

119
2ef.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

**OPTIMIZACION DE DISEÑOS Y AHORRO DE
ENERGIA EN ILUMINACION PARA INTERIORES**

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A :
SERGIO LUIS MENDIVIL ITURRIOS

DIRECTOR DE TESIS: ING. JUAN VICENTE LEDUC



MEXICO, D. F.

1997

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A Dios por la gran oportunidad que me brindó al vivir este tiempo.

A mis padres, por el amor y valores que me inculcaron. Gracias por todo su apoyo.

A la compañera de mi vida Paty por toda su comprensión, amor y entrega. A nuestras hijas Berenice y Arantza que son la continuidad de nuestros ideales.

A mis hermanas: Cecilia, Claudia, Georgina y Angélica, por todos los momentos de alegría y reflexión que hemos vivido y viviremos.

A Gerardo, Luis Fernando y Roberto, porque en nuestra unidad hemos tenido y cultivado el valor mayor que existe la amistad.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, porque me compartió de su grandeza, que es mi formación profesional.

A los profesores de la facultad gracias por ese espíritu inquebrantable de entrega y paciencia que muestran, en su enseñanza, con todos nosotros sus alumnos.

Al Ing. Juan Vicente Leduc por su amistad y dirección para concluir este trabajo.

TEMARIO

CAPITULO I : ANTECEDENTES	1
1.1.- Generalidades de un sistema de iluminación.	1
1.2.- Generalidades del sentido de la vista.	1
1.3.- Historia de la iluminación.	5
1.4.- Terminología de la iluminación	8
1.5.- Fuentes de iluminación	10
1.6.- Equipos de medición utilizados en iluminación.	11
1.7.- Radiación visible.	14
CAPITULO II : LA ILUMINACION DESDE EL PUNTO DE VISTA DEL AHORRO DE ENERGIA	16
CAPITULO III : MEDIOS DE ILUMINACION ACTUALES	20
3.1.- Tipos de luminarios y vida útil de estos.	20
3.2.- Costos de operación.	28
3.3.- Energía consumida.	33
CAPITULO IV : METODOS DE CALCULO PARA UN SISTEMA DE ILUMINACION	36
CAPITULO V : OPTIMIZACION EN DISEÑOS PARA AREAS INTERIORES	83
5.1.- Clasificación de áreas.	83
5.2.- Niveles de reflectancia en paredes, pisos y plafones.	98
5.3.- Nuevos tipos de luminarios (economicos).	102
5.4.- Recomendaciones para optimizar los sistemas de iluminación.	109
CAPITULO VI : DESARROLLO DE UN SISTEMA DE ILUMINACION	113
CONCLUSIONES	120
BIBLIOGRAFIA	122

CAPITULO I

ANTECEDENTES

1.1. GENERALIDADES DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN.

Un sistema de iluminación es aquel que proporciona luz artificial, la cual permite la realización de distintas actividades sin depender éstas de la luz solar. Lo hace por medio de distintos mecanismos o fuentes de iluminación, tratando de que sea lo más cómoda, limpia, segura, higiénica, eficiente y económica. El sistema que cumple de manera más cercana con estos objetivos es un sistema de luz artificial de energía eléctrica.

En la antigüedad la gran mayoría de las actividades del hombre estaban condicionadas a luz del sol, conforme fue pasando el tiempo surgieron en él diferentes necesidades (poder ver en la oscuridad, lo que traía consigo mayor seguridad además de aumentar su tiempo productivo y recreativo) que lo llevaron a buscar los medios para poder realizarlas aun sin luz solar. Esto trajo como consecuencia la búsqueda de diversos instrumentos capaces de emitir luz artificial. Es entonces cuando podemos decir que el hombre comenzó a utilizar los sistemas de iluminación.

1.2 GENERALIDADES DEL SENTIDO DE LA VISTA.

Resulta relevante conocer los aspectos básicos de la visión enfocados desde el punto estructural, para entender como atacar las dificultades de la iluminación.

El ojo es el mecanismo básico a través del cual podemos realizar dicha actividad. Esencialmente capta y enfoca la luz.

PARTES DEL OJO

PÁRPADO.- Pliegue de piel que protege el ojo y que en condiciones de luz brillante ayuda a regular la cantidad de luz que llega a él.

CORNEA.- Porción transparente de la membrana exterior que rodea al ojo, sirve como parte del sistema refractor.

IRIS.- Parte coloreada (café, azul, verde) del ojo que funciona como un diafragma, controlando la cantidad de luz que entra en él.

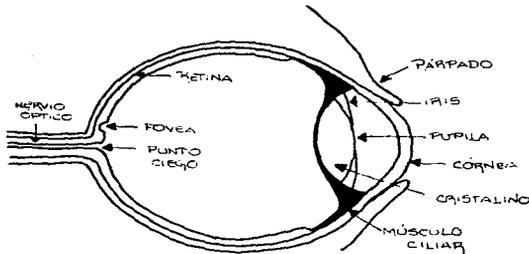


Fig. 1.1 Partes del ojo

PUPILA.- Abertura en el centro del iris, por la que entra la luz en el ojo. El tamaño de dicha abertura se controla por la acción de músculos involuntarios.

CRISTALINO.- Cápsula transparente situada detrás del iris, cuya forma puede cambiar para enfocar objetos a distintas distancias.

MUSCULO CILIAR.- Músculo en forma de anillo que ajusta la tensión aplicada al cristalino, cambiando así su curvatura y enfocando objetos cercanos o lejanos.

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 pequenísimas estructuras con forma de conos y bastoncillos.

PÚRPURA RETINIANA (Rhodopsin).- Es un líquido que se encuentra en los bastones, sensible a la luz, y se de colora rápidamente cuando es expuesto a ella. Su regeneración es un factor de importancia en la adaptación a la oscuridad.

PUNTO CIEGO.- Es el punto de la retina por donde entra en el ojo el nervio óptico, el cual conduce las sensaciones de la luz al cerebro. En este punto no hay bastones ni conos y por consiguiente un estímulo de luz no provoca sensación alguna.

Los rayos luminosos que entran en el cristalino a través de la pupila caen en los bastones y conos localizados en el fondo de la superficie interna del globo ocular formando la retina.

La mayoría de los conos se encuentran en una área cercana al centro de la retina llamada fovea. Es aquí donde los rayos luminosos enfocados por el cristalino forman una imagen similar a la de una cámara fotográfica. Su densidad disminuye conforme aumenta la distancia a la fovea. Se encuentran colocados en forma de mosaico muy fino permitiendo que se forme una imagen clara y

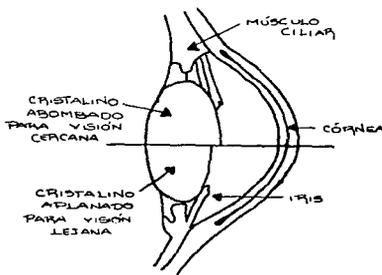
nítida, que es transmitida por el nervio óptico al cerebro; éste a su vez la percibe como una idea consistente. Básicamente a través de ellos nosotros podemos leer, distinguir colores, examinar objetos cercanos y realizar comparaciones visuales precisas.

La concentración de los conos disminuye a medida que se aumenta su distancia a la fovea. Esto significa que fuera de la pequeña abertura del ángulo visual delimitada por los conos la claridad y la agudeza visual disminuyen rápidamente. En realidad el tamaño del campo visual en el que predomina la acción de los conos que es aproximadamente de 3 mm de diámetro, a la distancia normal de lectura. El pequeño ángulo de visión requiere el funcionamiento especial del ojo moviéndose, deteniéndose, escudriñando, etc.: sobre una página impresa, lo cual exige altos niveles de iluminación para una visión rápida y precisa.

Los bastones son menor en número que los conos y se encuentran dispersos sobre toda la superficie interna del globo ocular. Su sensibilidad es mayor que la de los conos a la luz, pero por su burda dispersión en mosaico no crean una imagen finamente enfocada. Muchos bastones están conectados por nervios, no al cerebro, sino directamente a los músculos en distintas partes del cuerpo. Los bastones son responsables de toda la visión fuera del área del tamaño de una moneda de cinco centavos sobre la página. Su papel es tan importante que en algunos países una persona con visión defectuosa de los bastones está legalmente considerada como ciega, aun cuando pueda leer, emplear herramientas y distinguir colores.

Los bastones hacen posible la visión a muy bajos niveles de iluminación. Producen reflejos automáticos musculares para la protección del cuerpo o de los propios ojos, de objetos en el aire. Estas reacciones son muchísimo más rápidas que las resultantes de un pensamiento deliberado. Determinan el sentido inconsciente de la tranquilidad o intranquilidad en un ambiente iluminado. Por lo que un sistema de alumbrado debe suministrar una iluminación suficiente para la visión de los conos, pero mientras no se le conceda atención a un balanceo adecuado de brillantes en todo el campo visual (incluyendo a los bastones), el diseño del alumbrado estará muy lejos de cubrir en su totalidad las necesidades humanas.

Fig. 1.2 Partes del ojo



En resumen:

La visión por los conos o foveal es:

- 1.- Campo angosto de visión.
- 2.- Visión por esfuerzo consciente
- 3.- Visión de los pequeños detalles.
- 4.- Necesidades de una iluminación relativamente elevada.
- 5.- Sensible al color.

La visión por los bastones:

- 1.- Campo ancho de visión.
- 2.- Visión instintiva - reacción rápida.
- 3.- Visión amplia.
- 4.- Sensibilidad extrema (visión nocturna).
- 5.- Poca o ninguna percepción de los colores.
- 6.- Determina el equilibrio, la tranquilidad, la comodidad.

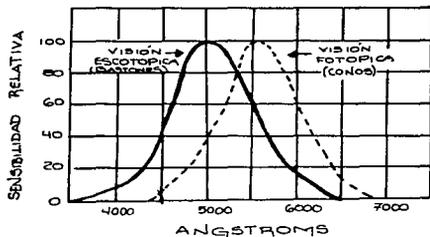
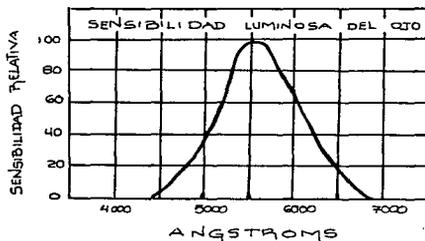


Fig. 1.3
Visión por bastones y conos

Fig. 1.4
Sensibilidad luminosa del ojo



1.3.- HISTORIA DE LA ILUMINACIÓN.

La importancia del sol para el hombre primitivo, radica en el hecho de ser su única fuente de luz y calor, de ahí que lo convirtiera en Dios.

La primera fuente de luz y calor producto de la actividad humana fue el fuego. Se desconoce cómo y cuándo empezó a utilizarlo en beneficio propio, esto probablemente ocurrió al presenciar cuando un ravo al caer en un bosque provocó un incendio. A partir de ese suceso aprendió a encender hierbas, palos y troncos, en busca de luz y calor. Con el tiempo descubrieron que las antorchas empapadas de grasa animal daban mejor luz y duraban más, también que los cuerpos de unas bestias eran más grasos que los de otras, por ejemplo, el pez llamado eperlano, la foca y el ave de las tempestades o petrel, eran empleados clavándolos en la punta de los palos para prenderles fuego.

Los polinesios o habitantes de ciertas islas del Océano Pacífico, emplearon las nueces aceitosas de los cocoteros, que ardan con lentitud y regularidad. En otros lugares se fijaron en que las ramas resinosas ardan con bastante luz.

Las antorchas se usaron durante centenares de años. Un adelanto consistió en impregnarlas de alquitrán y otros elementos combustibles. Se dice que la ciudad griega de Antioquia fue la primera en iluminar las calles de esta manera. Las antorchas se utilizaban todavía en la edad media.

En los países fríos se sirvieron también de burdas lámparas de aceite para iluminar sus cuevas. Emplearon conchas, piedras concavas y cráneos de animales pequeños que contenían aceite, éste era de origen animal, grasa de ballena, aves, peces, etc.

En los lugares más calidos observaron que el aceite vegetal de aceitunas, nueces, cocos y semillas, tenía la misma aplicación, la mecha se hacía de fibras de vegetales. Los aceites de animales, continúan usándose en algunos lugares como combustible para iluminación. Los campesinos de la India empleaban manteca hecha con leche de búfalo y algunos de los pueblos sudamericanos más pobres cargan todavía sus lámparas con aceite de pescado.

Los historiadores admiten que el aceite de roca o petróleo pudo ser uno de los primeros empleados en tiempos remotos, pero desprendía mucho humo, hollín y mal olor.

En antiguo medio oriente se comenzaron a fabricar lámparas de arcilla, cobre y bronce, de formas y tamaños muy distintos. La grasa animal y sobre todo la vegetal, servían de combustible. Se adicionó una mecha o torcida, de materia análoga al algodón que se empapaba por capilaridad o absorción de las fibras, lo cual permitía que el combustible durase mucho más.

Las candelas de junco se popularizaron en Europa antes de la Edad Media. Consistían en dicha planta acuática cubierta de grasa. Se elaboraban pelando la corteza de los tallos, lo que dejaba al descubierto la parte central, redonda y delgada, que pasaba a ser la mecha o pabilo. Se sumergían luego en grasa o sebo (manteca de oveja o vaca) hasta que se cubrían de una capa espesa. Las

candelas de junco eran baratas y de sencilla confección. Daban una llama aproximadamente dos veces mayor que la de los cerillos modernos.

Las antorchas, lámparas de aceite y candelas de junco se usaban antes de la intervención de las velas. Las primeras de estas fueron probablemente tallos o cañas llenos de sebo o de cera de abeja. En el antiguo Egipto se envolvían con trapos mazos de sebo para impedir que se derritieran durante la combustión. Los romanos tuvieron velas hechas con pabilos.

A fines del siglo XII eran comunes en la Europa Occidental y solían elaborarse con manteca de certero que se colocaba para purificarla. Las de cera empezaron a aparecer en el XIV, proporcionando la materia prima las abejas y los echalotes. Resultaban más caras que las de cebo y eran las únicas que se permitían en ciertas ocasiones religiosas.

Las primitivas, sucias y mal hechas, exigían que se las cortara de modo regular para que no humearan. Se arreglaban con una especie de tijeras (despabiladeras), que tenían a un lado una cajita para recoger los trocitos de pabilo que caían.

En 1874 los fabricantes de velas, o candeleros, comenzaron a recubrir la mecha con nitrato de bismuto, sustancia química que las obligaba a consumirse por completo, de modo que no necesitaran que se las cortara. Hoy en día casi todas las velas, se fabrican de cera y estearina, productos de la parafina que aumenta la velocidad de combustión, pues hace que la cera se funda con mayor rapidez.

Aproximadamente desde el siglo V se utilizan las linternas con cajas que rodean y protegen las velas y las lámparas de aceite, siendo algunas populares, como las de forma cilíndrica que descansan en un extremo y las cuadradas terminadas en punta. Se hacían de madera, metal, cerámica, cuero y muchos otros materiales. Sus paredes eran, en ocasiones de delgadas láminas de cuero, antes de que el vidrio se divulgase, las linternas de hojalata, que encerraban tres o cuatro velas, tenían los lados con perforaciones, para que saliera la luz. Se utilizaron durante los siglos XVII y XVIII pero su gran desventaja era que producían mucho calor, lo cual multiplicaba el riesgo de incendios.

Las mejores lámparas usaban aceite de ballena como combustible a principios de siglo, después, hacia 1850, la parafina, obtenida del petróleo (queroseno), la sustituyó porque proporcionaba mejor iluminación y la llama se protegía con una pantalla cilíndrica de vidrio. Esta clase de lámparas, o quinqués, se empleaban todavía en numerosos lugares, sobre todo en el campo ya de los granjeros consideran muy útiles los quinqués para la inspección nocturna de granjeros, pajares y establos.

El hombre había encontrado gas en tiempos cuando excavaba en busca de agua. Sabía que se debían a él las llamas que surgían, por ejemplo, en los pantanos, pero no se le ocurrió utilizarlo como combustible. No es sino hasta fines del siglo XVIII que aprendió a extraer gas del carbón, aunque en principio solo se empleó en la iluminación de las calles (Alumbrado público). Más tarde lo distribuyó a las casas por medio de tuberías selladas. Las primeras luces domésticas de gas eran a menudo sucias y peligrosas. Después sus llamas brillaron dentro de esferas de cristal.

El austriaco Carl Auer Voon Welsbach inventó el manguito o camisa, que era una funda incombustible en forma de red, de algodón mezclado con hilos impregnados de sustancias químicas que al ponerse incandescente aumentaba hasta cinco veces la potencia luminosa del gas. El manguito se utilizaba aun en quinqués de gasolina.

El científico británico Humphry Davy (1778-1829) inventó en 1810 la lámpara de arco, que producía luz haciendo saltar una corriente eléctrica entre dos electrodos de carbón. Davy había descubierto que podía obtenerse una chispa continua o arco voltaico, si los electrodos se hallaban a la distancia debida. Mas tarde, los hombres de ciencia averiguaron que ciertos tipos de alambre desprendían calor y luz cuando los recorría una corriente eléctrica. El problema consistía en encontrar el alambre que emitiera mas luz. El inglés Joseph Swan (1828-1914) estuvo muchos años intentando resolverlo y en 1878 presentó la primera lámpara eléctrica de carbón o bombilla. Consistía en un bulbo de vidrio al vacío y con dos alambres de platino con un finísimo hilo de carbón entre ellos.

En E.U.A. Thomas Alva Edison (1847-1931) se ocupaba en el mismo problema. Su solución terminó la era del alumbrado de gas e inauguró la era de la electricidad. Presentó su bombilla incandescente en la noche del 31 de diciembre de 1879 abriendo las puertas de su laboratorio de Menlo Park en Nueva Jersey para recibir a un grupo de periodistas, científicos, negociantes y políticos. Había colocado anticipadamente varias decenas de bombillas. En el momento adecuado, Edison dio la vuelta al interruptor y las bombillas alumbraron el laboratorio y sus inmediaciones. Hubo aplausos, elogios y preguntas, lo que se había proyectado como una exhibición momentánea duró una semana entera y la gente acudió de todas partes para contemplar la maravilla del siglo. Edison patentó su bombilla y recibió licencia gubernamental para que fuera la única persona que vendiera su invento durante varios años.

Swan registró su invento similar doce meses más tarde. Cada uno fundó una compañía para vender sus bombillas, pero no paso mucho tiempo antes de que ambas se fundieran en una sola.

Las bombillas se perfeccionaron con el empleo de nuevos materiales, utilizando el tungsteno como filamento (alambre delgado como un hilo). Gracias a este se pudieron fabricar todas del mismo voltaje (podían dar la misma potencia eléctrica).

Otra mejora se debió en 1913 a Irving Langmuir (1881-1957). Edison había extraído el aire de las bombillas con el fin de crear el vacío y las había cerrado, de esta manera el filamento se desgastaba muy pronto y se fundía. Langmuir en vez de vaciarlas, las lleno de gas inerte (sin propiedades activas) lo que permitió que el filamento se calentara mas sin sufrir desperfectos.

El gas que mas se usa en la actualidad es una mezcla de nitrógeno y argón, por lo que las bombillas fueron mas seguras y dieron mas luz. Su fabricación se abarató logrando que muchos hogares pudieran permitirse el lujo de tener iluminación eléctrica.

1.4.- TERMINOLOGÍA DE ILUMINACIÓN.

CANDELA, cd:

Es la unidad de intensidad luminosa de una fuente de luz. Una candela se define como la intensidad luminosa de $1/6 \times 10^{-8}$ m² del área proyectada de un cuerpo negro radiante operando a la temperatura de solidificación del platino, a presión normal

LUMEN, lm:

Unidad de flujo luminoso. Es igual que el flujo sobre una superficie unitaria, en la cual todos los puntos están a una distancia unitaria de una fuente puntual uniforme de una candela. Dicha fuente puntual emite 4 lúmenes

ILUMINACIÓN, E:

Es la densidad de flujo luminoso sobre una superficie. Si se toma el pie (0.3048 m) como la unidad de longitud y el flujo es uniformemente distribuido sobre la superficie, la densidad en "lúmenes por pie cuadrado" se denomina "Foot candle", fc, en las unidades del Sistema Inglés S.I., se utilizan los lúmenes por metros cuadrados Lux (lx) (Un pie bujía es igual que 10.76 lux).

El término ILUMINACIÓN se usa con frecuencia en lugar de ILUMINANCIA, la práctica moderna reserva Iluminación para el proceso de alumbrado e Iluminancia para el resultado.

ILUMINANCIA:

Es la densidad luminosa de cualquier superficie en una dirección dada por unidad de área proyectada de la superficie vista desde esa dirección

La unidad de iluminación es la candela /pulg², n unidades del S.I (Sistema Inglés) se utiliza la cd/m² (1 cd/pulg² = 1550 cd/m²)

Una excepción importante es una superficie reflectante perfectamente difusa (Lambertiana), que tiene una iluminancia constante sin considerar el ángulo de vista si dicha superficie tiene una iluminancia de 1 cd/pulg², emite 452 lm/pie²

El Lamber-pie, (en lúmenes por pie cuadrado lm/ft²) es la unidad de iluminación aplicada en ese caso. Aun cuando esta conversión se aplica sólo al caso perfectamente difuso, con frecuencia se usa en todos los casos

LA BRILLANTEZ SUBJETIVA:

Es el atributo de cualquier sensación luminosa que da lugar a la escala completa de cualidades de ser reluciente, iluminado, brillante, empañado u oscuro

ABSORCIÓN, REFLEXIÓN Y TRANSMISIÓN:

Son los procesos generales por los cuales un flujo luminoso incidente interacciona con un medio

Absorción: Es el proceso por medio del cual el flujo luminoso incidente se disipa

Reflexión: Es el proceso por el cual el flujo incidente deja una superficie o medio por el mismo lado de incidencia

NOTA: La reflexión puede ocurrir como en un espejo (Reflexión Espectacular) Reflejarse en ángulos distintos al flujo incidente con el plano de incidencia (Reflexión difusa), o puede ser una combinación de los dos tipos de reflexión.

Transmisión: Es el proceso por el cual el flujo incidente abandona una superficie o medio por un lado distinto al incidente. Si el rayo de luz se reduce sólo la intensidad, la transmisión se llama regular. Si el rayo emerge de todas direcciones, la transmisión se llama difusa. Ambos modos pueden existir combinados.

El flujo incidente Φ_i es igual que el flujo absorbido Φ_a , que el reflejado Φ_r y que el transmitido Φ_t , esto es :

$$\Phi_i = \Phi_a + \Phi_r + \Phi_t$$

Dividiendo esta ecuación por Φ_i , se obtiene:

$$1 = \frac{\Phi_a}{\Phi_i} + \frac{\Phi_r}{\Phi_i} + \frac{\Phi_t}{\Phi_i}$$

$$1 = \alpha + \varphi + \gamma$$

Donde:

α es la absorptancia.
 φ es la reflectancia.
 γ es la transmitancia.

En cada caso, el flujo incidente puede restringirse a una sola longitud, una dirección particular y un ángulo sólido dado.

LONGITUD DE ONDA:

La longitud de onda de la radiación electromagnética se mide en metros para las frecuencias incluidas en iluminación. La longitud de onda se da en nanómetros, nm; un nanómetro es igual que 10^{-9} m; en micrómetros, un μm , es igual que 10^{-6} m; y en angstroms, un Å es igual que 10^{-10} m.

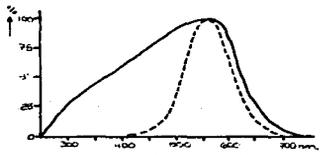


Fig. 1.5 Longitud de onda de la radiación electromagnética

LA EFICACIA LUMINOSA:

Es el lumen de salida por watt radiado.

1.5 FUENTES DE ILUMINACIÓN:

Una fuente de iluminación es importante porque permite un mejor desarrollo de todas las actividades y las hace menos cansadas

Para que una instalación de iluminación sea plenamente eficaz, se debe cumplir entre otras cosas con un buen nivel de iluminación (es decir, la cantidad de luz recibida por los objetos), respecto a un cierto número de condiciones, por ejemplo

- ⇒ El equilibrio de la luminancia o brillantez, es decir, de la cantidad de luz reflejada por los distintos objetos en la dirección del observador
- ⇒ La iluminación de las causas susceptibles de determinar una sensación de molestia por deslumbramiento directo o indirecto
- ⇒ La selección de color de la luz emitida por las lámparas que sean compatibles con los objetos por iluminar.
- ⇒ Un juego de sombras adecuado.

En general, los métodos empleados para producir radiaciones luminosas son los siguientes:

- ⇒ Radiación por elevación de temperatura.
- ⇒ Descarga eléctrica en el gas o en los metales al estado de vapor.
- ⇒ Fluorescencia

Los cuales dan lugar a las siguientes lámparas

LAMPARAS DE FILAMENTO INCANDESCENTE

LAMPARAS FLUORESCENTES

LÁMPARAS DE DESCARGA DE ALTA INTENSIDAD

- Lámparas de Vapor de Mercurio.
- Lámparas de Haluro Metálico.
(Multivapor)
- Lámparas de Vapor de Sodio de Alta Presión y Baja Presión.

Su funcionamiento será descrito en el capítulo III.

1.6 EQUIPOS DE MEDICIÓN UTILIZADOS EN ILUMINACIÓN.

La técnica de medición de la luz, se llama fotometría y el instrumento básico que se utiliza se denomina fotómetro. Los instrumentos fotométricos modernos incorporan normalmente receptores de célula fotoeléctrica (fotocélulas) o semiconductores fotosensibles. La respuesta espectral de estos elementos es distinta de la del ojo humano, por lo cual deben introducirse las correcciones pertinentes, bien sea utilizando filtros correctores o mediante factores de corrección.

Las magnitudes más importantes son:

- ⇒ Intensidad Luminosa
- ⇒ Flujo Luminoso
- ⇒ Luminancia.
- ⇒ Distribución espectral.

INTENSIDAD LUMINOSA.-

La intensidad luminosa de una fuente de luz o luminaria se mide con un fotómetro de lectura directa, o por medio de un fotómetro registrador gráfico. Ambos instrumentos se funden en la fórmula básica:

$$I = E r^2$$

donde:

I = Intensidad Luminosa

E = Iluminancia

r = Distancia entre la fuente de luz y el punto de medida.

Si r se mantiene constante, el instrumento puede calibrarse directamente en unidades de intensidad luminosa.

El fotómetro, comúnmente usado en laboratorios, es del tipo registro automático, en el cual se usa un sistema de espejos que giran alrededor de la fuente de luz y la reflejan en la dirección de la fotocélula, mientras la fuente de luz o luminaria permanece en su posición normal de funcionamiento.

El moderno equipo asociado con dichos fotómetros permite obtener automáticamente, en varios planos, las curvas de Distribución luminica, y puede servir para determinar otras magnitudes tales como el flujo luminoso total o factores de utilización.

FLUJO LUMINOSO.-

El flujo luminoso total de una fuente se puede obtener:

- 1.- Por cálculo de la distribución de intensidad de luz.
- 2.- Midiendo con un fotómetro de lectura directa.

1.- La distribución de intensidad luminosa da, por definición, una medida del flujo luminoso por la fuente de luz según varios ángulos sólidos. Como cada ángulo sólido contiene un determinado flujo luminoso, la suma de todos los lúmenes contenidos en todos los ángulos sólidos nos da la idea del flujo luminoso total radiado por la fuente de luz.

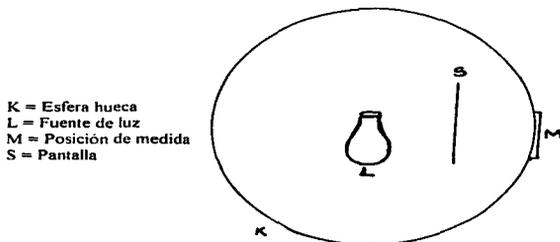
Por tanto:

$$\Phi = \sum I \Delta \Omega \Delta \Omega$$

donde $I \Delta \Omega$ representa la intensidad luminosa media de cada uno de los ángulos sólidos $\Delta \Omega$ considerados.

2.- El método de lectura se basa en la medida del flujo luminoso por medio de un fotómetro de esfera (fotómetro integrador), este consiste en una esfera hueca con su superficie interior pintada de blanco mate. La fuente de luz se suspende dentro de la esfera. Si la zona del interior de la esfera donde se ha colocado el receptor fotométrico se apunta contra la radiación directa de la fuente de luz, la iluminancia de dicha zona será proporcional al flujo luminoso de la fuente (supuesto que se hayan satisfecho otras determinadas condiciones). De esta forma se pueden medir flujos desconocidos, siempre y cuando el fotómetro integrador haya sido calibrado previamente con una fuente patrón de flujo luminoso conocido.

