

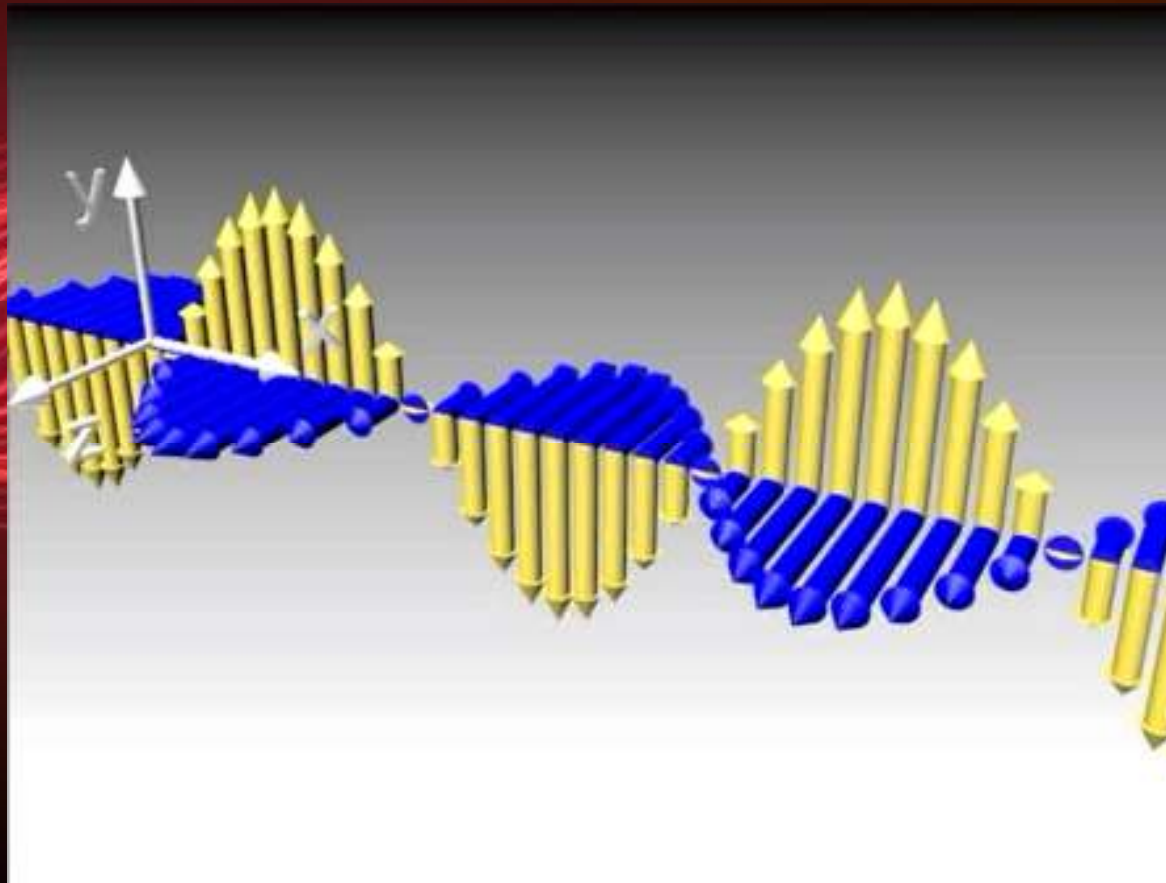
INTRODUCCIÓN A LAS RADIACIONES ÓPTICAS

MAGNITUDES FÍSICAS Y EFECTOS SOBRE LA SALUD



Ponente: Francisco Javier Copa Rodríguez
Jefe Equipo Técnico de Higiene Industrial

Cuando una carga eléctrica oscila o se acelera, genera un fenómeno físico formado por un campo eléctrico y uno magnético perpendiculares entre sí, denominado **onda electromagnética**

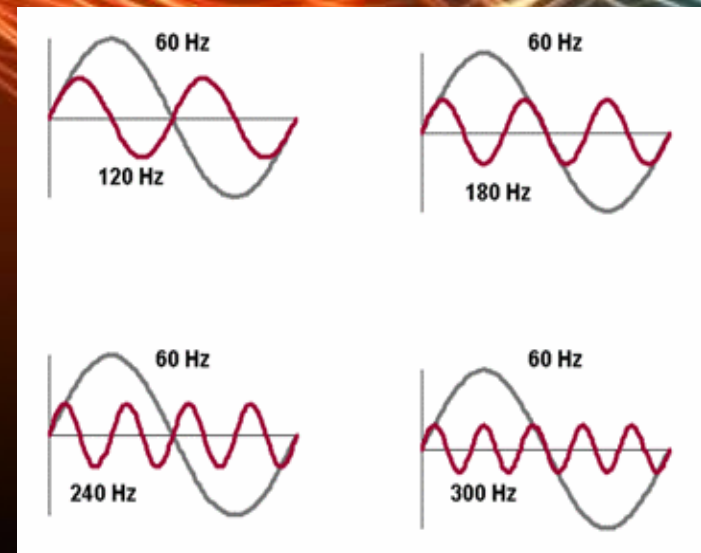
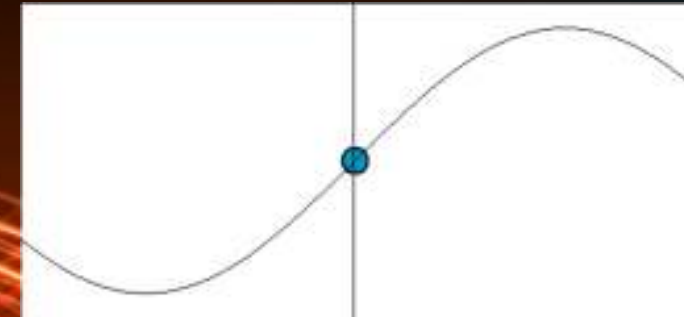


Un movimiento vibratorio o una vibración, sirve para definir las magnitudes necesarias que definen a un fenómeno como onda, por lo que toda onda podemos caracterizarla mediante 3 magnitudes, que son:

La frecuencia [f] es el número de veces que se repite una vibración por unidad de tiempo. Se mide en Hertzios o ciclos/segundo

