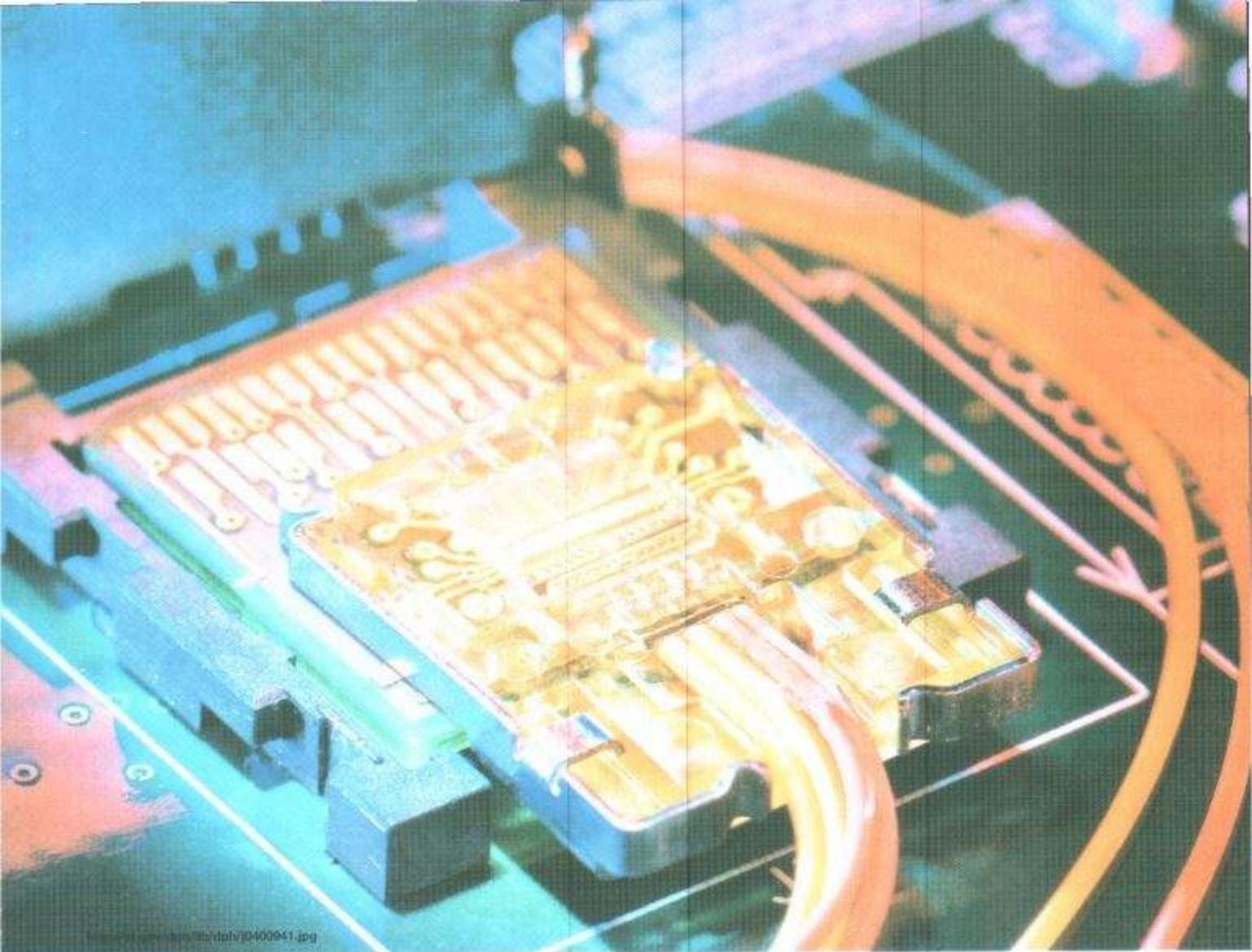


Convergencia de las redes inalámbricas en la salud

**“¿nos arrepentiremos
del despliegue
de las redes de
telecomunicaciones?”**



http://www.ips.itb/dph/q0400941.jpg

RESUMEN: El despliegue de las Telecomunicaciones en los últimos años ha incursionado en la utilización significativa del Espectro Electromagnético; la radiación producida por los diferentes equipos que permiten la comunicación ha conllevado al estudio concerniente de las implicaciones que genera la exposición de estas energías en cualquier ser humano, por esta razón el presente documento aglomera las pautas necesarias descritas por los diversos organismos pertinentes a nivel global focalizado en la protección de la salud en las personas.

