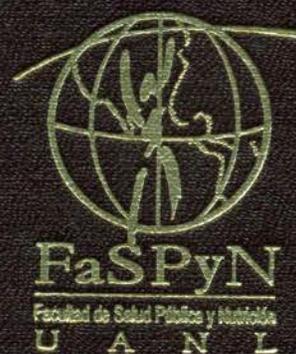


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE SALUD PUBLICA Y NUTRICION  
SUBDIRECCION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

MAESTRIA EN SALUD OCUPACIONAL



MONOGRAFIA

"EFECTO DE LA LUZ EN LA SALUD DE LOS TRABAJADORES"

MONTERREY, NUEVO LEON

JUNIO DE 2004



1020150079

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE SALUD PUBLICA Y NUTRICION  
SUBDIRECCION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

MAESTRIA EN SALUD OCUPACIONAL



MONOGRAFIA

"EFECTO DE LA LUZ EN LA SALUD DE LOS TRABAJADORES"

MONTERREY, NUEVO LEON

JUNIO DE 2004

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**  
**FACULTAD DE SALUD PÚBLICA Y NUTRICIÓN**  
**SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**  
**MAESTRÍA EN SALUD OCUPACIONAL**



**MONOGRAFÍA**  
**"EFECTO DE LA LUZ EN LA SALUD DE LOS TRABAJADORES"**

**MONTERREY, N. L.**

**JUNIO DEL 2004**

**Alumno:** Dra. Mayra Lourdes García Sánchez.

**Asesor:** Dr. Miguel Ángel Frías Contreras, *MSP*.

## AGRADECIMIENTOS

- **A Dios:** Por bendecirme a cada momento con tantas oportunidades y darme la sabiduría y fortaleza suficiente para poder aprovecharlas.
  
- **A mis Padres:** Un eterno agradecimiento por haberme dado el don de la vida, así como su amor, entrega y dedicación.
  
- **A mi Esposo:** Por acompañarme en ésta experiencia que un día inicié gracias a su apoyo, pero sobre todo gracias por tú tiempo, amor y paciencia.
  
- **A Mayra y Gerardo:** Mis preciosos hijos, un profundo agradecimiento por ceder su tiempo, para contribuir a mi desarrollo.
  
- **Al Dr. Miguel Ángel Frías Contreras:** Por su contribución y comentarios brindados para la elaboración del presente documento.

## INDICE

1	Luz natural y luz artificial .....	2
1.1	Sistemas de iluminación artificial .....	5
2	Efectos ópticos y no ópticos de la luz .....	6
2.1	Efectos ópticos de la luz .....	7
2.1.1	Proceso de la visión .....	8
2.1.2	Sensibilidad del ojo .....	9
2.1.3	Agudeza visual .....	10
2.1.4	Campo visual .....	11
2.2	Efectos no ópticos de la luz .....	12
2.2.1	Ritmos biológicos circadianos .....	16
2.2.2	Ciclo del sueño .....	17
2.2.3	Ciclo de la vigilia .....	19
2.2.4	Desincronización .....	21
2.2.5	Sd. de depresión estacional .....	22
2.2.6	Jet lag .....	23
2.2.7	Privación del sueño .....	23
3	Efecto en la salud de los trabajadores .....	24
3.1	Desincronización por el trabajo .....	24
3.2	Trabajo diurno con iluminación artificial .....	27
3.4	Papel del alumbrado artificial .....	28
3.5	Rendimiento y salud en el trabajo .....	30
3.6	Iluminación y rendimiento visual .....	31
3.7	Efecto estimulante de la luz .....	31
3.8	Estado de ánimo y reflejos .....	32
4	Niveles de iluminación .....	32
4.1	Normatividad y recomendaciones en el alumbrado .....	33
4.2	Iluminación en los puestos de trabajo .....	34
4.2.1	Magnitudes y unidades fotométricas .....	34
5	Factores que influyen en la visibilidad y en la eficiencia visual de los trabajadores .....	36
5.1	Características del observador .....	36
5.2	Características de la actividad laboral .....	37
5.3	Características del entorno .....	37
5.4	Características de la estructura .....	37
5.5	Condiciones para el confort visual .....	38
5.5.1	Distribución de la luz; deslumbramientos .....	39
5.5.2	Equilibrio de iluminancias .....	41
5.6	El confort visual en trabajos con pantallas de visualización de datos .....	41
6	Conclusiones .....	42
7	Sugerencias .....	43
8	Bibliografía .....	44

## INTRODUCCIÓN

Partiendo de que en la actualidad, se exige la actividad del hombre durante horas, en lugares en donde la luz es deficiente, o bien, falta en absoluto para el ejercicio de ciertas y determinadas tareas, y a pesar de que los seres humanos poseen una capacidad extraordinaria para adaptarse a su ambiente y a su entorno inmediato, se investigó sobre uno de los factores que más influencia tiene sobre el bienestar en general, ya que de todos los tipos de energía que pueden utilizar los humanos, la luz es la más importante.

La presente monografía estudia los efectos de la luz natural y artificial sobre la salud de los seres humanos en el ambiente laboral, a través de la revisión bibliográfica de investigaciones recientes sobre el tema.

Se describe la influencia de la luz en los efectos ópticos; es decir en la producción de estímulos cerebrales, capaces de transmitir una información visual. Así mismo, debido a que la influencia biológica de la luz es mucho más amplia y sobrepasa la percepción visual, se procedió a revisar los efectos no ópticos, los cuales incluyen una gama más amplia.

Dentro del ambiente global que compone un espacio, la iluminación es tan solo una parte, sin embargo se ha demostrado que es uno de los factores que más puede influir, tal vez porque la mayor parte de la información que obtenemos a través de nuestros sentidos, la obtenemos a través de la vista.

La luz es un elemento esencial para la capacidad de ver y necesaria para apreciar la forma, el color y la perspectiva de los objetos que nos rodean en nuestra vida diaria.

Finalmente el trabajo termina con una serie de conclusiones y sugerencias, consideradas como una aportación al tema de estudio.

## **OBJETIVO**

El principal objetivo, es establecer un análisis de los efectos de la luz natural y artificial sobre la salud de los seres humanos en el ambiente laboral.

Describir los efectos ópticos y no ópticos de la luz sobre el organismo de los seres humanos, con la finalidad de identificar las alteraciones de índole biológico y fisiológico en respuesta a la exposición de un alumbrado artificial inadecuado.

Señalar la importancia de considerar el alumbrado en etapas previas al proyecto de las empresas, para que el sistema de iluminación no sea considerado como un elemento añadido y sin importancia.

Resaltar que la iluminación juega un papel muy importante en el ambiente laboral, al influir en diferentes aspectos necesarios para mantener el bienestar y la salud de los trabajadores, por lo cual representa una condición importante que merece la atención de los médicos de empresas.

## **EFFECTOS DE LA LUZ SOBRE LA SALUD DE LOS TRABAJADORES**

A lo largo de la historia de la evolución, todas las especies se han ido adaptando al medio, bajo determinadas condiciones del entorno. El ser humano no ha sido ajeno a este fenómeno, ha ido evolucionando y adaptándose a las condiciones que existen, desarrollando así nuevas capacidades para sobrevivir.

La relación del ser humano con su entorno natural, se da a través de complejos procesos de intercambio de energía, comenzando por nuestro propio cuerpo, que responde a las variaciones del ambiente mediante procesos biológicos de adaptación.

Las energías naturales presentes en el ambiente, como son: la luz, el sonido y el calor, interactúan en él, ante los cuales el ser humano reacciona física, psicológica y fisiológicamente.

Gracias a los avances tecnológicos, el ser humano a sido provisto de una serie de adelantos, que le han permitido sobrevivir y poblar el planeta. Así como desarrollar actividades diversas y habitar en diferentes partes del mundo con diferentes condiciones climáticas, todo ello gracias a los avances en la construcción, control de energía y adaptación del ser humano.

Y a pesar de que el organismo de los seres humanos ha desarrollado mecanismos homeostáticos que interactúan con el medio ambiente, existen situaciones extremas que no pueden ser controladas.

Actualmente con la aparición del alumbrado artificial, han cambiado las condiciones naturales, alargando el día y permitiendo durante las horas de oscuridad, que el hombre desarrolle actividades que solo realizaba durante las horas de luz natural.

Demostrándose como los espacios mal diseñados, con deficiencias en la ventilación, iluminación, condiciones térmicas y / o acústicas, ocasionan daños a la salud de las personas, debido a la pérdida del equilibrio.

Ahora bien, no debemos olvidar que ciertos aspectos del bienestar humano, como el estado mental o el nivel de fatiga, se ven afectados por la iluminación y por el color de las cosas que lo rodean.

Desde el punto de vista de la salud ocupacional, su importancia estriba en el ambiente de trabajo, espacios en donde las personas requieren un ambiente lumínico adecuado a sus actividades por periodos prolongados de tiempo, cuyas características les permitan no solo realizar tareas visuales, sino que les brinde confort así como gozar de salud y bienestar, durante el tiempo que dure su jornada laboral.

