

CAPA FÍSICA – TRANSMISIÓN INALÁMBRICA

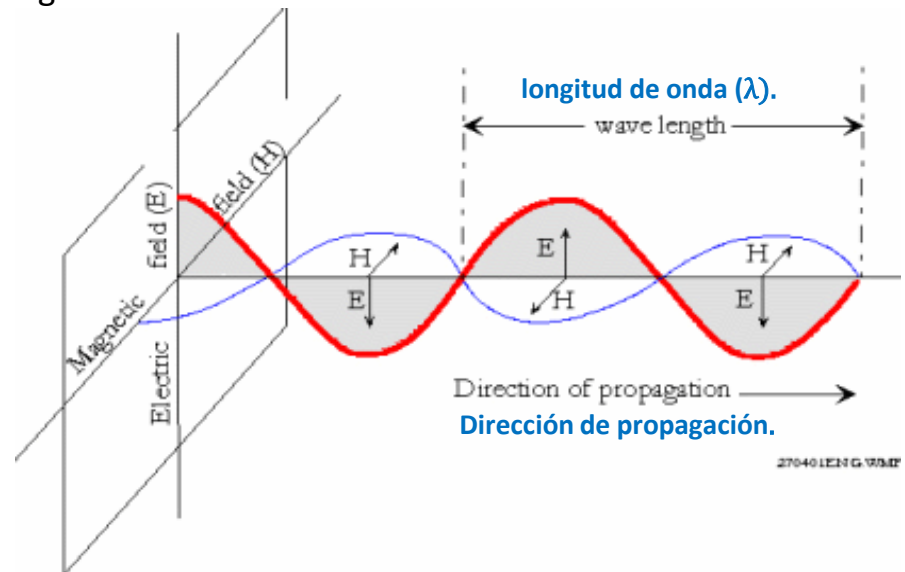
ÍNDICE:

1. Introducción a las ondas electromagnéticas.
2. El espectro electromagnético.
3. Las antenas de irradiación.
4. Atenuación y propagación de las ondas electromagnéticas.
5. Bandas de frecuencias WiFi, Bluetooth y celulares.
6. Interacción con el cuerpo humano.
7. Ondas infrarrojas.
8. Ondas de luz visible.
9. Bibliografía.