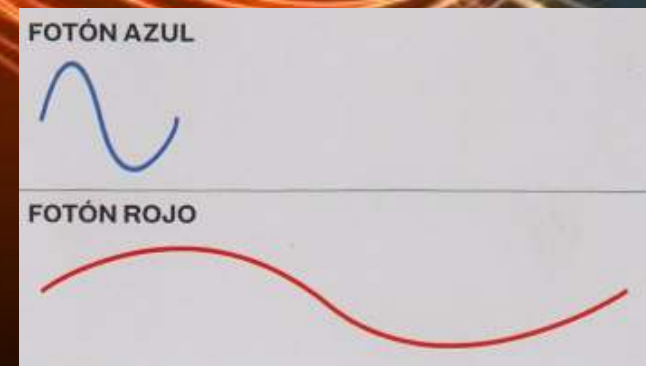
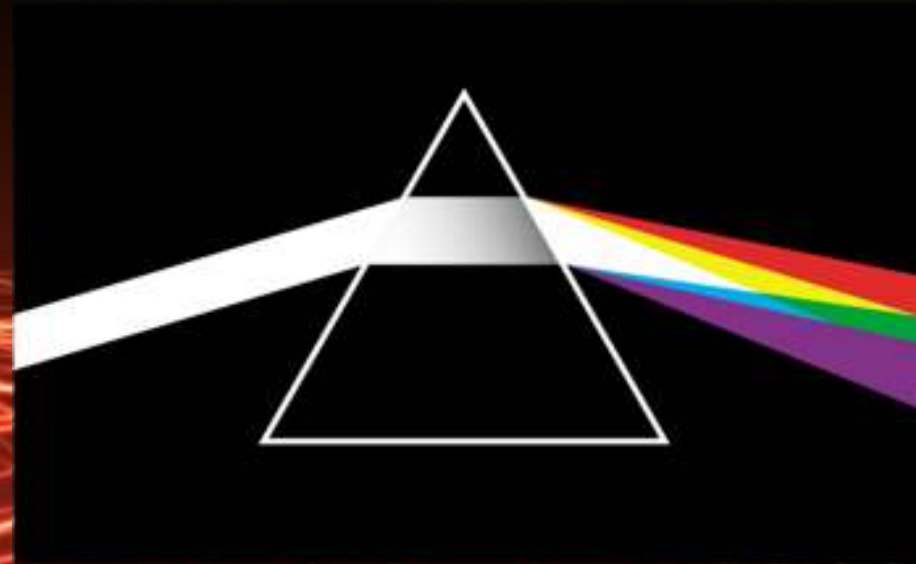
La longitud de onda [λ] que es la distancia que separa dos puntos con el mismo estado de vibración, por ejemplo, dos crestas o dos valles, y se mide en unidades de longitud (nm)

La amplitud [A] es la distancia vertical entre una cresta y el punto medio de la onda

