




FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE


Universidad de Chile

DIPLOMA DE POSTÍTULO
**DISEÑO DE EDIFICACIONES
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES**

ILUMINACION EFICIENTE

TEMA

*Nombre Profesor : Sandra Bordoni A.
Contacto: sbordoni@arqluz.cl*




DIPLOMA DE POSTÍTULO


DISEÑO DE EDIFICACIONES
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES

LUZ Y ENERGÍA

- *Conceptos básicos de iluminación natural*
- *Conceptos básicos de iluminación artificial*
- *Iluminación natural y artificial*
- *Fuentes de iluminación artificial*



¿QUÉ ES LA LUZ?



.....en el principio fue la LUZ.....y se creó el día y la noche.....

3



LA LUZ

CLARO OSCURO

Poderes incompatibles y opuestos
de la luz y las tinieblas,

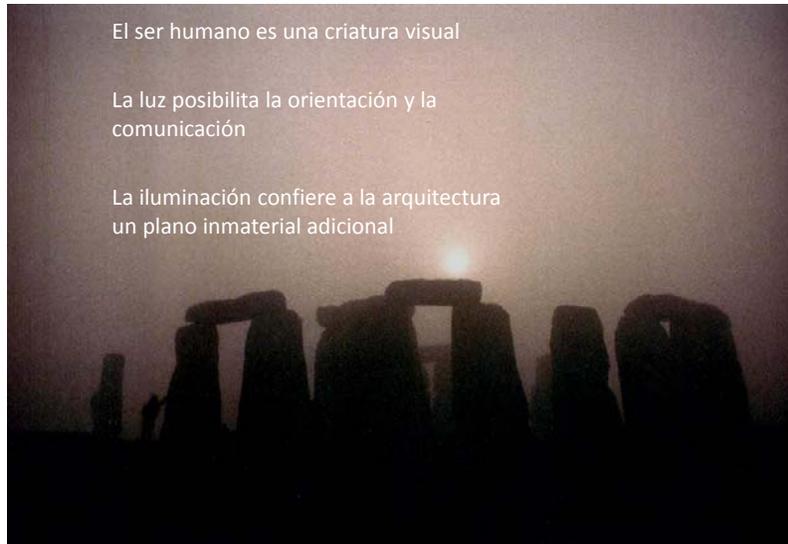
o..... el yin y el yang,
complementarios de un todo
armónico.

El elemento energético procurador
de vida

Marca el ritmo básico de la vida



4



El ser humano es una criatura visual

La luz posibilita la orientación y la comunicación

La iluminación confiere a la arquitectura un plano inmaterial adicional

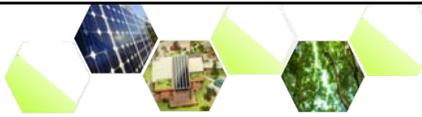


“La luz (del latín *lux, lucis*) es la parte de la energía electromagnética radiante que puede ser percibida por el ojo humano.”
 Enciclopedia Wikipedia.

El espectro visible es parte del espectro electromagnético. Los parámetros que distinguen el tipo de luz es la frecuencia y el largo de la onda.

Las ondas electromagnéticas visibles están entre los rangos de 380 y 780 nanometros. (750nm: rojo, onda larga, 400nm:violeta, onda corta).

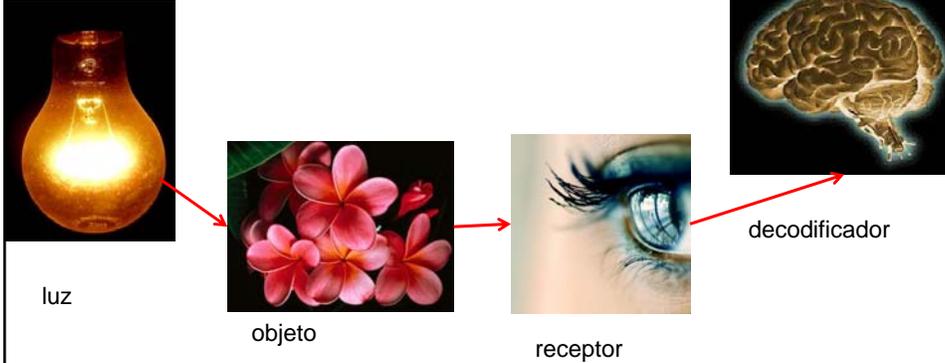




¿QUÉ ES LA VISION?

La **visión** es un **sentido** que consiste en la habilidad de detectar la luz y de interpretarla (**ver**).

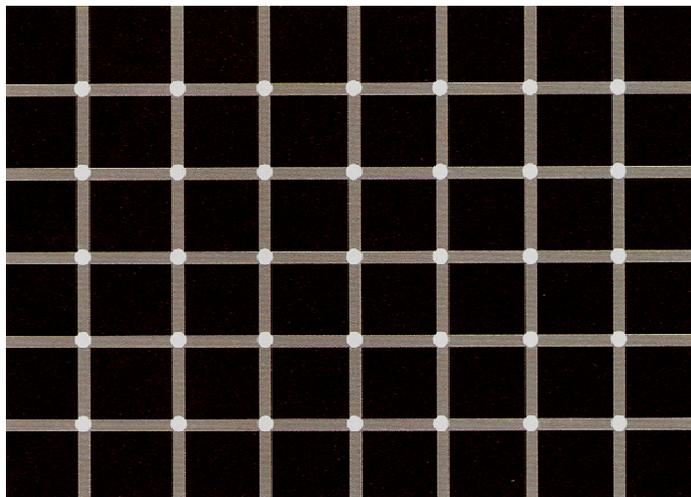
EL PROCESO DE LA VISION



7



MISMA IMAGEN, PERCEPCIÓN DISTINTA



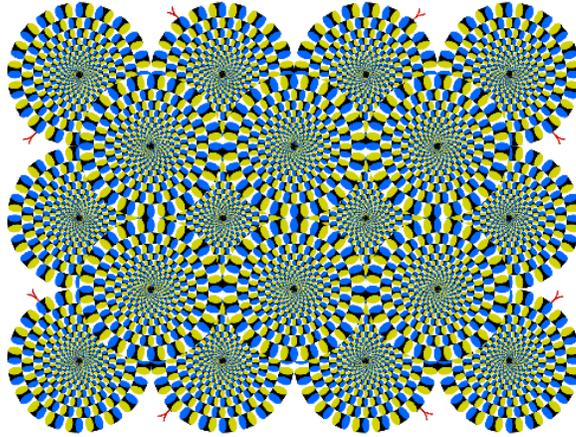
“Por qué los objetos se ven de una determinada forma”.