Fig. 1.6 FOTÓMETRO INTEGRADOR



K = Esfera hueca
L = Fuente de luz
M = Posición de medida
S = Pantalla

LUMINANCIA.-

Un método muy sencillo para medir la luminancia de una fuente de luz consiste en cubrirla con una pantalla opaca no reflectante, en la que se ha practicado una abertura de un centímetro cuadrado.

La luminancia se obtendrá, en candelas, midiendo la intensidad luminosa emitida por este cm^2 de fuente o superficie, esto es:

$$L = \frac{I}{A} + \frac{Er^2}{A}$$

donde r es la distancia entre la abertura y el punto de medida de la luminancia. Los luminancímetros modernos son de lectura directa e incorporan células fotosensibles o resistores conectados a un circuito eléctrico.

ILUMINANCIA.-

Se mide la iluminancia bien sea para conocer este valor propiamente dicho o como paso intermedio en el cálculo de otras magnitudes fotométricas. En el principio no hay diferencia entre un tipo de medida y otro, pero mientras en el primer caso la medida de iluminancia producida por una instalación de luz puede realizarse habitualmente con un luminancímetro portátil, en el segundo ha de emplearse un equipo muy preciso en medida y lectura, que permita alcanzar el grado de precisión requerido.

Los instrumentos de medida dotados de elementos fotosensibles se emplean comúnmente para medir la iluminación (en lúmenes por unidad de superficie o lux). Las fotocélulas generan una diferencia de potencial proporcional a la cantidad de energía radiante que incide en la superficie sensible a la luz. Los sencillos instrumentos utilizados en mediciones prácticas de iluminancia suelen tener tamaño reducido, de bolsillo, e incorporan la correspondiente fotocélula. Estos instrumentos son comparables al exposímetro, instrumento muy conocido en fotografía, para lecturas más exactas en medidas de niveles de muy baja iluminancia, como sucede en instalaciones de alumbrado público, ha de usarse un instrumento de mayor precisión, con capsulas fotoeléctricas separada.

DISTRIBUCIÓN ESPECTRAL.-

La distribución espectral de una fuente de luz - flujo radiante o energía en función de la longitud de onda, se mide con un espectrofotómetro. Este instrumento refracta y difracta de las distintas longitudes de onda del espectro por medio de prismas o redes de difracción y las colima y enfoca mediante lentes o espejos.

El espectrofotómetro es importante en la determinación de la transmitancia y la reflectancia espectrales de materiales y en la distribución de las fuentes de luz. La apariencia de color, la temperatura de color y el índice de rendimiento en color de una fuente de luz se pueden calcular partiendo de la distribución de energía espectral relativa medida con el espectrofotómetro.

1.7 RADIACIÓN VISIBLE (luz).

La luz puede definirse como radiación capaz de producir directamente sensación visual. Las ondas luminosas ocupan sólo una parte muy pequeña del espectro de ondas electromagnéticas.

Los límites de la radiación visible no están bien definidos y varían según el individuo; el límite inferior se sitúa generalmente entre 380 y 400 nm, el superior, entre 760 y 780 nm.
(1 nanometro (nm) = 10^{-9} m)

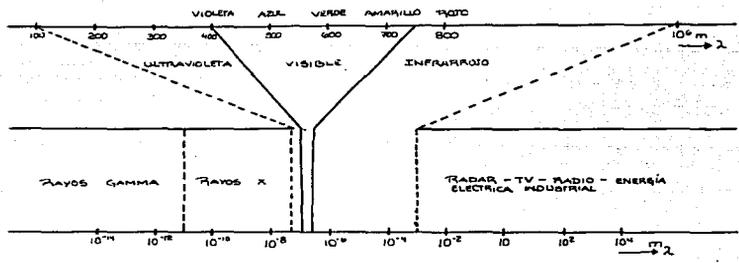


Fig. 1.7 Límites de la radiación visible

El espectro visible puede dividirse, de modo aproximado, en una serie de intervalos de longitud de onda, según la impresión de color que producen en el ojo humano:

- 380 - 436 nm violeta
- 436 - 495 nm azul
- 495 - 566 nm verde
- 566 - 589 nm amarillo
- 589 - 627 nm naranja
- 627 - 780 nm rojo

CAPITULO II

LA ILUMINACIÓN DESDE EL PUNTO DE VISTA DEL AHORRO DE ENERGÍA

La energía puede servir como impulso al desarrollo, pero también puede frenarlo si se le da un mal uso. Para que la energía sirva efectivamente a aquel fin, es necesario producirla en cantidad y calidad suficientes, además de darle una utilización apropiada; todo esto sin descuidar la protección del medio ambiente y su preservación.

Al hablar de la protección del medio ambiente y su preservación, me refiero a que con el ahorro de energía de un KWH que se genera en una planta eléctrica se ha contribuido a reducir la contaminación ambiental, evitándose la emisión a la atmósfera de 0.485876 Kg. de bioxido de carbono (CO₂) (gas invernadero), que produce el calentamiento global; de 0.00834 Kg. de bioxido de azufre (SO₂), que es el principal agente que ocasiona la lluvia ácida, y de 0.00093 Kg. de óxidos de nitrógeno (NO_x), reduciendo su contribución a la contaminación ambiental, también se ha dejado de consumir 2.35836 litros de agua y 0.0018 barriles de petróleo o 0.45 Kg. de carbon.

De esta manera se puede apreciar el gran impacto que tiene en la actualidad la generación de la energía eléctrica en el medio ambiente y lo mucho que se puede ayudar en su conservación al utilizar la energía de una forma apropiada

El ahorro de energía es un tema de actualidad y surge con la finalidad de hacer un uso más eficiente de la energía (sin afectar el funcionamiento de los equipos utilizados ni la comodidad con que cuenta la población) y con el fin de no comprometer la disponibilidad de esta para las futuras generaciones.

Existe en el país un importante potencial de ahorro en cuestiones energéticas, su aprovechamiento es normalmente mucho menos costoso que la producción adicional de una cantidad equivalente de energía. Por tanto, es importante que los esfuerzos realizados para promover el ahorro y uso eficiente de la energía se ejecuten dentro de un programa integral y de amplia participación, a fin de evitar resultados limitados

Existen algunos obstáculos para llevar acabo acciones de ahorro de energía en México, estos son:

- ⇒ Tarifas electricas subsidiadas por muchos años
- ⇒ Poca difusión del tema en la mayoría de los sectores educativos
- ⇒ Falta de conciencia y malos usos por parte de los consumidores
- ⇒ Falta de interés por invertir en equipo ahorrador, así como desconocimiento de su existencia.
- ⇒ Falta campañas informativas en todos los sectores.
- ⇒ Falta de normas reguladoras para esta área
- ⇒ Incertidumbre sobre el ahorro total, falta de incentivos

Sin embargo, últimamente alguno de estos obstáculos tienden a desaparecer y mediante financiamientos se pretende que el interés por invertir aumente. Por lo que se vuelve cotidiano que la sociedad, en general, escuche y quiera saber sobre el ahorro de energía

En el concepto de ahorro de energía se manejan las siguientes áreas:

COGENERACIÓN
TRANSPORTE
INDUSTRIA
SECTOR RESIDENCIAL . COMERCIAL Y DE SERVICIOS.
EDUCACION.

Para nuestros fines analizaremos únicamente el ahorro de energía en la iluminación de interiores. La cantidad de energía que consumen los sistemas de iluminación se puede reducir fácilmente si se emplea tecnología nueva y avanzada la cual en algunos lugares ya es comercial y esta en uso

Debe entenderse que para bajar el índice de crecimiento de la energía se involucran cuestiones educativas, sociales, institucionales, económicas y motivacionales.

Cuando se habla de ahorro en sistemas de iluminación es de gran importancia que en el diseño intervengan a la par todos y cada uno de los participantes desde su inicio hasta su terminación tales como Dueños, firmas comerciales , diseñadores , arquitectos, ingenieros, constructores, obreros ,instituciones financieras , usuarios

A continuación se muestra una tabla sobre el consumo de energía eléctrica que presentan en promedio los edificios en Mexico, Japón y EUA

PAÍS KWII/M² al mes

MÉXICO	40
EUA	15
JAPÓN	10

Tabla 2.1

Es palpable la gran diferencia que existe en dichos consumos lo que nos indica el gran esfuerzo que es necesario realizar para utilizar de mejor forma nuestro recursos energéticos.

En general, se puede considerar que el consumo de energía que presentan los edificios en la ciudad de México es.

CARGA	CONSUMO KWH. %
Iluminación	60
Sistemas de acondicionamiento ambiental	18
Equipo de oficina	5
Bombeo de agua y elevadores	13
Fotocopiado	3
Otros	1

Tabla 2.2

Como se puede observar el mayor consumo de energía, es aquella que se utiliza en la iluminación, de aquí deriva el interés de este trabajo para poder señalar los diferentes puntos en los cuales se pueden obtener ahorros de energía. Estas medidas en base a la inversión requerida las podemos dividir en .

BAJO COSTO.

Mayor aprovechamiento de la luz natural, mantener las cortinas abiertas, si las condiciones ambientales lo permiten, para evitar que permanezcan lámparas encendidas cuando existe un nivel de iluminación adecuado para la realización de labores

Efectuar limpiezas periódicas en los luminarios y acrílicos difusores de las lámparas para lograr niveles adecuados de iluminación, evitando la necesidad de instalar luminarios adicionales

Independizar circuitos de iluminación mediante la instalación de apagadores, de manera que no existan áreas mayores de 20 m² que tengan que permanecer iluminadas sin ser necesario.

MEDIANO COSTO.

Sustitución de balastos convencionales por balastos electrónicos de alto factor de potencia. Estos consumen menos energía eléctrica

Utilización de luminarios de alta eficiencia y baja depreciación

Sustitución de difusores convencionales por difusores modernos que incrementen el nivel de iluminación.

Sustitución de lámparas fluorescentes normales por las de alta eficiencia, estas últimas ofrecen un nivel de iluminación adecuado, con la ventaja de que consumen menos energía

Sustitución de lámparas incandescentes de interiores por lámparas fluorescentes compactas y por lámparas de sodio de alta presión en exteriores, como jardines y estacionamientos

Utilización de colores suficientemente claros en techos, pisos, paredes y muebles para ampliar las superficies reflejantes, mejorando de esta forma el nivel de iluminación

MEDIA ALTA INVERSIÓN.

Equipo automatizado para el control de la iluminación, constituido básicamente por sensores, controladores, convertidores, acopladores entre otros.

Detectores de presencia con sensores ultrasónicos, apagadores automáticos controlados por sensores infrarrojos, fotoceldas de baja sensibilidad, controladores de carga y relevadores

Remodelación completa o parcial de todas las instalaciones existentes

ALTA INVERSIÓN.

- Modernización del sistema de Aire acondicionado
- Remodelación del edificio, instalando pantallas para reducir insolación directa.
- Aislamiento térmico del edificio
- Uso de electrodomésticos de alta eficiencia.
- Uso de motores de alta eficiencia
- Corrección del Factor de Potencia.
- Autogeneración - Electrogenera (planta de emergencia), en horario punta.
- Uso de balastros electrónicos (HF)
- Uso de sensores de presencia
- Instalación de temporalizadores en alumbrado exterior.
- Alumbrado con atenuadores automáticos
- Canalización de luz diurna por reflexión en elementos arquitectónicos
- Control del sistema de energía por PLC (Controlador Lógico Programable) locales
- Modernización del control de elevadores

CAPITULO III

MEDIOS DE ILUMINACIÓN ACTUALES

3.1 TIPOS DE LUMINARIOS Y VIDA UTIL DE ESTOS.

Como se menciona en el primer capítulo de este trabajo los medios de iluminación que mas se utilizan en la actualidad son:

LAMPARAS DE FILAMENTO INCANDESCENTE.

LAMPARAS FLUORESCENTES

LAMPARAS DE DESCARGA DE ALTA INTENSIDAD

- Lámparas de Vapor de Mercurio.
- Lámparas de Haluro Metálico.
(Multivapor)
- Lámparas de Vapor de Sodio de Alta Presión y Baja Presión.

A continuación se explicara cada una de ellas, así como sus campos de empleo, ventajas y desventajas de su uso.

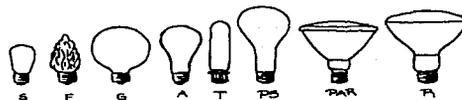
-LÁMPARAS DE FILAMENTO INCANDESCENTE:

Contienen un filamento que se calienta por el paso de corriente a través de él. El filamento está encerrado en un bulbo de vidrio que tiene una base adecuada para conectar la lámpara a un receptáculo eléctrico (socket). Para evitar la oxidación del filamento a temperatura elevada, se hace el vacío del bulbo o se llena con un gas inerte, el bulbo sirve también para controlar la luz del filamento incandescente. La alta luminancia de la fuente se reduce de manera característica con ácido de grabador para matear la superficie interior del bulbo. Las cubiertas de sílice proporcionan también difusión y pueden alterar el color de la luz emitida.

Los filamentos de lámpara incandescente, por lo general, se construyen de tungsteno. El tungsteno tiene un alto punto de fusión y baja presión de vapor, lo cual permite altas temperaturas de operación sin evaporación a mayor temperatura de operación, mayor eficacia (lumenes por watt) y vida más corta. La evaporación del filamento en el transcurso de la vida de la lámpara ocasiona el ennegrecimiento del bulbo y adelgazamiento del filamento y, en consecuencia, salida de luz más baja.

Los filamentos de tungsteno, también se colocan en tubos compactos de cuarzo llenos de una atmósfera halógena, en donde el haluro de tungsteno de la fuente luminosa regresa continuamente partículas de tungsteno evaporado al filamento. Las paredes interiores no se ennegrecen y la salida de la luz permanece constante en forma regular durante la vida de la lámpara.

Los tamaños y formas de los bulbos de lámpara se designan por un código: primero una letra seguida de número, la letra indica la forma, y el número, el diámetro del bulbo en octavas de pulgada. Así, una lámpara T-12 tiene una forma tubular y es de un diámetro de $1 \frac{2}{8}$ " o $1 \frac{1}{2}$ " pulgadas.



FORMAS DE LAMPARAS DE FILAMENTOS

S - Recta	T - Tubular
F - Lámpara	PS - Perno de pera
G - Cilindro	PAR - Parabólica
A - Servicio General	R - Reflector

Fig. 3.1

Las lámparas incandescentes están disponibles con varios tipos de bases



BASES TÍPICAS DE LAMPARAS INCANDESCENTES

Fig. 3.2

La mayoría de las lámparas de servicio general tienen bases medianas de tornillo; las bases de tornillo mayores o más pequeñas se utilizan según el wattaje de la lámpara. Las bases de dos postes y las de bombilla para proyector sitúan correctamente el filamento, como en los sistemas de proyección óptica. Las lámparas de doble poste también sirven donde se requiere resistencia y mayor disipación de calor.

Su campo de empleo se encuentra principalmente en el alumbrado general y localizado de interiores (casas habitación, oficinas, etc). Su uso es recomendado para alturas menores a 3 metros

Tienen una vida corta aproximadamente entre 750 y 1000 horas

-LÁMPARAS FLUORESCENTES

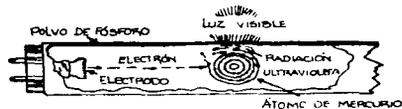
Consta de un tubo de vidrio con el interior cubierto con fósforo en polvo, que enciende (fluorece) cuando se excita con luz ultravioleta, los electrodos del filamento se montan en los extremos que están conectados a las clavijas de la basa.



BASES DE LÁMPARA FLUORESCENTES

Fig. 3.3

El tubo se llena con un gas inerte (como argón) y una gota de mercurio y se opera a una presión relativamente baja.



OPERACION DE LÁMPARA FLUORESCENTE

Fig. 3.4

En operación, los electrones son emitidos desde los electrodos calientes. Estos electrodos se aceleran por el voltaje a través del tubo, hasta que chocan con los átomos de mercurio, obligándolos a ionizarse y excitarse. Cuando el átomo de mercurio regresa a su estado normal, las líneas espectrales de mercurio se generan tanto en la región visible como en la ultravioleta, la baja presión aumenta la radiación ultravioleta.

La radiación ultravioleta excita la cubierta fosforosa hasta la iluminancia. La salida de luz resultante no solo es mucho mas alta que la obtenida de las líneas de mercurio solas, sino que también da como resultado un espectro continuo con colores que dependen del fósforo utilizado.

Al igual que en todos los dispositivos de descarga de gas, estas lámparas tienen características negativas de potencia aparente. A menos que la diferencia de voltaje aplicado y el voltaje de operación de la lámpara sea absorbida en alguna forma, resultaran corrientes dañinas.

Se usa un reactor en serie con la lámpara, que puede ser capacitivo o inductivo (varias vueltas de alambre en un núcleo de hierro).

El voltaje suministrado debe ser por lo menos dos veces el voltaje de operación de la lámpara. Cuando esto no sucede, el voltaje suministrado (hasta 227 V) se eleva por medio de un transformador. La reactancia necesaria con frecuencia es parte de la inductancia de escape del transformador.

Para los propósitos iniciales, pueden usarse voltajes mayores que el doble de los voltajes de operación. Para la corriente de línea mínima, se usa un capacitor corrector del factor de potencia y se ensambla con el autotransformador. Se coloca un capacitor a través de la lámpara, para reducir la interferencia de radiofrecuencia con los receptores de radio cercanos. Todos estos elementos se colocan dentro de una caja llena de un compuesto termofraguado. El conjunto se llama reactor.

El objeto del compuesto es reducir el ruido de las vibraciones laminares de la caja y mejorar la disipación térmica.

Para encender una lámpara fluorescente, se debe inducir una emisión electrónica de los electrones. Por lo general se emplean dos métodos:

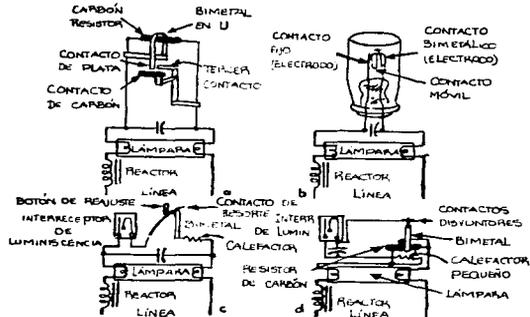
- 1) Los electrodos del filamento se calientan pasando corriente a través de ellos.
- 2) Se aplica a través de la lámpara un alto voltaje, suficiente para iniciar en ella una descarga eléctrica. Una vez que se inicia en ella una descarga eléctrica. El bombardeo de iones de mercurio mantiene el filamento a una elevada temperatura de emisión de electrones.

El primer grupo se subdivide en lámparas de precalentamiento y de encendido rápido.

El término o debilitamiento de la emisión de electrones es una causa importante del final de la vida de la lámpara.

Los circuitos precalentados:

Contienen arrancadores que son interruptores cerrados cuando se aplica primero la energía, lo cual permite que la corriente fluya y precaliente los electrodos. Después de un periodo predeterminado, el arrancador interruptor se abre, lanzando un potencial a través de la lámpara que inicia la descarga. Las lámparas que se usan en circuitos de precalentamiento tienen base de dos clavijas.



INTERRUPTORES DE ARRANQUE PARA CIRCUITOS DE CÁTODO PRECALENTADO

Fig. 3.5

Los circuitos de encendido instantáneo:

Tienen reactores que aplican voltaje suficiente a través de la lámpara, para inducir el flujo de corrientes sin los electrodos de precalentamiento.

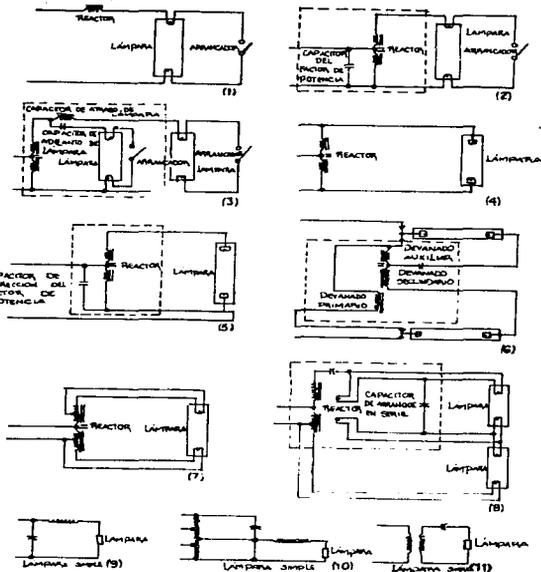
Las lámparas SLIM LINE son el tipo principal de encendido instantáneo. Tienen bases de una sola clavija, debido a que no se necesita precalentamiento. Trabajan con amperajes de operación de 200 a 425 mA.

Las lámparas de encendido instantáneo a veces tienen bases de dos clavijas similares a las usadas en las bases de precalentamiento. En estos casos, los alambres de línea desde las clavijas están conectados juntos dentro de la lámpara. Estas lámparas con la marca "ENCENDIDO INSTANTANEO" no son intercambiables con el equipo de arranque rápido.

Los reactores de circuito de arranque rápido:

Tienen devanados separados para los electrodos que son inmediata y continuamente calentados, cuando el circuito se energiza. Este calentamiento causa una ionización suficiente en la lámpara como para iniciar una descarga a partir del devanado del balastro principal.

Los reactores de arranque rápido para dos lámparas son del tipo de secuencia en serie, en los cuales las lámparas arrancan en secuencia y cuando están completamente encendidas, operan en serie. Las lámparas de arranque rápido se encuentran con amperes de operación desde 430 a 1500 mA. Tienen una vida útil de aproximadamente 12000 horas.



CIRCUITOS TÍPICOS PARA LAMPARAS FLUORESCENTES
Y DE DESCARGA DE ALTA INTENSIDAD.

Fig. 3.6

- (1) Circuito básico de precalentado.
- (2) Circuito de precalentado con auto-transformador para elevar el voltaje y capacitor para corregir el factor de potencia.
- (3) Arranque del precalentado.
- (4) Circuito básico de encendido instantáneo.
- (5) Circuito de encendido instantáneo mostrando el soporte de lámpara desconectada.
- (6) Típico circuito de encendido instantáneo en serie.
- (7) Circuito básico de encendido rápido.
- (8) Circuito de línea de 2 lámparas en serie.
- (9) Circuito regulador del reactor de mercurio.
- (10) Circuito de auto-transformador de mercurio.
- (11) Circuito de balastro estabilizador de mercurio.

LAMPARAS DE DESCARGA DE ALTA INTENSIDAD

Las lámparas de descarga de alta intensidad consta de tubos, en los cuales los arcos eléctricos se producen en gran variedad de materiales. Las cubiertas exteriores de vidrio proporcionan aislamiento térmico para mantener la temperatura del tubo de arco. La temperatura y cantidad de material se controlan en tal forma, que la descarga opera con una presión de vapor de varias atmósferas. Esto da como resultado un aumento de la radiación en la región visible. Se dividen en

LAMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO:

Tienen un pequeño tubo de cuarzo en el cual se encuentra vapor de mercurio a una presión elevada, mezclado con el argón que es un gas inerte el cual facilita su descarga. En sus extremos se encuentran los electrodos los cuales dos son principales y uno o dos auxiliares.

El tubo de cuarzo, o tubo de descarga se encuentra encerrado en un bulbo de vidrio el cual sirve para aislarlo del ambiente externo. El bulbo no solo absorbe las radiaciones ultravioletas que dan lugar a la formación de ozono en el aire, sino también sirve para obtener una mejor calidad de luz cuando el interior se encuentra revestido de polvo fluorescente. El tubo tiene una forma la cual permite una distribución uniforme de la temperatura sobre la superficie, esta forma es conocida como isotérmica.

Las lámparas de vapor de mercurio pueden ser con bulbo fluorescente, con reflector incorporado, con luz mezclado y alógeno.

Se utilizan para la iluminación de grandes áreas, estacionamientos, almacenes y edificios.

Se recomiendan para potencias de hasta 250 watts alturas de montaje de 5 a 8 mts y para potencias mayores de 8 a 20 mts de altura. Tienen una duración de vida media de 6 000 a 9 000 hrs. aproximadamente. Su encendido no es inmediato y toman de 4 a 5 min para obtener la máxima emisión luminosa.

Los principales tipos de lámparas de vapor de mercurio, son los siguientes

-Lámpara de vapor de mercurio con bulbo fluorescente.

Esta lámpara tiene en el interior del bulbo una capa de materia fluorescente la cual permite que se obtenga un espectro luminoso compuesto principalmente de radiaciones color amarillo con gran longitud de onda.

-Lámparas de vapor de mercurio con luz mixta.

Proporcionan una luz mixta mercurial-incandescente. Esto se puede obtener cuando a un tubo normal de descarga se le agrega un filamento metálico el cual se conecta en serie con lo cual se puede obtener una doble función de proporcionar radiaciones luminosas de color amarillo y de servir como resistencia estabilizadora de la descarga por lo tanto no requiere de elementos auxiliares de alimentación. Estas lámparas se usan para sustituir en ciertos casos a las lámparas incandescentes de elevada potencia, ya que emiten un flujo luminoso de mayor cantidad y a la vez una mayor eficiencia luminosa, así como un tiempo mayor de vida la cual es de 5 000 hrs. aproximadamente.

LÁMPARAS DE HALURO METÁLICO

Usan pequeñas cantidades de yoduros de sodio, talio escandio, disprosio en indio, además de la mezcla usual de argón y mercurio. El color se mejora y la salida aumenta substancialmente en las lámparas de alta intensidad que usan solo mercurio. tienen un interruptor bimetalico, el cual sirve para poner en corto circuito el resistor iniciador despues de que la lámpara se enciende

Alrededor del tubo de descarga de cuarzo, se usa una camisa de vacio

Tienen una vida útil de aproximadamente 8 000 hrs

LÁMPARAS DE VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESIÓN

Usan sodio metálico en tubos translucidos de óxido de aluminio, el cual se emplea para soportar el efecto corrosivo del vapor de sodio caliente

Las temperaturas de arco se mantienen por una camisa de vacio exterior La lámpara se arranca generando una pulsación de alto voltaje aproximadamente durante un microsegundo

Se aplican en áreas industriales en donde la tonalidad de colores no es muy importante Pueden operar sin problemas a temperaturas muy bajas

Tienen una vida promedio de 6 000 hrs

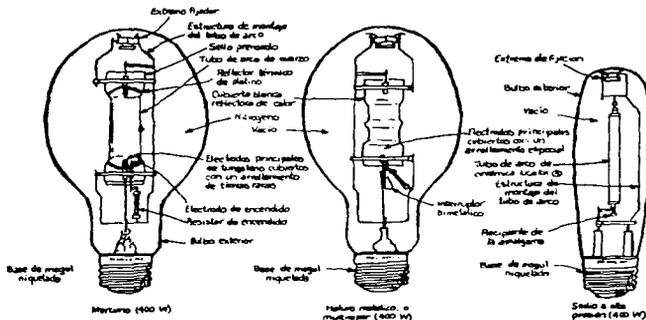


Fig. 3.7 Lámparas de descarga de alta intensidad

3.2 COSTOS DE OPERACIÓN.

Antes de analizar los costos de operación de las fuentes luminosas podríamos hacer una comparación para saber el costo de adquisición (inversión) entre las lámparas incandescentes y las lámparas fluorescentes

Una lámpara incandescente requiere de

- La lámpara
- El portalámpara

Un tubo fluorescente requiere de

- El tubo
- El porta tubo
- El reactor
- El condensador
- El arrancador.

