



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN

ILUMINACION E INSTALACIONES ELECTRICAS
"FACTORES DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE
ILUMINACION EN UN EDIFICIO PARA OFICINAS"

TRABAJO DE SEMINARIO
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A :
RAUL ANGEL AIBA LEONEL

ASESOR: ING. PEDRO GUZMAN TINAJERO

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CUAUTITLÁN IZCALLI, EDO. DE MÉXICO

1997



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLÁN
P R E S E N T E .

AT'N: ING. RAFAEL RODRIGUEZ CEBALLOS
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES-C.

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautitlán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:

Iluminación e Instalaciones Eléctricas.
"Factores de Diseño de un Sistema de Iluminación en un
Edificio para Oficinas".

que presenta el presente: Raúl Angel Alba Leonel
con número de cuenta: 8825542-0 para obtener el Título de:
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

ATENTAMENTE.

"POR MI FUERZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de México, a 17 de Octubre de 1997

MODULO:	PROFESOR:	FIRMA:
I y II	Ing. Pedro Guzmán Tinajero	<i>[Firma]</i>
III	Ing. Casildo Rodríguez Arciniega	<i>[Firma]</i>
IV	Ing. Benjamín Contreras Sánchez	<i>[Firma]</i>

DEP/V080502

AGRADECIMIENTOS

A DIOS:

Por darme la oportunidad de haber llegado a este momento y por los maravillosos padres que me dio.

A MIS PAPAS:

*Domingo Alba Gómez
Ma. Dolores Leonel de Alba
Que con sus esfuerzos me han dado cariño, consejos, principios y educación para ser un hombre de bien.*

A MIS HERMANOS Y CUÑADOS

*Aida y Miguel Angel
Juan y Laura
Adela y Joaquín
Luis y Yolanda
Ricardo
Porque siempre he contado con su apoyo, comprensión y porque siempre me han dado consejos.*

A MIS SOBRINOS

*Ana Gisela, Miguel Angel, Ixel Cecilia e Iván Ónder
Porque siempre me han demostrado su cariño, el cual es correspondido.*

A MI ASESOR:

*Ing. Pedro Guzmán Tinajero
Por el apoyo para la realización de este trabajo.*

A LA UNAM

Por haberme dado la oportunidad de formar parte de esta gran Institución y por la formación académica que obtuve de ella.

A MIS AMIGOS

Por todos esos momentos gratos que pasamos en el transcurso de la carrera.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	2
CAPITULO I: EL OJO HUMANO.....	4
I.1- El ojo humano el receptor de la luz.....	5
I.2- Partes del ojo humano.....	6
I.3- Defectos del ojo humano.....	8
I.4- Características visuales del ojo humano.....	10
CAPITULO II: LA LUZ Y EL COLOR.....	14
II.1- Generación de la luz.....	15
II.2- Transmisión de la luz.....	15
II.3- Fenómenos de la luz y sus leyes.....	16
II.4- El color.....	17
CAPITULO III: FACTORES OBJETIVOS DEL PROCESO VISUAL.....	22
III.1- Iluminación.....	23
III.2- Contraste.....	26
III.3- Sombras.....	28
III.4- Deslumbramiento.....	29
III.5- Ambiente cromático.....	30
CAPITULO IV: PRINCIPIOS DE ILUMINACIÓN.....	31
IV.1- Magnitudes y unidades fundamentales.....	32
IV.2- Métodos de medición.....	35
IV.3- Tipos de iluminación.....	36
IV.4- Los medios de iluminación.....	36
IV.5- Cantidad y calidad de iluminación.....	39
IV.6- Requisitos para una buena iluminación.....	42
CAPITULO V: FACTORES DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN EN UN EDIFICIO PARA OFICINAS.....	43
V.1- Antecedentes del diseño de iluminación.....	44
V.2- Factores de diseño del sistema de iluminación para oficinas.....	45
V.3- Tipos de áreas de aplicación.....	46
V.4- Datos para elaborar un proyecto de iluminación y la secuencia de las magnitudes a definir.....	52
CONCLUSIÓN.....	53
BIBLIOGRAFÍA.....	57

INTRODUCCIÓN

Desde hace varios años se han dirigido investigaciones tendientes a averiguar cómo ve el ser humano y qué cosas influyen en su capacidad para realizar una tarea visual determinada, así como también se han estudiado factores relacionados y los efectos de la ubicación de las fuentes. Este tipo de investigación toda vía continua, y ya ha producido respuestas, particularmente en lo relativo al rendimiento de los empleados que realizan actividades de oficina.

Estos estudios han influido en todas las áreas de la iluminación, por lo que el enfoque fundamental del problema de la iluminación ha cambiado. Lo importante ahora es iluminar adecuadamente una área, no sólo producir cierta cantidad de luz. Los expertos en iluminación no consideran únicamente el tamaño del área que se va iluminar, sino que es necesario hacer un estudio profundo de la actividad que se desempeñara allí y de las principales necesidades del cliente. En caso de que se vayan a realizar más de una actividad en el lugar, entonces el espacio tendrá que ser dividido y hacer el diseño en forma independiente para cada área.

Además, ningún diseñador puede pasar por alto el costo actual de la energía eléctrica, por lo que el diseñador debe recomendar el sistema de alumbrado menos costoso, más eficiente y adecuado para el trabajo que allí se va a realizar.

Un lugar atractivo y bien iluminado, se logra si se tiene un conocimiento profundo de los factores de diseño que se deben de tomar en cuenta para el diseño y si se cuenta con la información adecuada de los nuevos equipos de iluminación y lámparas, así como los nuevos métodos para calcular las necesidades de iluminación, ayudan al diseñador a elegir los mejores sistemas de alumbrado. Esto, además contribuye a hacer del lugar un sitio agradable para trabajar, lo cual influye en el ánimo y rendimiento de los empleados.

En el primer capítulo de este trabajo se enumeran los principios básicos y simples de la forma en como esta constituido el ojo humano y su funcionamiento, así como sus defectos más comunes. Esto es necesario conocer ya que la radiación visible no se manifiesta como luz mientras no actúa sobre la vista.

En el segundo capítulo encontramos los diferentes fenómenos de la luz y sus leyes, además de su transmisión y la forma en como se genera. Este capítulo tiene como objetivo el de conocer y entender los fenómenos más comunes de la luz, para así poder entender mejor el fenómeno de la visión.

En el tercer capítulo se encuentra los diferentes factores que intervienen en el proceso visual, estos son de gran importancia ya que influyen en la percepción visual de los objetos y todos guardan una relación entre sí y cualquiera de ellos puede tener un valor decisivo en la visión.

En el cuarto capítulo se trata explicar en forma concreta y concisa las definiciones básicas de iluminación, además la definición de las unidades y magnitudes fundamentales en iluminación con el objeto que se entiendan mejor y así poder usarlas en la comparación y valoración de las cualidades de las fuentes luz y sus efectos.

Además, en este capítulo se explican los métodos utilizados en las mediciones de iluminación y se analizan los tipos de iluminación, además de los requisitos para tener una buena iluminación.

En el quinto y último capítulo de este trabajo que es en sí el tema principal de este trabajo, encontramos los diferentes factores que se deben utilizar para realizar un estudio profundo de un sistema de iluminación para oficinas. El propósito de este trabajo es el de proporcionar la suficiente información de estos diferentes factores.

**CAPITULO I
EL OJO HUMANO**

I.1 El ojo humano el receptor de la luz

El ojo es un órgano receptor de la luz. Algunas veces solamente proporciona información de la presencia y ubicación de una fuente luminosa y, otras veces, se encarga de formar imágenes. Estos órganos que forman imágenes, caen en dos grupos, generalmente referidos como ojos de cámara (o simples) y ojos compuestos.

En los vertebrados, los ojos de cámara generalmente están protegidos dentro de cavidades óseas y su parte externa se protege con párpados, cejas y lágrimas.

Además de estas estructuras protectoras contiene un sistema óptico compuesto generalmente de dos lentes, la córnea y el cristalino, que sirven para enfocar y concentrar en la retina los rayos luminosos.

Los rayos de luz que entran al ojo a través de la pupila son concentrados en la córnea y el cristalino para formar una imagen en la retina, donde se transforma en impulsos nerviosos que se transmiten al cerebro.

La información procedente de los nervios ópticos es procesada en el cerebro para producir una imagen única coordinada, figura I.1.

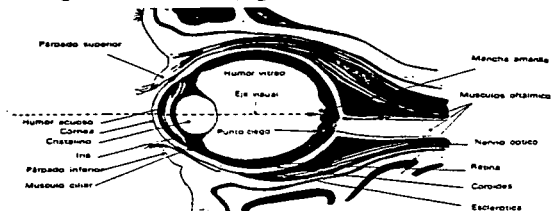


Fig. I.1 Constitución anatómica del ojo humano.

I.2 Partes del ojo humano

Párpado.- Los párpados tienen la función de proteger a la córnea de los elementos agresivos del medio ambiente. Cubren y descubren rápidamente toda la superficie que el ojo para lograr lubricarlo. También tienen la función de regular la cantidad de luz.

Córnea.- La córnea generalmente forma la primer y más importante superficie de refracción de los rayos luminosos en el ojo. Es una lente elíptica cóncavo-convexa.

Pupila .- La pupila es un orificio formado por fibras de un músculo denominado iris. Su función es determinar la dirección y cantidad de luz que penetra al ojo.

