

115



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

**USO EFICIENTE DE LA ILUMINACIÓN PARA
UN GIMNASIO FAMILIAR**

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TESIS

PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

PRESENTA:

JAVIER EDUARDO VEGA ROJAS

ASESOR: M en.A. I. PEDRO GUZMÁN TINAJERO

CUAUTITLAN, IZCALLI

EDO DE MÉXICO, 2002



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS

Gracias señor por la oportunidad que me diste de venir a este mundo. Así como también por la familia tan maravillosa que me has dado y por permitirme conocer y tratar personas que me han demostrado el significado de la amistad. Gracias Dios por todas tus bendiciones.

A LA UNAM

Agradezco a la institución que me ha enriquecido tanto en mi formación, no solo como profesionista sino también como persona. Gracias Universidad nunca podré corresponderte enteramente, pero siempre te llevaré en mi corazón.

A MIS ASESORES

Gracias por sus sugerencias para el mejoramiento de esta Tesis y por todo su apoyo, y en especial gracias Pedro por el impulso que me diste para dar este paso más en mi caminar profesional.

A MIS PADRES

A mis Padres les tengo que dar las gracias de todo lo que soy y represento ya que gracias a ellos, existo y puedo reflejar a mis seres amados todo el amor y los valores que me inculcaron.

Gracias Padres espero no defraudarlos nunca

INDICE	1
INTRODUCCIÓN	7
OBJETIVO E HIPÓTESIS	11
CAPITULO I.- EL PROCESO VISUAL	13
1.1 <i>Introducción</i>	14
1.2 <i>El ojo y la visión</i>	15
1.3 <i>El proceso Visual</i>	16
1.4 <i>Anatomía del Sistema Visual Humano</i>	17
1.5 <i>Matiz, Brillo y Saturación</i>	21
1.5.1 <i>Matiz</i>	21
1.5.2 <i>Brillo</i>	22
1.5.3 <i>Saturación</i>	23
CAPITULO II.- .- PROPIEDADES DE LA LUZ	24
2.1 <i>Introducción Histórica</i>	25
2.2 <i>Características Físicas de la Luz</i>	26
2.3 <i>Leyes Ópticas</i>	28
2.3.1 <i>Reflexión</i>	28
2.3.2 <i>Absorción</i>	29
2.3.3 <i>Refracción</i>	29

CAPITULO III.- PRIMEROS INTENTOS DE ILUMINACIÓN.....	30
3.1 Introducción.....	31
3.2 Primeras Fuentes de Iluminación.....	32
3.2.1 El Fuego.....	32
3.2.2 Lámparas de Aceite	33
3.2.4 Velas.....	35
3.2.4 Lámparas de Gas.....	36
3.2.5 Lámparas Eléctricas.....	37
3.2.6 Lámparas de Descarga Eléctricas.....	40
CAPITULO IV.- LA LUZ.....	43
4.1 La Luz.....	44
CAPITULO V.- ANTECEDENTES DE LA ILUMINACIÓN ELÉCTRICA	45
5.1 Historia.....	46
5.2 Introducción.....	46
5.3 Tecnología de La Iluminación Eléctrica.....	47
5.4 Tipos de Lámparas.....	48

CAPITULO VI.- PLANIFICACIÓN DE LA ILUMINACIÓN.....	50
6.1 Cantidad de Luz.....	51
6.2 Factores que Afectan Los Niveles de Luz.....	51
6.3 Ambiente.....	52
6.4 Coeficiente de Reflexión del color.....	53
6.5 Luminancia e intensidad de la Luz.....	54
6.6 Elementos del Diseño de Iluminación.....	56
6.7 Tipos de Iluminación.....	56
6.7.1 Luz para Ver.....	57
6.7.2 Luz para Mirar.....	58
6.7.3 Luz para Contemplar.....	58
6.8 Cantidad y Calidad en La Iluminación.....	59
6.8.1 Brillantes.....	60
6.8.2 Contraste.....	61
6.8.3 Tiempo.....	61
6.9 Tipos de Iluminación.....	63
6.9.1 Iluminación Directa.....	63
6.9.2 Iluminación Indirecta.....	63
6.9.3 Iluminación Semidirecta o semiindirecta.....	64
6.9.4 Iluminación Difusa.....	64
6.10 Los Puntos Luminosos.....	66
6.11 Distribución de La Luz.....	67

6.12 Factor de Reflexión de las Paredes.....	68
6.13 Grado de Uniformidad.....	69
6.14 Nivel de Iluminación.....	69
6.15 Distribución Espacial de la Luz.....	71
6.16 Deslumbramiento.....	74
6.16.1 Directa.....	74
6.16.2 Reflejada.....	74
6.17 Conceptos Básicos de Iluminación.....	75
CAPITULO VII.- LUMINARIAS.....	77
7.1 Introducción.....	78
7.2 Clasificación.....	79
7.3 Clasificación del Sistema óptico.....	79
7.4 Distribución del Flujo Luminoso.....	81
7.4.1 Cubiertas de Cristal.....	81
7.4.2 Difusores.....	82
7.4.3 Refractores.....	83
7.4.4 Reflectores.....	85
7.5 Clasificación según sus características.....	87
7.5.1 Clasificación según sus características Mecánicas.....	87
7.5.2 Clasificación según sus características Eléctricas.....	90
7.5.3 Clasificación según sus características Estéticas.....	91

7.6	<i>Características Generales de los Luminarios.....</i>	91
7.7	<i>Clasificación de los Luminarios según su uso.....</i>	92
7.8	<i>Curvas Fotométricas.....</i>	93
7.9	<i>Mantenimiento Aleatorio Programado.....</i>	95
7.10	<i>Medida de La Iluminación.....</i>	96

CAPITULO VIII.- LÁMPARAS Y LUMINARIAS.....97

8.1	<i>Lámparas y Luminarias.....</i>	98
8.2	<i>Tipos de Fuentes de Luz.....</i>	98
8.2.1	<i>Lámparas de Incandescencia.....</i>	99
8.2.2	<i>Lámparas No Halógenas.....</i>	107
8.2.3	<i>Lámparas Halógenas de Alta y Baja Presión.....</i>	108
8.2.4	<i>Lámparas de Descarga. Conceptos.....</i>	109
8.2.5	<i>Clases de Lámparas de Descarga.....</i>	118
8.2.5.1	<i>Lámparas de Vapor de Mercurio.....</i>	119
8.2.5.2	<i>Lámparas Fluorescentes.....</i>	119
8.2.5.3	<i>Lámparas de Vapor de Mercurio a Alta Presión.....</i>	122
8.2.5.4	<i>Lámparas de Luz de Mezcla.....</i>	125
8.2.5.5	<i>Lámparas con Halógenuros Metálicos.....</i>	127
8.2.6	<i>Lámparas de Vapor de Sodio.....</i>	129
8.2.6.1	<i>Lámparas de Vapor de Sodio a Baja Presión.....</i>	129
8.2.6.2	<i>Lámparas de Vapor de Sodio a Alta Presión.....</i>	132

CAPITULO IX.- PROYECTO DE ILUMINACIÓN DE UN GIMNASIO.....	134
<i>9.1 Calculo de Iluminación en Interiores.....</i>	<i>135</i>
<i>9.2 Métodos para el Calculo de iluminación.....</i>	<i>135</i>
<i>9.3 Método de Lumen.....</i>	<i>135</i>
<i>9.4 Método Punto por Punto.....</i>	<i>145</i>
<i>9.5 Pasos a seguir para el Diseño de un Proyecto de Iluminación.....</i>	<i>149</i>
<i>9.6 Generalidades.....</i>	<i>151</i>
<i>9.7 Proyecto.....</i>	<i>152</i>
<i>9.7.1 Datos del Proyecto.....</i>	<i>152</i>
<i>9.8 Proyecto de Iluminación Utilizando Lámparas Fluorescente.....</i>	<i>155</i>
<i>9.9 Proyecto de Iluminación Utilizando Lámparas Incandescentes.....</i>	<i>166</i>
<i>9.10 Comparativas y Elección del Mejor Sistema.....</i>	<i>180</i>
CAPITULO X.- CONCLUSIONES.....	183
CAPITULO XII.- APÉNDICES.....	186
CAPITULO XI.- BIBLIOGRAFÍA.-.....	203

INTRODUCCIÓN



INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

El hombre sumergido en las tinieblas de la noche, que ha descansado de sus trabajos y penalidades, abre los ojos al placer más brillante cuando las horas del día se deslizan al descortez el velo de la naturaleza; todo parece que recobra una nueva existencia en el gran teatro del mundo, al adornarse la Tierra con los brillantes colores de la luz, cuya belleza deslumbró nuestros ojos...

INTRODUCCIÓN

La luz ha sido motivo de las más bellas y variadas expresiones. Desde siempre la humanidad ha vivido atraída por los fenómenos luminosos, ha jugado y experimentado con ellos, ha buscado entenderlos y ha hecho uso de ellos. A través de esa singular ventana que son nuestros ojos, la luz nos ha permitido conocer y entender mejor el mundo y apreciar su belleza.

Luz es esa radiación que al penetrar a nuestros ojos produce una sensación visual; así tan pronto el hombre tuvo conciencia del mundo que habitaba se comenzó a pecar de muchos fenómenos luminosos a su alrededor, el Sol, las estrellas, el arco iris, el color del cielo a diferentes horas del día, y muchos otros. Estos fenómenos sin duda despertaron su curiosidad e interés, que hasta la fecha sigue sin saciarse completamente.

Hoy día entendemos que para el fenómeno de la visión se necesita la combinación de dos elementos. El primero de ellos es la luz, que es una entidad física con propiedades muy particulares, y que existe independientemente de que nosotros la veamos. El otro es el ojo, que es sensible a la luz y transmite al cerebro la información captada al absorberla.

Es la *percepción* realizada a través de los diferentes sentidos lo que posibilita al individuo vivo la comprensión de su medio ambiente y la que determina por lo tanto sus posibilidades de adaptarse, sobrevivir y reproducirse.

"En el ser humano la visión aporta el 80% de la información del medio ambiente."

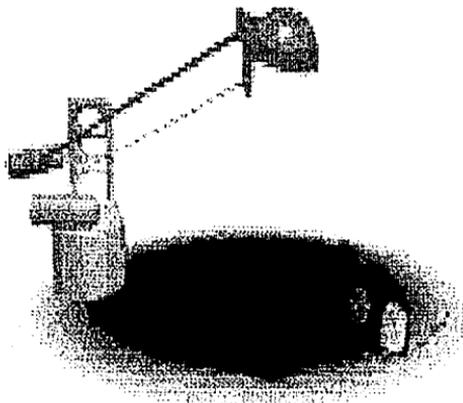
Dado que el ser humano necesita de la luz para el desarrollo de sus actividades cotidianas en la actualidad, la investigación continúa avanzando hacia la consecución de diferentes tipos de iluminación artificial que faciliten una calidad de luz lo más cercana posible a la solar.

Ya en nuestros días el enfoque de iluminación a cambiado, ya que hoy lo importante es iluminar en forma adecuada un área y no solo el producir cierta cantidad de luz, lo cual contribuirá a hacer del lugar, un sitio mas agradable para las actividad que ahí tiendan a realizarse.

Por esto el diseñador de sistemas de iluminación debe recomendar sistemas de iluminación menos costosos, pero mas eficientes y adecuados para el trabajo que allí se va a desarrollar.

Expuesto lo anterior la finalidad de nuestro trabajo será el exponer y fundamentar las bases para desarrollar un eficiente sistema de iluminación en un gimnasio familiar

OBJETIVO E HIPOTESIS



OBJETIVO E HIPOTESIS

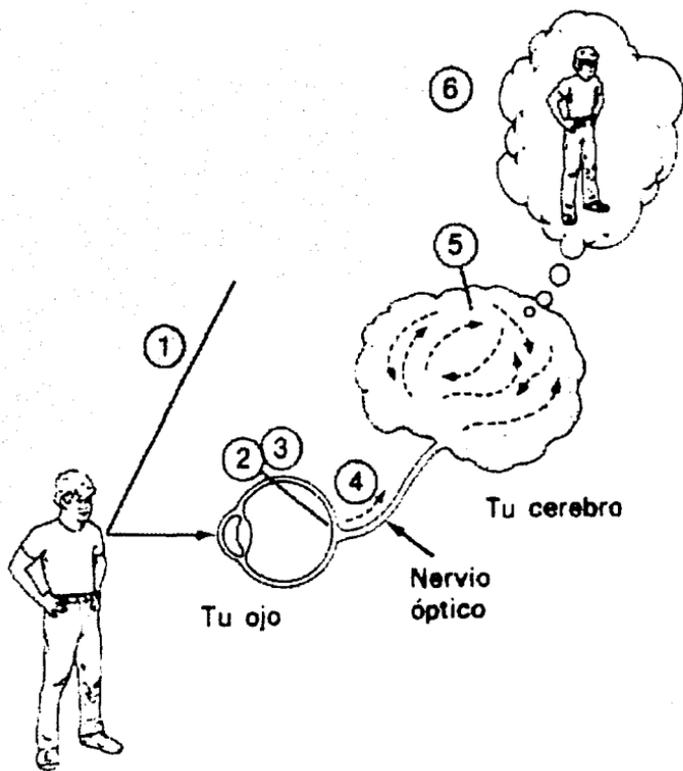
OBJETIVO.-

Comparar, en un gimnasio familiar, la iluminación entre lámparas fluorescentes e incandescentes para la implementación de un sistema de iluminación eficiente.

HIPÓTESIS.-

La utilización de la iluminación fluorescente presenta mejores ventajas en el ahorro de energía, en la calidad de la iluminación y en la economía con respecto a lo que las de iluminación incandescente presentan.

CAPITULO 1.- EL PROCESO VISUAL.



1.1 INTRODUCCIÓN.

Dado que el propósito del alumbrado es hacer posible la visión, cualquier estudio del mismo debe empezar con unas consideraciones sobre el ojo y el proceso visual.

El ojo humano ha encontrado a través de los tiempos, desde cuando se usaba casi por completo al aire libre, a la luz brillante del día y para una visión simple, de largo alcance. En la actualidad, el hombre vive y trabaja corrientemente en el interior de edificios y utiliza sus ojos con demasiada frecuencia y durante largas horas en condiciones de iluminación artificial inadecuadas y en trabajos delicados que exigen una constante acomodación. Un buen alumbrado puede hacer mucho para mejorar las condiciones de trabajo del ojo y aliviar el esfuerzo visual necesario para el ejercicio de trabajos visuales difíciles. Estudios estadísticos revelan que las ventajas de los niveles de alta iluminación son incluso más patentes en los ojos de las personas mayores que en los ojos jóvenes normales.



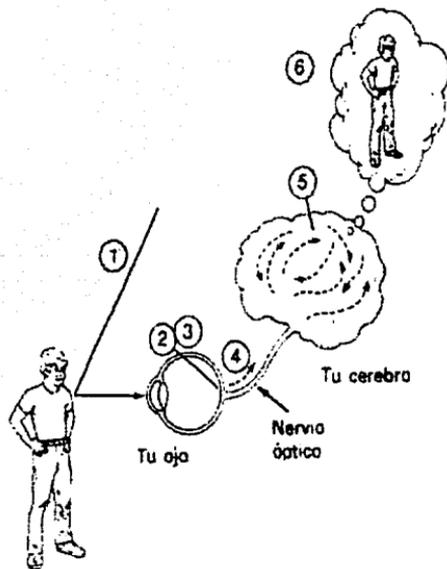
1.2 EL OJO Y LA VISIÓN.

La vista es considerada frecuentemente como el mas valioso de los sentidos. Es a través de ella que conocemos las formas, colores y texturas. La vista nos da también nuestra primera, y para la mayoría de las personas la única, impresión del Universo: el Sol, la Luna, los planetas y las estrellas. Algunas personas han tenido la oportunidad de ver el cielo a través de un telescopio , mirando directamente en una lente ocular. La vista es tan inherente al hombre, y a un buen número de las especies, que mucha gente se sorprende al aprender que los astrónomos de hoy en día rara vez miran directamente al cielo y que emplean formas indirectas de observar el cielo al detectar la luz utilizando dispositivos opto electrónicos. De hecho, desde que a finales del siglo pasado la fotografía se convirtió en el método principal para adquirir imágenes, el ojo humano ha sido desplazado a un lugar secundario en el estudio del cielo.

A pesar de lo anterior el ojo humano es un sistema óptico con características notables, como por ejemplo los muy distintos niveles de intensidad luminosa en que puede funcionar. Un ojo plenamente adaptado a la oscuridad puede captar un flujo luminoso mil millones de veces menos intenso que el de un foco de cien watts situado a un metro de distancia.

El ojo es un "instrumento" notable por su versatilidad, capaz de funcionar en condiciones de muy alta o muy baja iluminación. El ojo puede trabajar en una noche clara sin Luna, donde el nivel de iluminación es un millón de veces mas baja que durante un día soleado.

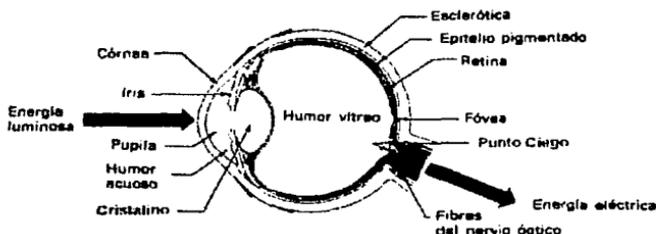
1.3 EL PROCESO VISUAL



- 1.- La luz alcanza a la persona y la refleja en nuestro ojo.
- 2.- Se forma una imagen de la persona en la retina.
- 3.- Se generan señales en los receptores de la retina.
- 4.- Se transmiten impulsos eléctricos en dirección al cerebro a través de los nervios.
- 5.- Los impulsos eléctricos alcanzan al cerebro y son procesados por éste.
- 6.- Percibimos a la persona.

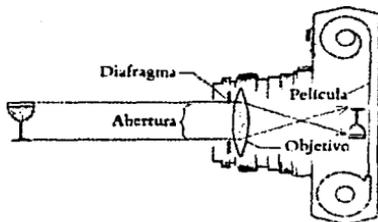
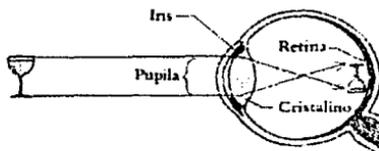
1.4 ANATOMÍA DEL SISTEMA VISUAL HUMANO

El ojo es el principio del Sistema Visual y consiste básicamente en una esfera de 2 cm de diámetro que recoge la luz y la enfoca en su superficie posterior.



La parte del ojo que está en contacto con el exterior se denomina *córnea*. La *córnea* es una membrana transparente cuya función principal es refractar la luz incidente. Tiene una forma redondeada que actúa de manera similar a la lente convexa de una cámara.

Detrás de la *córnea* se encuentra un líquido claro llamado *humor acuoso*. A través de la *córnea* y del *humor acuoso* se observa el iris. El *iris* controla la cantidad de luz que entra en el ojo cambiando el tamaño de la *pupila*, un pequeño orificio circular situado en su centro. El iris es también el responsable del color de los ojos. El diámetro de la pupila varía entre 1.5 y 8 mm, de tal forma que el diámetro más pequeño corresponde a la situación en la que existe mayor intensidad de luz. Detrás del iris se encuentra el cristalino. El *cristalino* consisten en muchas fibras transparentes, situadas en el interior de una membrana elástica y transparente de tamaño y forma similar a la de una judía.



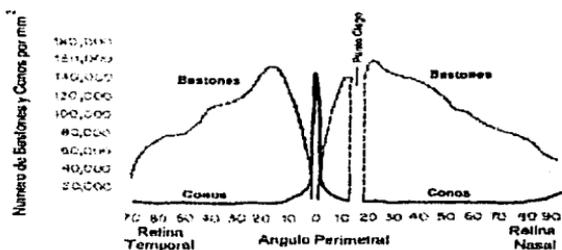
El objetivo principal del cristalino es enfocar la luz incidente en una zona del fondo del ojo llamada *retina*. Para poder enfocar objetos cercanos y objetos lejanos, una cámara fotográfica cambia la distancia entre la lente (que es fija) y la película. En el caso del ojo humano, lo que cambia es la forma del cristalino para conseguir enfocar en distancias cortas y largas. Este proceso, que se denomina *acomodación*, es controlado mediante un grupo de músculos situados

alrededor del iris y sucede prácticamente en tiempo real. Detrás tiempo real del cristalino se encuentra el *humor vítreo* que es una sustancia gelatinosa transparente adaptada ópticamente. Esta adaptación implica que la luz enfocada por la lente no sufre ninguna desviación. El humor vítreo llena todo el espacio entre el cristalino y la retina y ocupa alrededor de $2/3$ del volumen del ojo. Detrás del humor vítreo se encuentra la retina. Es sobre ella donde se enfoca la luz incidente que se convierte en señales nerviosas mediante células sensibles a la luz.

Existen dos tipos de células sensibles a la luz situadas en la retina. Debido a su forma, estas células se denominan conos y bastones.

Los *conos* se concentran en una región cerca del centro de la retina llamada *fóvea*. Su distribución sigue un ángulo de alrededor 2° contados desde la fóvea. La cantidad de conos es de 6 millones y algunos de ellos tienen una terminación nerviosa que va al cerebro. Los conos son los responsables de la visión del color y se cree que hay tres tipos de conos, sensibles a los colores rojo, verde y azul, respectivamente. Los conos, dada su forma de conexión a las terminaciones nerviosas que se dirigen al cerebro, son los responsables de la definición espacial. También son poco sensibles a la intensidad de la luz y proporcionan *visión fotópica* (visión a altos niveles).

Los *bastones* se concentran en zonas alejadas de la fóvea y son los responsables de la *visión escotópica* (visión a bajos niveles). Los bastones comparten las terminaciones nerviosas que se dirigen al cerebro, siendo por tanto su aportación a la definición espacial poco importante. La cantidad de bastones se sitúa alrededor de 100 millones y no son sensibles al color. Los bastones son mucho más sensibles que los conos a la intensidad luminosa y son los responsables de la visión nocturna.



Todas estas características explican, por ejemplo, porqué en ambientes de baja iluminación el ojo no distingue los colores ni tampoco resuelve detalles finos. La experiencia nos indica que de noche, con objeto de aumentar la agudeza visual, es mejor mirar de reojo para concentrar la luz incidente en los bastones. Cuando miramos directamente a un objeto, dicho objeto se enfoca sobre la fovea. Como la fovea es muy pequeña (y es donde se concentran los conos), cuando se estudia una región grande en detalle, constantemente vamos desplazando nuestra atención de una zona a otra de la región en estudio.

Una vez la luz incidente se ha convertido en señal nerviosa, esta señal se dirige al cerebro donde se convierte en información visual. Este proceso de conversión es muy poco conocido. De los múltiples mecanismos que intervienen en esta etapa, existe uno conocido experimentalmente que es de particular interés, denominado *Inhibición Lateral*. Este fenómeno responde a la observación de que una fibra nerviosa responde a muchos conos y bastones. Mientras que las señales procedentes de algunos conos y bastones contribuyen de forma positiva, otras señales contribuyen de forma negativa en un proceso de inhibición visual. El nombre de lateral procede de la situación física de algunos de los receptores de luz implicados en el proceso.

1.5 Matiz, Brillo y Saturación

La percepción humana de la luz se describe generalmente en términos de matiz, brillo, y saturación:

El *Matiz* hace referencia al color (rojo, naranja, azul...)

El *Brillo* se refiere a la cantidad de luz percibida.

La *Saturación* se refiere a la viveza o palidez de un color.

1.5.1 Matiz \Leftrightarrow Longitud de onda dominante

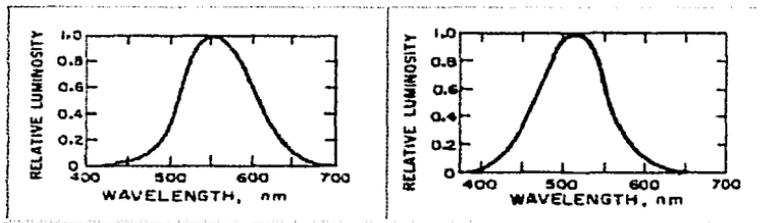
El Matiz se define como un atributo de color que nos permite distinguir el rojo del azul. En algunos casos, el matiz de un color se puede relacionar con características simples de longitud de onda.

Una luz que tiene, más o menos constante su longitud de onda en el rango de valores visibles aparece blanca o sin color. Bajo unas condiciones normales de visión, una luz monocromática aparece coloreada y su color depende de la longitud de onda. Por tanto, el matiz puede relacionarse con la longitud de onda dominante de la luz que estamos visualizando.

1.5.2 Brillo \leftrightarrow Medidas Fotométricas

Las medidas fotométricas buscan describir cuantitativamente la percepción del brillo perteneciente a una energía electromagnética visible.

La conexión entre las medidas fotométricas y las radiométricas (medidas de la intensidad física) es la *Función de Luminosidad Fotópica*. Esta curva, que es un estándar del C.I.E., especifica la sensibilidad espectral del S.V.H. a una radiación óptica en función de la longitud de onda. De hecho, la curva es una versión estandarizada de las medidas de sensibilidad de los conos para la visión fotópica a unos niveles muy altos de iluminación. En cambio, la *Función de Luminosidad Escotópica* se mide a niveles relativamente bajos de iluminación.



La mayor parte de los diseños de sistemas de imágenes se basan en la función de luminosidad fotópica, denominada normalmente, *Función de Eficiencia Luminosa Relativa*.

1.5.3 Saturación \Leftrightarrow Ancho de Banda

La Saturación se refiere a la pureza o viveza del color y puede relacionarse con el ancho de banda de la luz que estamos visualizando.

Cuando visualizamos una luz monocromática, vemos una luz muy viva ya que está poco saturada. A medida que el espectro de la longitud de onda se va ensanchando, el color se percibe menos vivo ya que está menos saturado.

PROPIEDADES DE LA LUZ.



PROPIEDADES DE LA LUZ.

2.1 INTRODUCCIÓN HISTÓRICA.

El estudio de la visión comienza cuando el hombre trata de explicar el fenómeno de la visión considerándolo como una facultad anímica que le permite relacionarse con el mundo exterior.