Se puede ver que la inversión requerida por la lámpara fluorescente es mayor a la lámpara incandescente Pero si tomamos en cuenta que un tubo fluorescente tiene una duración de aproximadamente 12 000 hrs y la lámpara incandescente tiene una vida aproximada de 1000 hrs se puede ver que la inversión se compensa en cuanto a la vida útil de dichas lámparas, pudiendo llegar a ser esta igual

Si tomamos en cuenta el costo de operación de una lámpara incandescente de 75 watts, la cual tiene una eficiencia de 11 lumens/watt a la de un tubo fluorescente de 70 watts el cual tiene una eficiencia de 77 lumens/watt se puede ver que el costo de operación de un tubo fluorescente es de aproximadamente una séptima parte del de la lámpara incandescente

-Comparación entre lámparas de vapor de mercurio de bulbo fluorescente y lámparas de vapor de mercurio de luz mixta

Tabla 3.1
CARACTERÍSTICAS DE LAS LAMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO DE BULBO FLUORESCENTE

POTENCIA (WATTS)	FLUJO (LUMEN)	LUMINANCIA MÁXIMA CANDELAS/CM ²	DIÁMETRO MM	ALTURA MM	EFICIENCIA LUMEN/WATT
50	2000	4	55	130	32
80	3850	5	70	155	42
125	6500	7.5	75	180	46
250	14000	10.5	90	225	52
400	24000	11.5	120	290	56

Tabla 3.2
CARACTERÍSTICAS DE LAS LÁMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO DE LUZ MIXTA

POTENCIA (WATTS)	FLUJO LUMINOSO (LUMEN)	DIÁMETRO MM	ALTURA MM	EFICIENCIA LUMINOSA (LUMEN/WATT)
160	3100	87	187	19
250	5600	106	230	22
500	14000	130	275	28
1000	32500	160	315	32

Como se puede ver las lámparas de vapor de mercurio de luz mixta tienen un costo de operación mayor, aproximadamente del 50%, al de las lámparas de vapor de mercurio de bulbo fluorescente debido a la menor eficiencia (lumen/watt)

-Comparación entre lámparas de vapor de sodio de alta presión y lámparas de haluro metálico o multivapor.

Tabla 3.3
DATOS DE LAMPARAS DE DESCARGA DE LATA INTENSIDAD

	LAMPARA	NOMINAL		
WATT;	VOLTAJE	AMPERES	LÚMENES INICIALES APROX.++ (100 h)	VIDA hr

Tabla 3.4
LAMPARAS DE MERCURIO

100	130	0.85-0.9	2 500-4 000	10 000-24 000+
175	130	1.5	6 000-8 500	16 000-24 000+
250	135	2.1	11 270-13 000	16 000-24 000+
400	135	3.2	1 200-23 000	12 000-24 000+
700	265	5.0	28 000-43 500	16 000-24 000+
1 000	265	4.0	40 000-60 000	16 000-24 000+

Tabla 3.5
LAMPARAS DE HALURO METÁLICO

175	130	1.5	12 000	7 500
400	130	3.3	32 000-34 000	8 000-10 500
1 000	252	4.3	85 500-100 000	6 000-8 000

Tabla 3.6
LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESIÓN

250	100	3.0	25 500	10 000
400	100	4.7	47 000	15 000

Resumen de *U.S. Lighting Handbook*

* Las lámparas están siendo continuamente mejoradas. Para propósitos de diseño, consúltense los últimos datos del fabricante.

† Las balastas necesarias consumen aproximadamente un 10% adicional de energía.

** Según las balastías usadas. Las lámparas pueden tener salidas que cambian con la posición de encendido.

Se puede apreciar que una lámpara de vapor de sodio de alta presión tiene un costo menor de operación de una de haluro metálico ya que tiene una eficiencia mayor de aproximadamente el 65%.

HOJA DE CALCULO PARA COSTEO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

	Sistema de Alumbrado Número	1	2
Descripción de los sistemas de alumbrado	1. Tipo de lámpara (filamento, fluorescente de precalentamiento, mercurio, Slimline, etc.)	.....	.....
	2. Descripción de la lámpara	.....	.....
	3. Tipo de luminaria	.....	.....
	4. Número de lámparas por luminaria	.....	.....
Datos básicos	5. Emisión luminosa inicial por luminaria	.....	.....
	6. Vida de la lámpara	.....	.....
	7. Potencia por luminaria en vatios (incluyendo el equipo auxiliar)	.....	.....
	8. Coeficiente de utilización	.....	.....
	9. Factor de mantenimiento	.....	.....
	10. Número de luminaria	.....	.....
	11. Nivel luminoso medio mantenido (lux)	.....	.....
	12. Costo de la energía (pesos. por KWH)	.....	.....
	13. Horas estimadas de servicio por año	.....	.....
Costo inicial	14. Costo neto de cada luminaria	.....	.....
	15. Costo neto adicional de los accesorios por luminaria	.....	.....
	16. Costo estimado de los conductores y de instalación por cada luminaria Este costo incluye todos los materiales y equipos de conducción, así como la mano de obra requerida para instalarlos. Si es preciso instalar paneles, equipos de alimentación y transformadores, deben incluirse proporcionalmente en este costo	.....	.....
	17. Costo inicial neto por cada lámpara (precio de catálogo, menos descuento, más impuestos)	.....	.....
	18. Costo inicial neto de las lámparas por cada luminaria (4 x 17)	.....	.....
	19. Costo inicial total por luminaria (14 + 15 + 16 + 18)	.....	.....
	20. Costo inicial total (10 x 19)	.....	.....

Cargas anuales fijas	<p>21. Costo inicial por luminaria sin lámparas (14 + 15 + 16)</p> <p>22. Costo inicial total sin lámparas (10 x 21)</p> <p>23. Cargas anuales fijas (% de 22)</p> <p>La proporción que sobre el desembolso inicial supone la amortización por año depende de la naturaleza de los negocios. Si se consideran plantas industriales, en las que el estilo de luminarias raramente cambia, se debe tomar el 10% o menos. En los establecimientos comerciales, los motivos cambian frecuentemente y el factor de depreciación, se aproxima al 20%. A esto se deben añadir los intereses, impuestos, seguros, etc. Todo esto variara normalmente entre el 5 y 10 % de las cargas fijas totales. El comprador deberá ser consultado.</p>	.....	.....
Costo anual de operación	<p>24. Número anual de lámparas reemplazadas (4 x 10 x 13 . 6)</p> <p>25. Costo anual de la reposición de lámparas (17 x 24)</p> <p>26. Costo anual de partes reemplazadas (bases, etc)</p> <p>27. Costo total anual del material de reposición (25 + 26)</p> <p>28. Costo estimado de la mano de obra para reemplazar una lámpara</p> <p>29. Costo total de la mano de obra de reposición de lámparas (24 x 28)</p> <p>30. Costo estimado de la limpieza por luminaria</p> <p>31. Número de limpiezas por año</p> <p>32. Costo anual de la limpieza (10 x 30 x 31)</p> <p>33. Costo anual total del trabajo de entretenimiento (29 + 32)</p> <p>34. Costo anual total de entretenimiento (27 x 33)</p> <p>35. Costo anual de la energía (7 x 10 x 12 x 13 / 1000)</p> <p>36. Costo total anual de conservación (34 + 35)</p>	.....	.....
Costo total y relativo	<p>37. Costo anual total (23 + 36)</p> <p>38. Costo relativo anual</p> <p>39. Costo anual por lux (37 / 11)</p> <p>40. Costo anual relativo por lux</p>	.....	.....

3.3 ENERGÍA CONSUMIDA.

Tabla 3.7
CARACTERÍSTICAS DE LAS LAMPARAS INCANDESCENTES NORMALES

POTENCIA NOMINAL (WATTS)	FLUJO (LUMEN)	LUMINOSO	EFICIENCIA (LUMEN/WATT)	LUMINOSA
	127 V	220 V	127 V	220 V
25	220	220	8.8	8.8
40	430	350	10.8	8.8
60	750	630	12.5	10.5
100	1380	1250	13.8	12.5
150	2300	2090	15.4	14.0
200	3200	2920	16.0	14.6
300	4950	4610	16.5	15.3

Tabla 3.8
CARACTERÍSTICAS DE LAMPARAS FLUORESCENTES DE 38 MM DE DIÁMETRO

POTENCIA NOMINAL (WATTS)	POTENCIA NECESARIA PARA EL REACTOR (WATTS)	LONGITUD DEL TUBO MM	FLUJO LUMINOSO (LUMEN)	EFICIENCIA LUMINOSA (LUMEN/WATT)
15	23	438	600	36.0
20	29	590	1080	37.2
25	34	970	1500	44.1
30	40	895	2000	50.0
40	50	1200	2500	50.0
60	75	1500	4000	53.3

Tabla 3.9
CARACTERÍSTICAS DE LAS LAMPARAS FLUORESCENTES SLIM LINE

POTENCIA NOMINAL (WATTS)	DIMENSIONES DIÁMETRO MM	LARGO MM	TONALIDAD DE COLORES	FLUJO LUMINOSO (LUMEN)
37	26	1760	Muy Blanca	2900
			Diurna	2300
49	26	2370	Blanca	2900
			Muy Blanca	4300
39	38	1150	Diurna	3400
			Blanca	4300
57	38	1760	Muy Blanca	2900
			Diurna	5500
75	38	2360	Blanca	4400
			Muy Blanca	6300
			Diurna	5000
			Blanca	6300

Tabla 3.10
CARACTERÍSTICAS DE LAS LAMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO DE BULBO FLUORESCENTE

POTENCIA (WATTS)	FLUJO (LUMEN)	LUMINANCIA MÁXIMA CANDELAS/CM ²	DIÁMETRO MM	ALTURA MM	EFICIENCIA LUMEN/WATT
50	2000	4	55	130	32
80	3850	5	70	155	42
125	6500	7.5	75	180	46
250	14000	10.5	90	225	52
400	24000	11.5	120	290	56

Tabla 3.11
CARACTERÍSTICAS DE LAS LAMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO DE LUZ MIXTA

POTENCIA (WATTS)	FLUJO LUMINOSO (LUMEN)	DIÁMETRO MM	ALTURA MM	EFICIENCIA LUMINOSA (LUMEN/WATT)
160	3100	87	187	19
250	5600	106	230	22
500	14000	130	275	28
1000	32500	160	315	32

Tabla 3.12
CARACTERÍSTICAS DE LAS LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO A ALTA PRESIÓN

POTENCIA (WATTS)	FLUJO LUMINOSO (LUMEN)	LUMINANCIA MEDIA CANDELAS/CM ²	DIÁMETRO (MM)	LARGO (MM)	EFICIENCIA LUMEN/WAT T
---------------------	------------------------------	---	------------------	---------------	------------------------------

Tabla 3.13
LAMPARAS DE BULBO ELIPSOIDAL DIFUNDEnte

70	5800	8	70	155	66
150	14800	10	90	230	84
250	25000	19	90	230	90
400	47000	24	120	290	107
10000	12000	36	165	400	110

Tabla 3.14
LAMPARAS DE BULBO ELIPSOIDAL DIFUNDEnte CON SISTEMA DE
ENCENDIDO

210	19000	15	90	230	82
350	34000	22	120	290	91

Tabla 3.15
LAMPARAS CON BULBO TUBULAR CLARO

150	14500	300	48	230	87
250	25500	360	48	260	92
400	48000	550	48	285	109
1000	130000	650	66	400	119

Tabla 3.16
LAMPARAS CON BULBO TUBULAR DE CUARZO CON DOS PATAS

250	25500	400	23	205	92
400	48000	550	23	205	109

CAPÍTULO IV

MÉTODOS DE CÁLCULO PARA UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN.

La calidad y cantidad de iluminación deseada dentro de un local esta determinada en base a la selección del luminario adecuado y la determinación del numero de unidades requeridas. Para determinar la cantidad de iluminación requerida, se recomienda tomar los niveles de iluminación para locales interiores propuestos por la Sociedad Mexicana de Ingeniería e Iluminación A.C. (SMII) o la Illuminating Engineering Society (IES).

La selección del luminario y lámpara queda restringida si el área es clasificada como peligrosa. En estos lugares, la selección del luminario y temperatura de operación debe ser muy cuidadosa. Si el área es clasificada como no peligrosa, la selección del luminario o lámpara es menos restrictiva y debe estar basada en condiciones operacionales y de ambiente.

Es necesario conocer y establecer las formas de iluminación antes de poder calcular los niveles de iluminación. La clasificación primaria de luminarias se da por la forma en que iluminan éstas; así, se tienen :

- * DIRECTA.
- * SEMI-DIRECTA.
- * GENERAL DIFUSA o DIRECTA INDIRECTA.
- * SEMI-INDIRECTA.
- * INDIRECTA.

DIRECTA

Entre el 50 y el 100% de la luz se dirige hacia abajo, un sistema de alumbrado directo, es un eficaz productor de luz en la zona de trabajo. sin embargo, esta eficacia se consigue frecuentemente a expensas de factores de calidad, tales como sombras y deslumbramientos directos o reflejados. Las sombras, se pueden reducir cuando las luminarias son de gran área o estan muy cerca unas de otras.

SEMI-DIRECTA.

Del 60 al 90% de la luz se dirige hacia abajo, en ángulo por debajo de la horizontal. En esencia, el nivel de iluminación eficaz que este sistema proporciona en el plano de trabajo, es el resultado de la luz que viene directamente de la luminaria. La porción de luz dirigida hacia el techo produce una pequeña componente indirecta que hace más brillante a la zona del techo que rodea a la luminaria, con lo que se obtiene una disminución del contraste de brillo.

GENERAL DIFUSA o DIRECTA INDIRECTA.

Del 40 al 60% de la luz se dirige hacia abajo en ángulo por debajo de la horizontal. La mayor parte de la iluminación existente en el plano de trabajo es el resultado de la luz que procede directamente de la luminaria, pero hay una porción importante de luz dirigida al techo y a las paredes laterales.

La diferencia entre la iluminación general difusa y la directa-indirecta, estriba en la cantidad de luz producida en dirección horizontal. En el tipo general difusa, la luz se distribuye casi uniformemente en todas las direcciones y se utiliza en vestíbulos, comedores, escaleras, casa de máquinas y talleres de mantenimiento; mientras que la iluminación directa-indirecta produce muy poca luz en dirección horizontal.

SEMI-INDIRECTA.

Del 60 al 90% de la intensidad de luz de la luminaria se dirige hacia el techo, mientras el resto se dirige hacia abajo. El alumbrado semi-indirecto tiene la mayoría de las ventajas del indirecto, pero es un poco más eficiente. Este tipo de iluminación se utiliza en baños, comedores, etc.

INDIRECTA.

El 90% de la intensidad de la luz de la luminaria se dirige hacia el techo. Prácticamente toda la luz efectiva se refleja hacia abajo por el techo y en menor medida, por las paredes, por lo que la iluminación producida es bastante difusa. Aunque el alumbrado indirecto no es tan eficiente, en términos puramente cuantitativos, por su distribución uniforme, ausencia de sombras y de brillo reflejado, lo hacen el más adecuado en determinadas áreas, donde se requieran estas características. Los acabados del local juegan un papel importante, por lo que es necesario que tengan un color tan claro como sea posible y se mantengan en buenas condiciones de limpieza. El techo deberá tener un acabado mate, para que no se refleje la fuente de luz.

De acuerdo a las formas anteriormente descritas, para cada una se tiene un grado de aprovechamiento, éste se resume de la siguiente forma.

Tabla 4.1
GRADO DE APROVECHAMIENTO SEGÚN LAS FORMAS DE ILUMINACIÓN

FORMA	HACIA ABAJO	HACIA ARRIBA
Directa	90-100%	0-10%
Semi-directa	60-90%	10-40%
Indirecta	0-10%	90-100%
Semi-indirecta	10-40%	60-90%
General difusa	50%	50%

Para los Cálculos de los niveles de iluminación, se tienen tres métodos que son: de los Lúmenes, de la Cavidad Zonal y Punto por Punto. A continuación, se describe brevemente cada uno de estos métodos.

Para poder describir los métodos es necesario definir antes los siguientes conceptos.

Como se mencionó anteriormente iluminación es el efecto que causa la luz al incidir sobre una superficie; y para cuantificar esta iluminación se establece la siguiente relación.

Energía recibida en la superficie
Superficie

Esto es definido como nivel de iluminación (N.I.) o también como iluminación

Entonces, tenemos que el nivel de iluminación está expresado por la fórmula:

$$N.I. = \frac{\text{Energía luminosa incidente en una superficie}}{\text{Superficie}} = \frac{E.I.s}{S} = \frac{\text{Lumen}}{m^2} = \text{Lux}$$

Cabe mencionar que el método de los lúmenes esta basado en esta expresión que es la definición de lux.

Así tenemos que las unidades fundamentales en iluminación son:

Nivel de iluminación
 Flujo luminoso (cantidad de energía)
 Intensidad Luminosa

en LUXES (E)
 en LUMEN (Φ)
 en CANDELAS (Cd)

La interrelación de estas tres cantidades de iluminación se puede representar mediante la llamada "esfera unitaria".

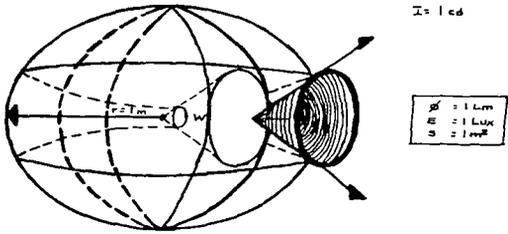


Fig. 4.1 Esfera unitaria

MÉTODO DEL LUMEN.

Para iluminar uniformemente un área específica, el método del lumen es usado para calcular el número de unidades requeridas. Este método toma en cuenta no solo la cantidad de luz directa de la unidad sino también la reflejada por el techo, pared y piso, para indicar la cantidad de luminarios requeridos. La limpieza y color de las superficies también proporcionan confort visual y sentido de belleza. El coeficiente de utilización aplicado en estos cálculos considera las pérdidas en emisión luminosa debido a la absorción en techo, paredes, piso y la absorbida por el luminario.

El Nivel de iluminación, por el método de los lúmenes está dado por la expresión siguiente:

$$N.I. = \frac{\text{Lúmenes Inc.} \times \text{No de Lámps.} \times \text{Coef. de Util.} \times \text{Fac. Mta.}}{\text{Área}}$$

Para poder desarrollar esta fórmula es necesario analizar cada una de las partes que componen esta ecuación.

A) Nivel de iluminación.

Estos niveles son los recomendados para poder realizar las distintas labores cotidianas se encuentran señaladas en el punto 5.1 de este trabajo.

B) Coeficiente de utilización

El Coeficiente de utilización se define como:

$$\frac{ELI_s}{ELE_i} = C.U. \text{ (Coeficiente de Utilización)}$$

Donde:

ELI_s = Energía luminosa incidente en una superficie

y

ELE_i = Energía Luminosa emitida por las lámparas.

Esto es:

La ELI proviene de un emisor (lámpara) que emite la energía Luminosa ELEI.

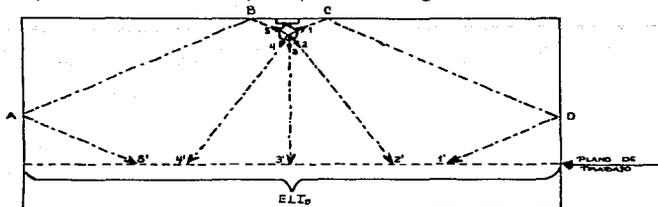


Fig. 4.2 Energía luminosa incidente en una superficie

La energía luminosa que incide en la superficie de trabajo es la suma de todos los rayos luminosos, tanto reflejados como directos que provienen de la fuente (Lámparas).

Energía luminosa incidente en una superficie $ELI_s = 1' + 2' + 3' + 4' + 5'$

La fuente luminosa emite sus rayos en todas direcciones (omnidireccional) en el caso general. Directa-indirecta.

Energía luminosa emitida por las lámparas $ELEI = 1 + 2 + 3 + 4 + 5$

Y, por supuesto, la suma de los rayos que salen de la fuente, no es la misma que la suma de los rayos que llegan al plano de trabajo.

$$1 + 2 + 3 + 4 + 5 \neq 1' + 2' + 3' + 4' + 5'$$

esto es porque existe una pérdida en las reflexiones A, B, C y D

El Coeficiente de Utilización depende de tres factores principalmente

1) De las dimensiones del local, puesto que aunque el área de la superficie a iluminar sea la misma, pero si las dimensiones varían, la energía luminosa incidente en la superficie será distinta para cada local en especial.

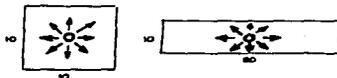


Fig. 4.3 Dimensiones del local

2) Del tipo de sistema de iluminación, esto es, dependiendo que si el sistema es de luz directa, indirecta, semi-directa, difusa o directa-indirecta, puesto que la energía luminosa incidente es distinta.

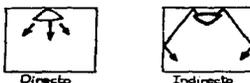


Fig. 4.4 Sistema de iluminación

3) Por el tipo de reflexión en las superficies, es decir, por la textura y el color, tanto de paredes, techo, piso o superficie a iluminar.

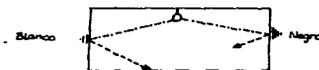


Fig. 4.5 Reflexión

Existen tablas en las que se conjugan estos 3 factores, llamadas tablas de Coeficiente de Utilización en las que encontramos:

- El tipo de iluminación, ya sea fluorescente o incandescente.
- La luminaria que nos da el tipo de sistema de iluminación (directa, indirecta, etc.)
- Su curva de distribución
- Las distancias máximas a las que se deben colocar las luminarias y su altura de montaje.
- Su factor de mantenimiento
- El índice de cuarto (esta dado por letras)
- La reflexión de las superficies en porcentaje tanto en el techo como en las paredes.

Como se señala en la tabla 4 al conjugar todos estos factores encontramos el Coeficiente de Utilización.

Para encontrar el coeficiente de utilización en estas tablas se realizan los pasos siguientes.

-Definir con el diseñador el tipo de luminarias que se deseen utilizar.

-Calcular el índice de local, viene dado por los rangos siguientes:

MENOS DE 0.7	J
ENTRE 0.7 Y 0.9	I
ENTRE 0.9 Y 1.12	H
ENTRE 1.12 Y 1.36	G
ENTRE 1.36 Y 1.75	F
ENTRE 1.75 Y 2.25	E
ENTRE 2.25 Y 2.75	D
ENTRE 2.75 Y 3.5	C
ENTRE 3.5 Y 4.5	B
MAS DE 4.5	A

Los rangos de la A a la J, se obtienen dependiendo del tipo de sistema de iluminación con las siguientes ecuaciones:

Directo y Semi-directo

$$(a) \text{ I. C.} = \frac{\text{Largo} \times \text{Ancho}}{\text{Altura} (\text{largo} + \text{Ancho})}; \quad \text{I. C.} \begin{array}{l} \text{alumbrado} \\ \text{indirecto} \end{array} = \frac{L \times A}{h (L+A)}$$

indirecto y semi-indirecto

$$(b) \text{ I. C.} = \frac{3 \times \text{Largo} \times \text{Ancho}}{2 \times \text{Altura} (\text{largo} + \text{Ancho})}; \quad \text{I. C.} \begin{array}{l} \text{alumbrado} \\ \text{indirecto} \end{array} = \frac{3 LA}{2 h (L+A)}$$

Donde:

L = Largo

A = Anchura

h = Altura del luminario al plano de trabajo

TABLE 4.3

Tipo	Unidad de alumbrado Distribución	Distribución	Distancia entre lámparas laterales	Factor de mantenimiento estático	Retención													
					Factor de mantenimiento		Retención											
					50%	70%	50%	70%	50%	70%	50%	70%	50%	70%				
Incandescente	Directa  Reflector de vidrio R.L.M.		7 m Altura de montaje	300-750 m Estimado 0.82 Manten. 0.75 Máx. 0.53	P 100	1	50%	70%	50%	70%	50%	70%	50%	70%	50%	70%		
							0.38	0.51	0.20	0.24	0.15	0.18	0.08	0.10	0.04	0.05	0.02	0.03
							0.34	0.46	0.18	0.22	0.14	0.17	0.07	0.09	0.03	0.04	0.02	0.03
	Directa  Incandescente de vidrio R.L.M.		1.2 m Altura de montaje	Estimado 0.82 Manten. 0.75 Máx. 0.53	P 100	1	50%	70%	50%	70%	50%	70%	50%	70%	50%	70%		
							0.43	0.56	0.21	0.25	0.16	0.19	0.09	0.11	0.05	0.06	0.03	0.04
							0.39	0.51	0.19	0.23	0.15	0.18	0.08	0.10	0.04	0.05	0.02	0.03
	Directa  Incandescente de vidrio R.L.M.		0.5 m Altura de montaje	300-750 m Estimado 0.82 Manten. 0.77 Máx. 0.73	P 100	1	50%	70%	50%	70%	50%	70%	50%	70%	50%	70%		
							0.51	0.64	0.22	0.26	0.17	0.20	0.10	0.12	0.06	0.07	0.04	0.05
							0.47	0.60	0.20	0.24	0.16	0.19	0.09	0.11	0.05	0.06	0.03	0.04
	Directa  Incandescente de vidrio R.L.M.		0.5 m Altura de montaje	1000-1500 m Estimado 0.77 Manten. 0.72 Máx. 0.68	P 100	1	50%	70%	50%	70%	50%	70%	50%	70%	50%	70%		
							0.57	0.70	0.23	0.27	0.18	0.21	0.11	0.13	0.07	0.08	0.05	0.06
							0.53	0.66	0.21	0.25	0.17	0.20	0.10	0.12	0.06	0.07	0.04	0.05
Directa  Lámpara reflectora R. 57 Máx. anchura 300 y 750 m		1.8 m Altura de montaje	Estimado 0.82 Manten. 0.78 Máx. 0.75	P 100	1	50%	70%	50%	70%	50%	70%	50%	70%	50%	70%			
						0.50	0.63	0.22	0.26	0.18	0.21	0.11	0.13	0.07	0.08	0.05	0.06	
						0.47	0.60	0.20	0.24	0.17	0.20	0.10	0.12	0.06	0.07	0.04	0.05	
Directa  Lámpara reflectora R. 57 Máx. anchura 300 y 750 m		0.7 m Altura de montaje	Estimado 0.82 Manten. 0.78 Máx. 0.75	P 100	1	50%	70%	50%	70%	50%	70%	50%	70%	50%	70%			
						0.54	0.67	0.23	0.27	0.19	0.22	0.12	0.14	0.08	0.09	0.06	0.07	
						0.50	0.63	0.21	0.25	0.18	0.21	0.11	0.13	0.07	0.08	0.05	0.06	
Vapor de mercurio	Directa  Vapor lámpara de alumbrado Máx. anchura 400 m H35-1-CD		1.5 m Altura de montaje	Estimado 0.75 Manten. 0.70 Máx. 0.67	P 100	1	50%	70%	50%	70%	50%	70%	50%	70%	50%	70%		
							0.36	0.49	0.17	0.21	0.14	0.17	0.08	0.10	0.04	0.05	0.02	0.03
							0.32	0.45	0.16	0.20	0.13	0.16	0.07	0.09	0.03	0.04	0.02	0.03
	Directa  Vapor lámpara de alumbrado Máx. anchura 400 m H35-1-CD		0.7 m Altura de montaje	Estimado 0.75 Manten. 0.70 Máx. 0.67	P 100	1	50%	70%	50%	70%	50%	70%	50%	70%	50%	70%		
							0.41	0.54	0.18	0.22	0.15	0.18	0.09	0.11	0.05	0.06	0.03	0.04
							0.37	0.50	0.17	0.21	0.14	0.17	0.08	0.10	0.04	0.05	0.02	0.03
	Directa  Vapor lámpara de alumbrado Máx. anchura 400 m H35-1-CD		0.5 m Altura de montaje	Estimado 0.72 Manten. 0.68 Máx. 0.64	P 100	1	50%	70%	50%	70%	50%	70%	50%	70%	50%	70%		
							0.48	0.61	0.19	0.23	0.16	0.19	0.10	0.12	0.06	0.07	0.04	0.05
							0.44	0.57	0.18	0.22	0.15	0.18	0.09	0.11	0.05	0.06	0.03	0.04
	Directa  Vapor lámpara de alumbrado Máx. anchura 400 m H35-1-CD		1.5 m Altura de montaje	Estimado 0.68 Manten. 0.63 Máx. 0.58	P 100	1	50%	70%	50%	70%	50%	70%	50%	70%	50%	70%		
							0.51	0.64	0.20	0.24	0.17	0.20	0.11	0.13	0.07	0.08	0.05	0.06
							0.47	0.60	0.19	0.23	0.16	0.19	0.10	0.12	0.06	0.07	0.04	0.05

TABLA 4.3 (CONTINUACION)

