

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE CIENCIAS Y HUMANIDADES

DEPARTAMENTO DE PSICOLOGIA

SUBTEMA:

LA ILUMINACION COMO FACTOR
FISICO-AMBIENTAL Y SUS EFECTOS
EN EL RENDIMIENTO HUMANO

Por:

José Antonio Guzmán Chávez

1974



CONTENIDO

INTRODUCCION	1
1.- ASPECTOS GENERALES SOBRE LA VISION	4
1.1. La luz y la Visión	4
1.2. Importancia de la luz y la Visión	6
2.- ASPECTOS FISICOS DE LA LUZ	10
2.1. Naturaleza de la Luz	10
2.2. Características de la Luz	11
2.2.1. El Espectro Radiante	11
2.2.2. Fuentes de luz	12
2.2.3. Intensidad luminosa	14
2.2.4. Flujo luminoso	15
2.2.5. Brillo	16
2.2.6. Reflexión de la luz	16
2.2.7. Refracción de la luz	17
2.2.8. Transmisión y Absorción de la Luz	18
2.2.8.1. Transmisión	18
2.2.8.2. Absorción	18
2.3. Naturaleza del Color.....	19
3.- PRINCIPIOS DE ILUMINACION INTERIOR	20
3.1. Métodos y Sistemas de Iluminación.....	21
3.1.1. Métodos de Iluminación	21
3.1.2. Sistemas de Iluminación	22

3.2.Cálculo de Iluminación Interior	24
3.3.Cantidad y Calidad de la Luz	30
3.3.1.Cantidad de luz	30
3.3.2.Calidad de la Luz	31
3.3.2.1.Deslumbramiento	31
3.3.2.2.Difusión	32
3.3.2.3.Color	32
3.4.Niveles Recomendados de Iluminación.....	33
4.- Bases Anatómo-Fisiológicas de la Visión	38
4.1.Órganos Principales del Ojo y sus funciones	38
4.2.Capa Retinal	39
4.3.Vías y Centros Nerviosos de la Visión	41
4.4.El Ojo como Cámara Fotográfica	43
4.5.Acomodación y adaptación del Ojo	46
4.5.1.Acomodación	46
4.5.2.Adaptación	46
4.6.Factores Físicos de la Visión	47
4.7.Campo y Agudeza Visual	49
4.7.1.Campo Visual	49
4.7.1.1.Medición del Campo Visual	50
4.7.2.Agudeza Visual	51
4.7.2.1.Medición de la Agudeza Visual	53
4.8.Percepción Visual	57
4.8.1.Fenómeno de Profundidad	57

4.8.1.1. Percepción del Relieve y Dis-	
tancia de los objetos.....	57
4.8.1.2. Percepción del Espacio.....	58
4.8.1.3. Percepción del Tamaño de	
los Objetos.....	58
4.9. Percepción del Color.....	59
5.- EFECTOS DE LA ILUMINACIÓN	62
5.1. Importancia de una Iluminación Adecuada.....	62
5.2. Iluminación Industrial.....	63
5.3. Iluminación de Oficinas	66
5.4. Iluminación de Establecimientos Industriales....	67
5.5. Iluminación de Escuelas.....	68
5.6. Patrones de Iluminación	70
5.7. Efecto del Color en las Personas	71
5.7.1. Aplicaciones del Color y sus Efectos en	
el Rendimiento Humano	75
5.7.2. Código de los Colores de Seguridad.....	75
5.8. La Luz Ultravioleta e Infrarroja y su Aprovecha-	
miento Humano.....	78
5.9. La Luz "Sentida" a través de los Receptores	
de la piel.....	79
5.10. Factores de Perturbación y Fatiga.....	80
5.11. Accidentes Relacionados con la Iluminación.....	86
5.12. Algunos Estudios sobre el Efecto de la Ilumi-	
nación	87
6.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	100
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	104

El comportamiento del hombre en su trabajo depende en gran manera de un conjunto de factores, en donde algunos de éstos - constituyen el medio ambiente físico en el lugar de trabajo. - Muchos estudios confirman que a medida que estos factores ambientales tales como la iluminación, la temperatura, el ruido, etc. se ajusten óptimamente a las personas dadas a las diferentes tareas, estos factores contribuirán a que la persona desarrolle plenamente su actividad o hacer del trabajo una actividad menos dura, considerando que en la actualidad hay multitud de trabajos caracterizados por la automatización de los actos, situación que permite que algunas tareas se tornen no motivantes, es decir, que no estimulen la creatividad personal de los trabajadores.

Ahora bien, cabría preguntarse, cuáles podrían ser los resultados del trabajo con una iluminación deficiente o un ruido intenso, o una temperatura inconfortable? El lector podrá contestar en parte la interrogante, puesto que en más de alguna ocasión habrá estado expuesto a tales circunstancias, donde se observan los efectos tanto orgánicos como psíquicos que perturbaban a las personas que se exponen a dichos factores en condiciones inapropiadas. El presente trabajo está referido a los Efectos de la iluminación sobre el rendimiento humano, haciendo énfasis en el trabajo industrial, situación que permitirá -

al lector complementar los conocimientos que sobre la iluminación posea.

Esta monografía sobre la iluminación como factor físico-ambiental, no pretende hacer un estudio profundo del tema; sino que presenta conocimientos básicos enfocados desde el punto de vista psicológico, además se abordan conceptos elementales relacionados con la Biología y la Física, indispensables para un estudio de este tipo.

En la primera parte se abordan aspectos generales sobre la luz y la visión humana. El contenido de la segunda parte trata sobre aspectos físicos de la luz en la que se analizan algunas características luminosas y conceptos importantes que se relacionan estrechamente con la iluminación, además se aborda el tema del color en forma breve. En la tercera parte se mencionan aspectos involucrados con la iluminación interior: métodos y sistemas de alumbrado, cantidad y calidad de la luz, etc. Un breve análisis sobre la base biológica de la visión se describe en la cuarta parte, abarcando la anatomía y fisiología del ojo, vías y centros visuales, campo y agudeza visual, etc. y finalmente la quinta parte, trata sobre los efectos y resultados de estudios sobre la iluminación. También se mencionan algunos experimentos y sus resultados en otros países.

El autor espera que estas recopilaciones sirvan para hacer notar

la importancia que tiene la iluminación como factor físico - ambiental en el rendimiento humano, de igual modo, mostrar las ventajas del conocimiento sobre los factores en general para su utilización correcta en el medio laboral salvadoreño. Esperando asimismo que otras personas interesadas en la iluminación hagan estudios más amplios con el fin de lograr un empleo racional de ella en las actividades donde se utiliza.

1.- ASPECTOS GENERALES SOBRE LA LUZ Y LA VISION

1.1 - La luz y la visión.

El organismo humano sufre constantemente la acción excitante de los distintos cuerpos del medio en que vive y responde a estos estímulos de tal modo que le permite relacionarse en forma efectiva con el medio circundante, así por ejemplo una manera de reaccionar del organismo humano es a través de la visión, ante los estímulos ambientales.

El medio fuera de nosotros, está constituido por energías, físicas que afectan directamente los receptores especializados, entre éstos se encuentran los receptores de la visión que son selectivamente sensibles a una banda estrecha de energías radiantes, como se verá en las secciones 2.2. y 2.2.1. A ambos lados de esta zona visible se extienden longitudes de onda que no pueden ser percibidas por el ojo humano, sin embargo en este estudio se hará énfasis en aquellas zonas visibles del espectro, considerando las fuentes naturales y artificiales de luz. Una vez que son iluminados y expuestos ante los órganos receptores, los objetos son sentidos por el organismo, es decir, por los receptores de la visión regulados por el sistema nervioso central. Entonces, para la visión de los objetos circundantes, se requiere de la interacción del organismo humano y de la energía

física: la luz.

La luz en el acto visual, como lo refieren Mueller y Rudolph (1969), es de mucho valor, llegando su poder estimulante a observarse en todos los animales desde la amiba unicelular que de alguna forma reacciona a la luz; hasta los vertebrados que poseen órganos visuales más complejos y eficientes, diferenciándose únicamente por la forma como perciben la luz, lo que a su vez está determinado por las necesidades propias de su naturaleza de vida, como por ejemplo, para la obtención de alimento, defensa y otras características propias. Así se verá que hay animales que presentan variabilidad en el color, forma, tamaño y otras características de los ojos.

Entre las personas, las partes constituyentes del órgano visual presentan características relativamente similares, exceptuándose el iris cuyo color puede variar entre claro y oscuro. De todas las especies vivientes el hombre posee el más complicado sistema visual, formado por el ojo y las partes correspondientes del cerebro que le permiten organizar y comprender el medio ambiente en que se desarrolla y, gracias a sus ojos y a su cerebro, el hombre ha podido formularse preguntas y encontrar respuestas a sus inquietudes científicas y en consecuencia ha inventado instrumentos como telescopios y microscopios para poder mirar más allá de su capacidad natural.

1.2.- Importancia de la Luz y la Visión.

La capacidad visual de los ojos del hombre es altamente ven-
tajosa en ciertos aspectos pero en otros es superado por anima-
les, así por ejemplo, tiene agudeza menor que ciertas aves de
rapiña, como el águila. También el ojo del hombre abarca menor
campo visual que algunos animales (como el ciervo, por ejemplo).
Otras limitaciones son la poca visibilidad bajo el agua y la
oscuridad, donde es superado por los peces y la lechuza, respec-
tivamente. Los ojos del ser humano conservan un notable grado
de adaptabilidad y precisión para los objetos de su mirada,
además pueden funcionar con bastante rapidez como lo demuestran
al cambiar instantáneamente su enfoque de objetos lejanos a cer-
canos o a la inversa; un ejemplo de esta cualidad es cuando se
cambia la visión de las páginas de un libro a la visión de obje-
tos lejanos como las estrellas.

Los ojos del ser humano tienen la cualidad de adaptarse a la
luz, ya sea ésta brillante como la del sol u opaca como la emi-
tida por otras fuentes de luz; véase apartado 4.5.; así mismo
distinguen los colores, estiman la distancia, el tamaño y la
dirección del movimiento de los objetos que se ven.

En el sentido filogenético, se sabe que el ojo humano ha evol-
ucionado a través de los tiempos de acuerdo a conclusiones que

mantienen los hombres de ciencia, pero difieren en cuanto a la forma en que se produjo ese desarrollo; la teoría más aceptable sobre tal evolución es la sostenida por Stephen Polyak (Citado por Mueller y Rudolph, 1969) quien dice que primeramente apareció en el ser viviente el ojo primitivo y que contiguamente se desarrolló el cerebro para servir de centro receptor de sus -- mensajes; esta teoría advierte sobre la importancia vital de -- los órganos de la visión además de ser el primer sentido por -- medio del cual se conoce el mundo circundante; esta teoría de -- Polyak se basa en parte en sus estudios fisiológicos en embriones humanos.

Con relación al desarrollo visual en el hombre, cabe agregar sobre la forma y el medio donde la vista ha sido utilizada en -- el pasado, es decir, el uso casi exclusivo de los ojos al aire libre en un ambiente natural, expuestos únicamente a la luz -- brillante del día y apartados de esfuerzos, fatiga y muchos -- aspectos negativos que son comunes al hombre actual, especialmente en las ciudades con potenciales cada vez mayores en lo -- que a la industria se refiere y que por consecuencia, genera -- un medio que se conoce como artificial, que puede dar lugar a muchas incomodidades y molestias a la visión.

En la actualidad el hombre utiliza sus ojos de manera continúa en tareas visuales que requieren una iluminación adecuada;

pero en muchas actividades humanas se descuida este aspecto tan importante y muchas veces puede ser involuntario, cuando por -- ejemplo las personas usan anteojos inadecuados, leen defectuosamente, se exponen a deslumbramientos, su consumo alimenticio -- es deficiente, etc.; pero en otras condiciones como las que presenta un lugar de trabajo donde los efectos nocivos son evidentes para la visión y aún cuando las personas afectadas tengan -- conciencia del problema, no podrán hacer un cambio de iluminación inadecuada porque es una atribución que no les corresponde, a menos que venga de la dirección empresarial que proporcionaría una iluminación racional.

Estudios estadísticos realizados entre diversos grupos de -- profesionales (Westinghouse, 1962) indican una alta correlación entre las demandas visuales del trabajo y el porcentaje de trabajadores con visión defectuosa. Las personas que viven en grandes ciudades como alumnos universitarios, artesanos y empleados de oficina, muestran un índice más alto de defectos visuales -- que los campesinos y marinos. Esto indica la pobre iluminación que el hombre recibe para tareas visuales que requieren una iluminación eficiente y que trabajando con esos niveles la visión es dañada.

Goromosov (1969) menciona que una privación prolongada de la luz solar se traduce en trastornos del equilibrio fisiológico del organismo humano, por esta razón es recomendable que el sol

penetre en las viviendas y cuando esto resulte imposible, la iluminación artificial usada debe tener propiedades semejantes a la luz natural del exterior. Además expone que la buena iluminación puede hacer mucho para mejorar las condiciones bajo las cuales los ojos deben trabajar y para aliviar el esfuerzo visual que acompaña la ejecución de trabajos visuales difíciles.

2.- ASPECTOS FISICOS DE LA LUZ.

2.1.- Naturaleza de la luz.

El hombre se ha preguntado durante siglos, qué es la luz; - interrogante que ha dado lugar a diversas concepciones sobre - el fenómeno luminoso en sus diferentes manifestaciones. Aristóteles sostuvo que la luz sigue un movimiento ondulatorio. Otra posición era que la luz estaba formada por partículas volantes. Por la misma época se descubrió que la luz se mueve en línea - recta, además se observó que todo rayo de luz dirigido en án- - gulo hacia un espejo rebota siguiendo el mismo ángulo.

Durante mucho tiempo existió la divergencia al considerar - la naturaleza de la luz, sobre si ésta era onda o corriente de partículas. Newton que demostró que la luz blanca es una combi - nación de los colores, se inclinaba a considerar la luz como - formada por corpúsculos emitidos por los cuerpos luminosos y - que se propagaban en línea recta, lo que dió lugar a la teoría corpuscular.

Huygens, expuso que la luz es transmitida por una moción - - ondular, originando así la teoría ondulatoria (Alonso y Acosta 1968).

Actualmente se considera a la luz como un pequeño fragmento

visible del espectro electromagnético, formada por ondas y por partículas denominadas fotones o cuantos. Esto es conocido como Teoría Mecánica de los Cuantos (Mueller y Rudolph, 1969).

2.2.- Características de la luz.

La luz que emana de fuentes naturales o artificiales, así como la reflejada por los cuerpos que la reciben en interacción con el organismo humano, es lo que provoca la sensación visual, es decir, que para ver debe haber luz.

2.2.1.- El Espectro Radiante.

La luz es energía radiante con capacidad para producir reacciones visuales. Esta energía visible es una parte pequeñísima del espectro : - - electromagnético, que es una enorme cantidad de energía radiante que se desplaza a través del espacio - en forma de ondas electromagnéticas. En un extremo están las - longitudes de onda más largas que son utilizadas en la comunicación por radio, mientras que en el otro extremo aparecen las longitudes de onda muy cortas conocidas como rayos Gamma y los rayos Cósmicos. Estas radiaciones son similares en cuanto a su naturaleza y a la velocidad con que se desplazan que es de unos 300.000 Km. por segundo; pero difieren entre sí por su longitud de onda, su frecuencia y su forma de manifestarse, (Westinghouse, 1962)

El ojo humano es sensible solamente a la energía contenida dentro de los límites del espectro visible, estrecha zona que varía entre longitudes de onda de 400 y 700 milimicrones (1) (Osgood, 1971).

El espectro visible se compone de las siguientes longitudes de onda:

400	a	500	Mu	Color	Violeta
450	a	490	"	"	Azul
490	a	560	"	"	Verde
560	a	590	"	"	Amarillo
590	a	630	"	"	Anaranjado
630	a	700	"	"	Rojo

2.2.2.- Fuentes de Luz.

La iluminación natural procede especialmente del sol y se utiliza en la mayor parte de las actividades que realiza el hombre.

La iluminación artificial, es emitida por diferentes tipos

(1) Un micrón es igual a la millonésima parte del metro y un milimicrón es un milésimo de esa medida.

de lámparas que puedan clasificarse como sigue (Véase: -- Westinghouse, 1962 y Barrows, 1960):

a) Lámparas Incandescentes.

