



UNIDAD N°: 1

RADIOPROPAGACIÓN



TEMARIO

Semana 1:

- Introducción.
- Modos de propagación en el espacio libre y en función de la frecuencia.
- Unidades, definiciones y servicios de telecomunicaciones.
- Designación de las bandas del espacio radioeléctrico

Actividades de aprendizaje:

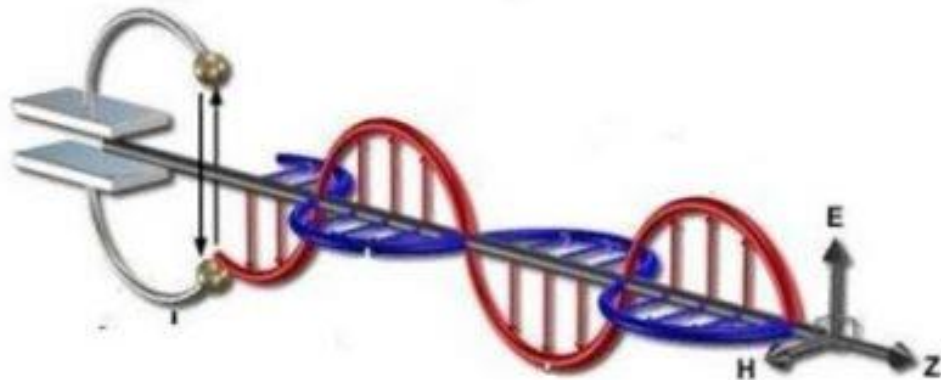
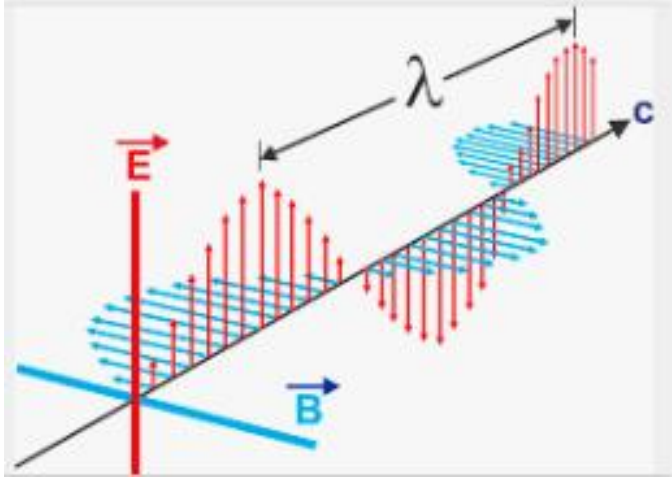
- Exposición participativa.
- Definición del proyecto: Define marco problemático y planteamiento del problema.



ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS

- Una onda electromagnética es producida por la existencia de un campo eléctrico y otro magnético perpendiculares entre si y variables en el tiempo. Las ondas electromagnéticas se desplazan a la velocidad de la luz ($3 \cdot 10^8$ m/s), en la dirección perpendicular al plano formado por ambos campos.
- Un campo es una región del espacio en la que se manifiesta la acción de determinadas fuerzas: eléctricas, en un campo eléctrico, y magnéticas, en uno magnético.

CONCEPTOS

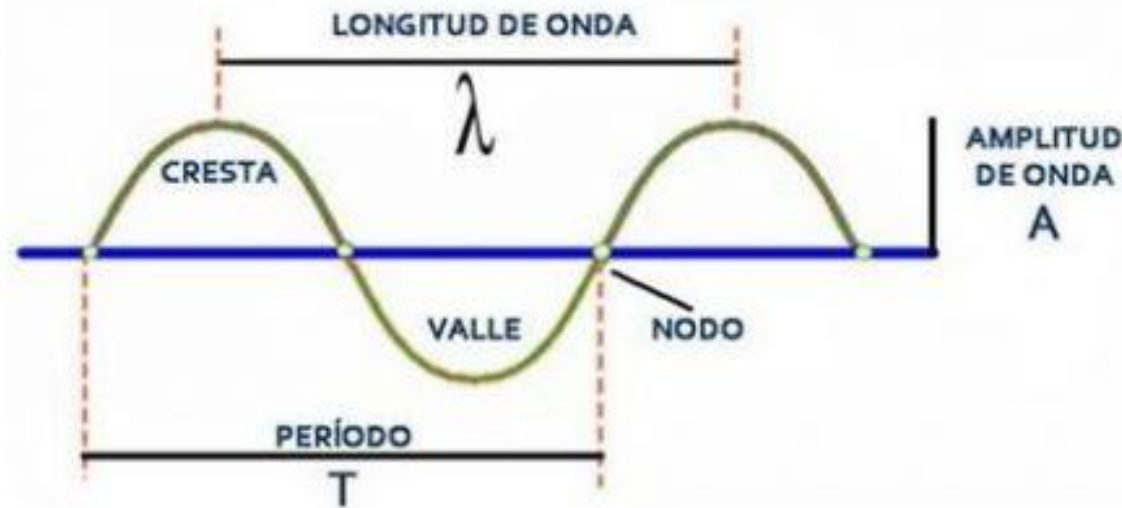


- Como se puede apreciar en la Figura los campos E (Eléctrico) y H (Magnético) son perpendiculares entre sí y a su vez, ambos, son perpendiculares a la dirección de propagación Z de la OEM.
- A la hora de poder estudiar cualquier onda electromagnética (OEM) se hace necesario tener en cuenta los elementos que le dan forma. Entre estos se encuentran los siguientes:

CONCEPTOS



- Los campos eléctrico y magnético se anulan en ciertos momentos y son máximos en otros; cuando una onda se propaga por el espacio, los campos eléctrico y magnético se desplazan en el sentido del eje z , formando un plano que se denomina **frente de ondas**.
- Ahora se hace necesario tener en cuenta los elementos que le dan forma a la OEM.