Cristalino.- El cristalino es una lente biconvexa que ajusta la refracción de la luz que penetra al ojo, permitiendo que las imágenes de objetos distantes o cercanos se enfoquen sobre la retina.

Retina.- Es el verdadero órgano sensible a la luz, que absorbe la excitación óptica de la imagen, transmitiéndola al cerebro a través del haz de nervios ópticos. Esta compuesto por una capa transparente de 0.2 a 0.4 mm de espesor, de tejido nervioso. Contiene dos clases de órganos terminales como elementos absorbentes de la luz, conos y bastones. (Ver figura I.2)

Fovea.- Es una zona ligeramente hundida y de color amarilla. Es aquí donde encontramos las células más sensibles al color.

Conos y Bastones.- Los conos y bastones son células receptoras de luz. Los primeros determinan la agudeza visual y la visión de los colores. Los bastones son células poco sensibles al color, pero muy sensibles a niveles bajos de iluminación, por lo que trabajan sobre todo en la noche y en lugares de iluminación escasa y existen solamente fuera de la región foveana.

Púrpura retiniana (rhodopsin).- Es un líquido púrpuro que se encuentra en los bastones, sensible a la luz, y se decolora rápidamente cuando es expuesto a ella. Su regeneración es un factor importante en la adaptación a la oscuridad

Punto Ciego.- En el fondo del ojo o retina, venas y arterias convergen en un punto. Se trata del orificio por donde, además de esos vasos sanguíneos, para el nervio óptico que comunica el ojo con el cerebro. Como se trata de un orificio, en él no hay células de la visión. Por ello se le denomina punto ciego

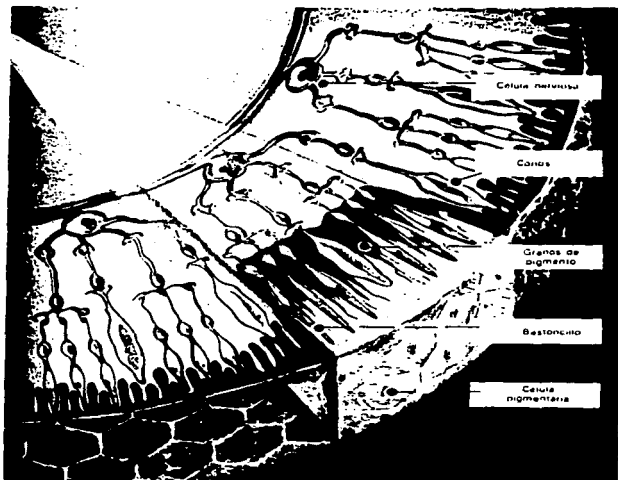


Fig. 1.2 Estructura de la retina como parte fotosensible del ojo

Músculos Ciliares.- Son los que se encargan de ajustar la tensión del cristalino. Esta tensión varía según la distancia del objeto (acomodación)

Humor Vítreo.- Se encuentra en la cámara posterior del globo ocular. Es parecido a la clara de huevo, que actúa como medio refringente..

Humor Acuoso.- Se encuentra detrás de la cornea y que junto con el cristalino, humor vítreo y la cornea constituyen el sistema dióptrico centrado del ojo, cuyo centro óptico se encuentra cerca de la cara posterior del cristalino.

I.3 Defectos del ojo humano

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

Miopía.- Defecto de la visión causado por una excesiva convexidad del cristalino, lo que hace que las imágenes enfocadas se formen enfrente de la retina en vez de formarse sobre ella. Las personas miopes ven los objetos cercanos claramente, pero los distantes aparecen borrosos.

Hipermetropía.- Defecto de la visión causado por falta de convexidad del cristalino, lo que hace que las imágenes se formen detrás de la retina en vez de formarse sobre ella.

Presbicia.- (Pérdida del poder de acomodación del cristalino). En personas de edad media o avanzada, el cristalino se vuelve progresivamente menos elástico, y el proceso de acomodación para una visión cercana se va haciendo más difícil.

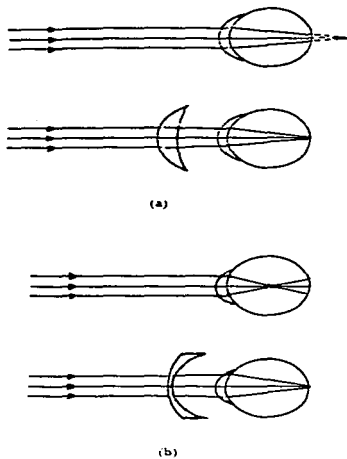


Figura 1.3 Corrección de la imagen visual con ayuda de lentes. (a) La hipermetropía es corregida con una lente convergente. (b) La miopía es corregida con una lente divergente.

Daltonismo.- Defecto de la vista que consiste en no percibir ciertos colores o confundirlos con otros. Llamado así en honor al químico y físico inglés J. Dalton que lo descubrió. También se le llama acromatopsia.

I.4 Características visuales del ojo

Adaptación.— 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.

La adaptación se realiza por medio de un cambio en el tamaño de la apertura de la pupila (iris), al mismo tiempo que unas variaciones fotoquímicas en la retina. El tamaño de la abertura de la pupila obedece principalmente a la cantidad de luz recibida en el ojo. En una luz muy tenue la pupila se dilata, pero a medida que la luz aumenta la abertura se contrae. Entonces para iluminaciones altas se reduce a 2mm y para iluminaciones bajas se abre a 8mm, Fig.I.4.

La adaptación también esta en función del tiempo, ya que la adaptación también esta en función del tiempo, ya que la adaptación de la visión de un lugar iluminado a otro a oscuras en promedio es de 30 minutos y de un lugar casi a oscuras a uno iluminado es de tan solo segundos, Fig. I.5.



Fig. I.4 Adaptación del ojo a distintos alumbrados.

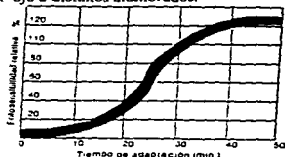


Fig. I.5 Curva de la fotosensibilidad relativa del ojo respecto al tiempo de adaptación.

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

La acomodación se efectúa variando la curvatura del cristalino, al tener un objeto cercano la curvatura del cristalino es mayor, por tener un objeto lejano su curvatura será menor.

La acomodación incluye también cambios en el diámetro de la pupila. Cuando el ojo se enfoca sobre objetos distantes la pupila es relativamente grande. Cuando la atención se fija en un objeto visual cercano la pupila se contrae algo, logrando así una apreciación más penetrante, pero admitiendo menos luz en el ojo, Figura I.6.

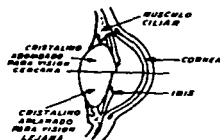


Fig. I.6 Acomodación del ojo respecto a la distancia de los objetos.

Sensibilidad.- El ojo no es igualmente sensible a la energía de todas las longitudes de onda o colores. Los experimentos han establecido una curva de sensibilidad del ojo que da la respuesta del ojo normal a iguales cantidades de energía con distintas longitudes de onda. La máxima sensibilidad está en el amarillo-verdoso, con una longitud de onda aproximada de 555 nm, mientras que comparativamente la sensibilidad en los colores extremos violeta y rojo con una longitud de onda de 380 nm y de 780 nm respectivamente son muy bajas. Estos valores corresponden a los límites de sensibilidad del ojo humano a la luz. Fuera de los mismos, el ojo es ciego, esto es, no percibe ninguna clase de radiación.

Campo visual.- El campo visual normal se extiende aproximadamente en un ángulo de 180° en el plano horizontal y 130° en el plano vertical, 60° por encima del horizontal y 70° por debajo. La fóvea donde tiene lugar la mayor parte de la visión y todas las discriminaciones de detalles finos, subtendiendo un ángulo de menos de un grado a partir del centro. Fig. I.7

En el campo central se comprende la "tarea visual" y el fondo inmediato sobre el que se destaca; la apertura angular del campo central depende, por tanto, de la tarea visual que se realiza.

El contorno de la tarea visual se limita arbitrariamente a 30° alrededor de la línea, la agudeza visual sólo es ya de un 1% de su valor en la zona de visión precisa.

Por último el campo periférico está constituido por toda la zona comprendida entre el contorno y la periferia del campo visual.

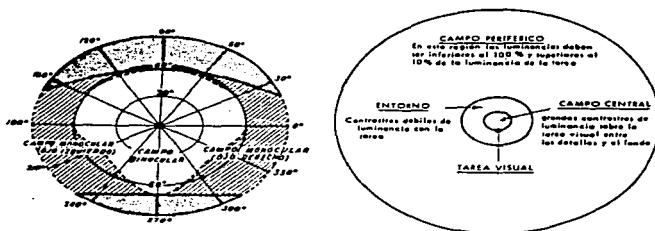


Fig. I.7 Campo visual del hombre.

Agudeza visual.- La agudeza visual es la capacidad que tiene el ojo de reconocer por separado, con nitidez y precisión, objetos muy pequeños y próximos entre sí. La agudeza visual normal se considera que tiene el valor unidad, disminuyendo este valor con la edad debido a que el cristalino, endurecido con el tiempo, pierde elasticidad y no enfoca la imagen de los objetos suficientemente definida sobre la retina, Figura 1.8

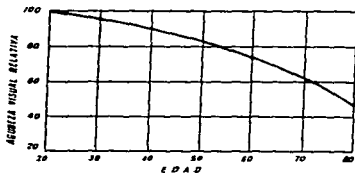


Fig. 1.8 Gráfico de la agudeza visual respecto a la edad.

