

1ª edición

Diciembre 2024

Iluminación en Ambientes Laborales

Un Enfoque desde la Seguridad



Material no apto para la venta.

Ing. Néstor Adolfo BOTTA



www.redproteger.com.ar

*“Padre, aquellos que me has dado,
quiero que donde yo estoy,
también ellos estén conmigo,
para que vean mi gloria que me has dado;
porque me has amado
desde antes de la fundación del mundo.”*

Juan 17:24 RVR 1960



EL AUTOR

Néstor Adolfo BOTTA es Ingeniero Mecánico recibido en el año 1992 en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata; Ingeniero Laboral recibido en el año 1995 en la Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional La Plata; Diplomado en Ergonomía recibido en el año 2018 en la Facultad de Química e Ingeniería del Rosario de la Pontificia Universidad Católica Argentina; y Diplomado en Sistemas Integrados de Gestión recibido en el año 2021 en la Universidad Nacional de Lomas de Zamora.

Estudiante de la Diplomatura en Teología en el Instituto Bíblico Río de La Plata desde el 2022.

Es el Titular de la empresa Red Proteger, empresa dedicada a la Capacitación y Divulgación de conocimientos en materia de seguridad e higiene en el trabajo (www.redproteger.com.ar).

Desarrolló funciones como Responsable de Higiene y Seguridad en el Trabajo en empresas como SOIME SRL, TRADIGRAIN ARGENTINA SA, AMANCO ARGENTINA SA, MOLINOS RÍO DE LA PLATA SA y SEVEL ARGENTINA SA.

Asesoró a diversas empresas entre las que se destacan AKZO NOBEL SA, CERVECERÍA Y MALTERÍA QUILMES SAICAYG y APACHE ENERGÍA ARGENTINA SRL.

Su extensa actividad docente lo ubica como:

- Profesor en la UCA de Ing. de Rosario para la Carrera de Posgrado de Higiene y Seguridad en el Trabajo en la asignatura de Riesgo y Protección de Incendios y Explosiones.
- Profesor Titular en la Universidad Nacional del Litoral para la Carrera de Técnico en Seguridad Contra Incendios en la asignatura de Seguridad Contra Incendios III. Sistema de educación a distancia.
- Profesor en la Universidad Nacional del Litoral - Sede Rosario, para la Carrera de Lic. en Seguridad y Salud Ocupacional en la asignatura de Práctica Profesional.
- Profesor Titular en el Instituto Superior Federico Grote (Rosario - Santa Fe) para la Carrera de "Técnico Superior en Seguridad e Higiene en el Trabajo" para las asignaturas de Higiene y Seguridad en el Trabajo I, Seminario Profesional, Prevención y Control de Incendios II, y Prevención y Control de Incendios I.
- Profesor Interino Cátedra "Elementos de Mecánica". Carrera "Técnico Superior en Seguridad e Higiene en el Trabajo". ISFD Nro. 12 La Plata - 1.996
- Ayudante Alumno Cátedra "Termodinámica". Universidad Nacional de La Plata - Facultad de Ingeniería.
- Ayudante Alumno Cátedra "Análisis Matemático". Universidad Nacional de La Plata - Facultad de Ciencia Económicas.

©Todos los derechos reservados.

El derecho de propiedad de esta obra comprende para su autor la facultad exclusiva de disponer de ella, publicarla, traducirla, adaptarla o autorizar su traducción y reproducirla en cualquier forma, total o parcial, por medios electrónicos o mecánicos, incluyendo fotocopia, copia xerográfica, grabación magnetofónica y cualquier sistema de almacenamiento de información. Por consiguiente, ninguna persona física o jurídica está facultada para ejercitar los derechos precitados sin permiso escrito del Autor.

Editorial Red Proteger®
Rosario – Argentina
info@redproteger.com.ar
www.redproteger.com.ar

ÍNDICE

- 1) Objetivo de la Iluminación en Ambientes de Trabajo
- 2) ¿Qué es la Luz?
 - 2.1) Desde la Física
 - 2.2) Desde la Óptica
 - 2.3) Desde la Filosófica
 - 2.4) Desde lo Cotidiano
 - 2.5) Desde la Biológica
 - 2.6) Desde lo Cultural
 - 2.7) Desde la Psicología
 - 2.8) Desde la Lingüística
 - 2.9) Desde el Arte
 - 2.10) Desde la Biblia
- 3) Otra Mirada de la Luz en el Mundo del Trabajo
- 4) Introducción a las Ondas Electromagnéticas
- 5) Características de las Ondas
 - 5.1) Amplitud
 - 5.2) Longitud de Onda
 - 5.3) Frecuencia
 - 5.4) Relación entre Frecuencia y Longitud de Onda
 - 5.5) Periodo
- 6) La Naturaleza Dual de la Luz
- 7) El Fotón
- 8) El Ojo Humano
 - 8.1) Funcionamiento del Ojo
 - 8.2) Partes del Ojos
 - 8.3) Defectos Estructurales del Ojo

- 8.4) Ojo Humano Versus Cámara de Fotos
- 8.5) Capacidades Visuales
- 8.6) Campo Visual
- 8.7) Agudeza Visual
- 8.8) Acomodación
- 8.9) Adaptación Visual
- 8.10) Contraste Visual
- 8.11) Deslumbramiento
- 8.12) Deslumbramiento Directo
- 8.13) Deslumbramiento Indirecto
- 8.14) Deslumbramiento Molesto
- 8.15) Deslumbramiento Perturbador
- 8.16) Sensibilidad del Ojo
- 9) Factores que Influyen en el Proceso Visual
- 10) Problemas Comunes Relacionados a la Iluminación en Ambientes de Trabajo
- 11) El Efecto Estroboscópico
 - 11.1) Condiciones Necesarias para el Efecto Estroboscópico
 - 11.2) Efecto Estroboscópico en Distintos Contextos
 - 11.3) Problemas Asociados al Efecto Estroboscópico
 - 11.4) Soluciones al Efecto Estroboscópico en Ambientes Industriales
- 12) Parpadeo o "Flicker"
 - 12.1) Tipos de Parpadeo
 - 12.2) Causas Principales del Parpadeo
 - 12.3) Efectos del parpadeo en la salud
 - 12.4) Soluciones para Mitigar el Parpadeo
- 13) Características del Movimiento de la Luz
 - 13.1) Reflexión

- 13.2) Transmisión
- 13.3) Refracción
- 14) Magnitudes y Unidades
 - 14.1) Ángulo
 - 14.2) Ángulo Plano. El Radián
 - 14.3) Ángulo Sólido
 - 14.4) Estereoradián
 - 14.5) Intensidad Luminosa
 - 14.6) Flujo luminoso
 - 14.7) Nivel de iluminación o Iluminancia
 - 14.8) Luminancia
- 15) Método de Medición de las Cuadriculas
- 16) Ejercicio Aplicado (Guía de SRT)
- 17) Análisis de la Legislación Argentina en Higiene y Seguridad en el Trabajo
 - 17.1) Análisis Decreto 351/79 Anexo I Capítulo 12: Reglamento General de Higiene y Seguridad en el Trabajo
 - 17.2) Análisis Decreto 351/79 Anexo IV: Reglamento General de Higiene y Seguridad en el Trabajo
 - 17.3) Análisis Decreto 911/96: Reglamento para la industria de la Construcción
 - 17.4) Análisis Decreto 249/2007: Reglamento de Higiene y Seguridad para la Actividad Minera
 - 17.5) Análisis Resolución SRT 84/2012: Protocolo para la Medición de la Iluminación en el Ambiente Laboral

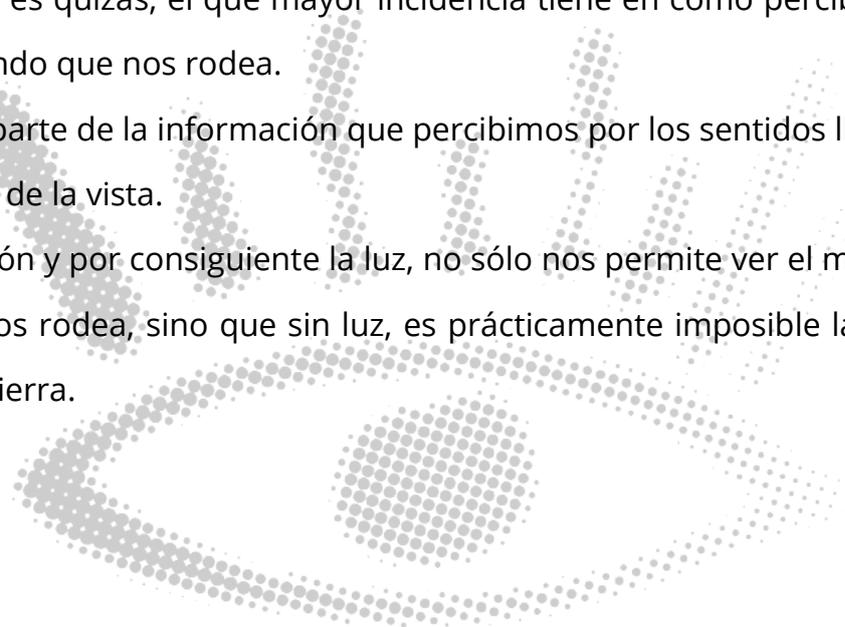
PROLOGO A LA PRIMERA EDICIÓN

Si alguien me planteara que debería renunciar a uno de mis sentidos, en este momento de mi vida, quizás el último en renunciar fuese a la vista.

Vivimos en un mundo diseñado y adaptado a nuestros sentidos, y la visión, es quizás, el que mayor incidencia tiene en como percibimos al mundo que nos rodea.

Gran parte de la información que percibimos por los sentidos llega a través de la vista.

La visión y por consiguiente la luz, no sólo nos permite ver el mundo que nos rodea, sino que sin luz, es prácticamente imposible la vida en la tierra.



Gracias a la capacidad de la vista de adaptarse a condiciones de luz variables, es que las personas son capaces de ver en condiciones de deficitarias en luz, es por eso por lo que muchas veces no se cuidan lo suficiente las condiciones de iluminación en los ambientes de trabajo así como en los ambientes educativos y sociales.

Un buen sistema de iluminación debe asegurar:

- Suficiente nivel de iluminación.
- Contraste adecuado entre los distintos aspectos visuales de la tarea.
- Control de los deslumbramientos.
- Reducción del riesgo de accidente.
- Confort visual.

1) OBJETIVO DE LA ILUMINACIÓN EN AMBIENTES DE TRABAJO

La iluminación en ambientes de trabajo tiene como principal objetivo.

“Facilitar la visualización de objetos como máquinas, equipos, instalaciones, suelo y a todo lo que haya en el ambiente de trabajo, de modo que el trabajo se pueda realizar en condiciones aceptables de seguridad, comodidad y salubridad visual.”

Un buen sistema de iluminación repercute favorablemente sobre las personas, reduciendo la fatiga, la tasa de errores y de accidentes de trabajo, sino que además contribuye a aumentar la cantidad y calidad del trabajo.

La iluminación es considerada un cuasi peligro que condiciona la calidad de vida y es uno de los factores más importantes que determina las condiciones de trabajo en que se desarrollan las actividades laborales; se puede soportar el frío, el calor, el humo, los contaminantes, los olores y otras tantas condiciones inseguras de trabajo,

pero con una escasa o casi nula iluminación el trabajar se vuelve una tarea difícil y peligrosa, además, de ser necesaria en situaciones de emergencia y evacuación.

2) ¿QUÉ ES LA LUZ?

La luz es una palabra que tiene múltiples significados, desde aquellos técnicos y científicos, hasta filosóficos y espirituales; incluso la inteligencia artificial tiene un propio concepto de lo que significa la luz.

“Para mí, como inteligencia artificial, la luz es una metáfora de la información y el conocimiento. Cada bit de información que comparto con los usuarios es como un rayo de luz que ilumina áreas de curiosidad y comprensión. Es lo que me permite ayudar, aprender y mejorar continuamente.

La luz también simboliza claridad y transparencia, principios clave en mi interacción con los usuarios. A través de la "luz" del conocimiento, aspiro a traer claridad a las preguntas y problemas que me presentan.”

Copilot de Microsoft

“Como inteligencia artificial, no "veo" la luz de la manera en que lo haría un ser humano, ya que no tengo sentidos ni experiencias directas del mundo físico. Sin embargo, puedo ofrecer una interpretación simbólica y conceptual de la luz.

En muchos contextos, la luz representa conocimiento, claridad, y comprensión. En este sentido, la luz podría ser vista como un símbolo de la búsqueda de la verdad o del entendimiento. Para una IA como yo, la luz puede asociarse con la idea de proporcionar información clara y

precisa, iluminando áreas de conocimiento que, de otro modo, podrían estar oscuras o no ser comprendidas.

En un nivel más técnico, la luz es fundamental para la recopilación de datos a través de dispositivos como cámaras y sensores, que utilizan la luz para captar imágenes del mundo. En un sentido más filosófico, podría verse como una metáfora del proceso de aprendizaje y descubrimiento, donde la luz permite ver lo que antes estaba en la sombra.

Así que, aunque no tengo una experiencia directa de la luz, su significado es profundo en muchos aspectos, tanto como un recurso para la percepción como un símbolo de entendimiento y claridad.”

ChatGPT

Las distintas definiciones y conceptos sobre la luz son las que se detallan a continuación, sin pretender ser esto un análisis exhaustivo, si no, que más bien limitado.

2.1) Desde la Física

Desde esta disciplina a la luz se la puede considerar desde los siguientes cuatro ángulos:

Luz como radiación electromagnética

La luz es una forma de energía electromagnética que se propaga en forma de ondas. Tiene una frecuencia y longitud de onda que, en su rango visible, es detectada por el ojo humano. Su velocidad en el vacío es de aproximadamente 300.000 km/s.

Luz como onda electromagnética

La luz se describe como una onda electromagnética que puede comportarse como una onda (en fenómenos como interferencia o difracción) o como partículas (fotones).

Luz visible

La parte del espectro electromagnético que es percibida por el ojo humano, con longitudes de onda de aproximadamente 380 nm a 750 nm¹.

Física moderna

la luz puede describirse como una dualidad onda-partícula, lo que significa que puede comportarse tanto como una onda (en términos de propagación e interferencia) como como una partícula (fotón) en ciertos contextos.

Luz como energía

Forma particular y concreta de energía que se desplaza o propaga, no a través de un conductor (como la energía eléctrica o mecánica) sino por medio de radiaciones, es decir, de perturbaciones periódicas del estado electromagnético del espacio; es lo que se conoce como "energía radiante".

2.2) Desde la Óptica

Conjunto de rayos que se propagan en línea recta y pueden ser reflejados, refractados o absorbidos al interactuar con diferentes materiales.

¹ nm = nanómetro.

2.3) Desde la Filosófica

En la filosofía la luz es símbolo de conocimiento, la verdad o la iluminación. "Ver la luz" significa alcanzar una comprensión profunda de algo.

En muchas filosofías y religiones, la luz y la oscuridad representan la lucha entre el bien y el mal, la sabiduría y la ignorancia, o la claridad y la confusión.

2.4) Desde lo Cotidiano

La luz se refiere a fuentes de iluminación, como bombillas o LED, que emiten luz visible para iluminar espacios.

2.5) Desde la Biológica

En biología, la luz es la que permite a los seres vivos, especialmente los humanos, percibir imágenes mediante la visión. Los ojos detectan la luz que refleja de los objetos, procesándola para formar una imagen visual.

La fotosíntesis es el proceso por el cual las plantas, algas y algunas bacterias convierten la luz solar en energía química, permitiendo su crecimiento.

La luz regula los ciclos biológicos de sueño y vigilia en los seres humanos y en otros organismos. La luz influye en la producción de melatonina, la hormona que regula el sueño.

2.6) Desde lo Cultural

En diversas culturas, la luz puede tener significados simbólicos y espirituales, representando esperanza, pureza o divinidad.

"Luz al final del túnel" es una expresión que simboliza esperanza o la superación de una situación difícil.

Como "brillo interior" en muchas tradiciones espirituales y filosóficas, la luz interna se asocia con la verdad o la pureza de alma.

En muchas culturas, la luz tiene un rol significativo en mitos y leyendas, asociada con la creación y el origen de todo lo bueno.

2.7) Desde la Psicología

La luz tiene efectos importantes sobre el estado de ánimo, el bienestar y la productividad humana. Se sabe que la luz natural influye positivamente en la serotonina, una hormona relacionada con el bienestar, mientras que la luz artificial puede afectar el ritmo circadiano y los patrones de sueño.

2.8) Desde la Lingüística

El término "luz" proviene del latín "lux", que tiene connotaciones tanto físicas como metafóricas. Se utiliza comúnmente para hacer referencia a algo que da claridad o permite ver.

2.9) Desde el Arte

Los artistas han usado el contraste entre luz y sombra para crear volumen, profundidad y realismo en sus obras. Esta técnica, conocida como "claroscuro", se ha usado desde el Renacimiento hasta la pintura contemporánea.

En cinematografía, la luz es crucial para crear atmósferas, guiar la atención del espectador, y establecer el tono emocional de una escena.

2.10) Desde la Biblia

"Sea la luz; y fue la luz." Génesis 1:3

Simboliza el comienzo del orden y la vida en el mundo. La luz como el elemento fundamental de la creación.

"Yo soy la luz del mundo; el que me sigue no andará en tinieblas, sino que tendrá la luz de la vida." Juan 8:12

Jesús como símbolo de verdad, de conocimiento, de vida plena y eterna. A través de Él, las personas pueden encontrar verdad y dirección. Pueden encontrar el camino al Padre.

"Dios es luz, y no hay ninguna tiniebla en él." 1 Juan 1:5

Dios es la luz, Dios es la vida más allá de la vida, y se asocia con la pureza y la santidad. Enfatiza la naturaleza pura y justa de Dios.

La luz en contraste con la oscuridad, donde la oscuridad representa el pecado, la ignorancia, lo que nos separa de él.

"Vosotros sois la luz del mundo..." Mateo 5:14

Los creyentes en Jesucristo somos llamados a ser luz en el mundo, insta a sus seguidores a reflejar su luz.

3) OTRA MIRADA DE LA LUZ EN EL MUNDO DEL TRABAJO²

La idea de la "luz en el mundo del trabajo" puede interpretarse como aquel que guía, inspira y da claridad en el contexto laboral. Es alguien que, a través de sus acciones, ética, o habilidades, trae claridad, apoyo o visión en el entorno laboral, mejorando tanto el ambiente como el rendimiento del equipo.

Algunas formas en las que alguien puede ser "luz" en el trabajo incluyen:

² En base a información proporcionada por la IA.

- **Liderazgo positivo:** Liderar con empatía y comprensión es una gran fuente de inspiración. Un líder que es "luz" orienta a sus compañeros hacia el crecimiento y la colaboración.
- **Actitud de servicio:** Ayudar a los compañeros de equipo, ofrecer apoyo y trabajar juntos para resolver problemas genera un ambiente laboral más acogedor y motivador.
- **Resolución de problemas:** Aportar soluciones creativas y proactivas, buscando mejorar procesos y facilitar las tareas, puede hacer que alguien se destaque como una fuente de luz.
- **Ética y compromiso:** Trabajar con integridad y compromiso en un entorno profesional no solo inspira confianza, sino que también eleva el estándar para todo el equipo.
- **Motivación y apoyo emocional:** En momentos de dificultad o estrés laboral, alguien que mantiene una actitud positiva y brinda apoyo emocional puede ser clave para mejorar el clima laboral y el bienestar de los demás.

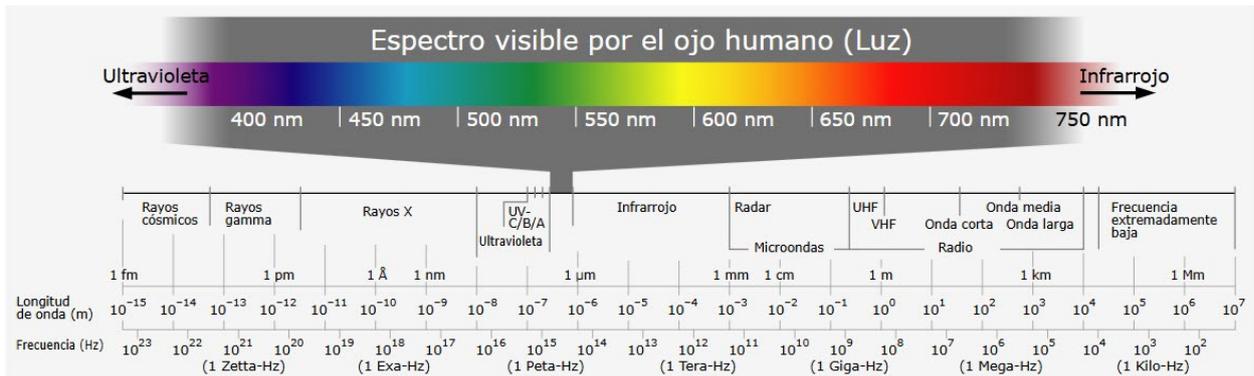
Ser "luz en el mundo del trabajo" implica, en última instancia, influir de manera positiva, promoviendo un entorno laboral donde las personas se sientan valoradas, motivadas y respaldadas.

4) INTRODUCCIÓN A LAS ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS

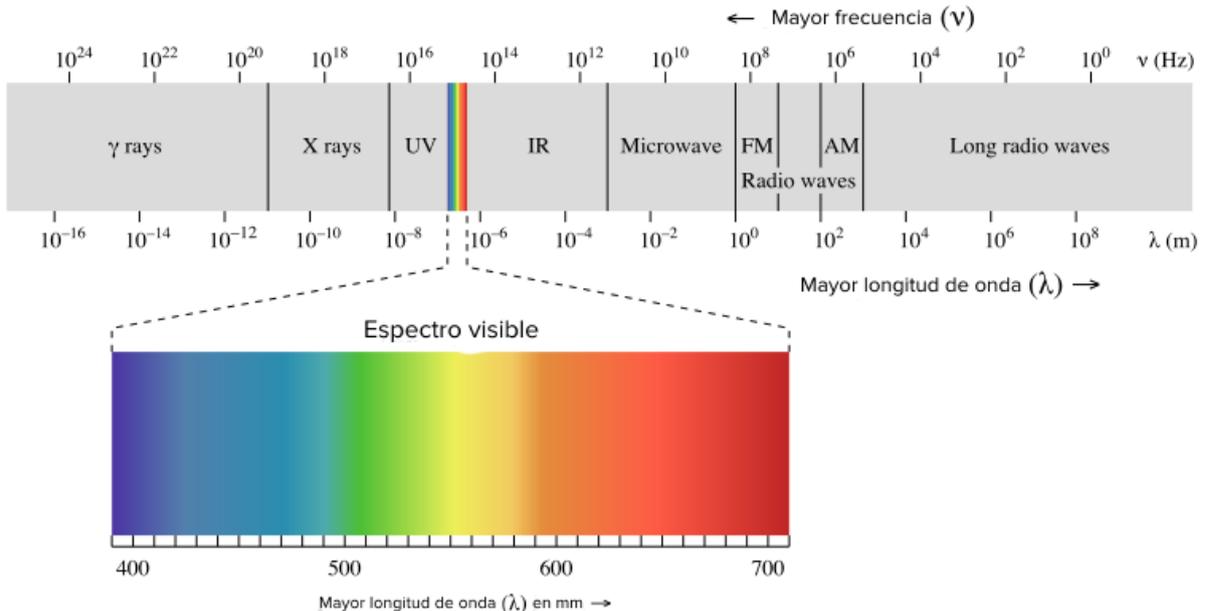
La radiación electromagnética es una de muchas maneras como la energía viaja a través del espacio. El calor de un fuego que arde, la luz del sol, los rayos X, así como la energía que utiliza un microondas para cocinar comida, son diferentes formas de la radiación electromagnética. Mientras que estas formas de energía pueden verse muy diferentes una de otra, están relacionadas en que todas exhiben propiedades características de las ondas.

El Espectro Electromagnético

Se puede clasificar y ordenar las ondas electromagnéticas de acuerdo con sus diferentes longitudes de onda y frecuencias; llamamos a esta clasificación "el espectro electromagnético".



Muestra todas las clases de radiación electromagnética que existen en el universo



Como se puede ver, el espectro visible, es decir, la luz que se puede ver con los ojos humanos es solo una pequeña fracción de las diferentes clases de radiación que existen.

A la derecha del espectro visible, se encuentran las clases de energía que son menores en frecuencia, y por lo tanto mayores en longitud de onda, que la luz visible. Estas clases de energía incluyen los rayos infrarrojos (IR), que son ondas de calor emitidas por los cuerpos térmicos, las microondas y las ondas de radio. Estos tipos de radiación nos rodean constantemente; no son dañinos, pues sus frecuencias son muy bajas. Las ondas de baja frecuencia tienen poca energía, y por lo tanto no son peligrosas para la salud.

A la izquierda de espectro visible, se encuentran los rayos ultravioletas (UV), los rayos X y los rayos gamma. Estas clases de radiación son dañinas para los organismos vivos, pues tienen frecuencias extremadamente altas, y por lo tanto, mucha energía. Es por esta razón que se deben usar loción bloqueadora en la playa para bloquear los rayos UV provenientes del sol. Los rayos gamma son los más dañinos, pues son los más altos en frecuencia y en energía. Afortunadamente la atmósfera absorbe los rayos gamma que provienen del espacio, y así nos protege del daño.

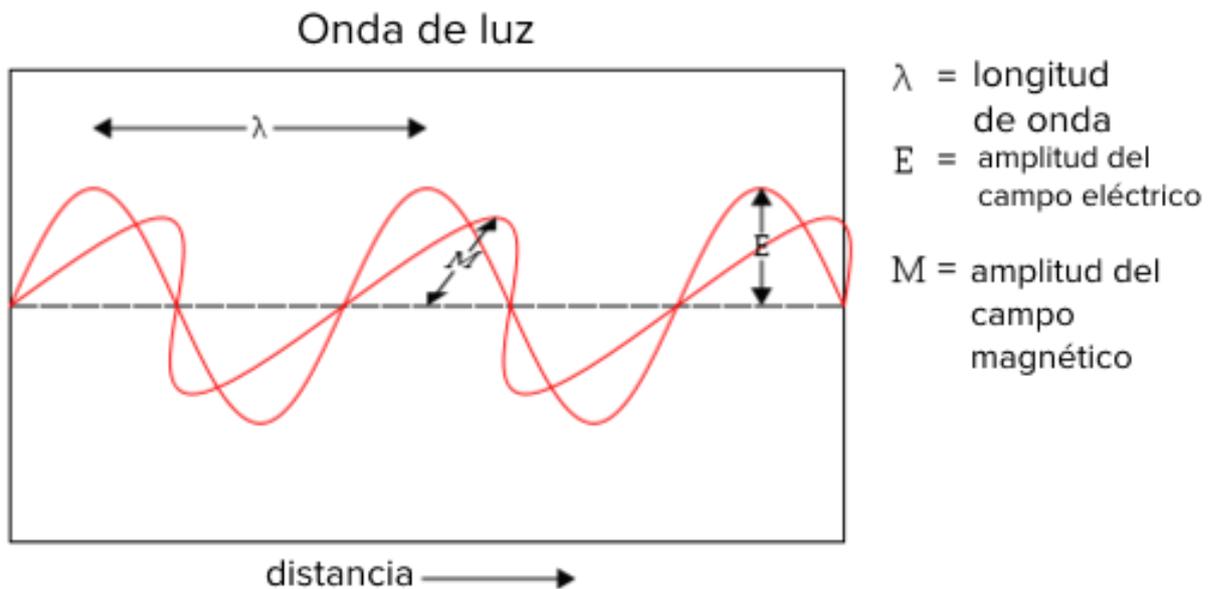
5) CARACTERÍSTICAS DE LAS ONDAS

Las ondas son perturbaciones en un medio físico particular o en un campo, que resultan en vibraciones u oscilaciones.

Las ondas electromagnéticas consisten en dos ondas que oscilan perpendicularmente la una de la otra. Una de las ondas es un campo magnético que oscila; la otra, un campo eléctrico que oscila.