Para las civilizaciones antiguas la percepción visual requería un "algo" que enlazara nuestro espíritu con el objeto visto, y así la escuela atomista sostenía que la visión se producía porque los objetos emiten "imágenes" que desprendiéndose de ellos, venían a nuestra alma a través de los ojos. La escuela pitagórica sostenía, por el contrario, que la visión se producía por medio de un "fuego invisible" que saliendo de los ojos, a modo de tentáculo, iba a tocar y explorar los objetos. Hasta trece siglos después, con el árabe Alhazen (965-1039 d.C.), no hay indicios del menor progreso. Alhazen sienta la idea de que la luz procede de los objetos o que va del Sol a los objetos y de éstos a los ojos.

Hoy en día las propiedades físicas de la luz, en las que se basa el sistema visual para recoger información sobre el mundo que nos rodea, son mejor conocidas.

"En el ser humano la visión aporta el 80% de la información del medio ambiente."

2.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA LUZ.

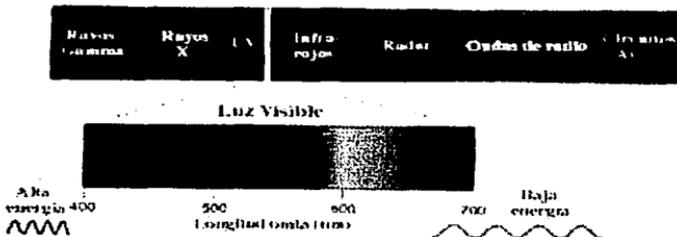
La luz consiste en una radiación electromagnética, que se emite en forma de ondas y varía a lo largo del espacio y el tiempo. Así, en cierta forma podemos afirmar que vivimos en un turbulento mar de radiaciones electromagnéticas. Como en cualquier océano hay ondas grandes, pequeñas y medianas que interaccionan de muy diversas formas. A su vez los objetos pueden reflejarlas, absorberlas, curvarlas, etc. La función del sistema visual es extraer información sobre el mundo a partir de estas radiaciones electromagnéticas. Esto supone un gran trabajo y requiere una maquinaria neural muy especializada y compleja. A través de una pequeña apertura de unos 2 mm de diámetro, el ojo selecciona una pequeña fracción de estas longitudes de onda y junto con el cerebro reconstruye la posición, forma, color y movimiento de cada objeto en nuestro campo de visión. La situación es análoga a la de un pequeño detector que flotara en el extremo de una piscina. La única información accesible al detector llega a través de los movimientos de su superficie causados por las ondas que le llegan. A partir de estas ondas nuestro detector debe ser capaz de reconstruir las posiciones, movimientos y otras características de todas las personas que entran, salen o se encuentran nadando en "la piscina".

Nuestros ojos son por tanto unos maravillosos órganos que nos permiten apreciar la belleza del mundo que nos rodea, a la vez que comunicarnos a través de la lectura / escritura y las artes visuales y plásticas.

La luz al igual que cualquier otra onda, puede ser caracterizada en términos de su longitud de onda (distancia sucesiva entre dos ondas), frecuencia (número de ondas por espacio de tiempo) y amplitud (diferencia entre los picos máximos y mínimos), tal y como se ilustra en la Figura .



Nuestro sistema visual sólo es capaz de detectar una pequeña parte del espectro electromagnético. Así la retina humana sólo puede detectar longitudes de onda comprendidas entre los 400-700 nm (Figura). Como fue demostrado por Isaac Newton (1642-1726) en la primera mitad del siglo XVIII, la mezcla de las diferentes longitudes de onda en este rango emitidas por el Sol, corresponde al color que percibimos como blanco, mientras que cuando la luz posee sólo una determinada longitud de onda la percibimos como uno de los colores del arco iris. Es interesante destacar que un color de los que denominamos "caliente" como el rojo o naranja, esta formado por radiaciones de longitud de onda larga, y por tanto posee menor energía que colores que son considerados "fríos" como el azul o el violeta.



2.3 LEYES ÓPTICAS.

La luz no es más que una radiación electromagnética. En el vacío las radiaciones electromagnéticas viajan en línea recta y así pueden ser descritas como rayos de luz. En nuestro medio, los rayos de luz viajan también en línea recta hasta que interactúan con los átomos o moléculas de la atmósfera y otros objetos. Estas interacciones dan lugar a los fenómenos de reflexión, absorción y refracción.



2.3.1 Reflexión.- Cuando los rayos de luz llegan a un cuerpo en el cual no pueden continuar propagándose, salen desviados en otra dirección, es decir, se reflejan. La forma en que esto ocurre depende del tipo de superficie sobre la

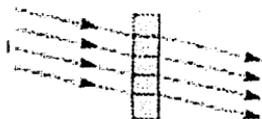
que inciden y del ángulo que forman sobre la misma.

Así las superficies pulidas reflejan de una forma regular la mayor parte de las radiaciones luminosas que les llegan mientras que las superficies rugosas actúan como si estuvieran formadas por infinidad de pequeñas superficies dispuestas irregularmente y con distinta orientación, por lo que las direcciones de los rayos reflejados son distintas. La mayor parte de lo que nosotros vemos es luz que ha sido reflejada por los objetos situados en nuestro entorno. Por tanto los objetos reciben directamente la luz del Sol, reflejándola o difundiéndola hacia otros objetos que se encuentran en la sombra.



2.3.2 Absorción.-Existen superficies y objetos que absorben la mayor parte de las radiaciones luminosas que les llegan. Estos objetos se ven de color negro. Otros tipos de superficies unas determinada gama de longitudes de onda, y objetos, absorben sólo reflejando el resto.

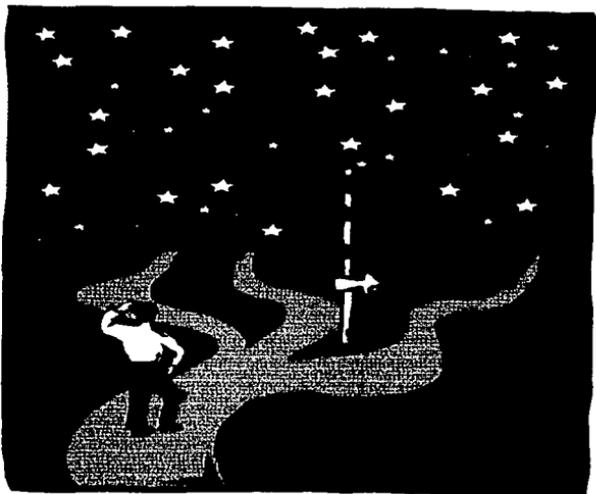
Esto sucede por ejemplo con los pigmentos que se utilizan en las técnicas de pintura. Por ejemplo un pigmento rojo absorbe longitudes de onda cortas pero refleja un determinado rango de longitudes de onda larga, cuyo pico se centra alrededor de los 680 nm, por lo que se percibe como rojo. Como veremos más adelante, las células sensibles a la luz de la retina, los fotorreceptores, contienen pigmentos visuales que utilizan esta propiedad para generar cambios en su potencial de membrana. Distintos tipos de pigmentos a nivel de los fotorreceptores dan lugar a la visión en color propia de muchos animales.



2.3.3 Refracción.- El cambio de dirección que sufren los rayos luminosos al pasar de un medio a otro, donde su velocidad es distinta, da lugar a los fenómenos de refracción.

Así si un haz de rayos luminosos incide sobre la superficie de un cuerpo transparente, parte de ellos se reflejan mientras que otra parte se refracta, es decir penetran en el cuerpo transparente experimentando un cambio en su dirección de movimiento. Esto es lo que sucede cuando la luz atraviesa los medios transparentes del ojo para llegar hasta la retina.

PRIMEROS INTENTOS DE LUMINACIÓN.





3.1 INTRODUCCIÓN.

Cuando un flujo luminoso cae sobre una superficie se dice que esta superficie esta iluminada. A este efecto se le denomina iluminación.

Es por eso que desde el principio de la existencia, el hombre se ha esforzado por encontrar otros tipos de sistemas que sustituyan la luz solar en las horas de oscuridad o en lugares donde esta escaseaba.

Así fue como el hombre se dio cuenta de la necesidad que había de mejorar los sistemas de iluminación ya que los utilizados hasta antes del foco eléctrico eran en si llamas con muy poca intensidad luminosa , lo cual provocaba cierta incomodidad al realizar trabajos de noche debido a que no se podía observar con la misma eficiencia ,con la que se hacia durante el día.

Fruto de esta inquietud ha sido la aparición de una serie de elementos que, desde el descubrimiento del fuego hasta las distintas modalidades de lámparas eléctricas conocidas hoy día, han ido marcando etapas en el desarrollo de fuentes de luz artificial.

Algunas de las primeras fuentes de iluminación que se utilizaron son las que a continuación se mencionan:



3.2 PRIMEROS INTENTOS DE ILUMINACIÓN

3.2.1 EL FUEGO

La primera forma de iluminación artificial se lograba con las fogatas utilizadas para calentarse y protegerse de los animales salvajes. Las chispas que saltaban de estas fogatas se convirtieron en las primeras antorchas. Durante muchos milenios la antorcha continuo como una importante fuente de iluminación. Durante el medioevo las antorchas, portátiles o ancladas en soportes metálicos de las callejuelas y plazas, se convirtieron en el primer ejemplo de alumbrado publico.



3.2.2 LÁMPARAS DE ACEITE.

Las lámpara de terracota mas antiguas, que datan de 7000 a 8000 A.C., han sido encontradas en las planicies de Mesopotamia. En Egipto y Persia se han encontrado lámparas de cobre y bronce que datan aproximadamente de 2700 A.C.

En 1000 A. C. la eficiencia de las luminarias se debía a sus mechas vegetales que quemaban aceites de olivo o nuez. Para el quinto siglo antes de nuestra era, estas lámparas ya eran de uso común domestico. Los romanos desarrollaron lámparas de terracota con o sin esmaltar y con una o mas salidas para mechas. Con la introducción del bronce y posteriormente del hierro, los diseños de las lámparas de aceite se fueron haciendo mas y mas elaborados.

Hubieron múltiples esfuerzos para mejorar la eficiencia de estas lámparas. En el ultimo siglo antes de nuestra era, Hero de Alejandria invento una lámpara en la que por una columna de presión, el aceite que alimentaba la mecha iba subiendo. Leonardo Da Vinci, modifico este diseño y añadió un lente de cristal. La luz que provenía de esta nueva lámpara se lograba por una mecha que se quemaba en forma constante, y gracias al lente de cristal la superficie de trabajo recibía niveles de iluminación que permitían la lectura nocturna. Da Vinci también diseño lentes de agua para corregir la miopía, estos inventos registran la primera correlación análisis sobre la interacción de la luz y la visión.

El físico suizo Aimé Argand patentó una lámpara con un quemador circular, una mecha tubular y una columna de aire con la que dirigiría y regulaba el suministro de aire a la flama. Argand descubrió que la columna circular de aire reducía el "parpadeo" de la llama. En 1880, Bertrand G. Carcel añadió a este diseño una bomba con mecanismo de reloj para alimentar el aceite a la mecha. La lámpara Argand se convirtió en el standard de fotometría debido a la constancia de su luz. Posteriormente, Benjamín Franklin descubrió que dos mechas juntas daban mas luz que dos lámparas de una sola mecha.

El descubrimiento del petróleo en 1859 por Edwin L. Drake produjo una nueva fuente de gran eficiencia luminosa. Durante los próximos 20 años, el 80% de las patentes anuales se destinaron a este tipo de luminarias. Durante el resto del siglo XIX y principios del siglo XX, estas lámparas registraron numerosas mejoras, haciéndolas de uso común en los ambientes domésticos, industriales y de alumbrado publico.



3.2.3 VELAS

El uso de velas data a los principios de la era cristiana y su fabricación es probablemente una de las industrias más antiguas. Las primeras velas eran hechas con palos de madera recubiertos con cera de abeja. Se piensa que los fenicios fueron los primeros en usar velas de cera (400 D. C.). El uso de velas no era tan común como el de lámparas de aceite, pero su uso se incrementó durante el medievo. Durante los siglos XVI a XVIII, las velas eran la forma más común para iluminar los interiores de los edificios.

La industria ballenera, durante el siglo XVIII, introdujo el "aceite de ballena" (spermaceti). La vela "spermaceti", debido a su nítida y constante flama, se convirtió en medida standard (la candela) para la iluminación artificial. La candela era la luz producida por una vela spermaceti con un peso de 1 / 6 de libra y quemándose a un ritmo de 120 gr. por hora. El desarrollo de la parafina en 1850 produjo un material económico que sustituyó a la spermaceti. Velas en elaborados candelabros se utilizaron como fuente de iluminación hasta que fueron sustituidas en 1834 con el recientemente descubierto gas.

Hoy en día se utilizan las velas principalmente en ceremonias religiosas, como objetos decorativos y en ocasiones festivas.



3.2.4 LÁMPARAS DE GAS

Los antiguos códigos de Egipto y Persia hablan de explosiones de gases combustibles que brotaban a través de las fisuras de la tierra. Los chinos usaban al gas como fuente de iluminación muchos siglos antes de la era cristiana. Extraían al gas de yacimiento subterráneos por medio de tubería de bambú y lo usaban para iluminar la minas de sal y edificios de la provincia de Szechuan.

En 1664, John Clayton descubrió en el norte de Inglaterra un pozo de gas y lo extrajo por destilación. En 1784, Jean Pierre Mincklers produjo luz por primera vez con gas mineral. La primera instalación de luminarias de gas, la usó William Murdock en 1784 para iluminar su casa en Inglaterra. Posteriormente, se iluminaron almacenes, a los cuáles se conducía el gas por medio de ductos de metal.

A pesar del temor público por la seguridad del gas, F. A. Windsor instaló por primera vez luminarias en las vías públicas de Londres. Windsor, se conoce como el precursor de las instalaciones de alumbrado de gas. Este sistema de alumbrado se adoptó en muchas ciudades de países europeos y americanos pero finalmente fue sustituido por la electricidad durante el siglo XX.



3.2.5 LÁMPARAS ELÉCTRICAS

En 1650, Otto Von Guericke de Alemania descubrió que la luz podía ser producida por excitación eléctrica. Encontró que cuando un globo de sulfuro era rotado rápidamente y frotado, se producía una emanación luminosa. En 1706, Francis Hawsbee invento la primera lámpara eléctrica al introducir sulfuro dentro de un globo de cristal al vacío. Después de rotarla a gran velocidad y frotarla, pudo reproducir el efecto observado por Von Guericke.

William Robert Grove en 1840, encontró que cuando unas tiras de platino y otros metales se calentaban hasta volverse incandescentes, producían luz por un periodo de tiempo. En 1809, uso una batería de 2000 celdas a través de la cual paso electricidad, para producir una llama de luz brillante, de forma arqueada. De este experimento nació el termino "lámpara de arco".

La primera patente para una lámpara incandescente la obtuvo Frederick de Moleyns en 1841, Inglaterra. Aun cuando esta producía luz por el paso de electricidad entre sus filamentos, era de vida corta. Durante el resto del siglo XIX, muchos científicos trataron de producir lámparas eléctricas.

Finalmente, Thomas A. Edison produjo una lámpara incandescente con un filamento carbonizado que se podía comercializar. Aunque esta lámpara producía luz constante durante un periodo de dos días, continuo sus investigaciones con materiales alternos para la construcción de un filamento mas duradero. Su primer sistema de iluminación incandescente la exhibió en su laboratorio en 21 de diciembre de 1879.

Edison hizo su primera instalación comercial para el barco Columbia. Esta instalación con 115 lámparas fue operada sin problemas durante 15 años. En 1881, su primer proyecto comercial fue la iluminación de una fábrica de Nueva York. Este proyecto fue un gran éxito comercial y estableció a sus lámparas como viables. Durante los siguientes dos años se colocaron más de 150 instalaciones de alumbrado eléctrico y en 1882 se construyó la primera estación para generar electricidad en Nueva York. En ese mismo año, Inglaterra montó la primera exhibición de alumbrado eléctrico.

Cuando la lámpara incandescente se introdujo como una luminaria pública, la gente expresaba temor de que pudiese ser dañina a la vista, particularmente durante su uso por largos períodos. En respuesta, el parlamento de Londres pasó legislación prohibiendo el uso de lámparas sin pantallas o reflectores. Uno de los primeros reflectores comerciales a base de cristal plateado fue desarrollado por el E. L. Haines e instalado en los escaparates comerciales de Chicago.

Hubieron numerosos esfuerzos por desarrollar lámparas más eficientes. Welsbach inventó la primera lámpara comercial con un filamento metálico, pero el osmio utilizado era un metal sumamente raro y caro. Su fabricación se interrumpió en 1907 cuando la aparición de la lámpara de tungsteno.

En 1904, el norteamericano Willis R. Whitney produjo una lámpara con filamento de carbón metalizado, la cual resultó más eficiente que otras lámparas incandescentes previas. La preocupación científica de convertir eficientemente la energía eléctrica en luz, pareció ser satisfecha con el descubrimiento del tungsteno para la fabricación de filamentos.

La lámpara con filamento de tungsteno representó un importante avance en la fabricación de lámparas incandescentes y rápidamente reemplazaron al uso de tántalo y carbón en la fabricación de filamentos metálicos.

La primera lámpara con filamento de tungsteno, que se introdujo a los Estados Unidos en 1907, era hecha con tungsteno prensado. William D. Coolidge, en 1910, descubrió un proceso para producir filamentos de tungsteno "drawn" mejorando enormemente la estabilidad de este tipo de lámparas.

En 1913, Irving Langmuir introdujo gases inertes dentro del cristal de la lámpara logrando retardar la evaporación del filamento y mejorar su eficiencia. Al principio se usó el nitrógeno puro para este uso, posteriormente otros gases tales el argón se mezclaron con el nitrógeno en proporciones variantes. El bajo costo de producción, la facilidad de mantenimiento y su flexibilidad dio a las lámparas incandescentes con gases tal importancia, que las otras lámparas incandescentes prácticamente desaparecieron.

Durante los próximos años se crearon una gran variedad de lámparas con distintos tamaños y formas para usos comerciales, domésticos y otras funciones altamente especializadas.



"Bulbo eléctrico" fabricado por Swan en 1878

3.2.6 Las Lámparas de Descarga Eléctrica

Jean Picard en 1675 y Johann Bernoulli sobre 1700 descubrieron que la luz puede ser producida por al agitar al mercurio. En 1850 Heinrich Geissler, un físico Alemán, inventó el tubo Geissler, por medio del cual demostró la producción de luz por medio de una descarga eléctrica a través de gases nobles. John T. Way, demostró el primer arco de mercurio en 1860.

Los tubos se usaron inicialmente solo para los experimentos. Utilizando los tubos Geissler, Daniel McFarlan Moore entre 1891 y 1904 introdujeron nitrógeno para producir una luz amarilla y bióxido de carbón para producir luz rosado - blanco, color que se aproxima a la luz del día. Estas lámparas eran ideales para comparar colores. La primera instalación comercial con los tubos Moore, se hizo en un almacén de Newark, N. J., durante 1904. El tubo Moore era difícil de instalar, reparar, y mantener. Peter Moore Hewitt comercializó una lámpara de mercurio 1901, con una eficiencia de dos o tres veces mayor que la de la lámpara incandescente. Su limitación principal era que su luz carecía totalmente de rojo. La introducción de otros gases fracasó en la producción de un mejor balance del color, hasta que Hewitt ideó una pantalla fluorescente que convertía parte de la luz verde, azul y amarilla en rojo, mejorando así el color de la luz. Peter Moore Hewitt colocó su primer instalación en las oficinas del New York Post en 1903. Debido a su luz uniforme y sin deslumbramiento, la lámpara fluorescente inmediatamente encontró aceptación en Norteamérica.

La investigación del uso de gases nobles para la iluminación era continua. En 1910 Georges Claude, Francia en estudio lámparas de descarga con varios gases tales como el neón, argón, helio, criptón y xenón, resultando en las lámparas de neón. El uso de las lámparas de neón fue rápidamente aceptado para el diseño de anuncios, debido a su flexibilidad, luminosidad y sus brillantes colores. Pero debido a su baja eficiencia y sus colores particulares nunca encontró aplicación en la iluminación general.

En 1931, se desarrollo una lámpara de alta presión de sodio en Europa. A pesar de su alta eficiencia no resulto satisfactoria para el alumbrado de interiores debido al color amarillo de su luz. Su principal aplicación es el alumbrado publico donde su color no se considera critico. A mediados del siglo XX las lámparas de sodio de alta presión aparecieron en las calles, carreteras, túncles y puentes de todo el mundo.

El fenómeno fluorescente se había conocido durante mucho tiempo, pero las primeras lámparas fluorescentes se desarrollaron en Francia y Alemania en la década de los 30. En 1934 se desarrollo la lámpara fluorescente en los Estados Unidos. Esta ofrecía una fuente de bajo consumo de electricidad con una gran variedad de colores. La luz de las lámparas fluorescentes se debe a ciertos químicos que se excitan por la presencia de energía ultravioleta.

La primer lámpara fluorescente era a base de un arco de mercurio de aproximadamente 15 watts dentro de un tubo de vidrio revestido con sales minerales fluorescentes (fosforescentes). La eficiencia y el color de la luz eran determinados por la presión de vapor y los químicos fosforescentes utilizados. Las lámparas fluorescentes se introdujeron comercialmente en 1938, y su rápida aceptación marcó un desarrollo importante en el campo de iluminación artificial. No fue hasta 1944 que las primeras instalaciones de alumbrado publico con lámparas fluorescentes se hicieron.

A partir de la segunda guerra mundial se han desarrollado nuevas lámparas y numerosas tecnologías que además de mejorar la eficiencia de la lámpara, las ha hecho mas adecuadas a las tareas del usuario y su aplicación. Entre los desarrollos a las lámparas fluorescentes, se incluyeren las balastras de alta frecuencia que eliminan el parpadeco de la luz, y la lámpara fluorescente compacta que ha logrado su aceptación en ambientes domésticos

LUZ



LUZ



4.1 LUZ

En el transcurrir cotidiano nos encontramos en constante búsqueda. Buscamos satisfactores que puedan cumplir nuestras necesidades primarias y que además nos sean gratos. Es la oscuridad la que a veces nos hace pensar profundamente, la que nos lleva a reunir y meditar con nosotros mismos. Pero hay una fuente de energía básica, es aquella que nos proporciona gran parte de los elementos vitales para subsistir, para poder ver el mundo que nos rodea; me estoy refiriendo precisamente a la LUZ, que son las ondas electromagnéticas sensibles al ojo humano que transportan energía, llamada radiante y se propaga en forma transversal en todos los medios, incluido el vacío y en todas direcciones.

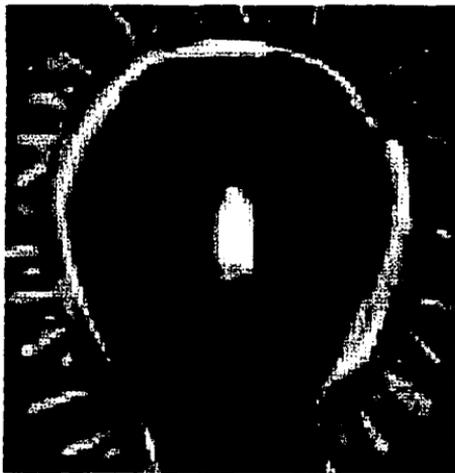
El color de la LUZ depende de la longitud de onda. Una radiación luminosa de frecuencia determinada se denomina LUZ monocromática, o sea de un solo color. La velocidad de propagación de las ondas luminosas se puede medir. El campo de la óptica también abarca las radiaciones infrarrojas y ultravioletas que no son percibidas por el ojo.

El hablar de la LUZ nos remite a uno de los inventos más grandiosos del siglo XIX, me refiero a la LUZ ELECTRICA.

La luz eléctrica completó la revolución iniciada por la luz de gas. Prolongó el día tanto en el hogar como en la fábrica y proporcionó mayor seguridad en las calles.

Revolucionó los espectáculos al reemplazar la luz de carburo y de gas en los teatros y hacer posible producciones más brillantes. La luz de neón convirtió las ciudades durante la noche en un país de las maravillas. La luz eléctrica, a pesar de sus enormes ventajas sobre la luz de gas, se extendió más lentamente de lo que hubiera podido esperarse por el alto costo que implicaba la red de distribución.

ANTECEDENTES DE LA ILUMINACIÓN ELECTRICA



ILUMINACIÓN ELÉCTRICA

5.1 HISTORIA

Los primeros experimentos de iluminación eléctrica fueron realizados por el químico británico Humphry Davy, quien fabricó arcos eléctricos y provocó la incandescencia de un hilo fino de platino en el aire al hacer pasar una corriente a través de él. Aproximadamente a partir de 1840 fueron patentadas varias lámparas incandescentes, aunque ninguna tuvo éxito comercial hasta que el inventor estadounidense Thomas Alva Edison lanzara su lámpara de filamento de carbono en 1879. Durante el mismo periodo fueron presentadas varias lámparas de arco. La primera de uso práctico se instaló en un faro, en 1862. El pionero estadounidense de la ingeniería eléctrica, Charles Francis Brush, produjo en 1878 la primera lámpara de arco que se comercializó. Los filamentos de carbono fueron sustituidos por filamentos de wolframio en 1907, y seis años más tarde se desarrollaron las lámparas incandescentes rellenas de gas. En 1938 se fabricó la lámpara fluorescente.

5.2 INTRODUCCIÓN

Iluminación eléctrica , iluminación mediante cualquiera de los numerosos dispositivos que convierten la energía eléctrica en luz. Los tipos de dispositivos de iluminación eléctrica utilizados con mayor frecuencia son las lámparas incandescentes, las lámparas fluorescentes y los distintos modelos de lámparas de arco y de vapor por descarga eléctrica .

5.3 TECNOLOGÍA DE LA ILUMINACIÓN ELÉCTRICA

Si una corriente eléctrica pasa a través de cualquier conductor que no sea perfecto, se consume una determinada cantidad de energía que aparece en forma de calor en el conductor. Por lo cuanto cualquier cuerpo caliente despedirá una cierta cantidad de luz a temperaturas superiores a los 525 °C, un conductor que se calienta por encima de dicha temperatura mediante una corriente eléctrica actuará como fuente luminosa. Una bombilla o lámpara incandescente está formada por un filamento de material de punto de fusión muy elevado dentro de una ampolla de vidrio, en cuyo interior se ha hecho el vacío o está llena de un gas inerte. Se deben utilizar filamentos con puntos de fusión elevados porque la proporción entre la energía luminosa y la energía térmica generada por el filamento aumenta a medida que se incrementa la temperatura, obteniéndose la fuente luminosa más eficaz a la temperatura máxima del filamento. En las primeras lámparas incandescentes se utilizaban filamentos de carbono, aunque las modernas se fabrican con hilos muy finos de wolframio o tungsteno, con un punto de fusión de 3.410 °C. El filamento debe estar al vacío o en una atmósfera inerte, ya que de lo contrario reaccionaría químicamente con el entorno al calentarse. El uso de gas inerte en lugar de vacío en estas lámparas tiene como ventaja una evaporación más lenta del filamento, lo que prolonga la vida útil de la lámpara. La mayoría de las lámparas incandescentes modernas se rellenan con una mezcla de argón y gases halógenos, o bien con una pequeña cantidad de nitrógeno o de criptón. La sustitución de las ampollas de vidrio por compactos tubos de vidrio de cuarzo fundido han permitido cambios radicales en el diseño de las lámparas incandescentes.