CAPITULO II
LA LUZ Y EL COLOR

II.1 Generación de la luz

La luz es una manifestación de la energía en forma de radiaciones electromagnéticas, capaces de afectar el órgano visual.

Cuando una fuente emite luz, libera energía y genera en su entorno un campo eléctrico que vibra, este campo eléctrico genera a su alrededor un campo magnético, que también vibra; este nuevo campo a su vez, crea en torno así un segundo campo eléctrico; este otro campo eléctrico genera también su propio campo magnético asimismo vibra. Así paso a paso, de campo en campo se va creando una onda electromagnética que se aleja de la fuente luminosa. Esta radiación electromagnética porta de un lugar a otro la energía emitida por la fuente.

II.2 Transmisión de la luz

La luz no necesita de ningún medio material para propagarse. Puede viajar, no sólo en cualquier cosa, ya sea sólida, líquida o gaseosa, sino también; en el espacio vacío.

Nada en el universo se mueve más rápido que la luz; de hecho; no hay objeto material que alcance la velocidad con que viajan los rayos luminosos. Todo tipo de radiación electromagnética incluyendo la luz se mueve a una velocidad de 300.000 Kilómetros por segundo.

Después de que la luz sale de la fuente que la emite, viaja en línea recta, y sólo la cambia de rumbo si choca contra algo o cuando pasa cerca de un astro o de una galaxia. Debido a su trayectoria rectilínea, es común representar a la luz en forma de rayos.

Cuando la luz llega a un objeto le puede ocurrir lo siguiente:

La luz atraviesa el objeto si éste es transparente. Es decir, se **transmite**.

La luz rebota en una superficie y se aleja de ella, si es brillante. Es decir, se **refleja**.

La luz se queda en el objeto si éste es opaca. Es decir, se **absorbe**.

Estos tres fenómenos suelen ocurrir simultáneamente; y así, en muchos casos, una parte de la luz se transmite, otra se absorbe y otra más se refleja.

Cuando las ondas luminosas encuentran un obstáculo rodean la orilla del objeto y siguen avanzando. Claro, ya no en la misma dirección que traían antes, si no de acuerdo con el contorno que rodean, por esto se forman figuras de luz y sombra. A este tipo de fenómeno se le llama difracción y le sucede a todo tipo de ondas; por ejemplo las sonoras o las que se forman en la superficie del agua.

II.3 Fenómenos de la luz y sus leyes

A partir del sitio en que las ondas hallan el objeto, las partes difractadas y las no difractadas viajan en diferentes direcciones o interfieren unas con otras.

Debido a esta interferencia, en algunos puntos las intensidades de las ondas se suman, creando zonas más iluminadas, en cambio, en otros puntos, se anulan unas a otras produciendo regiones de oscuridad.

Al difractarse la luz, en ciertas zonas las ondas de un color se anulan y las de otro se suman, así cuando la luz blanca es difractada, se descompone en un espectro de colores.

Todo cuerpo, opaco o transparente, refleja una parte de la luz que incide sobre él. La mayoría de las superficies de los cuerpos son ásperas o irregulares, y producen por ello una *reflexión difusa*, enviando la luz reflejada en todas las direcciones posibles, figura II.1a. Gracias a esta reflexión difusa podemos ver las superficies iluminadas, ya que una parte de esa luz que ha sido reflejada en todas direcciones llega hasta donde están nuestros ojos.

Una superficie lisa y bien pulida, en cambio, produce una reflexión regular: la luz que incide en una dirección determinada, la reflejada en otra dirección bien determinada, figura II.1b. En este caso lo que se pone de manifiesto con la reflexión no es la superficie reflectora, sino los objetos cuyas imágenes se ven reflejadas. De hecho, un reflector permanente liso y

limpio es invisible, como lo es un espejo, este nos permite ver la imagen reflejada. A este tipo de *reflexión* es llamada *especular*.

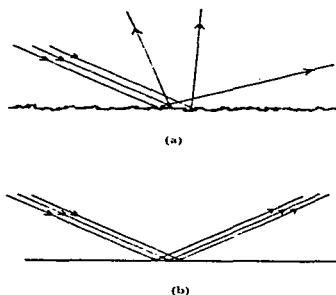


Fig. II.1a. Una superficie rugosa refleja de manera difusa y (b) una superficie lisa refleja de manera especular.

La *reflexión especular* sigue un par de leyes muy simples. La primera ley nos dice que el rayo incidente y el reflejado se encuentran siempre sobre el mismo plano. La segunda que el ángulo de incidencia y el ángulo de reflexión son iguales.

Leyes de la reflexión: Supongamos que un rayo de luz incide en un espejo perfectamente plano y que es reflejado, como se ilustra en la figura II.2. La línea sombreada representa la superficie del espejo, y el trazo grueso la trayectoria de la luz. A la línea perpendicular a la superficie se le llama normal. Al ángulo que forma el rayo incidente con la normal se le llama ángulo de incidencia i , y el ángulo que forma el rayo reflejado con la normal es el ángulo de reflexión, r .

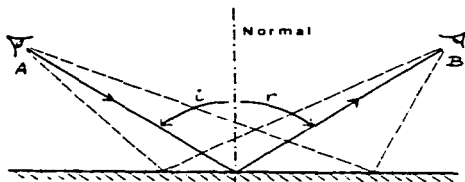


Figura II.2 Leyes de la reflexión

La trayectoria del rayo reflejado sigue dos leyes muy sencillas. *La primera dice que este rayo está contenido en el mismo plano que el rayo incidente y la normal que pasa por el punto de incidencia.*

La segunda ley dice que el ángulo de reflexión, r , es igual al de incidencia, i .

Estas dos leyes juntas tienen una implicación interesante: la trayectoria que sigue un rayo para ir al punto A al punto B pasando por el espejo es la más corta de las trayectorias posibles. Otro aspecto interesante es que un rayo que partiera del punto B para ir al punto A, seguiría exactamente la misma trayectoria en sentido contrario; podemos decir que el camino de los rayos de luz es reversible. Gracias a esta reversibilidad de la trayectoria podemos estar seguros de que cuando miramos por un espejo, él también nos puede ver a nosotros.

Los materiales transparentes tienen otro efecto interesante sobre la luz: **la refractan**. Esto significa que al entrar la luz en el material cambia su dirección de propagación.

Los espejismos son consecuencia muy particular del fenómeno de la refracción. La refracción de la luz produce muchos efectos sorprendentes. Es responsable de que una cuchara parcialmente sumergida en un vaso de agua parezca quebrada. Hace también que se eleve en apariencia el fondo del mar, la prolongación de los crepúsculos y los ocasos, etc..

Leyes de la refracción: La refracción sigue también un par de leyes, casi tan sencillas como las de reflexión. *La primera de ellas nos dice que el rayo incidente y el refractado están sobre el mismo plano. En la segunda interviene un parámetro que caracteriza al medio: el índice de refracción, n .*

Cuando un rayo de luz pasa de un medio a otro con diferente índice de refracción, se desvía. Si el índice de refracción del segundo medio es mayor que el del primero, el rayo se quiebra, alejándose de la superficie entre los medios.

Cuando disminuye el índice de refracción, sucede lo contrario: el rayo se acerca a la superficie. Esto es lógico si se toma en cuenta la reversibilidad de los rayos de luz.

Supongamos que un rayo de luz incide en una superficie plana que separa dos medios. En la figura II.3 la recta horizontal representa dicha superficie, y en trazo grueso la trayectoria del rayo. A la línea perpendicular a la superficie se le llama normal. Al cambiar de medio, el rayo cambia de dirección: se refracta. Cada uno de los dos medios de propagación está caracterizado por un parámetro: el índice de refracción, n .

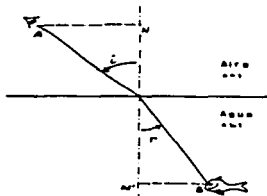


Figura II.3 Leyes de la refracción

La trayectoria del rayo refractado sigue dos sencillas leyes. La primera es que dicho rayo se encuentra en el plano del rayo incidente y la normal que pasa por el punto de incidencia.

Para expresar la segunda ley consideremos que el rayo incidente y el rayo refractado se han dibujado del mismo tamaño. Entonces, la relación entre los tamaños de las rectas AN Y BN' = n_1/n_2 .

Es claro que los rayos que inciden perpendiculares a la superficie no se refractan; entran al medio sin desviarse. En el caso de la figura II.3, el medio superior es el aire y el inferior agua. Como el índice de refracción del aire es menor que el del agua, tenemos que AN>BN': el rayo se acerca a la normal al penetrar en el agua. Como en la refracción vemos que el camino del rayo es reversible; un rayo que partiera de (B) llegaría a (A) por la misma trayectoria, pero en sentido contrario.

II.4 El color

La presencia de la luz produce una serie de estímulos en nuestra retina y unas reacciones en el sistema nervioso que comunican al cerebro un conjunto de sensaciones cromáticas (colores).

Por lo tanto el color es una sensación óptica que depende del conjunto de las longitudes de onda que un cuerpo no absorbe, o sea, que refleja.

Las sensaciones cromáticas dependen de la clase (composición espectral de la luz) y de las propiedades de reflexión y de transmisión de los cuerpos iluminados.

El color de la luz se determina por su longitud de onda, ver tabla II.1

Hay dos factores que contribuyen al color de los objetos: éstos mismos y el tipo de luz que las ilumina.