PALABRAS CLAVE: Electromagnético, Frecuencia, Radiación, Potencia, GSM, Espectro.

ABSTRACT: The development of telecommunications in the last years has moved significantly in the use of the electromagnetic spectrum, the radiation produced by the device telecommunications has led to the study concerning to implications that exposure to radiation produce telecommunications device in any human, for this reason this paper agglomerating the necessary guidelines outlined by the various agencies on a global focus on health protection in the people.

KEYWORDS: Electromagnetic, Frequency, Radiation, Power, GSM, Spectrum.

CHAPARRO BECERRA FABIÁN

Esp en Redes de Telecomunicaciones, Universidad Santo Tomás Tunja
Investigador Grupo GITECOM, Facultad de Ingeniería Electrónica
Universidad Santo Tomás Seccional Tunja, Colombia
wchaparro@ustatunja.edu.co

SOSA QUINTERO LUIS

PhD, (c), Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia Tunja
Investigador Grupo GINSCON, Facultad de Ingeniería Electrónica
Universidad Santo Tomás Seccional Tunja, Colombia
lsosa@ustatunja.edu.co

I. INTRODUCCIÓN

La OMS (Organización Mundial de la Salud) en búsqueda de ahondar y perfeccionar la normatividad referente a la estandarización de los niveles de exposición a las radiaciones no ionizantes abanderó la parametrización de un conjunto de normas generales que se ajustan y tienen vigencia mundial. La mayoría de recomendaciones especifican dos conjuntos de límites, para exposición ocupacional y del público. En el caso particular la norma de seguridad C95.1-2005 para RF del IEEE acuerda niveles de seguridad con respecto a la exposición humana a los campos electromagnéticos de frecuencia radioeléctrica, 3KHz a 300 GHz "IEEE – Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz", publicada el 19 de Abril de 2006, en una revisión de la inicialmente planteada norma IEEE-C95.1-1991 (edición de 1999) y C95.1b-2004 enmienda que referencia la Tasa de Absorción Específica (SAR – Rate Absorption Specific) que expresa la velocidad de absorción de energía en los tejidos del cuerpo, midiéndose en Watios por kilogramo de tejido.

Como complemento a esto muestra los límites específicos de absorción para el oído; esta revisión está sujeta a una serie de obras científicas y médicas publicadas hasta mediados de 2003; incluyéndose algunas apreciaciones de 2004 y 2005; el texto contiene un examen general de aproximadamente 1300 referencias, incluidos estudios relacionados con exposiciones de bajo nivel, en los que no podían medirse o no se preveían aumentos de temperatura. Esta norma expone nuevos conocimientos adquiridos de métodos experimentales y numéricos mejorados; un mejor entendimiento de los efectos agudos y crónicos en animales y seres humanos de la exposición a un campo electromagnético de frecuencia radioeléctrica (RF). Estos análisis están sujetos a las pautas dadas por ICNIRP "Comisión Internacional para la Protección de la Radiación No Ionizante".

II. DESARROLLO TEMÁTICO: PROBLEMÁS

Todas estas normas contemplan también diferentes situaciones de exposición. Entre ellas se distingue la exposición de todo el cuerpo o de una región (ésta es la más relevante para los dispositivos de comunicación de RF). De igual forma se especifican promedios de tiempo de exposición en un intervalo de seis (6) a treinta (30) minutos.

No todo el mundo está de acuerdo con las actuales normas de seguridad sobre radiofrecuencias, incluso algunos científicos afirman que hay evidencias respecto a que la exposición a bajos niveles de radiofrecuencias es peligrosa. Sin embargo, incluso estos científicos generalmente no alegan que densidades de potencia tan bajas como las que se encuentran alrededor de emplazamientos de antenas de estaciones base correctamente

diseñadas sean peligrosas; la densidad de potencia o intensidad "I" de una onda electromagnética es la potencia que pasa a través de la unidad de área de un metro cuadrado. La intensidad se mide en Watios por metro cuadrado W/m².