Las lámparas de filamento incandescente producen luz mediante un hilo de filamento que se vuelve blanco debido al calor producido por el paso de una corriente eléctrica a través de él.

b) Lámparas de Gas y Vapor:

Los gases y los vapores se vuelven luminosos cuando pasa una descarga eléctrica a su través. Los electrones -- que forman la corriente, están acelerados a alta velocidad y cuando entran en colisión con los átomos de gas o vapor, alteran temporalmente su estructura lo que produce energía o luz. El color de la luz y su intensidad dependen del tipo de gas o vapor. En la luz por conducción gaseosa los elementos de uso más amplio son el neón, sodio y mercurio.

c) Lámparas Fluorescentes.

Estos son tubos de vidrio revestidos por una capa de polvo fluorescente (fósforo) y en su interior se encuentra vapor de mercurio a baja presión con una pequeña cantidad de gas inerte, que puede ser el argón.

2.2.3.- Intensidad Luminosa.

La facilidad con que se efectúa la función visual depende en gran parte a la intensidad luminosa adecuada al llegar al ojo. La mencionada intensidad identifica siempre una fuente luminosa y da la información correspondiente al flujo luminoso o la velocidad de la emisión de la luz en su origen.

La intensidad luminosa es definida como la densidad de luz dentro de un pequeño ángulo sólido en una dirección determinada (Cicardo, 1955).

La medida de la intensidad de una fuente luminosa es objeto de la fotometría, para tal efecto se utilizan los fotómetros y dependerá de la distancia a que se encuentran los medios transparentes que se interponen.

La intensidad de iluminación de una fuente se puede calcular por la ley del inverso de los cuadrados o sea que la iluminación disminuye en proporción directa del cuadrado de la distancia desde la fuente; si ésta es la bujía tipo, el nivel de iluminación será de $\frac{1}{4}$ bujía metro a 2 m.; $\frac{1}{9}$, a 3 m., etc. (Véase fig. 1). Es decir, que el nivel de iluminación a dos metros será de una unidad de luz sobre cuatro

unidades de área y a tres metros una unidad de luz sobre nueve de área. La intensidad lumínica de una fuente de 40 bujías, a la distancia de dos pies, será de 10 bujías pie ó $40 \times (1/2)^2 = 10$ (Woodworth y Schlosberg, 1964).

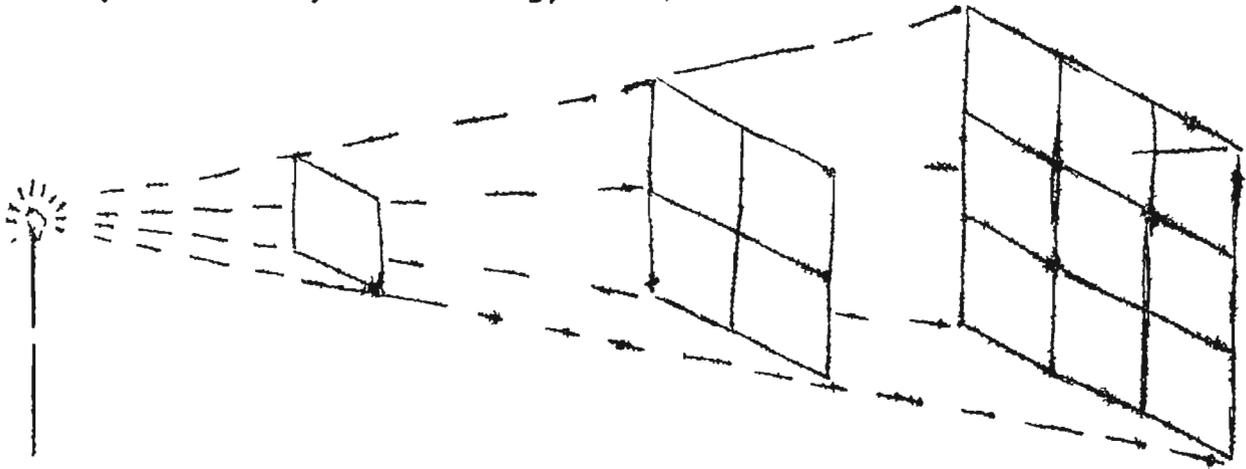


Fig. 1 Intensidad y ley cuadrática de la luz.

Observe cómo la intensidad de la iluminación va disminuyendo a medida que aumenta la distancia de la superficie del foco luminoso. Cuanto más lejos está la superficie del foco mayor será el área sobre la que tiene que distribuirse el número de rayos luminosos. (Tomado de Coyne, 1970 P. 582).

2.2.4.- Flujo Luminoso.

El flujo luminoso es la velocidad de emisión de la luz y su unidad de medida es el lumen, que corresponde a la cantidad de flujo luminoso incidente sobre una superficie de un metro cuadrado, dispuesta de tal manera que cada uno de sus puntos diste un metro de una fuente de luz teórica que emite uniformemente

una candela en todas direcciones. Esta superficie es una sección de un metro cuadrado del área de una esfera de un metro de radio en cuyo centro está situada la candela fuente de luz.

El método de los lúmenes para el cálculo de niveles de iluminación, está basado en la emisión de flujo luminoso de las fuentes de luz y en la distribución de este flujo sobre una superficie (Westinghouse, 1962).

2.2.5.- Brillo.

Un factor primordial para la visibilidad es el brillo de los objetos, que depende de la intensidad de la luz incidiendo sobre los objetos y de la proporción de esa luz reflejada en la dirección del ojo; de igual modo el brillo depende del color, y de la intensidad de luz que recibe o emite, así, una superficie blanca tiene más brillo que una oscura recibiendo la misma iluminación.

2.2.6.- Reflexión de la Luz.

Hay luz reflejada cuando dicha luz cambia su dirección por la interposición de alguna superficie. Esta luz ha sido redirigida o devuelta y viene a formar la luz que es recibida por el ojo humano.

La luz reflejada varía según la forma como es distribuida y según las características de las superficies particulares -- reflectoras. Existe reflexión especular cuando los rayos de luz hieren y abandonan una superficie en ángulos iguales entre sí. Ejemplo de estas superficies son los espejos y las superficies metálicas pulidas. También la reflexión puede ser difusa cuando la luz rebota en todas direcciones ocurriendo esto en superficies ásperas (Barrows, 1960).

2. 2.7.- Refracción de la Luz.

Refracción es el cambio de dirección que experimentan los rayos de luz, cuando pasan de un medio transparente a otro de diferente densidad. El movimiento de la luz se reduce en un medio más denso, donde el haz de luz cambia su dirección tomando después la original (oblicua) al entrar de nuevo al medio inicial

Este principio de la refracción tiene aplicación en ciertos tipos de equipo de alumbrado general de calles y carreteras, faros de señalización, etc. Esto es para el control de la luz que atraviesan los lentes para reflectores, luminarias fluorescentes, etc.

La luz solar, al pasar a través de un prisma de cuarzo, se descompone en sus conocidos colores del arco iris y las partes invisibles, infrarrojo y ultravioleta.

2.2.8.- Transmisión y Absorción de la Luz.

2.2.8.1.- Transmisión.

Se le llama transmisión al paso de los rayos de luz a través de materiales transparentes o traslúcidos. Con el objeto de obtener una iluminación eficiente, se modifica la dirección de la luz de una fuente, y para lograr tal efecto se utilizan sustancias transparentes o traslúcidas.

2.2.8.2.- Absorción.

La absorción consiste en recoger o reunir ciertas longitudes de onda de la luz, en superficies como paredes y techos.

De gran importancia en el aprovechamiento de la luz es la presentación coloreada de las paredes, techos y suelos de los diferentes locales donde realiza sus actividades el hombre, es decir en los hogares, escuelas y especialmente en el trabajo industrial moderno que requiere cierto esfuerzo visual, por tanto se necesitará una iluminación adecuada que será mejor aprovechada si se toma en cuenta que el color oscuro y la suciedad de las superficies absorben una cantidad muy considerable de luz; en cambio aquellas de color claro permiten un aprovechamiento eficiente debido a su mayor reflexión de la luz.

2.3.- Naturaleza del Color.

El color de los objetos del mundo físico no está en las cosas, sino que resulta de la interacción entre el observador y el objeto. La mayor parte de los animales no pueden percibir los colores con excepción de las abejas pulpos, monos y otros animales (Ardilla, 1971).

Newton descubrió que la luz solar es una mezcla de colores, dedujo que el prisma se limitaba a fragmentar la luz en sus componentes, Mueller y Rudolph (1969) al referirse a los colores agregan que el color es debido a la reciprocidad de tres elementos; la luz que es la fuente de color, la materia pigmentosa de los objetos y el ojo que percibe el color, La luz es la productora de todo color y los pigmentos en las cosas iluminadas no hacen, más que reflejar, absorber y transmitir los colores.

3.- PRINCIPIOS DE ILUMINACION INTERIOR.

La iluminación es la cantidad de luz que cae sobre un área determinada, produciendo una cierta intensidad que determina la facilidad de la visión.

La unidad métrica de la iluminación es el lux, siendo éste el alumbrado que se obtiene cuando sobre la superficie de un metro cuadrado cae el flujo luminoso de un lumen (Bloomfield y Haddad, 1966).

Los ingleses consideran a la bujía pie como unidad de medida de iluminación. No desestimando ese criterio en este trabajo monográfico se considera la iluminación en medidas lux, especialmente cuando se trata sobre los niveles recomendables de iluminación.

Nadie duda de la importancia que tiene la iluminación como factor físico ambiental en el rendimiento humano, aunque no debe considerársele como el único, puesto que el ruido, la temperatura y otros factores determinan en gran parte la productividad industrial (Gilmer, 1963). La preocupación por este fenómeno ha dado lugar a que el hombre descubra o invente los medios para proporcionar el nivel de luz más adecuado para la visión, fijando cada vez mayores niveles de iluminación para las diferen-

tes tareas visuales.

Pieron, et al (1960), al referirse a la importancia de la iluminación en las actividades del ser humano, dicen que las reacciones del hombre ante las diferentes actividades que realiza están supeditadas por este factor y así se observa que para un óptimo de eficiencia de la actividad del trabajador, el ambiente luminoso debe responder a las condiciones que permitan ver con facilidad y sin fatiga; garantizando de esta manera su comodidad visual. Para asegurar una adecuada iluminación interior, se deben considerar varios factores como decir las personas a quienes va dirigida, la actividad que se desarrolla, el local, etc.

3.1.- Métodos y Sistemas de Iluminación.

3.1.1-Métodos de Iluminación.

De acuerdo a la distribución en la superficie de trabajo la iluminación artificial se clasifica en: alumbrado general, alumbrado general localizado y alumbrado suplementario.

a) Alumbrado General. Es el tipo de alumbrado con luminarias dispuestas de tal manera que proporcionan un nivel uniforme de iluminación a una área determinada.

Sobre la ubicación de las lámparas, Barrows (1960) dice que el número de luminarias que se necesita para iluminar un local depende de la intensidad en bujías de las lámparas utilizadas y de la distancia máxima admisible entre artefactos, esta-----

distancia depende a su vez de la altura a que se disponen los artefactos sobre el plano de trabajo indicado éste entre los 70 y 105 centímetros por encima del piso, esto es, sobre escritorios, máquinas, bancos de taller, etc.

b) Alumbrado General Localizado. Es la iluminación dirigida a aquellos lugares en donde se operan esfuerzos visuales. En tal sentido se colocan los equipos de alumbrado general en esa dirección de trabajo. Este tipo de alumbrado puede usarse ventajosamente en la iluminación de los puntos de trabajo de las grandes máquinas, mostradores de operaciones comerciales y los bancos de trabajo en las fábricas.

c) Alumbrado Suplementario. Este tipo de alumbrado proporciona un alto nivel de intensidad para un área específica de trabajo, mediante un alumbrado directo en combinación con la iluminación general. En este caso debe tenerse cuidado especial para evitar los excesos en el contraste de brillo que hace perder el equilibrio de la iluminación general y del alumbrado suplementario; desequilibrio que conlleva trastornos e incomodidad para la visión.

3.1.2.- Sistemas de iluminación.

Estos sistemas se han clasificado de acuerdo a la distribución luminosa vertical, es decir, según la forma como llega a -



la superficie que se desea iluminar (Véanse Westinghouse, 1962 y Barrows, 1960).

Cualquiera de los sistemas empleados ofrece buena cantidad y calidad luminosa, dependiendo únicamente de las dimensiones del local, tipo de trabajo a realizar y de las condiciones de mantenimiento que se persigan conseguir:

a) Directo. Cuando casi toda la luz es enviada directamente hacia la superficie específica a iluminar. Este sistema envía hacia abajo del 90 al 100 por ciento de la luz.

b) Semidirecto. En este sistema las luminarias envían la mayor parte de la luz hacia abajo, la mayor intensidad de la luz recae directamente sobre la superficie que interesa y parte de ella se difunde en otra dirección. El porcentaje de luz dirigida hacia abajo es de 60 a 90.

c) Difusa General o Directo Indirecto.

Cuando aproximadamente el mismo flujo se distribuye hacia arriba que hacia abajo. O sea la mitad al sector de trabajo y el resto por reflexión hacia el techo y paredes. Hacia aba-

jo se dirige del 40 al 60 por ciento de los rayos luminosos.

d) Indirecto. Aquí, la luz es reflejada hacia el sector de trabajo mediante una superficie que tiene esta -- propiedad, es decir, que casi toda la luz se dirige hacia arriba aprovechando de esta manera al cielo raso o parte superior de las paredes como fuente de iluminación. Hacia arriba se dirige del 90 al 100 por ciento de la luz.

e) Semiindirecto. Cuando del 60 al 90 por ciento de la emisión luminosa se dirige hacia arriba, es decir -- que la mayor parte va al techo que la refleja y una pequeña parte, al sector de trabajo.

3.2.- Cálculo de Iluminación Interior.

El suministrar la cantidad adecuada de iluminación es una -- de las principales consideraciones de la persona que diseña -- cualquier clase de instalación. Para recomendar la cantidad -- adecuada de iluminación, es necesario que antes se haga un análisis de la tarea visual y sus requerimientos propios de iluminación. Luego se procede a la selección del tipo más conveniente de alumbrado y al cálculo de la iluminación (Westinghouse, -- 1962).



Para el cálculo de la iluminación interior más conveniente, se hace a través de dos métodos: el de Punto por Punto y el de los Lúmenes.

- a) Método Punto por Punto. Este tiene aplicación únicamente para el cálculo de alumbrado público y alumbrado con proyectores. Se basa en la cantidad real de luz que se ha producido en cada punto, del área iluminada.
- b) Método de los Lúmenes: Este método proporciona el nivel medio en lux, mediante la utilización de una fórmula, - donde cada uno de los factores debe ser valorado adecuadamente para que el resultado final sea exacto.

A continuación se describen los pasos a seguir empleando el método de los Lúmenes para la resolución de problemas de alumbrado general.

- 1.- Se determina el nivel de iluminación que se necesita en luxes. En la tabla de los niveles de iluminación se relacionan algunas tareas visuales de conocimiento general y a su lado aparecen los niveles de iluminación que se recomiendan para cada tarea (véase sección 3.4.). -- Estos niveles requeridos de iluminación para cada tarea se encuentran en manuales de Luminotecnia o cualquier -- obra que profundice en la iluminación, pero el lector --

puede notar que los niveles fijados no son los mismos en cada libro para las diferentes tareas visuales.

- 2.- Se escoge el sistema de alumbrado y las luminarias a emplear. El sistema a emplear depende de la actividad a realizar y de las características del área a iluminar (véase sección 3.1.2.).
- 3.- Se determina el Coeficiente de Utilización. Este es un factor que toma en cuenta la eficacia y distribución de las luminarias, su altura de montaje, las dimensiones del local y la reflexión de paredes, techo y suelo. Esta información es proporcionada en tablas especiales que aparecen en manuales de luminotecnia.
- 4.- Se estima el factor de conservación. En el funcionamiento de cualquier sistema de alumbrado, hay tres elementos de mantenimiento muy variables que afectan la cantidad de luz obtenida del sistema:
 - a) Pérdida del flujo luminoso de la lámpara, que es mayor a medida que aumenta su empleo como fuente de luz.
 - b) Pérdida debida a la acumulación de suciedad sobre las superficies transmisoras de la luminaria y sobre las pr

pías lámparas.

- c) Pérdida de la luz reflejada debido a la acumulación de suciedad sobre las paredes y techo.

Por lo general el factor de mantenimiento varía entre 0.50 a 0.75, de acuerdo si es bueno, medio o malo dicho factor (CAESS, 1969).