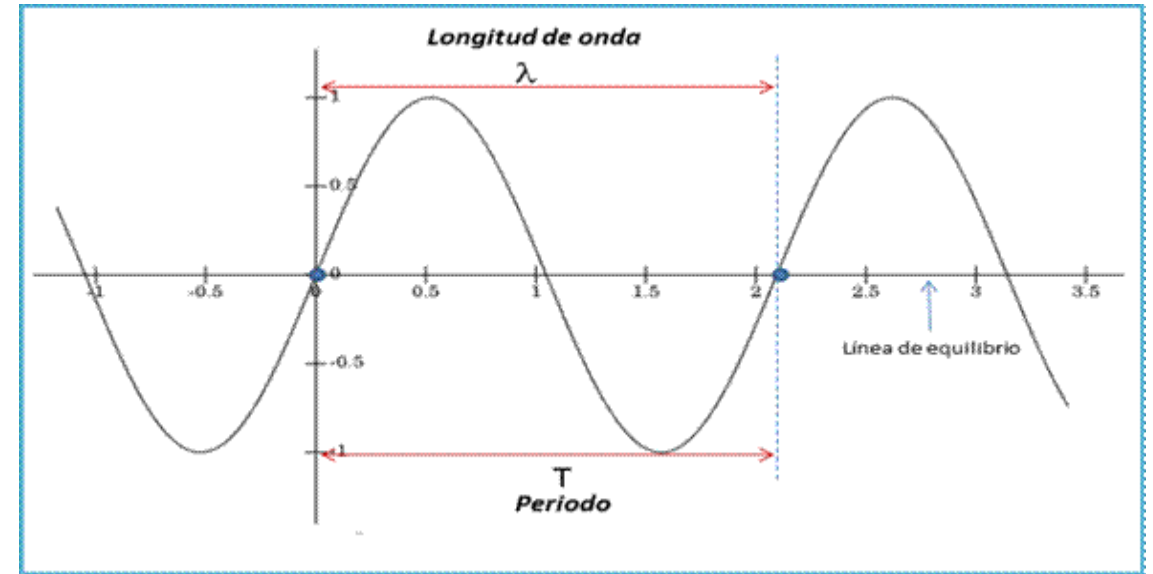
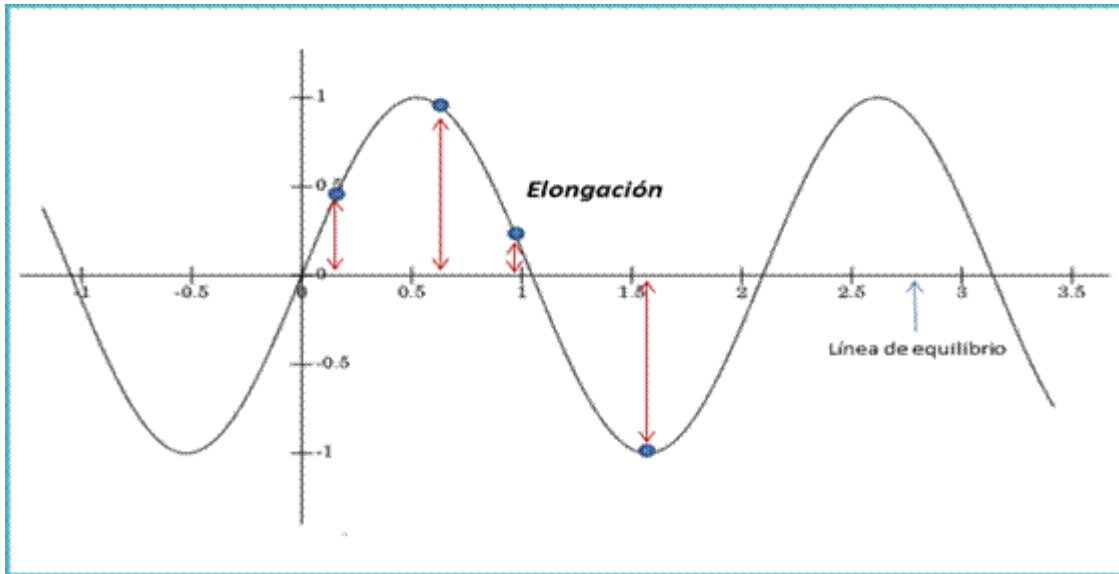
Esquema representación de OEM. Fuente: www.radiofrecuenciaclh.net

CONCEPTOS



- **Cresta:** es la parte más elevada de una onda.
- **Valle:** es la parte más baja de una onda.
- **Elongación:** es el desplazamiento entre la posición de equilibrio y la posición en un instante determinado.
- **Amplitud:** es la máxima elongación, es decir, el desplazamiento desde el punto de equilibrio hasta la cresta o el valle.
- **Longitud de onda (λ):** es la distancia comprendida entre dos crestas o dos valles. En el Sistema internacional se mide en metros (m).
- **Onda completa:** cuando ha pasado por todas las elongaciones positivas y negativas.
- **Período (T):** el tiempo transcurrido para que se realice una onda completa. Se mide en segundos (seg).
- **Frecuencia (F):** es el número de ondas que se suceden en la unidad de tiempo. Se mide en Hertzios (Hz).