8



La percepción

La percepción visual es aquella sensación interior de conocimiento aparente, resultante de un estímulo o impresión luminosa registrada por los ojos.



9

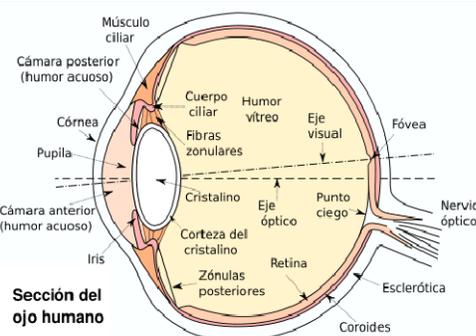


La percepción: el color

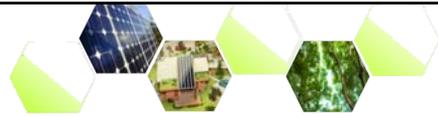
El **ojo** humano es un órgano de percepción muy sensible, capaz no solo de ver lo claro y lo oscuro, sino también ver colores.

Los responsables de esto son 2receptores ubicados en la retina.

Los **CONOS** y los **BASTONCITOS**



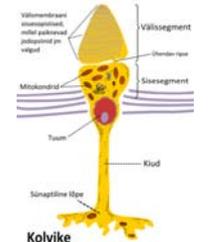
10



Los **conos** son los responsables de la percepción del color y de la agudeza visual.



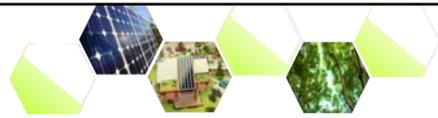
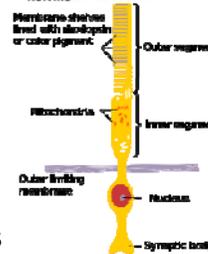
CONOS



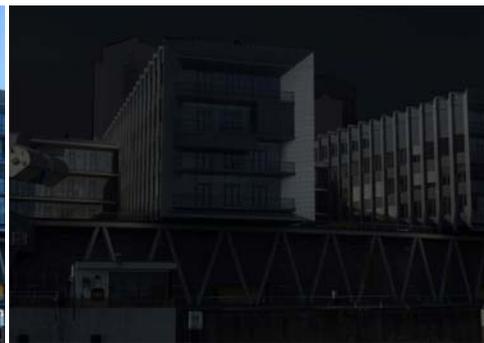
Los **bastoncitos** son células altamente fotosensibles, posibilitan la visión del claro-oscuro en condiciones de poca luminosidad. (1lux)



BASTONCITOS



Visión **FOTÓPICA**



Visión **ESCOTÓPICA**



La percepción: adaptación

Claro-Oscuro: La transición a espacios oscuros exige al ojo un proceso de adaptación, la pupila debe dilatarse. Una vez que el ojo de ha adaptado a un entorno más oscuro, una iluminación de escasa intensidad puede bastar para crear una sensación de claridad.



13



La percepción: adaptación

Oscuro - claro: La adaptación a un entorno más claro se produce de forma más rápida que la adaptación a la oscuridad. La pupila se contrae y emplea solo una parte muy pequeña de los receptores



14



Cualidades de la luz natural

Es la base de la existencia de todo nuestro planeta...

...sin luz no podemos respirar, ni ver ni percibir el color.

...controla la actividad motora y hormonal del hombre.

La luz natural es el más importante regulador del biorritmo.



15



Cualidades de la luz natural

¿Qué distingue la luz natural de la artificial?.

“SU CUALIDAD DINÁMICA”

El sol es la principal fuente de luz natural.

EL SOL crea a lo largo del día una infinidad de variedad de movimientos y efectos.

El dinamismo de la luz natural tiene efectos estimulantes en el hombre.



16



Efectos psicológicos de la luz día

Existen muchos factores que pueden modificar las características de la luminosidad.

- Formación de nubes en el cielo
- Cambios meteorológicos
- El entorno físico: un campo abierto, una playa o un paisaje urbano.



Estos cambios tienen efectos psicológicos y en la salud, lo más claro de esto es la influencia de la luz natural durante las estaciones del año.

17

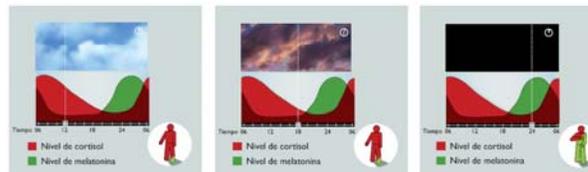


Efectos psicológicos de la luz día

La alternancia entre el día y la noche en un ciclo de 24 horas (ritmo circadiano), activa la producción de las diferentes hormonas en el cuerpo humano.

Prof. W. Van Bommel - Philips Lighting Research Center, Eindhoven.

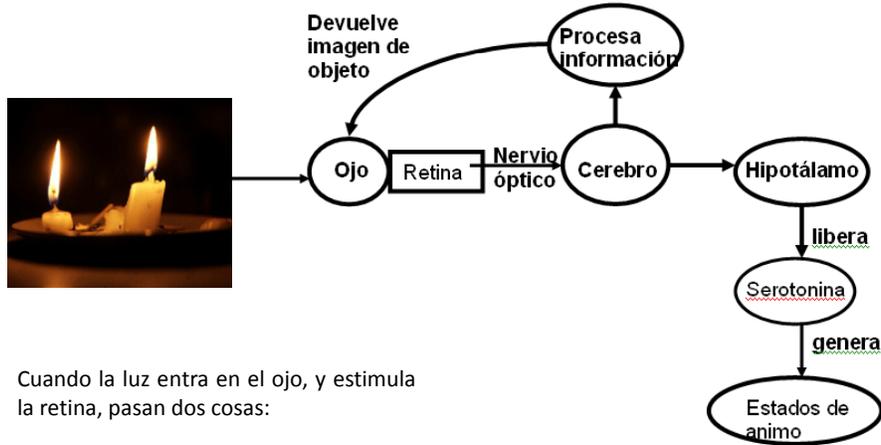
La producción de Melatonina secretada por la hipófisis está directamente relacionada con los niveles de iluminación, la longitud de la exposición y la composición espectral de la luz que se refleja en la retina.



