y tiempo de recuperación, si se ha producido un instante de deslumbramiento
- La comodidad visual en una vía iluminada depende también del rendimiento en color de las lámparas instaladas.

8.4.8 Eficiencia de la geometría de la instalación para la orientación visual

Se han de tomar unas medidas en la geometría de la instalación para que permita una orientación visual. Todo este conjunto de medidas ha de transmitir al usuario una imagen rápida para que inmediatamente identifique el curso de la vía, y particularmente de la dirección que debe seguir, a una distancia que dependerá del límite de velocidad permitida.

8.5 CONSIDERACIONES ECONÓMICAS

Entre los múltiples factores que tienen que ver directamente con el costo de una instalación están:

• **La calzada**

Las características de reflexión del pavimento, ancho y estado del mismo.

• **Suministro de energía**

La instalación es área o subterránea; tensión de red; circuito en serie o en paralelo; conexión en estrella o en triángulo; longitud de la línea; pérdidas, Etc.

• **Lámparas**

Potencia, eficacia, apariencia y rendimiento en color, posición de uso, precio.

• **Luminarias**

Una o dos lámparas por luminaria, eficiencia óptica, factor de utilización, balasto separado o incorporado en la luminaria, luminarias montadas en postes báculos o suspendidas, peso total, forma, precio.

• **Postes**

Altura normal o postes altos, con o sin brazo, brazos sencillos o dobles, longitud del brazo, precio del poste completo.

• **Balasto**

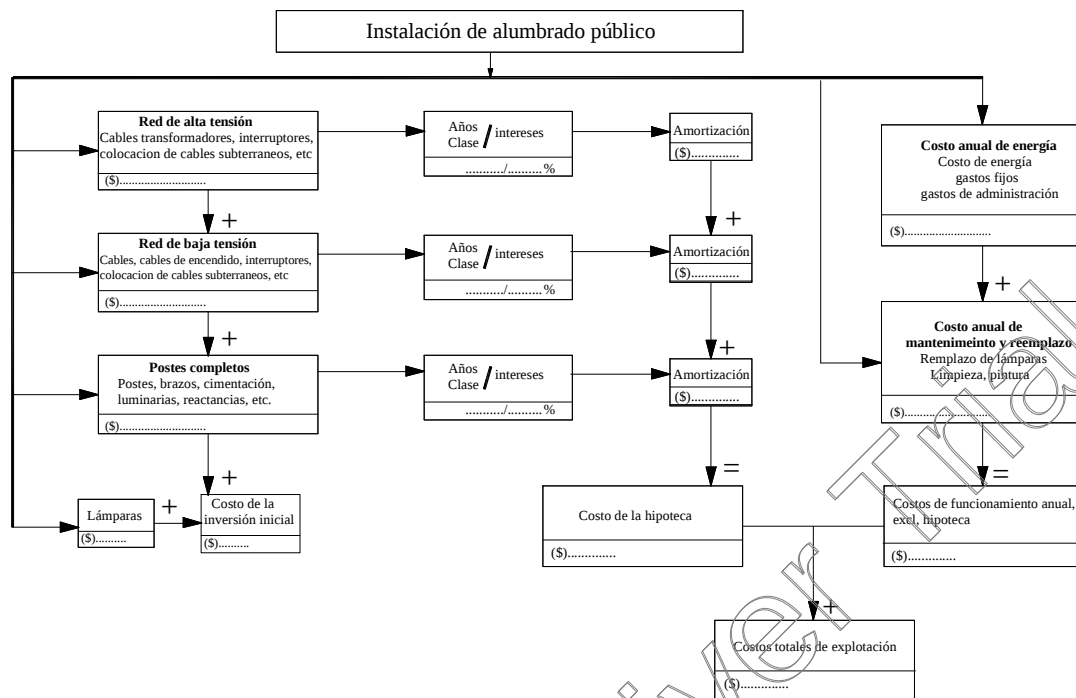
Voltaje baja o media tensión, potencia para una o dos lámparas, caída de tensión estimada, con corrección de factor de potencia o sin ella, precio.

• **Transformadores de distribución**

Tipo, con regulador o sin él, estación central con subestaciones o con cables para grandes ramificaciones, precio.

• **Encendido y apagado**

Con cronointerruptores mecánicos, con fotocelula, encendido mecánico diurno – nocturno.



(Fig. 8.4) Ilustra un plan utilizable para calcular el costo de una instalación

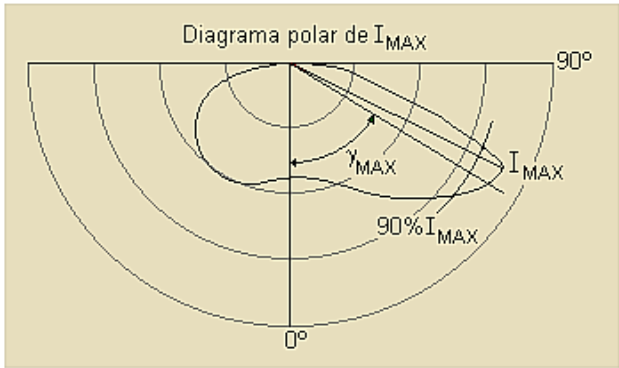
8.6 LÁMPARAS Y LUMINARIAS

Las *lámparas* son los aparatos encargados de generar la luz. En la actualidad, en alumbrado público se utilizan las lámparas de descarga frente a las lámparas incandescentes por sus mejores prestaciones y mayor ahorro energético y económico. Concretamente, se emplean las lámparas de vapor de mercurio a alta presión y las de vapor de sodio a baja y alta presión.

Las *luminarias*, por contra, son aparatos destinados a alojar, soportar y proteger la lámpara y sus elementos auxiliares además de concentrar y dirigir el flujo luminoso de esta. Para ello, adoptan diversas formas aunque en alumbrado público predominan las de flujo asimétrico con las que se consigue una mayor superficie iluminada sobre la calzada. Las podemos encontrar montadas sobre postes, columnas o suspendidas sobre cables transversales a la calzada, en catenarias colgadas a lo largo de la vía o como proyectores en plazas y cruces.

Las luminarias se clasifican según tres parámetros (alcance, dispersión y control) que dependen de sus características fotométricas. Los dos primeros nos informan sobre la distancia en que es capaz de iluminar la luminaria en las direcciones longitudinal y transversal respectivamente. Mientras, el control nos da una idea sobre el deslumbramiento que produce la luminaria a los usuarios.

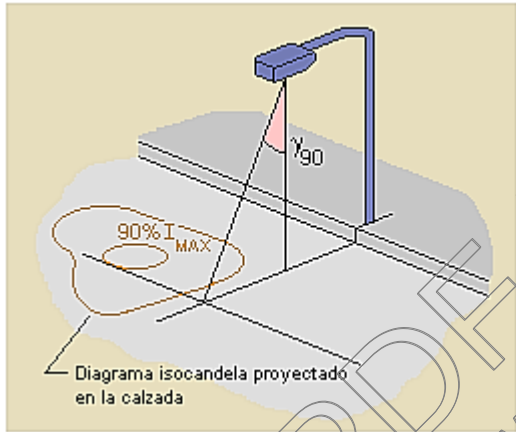
El *alcance* es la distancia, determinada por el ángulo $\gamma_{\max}$, en que la luminaria es capaz de iluminar la calzada en dirección longitudinal. Este ángulo se calcula como el valor medio entre los dos ángulos correspondientes al 90% de $I_{\max}$ que corresponden al plano donde la luminaria presenta el máximo de la intensidad luminosa.



Alcance corto	$\gamma_{max} < 60^\circ$
Alcance intermedio	$60^\circ \leq \gamma_{max} \leq 70^\circ$
Alcance largo	$\gamma_{max} > 70^\circ$

(Fig. 8.5) Alcance longitudinal

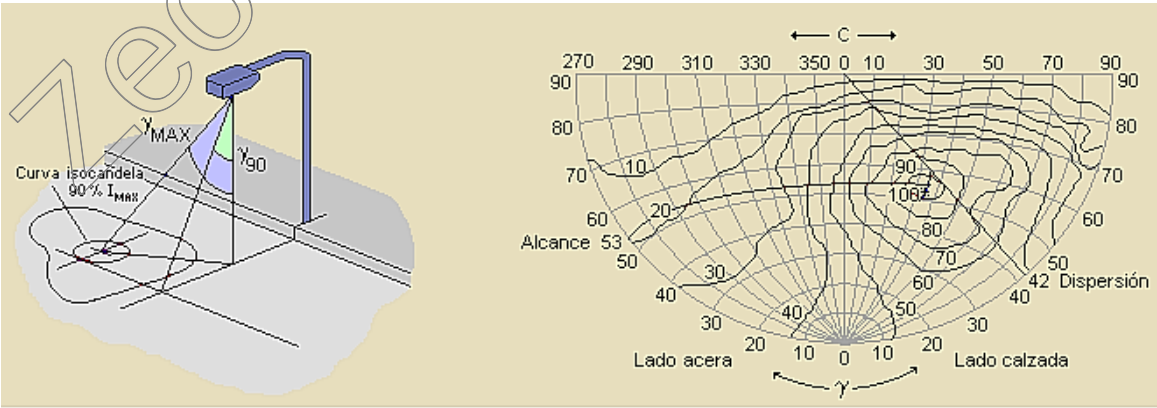
La *dispersión* es la distancia, determinada por el ángulo γ_{90} , en que es capaz de iluminar la luminaria en dirección transversal a la calzada. Se define como la recta tangente a la curva isocandela del 90% de I_{MAX} proyectada sobre la calzada, que es paralela al eje de esta y se encuentra mas alejada de la luminaria.



Dispersión estrecha	$\gamma_{90} < 45^\circ$
Dispersión media	$45^\circ \leq \gamma_{90} \leq 55^\circ$
Dispersión ancha	$\gamma_{90} > 55^\circ$

(Fig. 8.6) Dispersión transversal

Tanto el alcance como la dispersión pueden calcularse gráficamente a partir del diagrama isocandela relativo en proyección azimutal.



(Fig. 8.7) Alcance y dispersión de una luminaria

(Fig. 8.8) Método gráfico para calcular el alcance y la dispersión

Por último, el *control* nos da una idea de la capacidad de la luminaria para limitar el deslumbramiento que produce.

Control limitado (NON CUT OFF)	SLI <2
Control medio (SEMI CUT OFF)	$2 \leq \text{SLI} \leq 4$
Control intenso (CUT OFF)	SLI > 4

(Tab. 8.9) Control del deslumbramiento en función del SLI

Donde la formula de SLI (índice específico de la luminaria) se calcula a partir de las características de esta.

Formula de SLI

$$\text{SLI} = 13.84 - 3.31 \log I_{80} + 1.3 \log \left(\frac{I_{80}}{I_{0.8}} \right)^{0.5} - 0.08 \log \frac{I_{80}}{I_{0.8}} + 1.29 \log F + c \quad (8.9)$$

donde:

- I_{80} : es la intensidad luminosa emitida por la luminaria con un ángulo de elevación $\gamma=80^\circ$ en el plano $C=0$.
- F : es la superficie aparente de la luminaria vista bajo un ángulo de 76° .
- c : es un factor de corrección del color que vale:

Tipo de lámpara	C
Sodio a baja presión	0,4
Otras	0

8.6.1 Emplazamiento de las luminarias – Separación y altura de montaje

El emplazamiento, separación y altura de montaje apropiados de las luminarias implican factores de iluminación tales como la relación de uniformidad entre el nivel luminoso más bajo y el medio, y el deslumbramiento mínimo. Dichos factores se deben considerar conjuntamente con otros de orden práctico que amenudo incluyen el emplazamiento de postes convenientes, espacio para soportes de nuevos postes, longitudes de los bloques, límites de las propiedades, desniveles, curvas, cruces. Al perseguir el objetivo de un mínimo deslumbramiento con un óptimo brillo del pavimento, las alturas de montaje de las luminarias son función de la máxima intensidad luminosa del haz del tipo de control. Los exteriores para determinar la altura de montaje mínimo se dan en la siguiente tabla:

Intensidad luminosa	Altura mínima de montaje (m)		
Máxima de la luminaria (Cd)	Cutoff	Semi-cutoff	No-cutoff
Por debajo de 5.000	6	6	7.5
Por debajo de 10.000	6	7.5	9
Por debajo de 15.000	7.5	9	10.5
Por encima de 15.000	9	10.5	12

(Tab. 8.10) Alturas mínimas de montaje de las luminarias

8.6.2 Disposición de las luminarias

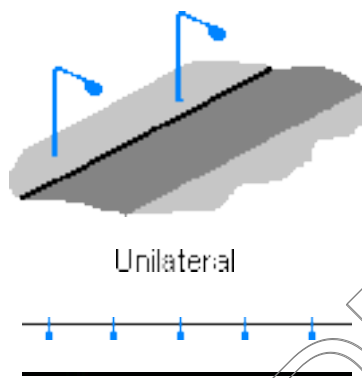
Para conseguir una buena iluminación, no basta con realizar los cálculos, debe proporcionarse información extra que oriente y advierta al conductor con suficiente antelación de las características y trazado de la vía. Así en curvas es recomendable situar las farolas en la exterior de la misma, en autopistas de varias calzadas ponerlas en la mediana o cambiar el color de las lámparas en las salidas.

En los *tramos rectos de vías con una única calzada* existen tres disposiciones básicas: unilateral, bilateral tresbolillo y bilateral pareada. También es posible suspender la luminaria de un cable transversal pero sólo se usa en calles muy estrechas.

a) Vías con tráfico en ambos sentidos

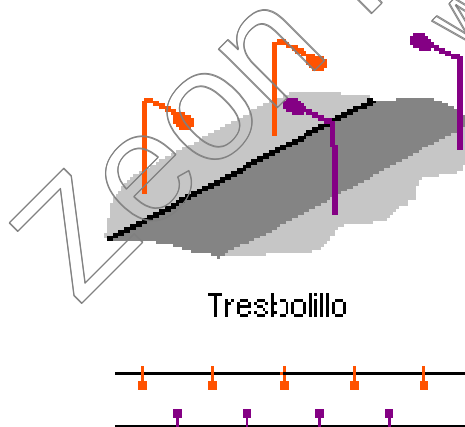
Hay cuatro formas de disposición de luminarias que han sido reconocidas como aptas para vaís de esta clase.

• Unilateral



Esta disposición consiste en la colocación de todas las luminarias a un mismo lado de la calzada, se utiliza solamente en el caso de que el ancho de la vía sea igual o inferior a la altura de montaje de las luminarias. La luminancia de la vía en el lado opuesto a la fila de luminarias será inevitablemente menor, comparada con la del lado donde han sido colocadas aquellas.

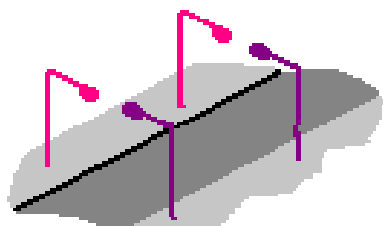
• Tresbolillo



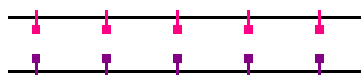
Esta disposición consiste en la colocación de las luminarias en ambos lados de la vía a tresbolillo o en zigzag y se emplea principalmente si el ancho de la vía es de 1.0 a 1.5 veces la altura de montaje.

Hay que prestar cuidadosa atención a la uniformidad de las luminancias en la vía; manchas brillantes y oscuras pueden producir un efecto molesto de zigzag.

• Pareada

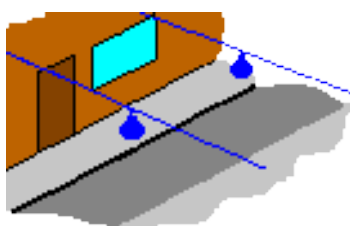


Pareada

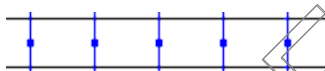


Esta disposición, con luminarias colocadas una opuesta a la otra, se utiliza ante todo cuando el ancho de la vía es mayor de 1.5 veces la altura de montaje.

• Suspendidas en la mitad de la vía



Suspendida transversal



Esta disposición, con luminarias suspendidas a lo largo del eje de la vía, se utiliza para vías estrechas con edificios en ambos lados que permiten la suspensión de las luminarias en cables anclados en ellos.

La distribución unilateral se recomienda si la anchura de la vía es menor que la altura de montaje de las luminarias. La bilateral tresbolillo si está comprendida entre 1 y 1.5 veces la altura de montaje de montaje y la bilateral pareada si es mayor de 1,5.

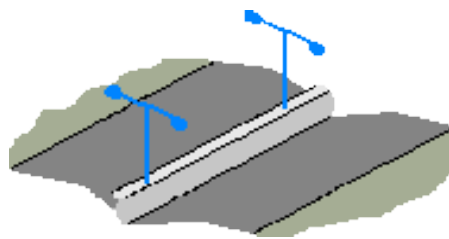
Relación entre la anchura de la vía y la altura de montaje	
Unilateral	$A/H < 1$
Tresbolillo	$1 \leq A/H \leq 1,5$
Pareada	$A/H > 1,5$
Suspendida	Calles muy estrechas

(Tab. 8.11) Relación entre la anchura de la vía y la altura de montaje

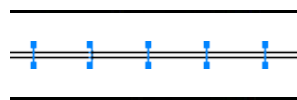
b) Autopistas y vías de dos calzadas

En el caso de *tramos rectos de vías con dos o más calzadas* separadas por una mediana se pueden colocar las luminarias sobre la mediana o considerar las dos calzadas de forma independiente. Si la mediana es estrecha se pueden colocar farolas de doble brazo que dan una buena orientación visual y tienen muchas ventajas constructivas y de instalación por su simplicidad. Si la mediana es muy ancha es preferible tratar las calzadas de forma separada. Pueden combinarse los brazos dobles con la disposición al tresbolillo o aplicar iluminación unilateral en cada una de ellas. En este último caso es recomendable poner las luminarias en el lado contrario a la mediana porque de esta forma incitamos al usuario a circular por el carril de la derecha.

• En la mediana con brazo doble

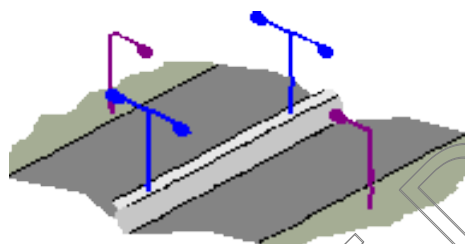


Central con doble brazo

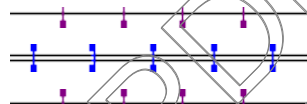


En la mediana con brazo doble, los postes están colocados exclusivamente en la mediana central. Esto puede considerarse como disposición unilateral para cada una de las calzadas.

• Combinación de brazos dobles y disposición en oposición

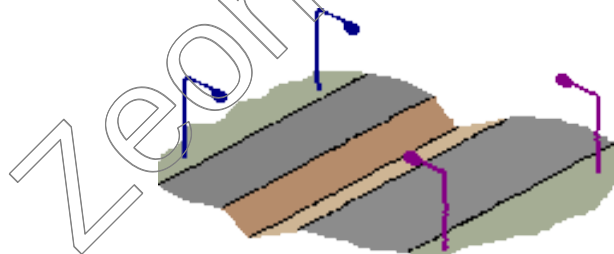


Combinación brazos dobles y tresbolillo

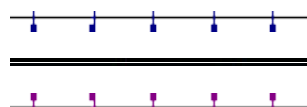


A los brazos dobles, colocados en la mediana, se le agrega la disposición opuesta. Esto equivale a decir a la disposición al tresbolillo para cada una de las tres calzadas.

• Unilateral en calzadas diferenciadas



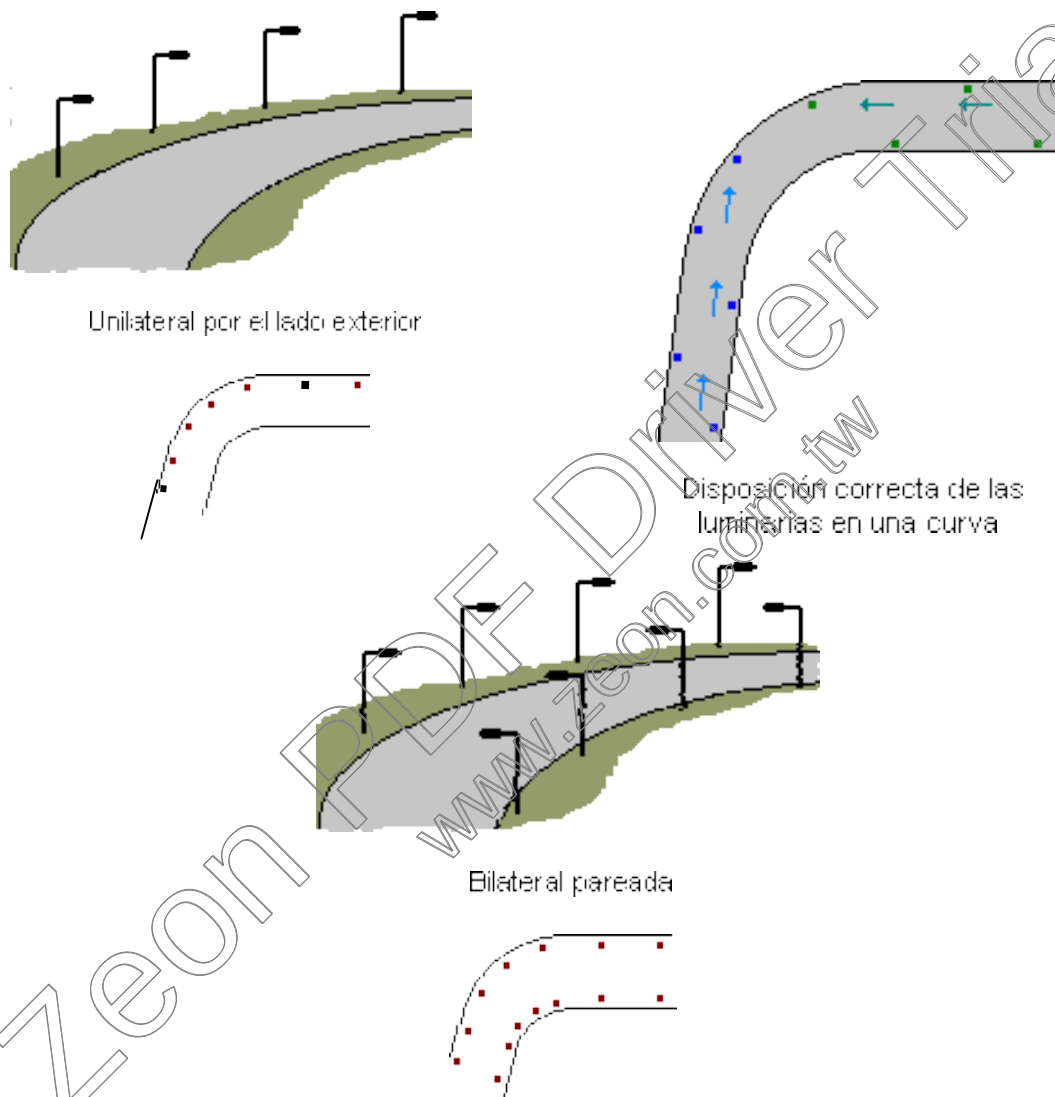
Unilateral en calzadas diferenciadas



Utiliza la misma disposición que la unilateral solamente que en ambos lados de las calzadas obteniendo las mismas ventajas

c) Curvas

En *tramos curvos* las reglas a seguir son proporcionar una buena orientación visual y hacer menor la separación entre las luminarias cuanto menor sea el radio de la curva. Si la curvatura es grande ($R > 300$ m) se considerará como un tramo recto. Si es pequeña y la anchura de la vía es menor de 1.5 veces la altura de las luminarias se adoptará una disposición unilateral por el lado exterior de la curva. En el caso contrario se recurrirá a una disposición bilateral pareada, nunca tresbolillo pues no informa sobre el trazado de la carretera.

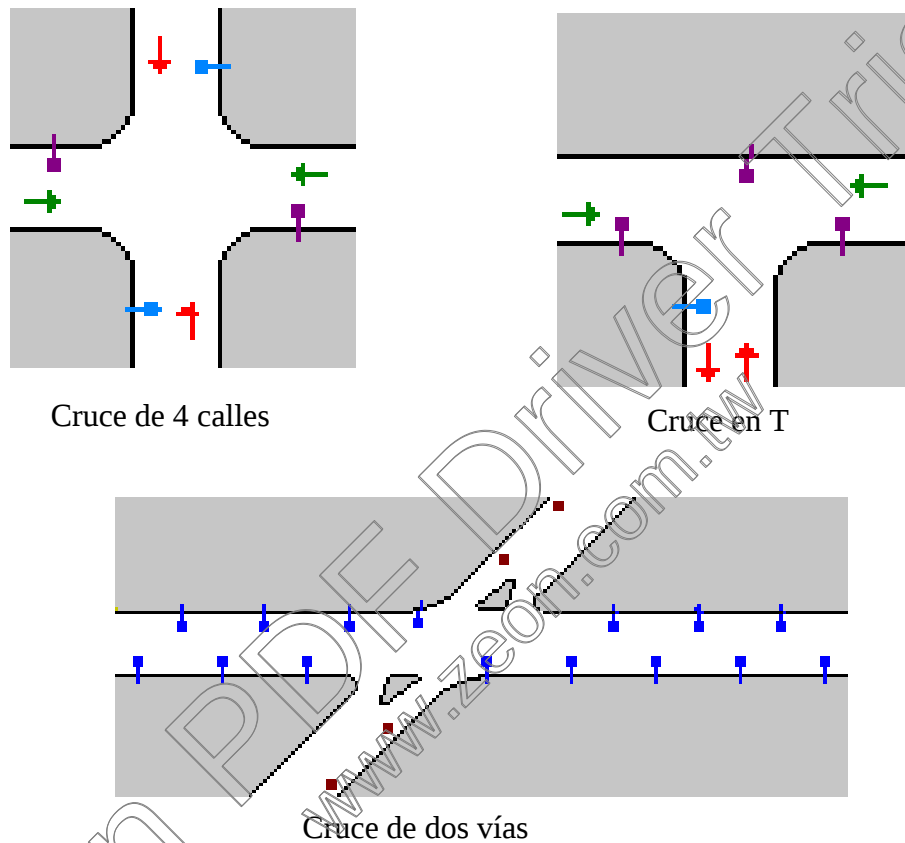


(Fig. 8.9) Disposición de las luminarias en los tramos curvos

$R > 300$ m.	Asimilar a un tramo recto	
$R < 300$ m	$A/H < 1,5$	Unilateral exterior
	$A/H > 1,5$	Bilateral pareada

d) Cruces

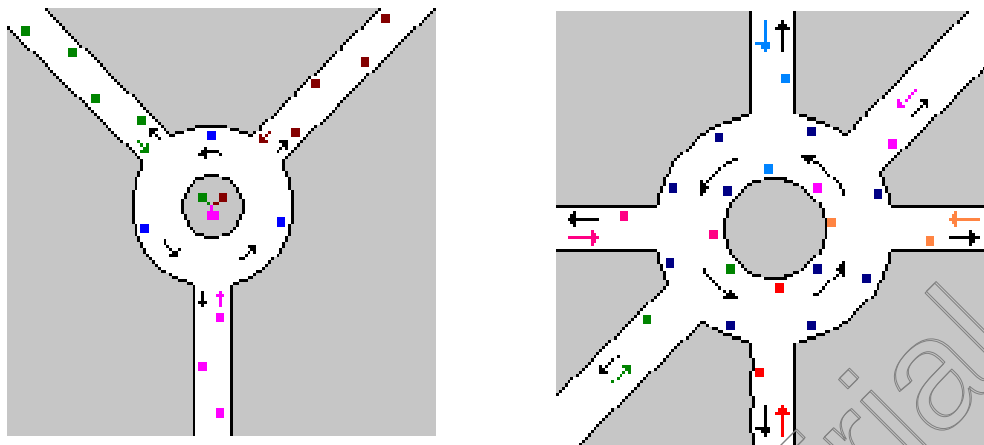
En *cruces* conviene que el nivel de iluminación sea superior al de las vías que confluyen en él para mejorar la visibilidad. Asimismo, es recomendable situar las farolas en el lado derecho de la calzada y después del cruce. Si tiene forma de T hay que poner una luminaria al final de la calle que termina. En las salidas de autopistas conviene colocar luces de distinto color al de la vía principal para destacarlas. En cruces y bifurcaciones complicadas es mejor recurrir a iluminación con proyectores situados en postes altos, más de 20 m, pues desorienta menos al conductor y proporciona una iluminación agradable y uniforme.