### **1. Luz Natural y Luz Artificial**

La luz natural y artificial componen el ambiente lumínico de los espacios. La luz natural y su disponibilidad, presentan una variación diaria, estacional y anual. Por lo tanto existe una gama impresionante que conjuga niveles de iluminación. La atmósfera terrestre es la responsable que dicha radiación llegue a la superficie, interactuando con la materia y de este modo, haciendo posible la vida.

La Luz Natural, proviene del ambiente natural, es decir del Sol y puede ser:

- Directa
- Indirecta o Reflejada
- Difusa

La luz, consiste en radiaciones electromagnéticas de diferentes longitudes de onda, que corresponden a cada una de las bandas del espectro visible, capaz de estimular al ojo humano<sup>(1)</sup>

El espectro visible para el ojo humano es aquel que va desde los 380 nm de longitud de onda para el color violeta, hasta los 780 nm para el color rojo.

Fuera de estos límites, el ojo no percibe ninguna clase de radiación.

Es importante saber que en realidad esa luz blanca que nos ilumina está compuesta por varios colores, los colores del espectro visible, los colores que el ojo humano puede ver.

Si se descompone la luz blanca del Sol mediante un prisma, se forma un abanico de colores desde el violeta, azul, azul-verde, verde-amarillo, naranja hasta el rojo. Este fenómeno es causado por las diferencias de sus longitudes de onda.

Cada color tiene una longitud de onda característica. Los colores u objetos coloreados solo aparentan tener un color cuando dicho color está presente en el espectro de la luz que lo ilumina.

El rojo, es la longitud del onda más larga y el violeta la más corta. El ojo humano percibe estas diferentes longitudes de onda como colores.

Una luz con todos los colores espectrales, como la luz solar, posee excelentes propiedades para reproducir colores.

Ahora bien, por arriba del espectro visible, se encuentra el infrarrojo, que abarca una onda de 780 nm a 1mm y por lo tanto, no es visible al ojo, pero cuando es absorbida se convierte en radiación térmica.

Por debajo del espectro visible, se ubica la banda ultravioleta, cuyas longitudes de onda van de 100 a 400 nm. Una cantidad de ella, es imprescindible para la vida en la Tierra.

En el caso de las fuentes de iluminación artificiales, las características lumínicas son distintas a la natural.

La luz artificial, como su nombre lo indica proviene de una fuente artificial y se produce al transformarse la energía, ya sea por combustión ó a partir de electricidad; incandescencia, luminiscencia. El espectro de radiación entre una fuente y otra, difiere entre el espectro de radiación emitido, el índice de reproducción cromática y la temperatura del color principalmente.

El ambiente lumínico junto con la capacidad del ojo, son fundamentales para que el ser humano se desenvuelva en su entorno físico, ya que permiten:

- Orientarse en el espacio
- Desempeñar una tarea
- Modificar su ambiente y estado de ánimo
- Sentir confort visual
- Comunicarse socialmente
- Experimentar seguridad
- Tener salud y bienestar

A través de la historia, el ambiente lumínico ha desempeñado un papel importante en la configuración de los espacios, las personas desarrollaban sus actividades de acuerdo a la disponibilidad de la luz natural, razón por la cual en ausencia de ella, recurrieron a fuentes artificiales como: velas, antorchas, etc., cuyas características eran bastante limitadas para permitir actividades a detalle, sin provocar un gran esfuerzo visual.

A partir de la invención de la lámpara por Thomas A Edison a finales le siglo XIX y a la incorporación de nuevos elementos en la Revolución Industrial, surgieron cambios importantes en el diseño de los espacios de trabajo y las nuevas características lumínicas permitieron mejorar la percepción visual en los interiores.

En la actualidad, el alumbrado artificial a crecido cuantitativa y cualitativamente, contribuyendo a una mejora en la calidad de vida y a la actividad social del ser humano.

## **1.1 Sistemas de Iluminación Artificial.**

Los sistemas de iluminación más utilizados son los siguientes:

### **▪ Iluminación General Uniforme**

En este sistema, las fuentes de luz se distribuyen uniformemente sin tener en cuenta la ubicación de los puestos de trabajo.

El nivel medio de iluminación debe ser igual al nivel de iluminación necesario para la tarea que se va a realizar.

Son sistemas utilizados principalmente en lugares de trabajo donde no existen puestos fijos.

Debe tener tres características fundamentales:

- Primero.- estar equipado con dispositivos antibrillos; rejillas, difusores, reflectores.
- Segundo.- distribuir una fracción de la luz hacia el techo y la parte superior de las paredes.
- Tercero.- las fuentes de luz deben instalarse a la mayor altura posible, para minimizar los brillos y conseguir una iluminación lo más homogénea posible.

### **▪ Iluminación General y Localizada de Apoyo**

Se trata de un sistema que intenta reforzar el esquema de la iluminación general situando lámparas junto a las superficies de trabajo.

Las lámparas suelen producir deslumbramiento y los reflectores deberán situarse de modo que impidan que la fuente de luz quede en la línea directa de visión del trabajador.

Se recomienda utilizarla cuando las exigencias visuales sean cruciales, como en el caso de los niveles de iluminación de 1.000 lux o más. Generalmente, la capacidad visual del trabajador se deteriora con la edad, lo que obliga a aumentar el nivel de iluminación general o a complementarlo con iluminación localizada.

- **Iluminación General Localizada**

Es un tipo de iluminación con fuentes de luz instaladas en el techo y distribuidas teniendo en cuenta dos aspectos: las características de iluminación del equipo y las necesidades de iluminación de cada puesto de trabajo.

Está indicado para aquellos espacios o áreas de trabajo que necesitan un alto nivel de iluminación y requiere conocer la ubicación futura de cada puesto de trabajo con antelación a la fase de diseño.

Al igual que otros avances tecnológicos la iluminación artificial contribuye con una mejor calidad de vida, pero también hay que considerar que en su producción y puesta en marcha nos topamos con las repercusiones sobre el medio ambiente. En este sentido valdría la pena hacer un alto para pensar la dirección adecuada del alumbrado artificial, de cara un desarrollo sostenible. <sup>(2)</sup>

## **2. Efectos Ópticos y No Ópticos de la Luz**

La luminotecnia basa sus estudios sobre la luz en los efectos ópticos, es decir: la producción de estímulos en la corteza cerebral, capaces de transmitir una información visual.

Este enfoque se justifica en la predominancia del tratamiento de la luz artificial cuya intensidad propia y densidad de uso habituales, no alcanzan una magnitud notable. En esas condiciones, la influencia de la luz puede limitarse a sus efectos ópticos.

Si consideramos en cambio la luz natural proveniente de la radiación solar, no podemos limitarnos a esa perspectiva. La influencia biológica de la luz es mucho más amplia y afecta a otros diversos aspectos.

Debemos considerar que la Radiación Solar ha sido el medio energético en cuyo entorno se han desarrollado y han evolucionado los seres vivos terrestres.

Nuestro organismo es el resultado de una adaptación a la composición espectral, intensidad, ciclos de evolución de la luz natural, y la influencia que ejerce sobre nuestro organismo sobrepasa la percepción visual.

En los efectos ópticos, nos referiremos a todos aquellos elementos que se consideran forman parte o permiten el sistema de visión en los seres humanos.

En los efectos no ópticos, explicaremos los elementos que inciden sobre otros procesos relacionados con la luz, pero que se diferencian del proceso visual. <sup>(3)</sup>

## **2.1 Efectos Ópticos de la Luz**

En la actualidad sabemos que la luz visible es sólo una pequeña parte del espectro de radiación.

Medida en longitud de onda ( $\lambda$ ), sabemos que se extiende desde 380 nm hasta 780 nm. Fuera de ese rango, existen otras radiaciones, formando junto con la visible el espectro total de radiación proveniente del sol.

El conjunto de luz, el ojo humano y la percepción psicológica generan una información a través de imágenes, determinadas en gran medida por el tipo de luz bajo el cual se miran los objetos.

### 2.1.1 Proceso de la Visión

Desde el punto de vista fisiológico, el ojo está sometido a campos electromagnéticos.

Aunque el ojo es denominado a menudo el órgano de la visión, en realidad el órgano que efectúa el proceso de la visión es el cerebro; la función del ojo es traducir las vibraciones electromagnéticas de la luz en un determinado tipo de impulsos nerviosos que se transmiten al cerebro a través del nervio óptico.

**El cristalino**, filtra la acción de estos campos, rechazando algunos de ellos, y otros pueden atravesarlo: orienta la recepción en dos dimensiones del espacio, acomoda el enfoque en una tercera dimensión espacial y adapta su diámetro a la intensidad de la radiación.

**El iris** ubicado al frente, utiliza a la pupila para regular la entrada de luz y mejorar la profundidad del campo. Este ajuste es automático dependiendo de las condiciones de iluminación.

Con la edad, la capacidad de enfocar se reduce por endurecimiento de los tejidos de la lente. Como la capacidad de acomodación depende de la cantidad de luz, las personas mayores requieren de un nivel de iluminación superior que el necesario para las personas jóvenes.

La habilidad del ojo para ajustarse a diferentes niveles de claridad, se denomina adaptación y aun cuando la pupila controla la cantidad de luz que ingresa al ojo, es en la retina en donde ocurre el mayor rango de adaptación.