Las propiedades de los campos electromagnéticos cambian con su distancia a la fuente. Estas propiedades son más simples a distancias mayores que algunas longitudes de onda, sobre la base de las frecuencias utilizadas en el caso de telefonía celular estas distancias son del orden de un metro. Esta región del espacio se conoce como región de campo lejano. En esta región, la onda electromagnética consiste de campo eléctrico y campo magnético oscilante y perpendicular entre sí, y el plano que los contiene es perpendicular a la dirección de propagación (dirección de intensidad). Los campos están en fase, de manera que hay coincidencia de los puntos en que el campo eléctrico y el magnético son máximos (1). Sus magnitudes están relacionadas a la intensidad I mediante las siguientes ecuaciones:

$$E \approx 19 \sqrt{I} \left[\frac{V}{m} \right]$$
$$B \approx 0.06 \sqrt{I} \left[\frac{\text{Weber}}{m^2} \right] \text{ ó } [\text{Tesla}]$$

Ecuaciones de la magnitud de campo eléctrico y magnético en función de la corriente I (1)

Existe otra región en el espacio conocida como región de campo cercano, próximo a la antena. En esta región, el análisis de los campos es más complejo. La cantidad de la potencia radiada en la región de campo cercano es idealmente igual que en la región de campo lejano, pero cerca de la antena una cantidad considerable de energía electromagnética es almacenada, es decir, que en la región de campo cercano así como hay una energía neta que es irradiada hacia el espacio exterior, se tiene energía adicional que oscila y vuelve a la antena.

Estas oscilaciones ocurren tanto en la dirección hacia fuera de la antena como a lo largo de ella, de manera que el flujo de energía neta tiene una dirección que forma un cierto ángulo con la dirección de propagación en el exterior, los campos eléctricos y magnéticos son aún perpendiculares entre sí y a la dirección del flujo de energía, pero, no están en fase y sus valores pueden diferir apreciablemente de las expresiones simples que se aplican en la región de campo lejano. Para ilustrar las diferencias entre las regiones de campo cercano y campo lejano, se puede considerar el caso de una antena dipolo, tal como se muestra en la Figura 1.

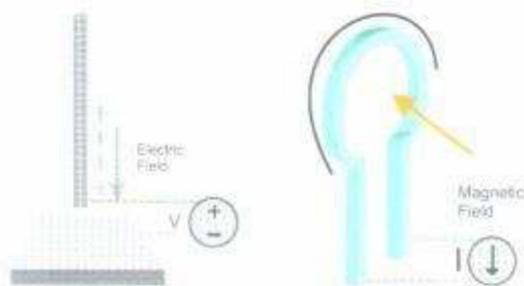


FIGURA 1. CAMPO ELÉCTRICO Y MAGNÉTICO DE UNA ANTENA DIPOLO
Fuente: Imagen tomada de: <http://www.interferencetechnology.com>

Para el cual se entiende que la región de campo lejano se encuentra a una distancia de un metro comprendido desde la fuente llamada "d" ($d > 1$ metro) y la región de campo cercano puede relacionarse a partir de la referencia física de la fuente hasta los límites inferiores de la región de campo lejano ($0 < d < 1$ metro).

La dirección del campo eléctrico E es paralela al plano de propagación de la fuente y perpendicular a la dirección del campo magnético. En la figura # 2 se observa la dirección de campo eléctrico, campo magnético y la dirección de propagación.

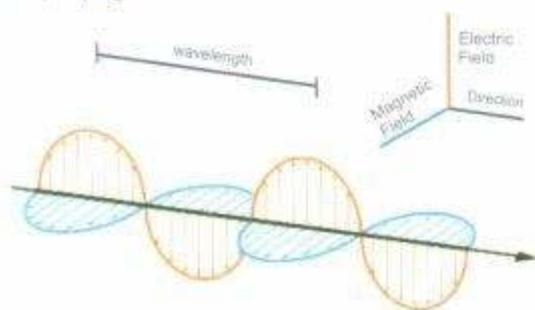


FIGURA 2. POLARIZACIÓN ORTOGONAL- CAMPO ELÉCTRICO, CAMPO MAGNÉTICO, "PERPENDICULAR AL CAMPO ELÉCTRICO" Y DIRECCIÓN DE PROPAGACIÓN.
Fuente: Imagen tomada de <http://www.visionlearning.com/library/modules/mid138/image/VLObject-3483-051220091214.gif>

