

Física Ambiental





Contaminación Electromagnética.

Introducción a las Mediciones de Radiaciones No Ionizantes (RNI)

Hoy hay una creciente preocupación de los usuarios de equipos de comunicaciones, especialmente de quienes usan la telefonía celular, como así también de Organizaciones No Gubernamentales y de la comunidad en general, sobre los efectos que las RNI producen en la salud humana. Esto es potenciado por el continuo aumento de fuentes inalámbricas productoras de RNI.

Esto produce diferentes actividades de reclamos y búsqueda de información. Como consecuencia, los municipios y diferentes estamentos de gobierno están particularmente “activos”, buscando iniciativas, normas y soluciones como prevención de futuros problemas. Muchas veces, esas iniciativas no se sustentan del todo en la enorme actividad científica y experimental existente sobre el estudio de las RNI dando, en algunos casos, un divorcio entre la voluntad política de controlar y regular y la implementación práctica de las medidas que se definen. También está el riesgo de regulaciones superpuestas e incongruentes entre sí, pues hay múltiples actores gubernamentales regulando simultáneamente (nacionales, provinciales, municipales).

Por ello, aquí se expone una breve introducción a las mediciones de RNI, que puede ser de utilidad para aquellos responsables de analizar, legislar y controlar dichas emisiones. Se entiende por **RNI** a aquellas radiaciones del espectro electromagnético que no tienen energía suficiente para ionizar la materia. En tal caso, la **Emisión** es la radiación producida por una única fuente de radiofrecuencia, mientras que la **Inmisión** es la radiación resultante del aporte de todas las fuentes de radiofrecuencias, cuyos campos están presentes en el lugar.

La **Exposición Poblacional o No Controlada**, corresponde a situaciones en donde el público en general puede estar expuesto a campos eléctricos, magnéticos o electromagnéticos o en donde las personas expuestas, debido a su trabajo, pueden no saber de la potencial exposición y no pueden ejercer control sobre ella.

Los Esquemas de Regulación comúnmente utilizados son:

- ✓ **Método Predictivo:** basado en el cálculo teórico de las RNI producidas, como paso previo a efectuar mediciones específicas de las mismas.
- ✓ **Método de Medición:** basado en el desarrollo práctico de un protocolo de medición, con instrumental y sondas adecuadas, que dan una magnitud precisa de las RNI producidas.

Hay quienes proponen emplear ambos métodos, para evitar mediciones y gastos innecesarios (que repercuten en los usuarios) en aquellos casos simples y que, con ayuda de cálculos teóricos, se puede determinar que las RNI están por debajo de niveles predefinidos como seguros.

Por otra parte, hay quienes aseguran que, dada la complejidad de las emisiones y el crecimiento del número de fuentes de radiofrecuencias, el único método posible para garantizar la no superación de límites predefinidos, es realizar mediciones según un protocolo específico.

Bajo nuestra experiencia y punto de vista, la aplicación de uno u otro método debe ser objeto de estudios particulares y dependen de:

- Los tipos de fuentes de radiofrecuencias;
- La densidad de las fuentes intervinientes y su emplazamiento, en el ámbito de medición;
- La potencia y las bandas de frecuencia de las fuentes intervinientes;
- La definición política en el esquema de regulación.

Viendo más en detalle el problema, podemos establecer la siguiente división conceptual, basado en la definición de Campo Cercano y Campo Lejano indicada en la Figura:

Si se considera Campo Lejano → evaluación de valores de RNI por cálculo, basado en Método de Predicción.

Si se superan los límites de Máxima Exposición Permitida Poblacional (MEP) → se emplea Método de Medición.



Método de Predicción

Se plantea aquí un Sitio Mono-Antena, en donde las ecuaciones solamente son válidas para cálculos en el campo lejano, pero pueden utilizarse para predecir el peor de los casos:

$$r = \sqrt{\frac{PRA * 1,64 * 2,56 * F^2}{4 * \pi * S}}$$

S: Densidad de Potencia Máxima (MEP) [W/m²]

PRA y PIRE: Potencia en antena [W]

F: Atenuación en veces de la radiación para un cierto ángulo de incidencia en el plano vertical. (F=1, peor caso)

2,56: Factor de reflexión empírico (campos reflejados adicionados en fase con campo incidente directo – 60%)

r: Distancia desde la antena [m]

$$r = \sqrt{\frac{PIRE * 2,56 * F^2}{4 * \pi * S}}$$

Si la distancia desde la antena a todo punto accesible por el público en general es $\geq r$, no se requiere verificar el sitio mediante mediciones.