18



Efectos psicológicos de la luz día



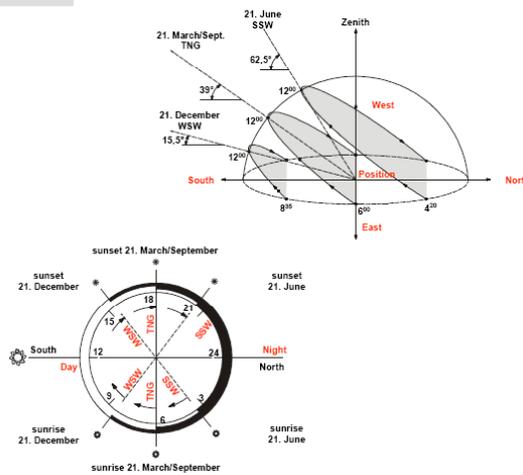
Cuando la luz entra en el ojo, y estimula la retina, pasan dos cosas:



El movimiento del sol

Los cambios ocurren a lo largo del día y de las estaciones. Las características de la luz solar dependen de los movimientos de la tierra y del ángulo de los ejes de la tierra.

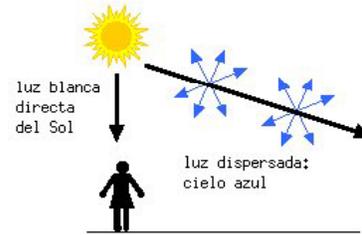
Las características de las fuentes de luz naturales dependen de la localización geográfica y de la ubicación y orientación de las ventanas.



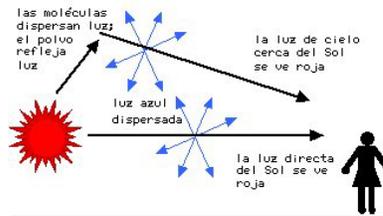


¿Por qué el cielo es azul?

Cuando la luz del Sol atraviesa la atmósfera, la mayor parte de la luz roja, anaranjada y amarilla (longitudes de onda largas) pasa sin ser casi afectada. Sin embargo, buena parte de la luz de longitudes de onda más cortas (azules) es dispersada por las moléculas gaseosas del aire.



A medida que el Sol está más cerca del horizonte, la luz debe atravesar una porción de atmósfera cada vez mayor. El color del Sol va cambiando primero a anaranjado, luego a rojo. Se van dispersando cada vez más las longitudes de onda cortas (azul, verde), y sólo nos llega la luz más roja.



21

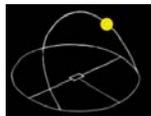


El color y la composición espectral de la luz natural

El color de la luz y la temperatura de color de la luz diurna cambian continuamente en el transcurso del día



Amanecer
Iluminancia: < 1.00lx
T° de color: 5.000°K



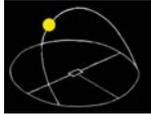
Mañana
Iluminancia: 6.000 a 20.000lx
T° de color: 6.000°K



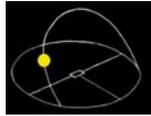
Medio día
Iluminancia: 60.000 a 100.000lx
T° de color: 6.500 a 10.000°K



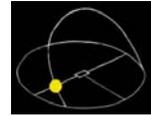
22



Principio de tarde
Iluminancia: 100.000 a 80.000lx
T° de color: 5.500°K



Tarde
Iluminancia: 80.000 a 50.000lx
T° de color: 4.500°K



Atardecer
Iluminancia: < 10.00lx
T° de color: 3.000°K



¿Azul frío, rojo caliente?





¿Azul frío, rojo caliente?

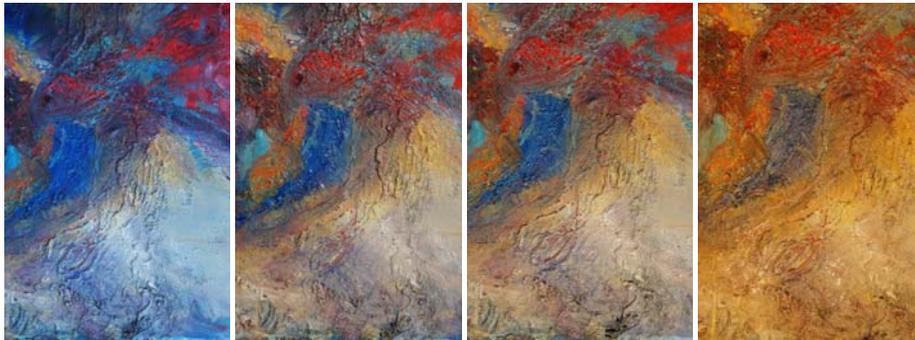


25



Independiente de las diferentes temperaturas de color (medidas en °K = Kelvin), percibimos la luz natural como más o menos blanca. Nuestro sistema visual puede evaluar las propiedades espectrales de los rayos solares incidentes y compensar su efecto en la apariencia de los objetos.

Este fenómeno es llamado **“constancia de color”**



26

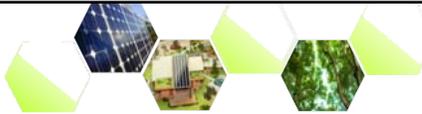


Iluminancia - Luminancia

La percepción de cuan brillante o luminosa sea una superficie u objeto no solo depende de la iluminancia (intensidad de luz), sino que también de la sensación y percepción del brillo entre diferentes áreas. Fondo y contraste.



27



Iluminancia - Luminancia



28



LUZ Y ENERGÍA

- *Conceptos básicos de iluminación natural*
- *Conceptos básicos de iluminación artificial*
- *Iluminación natural y artificial*
- *Fuentes de iluminación artificial*



Luminotecnia:



Ciencia que estudia las distintas formas de producción de la luz, así como su control y aplicación.



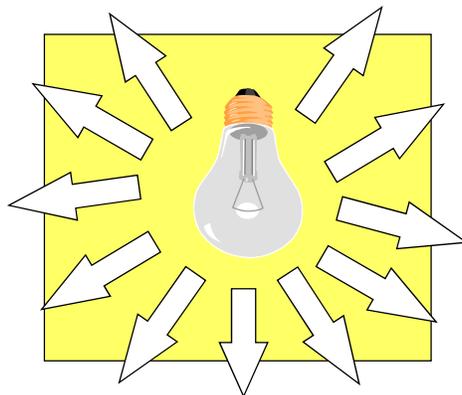
Términos técnicos en la luminotecnia

Propiedad	Unidades de Medición	Símbolo
Flujo luminoso	Lumen (lm)	Φ
Intensidad lumínica	Candela (cd)	I
Iluminancia	Lux (lx)	E
Luminancia	Candela por metro cuadrado (cd/m ²)	L
Factor de reflexión	Porcentaje (%)	P
Eficacia	Lumens por watt (lm/W)	η
Temperatura de color	Kelvin (K)	T
Rendimiento de color	Ra o CRI (%)	R _a