1. INTRODUCCIÓN A LAS ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS.

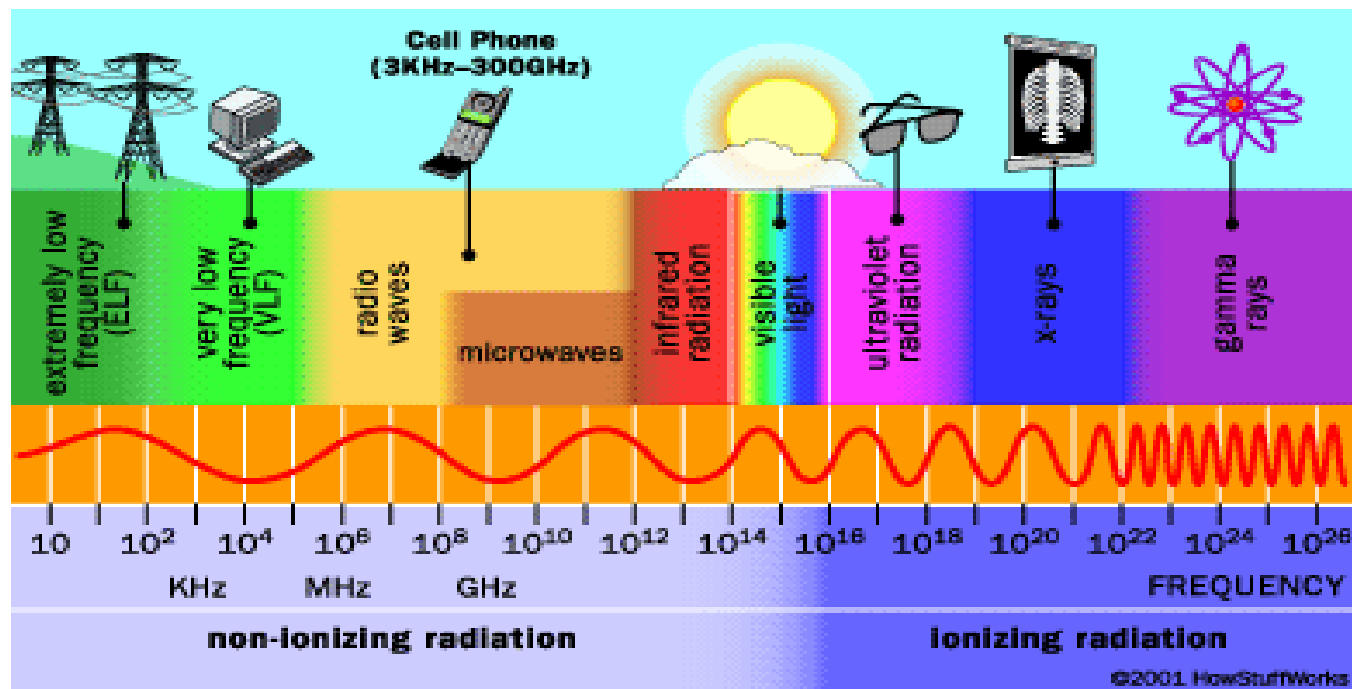
- La gente necesita “estar conectada” en todo momento. Un cable o una fibra óptica ya no son suficientes. Somos usuarios móviles y por lo tanto necesitamos una comunicación inalámbrica.
- **Las ondas electromagnéticas:** Cuando se mueven electrones se crean ondas electromagnéticas, que se propagan aún en el vacío. La energía del sol es un ejemplo de ello. Están formadas por un campo eléctrico y un campo magnético variables y ortogonales entre sí. La onda se propaga a 90° de ambos campos. El físico británico James Maxwell, las definió muy bien en 1865. Y fueron observadas por primera vez en laboratorio por el físico alemán Heinrich Hertz, en 1887.
- **Comunicación inalámbrica:** Cuando una antena de un tamaño adecuado es conectada a un circuito eléctrico, las ondas electromagnéticas se transmiten afuera del circuito, y pueden ser recibidas a cierta distancia. Este es el principio de la comunicación inalámbrica. Las ondas de radio son fáciles de generar y se transmiten a largas distancias. Son ampliamente usadas tanto en interiores como al aire libre, en radio, televisión, celulares, WiFi, Bluetooth, hornos microondas y otras muchas tecnologías.
- **Frecuencia – Longitud de Onda – Período:** El número de oscilaciones por segundo de una onda se denomina frecuencia y se mide en Hertz (Hz). La distancia entre dos máximos se llama longitud de onda (λ). El tiempo que tarda la onda en recorrer una longitud de onda es el período.



2. EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO.

- **La velocidad de la luz:** En el vacío, las ondas electromagnéticas se propagan a la velocidad de la luz, denominada “c”.
 $c \simeq 300.000 \text{ Km/seg} = 300 \text{ Km/ms} = 300 \text{ m/}\mu\text{s} = 30 \text{ m/}\eta\text{s}.$
- **La velocidad en los cables:** La velocidad de la luz en el vacío es el límite de velocidad máxima en el universo. La luz en las fibras ópticas o el campo eléctrico en los cables conductores se propagan aproximadamente a 2/3 de esa velocidad, dependiendo levemente de la frecuencia.
- **El espectro electromagnético:** Abarca todas las frecuencias. Desde los escasos 50 Hz de la red eléctrica domiciliaria hasta los billones de Hertz de la luz visible, y los cuatrillones de Hertz de los rayos gamma. Más allá de la frecuencia de la luz visible, la radiación de estas ondas se vuelve ionizante y peligrosa. Por ejemplo, los rayos ultravioletas, rayos x, y la radiactividad, rayos alfa, beta y gamma.

Espectro
Electromagnético



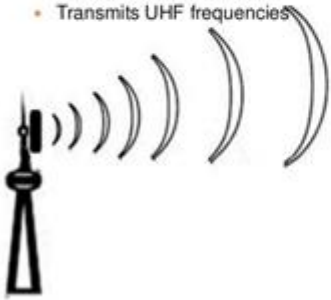
3. LAS ANTENAS.

- Una antena permite que parte de la energía de un circuito eléctrico se irradie hacia el espacio. Hay muchas clases de antenas diferentes. La más básica es un simple alambre conductor de largo $0,5 \lambda$ ó $0,25 \lambda$, es decir, un medio o un cuarto de la longitud de onda. Los diseños son muy variados y permiten dirigir la radiación en una cierta dirección. Por ejemplo la antena parabólica, dipolar, yagi, etc.
- Tamaño de una antena:** En el vacío: $c = \lambda \cdot f$ (longitud de onda x frecuencia). Es decir que, como c es constante, si conocemos f , averiguamos λ y viceversa. Si f está en megahertz y λ en metros, entonces $\lambda \cdot f \approx 300$.
- ✓ Ejemplos:
 - Si $f = 50 \text{ Hz}$ → $\lambda = 6000 \text{ Km}$ (las antenas para esta frecuencia serían muy grandes, $\frac{1}{4} \lambda = 1500 \text{ Km}$ de largo).
 - Si $f = 100 \text{ MHz}$ → $\lambda = 3 \text{ m}$. (Banda de radio FM. Las antenas receptoras de $\frac{1}{4} \lambda$ miden 75 cm aproximadamente).
 - Si $f = 1 \text{ GHz}$ → $\lambda = 30 \text{ cm}$. (Frecuencia de los celulares. Las antenas miden alrededor de 7,5 cm).