(Fig. 8.10) Disposición de las luminarias en cruces

e) Plazas y glorietas

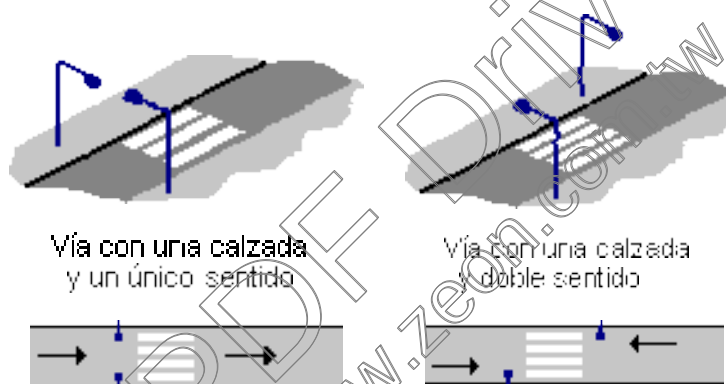
En las *plazas y glorietas* se instalarán luminarias en el borde exterior de estas para que iluminen los accesos y salidas. La altura de los postes y el nivel de iluminación será por lo menos igual al de la calle más importante que desemboque en ella. Además, se pondrán luces en las vías de acceso para que los vehículos vean a los peatones que crucen cuando abandonen la plaza. Si son pequeñas y el terraplén central no es muy grande ni tiene arbolado se puede iluminar con un poste alto multibrazo. En otros casos es mejor situar las luminarias en el borde del terraplén en las prolongaciones de las calles que desembocan en esta.



(Fig. 8.11) Disposición de las luminarias en plazas y glorietas

f) Pasos de peatones

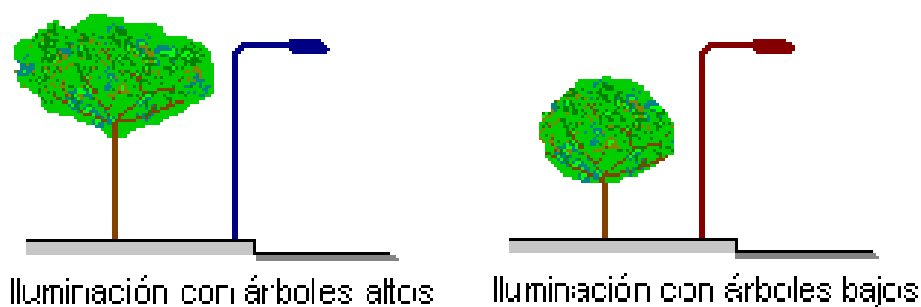
En los *pasos de peatones* las luminarias se colocarán antes de estos según el sentido de la marcha de tal manera que sea bien visible tanto por los peatones como por los conductores.



(Fig. 8.12) Disposición de las luminarias en pasos peatonales

g) Ornamentación

Por último, hay que considerar la *presencia de árboles en la vía*. Si estos son altos, de unos 8 a 10 metros, las luminarias se situarán a su misma altura. Pero si son pequeños las farolas usadas serán más altas que estos, de 12 a 15 m de altura. En ambos casos es recomendable una poda periódica de los árboles.



(Fig. 8.13) Iluminación de la vía con presencia de árboles .

8.7 RECOMENDACIONES PARA EL ALUMBRADO PÚBLICO

Las exigencias que debe cumplir una instalación de alumbrado público, se encuentra recogidos en las recomendaciones de diferentes países. Algunos han basado sus recomendaciones en las internacionales, formuladas por la CIE. Estas recomendaciones están ahora sometidas a revisión. Las ultimas sugerencias para esta revisión se encuentran resumidas en forma simplificada en la tabla (8.12).

Clase de vía	Tipo de alrededores	Nivel (L_r)	Uniformidad		Deslumbramiento	
			L_{min}/L_r	L_{min}/L_{max}	Molesto G	Perturbador TI
Autopista	Cualquiera	2	0,4	0,7	6	5
Carretera -arteria-	Claro	2	0,4	0,7	5	5
	Oscuro	1			6	
Carretera -principal-	Claro	2	0,4	0,5	5	20
	Oscuro	1			6	5
Calle comercial*	Claro	2	0,4	0,5	4	20
Calle de interconexión**	Claro	1	0,4	0,5	4	20
	Oscuro	0,5	0,3		5	10
* Son vías publicas en los centros de ciudades y centros comerciales, y vías de acceso a edificios, donde confluye el tráfico motorizado con denso tráfico peatonal.						
** Son vías publicas que conectan carreteras principales o calles comerciales con áreas residenciales.						

(Tab. 8.12) Recomendaciones CIE, en revisión, para el alumbrado público (1.974)

Las recomendaciones de la República Federal Alemana para “el nivel de luminancia” son idénticas a las establecidas por la CIE; tienen, sin embargo, sus propias recomendaciones para uniformidad. La uniformidad la especifican según la relación l_{min}/l_{max} , tanto para la longitudinal como para la transversal.

En Inglaterra no se indican los valores para la calidad. En su lugar el Código Británico de alumbrado público contiene recomendaciones para la separación máxima y flujo luminoso descendente mínimo en distintas clases de vías y para diferentes alturas de montaje.

En algunas recomendaciones nacionales la restricción del deslumbramiento se indica especificando la intensidad luminosa de las luminarias en ciertas direcciones. Por esa razón, las luminarias se clasifican de acuerdo con su distribución lumínica. La terminología empleada es: Cut-off (CO), semi-cut-off (SCO) y non-cut-off (NCO).

8.8 CÁLCULOS DE ALUMBRADO EXTERIOR

Debido a la gran cantidad de factores que intervienen en la iluminación de vías públicas (deslumbramiento, características de los pavimentos, condiciones meteorológicas, etc.) y en la percepción de estas, el cálculo del alumbrado público ha sido siempre una tarea muy compleja.

Por ello, en un principio los cálculos se enfocaron a determinar unas condiciones de iluminancia sobre la calzada que proporcionarían una buena visibilidad dentro de los márgenes establecidos por los organismos competentes.

A medida que se fue desarrollando la informática y aumentaron las capacidades de procesamiento de datos, los cálculos se fueron orientando hacia la determinación de luminancias. Esto no hubiera sido posible sin la existencia de ordenadores que permiten ejecutar y aplicar los métodos de cálculo numérico en un tiempo razonable.

8.8.1 Iluminancia en un punto

La iluminancia en un punto de una vía cualquiera, se la calcula sumando la iluminancia de todas las luminarias que aporten a ese punto;

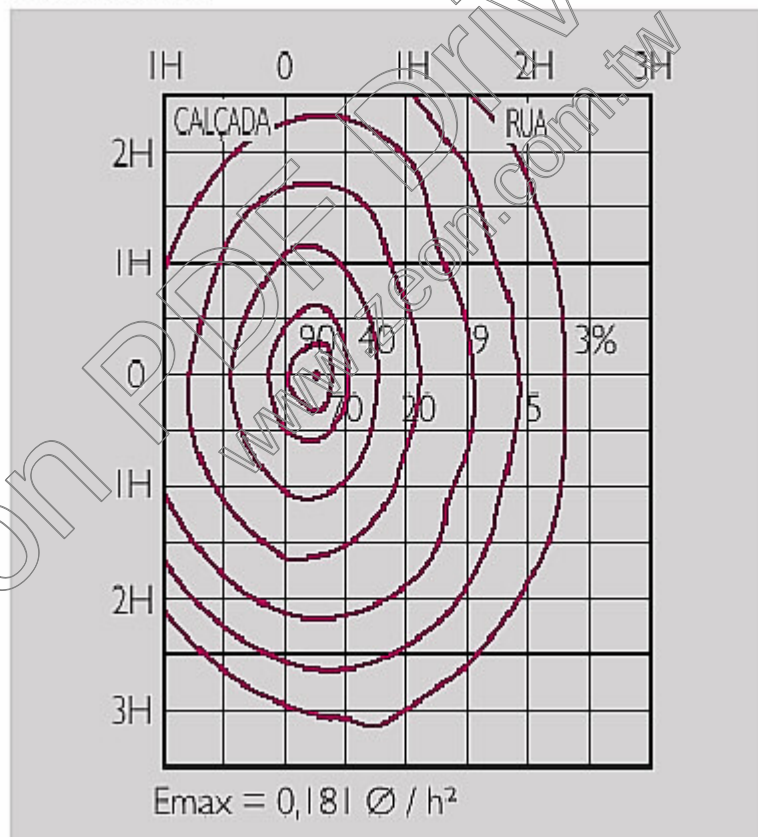
Las iluminancias se las puede obtener de las curvas isolux proporcionadas por los fabricantes, en las cuales se indica la iluminancia máxima representada por una ecuación de las siguientes características:

$$E_p = E_r \frac{a \times \Phi_L \times n}{h^2} \quad (8.10)$$

Donde:

- E_p : Iluminancia relativa en el punto p (curvas Isolux)
- a : factor por el tipo de luminaria
- Φ_L : Flujo luminoso de la lámpara
- n : Número de lámparas dentro de la luminaria
- h : Altura de montaje de la luminaria

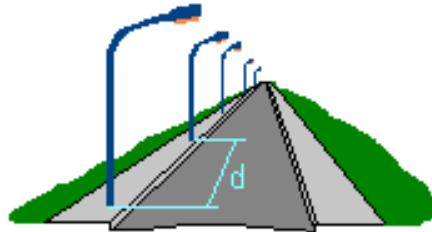
Curvas Isolux



(Fig. 8.14) Ejemplo de curva Isolux Philips

8.8.2 Método de los lúmenes o del factor de utilización

La finalidad de este método es calcular la distancia de separación adecuada entre las luminarias que garantice un nivel de iluminancia medio determinado. Mediante un proceso iterativo, sencillo y práctico, se consiguen unos valores que aunque no son muy precisos, sí sirven de referencia para empezar a aplicar otros métodos.



(Fig. 8.15) Distancia entre luminarias

- *Determinar el nivel de iluminancia media (E_m).* Este valor depende de las características y clase de pavimento, clase de vía, intensidad del tráfico, etc. Como valores orientativos podemos usar:

Tipo de vía	Iluminancia Media (lx)	Luminancia Media (cd/m^2)
A	35	2
B	35	2
C	30	1,9
D	28	1,7
E	25	1,4

(Tab. 8.13) Iluminancias y Luminancias recomendadas para distintos tipos de vías

- *Escoger el tipo de lámpara* (vapor de mercurio, sodio...) y la altura de montaje necesarias sin exceder el flujo máximo recomendado en cada intervalo.

FLUJO DE LA LÁMPARA (lm)	ALTURA
$3000 \leq \Phi_L < 10.000$	$6 \leq H < 8$
$10.000 \leq \Phi_L < 20.000$	$8 \leq H < 10$
$20.000 \leq \Phi_L < 40.000$	$10 \leq H < 12$
≥ 40.000	≥ 12

(Tab. 8.14) Iluminancias recomendadas en función de la altura de montaje

- *Elegir la disposición de luminarias* más adecuada según la relación entre la anchura de la calzada y la altura de las luminarias

DISPOSICIÓN	RELACIÓN ANCHURA / ALTURA
Unilateral	≤ 1
Tresbolillo	$1 < A/H \leq 1,5$
Pareada	$> 1,5$

(Tab. 8.15) Disposición de las luminarias en relación anchura / altura

- *Determinar el factor de mantenimiento (f_m)* dependiendo de las características de la zona (contaminación, tráfico, mantenimiento...). Normalmente esto es difícil de evaluar y se recomienda tomar un valor no superior a 0.8 (habitualmente 0.7).

CARACTERÍSTICAS DE LA VÍA	LUMINARIA ABIERTA	LUMINARIA CERRADA
Limpia	0,75	0,80
Media	0,68	0,70
Sucia	0,65	0,68

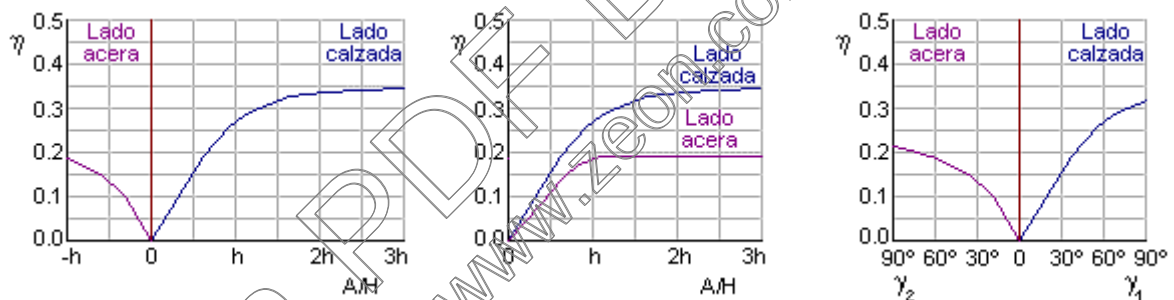
(Tab. 8.16) Características de mantenimiento dependiendo de la vía

- Calcular el factor de utilización (η)

El *factor de utilización* es una medida del rendimiento del conjunto lámpara -luminaria y se define como el cociente entre el flujo útil, el que llega a la calzada, y el emitido por la lámpara.

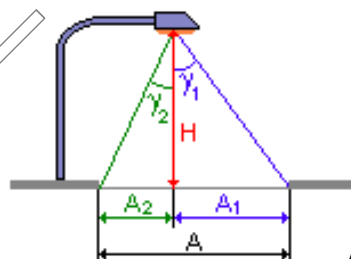
$$\eta = \frac{\Phi_{\text{útil}}}{\Phi_L} \quad (8.11)$$

Normalmente se representa mediante curvas que suministran los fabricantes con las luminarias. Estas curvas podemos encontrarlas en función del cociente anchura de la calle/altura (A/H), la más habitual, o de los ángulos γ_1 , γ_2 en el lado calzada y acera respectivamente.

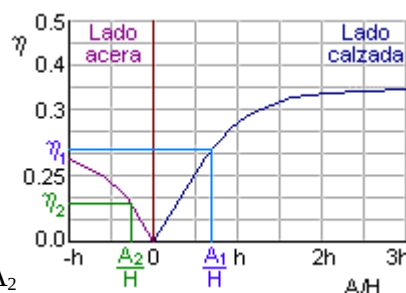


(Fig. 8.16) Ejemplo de Curvas del factor de utilización

De los gráficos se puede observar que hay dos valores posibles, uno para el lado acera y otro para el lado calzada, que se obtienen de las curvas.

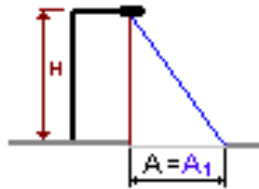


$$A = A_1 + A_2 \\ = \gamma_1 + \gamma_2$$



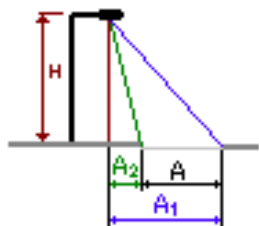
Por tanto, para obtener el factor de utilización total de la sección transversal de la calle habrá que sumar los coeficientes del lado acera y del lado calzada, aunque en otros casos la cosa puede ser diferente.

Por ejemplo



La luminaria cae en el borde de la acera

$$\begin{aligned} A_1 &= A \\ A_2 &= 0 \\ \eta &= \eta_1 \end{aligned}$$



La luminaria cae sobre la acera

$$\begin{aligned} A &= A_1 - A_2 \\ \eta &= \eta_1 - \eta_2 \end{aligned}$$

Cálculo de la separación entre luminarias

Una vez fijados los datos de entrada, podemos proceder al cálculo de la separación (d) entre las luminarias utilizando la expresión de la iluminancia media.

$$E_m = \frac{h \times \Phi_L \times \eta}{w \times d} \quad (8.12)$$

donde:

E_m : es la iluminancia media sobre la calzada que queremos conseguir.

η : es el factor de utilización de la instalación.

n : es el número de lámparas por luminaria

Φ_L : es el flujo luminoso de la lámpara.

w : es la anchura a iluminar de la calzada que en disposición bilateral pareada es la mitad (A/2) y toda (A) en disposiciones unilateral y tresbolillo.

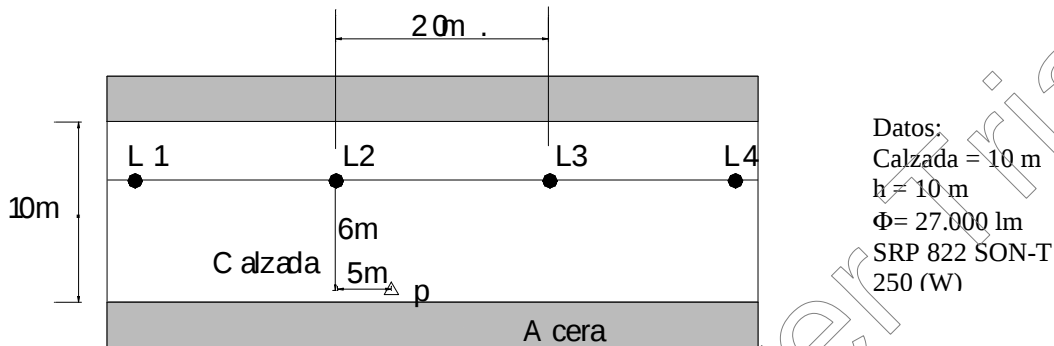
Unilateral o tresbolillo	A
Bilateral	A / 2

d : es la separación entre las luminarias y la incógnita a resolver.

8.9 EJEMPLOS DE APLICACIÓN

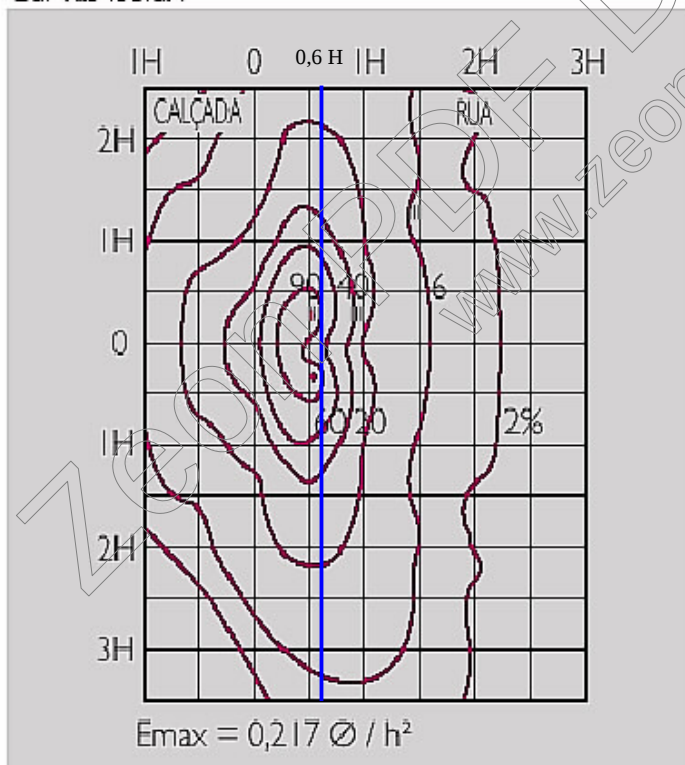
1. Determinar la iluminación en el punto “p” de una instalación de alumbrado público para una calle de una zona rural poco transitada. Donde la separación de las luminarias es de 20 m, la altura de montaje es de 10 m, el ancho de la calzada es de 10 m, se utilizaron luminarias SRP 822 SON – T 250 W , código comercial de la lámpara es SON – T 250W-RE .

Solución:



De la tabla de las curvas isolux obtenemos los porcentajes de aportación de cada luminaria al punto “p” refiriéndonos a las distancias entre ellas y la altura de montaje.

Curvas Isolux



En el plano vertical:

$$L - p = 6 \text{ m.} \rightarrow 0,6h$$

En el plano horizontal:

$$L1 - p = 25 \text{ m.} \rightarrow 2,5h$$

$$L2 - p = 5 \text{ m.} \rightarrow 0,5h$$

$$L3 - p = 15 \text{ m.} \rightarrow 1,5h$$

$$L4 - p = 35 \text{ m.} \rightarrow 3,5h$$

De la curva isolux obtenemos los porcentajes de aportación de iluminancia de las luminarias al punto p

$$E_{L1} = 14 \%$$

$$E_{L2} = 90 \%$$

$$E_{L3} = 35 \%$$

$$E_{L4} = 5 \%$$

$$\underline{\quad 144 \quad \%}$$

Calculamos la iluminación máxima:

$$E_{max} = 0,217 \frac{\Phi}{h^2}$$

$$E_{max} = 0,217 \frac{27.000}{10^2} = 58,59 (lx)$$

Calculamos la iluminación en el punto “p”

$$E_p = 1,39 \times 58,9 = 81,44 (lx)$$

2. Hallar la iluminación media en el carril superior de la calle utilizando una disposición en oposición, se utilizan luminarias HRC 612 – 1 x HPL-N 400 (W). La altura de montaje es de 10 m.