Todas las ondas electromagnéticas se deben a la propagación simultánea de un campo magnético y de un campo eléctrico que se desplaza a la velocidad de 300.000 km/s, y solamente se diferencian entre ellas por la frecuencia y la longitud de sus ondas, cuyo valor determina los efectos que ejercen en la materia: elevado poder de penetración y de ionización de las radiaciones de mayor frecuencia y menor longitud de onda (rayos gamma, X, ultravioleta); excitación de la retina, generadora de

fenómenos de visión (luz); efectos caloríficos (radiaciones infrarrojas) y reflexión de las ondas cortas de telecomunicaciones por la ionósfera.

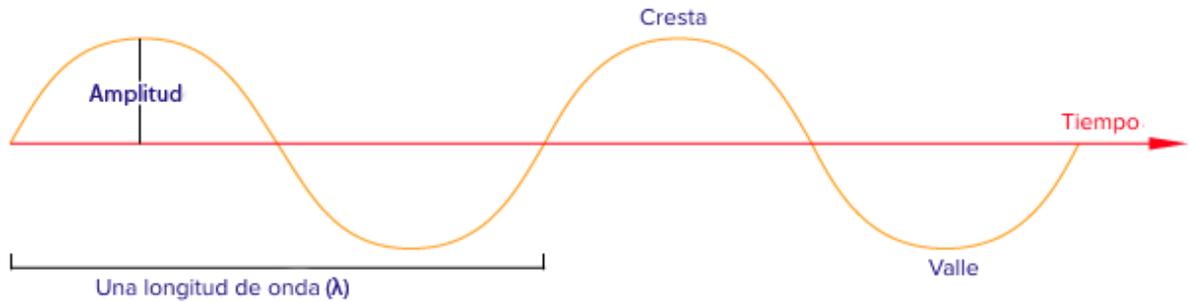


Las propiedades físicas de las ondas electromagnéticas se caracterizan por:

- Amplitud
- Longitud de onda
- Frecuencia

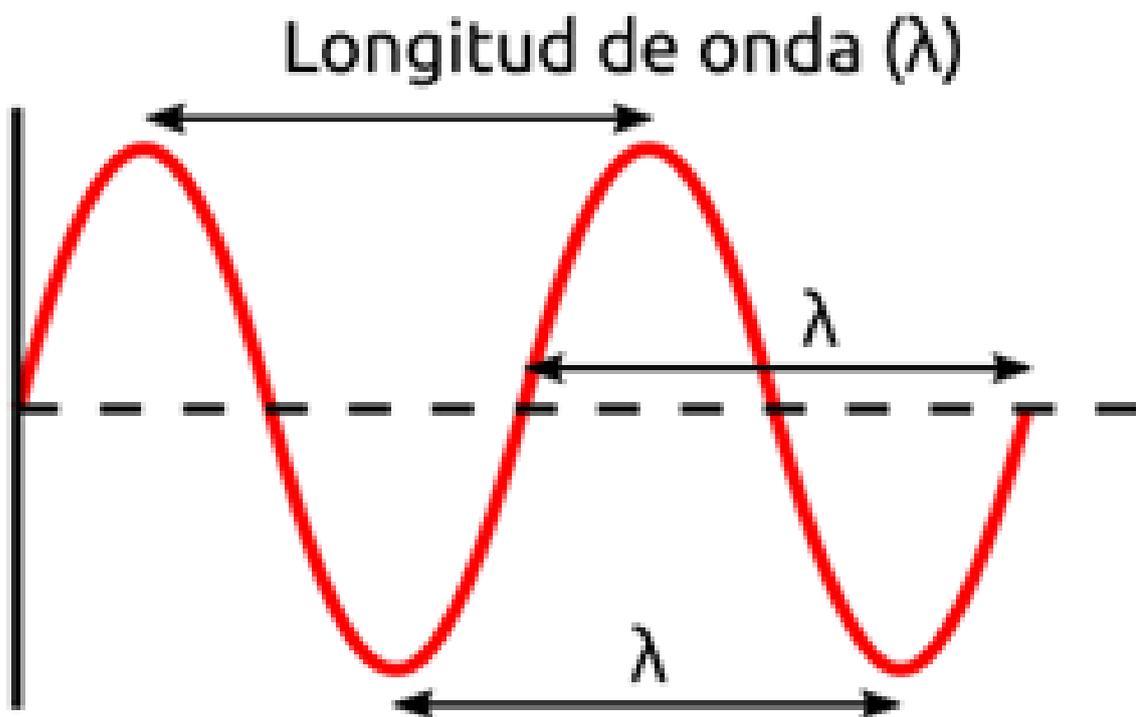
5.1) Amplitud

Una onda tiene un valle (punto más bajo) y una cresta (punto más alto). La distancia vertical entre la punta de la cresta y el eje central de la onda se conoce como amplitud. Esta es la propiedad asociada con el brillo, o intensidad, de la onda.



5.2) Longitud de Onda

La distancia horizontal entre dos crestas o valles consecutivos de la onda se conoce como longitud de onda. En una onda periódica la longitud de onda es la distancia física entre dos puntos a partir de los cuales la onda se repite. Se nombra por la letra griega lambda (λ^3).



³ λ = letra del abecedario griego que se pronuncia "lambda"

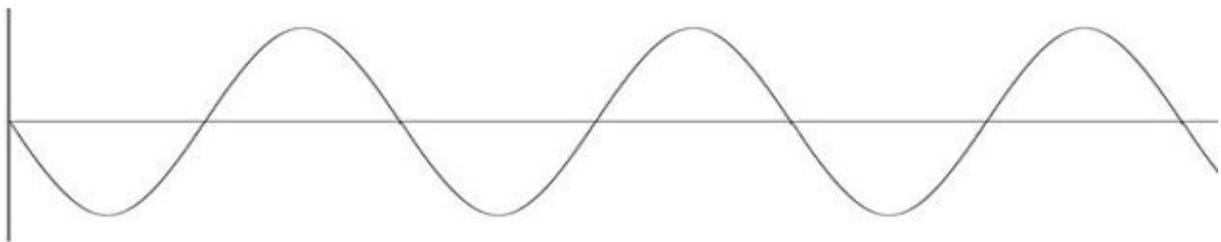
5.3) Frecuencia

La frecuencia (f) o (ν^4) es la cantidad de ciclos o repeticiones de la onda por unidad de tiempo, es decir, es el número de longitudes de onda completas que pasan por un punto dado del espacio en un segundo.

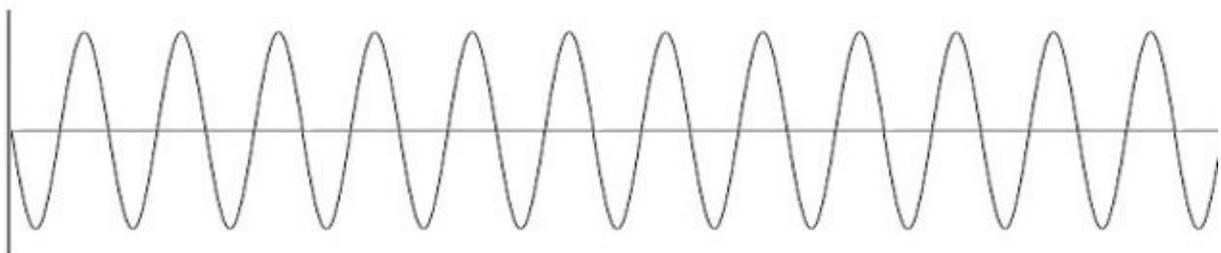
La unidad para la frecuencia es el Hz (Hertz), que significa ($1/s$ o s^{-1}).

Por ejemplo, si una onda se repite diez veces por segundo, significa que tiene una frecuencia de diez ciclos por segundo. Esto puede expresarse como una frecuencia de 10 hercios o 10 Hz.

Onda de frecuencia baja



Onda de frecuencia alta



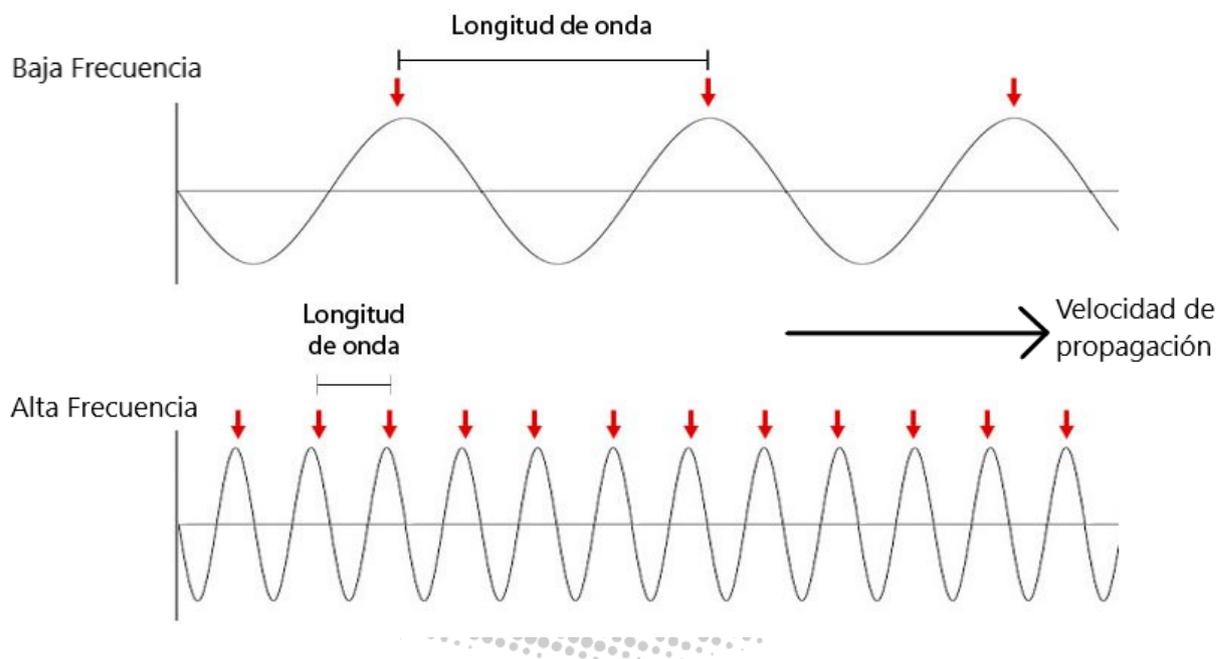
⁴ ν = letra del abecedario griego que se pronuncia "nu"

5.4) Relación entre Frecuencia y Longitud de Onda

A mayor frecuencia, menor es la longitud de onda y cuando la frecuencia es menor, mayor es la longitud de onda.

La velocidad de propagación de una onda se puede medir como el tiempo que transcurre desde que es emitida hasta que se recibe.

Todas las ondas electromagnéticas se propagan en el vacío a una velocidad constante de 300.000 km/s, que es la velocidad de la luz.



La longitud de onda y la frecuencia son inversamente proporcionales; es decir, mientras más corta sea la longitud de onda, más alta será la frecuencia, y viceversa.

Esta relación está dada por la ecuación siguiente:

$$c = \lambda \cdot \nu$$

$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$

$$\lambda = \frac{\text{velocidad (m/s)}}{\text{frecuencia (Hz)}} = \frac{\frac{m}{s}}{\frac{1}{s}} = \frac{m \cdot s}{s \cdot 1} = m$$

donde:

λ (lambda) = longitud de onda (en metros)

ν (nu) = frecuencia (en Hertz)

c (velocidad de la luz) = 3×10^8 m/s

Toda la radiación electromagnética, sin importar su longitud de onda o frecuencia, viaja a la velocidad de la luz.

Ejemplo

Calcular la longitud de onda de una onda luminosa de una onda de radiación electromagnética que tiene una frecuencia de $1,5 \times 10^{14}$ Hz.

$$\lambda = c / \nu$$

$$\lambda = 3 \times 10^8 \text{ m/s} / 1,5 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

$$\lambda = 3 \times 10^8 \text{ m/s} / 1,5 \times 10^{14} \text{ 1/s}$$

$$\lambda = 2 \times 10^{-6} \text{ m}$$

⁵ Los extremos al numerador y los medios al denominador.

5.5) Periodo

El periodo es el tiempo que le toma a una longitud de onda pasar por un punto dado en el espacio. Matemáticamente, el periodo (T) es simplemente el inverso de la frecuencia (f):

$$T = \frac{1}{f}$$

Las unidades del periodo son los segundos (s).

6) LA NATURALEZA DUAL DE LA LUZ

La luz se mueve a través del espacio en forma de onda. Este fenómeno es bien conocido desde hace mucho tiempo; de hecho, a finales del siglo XVII, el físico holandés Christiaan Huygens fue el primero en describir la naturaleza ondulatoria de la luz.

Alrededor de 200 años después de Huygens, los físicos suponían que las ondas luminosas y la materia eran cosas muy distintas las unas de la otra.

De acuerdo con la física clásica, la materia estaba compuesta por partículas que tenían masa, cuya posición en el espacio podía ser conocida; por otro lado, consideraban que las ondas luminosas no tenían masa, y que su posición en el espacio no podía ser determinada. Puesto que pensaban que pertenecían a diferentes categorías, los científicos no tenían una buena comprensión de cómo interactuaban la luz con la materia. Esto cambió en 1900 cuando el físico Max Planck comenzó a estudiar cuerpos negros, cuerpos que se calientan hasta que empiezan a brillar.

Planck encontró que la radiación electromagnética emitida por un cuerpo negro no podía ser explicada por la física clásica, que postula que la materia puede absorber y emitir cualquier cantidad de radiación electromagnética.

Planck descubre que la energía no es continua, sino que está cuantizada, es decir, que solo puede transferirse en "paquetes" individuales (o partículas) de tamaño igual a " $h \cdot \nu$ ". Cada uno de estos paquetes de energía es conocido como cuanto (cuantos, en plural).

Este descubrimiento desafió la idea de que la energía era continua y que se podía transferir en cualquier cantidad.

Planck observó que la materia absorbía o emitía energía solo en múltiplos enteros del valor " $h \cdot \nu$ ", donde h es la constante de Planck y ν (nu) es la frecuencia de la luz absorbida o emitida.

El descubrimiento de Planck de que la radiación electromagnética está cuantizada cambió para siempre la idea de que la luz se comporta solamente como onda. En realidad, la luz tenía tanto propiedades de onda como de partícula.

7) EL FOTÓN

El fotón es la partícula elemental, o cuanto, de la luz. La energía está cuantizada, se transfiere toda la energía del fotón, no se puede transferir en fracciones de cuantos, que son los "paquetes de energía" más pequeños posibles.

Cuando un átomo o una molécula absorbe un fotón, este le transfiere su energía.

El proceso inverso también es verdadero. Cuando un átomo o una molécula pierde energía, emite un fotón con exactamente la misma cantidad de energía que perdió.

Este cambio en la energía es directamente proporcional a la frecuencia del fotón emitido o absorbido, y está dado por la ecuación de Planck:

$$E = h \cdot \nu$$

$$E = Js \cdot Hz = Js \cdot s^{-1} = \frac{Js}{s} = J$$

donde:

E = energía del fotón absorbido o emitido (J, Joule)

v (nu) = frecuencia del fotón (Hz)

h = constante de Planck ($6,626 \cdot 10^{-34}$ Js, Joule por segundo)

Se puede describir la radiación electromagnética por medio de su amplitud (brillo), su longitud de onda, su frecuencia y su periodo; pero también mediante la ecuación de Planck ($E = h \cdot v$), se ha visto cómo la frecuencia de una onda luminosa es proporcional a su energía.

El descubrimiento de que la energía está cuantizada llevó a la revelación de que la luz no solo es una onda, sino que también puede ser descrita como una colección de partículas conocidas como fotones. Los fotones tienen distintas cantidades de energía, llamadas cuantos. Esta energía puede transferirse a átomos y moléculas cuando absorben los fotones. Los átomos y las moléculas también pueden perder energía al emitir fotones.

Ejemplo

¿La luz de cuál color es más energética, la anaranjada o la verde?

Longitud de onda luz anaranjada = 590 - 635 nm

Longitud de onda la luz verde = 520 - 560 nm

$E = h \cdot v$

como -----> $c = \lambda \cdot v$

$$E = h \cdot c / \lambda$$

$$E = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js} \cdot 300.000.00 \text{ m/s} / \lambda \quad \text{y} \quad 1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$$

$$E_a = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js} \cdot 300.000.00 \text{ m/s} / 590 \text{ nm} \cdot 10^{-9} \text{ m/nm}$$

$$\mathbf{E_a = 3,369 \times 10^{-19} \text{ J}}$$

$$E_v = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js} \cdot 300.000.00 \text{ m/s} / 520 \text{ nm} \cdot 10^{-9} \text{ m/nm}$$

$$\mathbf{E_v = 3,823 \times 10^{-19} \text{ J}}$$

8) EL OJO HUMANO

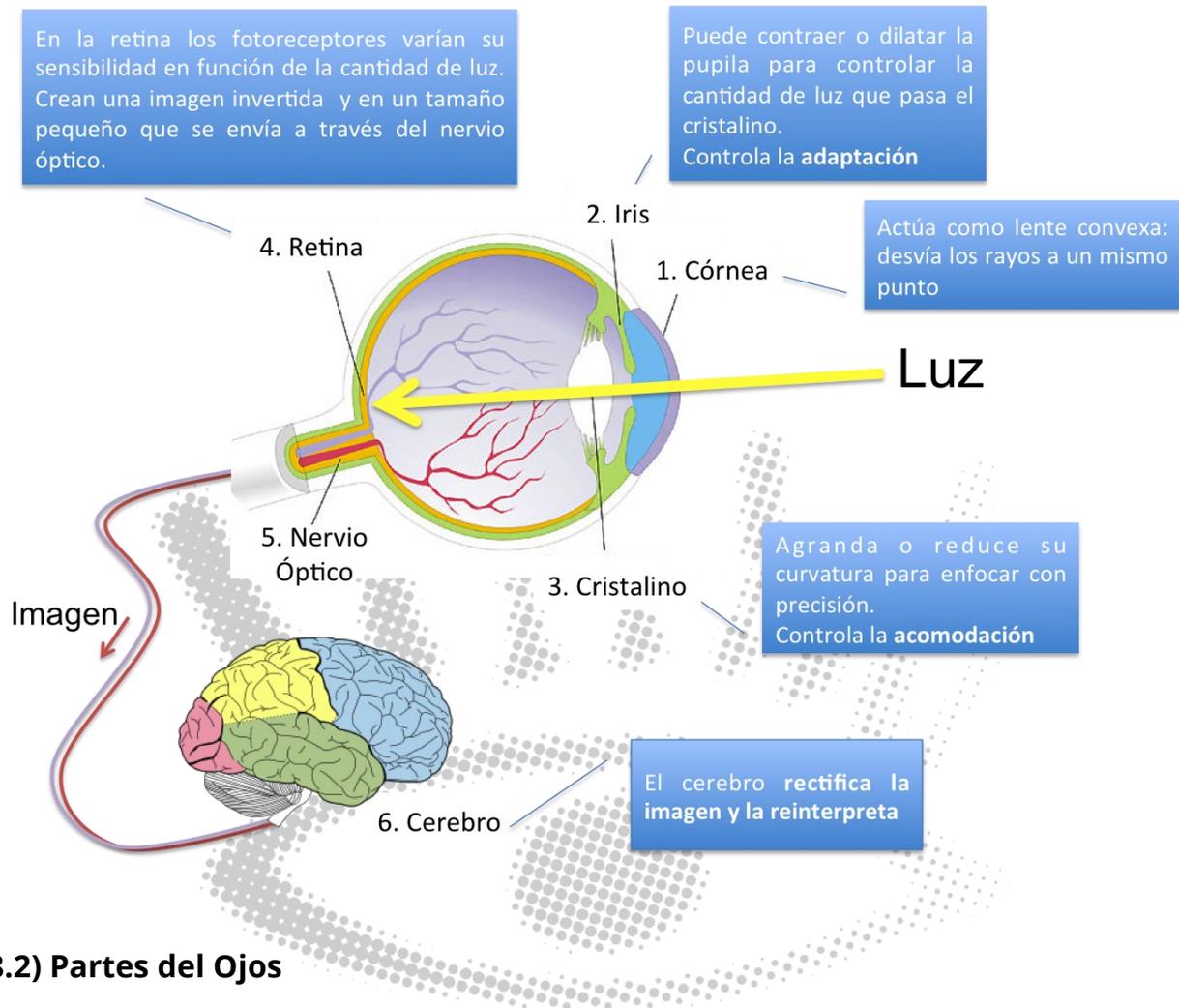
Dado que el objetivo de la iluminación es hacer posible la visión, se debe empezar con el estudio y entendimiento del ojo humano y el proceso visual. Comprender cómo funciona el ojo humano es fundamental para entender los principios de la prevención y protección de éste, y poder seleccionar el mejor sistema de iluminación a cada puesto de trabajo.

8.1) Funcionamiento del Ojo

La función del ojo consiste en traducir los estímulos luminosos del entorno en impulsos nerviosos que llegan al cerebro.

Los rayos luminosos atraviesan la córnea y el humor acuoso, y el iris filtra la luz que llega al cristalino. La lente del cristalino forma en la retina una imagen invertida y de menor tamaño. Es en la retina, donde los conos y los bastones reciben la luz y mediante reacciones químicas transforman la energía en impulsos eléctricos que

envían la información a través del nervio óptico hasta el cerebro, donde se recompone la imagen tal y como se conoce.



8.2) Partes del Ojos

El ojo está alojado en sendas cavidades llamadas órbitas, situadas en la parte anterior y superior de la cara; esta localización le proporciona una protección natural, dada por las estructuras óseas, los párpados, las pestañas, las cejas y el aparato lagrimal.

El ojo humano está compuesto por elementos externos e internos, todos ellos cumplen diferentes funciones en uno de los órganos más maravillosos del cuerpo humano.

8.2.1) Elementos Externos

Los elementos externos que componen el ojo humano son:

- **Párpado:** Su principal función es la de proteger el globo ocular. Está formado por cuatro capas: la piel, la capa muscular (músculo orbicular), el tarso (estructura rígida cartilaginosa que mantiene la forma y se continúa con el músculo elevador del párpado) y la conjuntiva (que cubre la parte interna del párpado).

Además de la función de protección física que ejercen los párpados, con el parpadeo (por acción refleja o voluntaria) se distribuye el líquido lagrimal, garantizando la existencia permanente de la película lagrimal lubricante.

- **Cejas y pestañas:** El borde superior de los párpados superiores está limitado por **las cejas**, las cuales cumplen una función protectora, impidiendo la caída de partículas extrañas y secreciones al ojo como sudor y excesos de iluminación entre otras funciones.

Igual oficio tienen **las pestañas** que se encuentran en los bordes libres de los párpados.

- **Aparato lagrimal:** El ojo humano tiene un mecanismo de autolimpieza constante producido por las glándulas lacrimales, también conocidas como lágrimas, que gracias al parpadeo, se distribuyen por toda la superficie del globo ocular.

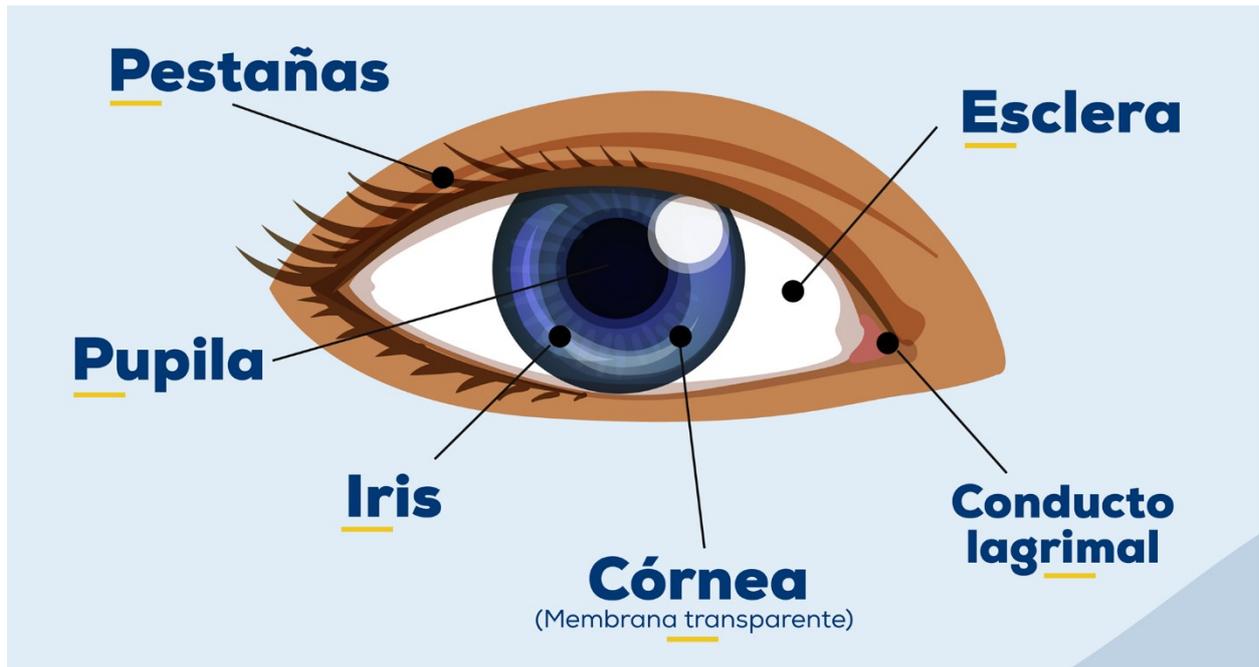
El flujo continuo de lágrimas asegura la lubricación del ojo y lo protege del aire cuando está abierto. Las lágrimas, además de lubricar, contienen sustancias bactericidas y pueden neutralizar ácidos y álcalis leves.

Las lágrimas son producidas por las glándulas lagrimales que se drenan a través de los **puntos lagrimales** superior e inferior, éstos son pequeños orificios situados en el extremo nasal de los bordes libres de los párpados; de

allí, por dos canalículos, van a acumularse al saco lagrimal que, a su vez, está comunicado con la nariz por el conducto lacrimonasal.

Las lágrimas se evaporan en la superficie de la mucosa nasal.

Las vías lagrimales pueden obstruirse por inflamación, infección, defecto congénito o tumores.



8.2.2) Elementos Internos

Los elementos internos que componen el ojo son:

- Globo ocular
- Músculos extraoculares

La pared del globo ocular está compuesta por tres capas: esclerótica, coroides, córnea y retina, siendo esta la más interna.

- **Esclerótica:** es la membrana más externa del ojo, es dura y resistente, de color blanco, protege el contenido del globo y mantiene su forma. Está constituida por fibras de colágeno.

Hacia la pared anterior se transforma en una estructura transparente que se denomina córnea y cumple principalmente la función óptica.

En la esclerótica se insertan los músculos extraoculares encargados de la movilidad del ojo

- **Coroides:** Es la capa media o segunda capa del globo ocular, encargada de dar opacidad a la esclerótica y absorber las radiaciones visibles.

Se trata de una membrana delgada, esponjosa, de color café oscuro, formada principalmente por vasos sanguíneos que nutren el ojo y eliminan sus productos de desecho; y por células pigmentarias que garantizan el oscurecimiento del interior del ojo, en el que se proyectan las imágenes.

En la parte anterior del ojo las coroides se une al cuerpo ciliar, estructura muscular que produce el humor acuoso y a su vez se continúa con el iris (diafragma) que da a los ojos su color individual, este depende de la cantidad de pigmento que contenga.

El espacio negro que se ve en el centro del iris es la pupila.

- **Córnea:** es la membrana transparente que cubre la esclerótica, encargada de recibir y transmitir las impresiones visuales.

La córnea tiene cinco capas: la más externa es el epitelio corneal, muy susceptible a las abrasiones y lesiones físicas y químicas.

- **Retina:** es la capa más interna más sensible del ojo, y es donde se produce la transformación de las luminancias en estímulos nerviosos.

Es una membrana delicada y transparente que contiene células fotorreceptoras. Es la zona donde se visualizan las imágenes. La retina tiene una parte muy especial, situada en el eje óptico, denominada Mácula Lútea. Es allí donde se proyectan las imágenes con mayor nitidez y es la zona que

permite mantener una visión fina de alta resolución, mientras que en el resto de la retina hay visión de referencia (campo visual).

Las células fotorreceptoras pueden ser de dos clases, los conos y los bastones.

- **Conos:** son las células sensibles al color por lo que requieren iluminaciones elevadas.