Tabla II.1 Color de la luz determinada por su longitud

3800 a 4500 Angstroms	Violeta
4500 a 4900 Angstroms	Azule
4900 a 5600 Angstroms	Verde
5600 a 5900 Angstroms	Amarilla
5900 a 6300 Angstroms	Naranja
6300 a 7600 Angstroms	Roja

Se dice que una luz que es *monocromática* si está constituida por ondas electromagnéticas de igual longitud de onda, que revelan su solo color (por ejemplo, las lamparas de vapor de sodio, de baja presión). La luz solar o la de una lámpara de incandescencia, en cambio, es de espectro continuo (luz blanca) por que comprende toda la gama de las longitudes de onda visibles.

**CAPITULO III
FACTORES OBJETIVOS DEL
PROCESO VISUAL**

Sin luz no hay visión, pues el ojo no puede transmitir a nuestro cerebro ninguna información de todo cuanto nos rodea.

En la percepción visual de los objetos influyen los siguientes factores.

- Iluminación
 - Tamaño de los detalles a captar y la distancia entre el ojo y el objeto
 - Factor de reflexión del objeto observado
 - Tiempo empleado en la observación
 - El nivel de iluminación que se requiera para la observación del objeto
- Contraste
- Sombras
- Deslumbramiento
- Ambiente cromático

Todos guardan una relación entre sí y cualquiera de ellos puede tener un valor decisivo.

III.1 Iluminación

En investigaciones se ha podido comprobar que la capacidad visual depende de la iluminación y que ésta afecta al estado de ánimo de las personas, a su aptitud para desarrollar un trabajo, a su poder de relajación, etc.

Cada actividad requiere una determinada iluminación nominal que debe existir como valor medio en la zona en que se desarrolla la misma. Este valor medio de iluminación para una determinada actividad está en función de una serie de factores entre los que se puede citar:

-Tamaño de los detalles a captar y la distancia entre el ojo y el objeto.- El tamaño del objeto es el factor que generalmente tiene más importancia en el proceso visual. Cuanto más grande es un objeto en relación con el ángulo visual más rápidamente puede ser visto, ver figura III.1

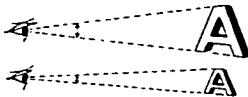


Fig. III.1 Factor tamaño-distancia

-Factor de reflexión (luminancia) del objeto observado.- La luminancia de un objeto depende de la intensidad de la luz que incide sobre él y de la proporción de ésta que se refleja en dirección al ojo. Una superficie blanca tendrá un brillo mucho mayor que la misma iluminación. Sin embargo, añadiendo suficiente luz a una superficie oscura, es posible hacerla tan brillante como una blanca, figura III.2.

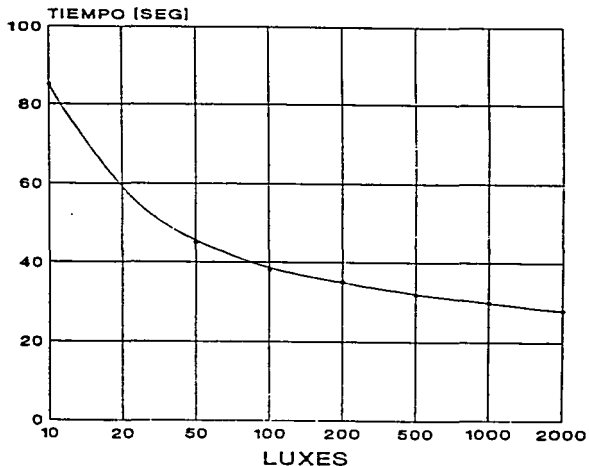


Fig. III.2 Factor reflexión del objeto observado.

-Tiempo empleado en la observación y la rapidez de movimiento del objeto.- La visión no es un proceso instantáneo sino que requiere de tiempo. El ojo puede ver detalles muy pequeños si se le da el tiempo suficiente para que se realice el proceso visual.

Al aumentar el nivel de iluminación aumenta la capacidad visual y aumenta al mismo tiempo la velocidad de percepción. En la gráfica siguiente se muestra lo explicado anteriormente, se observa que a mayor nivel de iluminación se requiere menor tiempo para la realización de un trabajo visual.

El factor tiempo es importante, en particular, cuando el objeto visual está en movimiento. Los niveles altos de iluminación hacen, de hecho, que los objetos en movimiento parezcan moverse más lentamente, lo que aumenta en gran medida su visibilidad.



Gráfica de nivel de iluminación contra tiempo de percepción

-El nivel de iluminación dependiendo de la edad del observador.- Cuanto mayor sea la dificultad para la percepción visual, mayor debe ser el medio de iluminación. Esta dificultad se acentúa mucho más en las personas de edad avanzada, de ahí que éstas necesiten más luz que los jóvenes para realizar un trabajo con igual facilidad.

Esta serie de factores están mutuamente relacionados y son interdependientes. Dentro de ciertos límites, se puede resolver una deficiencia en uno de estos factores ajustando uno o más de los restantes.

III.2 Contraste

El ojo sólo aprecia diferencias de luminancia. La diferencia de luminancia entre el objeto que se observa y su espacio inmediato, es lo que se conoce por contraste.

Es importante para la visión el contraste de iluminancia o color entre el objeto visual y su fondo. Los altos niveles de iluminación compensan parcialmente los contrastes de bajo brillo y resultan de gran ayuda cuando no pueden evitarse las condiciones de deficiencia de contrastes.

Los trabajos que requieren de gran agudeza visual precisan de un mayor contraste.

Un ejemplo de ello es la figura (III.3a), que presenta un contraste fácil de distinguir mientras que el (b) y el (c) ofrecen mayor dificultad

Combinando bien los grados de reflexión de las superficies de un recinto, se obtiene una disminución armónica de la luminancia, produciéndose con ello un contraste fácil de distinguir.

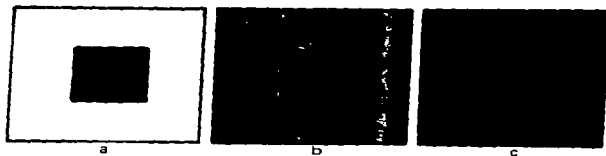


Figura (III.3 a, b, c) Tipos de contraste.

Las mejores condiciones visuales se consiguen cuando el contraste de luminancia entre el objeto visual y las superficies circundantes se mantiene dentro de los límites determinados.

La relación de luminancias en el campo visual no debe ser menor de 1:3, ni mayor de

3:1

En la figuras (III.4 a,b,c), se indica tres clases de contraste.

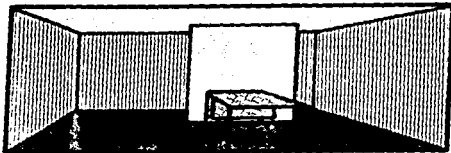


Figura III.4a Contraste débil

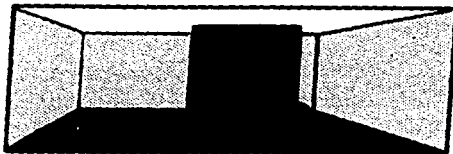


Figura III.4b Contraste equilibrado (relación 1:3 hasta 3:1)



Figura III.4c Contraste fuerte (relación superior a 3:1)

También existe con contraste de colores, en la tabla III.1, hemos reunido algunos de estos.

Tabla III.1
contraste de colores en orden decreciente.

Color del objeto	Color del fondo
Negro	Amarillo
Verde	Blanco
Rojo	Blanco
Azul	Blanco
Blanco	Azul
Negro	Blanco
Amarillo	Negro
Blanco	Rojo
Blanco	Verde
Blanco	Negro

III.3 Sombras

Si no tuviéramos dos ojos, no veríamos los objetos en relieve, es decir unos más cerca que otros. Ello se debe a que en cada ojo se forma una imagen ligeramente distinta y al ajustarse las dos en el cerebro dan la sensación de relieve.



Fig. III.5a Sombras suaves con luz difusa
Bajo efecto de relieve.

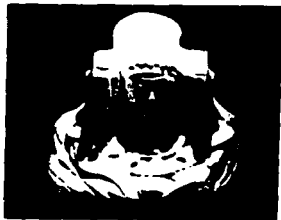


Fig. III.5b Sombras fuertes con luz dirigida.
Alto efecto de relieve.

Pero además, para poder captar el relieve de los objetos es preciso que estos presenten unas zonas menos iluminadas que otras. Estas zonas menos iluminadas son las sombras, las cuales destacan las formas plásticas de los objetos, ver figura III.5a.b.

Las sombras en sí son el resultado de una diferencia de luminancia respecto a zonas más iluminadas. Se distinguen dos clases de sombras: fuertes y suaves. Sombras fuertes son las que resultan de iluminar un objeto con luz directa. Las sombras suaves son las que resultan de iluminar un objeto con luz difusa y se caracterizan por su menor efecto de relieve.

III.4 Deslumbramiento

El deslumbramiento es un fenómeno de la visión que produce molestia o disminución en la capacidad para distinguir objetos, o ambas cosas a la vez, debido a una inadecuada distribución o escalonamiento de luminancias, o como consecuencia de contrastes excesivos en el espacio o en el tiempo.

Este fenómeno actúa sobre la retina del ojo en la cual produce una energética reacción fotoquímica, insensibilidad durante un cierto tiempo transcurrido, en el cual vuelve a recuperarse.