CONCEPTOS

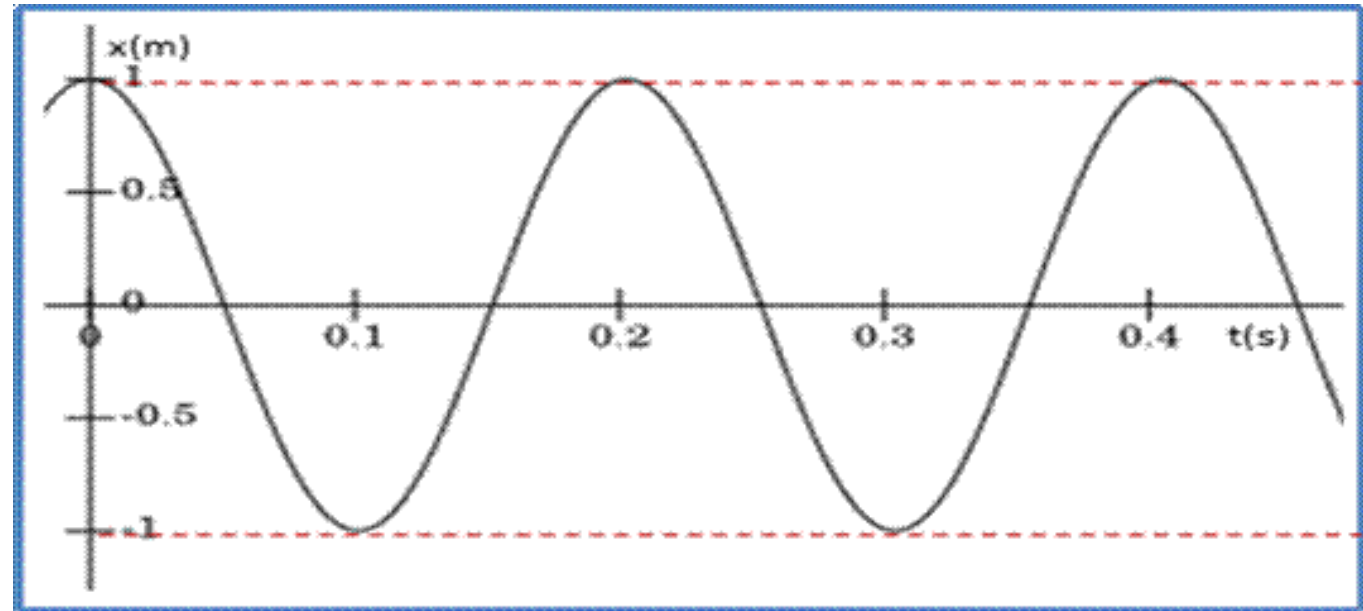


CONCEPTOS



Ejemplo: A partir de la onda representada, que se propaga a 25 m/seg, calcular:

- a) Amplitud
- b) Longitud de onda
- c) Periodo
- d) Frecuencia





Solución:

- La amplitud es la distancia desde la cresta hasta la línea de equilibrio: sería 1m.
- El periodo es el tiempo empleado por la onda en completar una oscilación completa: 0,2 seg.
- La longitud de onda será: $\lambda = v \cdot T = 25 \text{ m/seg} \cdot 0,2 \text{ seg} = 5 \text{ m}$
- La frecuencia es la inversa del periodo: $f = 1/T = 1/(0,2 \text{ seg}) = 5 \text{ Hz}$

CONCEPTOS



MEDIOS DONDE SE PROPAGAN

Las ondas electromagnéticas se propagan tanto en el vacío como en algún medio material, a diferencia de las ondas mecánicas que requieren de un medio.

RELACIÓN ENTRE VELOCIDAD, LONGITUD DE ONDA Y FRECUENCIA

La relación entre la velocidad “ c ”, la longitud de onda “ λ ” y la frecuencia “ f ” de las ondas electromagnéticas en el vacío es $c = \lambda \cdot f$.

RELACIÓN ENTRE CAMPO ELÉCTRICO Y MAGNÉTICO

Las magnitudes de los campos eléctrico y magnético están relacionadas mediante $E = cB$.



VELOCIDAD EN UN MEDIO DADO

En un medio dado, es posible demostrar que la velocidad de las ondas electromagnéticas viene dada por la expresión:

$$v = \frac{1}{\sqrt{\mu\epsilon}}$$

En la cual “ ϵ ” es la permitividad y la “ μ ” es la permeabilidad respectiva del medio en análisis.

CANTIDAD DE MOVIMIENTO

Una radiación electromagnética con energía U tiene asociada una cantidad de movimiento p cuya magnitud es: $p = U/c$.

CONCEPTOS



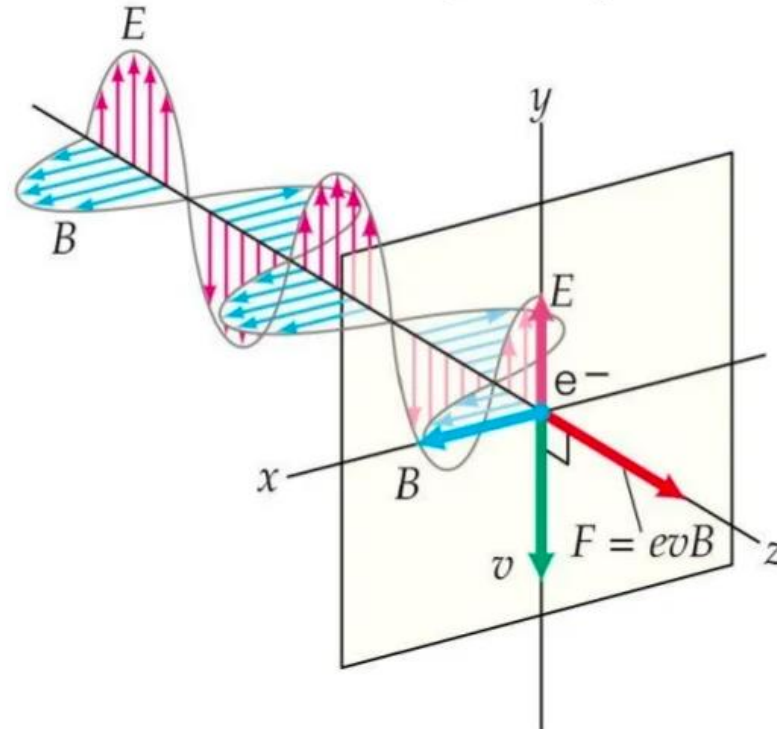
CANTIDAD DE MOVIMIENTO

Una onda electromagnética transporta una energía U a una superficie en un tiempo t . Si la superficie absorbe toda la energía incidente U en ese tiempo t , entonces: $p=U/c$