Solución:

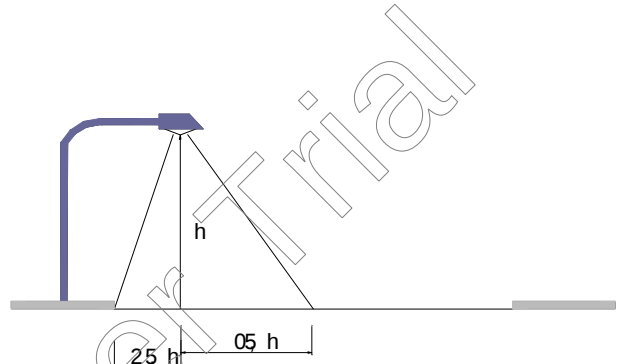
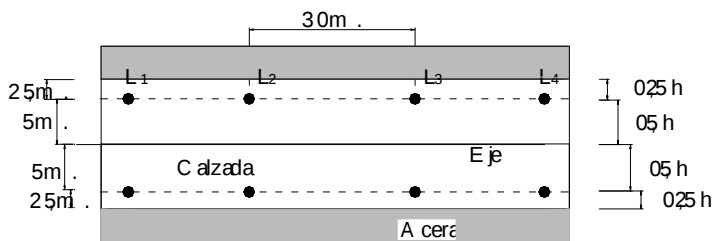
Datos:

$$\Phi = 22.000 \text{ (lm)}$$

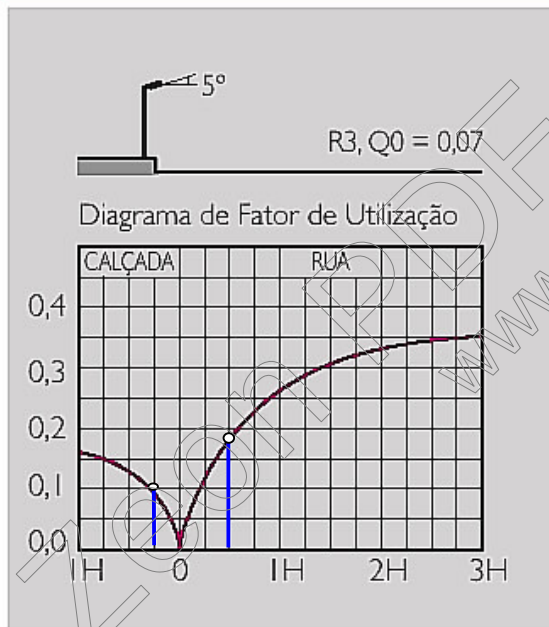
$$n = 1$$

$$\omega = 7,5 \text{ m}$$

$$d = 30 \text{ m}$$



De la curva del factor de utilización:



En la curva hallamos el factor de utilización:

$$\sigma_{0,5h} = 0,18$$

$$\sigma_{0,25h} = 0,09$$

$$\sigma = 0,27$$

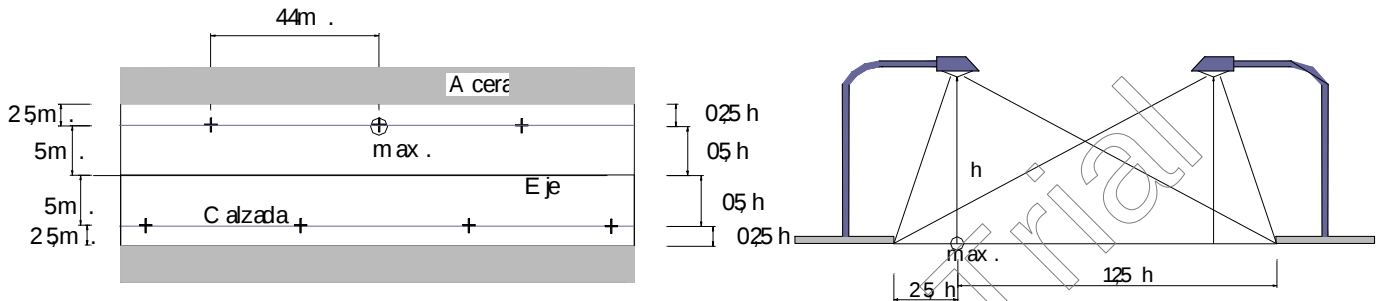
Calculamos la iluminación media utilizando la ecuación:

$$E_{med} = \frac{s \times \Phi_L \times n}{W \times s} = \frac{0,27 \times 22.000 \times 1}{7,5 \times 30}$$

$$E_{med} = 26,4 \text{ (lx)}$$

3. Encontrar la iluminación media y la iluminación máxima a lo ancho de toda la calle con una disposición de tresbolillo de las luminarias. La altura de montaje es de 10 m y se utilizan luminarias HRP 822 (1 x HPL – N 400 W)

Solución:



Datos:

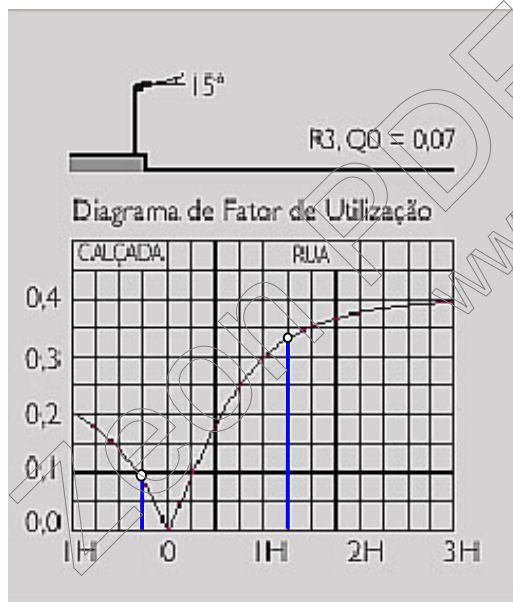
$$\Phi = 22.000 \text{ (lm)}$$

$$n = 1$$

$$\omega = 15 \text{ m}$$

$$s = 44 \text{ m}$$

De la curva del factor de utilización:



Calculamos la iluminación máxima, mediante la ecuación:

$$E_{max} = 0,167 \times \frac{\Phi_L}{h^2} = 0,167 \times \frac{22.000}{10^2}$$

$$E_{max} = 36,74 \text{ (lx)}$$

Calculamos la iluminación media: Hallamos en la curva los factores de utilización:

$$S_{0,25h} = 0,19$$

$$S_{1,25h} = 0,33$$

$$\text{Sumando} \Rightarrow S = 0,52$$

$$E_{med} = \frac{S \times \Phi \times n}{W \times s} = \frac{0,52 \times 22.000 \times 1}{15 \times 44}$$

$$E_{med} = 17,33 \text{ (lx)}$$

Por la aportación de ambos lados de la vía:

$$E_{med} = 2 \times 17,33$$

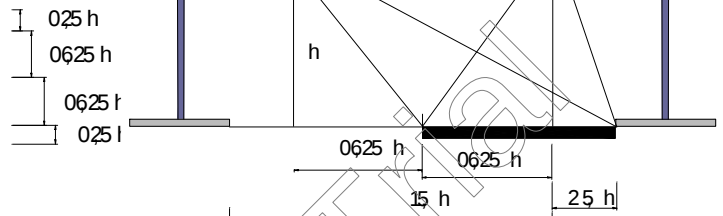
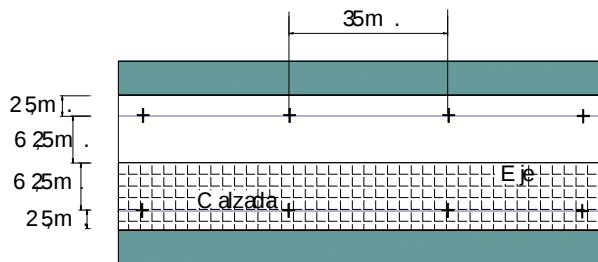
$$E_{med} = 34,66 \text{ (lx)}$$

Nota:

No cumple con los requisitos establecidos en la tabla (8.13) Categoría E 25(lx) para lo que se debe reducir la distancia entre luminarias o utilizar lámparas de mayor potencia.

4. Calcular la iluminación media en el carril derecho de una vía con disposición de luminarias en oposición. La altura de montaje es de 10m y se utilizan luminarias SRC 612 (1 x SON – T 250W)

Solución:



Datos:

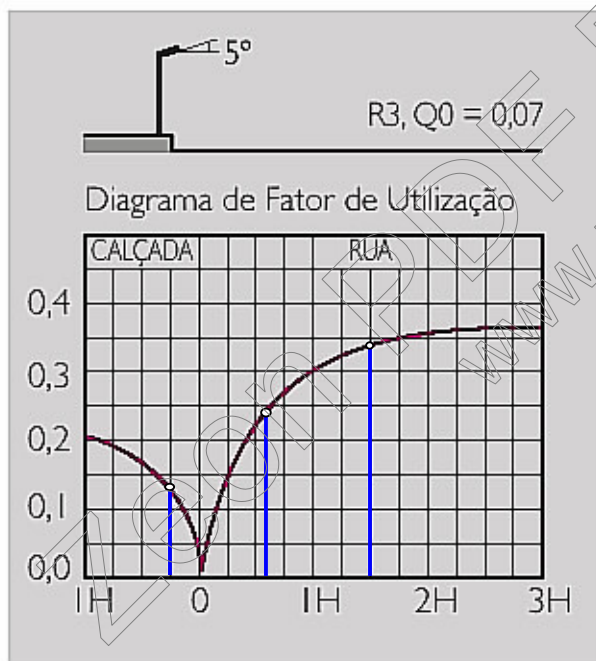
$$\Phi = 28.000 \text{ (lm)}$$

$$n = 1$$

$$\omega = 8,75 \text{ m}$$

$$s = 35 \text{ m}$$

De la curva del factor de utilización:



De la curva hallamos los factores de utilización de cada lado de la vía:

Del lado izquierdo:

$$S_{0-1,5h} = 0,34$$

$$S_{0-0,625h} = 0,24$$

$$\text{restamos} \Rightarrow S_1 = 0,10$$

$$E_{med1} = \frac{0,10 \times 28.000 \times 1}{8,75 \times 35}$$

$$E_{med1} = 9,14 \text{ (lx)}$$

Del lado derecho:

$$S_{0-0,25h} = 0,13$$

$$S_{0-0,625h} = 0,24$$

$$\text{sumamos} \Rightarrow S_1 = 0,37$$

$$E_{med2} = \frac{0,37 \times 28.000 \times 1}{8,75 \times 35}$$

$$E_{med2} = 33,82 \text{ (lx)}$$

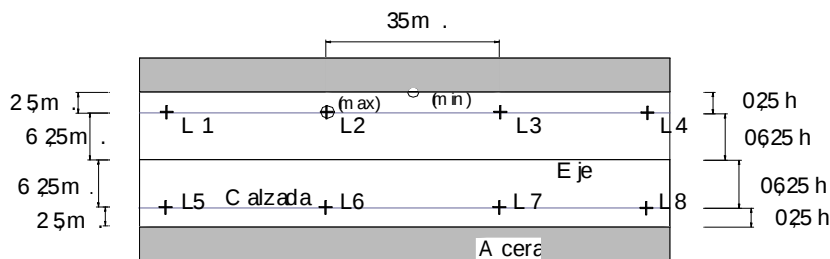
Sumando ambas contribuciones:

$$E_{med} = E_{med1} + E_{med2} = 9,14 + 33,82$$

$$E_{med} = 42,96 \text{ (lx)}$$

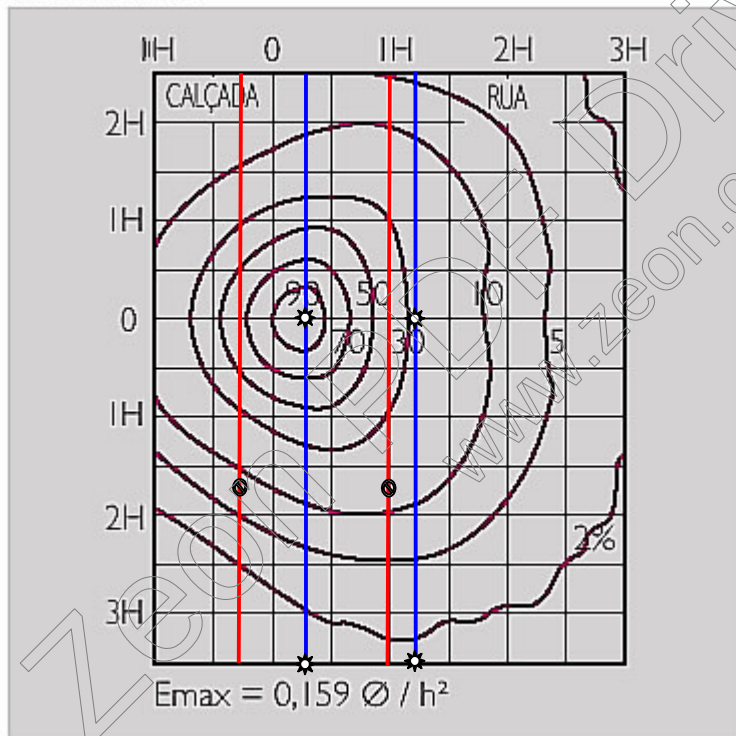
5. Hallar la relación $E_{\max} / E_{\min}$ de un sistema de iluminación de una vía con disposición en oposición utilizando luminarias SRP 683 SON 400 (W). La altura de montaje de las luminarias es de 10m.

Solución:



De la curva isolux:

Curvas Isolux



Hallamos en la curva las aportaciones de las luminarias al punto (max):

$$E_{L1} = 3,5h \rightarrow 1\%$$

$$E_{L2} = 0h \rightarrow 100\%$$

$$E_{L3} = 3,5h \rightarrow 1\%$$

$$E_{L5} = 3,5h \rightarrow 1\%$$

$$E_{L6} = 0h \rightarrow 28\%$$

$$E_{L7} = 3,5 \rightarrow 1\%$$

$$Total \rightarrow 132\%$$

Al punto (min)

$$E_{L2} = 1,75h \rightarrow 7\%$$

$$E_{L3} = 1,75h \rightarrow 7\%$$

$$E_{L6} = 1,75h \rightarrow 13\%$$

$$E_{L6} = 1,75h \rightarrow 13\%$$

$$Total \rightarrow 40\%$$

La iluminación máxima es:

$$E_{\max} = 0,159 \times \frac{48.000}{10^2} = 74,48(lx)$$

$$E_{P(\max)} = 74,48 \times 1,32 = 98,84(lx)$$

$$E_{P(\min)} = 74,48 \times 0,40 = 29,79(lx)$$

$$\frac{E_{P(\min)}}{E_{P(\max)}} = \frac{29,79}{98,84} = 0,30$$

8.10 CURVAS ISOLUX Y DIAGRAMAS DE FACTOR DE UTILIZACION

ILUMINACION PUBLICA

HRP/MRP/SRP 822



Presentación.

Luminaria para iluminación PÚBLICA cerrada. Propia para una lámpara de Vapor de Mercurio, Vapor Metálico ó Vapor de Sodio de 250(W) ó 400 (W). El conjunto óptico esta compuesto de un reflector de aluminio anodizado, siendo este regulable en su posición para lograr un mejor rendimiento de la luminaria, así como en una distribución de luz con excelente control de deslumbramiento. Esta protegido por un vidrio plano temperado, cerrado con una junta de silicona fijada al cuerpo. El equipamiento auxiliar se aloja en una parte del cuerpo de la luminaria siendo este accesible a través de una tapa oscilante.

Aplicaciones

Iluminación de calles, avenidas, parques, estacionamientos, patios en general; locales sujetos a atmósferas agresivas, etc.

Rendimiento

Con lámpara:

- β HPL – N 250 (W): 68 %
- β HPL – N 400 (W): 69 %
- β SON – T 250 (W): 82 %
- β SON – T 400 (W): 82 %

Lámpara

- β Vapor de mercurio HPL – N 250 (W) ó 400 (W)
- β Vapor metálico HPI – T 250 (W) ó 400 (W)
- β Vapor de sodio SON – T 250 (W) ó 400 (W)

Equipamiento auxiliar

Estas lámparas exigen equipamiento auxiliar: reactor ignitor y capacitor.

Como especificar

β Luminaria para iluminación PÚBLICA, cerrada para los siguientes tipos de lámparas:

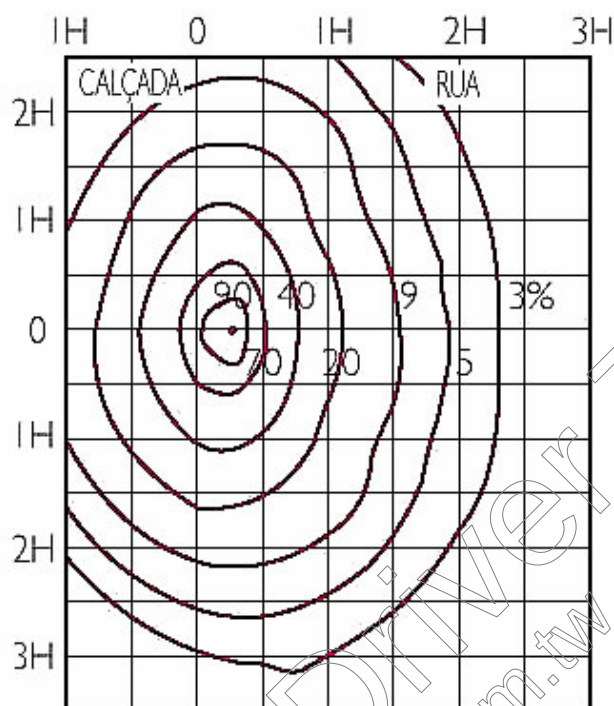
01 x HPL – N 250 (W) ó 400 (W)

01 x HPI – T 250 (W) ó 400 (W)

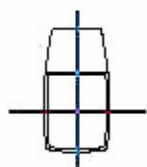
01 x SON – T 250 (W) ó 400 (W)

- β Cuerpo de la luminaria dividido en dos partes: alojamiento del reflector y alojamiento del equipo auxiliar
- β Reflector en aluminio anodizado brillante.
- β El reflector debe ser ajustable para los diferentes tipos de lámparas, permitiendo un óptimo aprovechamiento de la luz.
- β Grado de protección para el alojamiento de la lámpara IP55.
- β Porta lámparas tipo E-40 en porcelana reforzada, rosca de latón niquelado con contacto central telescópico de cobre niquelado, base estabilizadora de la lámpara en acero inoxidable y antivibratoria.
- β Porta lámpara puede moverse en sentido vertical a fin de proporcionar diferentes aberturas del haz de luz.
- β Vidrio plano, transparente, resistente a altas temperaturas de operación, fijado a lámparas cuerpo de la luminaria a través de un aro de aluminio fundido.
- β Las lámparas deben ser fácilmente accesibles a través del oscilamiento del vidrio sin la necesidad de herramientas especiales.
- β Fijación en cable flexible de sección transversal de 1,00 (mm²), con aislamiento de silicona con sobrecapa de fiberglass.
- β Todos los materiales ferrosos deben ser recubiertos por una capa de zinc.
- β El equipo auxiliar debe ser fácilmente accesible, para efecto de mantenimiento a través del oscilamiento de la tapa de alojamiento sin necesidad de herramientas especiales
- β Grado de protección para el alojamiento de los equipos auxiliares IP33.
- β El equipo auxiliar debe estar fijado en un chasis.



HRP 822 (1 x HPL – N 250 W)

$$E_{max} = 0,181 \frac{\Phi}{h^2}$$

**HRP 822**

$$I_{80} = 101,4$$

$$LOR = 0,68$$

$$I_{90} = 45,8$$

Curva Polar

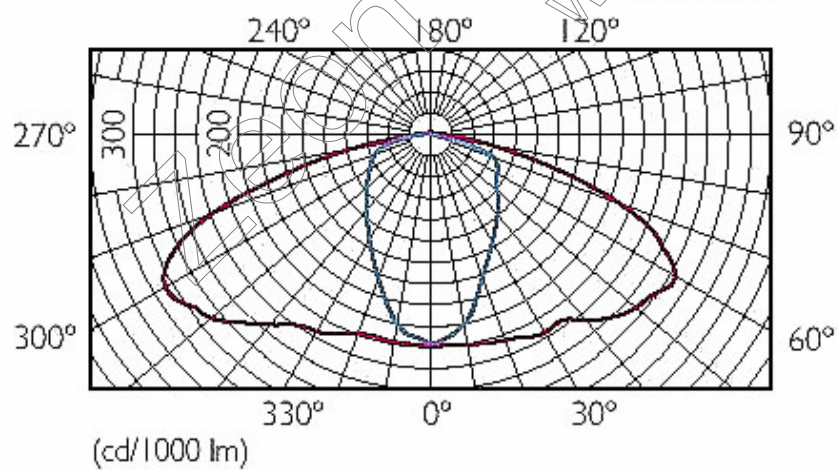
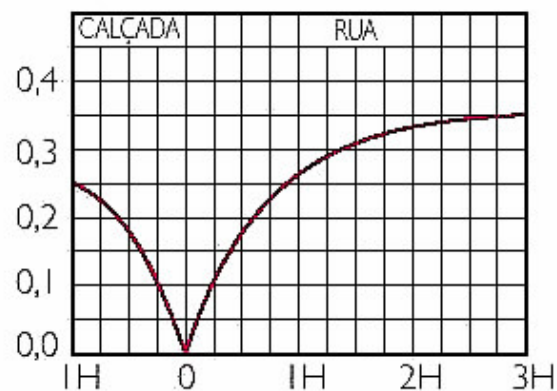
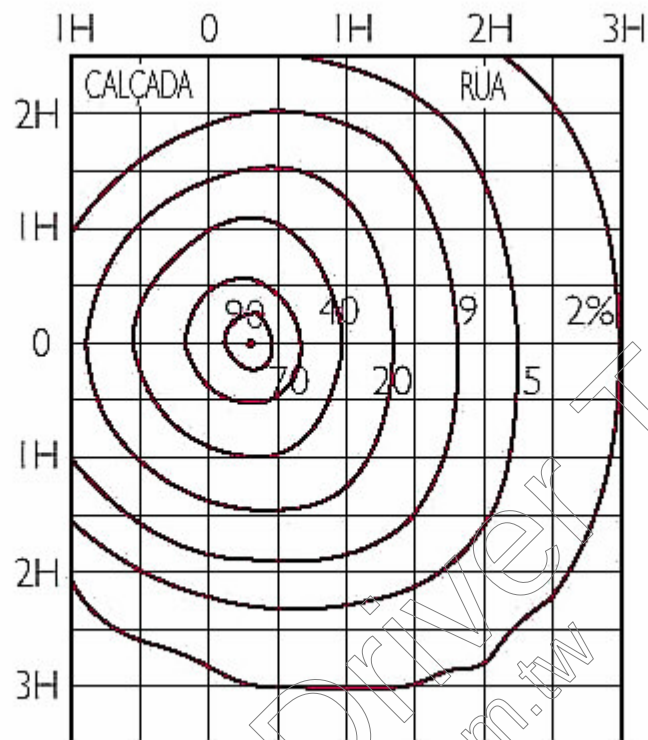
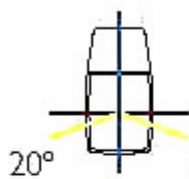


Diagrama de Fator de Utilização



HRP 822 (1 x HPL – N 400 W)

$$E_{\max} = 0,167 \phi / h^2$$

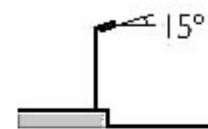
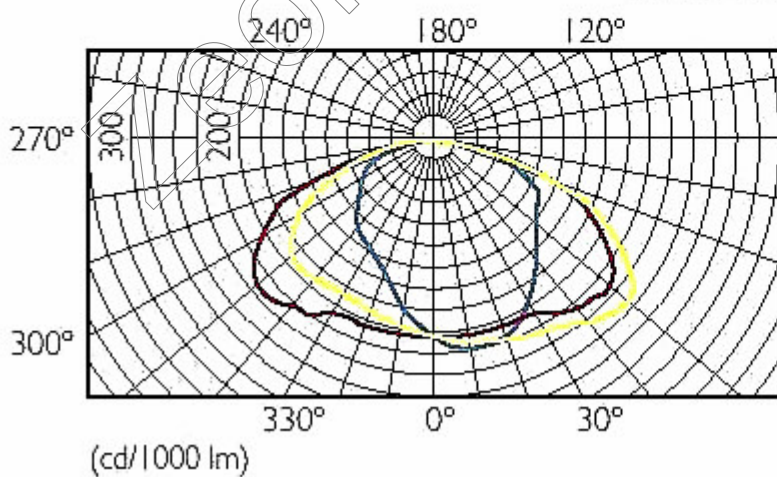
**HRP 822**

$$I_{80} = 111,0$$

$$I_{90} = 56,7$$

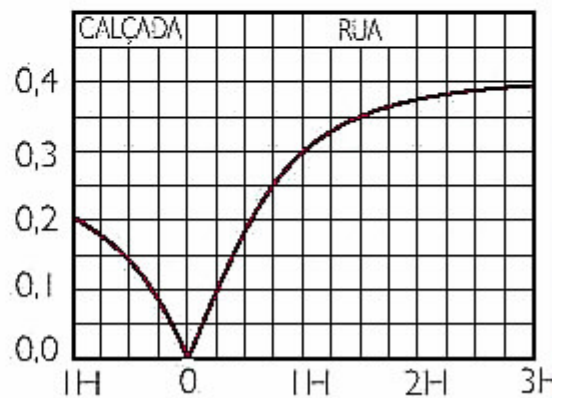
$$L.O.R. = 0,69$$

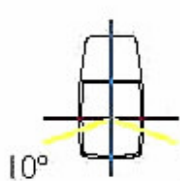
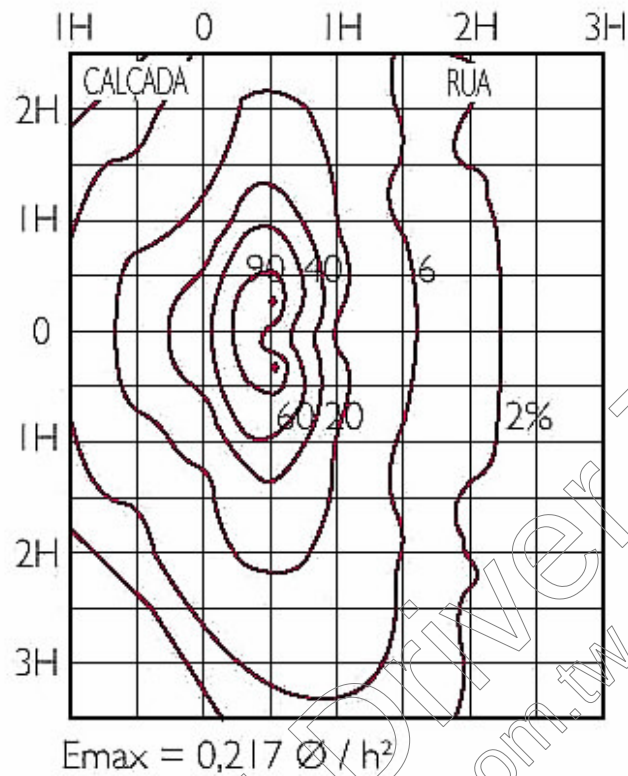
Curva Polar



$$R3, Q0 = 0,07$$

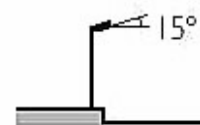
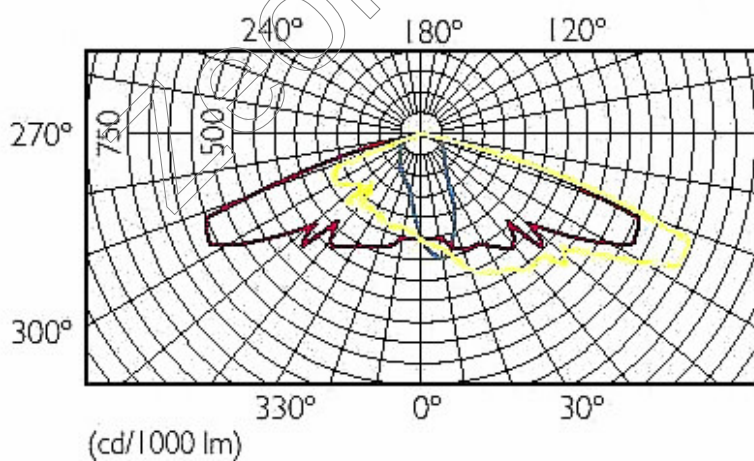
Diagrama de Fator de Utilização



