



## RADIACIÓN EN TELEFONÍA CELULAR

Miguel Vásquez Muñoz \*

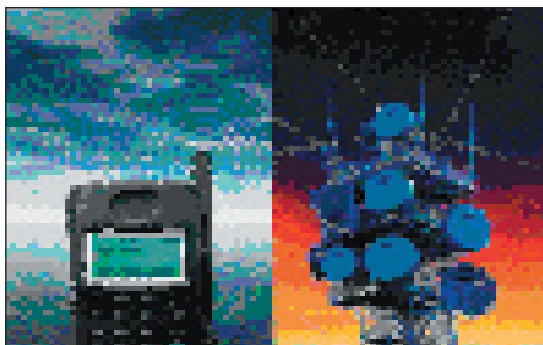
### Introducción.

La telefonía celular ha adquirido gran popularidad debido a la libertad, movilidad, y la productividad que provee. Las personas ya no deben permanecer en sus oficinas u hogares atadas a teléfonos fijos para atender negocios, clientes o establecer relaciones. A su vez, el servicio telefónico celular ha servido de base para el desarrollo de los Servicios de Comunicaciones Personales PCS (*Personal Communication System*), los que van más allá de una simple conversación telefónica. La cobertura geográfica de un servicio de comunicaciones personales, permite que el usuario pueda generar y recibir mensajes en todo instante, lo que implica instalación de *estaciones base*, con sus respectivas antenas, en aquellos lugares en que la Empresa pertinente desee entregar un buen servicio. Sin embargo, han surgido controversias en el sentido que las radiaciones (no ionizantes) producidas por los equipos celulares, pueden producir daños a la salud de las personas, lo que ha generado un rechazo, y en algunos casos, demandas judiciales contra la instalación de antenas de estaciones base en diversos sectores donde trabajan y viven muchos de los usuarios que emplean los servicios de esta tecnología, y lamentablemente, no está del

todo claro con respecto a los efectos que pueden producir las radiaciones de estas antenas, que cada vez y en mayor número se incorporan al paisaje urbano y rural de nuestra larga geografía.

Se denomina *radiación no ionizante* a toda energía en forma de ondas que se propagan a través del espacio. A diferencia de lo anterior, la *radiación ionizante* es cualquiera de los varios tipos de partículas y rayos emitidos por material radioactivo, equipos de alto voltaje y reacciones nucleares entre otros. Los tipos que son generalmente importantes para la salud son las partículas alfa y beta, los rayos X y los rayos gama.

Los campos electromagnéticos son fenómenos naturales; las galaxias, el sol, las estrellas emiten radiación de baja densidad, y en la atmósfera existen cargas eléctricas que generan campos magnéticos a los que estamos sometidos permanentemente y que se hacen mucho más intensos, por ejemplo, durante las tormentas eléctricas. Pero a estos campos eléctricos y magnéticos naturales se han unido en el último siglo un amplio número de campos artificiales, creados por maquinaria industrial, líneas eléctricas, electrodomésticos, etc. que nos exponen a diario a una radiación adicional. Si bien, con alguna excepción, toda esta radiación artificial es mucho más débil que los campos electromag-



Antenas de tecnología GSM empleadas en la telefonía digital.

néticos naturales, en muchas profesiones del sector electrónico, ferroviario y de telecomunicaciones la exposición es continuada.

En este artículo, se describen resumidamente consideraciones tanto teóricas como prácticas, de un estudio realizado por ingenieros y técnicos de la *Universidad Técnica Federico Santa María (UTFSM)* orientado a calcular la intensidad de potencia radiada esperada (teórica) y medida (práctica) en las inmediaciones de una antena (menos de 100 metros) de una *estación base* de tecnología GSM (*Global System for Mobile Communications*), es decir la empleada en la telefonía en cuestión, instalada en pleno Campus Santiago de la mencionada Universidad, para determinar en forma científica si realmente el nivel de radiación produce daño a la salud del ser humano.

### La tecnología GSM.

La tecnología GSM se gestó durante los años 1980 – 1989 con el objetivo de fijar una norma para las telecomunicaciones digitales, única para Europa. En 1995 se extendió y comenzó a operar en Estados Unidos, Canadá y Chile. GSM utiliza una variación del acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) y es la más utilizada de las tres tecnologías actuales de telefonía inalámbrica que son: TDMA, GSM y CDMA.

GSM digitaliza y comprime voz y datos, y después los envía al destinatario

a través de un canal de comunicaciones junto con otras dos series de datos de identificación del usuario en particular. Opera en las bandas de frecuencia de 900MHz, 1800MHz y 1900MHz. Tiene en la actualidad más de 500 millones de usuarios en todo el mundo y está disponible en más de 120 países, ya que varios operadores de GSM tienen acuerdos de roaming internacional (servicio que prestan los operadores de telefonía móvil a sus abonados para que sigan recibiendo o generando llamadas hacia y desde su aparato móvil cuando se encuentran en el extranjero).