la onda transporta un momento lineal que está relacionado con su energía del siguiente modo:

$$p = mc$$

$$U = mc^2 = mcc$$



$$p = \frac{U}{c}$$

(absorción completa)

**Momento entregado a una
superficie absorbente
perfecta: CUERPO NEGRO**

TIPOS DE ONDAS ELECTROMAGNETICAS



Las ondas electromagnéticas poseen un muy amplio rango de longitudes de onda y de frecuencias. Se agrupan en lo que se conoce como el espectro electromagnético, al cual se ha dividido en regiones, las cuales se nombran a continuación, comenzando por las mayores longitudes de onda:

Ondas de radio

Localizadas en el extremo de mayor longitud de onda y menor frecuencia, oscilan entre unos cuantos hasta mil millones de Hertz. Son las que se utilizan para transmitir una señal con información de diversa índole y son captadas por las antenas. La televisión, radio, móviles, planetas, estrellas y demás cuerpos celestes las emiten y pueden ser capturadas.

TIPOS DE ONDAS ELECTROMAGNETICAS



Microondas

Ubicadas en las frecuencias ultra altas (UHF), súper altas (SHF) y extremadamente altas (EHF), oscilan entre 1 GHz y 300 GHz. A diferencia de las anteriores que pueden medir hasta una milla (1,6 km), las microondas van desde pocos centímetros a 33 cm.

Dada su posición en el espectro, entre 100.000 y 400.000 nm, son utilizadas para transmitir datos en frecuencias que no son interferidas por las ondas de radio. Por esta razón, se aplican en tecnología de radares, teléfonos celulares, hornos de cocina y soluciones informáticas.



Rayos infrarrojos

Estas ondas de calor son emitidas por cuerpos térmicos, algunos tipos de láser y diodos que emiten luz. Aunque suelen solaparse con las ondas de radio y las microondas, su rango está entre 0,7 y 100 micrómetros.

Las entidades con mayor frecuencia producen calor que puede ser detectado por visores nocturnos y la piel. A menudo son usados para mandos a distancia y sistemas especiales de comunicación.



Luz visible

En la división referencial del espectro encontramos la luz perceptible, que tiene una longitud de onda entre 0,4 y 0,8 micrómetros. Lo que distinguimos son los colores del arco iris, donde la frecuencia más baja se caracteriza por el color rojo y la más alta por el violeta. Sus valores de longitud se miden en nanómetros y Angstrom, representa una pequeñísima parte de todo el espectro y este rango incluye la mayor cantidad de radiación emitida por el [sol](#) y las estrellas.

Nuestra percepción de las cosas se basa en una radiación visible que incide sobre un objeto y luego en los ojos. Seguidamente el cerebro interpreta las frecuencias que dan lugar al color y los detalles presentes en las cosas.



Rayos ultravioleta

Estas ondulaciones se encuentran en el intervalo de 4 y 400 nm, son generadas por el sol y otros procesos que emiten grandes cantidades de calor. La exposición prolongada a estas ondas cortas puede causar quemaduras y ciertos tipos de cáncer en los seres vivos.

Dado que son producto de saltos de electrones en moléculas y átomos excitados, su energía interviene en las reacciones químicas y se utilizan en la medicina para esterilizar. Son responsables por la ionosfera ya que la capa de ozono evita sus efectos dañinos sobre la tierra.



Rayos X

Esta designación se debe a que son ondas electromagnéticas invisibles capaces de atravesar cuerpos opacos y producir impresiones fotográficas. Ubicadas entre los 10 y 0,01 nm (30 a 30.000 PHz), son el resultado de electrones que saltan de órbitas en átomos pesados.

Estos rayos pueden ser emitidos por la corona del sol, pulsares, supernovas y agujeros negros debido a su gran cantidad de energía. Su exposición prolongada provoca cáncer y son usados en el campo de la medicina para obtener imágenes de estructuras óseas.



Rayos gamma

Ubicadas en el extremo izquierdo del espectro, son las ondas que tienen mayor frecuencia y suelen producirse en agujeros negros, supernovas, pulsares y estrellas de neutrones. También pueden ser consecuencia de la fisión, explosiones nucleares y relámpagos. Puesto que son generados por procesos de estabilización en el núcleo atómico luego de emisiones radiactivas, resultan letales. Su longitud de onda es subatómica, lo que les permite atravesar átomos. Aun así son absorbidos por la [atmósfera](#) terrestre.