- 5.- Cálculo de lámparas y luminarias. El número de lámparas y luminarias pueden calcularse mediante las fórmulas siguientes:

$$\begin{array}{l} \text{Número de} \\ \text{Lámparas} \end{array} = \frac{\text{Nivel luminoso en lux} \times \text{superficie en m}^2}{\text{Lúmenes por lámpara} \times \text{coeficiente de utilización} \times \text{factor de conservación.}}$$

$$\begin{array}{l} \text{Número de} \\ \text{Luminarias} \end{array} = \frac{\text{Número de lámparas}}{\text{lámparas por luminaria}}$$

- 6.- Colocación de luminarias. La colocación de éstas depende de la arquitectura y dimensiones de la habitación, el tipo de iluminación etc.



A continuación se cita un ejemplo tomado de Westinghouse (1962 P.6-5) donde se aplican los pasos anteriores:

"Una oficina general grande de 18.30 metros de ancho por 30.50 m. de largo, con un techo de 4 m. de altura. La reflexión del techo es del 80% y la de las paredes del 50%; con una buena conservación de luz para las luminarias y superficies de la habitación".

Paso uno: Según la tabla de niveles de iluminación para una oficina establece 1000 luxes como mínimo recomendables.

Paso dos: Se seleccionan luminarias fluorescentes con cuatro lámparas de 40 vatios del tipo semi-indirecto, montadas a 0.61 m. por debajo del techo.

Paso tres: Según una tabla especial que clasifica las habitaciones de acuerdo a sus dimensiones en diez grupos, cada uno de los cuales es identificado por una letra (véase Westinghouse, 1962, P. 6-25). El índice del local es A y el coeficiente de utilización para una habitación de un 80% de reflectancia del techo y un 50% de las paredes, corresponde a 0.67. Estas cifras se calculan de acuerdo a los valores proporcionados en cualquier libro

de alumbrado, conociendo previamente las reflexiones de paredes y techo.

Paso Cuatro: Se estima el factor de conservación en la misma tabla que se utilizó en el paso anterior de acuerdo al tipo de lámparas a emplear. Para una buena iluminación, el factor de conservación es igual a 0.70.

Paso cinco: Cálculo de lámparas y luminarias. Sabiendo que la emisión luminosa de una lámpara fluorescente "Blanca" de 40 vatios es de 2900 lúmenes, se pasa a sustituir valores en la fórmula expuesta anteriormente:

$$\text{Número de Lámparas} = \frac{1000 \times 18.30 \times 30.50}{4 \times 2900 \times 0.67 \times 0.70} = 102$$

Punto Seis: Un desplazamiento de 8 filas de 13 lámparas -- cada una proporcionan el número necesario, de acuerdo a las dimensiones del local. Obsérvese que en la colocación de lámparas el número de ellas puede ser mayor al calculado, considerando que es preferible un nivel luminoso mayor a uno de menor cuantía.

3.3.- Cantidad y Calidad de la Luz.

Para la instalación de cualquier tipo de alumbrado se deberá tomar en consideración aspectos como: objeto de la iluminación, tarea visual, quiénes la utilizarán y cuánto tiempo, etc. A continuación se mencionan ciertas reglas generales para determinar la cantidad y calidad de la iluminación que se necesite (Véanse Westinghouse, 1962 y Barrows, 1960).

3.3.1.- Cantidad de luz.

Un dato importante para calcular una instalación de alumbrado es la cantidad de luz que hay que proporcionarle. Más adelante se presentan los niveles de iluminación recomendados para las tareas visuales más frecuentes, dichos niveles se expresan en medidas lux, sin embargo otra tabla puede indicarlos en bujías pie, que es la iluminación producida sobre una superficie que dista un pie de una fuente luminosa constituida por una bujía,

Con relación a la cantidad apreciada de luz, la emisión de ésta difiere de una fuente a otra, así como entre si mismas. - Por ejemplo el sol derrama en verano 100.000 luxes de iluminación; pero a la sombra de un árbol es de 5 a 10 mil luxes; la luz de las estrellas, 0.002 lux; lámparas de una oficina, de -

700 a 1500 luxes. El área multiplicada por los luxes es igual a los lúmenes, así, para iluminar un área de 10 m^2 con una intensidad de 500 luxes se necesitan distribuir uniformemente sobre la misma superficie 5000 lúmenes.

3.3.2.- Calidad de la luz.

Tanto la calidad como la cantidad son factores determinantes para la buena iluminación. Para que se dé una calidad eficiente de alumbrado, deben tenerse en cuenta varios aspectos entre los cuales se mencionan: el deslumbramiento, las relaciones de brillo, la difusión y el color, como los más importantes.

3.3.2.1.- Deslumbramiento.

El deslumbramiento es cualquier brillo que produce molestias, interferencias en la visión y fatiga visual. Este resplandor puede presentarse considerando los casos siguientes:

- a) Posición de la fuente. Una luminaria comprendida dentro del campo visual del trabajador, produce un deslumbramiento comprobado que la misma fuente alejada de la visión.
- b) Reflexión de luz. El deslumbramiento también puede ser ocasionado cuando una superficie especular refleja la luz

en dirección del ojo. Este deslumbramiento ocurre cuando la visión se expone a superficies pulidas como muebles - metálicos, algunas herramientas, papel satinado, etc. - inadecuadamente colocados, entre la fuente de luz y el campo visual del sujeto.

- c) Relación de brillos. El contraste de brillo en el campo visual como en superficies adyacentes, es fuente de deslumbramiento, pero éste no se presenta toda vez que el - contraste de brillo entre la tarea y el de los alrededores inmediatos, no es mayor de 10 a 1.

3.3.2.2.- Difusión.

La iluminación que resulta de la luz procedente de varias direcciones se llama difusa. La luz perfectamente difusa es ideal para muchos trabajos que requieren buena visión general, por -- ejemplo la iluminación de escuelas y trabajos de oficina. Cuando no hay una buena difusión de la luz se observan sombras en - las superficies de trabajo.

3.3.2.3.- Color.

Desde el punto de vista cromático la luz no tiene mayor influencia sobre la eficiencia visual, su influencia reside en la sensación emotiva que produce.

"El color de la luz tiene poco o ningún efecto sobre la agudeza visual a los mismos niveles de energía. El color puede ser útil al suministrar contrastes y hay suficientes pruebas que señalan su valor desde el punto de vista psicológico" ---- (Bloomfield, 1964, pág. 167).

3.4.- Niveles Recomendados de Iluminación.

Sin un nivel de iluminación suficiente o sea la proporcionada por el número de luxes sobre el plano de trabajo; ninguna tarea puede realizarse de una manera correcta, rápida, segura y fácil.

Las exigencias cuantitativas de luz dependen en su mayor parte de la dificultad de la tarea visual, según el tamaño del detalle, brillo, contraste de color y velocidad requerida. Otros factores como la duración de la tarea visual, las condiciones de los alrededores y el estado fisiológico de los ojos del trabajador también son de importancia, especialmente lo último citado, porque estudios realizados en fábricas de Norte América se detectó que existía una elevada proporción de defectos visuales y una vez corregidos los defectos de refracción de la vista, la producción aumentó. Esto indica la importancia del examen visual de los trabajadores en la industria moderna, no con el

fin de excluir al trabajador sino de ubicarlo de acuerdo a las necesidades visuales que requiere la tarea, evitando en esta forma un peligro para la persona con deficiencia visual como para los que lo rodean (Calafat, 1962).

Tabla 1.- La tabla que se presenta con algunos niveles correspondientes de iluminación, es el resultado de los descubrimientos y experimentos de la Illuminating Engineering Society. (Westinghouse, 1962).

ALUMBRADO GENERAL DE INTERIORES

Superficie	Nivel luminoso recomendado en lux (mínimo en cualquier momento)
------------	--

BANCOS:

General	500
Areas de Trabajo	700
Correspondencia, Claves, etc.	1500

CORREOS(Oficina de)

Mesas de vestíbulo	300
Clasificación, fichero, etc.	1000

ESCUELAS

lectura de textos impresos	300
Lectura de textos a lápiz	700
Sala de dibujo y bancos de trabajo	1000
<u>Pizarras</u>	1500

Superficie

Nivel luminoso re
comendado en lux
(mínimo en cual-
quier momento).

GALERIAS DE ARTE

General	300
Sobre los cuadros(alumbrado suplementario ..	300
Para esculturas y demás objetos de arte	1000

HOSPITALES

Cuartos de anestesia y preparación	300
Autopsia y depósito de cadáveres:	
Sala de autopsias	1000
Mesa de autopsias	2500
Departamento Odontológico:	
General	700
Vitrina de instrumental	1500
Sillón dental	10000
Laboratorio, bancos	1000
Sala de recuperación	50
Sala de fracturas:	
General	500
Mesa de operaciones	2000
Cirugía (obstetricia):	z
Sala de instrumentos y esterilización	1300
Sala de operaciones, general	1000
Mesas de operaciones	25000
Salas de recuperación	300

OFICINAS

Tareas y zonas que no requieren una atención prolongada, tales como lavabos archivos, salones de conferencia, sala de vitrina, etc.	300
Trabajo normal burocrático:	
Lectura y escritura a mano, clasificación de correspondencia, etc.	1000
Contabilidad, máquinas de escribir, teneduría de libros, máquinas calculadoras.....	1500

RESIDENCIAS

Salones de lectura, escritura y estudio:	
libros, revistas, periódicos	300
alumbrado general	100
Cocina, lavandería, cuartos de baño	300

AUTOMOVILES (Fábrica de)

línea de montaje y ajuste de chasis	1000
Montaje final e inspección de líneas	2000

TALLERES MECANICOS

Trabajos bastos de banco y máquina.....	500
Trabajos con máquinas automáticas, cepillado, etc.	1000
Trabajo fino de banco y máquina, máquinas automáticas de precisión, cepillado y pulido finos.	5000

TEXTILES (Fábricas)Algodón.

Abrir, mezclar y picar	300
Cardar, estirar, torcer, encanillar, hilar urdir.	500

SUPERFICIE

NIVEL LUMINOSO
RECOMENDADO EN
LUX (MINIMO EN
CUALQUIER MO-
--
MENTO).

Confección de piezas de tela:

Artículos grises	500
Mesclilla	1500
Hilado a mano	2000

TINTORERIAS(Planchado y limpiado en seco)

Reconocimiento y clasificación	500
Limpieza en seco, húmeda y al vapor	500
Inspección y localización de manchas	5000
Planchado a mano y máquina	1500
Reparaciones y modificaciones	2000

ZAPATERIAS (Trabajo en goma)

Lavado, bañado, mezclado y preparación de caucho	300
Barnizado, vulcanizado, satinado y cortado de suelas	500
Laminados de suela, forrado y proceso de fabricación y acabado	1000

Zapaterias(Trabajo en material)

Mesas de corte, marcado, ojales, raspar, clasi- ficar y control de colores oscuros.....	3000
Fabricación y acabado, lavado, revestimiento, barnizado, vulcanizado, corte de suelas, -- forrado, alisado, pulido y estampado	2000

4.- BASES ANATOMO - FISIOLOGICAS DE LA VISION.

4.1.- Organos Principales del ojo y sus funciones.

Considerando al ojo desde el punto de vista anatómo-funcional se puede dividir en tres partes importantes (Véase Fig.2): la retina, que es la capa más interior donde se forman las imágenes; los medios transparentes a través de los cuales se transmiten los rayos luminosos a la retina y las membranas concéntricas del globo ocular que facilitan su funcionamiento.

El trayecto de la energía radiante que pasa por los medios transparentes hacia la retina, se inicia en la córnea que es la porción frontal transparente de la esclerótica en donde ocurre la mayor parte de la refracción óptica. Luego la luz pasa a través del humor acuoso, especie de líquido translúcido que a su vez contribuye al enfoque de las imágenes. El iris es la parte coloreada del ojo que controla la luz que entra al órgano, dilatando la pupila para una mayor cantidad de luz y contrayéndola para una menor cantidad. Después que la luz ha pasado por la córnea, el humor acuoso y la pupila, atraviesa el cristalino que es una cápsula transparente de material elástico que tiende a curbarse para el enfoque de objetos cercanos y a aplanarse para enfocar los objetos lejanos. Seguidamente la luz atraviesa el humor vítreo que es una sustancia gelatinosa, que mantiene el grado de desviación fijado por el cris-

talino, para llegar finalmente a la retina (Osgood, 1971).

Explicado funcionalmente, el curso de los rayos de luz a través de los medios transparentes se inicia con la luz atravesando la córnea y el humor acuoso, tendiendo a aproximarse al eje óptico de ambos órganos, debido a la mayor refracción que éstos tienen con respecto al aire; luego la luz pasa al cristalino con una aproximación mayor del eje óptico que la manifestada por los órganos anteriores, debido a su mayor índice de refracción y por último atraviesa el humor vítreo que separa la luz del eje principal, por tener menor índice de refracción que el cristalino. Obtenida la refracción de la luz hasta aquí, pasará luego a formar en la retina la imagen real más pequeña e invertida del objeto de donde emana la luz. (Véase Fig. 5)

4.2.- Capa Retinal.

Es la superficie sensitiva al fondo del ojo a donde llega finalmente la luz, rayos que son transmitidos luego al cerebro para que ahí se produzca la visión, es decir las impresiones de tamaño, forma y color de los objetos.

La retina tiene el aspecto de una red color de rosa de aproximadamente medio milímetro de espesor, esta membrana tiene varias capas, que cubren la superficie interna del ojo, excep-

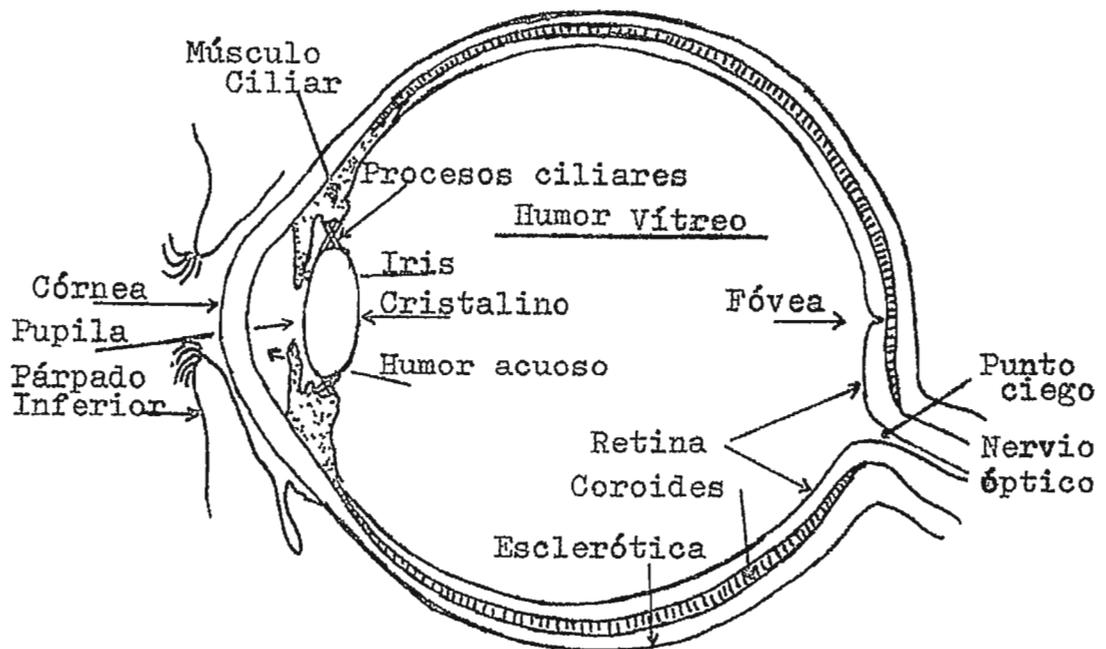


Fig. 2 Corte transversal del ojo humano que muestra su estructura a grandes rasgos (Adaptación de Osgood, 1971, P183).

tuando la parte por donde entra la luz, es decir, en la parte anterior del ojo. Los fotorreceptores humanos que son células pigmentadas, son de dos clases que se llaman conos y bastones. Estos fotorreceptores están colocados en la parte posterior -- de la retina hasta donde llega la luz, atravesando primeramente dos capas de células cuya tarea consiste en transmitir señales al cerebro, estas células nerviosas reciben el nombre -- de bipolares y ganglionares.

El hombre tiene estas dos clases de fotorreceptores porque

como varios animales, vive en dos mundos visuales distintos: - el día y la noche. Los conos que llegan a sumar unos diez millones, sirven para el detallado examen de los objetos a la luz del día o para la visión fotópica; éstos son los fotorreceptores que hacen posible la discriminación de detalles finos y la percepción del color, son insensibles a bajos niveles de iluminación y se encuentran principalmente concentrados cerca del centro de la retina con la mayor parte en la fovea, que es un área de unos 0.3 mm. de diámetro aproximadamente compuesta solamente por conos. Es en esta parte, precisamente donde el ojo involuntariamente enfoca la imagen del objeto que debe ser examinado minuciosamente. (Cicardo, 1955).