WAVES USED IN TELECOMMUNICATION

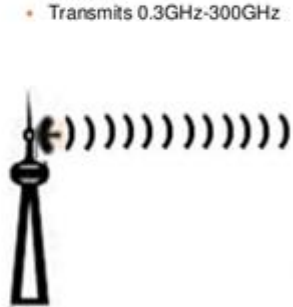
Radio waves

- Radiated by the Omnidirectional antennas
- Transmits UHF frequencies



Micro waves

- Radiated by the directional antennas
- Transmits 0.3GHz-300GHz

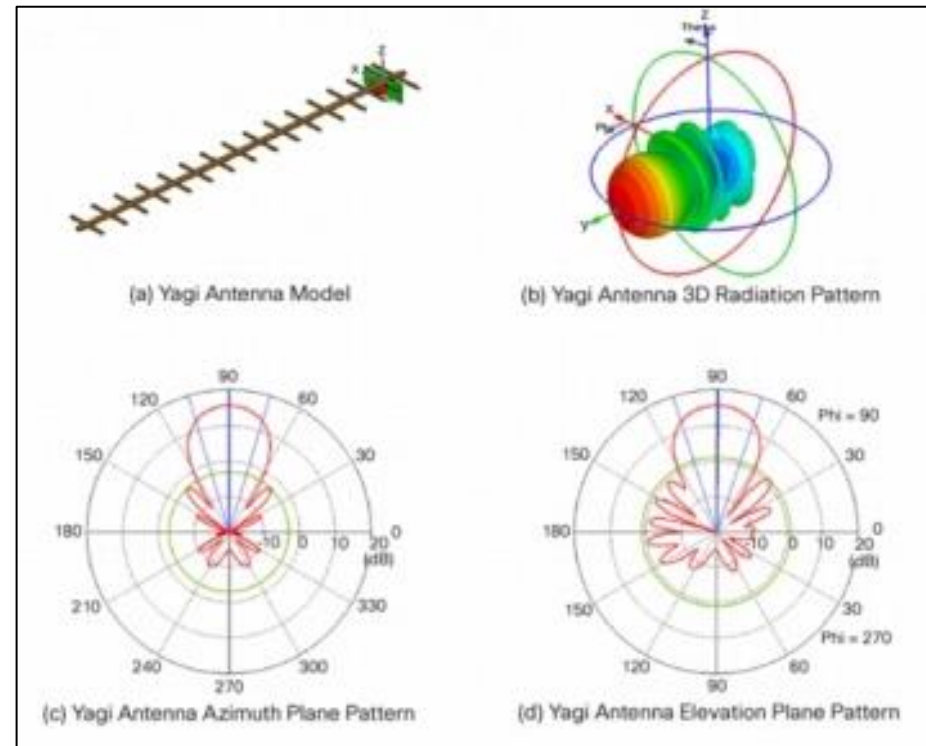
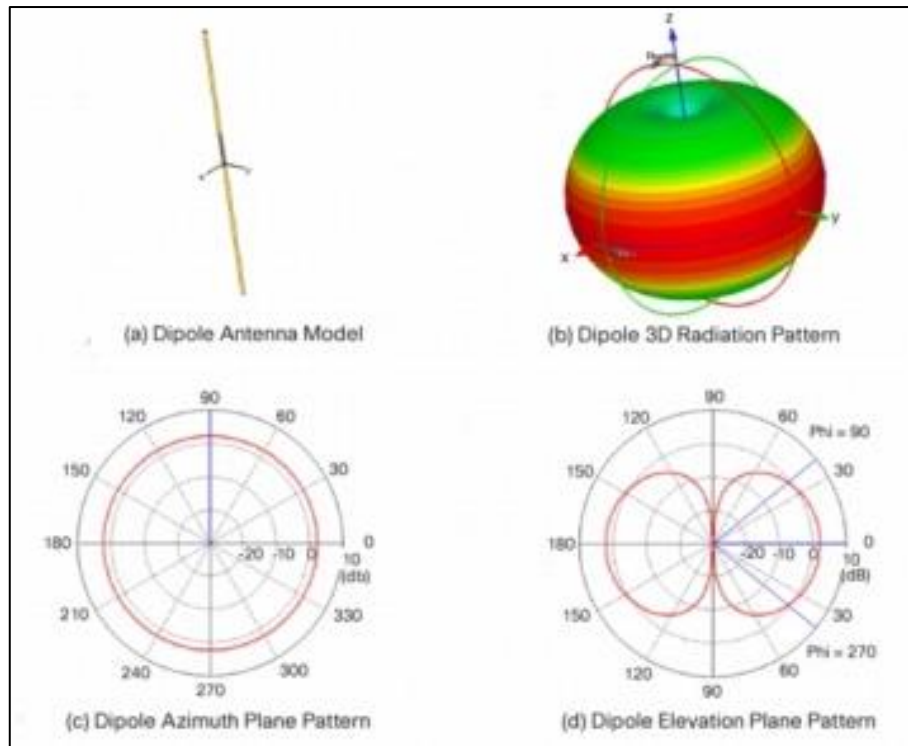