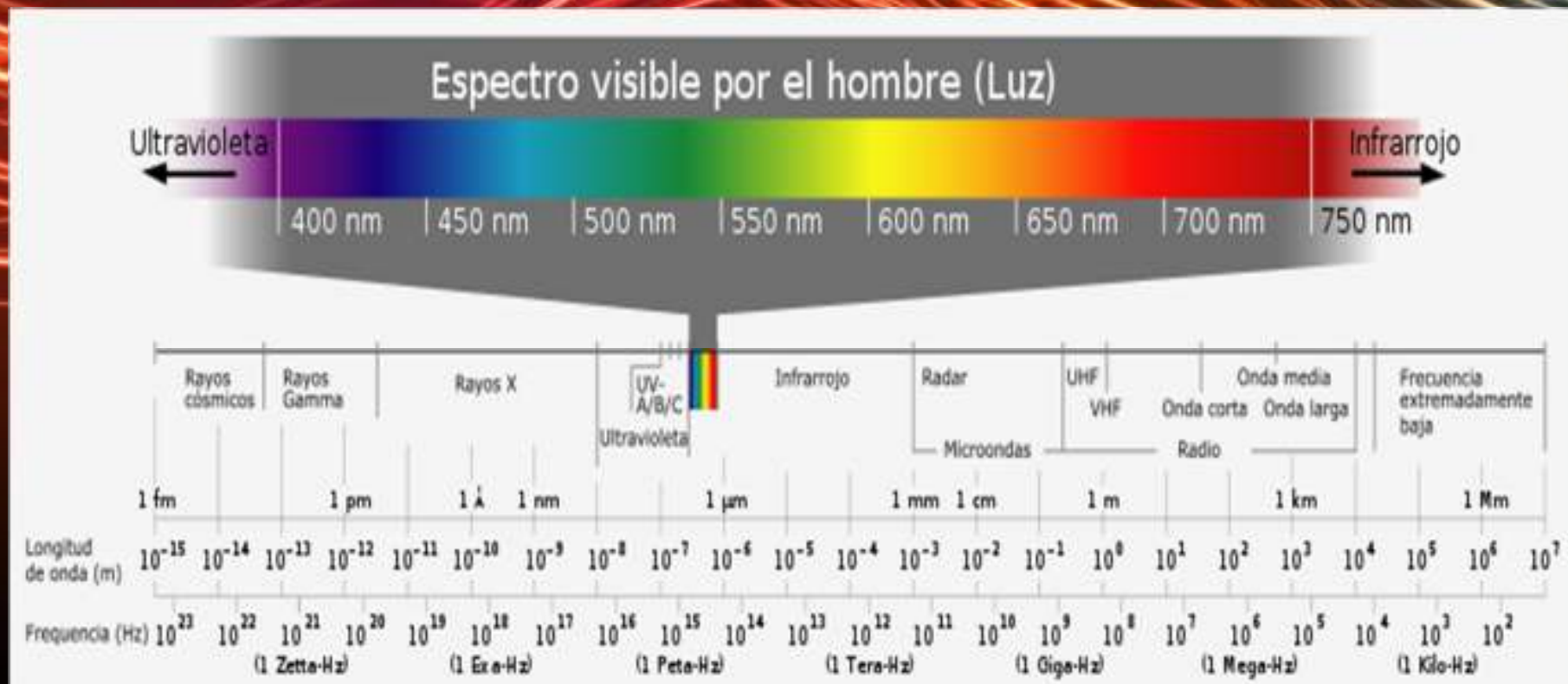


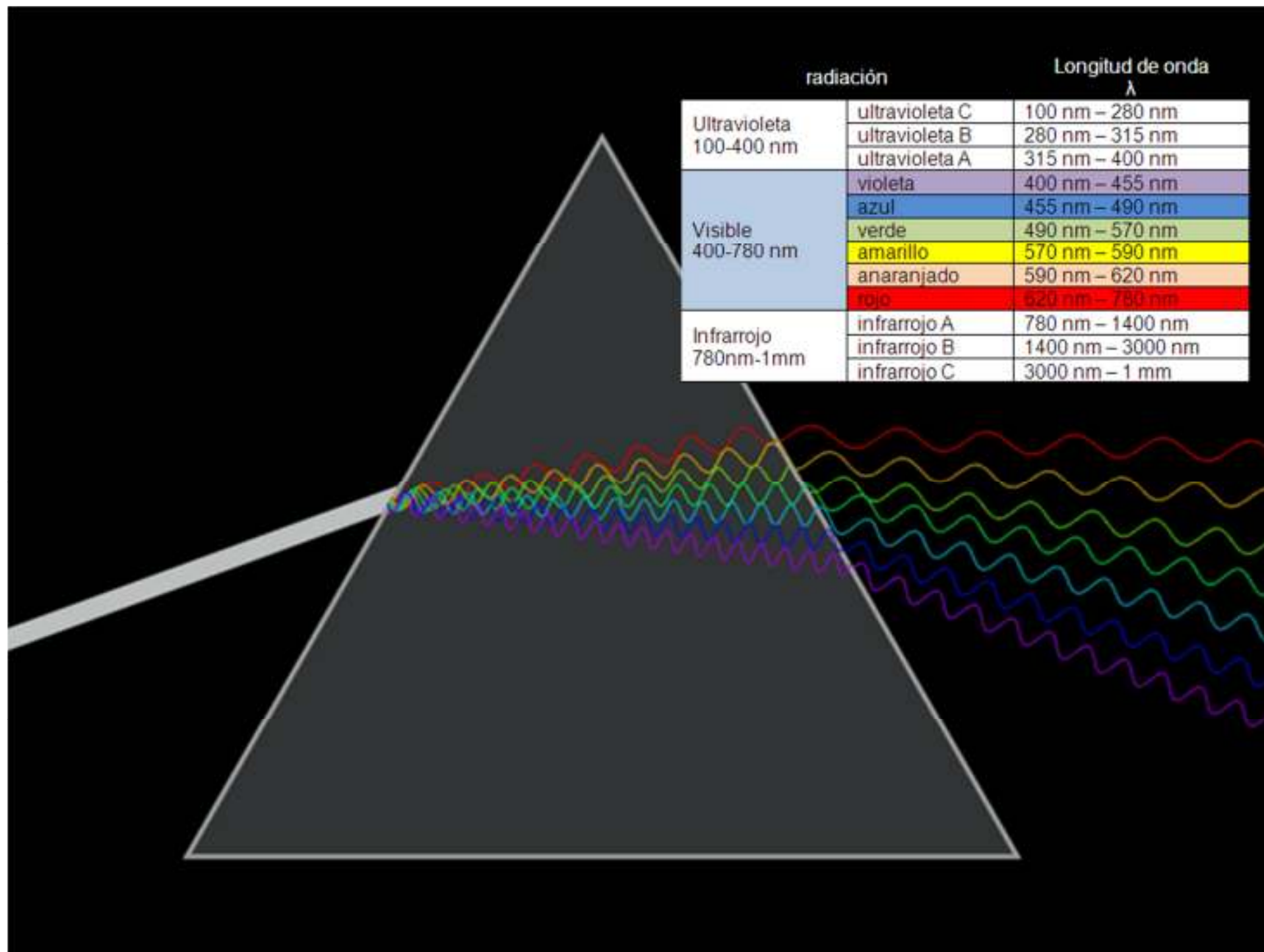
Cuando se hace pasar un rayo de luz blanca a través de un prisma triangular de vidrio se observa que se descompone en un conjunto de colores. Este fenómeno recibe el nombre de **dispersión**. Por tanto, la luz blanca está formada por radiaciones electromagnéticas de varias frecuencias, que forman su espectro electromagnético. La luz blanca formada por varios colores recibe el nombre de

policromática



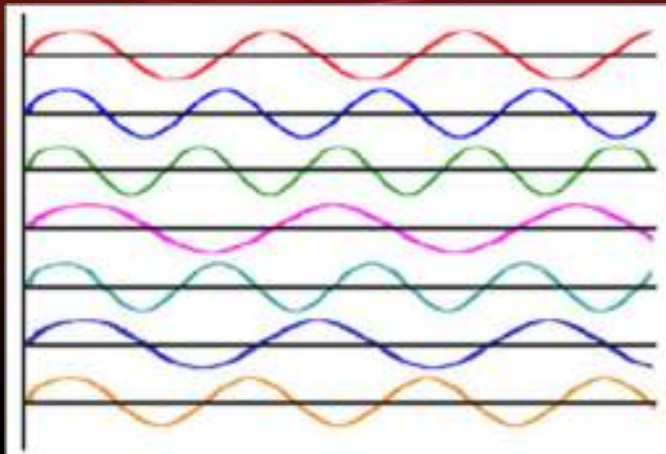
El **espectro electromagnético** se puede organizar de acuerdo con la frecuencia correspondiente de las ondas que lo integran, o de acuerdo con sus longitudes de onda. Hacia un extremo del espectro se agrupan las ondas más largas, como las correspondientes a las ondas de radio, mientras que en el otro extremo se agrupan las ondas más cortas, como las radiaciones gamma y los rayos cósmicos





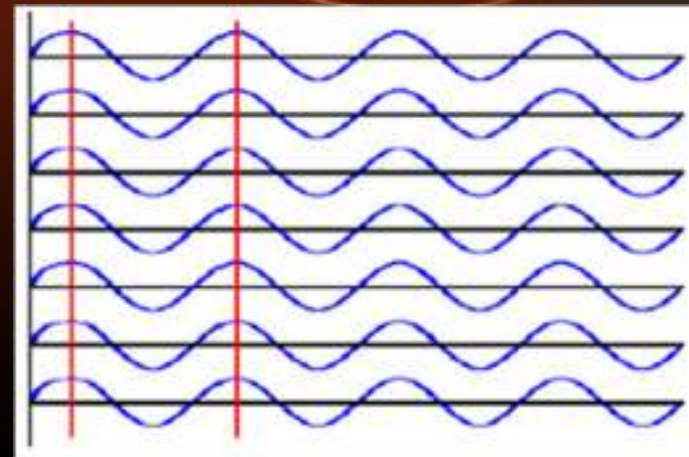
Radiación incoherente:

Cuando tenemos un conjunto de ondas y ninguna de ellas presenta relación con las otras ondas dentro del haz, se dice que esta radiación es incoherente, es decir, carece de orden interno.



Radiación coherente:

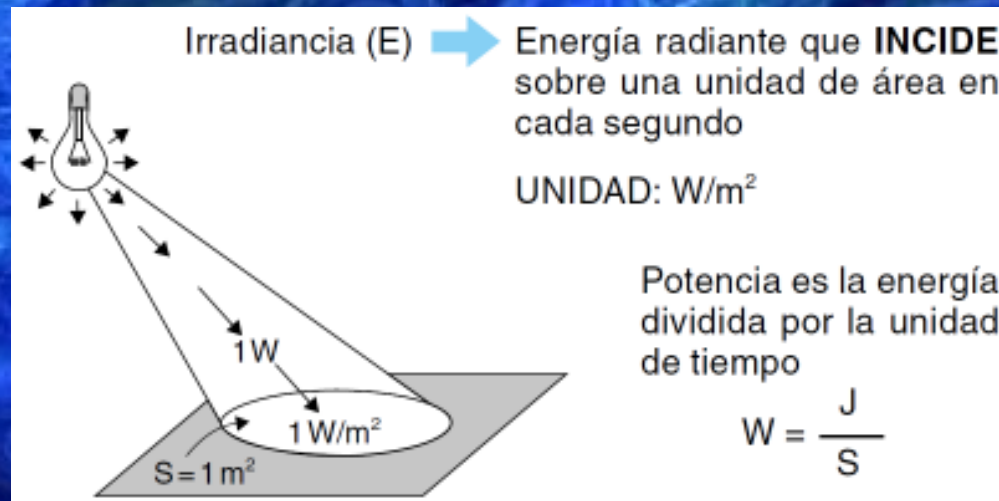
Si todas las ondas que forman un haz se encuentran en fase una con otra en cada punto, tenemos una radiación óptica coherente o un haz láser altamente colimado