Tipo	Unidad de distribución	Distribución	Distancia máxima entre luminarias	Factor de mantención, μ	Retiro de luz												
					Tamaño		Coeficiente de utilización						C _u				
					Watt/m ²	10%	50%	20%	10%	50%	20%	10%	50%	20%			
Vapor de mercurio	Directa		D. 9 a Altura de montaje	Banco D. 68 Módulo D. 72 Módulo D. 68	I	0.40	0.47	0.54	0.60	0.67	0.73	0.78	0.83	0.87	0.91	0.95	
					M	0.31	0.36	0.43	0.47	0.53	0.57	0.62	0.66	0.70	0.74	0.78	0.82
					D	0.26	0.33	0.41	0.45	0.50	0.54	0.58	0.62	0.66	0.70	0.74	0.78
	Directa		D. 9 a Altura de montaje	Banco D. 75 Módulo D. 72 Módulo D. 68	I	0.41	0.47	0.54	0.60	0.67	0.73	0.78	0.83	0.87	0.91	0.95	
					M	0.32	0.37	0.44	0.48	0.54	0.58	0.63	0.67	0.71	0.75	0.79	
					D	0.26	0.33	0.41	0.45	0.50	0.54	0.58	0.62	0.66	0.70	0.74	
	Directa		D. 9 a Altura de montaje	Banco D. 72 Módulo D. 68 Módulo D. 68	I	0.41	0.47	0.54	0.60	0.67	0.73	0.78	0.83	0.87	0.91	0.95	
					M	0.32	0.37	0.44	0.48	0.54	0.58	0.63	0.67	0.71	0.75	0.79	
					D	0.26	0.33	0.41	0.45	0.50	0.54	0.58	0.62	0.66	0.70	0.74	
	Directa		D. 9 a Altura de montaje	Banco D. 72 Módulo D. 68 Módulo D. 68	I	0.41	0.47	0.54	0.60	0.67	0.73	0.78	0.83	0.87	0.91	0.95	
					M	0.32	0.37	0.44	0.48	0.54	0.58	0.63	0.67	0.71	0.75	0.79	
					D	0.26	0.33	0.41	0.45	0.50	0.54	0.58	0.62	0.66	0.70	0.74	
Directa		D. 9 a Altura de montaje	Banco D. 72 Módulo D. 68 Módulo D. 68	I	0.41	0.47	0.54	0.60	0.67	0.73	0.78	0.83	0.87	0.91	0.95		
				M	0.32	0.37	0.44	0.48	0.54	0.58	0.63	0.67	0.71	0.75	0.79		
				D	0.26	0.33	0.41	0.45	0.50	0.54	0.58	0.62	0.66	0.70	0.74		
Directa		D. 9 a Altura de montaje	Banco D. 75 Módulo D. 72 Módulo D. 68	I	0.41	0.47	0.54	0.60	0.67	0.73	0.78	0.83	0.87	0.91	0.95		
				M	0.32	0.37	0.44	0.48	0.54	0.58	0.63	0.67	0.71	0.75	0.79		
				D	0.26	0.33	0.41	0.45	0.50	0.54	0.58	0.62	0.66	0.70	0.74		
Directa		D. 9 a Altura de montaje	Banco D. 75 Módulo D. 72 Módulo D. 68	I	0.41	0.47	0.54	0.60	0.67	0.73	0.78	0.83	0.87	0.91	0.95		
				M	0.32	0.37	0.44	0.48	0.54	0.58	0.63	0.67	0.71	0.75	0.79		
				D	0.26	0.33	0.41	0.45	0.50	0.54	0.58	0.62	0.66	0.70	0.74		
Directa		D. 9 a Altura de montaje	Banco D. 80 Módulo D. 75 Módulo D. 70	I	0.41	0.47	0.54	0.60	0.67	0.73	0.78	0.83	0.87	0.91	0.95		
				M	0.32	0.37	0.44	0.48	0.54	0.58	0.63	0.67	0.71	0.75	0.79		
				D	0.26	0.33	0.41	0.45	0.50	0.54	0.58	0.62	0.66	0.70	0.74		
Directa		D. 9 a Altura de montaje	Banco D. 83 Módulo D. 75 Módulo D. 70	I	0.41	0.47	0.54	0.60	0.67	0.73	0.78	0.83	0.87	0.91	0.95		
				M	0.32	0.37	0.44	0.48	0.54	0.58	0.63	0.67	0.71	0.75	0.79		
				D	0.26	0.33	0.41	0.45	0.50	0.54	0.58	0.62	0.66	0.70	0.74		

TABLA 4.3 (CONTINUACION)

Tipo	Ubicación del elemento	Definición	Distancia entre elementos horizontales	Factor de modificación	Reducciones												
					Tamaño del elemento	Porcentaje											
						50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%			
Estructuras		2.00 m x 2.00 m Altura de 1.4 m Módulo 0.5	1.4 m Altura de resistencia	Estructura de Módulo 0.5	J	0.27	0.21	0.17	0.27	0.21	0.17	0.22	0.17	0.13			
					H	0.28	0.20	0.16	0.27	0.20	0.16	0.22	0.17	0.13			
					D	0.33	0.26	0.20	0.41	0.28	0.21	0.33	0.24	0.18	0.13		
					E	0.40	0.31	0.24	0.50	0.35	0.26	0.41	0.30	0.22	0.16		
					F	0.49	0.37	0.29	0.53	0.37	0.28	0.43	0.31	0.23	0.17		
					G	0.58	0.44	0.34	0.60	0.43	0.32	0.48	0.35	0.26	0.19		
					H	0.67	0.51	0.39	0.66	0.46	0.35	0.51	0.37	0.28	0.20		
					I	0.76	0.58	0.44	0.70	0.50	0.38	0.54	0.39	0.29	0.21		
					J	0.85	0.64	0.48	0.74	0.53	0.40	0.57	0.41	0.30	0.22		
					K	0.93	0.70	0.52	0.78	0.56	0.42	0.60	0.43	0.32	0.23		
					L	1.01	0.76	0.56	0.81	0.58	0.44	0.63	0.45	0.33	0.24		
					Dunas		1.2 m x 1.2 m Altura de resistencia	Estructura de Módulo 0.50	J	0.26	0.20	0.16	0.27	0.20	0.16	0.22	0.17	0.13
H	0.28	0.20	0.16	0.27					0.20	0.16	0.22	0.17	0.13				
D	0.33	0.26	0.20	0.41					0.28	0.21	0.33	0.24	0.18	0.13			
E	0.40	0.31	0.24	0.50					0.35	0.26	0.41	0.30	0.22	0.16			
F	0.49	0.37	0.29	0.53					0.37	0.28	0.43	0.31	0.23	0.17			
G	0.58	0.44	0.34	0.60					0.43	0.32	0.48	0.35	0.26	0.19			
H	0.67	0.51	0.39	0.66					0.46	0.35	0.51	0.37	0.28	0.20			
I	0.76	0.58	0.44	0.70					0.50	0.38	0.54	0.39	0.29	0.21			
J	0.85	0.64	0.48	0.74					0.53	0.40	0.57	0.41	0.30	0.22			
K	0.93	0.70	0.52	0.78					0.56	0.42	0.60	0.43	0.32	0.23			
L	1.01	0.76	0.56	0.81					0.58	0.44	0.63	0.45	0.33	0.24			
Dunas		1.0 m x 1.0 m Altura de resistencia	Estructura de Módulo 0.50	J					0.24	0.21	0.18	0.24	0.21	0.18	0.23	0.18	0.14
				H	0.26	0.21	0.18	0.24	0.21	0.18	0.23	0.18	0.14				
				D	0.34	0.31	0.28	0.34	0.31	0.28	0.36	0.32	0.28	0.24			
				E	0.41	0.38	0.35	0.38	0.36	0.32	0.41	0.38	0.34	0.30			
				F	0.44	0.41	0.38	0.40	0.37	0.35	0.43	0.37	0.35	0.32			
				G	0.47	0.44	0.41	0.43	0.40	0.38	0.45	0.41	0.38	0.35			
				H	0.48	0.46	0.44	0.48	0.45	0.41	0.48	0.45	0.42	0.39			
				I	0.50	0.48	0.46	0.50	0.48	0.46	0.51	0.48	0.46	0.43			
				J	0.51	0.50	0.48	0.51	0.49	0.48	0.52	0.50	0.48	0.46			
				Dunas		1.2 m x 1.2 m Altura de resistencia	Estructura de Módulo 0.50	J	0.24	0.20	0.16	0.27	0.20	0.16	0.22	0.17	0.13
								H	0.26	0.20	0.16	0.27	0.20	0.16	0.22	0.17	0.13
								D	0.33	0.26	0.20	0.41	0.28	0.21	0.33	0.24	0.18	0.13
E	0.40	0.31	0.24					0.50	0.35	0.26	0.41	0.30	0.22	0.16			
F	0.49	0.37	0.29					0.53	0.37	0.28	0.43	0.31	0.23	0.17			
G	0.58	0.44	0.34					0.60	0.43	0.32	0.48	0.35	0.26	0.19			
H	0.67	0.51	0.39					0.66	0.46	0.35	0.51	0.37	0.28	0.20			
I	0.76	0.58	0.44					0.70	0.50	0.38	0.54	0.39	0.29	0.21			
J	0.85	0.64	0.48					0.74	0.53	0.40	0.57	0.41	0.30	0.22			
K	0.93	0.70	0.52					0.78	0.56	0.42	0.60	0.43	0.32	0.23			
L	1.01	0.76	0.56					0.81	0.58	0.44	0.63	0.45	0.33	0.24			
Dunas		1.2 m x 1.2 m Altura de resistencia	Estructura de Módulo 0.50					J	0.21	0.13	0.07	0.27	0.20	0.13	0.23	0.17	0.11
				H	0.24	0.15	0.09	0.28	0.21	0.14	0.24	0.18	0.12				
				D	0.34	0.26	0.18	0.43	0.35	0.25	0.41	0.32	0.23	0.16			
				E	0.42	0.33	0.24	0.50	0.40	0.29	0.45	0.35	0.26	0.19			
				F	0.53	0.40	0.31	0.57	0.45	0.34	0.48	0.37	0.28	0.21			
				G	0.65	0.51	0.40	0.64	0.50	0.39	0.54	0.42	0.32	0.24			
				H	0.77	0.60	0.47	0.71	0.55	0.43	0.58	0.45	0.34	0.26			
				I	0.88	0.68	0.53	0.76	0.58	0.45	0.62	0.48	0.36	0.28			
				J	0.98	0.74	0.58	0.80	0.61	0.48	0.65	0.50	0.38	0.30			
				Dunas		1.0 m x 1.0 m Altura de resistencia	Estructura de Módulo 0.50	J	0.23	0.20	0.18	0.23	0.20	0.18	0.23	0.20	0.18
								H	0.25	0.22	0.20	0.25	0.22	0.20	0.25	0.22	0.20
								D	0.33	0.30	0.28	0.38	0.35	0.32	0.41	0.38	0.35	0.32
E	0.41	0.38	0.35					0.44	0.41	0.38	0.45	0.42	0.39	0.36			
F	0.45	0.42	0.41					0.46	0.43	0.41	0.48	0.45	0.43	0.41			
G	0.48	0.45	0.44					0.49	0.46	0.44	0.50	0.47	0.45	0.43			
H	0.50	0.47	0.45					0.50	0.48	0.46	0.51	0.49	0.47	0.45			
I	0.51	0.48	0.46					0.51	0.49	0.47	0.52	0.50	0.48	0.46			
J	0.52	0.49	0.47					0.52	0.50	0.48	0.53	0.51	0.49	0.47			
Dunas		1.0 m x 1.0 m Altura de resistencia	Estructura de Módulo 0.50					J	0.23	0.20	0.18	0.23	0.20	0.18	0.23	0.20	0.18
								H	0.25	0.22	0.20	0.25	0.22	0.20	0.25	0.22	0.20
								D	0.33	0.30	0.28	0.38	0.35	0.32	0.41	0.38	0.35	0.32
				E	0.41	0.38	0.35	0.44	0.41	0.38	0.45	0.42	0.39	0.36			
				F	0.45	0.42	0.41	0.46	0.43	0.41	0.48	0.45	0.43	0.41			
				G	0.48	0.45	0.44	0.49	0.46	0.44	0.50	0.47	0.45	0.43			
				H	0.50	0.47	0.45	0.50	0.48	0.46	0.51	0.49	0.47	0.45			
				I	0.51	0.48	0.46	0.51	0.49	0.47	0.52	0.50	0.48	0.46			
				J	0.52	0.49	0.47	0.52	0.50	0.48	0.53	0.51	0.49	0.47			
				Dunas		1.0 m x 1.0 m Altura de resistencia	Estructura de Módulo 0.50	J	0.23	0.20	0.18	0.23	0.20	0.18	0.23	0.20	0.18
								H	0.25	0.22	0.20	0.25	0.22	0.20	0.25	0.22	0.20
								D	0.33	0.30	0.28	0.38	0.35	0.32	0.41	0.38	0.35	0.32
E	0.41	0.38	0.35					0.44	0.41	0.38	0.45	0.42	0.39	0.36			
F	0.45	0.42	0.41					0.46	0.43	0.41	0.48	0.45	0.43	0.41			
G	0.48	0.45	0.44					0.49	0.46	0.44	0.50	0.47	0.45	0.43			
H	0.50	0.47	0.45					0.50	0.48	0.46	0.51	0.49	0.47	0.45			
I	0.51	0.48	0.46					0.51	0.49	0.47	0.52	0.50	0.48	0.46			
J	0.52	0.49	0.47					0.52	0.50	0.48	0.53	0.51	0.49	0.47			
Dunas		1.0 m x 1.0 m Altura de resistencia	Estructura de Módulo 0.50					J	0.19	0.16	0.14	0.19	0.16	0.14	0.21	0.18	0.15
								H	0.21	0.18	0.16	0.21	0.18	0.16	0.21	0.18	0.15
								D	0.28	0.24	0.21	0.28	0.24	0.21	0.31	0.27	0.24	0.21
				E	0.35	0.31	0.27	0.35	0.31	0.27	0.38	0.34	0.30	0.27			
				F	0.42	0.37	0.33	0.42	0.37	0.33	0.43	0.38	0.34	0.30			
				G	0.49	0.43	0.39	0.49	0.43	0.39	0.50	0.44	0.40	0.36			
				H	0.55	0.48	0.44	0.55	0.48	0.44	0.54	0.47	0.43	0.39			
				I	0.61	0.53	0.49	0.61	0.53	0.49	0.61	0.53	0.49	0.45			
				J	0.67	0.58	0.54	0.67	0.58	0.54	0.67	0.58	0.54	0.50			
				Dunas		1.0 m x 1.0 m Altura de resistencia	Estructura de Módulo 0.50	J	0.19	0.16	0.14	0.19	0.16	0.14	0.21	0.18	0.15
								H	0.21	0.18	0.16	0.21	0.18	0.16	0.21	0.18	0.15
								D	0.28	0.24	0.21	0.28	0.24	0.21	0.31	0.27	0.24	0.21
E	0.35	0.31	0.27					0.35	0.31	0.27	0.38	0.34	0.30	0.27			
F	0.42	0.37	0.33					0.42	0.37	0.33	0.43	0.38	0.34	0.30			
G	0.49	0.43	0.39					0.49	0.43	0.39	0.50	0.44	0.40	0.36			
H	0.55	0.48	0.44					0.55	0.48	0.44	0.54	0.47	0.43	0.39			
I	0.61	0.53	0.49					0.61	0.53	0.49	0.61	0.53	0.49	0.45			
J	0.67	0.58	0.54					0.67	0.58	0.54	0.67	0.58	0.54	0.50			

Por ejemplo, si tenemos un local con las siguientes dimensiones.

Ancho = 14 m = A
 Largo = 42.5 m = L
 Altura = 5 m = h

El plano de trabajo esta a 0.80 m sobre el nivel de piso, y como el tipo de sistema de iluminacion es directo, se aplicara la ecuación (a).

$$I. C. = \frac{L \times A}{h (L+A)}$$

Nota: La altura se obtiene restando a la altura real del cuadro la altura del plano, de trabajo, en este caso: $h = 5 \text{ m} - 0.8 \text{ m} = 4.2 \text{ m}$.

Sustituyendo valores

$$I. C. = \frac{(42.5)(14)}{4.2(42.5 + 14)}$$

$$I. C. = 2.5$$

Este indice queda en el rango de entre 2.225 y 2.75 que tiene la letra "D" con la que iremos a la tabla de C. U.

-La Reflexión de las Superficies

Mediante un análisis de los colores de paredes, techo y piso, se determinan los valores de reflectancias de paredes, techo y piso, respectivamente; se anexa tabla de colores con sus reflectancias.

TABLA 4.4
VALORES DE REFLECTANCIAS EN SUPERFICIES POR SUS COLORES

Acabados mate	Índice de reflexión (en por cientos)	Acabados mate	Índice de reflexión (en por ciento)
Blanco	85.0	Pardo habana claro	37.0
Blanco nieve	76.0	Pardo ladrillo	31.0
Blanco marfil	67.0	Pardo siena	15.0
Crema Pálido	70.2	Beige	65.0
Amarillo crema	69.0	Naranja	25.4
Amarillo canario	67.0	Azul celeste	37.0
Amarillo paja	65.0	Azul turquesa	2101
Amarillo oro	53.8	Azul faisán	7.7
Amarillo oro viejo	37.0	Azul cobalto	4.5
Amarillo limón	52.3	Azul ultramar	4.0
Gamuza medio	38.5	Azul hortensia	49.0
Crema fuerte	61.9	Azul pastel	12.0
Verde claro	54.0	Azul violáceo	11.0
Verde prado	39.0	Gris plata	36.3
Verde musgo	25.0	Gris acero claro	31.4
Verde verones	23.0	Gris quaker (marengo)	28.3
Verde hoja	20.0	Gris acero obscuro	12.1
Verde brillante	12.0	Gris trianón	48.0
Verde bronswick claro	8.4	Gris perla	42.0
Verde bronswick medio	3.9	Gris tortola	30.0
Rojo naranja	39.0	Gris pizarra	19.0
Rojo escarlata	29.0	Marrón medio	7.8
Rojo vivo	27.0	Marrón obscuro	3.9
Rojo granate	12.0	Tierra cocida	11.8
Rosa bengala	60.0	Chocolate	1.6
Rosa óxido de hierro	5.3	Negro ébano	4.0
Rosa salmón	35.7	Negro caverna	0.0
Rosa carne	57.0		

-Por último, con los datos anteriores, en las tablas de Coeficientes de Utilización, localizaremos el valor del Coeficiente de utilización (C.U.)

C) Factor de Mantenimiento.

Se puede comprobar que el Nivel de Iluminación (N. I.), es decir, la cantidad de Energía

Luminosa que incide en una superficie repartida en el área de trabajo $N.I. = \frac{E \cdot I_a}{S}$

disminuye conforme pasa el tiempo, esto es debido a las siguientes causas:

- El flujo luminoso Φ_v emitido por cada lámpara disminuye en el tiempo (depreciación)
- La reflexión en paredes y techo disminuye por suciedad y envejecimiento
- Los difusores de las lámparas envejecen y pasan menos luz
- Los reflectores de las lámparas envejecen y reflejan menos luz.

Y, aunque periódicamente se mantengan tanto las superficies como las luminarias limpias, siempre habrá una disminución del Nivel de iluminación.

Esto es:



CURVA VALOR PROMEDIO DEL NIVEL DE ILUMINACIÓN

Fig. 4.6

En la gráfica podemos observar que a lo largo de la vida de una lámpara existe un valor promedio del nivel de iluminación, con el cual debemos realizar el diseño, por lo que siempre debe incluirse en los cálculos del nivel de iluminación un Factor de Mantenimiento (FM), con esto se asegurará que el Nivel de Iluminación no será menor del originalmente calculado.

**TABLA 4.5
CARACTERISTICAS DE LAMPARAS**

FLUORESCENTES

Watts	Tipo	Encendido	Bulbo	Acabado	Longitud Total (cm)	Vida Horas	Lúmenes Iniciales eL	Depreciación
SERVICIO GENERAL								
15	Standard	Standard	T-8	B. Frio	45.7	7500	830	16%
15	"	"	"	L. Día	"	"	710	"
15	"	"	T-12	B. Frio	"	"	725	14%
15	"	"	"	L. Día	"	"	620	"
20	"	"	"	B. Frio	61.0	"	1170	13%
20	"	"	"	L. Día	"	"	995	"
40	E. Rápido	Rápido	"	B. Frio	122.0	9000	3100	10%
40	"	"	"	L. Día	"	"	2600	"
38	Slimline	Instantáneo	"	B. Frio	"	"	2900	11%
38	"	"	"	L. Día	"	"	2400	"
55	"	"	"	B. Frio	183.0	"	4290	9%
55	"	"	"	L. Día	"	"	3600	"
74	"	"	"	B. Frio	244.0	"	6050	"
74	"	"	"	L. Día	"	"	5080	"
87	H.O.	Rápido	"	B. Frio	183.0	"	6200	11%
87	"	"	"	L. Día	"	"	5170	"
110	"	"	"	B. Frio	244.0	"	8980	12%
110	"	"	"	L. Día	"	"	7520	"
110	V.H.O.	"	"	B. Frio	122.0	6000	6900	20%
110	"	"	"	L. Día	"	"	5900	"
160	"	"	"	B. Frio	183.0	"	11100	"
160	"	"	"	L. Día	"	"	9700	"
215	"	"	"	B. Frio	244.0	"	15500	"
215	"	"	"	L. Día	"	"	13300	"
110	P.Grove	"	PG-17	B. Frio	122.0	"	6900	"
110	"	"	"	L. Día	"	"	6150	"
160	"	"	"	B. Frio	183.0	"	10900	"
160	"	"	"	L. Día	"	"	9700	"
215	"	"	"	B. Frio	244.0	"	15500	"
215	"	"	"	L. Día	"	"	13300	"

TABLA 4.5 (CONTINUACION)

INCANDESCENTES								
Watts	Volts	Base	Bulbo	Acabado	Longitud Total (cm)	Vida Horas	Lúmenes Iniciales \pm L	Depreciación
SERVICIO GENERAL								
15	125	Media	A-15	Perla	8.6	1000	144	13%
25	"	"	A-19	"	9.8	"	265	15%
40	"	"	"	Cl. o per.	10.5	"	470	9%
60	"	"	"	"	"	"	855	6%
75	"	"	"	"	"	"	1180	"
100	"	"	"	"	10.7	"	1720	"
150	"	"	A-23	"	14.8	"	2730	9%
200	"	"	PS-25	"	17.0	"	3750	"
300	"	"	PS-30	"	20.0	"	6000	12%
300	"	Mogul	PS-35	"	23.0	"	5700	"
500	"	"	PS-40	Claro	24.1	"	9900	"
750	"	"	PS-52	"	32.4	"	15600	15%
1	"	"	"	"	"	"	21600	"
1	"	"	"	"	"	"	33000	21%
500	"	"	"	"	"	"	"	"
REFLECTORES USO INTERIOR								
30	125	Media	R-20	Difuso	10.2	2000	200	15%
50	"	"	"	"	"	"	430	"
75	"	"	R-30	Dif. o Con.	12.7	"	840	"
150	"	"	R-40	"	15.9	"	1725	"
300	"	"	"	"	"	"	3600	"
500	"	Med.	"	"	16.5	"	6500	"
500	"	Fald.	"	"	"	"	"	"
500	"	Mog.	"	"	17.8	"	"	"
500	"	Mec.	"	"	"	"	"	"
500	"	Mogul	R-52	Difuso	29.0	"	8300	"
750	"	"	"	"	"	"	12700	"
REFLECTORES USO EXTERIOR								
75	125	Media	PAR-38	Dif. o Con.	15.6	2000	730	15%
150	"	"	"	"	"	"	1730	"
300	"	Med.	PAR-56	"	12.7	"	3650	"
500	"	Prol.	PAR-64	"	15.3	"	6000	"

TABLA 4.5 (CONTINUACION)

TODO CUARZO (HALOGENAS)

Watts	Volts	Base	Bulbo	Acabado	Longitud Total (cm)	Vida Horas	Lúmenes Inicales aL	Depreciación
SERVICIO GENERAL								
500	120	R7S-15	T3Q/C1-RSC	Claro	11.6	2000	10500	12%
1000	220	"	"	"	18.6	"	22000	"
1500	"	"	"	"	25.4	"	33000	"
2000	"	F-4	"	"	33.0	"	44000	"

VAPOR DE MERCURIO

Watts	Base	Bulbo	Acabado	Longitud Total (cm)	Vida Horas	Lúmenes Inicales aL	Depreciación
SERVICIO GENERAL							
175	Mogul	BT-28	Blanco de lujo	21.2	24000	8500	15%
250	"	"	Blanco de lujo	22.6	"	13000	"
250	"	"	Color corregido	"	"	11850	"
400	"	BT-37	Blanco de lujo	29.3	"	24000	17%
400	"	"	Color corregido	"	"	24000	"
700	"	BT-46	Blanco de lujo	37.0	"	44500	22%
700	"	"	Color corregido	"	"	41000	"
1000	"	BT-56	Blanco de lujo	39.0	"	63000	"
1000	"	"	Color corregido	"	"	55000	"

VAPORES METALICOS

Watts	Base	Bulbo	Acabado	Longitud Total (cm)	Vida Horas	Lúmenes Inicales aL	Depreciación
SERVICIO GENERAL							
175	Mogul	BT-28	Claro	21.1	7500	14000	Vertical
400	"	E-37	"	29.3	15000	34000	"
1000	"	BT-56	"	39.0	10000	100000	"
175	"	BT-28	"	29.1	7500	14000	Horizontal
400	"	E-37	"	29.3	"	34000	"
1000	"	BT-56	"	39.0	10000	100000	"

TABLA 4.5 (CONTINUACION)

LUZ MINTA								
Watts	Volts	Base	Bulbo	Acabado	Longitud Total (cm)	Vida Horas	Lúmenes Iniciales	Depreciación
SERVICIO GENERAL								
160	220	Medial	BT-28	Blanco	21 2	6000	2900	15%
250	"	Mogul	"	"	22 6	"	5500	"
500	"	"	BT-37	"	29 3	"	12500	17%

VAPOR DE SODIO								
Watts	Base	Bulbo	Acabado	Longitud Total (cm)	Vida Horas	Lúmenes Iniciales	Depreciación	
SERVICIO GENERAL								
40	VY22d	T-25	Claro	31	6000	4400	15%	
60	"	"	"	42 4	"	7400	"	
100	"	T-29	"	52 5	"	12500	"	
150	"	"	"	77 5	"	20500	"	
200	"	"	"	112 0	"	30000	"	

SODIO DE ALTA PRESIÓN								
Watts	Base	Bulbo	Acabado	Longitud Total (cm)	Vida Horas	Lúmenes Iniciales	Depreciación	
SERVICIO GENERAL								
250	Mogul	E-18	Claro	24 76	15000	25500	15%	
400	"	"	"	24 76	30000	50000	"	
1000	"	T-18	"	38 26	15000	140000	"	

El factor de mantenimiento toma en cuenta dos cosas:

- La depreciación luminosa ocurrida en la lámpara.
- La acumulación de suciedad en la lámpara y en el reflector.

En la tabla siguiente se encuentran factores de mantenimiento totales, acordes a la fuente luminosa así como a condiciones de operación.

Factores totales de mantenimiento recomendados.

Bueno: Aire limpio, libre de humos y polvos, luminarios programados para limpieza frecuente y reemplazo sistemático de lámparas.

Medio: Condiciones atmosféricas menos favorables, limpieza de luminarios a intervalos frecuentes y reemplazo de lámparas solo después de haberse quemado.

Pobre: Atmosferas de trabajo completamente sucia, mantenimiento pobre del equipo de iluminación, reemplazo de lámparas sólo las quemadas.

En las mismas tablas sobre el coeficiente de utilización está incluido el Factor de Mantenimiento, que como dijimos, éste varía también por el tipo de lámpara y de luminario, así tenemos:

TABLA 4.6
CONDICIONES DE OPERACIÓN

LAMPARA Y LUMINARIO	BUENO	MEDIO	POBRE
Incandescente	0.75	0.70	0.65
Cuarzo	0.85	0.80	0.75
Mercurio	0.75	0.70	0.65
Aditivos Metálicos	0.65	0.60	0.55
Fluorescente	0.75	0.70	0.65
Descarga Cerámica	0.75	0.70	0.65
Sodio alta Presión	0.75	0.70	0.65

D) Cálculo del número de lámparas instaladas.

Se parte de la relación de Coeficiente de Utilización $N.I. = \frac{E_{LUM}}{E_{LEI}} = CU$, de donde la energía

luminosa incidente en una superficie es:

$$ELIs = ELEi \times CU \quad (1)$$

ELIs = Energía Luminosa Incidente en una Superficie

ELEi = Energía Luminosa Emitida por las Lámparas

CU = Coeficiente de Utilización

El coeficiente de utilización, ya se indicó cómo obtenerlo, por lo que es un dato conocido.

E) Los Lúmenes iniciales.