Estación terrena de Balcarce



3. LAS ANTENAS (continuación).

- **El patrón de radiación:** Nos indica como varía la potencia de radiación de una antena con la dirección de propagación de la onda, en comparación con una antena isotrópica constituida por una simple carga eléctrica puntual.
- Normalmente el fabricante brinda los dibujos de los patrones verticales y horizontales, aunque hoy también se utilizan gráficos en 3D y en colores, como se observa abajo para una antena dipolar y una antena yagi.



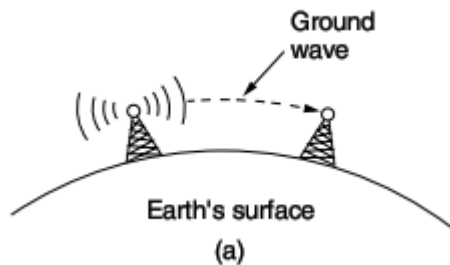
4. ATENUACIÓN Y PROPAGACIÓN DE LAS ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS.

- **Atenuación en el aire:** En el aire y en el vacío, la atenuación de las radiofrecuencias es mucho mayor que la atenuación que sufre la onda electromagnética en los cables conductores, como coaxiales, pares trenzados o fibras ópticas. En estos, la atenuación es lineal con la distancia, por ejemplo, 10 dB cada 100 m. En cambio, las ondas de radio en el aire se atenúan con el cuadrado de la distancia, (se atenúan el mismo valor cada vez que se duplica la distancia). Es decir que se atenúan rápidamente con la distancia, pero aún así, hay casos en que aunque las ondas llegan débiles causan interferencias. De modo que el uso del espectro debe estar bien regulado y controlado por las autoridades.
- Es normal tener una atenuación de un millón de veces entre la potencia emitida desde la estación base y la potencia recibida por el smartphone, ($P_{tr} \approx 1 \text{ W}$, y $P_{re} \approx 1 \mu\text{W}$). Además, la señal recibida llega con interferencias por los rebotes de la misma señal en otros objetos y edificios cercanos.

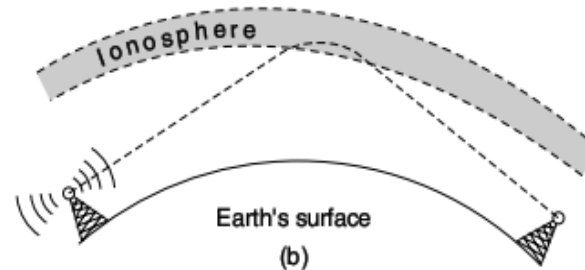


4. ATENUACIÓN Y PROPAGACIÓN DE LAS ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS (continuación).

- **Propagación:** Según la frecuencia de la onda, la propagación es muy diferente:
 - Frecuencias bajas: Son llamadas ondas de tierra o de superficie. Son frecuencias menores a 10 MHz, como las de radio AM (530 – 1300 KHz), se propagan con ondas de superficie siguiendo la curvatura de la Tierra, atravesando los edificios fácilmente.
 - Frecuencias intermedias: Como las utilizadas por los radioaficionados, (5 - 50 MHz) se refractan en la ionósfera, (de 100 a 500 Km de altitud) y por eso se pueden escuchar a ambos lados del océano atlántico.
 - Frecuencias altas: Desde 100 MHz, (son llamadas microondas, porque su longitud de onda es muy pequeña), tienen frecuencias más cercanas a la luz visible y tienden a propagarse como la luz, en línea recta. Las ondas de los radares, los teléfonos celulares, y WiFi son ejemplos de ondas de este tipo. No pueden atravesar edificios sin atenuarse muchísimo, pero en cambio, se propagan bien rebotando en los obstáculos que encuentran por el camino.