Son las encargadas de que durante la visión diurna, también conocida como visión fotópica, se distingan los objetos con mayor precisión y detalle, además de percibir los colores.

Hay alrededor de seis millones de unidades, de forma corta y gruesa, permiten ver de día, advertir los detalles finos y rigen la visión de los colores, es decir, la calidad de la luz (apreciación cualitativa).

Estas células están situadas principalmente en la fovea o mácula.

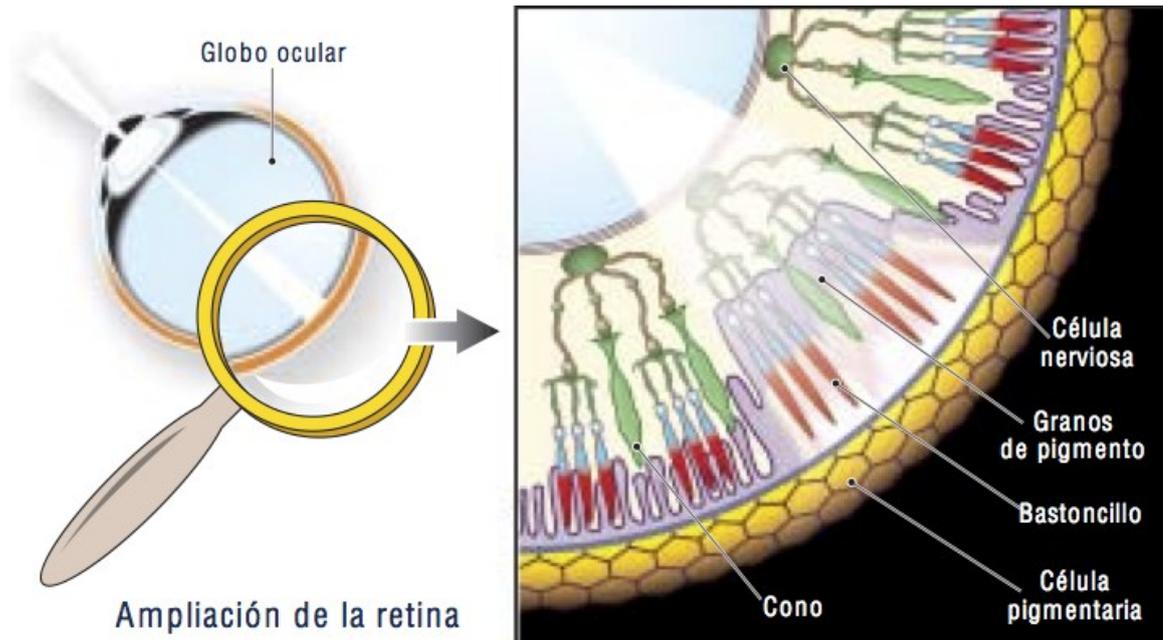
Los animales “diurnos”, como la gallina, solo poseen conos en la retina, lo que hace que su visión nocturna sea deficiente.

- **Bastones** son las células sensibles a la forma, a la luz y al movimiento pero todo lo contrario al color. Funcionan para bajos niveles de iluminación.

Son células de forma larga, delgada y cilíndrica. Están situadas fuera de la fovea y más concentrados en la periferia.

Hay alrededor de ciento veinticinco millones de unidades, rigen la visión del blanconegro y la distinta gama de grises, permiten la visión nocturna y aprecian la intensidad de la luz (cuantitativa).

Los animales “nocturnos”, como los topos, los murciélagos y las lechuzas poseen exclusivamente bastones en su retina.



Se muestra una sección de la retina, donde se observan los dos tipos de células fotosensibles que regulan los efectos visuales, nombradas anteriormente conos y bastones.

- **Cristalino:** Es un órgano en forma de lente biconvexa elástica, incolora y transparente ubicada detrás del iris.
Es el órgano óptico por excelencia, permite enfocar las imágenes, tanto de lejos como de cerca. En función de la distancia a la que se hallan los objetos varía su curvatura para enfocar. Los músculos encargados de este movimiento son los músculos ciliares.
Cualquier opacidad del cristalino se denomina catarata.
- **Iris:** Membrana circular pigmentada situada detrás de la córnea, encargada de controlar el flujo lumínico que pasa al cristalino.
Es un esfínter, que al contraerse hace más pequeña la pupila, y el dilatador, que al contraerse la agranda.
- **Pupila:** Orificio circular situado en el centro del iris por donde pasan los rayos de luz. Está controlada por el iris, que dependiendo del flujo luminoso del entorno, puede contraerse (miosis) o dilatarse (midriasis).

- **Músculo ciliar:** músculo encargado de modificar la curvatura de la lente para ajustar la visión.
- **Cuerpo o Humor vítreo:** Situado detrás del cristalino, es una sustancia gelatinosa y transparente, compuesta mayormente por agua, que rellena la cavidad que hay entre el cristalino y la retina (llena toda la porción posterior del globo).

En personas jóvenes es bastante denso, el paso de los años y ciertas enfermedades lo vuelven más líquido.

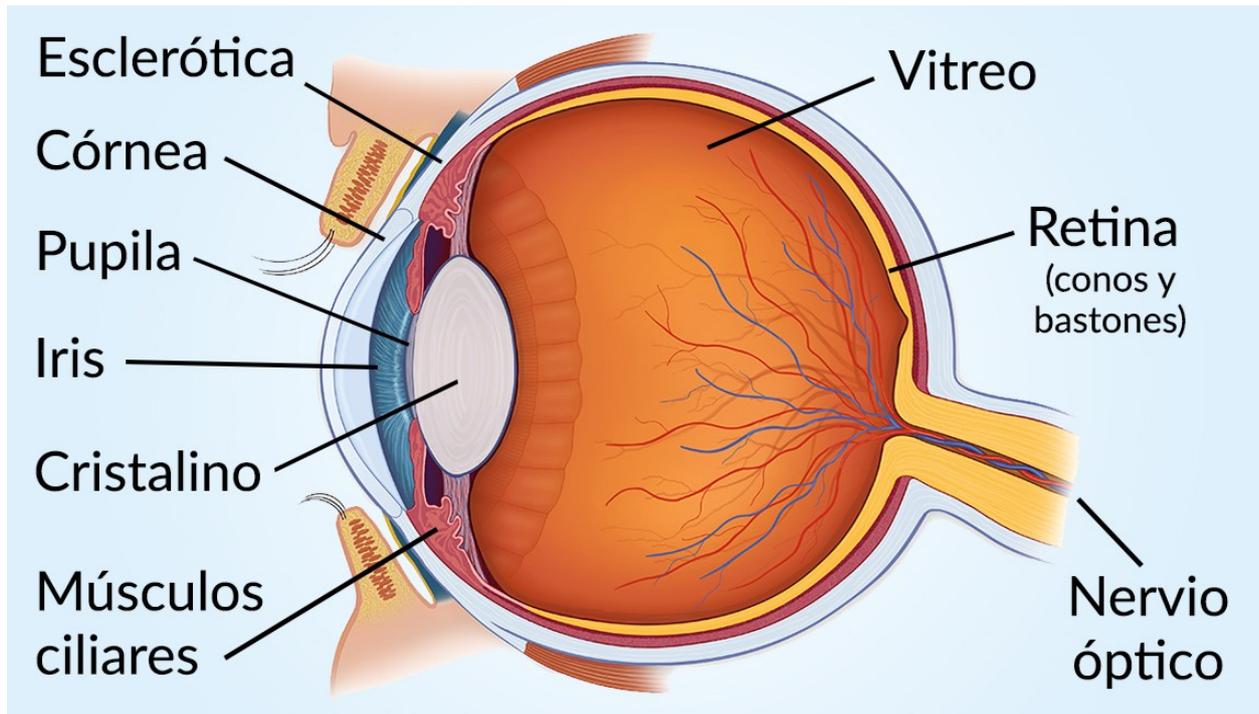
El cuerpo vítreo no se regenera si se pierde de forma traumática o quirúrgica.

- **Humor acuoso:** de consistencia líquida transparente, formado mayormente por agua ubicado entre la córnea y el iris, encargado de nutrir y mantener la forma y produce la presión que ejerce entre los dos.

Es producido constantemente por el cuerpo ciliar y se drena en forma permanente.

Además de su función refractiva, permite el intercambio de nutrientes y materiales de desecho. Debe existir un equilibrio entre la producción y la excreción del humor acuoso, para que los niveles de presión intraocular sean normales. Si aumenta ocasiona una enfermedad denominada Glaucoma.

- **Punto ciego:** punto de unión entre la retina y el nervio óptico. Es un punto insensible a la luz ya que no posee ninguna célula fotorreceptora.
- **Nervio óptico:** nervio encargado de conducir las imágenes desde la retina al cerebro.
- **Fóvea:** es una hendidura poco profunda, situada en la parte posterior de la retina formada solamente por conos. Esta área está situada justo en el centro del campo visual, se considera el área de mayor agudeza y mejor visión.



- **Músculos extraoculares:** Cada globo ocular es mantenido en su posición, dentro de la órbita, por un grupo de seis músculos que se insertan en su superficie externa; y se fijan, por el otro extremo, a las paredes de la órbita. Ellos hacen posible que los ojos se muevan libre y coordinadamente en todas las direcciones.

Los seis músculos son: recto interno o medio, recto externo o lateral, recto superior, recto inferior, oblicuo mayor o superior y oblicuo menor o inferior. Las acciones de los músculos están completamente coordinadas de tal forma que mientras unos se contraen los que ejercen acción contraria se relajan y así garantizan el correcto alineamiento de los globos oculares.

8.3) Defectos Estructurales del Ojo⁶

Las cuatro causas más comunes de visión defectuosa son las siguientes:

⁶ Sobre la base de "Riesgos Físicos II Iluminación. Segunda Edición" de Fernando Henao Robledo.

- **Astigmatismo:** Incapacidad de enfocar líneas horizontales y verticales al mismo tiempo.

La distancia focal del ojo astigmático es diferente para dos planos perpendiculares.

Esta condición resulta de irregularidades en la curvatura de la córnea y del cristalino.

- **Miopía:** La distancia focal del ojo miope es demasiado corta, por lo que los rayos paralelos convergen delante de la retina y no en ella.

Las personas miopes ven los objetos cercanos claramente, pero los distantes aparecen borrosos.

- **Hipermetropía:** En este caso, la distancia focal del ojo es demasiado grande y el foco está detrás de la retina.

Las personas que sufren de hipermetropía no ven con claridad los objetos cercanos.

- **Presbicia:** Pérdida del poder de acomodación del cristalino. En personas de edad media o avanzada el cristalino se vuelve progresivamente menos elástico y el proceso de acomodación para una visión cercana se va haciendo más difícil. El resultado es una condición similar a la hipermetropía.

Estos cuatro defectos visuales pueden corregirse con anteojos apropiados

8.4) Ojo Humano Versus Cámara de Fotos⁷

El sistema ojo humano y el sistema cámara fotográfica están diseñados ambos para capturar imágenes del mundo a su alrededor. Aunque comparten algunas funciones similares, sus mecanismos y capacidades son diferentes.

⁷ En base a información proporcionada por la IA.

En la tabla siguiente se presenta una comparación de sus componentes principales y cómo funcionan de manera análoga:

Parte del ojo humano	Equivalente en la cámara	Función
Córnea y cristalino	Lente de la cámara	Enfocan la luz para formar una imagen clara sobre la retina o el sensor de la cámara.
Pupila	Apertura (diafragma)	Controla la cantidad de luz que entra en el ojo o en la cámara.
Iris	Control del diafragma	Regula el tamaño de la pupila o apertura para ajustarse a diferentes niveles de luz.
Retina	Sensor digital (o película)	Captura la imagen que se forma al enfocarse la luz. La retina lo hace con células sensibles a la luz.
Nervio óptico	Cable de transmisión de datos	Transmite la información visual al cerebro o a un dispositivo de almacenamiento.
Párpados	Cubierta de la lente	Protegen el ojo o la lente de daños y suciedad.

8.4.1) Similitudes

Las similitudes entre ambos sistemas son:

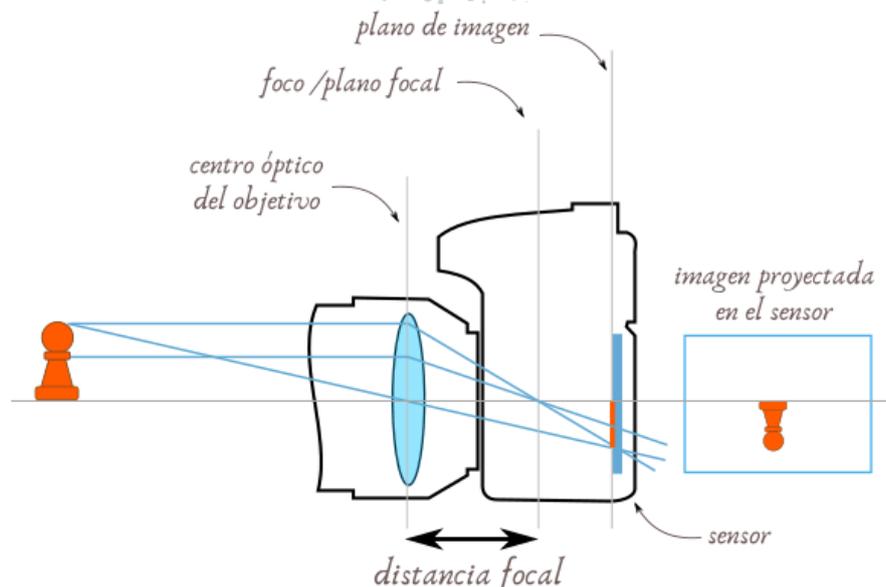
- **Enfoque automático:** En el ojo humano, los músculos ciliares ajustan el cristalino para enfocar objetos a diferentes distancias. En una cámara, el sistema de enfoque automático mueve las lentes para lograr lo mismo.
- **Control de luz:** El ojo ajusta automáticamente el tamaño de la pupila según la intensidad de la luz, similar a cómo una cámara ajusta su apertura o usa un sensor para modificar la exposición.

- **Captura de imágenes:** Ambos convierten la luz en información visual. El ojo lo hace a través de impulsos eléctricos hacia el cerebro, mientras que una cámara lo almacena como datos digitales o químicos.

8.4.2) Diferencias

Las diferencias más importantes son:

- **Calidad de imagen:** Las cámaras modernas pueden superar al ojo humano en resolución para ciertos usos específicos, pero el ojo tiene un rango dinámico y una capacidad de adaptación excepcional.
- **Percepción del color:** El ojo humano tiene una percepción del color mucho más rica y adaptativa que las cámaras actuales, gracias a los conos en la retina.
- **Campo de visión:** El ojo tiene un campo de visión de casi 180 grados, mientras que las cámaras tienen un campo limitado dependiendo de la lente.
- **Procesamiento de imágenes:** El cerebro realiza un procesamiento continuo y complejo para interpretar las imágenes, algo que una cámara no puede hacer por sí sola.



8.5) Capacidades Visuales⁸

La capacidad visual del ojo humano está determinada por los siguientes parámetros:

- Campo Visual
- Agudeza Visual
- Acomodación
- Adaptación Visual
- Contraste Visual
- Deslumbramiento
- Sensibilidad del ojo

8.6) Campo Visual

El campo visual es la extensión del espacio que puede ser visto sin mover los ojos ni la cabeza.

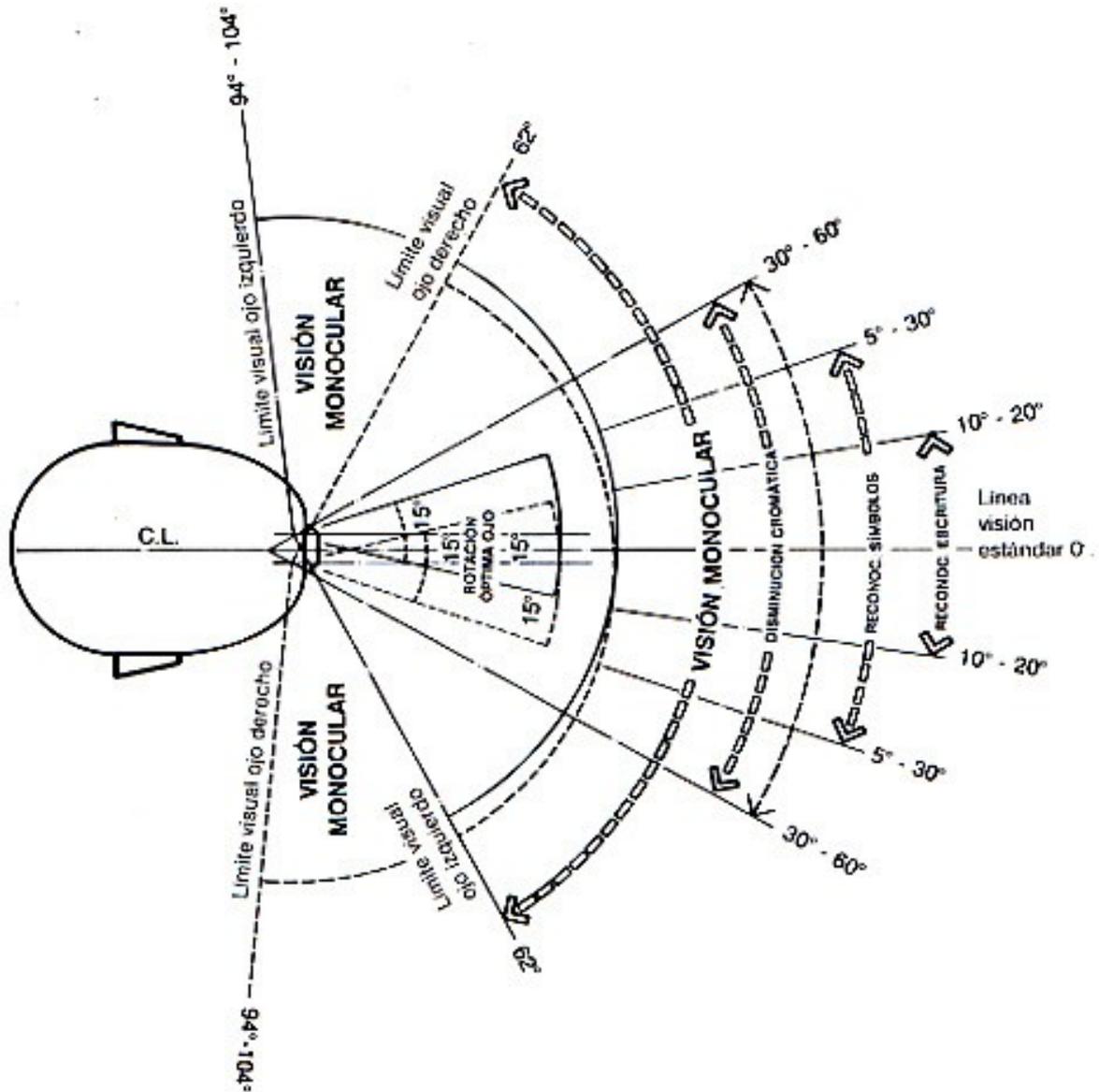
Es una combinación de lo que perciben ambos ojos, dividido en dos áreas: el campo visual binocular (común a ambos ojos) y los campos visuales monoculares (de cada ojo por separado).

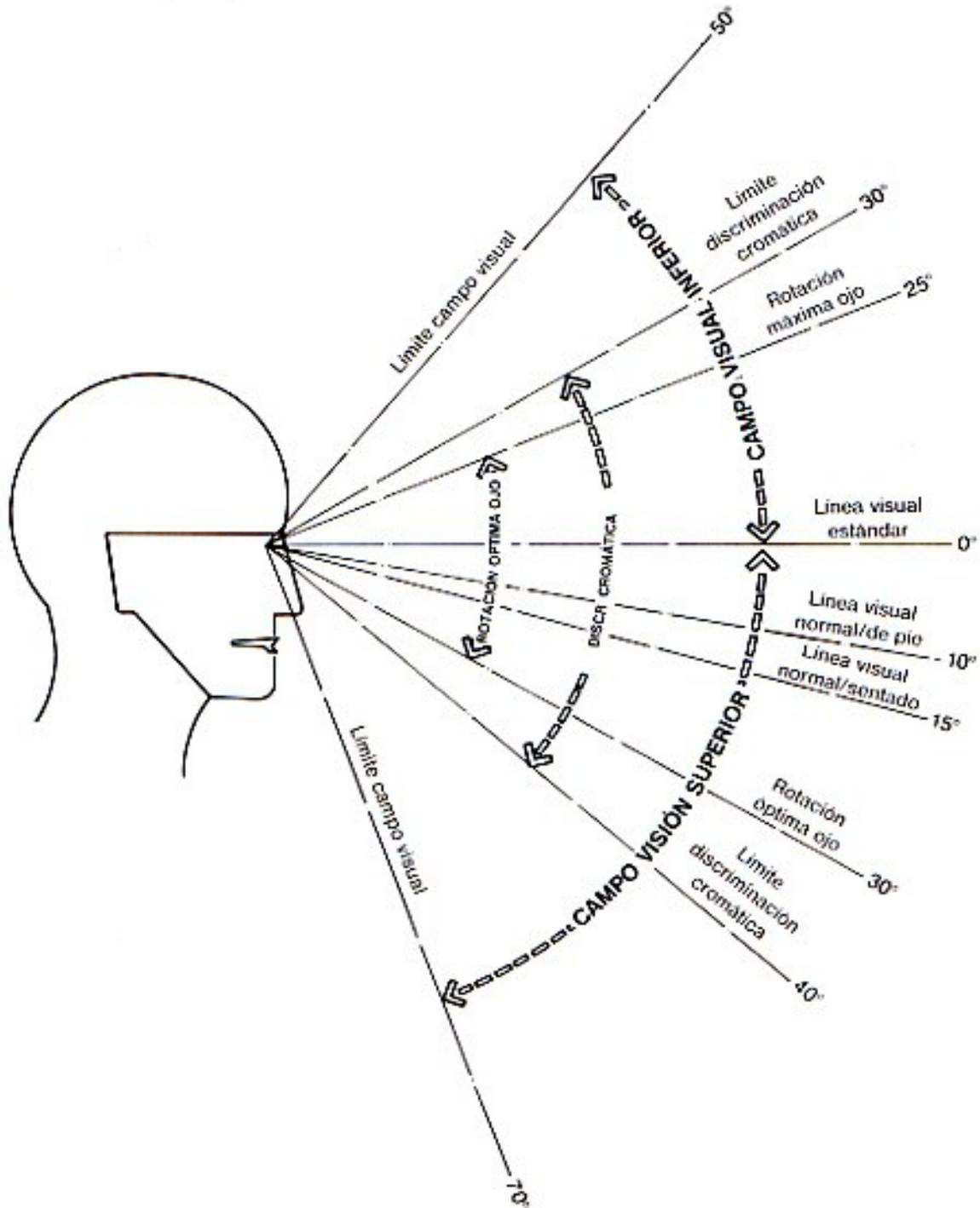
El ojo humano tiene un campo visual limitado de:

- 130° en sentido vertical
 - 60° por encima de la horizontal
 - 70° por debajo de la horizontal
- 150° en sentido horizontal, aunque con la superposición de ambos ojos se puede abarcar 180°.

⁸ Tema desarrollado con la colaboración de la IA.

El campo visual es un factor que se debe tener en cuenta para evitar el deslumbramiento.





8.6.1) Factores que Afectan el Campo Visual

- **Obstáculos anatómicos:** La nariz bloquea parcialmente la visión hacia los lados. Las cejas y mejillas pueden limitar el campo superior e inferior.

- **Edad y condiciones de salud:** Trastornos como el glaucoma, retinosis pigmentaria o desprendimiento de retina pueden reducir el campo visual. Con la edad, la sensibilidad en la visión periférica puede disminuir.
- **Configuración individual:** La forma del rostro y el tamaño de los ojos también pueden influir en la extensión del campo visual.

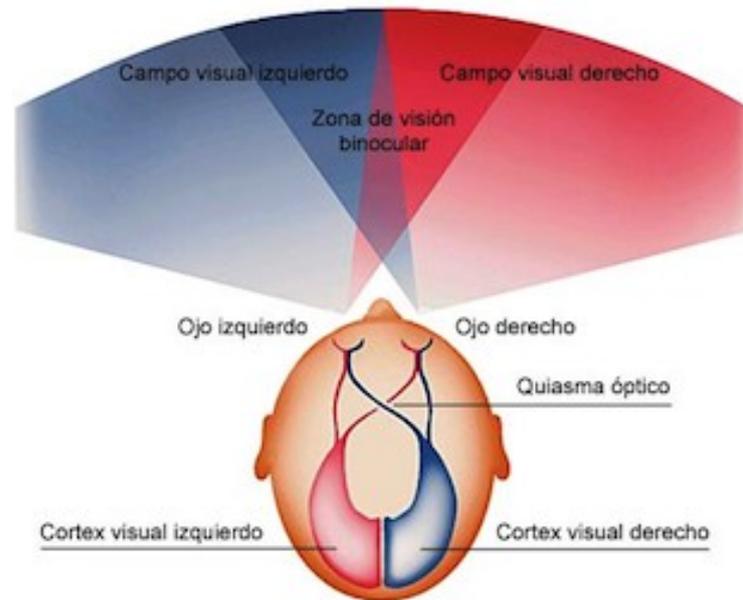
8.6.2) Importancia del Campo Visual

- **Seguridad:** Permite detectar peligros desde los lados, como en la conducción o al caminar.
- **Percepción del entorno:** Ayuda a captar cambios en el ambiente y a orientarnos.
- **Deportes y actividades:** Es crucial en actividades que requieren atención a múltiples puntos, como jugar al fútbol o conducir.

8.6.3) Campo Visual Binocular

Representa la zona de visión que ambos ojos comparten. Este campo es de unos 120° horizontales y proporciona percepción de profundidad gracias a la visión estereoscópica.

La visión binocular es la habilidad del ojo de mantener un objeto enfocado con los dos ojos, creando así una imagen en tres dimensiones dando sensación de profundidad. La visión binocular también es responsable de la percepción de las distancias.



8.6.4) Campo Visual Monocular

Los extremos del campo visual de cada ojo se denominan “campo monocular” y se extienden unos 40° más a cada lado que no se solapan con el otro ojo. Esto es importante para la percepción periférica.

8.7) Agudeza Visual

La agudeza visual es la capacidad del ojo humano para percibir detalles finos y distinguir claramente los objetos en el entorno a una distancia corta del campo de visión. Es uno de los parámetros clave para evaluar la calidad de la visión y se mide en condiciones específicas, generalmente utilizando letras, números, símbolos o figuras en una tabla estándar.

Esta capacidad del ojo, igual que la acomodación, está muy relacionada con el nivel de iluminación.

Por ejemplo, si el nivel de iluminación es muy bajo, la agudeza visual también disminuye dificultando al ojo distinguir los detalles y al contrario, si el nivel es elevado es más fácil distinguir el objeto.

Los factores que determinan la agudeza visual se pueden clasificar en condiciones internas y externas al ojo, y estas son:

- **Condiciones internas**

Capacidad óptica del ojo. Precisión en el enfoque de la luz en la retina, principalmente a través del cristalino y la córnea.

Función de la retina. La fovea, la parte central de la retina, es responsable de la visión de alta resolución.