El deslumbramiento puede ser directo o por reflexión, ver figura III.6a,b



Fig. III.6a Deslumbramiento directo (luz directa)

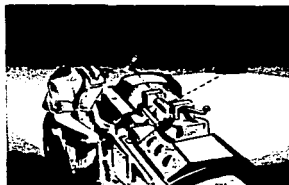


Fig. III.6b Deslumbramiento indirecto (luz reflejada)

Los efectos que origina el deslumbramiento pueden ser de tipo psicológico (molesto) o de tipo fisiológico (perturbador).

Se obtiene deslumbramiento a partir de 45° con relación al eje vertical.

Los principales factores que intervienen en el deslumbramiento son:

BRILLO DE LA FUENTE	Cuanto mayor sea éste, mayor será la molestia y la interferencia con la visión.
TAMAÑO DE LA FUENTE	Expresado en función del ángulo subtendido por el ojo a partir de los 45° con respecto a la vertical.
POSICIÓN DE LA FUENTE DE LUZ	El deslumbramiento decrece rápidamente a medida que la fuente se aparta de la línea de visión.
CONTRASTE DE BRILLO	Cuanto mayor es el contraste de brillo entre una fuente que deslumbre y sus alrededores, mayor será el efecto de deslumbramiento.
TIEMPO	Una luminancia de valor bajo puede producir deslumbramiento si el tiempo de exposición es largo.

Tabla III.2

Máximas relaciones de luminancia admisibles

- Entre la tarea visual y la superficie de trabajo 3:1
- Entre la tarea visual y el espacio circundante 10:1
- Entre la fuente de luz y el fondo 20:1
- Máxima relación de luminancia en el campo visual 4:1

Dados los efectos tan perjudiciales que produce el deslumbramiento, deben tomarse todas las medidas posibles para evitarlo.

III.5 Ambiente cromático

El color de la luz y los colores sólidos existentes en el espacio facilitan el reconocimiento de todo cuanto nos rodea. Los efectos psico-físicos que producen se definen como ambiente cromático.

El ambiente cromático tiene gran influencia en el estado de ánimo de las personas, por lo que en la iluminación, el color de la luz, su reproducción cromática y los colores de las superficies interiores, deben estar perfectamente armonizadas y adaptados a la función visual o trabajo a desarrollar.

CAPITULO IV
PRINCIPIOS DE ILUMINACION

IV.1 Principios, Magnitudes y Unidades fundamentales

Luminotecnia.- Arte y técnica del alumbrado artificial

Luz.- Es la radiación especial que impresiona nuestra retina, se compone de radiaciones simples, cuyas longitudes de onda están comprendidas entre 3 800 y 7 600 (Å).

Iluminación.- Aplicación de radiación visible a un objeto

Iluminar.- Alumbrar o adornar con luces artificiales.

Alumbrar.- Iluminar con luz artificial

Alumbrado.- Acción y efecto de alumbrar o iluminar algo con manantiales de luz artificial.

Alumbrado artificial.- Es aquel cuyas características se acercan a las del alumbrado natural.

Visión.- Es esencialmente una respuesta a las diferencias en brillantes en el campo de la visión.

Color.- Es una sensación óptica que depende del conjunto de las longitudes de onda que un cuerpo no absorbe, o sea que refleja.

Lámpara.- Dispositivo que transforma la energía eléctrica en energía luminica.

Luminaria.- Aparato eléctrico que se utiliza para controlar y dirigir el flujo luminoso generado por una o más lámparas

Magnitudes y unidades fundamentales.- Para la determinación, calculo, medición y valoración de la luz y de la iluminancia, se ha establecido el siguiente sistema de magnitudes luminotécnicas fundamentales.

Lumen (lm).- Un lumen es el flujo de luz que incide sobre una superficie de 1 m^2 , la totalidad de cuyos puntos diste 1 m de una fuente puntual teórica que tenga una intensidad luminosa de 1candela en todas direcciones. (Unidad de flujo luminoso).

Estereorradian (sr).- Se define asimismo como el ángulo sólido que corresponde a un casquete esférico cuya superficie es igual al cuadrado del radio de la esfera.

Candela (cd).- Unidad de intensidad luminosa igual a un lumen por estereorradian (lm/sr).

Lux (lx).- Unidad de nivel luminoso en el sistema internacional (lm/m²)

Nit.- Unidad de brillantes (luminancia) igual a una candela sobre metro cuadrado (cd/m²)

Nanómetro.- Es la unidad de longitud de onda igual a 10⁻⁹ m

Angstrom.- Unidad de longitud de onda = 10⁻¹⁰ m

En general, el flujo luminoso no se emite uniformemente, sino que se distribuye por el espacio con intensidades variables, según la dirección. Al hacer una división apropiada del espacio. El carácter radiante de la luz requiere una división angular del espacio (figura IV.1). Un haz de rayos dirigidos hacia la superficie F delimita en el espacio una superficie cónica, ocupada por el flujo luminoso. El vértice de este cono se encuentra en el punto L y su superficie lateral está formada por rayos dirigidos hacia el contorno de la superficie F. Tal división del espacio se llama ángulo sólido.

El ángulo sólido se mide por la porción de superficie esférica de radio unidad que intercepta. Cuando la superficie iluminada F esta a distancia r del punto luminoso y es una porción de superficie esférica, el ángulo sólido ω correspondiente viene dado por:

$$\omega = F/r^2$$

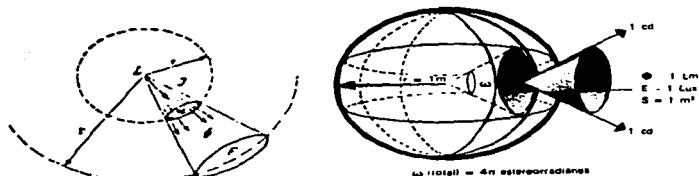


Figura IV.1 Representación del ángulo sólido ω , del flujo ϕ que comprende y de la intensidad luminosa.

Como conclusión podemos decir que en el sistema de unidades luminotécnicas fundamentales, el ángulo sólido desempeña el papel de dimensión geométrica.

Por lo tanto cuanto mayor sea el flujo luminoso y menor el ángulo sólido tanto mayor será la (densidad de luz en el ángulo sólido) $\phi:\omega$, es decir, tanto mayor será la intensidad de la radiación de L dirigida a F. De esto podemos deducir la siguientes magnitudes fundamentales.

Tabla IV.1. Resumen de las magnitudes y unidades luminosas fundamentales

Magnitud	Símbolo	Unidad	Definición de la unidad	Relaciones
Energía luminosa	Q	Lumen por segundo (lm-s) Lumen por hora (lm-h)	Flujo luminoso emitido por unidad de tiempo.	$Q = \phi \cdot t$
Flujo luminoso	ϕ	Lumen (lm)	Flujo luminoso de la radiación monocromática de frecuencia 540×10^{12} Hz y un flujo de energía radiante de 1/683 vatios.	$\phi = I/\omega$
Intensidad luminosa	I	Candela (cd)	Intensidad luminosa de una fuente puntual que emite flujo luminoso de un lumen en un ángulo sólido de un estereorradian.	$I = \phi/\omega$
Intensidad de iluminación	E	Lux (lx)	Flujo luminoso de un lumen que recibe una superficie de 1m^2	$E = \phi/F$
Luminancia o brillo	L	Candela por m^2 (cd/m ²) Candela por cm^2 (cd/cm ²)	Intensidad luminosa de una candela por unidad de superficie	$L = I/F$
Eficiencia luminosa	η	Lumen por vatio (lm/W)	Flujo luminoso emitido por unidad de potencia	$\eta = \phi/W$

IV.2 Métodos de medición

Las medidas de iluminación tienen importancia relevante en la fotometría, ya que proporcionan los valores de las magnitudes básicas de una fuente luminosa, como son: la intensidad luminosa, flujo luminoso, intensidad de iluminación y brillantez, en la actualidad se cuenta con aparatos de gran exactitud y aplicación rápida para hacer dichas mediciones.

MAGNITUDES	MÉTODOS DE MEDIDA
INTENSIDAD LUMINOSA (cd)	Las medidas de intensidad luminosa son realizadas en laboratorios que requieren de instrumentos especiales. Pueden conseguirse estimaciones aproximadas de una fuente o luminaria colocando un luxómetro a una distancia mínima de cinco veces la dimensión máxima de la luminaria, orientando la célula del aparato directamente hacia la luminaria y multiplicar la lectura efectuada en lux por el cuadrado de la distancia en metros.
FLUJO LUMINOSO (lm)	Las medidas de flujo de las fuentes luminosas se efectúan por procedimientos de laboratorio que requieren equipos especiales. No obstante, la cantidad de lúmenes que incide sobre un superficie puede evaluarse con la ayuda de un luxómetro normal. Se obtendrán lecturas de luz en varios puntos de la superficie, con objeto de hallar un valor medio obtenido por el área de la superficie en metros cuadrados.
INTENSIDAD DE ILUMINACIÓN (lx)	Las medidas de iluminación se hacen con luxómetros, que llevan incorporadas células fotosensibles del tipo capa barrera. Este tipo de células consiste en esencia en una película de material sensible a la luz dispuesta sobre una placa metálica de base y cubierta con una capa translúcida muy fina de metal pulverizado sobre su exterior. Al incidir luz en la célula se origina la emisión de electrones del material semiconductor. Estos electrones son recogidos por un colector de metal, en contacto con el electrodo frontal translucido, estableciéndose así una diferencia de potencial entre el electrodo y la placa base. Se conecta a un microamperímetro entre ellos midiendo la corriente generada por la célula. Puesto que la corriente es proporcional a la intensidad de la luz incidente, se puede calibrar el aparato para leer directamente en lux.
LUMINANCIA O BRILLANTES (cd/cm ²)	Para medir el brillo pueden utilizarse distintos instrumentos. Uno de ellos tiene un tubo fotoeléctrico como elemento sensible a la luz, con un filtro para conformar la respuesta espectral a la curva de sensibilidad del ojo. El instrumento se dirige a la superficie a medir, y una lente enfoca la imagen de una pequeña área sobre el tubo, el cual produce una corriente proporcional a la luminancia. Esta corriente se lee en un microamperímetro calibrado en candelas por centímetro cuadrado.