Magnitudes radiaciones ópticas

- **Irradiancia o densidad de potencia [E]**

Es la energía que proviene de un foco luminoso y que incide sobre una superficie por unidad de área [W/m^2]



- **Exposición radiante [H]**

Es la cantidad de energía por unidad de superficie que llega a un lugar determinado. Se calcula multiplicando la irradiancia por la duración de la exposición en segundos [J/m^2]

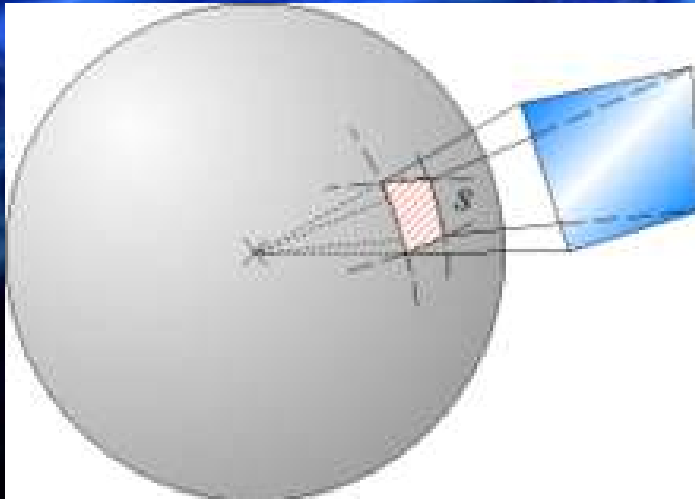
Magnitudes radiaciones óptica

- **Angulo sólido[Ω]**

Es la medida de una porción de espacio limitada por la intersección entre la superficie de una esfera y la superficie de un cono cuyo vértice coincide con el vértice de la esfera, su unidad es el estereoradián [sr]

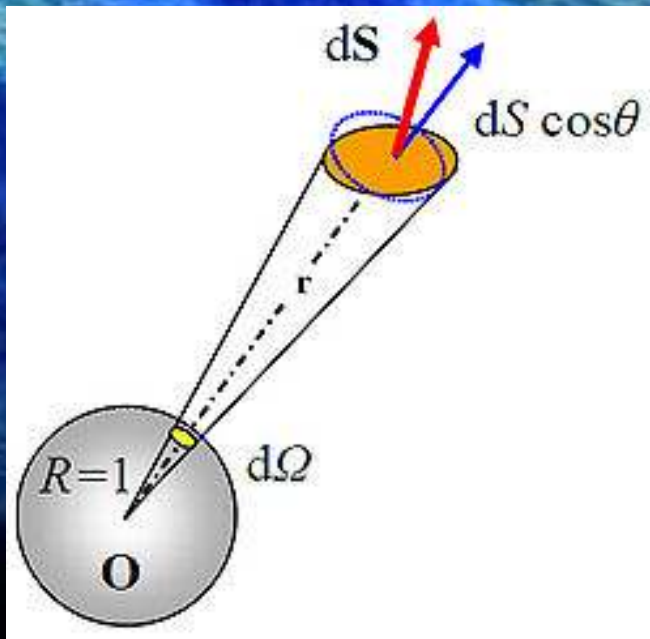
$$\text{Valor máximo } \Omega = \frac{4\pi R^2}{R^2} = 4\pi \text{ sr}$$

$$\Omega = \frac{S}{R^2}$$



- **Ángulo sólido subtendido [Ω]**

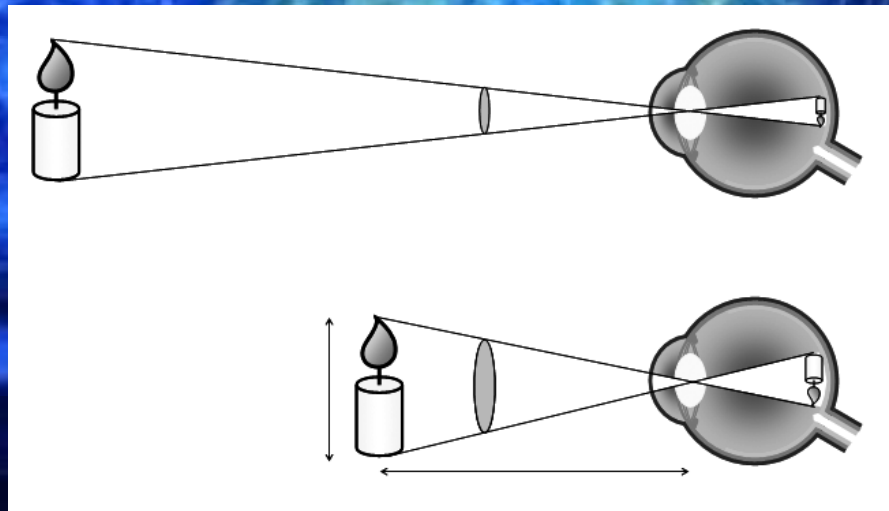
Cuando hablamos de **ángulo sólido subtendido**, estamos hablando del ángulo sólido formado por la fuente luminosa y el ojo del observador o punto de medida (detector radiométrico). El área de la fuente debe tomarse como su proyección sobre un plano perpendicular a la dirección de observación, siendo el ángulo plano que forma la dirección de la radiación con la normal a la superficie de la fuente [θ]



$$\Omega = \frac{\text{Área de la fuente}}{\text{distancia al detector}^2} = \frac{S \cdot \cos \theta}{R^2} \text{ sr}$$

$$\Omega = \frac{S}{R^2}$$

- **Angulo subtendido o visual plano[α]**
Ancho aparente de un objeto visto desde algún lugar (normalmente de donde se hacen las mediciones). Se calcula dividiendo el ancho real del objeto entre la distancia al objeto. Su unidad es el radián[sr]