Método de Medición

Para su aplicación se deben realizar los siguientes pasos:

Definición e inspección del lugar escogido para la medición y determinación de las fuentes de radiofrecuencia, tipos de emisión, características de irradiación y entorno circundante;

- Determinación del esquema de medición (campo cercano, campo lejano);
- Determinación del protocolo de medición a aplicar y el instrumental y sondas a emplear en el proceso de medición;
- Definición de puntos a medir, según el protocolo escogido y los puntos de mayor riesgo (externos e internos);
- Desarrollo de las mediciones y confección de informes.

El procedimiento particular de medición que se sigue, por ejemplo, en la regulación argentina, es:

- Campo Cercano → se mide E, H o ambos (deben cumplir límites MEP impuestos).
- Campo Lejano → se mide E o H y se obtiene S (deben cumplir límites MEP impuestos).
- Secuencia: Se mide *inmisión*. Si se supera MEP más estricto, se mide *emisión* de cada estación.
- Inmisión: empleo de instrumentos de banda ancha (detectores de radiación electromagnética no sintonizables), con sondas de medición E y H isotrópicas.
- Emisión: empleo de instrumentos de banda angosta (medidores de intensidad de campo, analizadores de espectros, etc., sintonizables), con antenas aptas para rangos de frecuencia de medición.
- Todos los instrumentos, antenas y sondas deben tener certificado de calibración (fabricante o laboratorio acreditado en país de origen).
- Registro del valor de la medición realizada, más las incertidumbres especificadas (fabricante), más el error del método empleado.

Monitoreo Continuo

Los métodos evaluados son de aplicaciones puntuales o repetitivas, pero con periodos largos de tiempo sin mediciones. Hoy hay nuevos modelos de mediciones, basados en detecciones continuas (7 x 24) de zonas potencialmente riesgosas, con datos publicados en Internet, de acceso libre para los ciudadanos, que deberían ser objeto de análisis y evaluación para su implementación, por parte de las autoridades con competencia en las RNI.

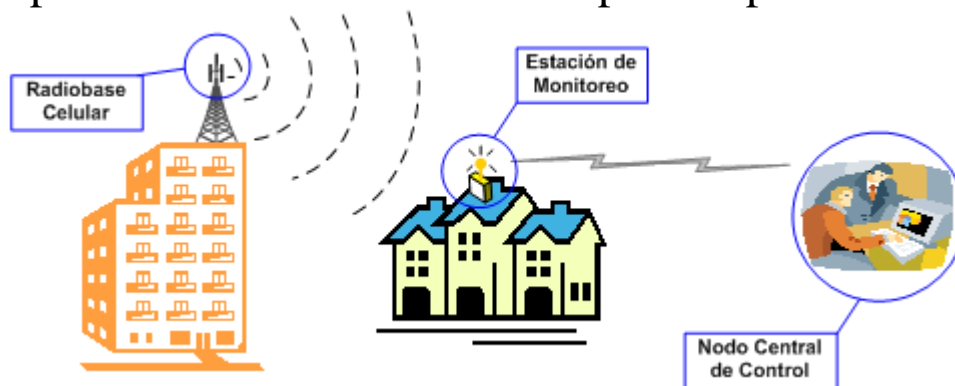
Aplicar este tipo de monitoreo, trae una serie de ventajas, a saber:

Población: dispone de datos objetivos, las 24 horas del día, para asegurarse que los valores de radiaciones están por debajo de los límites normativos.

Municipios: ofrecen a sus vecinos la tranquilidad que supone disponer de una red exhaustiva de monitorización de la radiación electromagnética.

Prestadores de Servicios: se reduce la percepción de peligro o alarma social que generan sus estaciones base.

El esquema conceptual del monitoreo continuo puede apreciarse en la Figura 2.