Los bastoncitos que suman unos 130 millones, son los fotorreceptores sensibles a los bajos niveles de iluminación, es decir a la visión escotópica, pero no son sensibles al color. Los bastones se sitúan fuera de la región foveana y aumentan a medida que se alejan de ella. Estos fotorreceptores son altamente sensibles al movimiento y a las oscilaciones luminosas,

4.3.- Vías y Centros Nerviosos de la Visión.

Después que los fotorreceptores han recibido los estímulos visuales, éstos son captados primeramente por las células bipolares y seguidamente, por las células ganglionares que transm

ten los mensajes eléctricos al cerebro. Los dos nervios ópticos que llevan los mensajes al cerebro están formados por los axones de las células ganglionares de las dos retinas (Morgan, 1968). Las fibras nerviosas del nervio visual de cada ojo, contienen tres haces de nervios de distinta procedencia: un haz procede desde la mitad de la región temporal de la retina; otro se dirige de la zona nasal y el otro grupo de fibras, de la región central. En el punto de cruce de los nervios visuales, conocido como quiasma óptico, se cruzan parcialmente haces de esta manera: las fibras nerviosas de la mitad temporal de la retina pasan a la misma región temporal del cerebro; las de la parte nasal pasan a las zonas opuestas de los hemisferios y las fibras de la parte central van tanto a las zonas correspondientes como a las opuestas de los hemisferios (Rubinstein, 1967).

En el lugar de salida del nervio óptico de la retina, no hay células fotorreceptoras (conos y bastones) por tal condición cuando un estímulo llega a este punto, no produce ninguna sensación visual, este punto es conocido como punto ciego lugar donde el ojo no ve nada. Por esta razón hay siempre en el campo visual un cierto agujero no visible que posee a la distancia de un metro, un diámetro de 11 cms. y si la distancia es de 10 m., el diámetro es de 1.1mm. (Mueller y Rudolph, 1969).

Luego de su salida de la retina, los nervios ópticos condu...

cen el estímulo visual hacia las diferentes partes del cerebro involucradas, a fin de producir el fenómeno de la visión ----- (Véanse Figs. 4 y 5).

La Fig. 5 hace una representación de la dirección fundamental de la corriente nerviosa a fin de hacerla comprensible, iniciándose con el estímulo visual captado en la retina. La excitación retinal evocada por la luz viaja a lo largo del nervio óptico (II) a través del cuerpo geniculado externo subcortical (c g s) hasta el área retinal del córtex cerebral sobre la fisura calcarina (os). De aquí la excitación viaja, por una parte, por los conductores asociativos hasta el área motora -- (om) del lóbulo occipital del córtex cerebral, de aquí por los conductores eferentes hasta el área de la córpora cuadrigémina anterior (oqs) y a través del haz longitudinal posterior hasta el núcleo de nervios craneales (VI,IV,III) conduciendo así a la fijación correcta de la mirada. Por otra parte la excitación viaja hasta el área de concentración en el área frontal del -- córtex (C) luego sigue por los conductores eferentes a los mismos nervios (VI,IV,III) los cuales mueven los ojos y producen una dirección activa de la mirada donde hay una concentración sobre la candela.

4.4.-El Ojo como Cámara Fotográfica.

El ojo y la cámara fotográfica son instrumentos ópticos de

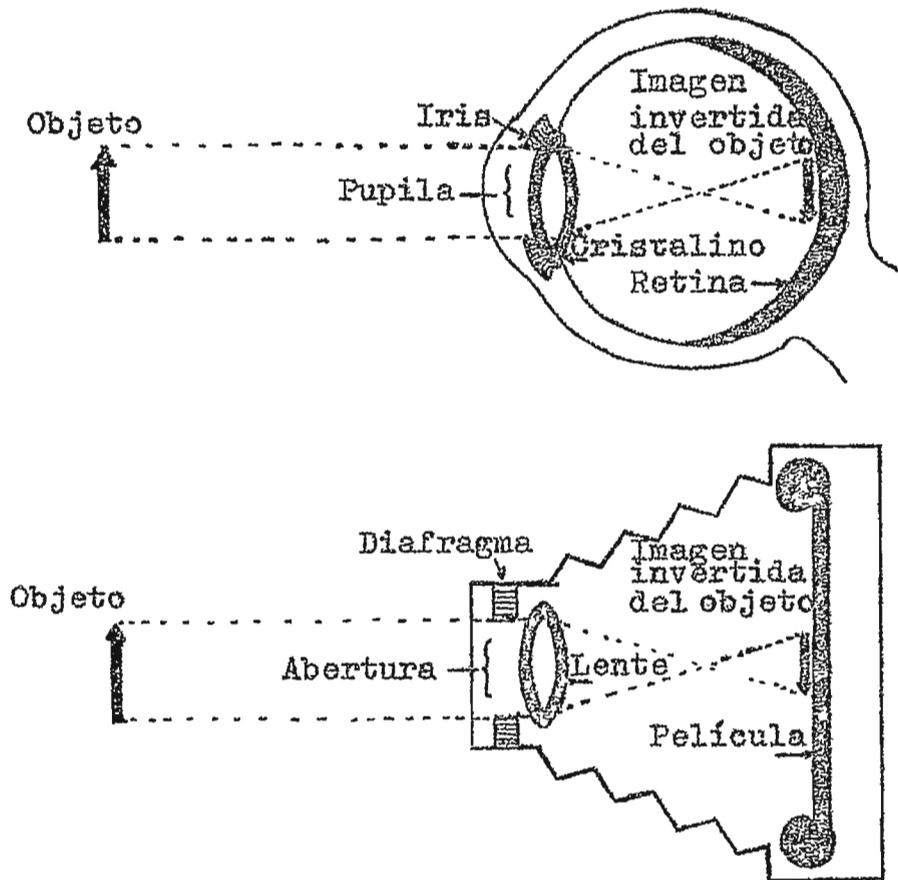


Fig. 3 Dibujo esquemático que representa la comparación entre -
 el ojo y la cámara fotográfica. (tomado de Mueller y Rudolph,
 1969, P.51).

mucho parecido (Mueller y Rudolph, 1969). Los autores señalan -
 que la cantidad de luz que entra en el ojo es graduada por el i-
 ris, cuyas fibras musculares regulan la abertura de una ventana
 llamada pupila. La córnea y el cristalino enfocan la imagen in-
 vertida en la retina. La cámara tiene un diafragma ajustable ---
 (iris) que controla la cantidad de luz que penetra por la abertu-
 ra (pupila) y una lente (cristalino) que refleja la imagen en la
 película (retina). Pero cabe mencionar que la lente de la cámara

tiene que moverse hacia adelante o hacia atrás para cada cambio de enfoque, mientras el cristalino cambia de forma para obtener una imagen clara y precisa de los objetos, (véase fig. 3).

4.5.- Acomodación y Adaptación del Ojo Humano.

4.5.1.- Acomodación.

Cicardo (1955) y otros autores señalan que la acomodación es la adaptación del ojo a las necesidades visuales cuando se refiere a la visión cercana o lejana. Así mismo Mueller y Rudolph, (1962) refiriéndose a la importancia que tiene el cristalino en la acomodación, expresan, que la distancia entre el cristalino y la retina es fija e invariable y para enfocar la imagen con una visión clara a cualquier distancia, el ojo tiene que emplear un método distinto al utilizado por el fotógrafo (que consiste en acercar o alejar la lente de la película para el enfoque del objeto deseado); la solución está en el cristalino, que para el enfoque de objetos cercanos, menos de cinco metros por ejemplo, sus músculos se contraen mientras que para la visión lejana el cristalino se aplana, resultando por tanto, una relajación de los músculos del cristalino.

4.5.2.- Adaptación.

La adaptación es otra propiedad que tiene el ojo para poder

funcionar dentro de ciertos niveles de iluminación y que al mismo tiempo implica cambios en las dimensiones de la pupila; así, en la oscuridad se dilata para admitir mayor cantidad de luz, mientras que en el resplandor diurno se contrae para evitar la entrada de exceso de luz; además en la adaptación ocurren cambios fotoquímicos en la retina, con el blanqueamiento y regeneración de la púrpura visual (Osgood, 1971).

De acuerdo a muchos autores, lo más importante de la adaptación se manifiesta en la retina donde se opera el desgaste y restauración de los pigmentos producidos por los fotorreceptores (bastoncitos) conociéndose dicha reacción como blanqueamiento y regeneración. El blanqueamiento sucede por el cambio molecular en el pigmento, cuando la retina se expone a la luz; la oscuridad invierte el cambio molecular y con ello se regenera el pigmento, lo que permite una mayor sensibilidad a la luz.

4.6.- Factores Físicos en la Visión.

Según muchos autores, la visión depende de cuatro factores asociados al objeto que se ve, mencionados a continuación:

- 1.- Tiempo.- El proceso visual requiere del tiempo preciso para el objeto de su mirada. El ojo es capaz de ver en forma clara y bien definida un objeto en movimien-

to, sólo cuando la imagen del objeto se proyecta - sobre el mismo punto de la retina. Por ejemplo cuando se lee, el ojo no recorre cada renglón con movimiento uniforme sino que se mueve a saltos de una duración media de 0.1 y 0.2 seg., en cada uno de los cuales se percibe una o varias palabras. También el ojo podrá ver detalles minúsculos en niveles bajos de iluminación si se le da el tiempo suficiente. Entonces para una precisión y rapidez de la visión, se requiere de una iluminación adecuada.

2.- Contraste.- El contraste lo forma la existencia de cualquier diferencia en el color, el brillo o el nivel de iluminación entre un objeto y sus alrededores inmediatos. El contraste favorece la visibilidad, no obstante si el contraste se establece por diferencia de brillo o niveles de iluminación, no deberá ser excesivo, puesto que da lugar al deslumbramiento. (Véanse Secciones 3.3.2.1.- y 5.10.-). Cuando existen problemas de la visión motivados por contraste bajo entre objetos oscuros en un fondo oscuro, pueden superarse mediante un aumento en el nivel de iluminación.

3.- Brillo.- El brillo de un objeto depende de la intensidad de

luz incidiendo sobre él y de la proporción de esa luz reflejada en la dirección del ojo. Una superficie blanca tendrá un brillo mayor que una superficie negra, recibiendo la misma iluminación.

4.- Tamaño.- Las dimensiones de un objeto determinan la facilidad con que se le ve; mientras más grande sea, más fácilmente se le observa y reconoce; por el contrario, mientras más pequeño es, mayores dificultades se experimentan para realizar una observación, es decir cuanto mayor sea el objeto en términos de ángulo visual, más rápidamente podrá ser visto.

4.7.- Campo y Agudeza Visual.

4.7.1.- Campo Visual.

El campo visual comprende la región del espacio en la que puede hallarse un objeto para ser percibido por un ojo que se mantiene inmóvil. Según Cicardo, (1955), la determinación del campo visual permite establecer la sensibilidad de toda la superficie de la retina, que se puede realizar con un instrumento para tal efecto: el Campímetro.

Este campo de la visión normal se extiende aproximadamente a

unos 180° en el plano horizontal y a unos 150° , en el vertical. La fovea, espacio que contiene la mayor concentración de conos, es donde tiene lugar la mayor parte de la visión y de todas las discriminaciones de detalles finos. El campo de visión central, lo constituye el trabajo visual que varía según el trabajo realizable; los alrededores de este campo se sitúan a partir de unos 30° aproximadamente, respecto del eje óptico. (Westinghouse, -- 1962).

4.7.1.1.- Medición del Campo Visual.

Para determinar el campo visual se utiliza el perímetro de SWEIGGER, que a continuación se describe en forma general; para luego mencionar el proceso de medición.

Descripción del perímetro. Este instrumento consiste en un arco giratorio de 16 cms. de radio con un pequeño disco indicador de los grados de inclinación que se desea dar al cuadrante y al frente tiene un espejo pequeño, éste en el interior y aquel en el exterior del arco.

La amplitud del cuadrante es de 180° (90° hacia la derecha y a la izquierda del centro); el estímulo es representado por el extremo de un puntero que se mueve en la abertura del arco giratorio; además cuenta con una montura que sirve como referencia para fijar la vista de un ojo en el espejo. Finalmente el instru

mento es acompañado de un sostén de cabeza que se regula mediante un tornillo en su base.

Procedimiento. El sujeto acerca su ojo derecho a la montura que facilita fijar la vista en el espejo en el centro de rotación del cuadrante, después que acomoda su maxilar inferior en el sostén de cabeza, el examinador gradúa el disco en 0° inicialmente y comienza a deslizar el estímulo hacia el centro del cuadrante. El sujeto indica cuando percibe por primera vez el estímulo, entonces el examinador anota en la hoja de registro el número de grados que señala el estímulo en el cuadrante graduado. El mismo proceso se realiza para los meridianos siguientes, indicados igualmente en la hoja de registro para cada ojo. El mismo proceso se realiza para el ojo izquierdo.

La hoja de registro consiste en un diagrama circular dividido en sus 360° que corresponden a la graduación del disco en el aparato; a su vez posee 24 radios que representan los grados del arco. Con esta información, se señalan los puntos del meridiano y del arco en donde el sujeto percibe el estímulo visual de la retina; además la hoja posee una zona oscura que indica el punto ciego de la retina, cerca del centro de la figura.

4.7.2.- Agudeza Visual.

Es la capacidad del ojo de percibir los objetos más pequeños.

Esta capacidad de diferenciación (Mueller y Rudolph, 1969), es además para discernir los más sutiles detalles de un objeto y - que abarca uno o más de cuatro esfuerzos, por lo menos: descu-- brimiento (determinar si el objeto está ahí); reconocimimiento - (capacidad para nombrar el objeto o estipular algo acerca de él, como por ejemplo distinguir una C y una O); resolución (la ca pacidad para separar los elementos de un conjunto, como sería - reconocer cuatro puntos como puntos y no como una línea recta); y finalmente localización (la capacidad para percibir pequeñas desviaciones por parte del objeto, como el caso de una línea -- aparentemente vertical que se inclina un poco a la izquierda o la derecha) esto induce a pensar que la agudeza no es solo el - acto de poder ver un objeto y nada más, sino que lleva implícito una serie de etapas de un proceso más complejo. Con respecto a la medición, Cohen (1973, .pág.60) dice: "La agudeza visual se - mide en términos del ángulo visual. Los objetos pequeños cerca nos al ojo y los objetos lejanos al ojo, ocupan el mismo grado de agudeza visual.(El aparato visual normal resuelve un objeto que ocupa un minuto de ángulo visual, donde 60 minutos es igual a un grado del arco visual)".

La máxima agudeza visual se logra con luz brillante cuando - la imagen visual cae en la fóvea, cuya concentración de conos es numerosa y que están conectados uno a uno con células nerviosas bipolares y ganglionares que transmiten el impulso nervioso al cerebro. En la periferia de la retina donde están mezclados ---

bastoncitos y conos, no existe un enlace directo: varios conos y bastones pueden estar conectados a la misma célula bipolar y varios de éstos a una sola célula ganglionar y, como cada fibra nerviosa lleva muchas señales, su interpretación por el cerebro será menos precisa que en el caso anterior, lo que reduce la agudeza.

4.7.2.1.- Medición de la Agudeza Visual.

Se han establecido dos métodos para medirla: el método del mínimo separable y del mínimo visible (Morgan, 1968). En el primero, la tarea del observador consiste en detectar una separación entre dos líneas o entre dos puntos de una figura. En el segundo, es preciso distinguir una línea negra sobre un fondo luminoso o viceversa, en donde se mide la menor anchura que puede distinguirse.

El medio más utilizado para medir la agudeza de la vista es a través de la escala de letras, ideada por Herman Snellen, que se describe a continuación:

Instrumento a utilizar: Green Visión Test Cabinets.

Descripción del Instrumento: Consiste en una caja rectangular, formada por un tablero que se ilumina en el lado principal. Este tablero consta de ocho líneas de letras de color negro dife-

renciándose por el tamaño de ellas. A la par de cada línea en el lado derecho, se encuentra un número pequeño que indica los pies de distancia a los que una persona de vista normal puede leer una determinada línea. En la parte inferior de esta pizarra, se encuentra un círculo con 24 trazos de color negro en forma diametral, que se utiliza para medir el Astigmatismo. En la parte superior izquierda se encuentran tres pequeños círculos de color rojo, amarillo y verde, de arriba hacia abajo, que se utilizan para medir la visión cromática. En la parte inferior izquierda de la pizarra se encuentra un agujero pequeño de color blanco, que sirve para medir la fusión visual simple, utilizando para ello un lente color rojo. Finalmente este aparato consta de un interruptor con cuatro botones que sirve para iluminar cada una de las partes del aparato.