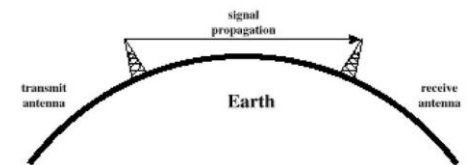


Frecuencias bajas (radio AM)



Frecuencias intermedias (radioaficionados)

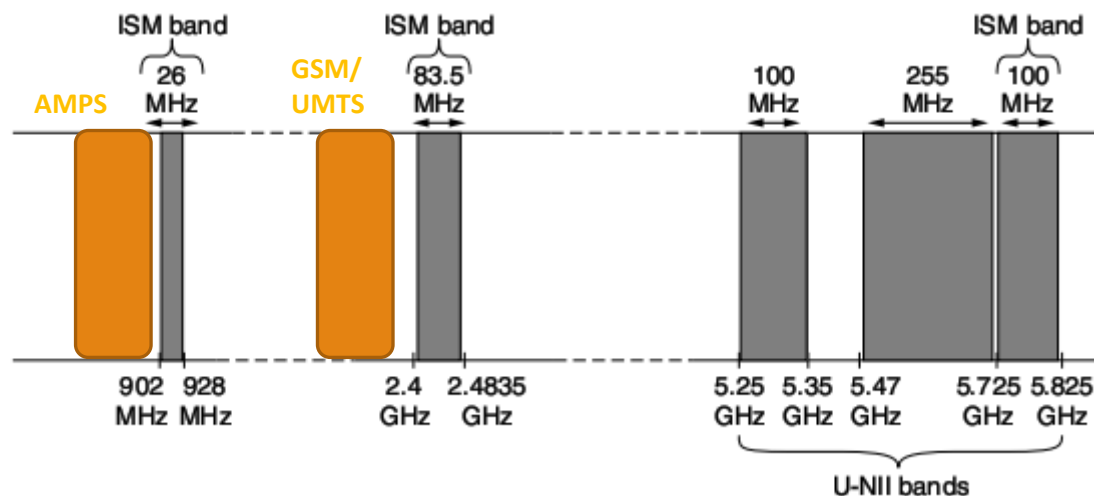
Line-of-Sight Propagation



Frecuencias altas (radio FM, celulares)

5. BANDAS DE FRECUENCIAS WIFI, BLUETOOTH Y CELULARES.

- **Licencias para frecuencias celulares:** La asignación de una banda de frecuencias para TV, radio AM, radio FM, celulares, radioenlaces de microondas, etc, es regulado por la ITU-R a nivel mundial, y en Argentina, por el ENACOM, (Ente Nacional de Comunicaciones). Se compran las licencias para utilizar determinadas bandas de frecuencias.
- **Frecuencias ISM:** La mayoría de los países también dejan algunas bandas de frecuencias sin asignar, para uso público, pero con potencia limitada para que se usen en distancias muy cortas. Se denominan frecuencias **ISM** (Industrial, Scientific, Medical). En estas frecuencias funcionan los teléfonos inalámbricos, portones automáticos, ratones y teclados inalámbricos, juguetes con radiocontrol, etc. (**U-NII** son sus siglas por “Unassigned National Information Infrastructure”).
- **WiFi y Bluetooth:** Utilizan estas frecuencias ISM, que se ven en la figura, para el espectro de EEUU, aunque en general se emplean las mismas bandas en la mayoría de los demás países. La banda de frecuencias en 900 MHz ya está superpoblada. Hoy es común que los routers inalámbricos trabajen en bandas de 2,4 GHz y 5 GHz.