PROPIEDADES ÓPTICAS



PROPIEDADES ÓPTICAS DE UNA ONDA ELECTROMAGNÉTICA

Una onda electromagnética se propaga en línea recta en el seno de un medio homogéneo; su velocidad de propagación en el vacío es de $3 \cdot 10^8$ m/s, por tanto en un medio cualquiera diferente que tenga un índice de refracción “ n ” se propagará a la velocidad de:

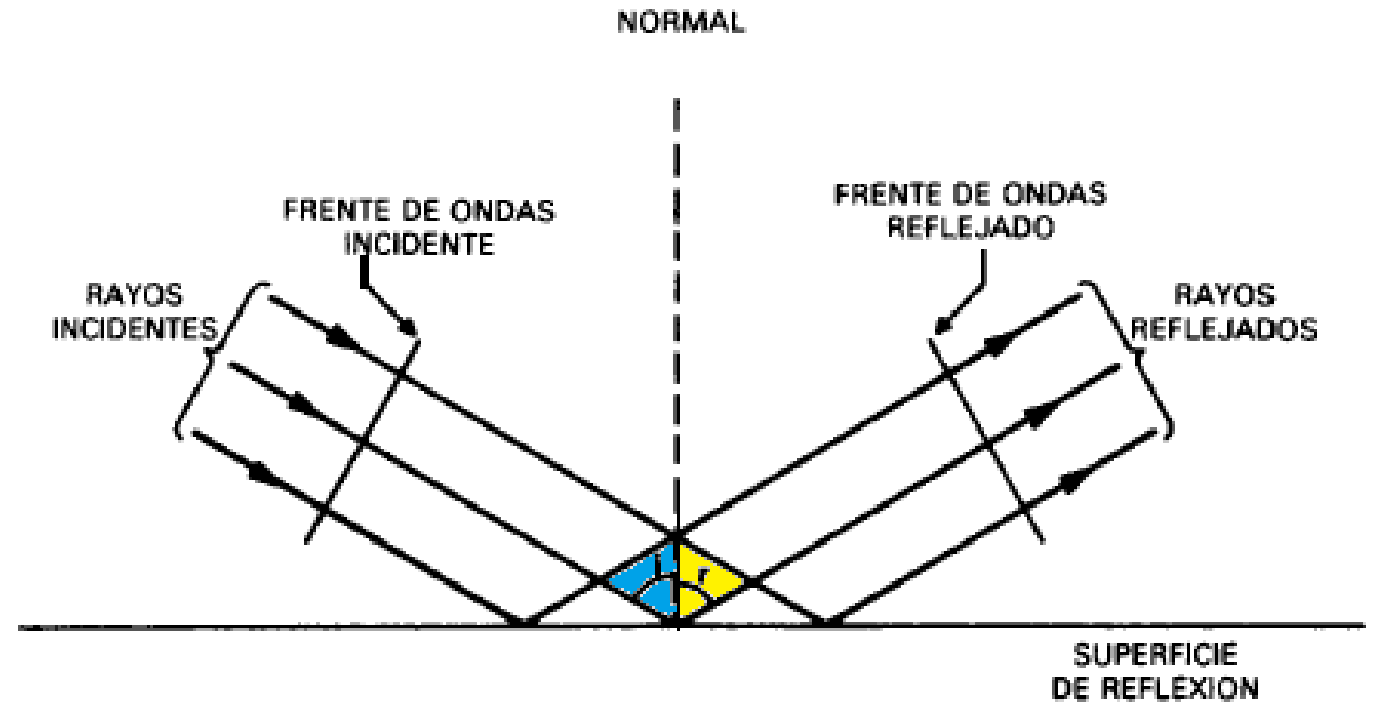
$$v \text{ (m/s)} = c/n$$

En la atmósfera terrestre “ n ” es muy próximo a la unidad y podemos afirmar que la velocidad de propagación de una onda es constante e igual a “ c ”.

PROPIEDADES ÓPTICAS



La propagación de una onda electromagnética puede verse sometida a efectos de reflexión, refracción y difracción, cumpliendo en estos casos las leyes generales de la óptica. Existe reflexión cuando una onda incide sobre una superficie metálica, el suelo o cualquier tipo de obstáculo.