31



Flujo Luminoso - Φ



- Flujo luminoso es una medida de la cantidad de luz que sale de una lámpara.
- Su unidad de medida es el Lumen (lm)

32



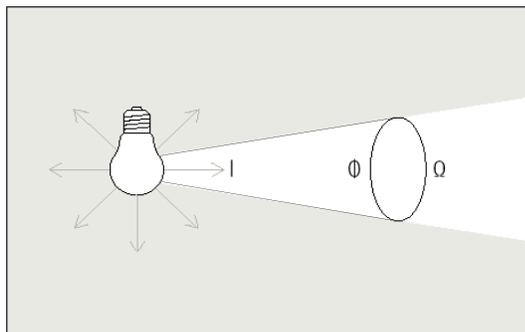
EJEMPLOS DE FLUJO LUMINOSO

• Lámpara incandescente para señalización	1 lm
• Lámpara para bicicleta	18 lm
• Lámpara incandescente clara 40W	430 lm
• Tubo fluorescente standard de 36W	3.000 lm
• Lámpara a vapor de mercurio de 400W	22.000 lm
• Lámpara a vapor de Sodio AP 400W	47.000 lm
• Lámpara a vapor de mercurio Hal. 2000W	170.000 lm
• Lámpara para fotografía HMI de 18000W	1.700.000 lm

33



Intensidad lumínica - I



- El flujo luminoso irradiado en una dirección dada, dentro de un ángulo sólido ("Ω")
- La intensidad lumínica se mide en **Candelas, "cd"**

$$I = \frac{\Phi}{\Omega}$$

34



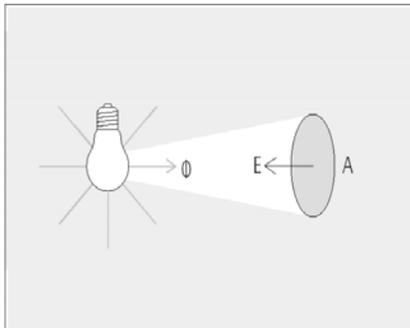
EJEMPLOS DE INTENSIDAD LUMINOSA

- | | | |
|--|---|-----------|
| • Lámpara reflectora de 40W (centro del haz) | | 450 cd |
| • Lámpara reflectora de 150W | “ | 2500 cd |
| • Lámpara PAR 38 spot 120W | “ | 9500 cd |
| • Lámpara dicroica 12V/50W/10º | “ | 16000 cd |
| • Lámpara PAR 56 spot 300W | “ | 40000 cd |
| • Lámpara halógena AR111 12V/50W/4º | “ | 50000 cd |
| • Proyector spot 6º Hg. halogenado 2000W | “ | 170000 cd |

35



Iluminancia – E



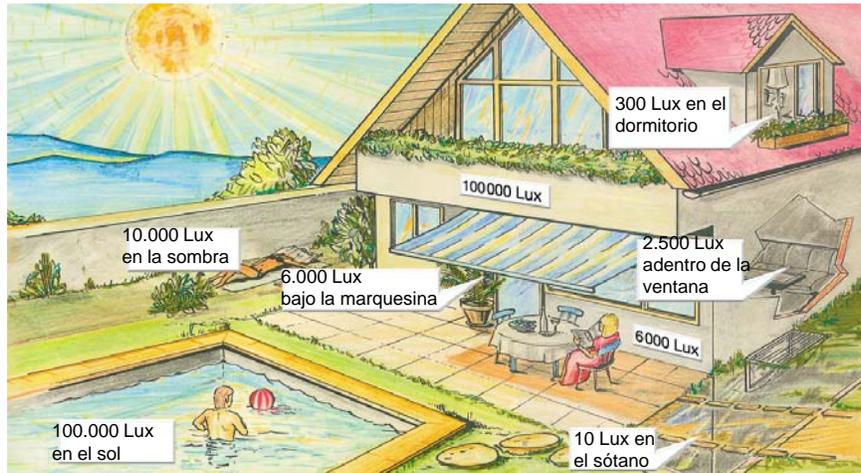
- La cantidad de luz (flujo lumínico) que llega a una superficie
- La iluminancia se mide en lúmen por metro cuadrado, llamado lux , o “lx” (en USA foot –candle)

$$E = \frac{\Phi}{A}$$

36



Valores típicos de Iluminancia (Lux)



37



EJEMPLOS DE ILUMINANCIA

- Luna llena 0,2 lux
- Iluminación de emergencia: escape 1 lux
- Calle con buena iluminación 15 a 25 lux
- Dormitorio 70 a 100 lux
- Oficina de uso general 500 lux
- Sala de dibujo y cartografía 1000 lux
- Quirófano (campo operatorio) 15000 a 25000 lux
- Bóveda celeste (cielo despejado - verano) 100000 lux

38



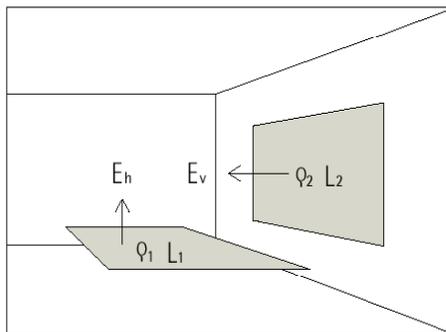
Niveles de iluminancia recomendados

Actividad	Nivel de Iluminación (lux)		
	Bajo	Medio	Alto
Lectura Normal	270	538	807
Trabajo de oficina	538	807	1080
Salas de Computación	270	538	807
Salas de Conferencia	270	538	807
Mesa de Dibujo, trabajo en detalle	1080	1614	2160