Procedimiento: a una distancia de 20 pies de la escala de Snellen, se le pide al sujeto que mencione el nombre de las letras, empezando por la mayor de ellas que puede ser leída a 200 pies de distancia por una persona de vista normal y luego se procede a identificar las letras de menor tamaño, leyendo línea por vez, hasta que el sujeto demuestre dificultad, según los criterios de medida.

Criterios para medir la agudeza visual:

- 2) La línea de letras a 20 pies, es la que se considera normal para las personas es decir, que indica una agudeza de 20/20.

b) Las líneas 20/200, 20/100, 20/80 y 20/50 deben ser leídas - sin ningún error, para lograr la correspondiente calificación.

c) En la quinta línea (20/40), sólo se permite un error para a probarla, si el sujeto comete más de uno, se toma como medida - de agudeza la que indica la línea anterior (20/50).

d) Las líneas para una agudeza de 30 hasta 10 pies (20/30 a -- 20/10) tienen una evaluación especial:

i) Si el sujeto comete error en dos letras, en cualquiera de - estas líneas, la calificación que se le asigna a esa línea par- ticular será la misma pero con signo menos (-) por ejemplo 20/20-

ii) Si se cometen tres o cuatro errores, el puntaje correspon- de a la línea anterior seguido por el signo más (+). Así, un su- jeto con éstos errores en la línea 20/20, se le evalúa con una agudeza de 20/30+, si no ha cometido error en la línea anterior (20/30).

iii) Cuando el sujeto ha cometido un error en la línea anterior, un puntaje con tres o cuatro errores en cualquiera de éstas --- líneas, no se le agrega el signo + a la proporción correspond' _ te a la línea anterior, por ejemplo la agudeza de un sujeto con esos errores en la línea 20/20 sería de 20/30.

Factores que influyen sobre la agudeza Visual.-

Algunos factores que influyen sobre la agudeza visual mencionados por Cicardo (1955) son los siguientes:

- a) Fijación de la mirada. La agudeza visual varía a medida que la imagen se aleja de la fovea, que es donde se forma la imagen.
- b) Iluminación de los objetos observados. La iluminación aumenta la agudeza porque los objetos reflejan más luz, que facilita su imagen en la fovea.
- c) Diámetro pupilar. La disminución del diámetro de la pupila aumenta la agudeza cuando la iluminación del medio es intensa, pero si la claridad es baja, sucede lo contrario.
- d) Color de la luz. Los colores comprendidos entre el rojo y el verde que los situados entre el verde y el violeta, facilitan la agudeza. El amarillo es el que da mayor agudeza.
- e) Edad. La agudeza visual es máxima en la infancia, pero decrece con la ancianidad. Esto es, que varía con la edad, pero hay que agregar que la discrepancia se presenta de persona a persona.

4.8.- Percepción Visual

4.8.1.-Fenómeno de profundidad.

El mundo visual se nos presenta en tres dimensiones: profundidad, altura y anchura, no obstante la fijación de las imágenes de los objetos en la retina, aparecen en sólo dos dimensiones. El hombre ve el mundo en todas sus dimensiones y es capaz de juzgar la posición, distancia, forma y tamaño de los objetos (Muellery Rudolph, 1969).

4.8.1.1.- Percepción del Relieve y Distancia de los Objetos.

La percepción del relieve o sea la forma del volúmen: largo, ancho y profundidad; y de la distancia a que se encuentran los objetos, se efectúa principalmente por medio de la visión binocular.

En la visión binocular, tiene gran importancia la fusión en la corteza cerebral de las excitaciones procedentes de las dos retinas, pero esta fusión puede ser de distinto grado. La fusión es completa, cuando la imagen visual corresponde a los mismos puntos de la retina; si la imagen cae en puntos dispares, la fusión no se realiza. Si la disparidad es muy grande, tiene lugar la imagen duplicada.

Cuando la desviación de la imagen en un ojo es pequeña con respecto a la imagen en el otro, hay una fusión incompleta de las imágenes y como resultado de esto se tiene el Efecto Estereoscópico o sea la impresión de volumen o relieve de los objetos visibles. (Smirnov, et al. 1969).

4.8.1.2.- Percepción del Espacio.

La visión espacial aparece con la experiencia. La forma de los objetos se pueden percibir por los sentidos del tacto y -- visión. Para la percepción visual de la forma es indispensable la determinación precisa de los contornos o límites del objeto, que depende de su magnitud, distancia a que está situado y de la agudeza visual del observador. (Smirnov, et al, 1969).

4.8.1.3.- Percepción del Tamaño de los Objetos.

El tamaño que se percibe de los objetos depende de su ángulo y de la distancia desde donde se miran. Un objeto podrá verse más fácilmente conforme aumente su ángulo visual y por el --- contrario, mientras más pequeño sea, mayores dificultades se experimentan para realizar una observación. Esto explica por qué un objeto aparentemente se hace más pequeño, cuando está más lejos del observador, así como la necesidad de una mayor iluminación para la discriminación de objetos pequeños, que la emplea para la visión de objetos grandes.

4.9.- Percepción del Color.

Se ha mencionado que los bastones intervienen en la visión nocturna con una baja iluminación; mientras que los conos son los receptores para la iluminación intensa. Los conos visualizan el color, los bastones únicamente sombras blancas y negras.

Para la visión del color o sensibilidad de los conos se mencionan dos teorías: La Tricromática y la del Proceso Oponente (Morgan, 1968).

TEORIA TRICROMATICA DE YOUNG-HELMHOLTZ.

Esta teoría admite que existen tres clases de conos donde unos, son más sensibles al azul; otros, al verde y un tercer grupo, que lo es al rojo. La percepción del blanco se deduce que se realiza por la suma de los tres receptores mencionados (Véase Fig. 6).

TEORIA DEL PROCESO OPONENTE.

Esta teoría, en su versión antigua, también admitía tres clases de conos, donde unos receptores sólo funcionaban para el blanco y el negro, otro grupo se encargaba de la percepción de amarillo y azul, y el otro, del rojo y verde, donde se infería que cada receptor actuaba de dos maneras: enviando dos tipos de

mensajes, uno para el amarillo y el otro para el azul, por ejemplo. El exponente de esta teoría es Ewald Hering (Véase fig. 7) quien la elaboró en 1870, partiendo de la existencia de cuatro colores fundamentales que se aparean ya sea para complementarse u oponerse mutuamente (Cohen, 1973).

En su concepción moderna esta teoría es una combinación de las dos anteriores, puesto que concuerda con la de Young-Helmholtz en lo que respecta a los receptores y con la de Hering, en lo que se refiere al nervio óptico y etapas posteriores de reacción humana. Esta teoría sostiene que existen pares de receptores en algún lugar de la retina, en donde unos se oponen a los otros en relación con su efecto sobre las células bipolares o sobre la cadena neuronal que parte de los receptores. De este modo un receptor amarillo, opondría su influencia al del azul y el rojo sería el antagonista del verde (Morgan, 1968).

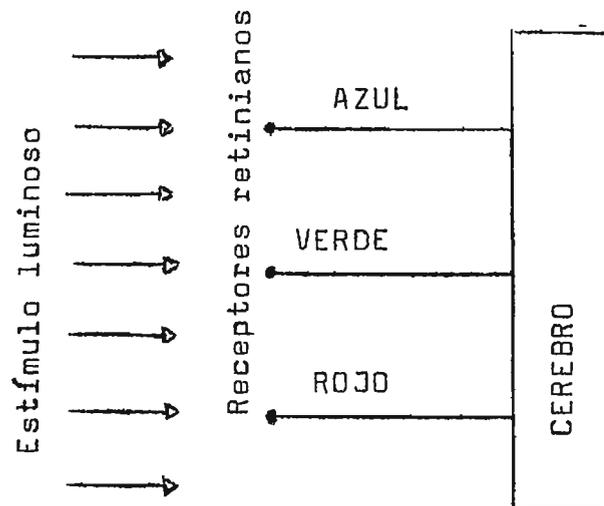


Fig. 6 Teoría de Young-Helmholtz.

Según esta teoría hay tres tipos de Cromo receptores en la retina que envían señales al cerebro, donde se combinan para producir las distintas sensaciones de colores. (tomado de Cohen, 1973, P.53).

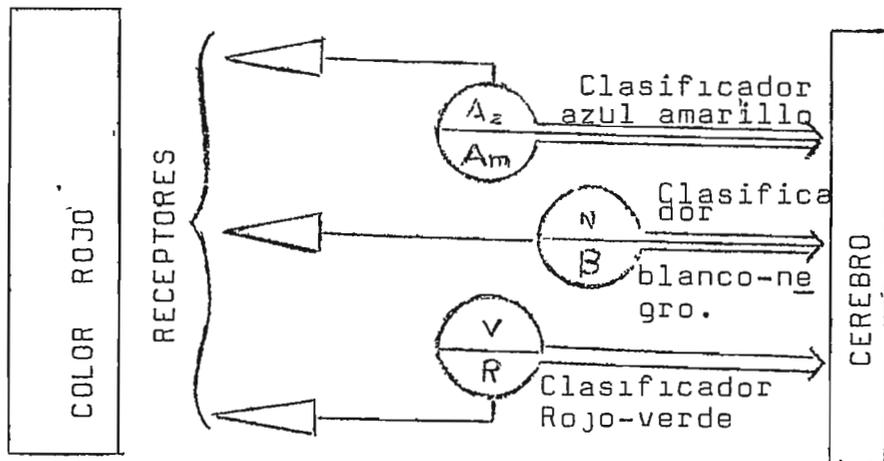


Fig. 7 TEORIA DE HERING:

Cuando se ve una luz roja, sólo se estimula la porción roja del clasificador rojo-verde. La porción verde se cierra y no envía una señal al cerebro. (tomado de Mueller y Rudolph, 1969, Pág. 124)

5.- EFFECTOS DE LA ILUMINACION

Cuando se habla de buena iluminación se piensa que como elemento físico de innegable valor, resolverá todas las dificultades de un determinado medio como decir: trabajo de oficina, -- fábrica, escuela, etc. Está bien que se piense de esa manera, si las deficiencias se presentan con relación a la escasa iluminación únicamente del lugar considerado; pero si se asocia con problemas de otra índole, la buena iluminación en poco o nada resolverá favorablemente las condiciones existentes. Por lo tanto, una deficiencia debe estudiarse con relación a otros factores, sean estos de naturaleza física o psicosocial, tales como el ruido, temperatura, inestabilidad en el trabajo, bajos salarios, insatisfacción, etc. Los estudios de Hawthorne sobre la iluminación, comprobaron que el cambio en sí de las condiciones ambientales, no necesariamente mejoró la producción, tal como se comprobó en experimentos empleando diversas intensidades de luz, tanto en sujetos de prueba, como de experimentación. Entonces se concluyó que para un cambio de esta naturaleza deben considerarse las actitudes de los sujetos al cambio, satisfacción en la empresa, etc. (Siegel, 1965).

5.1.- Importancia de una Iluminación Adecuada.

En cuanto a las ventajas que ofrece una iluminación óptima, los autores concuerdan en los beneficios que ella puede dar, --

toda vez que se consideren aspectos como la cantidad y calidad de su distribución.

Pieron, et al (1960) afirman que para un óptimo de eficiencia de la actividad del trabajador, el ambiente luminoso debe responder a las condiciones de salud y agrado de tal manera que le permita ver con claridad el plano en que trabaja.

Por su parte Siegel (1965) afirma que un trabajador en un ambiente físico óptimo tiene una mayor eficiencia en el desempeño de sus labores, lo que se traduce en un incremento de la producción así como en menor cansancio y una satisfacción general de los mismos. Por el contrario, un ambiente físico desagradable e incómodo afecta al rendimiento del trabajador, así como la producción en general.

Sobre la iluminación adecuada Goromosov (1969) dice que la estabilidad clara de la imagen viene determinada por el tiempo necesario para la percepción nítida del objeto que varía con las intensidades de iluminación tanto como de la calidad de luz y de las superficies reflectoras de ella; tales como paredes, techos, objetos, etc.

5.2.- Iluminación Industrial.

Para facilitar la comprensión de la importancia que desempe-

ña un alumbrado industrial eficiente, a continuación se mencionan algunos trabajos visuales que se realizan en las fábricas modernas:

- a) Lectura de instrumentos de alta precisión, que deben leerse inequívocamente.
- b) Interpretación de planos y toda clase de dibujos, que requieren ser entendidos rápidamente.
- c) Operaciones delicadas de montaje
- d) Inspecciones oculares caracterizadas por el encuentro rápido y seguro de pequeñas variaciones en el acabado de superficies.

Una vez analizadas las características visuales de las tareas mencionadas anteriormente, hace suponer que equivocaciones de origen visual en dichas tareas, posiblemente se traducen en efectos perjudiciales que implican desperdicio de material, retraso en la producción y otros inconvenientes que trastornan el proceso industrial, además de los accidentes personales a que puede dar lugar un error de este tipo. Por el contrario, un buen alumbrado se manifiesta con ventajas, mencionando entre ellas a las siguientes:

- a) Facilidad para percibir detalles, especialmente si se trabaja en tareas que exigen discriminaciones finas.
- b) Compensación de la falta de contraste de los detalles de un objeto y su fondo en las diversas tareas visuales.
- c) Rapidez de la visión manifestada en la realización de las tareas, dado que la iluminación favorece la percepción visual
- d) Reducción de la fatiga y tensión nerviosa en el trabajador, originadas por el sobreesfuerzo requerido cuando las tareas visuales carecen de una iluminación adecuada.
- e) Sensación de agrado y seguridad en las ejecuciones de la tarea asignada,

Según muchos autores, los beneficios que aporte una iluminación, serán evidentes a medida que ésta se distribuya, considerando los niveles óptimos para las diferentes tareas visuales (Véase tabla 1).

En primer lugar, la iluminación óptima facilita el trabajo en general, dando lugar entonces, a un incremento de los productos elaborados por el trabajador, Asimismo, los efectos de un buen alumbrado se advierten en la calidad de los productos manufacturados, ya que son mejorados trabajando en estas condiciones. Otro beneficio atribuido a la buena iluminación, es con relación al --

desperdicio de material, el cual se reduce en un alto porcentaje dándose también una disminución de piezas defectuosas. Un buen alumbrado permite además, que se aproveche mejor el espacio disponible a fin de que las realizaciones sean más efectivas, así como una mejor conservación y limpieza de la fábrica.

5.3.- Iluminación de Oficinas.

Generalmente el trabajo de oficina implica un discernimiento visual rápido y continuo de detalles durante períodos relativamente largos que requieren un alumbrado eficiente que se adecúe a la actividad que realizan las personas. Entre las tareas que pueden efectuarse en una oficina, se pueden citar:

a) Material manuscrito e ilegible que debe ser descifrado, implicando esto la necesidad de un alumbrado general adecuado para que los efectos luminosos sean aprovechados en vista de un mayor rendimiento. De lo contrario, una iluminación inadecuada somete al trabajador a grandes esfuerzos visuales que se manifiestan en el bajo rendimiento del mismo, caracterizado por el cansancio visual y otras perturbaciones similares.

b) Lectura de copias al carbón con una impresión débil, tarea visual que requiere un nivel de iluminación capaz de facilitar la lectura de escritos débilmente impresos.

- c) Transcripción de notas estenográficas estrechamente escritas y ejecutadas fácilmente cuando la iluminación es adecuada, - permitiendo al empleado trabajar de manera rápida y segura - en la actividad señalada.

- d) Corrección de pruebas y borradores de informes escritos en - tipo pequeño, en busca de errores de ortografía y de puntuación, que iluminados aceptablemente, permite la eficiencia - en la búsqueda de los detalles negativos de la escritura.

- e) Operación de máquinas comerciales como calculadoras, regis-- tradoras y otras de uso en escritorio que facilitan el proceso del trabajo, mediante cálculos hechos en forma precisa y rápida, necesitando una iluminación de acuerdo a la tarea vi-- sual planteada. Los efectos de una iluminación deficiente en la misma tarea se vuelven notorios por la complejidad de posibles problemas que pueden llevar, incluso a conflictos de tipo personal e industrial.