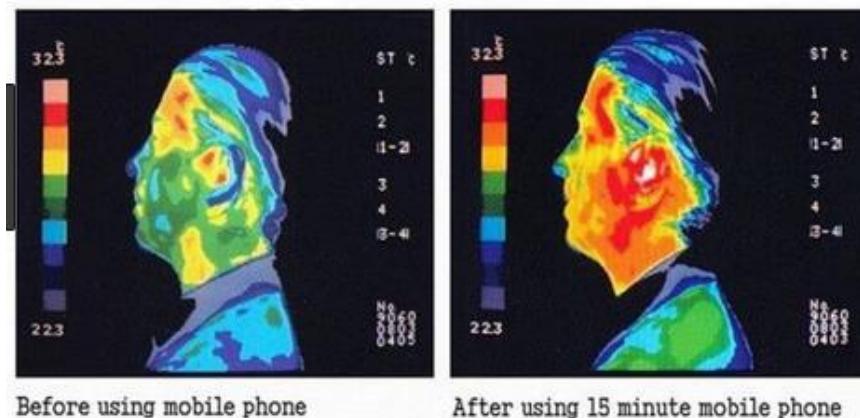


6. INTERACCIÓN DE LAS ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS CON EL CUERPO HUMANO.

- Las ondas electromagnéticas interactúan con el cuerpo humano de distinta manera según su potencia y su frecuencia.
- ✓ **Frecuencias por debajo de la luz visible:** Las ondas de baja frecuencia y hasta la frecuencia de la luz visible, se sabe que no son ionizantes, es decir que no pueden separar a las moléculas del cuerpo humano en iones. Por esto, el único efecto que tienen es el calentamiento térmico.
- ✓ **Frecuencias más elevadas que la de la luz visible:** Las frecuencias más altas que las de la luz visible se tornan peligrosas para la salud, ya que ionizan las moléculas y pueden provocar cáncer. Por ejemplo, la luz ultravioleta. Peor aún es el efecto de los rayos x, que tienen frecuencias aún más altas. Se emplean para radiografías, con mucha precaución, donde el tiempo de exposición es de pocos milisegundos. Las peores radiaciones, las más nocivas, son las ondas radiactivas, provenientes de la fisión nuclear de los átomos. Tienen frecuencias muy altas. Se clasifican a su vez en ondas alfa, beta y gamma.

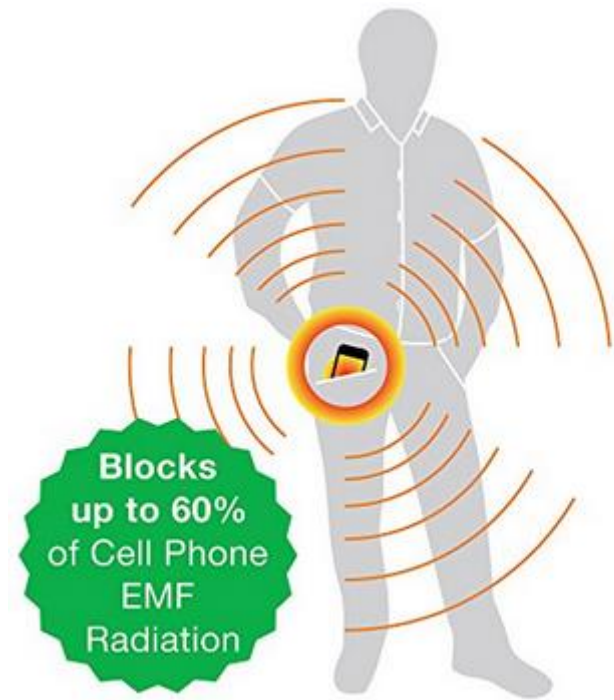
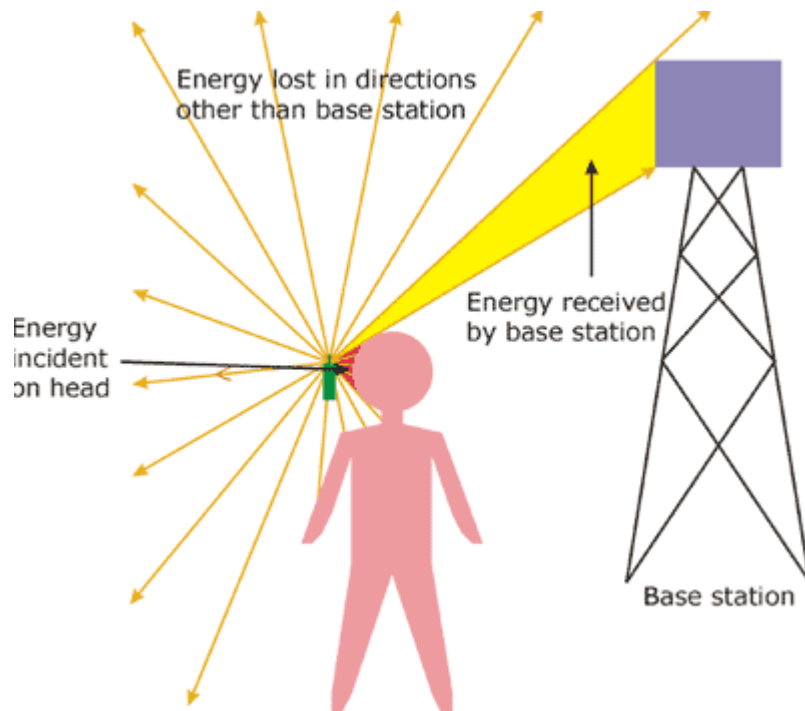
Thermal Effects