39



Luminancia – L



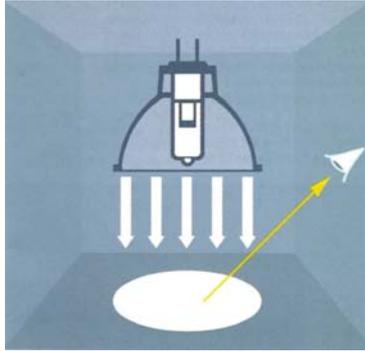
- La **Luminancia** es el brillo resultante de la luz transmitida o reflejada por una superficie
- La luminancia se mide en Candela por metro cuadrado, “cd/m²”

$$L = \frac{I}{A}$$

40



Luminancia – L



41

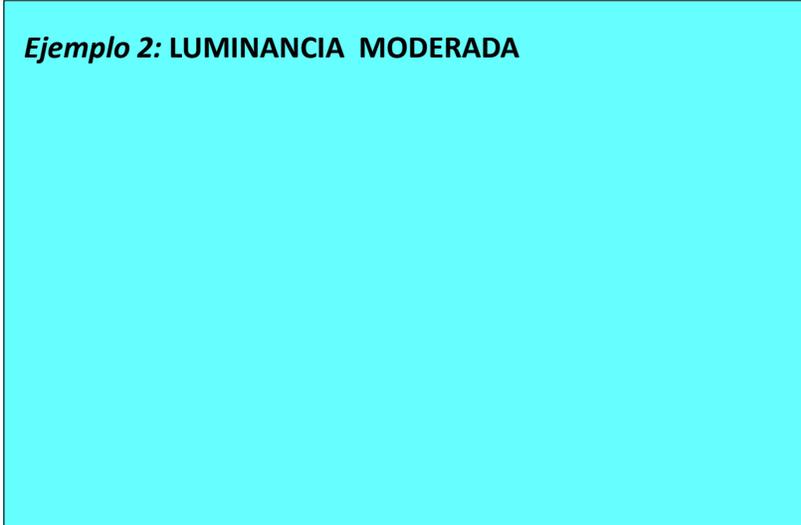


Ejemplo 1: LUMINANCIA MUY ELEVADA

42



Ejemplo 2: LUMINANCIA MODERADA



43



Ejemplo 3: LUMINANCIA MUY BAJA



44



EJEMPLOS DE LUMINANCIA

- Calle bien iluminada 2 cd/m²
- Papel blanco iluminado con 400 lux 100 cd/m²
- Papel blanco iluminado con 1000 lux 250 cd/m²
- Papel negro iluminado con 400 lux 15 cd/m²
- Luminancia ideal para las paredes-ofic. 50 a 100 cd/m²
- Luminancia ideal para el cielorraso-ofic. 100 a 300 cd/m²
- Máxima luminancia para computación 200 cd/m²

45



Factor de reflexión - r

- Una medida de cuánto puede reflejar la luz incidente una superficie
- Se expresa como la razón entre el flujo incidente y el reflejado.
- Valores más comunes:
 - Cielorraso blanco – 70%
 - Pared pintada en tonos claros – 50%
 - Piso alfombrado – 20%

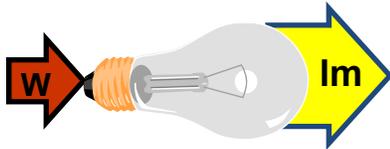


$$L = \frac{\rho E}{\pi}$$

46



Eficacia luminosa



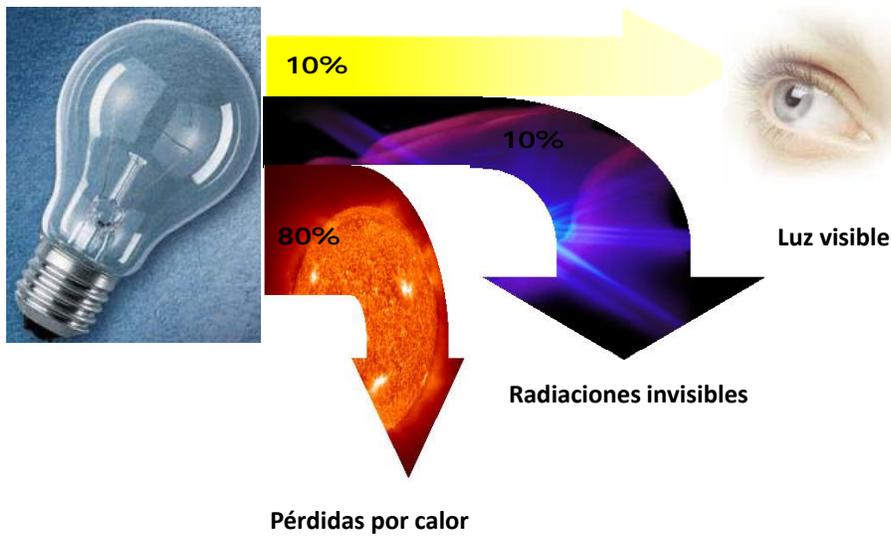
$$= \frac{\text{Flujo luminoso (lm)}}{\text{Potencia eléctrica (W)}}$$

Lámpara	Eficiencia promedio (Lm/W)
Incandescente Standard	10 - 15
Halógena halostar	15 - 25
Fluorescente Dulux	60 - 80
Fluorescentes T8	60 - 80
Fluorescentes T5	80 - 95
Haluro Metálico	60 - 100
Sodio	100 - 150

La razón entre la cantidad de luz que produce y la cantidad de energía que utiliza

La energía que no se convierte en luz visible, se convierte en calor.

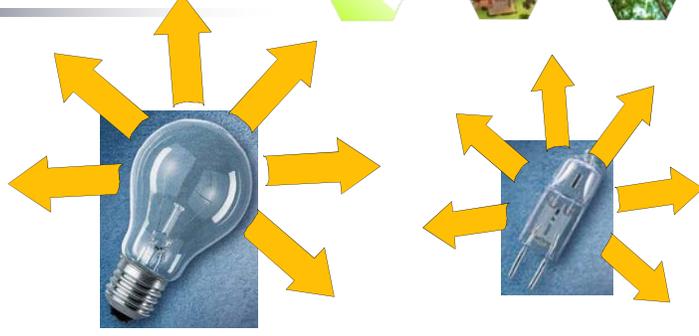
47



48


DISEÑO DE EDIFICACIONES ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES

DIPLOMA DE POSTÍTULO



Potencia :	75 W	75 W
Flujo luminoso :	940 lm	1450 lm
Eficacia o rendimiento:	940 / 75	1450 / 75
	= 12.5 lm/W	= 19.3 lm/W

49


DISEÑO DE EDIFICACIONES ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES

DIPLOMA DE POSTÍTULO

Temperatura de color - T

Light source	T (K)
Candle	1900-1950
Carbon filament lamp	2 100
Incandescent lamp	2 700-2 900
Fluorescent lamps	2 800-7 500
Moonlight	4 100
Sunlight	5 000-6 000
Daylight (sunshine, blue sky)	5 800-6 500
Overcast sky	6 400-6 900
Clear blue sky	10 000-26 000



- En las lámparas, la temperatura de la fuente se expresa en Kelvin (K)
- Cuanto más alta es la temperatura de la fuente, más fría o azulada la luz

50



Temperatura de color - T

- También llamada **“TONALIDAD DE COLOR”**, indica cuán amarilla o azulada es la luz.
- Se expresa en grados K: 827 – 2700K 840 – 4000K