Lejos de la antena, la energía fluye hacia fuera de la fuente. Sin embargo, cerca de la antena, la mayor parte de la energía es almacenada en torno de la antena, sólo una proporción muy pequeña de la energía es radiada hacia fuera de la antena, para establecer valores de las magnitudes consideradas, en el análisis de los campos electromagnéticos en los sistemas de telefonía móvil, se considerará el caso específico de la tecnología GSM (Groupe Special Mobile), dado que es una de las más utilizadas en el mundo, la potencia RF de los teléfonos móviles es principalmente transmitida por la antena conjuntamente con los elementos del circuito dentro del aparato. La antena es usualmente una espira metálica o una varilla metálica de pocos centímetros de longitud, extendida en la parte superior del teléfono. Ninguno de los tipos de antena es fuertemente direccional, aunque en algunas direcciones la potencia radiada es mayor que en otras direc-

ciones. Sin embargo actualmente las antenas son una pequeña microcinta que es más direccional, pero aun sigue teniendo lóbulos posteriores que a pesar de que son de menor potencia existen.

En la figura 3. Se observan los lóbulos de radiación de una antena general, dentro de la cual se puede observar que la potencia radiada es mayor en la dirección de propagación de la antena (lóculo principal) y que los lóbulos laterales y el lóbulo posterior radian energía en una proporcionalidad menor a la del lóbulo presente en el campo de dirección de propagación Hardell, Nasman, Pahlison, Hailquist (2000).

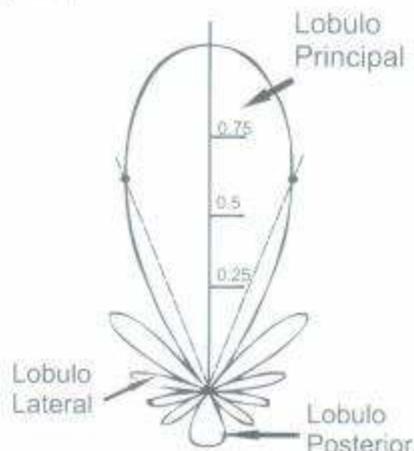


FIGURA 3. LÓBULOS DE RADIACIÓN
Fuente: Autores

El decreto 195 de 2005 expone en sus líneas a una fuente inherentemente conforme como aquella que produce campos que cumplen los límites de exposición pertinentes a pocos centímetros de la fuente, para las cuales no son necesarias precauciones particulares. El criterio para la fuente inherentemente conforme es una fuente con características PIRE (Potencia Isotrópica Radiada Efectiva) de dos Vatios 2W. o menos, salvo para antenas de microondas de apertura pequeña y baja ganancia o antenas de ondas milimétricas cuando la potencia de radiación total de 100mW ó menos podrá ser considerada como inherentemente conforme Rosario (2009); De acuerdo a esto y con el concepto dado por ASOCEL "Asociación de la Industria Celular en Colombia", en la cual se expone y regula que la potencia máxima de un móvil es de 0.6 Vatios, la de las estaciones base a una distancia considerable de la exposición al público en general es de 25 Vatios; estos valores se comparan con los niveles de potencia radiados en la utilización de hornos microondas ó estaciones de radio que son muy superiores en niveles de radiación; permitiendo interpretar que revisados los diversos estudios analizados referente a las estaciones de telefonía móvil; los valores de potencia encontrados están entre 500 y 4000 veces por debajo de los valores límites establecidos internacionalmente para la radiación de acuerdo a los lineamientos estable-

cidos en la Recomendación UIT-T K.52 "Orientación sobre el cumplimiento de los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos", y "Recomendación para limitar la exposición a campos electromagnéticos" estudio de la Comisión Internacional para la Protección de la Radiación No Ionizante, ICNIRP.