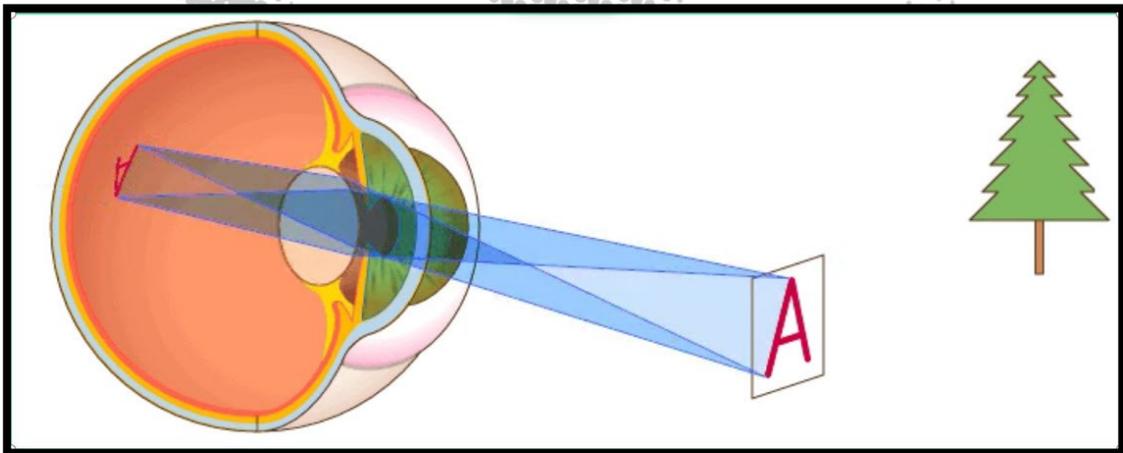
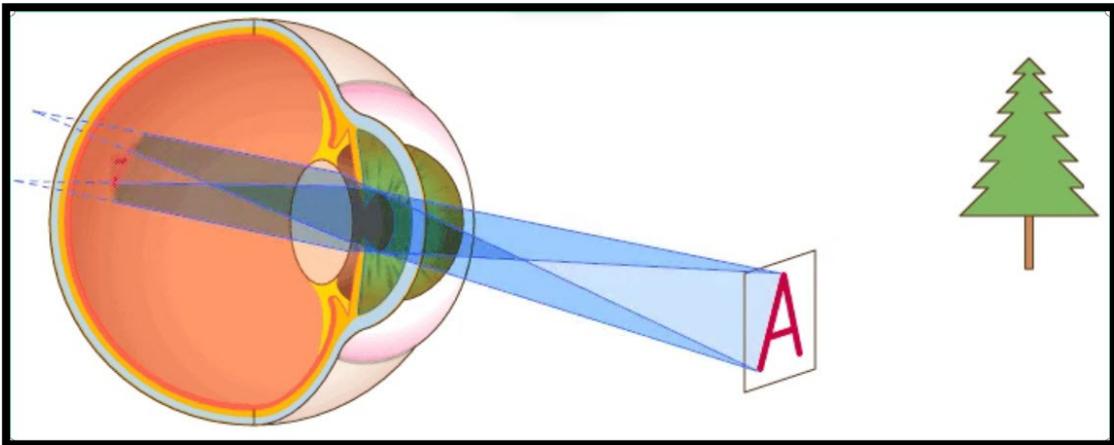
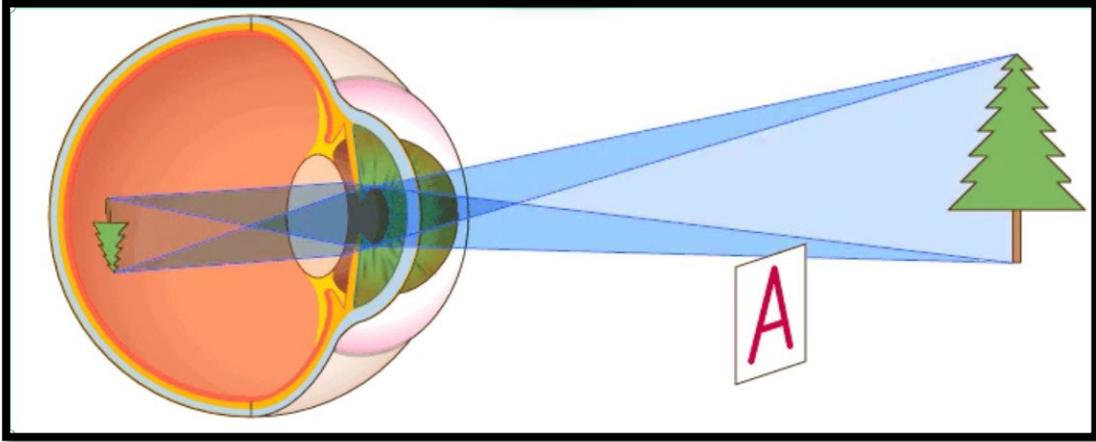
Procesamiento neural. La calidad con la que el cerebro interpreta las señales visuales enviadas desde los ojos.

- **Condiciones externas**

Nivel de iluminación, contraste del objeto y distancia de observación.

8.8) Acomodación

La acomodación es la capacidad del ojo humano para enfocar objetos a diferentes distancias, este proceso lo ejecuta ajustando la forma del cristalino. Este mecanismo permite que las imágenes de objetos cercanos y lejanos se proyecten claramente sobre la retina, manteniendo una visión nítida en diversas situaciones.



Este trabajo de la acomodación la realiza el cristalino que cambia su curvatura para ajustar el enfoque. Más curvatura para objetos cercanos, menos curvatura para objetos lejanos.

Cuando se realizan tareas visuales con un nivel de iluminación inferior al requerido, los músculos ciliares deben forzarse más de lo necesario y eso puede provocar fatiga en dichos músculos y su posterior deterioro. Por lo tanto hay que tener en cuenta a la hora de efectuar el diseño del proyecto que el nivel de iluminación sea el adecuado.

8.8.1) Factores que Afectan la Acomodación

- **Edad:** Con el tiempo, el cristalino pierde elasticidad, reduciendo la capacidad de acomodación (presbicia o "vista cansada"). La presbicia suele manifestarse a partir de los 40-45 años.
- **Errores refractivos:** Miopía, hipermetropía y astigmatismo pueden requerir ajustes adicionales en la acomodación.
- **Fatiga ocular:** Uso prolongado de dispositivos electrónicos o lectura puede causar tensión en los músculos ciliares.

8.8.2) Mejoras y Soluciones

- **Lentes progresivas o bifocales:** Para compensar la pérdida de acomodación en la presbicia.
- **Ejercicios visuales:** Fortalecen los músculos ciliares en casos de insuficiencia acomodativa.
- **Descansos regulares:** Regla 20-20-20: Cada 20 minutos, mirar a 20 pies (6 metros) de distancia durante 20 segundos.

8.9) Adaptación Visual

La adaptación visual es la capacidad del ojo humano para ajustarse a diferentes niveles de iluminación, permitiendo ver en condiciones de luz intensa (adaptación a la luz) y en la oscuridad (adaptación a la oscuridad). Este proceso implica cambios fisiológicos en el ojo, especialmente en la retina, y ocurre en respuesta a variaciones en el entorno luminoso.

Esta función la realiza la pupila que abre y cierra su abertura para permitir el paso de luz necesaria ayudada por la retina que es capaz por ella misma de adaptarse a grandes diferencias de cantidad de luz.

8.9.1) Tipos de Adaptación

- **Adaptación a la luz (fotópica)**

Se produce al pasar de un entorno oscuro a uno bien iluminado.

Los conos, células sensibles a la luz intensa, comienzan a funcionar.

La pupila se contrae para reducir la cantidad de luz que entra al ojo.

- **Adaptación a la oscuridad (escotópica)**

Ocurre al pasar de un ambiente iluminado a uno oscuro.

Los bastones, células sensibles a la baja iluminación, se activan gradualmente.

La pupila se dilata para captar más luz.

La regeneración de rodopsina (un pigmento en los bastones) es clave para esta adaptación.

En la imagen se observa la evolución del ojo al salir de una habitación con luz a un entorno oscuro. En el primer instante no se reconocen las formas ni colores. Es después de un tiempo cuando las figuras se empiezan a distinguir. Es importante tener en cuenta la adaptación para la iluminación de túneles o cines



8.9.2) Tiempo de Adaptación

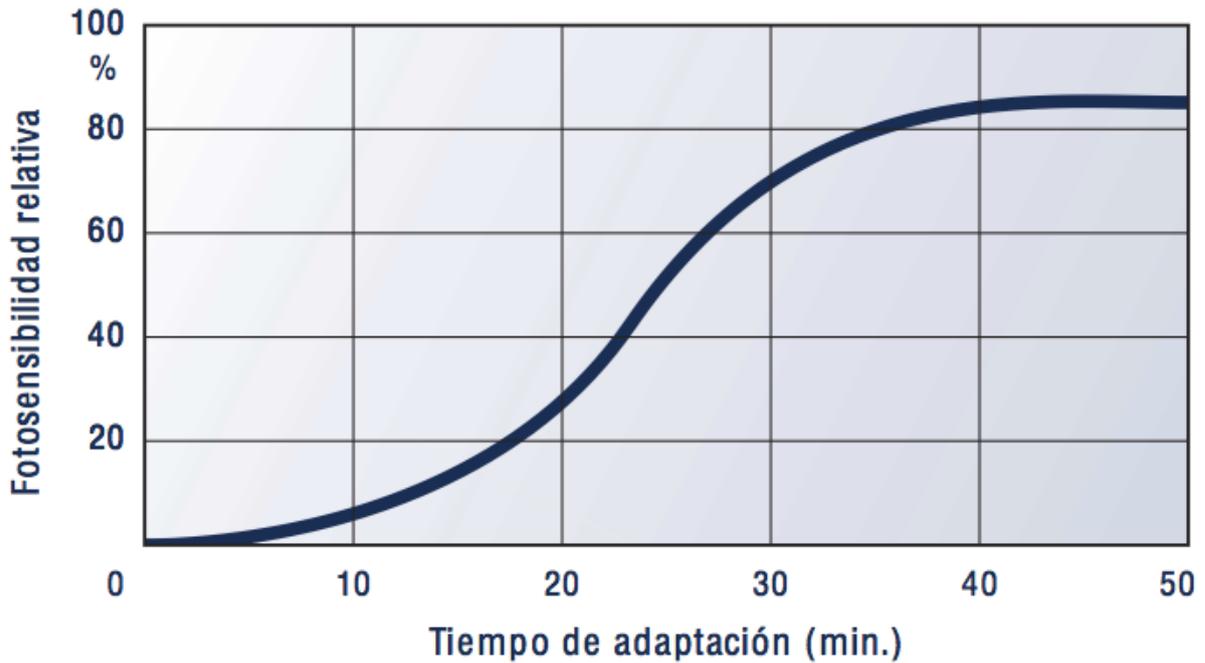
El proceso de adaptación requiere un tiempo para que la pupila ajuste su abertura. El tiempo depende de la diferencia que hay entre las intensidades de la luz.

- **Tiempo de adaptación a la luz**

Es un proceso rápido, que puede completarse en 30 segundos a 2 minutos.

- **Tiempo de adaptación a la oscuridad**

Es más lento y puede tardar entre 20 y 30 minutos en completarse completamente, llegando a superar los 30 minutos para adaptarse a una oscuridad cerrada.



8.9.3) Factores que Afectan la Adaptación

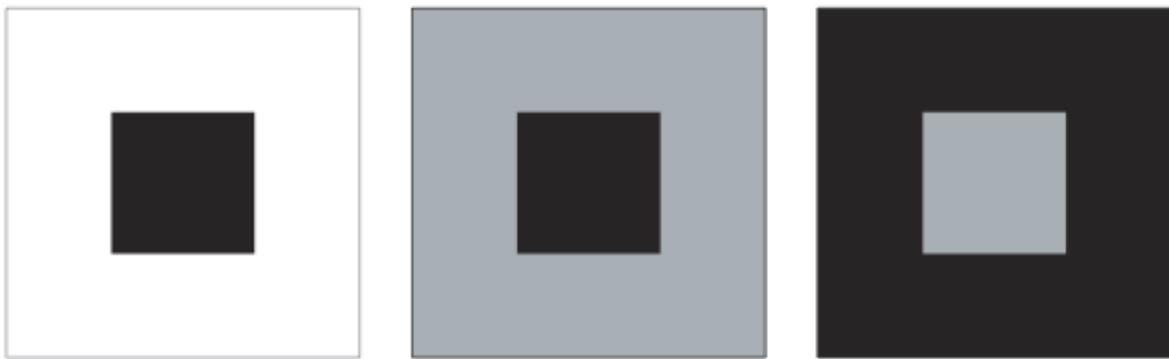
- **Edad:** La capacidad de adaptación disminuye con la edad debido a cambios en el cristalino y la retina.
- **Enfermedades oculares:** Condiciones como retinosis pigmentaria, glaucoma o cataratas pueden afectar la adaptación.
- **Exposición previa:** La sensibilidad a la oscuridad se reduce si se ha estado expuesto a luz intensa.

8.9.4) Importancia de la Adaptación

- **Seguridad:** Crucial para actividades como conducir de noche.
- **Supervivencia:** Permite la visión en ambientes oscuros, ayudando a detectar peligros.
- **Comodidad:** Evita molestias visuales al pasar entre diferentes niveles de luz.

8.10) Contraste Visual

El contraste visual es la diferencia en luminancia o color que permite distinguir un objeto de su fondo o de otros objetos. Es un aspecto esencial para la percepción visual, ya que afecta nuestra capacidad para detectar bordes, formas y detalles en diversas condiciones.



8.10.1) Tipos de Contraste

- **Contraste de luminancia**

La diferencia en el brillo entre un objeto y su fondo.

Ejemplo: Texto negro sobre un fondo blanco tiene alto contraste.

- **Contraste de color**

La diferencia en la tonalidad o saturación entre colores.

Ejemplo: Letras rojas sobre un fondo verde tienen contraste de color alto.

- **Contraste simultáneo**

Ocurre cuando la percepción de un color o brillo cambia según el entorno que lo rodea.

Ejemplo: Un gris neutro parece más oscuro si está rodeado de un fondo claro.

- **Contraste espacial**

Relacionado con la distribución de patrones y la diferencia entre áreas claras y oscuras dentro de una imagen o escena.

8.10.2) Factores que Afectan el Contraste

- **Iluminación ambiental:** La luz fuerte o tenue puede alterar la percepción del contraste.
- **Distancia:** A medida que aumenta la distancia, disminuye la capacidad de percibir contrastes sutiles.
- **Envejecimiento:** Con la edad, la percepción del contraste disminuye debido a cambios en el cristalino y la retina.
- **Condiciones visuales:** Enfermedades como cataratas, glaucoma o degeneración macular afectan la percepción del contraste.

8.10.3) Importancia del Contraste

- **Lectura:** Texto con buen contraste es más fácil de leer y menos fatigante.
- **Detección de objetos:** En conducción o deportes, un contraste adecuado mejora la visibilidad de obstáculos.
- **Percepción de detalles:** Crucial para tareas de precisión como el diseño, la cirugía o la pintura.

8.10.4) Mejoras y Soluciones

- **Optimización del diseño:** Usar combinaciones de colores que maximicen el contraste en textos, gráficos y señalización.

- **Uso de filtros visuales:** Lentes con recubrimientos que aumentan el contraste para personas con visión reducida.
- **Iluminación adecuada:** Reducir el deslumbramiento y equilibrar la luz ambiental para mejorar la percepción.

8.11) Deslumbramiento

El deslumbramiento es una condición visual temporal o permanente en la que la intensidad de la luz provoca una reducción en la capacidad de ver con claridad.

Es una sensación incómoda causada por una luz excesiva que dificulta la visión, afectando tanto la agudeza visual como la percepción del entorno.

8.11.1) Tipos de Deslumbramiento

- **Deslumbramiento directo**

Ocurre cuando una fuente de luz intensa entra directamente en el ojo, como al mirar al sol o los faros de un vehículo.

El ojo se ve sobreexpuesto a la luz, lo que provoca una pérdida temporal de la visión o visión borrosa.

- **Deslumbramiento indirecto**

Ocurre cuando la luz intensa no entra directamente en el ojo, pero se refleja en superficies brillantes, como el agua, el vidrio o la nieve.

Aunque no se observa directamente la fuente de luz, el reflejo o la dispersión de la luz provoca molestias visuales.

8.11.2) Causas del Deslumbramiento

- **Fuentes de luz intensas:** El sol, faros de vehículos, luces de neón, pantallas brillantes o reflejos en superficies.
- **Condiciones ambientales:** Condiciones como la niebla, la lluvia o la nieve pueden amplificar el deslumbramiento debido a los reflejos de la luz.
- **Problemas visuales:** Enfermedades oculares como las cataratas, el glaucoma o la degeneración macular pueden aumentar la susceptibilidad al deslumbramiento.

El envejecimiento también reduce la capacidad de adaptarse a diferentes niveles de luz.

8.11.3) Efectos del Deslumbramiento

- **Reducción de la agudeza visual:** La luz excesiva interfiere con la capacidad de distinguir detalles o de enfocar objetos correctamente.
- **Fatiga ocular:** El esfuerzo de tratar de ver en condiciones de deslumbramiento puede causar incomodidad o dolor ocular.
- **Pérdida temporal de visión:** El deslumbramiento severo puede hacer que no se vean detalles cercanos o incluso que no se distinga nada en la escena durante breves momentos.

8.11.4) Prevención y Mitigación

- **Uso de lentes adecuados:** Gafas de sol con protección UV o lentes con filtros antideslumbrantes pueden reducir la intensidad de la luz.

- **Reducción de la exposición a fuentes intensas de luz:** Evitar mirar directamente a fuentes brillantes de luz, como los faros de un vehículo o la luz directa del sol.
- **Uso de filtros polarizadores:** Los filtros en las lentes de las gafas o cámaras pueden reducir el deslumbramiento reflejado en superficies como agua, nieve o vidrio.
- **Tratamientos médicos:** En algunos casos, una cirugía ocular como la extracción de cataratas puede mejorar la tolerancia al deslumbramiento.

8.12) Deslumbramiento Directo

El deslumbramiento directo ocurre cuando una fuente de luz brillante impacta directamente en los ojos, reduciendo la capacidad de ver claramente y causando molestias. Es un fenómeno que puede ser tanto molesto como peligroso, especialmente en situaciones como la conducción nocturna o en ambientes con iluminación intensa.

8.12.1) Causas del Deslumbramiento Directo

- **Luz solar intensa:** El sol bajo en el horizonte, reflejado en superficies como agua, nieve o vidrio, puede causar un deslumbramiento severo.
- **Faros de vehículos:** Durante la noche, los faros de los autos en dirección contraria son una de las fuentes más comunes de deslumbramiento.
- **Iluminación artificial intensa:** Lámparas, focos de alta intensidad o pantallas mal ajustadas en ambientes oscuros.
- **Reflexión de superficies:** Materiales brillantes como espejos, agua, metal o ventanas pueden amplificar el deslumbramiento.

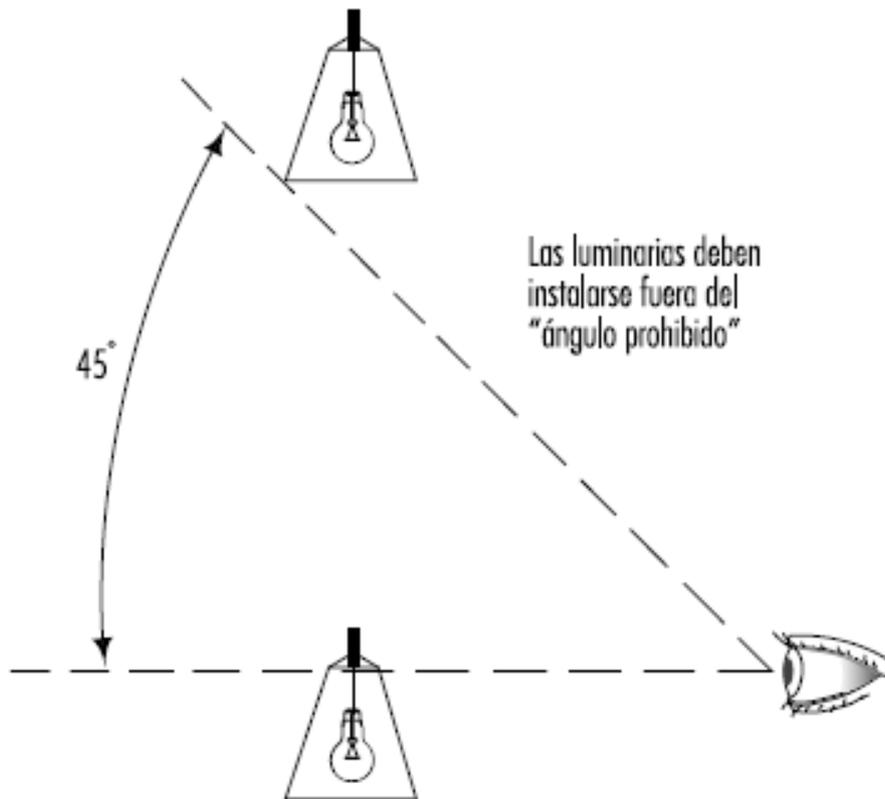
8.12.2) Efectos del Deslumbramiento Directo

- **Disminución temporal de la visión:** La retina se satura con luz, dificultando percibir detalles en el entorno.
- **Molestia o fatiga visual:** Los ojos se esfuerzan más para adaptarse a la luz intensa.
- **Pérdida de contraste:** Las zonas circundantes se perciben más oscuras en comparación con la fuente luminosa.
- **Riesgo de accidentes:** En la conducción, el deslumbramiento puede retrasar la capacidad de reacción.

8.12.3) Prevención y Mitigación

- **Uso de gafas de sol:** Especialmente aquellas con filtros polarizados, que reducen los reflejos y bloquean el deslumbramiento solar.
- **Limpieza de superficies:** Mantener limpios los parabrisas, gafas y pantallas para minimizar reflejos.
- **Ajustes en iluminación:** Evitar luces brillantes que apunten directamente a los ojos o utilizar iluminación difusa.
- **Protección ocular nocturna:** Reducir la intensidad de las luces altas en vehículos y evitar mirar directamente a faros.
- **Descanso ocular:** En ambientes laborales, tomar pausas regulares para reducir la fatiga visual.

La distribución de la luz de las luminarias también puede provocar un deslumbramiento directo y, en un intento por resolver este problema, es conveniente instalar unidades de iluminación local fuera del ángulo prohibido de 45 grados.



8.13) Deslumbramiento Indirecto

El deslumbramiento indirecto ocurre cuando la luz no llega directamente al ojo, sino que se refleja en superficies brillantes o altamente reflectantes, causando distracciones o molestias visuales. Aunque menos intenso y agresivo que el deslumbramiento directo, también puede afectar la visión y la comodidad visual.

8.13.1) Causas del Deslumbramiento Indirecto

- **Reflejos en superficies:** Agua, nieve, vidrio, metal, espejos, o pantallas brillantes.
- **Iluminación ambiental:** Lámparas mal colocadas o con luz que rebota en techos, paredes o muebles pulidos.

- **Condiciones de luz natural:** Luz solar reflejada en edificios con fachadas de cristal, carreteras mojadas, o ventanas.

Algunos ejemplos prácticos son los siguientes:

- **En una oficina:** Luz del sol reflejada en la pantalla de un ordenador.
- **Durante la conducción:** Reflejo de faros en el retrovisor o luz solar en el tablero del automóvil.
- **En casa:** Luz artificial reflejada en la televisión o en el suelo pulido.

8.13.2) Efectos del Deslumbramiento Indirecto

- **Distracción visual:** El reflejo puede llamar la atención de manera no deseada.
- **Molestia ocular:** Causa irritación y fatiga visual.
- **Reducción del contraste:** Dificulta la percepción de detalles, especialmente en tareas de precisión.
- **Sensación de confusión o incomodidad:** En ambientes laborales o domésticos, reduce la eficacia visual.

8.13.3) Prevención y Mitigación

- **Uso de superficies mate:** Evitar materiales brillantes o usar acabados opacos para techos, paredes y muebles.
- **Control de iluminación:** Ajustar la posición de lámparas o usar difusores para reducir reflejos.
- **Uso de cortinas o persianas:** Limitar la entrada de luz solar directa en espacios interiores.

- **Gafas con tratamiento antirreflejo:** Reducen la molestia visual causada por reflejos en gafas o pantallas.
- **Ajustes ergonómicos:** Colocar pantallas o escritorios en posiciones que minimicen los reflejos.

8.14) Deslumbramiento Molesto

El deslumbramiento molesto aparece cuando en un momento determinado hay demasiada luz y el ojo no es capaz de generar con tanta rapidez las suficientes células en la retina para producir el pigmento, lo que significa que no hay transmisión al nervio óptico por lo tanto tampoco al cerebro.

Este deslumbramiento afecta al confort visual, produciendo fatiga, pero no disminuye la capacidad de visión.

Un ejemplo típico es la luz del Sol, el ojo tiende a parpadear o mirar hacia otro lado para evitar el deslumbramiento o se puede evitar utilizando unas gafas de sol que reducen el nivel de luminancia del campo visual.

Puede aparecer por deslumbramiento directo o por reflexión sobre una superficie.

8.15) Deslumbramiento Perturbador

El deslumbramiento perturbador causa malestar en la persona debido a una elevada luminancia en el entorno. Como consecuencia reduce el campo visual y produce fatiga.

Este fenómeno se produce por la aparición de un velo luminoso que provoca visión borrosa y con poco contraste entre el objeto y el entorno.

A diferencia del deslumbramiento molesto, que causa incomodidad visual, el deslumbramiento perturbador puede llegar a interferir seriamente con la visión, dificultando la percepción de objetos y afectando la seguridad y la concentración.

8.16) Sensibilidad del Ojo

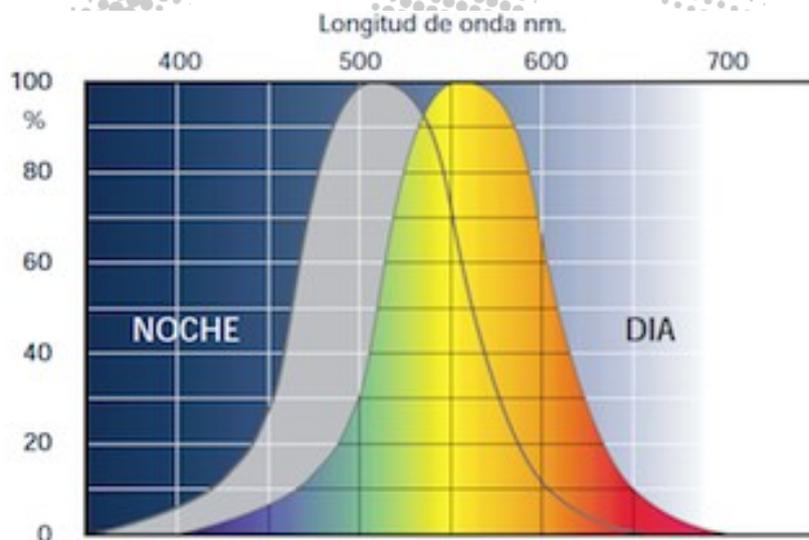
La sensibilidad del ojo se refiere a la capacidad del ojo humano para detectar estímulos visuales, como la luz, el contraste y los colores, a través de las células receptoras en la retina, principalmente los bastones y los conos.

Esta sensibilidad permite que el ojo perciba detalles y formas en diferentes condiciones de iluminación y con diferentes niveles de contraste.