SRP 822 (1 x SON – T 250 W)**SRP 822** $I_{80} = 153,6$ $I_{90} = 46,6$

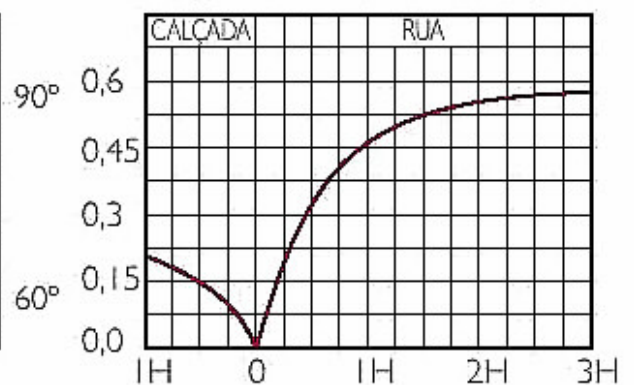
L.O.R. = 0,82

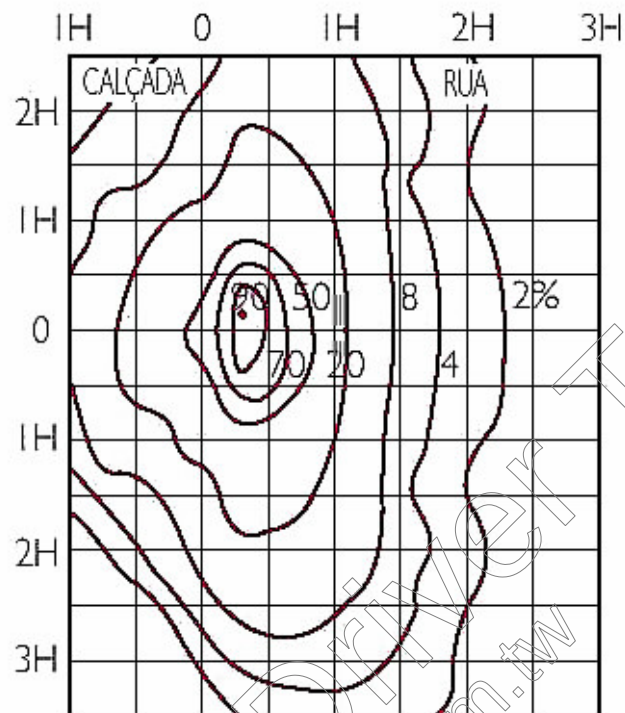
Curva Polar



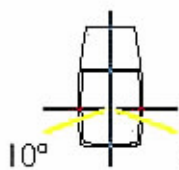
R3, Q0 = 0,07

Diagrama de Fator de Utilização



SRP 822 (1 x SON – T 400 W)

$$E_{max} = 0,238 \phi / h^2$$

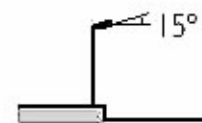
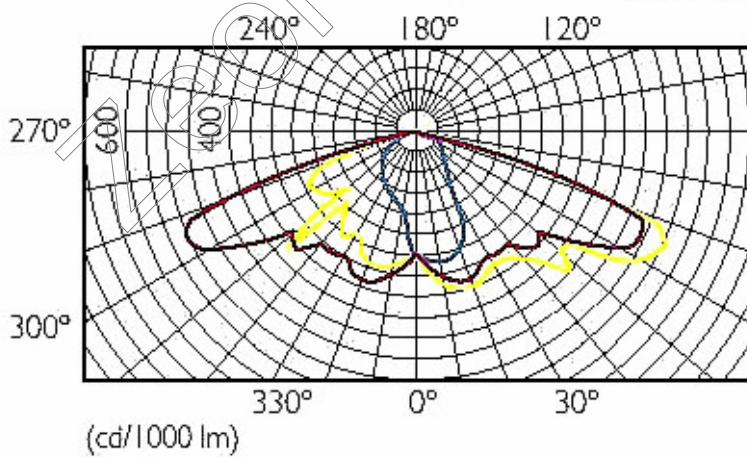
**SRP 822**

$$I_{80} = 122,5$$

$$I_{90} = 44,0$$

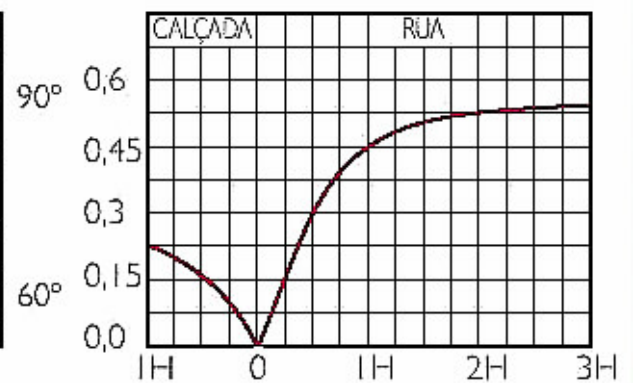
$$L.O.R. = 0,82$$

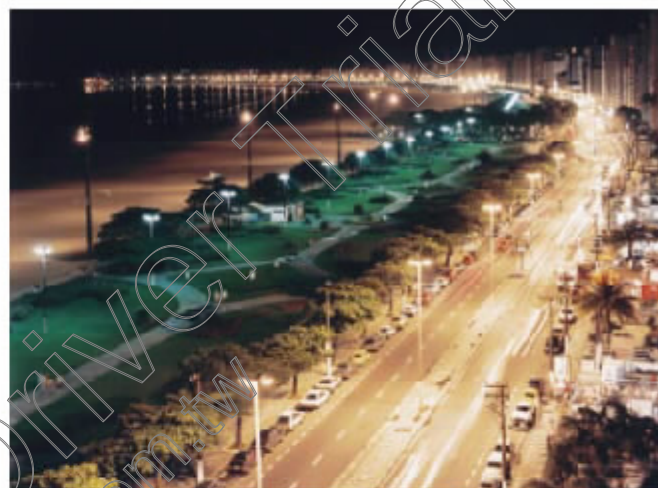
Curva Polar



$$R3, Q0 = 0,07$$

Diagrama de Fator de Utilização

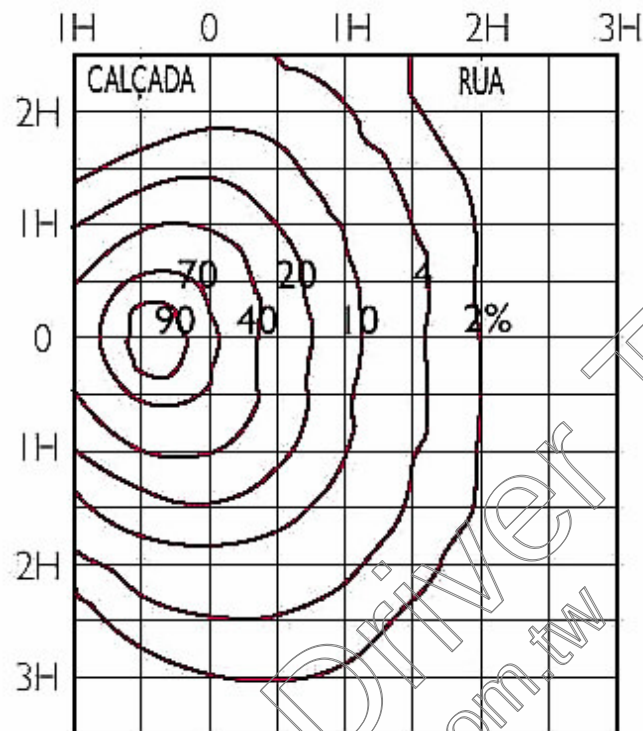


ILUMINACION PUBLICA**PHILIPS****HRC / SRC 612****Rendimiento
con lámparas**

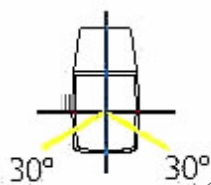
01 x HPL-N 400 W : 56%
01 x HPL-N 250 W : 58%
01 x SON-T 400 W : 64%
01 x SON-T 250 W : 60%

Lámparas

HRC 612
01 x HPL-N 250 W
01 x HPL-N 400 W
SRC 612
01 x HPL-T 250 W
01 x HPL-T 400 W
01 x SON-T 250 W
01 x SON-T 400 W

HRC 612 (1 x HPL – N 250 W)

$$E_{max} = 0,146 \frac{\Phi}{h^2}$$

**HRC 612**

$$I_{80} = 24,2$$

$$I_{90} = 0,6$$

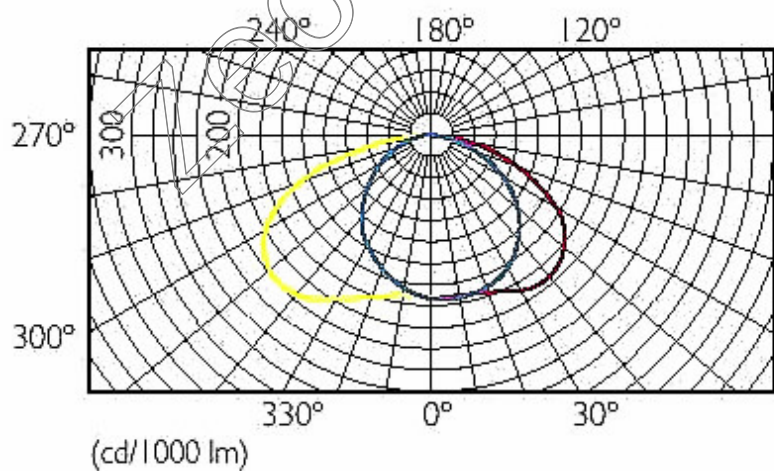
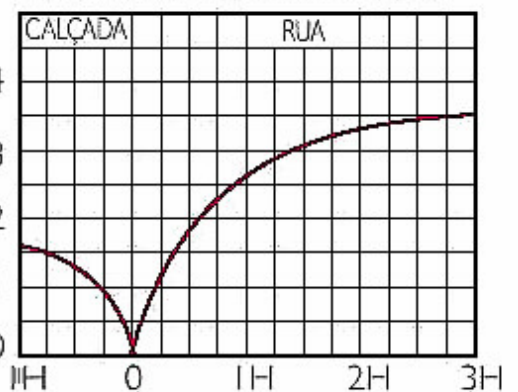
$$L.O.R. = 0,58$$

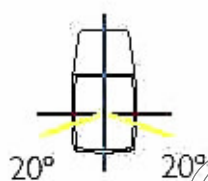
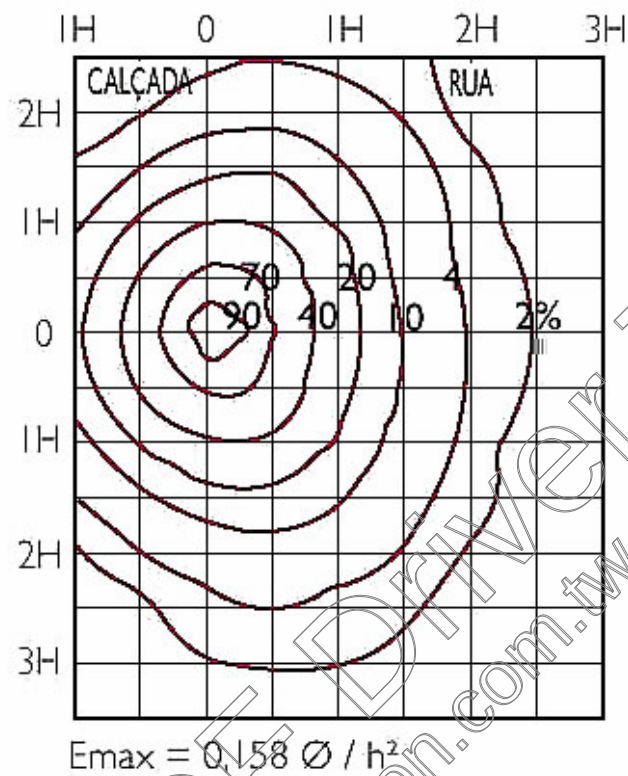
Curva Polar



$$R3, Q0 = 0,07$$

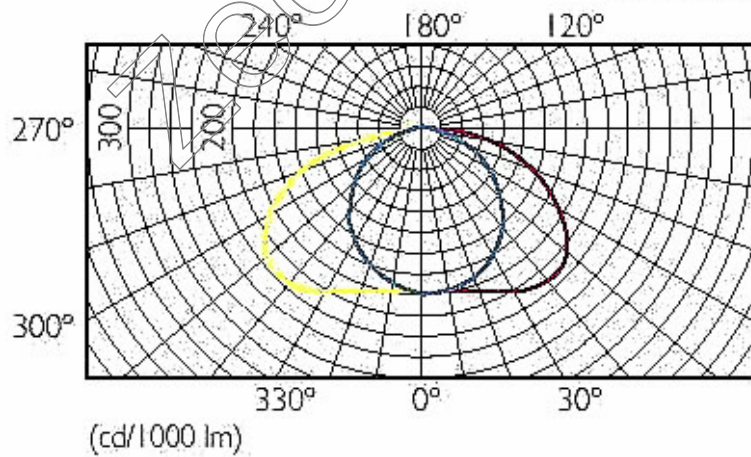
Diagrama de Fator de Utilização



HRC 612 (1 x HPL – N 400 W)**HRC 612** $I_{80} = 34,0$ $I_{90} = 0,8$

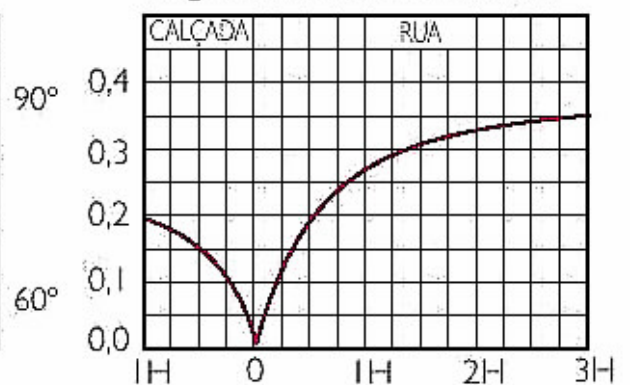
L.O.R. = 0,56

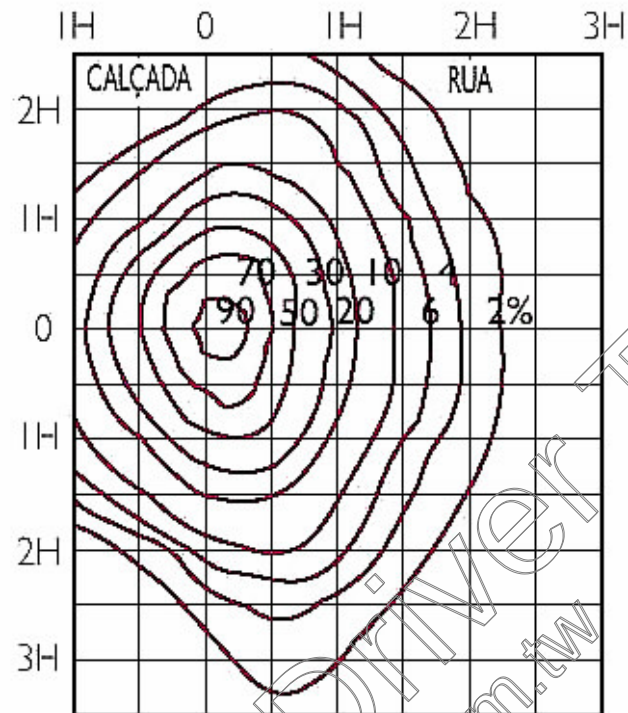
Curva Polar



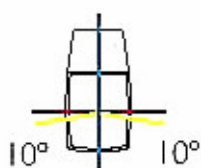
R3, Q0 = 0,07

Diagrama de Fator de Utilização



SRC 612 (1 x SON – T 250 W)

$$E_{\max} = 0,179 \frac{\Phi}{h^2}$$

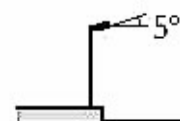
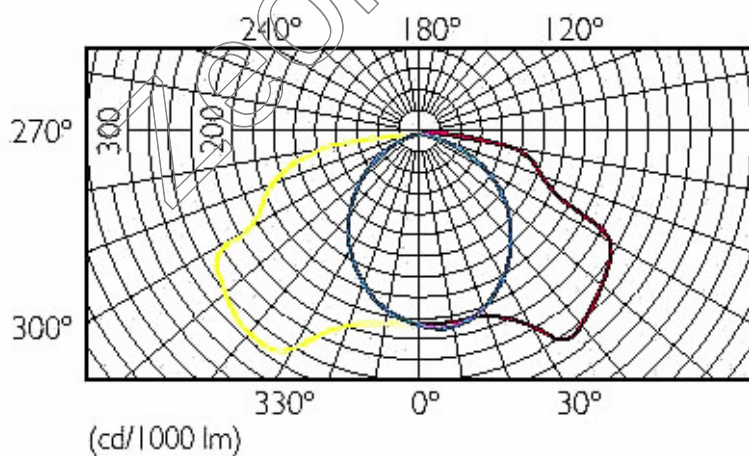
**SRC 612**

$$I_{80} = 65,0$$

$$I_{90} = 1,0$$

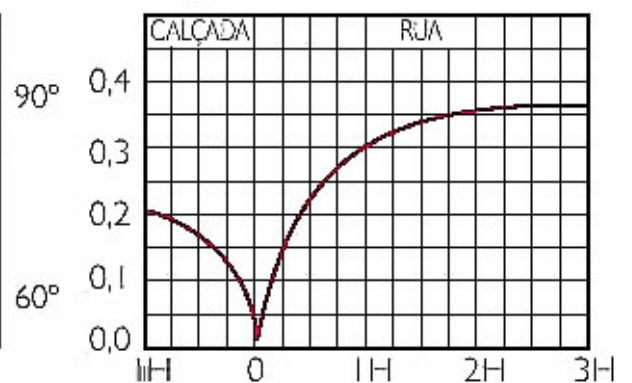
$$\text{A.C.R.} = 0,60$$

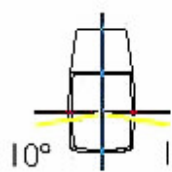
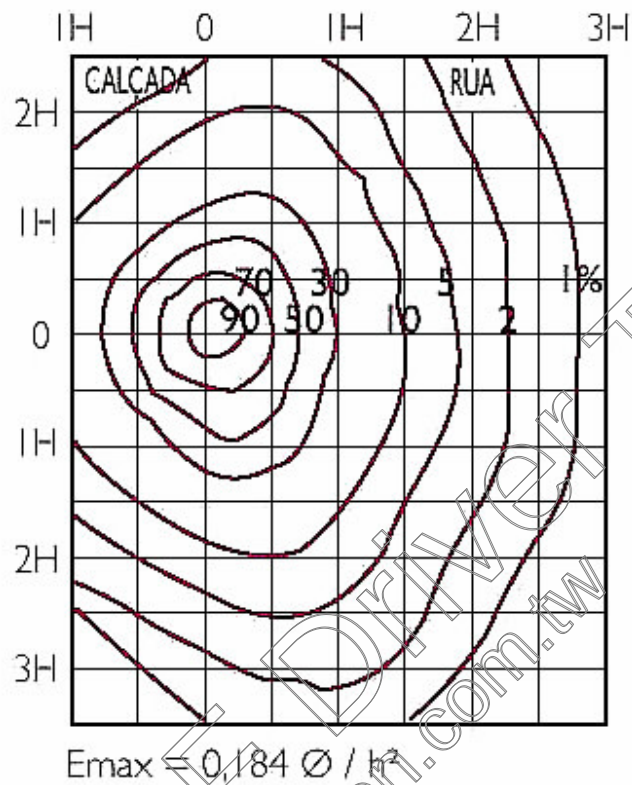
Curva Polar



$$R3, Q0 = 0,07$$

Diagrama de Fator de Utilização



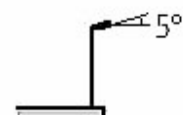
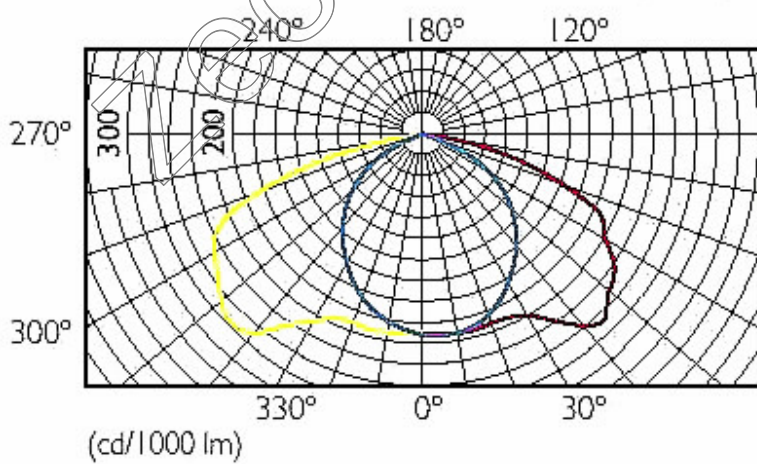
SRC 612 (1 x SON T 400 W)**SRC 612**

180 = 51,7

190 = 1,5

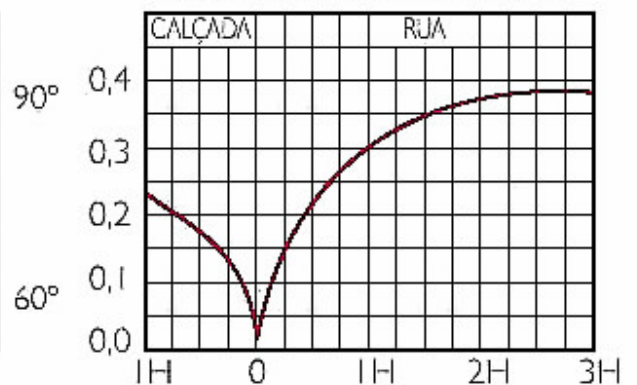
L.O.R. = 0,64

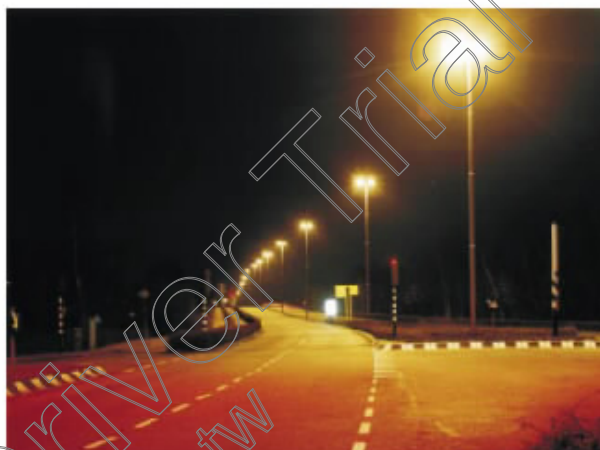
Curva Polar



R3, Q0 = 0,07

Diagrama de Fator de Utilização

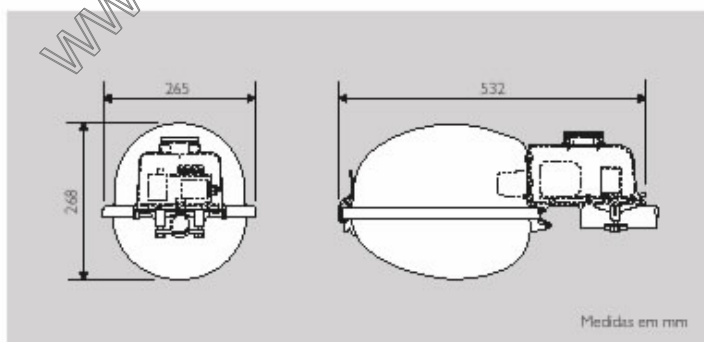


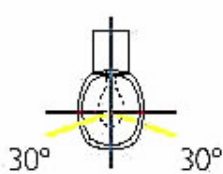
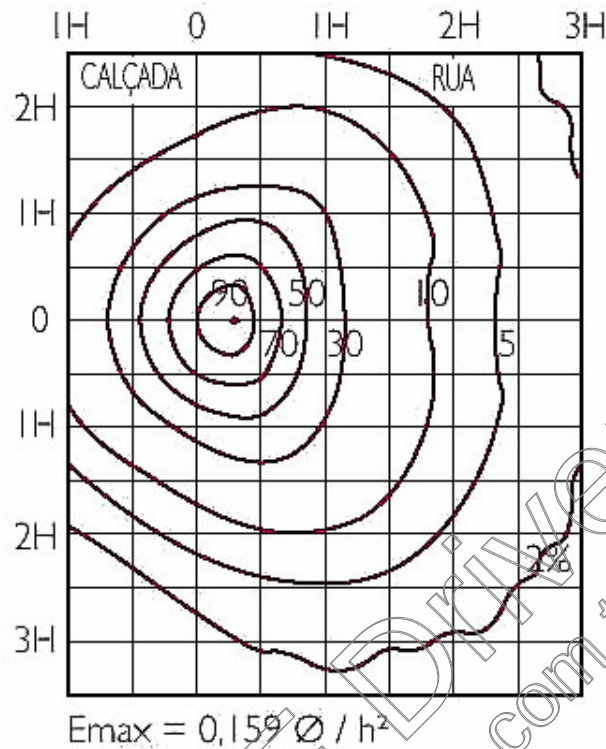
ILUMINACION PUBLICA**PHILIPS****HRS / SRS 941****Rendimiento
con lámpara**

HPL-N 125W: 72 %,
SON 70W: 72 %,
SON PLUS 100W: 72 %.