La ELEi. es el flujo (\varnothing_i) emitido por cada lámpara, este dato nos lo da el fabricante y son los Lúmenes iniciales, por lo que hay que incluir el Factor de Mantenimiento, quedando:

$$ELEi = NL \times \varnothing \times FM \quad (2)$$

ELEi = Energía Luminosa Emitida

NL = Número de Lámparas Instaladas

\varnothing = Flujo Luminoso Emitido por cada Lámpara en Lúmenes

FM = Factor de Mantenimiento

El flujo luminoso \varnothing es un dato que da el fabricante, por lo que también es un dato conocido.

Hay que recordar que el Nivel de Iluminación (N.I.) se definió como:

$$N.I. = \frac{ELIs}{S} \quad (3)$$

Sustituyendo en (3) ELIs por (1) N.I. = $\frac{ELEi \times CU}{S}$, y volviendo a sustituir ELEi por (2):

$$N.I. = \frac{NL \times \varnothing \times FM \times CU}{S} \quad (4)$$

Que es la ecuación que nos sirve para calcular al Nivel de Iluminación. Si lo que queremos saber es el Número de lámparas (NL) que se deben instalar, conociendo el Nivel de Iluminación que obtenemos de la tabla 4, despejando de (4), el NL:

$$NL \times \varnothing \times FM \times CU = NI \times S$$

$$NL = \frac{NI \times S}{\varnothing \times FM \times CU}$$

NL = Número de Lámparas Instaladas
 NI = Nivel de Iluminación en luxes
 S = Superficie
 Ø = Flujo Luminoso por cada Lámpara en Lúmenes
 FM = Factor de mantenimiento
 CU = Coeficiente de utilización

Cálculo del Número de Lámparas que requiere un despacho por el método de los Lúmenes, teniendo las dimensiones siguientes:

Ancho 3.5 m
 Largo 5.6 m
 Altura 2.7 m

Con una reflexión: en piso, del 30%; en techo, del 80%, y en pared, del 50%

El plano de trabajo está a 45 cm y la altura de montaje, también a 45 cm.

El tipo de lámparas será fluorescente 2 x 40 w (sistema semi-directo) y el fabricante nos indica que dan 6,300 Lúmenes iniciales.

El factor de mantenimiento es regular dándosele un valor de 0.60. la tabla 3 nos indica que el nivel de iluminación apropiado para un consultorio está en un rango de bueno, que tiene un nivel entre 150 a 259 luxes, nosotros seleccionamos el más alto, o sea 250 luxes.

La fórmula a usar es

$$NL = \frac{NI \times S}{\text{Ø} \times FM \times CU}$$

ya tenemos:

Nivel de Iluminación, NI = 250 Luxes
 Superficie = L x A = 5.6 x 3.5; S = 19.6 m²
 Flujo Luminoso Ø_L = 6,300 Lúmenes

Para conocer el Coeficiente de Utilización (CU), primero, calculamos el Índice de Cuarto (IC); segundo, establecemos la reflexión de las superficies, tercero, con estos datos localizamos en la tabla de Coeficientes de utilización (tabla 4) el valor de (CU).

$$I. C. = \frac{\text{Largo} \times \text{Ancho}}{\text{Altura} (\text{largo} + \text{Ancho})}$$

$$I. C. = \frac{5.6 \times 3.5}{1.8 (5.6 + 3.5)} = 1.19$$

Recordemos que a la altura total se le resta la altura de montaje y la del plano de trabajo:
 $0.45 + 0.45 = 0.90$; $2.70 - 0.90 = 1.8$.

El valor 1.19 está dentro del rango 1.12 y 1.38 que corresponde a la letra "G".

La reflexión nos la dan como dato: para piso, 30 %. Para techo, 80% y en paredes del 50%.

Con estos datos vamos a la tabla 4 a la unidad de alumbrado semi-directo, fluorescente 2 x 40 W, en la tabla hay reflexión en techo del 70% y en pared del 50% y con índice de local o de cuarto "G", nos da un Coeficiente de Utilización CU = 0.54.

El Factor de Mantenimiento lo encontramos en la misma tabla de Coeficientes de Utilización: desde los datos nos indica que el mantenimiento es regular, por lo tanto, el Factor de Mantenimiento regular para esta unidad de alumbrado es, FM = 0.60.

Teniendo todos los datos, se sustituye en la fórmula:

$$NL = \frac{NI \times S}{\emptyset \times FM \times CU}$$

Sustituyendo valores:

$$NL = \frac{250 \times 19.6}{6,300 \times 0.60 \times 0.54}$$

Número de Lámparas = 2.4

∴ Se instalarán 3 lámparas.

Método de Cavidad Zonal.

Este método es muy preciso ya que considera que la luz producida por una lámpara o una luminaria es reflejada por todas las superficies del área. Las reflexiones múltiples de la luz desde la luminaria y desde la superficie del local actúan para producir la luz en el plano de trabajo. Debido a este hecho es muy importante determinar

1. Dimensiones del local.
2. Las reflectancias del local referente a el techo, piso y paredes.
3. Características de la lámpara.
4. Características del luminario.
5. Efectos ambientales como polvo, suciedad y temperatura.
6. Mantenimiento planeado del sistema de iluminación.

1.- Determinar las dimensiones del local.

Existen tres relaciones de cavidad que deben ser determinados:

- ⇒ Relación de cavidad de techo (RCT)
- ⇒ Relación de cavidad de cuarto (RCC)
- ⇒ Relación de cavidad de piso (RCP)

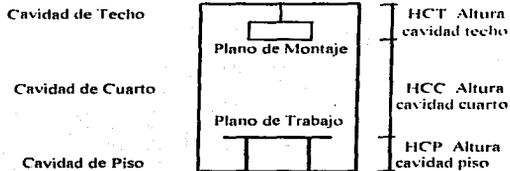


Fig. 4.7

Fórmulas.

$$RCT = \frac{5 Hct (L + A)}{L \times A} \quad (\text{Relacion Cavidad Techo})$$

$$RCC = \frac{5 Hcc (L + A)}{L \times A} \quad (\text{Relacion Cavidad Cuarto})$$

$$RCP = \frac{5 Hcp (L + A)}{L \times A} \quad (\text{Relacion Cavidad Piso})$$

2.- Determinar reflectancias.

Hacer un análisis de los colores y acabados de paredes , techo y piso, el cual nos determinara sus valores de reflectancia , de la tabla de reflexiones aproximadas de superficies y acabados .

a) Mediante tablas, se determina el valor de la reflectancia Efectiva de la cavidad del techo, en función de las Reflectancias del techo, de las paredes y de la relación de la cavidad del techo.

Ver tabla 4.7 de porcentaje de las reflectancias efectivas de techo a piso para varias combinaciones de Reflectancias.

b) De la misma manera, se determina el valor de Reflectancia Efectiva de la cavidad de piso, ahora en función de las Reflectancias del piso, de las paredes, y de la relación de la cavidad del piso.

c) Con los valores de Reflectancia Efectiva del techo, Reflectancia (%) de las paredes, y el valor de la relación de la cavidad del cuarto, de las tablas de información de coeficiente de utilización (tabla 4.9) de la lámpara seleccionada, obtenemos el valor del Coeficiente de Utilización (CU).

3.- Determinar el coeficiente de utilización (C.U).

El coeficiente de utilización es determinado de la tabla de C.U. que proporciona el fabricante del luminario seleccionado.

En algunas ocasiones, serán necesarias algunas interpolaciones para obtener el C.U. que no se encuentra tabulado en dicha tabla.

Es conveniente hacer notar que las tablas proporcionan C.U. para una reflectancia efectiva de piso de 20%. Usar este factor para todos los casos proporciona resultados razonables; Sin embargo, si se requieren cálculos más precisos es necesario aplicar un factor de corrección cuyo valor se puede obtener de la tabla de factores para reflectancias efectivas de la cavidad del piso diferentes de 20% proporcionada por IES.

4.- Determinar el factor de mantenimiento.

Al incluir un factor de mantenimiento adecuado en el método de cavidad zonal. Se estará asegurando de que el nivel luminoso no será menor del originalmente calculado.

5.- Cálculo de lúmenes de lámpara requeridos.

Fórmula:

$$\text{Lúmenes totales} = \frac{\text{Nivel de iluminación (luxes)} \times \text{Área del local (M}^2\text{)}}{\text{Coeficiente de utilización} \times \text{Factor de mantenimiento}}$$

6.- Cálculo del número de unidades requeridas

Fórmula:

$$\text{Número de luminarios} = \frac{\text{Lúmenes totales}}{\text{Lúmenes por luminario}}$$

Determinación de la distribución de los luminarios.

Una vez obtenido el número de unidades requeridas para la distribución correcta en áreas uniformes, se utiliza el método de repartición, determinándose el número de unidades por fila, así como el número de filas para el sistema de iluminación. La lógica juega un papel importante por ejemplo: Si el local es 4 veces más largo que ancho, se deberá tener 4 veces más unidades a lo largo que a lo ancho.

En general, la distancia entre unidades no debe exceder la altura del montaje entre estas y el plano de trabajo, a menos que el fabricante del luminario proporcione algún otro valor. La distancia entre la pared y la primera unidad no debe ser más de la mitad del espaciamiento entre unidades y en situaciones donde el trabajo es realizado adyacente a la pared la distancia se debe reducir de $1/3$ a $1/4$ veces el espaciamiento entre unidades.

Es de suma importancia observar el espaciamiento máximo permisible con relación a la altura de montaje. Si el número de unidades es insuficiente para llenar este requisito, se deberá recalcular usando menor wattaje.

También se puede obtener la relación de cavidad de la tabla 4.8

Aplicación del Método de Cavidad Zonal.

Se tiene un local con las siguientes dimensiones:

Longitud	150.0 m
Ancho	30.0 m
Altura	8.5 m
Altura de plano de trabajo	1.0 m
Altura de montaje de luminario	6.0 m

- Las reflectancias del local son: paredes, 30%, techo, 80%, piso, 20%.
- La lámpara a usarse será: Lumalux LU-400
- Flujo luminoso inicial por lámpara: 50000 Lúmenes.
- Depreciación de la lámpara por suciedad, L.L.D. = 0.90
- El luminario escogido requiere una lámpara por luminaria (Luminaria tipo 16 tabla 11).
- La depreciación del luminario debido al polvo, el factor es de 0.85 u 85%.
- el nivel de iluminación requerido es de 1000 Lux.

En las tablas de relación de cavidad , encontramos que las relaciones son:

Cavidad del local:

Dimensión de la cavidad = 6 m

Largo = 150 m

Ancho = 30 m

Cavidad del techo

Dimensión de la cavidad = 1.5 m

Largo = 150 m

Ancho = 30 m

Cavidad del piso

Dimensión de la cavidad = 1 m

Largo = 150 m

Ancho = 30 m

Estos factores pueden ser calculados mediante la expresión

$$\text{Relación de cavidad en techo, local, piso} = \frac{5h(\text{largo} + \text{ancho})}{\text{largo} \times \text{ancho}}$$

Sustituyendo valores.

Cavidad del techo =

$$\frac{5(1.5)(150 + 30)}{150 \times 30} = 0.3$$

Cavidad del local =

$$\frac{5(6)(150 + 30)}{150 \times 30} = 1.2$$

Cavidad del piso =

$$\frac{5(1)(150 + 30)}{150 \times 30} = 0.2$$

Determinar las reflexiones efectivas mediante tablas de la cavidad del techo y piso, tomando en cuenta las relaciones de cavidad Tabla 4.8

Para techo:

Una reflectancia de techo del 80%
 Una reflectancia de pared del 30%
 Con una relación de cavidad de techo de 0.3

Reflectancia de cavidad :

0.2	76%
0.3	X
0.4	72%

Por interpolación lineal:

$$X = (e - c) (b - a / d - c) + a$$

Donde:

$$a = 72\% , b = 76\% , c = 0.4 , d = 0.2 , e = 0.3$$

Sustituyendo valores :

$$X = (0.3 - 0.4) (76 - 72) / (0.2 - 0.4) + 72$$

$$X = 74\% = 0.74$$

Para piso:

Una reflectancia de piso del 20%
 Una reflectancia de pared del 30%
 Con una relación de cavidad de piso de 0.2

Reflectancia de cavidad:

0.2	19%
-----------	-----

$$\text{Reflectancia efectiva de piso} = 19\% = 0.19$$

El Coeficiente de utilización, para este luminario en particular (No 16) lo podemos encontrar en la tabla de coeficiente de utilización de luminarios (Tabla 4 9) con los datos obtenidos como:

- ° de reflectancia efectiva de techo = 74°
- ° de reflectancia efectiva en paredes = 30°
- relacion de cavidad local = 1.2

Por interpolación obtenemos que C.U. = 0.795

Con estos datos obtenemos el numero de luminarios con la expresión siguiente:

$$\text{Num. Lumin.} = \frac{\text{Nivel luminoso en lux} \times \text{Area}}{\text{Lamps por lumin} \times \text{Lúmenes por lampara} \times \text{C.U.} \times \text{Fac. Mant.}}$$

Como:

- La superficie es igual a $150 \times 30 = 4500 \text{ M}^2$
- El nivel de iluminación = 1000 Luxes
- Numero de Lámparas por luminaria = 1
- Lúmenes por lámpara = 50000
- Coefficiente de Utilización = 0.795
- Factor de mantenimiento = 0.75 de tablas

sustituyendo:

$$\text{Num de Luminarias} = \frac{1000 \times 4500}{1 \times 50000 \times 0.795 \times 0.75} = 150.94$$

Por lo tanto, el numero de luminarias ≈ 151

El área promedio por cada luminario será:

$$\frac{\text{Area total}}{\text{Num. De luminarias}} = \frac{4500}{151} = 29.80 \text{ m}^2$$

El espaciamiento entre luminarios se determinara obteniendo la raíz cuadrada del área promedio por luminaria.

TABLA 4.9 COEFICIENTES DE UTILIZACION

Tipo de luminaria	Distribución típica y % de lumen de la lámpara	Categoría de montaje	Máximo espaciado entre luminarias (S/M)	Coeficiente de utilización para 20% de reflectancia efectiva de piso (ρ = 20)												Módulo 1					
				70			50			30			10								
				0	30	10	0	30	10	0	30	10	0	30	10						
 <p>Reflector con ventilación para distribución interna con lámpara clara de descarga de alta intensidad.</p>		III	1.0	0	91	91	81	89	89	84	84	84	81	81	71	77	77	72	16		
				1	84	81	78	82	80	78	79	77	76	76	74	73	72	71	68	16	
				2	74	72	70	74	72	70	72	70	68	70	68	66	64	66	63	16	
				3	71	68	63	68	65	62	67	64	61	65	62	60	63	61	59	17	
				4	63	60	56	60	58	56	58	56	54	56	54	52	54	52	50	18	
				5	58	54	50	53	54	50	57	53	50	56	52	49	54	51	48	17	
				6	54	49	45	54	49	45	52	48	45	51	47	44	50	47	44	16	
				7	46	44	40	46	43	40	46	42	40	46	42	39	46	42	38	16	
				8	43	40	36	45	42	36	44	39	36	43	39	35	42	38	35	16	
				9	41	38	35	41	38	35	40	35	32	38	35	32	38	35	32	16	
10	38	35	29	37	35	29	37	32	29	37	32	29	35	31	28	17					
 <p>Reflector con ventilación para distribución difusa con lámpara clara de descarga de alta intensidad.</p>		III	1.5	0	92	92	92	90	90	90	86	86	82	82	82	79	79	77	16		
				1	85	82	80	83	81	79	79	78	76	78	74	74	74	72	71	70	16
				2	77	73	70	74	72	69	72	70	67	70	68	66	68	66	64	63	16
				3	70	65	61	68	64	60	68	62	58	64	61	58	62	59	57	56	18
				4	63	58	53	62	57	53	60	56	52	56	53	52	57	54	53	49	18
				5	57	51	47	56	51	47	55	50	46	53	49	46	52	48	45	45	17
				6	51	45	41	51	45	41	49	44	40	48	43	40	47	43	40	45	16
				7	46	40	35	45	39	35	44	39	35	43	38	35	42	38	34	33	16
				8	41	35	31	41	35	31	40	34	31	39	34	30	38	33	30	29	18
				9	37	31	27	37	31	27	36	30	27	34	30	27	34	30	26	25	18
10	33	27	24	33	27	23	32	27	23	31	27	23	31	26	23	22	18				
 <p>Reflector con ventilación para distribución interna con lámpara fosforescente de alta intensidad.</p>		III	1.0	0	98	98	98	93	93	93	87	87	87	82	82	77	77	75	14		
				1	89	87	84	88	84	83	82	80	79	78	78	74	74	72	70	70	16
				2	82	79	76	80	77	74	76	74	72	73	71	69	70	68	67	65	13
				3	74	72	68	74	70	67	71	68	66	68	65	64	66	63	61	60	13
				4	70	68	62	69	65	61	68	63	60	64	61	58	63	59	57	56	13
				5	65	60	56	66	59	56	62	58	54	60	56	53	56	54	52	51	12
				6	60	55	51	58	53	51	57	53	50	56	52	49	54	51	48	47	12
				7	56	51	47	54	50	46	53	49	45	52	48	45	50	47	44	43	12
				8	48	45	41	48	43	41	46	42	39	45	41	38	44	40	38	36	11
				9	45	40	36	44	39	36	43	38	35	42	38	35	41	37	35	34	10
 <p>Reflector con ventilación para distribución difusa con lámpara fosforescente de alta intensidad.</p>		III	1.5	0	93	93	93	89	89	89	83	83	83	77	77	77	71	71	16		
				1	85	83	81	82	80	78	77	76	74	72	71	69	71	68	67	65	16
				2	78	74	71	76	72	69	74	70	66	72	68	65	69	65	63	61	16
				3	71	67	63	69	65	62	68	62	58	62	59	57	60	58	56	55	16
				4	65	60	56	63	58	54	60	56	52	56	53	51	54	52	50	49	15
				5	59	54	50	58	53	49	55	51	47	53	49	46	50	47	45	43	13
				6	54	49	45	52	46	42	50	45	41	48	43	40	46	42	40	39	13
				7	49	44	40	48	42	38	46	41	37	44	39	36	42	38	36	34	12
				8	45	39	35	44	38	35	42	37	34	40	35	32	38	35	32	31	12
				9	41	35	31	40	34	31	38	33	30	36	31	28	34	31	29	27	12
10	37	31	27	36	31	27	34	29	26	32	28	25	32	28	25	24	11				
 <p>Reflector acabado, prisma prismático con lámpara fluorescente reflector 14" C-W</p>		III	1.3	0	100	100	100	96	96	96	90	90	90	82	82	82	76	76	73		
				1	88	85	82	86	82	79	79	77	74	73	72	70	70	68	67	64	63
				2	78	75	71	75	70	66	70	66	63	66	62	61	64	61	58	56	55
				3	69	62	57	65	60	56	60	56	52	57	53	52	56	53	51	49	48
				4	61	54	48	56	52	47	55	50	45	51	47	44	49	46	42	39	38
				5	55	48	43	51	46	42	48	44	40	46	42	39	45	41	38	36	35
				6	48	41	35	47	40	35	44	38	34	41	37	34	39	34	31	29	28
				7	42	36	31	42	36	30	39	32	28	37	32	28	35	31	27	25	24
				8	39	32	27	38	31	26	34	28	24	34	28	24	32	27	24	22	21
				9	35	28	23	34	27	23	31	26	22	30	25	21	28	24	21	19	18
10	32	25	20	31	24	20	28	23	19	28	23	19	26	21	18	17	16				

① = % de reflectancia efectiva de cavidad de techo
 ② = % de reflectancia de paredes
 RCR = Relación de cavidad de techo
 S/M = Máximo espaciamento S/M = Relación de espaciamento máximo del luminaria a altura de montaje
 Cortesía IES Handbooks

Espaciamento promedio = Area promedio

$$= 29.80 = 5.45 \text{ m}$$

El numero aproximado de luminarios en cada hilera se puede encontrar dividiendo tanto la longitud como el ancho del local entre el espaciamento promedio.

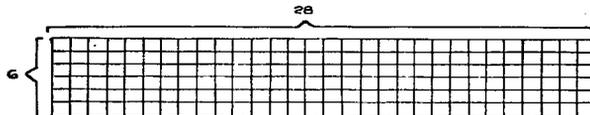
$$\text{A lo largo} = 150 / 5.45 = 27.52 \text{ luminarios}$$

$$\text{A lo ancho} = 30 / 5.45 = 5.50 \text{ luminarios}$$

Con estos resultados se puede aproximar el número de luminarios en cada hilera, que podrían ser:

$$29 \times 5 = 145$$

$$28 \times 6 = 168$$



La localización dependerá de las limitaciones físicas del espacio en el local.

Espaciamento

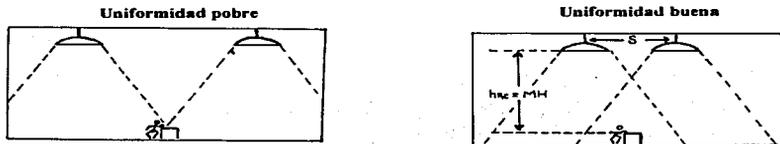


Fig. 4.8

- No se debe usar una separación mayor a la especificada por el fabricante
- La separación máxima se determina en función de la altura de montaje.
- La altura de montaje se mide a partir del plano de trabajo.

Fórmulas de espaciamento:

$$\text{Separación de pared a luminaria} = \frac{\text{Separación de luminarias}}{3}$$

$$\text{Numero de filas} = \frac{\text{Ancho del local}}{\text{Separación máxima}}$$

$$\text{Num. Máximo de unidades por fila} = \frac{\text{Longitud del local} - 1}{\text{Longitud de las luminarias}}$$

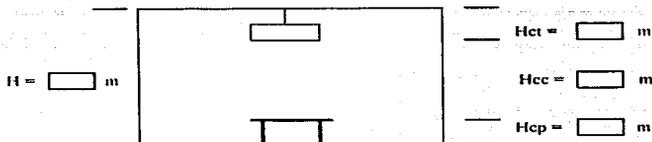
$$\text{Num. Mínimo de unidades por fila} = \frac{\text{Longitud del local} - 4}{\text{Longitud de las luminarias}}$$

Debemos asegurarnos de que la relación del espaciamento con la altura de montaje no exceda lo especificado por el fabricante de los luminarios.

Para este luminario en especial, se tiene una relación de espaciamento máximo del luminario a altura de montaje $\frac{S}{MH} = 1.5$. Es decir, que el espaciamento no debe ser mayor que 1.5 veces la altura de montaje.

HOJA DE CALCULO PARA EL MÉTODO DE CAVIDAD ZONAL

1.- Dimensiones del local: L m A m



2.- Relaciones de cavidad

A. $RCC = 5 Hcc (L + A) / (L \times A) =$

B. $RCT = 5 Hct (L + A) / (L \times A) =$

C. $RCP = 5 Hcp (L + A) / (L \times A) =$

3.- Reflectancias (reales)

Techo (Pt) % Paredes (Pw) % Piso (Pp) %

4.- Reflectancias (efectivas)

Pec = Pw Pet = % Pep = %

5.- Datos del luminario

Marca

Modelo

Tipo

A. Lámpara

B. Lúmenes

C. Lámparas / Luminario

D. Lúmenes / Luminario

6.- Coeficiente de utilización

C. U. C. U. (corregido) = C. U. x =

7.- Factor de mantenimiento: F. M.

8.- Nivel de iluminación requerido (luxes)

9.- Lúmenes totales = (Luxes x Área) / (C. U. x F. M.) =

10.- N° de Luminarios = Lúmenes totales / Lúmenes por luminario =

MÉTODO DE PUNTO POR PUNTO

En este método la iluminación consta de dos componentes, la de iluminación directa, producida por el flujo que va directamente desde las luminarias a la zona de abajo y la componente de iluminación reflejada debida al flujo reflejado desde las superficies del local hacia la zona de trabajo. La componente directa se calcula directamente utilizando un tema de coordenadas angulares, y la reflejada puede determinarse empleando coeficientes de luminancia en una forma ligeramente modificada respecto al método de los lúmenes.

CALCULO DE LA COMPONENTE DE ILUMINACIÓN DIRECTA

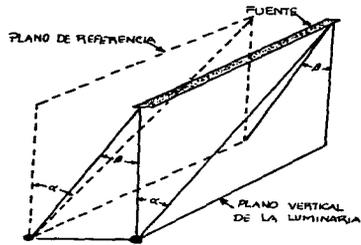
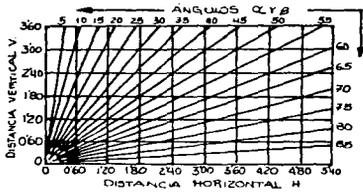
El sistema de coordenadas angulares es el más idóneo para aplicarlo a las filas continuas de luminarias fluorescentes. En este cálculo intervienen dos ángulos, uno longitudinal α y otro lateral β . El ángulo α es el que forma la vertical (perpendicular al techo) que pasa por el punto de trabajo (punto P) y una línea que va desde el, hasta el extremo de las filas de luminarias. Si el punto de trabajo no está en el plano vertical de la hilera de las luminarias, se toma un plano de referencia paralelo que pase por el, para definir el ángulo α .

El ángulo α se halla gráficamente sin dificultad a partir de un diagrama que representa los ángulos α y β para distintos valores de V, distancia vertical de la zona del trabajo visual al plano de la luminaria, y H, distancia horizontal paralela a las luminarias desde la zona de trabajo al final de la fila de éstas. Normalmente, todas las filas de luminarias tienen las mismas coordenadas α , una para cada extremo de la fila.

El ángulo β es el ángulo formado por el plano vertical de la fila de luminarias y un plano inclinado que contiene al punto de trabajo y a la luminaria o fila de luminarias. Este ángulo se determina a partir del mismo diagrama que el ángulo α , empleando también los valores V, altura de montaje de las luminarias sobre el plano de trabajo, y H, que a efectos de la determinación del ángulo β , es la distancia horizontal desde la zona de la tarea visual a la hilera de las luminarias medida perpendicularmente a éstas. El ángulo β es diferente para cada fila de luminarias. Cada fila tiene únicamente una coordenada β .

La componente de iluminación directa para cada luminaria o fila de ellas se determina en la tabla de componentes de iluminación directa para una luminaria específica. Las tablas dan dichas componentes relativas a cuatro luminarias específicas para determinar la iluminación sobre el plano horizontal o el vertical paralelo o perpendicular, respectivamente, a las luminarias, así como los coeficientes de luminancia para las paredes y el techo. Las componentes de iluminación directa se basan en el supuesto de que la luminaria está montada a 1.80 metros por encima del plano de trabajo. Si la altura de montaje con relación a este plano es distinta de 1.80 m, el valor obtenido en la tabla ha de multiplicarse por $1.8/V$ donde V es la altura de montaje en metros. Así pues, en definitiva, la componente total de iluminación directa será el producto de $1.8 \cdot V$ por la suma de las componentes individuales de iluminación directa para cada fila.

Fig. 4.9
Coordenadas angulares



CÁLCULO DE LA COMPONENTE DE ILUMINACIÓN REFLEJADA EN SUPERFICIES HORIZONTALES

La componente de iluminación reflejada en superficies horizontales se calcula exactamente del mismo modo que la iluminación media, empleando el método de los lúmenes con la excepción de que el CRR o coeficiente de radiación reflejada sustituye el coeficiente de utilización

$$\text{Lux reflejados sobre una superficie horizontal} = \frac{\text{lámparas por luminaria} \times \text{lúmenes por lámpara} \times \text{coeficiente de radiación reflejada} \times \text{factor de conservación}}{\text{área por luminaria (sobre el plano de trabajo)}}$$

Donde:

$$\text{Coeficiente de radiación reflejada} = \text{CLp} + \text{MP} (\text{CLt} - \text{CLp})$$

siendo

CLp= Coeficiente de luminancia de la pared

CLt=Coeficiente de luminancia de la cavidad del techo.

MP=Multiplicador de posición del local.

El coeficiente de luminancia de la pared y el de la cavidad del techo se eligen, para una apropiada relación de la cavidad del local y adecuadas reflectancias de la pared y de la cavidad del techo, a partir de las tablas de coeficientes de luminancias, de idéntica forma a como se elige el coeficiente de utilización en su correspondiente tabla en el método de los lúmenes. El multiplicador de posición del local es función de la cavidad del local y del emplazamiento en este del punto que se pretende iluminar. El diagrama rectangular ilustra este método designando la colocación en el local con una letra y un número.