5.4.- Iluminación de Establecimientos Comerciales.

El éxito de un establecimiento comercial guarda mucha relación con un buen alumbrado puesto que las mercaderías mostradas necesitan ser iluminadas perfectamente a fin de que sean vistas por las personas y con este objeto las mercaderías se distribuyen en vitrinas, mostradores interiores y estanterías de pared que deben

tener iluminación suplementaria acorde con lo que se pretende mostrar. Pero algo importante de hacer notar es el efecto producido sobre las personas, cuando en un escaparate o vitrina se combinan en primer lugar la iluminación y el decorado, ya sea instalando páncoles luminosos o luces intermitentes en armonía con el decorado y la clase de mercadería a fin de llamar la atención de las personas sobre lo que se exhibe. Cuando se trata de iluminar escaparates, éstos deben tener un alumbrado intenso y bien distribuído, pues de lo contrario podría producirse reflejos lo cual significaría un efecto negativo de la iluminación.

5.5.- Iluminación de Escuelas.

La escuela es el lugar donde el niño pasa buena parte de su tiempo sometido a esfuerzos visuales que le exigen las diversas tareas escolares en su proceso formativo. En consecuencia, necesita una iluminación eficiente con el propósito de realizar las tareas visuales en la mejor forma posible.

Los trabajos visuales del escolar requieren un detallado examen a corta distancia de libros, cuadernos, tableros, colores etc., además de una facilidad para la observación clara y precisa de lo expuesto en el pizarrón. Analizando los efectos de la iluminación sobre la lectura se observa, que a medida se mejora la iluminación, el esfuerzo visual disminuye. Por el contrario, la

lectura con un alumbrado defectuoso da lugar a la fatiga y otras incomodidades visuales, imposibilitando de este modo la función visual para una eficiente lectura y en vista de que las actividades escolares se realizan en bibliotecas, aulas de clase, sala de proyecciones, talleres industriales, laboratoris, etc. se hace necesario que dichos lugares posean la iluminación adecuada que estimule la ejecución de las tareas respectivas.

En cuanto a las condiciones luminosas que debe reunir un aula de clases, para que sus resultados sean positivos, cabe mencionar iluminar la sala unilateralmente mediante ventanas que proporcionen luz natural a un lado del salón, especialmente el izquierdo. Además de esta iluminación natural, las aulas deben contar con un alumbrado artificial que funcione tanto por el día como por la noche. Se menciona lo anterior en vista de que la luz natural es una fuente variable de iluminación, que cambia según la hora, nubosidad, estación del año y por tanto debe disponerse de un alumbrado que sustituya a la iluminación natural en esas condiciones. Con relación a la iluminación que se ofrece por la noche, se tiene entendido que debe reunir características similares a la luz del día, en tal sentido conviene que dicha luz sea bien distribuída cuantitativa y cualitativamente, de tal manera que sus efectos no produzcan deslumbramiento en forma directa o refleja, así como los excesos de contraste a fin de que las tareas visuales que ejecuten tanto alumnos como profesores sean satisfactorias.

5.6.- Patrones de Iluminación.

En base a los efectos que se obtienen cuando se proporciona una iluminación óptima que se instala en los establecimientos antes mencionados, caracterizados por la realización de tareas continuas, se mencionan algunas recomendaciones a fin de obtener éxito en los objetivos propuestos (Barrows, 1960).

- a) La iluminación general debe cubrir efectivamente todos los objetos y áreas del establecimiento, evitando de este modo las sombras muy oscuras y los posibles contrastes violentos, de modo que el efecto luminoso facilite la percepción visual.
- b) El deslumbramiento debe eliminarse por completo, sabiendo que sus efectos obstaculizan y dañan la visión de las personas.
- c) El nivel de iluminación debe ser adecuado para el tipo de tarea visual que se desarrolle en el local, en efecto unas tareas visuales necesitan mayor intensidad de luz que otras, donde la percepción de los objetos no requieren esfuerzo visual.
- d) Las fuentes de luz deben estar relacionadas de acuerdo a la importancia visual de las cosas que se iluminan así como con el estilo, decoración y aspecto global de la sala con el objeto de que los efectos de luz sobre la visión humana sean bien aprovechados en cuanto a la efectividad de trabajo, placer, en lo que se ve y muchas ventajas más que se mencionan en el presente tra-

bajo, cuando la luz es proporcionada tomando en cuenta la calidad y cantidad de la misma.

5.7.- Efecto del Color en las personas.

La luz artificial difiere de la luz diurna en uniformidad y en color, aún cuando la iluminación artificial posea la misma intensidad que la natural.

Rubinstein (1967) al hablar sobre el estado psicofísico de los colores, sostiene que cada color tiene su propia influencia sobre el ser humano, que puede ser de efectos fisiológicos o asociativos. Cada color presenta su propia cualidad que le da fuerza de expresión y que varía entre las personas que lo perciben. El mismo autor señala que "cuando un trabajo es breve, la productividad aumenta con luz roja y disminuye con la azul; en cambio si el trabajo es prolongado, la productividad se incrementa con luz verde y declina con luz de color índigo o violeta" --- (Rubinstein 1967, P. 269).

El mismo autor describe el estudio realizado por Stefanescu-goanga donde se encontró que bajo el efecto de los colores púrpura, rojo, naranja y amarillo, aumentaban la respiración y el pulso y por el contrario los colores verde, azul claro, índigo y violeta, redujeron los efectos mencionados, por lo que se puede decir que el último grupo de colores apaciguan o calman, mientras que el primero, excita o estimula.

Bloomfield y Haddad (1966) al respecto sostienen que los colores de pigmento y luces influyen en el ánimo de las personas, por ejemplo los colores azul y verde son causa de una sensación de frescura así como la de espacio y lejanía; el rojo y el ámbar dan la sensación de calor y aproximación.

A continuación se dan indicaciones sobre el uso de ellos tomando en cuenta principalmente sus efectos sobre el rendimiento humano.

De acuerdo a muchos autores el ojo humano tiene atracción por los colores claros, por tanto recomiendan colorear los distintos objetos con tonos claros. Cuando se refiere al manejo de materiales como máquinas e instrumentos de trabajo, debe considerarse el uso de colores complementarios para una eficiente discriminación como el rojo y verde, puesto que evitan incomodidades como cuando un sujeto ve durante largo rato un objeto rojo y bruscamente ve una pared blanca, el sujeto verá en la pared el objeto en forma difusa, pero de color verde, durante cierto tiempo.

Para los cielos rasos, recomiendan los colores, blanco, crema o marfil ya que con ellos se aprovecha mejor la luz reflejada. Al pintar las paredes, los autores recomiendan el tono claro en la parte superior y oscuro, en la inferior. Para las máquinas aconsejan los colores gris o verde y en el punto de operación un color de contraste.

5.7.1.- Aplicaciones del Color y sus Efectos en el Rendimiento Humano.

El color de las fuentes luminosas tiene mucha aplicación en la vida cotidiana, pero su efectividad se acentúa más cuando se combina con las superficies coloreadas respectivas, ya que la reflexión bien aprovechada en estas partes produce los efectos mencionados.

Con mucha frecuencia el color es empleado en el hogar con el propósito de identificar mejor las áreas de interés particular, por ejemplo los dormitorios son iluminados con luz suave con las paredes y techos igualmente pintados, con el objeto de lograr efectos de quietud y frescura en el aposento; por otro lado, -- cuando se trata de iluminar la sala de estudios; la iluminación indicada es aquella que se ajusta a los esfuerzos visuales requeridos, considerando siempre el color de las paredes y techo que en este caso debe poseer un alto porcentaje de reflexión.

Cuando se emplea el color en los negocios como recurso publicitario, el apareamiento de luces de colores y de superficies coloreadas siempre es utilizado. Por ejemplo cuando en un almacén se ilumina con luz verde tejidos del mismo color, el efecto es atractivo, pero si se hace sobre tejidos de color negro el efecto es distinto. Otro ejemplo relacionado con el color empleado en negocios encargados de vender combustible para vehículos automotores, que generalmente utilizan colores intensos como el rojo

y el amarillo a fin de atraer la vista de las personas sobre sus locales y productos. Algunos autores dicen que su empleo es debido a que estos colores estimulan a la acción.

Una aplicación más de los colores es para destacar señales de seguridad. En los grandes centros industriales se encuentran superficies coloreadas (plano de trabajo, suelo, máquinas, etc.) con la iluminación correspondiente haciendo resaltar lo que se pretende indicar en ellas. De este modo se pueden señalar las superficies que pueden dar lugar a accidentes de trabajo, así como hacer notar la parte de una máquina que puede ocasionar peligro. En el cuadrante de vehículos o en diversos aparatos, generalmente es empleado el color rojo como indicador de alarma. La razón para emplear este color en los cuadrantes, es debido a que facilita la rapidez de percepción.

Su utilización es más conveniente especialmente cuando la visión humana es empleada en condiciones nocturnas, lo que permite la rapidez ante la luz roja.

La iluminación general que se ofrece en las exposiciones, debe estar de acuerdo a lo que se desee iluminar además debe tenerse especial cuidado de proporcionar un alumbrado suplementario sobre lo expuesto en las paredes de la sala, pero cuando se trata de exponer en escaparates o vitrinas, la iluminación adecuada debe ceñirse a las características particulares de lo que se expone.



Otras aplicaciones del color es en cuanto al aseo que promueve y a la sensación de agrado que conlleva, además se puede decir, - que una buena iluminación contribuye a la estética de un lugar - determinado

5.7.2.- Código de los colores de Seguridad.

Los colores son muy utilizados para advertir el peligro en algunas actividades complejas del hombre, siendo empleados efectivamente en la industria, el tránsito de vehículos automotores y otras actividades humanas que además de facilitar las ejecuciones de una tarea, ayudan a evitar el peligro de un modo rápido y seguro. Así por ejemplo, en la industria electrónica se asigna un color a cada conductor de corriente que lo diferencia de los demás a fin de identificarlo fácilmente en un momento determinado. Esto es frecuente observarlo también en vehículos automotores y aparatos eléctricos. Y que en el instante de presentarse dificultades de conexión eléctrica rápidamente son resueltas, identificando de antemano el o los conductores del problema.

La utilización de los colores en el sentido antes mencionado también se advierte en las plantas químicas; que colorean los diferentes tubos a fin de localizar el contenido de cada uno de ellos y cuya ventaja se aprecia cuando se presentan problemas sobre la mezcla de determinados productos en los tubos de conducción que se resuelven favorablemente recurriendo a la identificación

ción de los tubos coloreados que no funcionan correctamente. --

Otro empleo de los colores se observa en el tránsito de vehículos automotores, lo cual va en provecho tanto de los conductores como del público en general. Dicha utilidad se observa en el uso de semáforos, señales de orientación, iluminación coloreada de vehículos (vías, luces de parada, etc.) y otras aplicaciones que contribuyen a facilitar las operaciones en las diferentes actividades humanas.

A continuación se presenta el código de los colores de seguridad, empleado beneficiosamente en el área industrial.

1.- Blanco y Negro. Estos colores son utilizados para pasadizos y señales de tráfico y su empleo es en forma combinada. Entre las razones para su empleo en tal circunstancia, es la característica de sus matices en los que se advierte contraste a los ojos del observador, lo que permite que tanto el peatón como el conductor de vehículos fijen su atención en dichas señales.

2.- Azul Claro. La utilización de este color contra la puesta en marcha de equipos o máquinas, es debida a su fácil percepción y al mismo tiempo permite llamar la atención visual sobre las partes coloreadas, sin lograr un cansancio de la vista en el manejo de tal máquina.

3.- Verde. Este color se emplea para la localización de los equipos de seguridad o primeros auxilios, su utilización en tal sentido se debe al reconocimiento de dicho color en las actividades que implican prestar ayuda médica.

4.- Anaranjado. Este color es empleado para la identificación de los puntos de operación de una máquina. Una razón sobre su empleo en esa forma es la debida a su mayor atracción, que es aprovechada a fin de llamar la atención sobre esos puntos que implican la facilidad y rapidez con que se maneja la máquina.

5.- Púrpura. Es empleado este color, para identificar la localización de sustancias radioactivas y peligrosas. Este es un color de cortas longitudes de onda y su empleo para señalar peligros de radioactividad se asocia a la proximidad de tales longitudes de onda a las zonas espectrales productoras de tales radiaciones.

6.- Rojo. Este color identifica equipos de protección contra el fuego, equipos inflamables, así como la proximidad de tales elementos. La utilización del rojo en tal sentido es debida a la asociatividad con la advertencia de peligro y alarma.

7.- Amarillo. Este color es empleado para indicar los lugares de posibles golpes, caídas, etc. El empleo del color como advertencia de peligro, es debido a su brillantez que refleja, de tal manera que este color, rápidamente es percibido.-

5.8.-LA LUZ ULTRAVIOLETA E INFRARROJA Y SU APROVECHAMIENTO HUMANO.

Las radiaciones infrarrojas y ultravioletas no pueden ser -- vistas por el ojo humano, pero ambas son de utilidad en la in-
dustria, medicina y otras áreas donde son bien aprovechadas.

La región del espectro inmediata al extremo de las largas -- longitudes de onda del espectro visible, es llamada infrarroja, mientras que la región situada junto al extremo de las cortas -- longitudes de onda, se denomina ultravioleta.

La exposición de la piel humana a la energía ultravioleta -- eritemática (aproximadamente de 2800 a 3200 Angstroms (1) pro-
duce un enrojecimiento de la piel o eritema, que puede formarse en unas horas de exposición y puede tardar en quitarse algunos días. El grado de eritema o bronceado depende de la cantidad de energía absorbida por la piel. La absorción de ésta energía, -- estimula también la formación de vitamina D.

Otra aplicación de las radiaciones ultravioleta es en cuanto a la destrucción de bacterias, los gérmenes del moho y otros -- microorganismos en el aire o en la superficie a ellos expuestos. Además, estas radiaciones germicidas protegen a las personas de

(1) El Angstrom, es una unidad de longitud de onda, igual a -- una diez millonésima de milímetro.

enfermedades infecciosas que se propagan en el ambiente, por ejemplo en un hospital. Al mismo tiempo estos rayos sirven para proteger los alimentos y productos farmacéuticos que pueden estropearse con el moho u otra clase de microorganismo.

Por otra parte, las lámparas productoras de estas radiaciones germicidas con una energía en la longitud de onda de 1850 Angstroms, producen ozono que libera al aire de los olores de cocina, sudor, moho y otros olores orgánicos. Estas radiaciones, además de proteger a los productos de la contaminación ambiental, reducen considerablemente el crecimiento del moho que se desarrolla en las paredes, techos y superficies expuestas a un alto grado de humedad, como en las fábricas de pan, cerveza y otros lugares similares.

5.9.- La Luz "Sentida" a través de los Receptores de la Piel.

En años recientes, han surgido ciertas consideraciones acerca de la habilidad del hombre para percibir varios colores, objetos y palabras impresas por medio de la piel. Recientemente R.P. Youtz (citado por STEINBERG, 1966) reportó que un sujeto fue capaz de discriminar e identificar materiales coloreados con sus manos, bajo condiciones de luz y oscuridad. Sin embargo algunas pruebas subsecuentes fueron menos exitosas. El investigador atribuye tal habilidad a una extensión o variación del sentido de la temperatura en la piel. Mientras que algunos investigadores soviéticos com-

parten el punto de vista de Youtz, en cuanto al sentido de temperatura dérmico, otros investigadores son de la opinión de que --- sustancias sensibles a la luz similares a aquellas encontradas en la retina existen y están regadas sobre la piel.

La noción de la existencia de sensores de la luz en la piel no está más allá de la credulidad cuando se considera que muchos animales sin ojos o ciegos son sensibles a la iluminación de la superficie de su cuerpo y responden a tal estimulación con una variedad de formas. Según D. M. Steven (citado por Steinberg, 1966) una reacción normal a la luz se encuentra en muchos metazoarios, en algunos organismos acuáticos y anfibios, quizás en el lagarto y el pulpo y raramente en artrópodos terrestres. En cualquier caso el conocimiento sobre las estructuras de la piel humana es bastante limitado y con seguridad no se puede declarar categóricamente que ninguno de los receptores puede ser sensible a la luz.

5.10.- Factores de Perturbación y Fatiga.