En función de la relación que expone los límites máximos de exposición según la frecuencia de operación de la RECOMENDACIÓN UIT-TK.52, se tiene que para una exposición ocupacional en la banda de frecuencias de 400 – 2000 MHz, el valor máximo de la intensidad de campo eléctrico está señalado como $E_{lim} = \frac{120}{f}$, donde f es la frecuencia y para la intensidad de campo magnético se ajusta a $H_{lim} = \frac{3.75}{f}$, junto a una densidad de potencia característica de $S_{lim} = \frac{0.001}{f}$, es decir la potencia por unidad de superficie normal a la dirección de propagación de la onda electromagnética; por otra parte, para la exposición del público en general en la misma banda de frecuencias señaladas anteriormente, se tiene que para el valor máximo de la intensidad de campo eléctrico se determina como $E_{lim} = \frac{240}{f}$ donde f es la frecuencia y para la intensidad de campo magnético $H_{lim} = \frac{7.5}{f}$, junto a una densidad de potencia característica de $S_{lim} = \frac{0.002}{f}$, observando de esta manera que la exposición a la intensidad de campo eléctrico y magnético es mayor en cuanto más cerca se encuentre de la fuente de radiación.

Estos son los parámetros de campos e intensidades cuando la antena está lejos de la cabeza o del cuerpo de las personas. Cuando la antena está cerca del cuerpo, la radiación penetra y los campos dentro del cuerpo son significativamente menores que los campos fuera del cuerpo.

En un arreglo típico de estaciones radioeléctricas, cada torre soporta tres antenas, transmitiendo cada antena en un sector de 120°, las antenas de las estaciones bases transmiten potencias mucho mayores que la de los teléfonos móviles Hardell et al. (2000). El límite de la potencia está dado por la necesidad de evitar Interferencia RF y definida por una licencia indicada por los organismos pertinentes "Ministerio de Comunicaciones".

No se limita directamente la potencia total emitida sino indirectamente se fija la máxima intensidad que una antena puede transmitir en su lóbulo principal, que es donde se concentra la mayor parte de la potencia emitida. Esto se realiza definiendo la máxima Potencia Isotrópica Radiada Efectiva (PIRE) que puede ser transmitida. La PIRE es la potencia que podría ser transmitida igualmente en todas las direcciones para producir una determinada intensidad. Siendo G la ganancia de la antena, P la potencia total de salida de la antena.

En otras palabras la Potencia Isotrópica Radiada Efecti-

va, (1) se relaciona como el producto de la potencia suministrada a la antena $P[W]$ por su ganancia con relación a una antena isotrópica en una dirección dada (ganancia isotrópica o absoluta) G [veces]. O potencia suministrada a la antena $P [dBm]$ + su ganancia $G [dBi]$ Rosario (2009).

$$EIRP = P[W] \times G$$

$$EIRP[dB] = P[dBm] + G[dBi]$$

Equaciones Potencia Isotrópica Radiada Efectiva (2)

Para un sistema de antenas de 120°, la ganancia es usualmente entre 40 y 60. Además, se establece un valor máximo de PIRE de 1500 W por canal de frecuencia, lo que determina una máxima potencia radiada de aproximadamente 30 W por canal. También limita el número de canales por antena de 16 para 1800 MHz y de 10 para 900 MHz, teniéndose en la práctica que el número de canales por antena es menor que 4 para 1800 MHz y de 2 a 4 para 900 MHz. La potencia total emitida por la antena está generalmente limitada por las características del equipo y es menor de 70 W. Tal como para el caso de los teléfonos móviles, la potencia media transmitida por una estación base es normalmente menor que la potencia máxima.

La intensidad RF fuera del lóbulo principal no es cero, debido a la potencia emitida por los lóbulos laterales y el lóbulo posterior. Mediante el diseño adecuado de la antena, la potencia de los lóbulos laterales o el lóbulo posterior se puede hacer muy pequeña en comparación a la del lóbulo principal.

Se han realizado mediciones en varios puntos dentro de edificios, a nivel de tierra o en otros lugares de acceso público, y se han obtenido valores típicos de la intensidad entre 0,01 y 1 $\mu W/cm^2$ y el máximo no excedió los 10 $\mu W/cm^2$ valores mucho menores que los calculados para el lóbulo principal NCRP (1986), ICNIRP (1998), NRPB (1993).

A través de los últimos años han aparecido interrogantes concernientes a las redes inalámbricas y dentro de estas a los campos electromagnéticos que ellas emanan, es por esta razón que a continuación se exponen los principales:

A. ¿La salud está en peligro?

En función de las apreciaciones que han aparecido en la sociedad en torno a las antenas de telefonía móvil, los mismos repercuten para las redes informáticas inalámbricas en expansión actualmente;

B. ¿Son perjudiciales las redes Wireless Fidelity - WIFI para la salud?

Existen dos parámetros fundamentales a la hora de estudiar el efecto de las radiaciones electromagnéticas en la salud: La frecuencia y la intensidad.