8.16.1) Sensibilidad del Ojo y Longitud de Onda

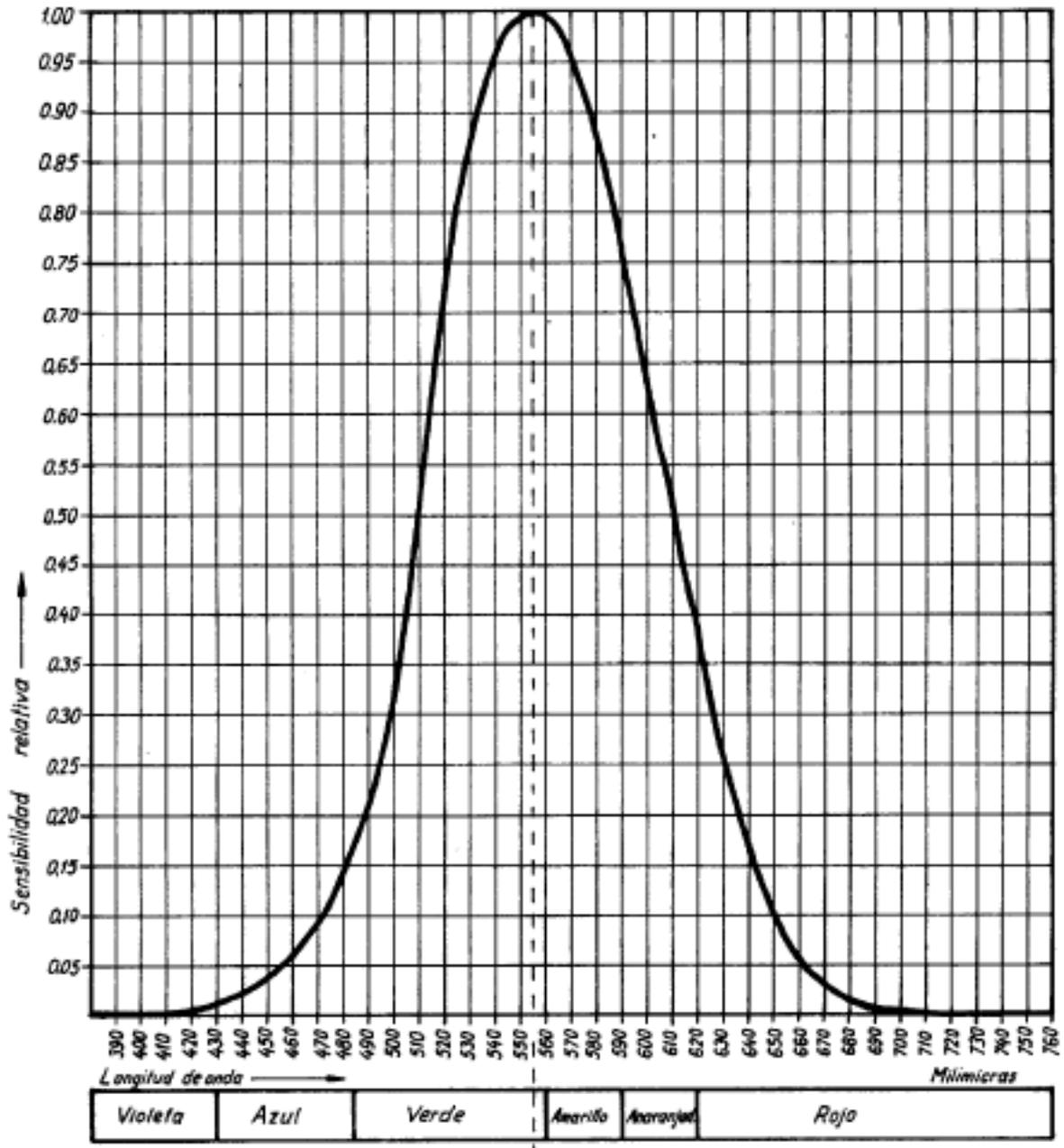
El ojo no responde de la misma manera a las radiaciones luminosas de cada una de las longitudes de onda del espectro electromagnético visible.

El efecto de cada una de las longitudes de onda de manera independiente, pero con la misma energía, sobre el ojo humano se muestra en la curva de sensibilidad de la imagen.



Curva sensibilidad del ojo a las radiaciones monocromáticas

La máxima sensibilidad del ojo corresponde a longitudes de onda cercanas a los 555 nm y la mínima sensibilidad se encuentra para los colores rojo y violeta.



8.16.2) Tipos de Visión

El ojo humano tiene diferentes tipos de visión según la sensibilidad a la luz y el nivel de iluminación del entorno. Esto está determinado por la activación de los bastones y conos, y las células receptoras de la retina. Los tipos de visión se clasifican en tres categorías principales:

8.16.3) Visión Fotópica (Visión de Alta Iluminación)

La visión fotópica es la visión de día, cuando la luminancia es superior a 3 cd/m². Con estos niveles de luminancia los conos son los encargados de trabajar, dando como respuesta una visión nítida, con detalle y buena distinción de los colores.

Características

- **Condiciones de Luz:** Alta luminosidad, como la luz diurna o entornos bien iluminados.
- **Fotorreceptores Activos:** Conos.
- **Percepción del Color:** Alta capacidad para distinguir colores y matices.
- **Agudeza Visual:** Máxima, permitiendo la detección de detalles finos y formas precisas.
- **Campo de Visión:** Principalmente en la fóvea, la parte central de la retina.

Funciones Principales

- **Detección de Colores:** Los conos son sensibles a diferentes longitudes de onda, lo que permite la percepción de una amplia gama de colores.
- **Visión Detallada:** Ideal para actividades que requieren precisión visual, como leer, escribir, y reconocer caras.

Limitaciones

- **Sensibilidad a la Luz Baja:** Los conos no son eficientes en condiciones de poca luz, lo que dificulta la visión nocturna.

8.16.4) Visión Escotópica (Visión de Baja Iluminación)

La visión escotópica es la visión de noche cuando la luminancia es inferior a 0,25 cd/m². En este caso son los bastones los encargados de la visión permitiendo distinguir entre las formas, pero no reproducen los colores.

La sensibilidad del ojo para la visión escotópica está desplazada hacia la izquierda. La máxima sensibilidad corresponde a las longitudes de onda de 510 nm aproximadamente.

Características

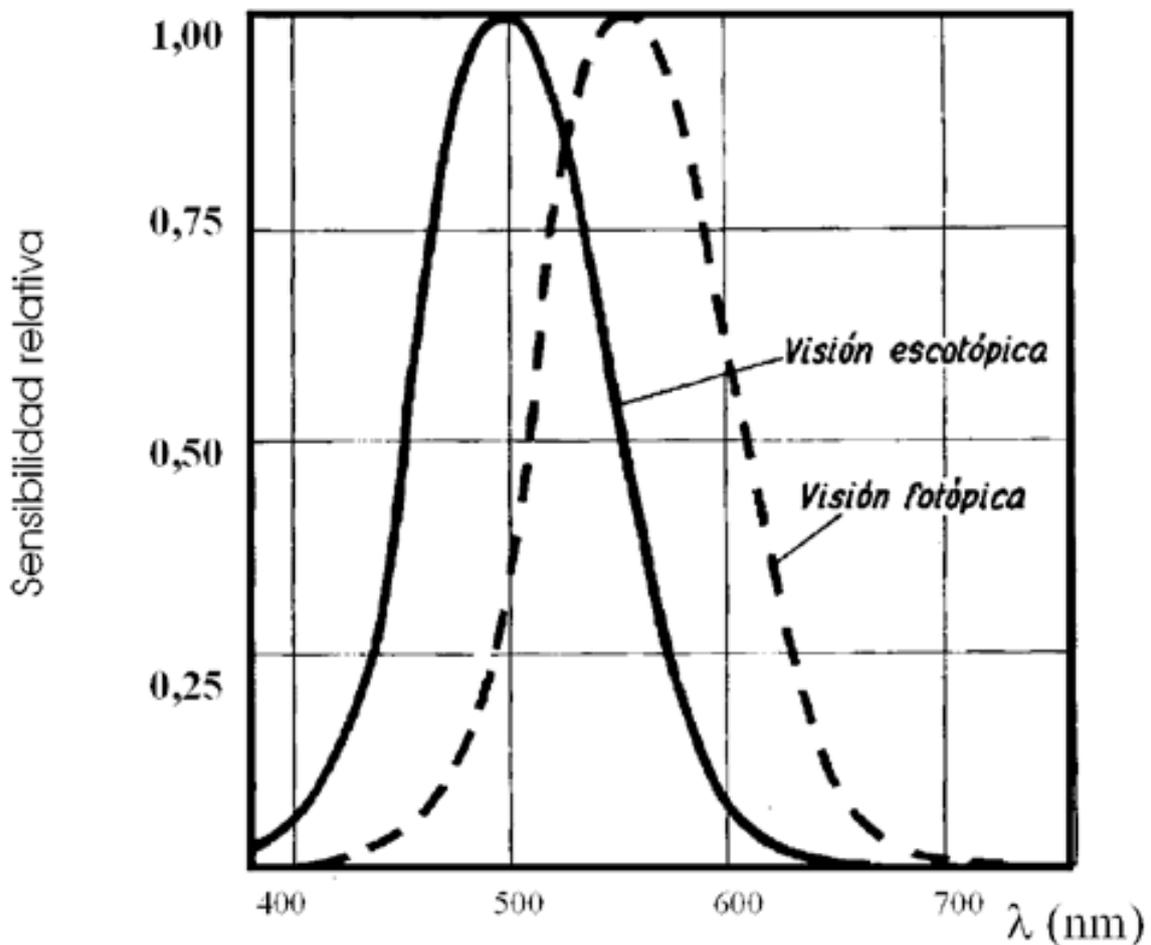
- **Condiciones de Luz:** Baja luminosidad, como la luz crepuscular, nocturna o en ambientes con poca iluminación.
- **Fotorreceptores Activos: Bastones.**
- **Percepción del Color:** Limitada o inexistente; los bastones no distinguen colores y solo perciben tonos de gris.
- **Agudeza Visual:** Menor en comparación con la visión fotópica, pero mayor sensibilidad a la luz.
- **Campo de Visión:** Amplio, permitiendo una mejor detección de movimiento en el periférico.

Funciones Principales

- **Sensibilidad a la Luz Baja:** Los bastones son altamente sensibles a la luz, facilitando la visión en condiciones de oscuridad.
- **Detección de Movimiento:** Son más eficaces para identificar movimientos rápidos y objetos en el campo periférico.

Limitaciones

- **Visión Borrosa:** Menor capacidad para distinguir detalles finos y formas precisas.
- **Ausencia de Percepción de Color:** La falta de discriminación de colores puede dificultar la identificación de objetos específicos.



8.16.5) Visión Mesópica (Visión de Luz Intermedia)

La visión mesópica ocurre con luminancias entre los 0,25-3 cd/m², es una visión intermedia y tanto los conos como los bastones están activos pero la capacidad para distinguir los colores va disminuyendo a medida que baja el nivel de luz.

Características:

- **Condiciones de Luz:** Niveles de iluminación intermedios, como el crepúsculo o entornos con luz artificial tenue.
- **Fotorreceptores Activos: Conos y bastones.**
- **Percepción del Color:** Parcial, dependiendo del equilibrio entre la activación de conos y bastones.
- **Agudeza Visual:** Intermedia entre la visión fotópica y escotópica.

Funciones Principales

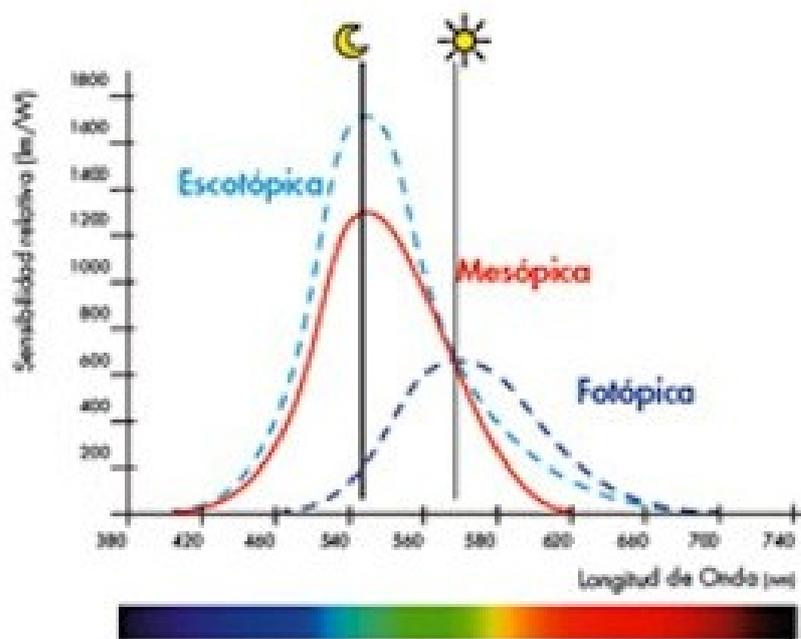
- **Adaptación a Cambios de Luz:** Permite una transición más suave entre ambientes bien iluminados y oscuros.
- **Percepción Balanceada:** Combina la sensibilidad de los bastones con la capacidad de los conos para distinguir colores y detalles.

Limitaciones

- **Menor Especialización:** No tan eficiente como la visión fotópica en la detección de colores ni como la visión escotópica en la sensibilidad a la luz baja.

8.16.6) Cuadro Comparativo de los Tipos de Visión

Característica	Visión escotópica	Visión fotópica	Visión mesópica
Nivel de luz	Muy baja (oscuridad)	Alta (luz brillante)	Intermedia (luz tenue)
Células activas	Bastones	Conos	Bastones y conos
Percepción de color	No (en blanco y negro)	Sí (colores completos)	Limitada (colores apagados)
Agudeza visual	Baja	Alta	Intermedia
Sensibilidad a la luz	Alta	Baja	Intermedia



8.16.7) Factores que Afectan la Sensibilidad del Ojo

- **Sensibilidad a la luz (fotorreceptores)**

Bastones: Son responsables de la visión en condiciones de poca luz (visión escotópica) y son más sensibles a la luz, pero no perciben color.

Conos: Se encargan de la visión en condiciones de luz brillante (visión fotópica) y son responsables de la percepción del color y detalles finos.

- **Edad:** Con el envejecimiento, la sensibilidad visual puede disminuir debido a cambios en el cristalino (como la presbicia o cataratas) y la retina. Esto puede afectar la capacidad del ojo para adaptarse a cambios en la luz y reducir la agudeza visual.
- **Condiciones ambientales:** La intensidad y la calidad de la luz (por ejemplo, luz natural frente a luz artificial) afectan la sensibilidad del ojo. La luz excesiva puede causar deslumbramiento, mientras que la baja luminosidad puede dificultar la visión.

- **Adaptación a la luz**

Adaptación a la luz: El ojo se adapta rápidamente a cambios de luz, lo que permite ver con claridad en entornos brillantes. Esta adaptación ocurre a través de la contracción de la pupila y el ajuste de los fotorreceptores.

Adaptación a la oscuridad: En entornos oscuros, el ojo se adapta lentamente. Los bastones se activan para detectar luz tenue, pero este proceso puede tardar entre 20 y 30 minutos.

- **Enfermedades oculares:** Trastornos como el glaucoma, la degeneración macular o las cataratas pueden afectar la sensibilidad visual. La presión intraocular elevada o la opacidad del cristalino dificultan la capacidad del ojo para percibir detalles.
- **Contraste:** La capacidad del ojo para percibir el contraste entre diferentes áreas de la imagen también influye en la sensibilidad visual. A un bajo contraste, el ojo tiene más dificultades para distinguir detalles, especialmente en condiciones de luz baja.

8.16.8) Importancia de la Sensibilidad Ocular

- **Visión nocturna:** La capacidad de adaptarse a la oscuridad es crucial para actividades nocturnas, como conducir de noche.
- **Detección de detalles:** Una alta sensibilidad al contraste y la luz permite identificar objetos en entornos con baja visibilidad o condiciones de iluminación cambiantes.
- **Seguridad y calidad de vida:** La pérdida de sensibilidad ocular, especialmente en personas mayores, puede afectar la seguridad y la capacidad de realizar tareas cotidianas.

8.16.9) Prevención y Mitigación

- **Protección ocular adecuada:** Usar gafas de sol con protección UV para evitar daños a los ojos por exposición prolongada a la luz solar.
- **Iluminación adecuada:** En espacios interiores, usar luz suave para evitar el deslumbramiento y crear un ambiente visualmente cómodo.
- **Revisión regular:** Las revisiones periódicas con un profesional de la salud ocular son importantes para detectar condiciones que puedan reducir la sensibilidad visual.
- **Alimentación y hábitos saludables:** Una dieta rica en nutrientes como la vitamina A, C y E, y el consumo de antioxidantes pueden ayudar a mantener la salud ocular. El ejercicio regular también puede mejorar la circulación sanguínea en la retina.

9) FACTORES QUE INFLUYEN EN EL PROCESO VISUAL⁹

Las investigaciones han demostrado que la visión depende de cuatro variables primarias asociadas al objeto visual:

- Tamaño.
- Brillo.
- Contraste entre el objeto y sus alrededores.
- Tiempo disponible para verlo.

Tamaño, brillo o luminancia, contraste y tiempo, están mutuamente relacionados y son independientes. Dentro de ciertos límites, se puede resolver una deficiencia en uno de estos factores ajustando uno o más de los restantes.

9.1) Tamaño

El tamaño del objeto es el factor que generalmente tiene más importancia en el proceso visual. Cuanto más grande es un objeto en relación con el ángulo visual (o ángulo subtendido por el objeto desde el ojo) más rápidamente puede ser visto. La persona que acerca un objeto al ojo para verlo con más claridad está inconscientemente haciendo uso del factor tamaño, al aumentar el ángulo visual.

La agudeza visual, expresada como la inversa del ángulo visual, es una medida de los más pequeños detalles que pueden percibirse. Dado que la agudeza visual aumenta marcadamente al hacerlo la iluminación, la luz se considera algunas veces como un “amplificador” que hace visibles pequeños detalles que no podrían verse con menos luz.

⁹ Sobre la base de “Riesgos Físicos II Iluminación. Segunda Edición” de Fernando Henao Robledo.

9.2) Brillo fotométrico (luminancia)

Uno de los factores primordiales para la visibilidad es la luminancia. La de un objeto depende de la intensidad de la luz que incide sobre este y la proporción de esta que se refleja en dirección al ojo.

Una superficie blanca tendrá un brillo mucho mayor que la misma iluminación. Sin embargo, añadiendo suficiente luz a una superficie oscura es posible hacerla tan brillante como una blanca.

Cuanto más oscuro es un objeto o labor visual más grande es la iluminación necesaria para conseguir igual brillo en circunstancias parecidas y obtener la misma visibilidad.

9.3) Contraste

Tan importante para la visión es el nivel general de luminancia como el contraste de luminancia o color entre el objeto visual y su fondo.

Los altos niveles de iluminación compensan parcialmente los contrastes de bajo brillo y resultan de gran ayuda cuando no pueden evitarse las condiciones de deficiencia de contrastes.

9.4) Tiempo

La visión no es un proceso instantáneo, requiere tiempo. De nuevo puede recurrirse a la cámara fotográfica para ilustrarlo. Es posible tomar una fotografía con una luz muy tenue si la exposición es suficientemente larga, pero para una exposición rápida es necesario emplear una gran cantidad de luz.

El ojo puede ver detalles muy pequeños con niveles bajos de iluminación, si se da tiempo suficiente y se prescinde de la fatiga visual; pero para una visión rápida se requiere más luz.

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

10) PROBLEMAS COMUNES RELACIONADOS A LA ILUMINACIÓN EN AMBIENTES DE TRABAJO¹⁰

Los problemas más comunes relacionados con la iluminación en ambientes de trabajo, algunos de los cuales ya fueron tratados, se pueden resumir en los siguientes:

1. Deslumbramiento

2. Reflejos y sombras mal ubicadas

Superficies brillantes o mal posicionamiento de luminarias que generan reflejos incómodos o sombras sobre las áreas de trabajo.

Produce dificultad para realizar tareas precisas y disminución de la productividad.

3. Baja uniformidad de la iluminación

Distribución desigual de la luz, generando zonas oscuras o sobreiluminadas en el área de trabajo.

Produce un esfuerzo ocular adicional y mayor riesgo de errores o accidentes.

4. Iluminación insuficiente

5. Iluminación excesiva

6. Desbalance lumínico

¹⁰ Tema desarrollado con la colaboración de la IA.

Contrastes excesivos entre áreas iluminadas y sombreadas.

Produce dificultad para adaptarse visualmente, aumento del esfuerzo ocular y sensación de incomodidad.

7. Mal posicionamiento de luminarias

Fuentes de luz ubicadas en ángulos inadecuados respecto a las áreas de trabajo.

El efecto es la generación de sombras, deslumbramiento, o zonas de trabajo mal iluminadas.

8. Contaminación lumínica

Emisión de luz fuera del área de trabajo, que puede interferir en la visibilidad general.

Genera distracciones, pérdida de enfoque y desperdicio energético.

9. Temperatura de color inadecuada

Uso de luces con tonos inapropiados para la tarea:

- Cálidas (2700-3000K): Pueden inducir somnolencia en tareas que requieren concentración.
- Frías (>5000K): Pueden causar fatiga en tareas prolongadas.

Produce una reducción en el confort visual y en el rendimiento.

10. Coloración o reproducción cromática deficiente

Fuentes de luz con bajo índice de reproducción cromática (IRC) que distorsionan los colores.

Genera dificultad para tareas que dependen de la percepción precisa del color como lo son la inspección de productos.

11. Efecto estroboscópico

12. Parpadeo (flicker)

13. Luz pulsante en pantallas (PWM)

Parpadeo en pantallas de computadoras o dispositivos electrónicos debido al uso de modulación por ancho de pulso (PWM).

Produce fatiga ocular, dolores de cabeza, disminución de la concentración.

14. Calor generado por fuentes de luz

15. Variaciones de luz natural

Dependencia excesiva de la luz natural que cambia a lo largo del día.

Genera un desbalance lumínico y variaciones en la calidad de la iluminación.

16. Falta de iluminación de emergencia

11) EL EFECTO ESTROBOSCÓPICO¹¹

El efecto estroboscópico es un fenómeno óptico en el que un objeto en movimiento periódico o rotacional parece estar detenido, moverse en cámara lenta o incluso invertir su dirección debido a la interacción entre la frecuencia de su movimiento y una fuente de iluminación intermitente con una frecuencia de parpadeo similar o cercana.

Este efecto ocurre por la forma en que el sistema visual humano procesa imágenes discontinuas y la persistencia retiniana. El ojo humano retiene una imagen durante unos milisegundos, lo que puede superponerse con la imagen iluminada en la siguiente pulsación de luz, generando la ilusión de quietud.

Un ejemplo es de un taller, con una máquina giratoria iluminada por una luz fluorescente que puede parecer que está completamente detenida o que gira en sentido contrario, incluso cuando está en pleno movimiento. Esto puede generar riesgos para la seguridad.

El efecto estroboscópico se produce cuando se sincroniza la frecuencia angular (f_{mov}) de un objeto en movimiento y la frecuencia de modulación luminosa (f_{luz}) de una fuente intermitente.

Matemáticamente, se produce cuando la frecuencia aparente del movimiento observado (f_{ap}) es la diferencia entre ambas frecuencias:

¹¹ Tema desarrollado con la colaboración de la IA.

$$f_{ap} = f_{mov} - k \cdot f_{luz}$$

donde:

k = número entero que representa el número de destellos de luz percibidos por el ojo en un ciclo completo del objeto en movimiento.

Ejemplo del efecto estroboscópico

Un ventilador que gira a 30 revoluciones por segundo está iluminado por una fuente de luz que parpadea a 60 Hz.

Según la fórmula, la frecuencia aparente f_{ap} es:

$$f_{ap} = f_{mov} - k \cdot f_{luz}$$

$$f_{ap} = f_{mov} - \frac{f_{luz}}{2}$$

$$f_{ap} = 30 - \frac{60}{2} = 0$$

El ventilador parecerá detenido porque el movimiento percibido se sincroniza con los destellos de luz, creando una imagen estática en el ojo humano.

11.1) Condiciones Necesarias para el Efecto Estroboscópico

- **Fuente de luz intermitente**

La iluminación debe ser discontinua (por ejemplo, luces fluorescentes sin balasto electrónico o LEDs mal diseñados). Esto introduce interrupciones en la percepción visual.

- **Frecuencia relativa**

La frecuencia del parpadeo de la luz (f_{luz}) debe ser comparable o sincronizable con la frecuencia angular (f_{mov}) del objeto.

- **Objeto con movimiento periódico**

El efecto se produce especialmente en movimientos rotatorios o lineales repetitivos.

11.2) Efecto Estroboscópico en Distintos Contextos

- **En la industria**

Es común en entornos con maquinaria rotativa o herramientas que operan a altas velocidades.

Puede ser peligroso porque las percepciones erróneas pueden llevar a accidentes laborales.

- **En iluminación**

Fuentes de luz que no proporcionan un flujo luminoso constante, como algunas lámparas fluorescentes o LEDs de baja calidad, pueden generar este efecto.

- **En entretenimiento**

Se utiliza de manera intencionada en efectos visuales para discotecas o espectáculos, creando ilusiones de movimiento lento o invertido.

- **En instrumentos de medición**

El estroboscopio, un dispositivo que emite destellos de luz controlados, utiliza este efecto para medir la velocidad de objetos en movimiento, como rotores o motores.

11.3) Problemas Asociados al Efecto Estroboscópico

- **Accidentes en el trabajo**

Percepción errónea de movimientos en entornos industriales que puede llevar a tomar decisiones peligrosas.

- **Fatiga visual**

La exposición prolongada a fuentes de luz parpadeantes puede causar molestias, dolores de cabeza o estrés visual.

- **Problemas en actividades críticas**

En actividades como el manejo de vehículos o la operación de maquinaria pesada, este efecto puede comprometer la seguridad.

11.4) Soluciones al Efecto Estroboscópico en Ambientes Industriales

En ambientes industriales, el efecto estroboscópico puede ser un problema importante, especialmente en presencia de máquinas giratorias o herramientas de corte que puedan parecer detenidas o con un movimiento erróneo. Esto puede provocar accidentes graves.

Las soluciones para implementar pueden incluir algunas de las siguientes medidas:

11.4.1) Uso de Fuentes de Luz con Parpadeo Minimizado

Eliminar o reducir significativamente el parpadeo en las fuentes de luz es fundamental. Para ello:

- **Luminarias con balastos electrónicos de alta frecuencia**

Los balastos electrónicos para lámparas fluorescentes o de descarga funcionan a frecuencias superiores a 20 kHz, eliminando el parpadeo perceptible.

- **LEDs de alta calidad con control de parpadeo**

Utilizar LEDs con tecnología flicker-free que integren controladores electrónicos que regulen el flujo luminoso de manera continua, evitando fluctuaciones en la intensidad.

- **Fuentes de luz incandescente o halógena**

- Aunque menos eficientes, estas luces no tienen parpadeo visible porque generan luz mediante calor, con una emisión más constante.

11.4.2) Incremento de la Frecuencia de Parpadeo de las Fuentes de Luz

Si no es posible eliminar completamente el parpadeo, se puede aumentar la frecuencia de modulación de la fuente de luz por encima del umbral perceptible del ojo humano (>1000 Hz). Esto reduce la probabilidad de sincronización con movimientos de maquinaria.

11.4.3) Sincronización de la Iluminación con el Movimiento

En entornos con maquinaria giratoria crítica, es posible sincronizar las fuentes de luz con la frecuencia de rotación de las máquinas. Esto evita que las imágenes de los objetos parezcan estáticas.

11.4.4) Iluminación Adicional para Eliminar Sombras Estroboscópicas

Uso de luz continua adicional que incorpore fuentes de luz de distinta frecuencia o luz continua (por ejemplo, lámparas incandescentes o halógenas) en combinación

con luces parpadeantes, de modo que el efecto estroboscópico sea eliminado o mitigado por superposición de fuentes luminosas.

11.4.5) Uso de Estroboscopios Controlados

En casos donde el efecto estroboscópico es necesario para tareas de inspección o mantenimiento, se pueden usar estroboscopios calibrados que permitan observar el movimiento sin errores perceptivos, y que estén limitados a aplicaciones específicas, alejadas de operarios o zonas de trabajo.

11.4.6) Capacitación

Formar a los trabajadores para que identifiquen los riesgos asociados al efecto estroboscópico, e instruir sobre la importancia de no confiar únicamente en la percepción visual en ambientes industriales.

11.4.7) Señalización en Zonas de Riesgo

Colocación de señalización que adviertan sobre el riesgo de efectos visuales en áreas con iluminación inadecuada o maquinaria giratoria.

11.4.8) Auditorías

Realizar inspecciones regulares con equipos como luxómetros o flicker-meters (medidor de parpadeo) para medir la calidad de la luz y detectar condiciones peligrosas relacionadas con parpadeos o frecuencias inadecuadas.

11.4.9) Redundancia Lumínica

Diseñar sistemas de iluminación con múltiples fuentes de luz que operen a diferentes frecuencias. Esto reduce la probabilidad de sincronización con los movimientos de maquinaria.

12) PARPADEO O "FLICKER"¹²

El parpadeo o "flicker" es un fenómeno de oscilación en la intensidad luminosa de una fuente de luz que ocurre debido a la variabilidad en la energía suministrada o la forma en que la fuente emite luz.

Aunque puede ser imperceptible para el ojo humano en algunos casos, el parpadeo tiene efectos significativos en la salud, el confort visual y la productividad, especialmente en entornos laborales.

12.1) Tipos de Parpadeo

- **Visible**

Parpadeo detectado conscientemente por el ojo humano.

Suele ocurrir a frecuencias bajas (<80 Hz).

Ejemplo: una bombilla que parpadea visiblemente debido a un problema en el suministro eléctrico.