5.4 TIPOS DE LÁMPARAS

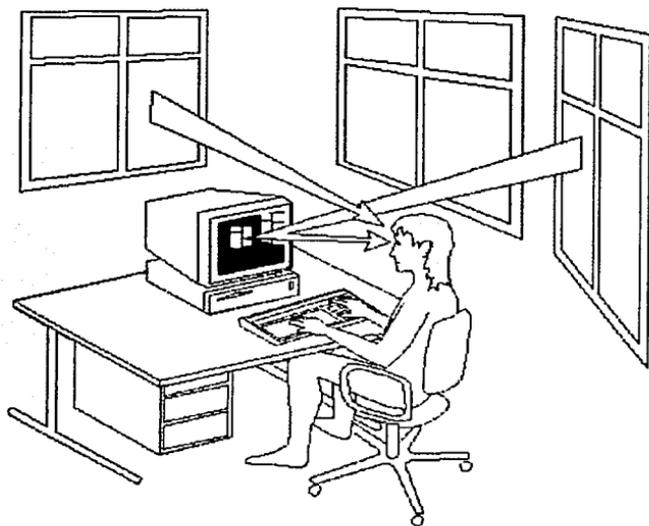
Las lámparas de descarga eléctrica dependen de la ionización y de la descarga eléctrica resultante en vapores o gases a bajas presiones en caso de ser atravesados por una corriente eléctrica. Los ejemplos más representativos de este tipo de dispositivos son las lámparas de arco rellenas con vapor de mercurio (lámparas de vapor de mercurio), que generan una intensa luz azul verdosa y que se emplean para fotografía e iluminación de carreteras, y las lámparas de neón, utilizadas para carteles decorativos, publicitarios y escaparates. En las más modernas lámparas de descarga eléctrica se añaden otros metales al mercurio y al fósforo de los tubos o ampollas para mejorar el color y la eficacia. Los tubos de cerámica translúcida, similar al vidrio, han permitido fabricar lámparas de vapor de sodio de alta presión con una potencia luminosa sin precedentes.

La lámpara fluorescente es otro tipo de dispositivo de descarga eléctrica con aplicaciones generales en iluminación. Se trata de una lámpara de vapor de mercurio de baja presión contenida en un tubo de vidrio, revestido en su interior con un material fluorescente como el fósforo. La radiación del arco de la lámpara de vapor hace que el fósforo se torne fluorescente. La mayor parte de la radiación del arco es luz ultravioleta invisible, pero esta radiación se convierte en luz visible al excitar al fósforo. Las lámparas fluorescentes cuentan con una serie de ventajas importantes. Si se elige el tipo de fósforo adecuado, la luz que generan estos dispositivos puede ser de calidad similar a la luz solar. Además, su eficacia es muy elevada. Un tubo fluorescente que consume 40 vatios de potencia genera tanta luz como una bombilla incandescente de 150 vatios. Debido a su potencia luminosa, las lámparas fluorescentes producen menos calor que las incandescentes para generar una luminosidad semejante.

Un avance en el campo de la iluminación eléctrica es el uso de la luminiscencia, que da lugar a la llamada iluminación de paneles. En este caso, las partículas de fósforo se hallan suspendidas en una fina capa de material aislante, por ejemplo, plástico. Esta capa se intercala entre dos placas conductoras, una de las cuales es una sustancia translúcida, como el vidrio, revestida en su interior con una fina película de óxido de estaño. Como los dos conductores actúan como electrodos, el fósforo se ilumina al ser atravesado por una corriente alterna. Los paneles luminiscentes se utilizan en una amplia variedad de objetos: para iluminar relojes y sintonizadores de radio, para destacar los peldaños o los pasamanos de las escaleras y para generar paredes luminosas. Sin embargo, el uso de la iluminación de paneles está limitado por el hecho de que las necesidades de corriente para grandes instalaciones son excesivas.

Se han desarrollado una serie de tipos diferentes de lámparas eléctricas para fines específicos, como la fotografía y el alumbrado de alta intensidad. En general, estas lámparas han sido diseñadas de manera que puedan actuar como reflectores al ser revestidas de una capa de aluminio. Un ejemplo es la utilizada en fotografía, una lámpara incandescente que funciona a una temperatura superior a la normal para obtener una mayor emisión de luz. Su vida útil está limitada a 2 ó 3 horas, frente a las 750 a 1.000 horas que dura una lámpara incandescente normal. Las lámparas utilizadas para fotografía de alta velocidad generan un único destello (flash) de luz de alta intensidad que dura escasas centésimas de segundo. Entre los fotógrafos cada vez es más popular la lámpara estroboscópica de descarga de gas a alta velocidad conocida como flash electrónico.

PLANIFICACIÓN DE LA ILUMINACIÓN



PLANIFICACION LA ILUMINACION.

6.1 CANTIDAD DE LUZ.

Durante muchos años se ha vivido en interiores relativamente brillantes, pero debido al énfasis en la conservación de energía, ahora se recomienda bajar los niveles de luz. La tendencia actual es la de proveer iluminación brillante en las áreas de trabajo e iluminación mas suave en las áreas a configurar en lugar de uniformar la brillantes que en general daña los ojos.

6.2 FACTORES QUE AFECTAN LOS NIVELES DE LUZ.

Al considerar cuanta luz es necesaria para una actividad determinada, se deben tomar en cuenta los siguientes factores:

La dificultad de la tarea a realizar.

La velocidad y la precisión con que deben realizarse.

Los contrastes de color entre los materiales.

El alcance de la vista de la persona que realiza la obra.

6.3 AMBIENTE.

Al realizar el proyecto de iluminación no solo debe tenerse en cuenta la función de las lámparas sino también el efecto que estas producen. Para crear una atmósfera determinada con la ayuda de la luz los siguientes factores son determinantes:

La disposición de la habitación.

El efecto psicológico que la luz tiene sobre las personas.

La distribución de las lámparas.

El efecto que produce una lámpara depende de:

El color.

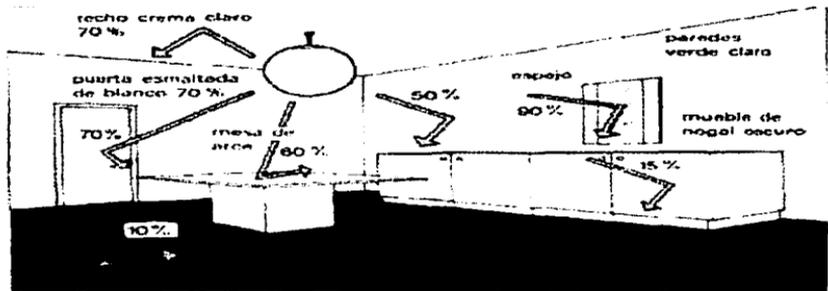
La estructura.

Coefficiente de reflexión del color.

6.4 COEFICIENTE DE REFLEXIÓN DEL COLOR.

La cantidad de las radiaciones que se refleja depende del coeficiente de reflexión del color. El color blanco refleja mucho (del 70% al 80 %) mientras que el negro refleja (del 1% al 10%) poco. Se debe tener en cuenta todos los colores de la habitación, desde el color del techo hasta el del papel de la pared, el de los objetos decorativos y el del suelo. (ver siguiente dibujo).

Poder Reflejante de los Materiales y sus Superficies.



Tipo de reflexión	Materiales	Luz reflejada %
Regular	vidrio plateado aluminio abríllanzado aluminio pulido y cromo	80 - 90 75 - 85 60 - 70
Oscura	esmalado con yeso arce y maderas similares hojigón nogal y maderas similares ladrillos	80 - 110 60 15 - 40 15 - 20 5 - 25
Mixta	esmalte blanco - aluminio satinado aluminio cepillado - cromo satinado	70 - 90 55 - 65
Tonalidad	Color de las paredes y techos	Luz reflejada %
Clara	blanco crema-claro amarillo-claro verde claro y rosa azul y gris claro	75 - 90 70 - 80 65 - 85 45 - 50 40 - 45
Medie	beige ocro, mármol claro, verde oliva	25 - 35 20 - 25
Oscura	verde, azul, rojo, gris (todos oscuros) negro	10 - 15 4

6.5 LUMINANCIA E INTENSIDAD DE LA LUZ.

Además de los factores descritos anteriormente, la cantidad de luz también juega un papel importante para crear una atmósfera propicia.

Al hacer el proyecto de iluminación se debe considerar no solo la calidad, sino también la cantidad de luz.

Al aire libre la intensidad lumínica oscila a lo largo de las 24hrs entre los 25 lux por las noches y los 100,000 lux hacia el medio día con el sol y cielo despejado. Además, el espectro de la luz natural varía; al mediodía es más azulada y por las mañanas temprano es más rojiza. Este fenómeno se puede observar claramente al amanecer y al anochecer, cuando el cielo adquiere tonalidades rojas.

Los psicólogos creen que con el paso de los siglos, el ser humano se ha ido acostumbrando a estas oscilaciones naturales de la intensidad y color de la luz, e inconscientemente asocia el tipo de luz de cada hora del día con unos sentimientos determinados, la puesta del sol, por ejemplo, puede despertar asociaciones románticas.

Estos sentimientos también se pueden suscitar ajustando la intensidad y el color de la luz según la hora del día.

La intensidad lumínica al atardecer es de menos luxes al igual que la de una lámpara incandescente con regulador de luz. Dado que también el color es similar, la atmósfera de una pieza iluminada con una lámpara incandescente con luz tenue resulta agradable.

En las recomendaciones sobre las iluminaciones de los lugares de trabajo (DIN 5035) se establecen también las diferencias en la iluminación, es decir, el contraste entre la superficie mas iluminada y la mas oscura. Según esta norma la superficie mas iluminada solo puede estar tres veces mas que la oscura.

Estas normas son importantes porque las diferencias de luminarias afectan decisivamente el rendimiento en el trabajo; si estas son muy acusadas, el ojo se tiene que ir acomodando constantemente, lo que resulta fatigoso. El contraste es especialmente acusado cuando se tiene una lámpara justo delante. La gran luminancia del filamento incandescente deslumbra y provoca una perdida de concentración.

En todo proyecto de iluminación debe evitarse que se de un contacto visual directo con la lámpara.

El diseño de una buena iluminación tiene una buena cualidad apariencial al entrar en un cuarto bien iluminado, se puede percibir todo con claridad, pero nunca se dirá que con "buena iluminación".

Esto se debe a que nuestros ojos no ven la luz en si, sino que perciben la luz de los objetos en los cuales se refleja. La luz es una acompañante silenciosa que resalta el entorno.

6.6 ELEMENTOS DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN.

Esta elección debe de hacerse antes de proceder a la instalación de los circuitos porque del modo de iluminación elegido depende a menudo la disposición de los aparatos luminosos. Desafortunadamente y a pesar de que la técnica actual de las lámparas de alumbrado esta muy perfeccionada, se hace habitualmente mal uso de ella, ya que las lámparas o los sitios en que se instalan se suelen elegir de modo inconveniente. Una primera observación es que a igualdad de consumo es posible aumentar el rendimiento de un aparato cualquiera de iluminación.

No se permanece siempre en un mismo sitio, en un local, por lo que todos los sitios de trabajo deben ser iluminados independientemente por un punto luminoso en particular.

Este método dista mucho del punto único tradicional instalado en el centro del techo, lo que conducía invariablemente a una sombra arrojada sobre los trabajos ejecutados con la espalda vuelta hacia el centro del local. Además de la elección de la intensidad que será proyectada un poco mas lejos, es necesario elegir el aparato de iluminación según la clase de distribución deseada.

6.7 TIPOS DE ILUMINACIÓN

Los diseñadores de iluminación en la actualidad, clasifican la iluminación en tres categorías:

Luz para ver.

Luz para mirar.

Luz para contemplar.

6.7.1 LUZ PARA VER.

La luz para ver es la mas importante de las tres ya que sin ella no serian posibles las percepciones visuales.

La luz artificial para ver nos permite percibir lo que nos rodea incluso por la noche. orientarnos y reconocer claramente los objetos.

Según su situación y su función se distinguen diversos tipos de fuentes de luz, desde los faroles, que nos permiten movernos con seguridad incluso en zonas no familiares, hasta la iluminación en el trabajo -como las lámparas de escritorio- que nos permiten cumplir con tareas que requieren percepción visual o leer incluso por la noche. En estas lámparas para ver es esencial la intensidad de luz. Esta debe ser lo suficiente grande como para desempeñar la función que tiene asignada (por ejemplo alumbrar una calle para que los viandantes no tropiecen) .En lo que se refiere al lugar de trabajo, existe una norma especial la DIN 5035 "iluminación con luz artificial " que establece cual es la cantidad de iluminación mínima para cada tarea. Así la intensidad de luz mínima si se trabaja cercas de una ventana es de 300 lux. Lux es la unidad de medida de la intensidad de la luz. También para el hogar la luz para ver es la mas importante. La intensidad de la luz en una habitación tiene siempre que bastar para poder iluminarla completamente en caso de necesidad . Debemos siempre disponer de la luz para disponer donde sea necesario. Es decir, que es aconsejable que en todas las habitaciones la luz para ver provenga de diferentes fuentes.

Pero en fin de cuentas, la luz para ver determina únicamente la intensidad de luz sin tener en cuenta el efecto psicológico, es decir si la luz es agradable o no lo es.

6.7.2 LUZ PARA MIRAR.

La luz para mirar tiene efectos psicológicos. El propio nombre indica que con esta luz se requiere mirar algo en concreto, como un cuadro u otro tipo de arte. Para ello tenemos diversas posibilidades. La más común es jugar con las intensidades de luz, por ejemplo, desviar la atención hacia un cuadro iluminándolo con más intensidad que el fondo. La efectividad de esta iluminación resulta evidente cuando pasemos de noche.

Para destacar algo con fuerza es necesario que su intensidad de luz sea diez veces mayor que la del entorno. Para ello son especialmente adecuadas las lámparas que puedan generar sobre una superficie relativamente pequeña con gran intensidad lumínica.

Según como distribuyamos en una habitación la luz para mirar, la iluminación será más o menos agradable. Lo importante es recordar que la mirada se dirige hacia los objetos que al estar más intensamente iluminados se destacan más.

6.7.3 LUZ PARA CONTEMPLAR.

Este tipo de luz se basa principalmente en la luz dirigida. De tipo decorativo, se utiliza para centrar la atención en un objeto, para dar carácter o énfasis a algo.

La luz para contemplar tiene más en cuenta la lámpara en sí. Lo importante aquí no es el efecto de la luz sino la lámpara.

6.8 CANTIDAD Y CALIDAD EN LA ILUMINACIÓN.

Una de las medidas más significativas de la un sistema de iluminación es la cantidad de luz que se proporcione al área de trabajo. La lista que se presenta en los apéndices finales de este trabajo muestra la los niveles luminosos considerados buenos para la practica de alguna actividad hoy en día.

Comparados con los niveles que normalmente aparecen en la naturaleza los expresados en esta relación son bajos, aunque satisfactorios para la visión normal; la razón de que estos niveles de iluminación sean bajos comparados con los de la naturaleza son las limitaciones reales de nuestra capacidad para producir niveles más altos con comodidad y economía. La comodidad y facilidad para realizar los trabajos de visión próxima se pueden mejorar con intensidades luminosas más altas, siempre que se consiga también una adecuada calidad de luz y unas convenientes condiciones ambientales.

La distribución de la iluminación, lo mismo que el nivel luminoso deberá venir determinada por la finalidad de la instalación. Tanto en luz para tareas específicamente visuales, como en luz para trabajos de producción, normalmente es conveniente colocar las luminarias de tal manera que den una iluminación razonable uniforme sobre toda el área.

La relación entre la iluminación máxima, bajo las luminarias, y la mínima, en lugares situados entre dos de ellas, no debe ser nunca mayor de $3/2$, y para obtener los mejores resultados debe acercarse todo lo posible a la unidad.

Cuando sea ventajoso concentrar la luz en áreas específicas de trabajo, o cuando se utilice esta para efectos dramáticos o decorativos, la iluminación uniforme no es aconsejable.

La adecuada cantidad de luz por si sola no asegura una buena iluminación. *La buena calidad de luz es tan importante como la cantidad*, y normalmente mas difícil de conseguir. Los factores que intervienen en la calidad de iluminación son muchos y complejos, pero el deslumbramiento, las relaciones de brillo, la difusión y el color pueden considerarse como los mas importantes.

El deslumbramiento es cualquier brillo que produce molestias, interferencia con la visión o fatiga visual. Como es difícil evaluar matemáticamente los distintos elementos de deslumbramiento, se han establecido ciertos factores especificos y determinantes.

Brillo de la Fuente. Cuanto mayor sea éste, mayor será la molestia y la interferencia con la visión.

6.8.1 BRILLANTES.

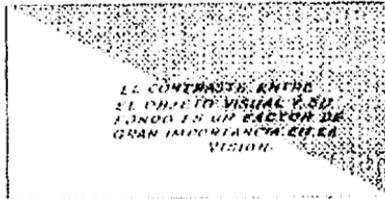
La brillantes de un objeto depende de la intensidad de la luz que incide sobre el y la proporción en la cual la luz es reflejada hacia el órgano visual. Aumentando el nivel de iluminación en una superficie oscura es posible aumentar su brillantes.



6.8.2 CONTRASTE.

Cuanto mayor es el contraste de brillo entre una fuente que deslumbramiento y sus alrededores, mayor será el efecto de deslumbramiento. El contraste, es la relación que existe entre las luminancias de un objeto y su inmediato alrededor.

Los niveles altos de iluminación compensan en parte los bajos contrastes en brillantes y son de gran asistencia donde no se puede tener condiciones de alto contraste.



6.8.3 TIEMPO.

Una exposición a la luz que puede no ser molesta durante un corto espacio de tiempo, puede resultar muy molesta y fatigosa para una persona que tuviera que trabajar durante tales condiciones durante 8 horas al día. La visión no es un proceso instantáneo sino que requiere de tiempo. Al aumentar el nivel de iluminación aumenta al mismo tiempo, la velocidad de percepción.

En consecuencia un estudio del posible efecto de deslumbramiento en una instalación de alumbrado implica no solo el brillo intrínseco del aparato individual o del elemento, sino también muchas características de la sala y las condiciones de uso. Los brillos de luminarias que son muy agradables en una pequeña oficina, donde las unidades están fuera del campo de visión, puede ser excesivo en habitaciones mayores, donde la luminarias mas apartadas quedan próxima a la línea normal de visión. De igual modo, las luminarias que no tienen brillo muy desagradable, pueden si se montan en grandes grupos, presentar un área total lo suficientemente grande para producir una sensación desagradable. Esto ocurre ocasionalmente cuando se colocan algunos tipos de luminarias fluorescentes a lo largo de la línea de visión, en zonas grandes con techos relativamente bajos.

Son precauciones lógicas contra el deslumbramiento excesivo la protección de todas las lámparas que hayan de instalarse dentro del campo de la visión, el uso de colores claros en techos y paredes puede reducir el contraste, el montaje de las fuentes de luz por encima de la línea normal de visión siempre que sea posible, y la reducción de brillo de las luminaria a limites razonables. Cuando se ha de proporcionar iluminación para visión crítica, es importante para la comodidad y la buena visibilidad que las luminarias o los sistemas luminosos del techo se seleccionan entre los luminancias medias, especialmente entre 45° a 85° desde vertical, y patrones de luminancias que estén dentro de limites prescritos. Como estos limites están relacionados con la naturaleza del trabajo visual, el nivel de iluminación, el tamaño del área luminosa y otros factores, el modelo de una particular luminancia no es el mejor para todas las situaciones.

6.9 TIPOS DE ILUMINACIÓN.

De acuerdo a la manera en la cual se dispersa la luz por el aparato de iluminación o luminaria se clasifican en :

6.9.1 La iluminación directa es la que no ofrece ningún obstáculo a la propagación en línea recta del flujo luminoso desde su origen hasta el objeto a iluminar, sin experimentar la menor desviación. La iluminación directa artificial es muy rara y en la practica no se realiza mas que en el caso de lámparas con vidrio no deslustrado y montadas en un porta lámparas sencillo sin ninguna armadura.



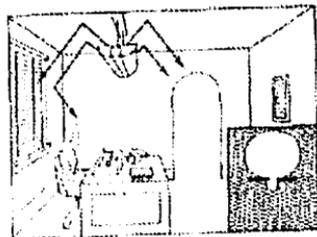
6.9.2 La iluminación indirecta es, contrariamente a la anterior, aquella en la cual ningún rayo luminoso alcanza su meta sin haber experimentado una difusión o una reflexión. La reflexión se puede realizar en la propia armadura o en los muros y techos del local.



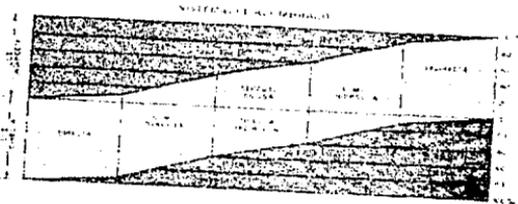
6.9.4 La iluminación semidirecta o semiindirecta es aquella en que intervienen a la vez y en proporciones variables los dos métodos de propagación precedentes. La intervención parcial de las superficies reflectantes se realiza a la vez en la armadura y en las paredes del local.



6.9.5 La iluminación difusa la proporciona un dispositivo cualquiera en el cual la totalidad del flujo luminoso se propaga en numerosas direcciones diferentes, ya sea a consecuencia de las grandes dimensiones de la propia fuente o por la multiplicidad de esta. La difusión de la luz que proviene de una sola fuente puede también ser provocada por la naturaleza de ciertos cuerpos interpuestos y que generalmente forman parte de la armadura. Las bombillas con vidrio deslustrado y los globos difusores pertenecen a esta categoría.



Para el instalador es, por tanto, primordial elegir el modelo de iluminación que conviene para la finalidad a que estén destinados los diferentes locales y de esto deducir el emplazamiento de los diferentes puntos luminosos. *La iluminación directa* no se utiliza verdaderamente mas que para alumbrados exteriores de socorro, así como para la iluminación de locales secundarios tales como garajes, bodegas, desvanes, etc. Para los locales de paso tales como vestíbulos, escaleras, son preferibles *las iluminaciones difusas o semiindirectas*. Finalmente, para los locales de estancia se prefieren *las iluminaciones semidirectas o semiindirectas*, reforzadas localmente por iluminaciones especiales según los trabajos que hayan de ejecutarse en ellos.



6.10 LOS PUNTOS LUMINOSOS.

Un punto luminoso esta compuesto esencialmente de una bombilla, cuya misión es transformar la energía eléctrica en energía luminosa. Esta ultima se propaga en todas las direcciones y siempre es necesario guiar estos rayos para utilizarlos acertadamente. Por otra parte, una bombilla desnuda de alguna potencia deslumbra o fatiga la vista y por esta razón siempre debe ser utilizada con un reflector bien estudiado.

La intensidad luminosa se mide en una sola dirección (en bujías, es decir, la intensidad desarrollada por una bujía en una dirección horizontal) mientras que el flujo luminoso es la expresión de la totalidad de la intensidades de las proyectadas en todas las direcciones. Esta diferencia de nociones fundamentales reside en el hecho de que todas las lámparas no radian de la misma manera y que la distribución del flujo difiere de una lámpara a otra. Por esta razón existen bombillas para usos especiales. tales como iluminación de vitrinas, iluminación indirecta en molduras luminosa, etc. El lumen, unidad de flujo, es la cantidad de luz recibida a un metro de distancia en un metro cuadrado de superficie. El flujo luminoso de una lámpara se mide en lúmenes o decalúmenes (un decalumen = 10 lumen).

Estas nociones son teóricas y la iluminación en una superficie de trabajo determinada recibirá desigualmente la luz según la naturaleza de esta y sobre todo la distancia que las separa. Se dirá, pues, que la iluminación, en lux, es la cantidad de luz recibida sobre una superficie distante X metros de la superficie luminosa. La unidad de iluminación es el lux y corresponde a una superficie de un metro cuadrado que recibe el flujo de un lumen.

6.11 DISTRIBUCIÓN DE LA LUZ.

Cada actividad tiene su nivel de iluminación mínima. Por lo tanto es necesario tener siempre en cuenta la precisión del trabajo a efectuar y proporcionar el nivel de iluminación.

La iluminación total debe estar proporcionada a la precisión del trabajo que allí se efectúa, adoptando las disposiciones necesarias para evitar el deslumbramiento. Señalemos que los efectos del deslumbramiento se evitan si la lámpara montada en su reflector está dispuesta encima de la cabeza, de lo contrario es preferible un reflector que permite embutir suficientemente la lámpara.