Cabe mencionar que la introducción de esta tecnología en Chile y la asignación de su rango de frecuencias por parte de la Subsecretaría de Telecomunicaciones (SUBTEL) a las empresas operadoras de PCS, (actualmente ENTEL, CTC, BELL-SOUTH y SMARTCOM) trajo como consecuencia que la materialización de estos enlaces interfiriera, en distintos puntos del país, a algunos enlaces de microondas pertenecientes a las Fuerzas Armadas. Analizado el problema en conjunto con la SUBTEL, ese organismo estatal, resolvió que aquella empresa que afectara algún enlace de las FFAA, debía a su costo reemplazar el enlace afectado, obviamente en un rango de microonda diferente al que se estaba utilizando, lo que se efectuó sin inconvenientes.

Al igual que cualquier sistema de comunicaciones móviles basado en el concepto celular, GSM considera 3 elementos básicos en la comunicación: El teléfono móvil (MS: *Mobile Station*), el subsistema de estación base (BSS: *Base Station Subsystem*) y el subsistema de red (NSS: *Network and Switching Subsystem*). Para el análisis que se realiza en este artículo, sólo es de interés la estación base, BSS.

La BSS consta de dos partes funcionales, los transceptores de la estación base (BTS: *Base Transceiver Subsystem*), que manipulan los protocolos de

enlaces de radio con el terminal móvil, y el Controlador de Estación Base (BSC: *Base Station Controller*).

El estándar GSM opera en diferentes bandas de frecuencias, siendo la relevante para el entorno chileno la que se entrega en la siguiente Tabla:

Uplink	1850 – 1910MHz
Downlink	1930 – 1990 MHz
Separación	80 MHz

"Bandas de frecuencias asignadas a GSM"

Las bandas de subida (*Uplink*): es desde el móvil a la estación base, y la de bajada (*Downlink*): es desde la estación base a los móviles, que es la relacionada en este caso, al generarse en este proceso la cuestionada radiación en estudio.

Como se desprende de la Tabla, cada una de estas bandas es de 60 MHz, e incluyen en ella 299 canales de radiofrecuencia de 200 KHz de ancho de banda, reservando 100 KHz en cada extremo de la banda asignada como resguardo de frecuencia. Cada canal de radiofrecuencia se multiplexa en el tiempo en ocho ranuras, numeradas de 0 a 7, que son las utilizadas para el transporte de información de control y de las conversaciones, y que conforman una trama digital de 4,62 ms de duración. De esta forma, GSM ofrece en cada estación base 2392 canales de radiofrecuencia de subida, e igual número de bajada (cuando se copan, es el momento que se produce la congestión, impidiendo a los usuarios establecer una comunicación por este medio).

Para realizar las mediciones se consideró que el ancho de banda de un canal de radiofrecuencia es de 200 KHz.

### **La celda PCS UTFSM, Campus Santiago.**

Según información proporcionada a la UTFSM por el proveedor de servicios PCS, los canales de radiofrecuencia de bajada disponibles en la celda experimental del Campus de Santiago de la

UTFSM eran sólo 12. La cobertura de la celda se logra mediante 3 sectores de 4 canales de radiofrecuencia cada uno.

Para medir la densidad de potencia se tomaron promedios estadísticos de varias mediciones sobre un punto, rotando la antena receptora, para así compensar las variaciones en la medición debido al desvanecimiento de pequeña señal y a la potencia de transmisión variable, producto de la naturaleza aleatoria del tráfico telefónico. Además se registró el máximo valor obtenido, ya que éste se utilizó para calcular la máxima densidad de potencia en el lugar.

Previo a las mediciones y para evitar errores por calibración en los equipos, se efectuó un detallado procedimiento de calibración en terreno del sistema de medición. Los equipos utilizados fueron: un generador de señales Hewlett Packard (HP-8656A), en conjunto con un doblador de frecuencia Minicircuit (FK-3000), un amplificador Minicircuit (ZJL-4HG) y una antena dipolo de media onda. El receptor consistió de una antena dipolo, conectada a un analizador de espectro TEKTRONIX-2792 a través de un cable coaxial de 3,6 dB de pérdida. El filtro de frecuencia intermedia del analizador de espectros se ajustó para un ancho de banda de 1MHz.

Los puntos de medición seleccionados se marcaron en un plano del Campus Santiago de la UTFSM. Todos los puntos de medición considerados en el trabajo correspondieron a aquellos cubiertos solamente por un sector de la estación base, lo cual es muy conveniente para efectos de realizar las mediciones.

De hecho, la mayor parte del Campus estaba cubierta solamente por ese sector de la celda, es decir, teóricamente sólo podrían recibirse los 4 canales de radiofrecuencia relacionados con el sector.