Heat generated on the face by 15 minutes of cell phone use due to their electromagnetic radiation



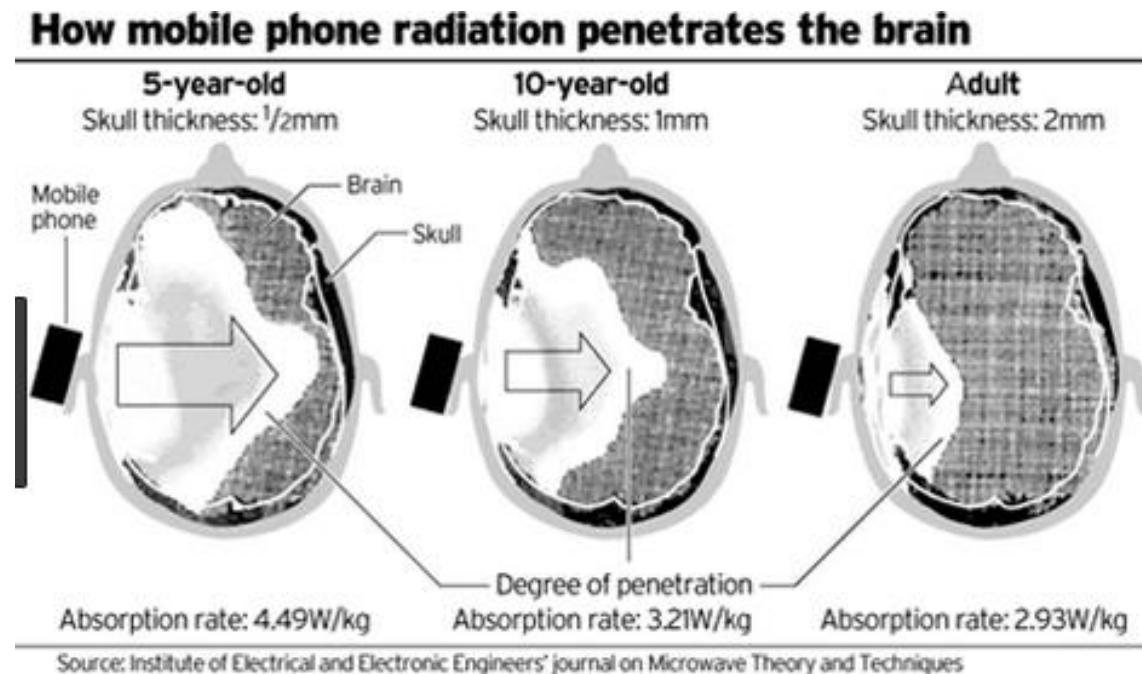
6. INTERACCIÓN DE LAS ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS CON EL CUERPO HUMANO (continuación).

- **El celular vs la estación base:** Si bien una antena de telefonía celular transmite una mayor potencia ($< 50 \text{ W}$) que un teléfono celular, generalmente la mayor parte de la radiación que absorbemos proviene del smartphone, al hablar con el teléfono en la oreja, ya que éste transmite a muy poca distancia de la cabeza.
- **Potencia máxima irradiada:** Por este motivo, la potencia de un smartphone está limitada por reglamentación a $0,6 \text{ W}$ como máximo. Y siempre es conveniente hablar cerca de la estación base, o al menos hablar desde la calle o al aire libre, ya que el teléfono detecta su cercanía con la antena y baja su potencia de transmisión automáticamente.



6. INTERACCIÓN DE LAS ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS CON EL CUERPO HUMANO (continuación).

- **Los niños:** En la figura de abajo se observa como la radiación del teléfono penetra mucho más en la cabeza de los niños, debido a que ellos tienen un cráneo mucho más delgado que los adultos.
- Además, el celular reduce automáticamente su potencia de radiación si está suficientemente cerca de una antena, ya que la antena le informa la intensidad de recepción, ahorrando también energía de la batería. De esta manera, si el celular está en un bolsillo, aumenta su potencia para ser adecuadamente recibido por la antena más cercana.