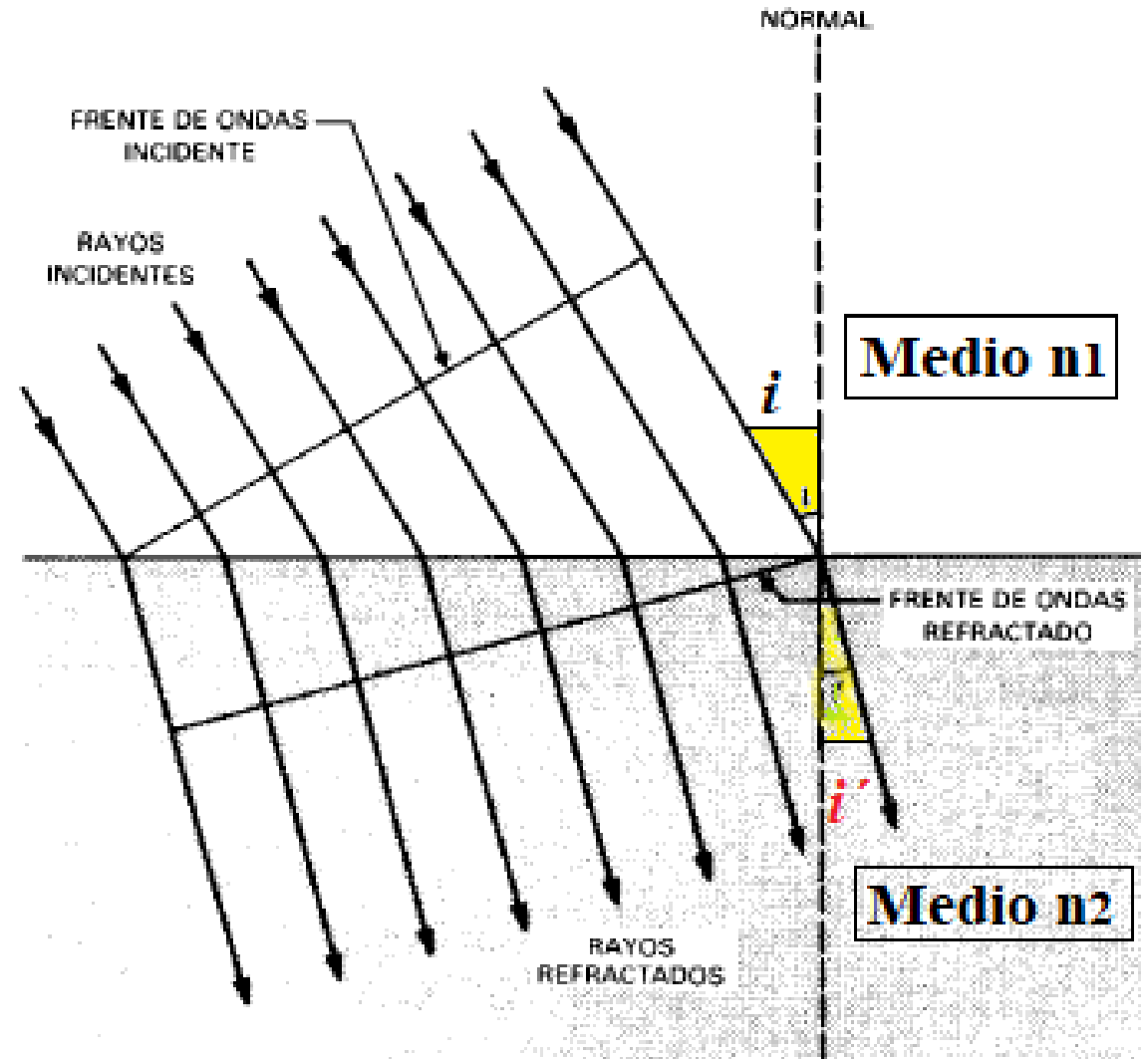
PROPIEDADES ÓPTICAS



Existirá refracción cuando la onda pase de un medio a otro que tenga un índice de refracción de valor parecido al primero.

Así, la onda electromagnética se refractará cuando ésta pase del aire al agua o atraviese diferentes capas atmosféricas que tengan distinto grado de humedad.

La energía de la onda refractada será menor que la de la incidente.



PROPIEDADES ÓPTICAS



La ley de Snell rige los fenómenos de refracción. Esta establece que la relación entre los senos de los ángulos de incidencia y refracción es igual a la relación inversa de los índices de refracción de ambos medios.

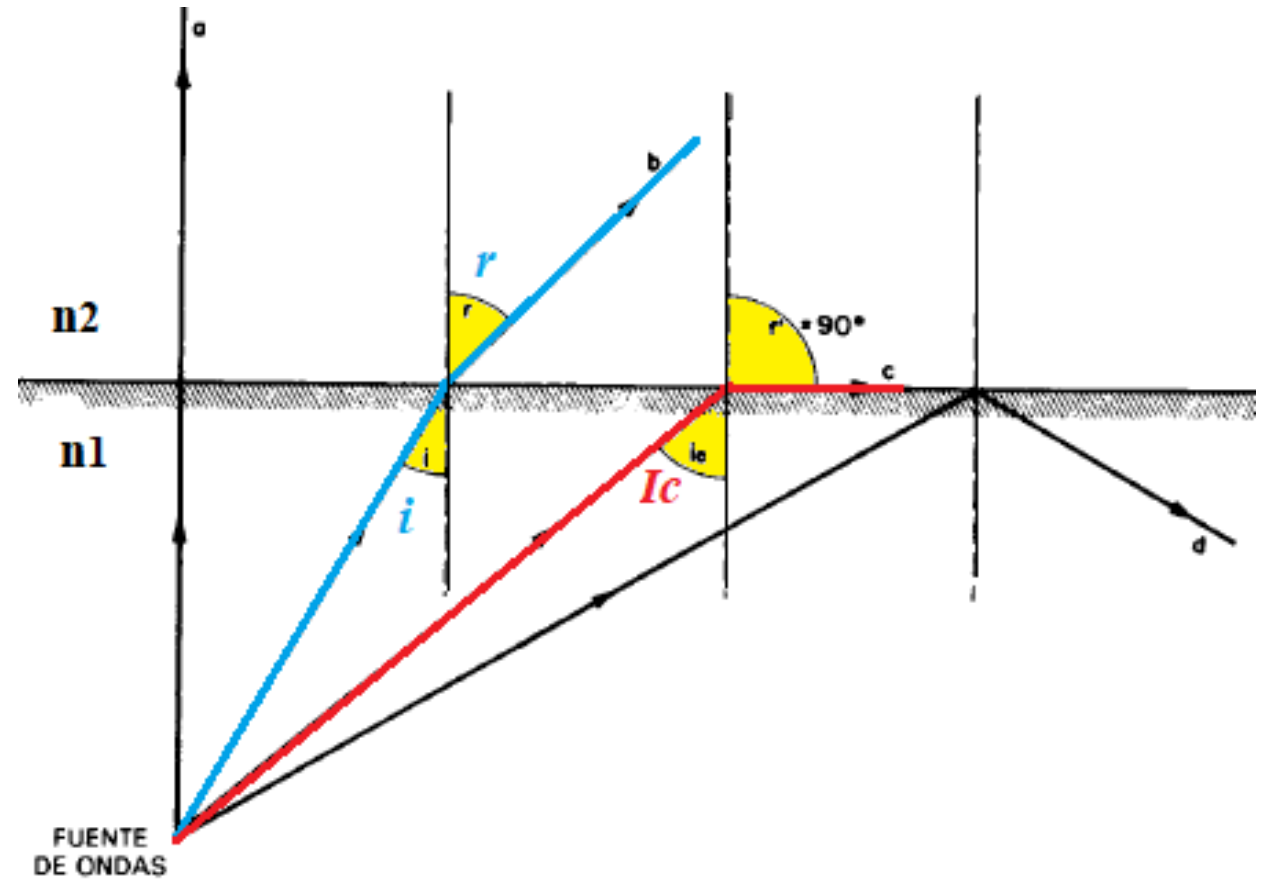
$$\frac{\sin(i)}{\sin(i')} = \frac{n_2}{n_1}$$