Niveles de iluminación aconsejados para interiores

Tipo de trabajo		Nivel de iluminación (lx)
Oficina	trabajo de dibujo	750 - 1 000
	trabajo de lectura de planos, de libros, de revistas, etc. (deben adoptarse las medidas de protección contra el deslumbramiento)	400 - 600
	trabajo de lectura de libros, de revistas, etc. (deben adoptarse las medidas de protección contra el deslumbramiento)	75 - 150
Escuelas	aulas de enseñanza	250 - 500
	aulas de dibujo y trabajos prácticos	400 - 600
Industria	trabajos que exigen precisión, como el control de calidad, etc.	2 000 - 5 000
	trabajos que exigen precisión, como el control de calidad, etc.	1 000 - 2 000
	trabajos que exigen precisión, como el control de calidad, etc.	400 - 600
	trabajos que exigen precisión, como el control de calidad, etc.	150 - 300
Escuelas secundarias	aulas de enseñanza	500 - 1 000
	aulas de enseñanza	200 - 400
	aulas de enseñanza	1 000 - 2 000
	aulas de enseñanza	500 - 1 000
Viviendas	aulas de enseñanza	60 - 100
	aulas de enseñanza	100 - 1 000
	aulas de enseñanza	120 - 250
	aulas de enseñanza	250 - 500
	aulas de enseñanza	60 - 100
	aulas de enseñanza	250 - 500

6.12 FACTOR DE REFLEXIÓN DE LAS PAREDES.

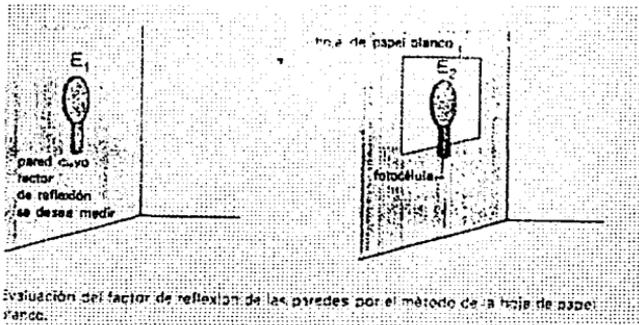
Si se desea conocer de un modo aproximado el factor de reflexión de las paredes (o sea, la contribución de las mismas a la iluminación general del local), se pueden efectuar dos medidas con la fotocélula del luxómetro vuelta hacia las paredes y colocada a unos 50-80cm de distancia; una, sobre la pared desnuda (E_1) y otra, acto seguido, siempre a la misma distancia pero colocando en la pared una hoja de papel blanco (E_2). Se supone que el factor de reflexión de esta última se haya comprendido entre el 80 - 90%.

El factor de reflexión de la pared (K_f) se podrá deducir mediante la siguiente relación:

$$K_f = \frac{E_1}{E_2} \cdot 80 / 90$$

De este modo por ejemplo, si $E_1 = 150$ lux, $E_2 = 300$ lux, y admitiendo que el factor de reflexión de la hoja blanca sea del 90%, el orden de magnitud del factor de reflexión será:

$$K_f = \frac{E_1}{E_2} \cdot 90 = \frac{150}{300} \cdot 90 = 45 \%$$



6.13 GRADO DE UNIFORMIDAD.

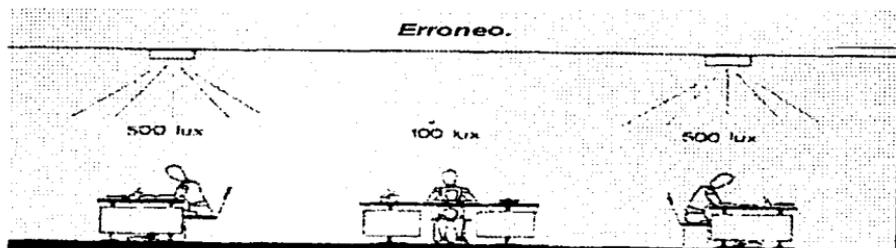
La determinación del grado de uniformidad de la iluminación se obtiene simplemente averiguando los puntos de iluminación mínima e iluminación de máxima.

6.14 NIVEL DE ILUMINACIÓN.

Cuando se trata de una iluminación general se toma como referencia el nivel de iluminación en un plano horizontal situado a una altura de 0,80 a 0,90m sobre el suelo (altura de las mesas de trabajo).

La elección del nivel de iluminación es fundamental par obtener una buena visión. En base de estudios y experiencias llevados a cabo, se han definido los niveles de iluminación aconsejables según los diversos ambientes (en la tabla de la pagina siguiente se relacionan algunos casos los demás se ponen en el apéndice.).

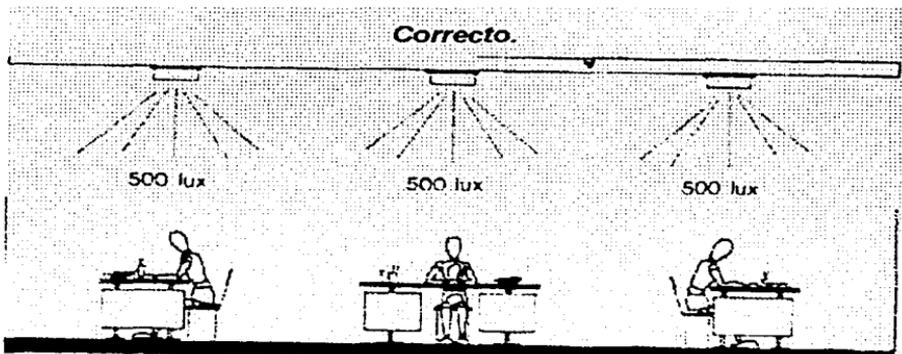
Al establecer los niveles de iluminación, debe tenerse en cuenta que flujo luminoso emitido por las lámparas decrece con el tiempo, no solo en función de su promedio de vida, sino también a causa del deposito de polvo y suciedad que tienen lugar sobre ellas. Lo mismo puede decirse de las luminarias (por ejemplo perdida de refulgencia o alteraciones del color de las superficies reflectantes, perdida de transparencia de las pantallas, etc).



No esta permitido descender por debajo de determinados límites so pena de incurrir a una infracción de las disposiciones legales acerca de la higiene y seguridad en el trabajo.

Una buena iluminación permite reducir los accidentes de trabajo y facilita la concentración. Por ejemplo, al pasar de una iluminación de 90 a 500 lux , se puede aumentar la capacidad de atención en un 15% y la seguridad y velocidad en el calculo de un 5%.

Sin embargo, no basta con establecer un buen nivel de iluminación de acuerdo con las exigencias del local, sino que debe tratar de obtener una buena distribución de la luz; esto depende de la relación entre la altura a que se hayan situado los centros luminosos y la distancias que los separan.

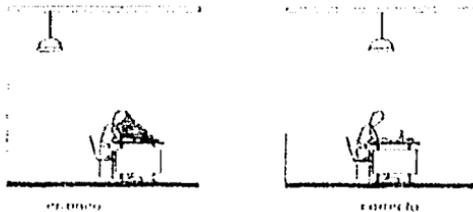


6.15 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA LUZ.

La ausencia de sombras, como consecuencia de una iluminación demasiado uniforme dificulta el reconocimiento de los objetos, la valoración de sus dimensiones y de la distancia a que se encuentran del sujeto que los observa.

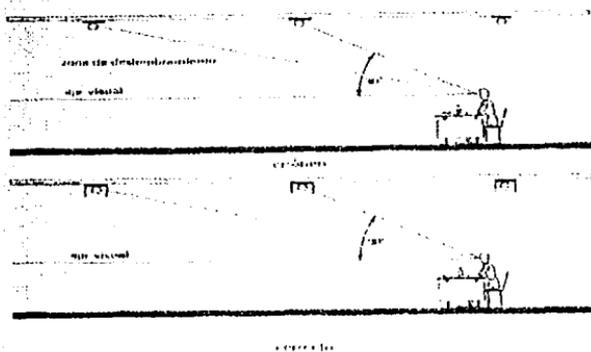
Por el contrario, confiando la iluminación del ambiente exclusivamente a fuentes de luz direccionales se crean contrastes de sombra demasiados violentos que fatigan la vista.

Por lo tanto, la correcta elección de la fuente luminosa y de la luminaria tiene una importancia decisiva a los efectos de una buena y confortable visión. Si, por ejemplo, se ha realizado la iluminación general con lámparas fluorescentes tabulares, la distribución de la luz resulta bastante uniforme. Las sombras son suaves y las manchas de luz poco pronunciadas ahora bien esta iluminación puede producir una sensación de monotonía a quien tenga que permanecer largo tiempo en el local tal vez sea conveniente integrar la iluminación general con lámparas que proporcionen luz direccional (lámparas de incandescencia provistas de reflector o de cúpula plateada). Soluciones de este tipo se adoptan en los grandes almacenes, tiendas, etc.

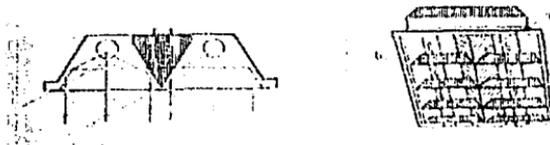


Con el empleo de lámparas fluorescentes tubulares y disponiendo los objetos o planos paralelos al eje de las fuentes de luz se obtienen sombras bien definidas; ello no sucede si se colocan perpendiculares al eje de dichas lámparas.

Las fuentes de luz deben apantallarse para evitar el deslumbramiento, en particular cuando se encuentren dentro de la zona comprendida por un arco de 30° respecto al eje visual.

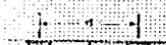
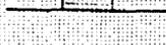


Esto se consigue con el empleo de luminarias provistas de pantalla.

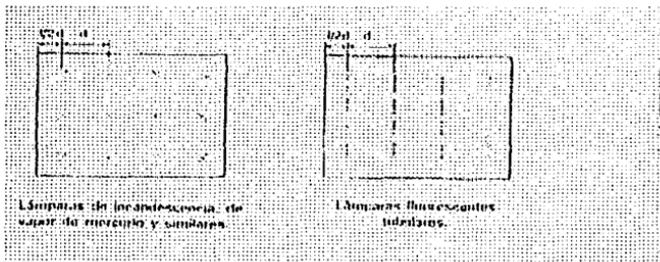


Ejemplo de luminaria provista de pantalla longitudinal (a) y transversal (b).

En iluminaciones de tipo general es conveniente que entre las zonas bien iluminadas y las que no lo están tanto existe una relación de nivel no superior a 1:3. Este resultado se puede obtener con un adecuada selección de las características de las luminarias (obsérvense las curvas fotométricas siguientes y las del apéndice) y prestando atención a las distancias entre las fuentes de luz así como entre estas y las paredes.

Tipos de luminaria		Especificaciones de la distancia y altura
Regleta de techo sola o con difusor, o bien varias difusoras	 	
Reflector de haz ancho	 	
Iluminación de haz medio	 	

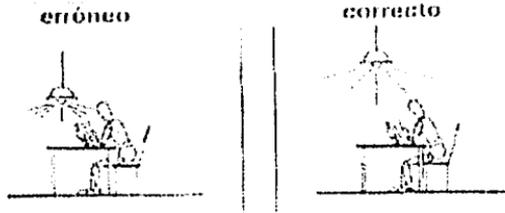
Referente a las luminarias colocadas en la proximidad de las paredes, adóptese una distancia de $d/2$.



6.16 DESLUMBRAMIENTO-

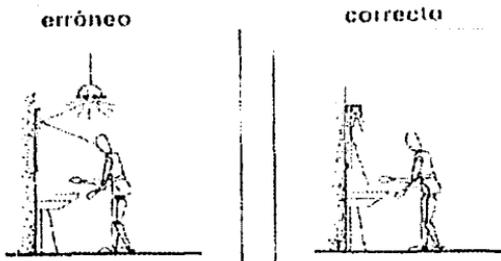
Puede ser:

6.16.1 Directo: provocado al observar directamente la fuente de luz es el mas molesto porque produce fatiga y reduce la percepción;



Deslumbramiento por Luz Directa.

6.16.2 Reflejado: provocado por la incidencia de los rayos luminosos sobre el objeto observado: aquellos dan lugar a rayos reflejados cuyos ángulos de reflexión son iguales y simétricos a los de rayos incidentes. Si el fenómeno es acentuado (por la elevada reflexión del objeto) se produce pérdida de contraste y fatiga visual-



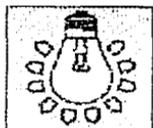
Deslumbramiento por Luz Reflejada.

6.17 CONCEPTOS BÁSICOS DE ILUMINACIÓN.

Existen una gran cantidad de conceptos referidos a la iluminación, a continuación se darán algunos de estos conceptos. En su mayoría serán tratados en las paginas finales de este libro.

Eficacia

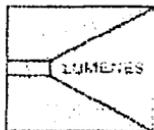
Para emitir una radiación luminosa una fuente tiene que absorber energía, generalmente eléctrica.



Flujo Luminoso (F o Φ) es la cantidad de luz emitida por una fuente, medida en lúmenes (lm) a la tensión nominal de funcionamiento.



Potencia absorbida (p) es la energía eléctrica consumida por una fuente medida en watts (W)

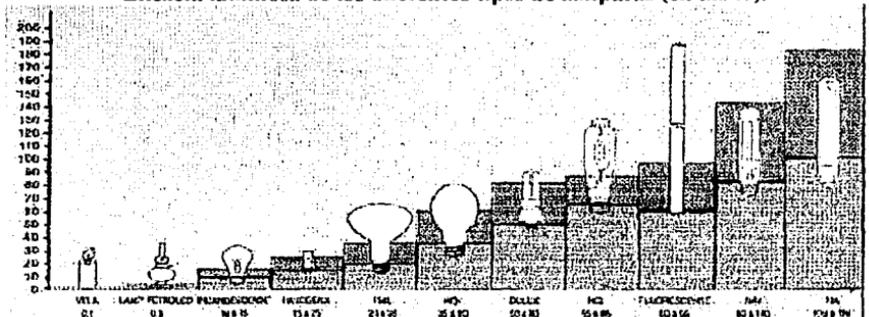


Eficacia luminosa Expresada en lm / W es la relación existente entre el flujo luminoso y la potencia absorbida.

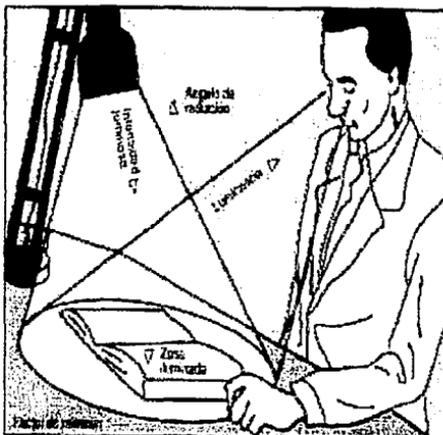


Duración de vida Es la determinada por un criterio convenido. La vida de las lámparas está definida cuando el 50% de ellas funcionan todavía, con el 80% de flujo luminoso.

Eficacia luminosa de los diferentes tipos de lámparas (en lm/W).



Intensidad luminosa (I) Expresada en candelas (cd) es la intensidad del flujo proyectado en una dirección determinada.



Ángulo de radiación (α) es el ángulo sólido producido por un reflector con el que dirige la luz.

Confort El flujo luminoso de una fuente es proyectado en todas las direcciones. De esta forma puede ser difuso, reflejado o dirigido en ciertos ángulos.

Factor de reflexión Es la relación entre el flujo luminoso reflejado y el flujo luminoso incidente

CAPITULO 7.-LUMINARIAS.

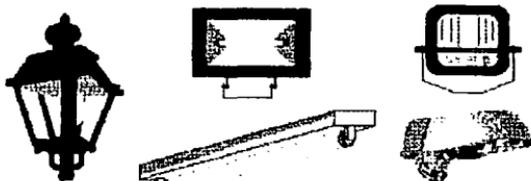


7.1 INTRODUCCIÓN.

LUMINARIAS.

Las luminarias son aparatos que sirven de soporte y conexión a la red eléctrica a las lámparas. Como esto no basta para que cumplan eficientemente su función, es necesario que cumplan una serie de características ópticas, mecánicas y eléctricas entre otras.

A nivel de óptica, la luminaria es responsable del control y la distribución de la luz emitida por la lámpara. Es importante, pues, que en el diseño de su sistema óptico se cuide la forma y distribución de la luz, el rendimiento del conjunto lámpara-luminaria y el deslumbramiento que pueda provocar en los usuarios. Otros requisitos que debe cumplir las luminarias es que sean de fácil instalación y mantenimiento. Para ello, los materiales empleados en su construcción han de ser los adecuados para resistir el ambiente en que deba trabajar la luminaria y mantener la temperatura de la lámpara dentro de los límites de funcionamiento. Todo esto sin perder de vista aspectos no menos importantes como la economía o la estética.



Ejemplos de luminarias

7.2 CLASIFICACION

Las luminarias pueden clasificarse de muchas maneras aunque lo más común es utilizar criterios ópticos, mecánicos o eléctricos.

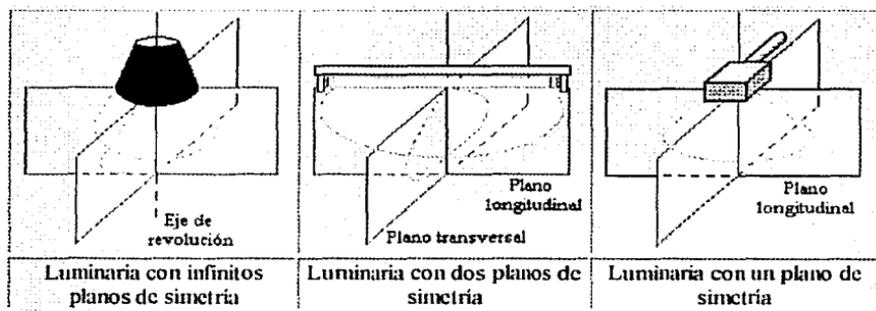
7.3 Clasificación según las características ópticas de la lámpara

Una primera manera de clasificar las luminarias es según el porcentaje del flujo luminoso emitido por encima y por debajo del plano horizontal que atraviesa la lámpara. Es decir, dependiendo de la cantidad de luz que ilumine hacia el techo o al suelo. Según esta clasificación se distinguen seis clases.

Directa	0-10%	Semi-directa	10-40%
			
General difusa	90-100%	Directa-indirecta	60-90%
	40-60%		
Semi-directa	40-60%	Indirecta	40-60%
	60-90%		
	10-40%		0-10%

Clasificación CIE según la distribución de la luz.

Otra clasificación posible es atendiendo al número de planos de simetría que tenga el sólido fotométrico. Así, podemos tener luminarias con simetría de revolución que tienen infinitos planos de simetría y por tanto nos basta con uno de ellos para conocer lo que pasa en el resto de planos (por ejemplo un proyector o una lámpara tipo globo), con dos planos de simetría (transversal y longitudinal) como los fluorescentes y con un plano de simetría (el longitudinal) como ocurre en las luminarias de alumbrado viario.



Para las luminarias destinadas al alumbrado público se utilizan otras clasificaciones.

7.4 DISTRIBUCIÓN DEL FLUJO LUMINOSO.

Las luminarias están diseñadas para controlar la distribución de luz y esto se logra por medio de:

7.4.1 Cubiertas de Cristal.-

Las luminarias pueden estar cubiertas en su parte inferior o protegidas por un cristal plano y transparente, con un difusor o con un refractor. Una cubierta de cristal transparente no proporciona control óptico y sólo se utiliza para proteger la lámpara, mantener limpia la luminaria y proteger su apariencia.

De la luz incidente que llega a la superficie de un cristal, aproximadamente el 4 por ciento se refleja de la primera superficie de cristal-aire y una cantidad igual de la segunda superficie cristal-aire. Dependiendo de su calidad, el cristal absorbe del 2 al 8 por ciento de la luz que lo atraviesa. Por lo tanto, el uso de una cubierta de cristal puede reducir la eficiencia de la luminaria aproximadamente un 10 por ciento.

La cantidad de luz que refleja un cristal depende del ángulo de incidencia. Por encima de los 50 grados, la reflexión de la luz se incrementa rápidamente. A un ángulo de 75 grados, se refleja el 30 por ciento de la luz incidente. Este efecto es más evidente en las luminarias para caminos y en la de poste elevados, las cuales requieren de una alta luminosidad en las zonas de 60 a 75 grados. La alta reflexión de las superficies de cristal a elevados ángulos tiende a reducir la intensidad luminosa de la luminaria en estos ángulos.

El uso de un cristal convexo o arrugado ayuda a reducir este problema.

7.4.2 Difusores.-

Un difusor es un material translucido que se utiliza para ocultar una lámpara. Los difusores están hechos de cristal, plástico o policarbonato. La adición de pigmentos o un refractor pueden incrementar sus cualidades difusoras. También se puede utilizar un difusor debajo de una lámpara, en lugar de un refractor.

Los difusores son adecuados para la ejecución de sistemas de iluminación semi-indirecta, difusa o semi-difusa, ya que el flujo luminoso se distribuye de un modo casi uniforme en todas direcciones

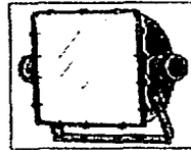
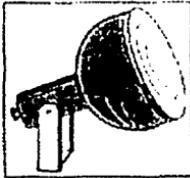
Los difusores pueden tener casi cualquier forma. Su propósito es esparcir la brillantez de una fuente de luz sobre un área más grande, de manera que reduzca al mínimo la brillantes pico y por lo tanto, atenuar el deslumbramiento. Se pueden utilizar difusores en donde se desea controlar la brillantes, siempre y cuando no haya necesidad de un control fotométrico preciso.

Las luminarias con difusores tienen una eficiencia menor que las de reflector abierto o cubierto, y todavía menor que las que combinan un reflector y un refractor.

Los difusores de persianas y las viseras son barreras físicas para la salida de la luz. Generalmente se pintan de negro para que puedan absorber adecuadamente la luz. Los difusores y viseras se utilizan en las luminarias para interiores con el fin de bloquear la luz que podría resultar deslumbrante o molesta.

Las viseras proporcionan un control limitado de la brillantez de la luminaria cuando se localizan a los lados y en la parte superior de esta.

Debido a la cantidad de luz que absorben (vidrio, esmerilado u opalino 10-20 % y en difusores tipo lechoso 30-40%), los difusores no son adecuados para grandes potencias: generalmente están previstos para albergar lámparas de incandescencia entre 40-200W o lámparas fluorescentes tubulares normales (lineales, tubulares o en U).



7.4.3 Refractores.-

Están constituidos por recipientes de material transparente dotados de una profunda cavidad y cuyo perfil y orientación han sido predeterminados a fin de modificar notablemente la distribución del flujo luminoso. Disminuyen sensiblemente el deslumbramiento.

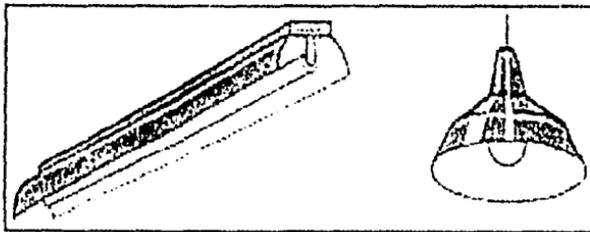
El diseño de los refractores esta basado en las leyes de la refracción, la luz se puede desviar utilizando lentes o prismas. Con el uso de refractores se puede lograr un control completo de toda la luz que produce una luminaria. Este procedimiento se utiliza en la mayoría de las luminarias de bajo consumo para áreas abiertas y para caminos.

Desafortunadamente, el máximo control que se puede lograr con los refractores esta limitado a la máxima inflexión que se puede obtener con un prisma individual, mas la interreflejancia que los diferentes prismas producen entre ellos.

La eficiencia de la luminaria puede ser alta cuando solamente se utiliza únicamente un refractor; no obstante nunca será tan alta como cuando se utiliza una combinación reflector-refractor. Por ejemplo, el "faro" de un automóvil esta constituido por un proyector (concentración de luz) y un refractor (pantalla frontal de vidrio prensado, dotado de acanaladuras prismáticas).

Entre las luminarias que mas uso hacen de los refractores se encuentran las de tipos para caminos y carreteras en las cuales se colocan prismas al lado de los refractores, para elevar su intensidad luminosa 5 o 10 grados mas de lo que podría con un solo refractor.

Los refractores pueden estar hechos de cristal, acrílico o plástico policarbonato. El policarbonato es extraordinariamente resistente, por lo que se recomienda utilizarlos donde el vandalismo constituye un problema. Aun cuando el policarbonato tiende a hacerse amarillento y quebradizo durante la exposición prolongada a la luz ultravioleta, puede aplicársele un tratamiento para hacerlo mas resistente a este efecto. El cristal y el acrílico por su parte, poseen excelentes propiedades ópticas y de estabilidad.



7.4.4 Reflectores.-

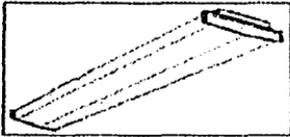
Los reflectores son el medio más comúnmente utilizado para controlar la luz, pueden ser abiertos o estar cubiertos con un cristal transparente (un refractor o un difusor) con los cuales se tapa o se sella la luminaria. Estos también pueden contener celosías y visores, con los que se controla la luz dispersa.

El propósito del reflector es dirigir los rayos de luz que produce una lámpara. La forma en que la distribuye la luz una lámpara desnuda rara vez es la más conveniente, por lo que se requiere de un reflector o de algún otro método de control. En la mayoría de los casos, la combinación de una lámpara con un reflector externo produce los resultados buscados. No obstante, se debe recordar que las lámparas tienen su propia distribución de luz cuando se diseña un reflector.

De esta manera, el reflector viene siendo una fuente secundaria de luz. Esto puede verse cuando el reflector está totalmente pulido y puede reproducirse la imagen de la propia lámpara.

Los reflectores están formados por superficies especulares (aluminio pulido, vidrio plateado, plancha de hierro esmaltada de blanco , etc.) que reflejan en determinadas direcciones la luz emitida por la lámpara (en un haz ancho o estrecho según los tipos). Si su construcción es racional, se puede conseguir un elevado rendimiento.

Los proyectores entran en la categoría de reflectores. Sirven para concentrar la luz en una dirección bien definida, generalmente sobre superficies delimitadas.

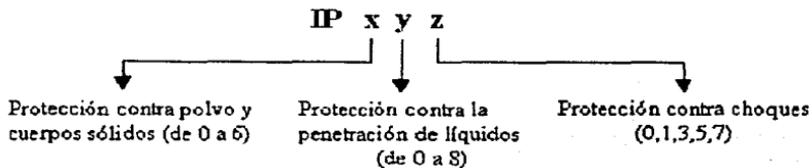


En función del porcentaje del flujo luminoso saliente de la luminaria y emitido por debajo del plano horizontal que pase por el eje de la luz se establece la siguiente clasificación.

7.5 CLASIFICACIÓN SEGÚN SUS CARACTERÍSTICAS

7.5.1 CLASIFICACIÓN SEGÚN LAS CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LA LÁMPARA.

Las luminarias se clasifican según el grado de protección contra el polvo, los líquidos y los golpes. En estas clasificaciones, según las normas nacionales (UNE 20324) e internacionales, las luminarias se designan por las letras **IP** seguidas de tres dígitos. El primer número va de 0 (sin protección) a 6 (máxima protección) e indica la protección contra la entrada de polvo y cuerpos sólidos en la luminaria. El segundo va de 0 a 8 e indica el grado de protección contra la penetración de líquidos. Por último, el tercero da el grado de resistencia a los choques.