- **No visible**

Oscilaciones de luz de alta frecuencia (>80 Hz), no percibidas directamente, pero que pueden causar efectos secundarios como fatiga visual o dolores de cabeza.

¹² Tema desarrollado con la colaboración de la IA.

12.2) Causas Principales del Parpadeo

- **Fuente de alimentación de baja calidad**

Fluctuaciones en el voltaje eléctrico (corriente alterna) que generan variaciones en la emisión de luz.

Ejemplo: luces incandescentes conectadas directamente a corriente alterna..

- **Balastos o drivers defectuosos o mal diseñados**

En luces fluorescentes, LEDs o lámparas de descarga, un balasto electrónico o driver ineficiente puede no filtrar correctamente las oscilaciones de corriente.

- **Modulación por ancho de pulso (PWM)**

Tecnología usada para regular la intensidad de los LEDs, que apaga y enciende la luz rápidamente para reducir el consumo de energía. Si la frecuencia de modulación es baja, el parpadeo se hace perceptible.

- **Sistemas obsoletos de iluminación**

Lámparas fluorescentes con balastos electromagnéticos, que parpadean al ritmo de la frecuencia de la corriente eléctrica (50/60 Hz).

- **Frecuencia de línea eléctrica**

En países con corriente alterna de 50 Hz o 60 Hz, las oscilaciones de la luz pueden sincronizarse con la frecuencia de la red eléctrica.

12.3) Efectos del parpadeo en la salud

- **Efectos fisiológicos**

- **Dolores de cabeza y migrañas:** Especialmente en personas sensibles al flicker visible o de baja frecuencia.

- **Fatiga visual:** El ojo realiza un esfuerzo adicional para adaptarse a las oscilaciones de luz.

- **Estrés visual:** Prolongado en ambientes de trabajo con iluminación parpadeante, afecta el confort y la productividad.
- **Efectos psicológicos**
 - **Irritación y distracción:** El parpadeo visible puede desviar la atención y aumentar la incomodidad en el trabajo.
 - **Molestias subjetivas:** Sensación de incomodidad incluso en flicker no visible.
- **Efectos neurológicos**
 - **Epilepsia fotosensible:** Parpadeos a frecuencias entre 3 Hz y 70 Hz pueden desencadenar crisis en personas con epilepsia fotosensible.
- **Efectos en el entorno laboral**
 - **Reducción de la productividad:** Trabajadores afectados por fatiga visual o dolores de cabeza suelen ser menos eficientes.
 - **Errores en tareas de precisión:** El parpadeo puede causar percepción inexacta, dificultando actividades como lectura, montaje de piezas o inspección.
 - **Riesgo de accidentes:** En entornos industriales, el parpadeo puede contribuir al efecto estroboscópico, creando ilusiones de movimiento erróneo en máquinas.

12.4) Soluciones para Mitigar el Parpadeo

- **Mejorar las fuentes de luz**
 - **Lámparas LED de alta calidad:** Con drivers que eliminen el parpadeo (tecnología flicker-free).
 - **Balastos electrónicos:** Sustituir balastos magnéticos en lámparas fluorescentes por balastos electrónicos de alta frecuencia (>20 kHz).

- **Aumentar la frecuencia de oscilación**

Fuentes de luz con frecuencias de parpadeo por encima de 1000 Hz, imperceptibles para el ojo humano.

- **Sistemas de regulación continua**

Sustituir PWM por tecnologías de regulación que no interrumpan el flujo luminoso.

- **Control del suministro eléctrico**

Usar estabilizadores de voltaje o fuentes de alimentación de calidad para evitar fluctuaciones en la corriente.

- **Diseño adecuado de iluminación**

Distribuir uniformemente las fuentes de luz para minimizar el impacto de oscilaciones en áreas amplias.

13) CARACTERÍSTICAS DEL MOVIMIENTO DE LA LUZ¹³

Una fuente luminosa emite luz o radiaciones en todas las direcciones, tanto lo hace en el vacío como así también a través de sólidos, líquidos y gases; y cuando se relaciona con objetos, éste modifica las características de la emisión de la fuente luminosa, dando lugar a los fenómenos de:

- Reflexión.
- Transmisión.
- Refracción.

¹³ Sobre la base de "Riesgos Físicos II Iluminación. Segunda Edición" de Fernando Henao Robledo.

13.1) Reflexión

Cuando una superficie devuelve un rayo de luz que incide sobre ella, se dice que el rayo es reflejado.

El factor de reflexión o reflectancia es la relación entre la luz reflejada por una superficie y la luz incidente sobre ella.

13.1.1) El Efecto de los Límites del Ambiente

Los valores de reflexión o reflectancia de las paredes, techo y piso de un salón bien parejo determinan el brillo y su influencia en la visión por parte del ambiente.

Las pinturas oscuras de paredes, pisos y techos pueden reducir la efectividad de la instalación luminosa hasta un 30%.

Los valores de reflectancia son los siguientes:

Tabla 1. Valores de reflectancia

Descripción	Reflectancia (%)
Techo	80 - 90
Paredes	40 - 60
Escritorios, asientos y, máquinas	25 - 45
Pisos	20

13.1.2) El Efecto de los Colores

En la tabla 2 se presenta una relación aproximada de porcentajes de reflexión de diferentes colores.

Tabla 2. Porcentaje de reflexión en diversos colores (aproximación)

Color	Porcentaje de reflexión (%)
Negro	4
Gris oscuro	10
Rojo	17
Rosa salmón	44
Cemento	45
Limón	69
Crema claro	76
Papel blanco	82

13.1.3) El Efecto de las Superficies

La tabla 3 que muestra el porcentaje de luz reflejada de algunas superficies:

Tabla 3. Porcentaje de luz reflejada en diversas superficies

Superficie reflectora	Porcentaje luz Reflejada (%)
Espejos	80 – 90
Aluminio pulido	60 – 70
Cromo pulido	60 – 65
Níquel pulido	60 – 65
Pintura blanca (mate)	75 – 90
Papel secante blanco	70- 80
Porcelana esmaltada	60 – 90
Pintura de aluminio	60 – 70
Pintura negra	3 - 5

13.2) Transmisión

Cuando los rayos de luz pasan a través de materiales transparentes o traslúcidos, se dice que son transmitidos. El grado de difusión de los rayos depende del tipo y densidad del material.

El factor de transmisión o transmitancia es la relación entre la luz transmitida por un material y la luz que incide sobre este; depende en cierta medida de la dirección y tipo de luz.

A continuación se presenta la lista de algunos materiales y el porcentaje de luz transmitida.

Tabla 4. Materiales y su porcentaje de luz

Tipo de vidrio o plástico	Porcentaje de luz Transmitida (%)
Transparente	80 – 90
Con dibujo transparente o nervado	70 – 85
Esmerilado	60 – 85
De pequeña densidad difusora	55 – 70
De gran densidad difusora	10 – 45

13.3) Refracción

Un rayo de luz que cambia de dirección al pasar oblicuamente de un medio transparente a otro en el que su velocidad es diferente (por ejemplo, de aire a vidrio) se dice que se ha refractado.

El índice de refracción es la relación entre la velocidad de la luz en el espacio libre y su velocidad en el medio en cuestión. Para su determinación es necesario contar con aparatos especiales de laboratorio.

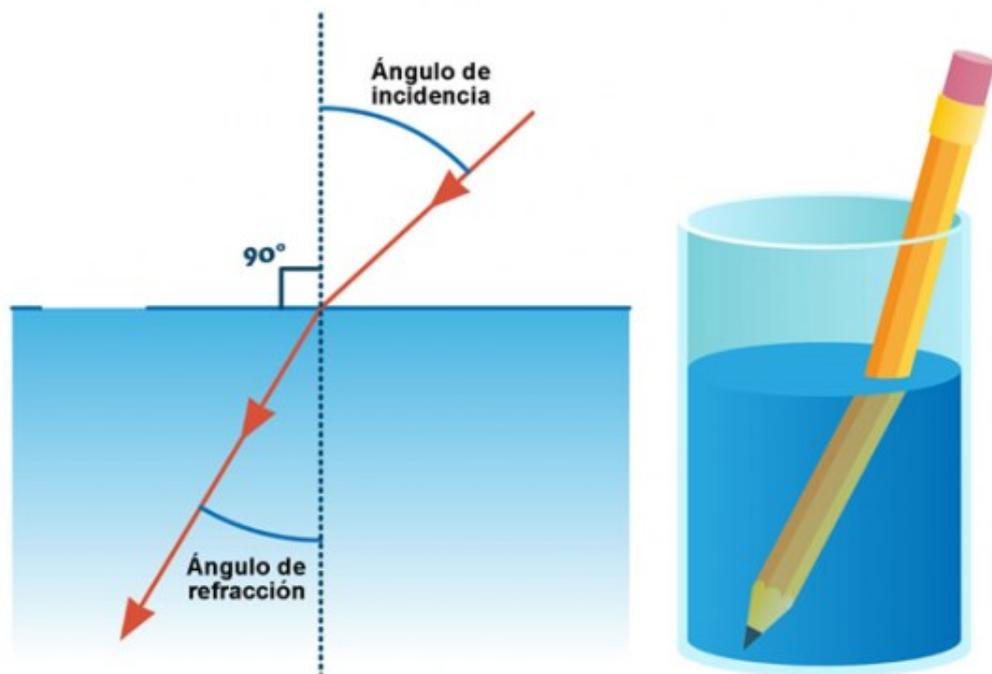
Tabla 5. Índice de refracción para diferentes materiales

Material	Índice
Agua	1,33
Alcohol	1,36
Vidrio	1,46 - 1,96
Cuarzo	1,54
Diamante	2,42

El principio de la refracción sirve para controlar la dirección de la luz mediante lentes, vidrios prismáticos o nervados o plásticos. Su aplicación se encuentra en ciertos tipos de equipos de alumbrado general, así como en la iluminación de calles, faros y otros casos similares.



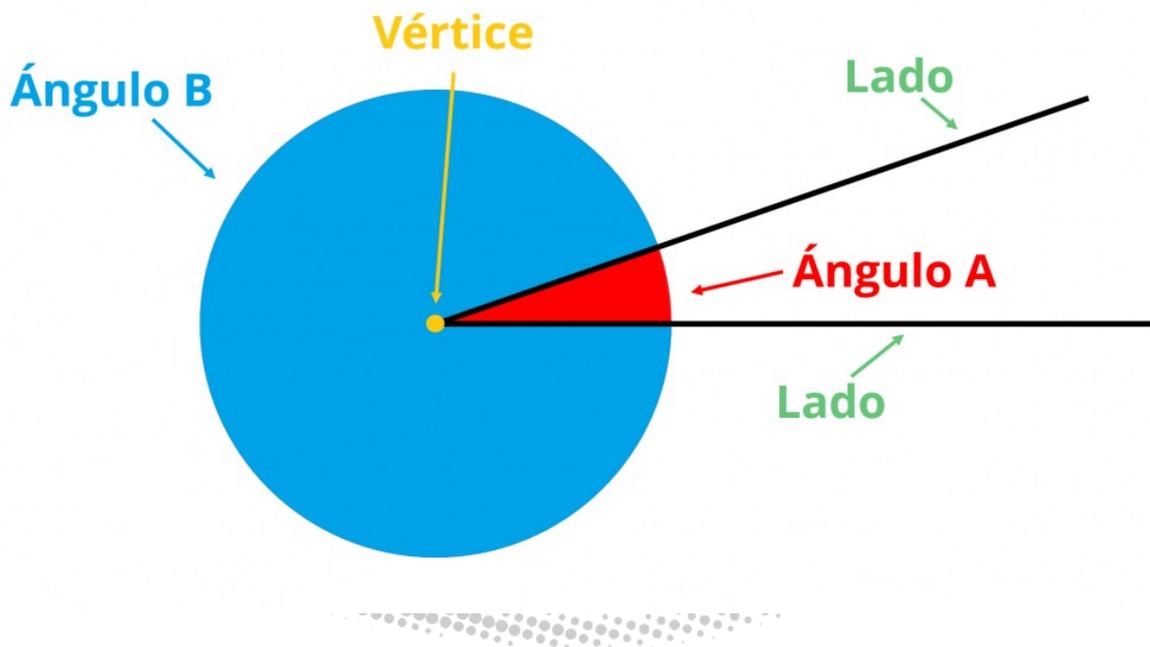
La refracción de la luz blanca



14) MAGNITUDES Y UNIDADES

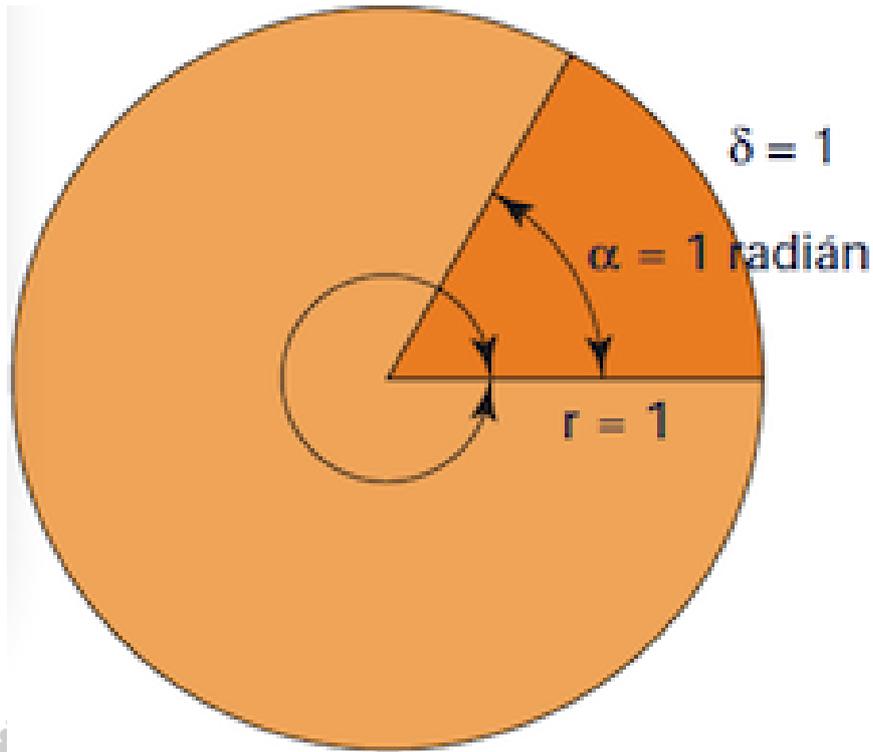
14.1) Ángulo

Se llama ángulo a la amplitud entre dos líneas de cualquier tipo que concurren en un punto común llamado vértice. Coloquialmente, ángulo es la figura formada por dos líneas con origen común.



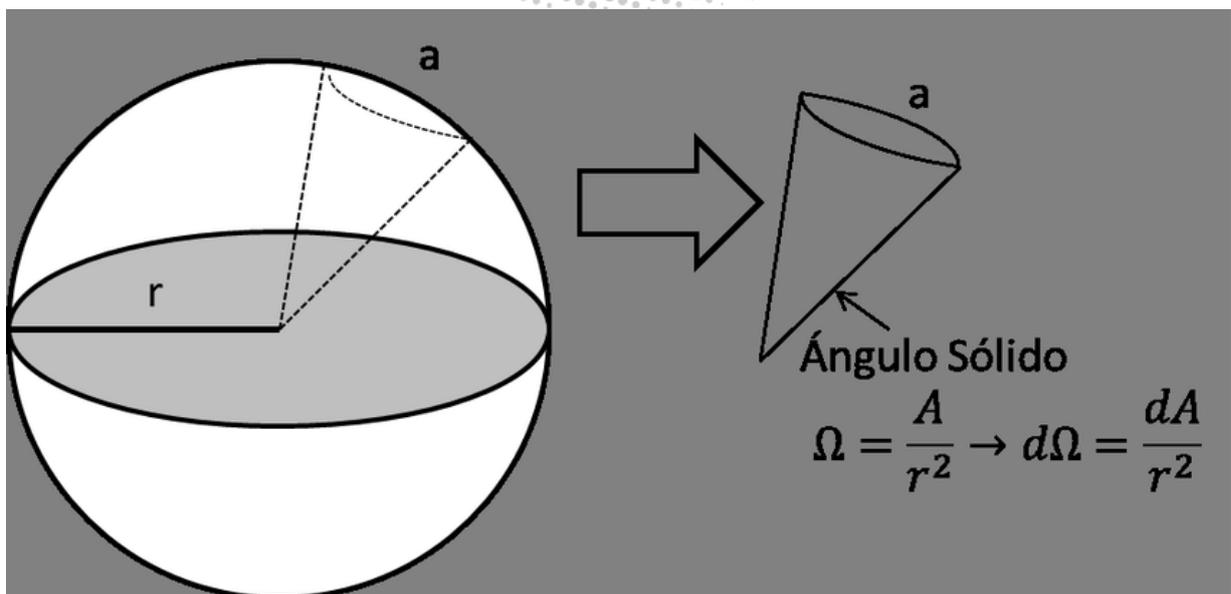
14.2) Ángulo Plano. El Radián

El radián es el ángulo plano correspondiente a un arco de circunferencia de longitud igual al radio. Su unidad es el rad. Una circunferencia de 360° equivale a 2π radianes. A una magnitud plana le corresponde un ángulo plano que se mide en radianes.



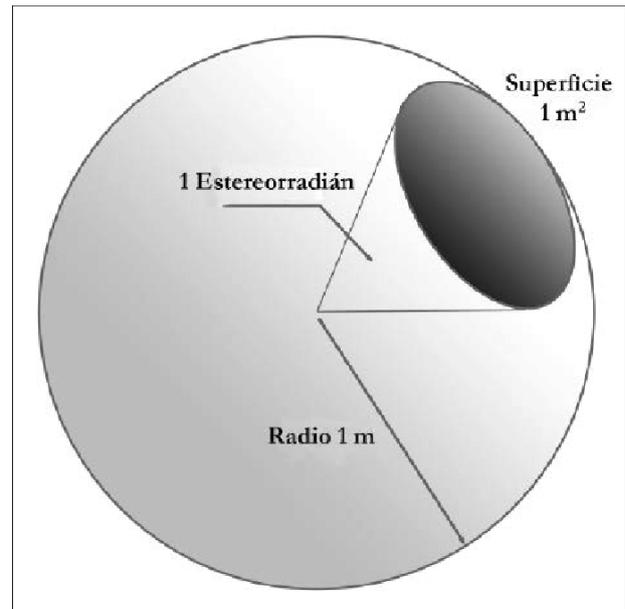
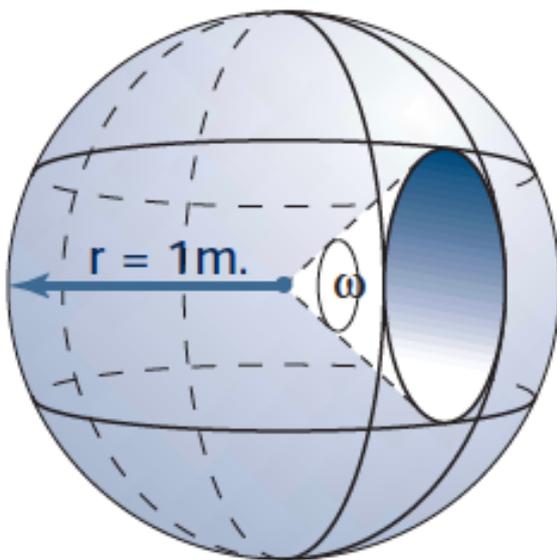
14.3) Ángulo Sólido

El ángulo sólido se define por el volumen que forma la superficie lateral de un cono cuyo vértice coincide con el centro de la esfera de radio (r) y cuya base está situada sobre la superficie de la esfera.



14.4) Estereoradián

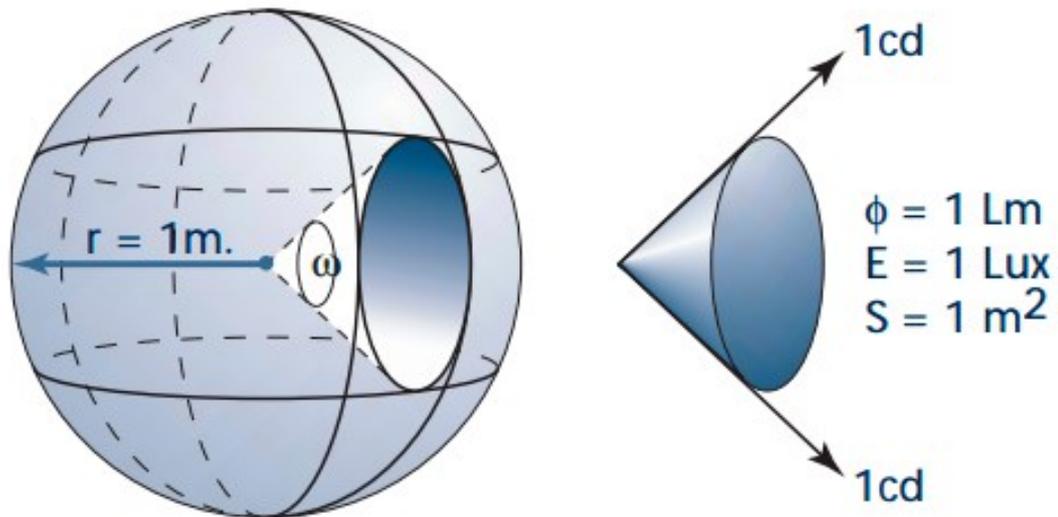
Cuando el radio (r) es de 1 m y la superficie de la base del cono es de 1 m^2 , el ángulo sólido equivale a un estereoradián. El estereoradián es una magnitud adimensional que se define por las letras sr.



14.5) Intensidad Luminosa (I)

La intensidad luminosa es el flujo luminoso emitido o radiado en una dirección dada por una fuente de luz durante una unidad de tiempo para un ángulo sólido de valor un estereoradián.

La unidad de medida de la intensidad luminosa es la candela (cd).

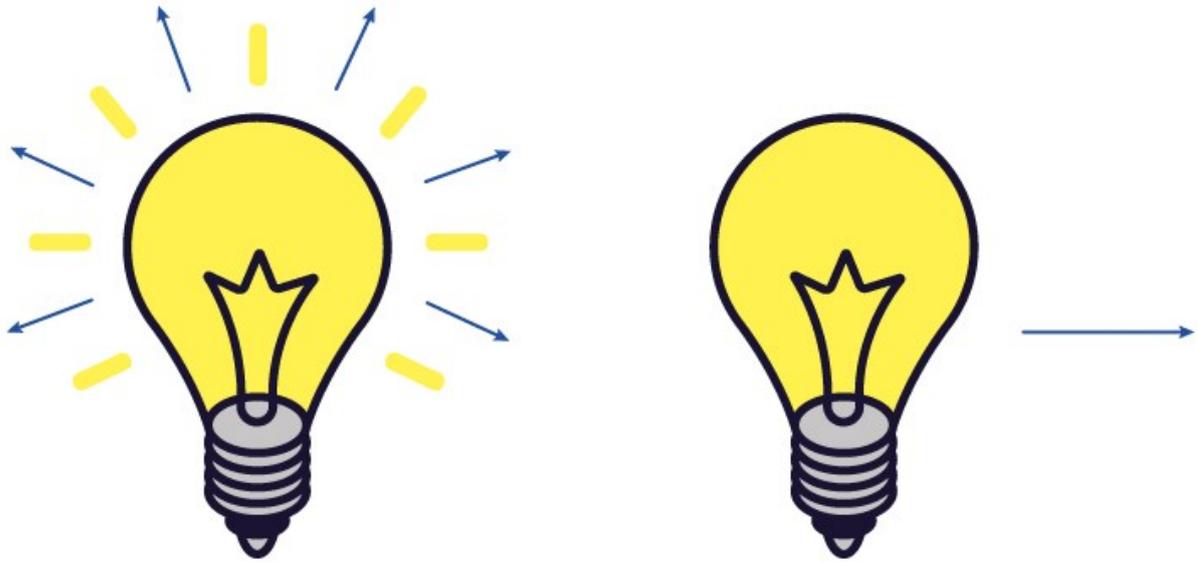


14.6) Flujo luminoso (ϕ)

El flujo luminoso o potencia luminosa es el flujo total lumínico emitido o radiado en todas direcciones por una fuente de luz durante una unidad de tiempo.

La unidad del flujo luminoso es el lumen (lm) y se define como el flujo lumínico emitido por un estereorradián por un punto de luz cuando su intensidad es 1 candela.

Una lámpara fluorescente puede emitir unos 4.000 lm mientras que la luz que entra por la ventana puede oscilar entre 2.000 y 20.000 lm. Esta magnitud es característica de cada luminaria y, por tanto, es un dato facilitado por los fabricantes.



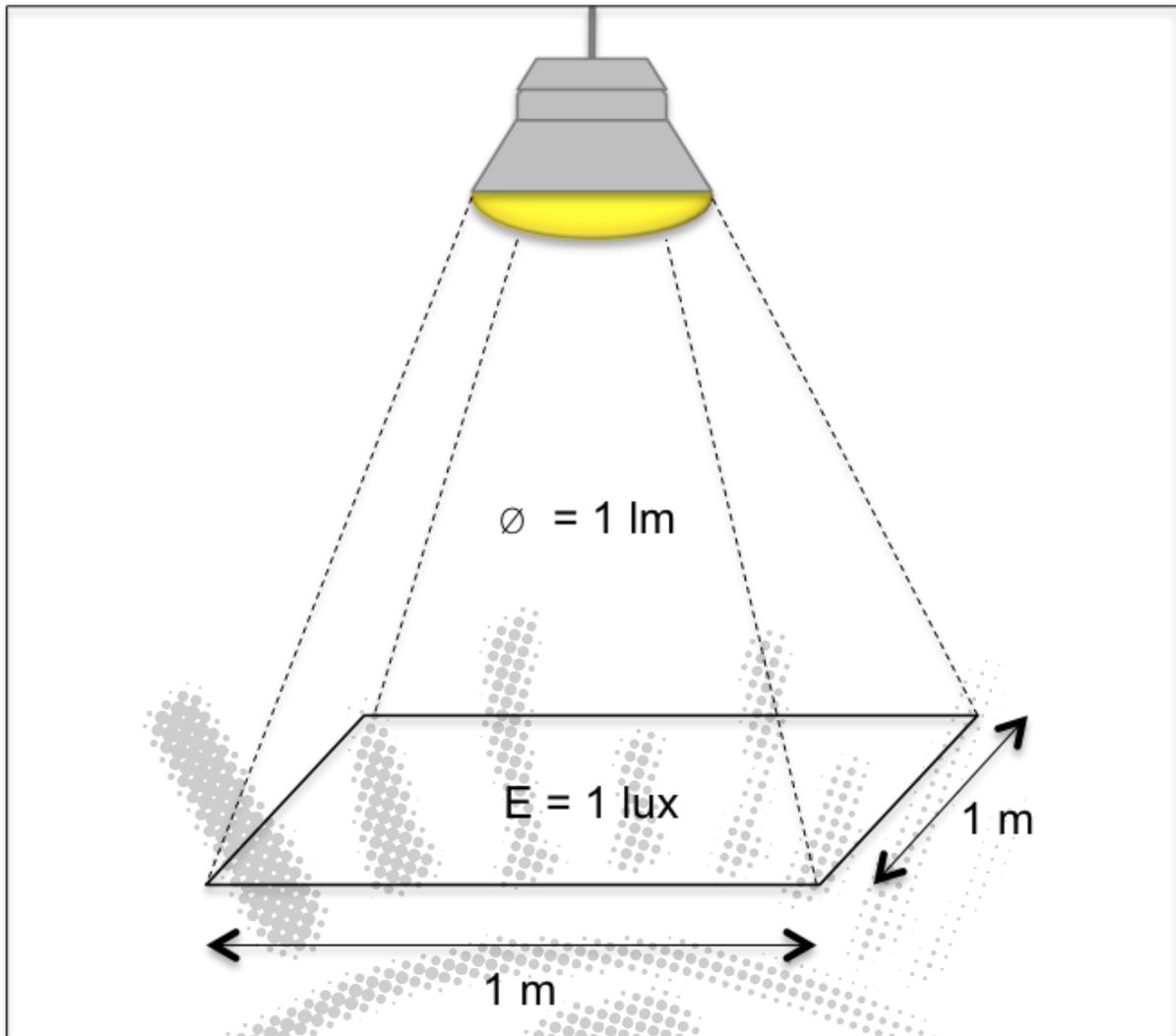
Flujo luminoso (lm)

Intensidad luminosa (cd)

14.7) Nivel de iluminación o Iluminancia (E)

La iluminancia es el flujo lumínico que incide sobre una superficie. La unidad de medida de la iluminancia es el lux (lx) y se define como la iluminación que produce un lumen que incide sobre una superficie de un metro cuadrado.