Conclusiones

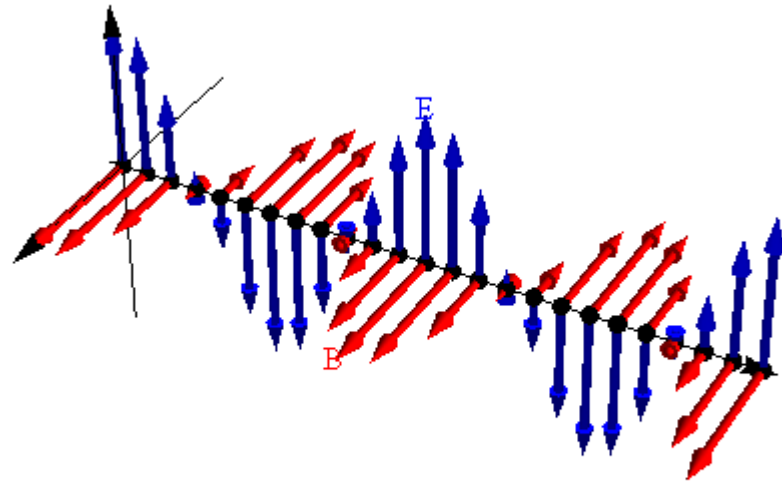
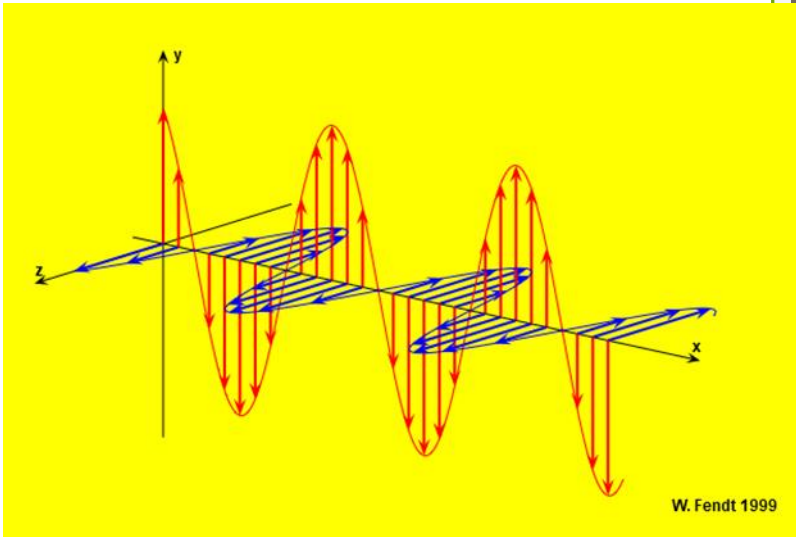
De lo planteado y del estado del arte en cuanto a las RNI a nivel internacional, pueden extraerse las siguientes conclusiones:

1. No hay pruebas concluyentes que indiquen que las RNI, con los niveles predefinidos, afecten a la población...
2. ... pero tampoco indican que no haya efectos bajo largas exposiciones.
3. Por ello, se sigue estudiando el tema en los principales organismos internacionales (Organización Mundial de la Salud, ICNIRP, etc.)
4. Se debe mantener el Principio de Prevención ante todo, como base de trabajo.
5. Conviene definir y medir los “puntos calientes” de exposición a las RNI.
6. Se deben establecer métodos de medición repetitiva y periódica, para generar base estadística, con definición de mapas de radiaciones y, eventualmente, generación de zonas protegidas.
7. En definitiva, se debe buscar un equilibrio entre los recursos tecnológicos disponibles y la salud humana que se debe preservar (confort y sociedad actual vs. edad prehistórica).



**¿HACIA UN RECONOCIMIENTO INTEGRAL DE LA ELECTROHIPERSENSIBILIDAD (EHS) EN EUROPA?
¿LA ESCUELA, CANTERA DE EHS?**





La Nueva.

Contaminación por radiación electromagnética

15/7/2014 | 00:27 | La contaminación por radiación electromagnética genera graves problemas de salud. Hay poca lucha. Cecilia Corradetti / ccorradetti@lanueva.com

La contaminación causada por la radiación electromagnética es el mayor problema ambiental del siglo XXI y Bahía Blanca, lejos de ser una excepción, es de las ciudades más afectadas.

Así coincidieron en señalar ayer el ingeniero Néstor Mata, asesor en Bioingeniería y profesor de la UTN, y la abogada María Belén Aliciardi, especializada en Derecho Ambiental. Fue durante una conferencia en el Aula Magna de la UNS, organizada por la Agrupación Salud Ambiental en Acción Bahía Blanca y la Asociación Ayuda-Le.