El proceso de la visión es activo, como veremos a continuación:

La retina está compuesta por elementos recubiertos de pigmentos que reaccionan químicamente a determinadas radiaciones. Aquí se produce la traducción de la señal electromagnética en señal visual.

La retina cuenta con aproximadamente 130 millones de fotorreceptores y en ella existen dos tipos de células sensibles a la luz, las cuales debido a su forma son denominados:

- **Bastones:** concentrados alejados de la fovea, los cuales son muy sensibles a la intensidad luminosa, y actúan con poca energía, ellos son los responsables de la visión nocturna, denominada visión escotópica.
- **Conos:** Concentrados en la fovea, son poco sensibles a la intensidad de la luz y necesitan más energía. Son los responsables de la visión del color y de la definición espacial, así como de la llamada visión fotópica.

Cercano al eje óptico del ojo, se encuentra la zona máxima de agudeza visual, una depresión denominada **fovea**, donde los receptores de la visión diurna y del color se concentran.

Las reacciones químicas que se producen en conos y bastones, generan un impulso eléctrico, una señal que es transmitida por terminales nerviosas.

En relación a la visión se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- La sensibilidad del ojo
- La agudeza visual
- El campo visual

### 2.1.2 Sensibilidad del Ojo

Es quizás el aspecto más importante relativo a la visión y varía de un individuo a otro.

Si el ojo humano percibe una serie de radiaciones comprendidas entre los 380 y los 780 nm, la sensibilidad será baja en los extremos y el máximo se encontrará en los 555 nm.

La sensibilidad del ojo a las distintas longitudes de onda de la luz, se representa mediante una curva denominada "**curva de sensibilidad del ojo**".

El ojo tiene su mayor sensibilidad en la longitud de onda de 555 nm.

En el caso de niveles de iluminación débiles esta sensibilidad máxima se desplaza hacia los 500 nm.

La visión diurna con iluminación alta, se denomina "visión fotópica"; actúan ambos sensores de la retina: los conos fundamentalmente, sensibles al color y los bastones sensibles a la luz.

En el crepúsculo y la noche, "visión escotópica", se produce el denominado Efecto Purkinje, que consiste en el desplazamiento de la curva de sensibilidad hacia las longitudes de onda más bajas, quedando sensibilidad máxima en la longitud de onda de 507 nm. Esto significa que, aunque no hay visión del color, no trabajan los conos, el ojo se hace relativamente muy sensible a la energía en el extremo azul espectro y casi ciego al rojo; es decir que, durante el Efecto Purkinje, de dos haces de luz de igual intensidad, uno azul y otro rojo, el azul se verá más brillante que el rojo.

### **2.1.3 Agudeza Visual**

Es la facultad de éste para apreciar dos objetos más o menos separados. Se define como el mínimo ángulo bajo el cual se pueden distinguir dos puntos distintos al quedar separadas sus imágenes en la retina; para el ojo normal se sitúa en un minuto la abertura de este ángulo. Depende asimismo de la iluminación y es mayor cuando más intensa es ésta.

#### 2.1.4 Campo Visual

Es la parte del entorno que se percibe con los ojos, cuando éstos y la cabeza permanecen fijos.

A efectos de mejor percepción de los objetos, el campo visual lo podemos dividir en tres partes:

- Campo de visión neta: visión precisa.
- Campo medio: se aprecian fuertes contrastes y movimientos.
- Campo periférico: se distinguen los objetos si se mueven

En el área visual del cerebro se recoge, el conjunto correspondientes a una imagen. Esta percepción visual no tiene forma de imagen, sino una matriz de códigos correspondientes a: cualidades de impulso, posición de impulso y secuencia temporal de impulsos.

La recepción de esta matriz de códigos en la corteza cerebral no garantiza la visión, sino que debe ser decodificado, lo cual implica: fonemas, vocabulario, estructura, gramática.

Aquí entra un conjunto de estructuras, que llamamos personalidad, la personalidad les confiere un lenguaje propio. Algunos investigadores, plantean que a este nivel se incorporan elementos mucho más complejos, debido a que los estímulos provenientes del exterior, la mayor parte de origen visual, también se componen de otros estímulos sensoriales. Para estos autores, los principios fundamentales del proceso perceptivo son:

1. - Cualquier percepción no es el resultado de una única estimulación, siempre que existan diferentes estímulos simultáneos, internos o externos.

2. - Toda percepción es el resultado de las características innatas del individuo y a la vez de un proceso de aprendizaje.

## **2.2 Efectos No Ópticos de la Luz**

Los seres humanos tenemos fotorreceptores en diversas partes del cuerpo además de los ojos, que son sensibles a la luz.

Las radiaciones del espectro electromagnético que inciden sobre los efectos no ópticos, van del ultravioleta UV (100-400 nm), pasando por el visible (400-780 nm), hasta el infrarrojo IR cercano (780-1400 nm).

Cada una de estas longitudes de onda afecta de manera diversa nuestro organismo; *Figura 1*

La radiación electromagnética es detectada por nuestro organismo a través de los ojos, la piel, sangre y cuero cabelludo.

Sus efectos incluyen fenómenos negativos y positivos tales como, los daños en los tejidos oculares, efectos en la piel, formación de tumores, regulación hormonal, y la sincronización de los ritmos biológicos.

Aparte de la vista, el ciclo diario de luz y oscuridad también sincroniza directa o indirectamente los ritmos bioquímicos y hormonales en el ser humano.

Dentro de los efectos no ópticos, que en su mayoría afectan de manera física al ser humano, encontramos importantes procesos de regulación fisiológica que guardan relación con los relojes y los ritmos biológicos.

A nivel fisiológico se han encontrado dos rutas bien diferenciadas de entrada de información a partir de la luz, que provocan impulsos nerviosos en nuestro cerebro; las dos se generan en la retina, pero después se separan.

EFFECTOS O APLICACIONES	ULTRAVIOLETA (100-400 NM)	VISIBLE INFRARROJO CERCANO (380-1400)	INFRARROJO (ARRIBA DE 1400 NM)
<b>PIEL</b>	Eritema Fotocarcinogénesis Envejecimiento cutáneo Fotosensibilidad a las drogas Melanogénesis Melanoma	Quemaduras Eritema (térmico, inmediato) Fotosensibilidad a las drogas	Quemaduras Eritema (térmico inmediato)
<b>OJO CÓRNEA LENTE RETINA</b>	Foto conjuntivitis Foto queratitis Cataratas (inmediatas y a largo plazo) Coloración Esclerosis Cambios retinales	Cataratas infrarrojos cercano. Lesión térmica Lesión de choque Retinitis solar Degeneración retinal	Quemaduras conmocionales. Cataratas infrarrojo
<b>FOTOTERAPIA</b>	Psoriasis Herpes simple Odontología  Vitiligo, Fotoquimioterapia, micosis	Desprendimiento de retina Retinopatía diabética Bilirubinemia Glaucoma Borrar manchas-tatuajes Terapia foto dinámica. Cirugías Depresión invernal Desorden afectivo estacional, trabajo de turnos, jet lag. Terapia con láser	
<b>BENEFICIOS</b>	Vitamina D Pigmentación protectora	Ritmos biológicos Actividad hormonal Comportamiento	Calor radiante

**Figura No 1: efectos no ópticos de la luz, sobre el ser humano.**  
Fuente: IESNA Lighting handbook (2000)

Una va hacia la corteza visual a través del Núcleo Genicular Lateral, y otra hacia el Hipotálamo vía Núcleo Supraquiasmático, generando consecuencias fisiológicas que iremos detallando.

La primera ruta ha sido bastante estudiada y ha servido para establecer los mecanismos de visión y percepción del ser humano a partir de la luz, pues muestra cómo se codifica la información en nuestro cerebro generada por los

estímulos lumínicos de radiación óptica, incidiendo directamente sobre la retina o bien sobre todos los objetos que componen nuestro entorno, de tal manera que podemos reconocer todo aquello que nos rodea.

La segunda ruta, no óptica, es aquella a través de la cual se genera una sincronización con el ambiente geofísico.

Se trata de una ruta nerviosa especial a lo largo de la cual se transmite información sobre el nivel de luz ambiental desde la retina hasta el reloj biológico, que está localizado en el área del Hipotálamo.

El rol que desempeña el Hipotálamo como centro de control de un sinnúmero de procesos fisiológicos generados a partir de la información ambiental, ha sido muy estudiado.

Una vez que la información llega al Hipotálamo a través de la retina, los agentes involucrados en este proceso fisiológico son: el Núcleo Supraquiasmático, Núcleo Paraventricular, Médula Espinal, Ganglio Cervical Superior y la Glándula Pineal que es en donde se produce la hormona del sueño o melatonina.

Además de la información recibida a través de la retina, los efectos no ópticos requieren que se pongan en marcha dos sistemas muy importantes, el sistema endocrino y el sistema nervioso autónomo.