Las ondas de menor frecuencia de radiodifusión (radio AM) atraviesan el cuerpo humano sin interactuar con tejidos o parte alguna del cuerpo, mientras que las de mayor frecuencia sí lo hacen (microondas).

C. ¿Redes WIFI vs. Telefonía móvil?

Para la frecuencia los antiguos teléfonos móviles analógicos trabajaban en la banda de 450 MHz. Los primeros móviles GSM usaban la banda de 900 MHz, y en la actualidad lo hacen en bandas de 1800 y 1900 MHz. La telefonía de tercera generación (UMTS - Universal Mobile Telephone System), funciona inicialmente en la banda de 2100 MHz. La WIFI 802.11b (11 Mbps) y 802.11g (54 Mbps) funciona con una banda de 2400 MHz, y la 802.11a, desde octubre de 2005, tiene reservadas las bandas en los 5GHz.

Respecto a la intensidad; Bajo los lineamientos de la ley europea, un móvil puede transmitir 0,1 Watios, (recordemos que para Colombia de acuerdo a Asociación de la Industria Celular en Colombia "Asocel" un móvil puede transmitir a 0,6 Watios), identificando que en Europa son más estrictos con estos niveles de potencia en los dispositivos móviles; el límite permitido en las redes WIFI es 100 mW en la banda libre de 2,4 GHz. En el caso de redes inalámbricas de datos, la frecuencia de uso en los estándares 802.11 es igual a la de los hornos microondas (1-3 GHz) y cercana a la de la telefonía móvil, aunque con intensidades mucho menores.

Para hacerse una idea, del orden de cinco veces menos que un terminal de telefonía móvil y de dieciocho mil veces menos que un horno microondas convencional. Es decir, que tardaríamos aproximadamente 25 días en hacer hervir un vaso de agua expuesto a la potencia máxima de un dispositivo de red inalámbrica.

Recordemos que la medida de exposición estándar para dispositivos móviles, denominada Tasa de Absorción Específica (SAR - Rate Absorption Specific), es una tasa sobre la radiofrecuencia absorbida por el cuerpo. En Europa el límite es de $2 \frac{W}{kg}$ de tejido humano, medidos sobre 10 gramos de tejido. En Estados Unidos es de $1.6 \frac{W}{kg}$ (sobre 1 gramo de tejido).

Según modelos de móviles, el SAR varía entre 0,4 y 1,4 estando la media por debajo de uno. Los dispositivos de redes WIFI no están obligados a informar sobre su SAR. Por ejemplo ejemplo, una tarjeta de red inalámbrica PCCard / CardExpress USR tiene un SAR de 1,08. Por debajo de los parámetros Europeos y americanos exigidos.

Sintetizando, las redes WIFI transmiten en la frecuencia de las microondas pero a intensidades bajas y con exposiciones menos directas respecto a los teléfonos móviles.

D. ¿Daña WiMax a la salud?

Primero partamos viendo las características de WiMax. Potencia de transmisión WiMax 38 dB, la del Wifi es 15 dB (aproximadamente). Frecuencia de transmisión de IEEE 802.16a (WiMax) entre 2 y 11 GHz Distancia de transmisión (30 a 50 kilómetros) En consecuencia WiMax debería ser más dañina para la salud que una Wifi, ya que la frecuencia de transmisión y la potencia de transmisión son mayores, en razón de la búsqueda de abarcar mayores distancias. Sin embargo no se han asociado directamente casos de problemas de salud por el uso de esta tecnología.

E. ¿Microondas y RF?

Efectos biológicos dañinos: "No existen radiaciones ionizantes para un ser humano". El hecho de que la radiación sea no-ionizante no descarta que afecte al ser humano, simplemente descarta que sepamos su efecto.

Las radiaciones intensas pueden provocar algunos efectos nocivos como son: Alteraciones en el comportamiento; Hipertermia leve o severa (si el incremento es menor a un grado centígrado (1°C), la sangre disipa este exceso de calor) No obstante en zonas poco vascularizadas, como el interior del ojo, puede causar daños irreversibles; Alteraciones del desarrollo embrionario, cataratas y quemaduras.