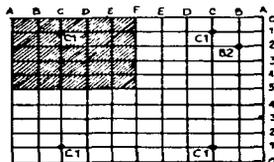


Fig. 4.10
Multiplicadores de posición

La tabla de multiplicadores de posición posibles del punto en locales con cualquier valor de la relación de la cavidad del local, ver tabla 4.10

TABLA 4.10

MULTIPLICADORES DE POSICIÓN DEL LOCAL

	A	B	C	D	E	F		A	B	C	D	E	F
Relación de la cavidad del local = 1							Relación de la cavidad del local = 6						
0	2,10	1,20	4,70	4,80	4,80	1,80	0	2,00	2,30	2,60	2,80	2,90	3,00
1	4,20	7,10	8,10	8,30	8,40	8,40	1	2,30	2,60	2,90	3,10	3,10	3,60
2	4,70	8,10	9,00	9,20	9,30	9,30	2	2,60	2,90	3,50	3,70	3,80	4,00
3	4,80	8,30	9,20	9,40	9,50	9,50	3	2,80	3,10	3,70	3,90	4,10	4,30
4	4,80	8,40	9,30	9,50	9,50	9,70	4	2,90	3,30	3,80	4,10	4,30	4,50
5	4,80	8,40	9,30	9,50	9,60	9,70	5	3,00	3,60	4,00	4,30	4,50	4,70
Relación de la cavidad del local = 2							Relación de la cavidad del local = 7						
0	2,10	3,60	4,20	4,40	4,60	4,60	0	1,80	2,10	2,30	2,50	2,60	2,70
1	3,60	5,10	6,00	6,30	6,60	6,80	1	2,10	2,30	2,60	2,80	2,90	3,00
2	4,20	6,00	6,80	7,20	7,80	8,10	2	2,30	2,60	3,00	3,20	3,30	3,40
3	4,40	6,30	7,20	7,70	8,20	8,50	3	2,50	2,80	3,20	3,40	3,50	3,60
4	4,60	6,60	7,80	8,20	8,50	8,60	4	2,60	2,90	3,30	3,50	3,70	3,70
5	4,60	6,80	8,30	8,50	8,60	7,70	5	2,70	3,00	3,40	3,60	3,70	3,80
Relación de la cavidad del local = 3							Relación de la cavidad del local = 8						
0	2,30	3,20	3,70	4,00	4,20	4,20	0	1,70	1,80	2,10	2,20	2,20	2,30
1	3,20	4,60	4,80	5,10	5,30	5,70	1	1,80	2,00	2,30	2,50	2,60	2,60
2	3,70	4,80	5,80	6,10	6,40	6,70	2	2,10	2,30	2,60	2,70	2,80	2,90
3	4,00	5,10	6,10	6,50	6,90	7,10	3	2,20	2,50	2,70	2,90	3,00	3,00
4	4,20	5,30	6,40	6,90	7,30	7,50	4	2,20	2,60	2,80	3,00	3,10	3,20
5	4,20	5,70	6,70	7,10	7,50	7,70	5	2,30	2,60	2,90	3,00	3,10	3,20
Relación de la cavidad del local = 4							Relación de la cavidad del local = 9						
0	2,20	2,80	3,20	3,50	3,70	3,70	0	1,50	1,70	1,80	1,90	2,00	2,00
1	2,80	3,30	4,00	4,20	4,40	4,80	1	1,70	1,80	2,00	2,10	2,20	2,30
2	3,20	4,00	4,80	5,00	5,20	5,70	2	1,80	2,00	2,30	2,40	2,50	2,50
3	3,50	4,20	5,00	5,40	5,80	6,10	3	1,90	2,10	2,40	2,50	2,60	2,60
4	3,70	4,40	5,20	5,80	6,20	6,40	4	2,00	2,20	2,50	2,60	2,60	2,70
5	3,70	4,80	5,70	6,10	6,40	6,60	5	2,00	2,30	2,50	2,60	2,70	2,70
Relación de la cavidad del local = 5							Relación de la cavidad del local = 10						
0	2,10	2,50	2,80	3,10	3,30	3,30	0	1,40	1,60	1,60	1,70	1,80	1,80
1	2,50	2,90	3,30	3,60	3,80	4,20	1	1,60	1,70	1,80	1,90	1,90	2,00
2	2,80	3,30	4,00	4,20	4,40	4,80	2	1,60	1,80	1,90	2,10	2,20	2,20
3	3,10	3,60	4,20	4,60	4,90	5,20	3	1,70	1,90	2,10	2,20	2,30	2,30
4	3,30	3,80	4,40	4,80	5,20	5,30	4	1,80	1,90	2,20	2,30	2,30	2,40
5	3,30	4,20	4,80	5,20	5,40	5,60	5	1,80	2,00	2,20	2,30	2,40	2,50

CÁLCULO DE LA COMPONENTE DE ILUMINACIÓN REFLEJADA SOBRE SUPERFICIES VERTICALES

El valor medio aproximado de la iluminación reflejada en superficies verticales se determina utilizando la misma fórmula general, pero sustituyendo por el coeficiente de radiación reflejada en la pared el coeficiente de utilización

Lux reflejados sobre una superficie vertical = $\frac{\text{lámparas por luminaria} \times \text{lúmenes por lámpara} \times \text{coeficiente de radiación reflejada} \times \text{factor de conservación}}{\text{área por luminaria (sobre el plano de trabajo)}}$

El coeficiente de radiación reflejada de la pared se encuentra de la siguiente forma.

Coeficiente de radiación reflejada de la pared =

$$= \frac{\text{coeficiente de luminancia de la pared}}{\text{reflectancia media de la pared}} - \text{CRDP}$$

El CRDP, o coeficiente de radiación directa de la pared viene dado, para cada relación de cavidad del local, junto con la tabla de coeficientes de luminancia de la pared ver tablas a continuación.

TABLA 4.11

Componente de Iluminación directa															
H	5							5							
	5	15	25	35	45	55	65	75	5	15	25	45	55	65	75
α	Iluminación sobre una superficie vertical. Lux en un punto sobre un plano paralelo a las luminarias							Iluminación de una superficie vertical. Lux en un punto sobre un plano perpendicular a las luminarias							
	Lux sobre un punto del plano de trabajo														
0.10	90	90	360	360	330	190	70	10	90	80	70	50	30	10	10
0.20	180	180	720	720	660	360	150	20	180	160	140	120	15	15	
0.30	260	260	1040	1130	980	570	230	30	260	230	200	170	110	110	
0.40	320	320	1280	1450	1290	770	320	50	320	280	240	210	140	140	
0.50	370	370	1480	1710	1530	960	430	70	370	320	270	240	170	170	
0.60	400	400	1630	1900	1760	1130	550	100	400	340	290	260	190	190	10
0.70	410	410	1700	1980	1860	1270	680	130	410	350	300	270	210	210	20
0.80	410	410	1730	2020	1940	1330	740	160	410	360	310	280	220	220	30
0.90	410	410	1730	2020	1940	1340	750	200	410	370	320	290	230	230	40
Categoría III															
Lux sobre un punto del plano de trabajo															
0.10	1060	950	760	550	330	130	30								
0.20	2060	1850	1490	1090	660	260	70								
0.30	2940	2650	2160	1600	980	400	110								
0.40	3650	3310	2740	2060	1290	540	150								
0.50	4180	3810	3190	2430	1570	670	200	10							
0.60	4520	4130	3480	2680	1760	790	260	20							
0.70	4690	4300	3610	2830	1890	890	320	30							
0.80	4740	4360	3660	2880	1940	930	350	40							
0.90	4750	4370	3700	2900	1960	950	350	50							
2 lmparras 1-12. Cualquier carga. Para lmparras 1-10, C.U. x 1.02															
Coeficiente de brillo para una reflectancia efectiva de la cavidad del suelo del 20%															
Cavidad del techo		Reflectancias													
		80					50					10			
Paredes		50		30		50		30		50		30			
C.R.D. ^a	RC.T.	Coeficiente de brillo de las paredes										Coeficiente de brillo de la cavidad del techo			
2.81	1	2.46	1.40	2.20	1.26	1.90	1.90	2.30	2.09	1.55	1.24	0.25	0.23		
2.66	2	2.32	1.27	2.09	1.15	1.82	1.82	2.22	1.90	1.30	1.13	0.24	0.21		
2.15	3	2.16	1.15	1.96	1.05	1.72	1.72	2.15	1.76	1.27	1.05	0.24	0.20		
2.26	4	2.02	1.02	1.83	0.97	1.61	1.61	2.09	1.64	1.24	0.99	0.23	0.19		
2.12	5	1.91	0.97	1.73	0.90	1.54	1.54	2.04	1.59	1.21	0.94	0.23	0.18		
1.96	6	1.78	0.90	1.63	0.81	1.45	1.45	2.00	1.49	1.18	0.90	0.22	0.17		
1.82	7	1.68	0.83	1.53	0.78	1.36	1.36	1.94	1.44	1.15	0.87	0.22	0.17		
1.70	8	1.58	0.77	1.45	0.72	1.30	1.30	1.90	1.39	1.13	0.85	0.21	0.16		
1.59	9	1.50	0.72	1.38	0.68	1.23	1.23	1.85	1.35	1.10	0.82	0.21	0.16		
1.49	10	1.41	0.68	1.30	0.64	1.16	1.16	1.80	1.31	1.07	0.80	0.20	0.16		

TABLA 4.11 (CONTINUACION)

Componente de Iluminación directa																
h	5							5								
	5	15	25	35	45	55	65	75	5	15	25	45	55	65	75	
e	Iluminación sobre una superficie vertical. Lux en un punto sobre un plano paralelo a las luminarias							Iluminación de una superficie vertical. Lux en un punto sobre un plano perpendicular a las luminarias								
	Lux sobre un punto del plano de trabajo															
0.10	210	580	790	810	580	220	60	10	210	190	150	100	50	10		
0.20	420	1120	1550	1580	1050	450	120	20	840	740	590	390	190	10	10	
0.30	590	1690	2260	2270	1520	670	190	30	1760	1570	1300	850	410	120	30	
0.40	720	1970	2790	2830	1910	800	260	50	2820	2540	2090	1410	690	220	60	
0.50	800	2190	3110	3160	2160	1050	340	70	3730	3380	2770	1890	940	340	100	90
0.60	840	2310	3290	3370	2350	1170	420	100	4380	4000	3310	2300	1180	480	150	20
0.70	850	2350	3360	3460	2460	1250	500	140	4710	4320	3620	2570	1410	630	230	50
0.80	850	2360	3380	3490	2500	1300	550	190	4860	4470	3760	2710	1560	750	320	100
0.90	850	2360	3380	3490	2510	1310	600	290	4910	4520	3810	2760	1610	800	370	140
e	Lux sobre un punto del plano de trabajo							Categorías								
	0.10	2120	2160	1790	1160	830	160	30	 <p>4 lámparas 1-12 x 30 mA. Lente prismática de 60 cm de ancho, para lámparas 1-10 C.U. s. 1.02</p>							
0.20	3760	1190	3320	2270	1050	320	60									
0.30	6740	5000	4790	3260	1520	480	90									
0.40	8270	7360	5910	4060	1910	630	120									
0.50	9190	8290	6680	4530	2160	760	160	10								
0.60	9650	8630	6980	4630	2350	830	200	20								
0.70	9810	8790	7120	4660	2460	900	230	30								
0.80	9850	8830	7160	5000	2500	930	250	40								
0.90	9860	8840	7170	5010	2510	940	260	40								
Coeficiente de brillo para una reflectancia efectiva de la cavidad del suelo del 20%																
Cavidad del techo		Reflecciones														
		80			50			40			30					
Paredes		50	30	50	30	50	30	50	30	50	30	50	30			
CRIP ^a	RCT	Coeficiente de brillo de las paredes						Coeficiente de brillo de la cavidad del techo								
1.76	1	1.51	0.86	1.40	0.80	1.25	0.72	1.08	0.97	0.63	0.57	0.12	0.11			
1.67	2	1.43	0.78	1.32	0.74	1.20	0.68	1.01	0.81	0.59	0.48	0.11	0.09			
1.59	3	1.36	0.72	1.26	0.68	1.15	0.64	0.95	0.70	0.56	0.42	0.10	0.08			
1.51	4	1.28	0.67	1.20	0.64	1.10	0.60	0.90	0.62	0.53	0.37	0.10	0.07			
1.43	5	1.22	0.62	1.15	0.60	1.06	0.57	0.86	0.55	0.51	0.33	0.10	0.06			
1.35	6	1.15	0.58	1.09	0.56	1.01	0.54	0.82	0.50	0.49	0.30	0.09	0.06			
1.27	7	1.10	0.55	1.04	0.53	0.98	0.51	0.79	0.45	0.47	0.28	0.09	0.05			
1.21	8	1.05	0.52	1.00	0.50	0.94	0.48	0.76	0.42	0.45	0.26	0.09	0.05			
1.16	9	1.01	0.49	0.97	0.48	0.91	0.46	0.73	0.39	0.44	0.24	0.08	0.05			
1.11	0	0.97	0.46	0.92	0.45	0.87	0.44	0.70	0.37	0.42	0.22	0.08	0.04			

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

TABLA 4.11 (CONTINUACION)

Componente de iluminación directa																			
h																			
	5	15	25	35	45	55	65	75	5	15	25	45	55	65	75				
ra	Iluminación sobre una superficie vertical. Lux en un punto sobre un plano paralelo a las luminarias								Iluminación de una superficie vertical. Lux en un punto sobre un plano perpendicular a las luminarias										
	Lux sobre un punto del plano de trabajo																		
0.10	100	280	380	340	200	110	40	100	90	70	40	20	10						
0.20	200	540	740	670	400	220	90	400	350	270	160	70	30	10					
0.30	280	760	1060	960	590	330	140	830	740	590	350	160	70	20					
0.40	340	930	1290	1200	750	440	190	1330	1190	930	590	270	120	40					
0.50	380	1040	1440	1360	870	540	250	1770	1590	1270	820	390	190	70					
0.60	400	1090	1520	1460	960	620	310	2070	1870	1520	1020	540	270	110					
0.70	410	1110	1550	1510	1010	680	370	2230	2020	1670	1140	620	350	170					
0.80	410	1120	1560	1520	1030	710	410	2300	2090	1740	1240	690	420	230	10				
0.90	410	1120	1560	1520	1030	710	420	2320	2110	1760	1250	710	440	250	30				
Lux sobre un punto del plano de trabajo								Categoría v											
0.10	1150	1060	810	490	200	80	20	 <p>2 lámparas 1-12 - 430 mA. Una envolvente prismática de 30 cm de ancho.</p>											
0.20	2270	2040	1570	960	400	160	40												
0.30	3190	2870	2250	1370	590	240	60												
0.40	3910	3510	2750	1710	750	320	80												
0.50	4350	3910	3080	1940	870	390	110												
0.60	4560	4110	3250	2080	960	440	140												
0.70	4630	4180	3320	2150	1010	480	170												
0.80	4650	4200	3340	2170	1030	500	190												
0.90	4650	4200	3340	2170	1030	500	190												
Coeficiente de brillo para una reflectancia efectiva de la cavidad del suelo del 20%																			
Cavidad del techo		Reflectancias																	
		80				50				10									
Paredes		50			30			50			30			50			30		
CRDP	RCT	Coeficiente de brillo de las paredes						Coeficiente de brillo de la cavidad del techo											
2.14	1	1.86	1.06	1.68	0.96	1.46	0.84	1.70	1.56	1.00	0.92	0.18	0.17						
1.90	2	1.70	0.93	1.53	0.85	1.33	0.75	1.64	1.40	0.96	0.84	0.18	0.16						
1.72	3	1.55	0.83	1.41	0.76	1.23	0.68	1.57	1.29	0.93	0.77	0.17	0.15						
1.58	4	1.45	0.75	1.31	0.70	1.15	0.63	1.52	1.20	0.90	0.72	0.17	0.14						
1.47	5	1.36	0.69	1.24	0.65	1.09	0.58	1.48	1.13	0.88	0.68	0.16	0.13						
1.36	6	1.27	0.64	1.16	0.60	1.03	0.54	1.34	1.07	0.85	0.65	0.16	0.13						
1.27	7	1.20	0.60	1.10	0.56	0.98	0.51	1.40	1.03	0.83	0.63	0.16	0.12						
1.20	8	1.14	0.56	1.05	0.52	0.94	0.48	1.36	1.00	0.81	0.61	0.15	0.12						
1.14	9	1.08	0.53	1.00	0.49	0.90	0.46	1.33	0.97	0.79	0.59	0.15	0.11						
1.09	10	1.03	0.49	0.95	0.47	0.86	0.43	1.30	0.94	0.78	0.57	0.15	0.11						

TABLA 4.11 (CONTINUACION)

Componente de Iluminación directa																	
H	°							°									
	5	15	25	35	45	55	65	75	5	15	25	45	55	65	75		
a	Iluminación sobre una superficie vertical. Lux en un punto sobre un plano paralelo a las luminarias							Iluminación de una superficie vertical. Lux en un punto sobre un plano perpendicular a las luminarias									
	Lux sobre un punto del plano de trabajo																
0.10	60	180	250	280	250	180	90	90	60	60	50	40	20	10	10		
0.20	170	340	500	550	500	340	170	60	240	220	190	140	90	50	20		
0.30	220	480	720	800	720	540	290	100	500	470	410	310	200	110	50	10	
0.40	260	600	900	1030	970	730	410	140	820	770	680	540	370	200	90	20	
0.50	290	680	1040	1210	1180	930	540	190	1140	1090	970	800	580	340	150	30	
0.60	310	740	1130	1310	1310	1110	680	240	1430	1370	1250	1050	800	520	240	60	
0.70	320	760	1170	1400	1430	1240	820	300	1640	1580	1450	1260	1000	710	390	110	
0.80	320	770	1190	1420	1460	1280	890	360	1740	1680	1560	1360	1140	820	510	220	
0.90	320	770	1190	1420	1460	1280	900	470	1750	1690	1560	1370	1120	830	530	250	
Lux sobre un punto del plano de trabajo																	
0.10	690	650	530	400	250	130	50	30	Categoría III  2 lámparas desmudas cualquier carga								
0.20	1350	1260	1060	790	500	280	90	20									
0.30	1920	1790	1530	1150	710	380	140	30									
0.40	2360	2220	1920	1470	970	520	200	40									
0.50	2690	2540	2220	1730	1180	650	260	60									
0.60	2890	2740	2410	1910	1340	780	320	80									
0.70	2990	2840	2510	2010	1430	870	390	100									
0.80	3020	2870	2540	2080	1460	900	420	130									
0.90	3020	2870	2540	2080	1460	900	420	130									
Coeficiente de brillo para una reflectancia efectiva de la cavidad del suelo del 20%																	
Cavidad del techo		Reflectancias															
		80			50			10			80			50			10
Paredes		50	30	50	30	50	30	50	30	50	30	50	30	50	30	50	30
CRD ²	RU.E.	Coeficiente de brillo de las paredes									Coeficiente de brillo de la cavidad del techo						
3.79	1	3.08	1.76	2.76	1.59	2.39	1.39	2.87	2.64	1.69	1.56	0.31	0.31	0.29			
3.18	2	2.72	1.49	2.43	1.35	2.09	1.17	2.81	2.44	1.65	1.46	0.30	0.30	0.27			
2.74	3	2.44	1.30	2.17	1.17	1.86	1.03	2.75	2.30	1.62	1.38	0.30	0.30	0.26			
2.42	4	2.21	1.15	1.98	1.04	1.70	0.92	2.68	2.18	1.58	1.32	0.30	0.30	0.24			
2.20	5	2.05	1.04	1.83	0.95	1.57	0.84	2.63	2.10	1.55	1.27	0.29	0.24				
1.99	6	1.89	0.95	1.70	0.87	1.45	0.77	2.57	2.04	1.52	1.24	0.29	0.24				
1.82	7	1.76	0.88	1.57	0.80	1.36	0.70	2.51	1.99	1.50	1.21	0.28	0.23				
1.68	8	1.64	0.80	1.47	0.74	1.27	0.65	2.47	1.94	1.47	1.28	0.28	0.23				
1.56	9	1.54	0.75	1.39	0.68	1.20	0.61	2.47	1.90	1.45	1.15	0.27	0.22				
1.44	10	1.45	0.69	1.30	0.64	1.12	0.57	2.37	1.86	1.42	1.13	0.27	0.22				

Así pues, este método determina la intensidad de iluminación producida en determinados puntos por fuentes luminosas localizadas de antemano. Por lo tanto, para aplicarlo se debe partir de una distribución de luminarios que sirvan de base al cálculo, esta distribución primaria y estimativa se puede hacer aplicando inicialmente el método de lúmenes ya con esta base desarrollada se aplica el método de punto por punto y si los resultados obtenidos son como los estimados, el problema está resuelto; pero si no es así se hará proporcionalmente una modificación a la primera estimación, se volverá a calcular y así hasta que los cálculos resulten como lo deseado.

Como puede observarse, el anterior método sería prácticamente irrealizable en grandes locales, de no contarse con los actuales paquetes para computadora que nos proporcionan un análisis detallado del nivel de iluminación del local en estudio, en cualquier punto que se desee

CAPITULO V

OPTIMIZACIÓN EN DISEÑOS PARA ÁREAS INTERIORES.

5.1 CLASIFICACIÓN DE ÁREAS.

Es importante conocer la actividad a desarrollar en el área a iluminar para poder determinar así el nivel de iluminación mínimo necesario. Esto dependerá de la naturaleza de la actividad debido a que si no se tiene una iluminación adecuada, es decir un nivel de iluminación suficiente no se puede llevar a cabo ninguna tarea visual de un modo correcto, rápido, seguro y fácil.

Los requisitos básicos van en función principalmente de la dificultad de la tarea visual, esto es, 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.

No es fácil dar una base cierta para definir el nivel luminoso en cada caso, no obstante, la Illuminating Engineering Society (IES) ha hecho recomendaciones de niveles luminosos para una amplia variedad de áreas de trabajo y otras actividades visuales. Estos niveles se muestran en la siguiente tabla la cual se basa en dichas recomendaciones.

**TABLA 5.1
ALUMBRADO GENERAL DE INTERIORES**

	Niveles recomendados (mínimos en cualquier momento) en Lux
Auditorias	
Asambleas	150
Exposiciones	300
Bancos	
Vestibulos	
General	500
Zonas de trabajo	700
Casos, registros, claves	1,500
Correns	
Vestibulo, sobre las mesas	300
Clasificación, envío, etc.	1,000
Despachos, terminales y estaciones	
Salas de espera, de descanso y de fumadores	300
Oficina de billetes, general, ventanilla y mostradores	1,000
Facturación de equipajes	500
Andenes y almacenes	200
Lavabos y servicios	300

TABLA 5.1 (CONTINUACION)

	Niveles recomendados (mínimos en cualquier momento) en LUX
Edificios municipales: Bomberos y Policía	
Policía	
Ficheros de identificación	1,500
Celdas y salas de interrogatorios	300
Bomberos	
Dormitorios	200
Aparcamiento de coches y sala de recreo	300
Escuelas	
Lectura de textos impresos	300
Lectura de textos a lápiz	700
Lectura de textos en papel de copia	
Mafas	300
Buenas	1,000
Salas de dibujo y bancos de trabajo	1,000
Pizarras y costura	1,500
Galerías de arte	
General	300
Sobre pinturas (suplementario)	300 (1)
Sobre esculturas y otras exposiciones	1,000 (2)
Hospitales	
Cuartos de anestesia y preparación	300
Autopsia y depósito de cadáveres	1,000
Sala de autopsias	1,000
Mesa de autopsias	10,000
Depósito general	200
Central esterilizadora	
General	300
Afilado de agujas	1,500
Departamento odontológico:	
General	700
Vitrina de instrumental	1,500
Sillón dental	10,000
Laboratorio, banco	1,000
Sala de recuperación	50
Sala de urgencia	
General	1,000
Local	20,000
Sala de reconocimiento y tratamiento:	
General	500
Mesa de reconocimiento	1,000
Salidas (mixel luminoso en el suelo)	50
Ojos, nariz, oídos y garganta:	
Sala oscura (variable)	0-100
Sala de reconocimiento de ojos, oídos, nariz y garganta	500

TABLA 5.1 (CONTINUACION)

	Niveles recomendados (mínimos en cualquier momento) en Lux
Sala de fracturas	
General	500
Mesa de operaciones	2,000
Laboratorios	
General	500
Trabajos delicados	1,000
Bibliotecas	700
Sala de armarios	200
Vestibulos y Pasillos (los vestibulos, de día 50)	300
Archivo de protocolos médicos	1,000
Sala de enfermeras	
General - día	700
General - noche	300
Pupitres y diagramas	500
Despachos de medicinas	1,000
Habitaciones de trabajo de las enfermeras	300
Casas - Cunas	
General	300
Mesa de reconocimiento	1,000
Pediatría y sala de juegos	300
Obstetricia	
Salas de esterilización	300
Salas de consultas	200
Salas de partos, general	1,000
Mesa de partos	25,000
Farmacias	
General	500
Mesa de trabajo	1,000
Almacén de productos	300
Habitaciones y salas privadas	
General	100
Lectura	300
Locales para pacientes mentales	100
Trabajos con radioisotopos	
Laboratorio radioquímico	300
Sala de medidas	200
Mesa de reconocimiento	500
Solitarios	200
Almacenes, central	
General	300
Oficinas	700

TABLA 5.1 (CONTINUACION)

	Niveles recomendados (mínimos en cualquier momento) en Lux
Cirugía	
Sala de instrumental y esterilización	300
Sala de fangosa (instrumentos)	1,000
Sala de operaciones, general	1,000
Mesa de operaciones	25,000
Sala de recuperación	300
Terapia	
Física	200
Aplicada	300
Litabios	300
Sala de servicios	200
Salas de espera	
General	200
Lectura	300
Rayos X	
Radiografías, fluoroscopias y cámara oscura	100
Radioterapia profunda y superficial	100
Sala de revelado	300
Archivos, películas reveladas	300
Almacén, películas sin revelar	100
Hoteles	
Bares, comedores y cafeterías (ver Restaurantes)	
Cuartos de baño	
General	100
En el espejo	300 (3)
Dormitorios	
General	100
Tocador	300 (3)
Lectura y escritura a tinta	300
Vestíbulo	300
Recepción	500
Lavandería	
Lavado	300
Planchado	500
Planchado mecánico	700
Lencería y ropa blanca	
General	200
Costura	1,000
Vestíbulo	
General	100
Zonas de lectura y trabajo	300
Marquesina	
Alrededores oscuros	300
Alrededores claros	500

TABLA 5.1 (CONTINUACION)

	Niveles recomendados (mínimos en cualquier momento) en Lux
Museos (ver Galerías de Arte)	
Oficinas	
Lectura de textos con mucho contraste y bien impresos, tareas y zonas que no exigen una atención exagerada o prolongada tales como lavabos, archivos no necesitados a diario, salones de conferencias, salas de vistas etc.	300
Lectura o transcripción de manuscritos a tinta o lápiz tinta, sobre buen papel, archivos usados con frecuencia	700
Trabajo normal de oficina, lecturas de buenas reproducciones, lecturas o transcripciones de escritura a mano con lápiz duro o sobre mal papel, archivos de uso continuo, clasificación de correspondencia, índice de asuntos.	1,000
Contabilidad, intersección, distribución en tablas, teneduría de libros, máquinas calculadoras, lectura de malas reproducciones, dibujo a mano alzada	1,500
Cartografía, estudios, dibujo detallado	2,000
Corredores, ascensores, escaleras y escaleras mecánicas	200 (4)
Residencias	
Tareas visuales concretas	
Juegos de mesa	300
Cocinas	
Fregaderos	700
Hornillos y superficies de trabajo	500
Lavadoras, esteros de ropa, planchas y tablas de planchar	500
Salones de lectura, escritura y estudio	
Libros, revistas y periódicos	300
Escritura a mano, reproducciones, copias malas	700
papeles de estudio	700 (5)
Lectura de partituras musicales	
Partituras simples	300
Partituras completas	700
Costuras	
Trabajos ocasionales, telas bastas, puntadas largas, altos contrastes en telas	300
Trabajos ocasionales, telas finas	500
Trabajo continuo, telas ligeras o medidas	1,000
Telas oscuras, detalles, fringes, bajo contraste	2,000
Tocadores, maquiajes, afeitados	
Sobre los espejos y rostros	500
Laffer, bancos de trabajo	700
Alumbrado general	
Vestibulos, halls, escaleras, descansillos	100
Cuarto de estar, comedores, dormitorios, bibliotecas y salas de juego	100
Cocina, lavadora, cuartos de baño	300

TABLA 5.1 (CONTINUACION)