CLASIFICACIÓN SEGÚN SUS CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS.

En función del grado de protección que ejercen sobre la lámpara contra la penetración de cuerpos extraños (sólidos y líquidos), y el grado de protección del material contra daños mecánicos.

La norma UNE 20324 en correspondencias con normas internacionales, indican los grados de protección mediante las letras IP seguidas de tres cifras características:

La primera cifra indica el grado de protección de las personas sobre los contactos con las partes bajo tensión o las piezas en movimiento y también el grado de protección contra la penetración de cuerpos sólidos y polvo.

- 0 Ninguna
- 1 Protegido contra cuerpos sólidos superiores a 50 mm (esfera de diámetro 50).
- 2 Protegido contra cuerpos sólidos superiores a 12 mm.
- 3 Protegido contra hilo de acero de diámetro de 2.5mm.
- 4 Protegido contra hilo de acero de diámetro de 1mm.
- 5 Protegido contra el polvo.
- 6 Protección total contra el polvo.

La segunda cifra indica el grado de protección contra la penetración de líquidos.

- 0 Ninguna protección.
- 1 Protegidos contra caída vertical de gotas de agua.
- 2 Protegidos contra caída vertical de gotas de agua a una inclinación de 15 °
- 3 Protegidos contra la lluvia.
- 4 Protegidos contra las proyecciones de agua.
- 5 Protegidos contra los chorros de agua.
- 6 Protegidos contra los embates de mar.
- 7 Protegidos contra los efectos de inmersión.
- 8 Protegidos contra la inmersión prolongada.

La tercera cifra indica el grado de protección contra daños mecánicos.

- 0 Ninguna.
- 1 Resistencia al choque de 0.15 Kg. caídos desde 0.15m (a 225J de energía).
- 3 Resistencia al choque de 0.25 Kg. a 0.2m (a 0.5J de energía de choque).
- 5 Resistencia al choque de 0.5 Kg. a 0.4m (a 2J de energía de choque).
- 7 Resistencia al choque de 1.5 Kg. A 0.4m (a 6J de energía de choque).
- 9 Resistencia al choque de 5 Kg. a 0.4m (a 20J de energía de choque).

7.5.2 CLASIFICACIÓN SEGÚN LAS CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE LA LÁMPARA

Según el grado de protección eléctrica que ofrezcan las luminarias se dividen en cuatro clases (0, I, II, III).

Clase	Protección eléctrica
0	Aislamiento normal sin toma de tierra
I	Aislamiento normal y toma de tierra
II	Doble aislamiento sin toma de tierra.
III	Luminarias para conectar a circuitos de muy baja tensión, sin otros circuitos internos o externos que operen a otras tensiones distintas a la mencionada.

Otras clasificaciones

Otras clasificaciones posibles son según la aplicación a la que esté destinada la luminaria (aluminado viario, alumbrado peatonal, proyección, industrial, comercial, oficinas, doméstico...) o según el tipo de lámparas empleado (para lámparas incandescentes o fluorescentes).

7.5.3 CLASIFICACIÓN POR SUS CARACTERÍSTICAS ESTÉTICAS.

Los luminarias apagados durante el día o encendidos durante la noche, no deben desentonar con el medio ambiente en el cual se incluyen.

7.6 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS LUMINARIAS:

Dentro de las características generales que sirven como fundamento para establecer las distintas clasificaciones, las luminarias deben tener en cuenta aspectos puntuales, que en definitiva van a condicionar su nivel de calidad. Algunas de estas características son las siguientes:

Las cualidades con que debe contar una luminaria se resumen en las tablas siguientes:

OPTICAS	MECANICAS Y ELECTRICAS	ESTETICAS
▶ <i>Distribución luminosa adecuada a la función que debe realizar.</i>	▶ <i>Solidez.</i>	▶ <i>El tipo de luminaria seleccionada debe estar acorde a los requerimientos estéticos del lugar.</i>
▶ <i>Luminancias reducidas en ciertas direcciones.</i>	▶ <i>Ejecución en un material adecuado con las condiciones de trabajo previstas.</i>	
▶ <i>Buen rendimiento lumínico.</i>	▶ <i>Protección de las lámparas y equipo eléctrico contra humedad y demás agentes atmosféricos.</i>	
	▶ <i>Facilidad de montar, desmontar y limpiar.</i>	
	▶ <i>Cómodo acceso a la lámpara y equipo eléctrico.</i>	

7.7 CLASIFICACIÓN DE LAS LUMINARIAS SEGÚN SU USO:

TIPO.	CARACTERÍSTICAS.	FUNCIÓN.
<i>COMERCIAL</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Buena difusión de luz. ▶ Baja brillantes. ▶ Alta eficiencia. ▶ Ocultamiento de la lámpara. ▶ Apariencia distinguida y moderna. ▶ Facilidad de montaje y limpieza. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Cumplir con las expectativas para iluminación interior.
<i>INDUSTRIAL</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Buena difusión de la luz. ▶ Curva de distribución adecuada a la altura de montaje. ▶ Alta eficiencia. ▶ Resistencia mecánica. ▶ Construcción de un material adecuado a su función. ▶ Facilidad de mantenimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Este tipo de luminarias deben ser capaces de alojar lámparas de alta emisión luminosa y reflectores especiales, además de ofrecer seguridad bajo ciertas condiciones atmosféricas.
<i>DECORACIÓN</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Iluminación uniforme. ▶ Apariencia agradable y moderna. ▶ Construcción de acuerdo a las necesidades. ▶ Fáciles de limpiar. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Crear un ambiente agradable de acuerdo al conjunto arquitectónico a su alrededor

7.8 CURVAS FOTOMÉTRICAS.

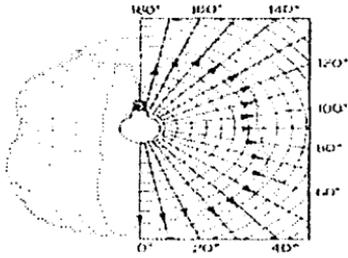
Antes de diseñar un buen sistema de iluminación, debemos saber interpretar las representaciones gráficas de las intensidades, en las distintas direcciones de un luminario y de las fuentes de luz.

Cada lámpara o luminario se caracteriza por una distribución particular del flujo luminoso.

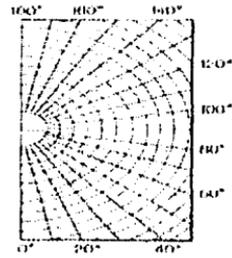
Como en el diseño de cualquier área de iluminación, el diseño para interiores requiere no sólo un conocimiento básico del equipo disponible, sino también la comprensión de los procedimientos de diseño. Esto a su vez significa que se deben de conocer los datos fotométricos que publican los fabricantes para sus productos.

Con base a los datos fotométricos, los fabricantes realizan pruebas cuyos resultados se publican en las formas de datos fotométricos. Estos datos fotométricos pueden ser útiles para comparar el rendimiento de luminarias semejantes, no obstante, hay que recordar que la elección no debe hacerse con base a pequeñas ligerezas.

También las luminarias se caracterizan por un diagrama polar de la intensidad luminosa (o curva fotométrica). Para trazar dichos diagramas se imagina la fuente luminosa reducida a un punto se toman medidas de intensidad luminosa en un elevado número de direcciones (de 0° a 180 °) y los valores obtenidos se trasladan al diagrama.



Distribución del flujo luminoso de una lámpara de incandescencia.



Ejemplo de diagrama polar de una luminaria.



Para simplificar, dicha curva se limita a sólo dos direcciones, como si se hubiese practicado una sección de luminaria siguiendo su eje longitudinal. Las curvas fotométricas se suelen trazar con referencia a un flujo luminoso de 1000 lúmenes, a fin de poder efectuar comparaciones entre aparatos de diferentes orígenes.

Es posible obtener una información muy útil sobre un luminario, solo con el estudio de su curva fotométrica.

7.9 MANTENIMIENTO ALEATORIO Y PROGRAMADO.

El mantenimiento es base fundamental en el desarrollo de un proyecto de iluminación, las clases de mantenimiento que se le pueden dar a un sistema de iluminación pueden ser:

Aleatorio.- Sustitución de las lámparas a medida que se extinguen. Se aprovechan por completo las fuentes de luz, pero resulta costoso. Además, si se lleva a cabo la sustitución dentro del horario normal de trabajo se perturba la actividad (debido a la colocación de mesas o bancos de trabajo, corte de la corriente para evitar accidentes, etc.).

Programado.- Sustitución de las lámparas en bloque (o un grupo de ellas) al cabo de un número prefijado de horas de funcionamiento. Este sistema, aún cuando no se excluya la sustitución ocasional de una lámpara averiada, puede ser puesto en practica de acuerdo con un programa basado en el tanto por ciento de mortalidad o bien en el tanto por ciento de perdida de rendimiento. Este ultimo tipo de acción se ejecuta cuando la disminución media de la eficiencia luminosa, respecto del valor inicial, ha alcanzado un determinado tanto por ciento.

Si se adopta el sistema de " programa " es preciso determinar el intervalo óptimo entre un cambio de lámpara y el siguiente.

Dicho periodo (para las lámparas de incandescencia el periodo medio es de unas 750 horas y de 6000 a 8000 horas para las lámparas de descarga.) se calcula teniendo en cuenta el promedio de vida de las lámparas y el tanto por ciento de mortalidad, los costes unitarios de la reposición aleatoria y los de la programada (materiales y mano de obra) y otros factores que varían de un tipo a otro de instalación (altura de montaje, tipo de actividad laboral, etc.).

7.10 MEDIDA DE LA ILUMINACIÓN.

Se efectúa esta por medio de unos instrumentos llamados "luxómetros". Están constituidos por una célula que transforma la energía lumínica en corriente eléctrica; esta se pone de manifiesto mediante un galvanómetro cuya escala esta calibrada en lux.

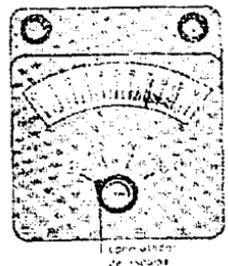
El elemento sensible (o transductor) es, por tanto, la célula fotoeléctrica constituida por una capa de material semiconductor (selenio) depositada en una placa metálica sobre la cual se aplica una finísima película metálica transparente.

Cuando la luz incide sobre el semiconductor provoca el desprendimiento de electrones pertenecientes a los átomos del material, originando una corriente eléctrica. Después de atravesar el galvanómetro, los electrones regresan a la placa base y esta al semiconductor. Algunos instrumentos están provistos de dos o mas fotocélulas, colocadas en paralelo, a fin de compensar eventuales errores que pudieran existir en los elementos sensibles singulares.

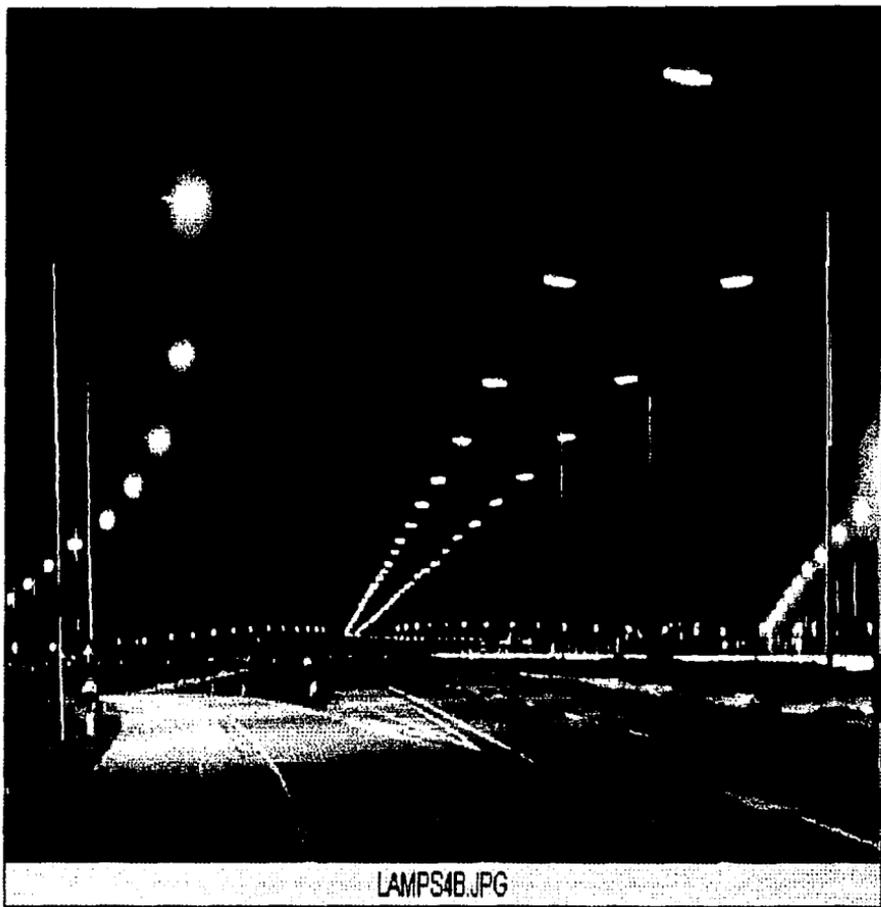
Asimismo, el empleo de un conmutador permite iniciar las medidas en una escala alta evitando de esta forma que el cuadro móvil del instrumento sea sometido a violentos esfuerzos en el fondo de la escala.



Esquema de principio del sistema de un luxómetro. Se muestra espesor del galvanómetro para la comprensión adecuada.



CAPITULO 8-LÁMPARAS Y LUMINARIAS.



8.1 LÁMPARAS Y LUMINARIAS.

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

8.2 TIPOS DE FUENTES DE LUZ.

Desde hace mucho tiempo, los sistemas de iluminación se clasifican de acuerdo con las fuentes de luz que utilizan, por ejemplo, iluminación incandescente, iluminación fluorescente o iluminación de descarga de alta intensidad. Esta clasificación hace referencia a la manera en que se genera la luz, y no en las características de los sistemas mismos.

De mayor importancia en la iluminación es el efecto que la luz produce sobre las superficies de trabajo. Desde este punto de vista, los sistemas de iluminación se pueden clasificar como fuentes de luz focales, lineales o difusas. Algunos tipos de lámparas que se utilizan como fuentes de iluminación son las siguientes:

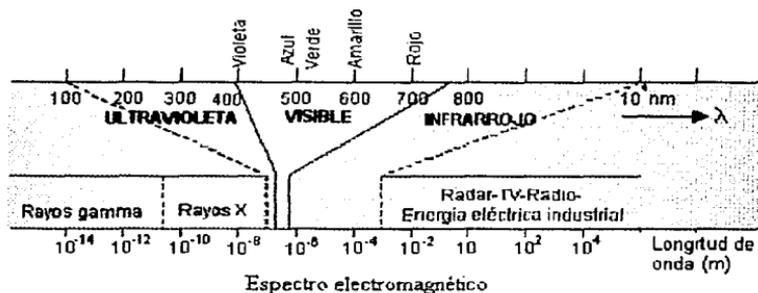


8.2.1 LÁMPARAS INCANDESCENTES

Las lámparas incandescentes fueron la primera forma de producir luz a partir de la electricidad y surgieron a finales del siglo XIX. En la actualidad siguen siendo una de las formas más utilizadas de producir luz, sobretodo en los ámbitos domésticos. Desde que fueran inventadas, la tecnología ha cambiado mucho produciéndose sustanciosos avances en la cantidad de luz producida, el consumo y la duración de las lámparas. Su principio de funcionamiento es simple, se pasa una corriente eléctrica por un filamento hasta que este alcanza una temperatura tan alta que emite radiaciones visibles por el ojo humano.

LA INCANDESCENCIA.

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



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



Rendimiento de una lámpara incandescente

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

Características de una lámpara incandescente

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

Características cromáticas

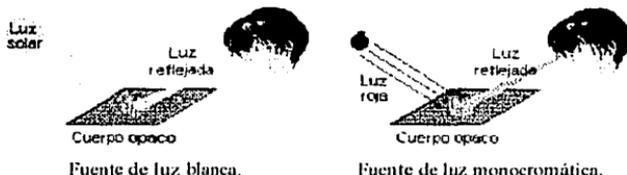
Los colores que vemos con nuestros ojos dependen en gran medida de las características cromáticas de las fuentes de luz. Por poner un ejemplo, no se ve igual una calle de noche a la luz de las farolas iluminadas por lámparas de luz blanca que con lámparas de luz amarilla. A la hora de describir las cualidades cromáticas de las fuentes de luz hemos de considerar dos aspectos. El primero trata sobre el color que presenta la fuente. Y el segundo describe cómo son reproducidos los colores de los objetos iluminados por esta.

Para evaluarlos se utilizan dos parámetros: la temperatura de color y el rendimiento de color que se mide con el IRC.

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

El **rendimiento en color**, por contra, hace referencia a cómo se ven los colores de los objetos iluminados. Nuestra experiencia nos indica que los objetos iluminados por un fluorescente no se ven del mismo tono que aquellos iluminados por bombillas. En el primer caso destacan más los tonos azules mientras que en el segundo lo hacen los rojos.

Esto se debe a que la luz emitida por cada una de estas lámparas tiene un alto porcentaje de radiaciones monocromáticas de color azul o rojo.



Efecto del color de la fuente sobre el color de los objetos

Para establecer el rendimiento en color se utiliza el **índice de rendimiento de color (IRC o R_a)** que compara la reproducción de una muestra de colores normalizada iluminada con nuestra fuente con la reproducción de la misma muestra iluminada con una fuente patrón de referencia.

Características de duración

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

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

La **vida individual** es el tiempo transcurrido en horas hasta que una lámpara se estropea, trabajando en unas condiciones determinadas.

- La **vida promedio** es el tiempo transcurrido hasta que se produce el fallo de la mitad de las lámparas de un lote representativo de una instalación, trabajando en unas condiciones determinadas.

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

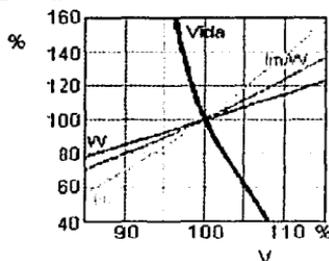
La duración de las lámparas incandescentes está normalizada; siendo de unas 1000 horas para las normales, para las halógenas es de 2000 horas para aplicaciones generales y de 4000 horas para las especiales.

Factores externos que influyen en el funcionamiento de las lámparas

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

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

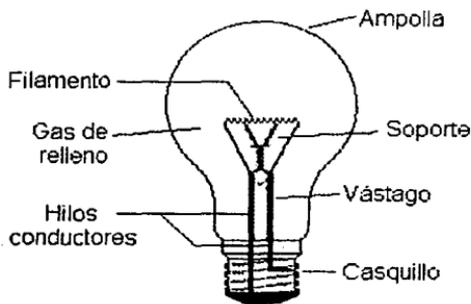
Las **variaciones de la tensión** se producen cuando aplicamos a la lámpara una tensión diferente de la tensión nominal para la que ha sido diseñada. Cuando aumentamos la tensión aplicada se produce un incremento de la potencia consumida y del flujo emitido por la lámpara pero se reduce la duración de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



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

Partes de una lámpara

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



Partes de una bombilla

TIPOS DE LÁMPARAS

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

8.3 LÁMPARAS NO HALÓGENAS

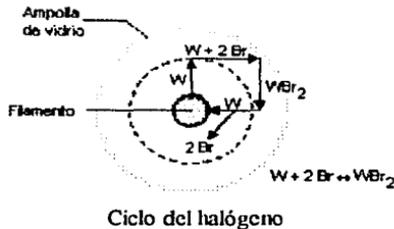
Entre las lámparas incandescentes no halógenas podemos distinguir las que se han rellenado con un gas inerte de aquellas en que se ha hecho el vacío en su interior. La presencia del gas supone un notable incremento de la eficacia luminosa de la lámpara dificultando la evaporación del material del filamento y permitiendo el aumento de la temperatura de trabajo de filamento. Las lámparas incandescentes tienen una duración normalizada de 1000 horas, una potencia entre 25 y 2000 W y unas eficacias entre 7.5 y 11 lm/W para las lámparas de vacío y entre 10 y 20 para las rellenas de gas inerte. En la actualidad predomina el uso de las lámparas con gas, reduciéndose el uso de las de vacío a aplicaciones ocasionales en alumbrado general con potencias de hasta 40 W.

	Lámparas con gas	Lámparas de vacío
Temperatura del filamento	2500 °C	2100 °C
Eficacia luminosa de la lámpara	10-20 lm/W	7.5-11 lm/W
Duración	1000 horas	1000 horas
Pérdidas de calor	Convección y radiación	Radiación

8.4 LÁMPARAS HALÓGENAS DE ALTA Y BAJA TENSIÓN

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

Agregando una pequeña cantidad de un compuesto gaseoso con halógenos (cloro, bromo o yodo), normalmente se usa el CH_2Br_2 , al gas de relleno se consigue establecer un ciclo de regeneración del halógeno que evita el ennegrecimiento. Cuando el tungsteno (W) se evapora se une al bromo formando el bromuro de wolframio (WBr_2). Como las paredes de la ampolla están muy calientes (más de 2600°C) no se deposita sobre estas y permanece en estado gaseoso. Cuando el bromuro de wolframio entra en contacto con el filamento, que está muy caliente, se descompone en W que se deposita sobre el filamento y Br que pasa al gas de relleno. Y así, el ciclo vuelve a empezar.



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

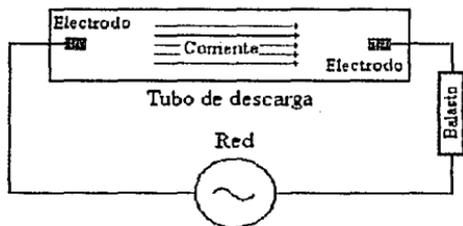
Tienen una eficacia luminosa de 22 lm/W con una amplia gama de potencias de trabajo (150 a 2000W) según el uso al que estén destinadas. Las lámparas halógenas se utilizan normalmente en alumbrado por proyección y cada vez más en iluminación doméstica.

8.5 LÁMPARAS DE DESCARGA. CONCEPTOS

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

Funcionamiento

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

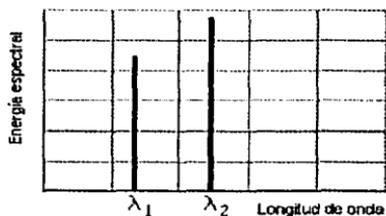
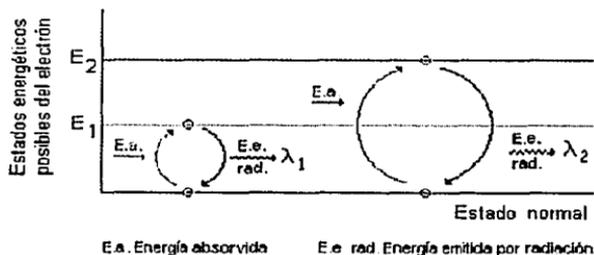


En el interior del tubo, se producen descargas eléctricas como consecuencia de la diferencia de potencial entre los electrodos. Estas descargas provocan un flujo de electrones que atraviesa el gas. Cuando uno de ellos choca con los electrones de las capas externas de los átomos les transmite energía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

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

La otra posibilidad es que el electrón no reciba suficiente energía para ser arrancado.

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



Relación entre los estados energéticos de los electrones y las franjas visibles en el espectro

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

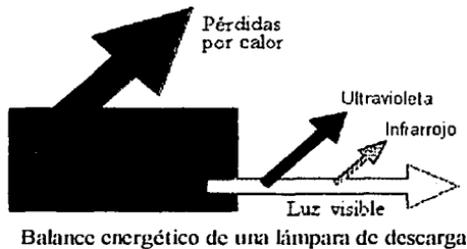
Elementos auxiliares

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

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

Eficacia

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

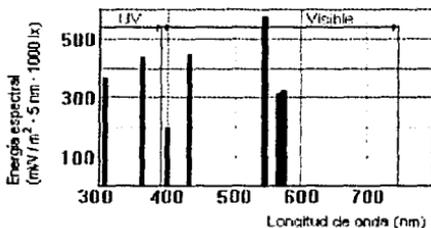


La eficacia de las lámparas de descarga oscila entre los 19 - 28 lm/W de las lámparas de luz de mezcla y los 100-183 lm/W de las de sodio a baja presión.

Tipo de lámpara	Eficacia sin balasto (lm/W)
Fluorescentes	38-91
Luz de mezcla	19-28
Mercurio a alta presión	40-63
Halogenuros metálicos	75-95
Sodio a baja presión	100-183
Sodio a alta presión	70-130

Características cromáticas

Debido a la forma discontinua del espectro de estas lámparas, la luz emitida es una mezcla de unas pocas radiaciones monocromáticas; en su mayor parte en la zona ultravioleta (UV) o visible del espectro. Esto hace que la reproducción del color no sea muy buena y su rendimiento en color tampoco.



Ejemplo de espectro de una lámpara de descarga

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

Características de duración

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

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

Tipo de lámpara	Vida promedio (h)
Fluorescente estándar	12500
Luz de mezcla	9000
Mercurio a alta presión	25000
Halogenuros metálicos	11000
Sodio a baja presión	23000
Sodio a alta presión	23000

Factores externos que influyen en el funcionamiento

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

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

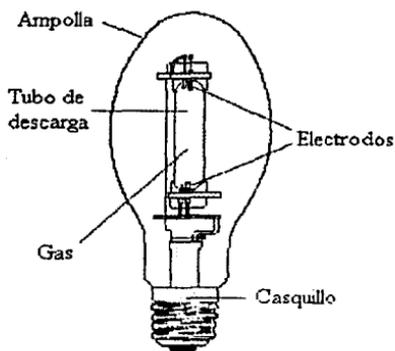
Dependiendo de sus características de construcción (tubo desnudo , ampolla exterior....) se verán más o menos afectadas en diferente medida. Las lámparas a alta presión , por ejemplo , son sensibles a las bajas temperaturas en que tienen problemas de arranque. Por contra, la temperatura de trabajo estará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

La influencia del número de encendidos es muy importante para establecer la

Duración de una lámpara de descarga ya que el deterioro de la sustancia emisora de los electrodos depende en gran medida de este factor.