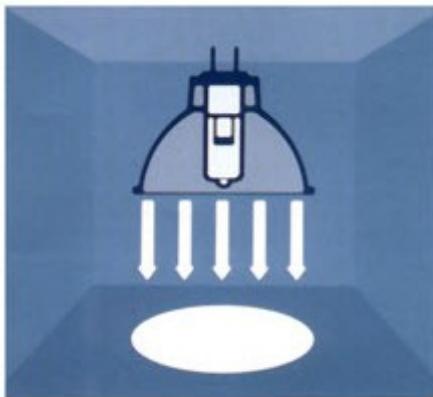
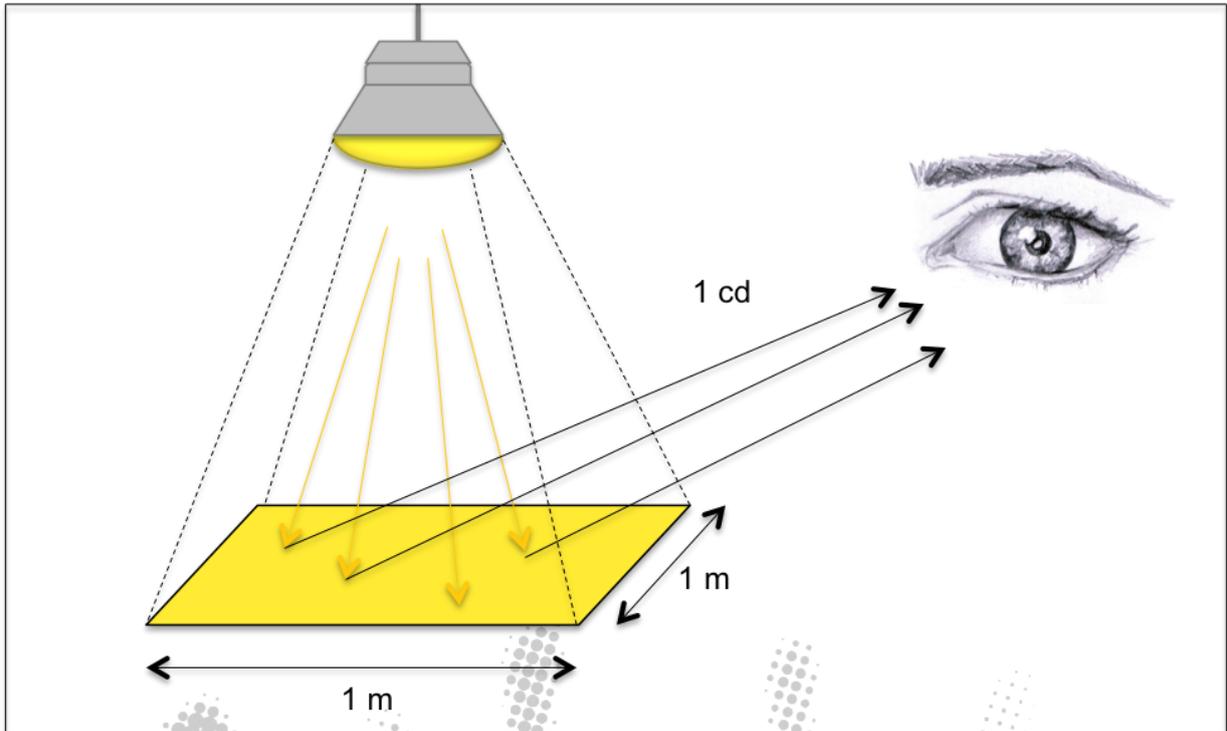
La iluminancia también conocida como nivel de iluminación, es la cantidad de luz, en lúmenes, por el área de la superficie a la que llega dicha luz.



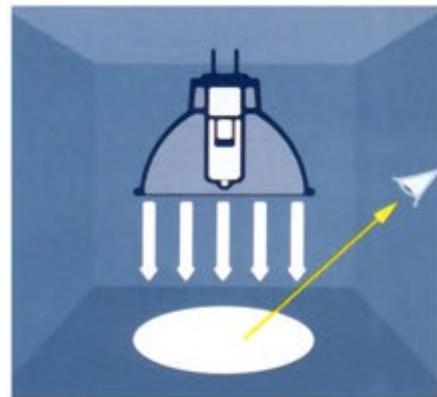
14.8) Luminancia (L)

La luminancia expresa la relación de la intensidad luminosa (I) respecto a la superficie proyectada (A_p) perpendicularmente a la dirección desde la que se observa.

La unidad de medida de la luminancia es la cd/m^2 y se representa con la letra L.



La iluminación es una medida de la luz que incide sobre una superficie
Unidad de medición: lux



La luminancia es una medida de la impresión que tiene el ojo del brillo de una superficie.

Unidad de medición: candela / m²

15) MÉTODO DE MEDICIÓN DE LAS CUADRICULAS¹⁴

La medición del nivel de iluminación mediante cuadrículas es un método estándar para evaluar la distribución de luz en un espacio. Este método permite determinar si la iluminación es adecuada, uniforme y cumple con las normativas o requisitos específicos de un determinado entorno, como oficinas, fábricas, hospitales o espacios públicos.

La cuadrícula es una herramienta imaginaria que divide el área de medición en partes iguales para facilitar la evaluación de los niveles de iluminación en puntos específicos. Este método garantiza una cobertura uniforme del espacio y permite identificar variaciones de luz.

Se mide la iluminancia existente en el centro de cada área a la altura de 0,8 metros sobre el nivel del suelo y se calcula un valor medio de iluminancia.

Los pasos para aplicar el método se pueden dividir en los siguientes:

Paso 1: Determinación del número mínimos de puntos de medición

Paso 1.1: Cálculo de índice del local

$$\text{Índice de local } (k) = \frac{\text{Largo} \cdot \text{Ancho}}{\text{Altura Montaje } (\text{Largo} + \text{Ancho})}$$

donde:

Largo y el ancho: dimensiones del recinto (metros).

Altura montaje: distancia vertical entre el centro de la fuente de luz y piso de trabajo (metros).

¹⁴ Siguiendo los lineamientos de la "Guía Práctica sobre Iluminación en el Ambiente Laboral. Guía Práctica N° 1 Gerencia de Prevención de la SRT."

Paso 1.2: Seleccionar el valor de x

El valor de x es el valor de K redondeado a la unidad entera superior siguiendo las siguientes reglas:

Valor K	Valor de x
$0 < K \leq 1$	1
$1 < K \leq 2$	2
$2 < K \leq 3$	3
$K > 3$	4

Paso 1.3: Cálculo del número mínimo de puntos de medición

$$\text{Número mínimo de puntos de medición} = (x + 2)^2$$

donde:

x = valor del índice de local redondeado al entero superior, excepto para los valores mayores de 3 que el valor de x es 4.

Paso 2: División de la Propiedad

Dividir la propiedad en sectores cuadrangulares que requieran iguales niveles de iluminación.

Cuando la propiedad en donde se realizará la medición posea una forma irregular, se deberá dividir en sectores cuadrados o rectangulares aunque requieran estos iguales niveles de necesidad de iluminación.

Tomar las medidas de largo, ancho y altura de montaje de las luminarias, de cada sector.

Paso 3: División de cada Sector de Medición

Dividir cada sector de medición en una cuadrícula según los puntos de medición calculados en el paso 1.

Paso 4: Medición del Nivel de Iluminación

Medir la iluminancia en el centro de cada área de la grilla.

Paso 5: Cálculo de la Iluminancia Media

Calcular la iluminancia media (E_{Media}) como el promedio de los valores obtenidos en la medición de cada sector de medición.

$$E_{Media} = \frac{\Sigma \text{valores medidos (lx)}}{\text{Cantidad de puntos medidos}}$$

Paso 6: Comparación con Exigencias Legales

Una vez obtenida la iluminancia media (E_{Media}), verificar el resultado según lo requiere el Decreto 351/79 Anexo IV Tabla 2, según el tipo de edificio, local y tarea visual.

TABLA 2

**Intensidad Mínima de Iluminación
(Basada en Norma IRAM-AADL J 20-06)**

Tipo de edificio, local y tarea visual	Valor mínimo de servicio de iluminación (lux)
Vivienda	
Baño:	
Iluminación general	100
Iluminación localizada sobre espejos	200 (sobre plano vertical)
Dormitorio:	
Iluminación general	200
Iluminación localizada: cama, espejo	200
Cocina:	
Iluminación sobre la zona de trabajo: cocina, pileta, mesada	200
Centros Comerciales de Mediana Importancia	
Iluminación general	1000
Depósito de mercaderías	300
Centros Comerciales de Mediana Importancia	
Iluminación general	500
Hoteles	
Circulaciones:	

Recorte de la Tabla 2

En caso de no encontrar en la Tabla 2 el tipo de edificio, el local o la tarea visual que se ajuste al lugar donde se realiza la medición, se deberá buscar la intensidad media de iluminación para diversas clases de tarea visual en la Tabla 1 y seleccionar la que más se ajuste a la tarea visual que se desarrolla en el lugar.

TABLA 1

**Intensidad Media de Iluminación para
Diversas Clases de Tarea Visual
(Basada en Norma IRAM-AADL J 20-06)**

Clase de tarea visual	Iluminación sobre el plano de trabajo (lux)	Ejemplos de tareas visuales
Visión ocasional solamente	100	Para permitir movimientos seguros por ej. en lugares de poco tránsito: Sala de calderas, depósito de materiales voluminosos y otros.
Tareas intermitentes ordinarias y fáciles, con contrastes fuertes.	100 a 300	Trabajos simples, intermitentes y mecánicos, inspección general y contado de partes de stock, colocación de maquinaria pesada.
Tarea moderadamente crítica y prolongadas, con detalles medianos	300 a 750	Trabajos medianos, mecánicos y manuales, inspección y montaje; trabajos comunes de oficina, tales como: lectura, escritura y archivo.
Tareas severas y prolongadas y de poco contraste	750 a 1500	Trabajos finos, mecánicos y manuales, montajes e inspección; pintura extrafina, sopleteado, costura de ropa oscura.
Tareas muy severas y prolongadas, con detalles minuciosos o muy poco contraste	1500 a 3000	Montaje e inspección de mecanismos delicados, fabricación de herramientas y matrices; inspección con calibrador, trabajo de molienda fina.
	3000	Trabajo fino de relojería y reparación
Tareas excepcionales, difíciles o importantes	5000 a 10000	Casos especiales, como por ejemplo: iluminación del campo operatorio en una sala de cirugía.

Paso 7: Cálculo de la Iluminancia Media

Con el valor de la iluminancia media se calcula el valor de la iluminancia mínima según la siguiente fórmula

$$E_{Mínima\ calculada} = \frac{E_{Media}}{2}$$

Paso 8: Comparación con Exigencias Legales

Se debe verificar la uniformidad de la iluminancia según lo requiere el Decreto 351/79 Anexo IV.

Se debe cumplir que el valor de la mínima medición en el sector sea mayor al valor de la iluminancia media calculada.

$$E_{Mínima\ medida} \geq E_{Mínima\ calculada}$$

Si se cumple con la relación, indica que la uniformidad de la iluminación está dentro de lo exigido en la legislación vigente.

Paso 9: Iluminación Localiza versus General

La Tabla 4 del Anexo IV Decreto 351/79, indica la relación que debe existir entre los valores de la iluminancia de la iluminación localizada en relación con la iluminación general mínima.

TABLA 4

**Iluminación general Mínima
(En función de la iluminancia localizada)
(Basada en norma IRAM-AADL J 20-06)**

Localizada	General
250 lx	125 lx
500 lx	250 lx
1.000 lx	300 lx
2.500 lx	500 lx
5.000 lx	600 lx
10.000 lx	700 lx

Paso 10: Consideraciones Generales¹⁵

- El luxómetro debe estar correctamente calibrado.
- Se deben planificar las mediciones según los turnos de trabajo que existan en el establecimiento. Aunque siempre se debe medir en las peores condiciones de iluminación (de noche), es aconsejable medir en los distintos turnos de trabajo.
- Se debe tener especial cuidado en excluir de la medición aquellas fuentes de luz que no sean de la instalación.
- Medir en el centro de las cuadrículas seleccionadas.
- Antes de tomar las lecturas, las fotoceldas deben ser expuestas hasta que las lecturas se estabilicen (proceso que usualmente requiere de 5 a 15 minutos).
- Es recomendable tener cuidado de que ninguna sombra se ubique sobre la fotocelda cuando se realizan las lecturas.
- La lectura por considerar es el valor promedio indicado en la pantalla. Normalmente, los equipos actuales suministran los valores Máximo, Mínimo y Promedio; siendo este valor promedio el que se utiliza para establecer las condiciones de trabajo.
- Antes de realizar las mediciones, las lámparas se deben encender y permitir que la cantidad de luz que emiten se estabilice. Si se utilizan lámparas de descarga, hay que esperar que transcurran al menos 20 minutos antes de tomar las lecturas. Cuando el montaje es de lámparas fluorescentes totalmente encerradas, el proceso de estabilización puede tomar mayor tiempo.

¹⁵ Siguiendo los lineamientos de:

“Guía Práctica sobre Iluminación en el Ambiente Laboral. Guía Práctica N° 1 Gerencia de Prevención de la SRT.”

“Riesgos Físicos II Iluminación. Segunda Edición” de Fernando Henao Robledo.

“Mediciones de iluminación por el método de la cuadrícula, según Res SRT N° 84/12, Inclusión de la Variante AHRA” Ing. Alberto Riva.

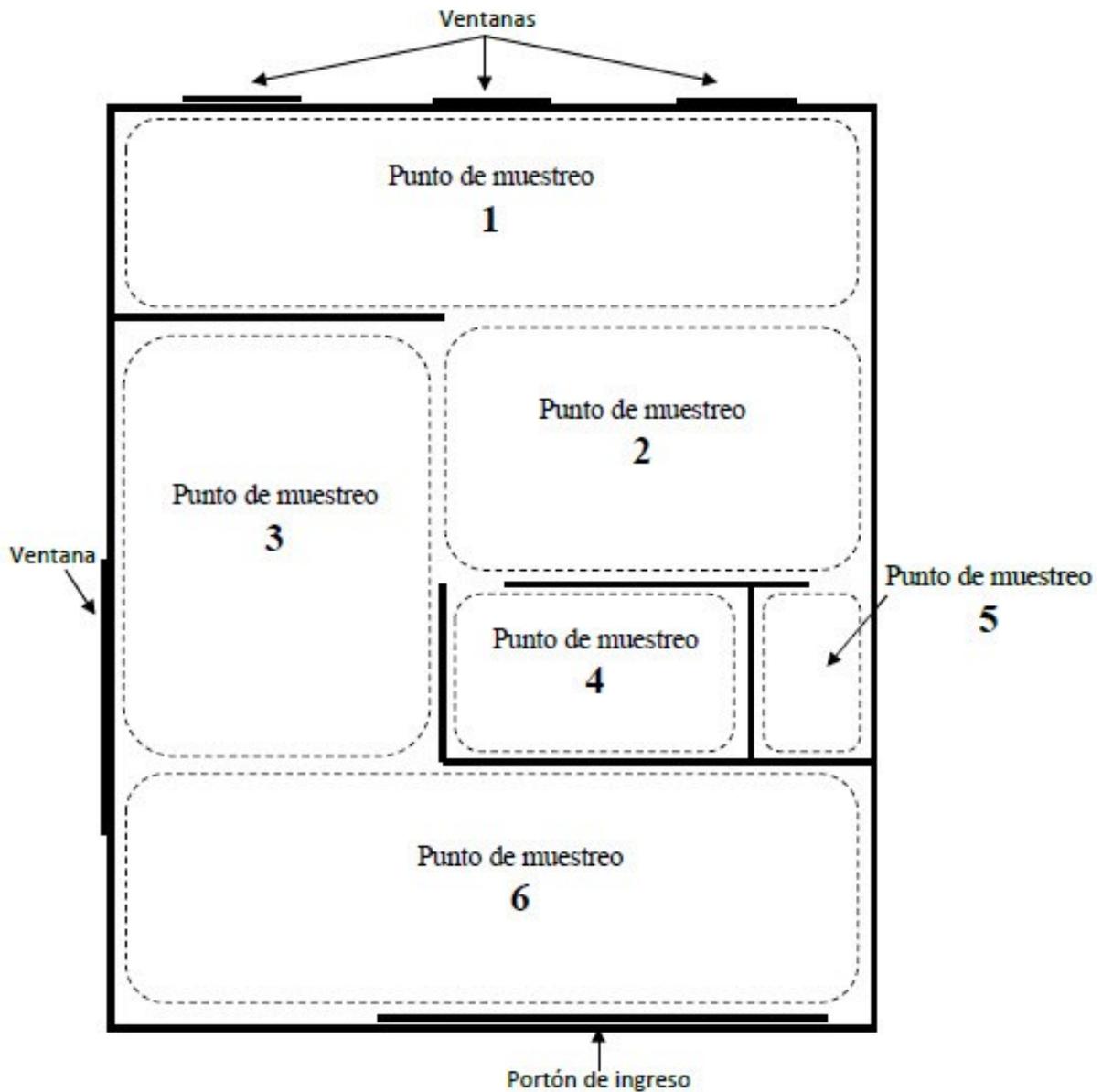
- Si se encuentran instalaciones con lámparas fluorescentes o de descarga nuevas es necesario esperar al menos 100 horas de operación antes de tomar las mediciones.
- Si el área contiene maquinaria alta o estantes elevados, generalmente se obtiene un promedio de iluminancia de baja calidad o de resultado sospechoso. Por consiguiente, la iluminancia debe medirse solo en las zonas o lugares donde es necesario para la actividad que se quiere realizar.
- La medición de iluminancia de un sistema de iluminación artificial se tiene que realizar en la noche o con ausencia de luz día.
- Durante la medición, los valores de incidencia de la luz no deben ser influenciados por la persona que lleva a cabo la medición ni por los objetos que se encuentren en la posición que les corresponde (debido a que generan sombras o reflexiones).
- Cuando se complementa el alumbrado general con iluminación localizada, el punto de trabajo debe medirse con el trabajador en su posición de trabajo normal. El instrumento de medición tiene que estar localizado en la superficie o plano de trabajo o en la porción del área de trabajo donde se realiza la tarea visual crítica (horizontal, vertical o inclinada).
- Evite usar ropa blanca ya que la reflexión de la luz en ella afectará el valor medido en cada punto. No se interponga entre las fuentes luminosas y el sensor.
- Gire alrededor del punto que eligió para tomar el nivel, analice brevemente los resultados que se reflejan en la pantalla y relaciónelos con la posible posición del trabajador.
- Mantenga el luxómetro a una distancia no menor que 50 cm de su cuerpo, manteniéndose estático durante unos segundos antes de tomar nota del valor marcado.

- Registre cualquier observación importante sobre los objetos cercanos que pueda haber influido en la medición. La ocupación volumétrica temporal puede afectar sensiblemente los resultados. Esos detalles le servirán para presentar las recomendaciones y propuestas para mejorar la iluminación, en el caso que ésta sea defectuosa según el cálculo final del promedio y la uniformidad.
- Antes de realizar las mediciones se recomienda:
 - Realizar el mantenimiento preventivo y correctivo del sistema de iluminación.
 - Realizar la limpieza y recambio de luminarias quemadas.
 - Verificar que la distribución y orientación de las luminarias sea la adecuada.



16) EJERCICIO APLICADO (GUÍA DE SRT) ¹⁶

Establecimiento dedicado a la fabricación de sillas y mesas de madera (carpintería).



¹⁶ Extraído de la "Guía Práctica sobre Iluminación en el Ambiente Laboral. Guía Práctica N° 1 Gerencia de Prevención de la SRT."

Punto de Muestreo 1

Área de producción, se encuentran distintas máquinas como, sierras, tupi, garlopa, lijadora de banda entre otras.

Las dimensiones del punto de muestreo son las siguientes:

Largo 10 metros

Ancho 40 metros

Altura de montaje de las luminarias 4 metros medidos desde el piso.

$$\text{Índice de local } (k) = \frac{\text{Largo} \cdot \text{Ancho}}{\text{Altura Montaje} (\text{Largo} + \text{Ancho})}$$

$$\text{Índice de local } (k) = \frac{10 \cdot 40}{4 (10 + 40)}$$

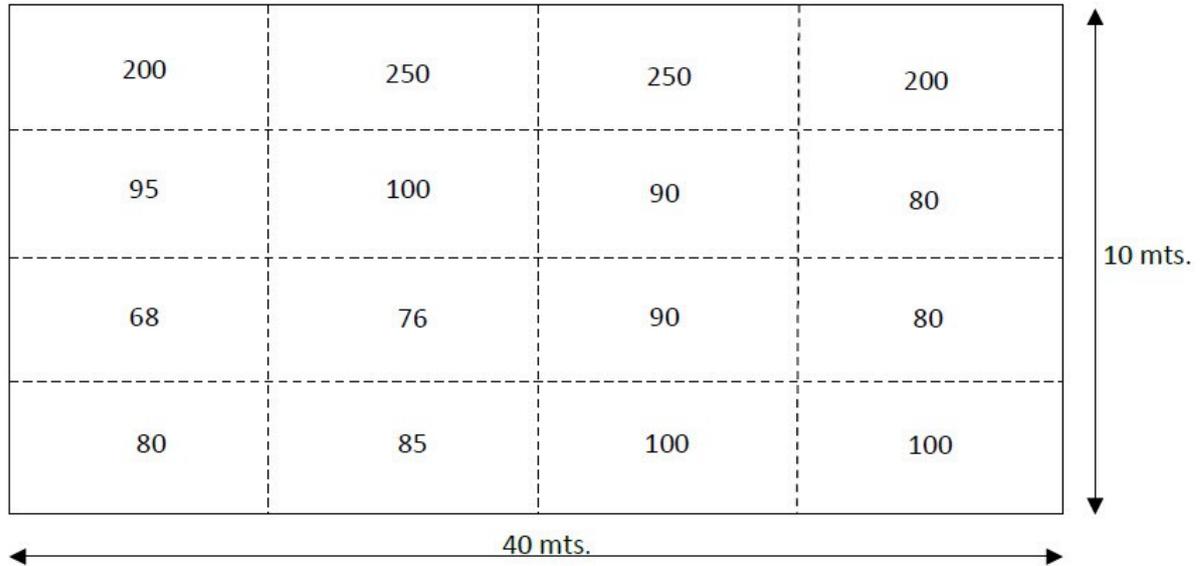
$$\text{Índice de local } (k) = 2$$

$$\text{Índice de local redondeado } (x) = 2$$

$$\text{Número mínimo de puntos de medición} = (x + 2)^2$$

$$\text{Número mínimo de puntos de medición} = (2 + 2)^2$$

$$\text{Número mínimo de puntos de medición} = 16$$



$$E_{Media} = \frac{\Sigma \text{valores medidos (lx)}}{\text{Cantidad de puntos medidos}}$$

$$E_{Media} = \frac{200 + 250 + 250 + 200 + 95 + 100 + 90 + 80 + 68 + 76 + 90 + 80 + 80 + 85 + 100 + 100}{16}$$

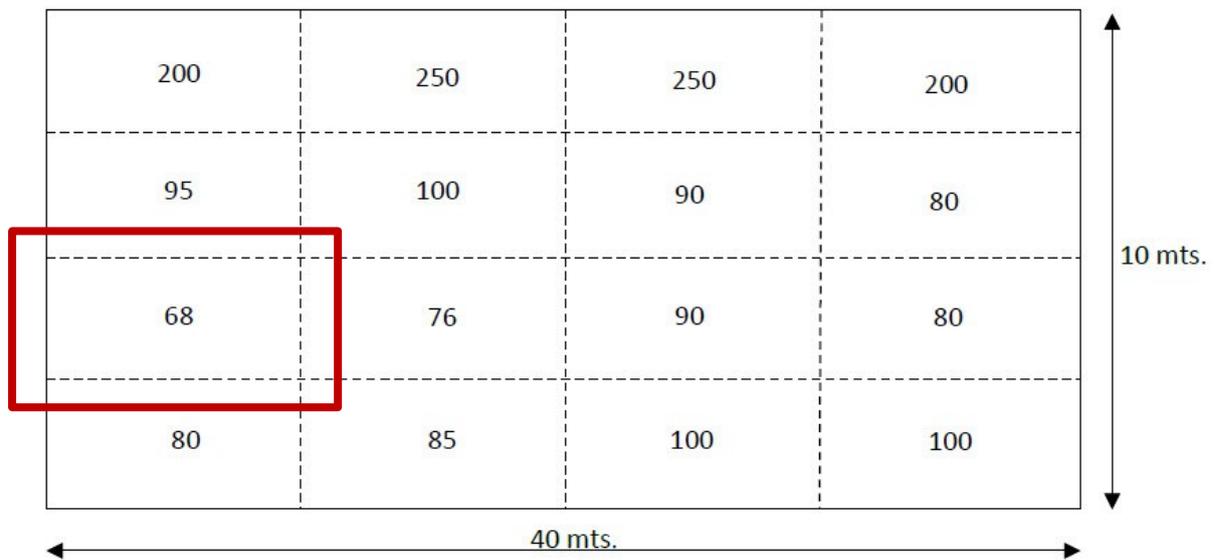
$$E_{Media} = 121,5 \text{ lx}$$

Corte de gemas, pulido y engarce	1300
Maderera	
Aserraderos:	
Iluminación general	100
Zona de corte y clasificación	200
Carpintería:	
Iluminación general	100
Zona de bancos y máquinas	300
Trabajos de terminación de inspección	600
Manufactura de muebles:	
Selección del enchapado y preparación	900
Armado y terminación	400
Marquetería	600
Inspección	600
Papelera	

$$E_{Mínima} = 300 \text{ lux} > E_{Media} = 121,5 \text{ lux} \rightarrow \text{No Cumple}$$

$$E_{Mínima \text{ calculada}} = \frac{E_{Media}}{2}$$

$$E_{Mínima \text{ calculada}} = \frac{121,5 \text{ lx}}{2} = 60,75 \text{ lx}$$



$$E_{Mínima \text{ medida}} \geq E_{Mínima \text{ calculada}}$$

$$E_{Mínima \text{ medida}} = 68 \text{ lx} > E_{Mínima \text{ calculada}} = 60,75 \text{ lx} \rightarrow \text{Cumple}$$

17) ANÁLISIS DE LA LEGISLACIÓN ARGENTINA EN HIGIENE Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO

La ley nacional de higiene y seguridad en el trabajo ley 19.587, no hace ni tiene ninguna referencia directa o indirecta referida al tema de iluminación.

La primera referencia legal al tema recién lo hace el decreto 351/79 en el capítulo 12 del Anexo I y el Anexo IV.

17.1) Análisis Decreto 351/79 Anexo I Capítulo 12: Reglamento General de Higiene y Seguridad en el Trabajo

El capítulo de la referencia trata conjuntamente los temas de iluminación, del artículo 71 al 76, y color del artículo 77 al 84.

“Artículo 71: La iluminación en los lugares de trabajo deberá cumplir lo siguiente:

1. La composición espectral de la luz deberá ser adecuada a la tarea a realizar, de modo que permita observar o reproducir los colores en la medida que sea necesario.”

Este primer inciso del artículo habla de la composición espectral de la luz en los ambientes de trabajo, y no define una en particular, sino que deja este tema relacionado al tipo de tarea y precisión que se requiere para su ejecución. No es lo mismo la composición espectral para una sección de tornería o montaje donde se requiere visualizar detalles, a la que se necesita en un depósito de mercadería u almacén.

“2. El efecto estroboscópico, será evitado.”

Problema tratado en el punto 8.17) de este material de lectura y que es poco analizado en los ambientes de trabajo. Problema que puede generar accidentes muy graves en los trabajadores dado la incapacidad de percibir esta situación a simple vista.