IV.3 Tipos de iluminación

Directa.- El flujo luminoso está dirigido hacia abajo. Permite obtener rendimientos elevados, figura IV.6 a

Semidirecta.- El flujo luminoso está dirigido en gran parte hacia abajo y en parte hacia arriba, figura IV.6b

Mixta.- El flujo luminoso está distribuido casi por igual, tanto hacia abajo como hacia arriba, figura IV.6c

Semi-indirecta.- El flujo luminoso se dirige principalmente hacia arriba, figura IV.6d

Indirecta.- El rendimiento es bajo y la visión poco nítida por la falta total de efectos de sombra, figura IV.6e.

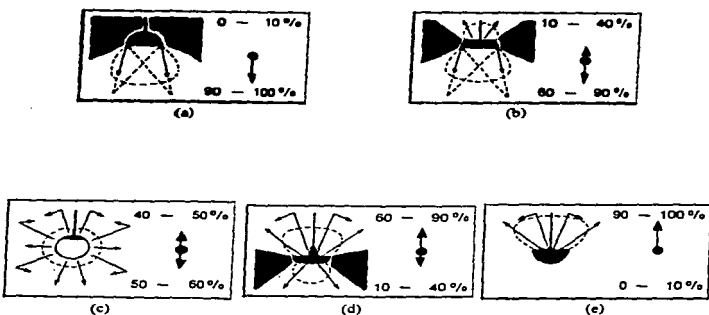


Figura IV.6 (a,b,c, d ,e) Representación y distribución del flujo luminoso.

Otra clasificación de los tipos de alumbrado puede ser la que se ofrece a continuación, existiendo luminarias especialmente previstas para las aplicaciones que se indican.

General.- Un sistema de alumbrado general proporciona la iluminancia que se requiere sobre el plano horizontal con un determinado grado de uniformidad. Las luminarias están dispuestas de modo que produzcan un nivel de iluminación casi uniforme en cualquier punto del local. figura.IV.7a.

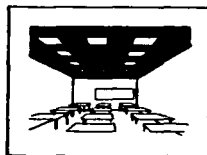
Ejemplos: iluminación de establecimientos, oficinas, tiendas, grandes almacenes, aulas, etc.

Localizada.- Un sistema de alumbrado localizado proporciona una iluminancia no uniforme del local y las luminarias se hallan situadas cerca de los puntos a iluminar. En los puestos de más interiores, la luminancia debe ser lo suficientemente alta, mientras que en los otros sitios (zonas de paso), la iluminancia queda limitada normalmente al 50% de la que correspondería a la tarea visual. El alumbrado local se produce colocando luminarias cerca de la tarea visual.

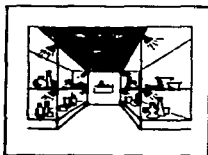
Ejemplos: iluminación de áreas limitadas, generalmente en ausencia de la iluminación general (escaparates, etc.), figura IV.7b.

Suplementaria.- Considerando las relaciones adecuadas entre la iluminación de la tarea y la de las áreas circundantes, el alumbrado local deberá ser complementado con un sistema de alumbrado general. Las luminarias están situadas en la inmediata vecindad del punto de trabajo y se integran con la iluminación general.

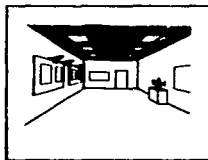
Ejemplos: iluminación de tableros de dibujo, escritorios, partes móviles de las máquinas-herramientas, escaparates o cuadros, figura IV.7c.



(a) General



(b) Localizada



(c) Suplementaria

Figura IV.7a,b,c Tipos de iluminación dependiendo de su aplicación

IV.4 Los medios de iluminación

Los medios por los cuales la luz útil llega a los ojos están relacionados con la dualidad de la percepción visual por los bastones y los conos.

Un sistema de alumbrado bien proyectado, proporciona iluminación suficiente de la propia tarea visual, para una visión sostenida adecuada (conos) y una iluminación propiamente balanceada de los alrededores para dar un sentido de comodidad, bienestar y hasta aún de seguridad (bastones).

Un ejemplo extremo de un sistema sólo proyectado para proporcionar iluminación sobre la tarea visual, es un reflector dirigido sobre un escritorio en un cuarto sumido en la oscuridad. La mancha de luz producida, descuida la iluminación equilibrada para los conos y bastones en la retina, dando un sentido de inseguridad y de incomodidad, así como pérdida de agudeza visual. Por esta razón, los ingenieros en iluminación deben evitar usar como sistema básico de alumbrado, la combinación de lámparas reflectoras y acabados oscuros.

Por otro lado, los ingenieros y constructores deben evitar un sistema de alumbrado que favorezca la visión con los bastones y descuide la acción de los conos. Tales condiciones pueden resultar de un techo totalmente luminoso en combinación con muros y muebles muy claros o blancos. El deseo instintivo de fijar la atención sobre los objetos brillantes dentro del

campo de visión, hace que los ojos tengan dificultad para concentrarse y enfocarse sobre la tarea que esté delante de ellos. En un ambiente así, la atención vaga, los objetos pierden precisión en su forma y textura y los detalles arquitectónicos y de embellecimiento tienden a ser monótonos, sin relieve y sin rasgos distintivos.

Un buen proyecto de alumbrado artificial es la combinación óptima de estos dos medios de iluminación

IV.5 Cantidad y calidad de iluminación.

Al aumentar la cantidad de iluminación existente en un local se mejora la visión. Ahora bien, esto no significa que deban lograrse grandes cantidades de luz basándonos únicamente en este principio. Existe toda una serie de razones que nos condicionan la cantidad de luz que podemos introducir en un local, siendo la economía una de las principales.

Se dice que se tiene calidad de iluminación cuando la distribución de la brillantes en el medio ambiente visual y que incluye el color de la luz, dirección, difusión, grado de deslumbramiento, acabados interiores del local, muebles, maquinas, etc.

Cada uno de los factores anteriores son independientes uno del otro, es decir, que un sistema de iluminación puede tener cantidad de luz pero carecer de calidad de iluminación o viceversa.

Un buen sistema de iluminación es aquel que cubre ampliamente las dos parte mencionadas anteriormente.

Para llevar a cabo lo anterior en forma eficiente y económica, es necesario controlar los rayos luminosos de las lámparas en la forma adecuada. El control de los rayos luminosos tiene dos objetivos:

1.- Dirigir los rayos luminosos hacia donde sea necesario.

2.- Evitar que los rayos luminosos incidan directamente sobre los ojos de las personas, con el propósito de no causar deslumbramientos.

Se entiende por control de los rayos luminosos a la acción de cambiar de dirección a los mismos. Ese control se puede lograr por reflexión, refracción, polarización, interferencia, difracción, difusión y absorción.

El control por medio de reflexión, aprovecha la propiedad de algunos materiales de poder reflejar los rayos de luz que inciden sobre ellos, como por ejemplo, aluminio pulido ó lamina de acero cromada ó niquelada. La dirección de los rayos luminosos reflejados depende de la forma que tenga la superficie reflectora y de la colocación de la fuente luminosa.

La reflexión también se puede llevar a cabo por medio de prismas de plástico ó vidrio transparente.



Figura IV.8.- Prisma cristalino.

La refracción de la luz se hace exclusivamente por medio de prismas de plástico ó vidrio transparente, que de acuerdo con su ángulo y disposición relativa a la fuente luminosa desvían ó redirigen los rayos luminosos en diversas direcciones, Figura IV.9



Figura IV.9 Prisma cristalino.

La refracción prismática aunada a la reflexión prismática, es el medio más eficiente de control de luz, ya que se puede dirigir los rayos luminosos hacia el lugar preciso en que son necesarios, cosa que no se puede hacer con los superficies metálicas, por tener que construir reflectores de configuración muy complicada.

Además, en estas superficies brillantes se tiene el inconveniente de muchas pérdidas por absorción y por dispersión, al mismo tiempo de que son susceptibles de sufrir deterioros por ralladuras, que afectan gravemente su eficiencia; cosa que no sucede con los elementos de cristal prismático por poder restaurar su eficiencia inicial con una limpieza periódica.

Tabla IV.3 Reflexión aproximadas de superficies de madera

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

Tabla IV.4 Reflexión aproximadas de acabados metálicos

COLOR	REFLEXION EN %
Bianco polarizado	70-85
Esmalte hornado	
Aluminio pulido	75
Aluminio mate	75
Aluminio claro	79
Aluminio oscuro	59

Tabla IV.2 Reflexiones aproximadas en superficies de pintura.