Por lo tanto, el ángulo de refracción es inferior al de incidencia cuando se pasa de un medio con un índice de refracción menor a otro de índice mayor. Por ejemplo, cuando una onda procedente del aire ($n = 1$) penetra en el agua ($n = 1,33$)

PROPIEDADES ÓPTICAS



Cuando n_1 es mayor que n_2 , el ángulo de refracción es superior al de incidencia, por tanto, existirá un ángulo límite de incidencia, para el cual la refracción será paralela a la superficie de separación de ambos medios. Cuando el ángulo de incidencia sea mayor que este ángulo límite, ya no existirá el fenómeno de refracción, sino que tendremos una reflexión total.



PROPIEDADES ÓPTICAS



Por ejemplo, para el caso de una onda incidente pasa del agua al aire, el valor del ángulo límite será:

$$\frac{\text{sen } i_c}{\text{sen } 90} = \frac{1}{1,33} = 0,75$$

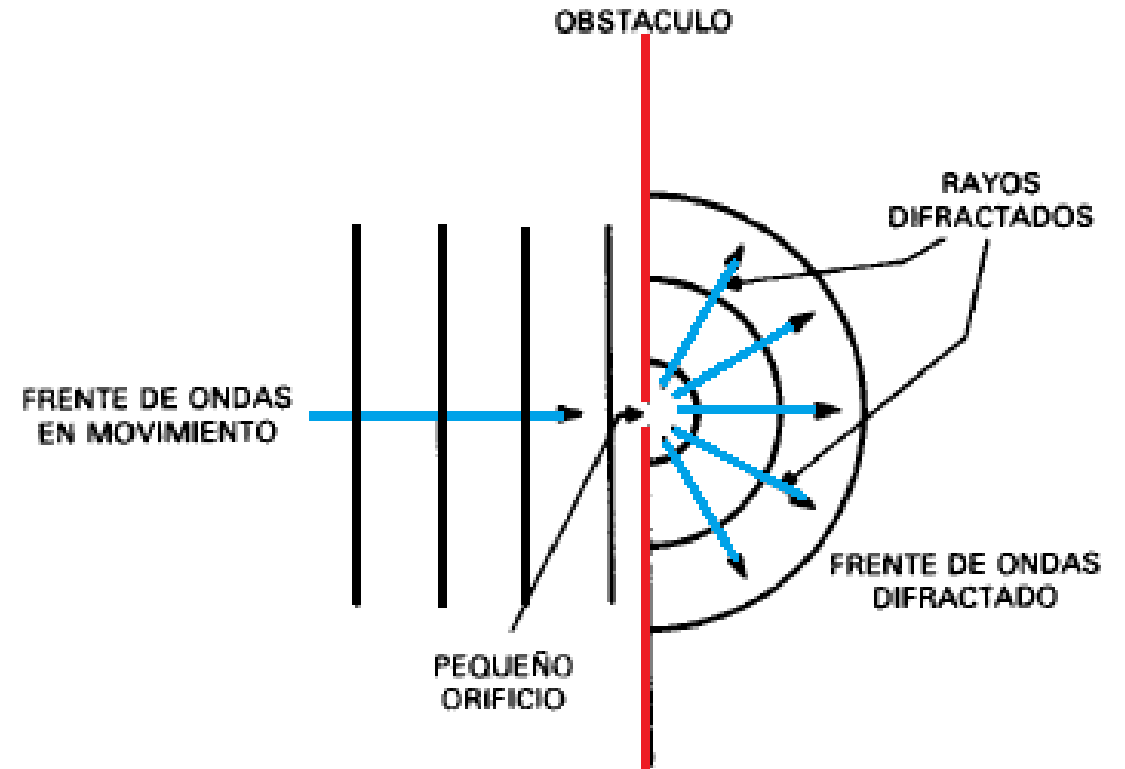
$$\text{sen } i_c = 0,75$$

Por tanto, el valor del ángulo límite será de $i_c = 48^\circ$

PROPIEDADES ÓPTICAS



Existirá difracción cuando un frente de onda incida sobre un obstáculo en el que exista un pequeño orificio. Podríamos esperar que la onda que atravesara el orificio continuase en línea recta, pero de hecho la onda se dispersa en todas las direcciones como se muestra en la siguiente figura.



PROPIEDADES ÓPTICAS



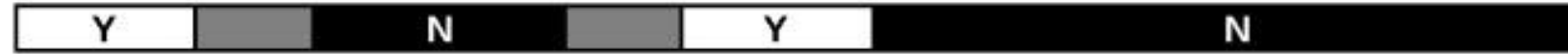
Huygens explicó el fenómeno de difracción deduciendo que **cada punto de una onda electromagnética podía ser considerado como una fuente de ondas** que se propagaban en todas direcciones; que un frente de ondas se desplace en una sola dirección, se debe a que todas las fuentes secundarias se anulan entre sí, excepto en la dirección de la onda determinada por la fuente original.

Otro fenómeno, es la interferencia que se produce cuando dos fuentes idénticas radian en un determinado entorno. Debido a la variación senoidal de los campos eléctrico y magnético, la suma resultante de dos ondas puede ser mayor, menor e incluso nula, dependiendo de la fase con que dicha suma se produzca.