Las dificultades para la visión humana, se manifiestan cuando existe cualquiera de las condiciones siguientes: a) Poca luz; b)) Bajo contraste de brillantez; c) Deslumbramiento; d) Titileo intenso (Poulton, 1970).

a) Poca Luz. Se han realizado muchos estudios sobre el efecto de la iluminación en el rendimiento humano sobre un trabajo y hay un

acuerdo general, que conforme se aumente la iluminación el trabajo mejora; y por el contrario, la poca luz, limita la visión para la ejecución de tareas . Prueba de ello ocurre, cuando se lee con luz reducida entonces la lectura disminuye. El nivel requerido de iluminación para la lectura es de 25 candelas pie (1) sobre el papel impreso.

b) Bajo Contraste de Brillantez. La agudeza visual depende de la cantidad de luz, como del contraste de brillantez. La lectura de un libro está relacionada con el tamaño del impreso, cantidad de luz sobre el mismo y el contraste de brillantez.

La proporción o relación de contraste de brillantez de un libro es alta si se compara con la indicada por otros colores de menor reflexión que el blanco, véase la relación de blanco y negro $\frac{80-4}{80} = 0.95$; lo que significa 80% que refleja el papel blanco, menos 4% que refleja la letra de color negro, sobre el mismo 80%, proporciona una relación de brillantez de 95%.

La relación del mismo impreso sobre fondo coloreado que reflejó el 8% es igual a $\frac{8 - 4}{8} = 0.50$ de brillantez.

8

Edholm (1967) indica que las condiciones más satisfactorias para la visión a libros como a pantallas de televisión, es de que

(1) Una candela pie es igual a 10.765 lux.

éstos tengan una relación de brillantez mayor que la zona que los rodea; esta proporción recomendada debe ser de tres a uno (3a1) no obstante se puede tolerar un contraste mayor que no exceda de 10 a 1 aproximadamente.

c) Deslumbramiento. Esto se presenta en diversas situaciones que tienen en común entorpecer o dañar los órganos de la visión y que de modo inmediato se traduce en el bajo rendimiento, accidentes de trabajo y otras consecuencias negativas (Poulton, 1970). El deslumbramiento por ejemplo, se da en los casos siguientes : ubicación de ventanas en el campo visual del sujeto; luz pobre que da lugar a contraste de iluminación intensa; deslumbramiento por la luz de vehículos automotores que corren en dirección opuesta sobre un mismo carril; el reflejo del sol sobre los ojos de un observador, y varios ejemplos más de los cuales el lector tiene conocimiento que fácilmente se pueden evitar o al menos hacerlos menos intensos.

Como se ha indicado antes, el deslumbramiento es la existencia de alguna fuente de luz o una superficie fuertemente iluminada dentro del campo visual y su razón fisiológica, consiste en que el ojo se acondiciona al nivel más alto de iluminación, contrayendo el iris y en estas condiciones el ojo no puede distinguir objetos sobre los que incide una iluminación menor (Flores, 1970). En la oscuridad el ojo es sensible a los objetos iluminados, mientras que en el día la sensibilidad disminuye. Así, cuando se ve la luz de un vehículo durante el día, el ojo la recibe

sin mayor esfuerzo, pero en la noche la misma luz, lo deslumbra.

d) Titileo Intenso. La luz brillante se puede presentar en una forma constante o de fluctuaciones y la reacción visual correspondiente dependerá de la forma como llegue al ojo. Por ejemplo, cuando un disco giratorio pintado mitad blanco y mitad negro, se hace girar aumentando gradualmente su velocidad. Se observará que las uniformes y rítmicas pulsaciones de luz, pronto se convierten en un titilar inestable de una luz cambiante que molesta. Pero una vez que el disco gira a alta velocidad, el destello desaparece y el observador ve un gris uniforme; a esa velocidad el estímulo negro y blanco se sigue con tal rapidez que el efecto de la parte blanca permanece y se derrama en la siguiente, produciendo la mezcla.

La visión es mejor cuando la frecuencia de los destellos es tan baja que se puede fácilmente distinguir cada uno de los colores, o tan alta que se produce la fusión de ellos. En el medio, donde es visible el centelleo desigual, la agudeza alcanza su peor nivel de visión.

El estímulo intermitente es tan común que se presenta diariamente a una mayoría de personas a través de las luces fluorescentes que centellean a tan altas velocidades, que llegan al punto de fusión y la luz percibida parece constante. Las personas se dan cuenta del centelleo, únicamente cuando empieza a gastarse el tubo fluorescente. La televisión es un medio donde se aplica la forma --

de estímulo visual intermitente. El cuadro está formado por franjas destinadas a mantener el centelleo a un nivel de rapidez suficiente para lograr la imagen sin molestar los ojos (Mueller y J. Rudolph, 1969).

Los tubos de T.V. son pintados con los colores primarios y otros adicionales para la formación de la imagen puntiforme coloreada -- que se presenta al observador. Paulton (1970) menciona además los efectos del titileo sobre las personas que son susceptibles, llegando a producir en éstas, efectos parecidos a la epilepsia a una frecuencia de 10 ciclos por segundo.

Pieron, et al (1960) al hablar de los factores que pueden perturbar la eficacia visual y oponerse a la comodidad, menciona los siguientes:

- a) La iluminación insuficiente, la cual es una causa de fatiga que exige esfuerzos de acomodación excesiva al tratar de compensar la baja agudeza, con una aproximación mayor a los objetos que se ven.
- b) El deslumbramiento, que puede manifestarse en tres -- formas:
 - i) El deslumbramiento grave de efecto duradero, que origina las postimágenes.
 - ii) Deslumbramiento estático y durable, debido a -- la presencia de zonas de iluminación en el -- campo visual.
 - iii) Deslumbramiento pasajero que cubre todo el -- campo o parte de éste.

Esta fatiga visual se traduce en una disminución para la discriminación de detalles, la rapidez para la acomodación (alternancia de la rapidez de la visión próxima y lejana) la fijación para la mirada y la coordinación binocular.

En general, la fatiga se manifiesta por una mayor frecuencia del parpadeo, lagrimeo y a veces cefalea.

Kravkov (1946) estableció que de tres colores de igual brillo (rojo, verde y azul violeta) es el verde el que produce menos fatiga y el azul violeta el que produce más. Además de los síntomas subjetivos de fatiga ocular, como el dolor en el globo del ojo y la falta de nitidez de las imágenes percibidas, el cansancio visual se puede caracterizar por los siguientes signos objetivos: mayor frecuencia de parpadeo y la persistencia de las imágenes en la retina, que es mayor en el ojo cansado.

El parpadeo oscurece la retina durante un breve instante y mejora la circulación de la sangre en los vasos oftálmicos; de este modo se da un breve descanso al ojo, cuyo parpadeo aumenta con el cansancio. El autor ha sugerido como índice del grado de fatiga visual; el número de parpadeos por minuto, así mismo encontró que la frecuencia de parpadeo depende de otros muchos factores, entre ellos la brillantez de la superficie que se mira y la humedad de la córnea.

5.11.- Accidentes relacionados con la Iluminación.

Los accidentes relacionados a la iluminación no han sido muy estudiados; solamente se conocen los de Vernon (1934) quien demostró que en cierto número de industrias inglesas: textiles, construcción naval, trabajo portuario, etc. se producía un 25% más de accidentes durante las horas de iluminación artificial que con luz diurna y que los atribuían probablemente a los grandes contrastes de intensidad luminosa.

El mismo autor señala, que cuando la iluminación se relaciona con autopistas, el número de accidentes disminuye en comparación con las carreteras no iluminadas. Los informes dados por el National Safety Council demostraron que en 1961 hubo una tasa de mortalidad más elevada durante la noche que durante el día, así:

Areas Iluminadas

En el día hubo 3 por 100 millones de millas-vehículos

En la noche hubo 9 por 100 millones de millas-vehículos

Areas Rurales no Iluminadas

En el día hubo 5 por 100 millones de millas -vehículos

En la noche hubo 12 por 100 millones de millas-vehículos

5.12.- Algunos estudios sobre el Efecto de la Iluminación.

De todos es conocido que el progreso de las ciencias se ha debido a las investigaciones en el campo experimental; en lo que a --- Psicología se refiere el progreso ha sido mayor, puesto que la experimentación le provee el material objetivo de su estudio, aumentando el conocimiento que sobre el comportamiento del hombre en -- actividad se posee.

Experimentos relacionados con los efectos en el comportamiento de los factores físico-ambientales en El Salvador, todavía no han sido posibles de tal manera que los conocimientos que al respecto se poseen son el producto de la experiencia obtenida en otros países con un desarrollo científico mayor.

En consecuencia, los conocimientos que sobre iluminación se exponen, se encuentran en el mismo nivel, es decir sin un estudio -- experimental sobre los efectos en el rendimiento humano. A conti-- nuación se presentan varios estudios relacionados con el factor lu-- minoso, acompañados de sus autores respectivos y que son el resul-- tado de las investigaciones realizadas en sujetos humanos, los cua-- les contribuyen grandemente a la comprensión de la influencia que ejerce la iluminación en el rendimiento humano en general. Guromosov (1969).

El autor menciona los efectos biológicos de la energía radiante y su importancia para la salud, asimismo encontró en base a obser--

vaciones, que la privación prolongada de luz solar, produce trastornos fisiológicos en el hombre.

Además, menciona los efectos térmicos de la iluminación cuyos efectos estimulantes llegan a la parte más elevada del sistema nervioso central, de tal manera que el ritmo de producción de calor aumenta en el hombre con un alumbrado fuerte, observó también que en edificios donde la temperatura disminuye, lo mismo ocurre con la temperatura de la piel que decrece sensiblemente. Un aumento de la iluminación de 40 a 90 luxes influye en el estado térmico del organismo. Al estimular el sistema nervioso central en esta forma, el aumento intensifica la producción de calor y hace subir la temperatura de la piel. Estas observaciones se han visto confirmadas por los experimentos con animales. Además, si el individuo pasa de la sombra a la luz solar, el efecto fisiológico es análogo al producido por el calor intenso de una lámpara, haciendo lo mismo. PIERON, et al (1960).

Los autores dicen que para discriminaciones finas con un fuerte contraste, hay necesidad de una iluminación mínima de alrededor de 100 lux, con ventaja para las iluminaciones más intensas y en estas condiciones luminosas hay un rendimiento efectivo, así como hay fatiga; pero hay un valor óptimo por encima del cual la fatiga aumenta y el rendimiento disminuye más rápidamente.

En un trabajo que consiste en reconocer sin detenerse las letras que desfilan por una estrecha abertura bajo un ángulo de ----

1.0 minuto, con una exposición del estímulo de 0.59 segundos en -- seis sujetos jóvenes; trabajando con tres niveles de iluminación -- de alrededor de 50, 1000 y 3000 lux; las observaciones han demostrado un rendimiento óptimo a los 1000 lux.

BROWN, et al (1972).

Los autores señalan las ventajas que presenta la iluminación -- indirecta como un recurso para reducir los contrastes brillantes, las sombras y el resplandor.

Demostraron que la eficacia visual disminuye cuando hay prolongado -- periodos de lectura continua, pero que la luz indirecta causa menos fatiga y permite mayor eficiencia que la directa, según un -- test, en lapsos de más de tres horas.

PIERCE Y WEILAND (1934).

Ghiselli y Brown (1959,p.291) Los autores arriba mencionados reportan -- que realizaron estudios sobre los efectos del color en un -- grupo de trabajadores. Para ello los investigadores instalaron -- una sala experimental, cuyas paredes fueron pintadas de blanco opaco para ser iluminadas mediante luces de diferentes colores y de -- la misma intensidad. En esta sala pusieron a trabajar a los sujetos -- en una tarea manual de repetición, exponiéndolos cada vez a un color luminoso distinto, los resultados aparecen en la tabla 2.

Tabla 2 Producción de una tarea manual de repetición, según el color de la iluminación.

<u>COLOR DE LA ILUMINACIÓN</u>	<u>PRODUCCION RELATIVA</u>
BLANCO	100
AMARILLO	93
VERDE	92
AZUL	78
ROJO	76
NARANJA AMBAR	76
AMARILLO AMBAR	54

Los resultados obtenidos mostraron que ninguno de los colores sometidos a prueba fué tan eficaz como la luz blanca. Los mismos datos revelan que la efectividad de la luz amarilla es superior al resto de los colores, exceptuando el blanco.

FERREE Y RAND (1935)

Los autores (Véase Ghiselli y Brown 1959,p.289) señalan que la intensidad de la iluminación requerida para un trabajo eficaz no sólo varía conforme a la situación del trabajo y a su clase, sino que también en lo que respecta al trabajador. De este modo, los autores comprobaron que cuando se trata de trabajadores muy jóvenes, se obtiene un nivel elevado de agudeza visual con una iluminación adecuada, y los aumentos de la intensidad de la luz solo producen aumentos sin importancia en cuanto a la agudeza visual. Sin embargo,

cuando se trata de trabajadores de edad madura con el mismo nivel de iluminación no se logra una agudeza visual máxima, excepto si - hay un aumento en la iluminación. Cuando se trata de trabajadores de más edad, un aumento en la iluminación no eleva apreciablemente la agudeza visual. Además, observaron que en condiciones inferiores de iluminación las diferencias se agudizan en cuanto a la productividad, cuando se comparan trabajadores de diferentes edades. BLOOMFIELD Y HADDAD (1966)

Después de someter a los sujetos de experimentación a una tarea visual, con diferentes intensidades de iluminación, los autores - confirmaron que la velocidad de la visión decrece a niveles bajos de luz, lo que produjo un mayor tiempo en realizar la tarea y por el contrario, a una mayor iluminación, los sujetos emplearon un -- menor tiempo en realizarla. Además observaron que debajo o arriba de ciertos valores, los sujetos manifestaron un decremento en la - producción. Por lo que concluyeron que la iluminación adecuada permite un rendimiento óptimo y en base a la velocidad de los músculos del ojo, determinaron la velocidad y precisión en las diferentes - ejecuciones, mostrando una mayor eficiencia visual en este sentido los sujetos jóvenes.

LUCKIESH Y MOSS (1940).

Los autores han recomendado que se utilice la frecuencia de parpadeo como base para la evaluación de las condiciones de iluminación, puesto que el parpadeo con el tipo de intensidad luminosa --

varía, tal como aparece en el cuadro siguiente sobre la frecuencia del parpadeo según la intensidad de la luz.

Tabla 3. Frecuencia del parpadeo según la iluminación.

Frecuencia del parpadeo	Iluminación(en lux)		
	10	100	1000
Número de parpadeos durante el primer y último período en lectura de cinco minutos.	35-60	35-46	36-39
Aumento de frecuencia del parpadeo durante el último período de cinco minutos (en %)	71.5	31.4	8.3

Considerando los resultados de la tabla anterior, los autores concluyeron que los efectos de la luz en el parpadeo de los ojos, aumentó a medida que se disminuyó la intensidad de la iluminación, así como ocurriría si se sobrepasara de aquellos niveles que se recomiendan de acuerdo a la tarea que se realice.

STEINBERG, D.D. (1966)

Trabajando con 100 sujetos, el autor realizó experimentos para determinar si la luz apropiadamente controlada para rayos infrarrojos y ultravioleta, podría ser sentida por las manos y los antebrazos. En efecto, los sujetos fueron testados en una situación de aprendizaje discriminativo y una vez obtenidos los resultados, éstos fueron analizados de modo que finalmente se notó una tenden-

cia lineal estadística mente significativa entre las variables. Una prueba realizada posteriormente de pares de medias mostró que la diferencia entre el primero y último bloque de pruebas, fue significativa, véanse tablas 4, 5, 6.

Tabla 4. Sumas y medias de Juicios Correctos para cada uno de los cuatro bloques de 10 pruebas con la suma y media de las 40 pruebas completas. $n=100$

BLOQUES	1 1 - 10	2 11 - 20	3 21 - 30	4 31 - 40	total
TOTAL	485	517	527	537	2066
MEDIA	4.85	5.17	5.27	5.37	20.66

Un análisis sobre los bloques de pruebas arrojaron una F de 5.51 significativa al nivel del 0.05. La diferencia entre las medias de los bloques 1 y 4 fue significativa, $p < 0.05$.

Tabla 5. Distribución de frecuencias de los puntajes de 100 Ss.

Número Total de correctos:	14	15	16	17	18	19	20
Número de Sujetos:	3	2	4	7	9	14	13
Número Total de correctos:	21	22	23	24	25	26	27
Número de Sujetos	6	10	9	13	6	1	3

Tabla 6 Puntajes Originales y de Retest para algunos sujetos con puntajes altos o bajos inusuales.