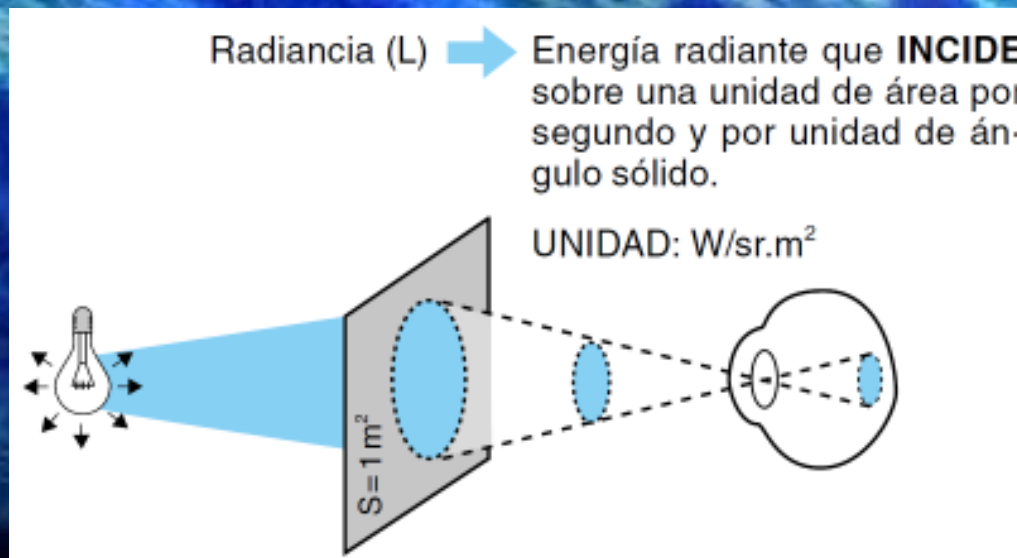


Magnitudes radiaciones ópticas

- **Radiancia [L]**

Es el flujo de energía que llega a un punto por unidad de ángulo sólido y por unidad de área [$\text{W}/\text{m}^2\text{sr}$]

Esta magnitud nos indica el grado de concentración de un rayo de luz sobre la retina del ojo y la podemos calcular dividiendo la irradiancia, en un lugar determinado, entre el ángulo sólido



Magnitudes fotométricas

La fotometría es la ciencia que estudia y mide solamente la porción del espectro a la cual es sensible el ojo humano. Las magnitudes fotométricas son similares a las radiométricas pero modificadas para la sensibilidad a la visión del ojo humano mediante los valores de la curva fotométrica



Magnitudes fotométricas

- Flujo luminoso: es la potencia radiante, modificada por la respuesta del ojo, que incide sobre una superficie. Su unidad es el lumen [lm] análogo al vatio
- Iluminancia: es el análogo a la irradiancia, se expresa en lumen por m² o lux
- Intensidad luminosa: es el análogo a la intensidad radiante corregido por la curva fotométrica. Su unidad es la candela
- Luminancia: análogo en fotometría a la radiancia, es la cantidad de luz visible emitida por una fuente dentro de un ángulo sólido que incide sobre una superficie. Su unidad es la candela/ m²

Luz infrarroja

Infrarrojo 780nm-1mm	infrarrojo A	780 nm – 1400 nm
	infrarrojo B	1400 nm – 3000 nm
	infrarrojo C	3000 nm – 1 mm

- Produce cambios en el estado de vibración de las moléculas
- Su longitud de onda no tiene la suficiente energía como para producir ionización en las moléculas
- Esta radiación está directamente relacionada con la temperatura
- Los efectos que producen en nuestro cuerpo son efectos térmicos, como por ejemplo, quemaduras

Usos luz infrarroja artificial



Luz infrarroja efectos sobre la salud

Infrarrojo A

- Penetran varios milímetros en la piel hasta la epidermis
- No las retiene la córnea ni el cristalino por lo que penetran hasta la retina
- Las retina no puede detectar el infrarrojo A
- Zona 380-1400 nm zona de riesgo para la retina

Infrarrojo B

- Penetra menos de 1 milímetro en la piel
- El humor acuoso absorbe grandes cantidades de radiación hasta 1400 nm, por encima de esa λ son atenuadas por el humor vítreo
- La retina está protegida de esta radiación
- El cristalino no tiene vasos sanguíneos para controlar su temperatura, aparición de cataratas

Infrarrojo C

- Sólo penetran en la capa más externa de la piel, daños térmicos por quemaduras
- El infrarrojo C se absorbe por la córnea, produce quemaduras en la misma

STC

Visible 400-780 nm	violeta	400 nm – 455 nm
	azul	455 nm – 490 nm
	verde	490 nm – 570 nm
	amarillo	570 nm – 590 nm
	anaranjado	590 nm – 620 nm
	rojo	620 nm – 780 nm

- La radiación electromagnética que podemos observar a través de nuestros ojos
- Dependiendo de su longitud de onda abarcan del violeta al rojo

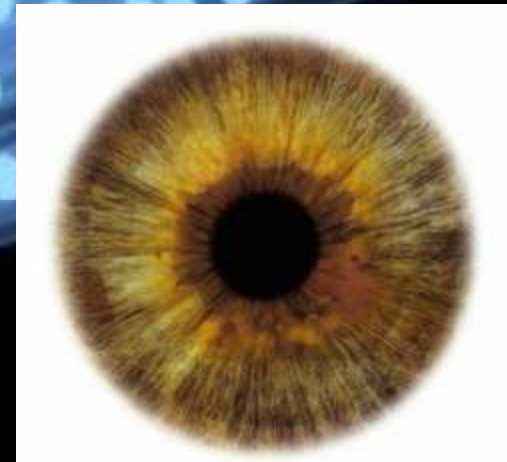
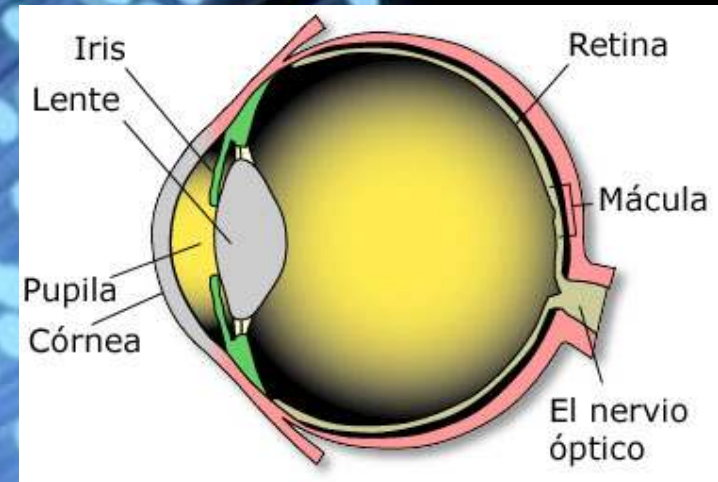
Basic Part I



Luz visible efectos sobre la salud

La luz visible puede provocar un aumento de la temperatura corporal y quemaduras. Además, hasta la retina, la luz visible es algo mayor que la luz infrarroja. Esto puede producir daños en la retina debido a aumentos de la temperatura que desnaturalizan las proteínas.

Podemos tomar medidas naturales de protección como la contracción de la pupila y girar la cabeza rápidamente ante una fuente de luz intensa.