TONO	COLOR	REFLEXION EN %
Muy claro	Bianco nuevo	88
	Bianco viejo	76
	Azul verde	76
	Crema	81
	Azul	65
Claro	Miel	76
	Gris	83
	Azul verde	72
	Crema	79
	Azul	55
Mediano	Miel	70
	Gris	73
	Azul verde	54
	Amarillo	65
	Miel	63
Obscuro	Gris	61
	Azul	8
	Amarillo	30
	Cafe	10
	Gris	25
	Verde	7
	Negro	3

IV.6 Requisitos para una buena iluminación

Tres factores fundamentales son los que hay que tomar en consideración para obtener una iluminación racional:

1º- Suministrar la cantidad de luxes requerida, de acuerdo a la tarea visual por desarrollarse, dentro de los objetivos económicos.

2º- Proveer iluminación de alta calidad, dando niveles luminosos uniformes, minimizando a la vez, los efectos negativos de brillantez directa e indirecta, proporcionando confort visual.

3º- tipo de lámpara (tomando en consideración la eficiencia luminosa y el rendimiento cromático) y seleccionar luminarios estéticamente complementarios a la instalación, con características eléctricas, mecánicas y de mantenimiento racional, diseñadas para reducir los gastos de operación.

CAPITULO V
FACTORES DE DISEÑO DE UN
SISTEMA DE ILUMINACIÓN EN UN
EDIFICIO PARA OFICINAS

V.1 Antecedentes del diseño de iluminación

Antes de iniciar el diseño de un proyecto de iluminación, para un nuevo edificio debe existir ya una estrecha colaboración entre el arquitecto, el cliente, el ingeniero de iluminación y, si es necesario, el ingeniero de aire acondicionado en una etapa anticipada del proyecto.

Se requieren dibujos que muestren el plano y corte de cada local, incluyendo los detalles estructurales de techos y paredes. Si debe haber un sistema de aire acondicionado, el emplazamiento de los conductos y la disposición de las luminarias deben ser consideradas en conjunto.

Para hacer los cálculos detallados del tipo y número de luminarias se requiere información previa sobre las reflectancias de paredes, techos y pisos. Asimismo, los cálculos de relaciones de luminancia en interiores necesitan el conocimiento de la decoración interior propuesta y del mobiliario.

Los tipos de iluminación dependen principalmente del trabajo que se va a realizar en el local en cuestión. El punto de partida de cualquier diseño de iluminación será siempre, por consiguiente, el espacio en sí, sus detalles constructivos, su finalidad, el trabajo que debe realizarse en él y las tareas visuales implicadas.

La meta que debe cumplir el ingeniero en iluminación es la de obtener las mejores condiciones visuales en el plano de trabajo bajo un diseño energéticamente eficaz, además de la creación de un medio ambiente agradable en la oficina, ya que con esto influye psicológicamente en los empleados. Ya que la gente tiende a trabajar en forma más eficiente en un ambiente agradable y confortable, en particular cuando sus actividades son sedentarias y repetitivas.

V.2 Factores de diseño del sistema de iluminación para oficinas

La tecnología moderna de los sistemas que conforman el diseño de una oficina, ha transformado los requerimientos y soluciones de iluminación. En los últimos años la tendencia al uso de pantallas de vídeo y computadoras ha modificado los niveles necesarios de luz que se requieren en el área de trabajo.

El diseño de los Sistemas de Iluminación se realiza en forma independiente para cada área que integran el edificio de oficinas.

Para la realización de un diseño de iluminación adecuado, es necesario, primero realizar un estudio profundo de las principales necesidades del cliente con base en los siguientes puntos:

a)Desempeño. Se refiere básicamente al papel que juega la iluminación en la productividad del trabajador. Para ello se debe considerar el tamaño de los objetos con los cuales se lleva a cabo la actividad, la edad promedio del trabajador, el tiempo que se dedica a desarrollar la actividad y el contraste existente entre la actividad y su entorno, a fin de definir los niveles de iluminación recomendados para cada área.

b)Confort. Los empleados que se sienten confortables realizan sus labores mucho mejor. Teniendo niveles de iluminación adecuados y una reproducción excelente de los colores (índice de rendimiento de color), hacen que los espacios se vean atractivos y naturales.

c)Ambiente. Con la ayuda de la iluminación puede cambiar la ambientación de una área de oficinas. Asimismo, ser usado para producir una respuesta emocional en el trabajador. Los empleados, clientes y visitantes son sensibles y propensos a ser influenciados por la iluminación en

diferentes ambientes de oficinas. La tonalidad del color de las lámparas (temperatura de color) es importante para crear el ambiente adecuado, desde muy cálido hasta muy frío, de acuerdo al tipo y color del mobiliario, decoración del área, objetos específicos que pueden ser resaltados con luz (acentuación) etc.)

d) Ahorro de energía. En el diseño de iluminación se debe considerar la utilización de productos que demanden la menor cantidad de energía eléctrica y ofrezcan los niveles de iluminación recomendados. Aunque algunas veces el costo inicial de estos productos es más elevado que los productos convencionales, el costo de operación y mantenimiento es todavía menor.

. Por lo tanto se debe analizar cada área en forma independiente, considerando los cuatro factores del sistema de iluminación anteriormente citados

V.3 Tipos de áreas de aplicación

Estos espacios se clasifican, generalmente, en el tipo de actividad que se realiza en la oficina. Por lo tanto podemos clasificarlas en las siguientes áreas de aplicación:

1.- Oficinas abiertas.- La mayoría de las oficinas abiertas tienen una área entre moderada y grande y su disposición raramente está prefijada: el mobiliario puede redistribuirse de cuando en cuando añadiendo, quitando o desplazando lámparas.

a) Tareas desarrolladas. Lectura, escritura, mecanografía, servicio de copiado, servicio de fax, introducción de datos en terminales de vídeo.

b) Necesidades principales (calificación de 1 a 5):

Desempeño	5
Confort	3
Ambiente	1
Ahorro de energía	5

c) Recomendaciones de iluminación.

- *Nivel de luz:
General: 300-700 lux
Tarea: 500-700 lux
Temperatura de color:
3500-4100°K
- *Índice de rendimiento de color:
Mayor de 70
- *Razón de uniformidad:
General: mayor de 0.6
Tarea: mayor de 0.8
- *Factor de confort visual (VCP):
Mayor de 80

2.- Oficinas privadas.- El alumbrado para un despacho puede tratarse, en gran medida, de la misma forma que con las oficinas generales, pero puede también verse más afectado por el efecto artístico o ambiental que se quiera lograr.

El alumbrado debe diseñarse para que cubra adecuadamente la mesa y sus zonas adyacentes, pero la iluminación en el resto de la estancia pueden obtenerse mejor mediante alumbrado suplementario. Se puede resaltar los elementos decorativos de la oficina, como plantas, cuadros y adornos, empleando focos de haz estrecho montados en el techo con proyección de luz descendente o inclinada.

a) Tareas desarrolladas. Lectura, escritura, juntas, uso de computadoras, toma de decisiones.

b) Necesidades principales (calificación de la 5):

Desempeño	5
Confort	5
Ambiente	3
Ahorro de Energía	2

c) Recomendaciones de iluminación

- *Nivel de luz:
General: mayor de 0.6
Tarea: mayor de 0.8
- *Factor de confort visual (VCP):
Tarea: Arriba de 500 lux

- Temperatura de color:
3000-3500°K
- Índice de rendimiento de color:
Mayor de 70
- Razón de uniformidad:
Mayor de 70

3.- Oficinas ejecutivas.- Muchos de los fundamentos aplicados al alumbrado de las oficinas privadas pueden transferirse a las oficinas ejecutivas

a)Tareas desarrolladas. Lectura, escritura, uso de computadoras, toma de decisiones, juntas.

b)Necesidades principales (calificación de 1 a 5):

Desempeño	5
Confort	5
Ambiente	5
Ahorro de energía	1

c)Recomendaciones de iluminación

- Nivel de luz:
General: 100-300 lux
Tarea: Arriba de 500 lux
- Temperatura de color: 3000°K
- Índice de rendimiento de color:
Mayor de 80
- Razón de uniformidad:
General: no aplica
Tarea: mayor de 0.8
- Factor de confort visual (VCP):
Mayor de 70

4.- Salas de dibujo.- Las actividades que se realizan sobre las mesas de dibujo se encuentran entre las más difíciles de iluminar, ya que siempre están expuestas a sombras, independientemente del tipo de sistemas de iluminación y puesto que al dibujar se necesita distinguir con exactitud detalles finos, la iluminación de estas áreas debe ser por lo menos de 1000 lux. Aunque en la actualidad los dibujos ya se están realizando por computadora, se presentan los mismos efectos.

a) Tareas desarrolladas. Dibujo, uso de computadoras (Sistemas CAD/CAM), modelado, lectura, escritura.

b) Necesidades principales (calificación de 1 a 5)

Desempeño	5
Confort	3
Ambiente	1
Ahorro de energía	5

c) Recomendaciones de iluminación.

- * Nivel de luz:
General: 700-1000 lux
Tarea: 1000-1500 lux
- * Temperatura de color:
4100-5000°K
- * Índice de rendimiento de color
Mayor de 70
- * Razón de uniformidad:
General: mayor de 0.6
Tarea: mayor de 0.8
- * Factor de confort visual (VCP)
Mayor de 90

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

5.- Salas de juntas y conferencias.- Muchos de los fundamentos aplicables al alumbrado de las oficinas privadas pueden transferirse a las salas de reuniones. La mesa central deberá estar adecuadamente cubierta por la iluminación general. El alumbrado suplementario que puede emplearse para resaltar el decorado de la estancia o proporcionar iluminación para una pizarra o un expositor, deberá estar dotado de conmutadores o reguladores para facilitar la proyección de diapositivas o películas.

a) Tareas desarrolladas. Lectura, escritura, demostraciones, audiovisuales, presentaciones.

b) Necesidades principales (calificación de 1 a 5):

Desempeño	4
Confort	5
Ambiente	4
Ahorro de energía	2

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

c) Recomendaciones de iluminación.