Las actividades más naturales en nuestra vida diaria, están reguladas por mecanismos de control que contribuyen a mantener el equilibrio. Esta regulación también influye en el comportamiento. <sup>(4)</sup>

Los relojes biológicos, son neuromecanismos capaces de medir el tiempo y de señalar al organismo que comience o cese periódicamente su actividad. En el cuerpo del ser humano existen múltiples sistemas que actúan de forma cíclica, cuyos periodos varían mucho dependiendo de su función, hablamos de

frecuencias altas; como es el caso de los latidos del corazón, frecuencias medias; como el sueño REM, o lentas como los ciclos reproductivo.

Se ha determinado a través de largas experimentaciones, que el ser humano mantiene dichos ciclos, aún bajo condiciones de aislamiento total, lo cual significa que los relojes biológicos son mecanismos internos, independientes del exterior y que controlan los sistemas a que nos hemos referido anteriormente.

En la literatura médica se hace referencia al término Ritmo Biológico, para referirse a las oscilaciones, regulares en el tiempo, de una variable biológica. Es decir, cuando utilizamos el concepto de ritmos biológicos no hacemos más que referimos a los ciclos que están controlados por los relojes biológicos y que en el ámbito del cuerpo humano actúan para garantizar nuestra supervivencia.

Decíamos antes que los ritmos biológicos se mantienen aún cuando no existen las referencias geofísicas. Los especialistas sugieren que este hecho se debe a que en nuestro planeta existen diversos ambientes naturales y a que las variaciones estacionales, generadas por los movimientos de rotación y traslación de la Tierra alrededor del Sol, crean diferencias en las condiciones lumínicas, incluso entre un día y otro. Por lo tanto, resulta lógico pensar que los complejos sistemas en el organismo humano deben seguir trabajando aún bajo las condiciones ambientales más adversas, ya que de otra forma no se garantizaría su permanencia sobre la Tierra.

Como la alternancia día-noche (luz-oscuridad) es el factor geofísico que más influye sobre los ritmos biológicos, la teoría más aceptada dice que los relojes biológicos se sincronizan con éste y suponen que la función evolutiva de dicha concordancia puede traducirse en un mejor aprovechamiento de los recursos y una disminución de las pérdidas energéticas. <sup>(5)</sup> No obstante, no debemos olvidar otros factores que también influyen, como las condicionantes sociales o cualquier índole de carácter distinto al meramente biológico.

0150079

### 2.2.1 Ritmos Biológicos Circadianos

Acuñado por F. Halberg en 1959, el término ritmo circadiano describe a uno de los ritmos biológicos. Su nombre proviene del griego *circa* = alrededor y *diano* = día.

Antes de continuar con la descripción de los ritmos circadianos pensemos que lo anterior explica un proceso evolutivo, dando como resultado que el hombre enfrentado a su medio natural se rija por la variación entre noche y día, dedicando una parte al descanso y otra a la actividad física.

Se puede decir que los Ritmos Circadianos son la consecuencia de los cambios de actividad, en función de la hora del día.

Obviamente en la actualidad las actividades que podemos desarrollar los seres humanos son bastante complejas y diversas, sin embargo persiste ésta sincronización con el entorno natural, pues de ello, entre otras cosas, depende la vida.

Quizás ahora nos sea más fácil entender los ritmos circadianos, definidos desde la perspectiva médica como aquellos ciclos cuyo periodo fluctúa alrededor de 24 horas, sincronizándose con el lapso luz-oscuridad a través de procesos fisiológicos, en este caso a partir de una señal circulante, la hormona pineal melatonina, que mide la duración de la noche, ya que su síntesis y liberación están inhibidas por la luz; su nivel es generalmente bajo durante el día, la secreción se incrementa al caer la tarde, llega a su máximo nivel durante la noche y se disuelve al amanecer.

Es impresionante cómo ello explica uno de los ritmos más importantes en nuestra vida diaria, como lo es el de sueño y vigilia. Cada día nuestro organismo se pone en marcha en cuanto nos despertamos dispuestos a comenzar nuestras actividades, sin que ello quiera decir que durante las horas de reposo no haya

estado trabajando, ya que como veremos brevemente a continuación, durante el sueño se llevan a cabo procesos fisiológicos de gran relevancia.

### **2.2.2 Ciclo del Sueño**

Entre todas las funciones que presentan ritmicidad circadiana en el hombre, el ritmo de sueño vigilia es el más importante.

Los especialistas en estudios del sueño han encontrado que aún cuando dormimos, nuestro cerebro continúa su actividad y a pesar de que aún no se han dilucidado todos los mecanismos fisiológicos que se llevan a cabo en este periodo, se han comprobado muchas hipótesis respecto a la necesidad vital de dormir.

La aparición de estadios de sueño durante la noche no es un proceso aleatorio, sino un proceso organizado y bien definido, que tiene su origen en el sistema nervioso.

El rendimiento físico y / o intelectual del ser humano no es uniforme durante el día, sino que presenta una clara periodicidad circadiana, con una disminución durante las horas nocturnas. Las fluctuaciones diarias en la memoria, tiempo de reacción, destreza manual y apreciación subjetiva del estado de alerta, corresponden al período de mayor actividad, cuya duración es de aproximadamente 16 horas y otro de menor actividad, de 8 horas. Son los llamados ciclos de vigilia y sueño, respectivamente.

Ahora describiremos los aspectos más importantes del ciclo sueño-vigilia.

El centro del sueño y la vigilia se encuentra en diferentes puntos del cerebro, específicamente, en el hipotálamo y tálamo el del sueño, y en la formación reticular de la corteza, el de la vigilia.

El sueño es un requerimiento básico que no puede postergarse ya que pequeñas reducciones, producen caídas significativas en el rendimiento, en especial en horas de la noche.

El período de sueño se compone de cuatro estadios, además del denominado REM, que se repiten de manera secuencial durante la noche y teóricamente cada uno de ellos cumple una función. Bajo los diferentes estadios, el cerebro registra ondas cerebrales de diferente actividad eléctrica. Por ejemplo, durante el estadio 4, correspondiente al sueño profundo, se pierde casi totalmente el tono muscular, pasamos a un estado como de trance, del cual es difícil despertar.

El descubrimiento del sueño REM (*Rapid Eyes Movement*), fue desconcertante en el sentido de que se producían las mismas ondas cerebrales que durante la vigilia, por lo tanto los médicos dedujeron que quizá durante este periodo nuestro cerebro registraba información recibida a lo largo del día y la reorganizaba, en una situación análoga a un ordenador almacenando todos los datos en carpetas.

El sueño REM, fisiológicamente se caracteriza por la desaparición del tono muscular, movimiento rápido de los ojos, cambios frecuentes en la tasa respiratoria y del pulso. Mediante la comprobación del consumo de energía y el flujo de sangre cerebral durante el sueño, se reveló su parecido más acorde a la vigilia, por eso se le denominó como una puerta a la vigilia, puesto que es durante este periodo del sueño que mantenemos contacto con lo que sucede a nuestro alrededor y del cual es más fácil despertar, en comparación con los otros cuatro estadios.

Algunos de los factores que modifican el ciclo del sueño a lo largo de la vida del ser humano, es la edad, y al parecer la duración de cada estadio a edades diferentes, responde a cambios en los requerimientos por parte del sistema endocrino, ya que la producción de hormonas en general, se ve afectada por la transición de una época a otra de nuestra existencia.

Por ejemplo, durante el primer año de vida hay dos cambios importantes, comienza la aparición de un período de sueño único y continuo y un período de vigilia continuo. Esto se relaciona con la secreción de la hormona del crecimiento, principalmente.

También la relación entre los ritmos sueño-vigilia y temperatura corporal resulta muy interesante, pues diversos estudios han encontrado una correlación significativa.

Las personas en un ambiente normal se van a dormir cuando la curva de su temperatura corporal comienza su descenso diario. Y cuando hablamos de actividad, su mayor rendimiento coincide con su temperatura más elevada. Lo anterior, tomando en cuenta que los cambios en el ritmo diario de la temperatura corporal, no son el resultado de la temperatura ambiental durante la transición del día a la noche, o de la actividad muscular durante el día.

Controlados por diferentes relojes biológicos, el ritmo de temperatura corporal y el ritmo sueño-vigilia se mantienen constantemente sincronizados con el ciclo diario de 24 horas.

El objetivo de explicar algunos de los elementos que componen el mecanismo del sueño, es entender que bajo la ausencia de luz natural nuestro organismo aprovecha para descansar y al mismo tiempo reorganizar toda la información recibida durante el periodo de vigilia, cuando los sentidos, las funciones fisiológicas y la actividad se encuentran en sus puntos más altos.

### **2.2.3 Ciclo de la Vigilia**

Ahora veamos que es lo que sucede durante la vigilia, fisiológicamente la melatonina ha dejado de producirse, nos despertamos y nuestra curva de temperatura corporal comienza a subir. En respuesta a la fase de luz natural,

dicha curva tiene su punto más alto hacia el mediodía y decrece hacia la tarde, al ponerse el Sol.

El periodo en que permanecemos despiertos dura aproximadamente 16 horas, contra 8 que dedicamos al sueño, coincidiendo con la secuencia de temperatura corporal.

Desde el punto de vista del rendimiento al realizar algún tipo de actividad, también se ha encontrado que no obtenemos la misma respuesta a lo largo del día, coincidiendo para la mayoría de pruebas los mejores resultados con el mediodía, y los peores con el atardecer.