“Los perjuicios dependen del tipo de radiación, por lo que hay que separar baja y alta frecuencia. De todos modos se advierten problemas nerviosos, alteraciones en el ADN, cáncer y otras afecciones”, admitió Mata, para asegurar: “No es un mito”.

En realidad, aclaró, estas radiaciones no producen cáncer sino que favorecen el crecimiento de células malas en un plazo de 20 a 25 años.

La prevención es importante, aunque resulta indispensable que los legisladores y gobernantes se ocupen. “En general no lo hacen”, expresó.

Aliciardi se refirió a los problemas legales.

“Para tener una idea, nuestro país está utilizando en cuanto a radiación no ionizante, es decir, la de las antenas de celular, una ley del año 1995. El tiempo pasó, hubo avances científicos, médicos y tecnológicos y la Argentina está igual”, ejemplificó.

“Lamentablemente la nueva ley sigue durmiendo en el Congreso porque los legisladores prefieren resguardar que las empresas no hagan tanta inversión y nosotros seguir siendo los 'conejos de india' de las diferentes compañías de telefonía celular”, sostuvo.

Mata recalcó que Bahía Blanca se encuentra “mucho peor” que otros varios municipios.

DIARIO DE CUYO



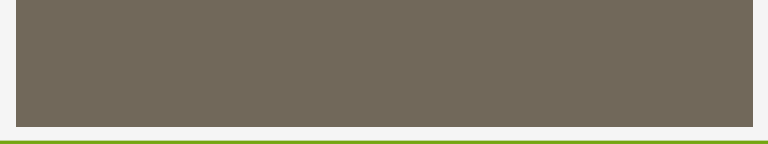
16-04-2014

La contaminación electromagnética

Hay un considerable aumento de la alteración ambiental por las radiaciones de las comunicaciones inalámbricas.

La contaminación ambiental es una de las mayores preocupaciones de la vida moderna y como tal, es un tema relacionado con el calentamiento global al que se busca atenuar antes que sus efectos nocivos sobre la humanidad sean irreversibles. A nivel mundial se han acordado metas para evitar las emanaciones de industrias y vehículos, producciones sucias, deposiciones a cielo abierto y otros desechos, además de aconsejar cambiar las matrices energéticas para una generación limpia.

Sin embargo, esta preocupación no se compadece con la contaminación electromagnética, un enemigo invisible que ha crecido de manera exponencial en las últimas décadas por la proliferación de las telecomunicaciones. Las emisiones de la telefonía celular, las áreas cubiertas por redes de Internet (wifi), transmisiones de datos, los teléfonos inalámbricos, electrodomésticos, alarmas y mandos a distancia, se han venido a sumar a las radiaciones de las líneas de transporte de electricidad, transformadores, radares y emisiones de radio FM y de televisión, para citar algunos de los factores señalados por los especialistas como "electrosmog".



Es decir, el medio ambiente natural ha sido alterado por campos electromagnéticos artificiales en zonas urbanas y rurales y la necesidad de implementar servicios de comunicación ha llevado a la proliferación desordenada de instalaciones comerciales sin conocerse el impacto ambiental que se exige en otras construcciones para conocer las consecuencias sobre la salud de las personas bombardeadas por las emisiones.

En nuestro país no existe un seguimiento riguroso para controlar esta radiación y por ello la Universidad Nacional de Córdoba y el Ente Regulador de los Servicios Públicos de esa provincia firmaron un convenio para realizar mediciones de los niveles de densidad de potencia emitidos por las antenas de telefonía celular. El trabajo se centrará en las 852 antenas de las cuatro empresas de celulares que cubren la geografía cordobesa, a fin de evaluar el impacto ambiental que generan. La tarea no sólo beneficiará a los usuarios del servicio sino también se conocerá si cumplen con los alcances de la ley respectiva.

Es importante determinar cuáles son los niveles máximos de radiación sobre el ser humano, más cuando hay estudios controvertidos sobre los efectos biológicos o valores dañinos de las emisiones.

Módulo2. Contaminación electromagnética.

Capítulo V. Campos electromagnéticos.

Fuentes y características de los campos eléctricos y magnéticos de baja frecuencia en el medio ambiente.

Fuentes y exposiciones a radiación electromagnética de radiofrecuencia en el medio ambiente.