2700K

3000K

4000K

5000K

6000K

51



LUZ FRIA



LUZ CALIDA

52

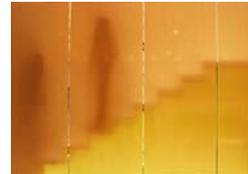


- Cielo azul 10.000 a 30.000 °K
- Cielo nublado 7.000 °K
- Luz solar al mediodía 5.500 a 6.000 °K
- Tubo fluorescente luz día 6.500 °K
- Tubo fluorescente blanco neutro 4.000 °K
- Luz de luna 4.100 °K
- Haluro metálico 3.000/4.000 °K
- Tubo fluorescente blanco cálido 3.100 °K
- Lámpara incandescente halógena 3.000 °K
- Lámpara incandescente 2.700 °K
- Luz de vela 1.800 °K



Rendimiento de Color

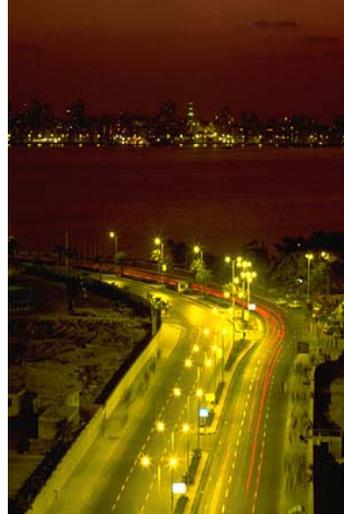
IRC	Calidad	Ejemplos
<70	Aceptable	Mercurio
>70	Bueno	Fluorescentes Estándar
>80	Muy Bueno	Haluros Metálicos cuarzo Fluorescentes Trifósforo Fluorescentes Compactas
>90	Excelente	Incandescentes Halógenas Haluros Metálicos Ceramicos Fluorescentes Deluxe



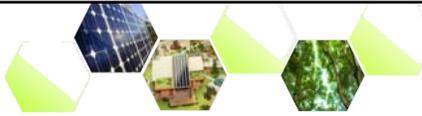
- La habilidad de una fuente lumínica de reproducir el color de un objeto, en relación con una fuente de referencia (luz de día)
- El rendimiento de color óptimo se indica mediante Ra=100



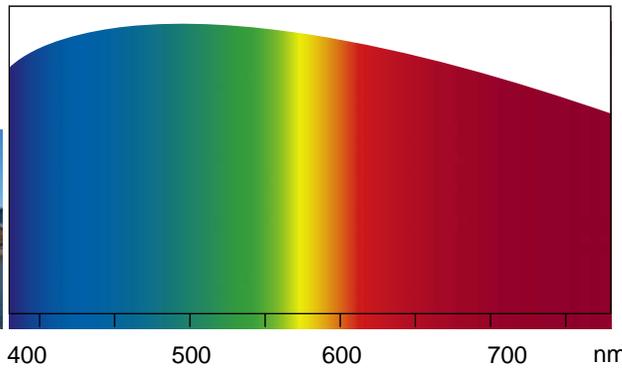
- Discriminación de color crítica
- Discriminación de color no vital