Partes de una lámpara

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



Principales partes de una lámpara de descarga

8.6 CLASES DE LÁMPARAS DE DESCARGA

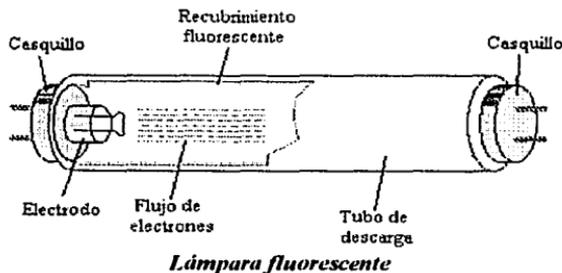
Las lámparas de descarga se pueden clasificar según el gas utilizado (vapor de Mercurio o sodio) o la presión a la que este se encuentre (alta o baja presión). Las propiedades varían mucho de unas a otras y esto las hace adecuadas para unos usos u otros.

- Lámparas de vapor de mercurio:
 -
 - Baja presión:
 - Lámparas fluorescentes
 -
 - Alta presión:
 - Lámparas de vapor de mercurio a alta presión
 -
 - Lámparas de luz de mezcla
 -
 - Lámparas con halogenuros metálicos
-
- Lámparas de vapor de sodio:
 - Lámparas de vapor de sodio a baja presión
 -
 - Lámparas de vapor de sodio a alta presión

8.6.1 LÁMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO

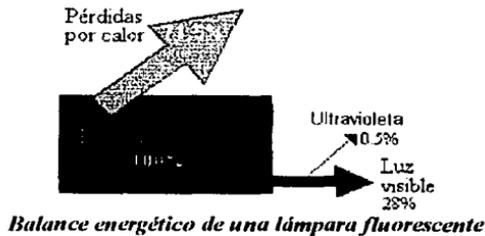
8.6.1.1 LÁMPARAS FLUORESCENTES

Las lámparas fluorescentes son lámparas de vapor de mercurio a baja presión (0,8 Pa). En estas condiciones, en el espectro de emisión del mercurio predominan las radiaciones ultravioletas en la banda de 253.7 nm. Para que estas radiaciones sean útiles, se recubren las paredes interiores del tubo con polvos fluorescentes que convierten los rayos ultravioletas en radiaciones visibles. De la composición de estas sustancias dependerán la cantidad y calidad de la luz, y las cualidades cromáticas de la lámpara. En la actualidad se usan dos tipos de polvos; los que producen un espectro continuo y los trifósforos que emiten un espectro de tres bandas con los colores primarios. De la combinación estos tres colores se obtiene una luz blanca que ofrece un buen rendimiento de color sin penalizar la eficiencia como ocurre en el caso del espectro continuo.



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

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



La duración de estas lámparas se sitúa entre 5000 y 7000 horas. Su vida termina cuando el desgaste sufrido por la sustancia emisora que recubre los electrodos, hecho que se incrementa con el número de encendidos, impide el encendido al necesitarse una tensión de ruptura superior a la suministrada por la red. Además de esto, hemos de considerar la depreciación del flujo provocada por la pérdida de eficacia de los polvos fluorescentes y el ennegrecimiento de las paredes del tubo donde se deposita la sustancia emisora.

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

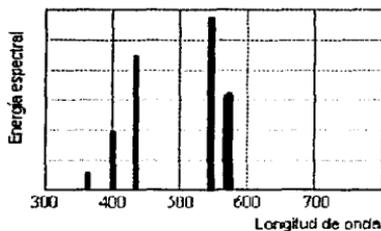
Apariencia de color	T _{color} (K)
Blanco cálido	3000
Blanco	3500
Natural	4000
Blanco frío	4200
Luz día	6500

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

Más modernamente han aparecido las lámparas fluorescentes compactas que llevan incorporado el balasto y el cebador. Son lámparas pequeñas con casquillo de rosca o bayoneta pensadas para sustituir a las lámparas incandescentes con ahorros de hasta el 70% de energía y unas buenas prestaciones.

5.6.1.2 LÁMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO A ALTA PRESIÓN

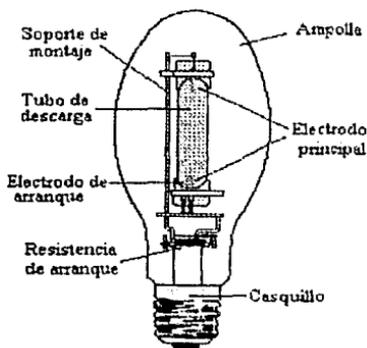
A medida que aumentamos la presión del vapor de mercurio en el interior del tubo de descarga, la radiación ultravioleta característica de la lámpara a baja presión pierde importancia respecto a las emisiones en la zona visible (violeta de 404.7 nm, azul 435.8 nm, verde 546.1 nm y amarillo 579 nm).

*Espectro de emisión sin corregir*

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

*Balance energético de una lámpara de mercurio a alta presión*

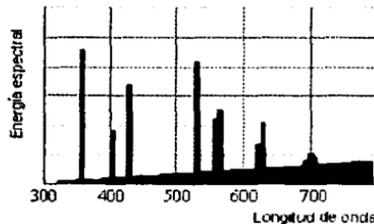
Los modelos más habituales de estas lámparas tienen una tensión de encendido entre 150 y 180 V que permite conectarlas a la red de 220 V sin necesidad de elementos auxiliares. Para encenderlas se recurre a un electrodo auxiliar próximo a uno de los electrodos principales que ioniza el gas inerte contenido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



Lámpara de mercurio a alta presión

8.6.1.3 LÁMPARAS DE LUZ DE MEZCLA

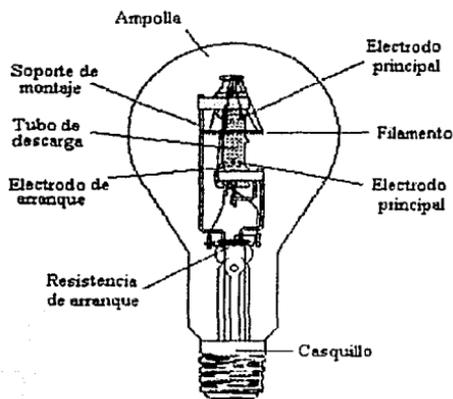
Las lámparas de luz de mezcla son una combinación de una lámpara de mercurio a alta presión con una lámpara incandescente y ,habitualmente, un recubrimiento fosforescente. El resultado de esta mezcla es la superposición, al espectro del mercurio, del espectro continuo característico de la lámpara incandescente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



Espectro de emisión de una lámpara de luz de mezcla

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

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

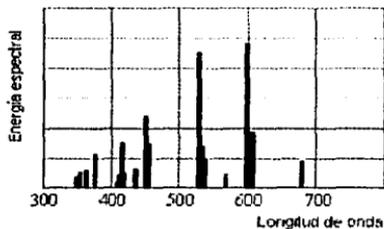


Lámpara de luz de mezcla

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

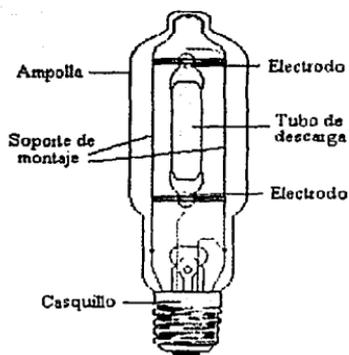
8.6.1.4 LÁMPARAS CON HALOGENUROS METÁLICOS

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



Espectro de emisión de una lámpara con halogenuros metálicos

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



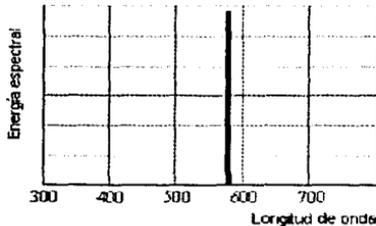
Lámpara con halogenuros metálicos

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

8.6.2 LÁMPARAS DE VAPOR DE SODIO

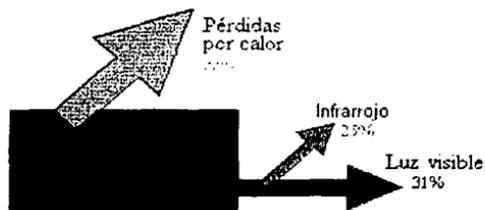
8.6.2.1 LÁMPARAS DE VAPOR DE SODIO A BAJA PRESIÓN

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



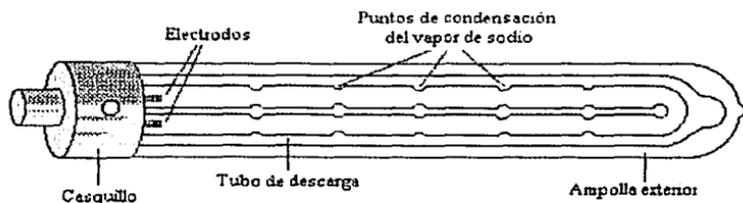
Espectro de una lámpara de vapor de sodio a baja presión

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



Balance energético de una lámpara de vapor de sodio a baja presión

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



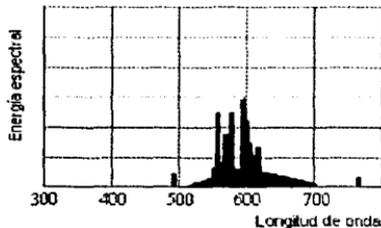
Lámpara de vapor de sodio a baja presión

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

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

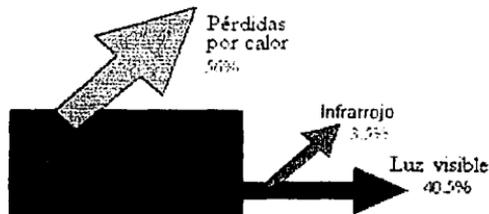
8.6.2.2 LÁMPARAS DE VAPOR DE SODIO A ALTA PRESIÓN

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



Espectro de una lámpara de vapor de sodio a alta presión

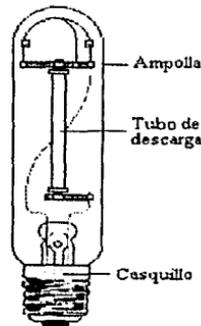
Las consecuencias de esto es que tienen un rendimiento en color ($T_{\text{color}} = 2100 \text{ K}$) y capacidad para reproducir los colores mucho mejores que la de las lámparas a baja presión (IRC = 25, aunque hay modelos de 65 y 80). No obstante, esto se consigue a base de sacrificar eficacia; aunque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



Balance energético de una lámpara de vapor de sodio a alta presión

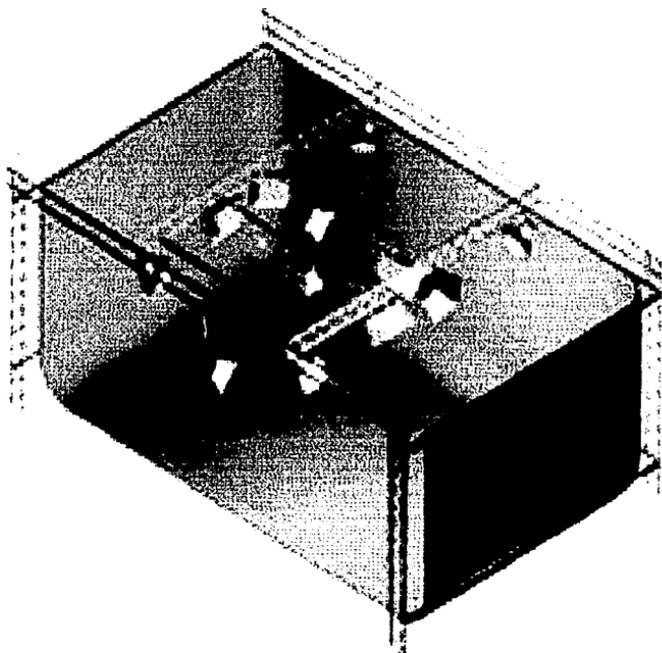
La vida media de este tipo de lámparas ronda las 20000 horas y su vida útil entre 8000 y 12000 horas. Entre las causas que limitan la duración de la lámpara, además de mencionar la depreciación del flujo tenemos que hablar del fallo por fugas en el tubo de descarga y del incremento progresivo de la tensión de encendido necesaria hasta niveles que impiden su correcto funcionamiento.

Las condiciones de funcionamiento son muy exigentes debido a las altas temperaturas (1000 °C), la presión y las agresiones químicas producidas por el sodio que debe soportar el tubo de descarga. En su interior hay una mezcla de sodio, vapor de mercurio que actúa como amortiguador de la descarga y xenón que sirve para facilitar el arranque y reducir las pérdidas térmicas. El tubo está rodeado por una ampolla en la que se ha hecho el vacío. La tensión de encendido de estas lámparas es muy elevada y su tiempo de arranque es muy breve.



Lámpara de vapor de sodio a alta presión

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



9.1 CALCULO DE ILUMINACIÓN EN INTERIORES

Existen varios métodos para el cálculo de iluminación, tanto para interiores como para exteriores. En nuestro curso se verán dos de los métodos aplicables en interiores. La finalidad es determinar el número de luminarias requeridas para obtener el nivel de iluminación adecuado a la labor a realizarse en el local a considerar.

Primeramente se describirán los parámetros que intervienen en el cálculo de iluminación.

9.2 MÉTODOS PARA EL CALCULO DE LA ILUMINACIÓN

EXISTEN DOS MÉTODOS PARA EL CALCULO DE LA ILUMINACIÓN.

9.3 METODO DE LUMEN.

Este método es usado para el calculo de iluminación en interiores el cual proporciona el nivel de iluminación medio utilizando la formula:

$$E = \frac{\text{Nivel de iluminación en luxes } [\sigma]}{\text{Área en } [m^2]}$$

Este método es afectado por varios factores que deben ser calculados adecuadamente; por ejemplo con la información del fabricante sobre la emisión luminosa inicial de las lámparas, podría obtenerse el número de lúmenes por metro cuadrado (o luxes), pero se sabe que este valor difiere de los luxes medidos, debido a que algunos lúmenes son absorbidos por la misma luminaria y otro se pierden debido a la disminución gradual de la emisión de luz de las lámparas entre otras cosas.

INTENSIDAD DE ILUMINACION

La intensidad de iluminación se puede obtener de tablas generadas por sociedades especializadas en el estudio de esta rama de la ingeniería; en el caso de Estados Unidos de Norteamérica la Illuminating Engineering Society (IES) publica los valores recomendados. en nuestro país la Sociedad Mexicana de Ingeniería de Iluminación hace los propio. (El autor del tutorial no ha podido establecer comunicación con la SMII). Los fabricantes de productos de iluminación proporcionan catálogos y manuales al respecto.

SUPERFICIE

El área por iluminarse se considera en metros cuadrados si el nivel de iluminación se maneja en luxes, o bien en pies cuadrados si se toman valores de foot-candles.

Determinación del coeficiente de utilización.

El coeficiente de iluminación es el coeficiente de los lúmenes que llegan al plano de trabajo y los totales generados por la lámpara. Este factor toma en cuenta la eficacia y la distribución de la luminaria, su altura de montaje, las dimensiones el local y las reflectancias de las paredes, techo y suelo. A causa de las múltiples reflexiones que se tienen dentro del área, una parte de la luz pasa hacia abajo a través del plano imaginario de trabajo más de una vez, por lo que en algunas circunstancias el coeficiente de utilización suele sobrepasar la unidad. En general entre mas alto y estrecho sea el área mayor será la proporción de la luz absorbida por las paredes y menor el coeficiente de utilización. Este efecto se considera mediante la Relación de la Cavidad del Local (RLC) y se define:

$$RLC = \frac{SH (LARGO + ANCHO)}{LARGO \times ANCHO}$$

El coeficiente de utilización se toma de los datos que el fabricante proporciona con respecto a la luminaria a utilizar y de la curva de la eficacia y distribución de la luminaria.

Determinación del factor de Mantenimiento (FM).

Este factor es una función de la depreciación de la emisión luminosa del luminario, debido a la acumulación de suciedad en el mismo, así como a la depreciación de las superficies reflectoras o transmisoras de la luz ocasionadas por el envejecimiento y las horas de uso.

El factor de mantenimiento se obtiene multiplicando el valor de la depreciación de la lámpara por la depreciación por suciedad del luminario. Este factor puede estimarse considerando los siguientes porcentajes:

Para locales limpios: 10 %

Para locales de limpieza regular: 15 a 20 %

Para locales sucios: 25 a 35 %

Para la determinación de este factor se deben tener en consideración varios factores, por ejemplo hay que tener en cuenta que la iluminación varía conforme las lámparas envejecen, además de la pérdida de luz debido a la suciedad que se acumula en las luminarias, etc.

Los niveles de iluminación recomendados por diferentes organismos representan los valores mínimos requeridos en todo momento. De acuerdo con esto, el factor de pérdidas totales debe incluir las pérdidas atribuibles a todo tipo de causas. Por este motivo el programa de mantenimiento debe incluir una evolución de los factores de pérdidas de luz las acciones periódicas que deben llevarse a cabo para corregir su efecto.

Calculo de luminarias.

El numero de luminarias puede calcularse por :

$$\text{No de luminarias} = \frac{E \times A}{\phi \times I \times C.U. \times F.M.}$$

Donde:

- N = Número de luminarias.
 E = Iluminación mínima requerida
 A = Área.
 ϕ = Flujo luminoso por área
 I = Número de lámparas por luminarias.
 $C.U.$ = Coeficiente de Utilización.
 $F.M.$ = Factor de Mantenimiento.

MÉTODO DE LUMEN UTILIZANDO; EL MÉTODO DE CAVIDAD DE CUARTO.

A continuación veremos el Método de Lumen complementado con el Método de Cavidad Zonal. Este método proporciona la iluminación promedio, considera no únicamente la luz que llega al plano de trabajo, sino también la reflejada por techos, paredes y pisos.

METODO DE FLUJO LUMINOSO POR CAVIDAD DE ZONAS

Este es un método que permite calcular el valor del coeficiente de utilización por medio de tablas que consideran lo siguiente:

- Longitud ilimitada de los planos de trabajo
- Alturas diferentes a los planos de trabajo
- Reflejos diferentes por encima y por debajo de los luminarios
- Obstrucciones en la cavidad del techo y en el espacio por debajo de los luminarios

Se consideran las tres cavidades el local siguientes:

- Cavidad del techo. Área medida desde el plano del luminario al techo.
- Cavidad del cuarto. Espacio entre el plano de trabajo donde se desarrolla el trabajo y la parte inferior del luminario.
- Cavidad del piso. Se toma desde el piso hasta la parte superior del plano de trabajo.

La figura siguiente muestra la posición de las diferentes cavidades.

Relaciones de cavidad**Donde:***L es el largo del local**A es el ancho del local**h es la cavidad del techo, cuarto o piso*

$$\text{Del piso (RCP)} = \frac{5 \text{ hcp } (L + A)}{L \times A}$$

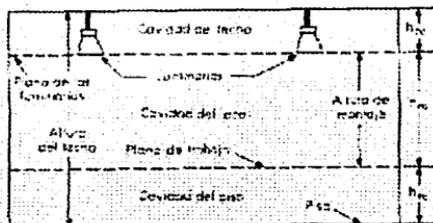
$$\text{Del cuarto (RCC)} = \frac{5 \text{ hcc } (L + A)}{L \times A}$$

$$\text{Del techo (RCT)} = \frac{5 \text{ hct } (L + A)}{L \times A}$$

$H_{cc} = H_{ct} =$ *Altura cavidad de techo (Es la cavidad formada por el techo y el plano de la luminaria).*

$H_{rc} = H_{cc} =$ *Altura de cavidad de cuarto. (Es la cavidad formada por el plano de luminarias y el plano de trabajo).*

$H_{fc} = H_{cp} =$ *Altura cavidad de piso (Es la cavidad formada por el plano de trabajo y el piso).*



METODO DE LOS WATTS POR METRO CUADRADO

Este es un método estimativo empleado cuando se requiere tener una idea de la carga, número de lámparas y luminarios necesarios para un proyecto o anteproyecto dado.

Los pasos de este método son los siguientes:

- Se determinan las dimensiones del local, las características del luminario y el nivel de iluminación deseado.
- Se calcula el índice del cuarto (IC) mediante la fórmula

$$IC = \frac{L \times A}{H (L \times A)}$$

donde H es la altura del montaje (distancia entre el plano de trabajo y el luminario).

- En las tablas de los fabricantes se obtiene el coeficiente de utilización (CU), el factor de depreciación de la lámpara y el factor de depreciación por suciedad del luminario para obtener el factor de mantenimiento (FM).
- Se utiliza la fórmula siguiente para obtener el flujo luminoso necesario en el local por iluminar

$$F = \frac{E \times S}{CU \times FM}$$

donde S es la superficie en m² y F el flujo total

- Se divide el flujo luminoso total entre los lúmenes emitidos por lámparas o luminario para obtener el número de lámparas necesarias.
- Para determinar el factor de watts/m² se utiliza la siguiente fórmula

$$\text{Watts/m}^2 \text{ (para } \times \text{ luxes)} = \frac{\text{No. de lámparas} \times \text{potencia de las lámparas}}{\text{área por iluminar}}$$

INTERIORES.-

$$\text{No. Lámenes} = \frac{E (\text{ÁREA})}{(\text{lm/lum})(C.U.)(F.M.)}$$

EXTERIORES.

$$\text{No de Lámenes} = \frac{E (\text{Esp. Entre lum.})(\text{Ancho de la calle})}{(\text{lm/lum})(C.U.)(F.M.)}$$

PROYECTORES

$$\text{No de Luminarias} = \frac{E (\text{Área})}{(\text{lúmenes por luminaria})(C.U.)(F.M.)}$$

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN POR EL MÉTODO DE:

INDICE DE CUARTO.

$$I_c = \frac{\text{ÁREA}}{H_{cc} (\text{LARGO} + \text{ANCHO})}$$

CAVIDAD ZONAL PARA AREAS REGULARES.

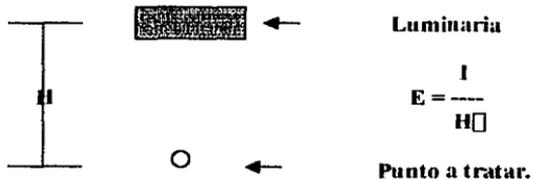
$$R.C.R = \frac{5 \times H_{cc} (\text{LARGO} + \text{ANCHO})}{\text{ÁREA}}$$

CAVIDAD ZONAL PARA ÁREAS IRREGULARES.

$$R.C.R = \frac{2.5 \times H_{cc} \times \text{PERIMETRO}}{\text{ÁREA}}$$

9.4 MÉTODO PUNTO POR PUNTO (LEY INVERSA DEL CUADRADO DE LA DISTANCIA).

Este Método es un complemento del método de Lumen y se usa para verificar si se cumple con el nivel de iluminación recomendado. Este método se cumple cuando se usa una fuente puntual (lámpara) y la superficie es perpendicular al flujo luminoso.



Donde:

H = Altura del luminario del punto a tratar en metros.

I = Potencia (intensidad en candelas.

E = Nivel de iluminación en luxes o footcandles)

Ley del coseno .- En el caso anterior, la superficie esta situada perpendicularmente en la dirección de los rayos luminosos, pero cuando forma con esta un determinado ángulo \square , la ley de la inversa del cuadrado de la distancia hay que multiplicarla por el coseno del ángulo, en el caso de las superficies horizontales como se muestra en la figura.

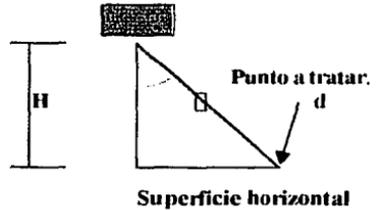
Donde.

H = Altura del luminario al punto a tratar en metros.

\square = Ángulo formado entre la línea vertical que pasa del luminario y la línea del luminario al punto a tratar.

D = Distancia del luminario al punto a tratar en metros.

$$EH = \frac{(I \cos^3 \square)}{Hcc^2}$$



Donde:

EH = Nivel de iluminación en luxes sobre el plano de trabajo.

I = Potencia en candelas.

Hcc = Altura del luminario al plano de trabajo en metros.

LOCALIZACIÓN DE LOS LUMINARIOS.

Para poder ubicar las luminarias es necesario conocer si se cumple con no rebasar el espaciamiento máximo recomendado tanto por el fabricante de la luminaria como por las normas establecidas.

ESPACIAMIENTO MÁXIMO ENTRE LUMINARIAS (SMAX).

(Smax) = Criterio del espaciamiento proporcionado por el fabricante X Hcc

Debe cumplirse que el Sreal ≤ Smax

Donde

Hcc = Altura de cavidad de cuarto (altura del centro focal al plano de trabajo).

ESPACIAMIENTO TEÓRICO EN UNA DISTRIBUCIÓN UNIFORME DE LUMINARIOS (ST).

$$St = \sqrt{\text{área}} / (\text{No de luminarios})$$

Si se cumple $S_{max} \geq S_t$ entonces el reacondo definitivo. Para lo cual debemos hacer:

No de columnas = ancho del cuarto / S_t

No de renglones = largo del cuarto / S_t

Entre el primer luminario y cualquier pared habrá un espaciamiento, que será la mitad del espaciamiento calculado tanto para columnas como para renglones, por lo que:

La mitad del espaciamiento entre columnas será = espaciamiento entre columnas / 2

La mitad del espaciamiento entre renglones será = espaciamiento entre renglones / 2

Nivel de iluminación definitivo por acomodo (E)

$$E = \frac{(\text{No de luminarias} \times \text{Lúmenes por luminaria} \times C.U. \times F.M.)}{\text{Área}}$$

9.5 PASOS A SEGUIR PARA EL DISEÑO DE UN PROYECTO DE ILUMINACIÓN.

<i>Orden secuencial de las magnitudes o elementos a definir</i>	<i>Símbolo.</i>	<i>Unidad de medida.</i>
<i>1.- Definir las características del local que se quiera iluminar y disposición del equipo que ahí se encuentre.</i>	—	—
<i>2.- Nivel de iluminación.</i>	<i>E</i>	<i>Lux</i>
<i>3.- Superficie del local.</i>	<i>S</i>	<i>m²</i>
<i>4.- Índice del local.</i>	<i>K</i>	—
<i>5.- Coeficiente de reflexión del techo y de las paredes.</i>	—	—
<i>6.- Tipo de lámpara : potencia y rendimiento cromático de la misma.</i>	—	—

<i>Orden secuencial de las magnitudes o elementos a definir</i>	<i>Símbolo.</i>	<i>Unidad de medida.</i>
<i>7.- Tipo de luminaria.</i>	—	—
<i>8.- Factor de utilización.</i>	<i>u</i>	—
<i>9.- Tipo de mantenimiento.</i>	<i>m</i>	—
<i>10.- Cálculo del flujo total.</i>	\square	<i>Lumen</i>
<i>11.- Cálculo del número de lámparas necesario con relación al flujo emitido por cada fuente luminosa.</i>	<i>n</i>	
<i>12.- Cálculo de la potencia absorbida por la instalación.</i>	<i>p</i>	<i>Vatio</i>

9.6 GENERALIDADES.-

Un sistema de iluminación bien proyectado, proporciona iluminación suficiente para una visión sostenida adecuada, para la tarea visual y para una iluminación propiamente balanceada de los alrededores, así como para dar un sentido de comodidad, bienestar y de seguridad.