Lámpara

Vapor Mercurio: HPL-N 125W
Vapor de Sodio: SON 70W e
SON PLUS 100W



HRS 941 (1 x HPL – N 125 W)**HRS 941** $I_{80} = 128,8$ $LOR = 0,72$ $I_{90} = 53,4$

Curva Polar

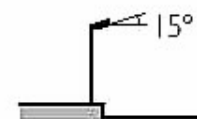
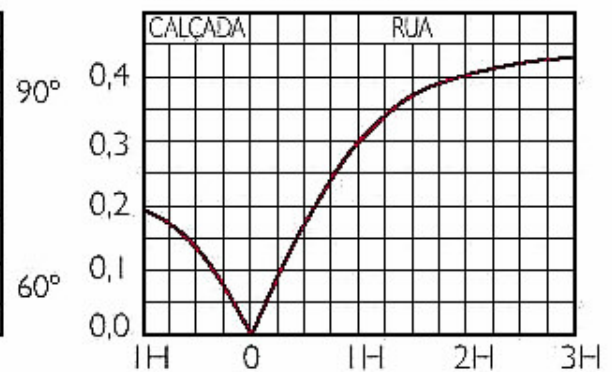
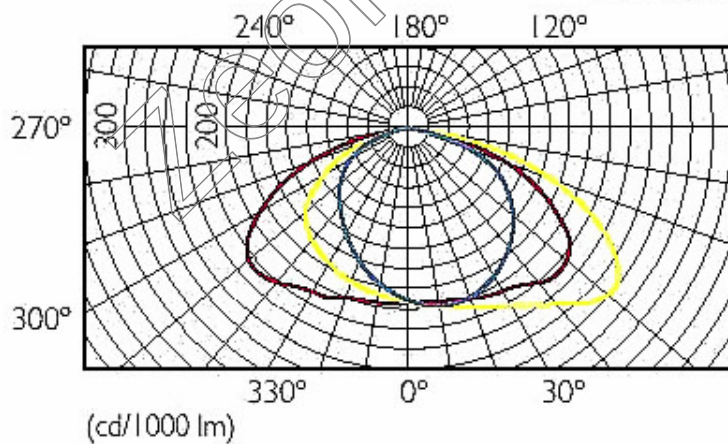
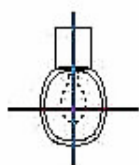
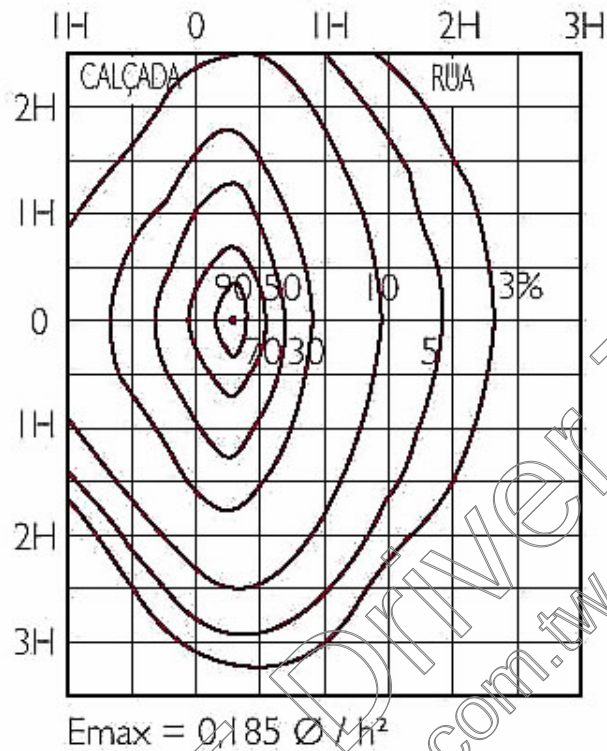
 $R3, Q0 = 0,07$

Diagrama de Fator de Utilização



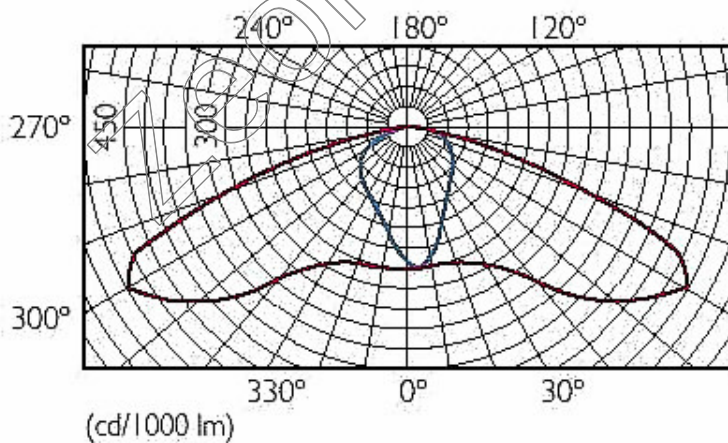
SRS 941 (1 x SON 70 W)**SRS 941**

$$I_{80} = 74,5$$

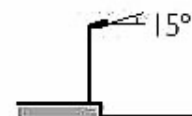
$$I_{90} = 47,3$$

$$C.O.R. = 0,72$$

Curva Polar

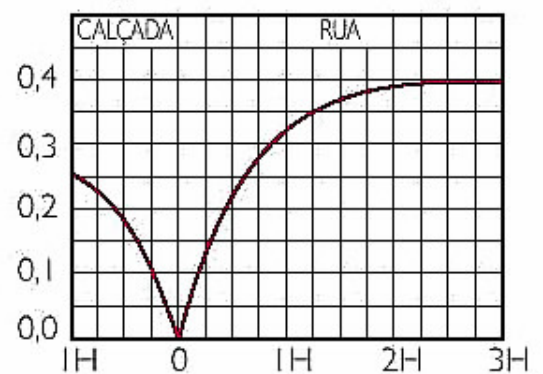


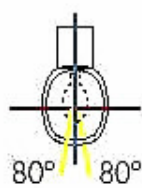
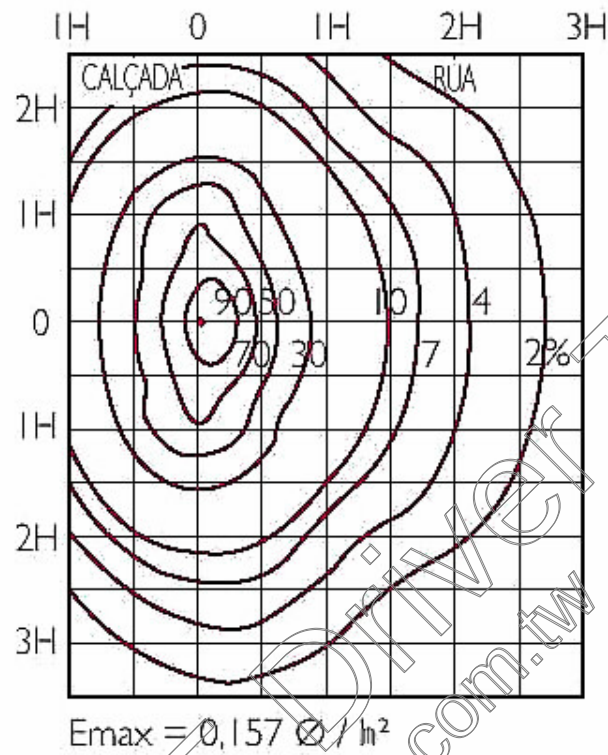
(cd/1000 lm)



$$R3, Q0 = 0,07$$

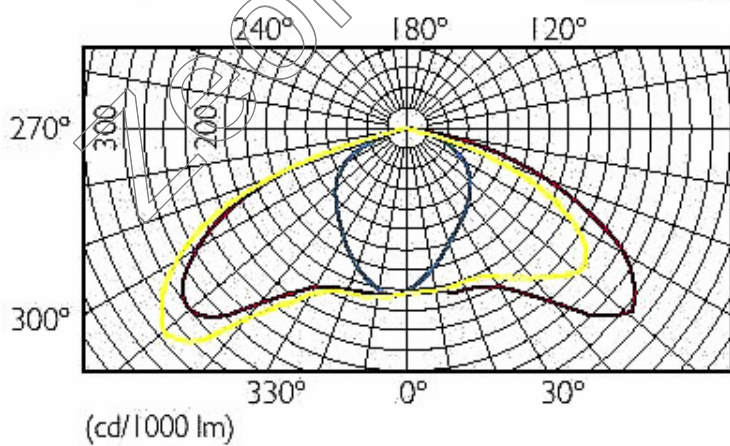
Diagrama de Fator de Utilização



SRS 941 (1 x SON PLUS 100)**SRS 941** $I_{80} = 62,9$ $I_{90} = 32,0$

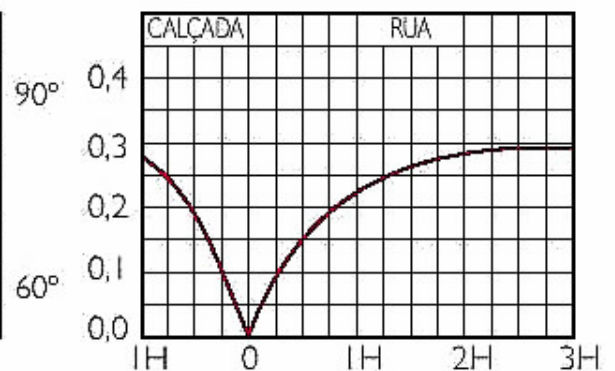
C.O.R. = 0,72

Curva Polar



R3, Q0 = 0,07

Diagrama de Fator de Utilização



LAMPARAS DE DESCARGA

SON/SON-H/ SON PLUS

Código Comercial	Base	Potência da lâmpada	Tensão da lâmpada	Corrente da lâmpada	Fluxo luminoso	Eficiência da fonte	Temperatura de cor correlata	Índice de reprodução de cores	Máxima temperatura permitida na base/°C	Máxima temperatura permitida no bulbo/°C
		W	V	A	lm	lm/W	K			
SON										
SON70W-E	E27	70	90	0.98	5600	80	1950	25	200	350
SON150W-E	E40	147	100	1.80	14500	97	1950	25	250	350
SON250W-E	E40	250	100	3.00	27000	108	1950	25	250	350
SON400W-E	E40	400	105	4.45	48000	120	1950	25	250	350
SON-H										
SONH1220W	E40	220	120	2.20	20000	91	2000	25	250	350
SONH1350W	E40	350	117	3.60	34000	97	2000	25	250	350
SON-T										
SONT100W	E40	100	100	1.20	9000	90	2000	20	250	350
SONT150W-RE	E40	150	100	1.80	15000	100	1950	25	250	350
SONT250W-RE	E40	250	100	3.00	28000	112	1950	25	250	450
SONT400W-RE	E40	392	100	4.60	48000	120	1950	25	250	450
SONT1000W	E40	1000	105	10.60	130000	130	1950	25	250	450
SON-T PLUS										
SONT PLUS 600W	E40	600	115	5.8	90000	150	2100	20	250	450

HPL-N (mercúrio)

Código Comercial	Base	Potência da lâmpada	Tensão da lâmpada	Corrente da lâmpada	Fluxo luminoso	Temperatura de cor correlata	Índice de reprodução de cores	Temperat. máxima permitida na base °C	Temperat. máxima permitida no bulbo °C
		W	V	A	lm	K			
HPLN80W	E27	80	115	0.80	3700	4300	48	200	350
HPLN125W	E27	125	125	1.15	6200	4100	46	200	350
HPLN250W	E40	250	135	2.10	12700	4100	40	250	350
HPLN400W	E40	400	140	3.25	22000	3900	40	250	350
HPLN700W	E40	700	145	5.40	40000	3900	45	250	350
HPLN1000W	E40	1000	145	7.50	58000	3900	45	250	350

CAPITULO 9

GENERALIDADES DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS

9.1 INTRODUCCION

Un “Proyecto de Instalación Eléctrica”, es el conjunto de cálculos, diseños, planos, especificaciones, técnicas, cómputos, presupuesto, memoria descriptiva ó de cálculo, además de otras actividades preliminares y complementarias, como ser, la recolección de información, asesoramiento al cliente o propietario, coordinación y planificación de actividades orientadas al cumplimiento de requisitos técnicos, legales y económicos, para la mejor prestación de servicios al propietario o contraparte de un proyecto de instalación eléctrica y para su aprobación, ejecución y puesta en servicio.

9.2 CLASIFICACION DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS

Todas las instalaciones eléctricas están determinadas en función a la tensión de utilización, y la utilización de la energía:

a) Según la tensión de utilización

DENOMINACIÓN	RANGO (V)
Extra baja tensión	≤ 50
Baja tensión	Hasta 1.000
Media tensión	1.000 – 72.000
Alta tensión	72.000 – 245.000
Extra alta tensión	245.000 – 800.000
Ultra alta tensión	Mayor a 800.000

(Tab.9.1) Denominación de rango de tensiones

b) Según la utilización de la energía

- Domiciliarias o residenciales
- Edificios destinados principalmente a viviendas.
- Edificios comerciales o de oficinas.
- Edificios públicos (teatros, cines, estadios, etc.)
- Instalaciones industriales.
- Instalaciones especiales (Hospitales, piscinas, aeropuertos, baños, etc.).
- Instalaciones provisionales (ferias, espectáculos públicos en vía publica, etc.).

9.3 PLANIFICACION DE UN PROYECTO

En general para proyectos importantes y en particular para todo proyecto de instalación eléctrica que exija la instalación de un transformador exclusivo, el proyecto está obligado a un estudio más detallado de las condiciones que tienen que ver con el diseño, haciéndose necesario que el proyectista, en coordinación con el propietario(s), arquitecto(s) y otros especialistas, prepare la planificación lógica y ordenada de su proyecto. En la memoria descriptiva, deberán mencionarse un capítulo de planificación en el que se detallen al menos los siguientes aspectos, con documentación técnica:

- Tipos de carga
- Clases de ambientes
- Materiales y equipos a emplearse
- Intereses y objetivos del propietario
- Seguridad (criterios y normas)
- Previsión de crecimiento de carga
- Simplicidad y flexibilidad
- Criterios de selección de equipos
- Criterios de mantenimiento y operación
- Fuente de energía, nivel de tensión escogidos
- Criterios de dimensionamiento

9.4 TENSIONES

La *tensión nominal de un sistema* es la tensión de línea para la cual el sistema es designado y al que se refieren ciertas características operacionales del sistema. Se definen también las *tensiones máxima y mínima* del sistema, siendo estas la mayor y menor tensión que respectivamente puede ser mantenida en condiciones normales de operación, en cualquier momento y en cualquier lugar del sistema sin considerar las sobretensiones temporales que pueden ocurrir en el sistema. Así, en realidad, el sistema es designado por una faja de tensiones cuyos valores externos son la tensión máxima y la tensión mínima del sistema.

La *tensión nominal de una instalación* es la tensión por la cual una instalación o parte de esta es designada. La *tensión de servicio* es la tensión en el origen de la instalación.

Una tensión igual o inferior a 1.000 (V) en corriente alterna, o a 1.500 (V) en corriente continua, es considerada como *Baja Tensión*; una tensión igual o inferior a 50 (V) en corriente alterna o a 120 (V) en corriente continua, es considerada *Extra Baja Tensión*.

De acuerdo con la IEC; para sistemas con tensión nominal superior a los 1.000 (V), se define la tensión máxima de un equipo, como la mayor tensión de línea para la cual el equipo es diseñado, considerando principalmente su aislación.

Así como otras características que pueden referirse a esa tensión en la especificación del equipo considerado, esa tensión debe ser, como máximo, igual a la tensión máxima del sistema respectivo. Para sistemas de baja tensión, según la IEC, los equipos deben especificarse con referencia sólo a la tensión nominal del sistema.

TENSIONES (V)
120 / 240
380 Y / 220
400 Y / 230
415 Y / 240
480 Y / 277
660
1.000

(Tab. 9.2) Tensión nominal de los sistemas entre 100 y 1.000 (V) según la norma (IEC)

Observaciones :

- Las tensiones nominales para la alimentación de equipos monofásicos deben escogerse de la tabla y no deben normalmente exceder los 240 (V).
- En condiciones normales del sistema, es recomendable que la diferencia entre la tensión nominal y la tensión en el punto de alimentación no exceda de $\pm 10\%$.

- ÿ El valor 400Y / 230 (V) será, en el futuro, el único padrón IEC, siendo su adopción recomendada en nuevos sistemas.

TENSIONES NOMINALES ENTRE 1 Y 35 (KV) SEGÚN NORMA IEC			
SERIE I * (EUROPA)		SERIE II * (NORTEAMERICA)	
Tensión máxima para equipos (KV)	Tensión nominal del sistema	Tensión máxima para equipos (KV)	Tensión nominal del sistema (KV)
3,6	3,3 3	4,4	4,16
7,2	6,6 6	--	--
12	11 10	--	--
--	--	13,2 Y / 7,62	12,47 Y / 7,2
--	--	13,9 Y / 8,07	13,2 Y / 7,62
--	--	14,52	13,8
(17,5)	-- (15)	--	--
24	-- 20	--	--
--	--	26,4 Y / 15, 24	24,9 Y / 14,4
36	33 --	--	--
--	--	36, 5 Y / 21,07	34,5 Y / 19,92
40,5	-- 35	--	--

Nota. Los valores entre paréntesis no son preferenciales

(Tab. 9.3) Tensiones nominales entre 1 y 35 (KV) norma IEC

(*) Serie I 50 y 60 (Hz); serie II 60 (Hz), corresponde a los patrones norteamericanos. La IEC recomienda que un país utilice solo una de las series y también una sola de las listas de la serie I sea usada.

Observaciones:

- ÿ Se recomienda que, en cualquier país, la relación entre tensiones nominales adyacentes no sea inferior a 2.
- ÿ En un sistema normal Serie I, la tensión máxima y la tensión mínima no debe diferir en mas del 10 % de la tensión nominal del sistema
- ÿ En un sistema normal Serie II, la tensión máxima no debe diferir en +5% y la mínima en mas de -10% de la tensión nominal del sistema
- ÿ Los valores de 3 (KV); 3,3 (KV); 6 (KV); 6,6 (KV); 4,16 (KV); 13,8 (KV), no se deben utilizarse en sistemas de distribución públicos.
- ÿ Esta en estudio la unificación de los valores 33 y 35 (KV)

TENSIONES NOMINALES ENTRE 35 Y 230 KV SEGÚN NORMA IEC		
Tensión máxima para equipos (KV)	Tensión nominal del sistema (KV)	
(52)	45	--
72,5	66	69
123	110	115
145	132	138
(170)	(150)	--
(245)	220	230

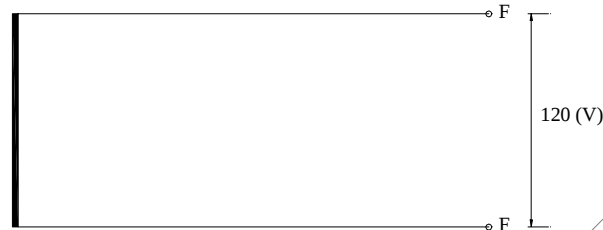
Nota. Los valores entre paréntesis no son preferenciales.

(Tab. 9.4) Tensiones nominales entre 35 y 230 (KV) norma IEC

9.4.1 Designación de Tensiones Según IEEE

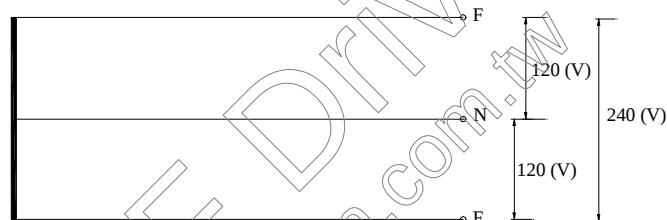
De acuerdo con la IEEE las tensiones deben ser designadas de manera descrita a seguir:

- a) Un único número (por ejemplo 120 (V)), indica un sistema monofásico de dos conductores.



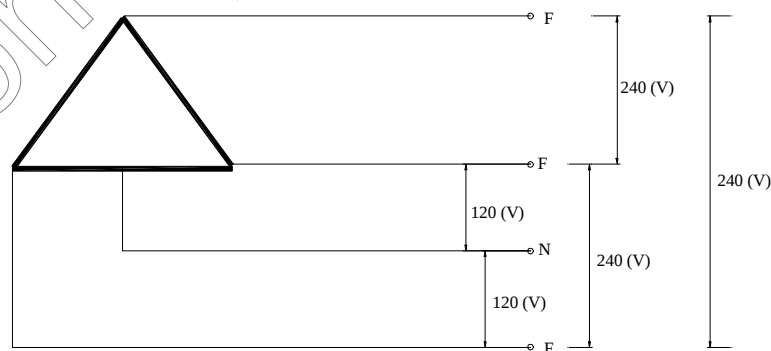
(Fig.9.1) Sistema monofásico de dos conductores

- b) Dos números separados por una barra, siendo el 1º la mitad del segundo (por ejemplo 120/240 (V)), indican un sistema monofásico de tres conductores



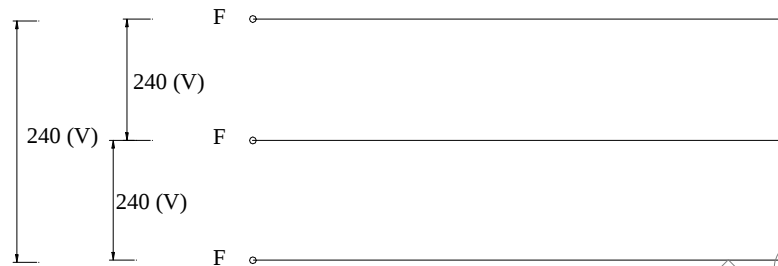
(Fig. 9.2) Sistema monofásico de tres conductores

- c) Dos números separados por una barra, siendo el 1º el doble del segundo (por ejemplo 240 / 120 (V)), indica un sistema trifásico de 4 conductores, alimentado a partir de un transformador con secundario en delta, siendo el “Tap” de uno de los arrollamientos conectado a un neutro



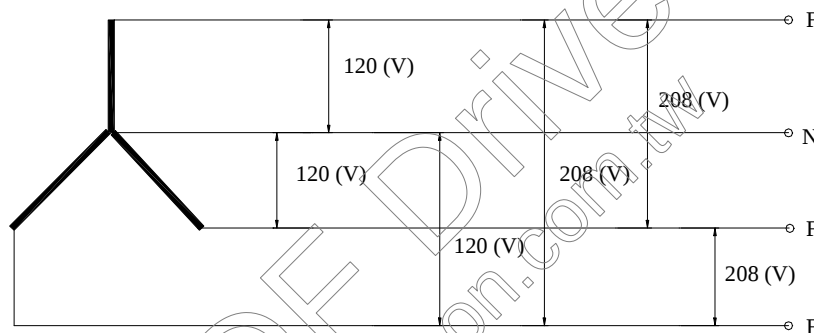
(Fig. 9.3) Sistema trifásico de 4 conductores conectado en delta

- d) Un único número (por ejemplo 240 (V)), indica un sistema 3ϕ de 3 conductores (estrella o delta).



(Fig. 9.4) Sistema trifásico de tres conductores

- e) Dos números, separados por la letra Y seguida de una barra, siendo el 1º $\sqrt{3}$ veces el segundo (por ejemplo 208 Y / 120 (V)), indican un sistema trifásico a cuatro conductores, alimentado a partir de un transformador con el secundario conectado en estrella.



(Fig. 9.5) Sistema trifásico a 4 conductores conectado en estrella

La IEC recomienda que los equipos utilizados en baja tensión, tengan también, la misma tensión nominal que el sistema en que van a ser conectados. Para los patrones norteamericanos, con excepción de los motores, de los equipos a motor y de uno u otro aparato de corte (117 ó 118 (V)), está es también una regla general.

CLASE	TENSION NOMINAL (V)
Baja Tensión	(120)
"	120 / 240
"	208 Y / 120
"	(240)
"	480 Y / 277
"	480
"	600
Media tensión	(2.400)
"	4.160
"	(4.800)
"	(6.900)
"	12.470 Y / 7.620
"	13.200 Y / 7.620

"	(13.800 Y / 7.970)
"	(13.800)
"	(23.000)
"	24.940 Y / 14.400
"	34.500 Y / 19.920
"	(34.500)
"	46.000
"	69.000
CLASE	TENSION NOMINAL (V)
Alta tensión	115.000
"	138.000
"	161.000
"	230.000

(Tab. 9.5) Tensiones nominales de los sistemas ANSI

TENSION NOMINAL DEL SISTEMA (V)	TENSION NOMINAL DE LOS MOTORES (V)
	Monofásicos
120	115
240	230
	Trifásicos
208	200
240	230
480	460
600	575

(Tab. 9.6) Tensiones nominales de Motores de inducción de baja tensión

9.5 SIMBOLOGIA

Se utilizará la simbología de la norma IEC.

CAPITULO 10

REQUERIMIENTOS PARA PRESENTACION DE PROYECTOS DE INSTALACIONES ELECTRICAS INTERIORES

10.1 INTRODUCCIÓN

Para dar curso a la ejecución de un proyecto de Instalación Eléctrica por los organismos competentes, este debe contener toda la información necesaria para la realización del proyecto en forma física. La información debe ser obtenida en un previo estudio y análisis del proyecto en cuestión.

10.2 INFORMACIÓN REQUERIDA

Los proyectos de instalación eléctrica deberán presentarse con la siguiente información:

- ÿ Presentación de una copia de planos de Arquitectura del Proyecto, debidamente aprobados por autoridad competente.
- ÿ Planos de instalación eléctrica
- ÿ Especificaciones técnicas de materiales
- ÿ Especificaciones técnicas de ejecución
- ÿ Cálculos luminotécnicos y eléctricos
- ÿ Cómputos métricos de cantidades de obra y materiales
- ÿ Presupuesto
- ÿ Memoria descriptiva del proyecto y de cálculos de diseño y dimensionamiento.

En la practica, los cómputos métricos y el presupuesto solo se realizan si forman parte del alcance acordado con el propietario. Los requisitos se ajustan a la magnitud de cada proyecto

10.2.1 Planos Arquitectónicos aprobados

Los planos arquitectónicos deberán previamente ser aprobados por la Alcaldía Municipal correspondiente. En caso de poblaciones donde no existan reglamentaciones de aprobación de orden municipal, deberá prepararse al menos un plano firmado por el proyectista, declarando no existir otro requisito.

10.2.2 Presentación de planos de Instalación Eléctrica

a) Planos

Todo el diseño de la instalación eléctrica deberá ser representado gráficamente sobre los planos arquitectónicos del proyecto en cuestión. Estos planos tendrán el tamaño indicado más adelante.

El proyecto en su documentación gráfica debe constar de los siguientes planos:

- 1) *Plano de ubicación* que podrá dibujarse en escalas métricas normales ya sea:

- ÿ 1:100
- ÿ 1:200
- ÿ 1:500
- ÿ 1:1000

Según las dimensiones del área a edificarse. Conjuntamente se presentara el diagrama unifilar completo de la instalación donde se determinara la línea de acometida, el tablero principal y los secundarios, los sistemas de protección, las líneas matrices, los medidores, etc. También se determinaran las capacidades, tensiones, corrientes, dimensiones y demás datos de placa de todos los componentes.

Este primer plano también debe incluir una planilla de equilibrio de carga general, una tabla de simbología y planos en planta y corte de la subestacion de rebaje.

- 2) *Plano de circuitos*, que será diseñado sobre las plantas correspondientes e indicara todas las salidas y emplazamientos de artefactos a instalarse, todas las líneas que representen conductores serán curvas con el fin de evitar confusiones con detalles arquitectónicos además deberán indicar el número de conductores y dimensionamiento de los mismos.

Los circuitos de iluminación con línea continua y los de tomacorrientes con línea discontinua.

Para otros casos: teléfono, TV cable, etc., se puede emplear otra simbología.

En estos planos se debe indicar la sección de los conductores y potencia de cada punto de iluminación.

El plano de circuitos debe incluir, además de los circuitos en planta, lo siguiente:

- Diagrama unifilar de todos los tableros que se muestran en el plano
- Planilla de carga correspondiente a cada tablero
- Nota aclaratoria sobre la sección de conductores y potencia de los puntos de luz.

En este plano, los circuitos de iluminación deben graficarse con líneas curvas continuas. Los circuitos de tomacorrientes con líneas curvas segmentadas.

- 3) *Plano de canalizaciones*, que se realizara sobre las plantas y detallara el contenido de los ductos de canalización empleando trazo segmentado de un grosor mínimo de 0,7 mm. , en los mismos se detallara el diámetro de los ductos y deberán ponerse notas explicativas que indiquen si estos van empotrados en muros, techos o pisos; asimismo debe indicarse el material de los mismos y la colocación de cajas de conexión y empalme, destacando la colocación de cajas de tableros de medidores, protección, etc.

En estos planos se debe indicar el número de conductores que lleva el diámetro de los tubos e identificar el tamaño y forma de las cajas de conexión.

- 4) Conjuntamente con estos planos se presentaran todos los *planos de cortes*, que se requieran para demostrar claramente la forma de colocación de los ductos, altura de montaje de los artefactos, etc. Estos planos se ejecutaran también en escala 1:50 y se adoptara el mismo trazo que se usa para las canalizaciones.