ESPECTRO DE LAS ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS



¿Penetra en la atmósfera de la Tierra?



Longitud de onda (m) del tipo de radiación

Radio 10^3 **Microondas** 10^{-2} **Infrarrojo** 10^{-5} **Visible** $0,5 \times 10^{-6}$ **Ultravioleta** 10^{-8} **Rayos X** 10^{-10} **Rayo gamma** 10^{-12}

Escala aproximada



Edificios Humanos Abeja Punta de la aguja Protozoos Moléculas Átomos Núcleos atómicos

Frecuencia (Hz)



Temperatura de los cuerpos que emiten la longitud de onda

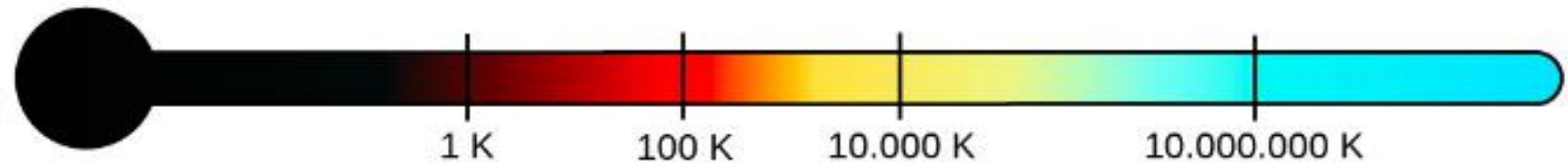
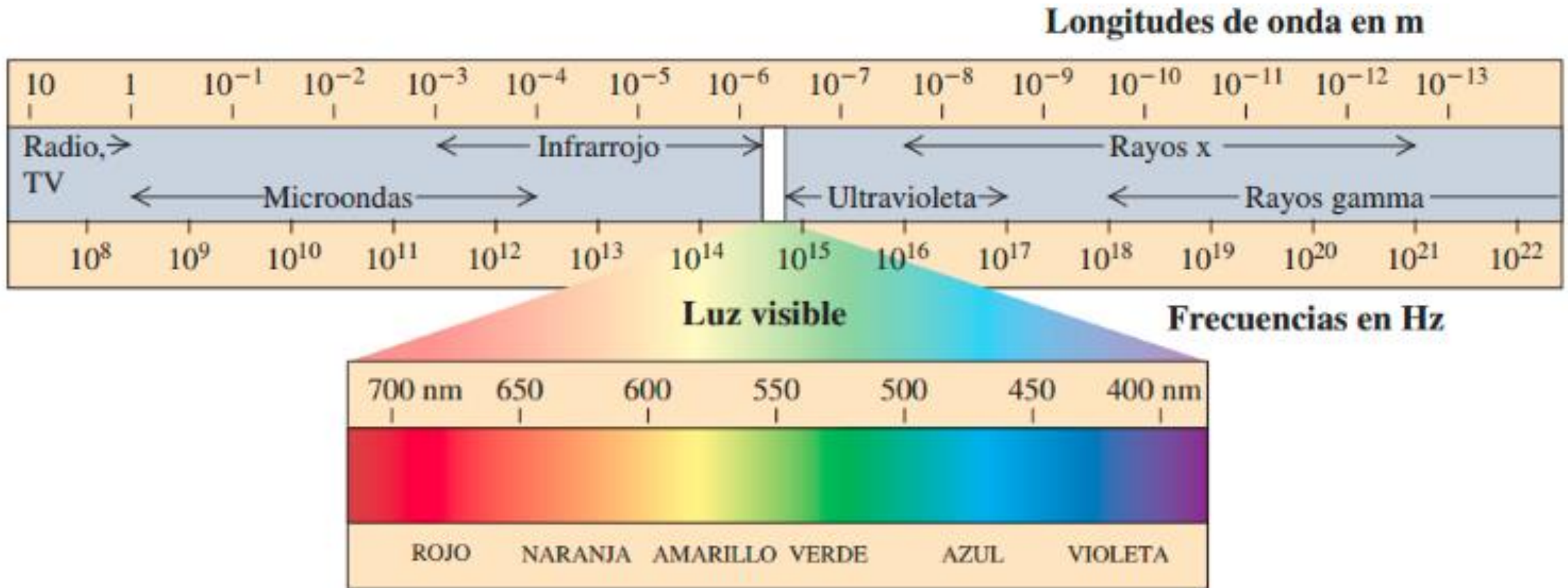


Figure 1. El espectro electromagnético, que muestra las principales categorías de ondas electromagnéticas.

ESPECTRO DE LAS ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS



ESPECTRO DE LAS ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS



VLF	LF	MF	HF	VHF	UHF	SHF	EHF
MUY BAJA FRECUENCIA	BAJA FRECUENCIA	MEDIA FRECUENCIA	ALTA FRECUENCIA	MUY ALTA FRECUENCIA	ULTRA ALTA FRECUENCIA	SÚPER ALTA FRECUENCIA	EXTREMA ALTA FRECUENCIA
Rangos de Frecuencias							
3 - 30	30 - 300	300 - 3000	3 - 30	30 - 300	300 - 3000	3 - 30	30 - 300
KHz			MHz			GHz	
Servicios Típicos							
Radionavegación Servicio Móvil Marítimo	Frecuencias Patrón	Radiodifusión Sonora en AM	Telefonía Fija y Móvil Radioaficionados Radiodifusión en Onda Corta	Telefonía Fija y Móvil Radioaficionados Radiodifusión Sonora en FM Televisión Abierta Radionavegación	Telefonía Fija y Móvil Televisión Abierta Radiolocalización	Telefonía Fija y Móvil Radiodifusión por Satélite Radionavegación	Telefonía Fija



GRACIAS