55



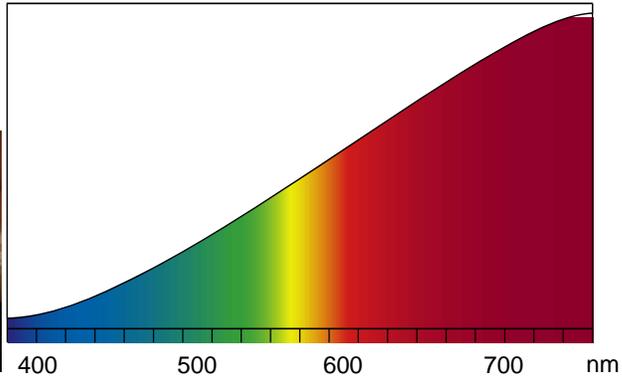
Espectro de la luz natural



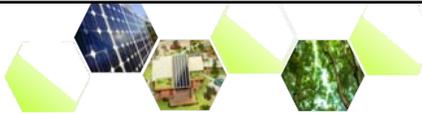
56



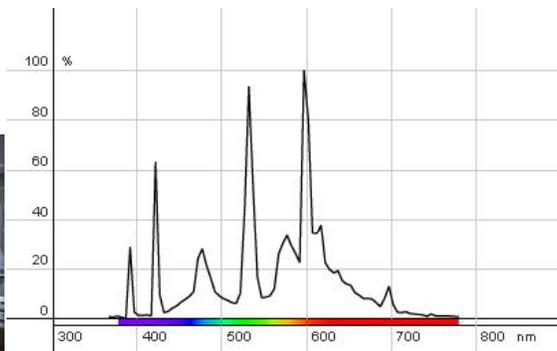
Espectro luz incandescente



57



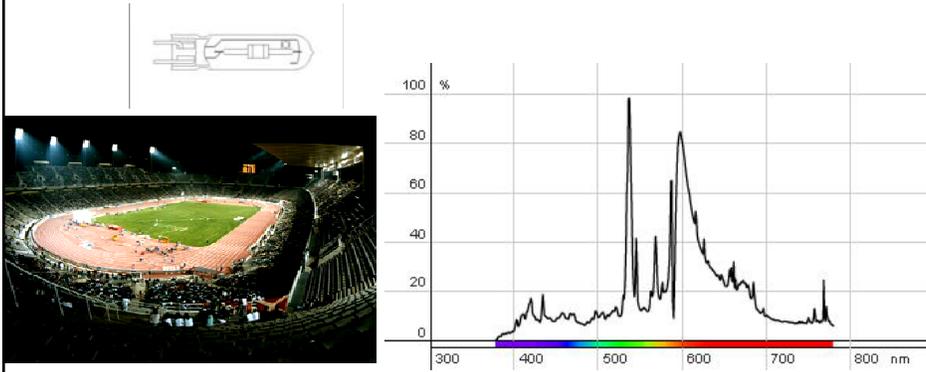
Espectro lámpara fluorescente



58



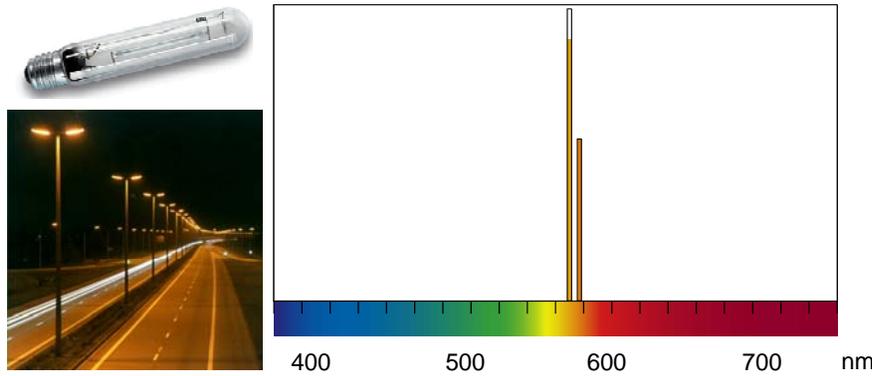
Espectro lámpara haluro metálico



59



Espectro Lámpara de Sodio de Baja presión

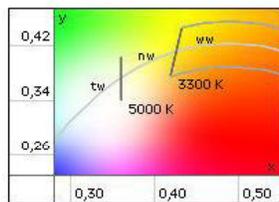
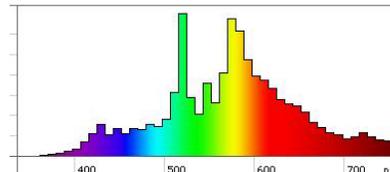
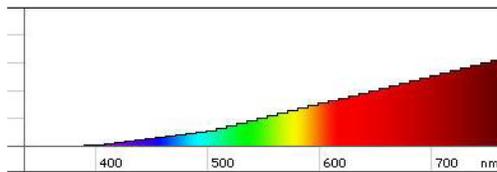


60

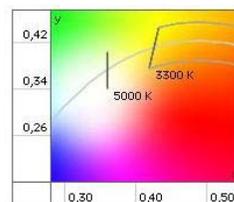


Relación entre temperatura de color (TC) y el IRC

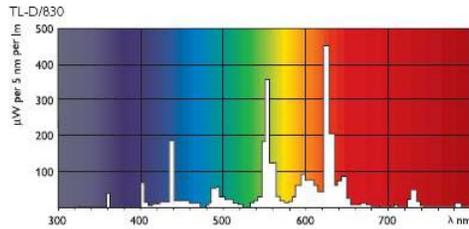
- Dos fuentes de luz con diferentes composiciones espectrales. Ambas pueden tener la misma Temperatura de Color, ser del tipo “cálido” pero tener un IRC diferente y reproducir los colores de manera distinta.



Lámpara halógena dicroica
 TC = 3000°K,
 IRC (Ra) = 100



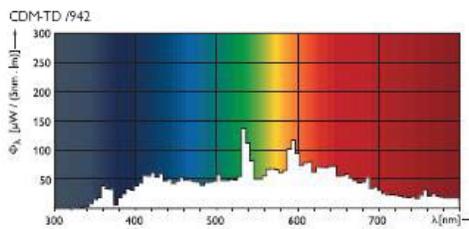
Lámpara haluro metálico doble contacto
 TC = 3000°K,
 IRC (Ra) = 85



Lámpara fluorescente lineal TLD

TC = 3000°K

IRC (Ra) = 85



Lámpara haluro metálico doble contacto

TC=4200°K

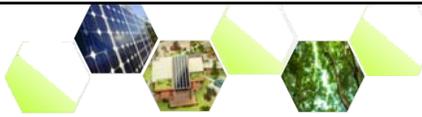
IRC (Ra) = 85

63



LUZ Y ENERGÍA

- *Conceptos básicos de iluminación natural*
- *Conceptos básicos de iluminación artificial*
- *Iluminación natural y artificial*
- *Fuentes de iluminación artificial*



¿Qué es real ?
¿La medición de un instrumento
medidor de luz, o nuestra propia
percepción a través de los ojos,
al cual el medidor de luz trata
de emular ?

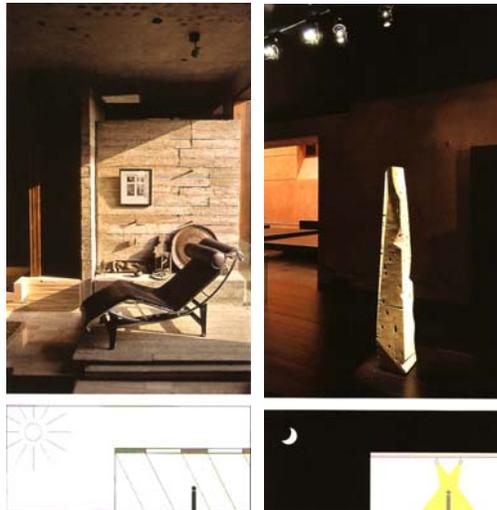
65



La iluminación artificial
arquitectónica se ha emancipado
de la imitación de la luz diurna y
ha establecido sus propias
categorías creativas.

La luz natural es una fuente de
luz viviente.

La luz artificial mantiene una
calidad constante.



66



Mediante el uso de tecnologías se puede producir una flexibilidad de manera que pueden adaptarse tanto la luz natural como la artificial a los requisitos funcionales y estéticos del lugar.

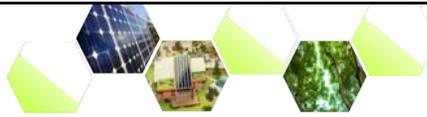


67



LUZ Y ENERGÍA

- *Conceptos básicos de iluminación natural*
- *Conceptos básicos de iluminación artificial*
- *Iluminación natural y artificial*
- *Fuentes de iluminación artificial*



¿De dónde proviene la luz?

Emisión de Calor



Descarga Eléctrica



Luminiscencia



69



INCANDESCENTES

- Convencionales
- Halógenas

FLORESCENTES

- Compactas
- Lineales

DE DESCARGA

- Vapor de mercurio
- Sodio baja y alta presión
- Haluro metálico

FIBRA OPTICA

LEDS

70

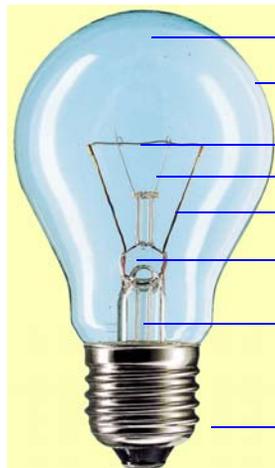


LAMPARAS INCANDESCENTES CONVENCIONALES

71



Incandescentes



- Gas de relleno
- Bulbo de vidrio
- Filamento tungsteno
- Soportes
- Electrodos
- Vacío
- Fusible
- Base