- 5) Los planos de edificaciones de mas de dos plantas deberán llevar un diagrama de elevación esquemático de la instalación, en el que se indicara alcance de alimentadores, niveles de tableros, control de iluminación de escaleras, instalaciones complementarias como ser teléfonos, comunicaciones, señales, elevadores, red de tierra (sí corresponde), etc.

b) Información mínima de los planos

Los planos deben incluir la siguiente información como mínimo:

- a) Planillas de carga y/o de tableros, en los que se identifiquen circuitos, cargas, localización, capacidad de barras, elementos de protección, etc.
- b) Simbología empleada con descripción completa de los elementos utilizados.
- c) Notas aclaratorias, referencias específicas de proyecto, etc.

d) Carimbo de identificación en el extremo inferior derecho de la misma, tendrá las siguientes dimensiones:

- 4,0 x 8,0 cm. para el formato de 19 x 30 cm.
- 6,0 x 12,0 cm para el formato de 38 x 60 cm y 57 x 90 cm.
- 9,0 x 18,0 cm para el formato de 76 x 120 cm.

donde deben indicarse claramente lo siguiente:

- Tipo de instalación eléctrica
- Nombre de propietario (y/o del proyecto)
- Título del plano
- Número del plano y del total de planos
- Nombre y firma del proyectista y número de su registro
- Fecha de ejecución del proyecto
- Escala o escalas si corresponde
- Espacios para el propósito de revisión y aprobación

c) Tamaño de planos

Los planos deberán tener un tamaño normalizado en base al módulo de 19 x 30 cm. (anch0 x altura) o múltiplos de los mismos con una dimensión máxima de 76 x 120 cm. Los márgenes superior, derecho e inferior deberán estar a 0,5 cm, en el formato de 19 x 30 cm y a 1 cm en el resto. Se dejara la parte izquierda un margen de 2,5 cm a todo lo largo con el fin de facilitar su archivo. Se doblaran de modo que siempre quede arriba el carimbo a primera vista.

d) Simbología

En la elaboración de los planos debe emplearse obligatoriamente la simbología autorizada y vigente en el capítulo pertinente.

En el caso de instalaciones que requieran otros elementos que no figuren en los símbolos gráficos, el proyectista esta en libertad de adoptar un símbolo que no se preste a una interpretación errónea, o a confusión con otro símbolo. En lo posible se debe usar la simbología de la IEC.

e) Escalas

La escala adoptada y de uso obligatorio para la presentación de planos será de 1:50 y 1:100 cuando las dimensiones de las edificaciones sean considerables.

10.2.3 Requisitos mínimos de especificaciones técnicas de equipos

En las especificaciones técnicas de materiales y equipos de una instalación eléctrica, deberá figurar al menos la siguiente información, dependiendo de que material o equipo se trata y según sea aplicable.

- a) Tensión nominal
- b) Número de fases
- c) Potencia nominal
- d) Frecuencia nominal
- e) Corriente nominal
- f) Corriente de corto circuito (simétrica asimétrica)
- g) Capacidad térmica nominal

- h) Altura de instalación sobre el nivel del mar
- i) Tipo de instalación (interior, exterior)
- j) Forma de montaje (adosado, empotrado, empernado, soldado, abierto, expuesto, etc.)
- k) Tipo de ambiente en el que se instalara el equipo
- l) Tipo de accionamiento
- m) Tipo de caja o cobertura en la que se acomodara el equipo o material
- n) Tipo de acabado exterior o de tratamiento especial para cumplir con el objetivo de su especificación
- o) Tipo de refrigeración o ventilación
- p) Características o tipo de carga y la duración de está que se aplicara al equipo.
- q) Material o materiales que se utilizaran para el asunto especificado.

10.2.4 Requisitos mínimos de especificaciones técnicas de ejecución

El proyectista esta obligado a preparar las Especificaciones Técnicas de materiales y de equipos, así como de la ejecución de la instalación proyectada, tan completas que no den lugar a interpretaciones equivocadas o personales del constructor en cuanto a ejecutar una obra o en cuanto a los materiales que deben incorporarse a la misma.

Las Especificaciones Técnicas deberán considerar aspectos de mano de obra, herramientas, métodos, empleo de accesorios, pruebas, ensayos, medidas, etc.

A continuación se listan algunos puntos que deberán figurar como mínimo en las especificaciones de ejecución de una instalación de tipo general, quedando obligado el proyectista a considerar otros factores que tengan que ver con un proyecto específico.

a) Acometida y Medidores

- a) Tensión, número de fases y de conductores, sección, material, etc.
- b) Forma de instalación (aérea, subterránea, mixta).
- c) Ubicación de los medidores, forma de medición (directa o con transformadores de medida), forma y materiales de instalación, aterramiento, etc.

b) Tableros en general

- a) Ubicación, forma de instalación, aterramiento.
- b) Forma de acabado e identificación de tablero u sus circuitos
- c) Distancias adecuadas a observarse por diferentes razones
- d) Esquema de conexión final de acuerdo a obra

c) Conductores, electroductos y accesorios

- a) Métodos de instalación para las diferentes formas de instalación (empotrados, adosados, oculta, etc.)
- b) Distancias y alturas a observarse en cada caso
- c) Dimensiones de conductores y número de ellos
- d) Dimensiones de electroductos (a indicarse en planos), radios de curvaturas, accesorios de fijación, etc.
- e) Dimensiones de cajas de derivación, empalme, jalado, inspección, etc.
- f) Forma de fijación, montaje, requerimiento de hermeticidad de cajas y accesorios
- g) Para proyectos de instalaciones industriales, deberá necesariamente prepararse planillas de ductos y conductores a fin de identificarse perfectamente para la ejecución.
- h) Puesta a tierra donde sea necesario
- i) Secciones mínimas de conductor y electroducto

- j) Forma y materiales para empalmes
- k) Valores mínimos de resistencia de aislación aceptables
- l) Valores mínimos de resistencia de tierra (sí es aplicable)

d) Elementos y equipos de protección, comando y maniobra

- a) Métodos de instalación
- b) Ubicación, posición y forma de montaje
- c) Tipos de cajas a instalarse según los ambientes
- d) Puesta a tierra donde sea necesario

e) Artefactos de iluminación y tomacorrientes

- a) Tipo, voltaje y potencia por cada punto de instalación
- b) Forma de instalación según el tipo
- c) Indicaciones de requerimientos especiales de montaje en instalaciones herméticas
- d) Puesta a tierra (sí es aplicable)
- e) Identificación de tensión si se presta a interpretación equivocada

10.2.5 Cómputos Lumínicos y Eléctricos

El proyecto debe señalar en forma de planilla y de manera más legible el computo luminotécnico y eléctrico, pudiendo el proyectista elegir su tipo o sistema de planilla u optar el prototipo adjunto. En cualquier caso, se deberá respetar toda la información exigida en estas instrucciones.

10.2.6 Cómputos Métricos

Ya sea para propósitos de preparación de especificaciones, de presupuestos, de listas de materiales, etc. O como mínimo para que figure en la memoria del proyecto, el proyectista debe ejecutar el computo de equipos, materiales y accesorios necesarios para la completa ejecución de un proyecto eléctrico.

El computo métrico podrá ejecutarse por los procedimientos alternativos, según la importancia y magnitud del proyecto y según lo apruebe el propietario.

- a) Computo métrico por puntos de iluminación y de enchufes, previa definición de este concepto de todos los casos.
- b) Computo de tableros, acometida, alimentadores, etc.
- c) Computo de ítems especiales, si es aplicable como ser: transformadores, equipos de energía eléctrica para suministros de emergencia, tableros de transferencia, de control y maniobra de equipos.
- d) Instalaciones de señal, llamada, comunicación, alarma, control, etc.
- e) Computo métrico por unidad de longitud de conductores, ductos, barras, etc. Por pieza, o unidad de conjunto a establecerse para otros ítems como ser artefactos, cajas, etc.

10.2.7 Presupuesto

El proyectista deberá preparar necesariamente un presupuesto de ejecución de materiales y equipos de la instalación eléctrica proyectada, tomando en cuenta el computo de materiales.

10.2.8 Memoria Descriptiva del proyecto de cálculos de diseño y dimensionamiento

La memoria descriptiva y de calculo que el proyectista debe presentar necesariamente como condición para la aprobación de su proyecto, debe incluir como mínimo los siguientes puntos:

- Nombre del proyecto
- Nombre del propietario
- Ubicación del proyecto
- Descripción breve del proyecto general del cual forma parte el proyecto de instalación eléctrica
- Alcance del proyecto de instalación eléctrica
- Descripción del proyecto eléctrico, incluyendo selección de voltaje, número de fases, memoria de cálculos típicos de dimensionamiento de alimentadores de barra, elementos de seccionamiento, proteico, tableros, acometida, factores de demanda y de diversidad aplicados, potencia de transformación, potencia de componentes de energía eléctrica de emergencia, cálculos de luminotecnica, etc.
- Descripción del proyecto de instalaciones complementarias: Teléfonos, llamadas, señales, televisión, intercomunicadores, etc. Con las memorias de calculo que fueran aplicables.
- Nombre, dirección y firma del proyectista
- Número de registro SIB, carnet de CNI
- Fecha y lugar de ejecución del proyecto

(Tabla 10.1)
Planilla de computo luminotécnico
Método de los lúmenes:
(Ejemplo)

Nº	Ambiente	Largo	Ancho	Area	Altura de montaje	Nivel	Sistema de iluminación	Tipo de lámparas	Tipo de luminaria	Indice de local	Coefficiente de utilización	Factor de mantenimiento	Emisión luminosa	Nº de lámparas por luminaria	Nº de luminarias	Potencia por luminarias
		(m)	(m)	(m²)		(lux)							(lm)			(W)

Tablero:.....
Tensión:.....**Montaje:**.....**Protección:**.....

Nº de Circuitos	Descripción		Montaje (KVA)	Carga (A)	Conductor	Protección		Observaciones
	Tipo	Ambiente				(A)	Polos	
Potencia instalada								
Demanda máxima								

Tablero:

[illegible]

(Tabla 10.4)
Planilla de computo de carga por tablero
 (Ejemplo)

Tablero:.....

Tensión:.....**Montaje:**.....**Protección:**.....

Tablero Auxiliar	Circuito	Fases	Potencia (W)	Carga (A)	Potencia por tablero auxiliar (W)	Carga por tablero auxiliar (A)	Alimentador del tablero auxiliar (AWG)	Sistema de interrupción			Obsev.
								Descripción	(A)	Polos	

10.3 APROBACION DE PROYECTOS

Para el proyecto de instalaciones interiores en baja tensión, se considera aprobación, la aceptación de un organismo competente que debe ser la Alcaldía Municipal, ELFEC, o el colegio de Ingenieros electricistas a un proyecto completo de instalación eléctrica. Esta aceptación o aprobación no releva de responsabilidades al Proyectista y/o al Propietario de un proyecto; ni significara que los organismos competentes que aprobaran el proyecto aceptan obligaciones o responsabilidades por el diseño o proyecto, aunque ésta haya merecido la autorización de conexión.

10.3.1 Objeto

El tramite tiene por objeto verificar si un proyecto a cumplido al menos con los requisitos del reglamento, y si el proyectista esta habilitado mediante su registro en la SIB, a la aprobación del proyecto, en cuyo caso merecerá la aprobación del organismo competente.

10.3.2 Procedimientos

Para solicitar aprobación del proyecto, el interesado deberá seguir el presente procedimiento:

- Deberá presentar un original y dos copias del proyecto a la SIB departamental Cochabamba, institución que certificara que el proyecto comprende todas sus partes requeridas y que el proyectista esta debidamente habilitado mediante su registro como profesional proyectista de obras eléctricas y devolviendo dicha documentación encarpeta, sellada y con el “Formulario de Solicitud de Aprobación”, debidamente llenado.

La certificación realizada por la SIB departamental Cochabamba no implica que el proyecto este completo o correcto en el contenido de sus partes.

- b) La documentación anteriormente señalada, el interesado deberá presentar posteriormente al organismo competente.
- c) El original y una copia serán devueltos al interesado con el sello y firma de aprobación del organismo competente, previo cumplimiento de todos los requisitos del reglamento. Otra copia quedara en los archivos del organismo competente, la misma que no podrá ser retirada ni modificada por ningún motivo, bajo sanción de la anulación de la aprobación del proyecto.
- d) El organismo competente, remitirá a la SIB, una copia de la solicitud de la aprobación de proyecto con las observaciones de aprobado, rechazado u otros, información que le permitirá a la SIB reglamentar el Registro de proyectistas.

10.3.3 Personal

Para la verificación del cumplimiento del reglamento, en general, incluyendo el estudio y aprobación de proyectos, el organismo competente, dispone de ingenieros y técnicos autorizados, los mismos que estarán obligados a exigir el cumplimiento del Reglamento, dar explicaciones técnicas generales en caso de observaciones a proyectos ya denunciar a las autoridades cualquier violación al Reglamento.

Con objeto de asegurar la imparcialidad y corrección en los procedimientos de aprobación de proyectos, el personal del organismo competente no ejecuta, construye o supervisa proyectos de instalaciones eléctricas, ni directamente a nombre propio o por medio de otras personas, o instituciones, en el área de concesión de ELFEC, incumplimiento que dará lugar a su exoneración inmediata.

10.3.4 Información requerida

En el punto 10.1.1 de este capítulo, se menciona la información que debe acompañar la solicitud de aprobación de proyectos eléctricos, la misma que deberá ser presentada necesariamente para poder considerar una solicitud de aprobación.

10.3.5 Plazo

En condiciones normales, el plazo del organismo competente para aprobar o rechazar un proyecto no excederá de 15 días calendario, a partir de la fecha de presentación. Si un proyecto fuera rechazado u observado, el plazo comenzara a contar nuevamente a partir de su nueva presentación como si fuera presentado por primera vez.

10.3.6 Vigencia de la aprobación

Una vez concedida una aprobación a un proyecto de instalación eléctrica, tendrá vigencia indefinida, a menos que se presente una o más de las siguientes condiciones:

- a) Modificaciones en la instalación eléctrica aprobada, ya sea en el plano o especificaciones o en la ejecución de modo que la instalación sea sustancialmente diferente en cuanto a la solución constructiva adoptada en parte o para toda instalación, o si la instalación resulta eléctricamente diferente, en forma sustancial, de la originalmente aprobada, a juicio del organismo competente.
- b) Ampliaciones o modificaciones en la construcción posteriores a la conexión, en cuyo caso, el proyectista y/o propietario y/o inspector, están en la obligación de hacer conocer este cambio al organismo competente, e iniciar un nuevo trámite de aprobación de instalación eléctrica. En este último caso, el organismo competente, podrá conceder un permiso provisional de conexión que en ningún caso excederá de 3 meses, hasta que se obtenga la nueva aprobación del organismo competente.

- c) Conexiones clandestinas a otras instalaciones.
- d) Uso de energía para fines diferentes de los convenidos en el proyecto de instalación eléctrica, y/o en el contrato de Servicio Eléctrico y/o en la Solicitud de Servicio.
- e) En los casos mencionados anteriormente ELFEC podrá cortar el servicio sin previo aviso y sancionar al proyectista y/o inspector según corresponda y según el Reglamento o reglamento interno de ELFEC.

10.3.7 Costos

Los costos de aprobación del proyecto, deberán ser pagados por el propietario

CAPITULO 11

PROCEDIMIENTOS PARA LA REALIZACION DE TRAMITES

11.1 INTRODUCCION

La Empresa de Luz y Fuerza Eléctrica Cochabamba S.A., para brindar atención adecuada a sus clientes tanto actuales como potenciales, tiene establecidos ciertos procedimientos que permiten:

- ÿ Obtener servicio de energía eléctrica
- ÿ Cambios en la s condiciones contractuales
- ÿ Discontinuar la provisión de energía

Todos los tramites puestos a disposición de la clientela deben realizarse por el propietario del domicilio que será beneficiado o en su defecto por un representante que acredite su condición con una carta poder con reconocimiento de firmas.

A continuación se detallan los objetivos y metodología para la realización y seguimiento de cada una de las opciones ofrecidas por ELFEC, los cuales se transcriben a modo indicativo, con la advertencia que pueden cambiar cuando ELFEC lo decida.

11.2 PROCEDIMIENTOS PARA LA REALIZACION DE TRAMITES

11.2.1 Instalaciones residenciales nuevas

ß Objetivo:

Dotar de servicio de energía eléctrica a nuevos clientes (nuevo medidor).

ß Requisitos:

- ÿ La instalación debe estar lista para conectarse (caja metálica, acometida, cables de conexión, interruptor termomagnético, puesta a tierra, etc.)
- ÿ Títulos de propiedad o Minuta de venta
- ÿ Planos de ubicación del domicilio (croquis) y datos técnicos de su instalación
- ÿ Carnet de identidad o documento equivalente
- ÿ Presentación del electricista que realizo la instalación

ß Donde iniciar el tramite

Sección Solicitudes y Contratos (llenar Solicitud de Servicio)

ß A continuación?

Un inspector de ELFEC, visitara el domicilio (exija su credencial) para determinar si la instalación cumple con el reglamento, caso contrario dejara una notificación.

ß Cómo prosigue?

Presentarse en Solicitudes y Contratos para firmar el contrato respectivo.

β Qué conceptos pagara?

Medidor, Servicio de conexión, Derecho de Conexión y Deposito de garantía.

β Conclusión:

Personal de la empresa instalara el medidor.

11.2.2 Instalaciones nuevas en edificios o industrias**β Objetivo**

Dotar de energía eléctrica a nuevos edificios y fabricas

β Requisitos

- ÿ La instalación debe estar lista para conectarse (caja metálica, acometida, cables de conexión, interruptor termomagnético, puesta a tierra, etc.)
- ÿ Títulos de propiedad o Minuta de venta
- ÿ Planos de instalación aprobados
- ÿ Carnet de identidad o documento equivalente
- ÿ Presencia del electricista que efectúo la instalación
- ÿ Plano de ubicación del edificio o industria

β Donde iniciar el tramite

Sección Solicitudes y Contratos (llenar Solicitud de Servicio)

β A continuación?

Un inspector de ELFEC, visitara el domicilio para determinar si la instalación cumple con el reglamento, caso contrario dejara una notificación con las observaciones.

β Cómo prosigue?

Presentarse en Solicitudes y Contratos para firmar el contrato respectivo.

β Qué conceptos pagara?

Medidor, Servicio de conexión, Derecho de Conexión y Deposito de garantía.

β Conclusión:

Personal de la empresa instalara el medidor.

11.2.3 Independización**β Objetivo**

Independizar o separar los consumos de energía eléctrica al interior de una misma propiedad

β Requisitos

- ÿ La instalación debe estar lista para conectarse (caja metálica, acometida, cables de conexión, interruptor termomagnético, puesta a tierra, etc.)
- ÿ Última factura por consumo de energía eléctrica pagada (de la cuenta existente)
- ÿ Título de propiedad o Minuta de venta
- ÿ Si no es propietario del medidor presentar autorización del mismo con reconocimiento de firma
- ÿ Plano de ubicación (croquis) y datos técnicos de la instalación
- ÿ Carnet de identidad o documento equivalente
- ÿ Presencia del electricista que efectuó la instalación

β Como iniciar el tramite

Sección Solicitudes y Contratos (llenar Solicitud de Servicio)

β A continuación?

Un inspector de ELFEC, visitara el domicilio para determinar si la instalación cumple con el reglamento, caso contrario dejara una notificación.

β Cómo prosigue?

Presentarse en Solicitudes y Contratos para firmar el contrato respectivo.

β Qué conceptos pagara?

Medidor, Servicio de conexión, Derecho de Conexión y Depósito de garantía.

β Conclusión:

Personal de la empresa instalara el medidor.

11.2.4 Aumento o reducción de demanda**β Objetivo**

Modificar la potencia contratada de acuerdo a requerimiento.

β Requisitos

- ÿ Última factura por consumo de energía eléctrica pagada
- ÿ Carnet de identidad o documento equivalente
- ÿ Plano de ubicación (croquis) y datos técnicos de la instalación

β Donde iniciar el tramite

Sección Solicitudes y Contratos (llenar Solicitud de Servicio)

β A continuación?

Un inspector de ELFEC, visitara el domicilio para determinar si la instalación cumple con el reglamento, caso contrario dejara una notificación.

β Cómo prosigue?

Presentarse en Solicitudes y Contratos para firmar el contrato respectivo.

β Qué conceptos pagara?

Medidor, Servicio de conexión, Derecho de Conexión y Deposito de garantía.

β Conclusión:

Personal de la empresa instalara el medidor. En los casos que fuese pertinente.

11.2.5 Traslados**β Objetivo**

Trasladar su medidor de un domicilio a otro.

β Requisitos

- ÿ La instalación debe estar lista para conectarse (caja metálica, acometida, cables de conexión, interruptor termomagnético, puesta a tierra, etc.)
- ÿ Presencia del electricista que efectúo la instalación
- ÿ Plano de ubicación de los domicilios nuevo y actual con los datos técnicos de la instalación.
- ÿ Ultima factura por consumo de energía eléctrica pagada
- ÿ Títulos de propiedad del domicilio donde se trasladara
- ÿ Carnet de identidad o documento equivalente

β Donde iniciar el tramite

Sección Solicitudes y Contratos (llenar Solicitud de Servicio)

β A continuación?

Un inspector de ELFEC, visitara el domicilio para determinar si la instalación cumple con el reglamento, caso contrario dejara una notificación.

β Cómo prosigue?

Presentarse en Solicitudes y Contratos para firmar el contrato respectivo.

β Qué conceptos pagara?

Servicio de conexión, Deposito de garantía y procede Derecho de red.

β Conclusión:

Personal de la empresa instalara el medidor.

11.2.6 Cambio de ubicación

β **Objetivo**

Cambiar la ubicación del medidor en su domicilio

β **Requisitos**

- ÿ Última factura por consumo de energía eléctrica pagada
- ÿ Títulos de propiedad o minuta de venta del inmueble
- ÿ Carnet de identidad o documento equivalente

β **Donde iniciar el tramite**

Sección Solicitudes y Contratos (llenar Solicitud de Servicio)

β **Cómo prosigue?**

Al día siguiente en la misma sección suscribirá un nuevo contrato.

β **Qué conceptos pagara?**

Deposito de garantía

11.2.7 Cambio de categoría

β **Objetivo**

Modificar el uso de energía convenido en el contrato de suministro vigente.

β **Requisitos**

- ÿ Última factura por consumo de energía eléctrica pagada
- ÿ Carnet de identidad o documento equivalente
- ÿ Si no es propietario del medidor, autorización con reconocimiento de firma.
- ÿ Plano de ubicación del domicilio y datos técnicos de la instalación

β **Donde iniciar el tramite**

Sección Solicitudes y Contratos (llenar Solicitud de Servicio)

β **A continuación?**

Un inspector de ELFEC, visitara el domicilio para determinar si la instalación cumple con el reglamento, caso contrario dejara una notificación.

β **Cómo prosigue?**

Presentarse en Solicitudes y Contratos para firmar el contrato respectivo.

β Qué conceptos pagara?

Deposito de garantía

11.2.8 Contratos ocasionales**β Objetivo**

Proporcionar al cliente suministro de energía eléctrica en forma inmediata (sin medidor) por un lapso no mayor a 30 días.

β Requisitos

- Carnet de identidad o documento equivalente
- Plano de ubicación del lugar donde se hará uso de la energía eléctrica.

β Donde iniciar el tramite

Sección Solicitudes y Contratos (llenar Solicitud de Servicio)

β A continuación?

Un inspector de ELFEC, visitara el domicilio para determinar si la instalación cumple con el reglamento, caso contrario dejara una notificación.

β Cómo prosigue?

Presentarse en la División Cobranzas, le preparan una factura y realizara el pago respectivo.

β Conclusión

Personal de la empresa realizara la instalación.

11.2.9 Rescisión de contrato**β Objetivo**

Anular la provisión de servicio de energía eléctrica al domicilio del interesado.

β Requisitos

- Ultima factura por consumo de energía eléctrica pagada
- Carnet de identidad o documento equivalente
- Plano de ubicación del domicilio

β Donde iniciar el tramite

Sección Solicitudes y Contratos (llenar Solicitud de Servicio)

β A continuación?

Personal de ELFEC se presentara en el domicilio para retirar el medidor.

β Cómo prosigue?

Presentarse al día siguiente del retiro en la división Control de Perdidas y suministros.

β Qué conceptos pagará?

Deberá pagar el saldo de sus consumos no facturados

β Conclusión

En la división Control de suministros le será devuelto su medidor.

CAPITULO 12

INTRODUCCION A LA PROTECCION

12.1 ASPECTOS FUNDAMENTALES

Todos los sistemas eléctricos, sean estos domésticos, industriales, comerciales, etc., tienen básicamente, la misma finalidad, que es la de suministrar energía eléctrica para su utilización del modo más seguro y confiable cuando sea económicamente posible.

Hoy en día, son enormes las cantidades de energía eléctrica envueltas en los sistemas industriales y comerciales, y con una tasa de crecimiento permanente, Esta energía debe ser adecuadamente *confinada y controlada* para evitar se constituya en una amenaza para las personas y las propiedades. Por otra parte, la creciente tendencia a un *automatismo* de los procesos industriales y las actividades comerciales exigen cada vez más un suministro de energía con alto grado de confiabilidad, teniendo en cuenta los elevados costos que pueden representar el parar la producción sea en industrias o en servicios. Así, es cada vez más importante la protección de los sistemas eléctricos.

Se llama maniobra al cambio de la configuración eléctrica de un circuito, hecha manual o automáticamente por un dispositivo adecuado y destinado a esa finalidad. La protección es un tipo particular de maniobra que es automáticamente provocada por dispositivos sensibles a determinadas condiciones anormales que ocurren en un circuito, con el objeto de evitar o limitar daños a un sistema o equipo eléctrico.

La protección de un sistema eléctrico tiene por objeto:

- a) Evitar daños a las personas y animales domésticos
- b) Evitar o minimizar daños a equipos y propiedades
- c) Minimizar las interrupciones de suministro de energía al sistema
- d) Limitar los efectos de una perturbación sobre las partes no directamente afectadas del sistema, tanto en duración como en extensión
- e) Minimizar los efectos de perturbaciones internas de la instalación sobre el sistema de la distribuidora de energía eléctrica

El escoger, la aplicación y la coordinación selectiva adecuada del conjunto de componentes que constituyen la protección de un sistema, es uno de los aspectos más importantes y menos estudiados de un proyecto eléctrico. Al ejecutar un proyecto, no es admisible considerar solamente el funcionamiento normal del sistema, lo que sin duda, será, mucho más simple.

Es obligatorio presumir que los equipos pueden tener fallas, que las personas cometerán errores y que ocurrirán imprevistos. La función de la protección es justamente minimizar los daños al sistema y sus componentes, y limitar la extensión y la duración de las interrupciones del suministro de energía eléctrica siempre que, en cualquier parte del sistema ocurrirá una falla en los equipos, una falla humana o un imprevisto cualquiera. Tenemos que considerar, sin embargo, que la protección a ser proyectada, atendiendo siempre condiciones mínimas de seguridad y confiabilidad, podrá variar de “intensidad” dependiendo de factores económicos en la selección de los componentes que ejercerán aquella función.