- *Nivel de luz:
General: 100-700 lux
Tarea: 100-700 lux
- *Temperatura de color:
3000-4100°K
- *Índice de rendimiento de color:
Mayor de 80
- *Razón de uniformidad:
General: mayor de 0.8
Tarea: no aplica
- *Factor de confort visual (VCP)
Mayor de 90

6.- Recepción y lobby

a) Tareas desarrolladas. Uso de computadora, lectura, escritura, conmutador telefónico, revisión de materiales, salas de espera.

b) Necesidades principales (calificación de 1 a 5):

Desempeño	3
Confort	3
Ambiente	5
Ahorro de energía	1

c) Recomendaciones de iluminación

- *Nivel de luz:
General: 200-500 lux
Tarea: arriba de 500 lux
- *Temperatura de color:
General: 3000-5000°K
Tarea: 3000-3500°K
- *Índice de rendimiento de color
Mayor de 80
- *Razón de uniformidad:
General: no aplica
Tarea: mayor de 0.8
- *Factor de confort visual (VCP)
Mayor de 90

7.- Corredores y pasillos.- El alumbrado de los pasillo debe estar en concordancia con el de las oficinas adyacentes, de manera que no exista diferencia de iluminación al pasar de una zona a otra, además se deben percibir los rasgos de un rostro humano de manera aceptable (es decir, que se pueda reconocer satisfactoriamente sin esfuerzo de acomodación).

a) **Tareas desarrolladas.** Circulación y orientación.

b) **Necesidades principales** (calificación de 1 a 5):

Desempeño	2
Confort	3
Ambiente	3
Ahorro de energía	5

c) **Recomendación de iluminación**

- *Nivel de luz
 - General: 60-100 lux
 - Tarea : 100-200 lux
- *Temperatura de color: 3500-3500°K
- *Índice de rendimiento de color Mayor de 70
- *Razón de uniformidad:
 - General: mayor de 0.6
 - Tarea: no aplica
- *Factor de confort visual (VCP) Mayor de 70

Con base en lo anterior, se inicia un análisis de selección de productos como: lámparas, luminarios, balastos y controles de iluminación, que cumplan con las necesidades de cada área. Posteriormente se procede en el diseño de iluminación para cada espacio, cuidando de satisfacer cada recomendación efectuada por cada tarea.

V.4 Datos necesarios para elaborar un proyecto de iluminación y la secuencia de las magnitudes a definir

Datos del cliente

- a) Razón Social
- b) Dirección
- c) Código Postal
- d) Teléfono
- e) Nombre de la persona
- f) Puesto que desempeña
- g) Otros datos para la mejor identificación de nuestro cliente.

Datos del área a analizar

- A) Planos (planta y elevación) con cotas y escalas
- B) Dimensiones
 - 1.- Largo
 - 2.- Ancho
 - 3.- Altura.
- C) Tipo de techo
 - 1.- Horizontal
 - 2.- Dos aguas
 - 3.- Diente de sierra
- D) Identificar las diferentes áreas a iluminar y actividad que en ellas se desempeña.
- E) Determinar nivel de iluminación
- F) Ubicación y altura de los planos de trabajo
- G) Acabados del local
 - 1.- Piso
 - 2.- Techo
 - 3.- Pared
- H) Cualquier otra información que nos ayude a desarrollar de la mejor manera posible nuestro proyecto.

<u>Magnitudes a definir</u>	<u>Símbolo</u>	<u>Unidad de medida</u>
1) Nivel de iluminación	E	Lux
2) Superficie del local	S	m ²
3) Índice del local	K	
4) Factor de utilización	u	
5) Tipo de mantenimiento	m	
6) Cálculo del flujo total	ϕ	lumen
7) Cálculo de número de luminarias necesarias con relación al flujo emitido por cada fuente		
8) Cálculo de la potencia absorbida por la fuente	p	Watt

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

Hoy más que nunca, nuestro país necesita ser más eficiente en todos los aspectos, ya que actualmente vivimos en un mundo donde la competencia es de gran importancia y donde solo los países que sepan aprovechar sus recursos, podrán asegurar una buena economía. Sin duda uno de los aspectos en que nuestro país puede mejorar y ser más eficiente es en sus sistemas de iluminación.

El ingeniero en iluminación es el responsable directo de mejorar estos sistemas de iluminación, ya que es él quien puede conseguir una iluminación práctica, debido a que él tiene los conocimientos de como se puede distribuir la luz siguiendo un planteamiento económico y visual. A esto se le llama iluminación con ingeniería.

Como hemos visto en este trabajo los tipos de iluminación dependen principalmente de la actividad que se va a realizar en el lugar en cuestión. El punto de partida de cualquier diseño de iluminación será siempre, por consiguiente, el espacio en sí, sus detalles constructivos, su finalidad, el trabajo que debe realizarse en él y las tareas visuales implicadas.

Al termino de este trabajo encontré que, al proyectar un sistema de iluminación se deben tener en mente tres objetivos a cumplir, estos son:

- a) Dotar al local del nivel de iluminación mínimo necesario, suministrando la cantidad de luxes requerida, de acuerdo a la tarea visual por desarrollarse, dentro de los objetivos económicos.
- b) Proveer iluminación de alta calidad, dando niveles luminosos uniformes, minimizando a la vez, los efectos negativos de brillantez directa e indirecta, proporcionando confort visual.

- c) Seleccionar luminarias estéticamente complementarios a la instalación, utilizando la luz como elemento de definición espacial, integrando el alumbrado con la arquitectura del local. Con las características eléctricas, mecánicas y de mantenimiento, diseñadas para reducir los gastos de operación.

También concluyo que aumentando la cantidad de luz se mejora la visión, siempre que no se superen ciertos límites ni se provoquen deslumbramientos.

Que se aprehende mejor un espacio si los lugares donde se realizan las actividades principales se difieren de sus alrededores por ser más luminosos, estar más contrastados o poseer una coloración diferente. Es conveniente poder identificar los diversos lugares de actividad y proporcionarles una iluminación adecuada a su exigencia luminica.

Que los objetos que deban ser observados deben situarse de forma que su entorno ni sea tan brillante que obligue a retirar la vista, ni tan oscuro que el objeto resulte demasiado contrastado. Que una buena iluminación se consigue con un nivel moderado de luz general, iluminando más intensamente los puntos de trabajo (luz directa)

Que debe evitarse la completa uniformidad de la iluminación. En los casos que se quiera enriquecer el ambiente. La creación de zonas más brillantes pueden enriquecer un ambiente, procurando no provocar molestias por deslumbramiento.

Que ninguna fuente de luz debe originar incomodidad. Se debe evitar la visión directa de áreas excesivamente brillantes y las ventanas deben poseer elementos tamizadores de luz que puedan utilizarse en caso de necesidad.

Que las fuentes de luz deben elegirse de modo que aseguren un rendimiento de color apropiado.

Que se debe de evitar las fluctuaciones rápidas de intensidad de las fuentes de luz que puedan causar una cierta incomodidad.

Que la iluminación de un edificio debe considerarse siempre relacionada con su diseño. Bajo ningún concepto se puede reducir la luminotecnia a un mero problema de ventanas o luminarias, ya que todas las características del ambiente, incluida su instalación de alumbrado, influyen en su definición.

Que las mayorías de las tareas visuales son muy complejas, y en ellas entran en consideración muchos factores fundamentales y todos ellos están relacionados entre sí. Y que aun se complica más por factores psicológicos y fisiológicos que condicionan la respuesta del observador a cualquier estímulo luminoso, y que varían no solo de un individuo a otro, sino también en el mismo individuo en diferentes momentos.

Por último concluyo que se puede mejorar un sistema de iluminación, introduciendo controles automáticos de iluminación que permitan crear diferentes escenarios en un espacio determinado, incrementando los cuatro factores, anteriormente mencionados: **productividad, confort, ambiente y ahorro de energía**, ofreciendo diversas soluciones de optimización y hacia el consumidor final: El cliente.

BIBLIOGRAFÍA

- Manual de luminotecnia
Taboada J. A.
Editorial Dossat, S. A.
- Iluminación Interna
Re Victorio
Editorial Alfaomega.
- Manual del Alumbrado
Westinhouse
Editorial Dossat, S.A.
- Manual del Alumbrado
Philips
Editorial Parinfo
- Luminotecnia: Sus principios y aplicaciones
Wergel Rudolf
- Luminotecnia
Carlo Clerici
- Tecnología Aplicada en la Capacitación y Aplicación de los Elementos de Alumbrado
Lima Velasco
- Técnica del Alumbrado (Principios Fundamentales).
Deribere M.
- Principios de Iluminación y Niveles de Iluminación en México.
Holophane
- Ingeniería Aplicada al Control de la Luz (Catalogo Condensado 1997)
Holophane
- La Luz en la Naturaleza y en el Laboratorio
Cetto Ana María
Editorial Fondo de Cultura Económica.