Efectos Térmicos de la exposición a campos electromagnéticos.

Efectos no térmicos de los campos electromagnéticos.

Monitoreo de niveles de exposición a radiación electromagnética.

Capítulo VI. Radiaciones no ionizantes.

Tipos de radiación y fuentes.

Procesos de Interacción con la materia.

Dosimetría de radiaciones no ionizantes.

Radioecología de radiaciones no ionizantes.

Principios de radioprotección aplicados a radiación no ionizante

Bibliografía

Jurgen Kiefer, Biological Radiation Effects, Springer, 1990.

James C. Lin, Electromagnetic Fields in Biological Systems, CRC Press, 2011

Pérdidas en trayectoria por el espacio libre.

Las pérdidas por trayectoria en el espacio libre L_p , se definen como las pérdidas que ocurren cuando una onda electromagnética es transmitida en el vacío. Pero en realidad no existe pérdida de energía al transmitir las ondas electromagnéticas, el efecto que ocurre realmente es una dispersión de la señal según se aleja del transmisor. Por eso es mejor llamar a este fenómeno pérdidas por dispersión.

La ecuación que sigue muestra las pérdidas por dispersión.

$$L_p = \left(\frac{4\pi D}{\lambda} \right)^2 = \left(\frac{4\pi Df}{c} \right)^2$$

Expresando en decibeles esta ecuación se obtiene

$$L_p(dB) = 10 \text{Log} \left(\frac{4\pi Df}{c} \right)^2 = 20 \text{Log} \frac{4\pi Df}{c}$$

Si la frecuencia se expresa en Mhz, la ecuación queda de la siguiente manera.

$$\begin{aligned} L_p(dB) &= 20 \text{Log} \frac{4\pi (10)^6 (10)^3}{3 \times (10)^8} + 20 \text{Log}f (MHz) + 20 \text{Log}D(Km) \\ &= 32.4 + 20 \text{Log}f (MHz) + 20 \text{Log}D(Km) \end{aligned}$$

Si la frecuencia se indica en Ghz, la ecuación queda de la siguiente manera.

$$L_p(dB) = 92.4 + 20\text{Log}f(\text{GHz}) + 20\text{Log}D(\text{Km})$$

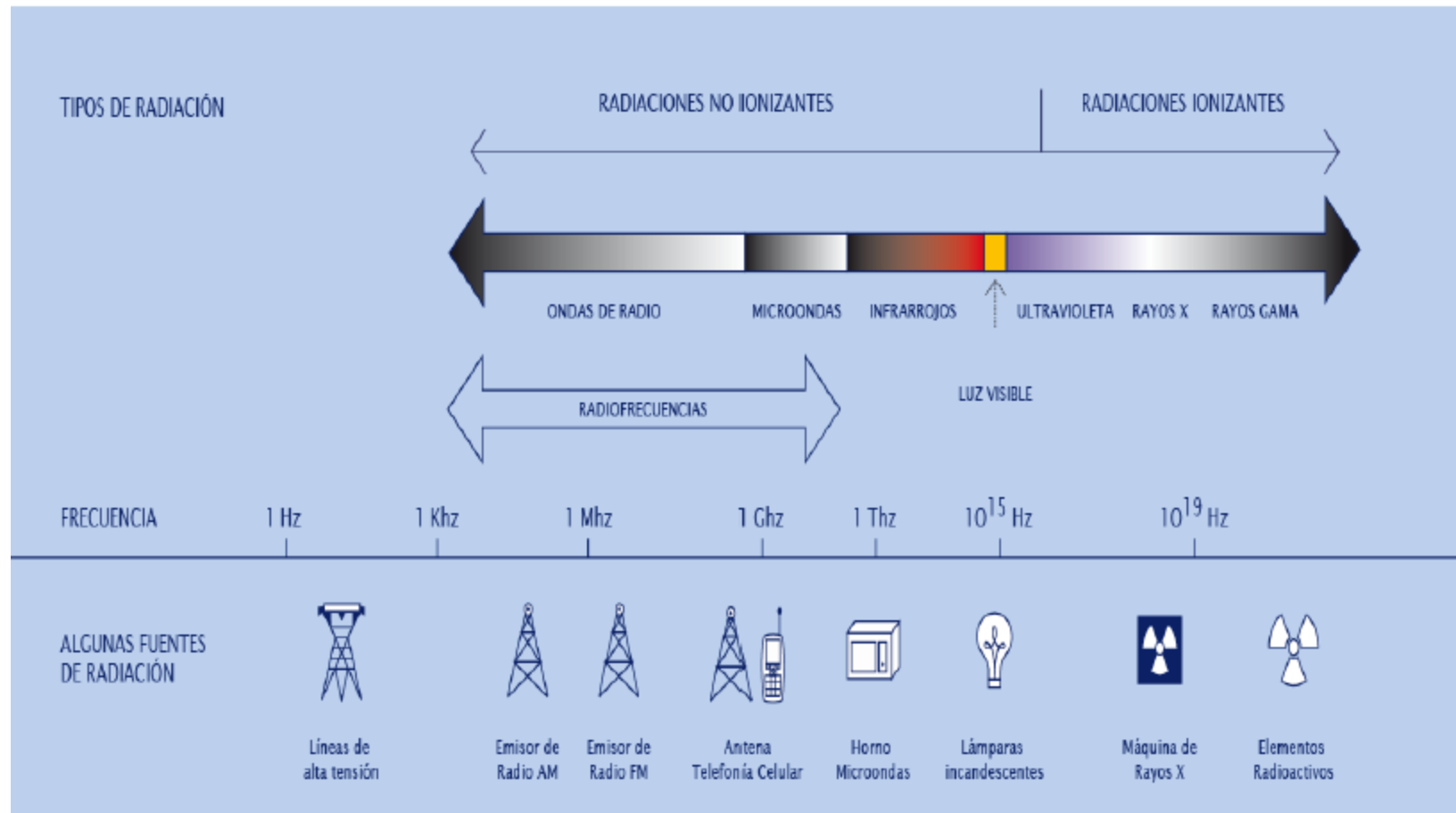
L_p = Pérdidas por trayectoria en el espacio libre