72



LAS LÁMPARAS
INCANDESCENTES



73



LAMPARAS INCANDESCENTES
HALÓGENAS

74



- Vidrio cuarzo
- Gas de llenado + halogen
- Filamento tungsteno
- Electrodos de alimentación
- Base



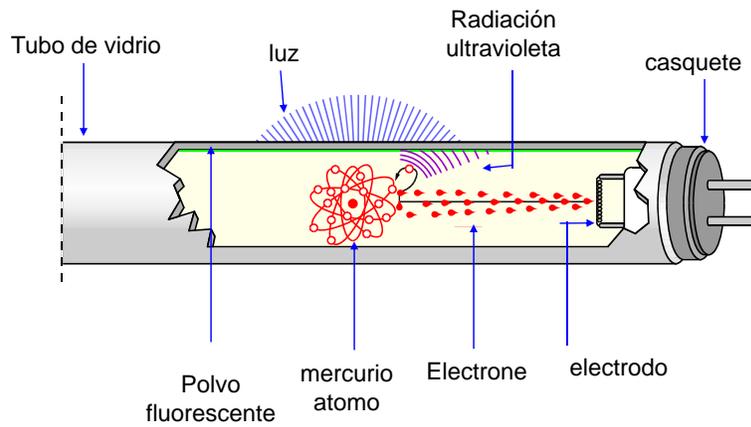


LAMPARAS FLUORESCENTES COMPACTAS Y LINEALES

77



Funcionamiento



78



Principio Fluorescente

- Descarga en gas de mercurio
baja presión
- Una corriente eléctrica pasa a
través de la lámpara pruciendo UV
- El polvo fluorescente
Convierte UV en luz visible
- Composición de polvos determina
cantidad, color y rendimiento
de color de la luz emitida.

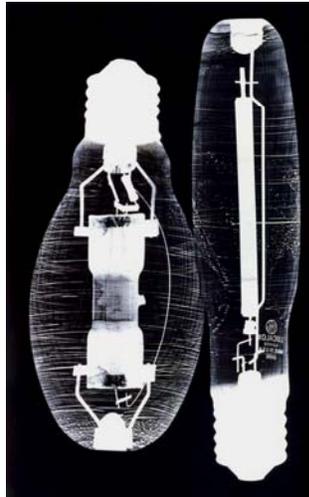
79



80

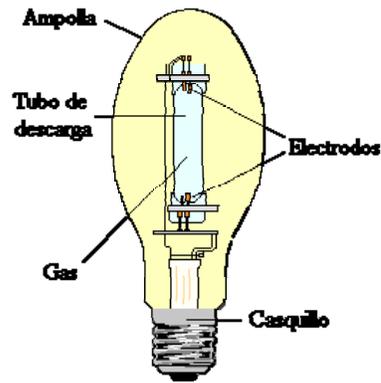
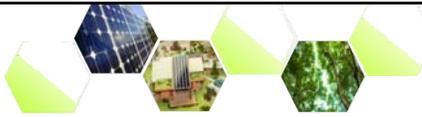


81



LAMPARAS DE DESCARGA DE ALTA
INTENSIDAD

82



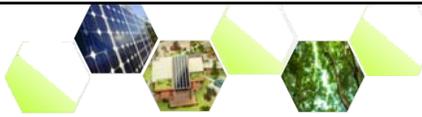
Funcionamiento

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

83



84



Equipos eléctricos auxiliares

Los equipos eléctricos son elementos auxiliares que necesitan algunas lámparas para funcionar.

- Lámparas halógenas de bajo voltaje
- Lámparas fluorescentes
- Lámparas de descarga en gas



85



Fibra Optica



Generador
o iluminador



End-light
cable



Side-light
cable

86



1890- : Electric Light shifted the Lighting Paradigm

This Room Is Equipped With
Edison Electric Light.

Do not attempt to light with
match. Simply turn key
on wall by the door.

*The Next wave: Solid State Lighting (LEDs)
will shift it again*

87



LEDs (lighting emitting diods)



88



- **LEDs** : Diodos de Emisión de luz

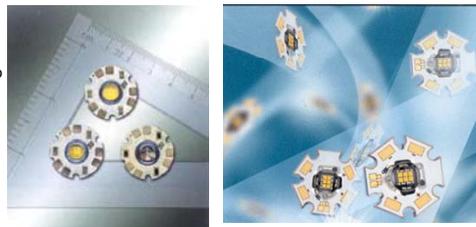
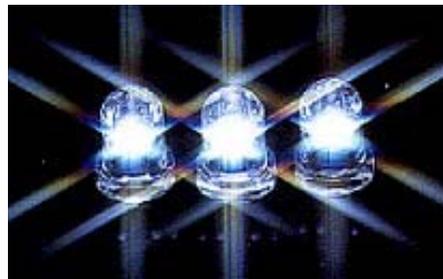
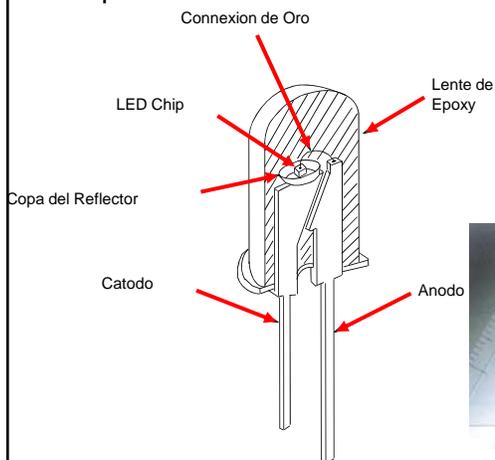


- El LED es un tipo especial de diodo, que trabaja como un diodo común, pero que al ser atravesado por la corriente eléctrica emite luz. Existen diodos LED de varios colores y dependen del material con el cual fueron construidos.
- A diferencia de las lámparas incandescentes, y lámparas fluorescentes casi toda la energía utilizada por el LED es convertida en luz en lugar de calor.
- El LED tiene un voltaje de operación que va de 1.5 V a 2.2 voltios y la gama de corriente que debe circular por él está entre los 10 y 20 miliamperios (mA) en los diodos de color rojo y de entre los 20 y 40 miliamperios (mA) para los otros LEDs.

89



Principio



90



Características

- Larga Vida (> 50.000hrs)
- Fuente de Luz Semiconductora
- Resistente al choque (estado sólido)
- Colores
- Bajo Volumen y peso
- Encendido (re-encendido.) Instantáneo
- Variaciones dinámicas – Dimerización
- Operación a bajas temperaturas
- Bajo voltaje
- Eficiencia → >Lm/W ahorro de energía
- Libre de mercurio → Medio ambiente