Las señales de los canales de radiofrecuencia se suman para ser transmitidas mediante las antenas, por lo cual tiene sentido calcular la densidad de potencia relativa a uno de los canales

solamente. De esta forma, en la medida que se agreguen canales adicionales, se puede calcular fácilmente la densidad de potencia globalmente.

Un método alternativo, *teórico*, para establecer la densidad de potencia es el basado en el dato del EIRP (*Effective Isotropic Radiated Power*). Este método es el recomendado por el Grupo de Expertos Independientes de Telefonía Móvil de Gran Bretaña y consiste en calcular la densidad de potencia basado en el valor del EIRP, que es la potencia que se obtiene a la salida de un radiador isotrópico.

El proveedor de servicios especificó el  $EIRP = 51,5$  dBm por canal de radiofrecuencia. Conociendo la ubicación de los puntos de medición y las alturas de las antenas de transmisión (30 m) y recepción (2 m), respectivamente, se calculó la densidad de *potencia teórica* a ser registrada en cada uno de ellos.

### Análisis de resultados.

Comparando los valores obtenidos de las mediciones con los valores teóricos, se observó que los valores teóricos obtenidos mediante el dato del EIRP del proveedor de servicios superaron a los valores obtenidos por mediciones. Una de las causas atribuibles a esta diferencia fue que la actividad de los canales de radiofrecuencia observados no fue la máxima posible.

Otra causa pudo ser que el dato del EIRP entregado era superior al real. Finalmente, en los cálculos realizados no se consideró el efecto de multitrayectoria originada por reflexiones en el suelo y en los edificios aledaños.

La SUBTEL, establece que la máxima densidad de potencia admisible es de  $435 \mu W/cm^2$  en áreas de libre acceso para las

personas. Considerando el valor máximo obtenido de los cálculos teóricos basados en el dato del EIRP proporcionado por el proveedor de servicios y el de los experimentales ( $0,03$  y  $0,013 \mu W/cm^2$  respectivamente, en el punto más cercano a la antena, 40 metros), se observó que *estaban muy por debajo de este valor*. Esto se cumple aún en el caso de considerar que la densidad de potencia total en un sector de la estación base es 4 veces el mayor valor obtenido, por tratarse de 4 canales de radiofrecuencias y no uno.

### Conclusiones.

En el trabajo realizado por la UTFSM se contrastaron los valores obtenidos de un cálculo teórico de la densidad de potencia a partir de datos proporcionados por el proveedor de servicios, con los obtenidos experimentalmente mediante mediciones en terreno, y los valores máximos establecidos por el ente regulador para este tipo de sistemas (SUBTEL). Esto comprobó que, desde este punto de vista la instalación de la Estación Base PCS, *no tiene efectos perjudiciales para la salud*, de acuerdo a la



normativa, y no podría llegar a tenerla, aún si se aumenta el número de canales de radiofrecuencia por sector.

Un aspecto relevante de las mediciones fue que los niveles de densidad de potencia registrados en un sector de la estación base están a niveles de 3 órdenes de magnitud por debajo del máximo autorizado, es decir en general 1000 veces inferiores respecto del fijado por el organismo regulador SUBTEL.

Aunque no fue el propósito de este estudio, resulta interesante, en cambio, comparar estos niveles de radiación con aquellos que emite el *teléfono*

móvil (ese aparato que nos acompaña a todas partes y que suena a veces en el momento más inoportuno). Tal como se señala en un estudio realizado en Inglaterra por el *IEGMP (Independent Expert Group on Mobile Phones)*, el nivel de transmisión máximo de un terminal móvil GSM (MS) es del orden de 1 W. Sin embargo, la potencia media de transmisión de un terminal móvil es del orden de 0,125 W, ya que éste usa sólo una de las ocho ranuras disponibles en un canal de radiofrecuencias. La antena del terminal móvil se encuentra aproximadamente a 2 cm de la cabeza de un

usuario, lo cual significa que el valor máximo de densidad de potencia que se desarrolla en la cabeza del usuario es alrededor de 2.500 uW/cm<sup>2</sup>, lo que, a su vez, es un 1/32 de la radiación solar que se recibe en un día claro, según dicho informe.

De lo anterior se desprende que los daños sobre el ser humano que podrían atribuirse a la radiación electromagnética de los sistemas que operan en la banda de PCS, deberían estar asociados a los *Terminales Móviles*, más que a las Estaciones Bases, pero eso .....es materia para otro artículo.

\* \* \*

### BIBLIOGRAFÍA

- SUBTEL: "Resolución N° 505, Exenta", Diario Oficial N° 36657, pág. 6, del 08 de mayo, 2000.
- UTFSM, Depto. Electrónica: "Radiación de Estación Base PCS-GSM", Walter Grote y Ricardo Olivares.
- UTFSM, Depto. Electrónica: "Efectos de la radiación electromagnética de una antena de proyecto FDI", Rodolfo Feick, Walter Grote y Agustín González.
- W. Stewart (Chairman of the Independent Expert Group on Mobile Phones), "Mobile Phones and Health".