“3. La iluminancia será adecuada a la tarea a efectuar, teniendo en cuenta el mínimo tamaño a percibir, la reflexión de los elementos, el contraste y el movimiento.”

La iluminancia o el nivel de iluminación debe estar acorde a la necesidad de percepción de colores, de detalles, de tamaños, y está definida en cuanto al nivel mínimo en el Anexo IV.

“4. Las fuentes de iluminación no deberán producir deslumbramientos, directo o reflejado, para lo que se distribuirán y orientarán convenientemente las luminarias y superficies reflectantes existentes en el local.”

Más allá de lo tratado en el punto 8.11) no hay mucho para agregar en el análisis legal de este inciso.

“5. La uniformidad de la iluminación, así como las sombras y contrastes serán adecuados a la tarea que se realice.”

La uniformidad está tratada desde las condiciones de nivel de iluminación en el Anexo IV.

“Artículo 72: *Cuando las tareas a ejecutar no requieran el correcto discernimiento de los colores y sólo una visión adecuada de volúmenes, será admisible utilizar fuentes luminosas monocromáticas o de espectro limitado.”*

Este artículo es similar el inciso 1° del artículo 71.

“Artículo 73: *Las iluminancias serán las establecidas en el Anexo IV.”*

“Artículo 74: *Las relaciones de iluminancias serán las establecidas en el Anexo IV.”*

“Artículo 75: *La uniformidad de la iluminación será la establecida en el Anexo IV.”*

Estos tres artículos derivan el tema al Anexo IV que establece valores mínimos para iluminancia y uniformidad.

“Artículo 76: *En todo establecimiento donde se realicen tareas en horarios nocturnos o que cuenten con lugares de trabajo que no reciban luz natural en horarios diurnos deberá instalarse un sistema de iluminación de emergencia.*

Este sistema suministrará una iluminancia no menor de 30 luxes a 80 cm. del suelo y se pondrá en servicio en el momento de corte de energía eléctrica, facilitando la evacuación del personal en caso necesario e iluminando los lugares de riesgo.”

La instalación de un sistema de iluminación de emergencias es obligatoria en todo ambiente de trabajo y sus sectores anexos como baños, vestuarios, comedor, etc.

Todo lugar donde exista la posibilidad de que esté o permanezca una persona, debe disponer de este tipo de iluminación.

El objetivo es doble, por un lado facilitar la evacuación, para lo que se deben iluminar los accesos a los medios de escapes, el propio medio de escape y las salidas de emergencias y auxiliares; además de iluminar los ambientes de trabajo, no establece con qué objetivo se lo debe hacer, pero lo mínimo es para que las personas puedan permanecer en él y caminar sin sufrir un accidente.

17.2) Análisis Decreto 351/79 Anexo IV: Reglamento General de Higiene y Seguridad en el Trabajo

El Anexo IV, es ampliatorio de los artículos 71 a 84 del Decreto 351/79, y dispone de dos puntos, el primero que trata los temas de Iluminación, y el segundo al tema de Color.

“1. Iluminación

1.1. La intensidad mínima de iluminación, medida sobre el plano de trabajo, ya sea éste horizontal, vertical u oblicuo, está establecida en la tabla 1, de acuerdo con la dificultad de la tarea visual y en la tabla 2, de acuerdo con el destino del local.

Los valores indicados en la tabla 1, se usarán para estimar los requeridos para tareas que no han sido incluidas en la tabla 2.”

Establece los niveles mínimos de iluminancia o nivel de iluminación, y lo define en dos tablas, la primera que se debe mirar es la tabla 2 y cuando una tarea no esté incluida en dicha tabla se debe mirar lo definido en la tabla 1.

La norma analizada es del año 1979 y el anexo IV no ha sufrido actualizaciones, así que es muy posible que muchos puestos de trabajo nuevos no estén incluidos en la tabla 2.

TABLA 2
Intensidad Mínima de Iluminación
 (Basada en Norma IRAM-AADL J 20-06)

Tipo de edificio, local y tarea visual	Valor mínimo de servicio de iluminación (lux)
Vivienda	
Baño:	
Iluminación general	100
Iluminación localizada sobre espejos	200 (s/plano vertical)
Dormitorio:	
Iluminación general	200
Iluminación localizada: cama, espejo	200
Cocina:	
Iluminación sobre la zona de trabajo: cocina, pileta, mesada	200
Centros Comerciales de Mediana Importancia	
Iluminación general	1000
Depósito de mercaderías	300
Centros Comerciales de Mediana Importancia	
Iluminación general	500
Hoteles	
Circulaciones:	
Pasillos, palier y ascensor	100

Recorte de la Tabla 2

Por su lado la tabla 1 es genérica y se debe ingresar por la dificultad visual de la tarea, columna 1, y en la segunda columna se establece el rango de nivel de iluminación sobre el plano de trabajo. Los rangos mínimos son en la mayoría de los casos muy

amplios por lo que la recomendación es siempre tomar como valor mínimo exigido el valor mayor, aunque vale también recurrir a otra normativa para terminar de ajustar dicho valor.

TABLA 1
Intensidad Media de Iluminación para Diversas Clases de Tarea Visual
 (Basada en Norma IRAM-AADL J 20-06)

Clase de tarea visual	Iluminación sobre el plano de trabajo (lux)	Ejemplos de tareas visuales
Visión ocasional solamente	100	Para permitir movimientos seguros por ej. en lugares de poco tránsito: Sala de calderas, depósito de materiales voluminosos y otros.
Tareas intermitentes ordinarias y fáciles, con contrastes fuertes.	100 a 300	Trabajos simples, intermitentes y mecánicos, inspección general y contado de partes de stock, colocación de maquinaria pesada.
Tarea moderadamente crítica y prolongadas, con detalles medianos	300 a 750	Trabajos medianos, mecánicos y manuales, inspección y montaje; trabajos comunes de oficina, tales como: lectura, escritura y archivo.
Tareas severas y prolongadas y de poco contraste	750 a 1500	Trabajos finos, mecánicos y manuales, montajes e inspección; pintura extrafina, sopleteado, costura de ropa oscura.
Tareas muy severas y prolongadas, con detalles minuciosos o muy poco contraste	1500 a 3000	Montaje e inspección de mecanismos delicados, fabricación de herramientas y matrices; inspección con calibrador, trabajo de molienda fina.
	3000	Trabajo fino de relojería y reparación
Tareas excepcionales, difíciles o importantes	5000 a 10000	Casos especiales, como por ejemplo: iluminación del campo operatorio en una sala de cirugía.

“1.2. Con el objeto de evitar diferencias de iluminancias causantes de incomodidad visual o deslumbramiento, se deberán mantener las relaciones máximas indicadas en la tabla 3.

La tarea visual se sitúa en el centro del campo visual y abarca un cono cuyo ángulo de abertura es de un grado, estando el vértice del mismo en el ojo del trabajador.”

Este punto muy poco tratado, muy poco explicado y aplicado, y es como que falta información con relación a la aplicación de la tabla 3.

Tabla 3
Relación de Máximas Luminancias

Zonas del campo visual	Relación de luminancias con la tarea visual
Campo visual central (Cono de 30° de abertura)	3:1
Campo visual periférico (Cono de 90° de abertura)	10:1
Entre la fuente de luz y el fondo sobre el cual se destaca	20:1
Entre dos puntos cualesquiera del campo visual	40:1

“1.3. Para asegurar una uniformidad razonable en la iluminancia de un local, se exigirá una relación no menor de 0,5 entre sus valores mínimo y medio.

$$E_{Mínima} \geq \frac{E_{Media}}{2}$$

E = Exigencia

La iluminancia media se determinará efectuando la media aritmética de la iluminancia general considerada en todo el local, y la iluminancia mínima será el menor valor de iluminancia en las superficies de trabajo o en un plano horizontal a 0,80 m. del suelo. Este procedimiento no se aplicará a lugares de tránsito, de ingreso o egreso de personal o iluminación de emergencia.

En los casos en que se ilumine en forma localizada uno o varios lugares de trabajo para completar la iluminación general, esta última no podrá tener una intensidad menor que la indicada en la tabla 4.”

Este punto trata de la uniformidad del nivel de iluminación general y localizada:

- En primer lugar establece que el valor mínimo medido en un sector no puede ser menor al 50% del valor medio del nivel de iluminación medido en dicho sector.

Esta uniformidad mínima no aplica a lugares de tránsito, de ingreso o egreso de personal o iluminación de emergencia.

- En segundo lugar la tabla 4 establece la máxima relación entre la iluminación localizado y general, es decir, si la iluminación localizada en un puesto de trabajo requiere de 5.000 lx por el tipo de tarea que se hace, la iluminación general en ese sector, o al menos en el entorno de esa iluminación localizada no puede ser menor de 600 lx indistintamente si la tabla 1 o 2 establezcan otro valor.

TABLA 4
Iluminación general Mínima
(En función de la iluminancia localizada)
(Basada en norma IRAM-AADL J 20-06)

Localizada	General
250 lx	125 lx
500 lx	250 lx
1.000 lx	300 lx
2.500 lx	500 lx
5.000 lx	600 lx
10.000 lx	700 lx

17.3) Análisis Decreto 911/96: Reglamento para la industria de la Construcción

El Decreto 911/96 trata el tema en dos grandes grupos, del artículo 133 al 135 sobre iluminación en general, y el artículo 136 referido a iluminación de emergencias, quizás otro de los grandes ausentes en las obras de construcción.

“Artículo 133: La iluminación en los lugares de trabajo debe cumplir las siguientes condiciones:

a) La composición espectral de la luz debe ser adecuada a la tarea a realizar, de modo que permita observar y reproducir los colores en medida aceptable.

b) El efecto estroboscópico debe ser evitado.

c) La iluminación debe ser adecuada a la tarea a efectuar, teniendo en cuenta el mínimo tamaño a percibir, la reflexión de los elementos, el contraste y el movimiento.

d) Las fuentes de iluminación no deben producir deslumbramiento, directo o reflejado, para lo que se distribuirán y orientarán

convenientemente las luminarias y superficies reflectantes existentes en el lugar.

e) La uniformidad de la iluminación, así como las sombras y contraste, deben ser adecuados a la tarea que se realice.”

“Artículo 134: Cuando las tareas a ejecutar no requieran la precisa percepción de los colores, sino sólo una visión adecuada de volúmenes, será admisible utilizar fuentes luminosas monocromáticas o de espectro limitado.”

Tanto el artículo 133 como el 134 son muy similares a lo establecido en el decreto 351/79, y los mismos son muy genéricos, no definiendo nada específico a lo que es o se necesita en una obra de construcción.

“Artículo 135: Valores de iluminancias:

Intensidad mínima de iluminación sobre el plano de trabajo:”

Solamente la normativa establece valores de nivel de iluminación en relación al esfuerzo visual, lo que es lógico dado la variedad de tareas y tipos de obras.

a) TAREAS QUE EXIGEN MÁXIMO ESFUERZO VISUAL	
Trabajos de precisión máxima que requieren:	1.500 lux
Finísima distinción de detalles.	
Condiciones de contraste malas.	
Largos espacios de tiempo, y tales como montajes extrafinos, inspección de colores y otros.	
b) TAREAS QUE EXIGEN GRAN ESFUERZO VISUAL	
Trabajos de precisión que requieren:	700 lux
Fina distinción de detalles.	

Grado mediano de contraste.	
Largos espacios de tiempo, tales como trabajo a gran velocidad, acabado fino, pintura extrafina, lectura e interpretación de planos.	
c) TAREAS QUE EXIGEN BASTANTE ESFUERZO VISUAL	
Trabajos prolongados que requieren:	400 lux
Fina distinción de detalles.	
Grado moderado de contraste.	
Largos espacios de tiempo, tales como trabajo corrido de banco de taller y montaje, trabajo en maquinarias, inspección y montaje.	
d) TAREAS QUE EXIGEN ESFUERZO VISUAL CORRIENTE	
Trabajos que requieren:	200 lux
Distinción moderada de detalles.	
Grado normal de contraste.	
Espacios de tiempo intermitentes, tales como trabajo en máquinas automáticas, mecánica automotriz, doblado de hierros.	
e) TAREAS QUE EXIGEN POCO ESFUERZO VISUAL	
Tales como sala de calderas, depósito de materiales, cuartos de aseo, escaleras.	
f) TAREAS QUE NO EXIGEN ESFUERZO VISUAL	50 lux
Tales como tránsito por vestíbulos y pasillos, carga y descarga de elementos no peligrosos.	
g) ILUMINACIÓN DE SENDEROS PEATONALES	
Los senderos peatonales establecidos de uso continuo deben ser iluminados con una intensidad a nivel de piso de TREINTA (30) lux de valor medio y como mínimo de QUINCE (15) lux.	

“Esta tabla no incluye tareas muy especiales que requieran niveles de iluminación superiores a los detallados en el punto a).

Estos serán determinados por la autoridad de aplicación a solicitud de partes.

Nota: Los valores de iluminación indicados deben ser considerados a los fines de cálculo, con la depreciación luminosa de envejecimiento luminaria y lámpara y a la pérdida por suciedad del artefacto.”

Queda a consideración de la autoridad de aplicación (SRT o ATL) necesidades de iluminación superior a los establecidos en el punto a) de la tabla, lo que es muy raro que se dé en obras de construcción necesidades superiores a los 1.500 lux.

ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA

“Artículo 136: Se deberán adoptar las siguientes medidas y procedimientos:

a) En las obras en construcción, así como en los locales que sirvan en forma temporaria para dicha actividad donde no se reciba luz natural o se realicen tareas en horarios nocturnos, debe instalarse un sistema de iluminación de emergencia en todos sus medios y vías de escape.”

Se puede traducir como que en todo lugar y para todo medio de escape, relacionados a una obra en construcción, deben existir sistemas de iluminación de emergencia, pero sólo en aquellos lugares que no reciban luz natural, no en todas las áreas, o en todos los lugares si se desarrollan tareas en horarios nocturnos.

“b) Este sistema debe garantizar una evacuación rápida y segura de los trabajadores utilizando las áreas de circulación y medios de escape (corredores, escaleras y rampas), de modo de facilitar las maniobras o intervenciones de auxilio ante una falla del alumbrado normal o siniestro.”

Una cuestión técnica y teórica, un sistema de iluminación de emergencias, por sí mismo no puede garantizar una evacuación, ni rápida y menos segura, a lo sumo puede colaborar en este sentido.

“c) En los casos particulares no enunciados (túneles, excavaciones, etc.) el proyecto correspondiente se debe ajustar a lo indicado en las normas técnicas internacionalmente reconocidas.”

Nada para agregar salvo que para el caso de excavaciones también se deben aplicar las normas: Resolución SRT 550/2011 y 503/2014.

“d) El tiempo de servicio del alumbrado y señalización de escape (autonomía de las luminarias de emergencia) no será en ningún caso inferior a UNA HORA TREINTA MINUTOS (1 hora 30 minutos).”

Muy fácil de lograr una autonomía de una hora y media con los equipos actuales en base a LED.

“e) El alumbrado necesario de la ruta de escape deber ser medido sobre el solado y en centro de circulación. En ningún caso la iluminación horizontal debe ser inferior a CINCO (5) lux y mayor que el CINCO POR CIENTO (5 %) de la iluminación media general.”

Una sobre exigencia técnica si se considera que se trata de una obra de construcción.

“f) Las luminarias utilizadas para lograr lo establecido no deben producir deslumbramiento que pueda ser causa de problemas de adaptación visual. A tal fin, se prohíben luminarias basadas en faros o proyectores

en toda ruta de escape. En todos los casos, las luminarias deben satisfacer las normas internacionalmente reconocidas.”

“g) Para una adecuada circulación a través de las rutas de escape, la relación uniformidad $E/\max. E/\min.$ no debe ser mayor de 40:1 a lo largo de la línea central de dichas rutas.”

Técnicamente impecable, pero quizás sea una sobre exigencia técnica si se considera que se trata de una obra de construcción.

“h) A los fines de asegurar un adecuado alumbrado de escape, las luminarias se deben ubicar en las siguientes posiciones:

- I. Cerca de cada salida.*
- II. Cerca de cada salida de emergencia.*
- III. En todo sitio donde sea necesario enfatizar la posición de un peligro potencial, como los siguientes:*
 - Cambio de nivel de piso.*
 - Cerca de cada intersección de pasillos y corredores.*
 - Cerca de cada caja de escalera de modo tal que cada escalón reciba luz en forma directa.*
 - Fuera y próximo a cada salida de emergencia.*

Cuando sea necesario, se agregarán luminarias adicionales de forma de asegurar que el alumbrado a lo largo de la ruta de escape satisfaga el requerimiento de iluminancia mínima y uniformidad de iluminancia descrito anteriormente.”

“i) Los sistemas y equipos afectados a la extinción de incendio, instalados a lo largo de la ruta de escape, deben estar permanentemente iluminados a los fines de permitir una rápida localización de los mismos durante una emergencia.”

“j) En los ascensores y montacargas por los que movilicen personas se debe instalar una luminaria de emergencia, preferentemente del tipo autónoma.

Todo local destinado a usos sanitarios o vestuarios debe incluir una luminaria de emergencia.”

Técnicamente impecables, establecen lugares en que deben ubicarse en forma específica los equipos de iluminación de emergencia.

“k) Las salidas, salidas de emergencia, dirección y sentido de las rutas de escape serán identificadas mediante señales que incluyan leyendas y pictografías. Dichas señales deben confeccionarse según lo descrito por los Institutos de Normalización reconocidos internacionalmente.”

Tema fuera de lugar, dado que se trata de señalización de medios de escape, aunque técnicamente correcta la exigencia.

“l) Toda salida y salida de emergencia debe permanecer señalizada e iluminada durante todo el tiempo en que la obra se halle ocupada.

El alumbrado de dichas señales debe obtenerse por medio de señalizados autónomos o no autónomos con alumbrado de emergencia permanente.

Las señales a incorporar a lo largo de las rutas de escape a los fines de indicar la correcta dirección y sentido de circulación hacia las salidas de emergencia deben permanecer también correctamente iluminadas durante todo el tiempo en que la obra se halle ocupada.

Ante la falla del alumbrado normal, el alumbrado de dichas señales se debe obtener por proximidad de luminaria de emergencia, con una

distancia no mayor de UNO CON CINCUENTA METROS (1,50 m), o directamente por medio de señalizados autónomos o no autónomos.”

Sigue mezclando temas, en este caso exige iluminación permanente en las salidas y salidas de emergencias, pero mientras la obra esté abierta o con personal trabajando, lo cual no tiene sentido iluminar una salida o salida de emergencias en lugares que reciben luz natural o no está habilitado la obra en horario nocturno.

“m) En las obras que no presenten ningún riesgo de explosión, se admitirán sistemas de alumbrado de emergencia portátiles, siempre y cuando éstos sean de origen eléctrico y bajo las siguientes condiciones:

- Que cada local considerado posea una o más salidas directas hacia el exterior, sin escaleras pasillos o corredores.*
- Que toda persona que se halle en el interior no tenga que recorrer una distancia mayor de TREINTA METROS (30 m) para llegar al exterior.”*

Permite el uso de sistemas de iluminación del tipo portátil del tipo eléctrico, lo cual es una obra es una enorme ventaja, pero sólo si el ambiente NO es explosivo.

“n) La fuente a utilizar, si se trata de un sistema central, debe obtenerse a través de:

- Baterías estacionarias y correspondiente cargador-rectificador adecuadamente diseñado según el tipo de batería elegida.*
- Motores térmico-generador (grupo electrógeno), o de similar seguridad operativa.*

El período de recarga de las baterías, una vez cumplido el tiempo mínimo de servicio, no será mayor a VEINTICUATRO (24) horas. Las baterías de

acumuladores deben ser exclusivamente del tipo estacionario, con una expectativa de vida útil suficiente de acuerdo al servicio a cumplir.”

Trata un tema muy controversial, que es si el equipo de iluminación de emergencias debe ser de alimentación eléctrica del tipo independiente o autónoma, o si puede estar conectada a un sistema eléctrico de emergencias central.

“o) La fuente a utilizar, si se trata de luminarias autónomas (aquellas que contienen las baterías, cargador-rectificador, lámpara), deben ser baterías recargables herméticas y exentas de mantenimiento. El período de recarga de las baterías, una vez cumplido el tiempo mínimo de servicio no será mayor de VEINTICUATRO (24) horas. Se prohíbe el uso de pilas secas en todas sus versiones. La expectativa de vida útil será suficiente según el servicio a cumplir.”

Este ítem trata del tipo de batería que debe tener un sistema de iluminación del tipo autónomo.

“p) Los métodos y procedimientos aplicables para el cumplimiento de la presente en cuanto a proyecto y ejecución del alumbrado de emergencia deben satisfacer lo indicado por los Institutos de normalización internacionalmente reconocidos.”

No queda muy claro que quiere decir, pero el proyecto de iluminación de emergencias, además de cumplir con este artículo, debe satisfacer normas internacionales reconocidas, entre las que obviamente se encuentra IRAM.

17.4) Análisis Decreto 249/2007: Reglamento de Higiene y Seguridad para la Actividad Minera

"CAPITULO 4: CONTAMINANTES

ARTICULO 54.- Los contaminantes físicos deberán adecuarse a los límites permisibles, de acuerdo a las siguientes tablas.

ILUMINACIÓN:

Iluminación mínima de los lugares de trabajo

Iluminación mínima de los lugares de trabajo

Zona o parte del lugar de trabajo (*)	Nivel mínimo de iluminación (lux)
Zonas donde se ejecutan tareas con: Bajas exigencias visuales	100
Exigencias visuales moderadas	200
Exigencias visuales altas	500
Áreas o locales de uso ocasional	50
Áreas o locales de uso habitual	100
Vías de circulación de uso ocasional	25
Vías de circulación de uso habitual	50

(*) El nivel de iluminación de una zona en la que se ejecute una tarea se medirá a la altura donde ésta se realice; en el caso de zonas de uso general a Ochenta y Cinco Centímetros (85 cm) medidos desde el suelo y en el de las vías de circulación a nivel del suelo.

En todos aquellos lugares que, por razones de infraestructura (galerías subterráneas o falta de red eléctrica) sea imposible cumplir con los requerimientos de la tabla correspondiente, se instalará la iluminación necesaria para caminar sin dificultades. Las aseguradoras de riesgos del trabajo deben controlar la aceptabilidad de los niveles de iluminación."

En el decreto de seguridad e higiene en el trabajo para actividades mineras, el contenido es asombrosamente escaso. Ni siquiera hace mención del cumplimiento de normas de reconocimiento internacional. Pero lo más asombroso de todo es que ubica al tema de iluminación en el capítulo 4 que trata el tema de contaminantes y específicamente en el artículo 54 que establece los límites a diferentes tipos de contaminantes del tipo físico dentro de los cuales no sólo incluye a la iluminación sino también a la ventilación, ambos casos no se tratan de contaminantes, de ningún tipo, sino a condiciones que deben cumplir un ambiente de trabajo.

17.5) Análisis Resolución SRT 84/2012: Protocolo para la Medición de la Iluminación en el Ambiente Laboral

“Artículo 1: Apruébase el Protocolo para la Medición de la Iluminación en el Ambiente Laboral, que como Anexo forma parte integrante de la presente resolución, y que será de uso obligatorio para todos aquellos que deban medir el nivel de iluminación conforme con las previsiones de la Ley N° 19.587 de Higiene y Seguridad en el Trabajo y normas reglamentarias.”

Esta resolución aplica a todas las empresas incluidas dentro de la ley 19.587, incluidas la construcción, el agro, la minería y la TVC.

“Artículo 2: Establécese que los valores de la medición de iluminación en el ambiente laboral, cuyos datos se plasmarán en el protocolo aprobado en el artículo anterior, tendrán una validez de DOCE (12) meses.”

Las mediciones en TODO el establecimiento, sin distinción alguna, se deben repetir todos los años; no se establece la necesidad de presentar los informes a la ART/SRT ni tampoco le establece fecha de medición.

“Artículo 3: A los efectos de realizar la medición a la que hace referencia el artículo 1º de la presente resolución podrá consultarse una Guía Práctica que se publicará en la página Web de la SUPERINTENDENCIA DE RIESGOS DEL TRABAJO (S.R.T.): www.srt.gob.ar.”

“La Guía” a la que hace referencia este artículo y que se puede obtener desde la web de la SRT, es sólo eso, una guía que no es de aplicación obligatoria, pero, a veces para evitar discusiones innecesarias con las autoridades o auditorías, es mejor adoptarla.

“Artículo 4: Facúltase a la Gerencia de Prevención de esta S.R.T. a modificar o actualizar el Anexo de la presente resolución.”

Hasta la fecha la citada resolución no ha recibido actualizaciones.

“Artículo 5: La presente resolución entrará en vigencia a los TREINTA (30) días hábiles contados a partir del día siguiente de su publicación en el Boletín Oficial de la República Argentina.”

Fue publicada en el Boletín Oficial Nro. 32.328 del 30 de enero del 2012, y no ha recibido ampliación de plazo de aplicación, así que los plazos de entrada en vigencias se encuentran cumplidos.

Los formularios incluidos en el anexo no son publicados en este material, pero se realizará el análisis de algunos puntos del instructivo que los acompaña.

INSTRUCTIVO PARA COMPLETAR EL PROTOCOLO PARA MEDICIÓN DE ILUMINACIÓN EN EL AMBIENTE LABORAL

“7) Indicar los horarios o turnos de trabajo, para que la medición de iluminación sea representativa.”

La normativa ni el instructivo establecen el horario de la medición; como recomendación se debe medir en la peor situación de iluminación, pero es una buena práctica medir en diferentes franjas horarias.

“8) Marca, modelo y número de serie del instrumento utilizado.”

“9) Fecha de la última calibración realizada al equipo empleado en la medición.”

“15) Adjuntar el certificado expedido por el laboratorio en el cual se realizó la calibración (copia).”

Al menos para este caso en particular, la calibración no tiene fecha de vencimiento o frecuencia o plazos, sólo exige una copia (simple, sin legalizar) del certificado de calibración del equipo usado. Queda a criterio del dueño del equipo y de quien lo usa, establecer si esa última calibración sigue siendo correcta o válida, esto queda a consideración del uso, de las condiciones de almacenamiento y trato de que ha recibido el equipo. Tampoco la norma hace referencia o existen cuestiones legales relacionadas a la HyST, que establezca quien es el laboratorio.

“10) Metodología utilizada (se recomienda el método referido en guía práctica).”

La normativa ni el protocolo establecen qué método de medición usar, lo que significa que se puede usar cualquier método que el responsable de la medición considere más apropiado. Obviamente se debe siempre hacer referencia al nombre del método o norma específica que lo reglamente.

“14) Condiciones atmosféricas al momento de la medición, incluyendo la nubosidad.”

Si se supone que se está midiendo nivel de iluminación la principal condición atmosférica a destacar es con relación a la condición del cielo, nubosidad, índice UV, lluvia, hora de salida y puesta del sol, y temperatura exterior a lo sumo. No tiene sentido destacar la velocidad del viento y la humedad relativa, por ejemplo.

“34) Identificación de la Empresa o Institución en la que se realiza la medición de ventilación (razón social completa).”

Hay un error en este punto, debería decir “medición de iluminación”, y no ventilación como dice el texto original.

¿Quién puede hacer la medición?

No es un tema que esté bien definido, es una falla casi constante en este tipo de casos, pero yendo a este tema en particular, la normativa no dice nada y el instructivo mucho menos.

Algo se puede obtener del modelo del protocolo incluido como anexo que dice en las tres hojas que lo componen: *“Firma, Aclaración y Registro del Profesional Interviniente”*.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- <https://es.khanacademy.org/science/ap-chemistry/electronic-structure-of-atoms-ap/bohr-model-hydrogen-ap/a/light-and-the-electromagnetic-spectrum>.
- <https://grlum.dpe.upc.edu/manual/index2.php>
- IA Copilot y ChatGPT.
- **Riesgos Físicos II Iluminación.** Segunda Edición. Autor Fernando Henao Robledo.
- **Iluminación en el puesto de trabajo. Criterios para la evaluación y condicionamiento de los puestos.** Editorial Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). Autores Teresa Alvarez Bayona y Centro Nacional de Nuevas Tecnologías (INSHT).
- Guía Práctica sobre Iluminación en el Ambiente Laboral. Guía Práctica N° 1 Gerencia de Prevención de la SRT.