La protección de una instalación eléctrica es realizada por medio de dispositivos y métodos adecuados y contemplan los siguientes aspectos:

- Protección contra los contactos directos
- Protección contra los contactos indirectos

- Protección contra los efectos térmicos en servicio normal
- Protección contra las sobrecargas
- Protección contra los cortocircuitos
- Protección contra las sobretensiones

En los últimos años, la protección contra las *fallas de tierra* ha adquirido una importancia cada vez mayor en los diversos tipos de instalaciones. Con el uso y cada vez más intenso de la electricidad para las más diversas funciones, ese tipo de falla, muy común en los sistemas eléctricos, paso a ser encarada con una serie cada vez mayor.

La gran mayoría de las fallas son a tierra, así mismo aquellas que se inician entre fases pueden ser rápidamente a cualquier caja metálica de equipo, o conductor, que proporcionara una vía de retorno a tierra. Los cortocircuitos francos entre fase a tierra son raros. Las fallas más comunes ocurren en forma de arco, y si no fuesen prontamente eliminadas pueden tener extremadamente destructivos. Las temperaturas de los arcos pueden ser generalmente independientes de la corriente de cortocircuito, pudiendo ocurrir que arcos de gran capacidad destructiva pueden ser suministradas por corrientes insuficientes para hacer actuar, por lo menos en el tiempo adecuado, los dispositivos de protección usuales.

12.2 ATERRAMIENTO O PUESTA A TIERRA

11.2.1 Definiciones

Se denomina *aterramiento o puesta a tierra* a la conexión intencional con la tierra, esto es, con la masa conductora de la tierra. Los tipos de aterramiento son dos:

- a) *Aterramiento del sistema* o aterramiento por razones funcionales
- b) *Aterramiento del equipo* o aterramiento por razones de protección

Un *sistema aterrado* posee el neutro u otro conductor intencionalmente conectado a tierra, directamente o a través de una *impedancia*. Un sistema no aterrado, es en realidad, aterrado por una alta reactancia capacitiva, como resultado del acoplamiento existente entre la tierra y cualquier conductor energizado.

Los sistemas se clasifican generalmente en:

- 1) Directamente (sólidamente aterrados)
- 2) Aterrados a través de una impedancia (resistencia o reactancia)
- 3) No aterrados

Los sistemas aterrados tienen las siguientes ventajas:

- 1) Reducción de los costos de operación y mantenimiento debido a:
 - a) Disminución del valor de las sobretensiones transitorias
 - b) Mejor protección contra descargas atmosféricas
 - c) Simplificación en la localización de fallas a tierra
 - d) Mejor protección del sistema y de sus equipos contra fallas
- 2) Mayor confiabilidad de funcionamiento
- 3) Mayor seguridad para el personal y equipos

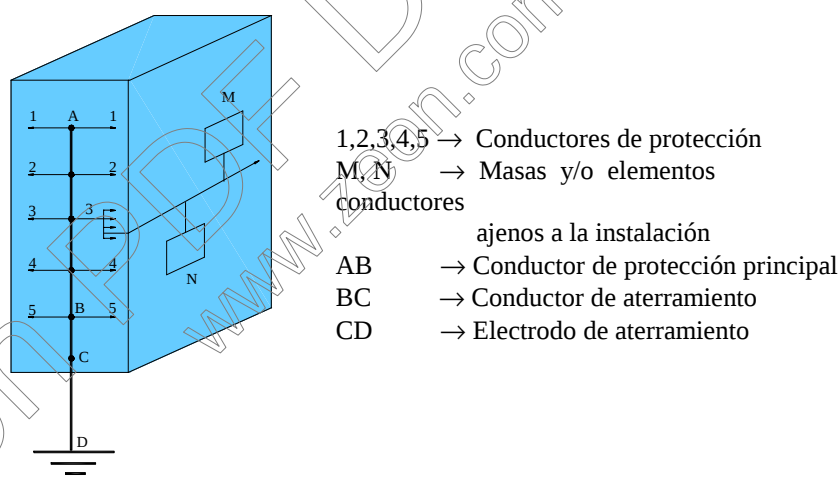
El *aterramiento del equipo* de una instalación eléctrica consiste en la conexión a tierra, a través de los conductores de protección, de todas las masas (conductores metálicos, armadura de cables, carcasas de motores, cajas metálicas de equipos, etc.) y los eventuales elementos conductores ajenos a la instalación (elemento conductor). El objeto del aterramiento es:

- 1) Limitar el potencial entre las masas, entre ellas y los elementos conductores, entre estos elementos y la tierra, a un valor seguro en condiciones normales y anormales de funcionamiento.
- 2) Proporcionar a las corrientes de falla a tierra un camino de retorno de baja impedancia.

Se denomina *sistema de aterramiento* (puesta a tierra) el conjunto de todos los conductores y las varillas conductoras, que constituyen el aterramiento o puesta a tierra de un determinado local.

El *electrodo de aterramiento* o (varilla de puesta a tierra) es el conductor o conjunto de conductores en contacto directo con la tierra, que hacen un aterramiento. Un *electrodo de aterramiento* es un electrodo constituido por una barra rígida clavada en el suelo. La *mallla de aterramiento*, es a su vez, en electrodo constituido por un conjunto de conductores interconectados y enterrados en el suelo. La *corriente a tierra* es la que recorre el electrodo de aterramiento. La conexión entre una parte conductora de la instalación y el electrodo de aterramiento se realiza por un *conductor de aterramiento*.

El *conductor de protección* conecta las masas y los elementos conductores ajenos a la instalación, entre sí y/o a un terminal de aterramiento principal. El *conductor de protección principal*, conecta los diversos conductores de protección de la instalación al terminal de aterramiento principal figura (12.1).



(Fig. 12.1) Conductores de protección y sistema de aterramiento de un predio

Se denomina *conexión equipotencial*, la conexión eléctrica entre masas y/o elementos conductores ajenos a la instalación, destinada a evitar diferencias de potencial entre ellos. El conductor de protección que asegura esa protección se llama *conductor de equipotencialidad*.

El conductor PEN es el que combina las funciones de neutro y de conductor de protección (la designación PEN es la unión de PE del conductor de protección con N de neutro).

12.3 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS

La norma IEC clasifica los sistemas eléctricos de baja tensión teniendo en cuenta la situación de la alimentación y de las masas, con relación a tierra. Se utiliza el siguiente código de letras:

- a) Primera letra – situación o relación entre la alimentación y tierra

T → Conexión de un punto con tierra.

I → Aislación de todas las partes activas con relación a tierra, o conexión de un punto con la tierra a través de una impedancia.

- b) Segunda letra – situación entre las masas de la instalación eléctrica y la tierra.

T → Masas conectadas directamente a tierra, independientemente de la puesta a tierra eventual de un punto de alimentación.

N → Masa conectada directamente al punto de la alimentación puesta a tierra (en corriente alterna, el punto de puesta a tierra es normalmente el punto neutro).

- c) Otras letras (eventuales) – disposición del conductor neutro y el conductor de protección.

S → Funciones del neutro y de protección aseguradas por conductores separados.

C → Funciones del neutro y de protección aseguradas en un solo conductor (conductor PEN).

Las instalaciones deben ejecutarse en uno solo de los sistemas indicados a continuación:

• Sistema TN, con las variantes TN-S, TN-S-C y TN-C

• Sistema TT

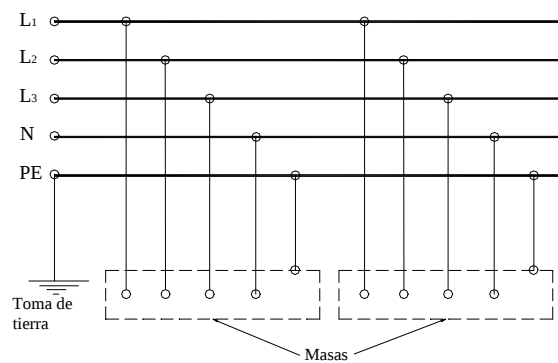
• Sistema IT

Cuando la alimentación proviene de una red de distribución de baja tensión el conductor neutro debe aterrarse siempre en el origen de la instalación del consumidor.

12.3.1 Sistema TN

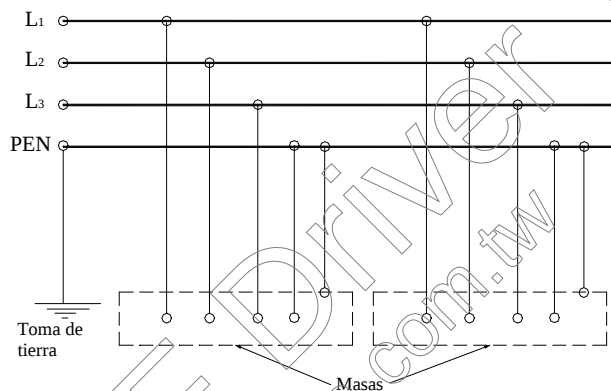
Los sistemas TN tienen un punto de la alimentación conectado directamente a la tierra (PE), las masas de la instalación están conectadas a este punto por los conductores de protección (N). Se han considerado tres tipos de esquemas TN, según la disposición del conductor neutro y del conductor de protección, a saber:

- a) Esquema TN-S → El conductor neutro y el de protección están separados en todo el sistema (Fig. 12.2).



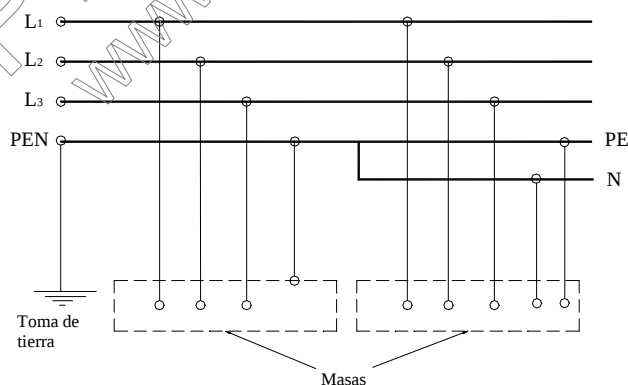
(Fig. 12.2) Sistema TN-S

- b) Esquema TN-C-S → Los sistemas de los conductores neutro y de protección están combinadas en un solo conductor en una parte del sistema (Fig. 12.3).



(Fig. 12.3) Sistema TN-C

- c) Esquema TN-C → Las funciones de los conductores neutro y de protección están combinadas en un solo conductor en todo el esquema (Fig. 12.4).

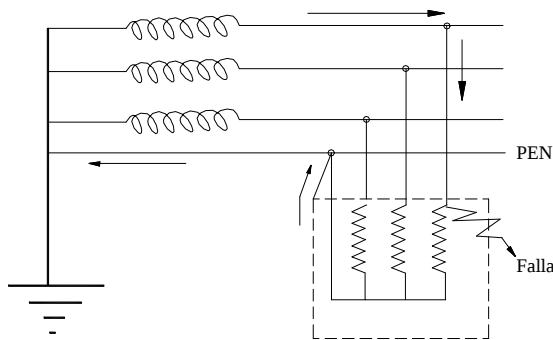


(Fig. 12.4) Sistema TN-C-S

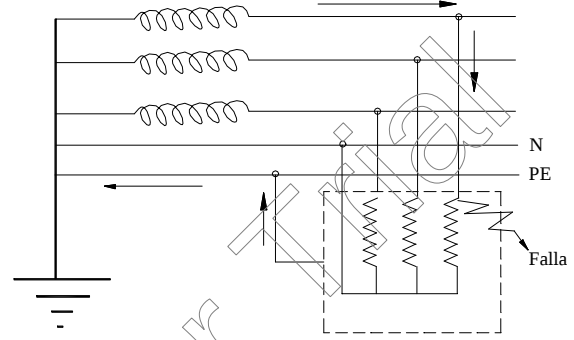
En los sistemas TN:

- En el caso de una falta entre fases y masa, el camino de la corriente de falla esta constituido exclusivamente de elementos conductores, como se muestra en la figura (Fig.12.5 y 12.6)
- Las masas están siempre sujetas a sobretensiones del neutro del sistema de alimentación.

- c) La tensión en las masas, en servicio normal, será siempre igual a la tensión del punto de conexión entre el neutro y el conductor de protección, en el sistema TN-S, o entre el neutro y las masas del sistema en un TN-C.
- d) Tanto en condiciones normales, como en corrientes de falla, la tensión en las masas será mayor en el tipo TN-C que en el TN-S, debido a la caída de tensión en el neutro de la instalación del consumidor.



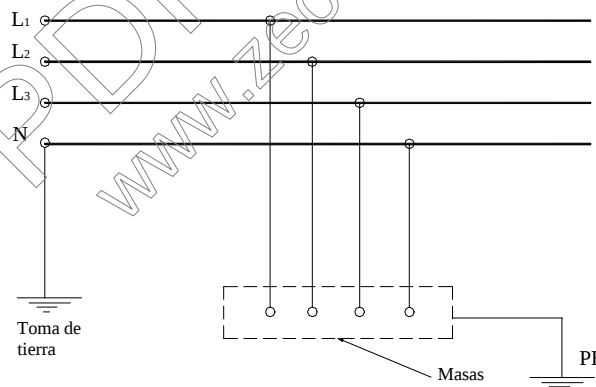
(Fig. 12.5) Camino de la corriente de falla en un sistema TN-C



(Fig. 12.6) Camino de la corriente de falla en un sistema TN-S

12.3.2 Sistema TT

El sistema TT tiene un punto de alimentación directamente conectado a tierra y las masas de las instalaciones están conectadas a tomas de tierra eléctricamente distintas de la toma de tierra de la alimentación (Fig. 12.7)

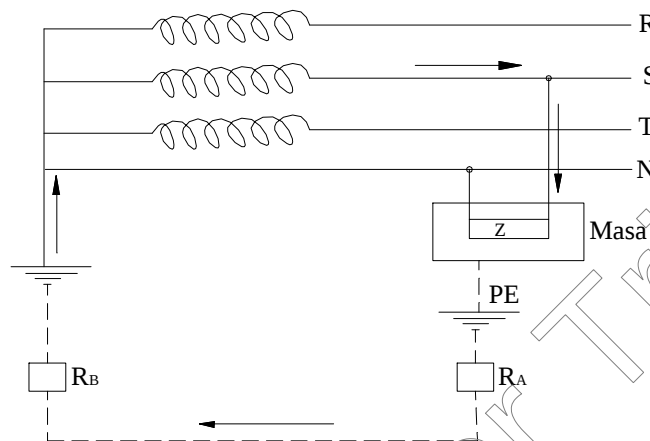


(Fig. 12.7) Sistema TT

En los sistemas TT:

- a) Las masas no están sujetas a las sobretensiones del sistema de alimentación.
- b) Las masas no están sujetas a las sobretensiones debido a las caídas de tensión del neutro, tanto para corriente normal, como para corriente de falla.
- c) El camino de corrientes de falla entre fases y masa (fig. 12.8), comprende generalmente la tierra, lo que no excluye la posibilidad de conexiones eléctricas, voluntarias o accidentales, entre los electrodos de aterramiento de

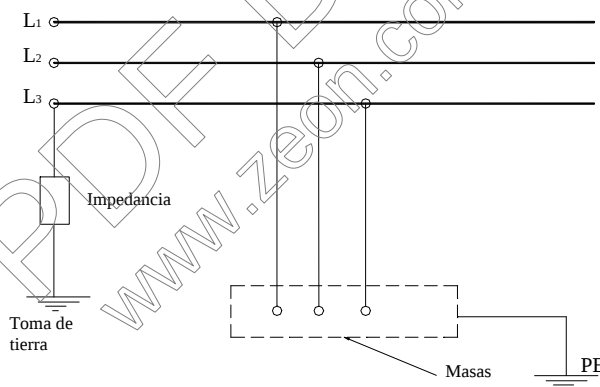
las masas y de la alimentación. Lo mismo cuando los electrodos de aterramiento de masas y de la alimentación estuviesen confundidos, el sistema permanecerá como TT, para efectos de determinación de las condiciones de protección, es decir, no se toman en cuenta las conexiones entre electrodos.



(Fig. 12.8) Recorrido de la corriente de falla en un sistema TT

12.3.3 Sistema IT

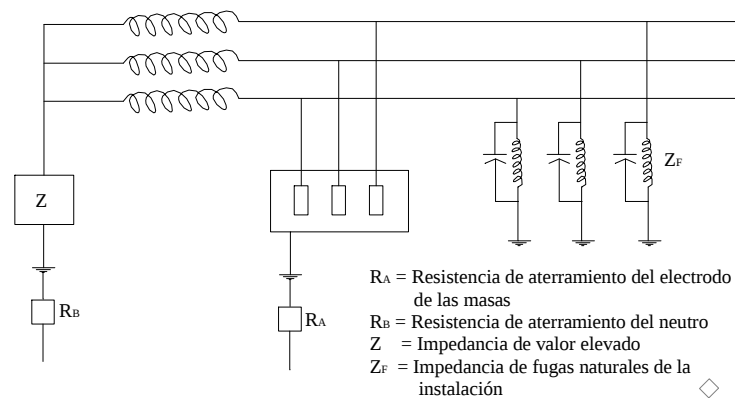
El sistema IT no tiene ningún punto de alimentación directamente conectado a tierra, pero las masas de la instalación están puestas a tierra (Fig. 12.9).



(Fig. 12.9) Sistema IT

En un sistema IT:

- La corriente resultante de una sola falla entre fase a masa no tiene intensidad suficiente para provocar el surgimiento de cualquier tensión de contacto peligrosa.
- La limitación de la intensidad de corriente resultante de una primera falla es obtenida por la ausencia de conexión a tierra de la alimentación o por la inserción de una impedancia entre un punto de alimentación y tierra.



(Fig. 12. 10) Recorrido de la corriente de falla en un sistema IT

12.4 RANGO DE TENSION EN INSTALACIONES ELECTRICAS

Las normas definen al respecto los siguientes aspectos:
 frecuencia ≤ 60 (Hz), voltaje ≤ 1.000 (v)

12.4.1 Rango (I)

Comprende:

- Instalaciones en las que la protección contra “Shoks” (contactos eléctricos) esta asegurada en ciertas condiciones por el valor de la tensión
- Instalaciones cuya tensión esta limitada por razones operacionales (por ejemplo instalaciones de telecomunicaciones, señalización, control, alarma).

12.4.2 Rango (II)

Comprende:

- Las tensiones de alimentación de las instalaciones domesticas, comerciales e industriales. En la tabla (Tab. 12.1) se definen los rangos de tensión dentro de los cuales deben clasificarse las instalaciones eléctricas.

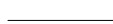
RANGOS DE TENSION			
Rango	Sistemas directamente conectados a tierra		Sistemas no conectados directamente a tierra
	$\emptyset - T$	$\emptyset - \emptyset$	$\emptyset - \emptyset$
I	$U \leq 50 <$	$U \leq 50$	$U \leq 50$
II	$50 < U \leq 600$	$50 < U \leq 1.000$	$50 < U \leq 1.000$

U = tensión nominal de la instalación

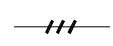
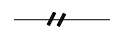
Tab.(12.1) Rangos de tensión

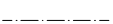
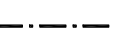
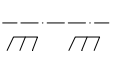
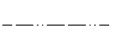
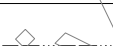
- Para sistemas directamente conectados a tierra, de acuerdo a los valores eficaces de la tensión entre conductor de fase y la tierra, y entre dos conductores de fase.
- Para sistemas no conectados directamente a tierra, de el valor eficaz de la tensión entre dos conductores de fase.

CAPITULO 13**SIMBOLOGIA****NATURALEZA DE LA CORRIENTE**

SIMBOLO	DESCRIPCION
	Corriente continua, símbolo general
	Corriente alterna, símbolo general
	Corriente alterna de frecuencias medias
	Corriente alterna de frecuencias relativamente altas

2 CONDUCTORES Y TENDIDO DE CONDUCTORES

	Conductor, símbolo general
	Con indicación del número de conductores (3 en este caso)
	Dos conductores de cobre de 2,5 mm, aislación TW
	Conductor móvil
	Conductor subterráneo
	Conductor aéreo
	Conductor aislado tendido en tubos de instalación
	Conductor adosado
	Conductor empotrado
	Conductor tendido en canal
	Conductor tendido en bandeja
	Conductor sobre aislador

SIMBOLO	DESCRIPCION
	Conductor de protección
	Conductor de señalización
	Alimentación de señalización múltiples con 10 pares de conductores de 0,6 mm, adosado
	Conductor telefónico
	Conductor radiofónico

3 ALIMENTACION, CONEXION Y CRUCE DE CONDUCTORES O LINEAS

	Conductor procedente de arriba o dirigido hacia la parte superior
	Conductor con alimentación hacia arriba
	Conductor con alimentación desde arriba
	Conductor procedente de abajo o dirigida hacia la parte inferior
	Conductor con alimentación hacia abajo
	Conductor con alimentación desde abajo
	Conductor dirigido hacia arriba y hacia abajo
	Caja de derivaciones
	Cruce de conductores sin conexión
	Cruce de conductores con conexión
	Derivación de un conductor

SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION
	Terminal de cables (mufla de cables)		Interruptor con disparador magnético
	Barra distribuidora principal		Conductor de protección
	Recuadro para aparatos		Selector de dos posiciones
	Tablero de distribución parcial		Selector de 3 posiciones
	Caja de distribución telefónica	5. INTERRUPTOR Y TOMACORRIENTES DE SERVICIO	
	Tablero de señalización		Interruptor monopolar
	Puesta a tierra		Interruptor bipolar
	Puesta a masa		Interruptor tripolar
	Protector de sobretensión		Interruptor monopolar con jalador
	Elemento acumulador o baterías		Interruptor con atenuador (Dimmer)
	Transformador, símbolo general		Interruptor monopolar de serie, doble efecto
	Conductor aéreo		Interruptor conmutador
4. FUSIBLES, INTERRUPTORES DE PROTECCIÓN Y SELECCIÓN			Interruptor de cruce
	Fusible de N amperios, símbolo general		Interruptor pulsador
	Fusible tripolar de 30 A		Interruptor pulsador luminoso
	Interruptor tripolar		Tomacorrientes, símbolo general
	Interruptor, símbolo general		Tomacorrientes para 110 V
	Interruptor con disparador térmico		Tomacorrientes para 220 V

SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION
	Tomacorriente múltiple con 3 tomas		Lámpara de luminosidad graduable, por efecto externo
	Tomacorriente con protección a tierra		Lámpara de señalización
	Tomacorriente de seguridad, desconectable con interruptor incorporado		Proyector de haz
	Tomacorriente de seguridad, desconectable con enclavamiento		Lámpara fluorescente, símbolo general
	Tomacorriente con indicación de su capacidad de N amperios		Indicador luminoso, lámpara piloto
	Tomacorriente para telecomunicaciones	8. SEÑALIZACION ACUSTICA	
	Tomacorriente para antena N = TV, radio		Campanilla gong
6. INSTRUMENTOS DE MEDICION Y RELES			Zumbador chicharra
	Instrumento de medición, símbolo general N = (A) amperímetro, (V) Voltímetro, etc.		Bocina
	Medidor, símbolo general		Sirena
	Reloj conmutador	9. OTROS SIMBOLOS	
	Relé, símbolo general		Aparato electrodomestico, símbolo general
	Equipo controlado por telecomando		Calentador eléctrico (radiador)
7. LAMPARAS			Motor, símbolo general
	Punto de luz, símbolo general		Aparato telefónico, símbolo general
	Punto de luz, adosado a la pared		Reloj eléctrico
	Lámpara con interruptor incorporado		Detector automático de incendios, símbolo general
	Lámpara de emergencia		Amplificador, símbolo general

SIMBOLO	DESCRIPCION
	Amplificador, símbolo general
	Interruptor eléctrico con llave
	Aparato de señalización fotoeléctrico
	Altavoz, altoparlante
	Antena, símbolo general
	Toma de antena: N: radio, TV.
	Monitor de video y/o receptor de televisión

CAPITULO 14

ESQUEMAS DE CONEXIONADO

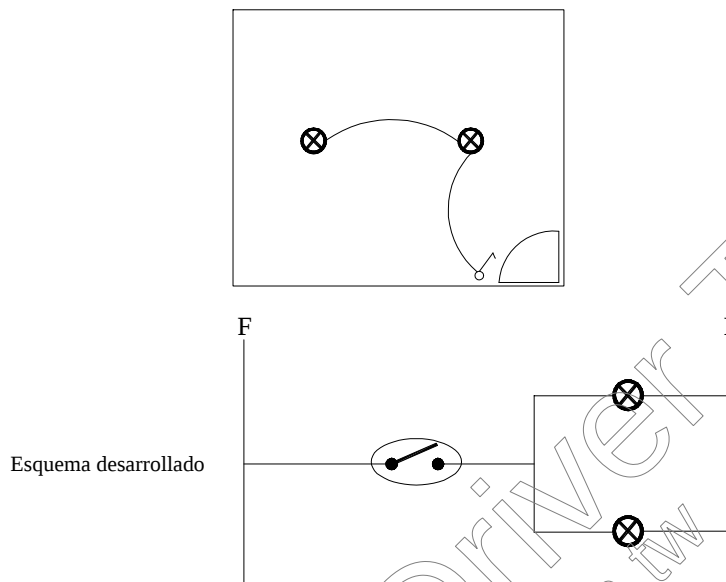
14.1 CABLEADO DE CIRCUITOS DE ILUMINACION

El cableado de circuitos de iluminación debe considerar los siguientes aspectos:

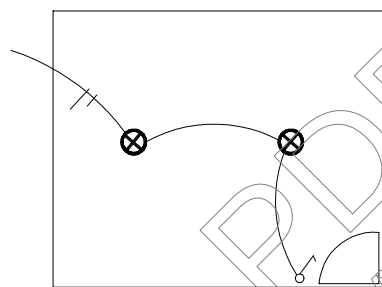
- ÿ La alimentación a un ambiente debe realizarse hasta un punto de luz, no a través de los interruptores.
- ÿ Las líneas deben ser de trazos curvos continuos.
- ÿ El cableado debe hacerse ambiente por ambiente
- ÿ Es conveniente, hasta tener practica, hacer un diagrama desarrollado (que muestre lámparas circulación de la corriente eléctrica de los elementos y a objeto de facilitar el funcionamiento de los circuitos), antes de proceder al cableado.