	Niveles recomendados (mínimos en cualquier momento) en Lux
Restaurantes, cafeterías y bares	
Comedores	
De tipo íntimo	
Con alrededores oscuros	50
Con alrededores claros	100
Para limpieza	200
De tipo general	
Con alrededores oscuros	150
Con alrededores claros	300
De autoservicio	
Alrededores normales	500
Alrededores muy iluminados	1,000
cajas	500
Escaparates de alimentos dos veces el nivel general, pero no menos de	500
Cocinas	
Inspección, verificación, precios	700
Otras zonas	300
Tiendas	
Escaparates	
Alumbrado de día:	
General	2,000
Detalles	10,000
Alumbrado de noche:	
Districtos poco concurridos o pequeñas ciudades:	
General	1,000
Detalle	5,000
Districtos principales de alta competencia:	
General	2,000
Detalles	10,000
Interiores de las tiendas	
Zonas de circulación	300
Zonas de estanterías y almacenamiento de productos:	
servicio normal	1,000
Autoservicio	2,000
Vitrinas y estanterías	
Servicio normal	2,000
Autoservicio	5,000
Exposición de detalles	
Servicio normal	5,000
Autoservicio	10,000

TABLA 5.1 (CONTINUACION)

	Niveles recomendados (mínimos en cualquier momento) en Lux
Aplacenes y bodegas	
Con poca actividad	50
Aerios	
Embalaje basto	100
Embalaje medio	200
Embalaje fino	500
Automóviles (Fábricas de)	
Ajuste del bastidor	500
Cadena de montaje del chasis	1,000
Montaje final e inspección	2,000
Fabricación de la carrocería	
Partes	700
Acabado e inspección	2,000
Aviación	
Habitares	
Servicio de reparación únicamente	1,000
Aviones fábrica	
Saves	
Producción	1,000
Inspección	2,000
Fabricación de piezas	
Enladrado, remachado, fijación de tornillos	700
Carbóns de pintura	1,000
Preparación de planchas de aluminio y trabajos de plantillas, pulido y conformación de fuselajes, sección de alas y carezas de motores	1,000
Montajes secundarios, trenes de aterrizaje, fuselaje, secciones de alas, carezas y otras unidades grandes	1,000
Montaje final e inspección	1,000
Reparación de máquinas herramientas	1,000
Azúcar, Refinerías	
Distribución	500
Inspección de color	2,000
Carbon, colapetes y lavaderos	
Friturado y lavaderos	100
Selección	3,000
Cementos y derivados de la arcilla	
Molenda, presas de filtro, salas de hornos	300
Moldeado, prensado, lavado	300
Color y vidriado, trabajo basto, esmaltado	1,000
Color y vidriado, trabajo fino	3,000

TABLA 5.1 (CONTINUACION)	Niveles recomendados (mínimos en cualquier momento) en l.u.x
Centrales eléctricas y subestaciones interiores	
Auxiliares, salas de baterías, bombas de alimentación de calderas, externas y compresores y cuadros de instrumentos	200
Plataforma de calderas, plantas de cables y zonas de circunflexión o de bombas	100
Plataforma de quemadores	200
Condensadores, desgasificadores, evaporadores y calentadores	100
Salas de control	
Paneles de cuadros de distribución	
Tipo A - Salas de control centralizado a un nivel de 1.70 metros sobre el suelo	500
Tipo B - Control normal a 1.70 metros sobre el suelo	300
Secciones de doble frente de espaldas al operador	300
Pupitres de trabajo (nivel horizontal)	500
Zonas interiores de los cuadros de doble frente	100
Parte trasera de los paneles (vertical)	100
Alumbrado de emergencia para todas las áreas	30
Laboratorios de química	500
Casetas de filtros, aparatos de control y fuerza y equipos telefónicos	200
Túneles o galerías, tuberías	100
Zona de turbinas bajo el pavimento	200
Sala de máquinas	300
Conservas (fábrica de)	
Clasificación inicial de materias crudas	
Tomates	500
Selección de color (salas de corte)	1,000
	2,000
Preparación	
Selección preliminar	
Albaricoques y melocotones	500
Tomates	1,000
Aceitunas	1,500
Corte y selección final	1,000
Enlatado	
Enlatado continuo en cadena	
Empaquetado a mano	1,000
Aceitunas	500
Examen de envasados	1,000
Examen de envasados	2,000
Corte y confección	
Inspección del paño	
Corte y planchado	20,000
Cosido	3,000
	5,000

TABLA 5.1 (CONTINUACION)

	Niveles recomendados (mínimos en cualquier momento) en Lux
Dulces (fabricación de)	
Departamento de chocolates	
Pelado, avinado, extracción de grasa, triturado y refinado, alimentación	500
Limpieza y selección del grano, inmersión, empaquetado, envoltura	500
Molcaba	1,000
Fabricación de la crema, mezcla, cocido y moldado	500
Cotas de gomas y bromas gelatinosas	500
Decorado a mano	1,000
Departamento de caramelos	
Mezcla, cocción, moldes	500
Corte y selección	1,000
Fabricación y empaquetado de merengues	1,000
Electricidad, fabricación de equipos	
Impugnación	500
Aislamiento, devanado de bobinas	1,000
Ensayos	1,000
Encuadernación de libros	
Plegado, apilado, encolado, etc	700
Cortado, punzado, cosido	700
Repujado e inspección	2,000
Forja	
Tallos	500
Fundiciones	
Templado, limpiado, batido	300
Moldes, trabajo medio	500
Moldes, trabajo fino	1,000
Devastado y cepillado	1,000
Inspección media	1,000
Inspección fina	5,000
Moldes grandes, relleno y vaciado	500
Moldes medianos	1,000
Cúpula (horno)	200
Galvanizado	300
Estacionamientos: automóviles y camionetas	
Estacionamiento, sin de servicio	
Reparaciones	1,000
Zonas de tráfico activo	200
Cañones de estacionamiento	
Entrada	500
Pistas y rampas	100
Estacionamiento	56

TABLA 5.1 (CONTINUACION)

	Niveles recomendados (mínimos en cualquier momento) en L.u.s.
Goma, mecanizado de artículos	
Preparación de la materia prima	
Alambrado, empalmeado y fresado	500
Preparación del tejido, corte y telares	500
Moldendo y selección de productos, calibrado	500
Inspección	2,000
Guantes (fábrica de)	
Preñado y corte	3,000
Máquinas de hacer punto y selección	1,000
Cosido e inspección	5,000
Harina, Fábricas	
Molienda, cerudo, refinado	500
Empaquetado	300
Control de productos	1,000
Cribas, limpiadoras, ascensores para el personal, pasillo, control de recipientes	300
Hierro y acero (Industria del)	
Solería	
Piso de carga	200
Vaginetas de colada	
Pozos de escoria	200
Plataformas de control	300
Zona superior	300
Pasarelas elevadas de inspección	100
Mezcladores	300
Calentados y rotura a fondos de cuchara	100
Traves de laminación	
Lingotes, planchas, barras calientes y láminas calientes	300
Planchas frías, chapas	300
Tubos, carras, varillas redondas y alambres	500
Estampado hojalata, galvanizado, laminado de flejes en frío	500
Salas de máquinas y motores	300
Inspección	
Chapa negra, techo, corte de palanquilla	1,000
Hojalata y otras superficies brillantes	2,000
Imprentas	
Fundición de tipos	
Máquinas y moldes de mano, fundición de conjuntos, clasificación	500
Fabricación de matrices, rectificado de tipos	1,000
Plantas de impresión	
Inspección de color y valoración	2,000
Composición a máquina, salas de composición	1,000
Presas	700
Revisión de planchas y lectura de pruebas	1,500

TABLA 5.1 (CONTINUACION)

	Niveles recomendados (mínimos en cualquier momento) en Lux
Electropia	
Moldes, acabado, nivelación de moldes, recorrido	1,000
Rectificación, montura de planchas, estañado, electroplataado, limpiado	500
Fotografía:	
Grabado de aguafuerte, planchas	500
Manipulación, acabado, lectura de pruebas, entintado y enmascaramo	1,000
Inspección:	
Normal	500
Difícil	1,000
Altamente difícil	2,000
Muy difícil	5,000
De la máxima dificultad	10,000
Lavanderías:	
Lavado	300
Planchado a mano, clasificación de mercado	500
Acabado a máquina y con plancha, clasificación	700
Planchado fino a mano	1,000
Madera:	
Aserrados bastos y de banco	300
medidas, cepillado, lijado basto, trabajos medios de banco y máquina, encolado, barnizado y tontería	500
Trabajos finos de banco y máquina, pulido fino, acabado	1,000
Manipulación de materiales:	
Embalaje, empaquetado y etiquetado	500
Clasificación y distribución	300
Colección en camiones	200
Interior de camiones y vehículos de transporte	100
Montaje:	
Basto de visión fácil	300
Basto de visión difícil	500
Medio	1,000
Ajuste fino	5,000
Ajuste muy fino	10,000
Neumático y tubos de goma (Fabricación de)	
Preparación de la materia prima	
Alambrado, emplastecido, y fresado	300
preparación de productos, corte, construcción de bordes	500
Máquinas de hacer tubos	500
Fabricas de neumáticos	
Neumáticos maceros	300
Neumáticos con aire	500
Departamento de revisiones; Revisiones de tubos y neumáticos	700
inspección final	

Tubos, neumáticos	2.000
Papel fabricación:	Niveles recomendados (mínimos en cualquier momento) en Lux
Aren general	500
Triturado, molido y prensado	500
Acabado, corte, igualación y máquinas de hacer papel	500
Corte a mano, máquinas de humedecer papel	700
Rollos de papel, inspecciones y laboratorios	1.000
Rebobinado	1.500
Piedras, Triturado y cribado	
Correas transportadoras, espacios para canalizaciones, cámaras de salida en el interior de tolvas	100
Salas de primera trituración, trituradoras auxiliares bajo las tolvas	100
cribas	200
Piel (Industrias de la)	
Limpieza, curtido y estrado	300
Cortado, descarnado y relleno	500
Acabado y cosido	1.000
Piel (Trabajos de la)	
Prensado, enrollado y satinado	2.000
Clasificación, corte, acoplamiento y cosido	3.000
Pinturas fabricación:	
General	300
Mezclas de Comparación y normales	2.000
Pintura talleres:	
Por inmersión, a pistola, a mano, al fuego, pintura ordinaria a mano y técnicas de acabado	500
Trabajos finos de pintura a mano y acabado	1.000
Trabajos extrafino de pintura a mano y acabado (carrocerías de automóviles, pianos etc.)	3.000
Plancha metálica, trabajo:	
Prensado, corte, estampado, taladrado, máquinas diversas, trabajo medio de banco	500
Inspección de estuado, galvanizado, trazado	2.000 (6)
Productos lácteos: Industria de la leche	
Sala de bebida y almacén de botellas	300
Clasificación de botellas	500
Lavado de botellas	2.000 (6)
Lavado de bidones y equipo de frío	300
Llenado	
Inspección	1.000
Indicadores, paneles y termómetros (en la parte vista)	500
Laboratorios	1.000
Pasteurizadores, separadores y refrigeradores	300

TABLA 5.1 (CONTINUACION)

	Niveles recomendados (mínimos en cualquier momento) en Luz
Tanques, depósitos	
Interiores claros	200
Interiores oscuros	1,000
Pulido y bruido	1,000
Química (trabajos):	
Desecadores, hornos, alambiques, evaporadores, filtros, blanqueadores	300
Tanques, cristalizadores, extractores, coladores	300
Servicios:	
Escaleras, corredores, ascensores	200
Lavabos	300
Soldadura:	
Herramienta general	500
Soldadura de arco manual de precisión	10,000
Sombreros (fabrica de):	
Tela reforzada acordonado, limpieza y refinado	1,000
Conformación, dimensionado, perforado, bordado, acabado y planchado	2,000
Pesado	5,000
Tubos:	
Secado, limpieza general	300
Clasificación y apartado	2,000
Tubos:	
Local de mezcla	500
Estanterías, "iluminación vertical"	300
Interior del horno (mezcladores verticales)	500
Local de fermentación	300
Locales restantes	
Pan	300
Dulces y productos de confiterías	500
Hornos, puchas y empacquetado	300
Belleidos y otros ingredientes	500
Adornos y decoración	
México	500
Varios	1,000
Talleres mecánicos:	
Trabajos bastos de banco y máquina	500
Trabajos medios de banco y máquina, Máquinas automáticas ordinarias, cepillado basto, pulido y bruido medio	1,000
Trabajos finos de banco y máquina, Máquinas automáticas de precisión, cepillado medio, pulido y bruido fino	5,000
Trabajos de banco y máquina muy finos, cepillado fino	10,000

TABLA 5.1 (CONTINUACION)

	Niveles recomendados (mínimos en cualquier momento) en Lux
Textiles (fabrics) Algodón:	
Abrir, mezclar y pasar	300
Cardar, estrujar, toser, encamillar, hilar, urdir	500
Confección de piezas de telas	
Artículos grises	500
Mezchilla	1,500
Inspección	
Artículos grises (gurado a mano)	1,000
Mezchilla (movimiento rápido)	5,000
Estrado automático	1,500
Hilado a mano	2,000
Tejido	1,000
Sedás y tejidos sintéticos	
Fabricación	
Empacado, coloreado y acondicionamiento o coloración de líneas	300
Devanado, trenzado, rebobinado, encarrillado y enderezado;	
hebras claras	500
hebras oscuras	2,000
Saldas de telares (en diversas modalidades)	1,000
hilados en peñas o sobre alambres de los telares	2,000
tejido	1,000
Lana y estambre	
Clasificación	1,000
hilado (en bastidor o a máquina) Blanco	500
hilado (en bastidor o a máquina) Coloreado	1,000
Trenzado blanco	500
Urvido en peine blanco	1,000
Urvido coloreado	1,000
Urvido en peine coloreado	5,000
Trenzado blanco	500
Trenzado coloreado	500
Tejido blanco	1,000
Tejido coloreado	2,000
Locales para generos grises	
Borra	1,500
Hilos	3,000
Telas	700
Tintorerías planchado y limpiado:	
Reconocimiento y clasificación, limpieza en seco, húmeda y al vapor	500
inspección y localización de manchas	5,000
planchado a mano y a máquina	1,500
reparaciones y modificaciones	2,000
acabado húmedo, complementado, pegado, tratado y secado	500
tintes	1,000

TABLA 5.1 (CONTINUACION)

	Niveles recomendados (mínimos en cualquier momento) en Lux
Acabado en seco:	
Preparación, acondicionamiento, prensado y tejido	700
Corte	1,000
Inspección	20,000
Vidrio (trabajos de) :	
Sala de mezclas y horno, horno de prensados, máquinas sopladoras de vidrio	300
Molienda, corte de vidrio a medida, esmerinado	500
Molienda fina, pulido y biselado	1,000
Inspección, grabado y decorado	2,000
Zapaterías trabajo en material:	
Mesas de corte, merendo, males, raspado, clasificación y cosido de materiales oscuros.	3,000
Fabricación y acabado, lavado, revestimiento, barnizado, vulcanizado, corte de las suelas y palas, repujado, forrado, laminado, limpiado, teñido, alisado, pulido y estamizado	2,000
Zapaterías trabajo en goma	
Lavado, batido, mezcla y preparación del corcho	300
Barnizado, vulcanizado, satinado y corte de suelas	500
Laminado de suelas, forrado, proceso de fabricación y acabado	1,000

(1) Los valores oscuros son de 100 a 1000 lux, los claros son de 10 a 100 veces este nivel.

(2) En algunas ocasiones se necesitan valores más altos, con poca frecuencia, para la belleza de la escultura.

(3) Para un máximo iluminación: 5000 Lux.

(4) 100 millones de 1.5 del lux el humano de las zonas iluminadas.

(5) Cuando las pantallas son de un solo color se usan normales, las pantallas con colores sobre las líneas se necesitan 1,500 Lux o más.

(6) Alumbra de especial en lugares de difícil acceso para cubrir la superficie a inspeccionar, y de brillo lo suficientemente bajo para proporcionar más condiciones de confort para el trabajo.

5.2. NIVELES DE REFLECTANCIA EN PAREDES, PISOS Y PLAFONES.

Las reflectancias de las superficies de la habitación son muy importantes para mantener una cómoda relación de brillos dentro del campo de la visión, en este contexto, el término superficies de la habitación incluye el techo, paredes y suelo y a su vez los muebles, equipo y maquinarias.

Las superficies de gran reflectancia ayudan a reducir la diferencia de brillo entre el punto de trabajo y los alrededores, y asimismo la existente entre el equipo de alumbrado y el fondo sobre el que se ve.

Los factores de reflexión para habitaciones que a continuación se mencionan son los que se han demostrado más satisfactorios en condiciones normales con los niveles medios de iluminación actualmente en uso.

FACTORES DE REFLEXIÓN REPRESENTATIVOS	
Techos	70-90%
Paredes	40-60%
Suelos	20-30%

TABLA 5.2

Otros factores de reflexión dependiendo de las superficies y acabados son:

TABLAS DE REFLEXIONES APROXIMADAS

I.- SUPERFICIES DE PINTURA

TONO	COLOR	REFLEXION EN %
MUY CLARO	Blanco nuevo	88
	Blanco viejo	76
	Azul verde	76
	Crema	81
	Azul	65
	Miel	76
	Gris	83
CLARO	Azul verde	72
	Crema	79
	Azul	55
	Miel	70
	Gris	73
MEDIANO	Azul verde	54
	Amarillo	65
	Miel	63
	Gris	61
OBSCURO	Azul	8
	Amarillo	50
	Café	10
	Gris	25
	Verde	7
	Negro	3

TABLA 5.3

II.- SUPERFICIES DE MADERA CON BARNIZ.

COLOR	REFLEXIÓN EN %
Maple	43
Nogal	16
Caoba	12
Pino	48

TABLA 5.4

III.- ACABADOS METÁLICOS.

COLOR	REFLEXIÓN EN %
Blanco polarizado o esmalte hornado	70 - 85
Aluminio pulido	75
Aluminio mate	75
Aluminio claro	79
Aluminio medio	59

TABLA 5.5

IV.- ACABADOS DE CONSTRUCCIÓN APARENTES.

TIPO	REFLEXIÓN EN %
Roca basáltica	18
Cantera clara	18
Tabique muy pulido	48
Tabique rojo vidriado	30
Tabique pulido	40
Tabique rojo barnizado	30
Cemento	27
Concreto	40
Mármol blanco	45
Vegetación	25
Asfalto limpio	7
Adoquin de roca ígnea	17
Grava	13
Pasto (verde oscuro)	6
Pizarra	8

TABLA 5.6

TABLA 5.7 REFLEXION EN COLORES

101

FILA	SY	SYR	SR	SRP	SP	N	SGY	2.SG	ESG	7.5B	SPB	VALOR MUNSSELL	REFLECTANCIA
1												7/	40%
	7/6	7/6	7/6	7/6	7/6	N7/	7/6	7/6	7/4	7/6	7/6		
2												8/	60%
	8/6	8/4	8/4	8/4	8/4	N8/	8/4	8/4	8/4	8/4	8/4		
	← CALIDOS →				← NEUTROS →			← FRIOS →					
3												8/	60%
4												7/	40%
	8/1	8/1	8/2	8/2	8/2	N8/	8/1	8/1	8/1	8/1	8/1		
5												6/	30%
	7/2	7/2	7/2	7/2	7/2	N7/	7/2	7/2	7/2	7/2	7/2		
	6/2	6/2	6/2	6/2	6/2	N6/	6/2	6/2	6/2	6/2	6/2		
	8.5/10	7/10	6/10	6/10	6/8	N6/	8/8	7/8	7/6	6/8	6/10		
6												6/-8.5/	30-68%
	8.5/10	7/10	6/10	6/10	6/8	N6/	8/8	7/8	7/6	6/8	6/10		
	AMARILLO	ROJO AMARILLO	ROJO	ROJO PURPURA	PURPURA	NEUTRO	AMARILLO VERDE	VERDE	VERDE AZUL	AZUL	AZUL PURPURA		

5.3. NUEVOS TIPOS DE LUMINARIOS (ECONOMICOS).

Como hemos venido analizando en capitulos anteriores el consumo de energía eléctrica debido a la iluminación es alto y dispendioso. Por lo que es cada vez más necesario hacer una concientización en los usuarios.

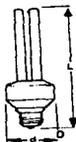
Esto nos lleva a desarrollar nuevos programas y campañas que den a conocer los distintos factores que intervienen en el ahorro de energía.

Uno de estos es la utilización de nuevos equipos de luminarios y Lámparas (económicas).

Ya señalamos que las lámparas incandescentes consumen mucha energía eléctrica y obtenemos de ellas poco flujo luminoso, corta vida, mucho calor, etc., este tipo de lámparas se puede sustituir con lámparas como las siguientes:

LÁMPARA CON BALASTRO ELECTRÓNICO Y CASQUILLO STANDARD INTEGRADO.

Fig. 5.1



7 W	≡	40 W	
11 W	≡	50 W	
15 W	≡	70 W	
20 W	≡	85 W	

Watts	Casquillo	Volts	Temp. De Color	Vida útil hrs.	Flujo luminoso
7	E-26	120	2700K	10,000	400
11	E-26	120	2700K	10,000	600
15	E-26	120	2700K	10,000	900
20	E-26	120	2700K	10,000	1200

de la cual obtenemos:

- * Hasta un 75% menos en consumo de energía, comparado con lámparas incandescentes.
- * Larga vida, dura hasta 9 veces más que las lámparas incandescentes.
- * Castillo standard para fácil instalación.
- * Encendido instantáneo, libre de parpadeo.
- * Luz cálida y confortable, similar a la incandescente.
- * Excelente rendimiento de color.

LAMPARA FLUORESCENTE COMPACTA.

Fig. 5.2



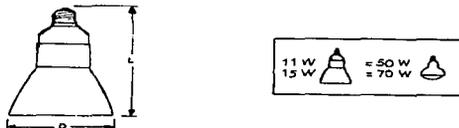
Watts	Casquillo	Temp. De Color	Vida útil hrs.	Flujo luminoso
9	G23-2	2700K	10,000	575
13	GX23-2	2700K	10,000	860

de la cual obtenemos:

- * Hasta 70% menos de consumo de energía comparado con lámparas incandescentes.
- * Larga vida de 10,000 horas, ideal para intervalos mayores de reemplazo.
- * Excelente rendimiento de color.
- * Temperatura de color de 2.700K y 3.500K.
- * Base con casquillo unilateral con arrancador y condensador supresor de interferencia integrados.

EL REFLECTOR

Fig. 5.3



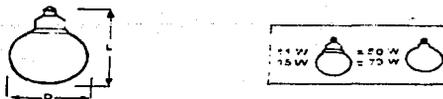
Watts	Casquillo	Volts	Temp. De Color	Vida útil hrs.	Flujo luminoso
11	E-26	120	2700K	10,000	315
15	E-26	120	2700K	10,000	335

de la cual obtenemos:

- * Larga vida de 10,000 horas, dura hasta 3 veces más que las lámparas reflectoras.
- * Hasta 75% de ahorro de energía comparado con lámparas reflectoras.
- * Casquillo standard para fácil instalación.
- * Luz cálida y agradable similar a la incandescente.
- * Excelente rendimiento de color.
- * Por su peso ligero, no tiene problemas en su instalación.

EL GLOBO. LAMPARA DECORATIVA CON AMPOLLA GLOBO.

Fig. 5.4



Watts	Casquillo	Volts	Temp. De Color	Vida útil hrs.	Flujo luminoso
11	E-26	120	2700K	10,000	315
15	E-26	120	2700K	10,00	335

de la cual obtenemos:

- * Luz suave y sin deslumbramiento gracias a su globo opal.
- * Tono de luz tan confortable.
- * Considerable ahorro de energía igual que la lámpara con balastro electrónico y casquillo standard integrado.

LAMPARA FLUORESCENTE DE ALTO RENDIMIENTO.

Fig. 5.5

Watts	Casquillo	Temp. De Color	Vida útil hrs.	Flujo luminoso
18	2G11	3000K	12,000	1250
18	2G11	3000K	12,000	1250
36	2G11	3000K	12,000	2900
40	2G11	3000K	12,000	3200
55	2G11	3000K	12,000	4800

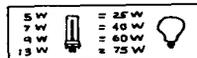
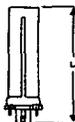


de la cual obtenemos:

- * Operación de encendido rápido, precalentamiento y balastro electrónico.
- * Vida útil similar a las lámparas fluorescentes lineales de hasta 20.000 horas.
- * Excelente rendimiento de color.
- * Castillo de conexión unilateral.

LAMPARA FLUORESCENTE COMPACTA.

Fig. 5.6



Watts	Temp. De Color	Vida útil hrs.	Flujo luminoso
5	2700K	10,000	250
70	2700K	10,000	400
9	2700K	10,000	600
13	2700K	10,000	900

de la cual obtenemos:

- * Hasta 75% menos de costo de energía.
- * Color similar a las lámparas incandescentes.
- * Gran eficiencia luminosa de hasta 69 lúmenes por watt.
- * Larga vida, dura hasta 10 veces más que las lámparas incandescentes.
- * Disponible en cuatro colores. (2700K, 3500K, 4100K, 5000K)
- * Excelente rendimiento de color.
- * Base con casquillo unilateral con arrancador supresor de interferencia integrados.

LAMPARA FLUORESCENTE COMPACTA DE COLORES.

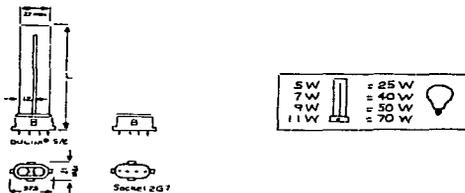
Watts	Vida útil hrs.	Flujo luminoso
9	10,000	167
9	10,000	167
9	10,000	167
9	10,000	167

Para iluminación decorativa y efectos especiales, éstas las lámparas están disponibles en rojo, verde, azul y amarillo.

El interior de las lámparas está cubierto con fósforo especial (amarillo con cubierta exterior) y ofrecen nuevas oportunidades en diseño creativo.

LAMPARAS FLUORESCENTES COMPACTAS PARA BALASTRO ELECTRONICO Y OPERACION CON ATENUADOR.

Fig. 5.7



Watts	Casquillo	Temp. De Color	Vida útil hrs.	Flujo luminoso
5	2G7	2700K	10,000	250
7	2G7	2700K	10,000	400
9	2G7	2700K	10,000	600
11	2G7	2700K	10,000	900

de la cual obtenemos:

- * Pequeño diámetro de tubo, extremadamente plano.
- * Unidad de energía 5W, 7W, 9W, 11W.
- * Paquetes de flujo luminoso de 250 Lm a 90 Lm.
- * Combinable con lámparas fluorescentes compactas para iluminación de emergencia, esto facilita el mismo diseño de la luminaria.

LAMPARA FLUORESCENTE COMPACTA PARA BALASTROS ELECTRONICOS.

Fig. 5.8



Watts	Casquillo	Temp. De Color	Vida útil hrs.	Flujo luminoso
10	G24q-1	2700K	10,000	600
13	G24q-1	2700K	10,000	900
18	G24q-2	2700K	10,000	1250
26	G24q-3	2700K	10,000	1800

de la cual obtenemos:

- Sustitución de las lámparas incandescentes de hasta 130 watts.
- Vida útil de 10,000 horas.
- Encendido instantáneo libre de parpadeo con balastro electrónico.
- Permite operación de CA/DC con balastro electrónico.
- Temperatura de color semejante a la incandescente: 2700K y 4100K de luz fría.

LAS LÁMPARAS HQI

Son lámparas de halogenuros metálicos de gran intensidad luminosa, son fuentes de luz concentrada para espacios que requieren lámparas de alto rendimiento luminoso y excelente reproducción cromática. Poseen un rendimiento de color de primer nivel de hasta 90% y diferentes tonos de luz.

El ciclo regenerador de halógeno evita el ennegrecimiento del cuarzo y mantiene durante mucho tiempo las cualidades de las tierras raras y con esto, la alta eficiencia luminosa (hasta 90 Lm/W) y la larga vida útil de las lámparas.

Larga vida útil

Las lámparas HQI tienen un promedio de vida de 10,000 horas. Haciendo una Comparación, las lámparas incandescentes PAR, deben ser reemplazadas cada 2,500 horas. Esta diferencia disminuye los costos de reposición.

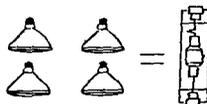


Fig. 5.9

Reducción considerable de la carga calorífica.