D = Distancia a la que viaja la señal

f = Frecuencia de transmisión

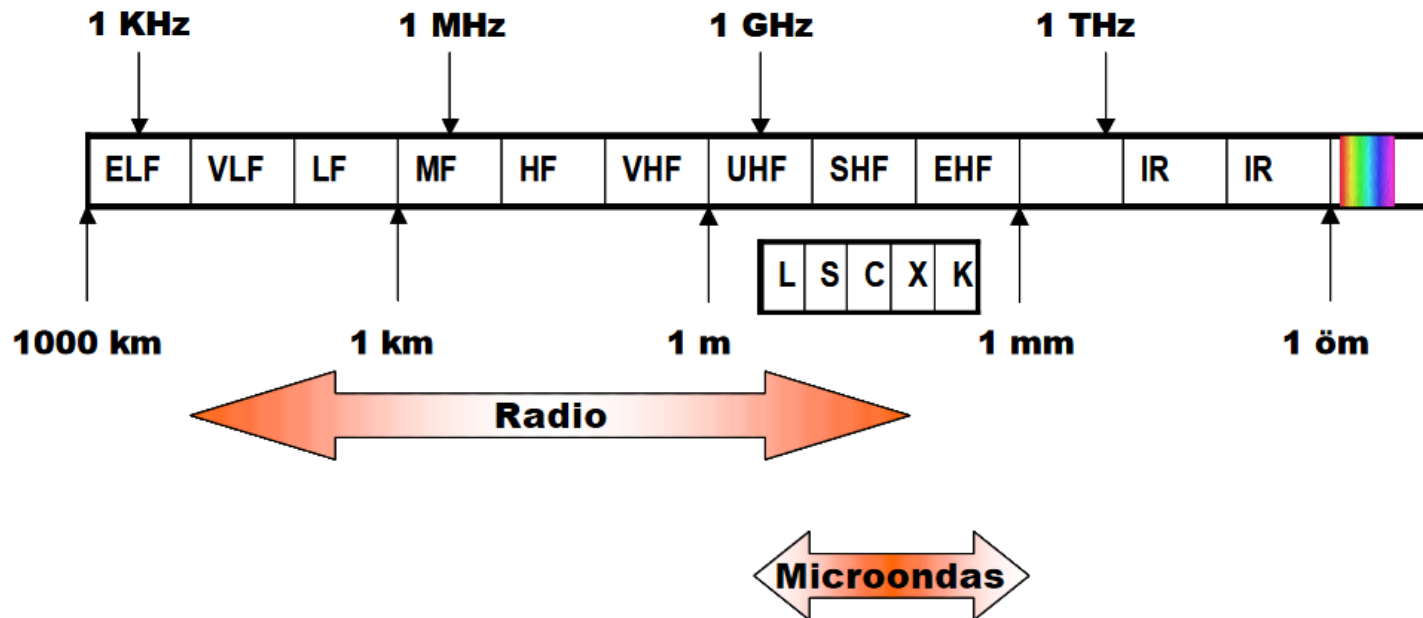
c = Velocidad de la luz

EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO Y LAS RADIACIONES NO IONIZANTES



El espectro electromagnético

Las ondas electromagnéticas se caracterizan por su frecuencia y longitud de onda. El conjunto de todas las frecuencias se denomina espectro.



Las ondas se clasifican por bandas.

Las denominaciones de las bandas de frecuencia se pueden realizar por décimas, como por ejemplo MF, HF, VHF, UHF

Banda	Denominación	frec. mínima	frec. máxima	λ máxima	λ mínima
ELF	Extremely Low Frequency	-	3 kHz	-	100 km
VLF	Very Low Frequency	3 kHz	30kHz	100 km	10 km
LF	Low Frequency	30 kHz	300 kHz	10 km	1 km
MF	Medium Frequency	300 kHz	3 MHz	1 km	100 m
HF	High Frequency	3 MHz	30 MHz	100 m	10 m
VHF	Very High Frequency	30 MHz	300 MHz	10 m	1 m
UHF	Ultra High Frequency	300 MHz	3 GHz	1 m	10 cm