7. LAS ONDAS INFRARROJAS.

- **Aplicaciones:** Las frecuencias infrarrojas tienen muchas aplicaciones. Son usadas en controles remotos de TV, acondicionadores de aire y otros dispositivos de corto alcance. Las cámaras de fotos de los celulares también las utilizan para sensar la distancia y la cantidad de luz con el fin de enfocar el objetivo con precisión.
- La principal característica de estas ondas es que no logran atravesar objetos sólidos opacos, al igual que la luz visible, y también se propagan en línea recta. Para controles remotos y dispositivos domésticos se utilizan frecuencias de uso público, es decir, no están reglamentadas.
- **Fibra óptica:** Los pulsos de luz que se utilizan en las fibras ópticas son ondas infrarrojas provenientes de un diodo Led o de un diodo LASER, porque la fibra óptica presenta menor atenuación en esas frecuencias.



diodo Led infrarrojo



Control remoto infrarrojo



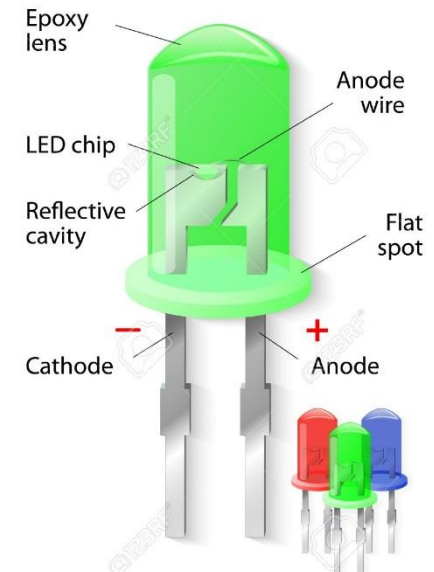
termómetro infrarrojo

8. LA LUZ VISIBLE.

- Un caso particular de las ondas electromagnéticas es la luz visible. Las comunicaciones por luz visible fueron usadas desde la antigüedad, por ejemplo, en la navegación marítima, entre barcos en alta mar y los faros de las costas.
- **El LED:** (Light-Emitting Diode), son ampliamente utilizados, especialmente para iluminación más eficiente y de bajo consumo, aunque se utiliza también en comunicaciones. Pensemos en las luces de los semáforos, las ambulancias, etc. En comunicaciones por fibra óptica sin demasiadas exigencias de velocidad, también se los utiliza porque son mucho más económicos que los transmisores de Led LASER.



LIGHT-EMITTING DIODE

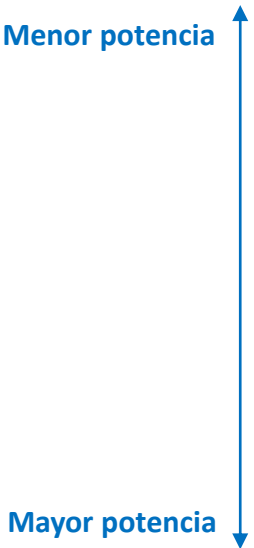


8. LA LUZ VISIBLE (continuación).

- **LASER:** Hoy se utiliza luz LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation), para medir con precisión la distancia entre la Tierra y la Luna. También se pueden utilizar para conectar dos redes LAN en distintos edificios de una ciudad. Tienen la desventaja que son afectados por las gotas de lluvia, y son desviados si el aire tiene temperaturas diferentes en su línea de trayectoria. Los LASER no son inofensivos, y en general hay que evitar el contacto directo con los ojos.

- **Potencia de los LASER - Clases**

Class 1	CD/DVD Player/Recorder, Laptop or Personal Computer
Class 2	Presentation Laser Pointer, Barcode Reader
Class 3R	Some Measuring & Targeting Devices, Higer Power Pointers
Class 3B	Higher power laser products intened for professional applications
Class 4	Medical Lasers, Industrial Cutting/Welding, Scientific Applications and most <i>Laser Light Show</i> Equipment



Class 1	Safe under reasonable operation
Class 1M	Generally Safe - Some Precaution Required
Class 2	< 1mW average power, visible light low power - Blink response limits risk
Class 2M	UV or IR light at low average power, generally safe LED systems
Class 3R(A)	Safe for viewing with the unaided eye
Class 3a	1-5mW of average power
Class 3b	5-500mW of average power, viewing beam is hazardous, diffuse reflections are safe
Class 4	>500mW average power all the way to industrial megawatts; hazardous under all conditions to eyes

9. BIBLIOGRAFÍA.

- Tanenbaum, Andrew and Whetherall, David. “Computer Networks”. 5ª edición. Pearson Education Inc.