Por otra parte, puede provocar interferencias que afectan de forma indirecta, como son: interferencias con marcapasos, monitores en hospitales, aparatos terapéuticos como es el caso de los celulares:

A manera de resumen, citaremos algunas de las principales vías de influencia, aunque hay que decir que prácticamente cada día hay algún equipo de investigadores que descubre nuevas alteraciones: una de ellas es a través de un aumento de la permeabilidad de la barrera hematoencefálica. Las neuronas, como todas las células, están recubiertas de una membrana que las protege del exterior. Las microondas provocan una dilatación de los poros de esa membrana, que se hace así permeable a determinadas sustancias que no deberían entrar en las neuronas. Este proceso permite relacionar las microondas con tumor cerebral, enfermedad de Alzheimer y pérdidas de memoria, como consecuencias más directas. Otra vía de influencia es a través de la producción de melatonina. La melatonina es una hormona descubierta recientemente, producida por la glándula pineal, una de cuyas funciones conocidas es la de regular los ritmos de sueño y vigilia. Una alteración en su producción conlleva desarreglos del sueño y del carácter, tales como depresión, cansancio y, en el extremo, propensión al suicidio.

Estos efectos nombrados anteriormente no necesariamente van a ocurrir, ya que los equipos actuales trabajan a

potencias muy bajas, pero, sin embargo, el tiempo de exposición va a ser muy grande en unos años más, donde puede que empiecen a aparecer los efectos directos a la salud producidos por las microondas y las RF (lo cual no es posible de predecir ya que los estudios relacionados a este tema son muy pocos y difíciles de comprobar, más aun a corto plazo).

III. CONCLUSIONES

El Estudio de las energías no ionizantes es un campo de la ingeniería que apenas entra en su fulgor, a pesar de las grandes necesidades que se tienen de este trabajo, por las inmensas implicaciones que tiene sobre la vida humana y vegetal, afrontando serios problemas éticos, ya que las telecomunicaciones son uno de los principales renglones de la producción y venta de servicios, lo cual implica recursos económicos inimaginables para las personas del común.

Así mismo, las energías ionizantes son de uso cotidiano por todas las personas que se encuentran en el mundo independientemente de sus condiciones económicas y de los entornos en los cuales convive. Siendo este el riesgo prioritario en los usos continuos de las fuentes generadoras; desafortunadamente la normatividad y los reglamentos son muy lentos para que estén al día con los cambios tecnológicos, además del tiempo que toma su imple-

mentación, un ejemplo de ello son las características que se deben cumplir en las redes de baja, media y alta tensión en los centros escolares o zonas urbanas, que a pesar de tener una clara disposición legal, sólo han sido implementadas en contados lugares.

Por otro lado, es importante el apoyo que se recibido de la comunidad científica de otras disciplinas como son la biología y la química, que han intentado encontrar las implicaciones que tiene los excesos de energías no ionizantes en los seres vivos, desafortunadamente en los veinte o treinta años que se ha estado estudiando esta temática no se ha podido confrontar la incidencia ocasionada por estas radiaciones en las generaciones futuras, sólo se ha podido determinar efectos como el incremento de la temperatura y las implicaciones que esta tiene en el comportamiento neuronal, biológico o a nivel celular, sin embargo queda pendiente el daño que se puede causar en las generaciones futuras y los grados de contaminación que se pueden producir al planeta, entre otros.

Nosotros los investigadores de la facultad de Ingeniería Electrónica queremos con estos artículos generar conciencia del uso y las implicaciones que tiene el buen empleo de la tecnología en nuestras actividades cotidianas.