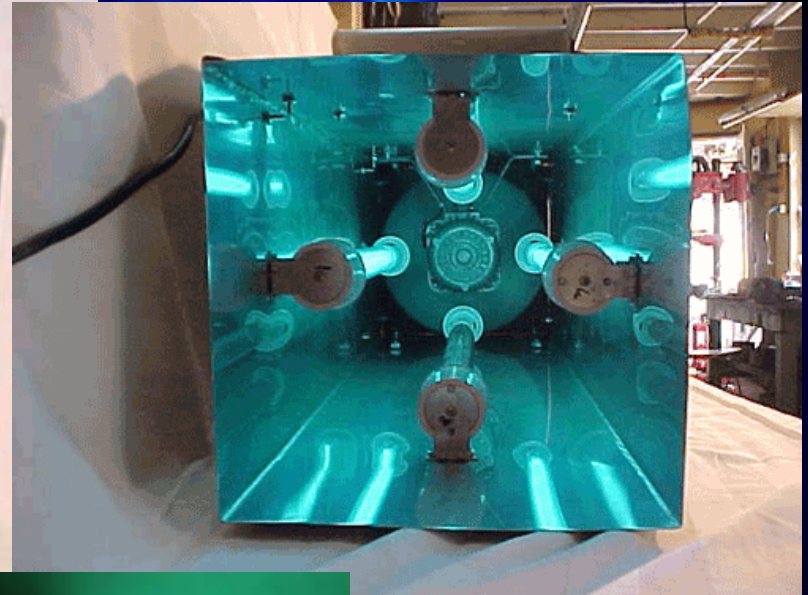
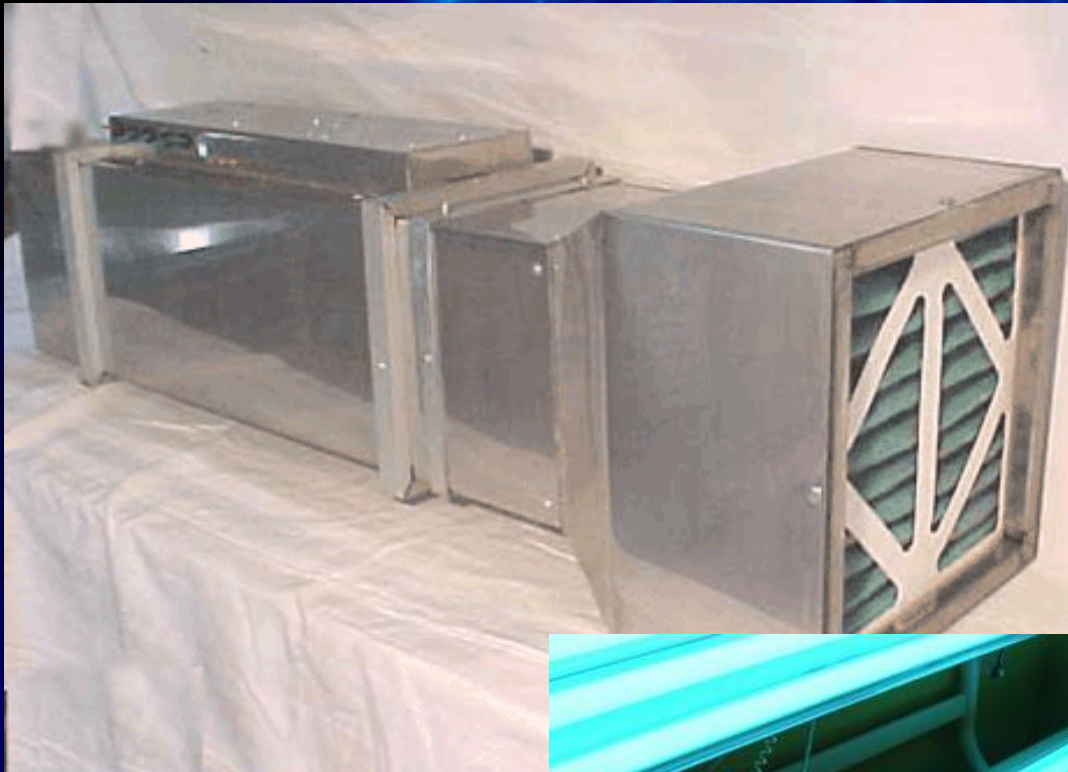


Luz ultravioleta

Ultravioleta 100-400 nm	ultravioleta C	100 nm – 280 nm
	ultravioleta B	280 nm – 315 nm
	ultravioleta A	315 nm – 400 nm

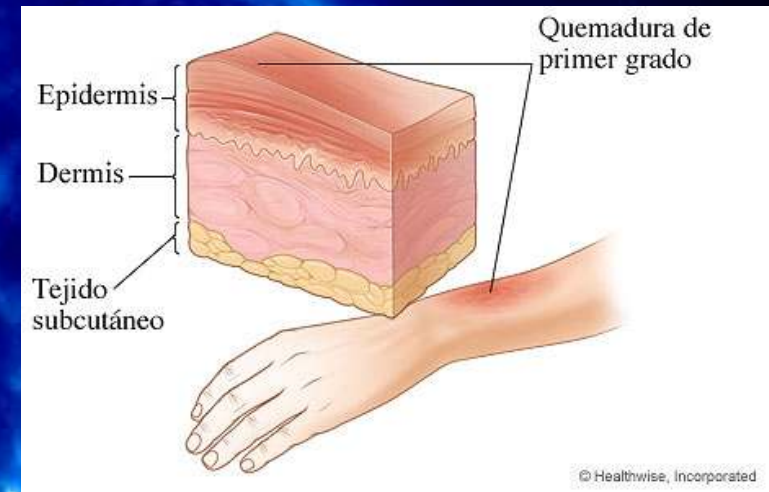
- La luz ultravioleta C es bloqueada a 35 Km de altitud por el ozono en la estratosfera, su poder germicida para eliminar microorganismos es alto
- La luz ultravioleta B es la responsable de las quemaduras del sol y el cáncer de piel, también es retenida por el ozono
- La luz ultravioleta A, también conocida como “luz negra”, llega hasta la superficie terrestre y es la única que posee aplicaciones médicas como el tratamiento de soriasis o vitíligo

Usos de la luz ultravioleta



Luz ultravioleta efectos sobre la salud

- La luz ultravioleta es absorbida principalmente por la epidermis
- Una exposición excesiva produce eritema, enrojecimiento de la piel e inflamación
- La exposición a largo plazo induce la aparición de cáncer de piel, en partes muy expuestas como rostro y manos, principalmente en personas de piel blanca
- En los ojos, los RUV se absorben en la córnea (UVC-UVB) y cristalino (UVA), originan fotoconjuntivitis y cataratas