En general, todas las constantes a que nos hemos referido anteriormente se mantienen, excepto cuando realizamos cambios notables en el ambiente geofísico, durante un período en que no se le permita a nuestro organismo reajustarse rápidamente a las nuevas condiciones.

En cuanto al cortisol, hormona secretada por las suprarrenales bajo condiciones de estrés, debido a que una de sus funciones es la de permitir la movilización de energía en condiciones de emergencia; es por ello que al despertarse se encuentran niveles alto de esta hormona, con el fin de preparar al organismo para combatir las exigencias físicas de la vigilia. Dicho aumento comienza durante el sueño y se va incrementando paulatinamente hasta llegar a su punto mas alto al despertarse el sujeto.

Otro de los aspectos que cambia drásticamente es, el tono muscular, responsable de que permanezcamos erguidos al realizar nuestras actividades.

También las ondas cerebrales durante la vigilia son diferentes a las del sueño (excepto el sueño REM), y el equilibrio entre gastos y requerimientos energéticos se va modificando a lo largo de las 16 horas que dura el ciclo.

El intercambio energético con nuestro medio ambiente, no cesa durante el periodo de vigilia; de ello depende que podamos realizar cualquier tipo de actividad en las mejores condiciones posibles.

El rendimiento de una persona traducido en la capacidad de concentración, la atención y rapidez para realizar una tarea, se ven afectados durante el periodo de vigilia por la actividad cerebral y por funciones fisiológicas y psicológicas en concordancia con su ambiente, del cual la luz forma parte.

#### **2.2.4 Desincronización**

Una vez descrito el papel que juega la luz y la oscuridad en la vida de los seres humanos, revisaremos los elementos que actualmente se han estudiado con respecto a alteraciones de los ritmos biológicos, especialmente del ciclo sueño-vigilia.

La regularidad de estos ciclos puede verse afectada debido a varios factores, los cuales pueden ocasionar daños severos a la salud de los seres humanos.

Podemos hablar de condiciones normales, por ejemplo cuando nuestro ritmo sueño-vigilia u otros ritmos están en sincronía con el ambiente geofísico. En este caso se presentarían periodos de sueño-vigilia con pocas variaciones a lo largo del tiempo. Sin embargo puede existir que dicha sincronización se vea alterada provocando un avance o retraso de fase del ritmo.

Un ejemplo de ello es el síndrome de fase de sueño demorado, trastorno que consiste en la dificultad de conciliar el sueño antes de la primeras horas de la madrugada; una vez que se consigue dormir, el sueño no presenta alteraciones, pero al final el individuo es incapaz de despertarse antes del mediodía, aproximadamente.

Si se trata de un avance de fase, la persona se va dormir muy pronto por la tarde y se despierta en la mitad de la noche, lo cual representa también una falta de coordinación con la vida social de la persona.

Sin embargo de acuerdo a estudios realizados por laboratorios del sueño, estos casos son menos frecuentes que los de retraso de fase.

La resincronización, aunque es posible por diferentes medios, no ocurre con la misma velocidad para los distintos componentes rítmicos. La disociación entre los diferentes ritmos biológicos del organismos es la causa de fatiga y del bajo rendimiento en esas situaciones.

Existen al menos dos situaciones de desincronización de los ritmos.

### **2.2.5 Síndrome de Depresión Estacional**

Existe en el Hemisferio Norte, una alteración en el patrón diario que puede causar fatiga, alteraciones del sueño, depresión y padecimientos somáticos. La variación anual de la cantidad de horas de luz, junto con un cambio de fase inapropiado del ritmo circadiano, se consideran las principales causas tanto del letargo común del pleno invierno en la estación oscura, como de los estados agudos de depresión que ocurren durante otoño y primavera, es lo que se denomina SAD, por sus siglas en inglés - *Seasonal Affective Disorder* -, o subSAD, si los síntomas son menos severos.

Estos son padecimientos de depresión que recurren anualmente, a menudo acompañados de síntomas vegetativos, apareciendo usualmente entre los meses de noviembre y febrero. <sup>(6)</sup>

También se han documentado algunos estudios en Finlandia, Suecia, Noruega, Alaska, Dinamarca, Escocia y el centro de Estados Unidos. En el Hemisferio Sur, se ha identificado el SAD durante el invierno en Antártica, Australia y Sudáfrica <sup>(7)</sup>.

### **2.2.6 Jet lag**

En la actualidad realizamos viajes en tiempos reducidos por diversos husos horarios. Lo cual ocasiona que cuando realizamos viajes intercontinentales, el tiempo ambiental cambia bruscamente.

En esos casos nuestro organismo se desincroniza, el ciclo sueño-vigilia y el sistema circadiano no pueden seguir este repentino cambio de fase, y mientras se adecua a la nueva situación, pueden producirse algunos malestares fisiológicos.

A los síntomas debidos a dicho desajuste se les ha denominado Jet lag <sup>(8)</sup>.

Las personas que sufren este padecimiento se sienten cansada en un cierto momento del día y presentan dificultad para conciliar el sueño o para levantarse temprano, incrementándose la sensación de fatiga y falta de concentración. También el apetito disminuye y se presentan síntomas de alteraciones digestivas.

### **2.2.7 Privación del Sueño**

La privación del sueño nocturno es capaz de producir alteraciones en la actividad física y mental del individuo, e influye negativamente en varios aspectos del rendimiento, conduciendo a disminución del tiempo de reacción, respuestas retardadas, y pérdida de la memoria.

Las secuelas de la carencia de sueño, son factores importantes a considerar en situaciones de alteración de los ritmos biológicos, como el trabajo en turnos.

Existen muchos motivos para causar la privación del sueño, desde la decisión personal de trasnocharse, sufrir insomnio o bien realizar trabajo en turnos nocturnos. Lo cual prolonga la actividad del ser humano hasta las horas nocturnas, que en condiciones normales debe dedicarse al sueño, que como ya lo hemos mencionado anteriormente, durante los diferentes estadios de sueño, el cerebro

continúa trabajando para reorganizar la información recibida durante el día y el cuerpo realiza intercambios de energía para prepararlo para la vigilia.

### **3. Efecto en la Salud de los Trabajadores**

#### **3.1 Desincronización por el trabajo**

Desde la perspectiva laboral, los trabajadores se ven obligados a realizar labores determinadas durante la noche o en turnos rotatorios.

En un mundo moderno donde el factor tiempo es cada vez más importante, el reloj circadiano impone límites rígidos en el cronómetro sueño / vigilia, que se percibe cada vez más como limitación en la actuación humana.

Este conflicto está bajo los "desórdenes" del sueño que producen el retraso circadiano en los trabajadores nocturnos, problemas que no son realmente enfermedad en absoluto, pero que en cambio reflejan la función normal del ritmo circadiano que cronometra en el contexto de demandas extraordinarias en planificación del dormir y de la vigilia.

Cualquiera que sea la clasificación apropiada del fenómeno, el retraso por un viaje largo o el insomnio del trabajo nocturno, representan problemas sociales importantes que merecen atención de salud pública y de la atención médica.

El ciclo circadiano continuará produciendo tensión en miles de personas diariamente. Los millones de obreros, en todo el mundo, que regularmente intentan trabajar por la noche y dormir durante el día, con frecuencia sufren disrupción crónica del sueño.

El aspecto más importante de la fisiología del ciclo circadiano humano es que limita la adaptación a los horarios extremos inherentes en el trabajo nocturno y en los viajes largos.

La exposición a la luz del sol para el trabajador nocturno, o para los viajeros al llegar a su destino, resulta en el restablecimiento del reloj biológico al tiempo medioambiental.

Estudios prospectivos concuerdan en los hallazgos de la literatura que indican que el hecho de que los seres humanos sean "diurnos" y de que algunas de sus funciones fisiológicas básicas están asociadas con sus capacidades de desempeño, sujetas a cambios de ritmos circadianos, sugiere que los humanos pueden no estar adecuados de manera ideal para el trabajo nocturno.

Sin embargo, el trabajo rotativo ha sido practicado durante generaciones de un modo o de otro. Aun así hay poca información precisa disponible acerca de que efectos tiene el trabajo rotativo sobre las funciones fisiológicas o el desempeño físico, y no hay un acuerdo general de qué tipo de trabajo rotativo o de horario de trabajo es preferible. La mayoría de la información disponible se refiere a aspectos clínicos, esenciales o psicológicos del trabajo rotativo.

Una revisión de la literatura indica que la salud de los trabajadores rotativos en general es buena, a pesar de los síntomas frecuentes de pérdida de sueño y alteraciones digestivas, y que los efectos sociales y domésticos, representan problemas mayores que los fisiológicos.

Los resultados de los estudios que establecen los efectos sobre la productividad son controvertidos, del mismo modo los resultados a la frecuencia de accidentes.

El ausentismo por enfermedad parece ser menor entre los trabajadores con turno rotativo que entre los trabajadores diurnos. Y se ha sugerido que los efectos fisiológicos y biológicos están relacionados con los ritmos circadianos.