REFERENCIAS

- Aizu, RK & Grandtall BJ, & Erwin (1996) Effects of weak high-frequency electromagnetic fields on biological systems, in *Radiofrequency Radiation Standards*
- Moulder, JE & Eronich, LE & Malyska, RS & Merrill, J & Piskard, WF & Vaynsman (1999) "Cell phones and cancer: what is the evidence for a connection?" *Rad. Res.* 151, 513-521
- Rotstein, KL & Laughlin, JE & Frazier, OF & Graybi, NA. (1996) "Ocular mortality of cellular telephone customers." *Epidemiology* 7, 321-325.
- Dwyer, NA & Laughlin, JE & Rotstein, KL (1999) "Cancer-specific mortality in cellular telephone users." *JAMA* 282, 1816-1818.
- Harari, L & Navehan, A & Parison, A & Haidar, A & Mrid, KH. (1999) "Use of cellular telephones and the risk for brain tumors: A case-control study." *Int. J. Of Oncol.* 15, 113-118.
- Harari, L & Navehan, A & Parison, A & Haidar, A & Mrid, KH. (2000) "Case-control study on oncology work, medical X-ray investigations, and use of cellular telephones as risk factors for brain tumors." *Medicine General Medicine* 2.
- Hayes, DL & Wang, P; & Reynolds, DW & Eaves, NAM & Griffith, JL & Seifens, RA & Carlo GL & Frisitz, GK & Johnson, CM. (1997) "Interference with cardiac pacemakers by cellular telephones." *New Eng. J. Med.* 336, 1473-1479, 1997. (see also *New Eng. J. Med.* 336, 1516-1519, 1997, 337, 1006-1007).
- Rapoport, RS. (1996) *Wireless Communications: Principles and Practices*, Prentice-Hall, Inc. Upper Saddle River, NJ.
- Milington, RJ. (1997) *Mobile and personal communications in the 90s*, in: *Mobile Communications Safety*, Kuster, M, Bazzano G and Liu JC, eds. Chapman & Hall, London, UK.
- IEEE C95.1 (2005) (1997) "Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 MHz to 300 GHz." IEEE, Piscataway, NJ.
- ICNIRP (1998) *Biological effects and exposure criteria for radio frequency electromagnetic fields*, Report 86, Bethesda, MD National Council on Radiation Protection and Measurements 1, 351.
- ICNIRP (1998) *Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300GHz)*, Health Physics, 74(4):494-502.
- U.S. Federal Communications Commission (1997), Office of Engineering and Technology, Evaluating Compliance with FCC Specified Guidelines for Human Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields, OET Bulletin 65.
- COMAR Reports (1998) Radio frequency interference with medical devices: A Technical Information Statement. IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine T9(3):111-114.
- Kenneth, F. & Chiu, C. & Rao, P (2009), September 10 IEEE-EMBS Committee on Man and Radiation (COMAR) de <http://www.org/academic/interactions/Protection/parish.htm>
- Gans - Mints (2009, Agosto 25) de <http://www.ubrafora.com/tema/moviles-gadgets/917-coma-in-gan-garides-diferencias.html>
- "Standard for safety levels with respect to human exposure." (2009, Agosto 27) de <http://www.internationaltechnology.com/articles/whowho/whowho-course-of-ieee-std-c95-1-2005-ieee-standard-for-safety-levels-with-respect-to-human-exposure.html>
- IEEE C95.1 (2005) (2009, Octubre 2) de <http://webstore.ieee.org/ProductsDetail.aspx?sku=IEEE-C95.1-2005>
- Circular P/1 de 2007 Ministerio de telecomunicaciones. (2009, Julio 20) de http://www.ataxlablogsa.gub.uy/areas/informay/normal_julio11_24018
- Reglamento para instalar y operar estaciones radiofónicas de servicio de aficionados (2009, Julio 15) de http://www.fadecsa.gov.uy/comunicacion/especial/leyes_tecnicas/9_858.pdf
- Resolución 1843 de 2009 Ministerio de telecomunicaciones (2009, Septiembre 2) de http://www.ataxlablogsa.gub.uy/areas/informay/normal_julio11_17461
- Proyecto, M (2009, Julio 12), Proyecto de ley Contaminación Electromagnética de http://www.comunicaciones.gov.uy/comunicacion/leer_documento.aspx?ProyectoID=2007Electromagnetica.pdf
- Tránsito. V. Crede la telefonía móvil en Colombia. (2009, Julio 10) <http://www.eltiempo.com/colombia/2007/07/20/crecimiento-de-usuarios-de-telefonos-en-colombia/>
- Uribe, A. Pardo, M. Decreto 195 de 2005 República de Colombia, Límites de exposición de las personas a campos electromagnéticos (2009, Julio 9) http://www.registro.gov.co/indicador/telefonos.com_documento.aspx?doc_ver=641138&rend=1
- Haidar, M. *Microwave and RF Design of wireless system* (Julio, 2009).