PUNTAJES			
Inusualmente Bajo		Inusualmente Alto	
N = 3	M	N = 8	M
Original	14-14-14	14	24-25-25-25-26-27-27-27 25.8
Retest	18-20-22	20	25 21 21 27 25 16 24 26 23.1

El encuentro de una tendencia y de una diferencia significativas en las medias entre los bloques primero y último de las pruebas parece indicar que los sujetos aprendieron a discriminar entre las condiciones de luz y oscuridad. La diferencia significativa entre las medias de los bloques de la primera y última pruebas apoyan estas conclusiones. Esta investigación sugiere que algún tipo de receptores en la piel del ser humano es capaz de sentir la radiación electromagnética del aspecto visible. La cuestión en cuanto a si tales receptores operan sobre las bases de una relación energía-temperatura o del tipo retinal no puede determinarse a partir de estos datos.

Por todo lo anterior, el autor concluye que los sujetos fueron capaces de sentir dermalmente la luz controlada para rayos infrarrojos y ultravioleta.

NAZZARO & TODOROV (1966).

Investigando a 63 sujetos los autores estudiaron sobre la influencia de niveles bajos de iluminación sobre la probabilidad de

respuesta. A los sujetos se les dieron 200 pruebas en una tarea de adivinar con dos escogitaciones. Las luces aparecieron de acuerdo a una presentación al azar; se usaron dos grupos, uno recibiendo refuerzo en proporciones de 75:25 y el otro de 50:50. En cada grupo se usaron tres condiciones de luminancia diferentes: la luz de recha más brillante que la izquierda, la luz derecha más opaca que la izquierda y ambas iguales. La iluminación mayor con luz más frecuente produjeron frecuencia de respuestas mayores que cuando ambas luces fueron iguales. La iluminación más baja con la luz más frecuente produjeron frecuencia de respuestas menores. Cuando ambas luces aparecieron frecuentemente en forma igual, la luminancia no tuvo efectos sobre la frecuencia de respuestas. Los datos fueron interpretados en términos de magnitud de refuerzo y en la formación incrementada de juegos de respuestas, llegando los autores a establecer las siguientes conclusiones:

Primeramente que las diferencias de luminancia ejercieron un efecto estabilizador sobre la variabilidad de la respuesta. Luego se concluyó, que fué evidente que los sujetos respondieran atendiendo a la posición, luminancia, frecuencia, secuencia y quizás a más situaciones complicadas y no simplemente a un factor aislado de estímulo. Finalmente dicen que las diferencias de luminancia pueden considerarse, en este experimento, determinantes débiles de la conducta.

CAVONIUS, C.R. & HILZ, R. (1970)

Los autores investigando sobre la sensibilidad visual con luz -

de color, realizaron experimentos con seis sujetos quienes ejecutaron tareas de agudeza visual y detección de luces después de ser expuestos a luces monocromáticas aparejadas con luminancia fotópicas. Tal como se ha encontrado en otros estudios la sensibilidad visual a luces opacas se recobra más rápidamente después de una exposición a una luz de onda larga (roja). Sin embargo, si al sujeto se le indica que discrimine detalles, su sensibilidad se recobra más rápidamente después de una exposición a ondas de alrededor de 600 μ (naranja), que después de una exposición a otra región del espectro. Este resultado inesperado puede ser debido a la interferencia del sistema escotópico cuando el sujeto ve objetos de prueba que no puede resolver. Los filtros profundos rojos tradicionales usados para preservar la adaptación a la oscuridad, son por lo tanto, adecuados solamente cuando la tarea visual subsecuente puede ejecutarse con visión escotópica únicamente.

BECK, J. (1971)

El autor llevó a cabo tres experimentos utilizando para ello a 29 sujetos. Dichos experimentos consistieron en iluminar porciones de dos pantallas de cartón proyectando las sombras respectivas sobre un fondo blanco. Para ello se utilizaron dos proyectores gemelos. El objeto de los tres experimentos fué disociar los efectos de contraste de aquellos correspondientes a una guía de sombra ante una iluminación dada. Los resultados confirman descubrimientos anteriores en el sentido de que la percepción de la claridad de su superficie puede ser afectada por guías proporcionadas por las condiciones de iluminación así como por las interacciones inhibitorias

que fundamentan el contraste. La hipótesis es que tales guías afectan la percepción de claridad mediante la creación de la impresión de una iluminación "especial".

PERETTI, PETER O. (1973)

El autor encontró diferencias significativas en la ejecución - entre los sujetos de los grupos de fuentes de iluminación intensa y débil y los de fuente de iluminación promedio, cuando investigó sobre el "Efecto de la iluminación sobre una tarea de interferencia palabra - color".

Los resultados en la tarea de interferencia de nombres de colores, como aparece en la tabla 7, mostraron que la ejecución puede ser una función del nivel de iluminación del material estímulo. Demasiada iluminación en los materiales estímulo conducen a que se emplee más tiempo en su conocimiento y expresión verbal, lo mismo ocurre con muy poca iluminación.

Los datos de la tabla 8, indican que la diferencia significativamente mayor se encontró entre el grupo de alta iluminación y el grupo de control, tanto en el tiempo como en los errores. Por lo tanto, en una tarea de interferencia palabra color, altos niveles de iluminación son peores que bajos niveles de iluminación.

RESULTADOS

Tabla 7 Tiempo promedio en segundos y número promedio de errores para leer la lista completa de palabras.

GRUPO	SUJETOS	TIEMPO Prom.	ERRORES Prom.	NIVEL ILUMIN.
Experimental 1	10	91.5	9.6	Alta 200 Watts
Experimental 1	10	82.2	7.1	Baja 25 "
Control	10	73.7	4.6	Prom. 75 "

Tabla 8 Resultados de la prueba T de significación entre los grupos Experimentales y de control por tiempo y Errores promedios.

SUJETOS	TIEMPO PROMEDIO	ERRORES PROMEDIO.
Grupo Experimental 1 y control	4.32 P 0.01	6.70 P 0.01
Grupo Experimental 2 y control.	3.81 P 0.01	4.52 P 0.01

Los estudios señalados anteriormente muestran la versatilidad - que revisten los experimentos realizados sobre los efectos de la -

sencillas que pueden llevarse a cabo con los recursos limitados que se poseen en el medio salvadoreño y que pueden proporcionar mejor entendimiento de las características de la percepción visual ante ciertas condiciones de iluminación. El experimento de Beck (1971) es una excelente ilustración en cuanto al estudio de la percepción de brillantez, dada la simpleza del procedimiento. Por otra parte, el experimento de Steinberg (1966) proporciona nuevas pautas hacia el descubrimiento de funciones especiales en los receptores de la piel y el cual también podría reproducirse en el país. El experimento de Peretti (1973) resulta importante ya que además de poderse reproducir fácilmente, muestra de un modo sencillo como los efectos de una mayor o menor intensidad de la iluminación, afecta negativamente el rendimiento humano.

Los experimentos restantes, aunque difíciles de reproducir, evidencian los efectos de la iluminación sobre la ejecución de una tarea. Si bien estas tareas no representan las actividades complejas que generalmente se dan en la industria, constituyen la base sobre la cual se erigirán otros experimentos más sofisticados y que en el futuro permitirán generalizar más ampliamente.

Evidenciándose la factibilidad para experimentar sobre la iluminación con respecto al rendimiento humano y en vista de la carencia de tales estudios en El Salvador, se hace necesario que se realicen experimentos en tal sentido, a fin de resolver los problemas que se presentan, cuando existe una iluminación inadecuada.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Después de revisar los aspectos tratados en el presente desarrollo monográfico, el lector advierte el señalamiento de los distintos elementos que intervienen en la iluminación y sus efectos en el rendimiento humano, tales como la interacción de la luz y el organismo en el proceso visual; algunos principios sobre iluminación interior y finalmente se mencionan estudios sobre el efecto de la luz en el rendimiento humano. Ahora bien, en base a la integración de estos conocimientos y con el deseo de que lo expuesto sirva como una aportación más a fin de comprender los beneficios y problemas que la iluminación proporciona, el autor se permite concluir y hacer las recomendaciones siguientes:

- 1) En cuanto a los efectos producidos por las características de la iluminación se puede concluir en primer lugar que un exceso de iluminación de lugar a cansancio visual, aumento de la frecuencia del parpadeo y otros malestares que incomodan la visión, de manera que la intensidad de la luz en estas circunstancias, produce reacciones que afectan el rendimiento humano en general. En vista de lo anterior y considerando que el ambiente luminoso debe responder a las condiciones que permitan ver con facilidad y sin fatiga al trabajador; debe instalarse una adecuada iluminación interior, supeditada por varios factores, mencionando entre ellos a las personas a quienes va dirigida, actividad que se desarrolla y el local a iluminar.

En segundo lugar, cuando hay iluminación insuficiente, la visión humana hace esfuerzos mayores para realizar la tarea visual que ejecuta, lo que implica un cansancio de la vista, puesto que exige esfuerzos excesivos de acomodación al tratar de compensar la baja agudeza, con una aproximación mayor a los objetos que se ven. Considerando lo anterior y con el fin de asegurar una comodidad visual, se recomienda una iluminación con la intensidad de acuerdo a la tarea visual, además la iluminación general, debe alumbrar efectivamente todos los objetos y áreas de interés, y cuando las condiciones lo requieran, hacer uso del alumbrado suplementario; también se debe tener en cuenta las facilidades de reflexión que presente el local a iluminar.

En tercer lugar, el deslumbramiento es un factor de perturbación y fatiga, que dificulta la visión, dando lugar al cansancio de la misma, que puede manifestarse, por un aumento del parpadeo, lagrimeo y a veces cefalea; también puede dar lugar a la persistencia de las imágenes en la retina y para evitar las incomodidades ya mencionadas, la primera medida es evitar todo tipo de deslumbramiento, ya sea retirando del campo visual la fuente de deslumbramiento o si es por luz reflejada, entonces se recomienda la separación de las superficies reflectoras de luz.

En cuarto lugar los extremos en el contraste de brillantez, --

también afectan la percepción, derivándose en incomodidad visual, ya que hece necesarias y frecuentes contracciones de los músculos del iris y la pupila; reduciendo de este modo las posibilidades visuales del ojo. Por tanto el contraste de brillo entre la tarea y la de los alrededores inmediatos debe ser tal, que no de lugar a los contrastes bien marcados tanto de color como de iluminación.

Finalmente, cuando el ojo se expone a un titilar inestable, producido frecuentemente por la luz de lámpara fluorescente en deterioro, se incomoda la visión, resultado en consecuencia, de una disminución de la agudeza visual. Por tal razón es recomendable que se cambien las lámparas después de un uso prudencial; otra medida de protección es evitando la exposición de los ojos a fuentes productoras de centelleo, como a pantallas de televisión con esa característica y otras fuentes de titileo que el lector conoce.

- 2) Considerando que la industria salvadoreña, en proceso de desarrollo, no se ha preocupado hasta el momento en resolver los problemas, que se le presentan cuando hay un manejo inadecuado de las condiciones físico-ambientales, para el caso la iluminación, fuente de trastornos que afectan el rendimiento del trabajador; se hace necesario estudiar el fenómeno luminoso y sus repercusiones en el comportamiento del hombre en la industria del país, puesto que los estudios de

este tipo vienen de otros países con un desarrollo científico mayor que el salvadoreño. Ahora bien, de realizar estas experiencias en El Salvador, la dependencia en estos aspectos, tendría que ser menor, y basándose en ese supuesto, la obtención y aplicación de esos conocimientos se facilitarían en el campo requerido.

- 3) Para finalizar y complementar lo anteriormente expuesto y en vista de la necesidad de personas con autoridad científica para el mejor aprovechamiento de los conocimientos que se relacionan con los factores físico-ambientales como determinantes en el rendimiento humano, se hace necesario que el psicólogo tenga una formación en los aspectos físicos y biológicos que involucren el conocimiento de los factores físico-ambientales en el rendimiento humano. Otro aspecto de considerar es la necesidad de integrar conocimientos y funciones -- por parte de ingenieros, médicos, psicólogos, y otros profesionales a fin de obtener logros más efectivos en la aplicación de las experiencias obtenidas en equipo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ALONSO, M. y ACOSTA, V. (1968) "Introducción a la Física III. Acústica, Óptica, Electromagnetismo". Colombia: Cultura Colombiana.
- ARDILA, R. (1971) "Psicología Experimental". México: Trillas.
- BARROWS, W.E. (1960) "Luz, Fotometría y Luminotecnia". Argentina: Hispano Americana, S.A.
- BECHTEREV, V.M. (1969) "The Special Experimental Method of Reflexology". En Pribram, K.H. (ed) "Memory Mechanisms. Brain and Behaviour 3". Harmondsworth, Inglaterra: Penguin.
- BECK, J. (1971) "Surface lightness and cues for the Illumination" The American Journal of Psychology, 84, 1 - 11
- BLOOMFIELD, J.J. (1964) "Introducción a la Higiene Industrial" Argentina: Reverté.
- BLOOMFIELD, J.J. y HADDAD, N. (1966) "Curso de Higiene y Seguridad Industrial". El Salvador: Universidad Nacional.
- BROWN, J.M. et al (1972) "Psicología Aplicada". Argentina: Paidós.

- CAESS (1969) "Fundamentos, Técnica y Aplicaciones de la Iluminación Moderna". El Salvador.
- CALAFAT, J.M. (1962) "Relaciones Recíprocas de la visión y Alumbrado del Ambiente de Trabajo". Revista de Psicología General y Aplicada. Madrid. 17, 892-895.
- CAVONIUS, C.R. & HILZ, R. (1970) "Visual Performance After Readaptación to Colored Lights". Journal of Experimental Psychology, 83, 359-365.
- CICARDO, V.H. (1955) "Física Biológica". Buenos Aires: Librern y Editores.
- COYNE ELECTRICAL SCHOOL (1970) "Electricidad Práctica Aplicada". México: Hispano Americana, S.A.
- COHEN, J. (1973) "Sensación y Percepción Visuales", México: Trillas.
- EDHOLM, D.G. (1967) "La Biología del Trabajo". Madrid: Guadarrama, S.L.
- FERREE C. & RAND G. (1935) Citado por Ghiselli, E. & Brown, W. (1959).
- FLORES, C.H. (1970) "Curso de Higiene y Seguridad Industrial". San Salv. Universidad de El Salvador.
- GHISELLI, E. & BROWN, W. (1959) "Psicología Industrial". México: Letras, S.A.

- GILMER, B.V.H. (1963) "Psicología Industrial". Barcelona. México: Grijalbo S.A.
- GOROMOSOV, M.S. (1969) "Base Fisiológica de las Normas Sanitarias, Aplicables a la Vivienda". Cap. 3 Cuadernos de Salud Pública, O.M.S.
- KRAVKOV, S.V. (1946) "Citado por GOROMOSOV (1969)"
- LUCKIESH, M. & Moss, F. (1940) "Citado por GOROMOSOV (1969)"
- MORGAN, C. (1968) "Psicología Fisiológica". Madrid. Edición del Castillo S.A.
- MUELLER, C.G y (1959). "Luz y Visión" New York: Time
 RUDOLPH, M. Life.
- NAZZARO, R. & (1966) "Influence of Luminance on a
 TODOROV, J.C. Twochoice Decision Task" 71, 696-699 Journal of Experimental Psychology.
- OSGOOD, Ch.E. (1971) "Curso de Psicología Experimental". México: Trillas.
- PERETTI, P.O. (1973) "Efecto de la Iluminación sobre una tarea de Interferencia palabra Color". Revista Latinoamericana de Psicología V.5 No.2 P. 123-130.
- PIERCE, D y (1934) "Citado por Ghiselli, E y
 WEINLAND, J. Brown (1959).

- PIERON, H. et al (1960) "Tratados de Psicología aplicada" Libro V: La Dirección Humana. Buenos Aires: Kapelusz.
- POULTON, E.C. (1970) "Environment and Human Efficiency". Illinois. Charles C. Thomas Publisher.
- RUBINSTEINS, J.L. (1967) "Principios de Psicología General". México: Grijalbo S.A.
- SCHOEN, Z.J.B. "Introductions in the use of Green Vision Test Cabinets". Department of Optometry, Chicago Colleg of Optometry.
- SIEGEL, L. (1965) "Psicología Industrial" México: Continental.
- SMIRNOV, A.A. et al (1969) "Psicología" México: Grijalbo S.A.
- STEINBERG, D.D. (1966) "Light Sensed Through Receptors in the Skin". The American Journal of Psychology, 79, 324-328.
- VERNON, H.M. (1934) "Citado por Brown, J.M. et al (1972).
- WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION (1962) "Manual de Alumbrado. Madrid: Electrónica Ibérica S.A.
- WOODWORTH, R.S. y SCHLOSBERG, H. (1964) "Psicología Experimental". Argentina Eudeba.