Estudios sistemáticos de hombres que realizan trabajos rotativos y de los que realizan trabajo nocturno continuo, indican que para los trabajadores de los turnos rotativos, representa una carga fisiológica sobre el organismo. Causa

desincronización entre las funciones tales como, la temperatura corporal y los relojes biológicos que gobiernan esta función. Estos estudios muestran que hay diferencias individuales considerables en la reacción al trabajo rotativo, apoyando la experiencia general de que no todo el mundo está capacitado igualmente para el trabajo; algunos individuos muestran valores altos de eliminación de catecolaminas urinarias durante el trabajo rotativo, el esfuerzo mayor ocurre cuando el trabajador, después de varios días libres, comienza a trabajar en horario nocturno. Los resultados de este estudio indican que es preferible alternar entre el trabajo y el tiempo libre de modo regular en lugar de asignar varios días libres consecutivos.

El estudio de trabajo nocturno mostró que al inicio, la temperatura corporal y el pulso caen en el transcurso de la noche, como si el sujeto estuviera dormido. Lleva varias semanas que este ritmo se invierta, en vista de esto, resultaría no realista mantener a los trabajadores rotativos en trabajo nocturno continuado por periodos prolongados para obtener el beneficio con reacciones fisiológicas invertidas, dado que tal inversión tarda demasiado en ocurrir y se pierde cuando se interrumpe por un único día. Pero ciertas medidas y descanso, parecen estar asociados con menos accidentes laborales y lesiones. <sup>(9)</sup>

Por ejemplo; en las tripulaciones de las aerolíneas, algunas empresas intentan controlar el problema con estrictas agendas de vuelo, que suponen periodos de descanso para ajustar los ritmos de la tripulación.

Algunas de las medidas propuestas para contrarrestar dichos efectos tienen que ver más con el diseño de los turnos, aunque por regla general, nunca se ha llegado a una solución ideal.

El informe V de la OIT en la 76ª reunión 1989 de la Conferencia Internacional del Trabajo sobre el trabajo nocturno, refiere la importancia de conocer los síntomas de intolerancia y desadaptación al trabajo nocturno y tener en cuenta las

alteraciones del sueño, trastornos del apetito, enfermedades como la diabetes, epilepsia, y psicopatías, así como, conocer las dificultades de carácter individual o familiar que pueden influir en la adaptación a este tipo de trabajo.

Se sugiere que la vigilancia de la salud es particularmente importante en estos trabajadores durante los primeros seis meses.

Así como en los trabajadores de edad avanzada ya que son más vulnerables a los trastornos, e incluso se ha señalado el peligro de envejecimiento prematuro y el aumento de la morbilidad. Los trastornos del sueño son más graves en estos trabajadores, especialmente cuando la antigüedad en este tipo de trabajo es importante. Por lo tanto se ha previsto en algunos países, ya sea por la legislación o la vía del convenio la posibilidad de transferencia, en caso de intolerancia, a un empleo con horario normal diurno y a veces a la jubilación anticipada.

A pesar de estas consideraciones, la mayoría de las legislaciones en medicina del trabajo no han otorgado un trato preferente a los trabajadores a turnos.

En Francia la Orden Ministerial de 11 de julio de 1977 refiere, que la vigilancia médica especial debe cubrir a todos los trabajadores que laboran en turno de noche y en caso de patología intercurrente o inadaptación, proponer si es necesario su traslado.

### **3.2 Trabajo diurno con iluminación artificial**

A diferencia de la sintomatología relacionada con el sistema fisiológico de la visión y las características de reproducción de la luz de las fuentes artificiales, los padecimientos por desincronización del ritmo circadiano han sido reportados en fechas recientes, debido a que los sistemas de iluminación han llegado a niveles y condiciones que se ha sugerido pueden influir en la sincronización con el ciclo luz-oscuridad.

La utilización de alumbrado artificial durante el día y en algunos casos la exclusión de luz natural en los espacios de trabajo, han derivado en espacios con una iluminación deficiente.

Lo cual afecta el estado emocional, nivel de estrés y capacidad de trabajo.

### **3.3 Papel del Alumbrado Artificial**

Hasta aquí, no hemos hecho más que tratar de sintetizar todo aquellos conceptos que pueden ayudarnos a entender las repercusiones que tiene el ciclo de luz-oscuridad sobre el ser humano, generando unos efectos no ópticos, cuya influencia es indiscutiblemente importante.

El desarrollo experimentado por el Alumbrado Artificial a partir de mediados del pasado siglo XX, ha intensificado su uso hasta límites en los que su acción sobre el ser humano supera lo meramente óptico y es posible detectar su influencia en otros aspectos biológicos. Los estudios, provenientes en principio del área médica, han llegado a confluir con los propios del área luminotécnica.

Ahora veremos por qué se considera que dentro del área luminotécnica, dichos conocimientos pueden generar una mejora en la conceptualización del alumbrado artificial. Mientras describíamos todo lo anterior nos referíamos básicamente a aquellos tiempos en que el alumbrado artificial aún no tenía los alcances que tiene en la actualidad y ahora veremos por qué.

Los primeros experimentos demostraron que la luz artificial de bajos niveles no producía cambios a nuestros ritmos biológicos, es decir que no alteraba el ritmo circadiano sueño-vigilia, pero estamos hablando de los niveles que puede proporcionar un sistema de iluminación en la mesilla de noche, por ejemplo.

Sin embargo, en algún momento se descubrió que altos niveles de luz , alrededor de 2500 lux aplicados durante la noche, suprimían la producción de melatonina, lo cual sí puede alterar el ritmo circadiano de los sujetos.

Obviamente, lo que permitió producir tal cantidad de luz no nos sorprende ahora, puesto que se debe a los avances tecnológicos que ha experimentado el alumbrado artificial en tan sólo 120 años de existencia.

Este hallazgo médico que en un principio se utilizó para fines terapéuticos junto con la administración de melatonina para curar trastornos del sueño, se convirtió más tarde en la base de algunos experimentos para demostrar que iluminando los espacios de trabajo nocturnos con estos niveles de luz, se podrían reducir los riesgos de adormecimiento experimentado por los trabajadores, puesto que al suprimirse la producción de melatonina, se '*engaña*' al organismo, haciéndole creer que es de día.

Tal vez en este punto podemos reflexionar acerca de lo impactante que resulta lo anterior, pues si hemos dicho que el dormir es fundamental en la vida, de acuerdo con muchos autores privar del sueño a una persona puede conllevar a que ésta padezca alteraciones de muy diversa índole.

Para el periodo de vigilia también las cosas han cambiado, pues en las actividades que desarrollamos dentro de espacios construidos, el ambiente lumínico se compone cada vez más de la conjunción entre luz natural y luz artificial, siendo más y más importante la aportación del alumbrado artificial, que dadas las características actuales de su producción permite un sinnúmero de matices que comúnmente no se explotan ni en su totalidad, ni en beneficio de los usuarios.

Al pensar por un instante que los niveles de luz artificial dentro de los lugares de trabajo en los cuales muchas personas pasan gran parte del día y permanecen sin variaciones periódicas importantes. Y si hemos comentado que nuestro organismo está sincronizado por la luz natural, la cual es cambiante, y que la capacidad de

atención y por lo tanto el rendimiento de las personas no se mantienen constantes: tal vez resultaría lógico contar en los centros de trabajo con un alumbrado artificial variable, para que fuera más acorde con la biología de los seres humanos.

### **3.4 El Rendimiento y La Salud en el Trabajo**

En años recientes el estudio de los efectos psicobiológicos de la luz se ha convertido en uno de los campos de estudio de la iluminación. Se han realizado en el ámbito internacional investigaciones sobre la variación diurna de la luz natural, los efectos de la luz sobre el estado de alerta o relajación, y padecimientos de depresión estacional.

Existen muchos temas en los cuales se puede investigar a partir de los postulados médicos que hemos visto. Considerando que las líneas más importantes a investigar son aquéllas relacionadas con los ambientes de trabajo, ya que son los espacios donde las personas requieren un ambiente lumínico adecuado a sus actividades por periodos prolongados de tiempo, cuyas características les permitan no sólo realizar tareas visuales, sino que les proporcione un espacio agradable y sobretodo, que puedan concentrarse en el trabajo y sentir bienestar en el tiempo que dure su jornada laboral.

Se considera que las dos premisas sobre las que debe de trabajar a fin de conseguir ese objetivo son: el estudio del rendimiento y la salud de las personas en el trabajo, en función del ambiente lumínico. Más adelante se vera que no es una tarea fácil, debido a que el ambiente lumínico es tan sólo una parte del ambiente global que compone un espacio, junto con el ambiente acústico y térmico, sin embargo, se ha demostrado que es uno de los factores que más puede influir, probablemente porque aproximadamente el 85% de la información que recibe el organismo ingresa a través de los ojos.

Ahora bien aquellos componentes que pueden influir sobre la mejora del rendimiento en el trabajo son: la atención y la rapidez con que se lleva a cabo una

tarea; ambos componentes tienen un valor asociado, que puede ser medido de manera objetiva en el transcurso de la jornada de trabajo.