Ejemplo: Para alcanzar en un escaparate, un nivel de iluminación de 1,500 Lx, se necesitan 30 lámparas reflectoras PAR de 150W ó 4 HQI - TS de 150W. De esta forma la carga calorífica disminuye de 4,500W con lámparas PAR a 680W con lámparas HQI (incluyendo equipo auxiliar).

Watts	Temp De Color	Flujo luminoso	Vida útil hrs
35	3000	2400	10,000
70	4300	5500	10,000
150	4300	1250	10,000
250	5200	1900	10,000
400	5600	3300	10,000

5.4 RECOMENDACIONES PARA OPTIMIZAR LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN.

Es una realidad que los sistemas de iluminación deben evolucionar ofreciendo una mejor tecnología a menor costo, sin descuidar el ahorro de energía que ofrecen. Pero como se ha mencionado anteriormente, esto no es todo lo que se puede hacer para optimizar los sistemas de iluminación.

Un punto elemental es la concientización de los proyectistas, diseñadores y arquitectos en esta problemática, ya que ellos son los que de forma directa pueden contribuir a que en sus proyectos, se pueda aprovechar más la luz solar (como por ejemplo dar una buena orientación, proyectar áreas las cuales tengan más entrada de luz natural, calcular los alimentadores con un rango mayor de capacidad, para evitar pérdidas por el calentamiento en los conductores, etc.).

Como se ve la arquitectura urbana moderna se está encaminando a la utilización de mucho vidrio en sus fachadas, esto por estética en la mayoría de los casos, digo esto por que gran parte de los edificios de este tipo poseen vidrios con polarizados que no dejan pasar la luz solar, provocando la necesidad de utilizar la luz artificial casi todo el tiempo. Aunado a la utilización de luminarios de bajo voltaje (Que se ven muy bonitos pero no contribuyen con el ahorro de energía).

También la falta de mantenimiento en las instalaciones y el uso de nuevos difusores son de importancia ya que como se ve a continuación contribuyen de manera directa.

Observamos que el nivel de iluminación está en función de 4 parámetros: los lúmenes iniciales emitidos por el total de las lámparas, el coeficiente de utilización del luminario empleado y las características del local, el factor de mantenimiento y el área del local por iluminar. Cabe hacer notar que la altura del cuarto y la altura de montaje de los luminarios son considerados en el C.U.

En este C.U. es fundamental la reflectividad de las superficies en condiciones semejantes a las originales. En cuanto a los lúmenes de las lámparas y el área del local, son parámetros restantes si podemos influir para tener niveles mayores de iluminación.

Otro punto importante dentro del mantenimiento, es la sustitución rápida de los elementos fallados o en mal estado para que esto no resulte en detrimento de los demás elementos del sistema y de los niveles de iluminación.

COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN (C.U.)

Como se mencionó anteriormente, el C.U. es el porcentaje de la luz generada por las lámparas que finalmente incide en el plano de trabajo. Para que el C.U. sea de un valor elevado, es necesario que las superficies del local (paredes y techo, principalmente) tengan una alta reflectancia, lo que se logra al pintarlas con colores claros. Es posible incrementar el valor del C.U. hasta en un 30% cuando las superficies que han perdido su reflectancia por la suciedad en el local o el deterioro de su acabado se repintan con colores claros.

Para conservar la reflectancia de las superficies interiores del luminario, es necesario limpiar y lavar periódicamente y en su caso, repintar o sustituir la lámina principal; es conveniente estudiar el sobreponer una nueva lamina pintada o especular.

FACTOR DE MANTENIMIENTO.

Este factor se define como la relacion entre la iluminancia media en el plano de trabajo después de un cierto periodo de uso, la iluminancia media en el mismo cuando la instalacion es nueva. Como se mencionó, toma en cuenta la depreciación de lúmenes de lámpara, la depreciación por polvo en el luminario y la depreciación por suciedad del local, entre otros factores.

El flujo luminoso de todas las lámparas disminuye con el uso, pero hay amplias diferencias en tal depreciación de acuerdo, principalmente, al tipo de lámpara, influyendo además la calidad de la misma y la del balastro y las condiciones de funcionamiento, como por ejemplo frecuencia de encendidos, variaciones de voltaje, temperatura de operación, posición de montaje, etc.

La mayor pérdida de luz puede atribuirse usualmente al polvo y suciedad acumulados en la lámpara, en las superficies del luminario que controlan el flujo luminoso y en el difusor. La depreciación debida al polvo acumulado en estas superficies depende de su ángulo de inclinación, acabados, temperatura, propiedades electrostáticas y del grado de ventilación, de su hermeticidad al polvo y de la contaminación existente en la atmósfera circundante. Esta acumulación de polvo significa un factor muy importante para la pérdida de luz.

Debido a la acumulación de suciedad en las paredes del local, se reduce su capacidad de reflexión y por consiguiente, la cantidad de iluminación en el plano de trabajo. La limpieza o repintado periódico de techos, paredes y otras superficies (plafón falso, puertas, ventanas, etc.) reduce el efecto de acumulación de suciedad en estas. Es importante en el repintado el considerar aspectos tales como el acabado superficial, color, brillo, propiedades electrostáticas.

La suciedad en el local se considera que proviene de dos fuentes, aquella que pasa de atmósferas adyacentes al local donde se encuentra el luminario y la que se genera por el trabajo realizado en la atmósfera circundante al luminario, esta última puede clasificarse como adhesiva, atraída o inerte y puede provenir de fuentes constantes o intermitentes. En todos los casos se disminuye el coeficiente de reflexión.

adhesiva.- se pega a las superficies del local y luminario debido a lo adherente de su naturaleza (ej. grasa producida al cocinar, partículas generadas por la operación de máquinas, partículas transportadas por vapores aceitosos de agua como en lavanderías).

atraída.- se mantienen por efecto de fuerzas electrostáticas (ej. Pelo, pelusa, fibras o partículas secas cargadas electrostáticamente, tales como harina seca, aserrín, cenizas finas, etc.)

inerte.- variará en acumulación, prácticamente no existe en superficies verticales hasta tanto como pueda soportar una superficie horizontal antes de ser desalojada por la gravedad o circulación de aire.

En general, la limpieza de las diferentes superficies de los luminarios y de las lámparas puede ser llevada a cabo con un trapo húmedo y agua, cuando así se requiera. Se debe tener cuidado cuando se realice esta actividad y estén energizadas las líneas, procurando no tocar aquellas partes que estén en contacto directo con las líneas y de esta manera evitar descargas de corriente que pueden dañar. Si las superficies de muros y techos tienen suciedad acumulada o presentan deterioros en sus acabados, es recomendable repintarlas y aprovechar la ocasión para hacerlo con colores claros, si no eran utilizados estos anteriormente.

Por otra parte, cuando se presentan fallas en los componentes del sistema de alumbrado, la tardanza en su sustitución trae como consecuencia mayores problemas al sistema de alumbrado. Los niveles de iluminación se reducen si dejan de funcionar una o más lámparas de un luminario y no son sustituidas; el balastro seguirá consumiendo energía aunque las lámparas no emitan luz, pudiendo además llegar a sobrecalentarse, reducir su vida y la vida de los demás componentes.

Los valores iniciales de iluminancia pueden recuperarse periódicamente mediante la limpieza de los luminarios y el remplazo oportuno de las lámparas. El intervalo más económico para efectuar la limpieza de una instalación de alumbrado dependerá del tipo de luminario, del grado de acumulación de polvo y del costo de dicha limpieza. Es más económico que la limpieza coincida con el remplazo de las lámparas. Lo que no implica que solo se realice cuando suceda esto.

No seguir este procedimiento tendrá como consecuencia:

- Niveles de iluminancia sustancialmente inferiores a los iniciales
- Reducción del rendimiento económico de la inversión efectuada.
- Aspecto de abandono de toda la instalación de alumbrado.

REFLECTORES ÓPTICOS ESPECULARES

Los Reflectores ópticos especulares no son dispositivos ahorradores de energía, sino dispositivos promotores del ahorro de energía, ya que por sí solos no ahorran energía, pero lo promueven, al eliminar la mitad de las lámparas instaladas en instalaciones con niveles de lo recomendado y/o gabinetes muy deteriorados y/o sin adecuada distribución.

UTILIZACIÓN DE REFLECTORES ÓPTICOS ESPECULARES

El uso de reflectores ópticos especulares tiene primordialmente dos objetos:

- 1.- Aumentar la eficacia del luminario.

En luminarios envejecidos permiten aumentar la eficacia de los gabinetes donde la superficie reflectora del gabinete ha perdido su reflectancia por el deterioro de la pintura por degradación, corrosión, acabados, etc.

2.- Dirigir (concentrar) más eficientemente el flujo luminoso.

En luminarios donde se tienen instalados gabinetes de mala calidad, en los cuales el flujo luminoso no es dirigido al plano de trabajo siguiendo una curva fotométrica adecuada previamente establecida (parábola, elipse, etc.)

Para estos dos casos se debe hacer un estudio de la conveniencia y factibilidad del uso de reflectores ópticos especulares

Los reflectores ópticos especulares reducen el número de Watts por luminario al 50%. En el caso de los luminarios de 2 lámparas se puede tener instalada una, en el caso de 4 lámparas, solo instalar 2, con la desventaja de que se disminuye sensiblemente el nivel promedio de iluminación

Es importante aclarar que no en todos los casos el uso de reflectores ópticos especulares es adecuado, ya que el nivel de iluminación disminuye al retirar el 50% de las lámparas, no se recomienda en lugares donde el nivel de iluminación existente es el mínimo aceptable, y si donde los niveles de iluminación están por arriba de lo recomendado.

Para nuevas construcciones o remodelaciones se recomiendan gabinetes de alta calidad, considerando: calibre de lámina, adherencia y reflectancia de la pintura, en lugar de gabinetes más baratos y reflector óptico

El uso de reflectores ópticos especulares modifica la distribución de la iluminación, produciendo una pérdida de uniformidad en el nivel de iluminación, y un efecto de pérdida de luz en la periferia superior de las paredes.

También tienen ahorros en los costos de la energía por la disminución de carga térmica al tener menos lámparas y balastos instalados.

La decisión de usar reflectores ópticos debe estar basada en consideraciones económicas, de ingeniería, de calidad de iluminación, psicológicas y estéticas.

Se debe tener mucha seriedad en el trato con los proveedores de estos reflectores, ya que a sabiendas o no, falsean totalmente las cualidades lumínicas, técnicas y económicas

CAPITULO VI

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN.

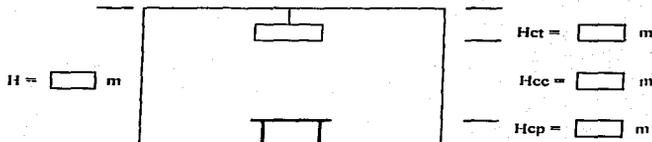
En este capítulo desarrollaremos un sistema de iluminación para interiores y describiré los pasos a seguir por el diseñador cuando planea una instalación nueva o cuando reemplace alguna ya en uso.

Análisis del espacio.

Como vimos en el capítulo 4 de este trabajo, podemos utilizar la siguiente hoja de cálculo, si las condiciones son homogéneas en todas sus partes o para una sola sección si no lo son. A medida que el diseñador reúna datos debe vaciarlos a dicha hoja de trabajo, entonces se tendrá una referencia para realizar los cálculos de iluminación.

HOJA DE CALCULO PARA EL MÉTODO DE CAVIDAD ZONAL

1.- Dimensiones del local: L m A m



2.- Relaciones de cavidad

A. $RCC = 5 Hcc (L + A) / (L \times A) =$

B. $RCT = 5 Hct (L + A) / (L \times A) =$

C. $RCP = 5 Hcp (L + A) / (L \times A) =$

3.- Reflectancias (reales)

Techo (Pt) % Paredes (Pw) % Piso (Pp) %

4.- Reflectancias (efectivas)

$P_{ec} = P_w$

$P_{et} = \text{[] \%} \quad P_{ep} = \text{[] \%}$

5.- Datos del luminario

Marca

Modelo

Tipo

A. Lámpara []

B. Lúmenes []

C. Lámparas / Luminario []

D. Lúmenes / Luminario []

6.- Coeficiente de utilización

C. U. []

$C. U. (\text{corregido}) = C. U. \times \text{[]} = \text{[]}$

7.- Factor de mantenimiento: F. M. []**8.- Nivel de iluminación requerido (luxes) []**

9.- Lúmenes totales = (Luxes x Área) / (C. U. x F. M.) = []

10.- N° de Luminarios = Lúmenes totales / Lúmenes por luminario = []

Dimensiones del local.

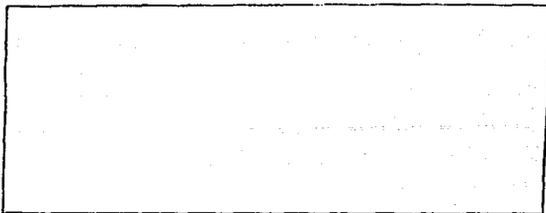
El diseñar el sistema de iluminación como si el local fuera un lugar vacío puede producir resultados indeseables. Por lo tanto, el diseñador debe obtener un plano completo del lugar que incluya la ubicación exacta de donde se instalarán las áreas de trabajo y de más mobiliarios que pudieran impedir que la luz llegue adecuadamente al plano de trabajo, si el lugar está lleno de mobiliario o divisiones de cancelería debe dividirse en secciones más pequeñas.

Para el desarrollo del ejemplo supongamos iluminar una fábrica de zapatos en la cual se realizan trabajos de cosido y acabados en piel. La cual tiene 100 metros de largo por 60 de ancho, es decir 6000 metro cuadrados, la cual está dividida en 6 departamentos, pero la podemos calcular como una sola, debido a que no cuenta con divisiones ni cancelería.

Nivel de iluminación recomendado.

En el capítulo 5 se indican los niveles de iluminación recomendados por la Illuminating Engineering Society (IES). En esta podemos observar que el nivel de iluminación recomendado para el trabajo de este ejemplo es de 1000 lux.

L = 100 mts



A = 60 mts

Longitud = 100 mts
 Ancho = 60 mts
 Altura = 8.5 mts
 Altura plano de trabajo = 1m
 cavidad del techo = 1.5m
 cavidad del local = 6m

Reflectancias.

Las reflectancias del local (medidas o estimadas)

Techo = 70%

Paredes = 30%

Piso = 10%

Relacion de Cavidad en techo = $\frac{5(h)(\text{largo} + \text{ancho})}{\text{largo} \times \text{ancho}}$

$$= \frac{5(1.5)(100 + 60)}{100 \times 60}$$

$$\text{RCT} = 0.2$$

Relacion de Cavidad en local = $\frac{5(6)(100 + 60)}{100 \times 60}$

$$\text{RCL} = 0.8$$

$$\text{Relacion de Cavidad en piso} = \frac{5(1)(100 + 60)}{100 \times 60}$$

$$\text{RCP} = 0.1$$

Determinando la reflexiones efectivas mediante tabla 4.7 de la cavidad del techo y del piso tomando en cuenta las relaciones de cavidad.

Para techo:

Con reflectancia de techo del 70%

Con reflectancia de pared del 30%

Con una relación de cavidad de techo de 0.2

$$\text{Reflectancia efectiva de techo} = 66\% = .66$$

Para piso:

Con una reflectancia de piso del 10%

Con una reflectancia de pared del 30%

Con una relacion de cavidad de piso de 0.1

$$\text{Reflectancia efectiva de piso} = 10\%$$

Como se puede apreciar en el capítulo III de este trabajo es conveniente para nuestros propósitos utilizar luminarias de vapor de sodio de alta presión, debido a su mayor eficiencia. Una luminaria de 400 Volts tiene una potencia luminosa de aproximadamente 50,000 lumens iniciales.

Coefficiente de utilización.

Obtenemos el coeficiente de utilización de los datos fotometricos de dicha luminaria dados por el fabricante (pagina 118) con los datos obtenidos

Porcentaje de reflectancia efectiva de techo = 66%

Porcentaje de reflectancia efectiva en paredes = 30%

Relación de cavidad de local = 8

como se puede ver para obtener el coeficiente con los datos anteriores se tiene que realizar alguna interpolaciones. Las cuales después de realizarlas dan como resultado que el coeficiente de utilización es = 70.36

COEFICIENTES DE UTILIZACION: MEDIDA DE LA CAVIDAD ZONAL

RELACION ENTRE LA CAVIDAD ZONAL Y EL ANGULO DE LA LAMPARA

RELACION ENTRE LA CAVIDAD ZONAL Y EL ANGULO DE LA LAMPARA		REACTANCIA OPTICA DE LA CAVIDAD DEL TIPO: PORCENTAJE									
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
RAZON DE CAVIDAD DEL TIPO (C)	0.1	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	0.2	43	46	49	50	51	52	53	54	55	56
	0.3	36	38	40	42	44	45	47	48	50	51
	0.4	29	31	33	35	37	38	40	42	44	45
	0.5	23	25	27	29	31	32	34	36	38	40
	0.6	18	20	22	24	26	27	29	31	33	35
	0.7	14	16	18	20	22	23	25	27	29	31
	0.8	11	13	15	17	19	20	22	24	26	28
	0.9	9	11	13	15	17	18	20	22	24	26
	1.0	8	10	12	14	16	17	19	21	23	25

ESPACIAMIENTO MAXIMO RECOMENDADO

3 VECES LA ALTURA SOBRE EL PLANO DE TRAZADO

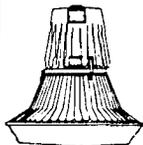
NOTA: EL LUMEN EN UNO DE LOS DOS EXTREMOS DE LA LAMPARA DEBE SER AL MENOS EL 10% DEL LUMEN EN EL CENTRO DE LA LAMPARA. EL LUMEN EN UNO DE LOS EXTREMOS DE LA LAMPARA DEBE SER AL MENOS EL 10% DEL LUMEN EN EL CENTRO DE LA LAMPARA. EL LUMEN EN UNO DE LOS EXTREMOS DE LA LAMPARA DEBE SER AL MENOS EL 10% DEL LUMEN EN EL CENTRO DE LA LAMPARA.

PARA 1 000 LUMENES DE LA LAMPARA

PARTE	ESPACIAMIENTO MAXIMO RECOMENDADO
1	3
2	3
3	3
4	3
5	3
6	3
7	3
8	3
9	3
10	3
11	3
12	3
13	3
14	3
15	3
16	3
17	3
18	3
19	3
20	3
21	3
22	3
23	3
24	3
25	3
26	3
27	3
28	3
29	3
30	3
31	3
32	3
33	3
34	3
35	3
36	3
37	3
38	3
39	3
40	3
41	3
42	3
43	3
44	3
45	3
46	3
47	3
48	3
49	3
50	3
51	3
52	3
53	3
54	3
55	3
56	3
57	3
58	3
59	3
60	3
61	3
62	3
63	3
64	3
65	3
66	3
67	3
68	3
69	3
70	3
71	3
72	3
73	3
74	3
75	3
76	3
77	3
78	3
79	3
80	3
81	3
82	3
83	3
84	3
85	3
86	3
87	3
88	3
89	3
90	3
91	3
92	3
93	3
94	3
95	3
96	3
97	3
98	3
99	3
100	3

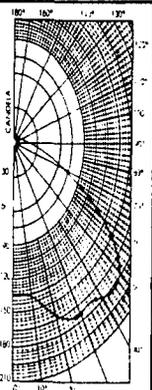
SUMA DE DATOS	
LAMPARA	CAVIDAD
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9
10	10
11	11
12	12
13	13
14	14
15	15
16	16
17	17
18	18
19	19
20	20
21	21
22	22
23	23
24	24
25	25
26	26
27	27
28	28
29	29
30	30
31	31
32	32
33	33
34	34
35	35
36	36
37	37
38	38
39	39
40	40
41	41
42	42
43	43
44	44
45	45
46	46
47	47
48	48
49	49
50	50
51	51
52	52
53	53
54	54
55	55
56	56
57	57
58	58
59	59
60	60
61	61
62	62
63	63
64	64
65	65
66	66
67	67
68	68
69	69
70	70
71	71
72	72
73	73
74	74
75	75
76	76
77	77
78	78
79	79
80	80
81	81
82	82
83	83
84	84
85	85
86	86
87	87
88	88
89	89
90	90
91	91
92	92
93	93
94	94
95	95
96	96
97	97
98	98
99	99
100	100

BRILLANTEZ PROMEDIO	
ANGULO	LUMEN
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9
10	10
11	11
12	12
13	13
14	14
15	15
16	16
17	17
18	18
19	19
20	20
21	21
22	22
23	23
24	24
25	25
26	26
27	27
28	28
29	29
30	30
31	31
32	32
33	33
34	34
35	35
36	36
37	37
38	38
39	39
40	40
41	41
42	42
43	43
44	44
45	45
46	46
47	47
48	48
49	49
50	50
51	51
52	52
53	53
54	54
55	55
56	56
57	57
58	58
59	59
60	60
61	61
62	62
63	63
64	64
65	65
66	66
67	67
68	68
69	69
70	70
71	71
72	72
73	73
74	74
75	75
76	76
77	77
78	78
79	79
80	80
81	81
82	82
83	83
84	84
85	85
86	86
87	87
88	88
89	89
90	90
91	91
92	92
93	93
94	94
95	95
96	96
97	97
98	98
99	99
100	100



DATOS DE DISTRIBUCION

ANGULO	LUMEN	CAVIDAD	BRILLANTEZ
1	1	1	1
2	2	2	2
3	3	3	3
4	4	4	4
5	5	5	5
6	6	6	6
7	7	7	7
8	8	8	8
9	9	9	9
10	10	10	10
11	11	11	11
12	12	12	12
13	13	13	13
14	14	14	14
15	15	15	15
16	16	16	16
17	17	17	17
18	18	18	18
19	19	19	19
20	20	20	20
21	21	21	21
22	22	22	22
23	23	23	23
24	24	24	24
25	25	25	25
26	26	26	26
27	27	27	27
28	28	28	28
29	29	29	29
30	30	30	30
31	31	31	31
32	32	32	32
33	33	33	33
34	34	34	34
35	35	35	35
36	36	36	36
37	37	37	37
38	38	38	38
39	39	39	39
40	40	40	40
41	41	41	41
42	42	42	42
43	43	43	43
44	44	44	44
45	45	45	45
46	46	46	46
47	47	47	47
48	48	48	48
49	49	49	49
50	50	50	50
51	51	51	51
52	52	52	52
53	53	53	53
54	54	54	54
55	55	55	55
56	56	56	56
57	57	57	57
58	58	58	58
59	59	59	59
60	60	60	60
61	61	61	61
62	62	62	62
63	63	63	63
64	64	64	64
65	65	65	65
66	66	66	66
67	67	67	67
68	68	68	68
69	69	69	69
70	70	70	70
71	71	71	71
72	72	72	72
73	73	73	73
74	74	74	74
75	75	75	75
76	76	76	76
77	77	77	77
78	78	78	78
79	79	79	79
80	80	80	80
81	81	81	81
82	82	82	82
83	83	83	83
84	84	84	84
85	85	85	85
86	86	86	86
87	87	87	87
88	88	88	88
89	89	89	89
90	90	90	90
91	91	91	91
92	92	92	92
93	93	93	93
94	94	94	94
95	95	95	95
96	96	96	96
97	97	97	97
98	98	98	98
99	99	99	99
100	100	100	100



Con todos los datos anteriores podemos encontrar el numero de luminarios

$$\text{Numero de luminarios} = \frac{\text{Nivel luminoso en lux} \times \text{áreas}}{\text{Lamparas por luminario} \times \text{Lúmenes por lampara} \times \text{C.U.} \times \text{F.M}}$$

Si:

$$\text{Area} = 100 \times 60 = 6000\text{m}^2$$

$$\text{Nivel recomendado} = 1000 \text{ luxes}$$

$$\text{Numero de luminarios por lampara} = 1$$

$$\text{C.U.} = .7036$$

$$\text{Factor de mantenimiento (F.M.)} = .70$$

sustituyendo:

$$\text{Numero de luminarios} = \frac{1000 \times 6000}{1 \times 50000 \times .7036 \times .70}$$

$$\text{Numero de luminarios} = 243.64$$

$$\text{Numero de luminarios} \approx 244$$

el área promedio por cada luminario será :

$$\frac{\text{Area total}}{\text{Num lum}} = \frac{6000}{244} = 24.59 \text{ m}^2$$

El espaciamiento entre luminarios es:

$$\begin{aligned} \text{espaciamiento promedio} &= (\text{área promedio})^{1/2} \\ &= (24.59)^{1/2} \\ &= 4.9588 \\ &\approx 4.96 \end{aligned}$$

El número de luminarios por hilera es:

$$a \text{ lo largo} = \frac{100}{4.96} = 20.1613 \approx 20$$

$$a \text{ lo ancho} = \frac{60}{5} = 12.0968 \approx 12$$

CONCLUSIONES

Durante el desarrollo del presente trabajo, pude observar la diversidad de factores que intervienen para el ahorro de energía en los sistemas de iluminación de interiores.

Actualmente el ahorro de energía ocupa un lugar de gran importancia a nivel mundial, esto es debido a los cambios que estamos experimentando y una problemática global generada por la escasez de recursos naturales, tanto renovables como no renovables.

Las distintas causas son: La sobre población, la contaminación del medio ambiente y la falta de recursos monetarios entre otros.

Por lo anterior es necesaria la investigación y la aplicación de nuevas tecnologías, con las cuales se logren obtener mayores beneficios utilizando los mismos recursos con los que se cuenta en la actualidad, sin perder los beneficios que se tienen.

En general de lo anterior surgió mi inquietud por desarrollar este tema en particular, enfocado al ahorro de energía en la iluminación de interiores.

Los sistemas de iluminación artificial que se utilizan actualmente (hablando de nuestro país), son en la mayoría de los casos sistemas que tienen muchas deficiencias, debido sobre todo a la falta de mantenimiento y un mal diseño.

Como se pudo comprobar, los sistemas de iluminación constituyen un porcentaje considerable en el consumo de energía eléctrica. El cual podría ser disminuido de gran forma, si aplicáramos algunas nuevas medidas. Que pueden realizarse con inversiones casi nulas hasta grandes inversiones.

Reconozco que la labor desempeñada por la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, es buena pero creo que la falta de recursos y de incentivos por parte de los usuarios y las dependencias es un impedimento que solamente mediante la implantación de nuevos programas podrá lograr el cumplimiento de estos objetivos.

Considero de gran importancia que los diseñadores de los sistemas, estén actualizados tanto en las Normas Nacionales como Internacionales y conozcan los diversos equipos que ofrece actualmente el mercado, para poder proponer una buena solución de los proyectos a realizar, sin afectar los intereses del usuario y sin descuidar el ahorro de energía. Puesto que también al contribuir con los ahorros de energía, estamos contribuyendo a la mejora de nuestro medio ambiente.

Este trabajo tiene como función poder dar a los interesados en la materia una idea general respecto al ahorro de energía en la iluminación de interiores.

El desarrollo del tema "OPTIMIZACIÓN DE DISEÑOS Y AHORRO DE ENERGÍA EN ILUMINACIÓN PARA INTERIORES", es un tema muy extenso y requiere de tener un amplio conocimiento que actualmente no poseo, pero las recomendaciones que hice durante el trabajo, fueron recaudadas por mí con ingenieros especialistas en la materia.

BIBLIOGRAFÍA :

IES Lighting handbook, Illuminating Engineering Society of north América, 1981

Manual de alumbrado, Westinghouse. edit. Dossat s.a., 4ª edición.

El ABC de las instalaciones eléctricas industriales, Gilberto Enriquez harper. edit. Limusa, 1987.

Manual de alumbrado, Philips, 1976

Sistemas de iluminación industriales, Frier, edit. Limusa, 1986.

Normas técnicas para instalaciones eléctricas, Parte 1, 1985, Dirección general de normas secofin.

Manual de instalaciones eléctricas residenciales e industriales. Gilberto Enriquez harpe. Edit. Limusa.

Instalaciones eléctricas practicas, Becerril I. Diego o.

Calculations for electrical Work, J.F. Mc. Partland, electrical constriution and maintenance, 1971

Directriz Federal # 3, Guía de mantenimiento al alumbrado en edificios, 1994
Comisión Nacional para el ahorro de Energía, Dirección de inmuebles y alumbrado publico.

Guía de implantación # 2 de medidas de ahorro de energía (AME). Alumbrado, Substitución de lamparas ,1994. Comisión Nacional para el ahorro de Energía . Dirección de inmuebles y alunbrado publico.

Fundamentos de lamparas e iluminación, Willard Alphin, Focosa