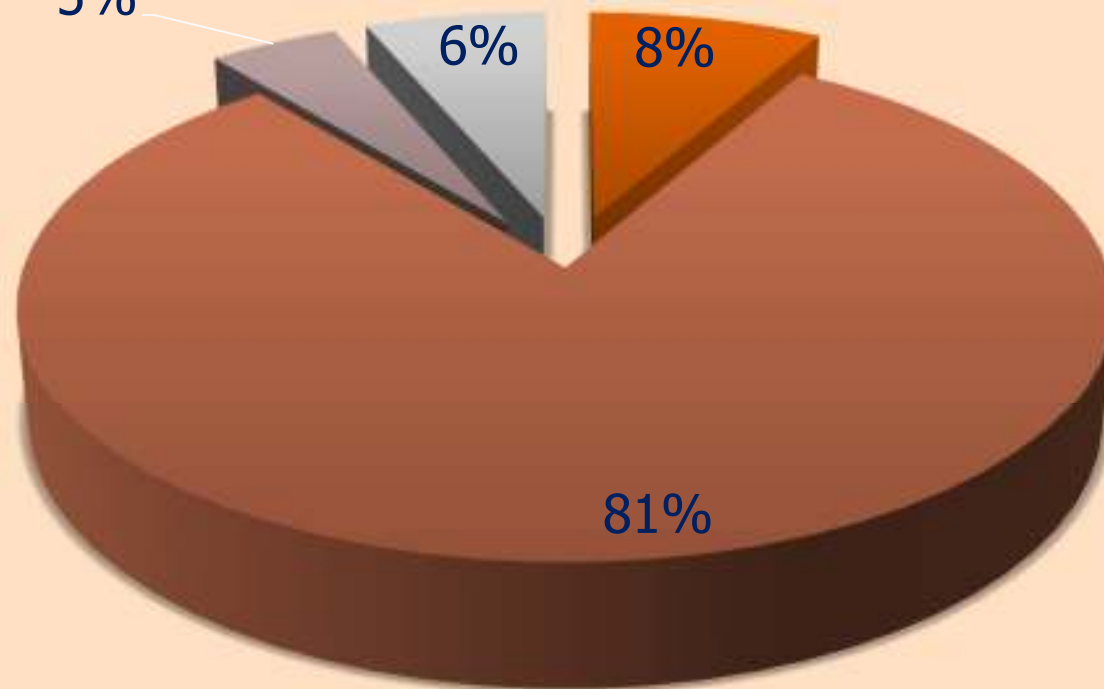


Siniestralidad laboral por radiaciones ópticas

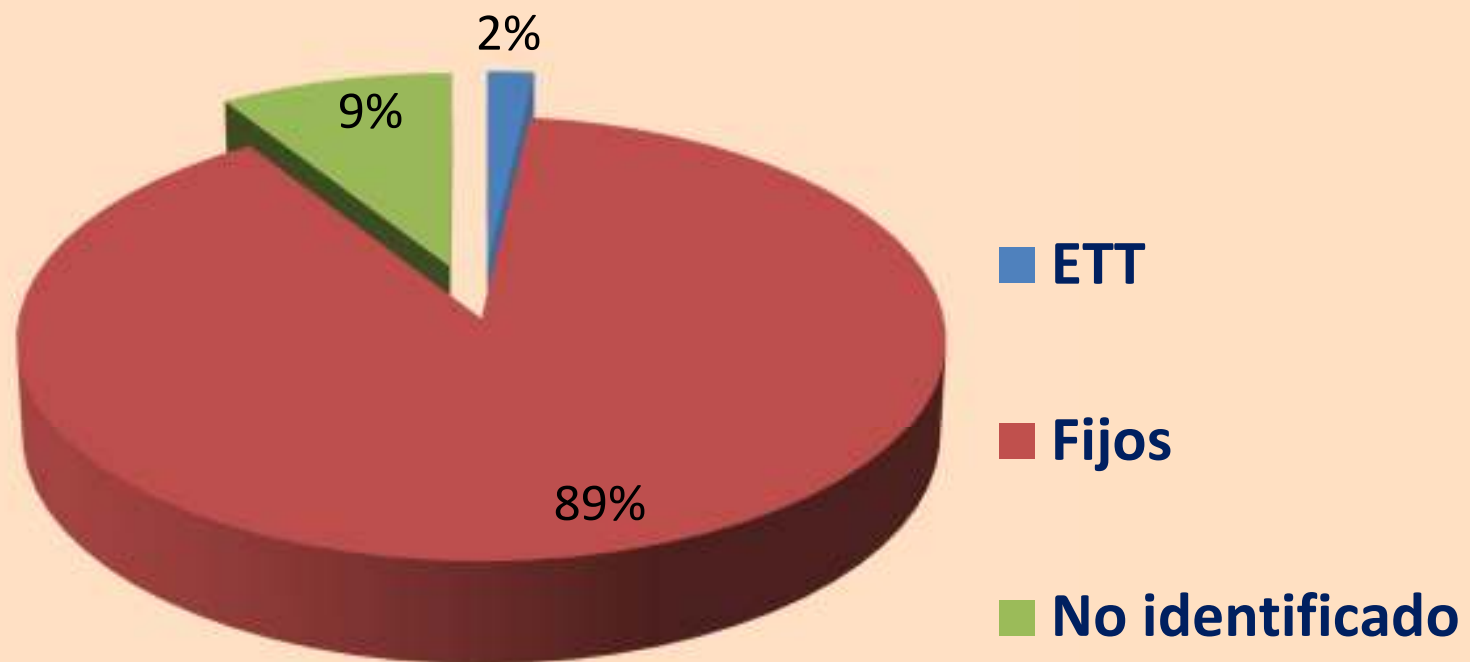
- **Accidentes de tipo leve**
- **Principalmente sector construcción y reparación naval**
- **Los accidentados son hombres y muy pocas mujeres**
- **Las principales lesiones son en los ojos debido a procesos de soldadura y sobre todo de tipo indirecta, al recibir la radiación la persona que no suelda**
- **Los trabajadores accidentados estaban en nómina, muy pocos eran de ETT**

Siniestralidad laboral por radiaciones ópticas

■ **A Coruña** ■ **Pontevedra**
■ **Lugo** ■ **Ourense**

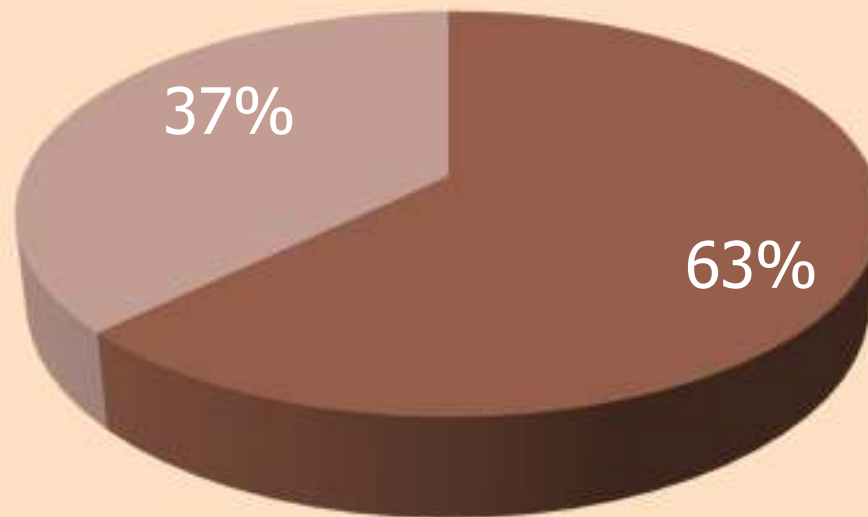


Siniestralidad laboral por radiaciones ópticas



Siniestralidad laboral por radiaciones ópticas

■ Mañana 4:00-14:00 ■ Tarde 15:00-22:00



ICNIRP



- ICNIRP es la Comisión Internacional de Protección contra las Radiaciones No Ionizantes
- Es un órgano de expertos científicos independientes formados por 14 miembros, 4 Comités Permanentes científicos sobre epidemiología, biología, dosimetría y radiación óptica.
- ICNIRP se dedica a la información y el asesoramiento cubre todas las radiaciones no ionizantes, incluyendo, las radiaciones ópticas (ultravioleta, visible e infrarrojo - y láseres), campos eléctricos y magnéticos estáticos y variables en el tiempo y de radiofrecuencia (incluyendo microondas), y el ultrasonido