Y respecto a la salud de las personas se considera que un nivel subjetivo de cansancio y de concentración en función del ambiente lumínico puede arrojar datos acerca de qué tanto responde la luz a las necesidades naturales de transición, ya que recordemos nuestro organismo está en sincronización con un ambiente natural cambiante. Entre la salida y puesta de Sol hay una gran variación, cuya incidencia sobre nuestro ciclo diario de actividad es más que evidente.

### **3.5 Iluminación y Rendimiento Visual**

La iluminación industrial abarca un amplio espectro de locales de trabajo y de tareas, desde pequeños talleres a enormes naves industriales, y desde tareas que exigen una gran precisión a trabajos industriales pesados. La calidad de la luz ha de ser siempre suficiente para garantizar un rendimiento visual adecuado a la tarea en cuestión.

El rendimiento visual de una persona depende de la calidad de la luz y de sus propias capacidades visuales. En este sentido, la edad es un factor importante, ya que con ella aumentan las necesidades de iluminación.

### **3.6 Efectos Estimulantes de la Luz**

Los efectos estimulantes de la luz son reconocidos por casi todo el mundo. No sólo los distintos efectos de la luz del exterior en invierno y en verano, sino también los efectos de la luz en los entornos cerrados

Aunque el efecto es en parte psicológico, existe también un componente físico que contribuye a producirlo. Los distintos niveles de iluminación producen cambios en las curvas EEG (electroencefalograma) e influyen en el Sistema Nervioso Central,

y por tanto en diversas funciones fisiológicas. Inclusive algunos estudios recientes sugieren que la luz repercute positivamente en aspectos tales como el ritmo cardíaco y los niveles de insulina. <sup>(10), (11), (12)</sup>

### **3.7 Estado de Ánimo y Reflejos**

En el ámbito industrial, los reflejos ó grado de alerta, poseen una importancia vital por influir no sólo en el estado de ánimo sino también en el rendimiento y en la prevención de accidentes.

Otros estudios indican que el aumento de los niveles de iluminación para combatir la fatiga prolonga el tiempo de alerta de los sujetos.

Lo que también se refleja en la composición de los EEG con un menor contenido de ondas delta (indicador de somnolencia), demostrando que la luz intensa excita el sistema nervioso central. <sup>(13), (14), (15)</sup>

Los niveles de estrés y las quejas de los que laboran en interiores, sólo se han estudiado en comparación con aquellos que trabajan bajo una combinación de luz artificial y natural. De estos estudios se desprende que el estrés al que está sometido el grupo de la iluminación mixta es sustancialmente menor en verano que en invierno. De donde puede deducirse que el componente de luz diurna predominante en la época estival contribuye a reducir el número de quejas por estrés. La luz intensa en invierno es muy probable que compense esta diferencia <sup>(16) (17)</sup>.

## **4. Niveles de Iluminación**

### **Consideraciones Generales**

Como hemos visto el alumbrado artificial se ha ido transformando, no solo en cuestiones tecnológicas sin también en la necesidad de reglamentar su uso,

gracias a las investigaciones realizadas, con lo cual se han generado cambios en la configuración de los espacios de trabajo.

El nivel de iluminación es solo una de las características de la luz, tanto natural como artificial. Conceptos como direccionalidad, temperatura de color, é índice de reproducción cromática, son otros de los conceptos que describen sus cualidades.

Sin embargo como parámetro de diseño, el nivel de iluminación siempre a estado presente en las recomendaciones y normativas de las organizaciones internacionales, por que se ha demostrado, que es un parámetro fácilmente cuantificable y de mucha influencia.

En diferentes países, como es el caso de Europa, las normas de los niveles de iluminación han sufrido rápidas modificaciones desde los años 30, ya sea con el fin de cuantificar la cantidad de energía gastada, contribuir al ahorro de energía con la utilización de luz natural como es el caso de: Rusia, Australia, Holanda, y Suiza, ciudades que han requerido que sus espacios de trabajo tengan acceso directo a la luz natural.

Pero en general existe hoy en día una tendencia hacia los niveles de iluminación para tipos específicos de actividad, más que para los aspectos arquitectónicos o de decoración.

Sin embargo no existe un consenso entre países para el nivel correcto específico para cada tarea.

#### **4.1 Normatividad y Recomendaciones en el Alumbrado**

Las condiciones del ambiente lumínico en Europa se basan en las normas establecidas por la Comisión Internacional de Iluminación, en ellas se hace referencia fundamentalmente en los niveles de iluminación, dependiendo de la

actividad visual a desempeñar, y establece tablas de iluminancias recomendadas para que cada país elabore las propias conforme a sus propios lineamientos.

La legislación Mexicana, a través de la *NOM-025-STPS-1999*, solo contempla los niveles de iluminancia en luxes para las áreas de trabajo, de tal forma que no represente un factor de riesgo para la salud de los trabajadores al realizar sus actividades. Así como la obligación de la empresa de efectuar y registrar el reconocimiento, evaluación y control de los niveles de iluminación en todo el centro de trabajo, e informar a todos los trabajadores, sobre los riesgos que puede provocar el deslumbramiento o un deficiente nivel de iluminación.

## **4.2 Iluminación en los Puestos de Trabajo**

El acondicionamiento ergonómico de la iluminación en los puestos de trabajo tiene por objeto favorecer la percepción visual, con el fin de aumentar la eficiencia, la seguridad y el bienestar de las personas, ya que como hemos visto la iluminación industrial es uno de los principales factores de carácter micro climático.

Para conseguir esto, las características de la iluminación deben adecuarse tanto a las exigencias de la tarea como a las necesidades del operador.

La evaluación integral de la iluminación implica medir y determinar los siguientes aspectos:

### **4.2.1 Magnitudes y Unidades Fotométricas**

Si partimos de la base que para poder hablar de iluminación es preciso contar con la existencia de una fuente productora de luz y de un objeto a iluminar, las magnitudes que deberán conocerse serán las siguientes:

- **Flujo luminoso:** cantidad de energía luminosa emitida por una fuente de luz durante una unidad de tiempo, es un factor que depende únicamente de las propiedades intrínsecas de la fuente de luz, su unidad es el lumen (lm)

y es un dato proporcionado por los fabricantes de lámparas y aparatos de iluminación.

- **Intensidad luminosa:** flujo luminoso emitido en un ángulo sólido en una dirección dada, y su unidad es la candela (cd), al igual que el flujo luminoso es una magnitud característica de la fuente.
  
- **Iluminancia o Nivel de iluminación:** magnitud característica del objeto iluminado, ya que indica la cantidad de luz que incide sobre una unidad de superficie del objeto, cuando es iluminado por una fuente de luz y su unidad de medida es el Lux.  $\text{lm}/\text{m}^2$ .
  
- **Luminancia o brillo fotométrico:** característica propia del aspecto luminoso de una fuente de luz o de una superficie iluminada, y es la relación entre la intensidad luminosa y la superficie vista por un observador situado en la misma dirección (superficie aparente). Unidad:  $\text{cd}/\text{m}^2$ .

Es lo que produce en el órgano visual la sensación de claridad; la mayor o menor claridad con que vemos los objetos igualmente iluminados depende de su luminancia.

Podemos decir entonces, que lo que el ojo percibe son diferencias de luminancia y no de niveles de iluminación.

- **Contraste:** diferencia de luminancia entre un objeto y su entorno o entre diferentes partes de un objeto.
  
- **Reflectancia:** proporción de la luz que es reflejada por una superficie. Es una cantidad no dimensional. Su valor varía entre 0 y 1.

## **5. Factores que Influyen en la Visibilidad y en la Eficacia Visual de un Trabajador. <sup>(18)</sup>**

Una iluminación correcta es aquella que permite distinguir las formas, los colores, los objetos en movimiento y apreciar los relieves, y que todo ello, además, se realice fácilmente y sin fatiga, es decir, que asegure el confort visual permanentemente.

El análisis ergonómico de la iluminación de un puesto o zona de trabajo, pasa por tener en cuenta los siguientes condicionantes:

- Características del observador
- Características de la actividad laboral
- Características del entorno
- Características de la estructura

### **5.1 Características del Observador**

Dentro de este factor intervienen factores fisiológicos del trabajador tales como:

- Capacidad Visual
- Edad

La capacidad visual de una persona viene determinada por las facultades más importantes del ojo, que son las siguientes:

- La agudeza visual: capacidad de percibir y discriminar visualmente los detalles más pequeños.
- La acomodación visual: capacidad que tiene el ojo humano para enfocar los objetos a diferentes distancias, implica visión cercana y lejana.
- La adaptación visual: proceso a través del cual el ojo se adapta a los diferentes niveles de luminosidad.

## **5.2 Características de la Actividad Laboral**

Los condicionantes de la tarea que deben tenerse en cuenta para una correcta iluminación son:

- Dimensiones de los objetos a observar o manipular.
- Brillo de los objetos.
- Tiempo disponible para ver el objeto.
- Contraste de color y brillo entre el objeto que esta observando el trabajador y su alrededor.

## **5.3 Características del Entorno**

Dentro de los condicionantes del entorno se analizará:

- Dimensiones.
- Colores.
- Forma.
- Textura

## **5.4 Características de la Estructura**

Se analizará en este apartado los condicionantes inherentes a la estructura en función de:

- Posición de los puntos de luz.
- Distribución lumínica (dispersa, concentrada).
- Tipología y diseño de los puntos de luz.
- Relación luz natural - luz artificial.