Por lo tanto el objetivo principal de este proyecto es el de diseñar un eficiente sistema de iluminación que pueda iluminar en forma adecuada un gimnasio familiar en el cual se desarrollaran ejercicios de recreación y generales (pesas, ejercicios aeróbicos, ejercicios cardiovasculares, etc..).

El proyecto de iluminación a implementar está basado en las dimensiones reales de un área común, dentro de una casa, la cual será acondicionada para que funcione como un gimnasio.

En este caso para el nivel de iluminación recomendado por la norma para GIMNASIOS se seleccionaran dos tipos de lámparas (incandescentes y fluorescentes) . haciéndose los cálculos de cada uno por separado y luego se elegirá la que de mejor se adapte a las necesidades tanto de iluminación como de economía..

En referencia al nivel de degradación, de la cantidad de iluminación, a través de la luminaria, por suciedad; consideraremos al área de trabajo como un área limpia.

Desarrollaremos el proyecto utilizando el Método de Lumen utilizando cavidad de cuarto, y haciendo una comparativa entre dos tipos de luminarias para ver cual resulta ser mas conveniente.

9.7 PROYECTO.

9.7.1 DATOS DEL PROYECTO.

Proyecto: Diseño de un Sistema eficiente de iluminación para un gimnasio familiar.

Nivel de iluminación de mínimo requerido en México para Gimnasios en el área de recreación y ejercicios en general es de = 200 luxes (ver apéndice Pág. 138)

DATOS.

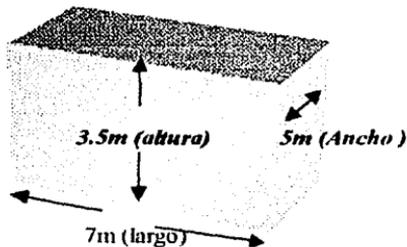
DIMENSIONES DEL LUGAR.

Largo = 7m

Ancho = 5m

Altura = 3.5m

Área total = 35 m²



DIMENSIONES DE LA CAVIDAD.

Hct = Altura de la cavidad de techo = 0m

Hcc = Altura de la cavidad de cuarto = 3.5m

Hcp = Altura de la cavidad de piso = 0m

REFLECTANCIAS.

Reflectancia del techo = 80%

Reflectancia de la pared = 10%

Reflectancia del piso = 20%

Nota.- La reflectancia en las paredes es baja debido a que habrá un ventanal en la pared.

TIPO DE LUMINARIO Y LAMPARA A UTILIZAR EN EL PROYECTO.

Para la elección del luminario nos tendremos que apoyar en los datos de las tablas de potencia luminosa mínima para nuestra área de trabajo, por medio de la ecuación siguiente.

$$E = \frac{I \theta^2 y}{Hcc^2}$$

De donde despejamos

$$I_{0^\circ v} = (E) (Hcc)$$

Con el valor que se obtiene se busca la información técnica de cualquier fabricante de luminarias y se elige algún luminario que a 0° vertical nos de un valor lo mas aproximado en candelas al valor calculado. ($I_{0^\circ v} =$ Intensidad de iluminación a cero grados vertical).

9.8 PROYECTO DE ILUMINACIÓN UTILIZANDO LÁMPARAS FLUORESCENTES

CASO 1

LÁMPARA FLUORESCENTE.



El tipo de luminaria seleccionada es:

SERIE 6800

CAT. 6800-232 (Catalogo 6800 con 2 lámparas fluorescentes de 32w cada una)

Lámpara de 32W-T8(Es una lámpara con tipo de luz Blanco Frío ahorradora de energía y de alta eficacia).

Dado que cada Luminaria trae 2 lámparas de 32W, tendremos una carga en lúmenes de 36W mas las perdidas en balastos (la perdida en balastos electromagnéticas se calcula del 5%).

L.L.D. = 0.82

Lúmenes iniciales = 3,050.

Estos valores se obtuvieron de la tabla de la lámpara fluorescente que seleccionamos. En cuanto a los lúmenes serán de 6100 debido a que se tienen 3,050 lm por cada lámpara y recordemos que cada luminaria trae 2 lámparas.

$$I \ 0^\circ v = E \times Hcc$$

$$I \ 0^\circ v = E \times D \square = 200 \times (3.3) \square = 2178cd.$$

NOTA.- El valor de 3.3 es debido a que la altura total del gimnasio es de 3.5m, pero debido a que hay que empotrar la luminaria se deja un empotramiento de 0.2m.

CALCULO DEL C.U.

CAVIDAD ZONAL PARA AREAS REGULARES.

$$R.C.R = \frac{5 \times Hcc \text{ (LARGO + ANCHO)}}{\text{AREA}}$$

Dado que el

$$Hcc = 3.3$$

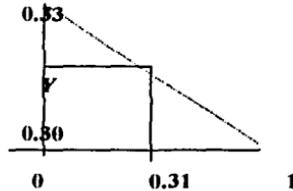
$$R.C.R. = \frac{5 \times 3.3 \text{ (5+7)}}{5 \times 7} = \underline{5.65}$$

$$R.C.R. = 5.65$$

Dado que tenemos un R.C.R. de 5.65 tendremos que interpolar para obtener el R.C.R.; ya que en las tablas se dan los valores para cifras exactas. (Cat 6800 Coeficientes de utilización Holophane No 6800).

INTERPOLANDO.

Piso = 20	R	5	.33
Techo = 80	C	5.65	.31
Pared = 10	R	6	.30



$$\frac{0.33 - 0.30}{1 - 0} = \frac{y - 0.30}{1 - 0.31}$$

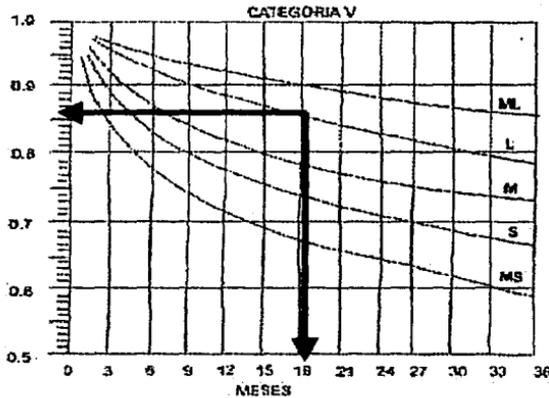
Dado que R.C.R. obtenido fue de 5.62 entonces el C.U. obtenido será : 0.31

$$\text{C.U.} = 0.31$$

FACTOR DE MANTENIMIENTO (F.M.)

Para conocer este valor se requieren los ocho factores que lo conforman, sin embargo, la mayoría de los proyectistas solo utilizan dos, el factor de depreciación de los lúmenes de la lámpara (L.L.D.) y la depreciación por suciedad del luminarios (L. D. D.) , considerando a estos los mas importantes y tomando como unitarios los restantes.

$$F.M. = L.L.D \times L.D.D.$$



Seleccionamos una categoría V debido a que consideraremos al lugar como área limpia.

Por lo tanto el L. D. D. Obtenido de tablas será de 0.85. Por lo cual el Factor de Mantenimiento será:

$$F.M. = .82 \times .86 = .70$$



$$F.M. = 0.70$$

Conociendo el C. U. y el F. M., ahora si se puede calcular el número de luminarias, por lo que sustituyendo valores, tenemos:

$$\text{No de Luminarias} = \frac{E (\text{Área})}{(\text{lúmenes por luminaria})(C. U.)(F. M.)}$$

$$\text{No de luminarias} = \frac{200 \times 5 \times 7}{6100 \times 0.31 \times 0.7} = 5.28 \approx 6 \text{ luminarias}$$



$$\text{No de luminarias} = 6 \text{ luminarias}$$

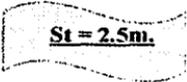
Una vez que hemos establecido cuantas luminarias se instalaran en el área de interés, se procederá a su distribución. Así que primero calcularemos la distancia a la que se deben poner uno con respecto al otro y después su distribución.

**ESPACIAMIENTO TEORICO EN UNA DISTRIBUCIÓN UNIFORME DE
LUMINARIOS (St).**

$$St = \sqrt{\frac{\text{área}}{\text{No de luminarias}}}$$

$$St = \sqrt{\frac{(5 \times 7)}{6}} = 2.41 \approx 2.5\text{m.}$$

Por lo tanto el



St = 2.5m.

EL NIVEL DE ILUMINACIÓN DEFINIDO POR EL ACOMODO SERÁ DE :

$$E = \frac{\text{(No de luminarias X Lúmenes por luminaria X C.U. X F.M.)}}{\text{Área}}$$

$$E = \frac{6 \text{ Luminarias} \times 6100 \text{ Lúmenes} \times 0.31 \times 0.70}{35 \text{ m}^2} = 226.92 \text{ Luxes promedio}$$

$$E = 226.92 \text{ Luxes promedio}$$

Obsérvese que el nivel promedio excede al nivel recomendado. Por lo cual nuestro calculo va bien .

ESPACIAMIENTO MÁXIMO ENTRE LUMINARIAS (S_{max}).

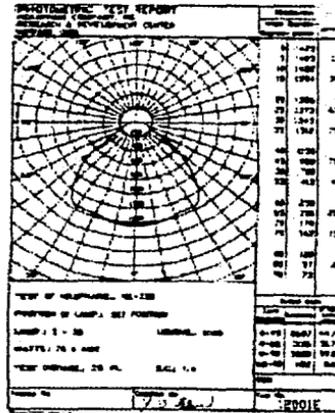
Debe cumplirse que el $S_{real} \leq S_{max}$

$$S_{max} = S.C. \times H_{cc} = 1.25 \times 3.3 = 4.12m.$$

$$S_{real} = 2.5m.$$

$$S_{max} = 4.12m$$

Como vemos se cumple que el $S_{real} \leq S_{max}$ por lo que el planteamiento es correcto.



No de columnas = ancho del cuarto / St

$$\text{No de columnas} = \frac{5}{2.5} = 2 \text{ columnas.}$$

No de renglones = largo del cuarto / St

$$\text{No de renglones} = \frac{7}{2.5} = 2.8 \approx 3 \text{ renglones.}$$

Por lo tanto se tendrá un arreglo de 3 renglones por 2 columnas.

Entre la primer luminaria y cualquier pared habrá un espaciamento , que será la mitad del espaciamento calculado tanto para columnas como para renglones, por lo que:

CALCULO DE LOS ESPACIAMIENTOS.

Espaciamento entre columnas = ancho / No de columnas

Espaciamento entre columnas = 5 m / 2 columnas.

Espaciamento entre columnas = **2.5m**

Espaciamento entre renglones = Largo / No de renglones

Espaciamento entre renglones = 7 / 3

Espaciamento entre renglones = **2.3m**

Nota.- Observe la curva de distribución del luminario fluorescente

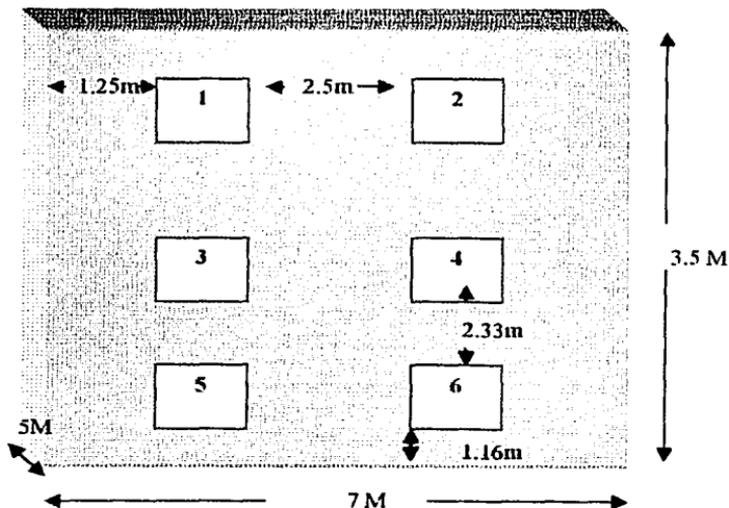
CALCULO DE ESPACIAMIENTO ENTRE LOS LUMINARIOS Y LA PARED.

La mitad del espaciamiento entre columnas será = $\text{Espaciamiento entre columnas} / 2$

La mitad del espaciamiento entre columnas será = $2.5 / 2 = 1.25\text{m}$

La mitad del espaciamiento entre renglones será = $\text{Espaciamiento entre renglones} / 2$

La mitad del espaciamiento entre renglones será = $2.3\text{m} / 2 = 1.15\text{m}$

ARREGLO DE LUMINARIAS.

DATOS OBTENIDOS CON EL LUMINARIO FLUORESCENTE.

ÁREA	Largo = 7m. Ancho = 5m. Altura = 3.5m
REFLECTANCIAS	Techo = 80%. Pared = 10%. Piso = 20%.
LUMENES INICIALES	6100
L. L. D.	0.82
L. D. D.	0.86
INTENSIDAD A CERO GRADOS VERTICAL	2178
R. C. R.	5.65
C. U.	0.31
F. M.	0.70

DATOS OBTENIDOS CON EL LUMINARIO FLUORESCENTE (CONT.).

No DE LUMINARIOS	6
St	2.5m
NIVEL DE ILUMINACIÓN	226.96 Luxes promedio.
Sreal	2.5m
Smax	4.12m
No DE COLUMNAS	2
No DE RENGLONES	3
ESPACIAMIENTO ENTRE COLUMNAS	2.5m
ESPACIAMIENTO ENTRE RENGLONES	2.3m
ESPACIAMIENTO ENTRE LA PARED Y LA PRIMER COLUMNA	1.25m
ESPACIAMIENTO ENTRE LA PARED Y EL PRIMER RENGLÓN.	1.16m

9.9 PROYECTO DE ILUMINACIÓN UTILIZANDO LÁMPARAS FLUORESCENTES

CASO 2

LÁMPARA INCANDESCENTE.



El tipo de luminaria seleccionada es:

C- 866 Holophane Cubic Incandescent 2x60W

CAT. C-866 (Catalogo 866 con 2 lámparas Incandescentes de 60w cada una)

DATOS DEL FABRICANTE PARA UNA LÁMPARA INCANDESCENTE.

Lúmenes iniciales = 1710

L.L.D. = 0,930

Estos valores se obtuvieron de la tabla de Lámparas Incandescentes que seleccionamos.

En cuanto a los lúmenes serán de 3420 debido a que se tienen 890 lm por cada lámpara y recordemos que cada luminaria trae 2 lámparas .

$$I_{0^\circ} v = E \times Hcc$$

$$I_{0^\circ} v = E \times D[] = 200 \times (3.3)[] = 2178cd.$$

$$I_{0^\circ} v = 2178cd.$$

NOTA.- El valor de 3.3 es debido a que la altura total del gimnasio es de 3.5m, pero debido a que hay que empotrar la luminaria se deja un empotramiento de 0.2m.

CALCULO DEL C.U.**CAVIDAD ZONAL PARA AREAS REGULARES.**

$$\text{R.C.R} = \frac{5 \times \text{Hcc} (\text{LARGO} + \text{ANCHO})}{\text{AREA}}$$

Dado que el



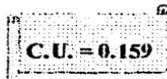
$$\text{Hcc} = 3.3$$

$$\text{R.C.R.} = \frac{5 \times 3.3 (5+7)}{5 \times 7} = \underline{5.65}$$



$$\text{R.C.R.} = \underline{5.65}$$

Dado que R.C.R. obtenido fue de 5.62 entonces el C.U. obtenido será : 0.159

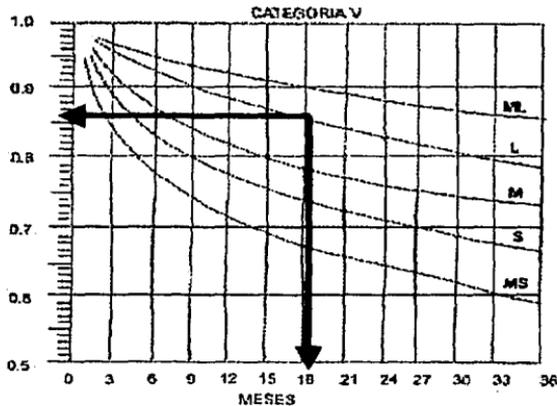


$$\text{C.U.} = 0.159$$

FACTOR DE MANTENIMIENTO (F.M.)

Para conocer este valor se requieren los ocho factores que lo conforman, sin embargo, la mayoría de los proyectistas solo utilizan dos, el factor de depreciación de los lúmenes de la lámpara (L.L.D.) y la depreciación por suciedad del luminarios (L. D. D.), considerando a estos los mas importantes y tomando como unitarios los restantes.

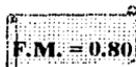
$$F.M. = L.L.D \times L.D.D.$$



Seleccionamos una categoría V debido a que consideraremos al lugar como área limpia.

Por lo tanto el L. D. D. Obtenido de tablas será de 0.85. Por lo cual el Factor de Mantenimiento será:

$$F.M. = .930 \times .86 = 0.80$$



Conociendo el C. U. y el F.M., ahora si se puede calcular el número de luminarias, por lo que sustituyendo valores, tenemos:

$$\text{No de Luminarias} = \frac{E (\text{Área})}{(\text{lúmenes por luminaria})(C.U.)(F.M.)}$$

$$\text{No de luminarias} = \frac{200 \times 5 \times 7}{3420 \times 0.159 \times 0.8} = \frac{7000}{435.024} \approx 16.469 \approx 18 \text{ Luminarias}$$



Nota.- La explicación de porque 18 luminarias en lugar de 17 se debe al que si se toman 17 luminarias el acomodo será mas complicado.

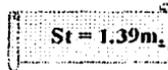
Una vez que hemos establecido cuantas luminarias se instalaran en el área de interés, se procederá a su distribución. Así que primero calcularemos la distancia a la que se deben poner uno con respecto al otro y después su distribución.

**ESPACIAMIENTO TEORICO EN UNA DISTRIBUCIÓN UNIFORME DE
LUMINARIOS (St).**

$$St = \sqrt{\text{(área)} / \text{(No de luminarias)}}$$

$$St = \sqrt{(5 \times 7) / (18)} = 1.39444\text{m} \approx 1.39\text{m}.$$

Por lo tanto el :



EL NIVEL DE ILUMINACIÓN DEFINIDO POR EL ACOMODO SERÁ DE :

$$E = \frac{\text{(No de luminarias} \times \text{Lúmenes por luminaria} \times \text{C.U.} \times \text{F.M.)}}{\text{Área}}$$

$$E = \frac{16 \text{ Luminarias} \times 3420 \text{ Lúmenes} \times 0.159 \times 0.80}{35 \text{ m}^2} = \frac{696.0384}{35 \text{ m}^2} = 198.88$$

Por lo tanto no cumple el promedio mínimo de iluminación; no se toman 17 Luminarias debido al acomodo y nos tendríamos que ir a 18 Luminarias y tendríamos:

$$E = \frac{18 \text{ Luminarias} \times 3420 \text{ Lúmenes} \times 0.159 \times 0.80}{35 \text{ m}^2} = \frac{7830.432}{35 \text{ m}^2} = 223.726$$

$$E = 223.726 \text{ Luxes promedio}$$

NOTA.-

Obsérvese que el nivel excede al nivel recomendado de 200 Luxes. Por lo cual nuestro calculo va bien, pero el nivel de luminarias es muy grande por lo que aquí haremos una corrección en el factor de mantenimiento y lo tomaremos de 1. Observemos entonces.

CALCULO DEL C.U.

$$C.U. = 0.159$$

FACTOR DE MANTENIMIENTO (F.M.)

$$F.M. = 1$$

Conociendo el C. U. y el F.M., ahora si se puede calcular el número de luminarias, por lo que sustituyendo valores, tenemos:

$$\text{No de Luminarias} = \frac{E (\text{Área})}{(\text{lúmenes por luminaria})(C.U.)(F.M.)}$$

$$\text{No de luminarias} = \frac{200 \times 5 \times 7}{3420 \times 0.159 \times 1} = \frac{7000}{543.78} \approx 12.87 \approx 13 \text{ Luminarias}$$

$$\text{No de luminarias} = 13 \text{ luminarias}$$

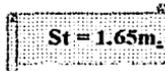
Una vez que hemos establecido cuantas luminarias se instalaran en el área de interés, se procederá comprobar el espaciamiento máximo que habrá entre luminarias y la el flujo promedio de iluminación en el cuarto.

**ESPACIAMIENTO TEORICO EN UNA DISTRIBUCIÓN UNIFORME DE
LUMINARIOS (St).**

$$St = \sqrt{\text{área} / (\text{No de luminarias})}$$

$$St = \sqrt{(5 \times 7) / (13)} = 1.65\text{m}$$

Por lo tanto el :



EL NIVEL DE ILUMINACIÓN DEFINIDO POR EL ACOMODO SERÁ DE :

$$E = \frac{(\text{No de luminarias} \times \text{Lúmenes por luminaria} \times \text{C.U.} \times \text{F.M.})}{\text{Área}}$$

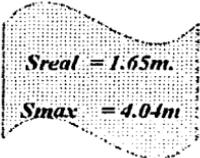
$$E = \frac{13 \text{ Luminarias} \times 3420 \text{ Lúmenes} \times 0.159 \times 1}{35 \text{ m}^2} = \frac{7069.14}{35 \text{ m}^2} = 201.975$$

Por lo tanto se cumple el promedio mínimo de iluminación, que es de 200 luxes

ESPACIAMIENTO MÁXIMO ENTRE LUMINARIAS (S_{max}).

Debe cumplirse que el $S_{real} \leq S_{max}$

$$S_{max} = 4.04m$$



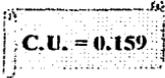
$$S_{real} = 1.65m.$$

$$S_{max} = 4.04m$$

Como vemos se cumple que el $S_{real} \leq S_{max}$ por lo que el planteamiento es correcto.

En realidad el número de luminarias que utilizaremos será de 14 debido al acomodo que habrá de hacerse en el gimnasio, por lo tanto tendremos:

CALCULO DEL C.U.



$$C.U. = 0.159$$

FACTOR DE MANTENIMIENTO (F.M.)



$$F.M. = 1$$

Conociendo el C. U. y el F. M., ahora si se puede calcular el número de luminarias, por lo que sustituyendo valores, tenemos:

$$\text{No de Luminarias} = \frac{E (\text{Área})}{(\text{lúmenes por luminaria})(C.U.)(F.M.)}$$

$$\text{No de luminarias} = \frac{200 \times 5 \times 7}{3420 \times 0.159 \times 1} = \frac{7000}{543.78} \approx 12.87 \approx 14 \text{ Luminarias}$$

No de luminarias = 14 luminarias

Una vez que hemos establecido cuantas luminarias se instalaran en el área de interés, se procederá comprobar el espaciamiento máximo que habrá entre luminarias y la el flujo promedio de iluminación en el cuarto.

**ESPACIAMIENTO TEORICO EN UNA DISTRIBUCIÓN UNIFORME DE
LUMINARIOS (St).**

$$St = \sqrt{\frac{\text{(área)}}{\text{(No de luminarias)}}}$$

$$St = \sqrt{\frac{(5 \times 7)}{(14)}} = 2.5m$$

Por lo tanto el :

EL NIVEL DE ILUMINACIÓN DEFINIDO POR EL ACOMODO SERÁ DE :

$$E = \frac{\text{(No de luminarias X Lúmenes por luminaria X C.U. X F.M.)}}{\text{Área}}$$

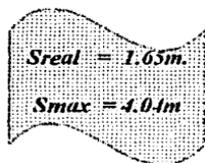
$$E = \frac{14 \text{ Luminarias} \times 3420 \text{ Lúmenes} \times 0.159 \times 1}{35 \text{ m}^2} = \frac{7612.92}{35 \text{ m}^2} = 217.512$$

Por lo tanto se cumple el promedio mínimo de iluminación, que es de 200 luxes

ESPACIAMIENTO MÁXIMO ENTRE LUMINARIAS (S_{max}).

Debe cumplirse que el $S_{real} \leq S_{max}$

$$S_{max} = 4.04m$$



Como vemos se cumple que el $S_{real} \leq S_{max}$ por lo que el planteamiento es correcto.

DATOS OBTENIDOS CON EL LUMINARIO INCANDESCENTE.

ÁREA	Largo = 7m. Ancho = 5m. Altura = 3.5m
REFLECTANCIAS	Techo = 80%. Pared = 10%. Piso = 20%.
LUMENES INICIALES	3420
L. L. D.	0.930
L. D. D.	0.86
INTENSIDAD A CERO GRADOS VERTICAL	2178
R. C. R.	5.65
C. U.	0.159

F. M.	0.80
No DE LUMINARIOS	18
St	1.39m
NIVEL DE ILUMINACIÓN	223.726 Luxes promedio.
S max	4.04m
No DE COLUMNAS	6
No DE RENGLONES	3
ESPACIAMIENTO ENTRE COLUMNAS	0.83m
ESPACIAMIENTO ENTRE RENGLONES	2.33m
ESPACIAMIENTO ENTRE LA PARED Y LA PRIMER COLUMNA	0.415m
ESPACIAMIENTO ENTRE LA PARED Y EL PRIMER RENGLÓN.	1.165m

**9.10 COMPARATIVAS Y SELECCIÓN DEL SISTEMA DE
ILUMINACIÓN.**

	<i>Características del luminario fluorescente</i>	<i>Características del luminario incandescente</i>	<i>Características del luminario incandescente</i>
Área	Largo = 7m. Ancho = 5m. Altura = 3.5m	Largo = 7m. Ancho = 5m. Altura = 3.5m	Largo = 7m. Ancho = 5m. Altura = 3.5m
Reflectancias	Techo = 80%. Pared = 10%. Piso = 20%.	Techo = 80%. Pared = 10%. Piso = 20%.	Techo = 80%. Pared = 10%. Piso = 20%.
Lúmenes Iniciales	6100	3420	3420
L.L.D.	0.82	0.930	0.930
L.D.D.	0.86	0.86	0.86
R.C.R.	5.65	5.65	5.65
C.U.	0.31	0.159	0.159
F.M.	0.70	0.80	1

No de luminarias	6	18	14
St	2.5m	1.39m	1.65m
Nivel de Iluminación	226.96 Luxes promedio.	223.726 Luxes promedio.	217.512 Luxes promedio.
Smax	2.5m	4.04m	4.04m
No de columnas	4.12m	6	7
No de renglones	2	3	2
Espaciamiento entre columnas	3	0.83m	0.71m
Espaciamiento entre renglones	2.5m	2.33m	3.5m
Espaciamiento entre la pared y la primer columna	2.3m	0.415m	0.35m
Espaciamiento entre la pared y el primer renglón.	1.25m	1.165m	1.75m
Potencia (Watts)	32 Watts	60 Watts	60 Watts

COMPARATIVAS MÁS IMPORTANTES.