ICNIRP



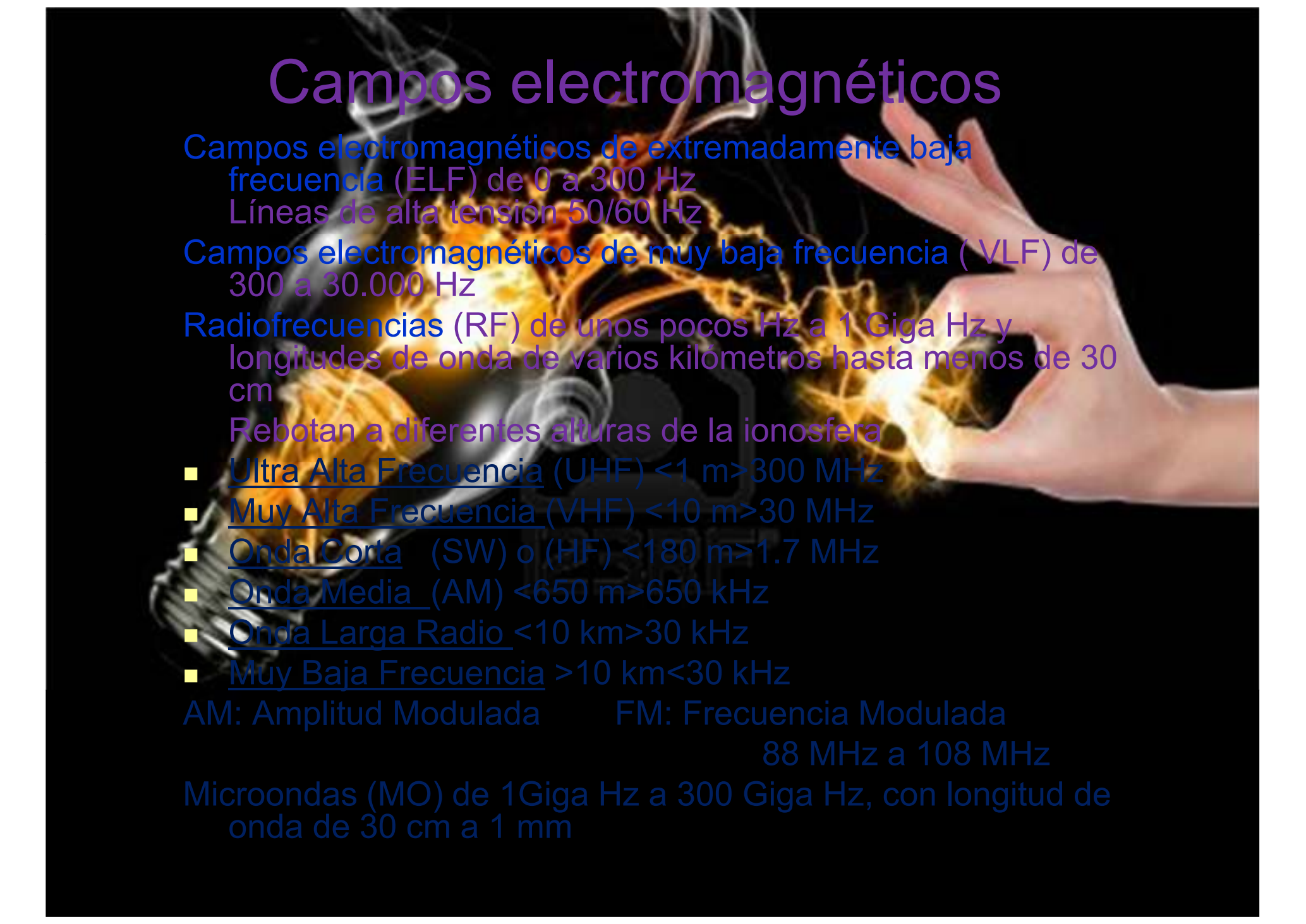
- Se creó a partir del IRPA Asociación Internacional de Protección Radiológica
- ICNIRP también publica una serie de publicaciones científicas en colaboración con la OMS y la OIT. La mayoría de sus publicaciones son gratuitas y se pueden descargar de su página web:
<http://www.icnirp.de>
- De aquí se han obtenido los valores límites de exposición a radiaciones incoherentes y láser

Radiaciones ionizantes



- **Real decreto 413/1997, de 21 de marzo, sobre protección operacional de los trabajadores externos con riesgo de exposición a radiaciones ionizantes por intervención en zona controlada. BOE de 16 de abril de 1997**
- **Real decreto 783/2001, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes. BOE núm. 178, de 26 de julio.**

Campos electromagnéticos



Campos electromagnéticos de extremadamente baja frecuencia (ELF) de 0 a 300 Hz
Líneas de alta tensión 50/60 Hz

Campos electromagnéticos de muy baja frecuencia (VLF) de 300 a 30.000 Hz

Radiofrecuencias (RF) de unos pocos Hz a 1 Giga Hz y longitudes de onda de varios kilómetros hasta menos de 30 cm

Rebotan a diferentes alturas de la ionosfera

- Ultra Alta Frecuencia (UHF) <1 m>300 MHz
- Muy Alta Frecuencia (VHF) <10 m>30 MHz
- Onda Corta (SW) o (HF) <180 m>1.7 MHz
- Onda Media (AM) <650 m>650 kHz
- Onda Larga Radio <10 km>30 kHz
- Muy Baja Frecuencia >10 km<30 kHz

AM: Amplitud Modulada

FM: Frecuencia Modulada

88 MHz a 108 MHz

Microondas (MO) de 1Giga Hz a 300 Giga Hz, con longitud de onda de 30 cm a 1 mm

Campos electromagnéticos



- **Real decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas. BOE núm. 234 de 29 de septiembre.**

Radiaciones ópticas

- Real Decreto 1002/2002, de 27 de septiembre, por el que se regula la venta y utilización de aparatos de bronceado mediante radiaciones ultravioletas. BOE núm. 243 de 10 de octubre
- Directiva 2006/25/CE sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a riesgos derivados de los agentes físicos (radiaciones ópticas artificiales)
- *Real Decreto 486/2010, de 23 de abril, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a radiaciones ópticas artificiales*