SHF	Super High Frequency	3 GHz	30 GHz	10 cm	1 cm
EHF	Extremely High Frequency	30 GHz	300 GHz	1 cm	1 mm

VECTOR DE PROPAGACIÓN

$$\xi(x,t) = \xi_0 \frac{\text{sen}}{\text{cos}} k(x - vt) = \xi_0 \frac{\text{sen}}{\text{cos}} (kx - \omega t)$$

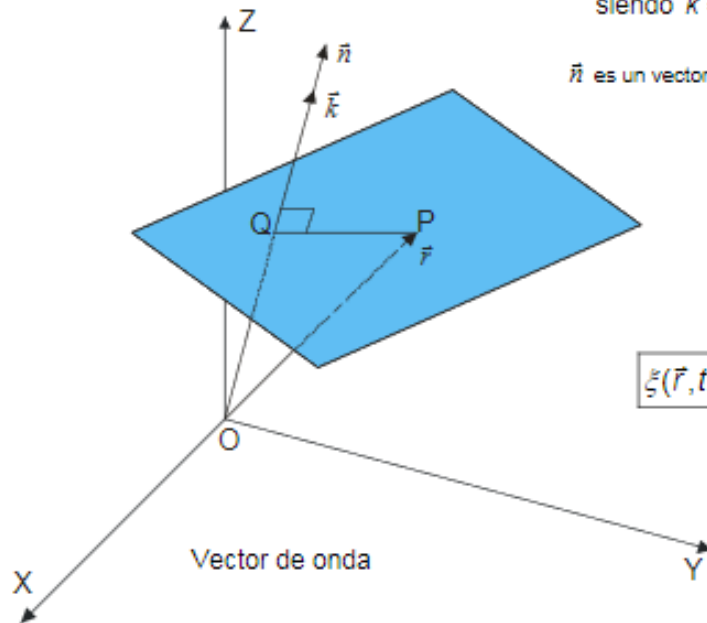
$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{\omega}{v}$$

representa una onda plana monocromática progresiva que se propaga según $+OX$.
En muchas ocasiones es necesario describir la propagación de una onda en una dirección cualquiera del espacio \vec{n} .²

Para ello se define el **vector de onda** o **vector de propagación**: $\vec{k} = k \cdot \vec{n}$

siendo $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ el número de onda.

\vec{n} es un vector unitario o versor en la dirección de propagación.



$$\xi(\vec{r}, t) = f(\vec{n} \cdot \vec{r} - vt) = \xi_0 \text{sen } k(\vec{n} \cdot \vec{r} - vt) = \xi_0 \text{sen } (\vec{k} \cdot \vec{r} - \omega t)$$