	FLUORESCENTES	INCANDESCENTES
<i>Vida útil de las lámparas.</i>	<i>20 000 horas</i>	<i>1 500 horas</i>
<i>Vida Media.</i>	<i>10 000 horas</i>	<i>1 000 horas</i>
<i>Nivel de iluminación requerido.</i>	<i>200 luxes</i>	<i>200 luxes</i>
<i>Nivel de iluminación promedio.</i>	<i>226.96 luxes promedio.</i>	<i>217.54 luxes promedio</i>
<i>Lúmenes iniciales.</i>	<i>6100</i>	<i>3420</i>
<i>Luminarias necesarias.</i>	<i>6</i>	<i>14</i>
<i>Costos Luminaria con lámparas.</i>	<i>\$ 615.00 c/u</i>	<i>\$948.00 c/u</i>
<i>Potencia (Watts)</i>	<i>32 W</i>	<i>60 W</i>

Como se puede observar en esta tabla de valores obtenidos entre los dos luminarios se comprueba que los luminarios fluorescentes presentan mejores ventajas que los luminarios incandescentes.



CONCLUSIONES

A partir de está investigación se observa como la luz juega un papel muy importante en diferentes aspectos de la nuestra vida cotidiana, ya que esta nos permite relacionarnos con el medio ambiente que nos rodea, debido principalmente a que este es el vinculo por medio del cual el hombre puede interactuar, desarrollarse, desenvolverse y subsistir.

El presente proyecto se ha enfocado en hacer de manera sencilla una comparación entre dos tipos de luminarias (fluorescentes e incandescentes), en la cual hemos demostrado de acuerdo a nuestra hipótesis que la iluminación fluorescente presenta mejores ventajas que la iluminación incandescente, para nuestro proyecto lo cual se puede comprobar en los siguientes datos:

- Las lámparas fluorescentes tienen una duración media de vida de 10 : 1 con relación a las incandescentes.*
- En el ahorro de energía las lámparas fluorescentes serán de 32 W c / u y el total para el proyecto será de 384 W, mientras que por el lado de lámparas incandescentes se usarán lámparas de 60 W c / u y su total será de 2160 W.*
- Para la iluminación del proyecto (35m²) se necesitan solo 6 luminarias, mientras que incandescentes se necesitan 14.*

➤ *La cantidad de iluminación promedio que proporcionarán las lámparas para el área de 35 m² será de :*

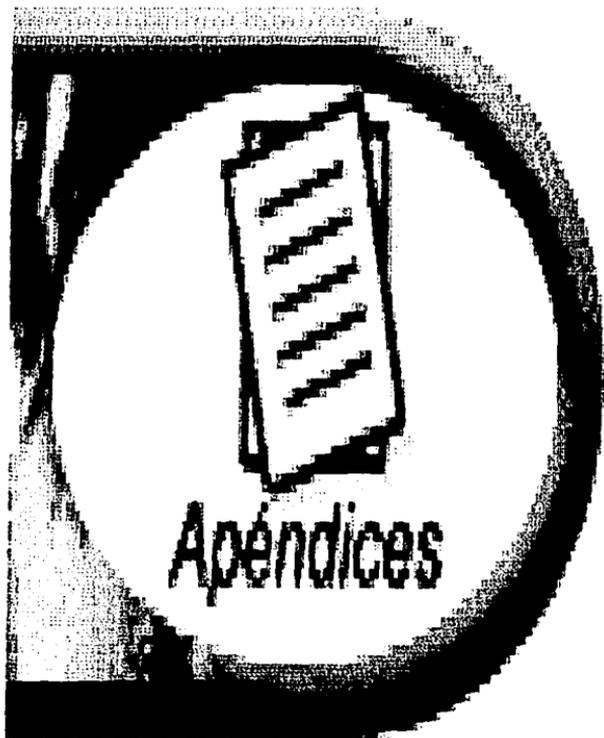
fluorescentes 229.96 luxes.

incandescentes 217.54 luxes.

➤ *En cuanto a la economía se observa que las luminarias incandescentes son más económicas (\$615.00 en comparación con las fluorescentes \$948.00 ; incluidas lámparas), pero esto se compensa con la menor cantidad de luminarias fluorescentes que se necesitan y la mayor duración tiempo vida en horas de sus lámparas. (\$8610.00 total en luminarias para lámparas incandescentes, mientras que \$5 688.00 en luminarias para lámparas fluorescentes.)*

Con estos datos queda demostrado nuestra hipótesis y finalmente solo nos queda comentar que un sistema de alumbrado debe suministrar una iluminación suficiente para la visión, pero mientras no se le conceda atención a un balanceo adecuado de la brillantes en todo el campo visual, el diseño de alumbrado estará muy lejos de alcanzar totalmente las metas humanas y arquitectónicas.

Hemos visto a grandes rasgos que ha sucedido con la luz eléctrica desde su invención hasta nuestros días. Es la LUZ aquello que ilumina y nos da conciencia visual del mundo que nos rodea. Tratemos de alumbrar para poder siempre ver, sentir y poder decir " Y SE HIZO LA LUZ " .



TERMINOLOGÍA

ABSORCIÓN .- Es la particularidad que tienen los materiales de transformar parcial o totalmente la energía luminosa que incide sobre ellos en otra forma de energía.

ACOMODACION.- Proceso por el cual el ojo cambia de foco, al variar la distancia del objeto observado.

ADAPTACION.- Proceso mediante el cual el sistema visual se acostumbra a una menor o mayor cantidad de luz, o a luz de color diferente. Ello resulta en un cambio de la sensibilidad del ojo a la luz.

ANGSTROM.- Unidad de longitud de onda = 10^{-10} m

BALASTRO .- Dispositivo electromagnético o electrónico usado para operar lámparas eléctricas de descarga. Sirve para proporcionar a éstas las condiciones de operación necesarias como son: tensión, corriente y forma de onda.

BALASTRO, FACTOR DE .- Relación del flujo luminoso emitido por una lámpara la cual es operada por un balastro convencional entre el flujo luminoso emitido por la misma lámpara cuando ésta es operada por un balastro patrón.

BRILLANTEZ O LUMINANCIA [($L = \text{cd} / \text{m}^2$, (NIT) ; $L = \text{cd} / \text{pie}^2$ (fl))] .- Es la relación entre la intensidad luminosa (I) en cierta dirección y la superficie, vista por un observador situado en la misma dirección.

CANDELA.- Unidad de intensidad luminosa igual a un lumen por steradian (lm / sr). Se define como la intensidad luminosa, en una dirección dada, de una fuente luminosa que emite radiación monocromática ($540 \times 10^{12} \text{ Hz} = 555 \text{ nm}$) y de la cual, la intensidad radiante en esa dirección es de $1/683 \text{ watts/steradian}$. Hasta 1948 se le llamó bujía.

CAVIDAD DE CUARTO.- Es la cavidad formada por el plano de luminarios y el plano de trabajo.

CAVIDAD DE PISO.- Es la cavidad formada por el plano de trabajo y el piso.

CAVIDAD DE TECHO.- Es la cavidad formada por el techo y el plano de luminario.

COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN .- Relación entre el flujo luminoso (lúmenes) emitidos por un luminario que incide sobre el plano de trabajo y el flujo luminoso emitido por las lámparas solas del luminario.

COMPONENTE INDIRECTA.- Porción de flujo luminoso que llega al plano de trabajo después de ser reflejado por las superficies del cuarto.

CURVA DE DISTRIBUCION.- Es la representación gráfica del comportamiento de la potencia luminosa emitida por un luminario. Se presenta en coordenadas polares y los valores están dados en candelas.

CURVA ISOCANDELAS.- Es la mejor representación de las variaciones luminosas de un haz irregular. Las curvas representadas unen puntos de igual potencia luminosa y estos son el resultado de un gran número de lecturas de intensidad luminosa en diferentes puntos.

CURVAS ISOFOOTCANDLE O ISOPIE-CANDELA .- Es un conjunto de curvas que unen puntos de igual nivel de iluminación (en pie-candelas) sobre un plano de trabajo.

CURVAS ISOLUX.- Es un conjunto de curvas que unen puntos de igual nivel de iluminación (luxes) sobre un plano de trabajo.

DEPRECIACIÓN DE LUMENES DE LA LAMPARA LLD .- (Lamp Lumen Depreciation).- Es la pérdida de la emisión luminosa (lúmenes), emitidos por la lámpara debido al uso normal de operación.

DEPRECIACIÓN POR SUCIEDAD EN EL LUMINARIO: LDD (Luminaire Dirt Depreciation) .- La acumulación de la suciedad en los luminarios trae como consecuencia una pérdida en la emisión luminosa y, por lo mismo, perdidas de iluminación en el plano de trabajo. Esta pérdida se conoce como el factor LDD (Luminaire Dirt Depreciation).

La suciedad en la atmósfera 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.

La suciedad puede clasificarse como adhesiva, atraída o inerte y puede provenir de fuentes constantes o intermitentes.

La suciedad adhesiva se colgará de la superficie del Luminario debido a lo pegajoso de su naturaleza, mientras que la suciedad atraída se mantiene por efecto de la fuerza electrostática.

La suciedad inerte variará en acumulación desde prácticamente nada en superficies verticales hasta tanto como pueda soportar una superficie horizontal antes de ser desalojada por la gravedad o circulación de aire.

Algunos ejemplos de suciedad adhesiva son : grasa producida al cocinar, partículas generadas por la operación de máquinas transportadas por vapores aceitosos, partículas transportadas por vapor de agua como en lavanderías.

Algunos ejemplos de suciedad atraída son : cabellos, pelo, pelusa, fibras o partículas secas cargadas electrostáticamente debido a operaciones de máquinas.

La suciedad inerte está representada por partículas no pegajosas, sin carga electrostática tales como harina seca, aserrín, cenizas finas, etc.

EFICACIA LUMINOSA (DE UNA LAMPARA).- Relación de flujo luminoso total emitido en lúmenes por la lámpara entre la potencia eléctrica consumida por la misma. Su unidad está dada en: lúmenes/watt.

EFICIENCIA DE UN LUMINARIO .- Relación de flujo luminoso emitido por un luminario con aquel que produce la(s) lámpara(s) desnuda(s) usada(s) en su interior.

EMERGENCIA, ILUMINACION DE .- Iluminación diseñada para proporcionar iluminación de seguridad y salvaguarda en caso de fallas en el suministro normal de energía.

Se aplica en los lugares donde se concentra gran cantidad de personas, ya sea para diversión, compras o trabajos. Dichos lugares pueden ser auditorios, cines, teatros, estadios de futbol, de beisbol, centros comerciales, hospitales, escuelas, etc.

El objeto de esta iluminación es de romper la obscuridad para evitar el pánico y posibles accidentes principalmente entre menores.

Los luminarios destinados para este sistema, deberán estar localizados de tal forma que guíen a las personas hacia la (s) salida (s) del local y permitan la pronta evacuación en caso de ser necesario.

El nivel de iluminación de emergencia no deberá ser menor al 1% del nivel promedio de iluminación o a 5 luxes promedio a nivel de piso.

La uniformidad de iluminación (E_{max} / E_{min}) a lo largo de la línea central de la ruta de escape, podrá estar comprendida entre 20:1 y 40:1.

El nivel de iluminación de emergencia será igual al nivel de iluminación normal en aquellos casos en que dependa la vida de un ser humano, como en quirófanos, salas de expulsión, etc. o en lugares como cuartos de control de una hidroeléctrica, torre de control en los aeropuertos, etc.

EXPLOSION, LUMINARIO A PRUEBA DE.- Luminario completamente cerrado y capaz de resistir una explosión de gas específico o vapor dentro de él y prevenir la ignición de gases o vapores alrededor de éste.

FACTOR DE DEPRECIACIÓN DE LOS LUMENES DE LAS LAMPARAS (LLD).- Relación de los lúmenes emitidos por la lámpara al 70% de su vida entre los lúmenes iniciales de esta misma.

FACTOR DE LAMPARAS QUEMADAS .- Pérdidas fraccionales de iluminancia debido a lámparas fundidas después de que han funcionado por largos periodos.

FACTOR DE PERDIDA DE LUZ (FACTOR DE MANTENIMIENTO) .- Factor utilizado en el cálculo de iluminancia bajo condiciones dadas de tiempo y de uso. En él se toma en cuenta las variaciones de temperatura y tensión, acumulación de suciedad en las superficies del cuarto y en el luminario, depreciación de la emisión luminosa de la lámpara , procedimientos de mantenimiento y condiciones atmosféricas.

FOOTCANDLE [lm/pie² ;(fc)].- Unidad de nivel luminoso en el sistema inglés.

FLUJO LUMINOSO (Ø).- Es la energía radiante en forma de luz emitida por una fuente luminosa en la unidad de tiempo (segundo), su unidad es el lumen (lm).

FUENTE LUMINOSA .- Es toda materia, objeto o dispositivo, de la que parte la energía Radiante que emite, cae dentro de los límites visibles del espectro electromagnético.

ILUMINACION COMPLEMENTARIA.- Es la iluminación utilizada para proporcionar una cantidad y calidad adicional de luz que no puede se obtenida por el sistema general de iluminación y que complementa el nivel general de iluminación para requerimientos específicos del trabajo.

ILUMINACIÓN GENERAL .- Iluminación diseñada para proporcionar un nivel substancialmente uniforme en toda el área analizada, excluyendo cualquier provisión para requerimientos especiales localizados

ILUMINACION LOCALIZADA .- Es la proporcionada sobre una pequeña área, espacio confinado o definido , sin proporcionar ninguna iluminación general significativa alrededor del entorno.

LAMPARA.- Dispositivo que transforma la energía eléctrica en energía lumínica.

LENTE .- Elemento de vidrio o plástico usado en luminarios para cambiar la dirección y controlar la distribución de los rayos luminosos.

LUMEN (lm).- Unidad de flujo luminoso.

LUMINANCIA .- Luminancia, frecuentemente llamado Brillantez; es el nombre dado a lo que vemos. Brillantez es una sensación subjetiva, variable de la mínima iluminación ú oscuridad hasta muy brillante.

Objetivamente esta referida como Luminancia, como la intensidad en una dirección dada, dividida por un área de proyección, como es vista por el observador .

Luminancia es usualmente referida de alguna de estas dos maneras, cualesquiera de las dos a un luminario ó a una superficie.

La Luminancia directa ó brillantez de luminarios en varios ángulos de vista, es un factor importante en la evaluación del confort visual; de una instalación aplicando estos luminarios.

En general, es deseable minimizar la brillantez del techo y luminarios en ángulos verticales de 60° a 90°.

Cuando la intensidad esta en candelas y el área proyectada en metros, la unidad de Luminancia es la candela por metro cuadrado (Cd/m^2)

LUMINARIO .- Dispositivo que se utiliza para controlar y dirigir el flujo luminoso generado por una o más lámparas.

LUX [lm / m^2 ; (lx)].- Unidad de nivel luminoso en el sistema internacional.

NANOMETRO.- Es la unidad de longitud de onda igual a 10^{-9} m.

NIVEL LUMINOSO O ILUMINANCIA .- Se define como la densidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie. Se mide en luxes o footcandles.

REFLEXION .- Es el fenómeno por el cual la luz al incidir sobre una superficie cambia de dirección de manera tal que el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión.

REFRACCION.- Es el cambio de dirección que sufren los rayos luminoso al pasar de un medio a otro con diferente densidad.

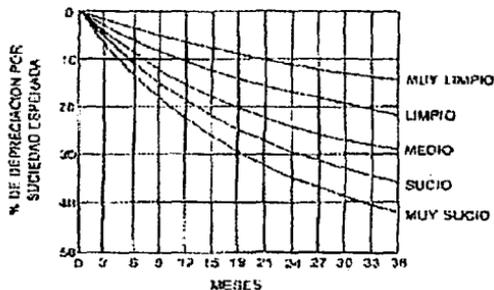
TABLA DE REFLEXIONES APROXIMADAS.**I. Superficie de Pintura.**

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
	Cafe	10
	Gris	25
	Verde	7
	Negro	3

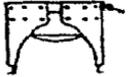
Clasificación de luminarios de acuerdo a su curva de distribución.

CLASIFICACIÓN	% DE LUZ RESPECTO A LA HORIZONTAL		DISTRIBUCIÓN DE POTENCIA LUMÍNICA
	ARRIBA	ABAJO	
DIRECTA	0-10%	90-100 %	
SEMIDIRECTA	10-40 %	60-90 %	
DIRECTA INDIRECTA	40-60 %	40-60 %	
GENERAL DIFUSA	40-60 %	40-60 %	
SEMI-INDIRECTA	60-90 %	10-40 %	
INDIRECTA	90-100 %	0-10%	

Factores de depreciación por suciedad acumulada en las superficies del cuarto.

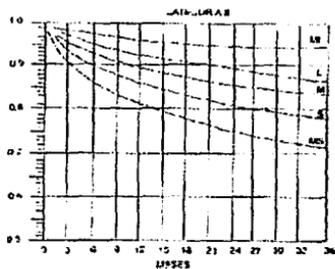
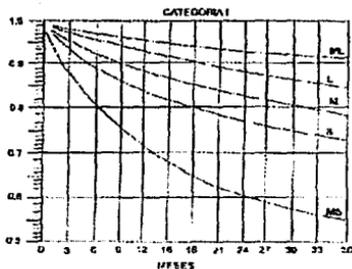


Curvas de distribución y porcentaje de lúmenes de luminarios típicos.

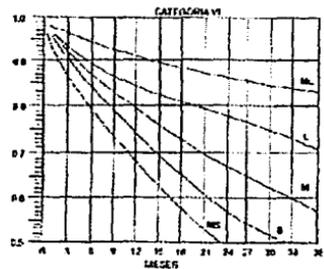
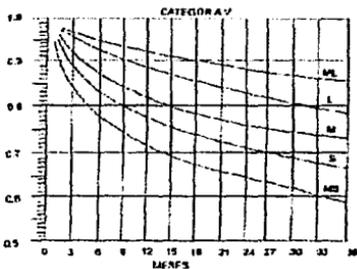
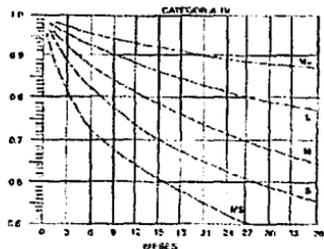
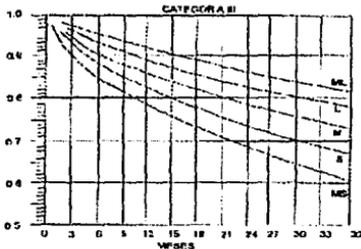
LUMINARIO TÍPICO	CURVA DE DIST. Y % DE LÚMENES		LUMINARIO TÍPICO	CURVA DE DIST. Y % DE LÚMENES	
	CAT.	ESPECIAL. MÁXIMO		CAT.	ESPECIAL. MÁXIMO
 ESFERA DIFUSA CON MONTAJE COLGANTE	V	1.8	 ESFERA DIFUSA CON MONTAJE COLGANTE	V	1.8
 REFLECTOR ESMALTADO TIPO RLM	IV	1.3	 REFLECTOR ESMALTADO TIPO RLM	IV	1.3
 (CUBIC) UNIDAD CON ENVOLVENTE CUADRADO PRISMÁTICO	V	1.2	 (CUBIC) UNIDAD CON ENVOLVENTE CUADRADO PRISMÁTICO	V	1.2
 LAMPARA R-40 EN BOTE INTEGRAL	IV	0.8	 LAMPARA R-40 EN BOTE INTEGRAL	IV	0.8
 LAMPARA R-40 CON REFLECTOR ESPECULAR ANODIZADO: CUTOFF A 45°	IV	0.7	 LAMPARA R-40 CON REFLECTOR ESPECULAR ANODIZADO: CUTOFF A 45°	IV	0.7
 PIN HOLE DE 22° DE ABERTURA	IV	0.7	 PIN HOLE DE 22° DE ABERTURA	IV	0.7

LUMINARIO TIPOICO	CURVA DE DIST. Y % DE LUMENES		LUMINARIO TIPOICO	CURVA DE DIST. Y % DE LUMENES	
	CAT.	ESP. MAX.		CAT.	ESP. MAX.
 <p>UNIDAD TOTALMENTE CERRADA</p>	V	1.0	 <p>CANALES PARA 1 O 2 LAMPARAS FLUORESCENTES</p>	I	1.6/1.2
 <p>UNIDAD TIPO INDUSTRIAL CON REFLECTOR PRISMATICO VENTILADO (EFECTO CHIMENEA).</p>	III	1.0	 <p>UNIDAD FLUORESCENTE CON REJILLA DE 30 x 30</p>	II	1.0
 <p>UNIDAD TIPO INDUSTRIAL CON REFLECTOR PRISMATICO CERRADA POR MEDIO DE REFRACTOR PRISMATICO</p>	V	1.0	 <p>UNIDAD FLUORESCENTE CON REJILLA DE 45 x 45</p>	IV	1.0
 <p>UNIDAD CERRADA POR MEDIO DE REFRACTOR PRISMATICO</p>	V	1.0	 <p>UNIDAD PARA 2 LAMPARAS FLUORESCENTES CON CONTROLANTE PRISMATICO ENVOLVENTE</p>	V	1.5/1.2
 <p>UNIDAD DE EMPOTRAR CON REFLECTOR PRISMATICO VENTILADO</p>	IV	1.0	 <p>UNIDAD PARA 2 LAMPARAS FLUORESCENTES</p>	V	1.3
 <p>UNIDAD FLUORESCENTE TIPO INDUSTRIAL</p>	II	1.0			

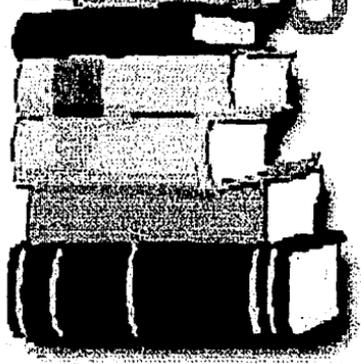
LUMINARIO TÍPICO	CURVA DE DIST. Y % DE LUMENES			CURVA DE DIST. Y % DE LUMENES	
	CAT.	ESP. MAX.		CAT.	ESP. MAX.
 <p>CANALES PARA 1 O 4 LAMPARAS FLUORESCENTES TIPO EMPOTRAR O SOBREPONER CON CONTRALENTE DE ACRILICO PRISMATICO</p>	V	1.4/1.2	 <p>CANALES PARA 4 LAMPARAS FLUORESCENTES CON LOUVER DE PLASTICO DE 45°</p>	V	1.0
 <p>CANALES PARA 4 LAMPARAS FLUORESCENTES CON DIFUSOR PLANO CONVEXO</p>	V	1.2			
 <p>CANALES PARA 4 LAMPARAS FLUORESCENTES CON REFRACTOR PRISMATICO DE BAJA LUMINANCIA</p>	V	1.4/1.3			



ML = Muy Limpio M = Medio MS = Muy Sucio
 L = Limpio S = Sucio



Bibliografía



CAPITULO 12.-BIBLIOGRFÍA.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- John H. Mauldin Luz, Láser y óptica serie McGraw-Hill 1992.
- 2.- Malacara Daniel Óptica Tradicional Ed. Fondo de Cultura Económica.
- 3.- Charles Lambert Instalaciones eléctricas en la vivienda, Ed. Marcombo 1986.
- 4.- Mike Lawrence Instalaciones Eléctricas e Iluminación, México: G. Gill.1995.
- 5.- Edward L. Safford Instalaciones Eléctricas e Iluminación en hogares y oficinas,
Ed. Limusa 1990.
- 6.- Luis C. Fernández Técnicas y Aplicación de la Iluminación, Ed. Iberdrola 1993.
- 7.- Lane Publishing company Iluminación Residencial, Ed. Trillas 1993.
- 8.- Jhoannes R. Felix Lámparas halógenas, Ed. CEAC 1995.
- 9.- Microsoft Encarta 2001
- 10.- Carranza Castellanos Luminotecnia y sus aplicaciones, ED. Diana México.
- 11.- Fernando Martínez Domínguez Instalaciones Eléctricas de Alumbrado.
- 12.- López Antonio Instalaciones Eléctricas para Proyectos y obras Madrid:
Paraninfo.1992.

- 13.- Chapa C. J. Manual de Instalaciones de Alumbrado y Fotometría Ed. limusa
- 14.- Frier, Jhon P. Sistemas de iluminación Industriales. Ed. Limusa 1986.
- 15.- Monte Burch Instalaciones Eléctricas Residenciales.
- 16.- Neagu Bratu Serban Instalaciones Eléctricas Ed. México: Alfaomega.c 1992.
- 17.- Ing. Becerril I. Instalaciones Eléctricas Practicas. México: Continental. 1969.
- 18.- Holoplanc Principios de Iluminación y Niveles de Iluminación en México (Datos Técnicos.)
- 19.- Como Elegir la Iluminación de su Hogar y Ahorrar Energía Ed. Sevillana.
- 20.- Westinhouseo tercera Ed. Manual de Alumbrado Ed. Dosset S.A. 1987.
- 21.- Holophane Ingeniería Aplicada al Control de Luz (Catalogo Condensado 1997).
- 22.- Vitorio Re Iluminación interna. Ed. Marcombo 1989.
- 23.- B.D. Aloy Flo Manual de luminotecnia Ed Labor S.A.