14.1.1 Circuito con interruptor simple

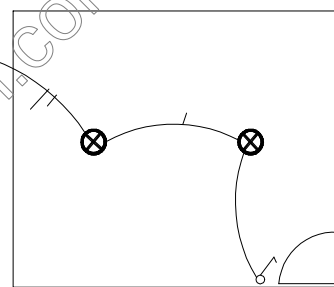
Ambiente a cablear



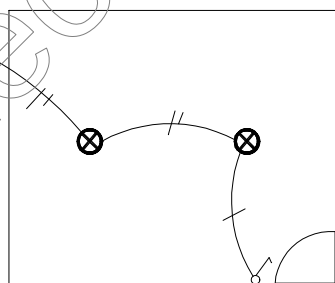
PROCEDIMIENTO



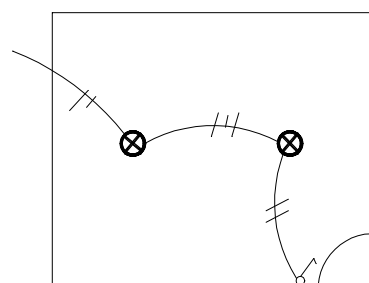
1) Alimentación al ambiente con fase y neutro



2) El conductor neutro a todos los puntos de luz



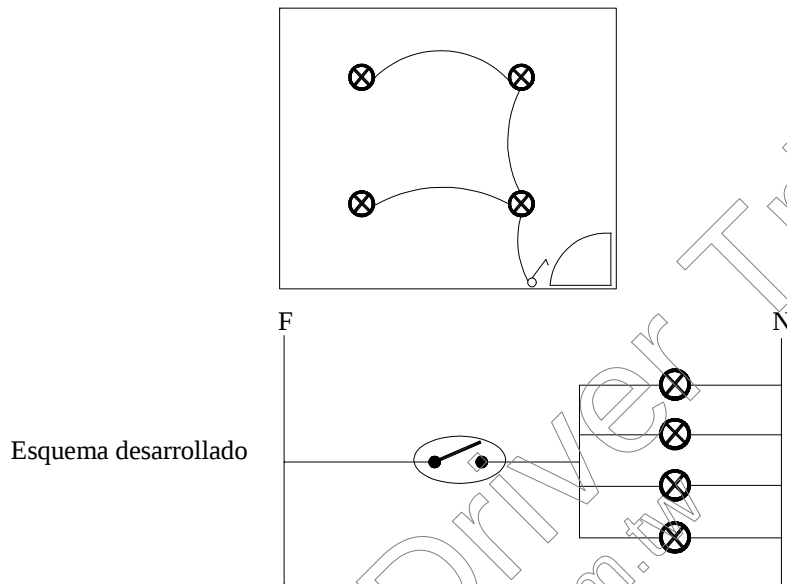
3) La fase al interruptor



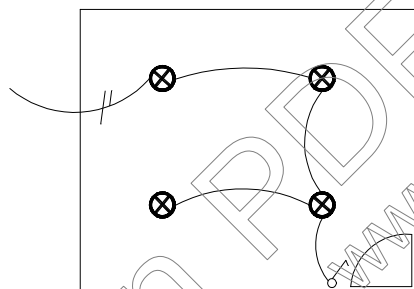
4) Del interruptor va un conductor de retorno a todos los puntos de luz

Siguiendo el mismo procedimiento se cablea otro caso (con más luminarias)

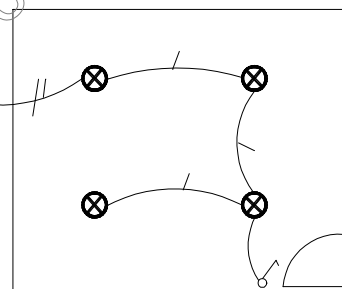
Ambiente a cablear



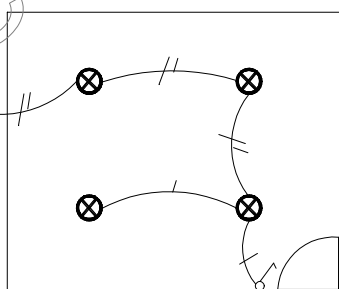
PROCEDIMIENTO



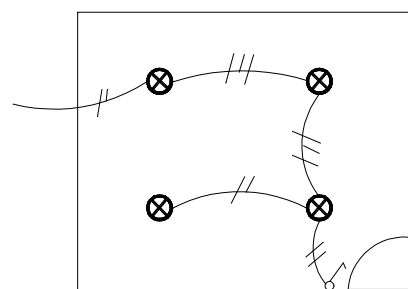
1) Alimentación al ambiente con fase y neutro



2) El conductor neutro a todos los puntos de luz



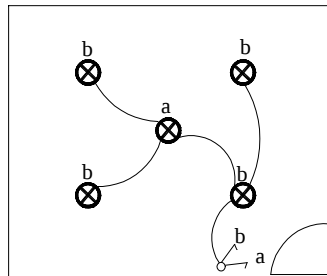
3) La fase al interruptor



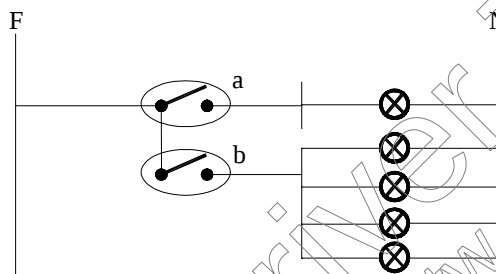
4) Del interruptor va un conductor de retorno a todos los puntos de luz

14.1.2 Interruptor doble efecto (placa con dos interruptores)

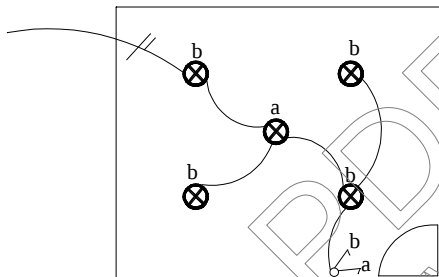
Ambiente a cablear



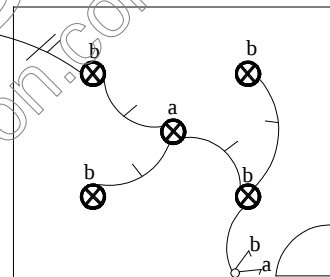
Esquema desarrollado



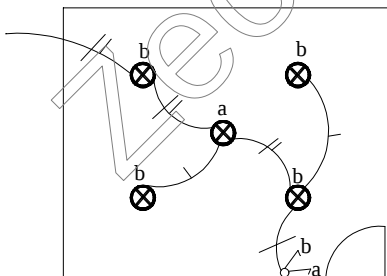
PROCEDIMIENTO



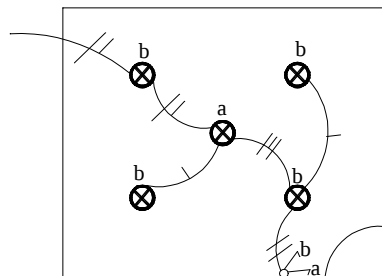
1) Alimentación de al ambiente con fase y neutro



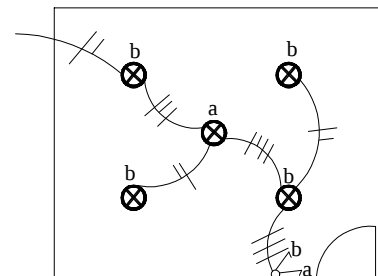
2) El conductor neutro a todos los puntos de luz



3) La fase a los interruptores



4) Del interruptor "a", un conductor de retorno al punto de luz "a"

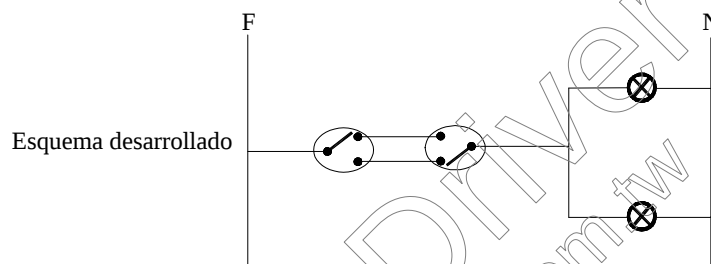
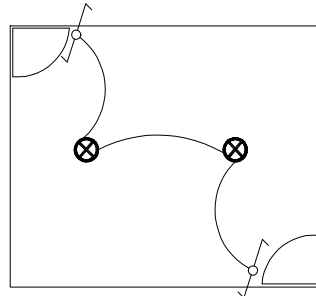


5) Del interruptor "b" un conductor de retorno a todos los puntos de luz "b"

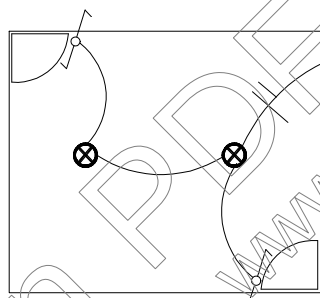
14.1.3 Interruptor conmutador de tres vías

Ambiente a cablear

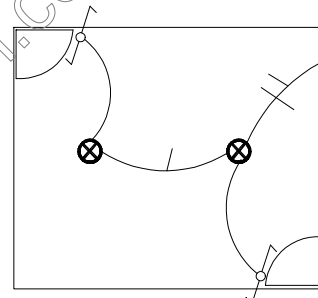
Para el interruptor conmutador de tres vías; se usa en el caso de necesidad de controlar uno o más puntos de luz desde dos lugares diferentes. Por ejemplo un ambiente con dos puertas para controlar la luz desde los ingresos de cada puerta.



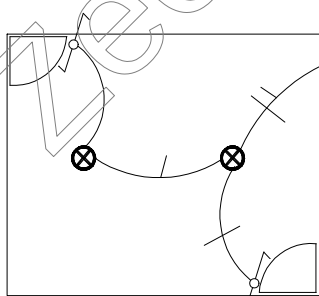
PROCEDIMIENTO



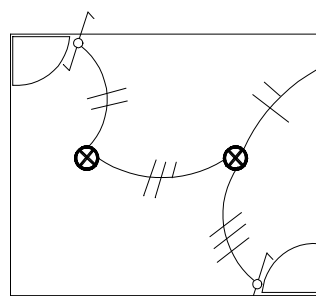
1) Alimentación del ambiente con fase y neutro



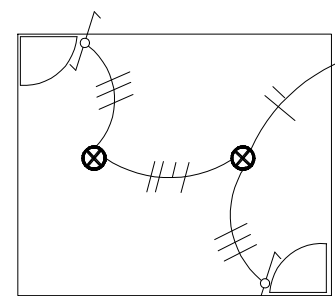
2) El conductor neutro a todos los puntos de luz



3) La fase al interruptor conmutador más cercano



4) Del conmutador más cercano van dos conductores al otro conmutador

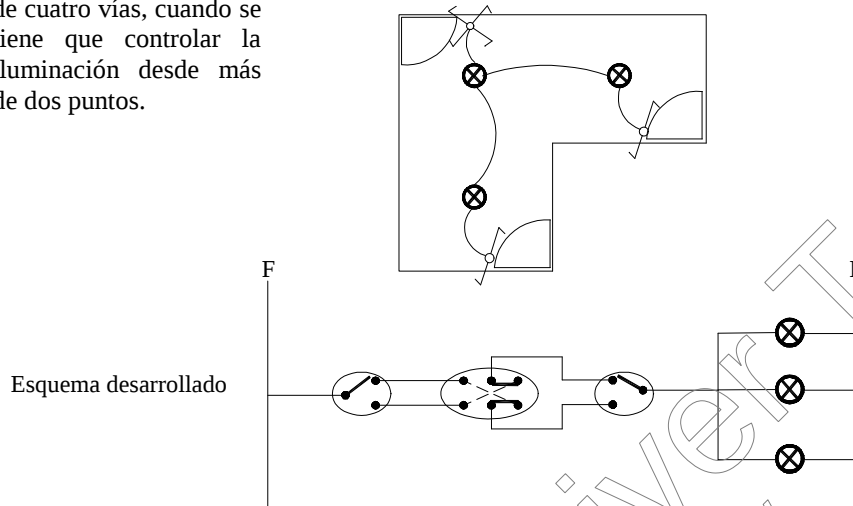


5) Del conmutador más lejano un conductor de retorno a todos los puntos de luz

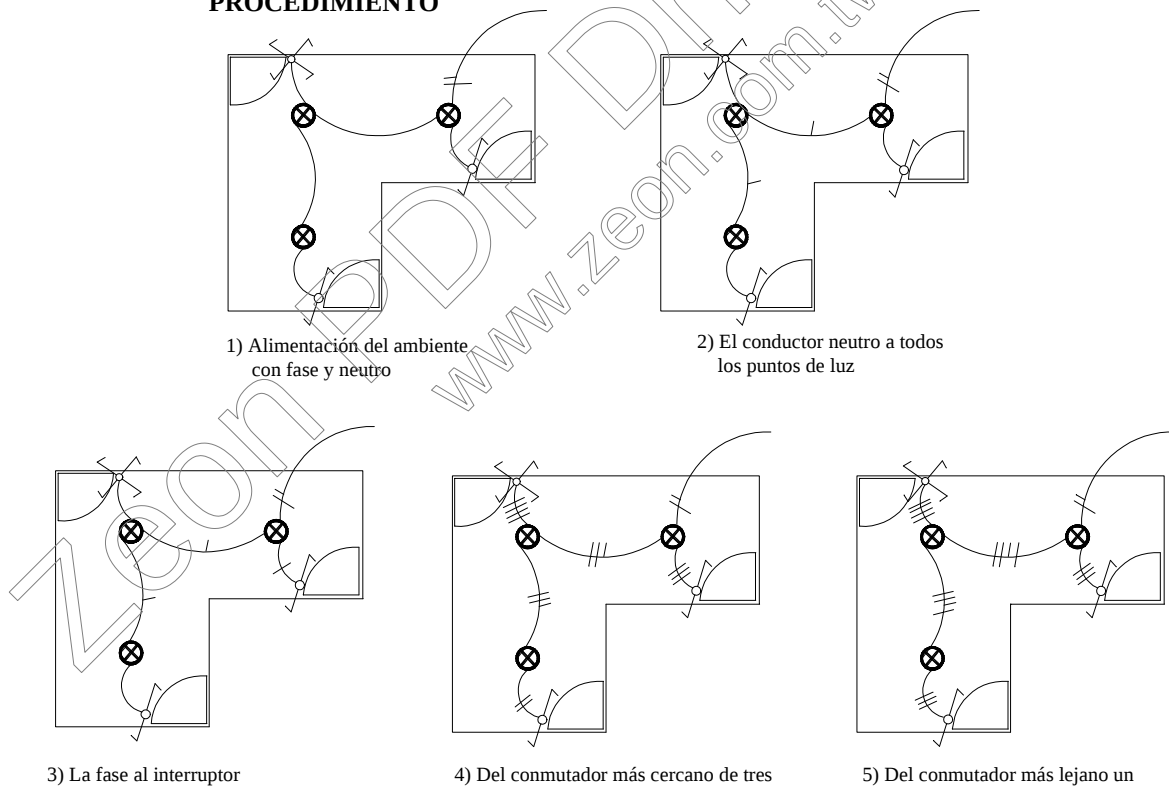
14.1.4 Interruptor conmutador de cuatro vías

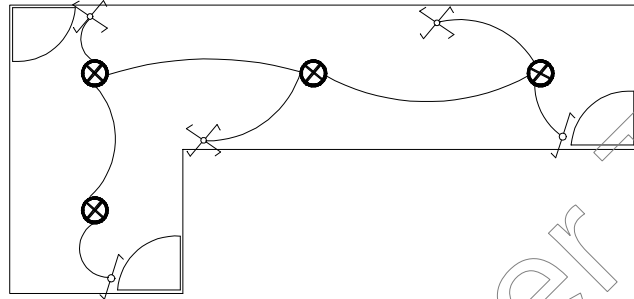
Ambiente a cablear

Se utiliza el interruptor de cuatro vías, cuando se tiene que controlar la iluminación desde más de dos puntos.

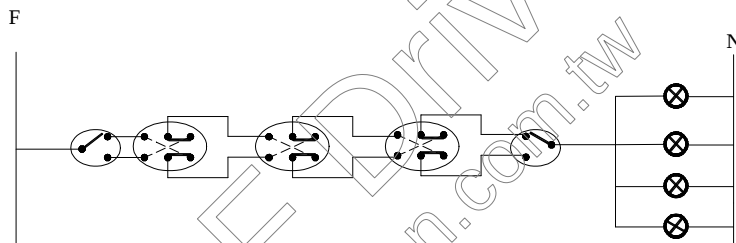
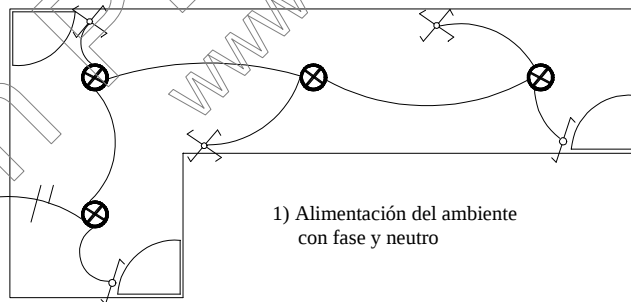


PROCEDIMIENTO

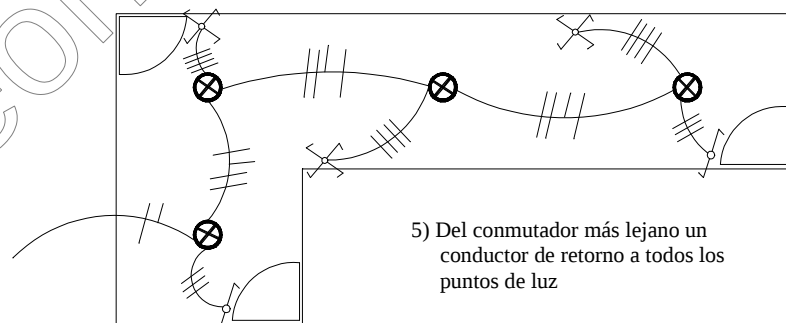
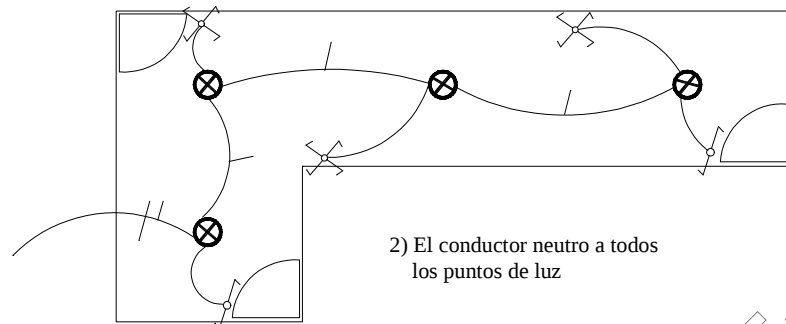


Interruptor conmutador de cuatro vías en varios puntos de control**Ambiente a cablear**

Esquema desarrollado

**PROCEDIMIENTO**

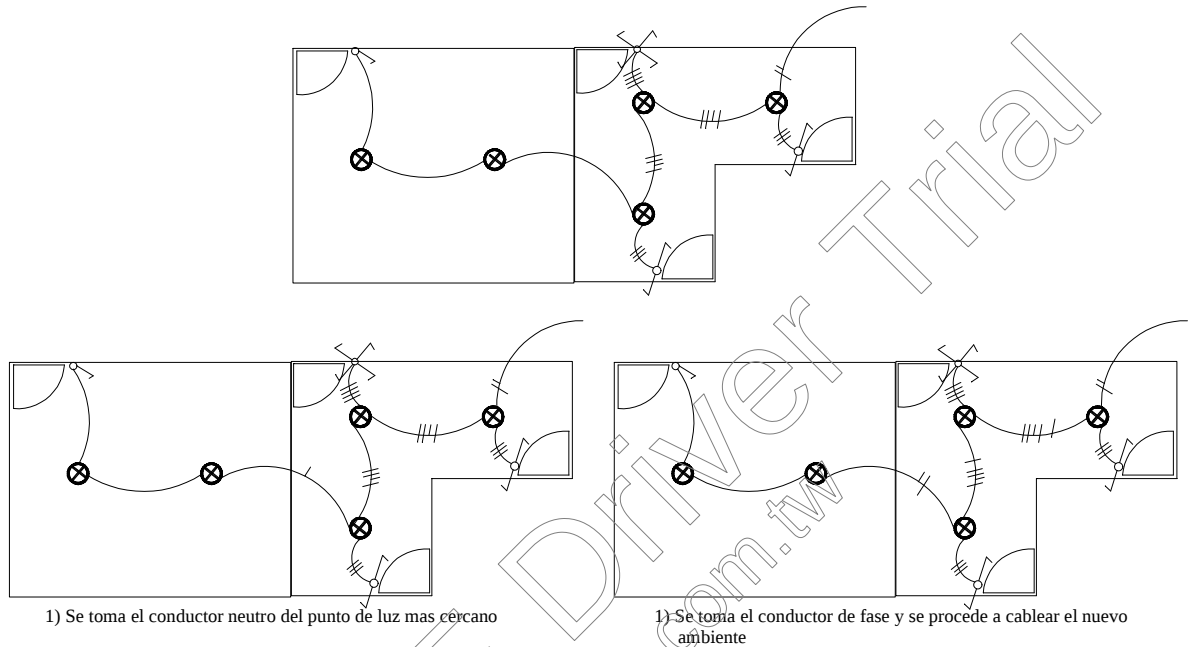
1) Alimentación del ambiente
con fase y neutro



14.1.5 Modo de pasar fase y neutro de un ambiente a otro

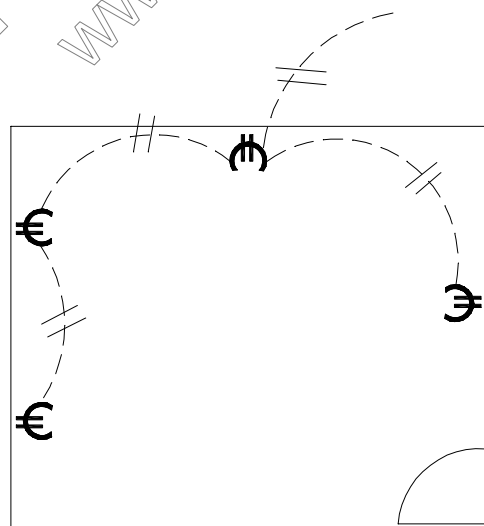
Cuando se pasa de un ambiente a otro hay que verificar la continuidad del neutro y llevar la fase desde el punto donde se quedo por ultima vez en el ambiente anterior.

Ambiente a cablear

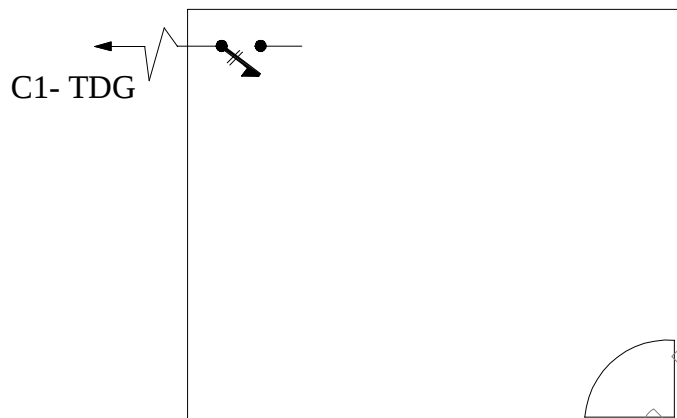


14.2 CABLEADO DE CIRCUITOS DE TOMA CORRIENTES

Para el cableado de tomacorrientes se dibujan las líneas de conexión curvas y segmentadas.



14.3 CABLEADO DE CIRCUITOS DE FUERZA



BIBLIOGRAFIA

- **Instalaciones Eléctricas I, ELC-261**
Apuntes de clases UMSS , Departamento de electricidad CBBA 2001.
Ing. Germán Rocha
- **Manual de Iluminación,**
Philips, Madrid, 1.976
- **Manual del Alumbrado**
Westighouse, 2º Edición, Editorial Dosat S.A. Madrid, 1.972
- **Técnicas y Aplicaciones de la Iluminación**
Luis C. Fernandez Salazar y Jaime de Landa A.
Mc. Graw Hill, Madrid, 1.992
- **El Instalador Cualificado “Iluminación Externa”**
Vittorio De
Marcomdo Roixaneu Editores
- **Cálculo de Iluminación Interna**
Philips, Sao Paulo, 1.985
- **Luminotecnia**
L. Salas, R. Romero, J.A. Cudeno
Universidad de Córdoba, Córdoba 1.996
- **Luminotecnia y sus aplicaciones**
Emilio Carranza castellanos
Editorial Plana , México, 1.981
- **Reglamento de Instalaciones Eléctricas Interiores en Baja Tensión**
G. Rocha, F. Meza, R Mendizabal
SIB/Cochabamba, Cochabamba 1.993

PAGINAS WEB

- <http://www.eletricaweb.com>
- <http://www.planeta.clix.pt.com>
- <http://www.bdd.unizar.es.com>
- <http://www.suarquitecto.com>
- <http://www.cambre.com.ar>
- <http://www.Gelighting.com>(GENERAL ELECTRIC)
- <http://www.iltec.com.co> (Iluminaciones Técnicas)
- <http://www.upcedison.com>
- <http://www.alainaffelov.com.es>
- <http://www.tgm.com.ar>
- http://www.editorial.cda.ulpgc.es/servicios/5_luminotecnia/
- <http://www.amerlis.pt/luminotecnia/lumino.html>
- <http://www.laseeb.ist.utl.pt/publications/tfc/luminotecnia/luminotecnia.htm>

IFORMACION ADICIONAL

ILUMINACION

Aquí tiene algunas direcciones de páginas de fabricantes de lámparas, luminarias, componentes auxiliares o ingeniería donde encontrará muchos datos sobre tipos de lámparas y luminarias, ejemplos de proyectos programas de cálculo, direcciones de contacto, etc. Naturalmente no están todos y se ha procurado poner aquellos que ofrecieran algún elemento de interés como

Programas de cálculo, manuales, referencias a normativas, etc.

- Carandini (fabricante de luminarias): Incluye un glosario en castellano de términos de iluminación
<http://www.carandini.com/>
- Philips Iluminación
<http://www.lighting.philips.com/>
<http://www.eur.lighting.philips.com/>
- Osram
<http://www.osram.com/>
- Sylvania
<http://www.sylvania.com/>
- Especialidades Luminotecnicas, S.A.
<http://www.elt.es/>
- INDALUX. Alumbrado técnico
<http://www.indal.es/>

ORGANISMOS Y NORMAS

A continuación puede encontrar enlaces a instituciones y organismos relacionados con temas de normativas y calidad.

- Aenor
<http://www.aenor.es/>
- ISO International Standard Organization
<http://www.iso.ch/>
- IEC International Electrotechnical Commision
<http://www.iec.ch/>

- European Organization for Quality
<http://www.eoq.org/>
- European Foundation for Quality Management
<http://www.efqm.org/>
- Asociación Española para la Calidad (AEC)
<http://www.asoc-esp-calidad.es/>
- Normas UNE.
<http://www.aenor.es/busqueda.html>
- Normas ISO.
<http://www.iso.ch/welcome.html>