## **5.5 Condiciones para el Confort Visual**

Para asegurar el confort visual hay que tener en cuenta básicamente tres puntos, que situados por orden de importancia son los siguientes:

- Nivel de iluminación.
- Deslumbramientos.
- Equilibrio de las luminancias.

No debemos, olvidarnos de otro factor fundamental para conseguir un adecuado confort visual en los puestos de trabajo, que es el tipo de iluminación: natural o artificial.

La iluminación de los locales de trabajo debe realizarse, con un aporte suficiente de luz natural, aunque ésta, por sí sola, no garantiza una iluminación correcta, ya que varía en función del tiempo. Por lo que es preciso compensar su insuficiencia o ausencia con la luz artificial.

### **Nivel de iluminación**

El nivel de iluminación óptimo para una tarea determinada corresponde al que da como resultado un mayor rendimiento con una mínima fatiga.

Las cualidades visuales aumentan hasta una iluminación de 1000 lux para estabilizarse hacia los 2000 lux. El nivel de iluminación de un puesto de trabajo se adaptará a la tarea a realizar .

Los valores mínimos de iluminación artificial quedan regulados en la NOM-025-STPS-1999

### 5.5.1 Distribución de la luz; deslumbramiento

Los factores esenciales en las condiciones que afectan a la visión son la distribución de la luz y el contraste de luminancias. Por lo que se refiere a la distribución de la luz, es preferible tener una buena iluminación general en lugar de una iluminación localizada, con el fin de evitar deslumbramientos. El constante ir y venir por zonas sin una iluminación uniforme causa fatiga ocular y, con el tiempo, esto puede dar lugar a una reducción de la capacidad visual.

Cuando existe una fuente de luz brillante en el campo visual se producen brillos deslumbrantes; el resultado es una disminución de la capacidad de distinguir objetos.

Los trabajadores que sufren los efectos del deslumbramiento constante y sucesivamente pueden sufrir fatiga ocular, así como trastornos funcionales, aunque en muchos casos ni siquiera sean conscientes de ello.

El deslumbramiento puede ser:

- **Directo:** cuando su origen está en fuentes de luz brillante situadas directamente en la línea de visión o
- **Reflejado:** cuando la luz se refleja en superficies de alta reflectancia.

En el deslumbramiento participan los factores siguientes:

1. **Luminancia de la fuente de luz:** la máxima luminancia tolerable por observación directa es de 7.500 cd/m<sup>2</sup>.
2. **Ubicación de la fuente de luz:** el deslumbramiento se produce cuando la fuente de luz se encuentra en un ángulo de 45 grados con respecto a la línea de visión del observador.

En general, se produce más deslumbramiento cuando las fuentes de luz están montadas a poca altura o en grandes habitaciones, porque las fuentes de luz así ubicadas pueden entrar fácilmente en el ángulo de visión que provoca deslumbramiento.

**3. Distribución de luminancias:** entre diferentes objetos y superficies: cuanto mayores sean las diferencias de luminancia entre los objetos situados en el campo de visión, más brillos se crearán y mayor será el deterioro de la capacidad de ver provocado por los efectos ocasionados en los procesos de adaptación de la visión.

Los valores máximos recomendados de disparidad de luminancias son:

- Tarea visual: superficie de trabajo = 3:1.
- Tarea visual: alrededores = 10:1.

**4. Tiempo de exposición:** incluso las fuentes de luz de baja luminancia pueden provocar deslumbramiento si se prolonga demasiado la exposición.

Evitar el deslumbramiento es un propósito relativamente sencillo y puede conseguirse de diferentes maneras. Una de ellas, por ejemplo, es colocar rejillas bajo las fuentes de iluminación, o utilizar difusores o reflectores parabólicos que puedan enfocar la luz apropiadamente, o instalar las fuentes de luz de modo que no interfieran con el ángulo de visión. A la hora de diseñar el ambiente de trabajo, la correcta distribución de la luminancia es tan importante como la propia iluminación, pero también es importante considerar que una distribución de luminancias excesivamente uniforme dificulta la percepción espacial y tridimensional de los objetos.

### **5.5.2 Equilibrio de Luminancias**

El nivel de iluminación no es suficiente para asegurar el confort visual de una tarea. Es preciso además mantener un equilibrio entre la luminancia del objeto y las correspondientes a las diferentes superficies incluidas dentro del campo visual.

Cuando en una tarea o plano de trabajo se utilice iluminación localizada de apoyo, ésta y la iluminación general tienen que guardar una relación para que el equilibrio de luminancias sea correcto.

Otro punto a considerar son los contrastes de luminancias entre el plano de trabajo y las paredes. Las posibles molestias se presentan como consecuencia de un desequilibrio entre la luminancia de la tarea y la de la pared frontal ya que éstas respectivamente delimitan los campos visuales de trabajo y reposo.

### **5.6 El Confort Visual en Trabajos con Pantallas de Visualización de Datos**

Este punto requiere de un apartado especial, ya que muchas de las condiciones de confort indicadas para los trabajos tradicionales, son difícilmente aplicables en la mayoría de puestos con pantallas.

Una de las principales dificultades viene determinada por el hecho de que el operador debe realizar dos tipos de tareas: la lectura de los documentos y la lectura de los caracteres de la pantalla; tareas que representan unas exigencias visuales muy diferentes.

## 6. CONCLUSIONES

Concluyo que la iluminación es fundamental:

- Para el desarrollo del trabajo.
- Para regular los ciclos diarios y contribuir a la salud y bienestar del ser humano.
- Para la prevención de enfermedades y accidentes de trabajo
- Para el cumplimiento de la Normatividad Oficial.

## 7. SUGERENCIAS

- Considerar los requerimientos ópticos y no ópticos de la luz en el ser humano para las condiciones de iluminación de los centros de trabajo.
- Considerar el alumbrado en etapas previas al proyecto de las empresas, para que el sistema de iluminación reúna las características adecuadas para brindar bienestar y salud a los trabajadores y no sea considerado como un elemento añadido y sin importancia.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. **Manual de Luminotecnia:** <http://www.electroindustria.com/pdf/pag5>
2. **Ramos Pérez R y Hernández Calleja A.** Condiciones Necesarias para el Confort Visual . Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo,.
3. **Murguía, L y San Martín, R(2002).** Efectos no ópticos de la luz sobre el ser humano. LUCES. Revista Semestral del Comité Español de Iluminación. Número 19: 31-39.
4. **Arreaza Román y Padilla Román,** El ritmo circadiano. Base molecular. Aspectos clínicos y laborales \*GacMedCaracas. Vol. 110, no.1 Caracas, Enero 2002.
5. **Murguía, L San Martín, R(2001)**"Estudio sobre la variabilidad de los niveles lumínicos en oficinas".XXVII, Simposium de Alumbrado, Comité Español de Iluminación, Ponferrada, España.
6. **Rosenthal, N.E.** 1998; "Winter blues. Seasonal affective disorder. What it's and how to over come it. (rev and up dated) New York. The Gilford press.
7. **Levine, M** (1995) Seasonal symptoms in the sub-Artic. Military Medicine. 160 (3): 110-114
8. **Cardinali D; Jordá C; Sánchez- Barcelo E.** 1994 "Introducción a la cronobiología, fisiología de los ritmos biológicos", Universidad de Cantabria Caja Cantabria DL, 158pp.
9. **Astrand – Rodahl,** Fisiología del Trabajo Físico, 3ª. Edición, capítulo, 11. 394-397 pp
10. **Mikellides, B.,** "Emotional and behavioral reaction to colors in the built environment", thesis Oxford, (1989).
11. **Ueyama, T. et al.,** "Supra-chiasmatic nucleus: a central autonomic clock", Nat. Neuroscience (1999).
12. **Scheer, F.A., et. al.,** "Light and diurnal cycle affect human heart rate: possible role for the circadian pacemaker", Journal of Biological Rhythms, (1999).

13. **Daurat, A.**, et. al., "Bright light affects alertness and performance rhythms during a 24-hour constant routine", *Physics and behavior*, (1993).
14. **Grunberger, J.**, et. al., "The effect of biologically active light on the noo- and thymopsyche on psycho-physiological variables in healthy volunteers", *Int. J. of Psychophysiology*, (1993).
15. **Tops, M.**, et. Al., "The effect of the length of continuous presence on the preferred illuminances in offices", *Proceedings CIBSE Conference*, (1998).
16. **Kerkhof, G.A.**, Licht en prestatie. *Proceedings. Symposium Licht en Gezondheid*, Amsterdam, (1999). Partonen, T., et al., "Bright light improves vitality and alleviates distress in healthy people", *Journal of Affective disorders*, (2000).
17. **Chavarría Cosar R**, Workplace lighting, L' éclairage des lieux de travail, Centro Nacional de Condiciones de Trabajo, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, España.  
<http://www.siafa.com.ar/notas/nota55/iluminacion.htm>
18. **Ramos Pérez Fernando - Hernández Calleja Ana**, " Condiciones necesarias para el confort visual ". *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo*.46.7pp