



## IRRADIANCIA DE LOS EQUIPOS CELULARES Y LAS NORMATIVAS PARA LA EXPOSICIÓN A CAMPOS DE RF

(Irradiation of cellular equipment and regulations for exposure to RF fields)

Recibido: 02/04/2013 Aceptado: 11/10/2013

**Beltrán Duque, Jairo Luís**

Universidad del Zulia, Venezuela

[jairobd@gmail.com](mailto:jairobd@gmail.com)

**Ochoa Urdaneta, Ángel Enrique**

Profesor jubilado de la Universidad del Zulia, Venezuela

[angel\\_ochoa@yahoo.com](mailto:angel_ochoa@yahoo.com)

**Hernández Delgado, María Fernanda**

Ministerio del Poder Popular para la Educación, Venezuela

[fernanda750@gmail.com](mailto:fernanda750@gmail.com)

### RESUMEN

En virtud del creciente uso de la telefonía celular y de los numerosos debates acerca de sus repercusiones sobre la salud, se llevó a cabo la presente investigación con el objetivo de comparar la irradiancia emitida por los equipos celulares de circulación nacional, con la establecida en las normativas nacionales e internacionales para la exposición a Campos de Radiofrecuencia (CRF). Sustentado en la teoría de irradiancia (Hayt, 2006; Serway y Beichner, 2002), y las normativas nacionales e internacionales para la exposición a CRF, COVENIN (2004), ICNIRP (1998) y el IEEE (2002). La investigación es de tipo comparativa, con un diseño de campo de tipo estadístico, según Hurtado (2000). La muestra estuvo constituida por 127 modelos de equipos celulares. La técnica utilizada fue la observación directa intersubjetiva, como instrumentos los diferentes equipos celulares y un medidor de intensidad de campo electromagnético. Los resultados obtenidos arrojaron que la irradiancia emitida por estos equipos celulares está dentro de los niveles permitidos por las normas nacionales e internacionales para la exposición a CRF.

**Palabras clave:** Irradiancia, Equipos celulares, Campos de radiofrecuencia (CRF), Normativas COVENIN ICNIRP e IEEE.

### ABSTRACT

In virtue of growing of cellular telephony use and the numerous discussions about repercussions in health, this investigation it is carried out with the objective of comparing the irradiation emitted by the cellular equipments of national circulation, with the established in the nationals and internationals norms to Radio Frequency Fields (RFF) exposition. Sustained in the irradiation theory established (Hayt, 2006; Serway and Beichner, 2002), the Nationals and Internationals Norms to RFF Exposition COVENIN (2004), ICNIRP (1998) y el IEEE (2002). Defined like a comparative investigation type, with a field design of statistical type, by Hurtado (2000). The sample was constituted of



127 equipmentscellular's models. The technique used for data gathering is the intersubjective direct observation and the instruments are conformed by the different cellular equipments, an electromagnetic field intensity meter. The obtained results showed that irradiation emitted by these cellular equipments is inside the levels allowed by the national and international norms for the exposition to the RFF.

**Keywords:** Irradiation, Cellular Equipments, Norms CONENIN ICNIRP and IEEE.

## INTRODUCCIÓN

El nuevo milenio se ha caracterizado por el desarrollo acelerado de la tecnología, en especial, de las telecomunicaciones, área en la cual en las últimas décadas se han dado pasos agigantados.

A la idea inicial de poder comunicarse en todo momento y en todo lugar a través de la telefonía móvil (TM) se han ido anexando múltiples funcionalidades, desde la videocámara, la radio, el multimedia, el internet, los juegos, los procesadores de texto, entre otros, que son algunos de los requerimientos necesarios para el teléfono en la actualidad.

En América Latina el boom ha sido tal, que para la fecha había 24,5 millones de líneas activas. Mientras que en Venezuela el Observatorio de Estadísticas de la Comisión Nacional de Telecomunicaciones CONATEL señala que desde el año 2000 hasta el cuarto trimestre de 2005, se contabilizaron entre 12,4 millones suscriptores en todo el país (CONATEL, 2006).

En la actualidad, estas cifras siguen aumentando a pasos agigantados, solo en el primer trimestre del mismo año se comercializaron un total 291,6 millones de dispositivos móviles en todo el mundo. Por su parte, en Venezuela, CONATEL estimaba que para el tercer trimestre del 2008 habría aproximadamente 26,6 millones de usuarios, el equivalente al 95,99% de la población nacional (CONATEL, 2006).

Asimismo, junto con el crecimiento de la TM se han suscitado permanentes puntos de controversia sobre las posibles implicaciones del uso de esta sobre la salud humana. En tal sentido, la Organización Mundial para la Salud (OMS) ha realizado investigaciones sobre la exposición a campos de radiofrecuencia (CRF) y sus efectos en el ser humano.

Como resultado de esto, se han creado a nivel mundial normativas que rigen la exposición a CRF, tales como la ICINRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection ICNIRP, 1998) y la IEEE c95.1 – 1991 (IEEE, 2002).

En Venezuela se legalizó a partir del año 1995 las normas COVENIN 2238, las cuales son las encargadas de establecer los límites de exposición a los mencionados campos (COVENIN, 2004).

De esta manera, la presente investigación tiene como objetivo comparar la irradiancia emitida por los equipos celulares de circulación nacional con la establecida en las normativas nacionales e internacionales para la exposición a campos de radiofrecuencias.



## IRRADIANCIA DE LA TELEFONÍA CELULAR

La irradiancia  $I$  se define como la magnitud utilizada para describir la potencia incidente por unidad de superficie de todo tipo de radiación electromagnética, también conocida como densidad de potencia (Hayt, 2006). En electromagnetismo se define la irradiancia como el valor de la intensidad energética promedio de una onda electromagnética en un punto dado y se calcula como el valor promedio del vector de Poynting, definido por Serway y Beichner (2002), y por Jackson (1999).

$$\vec{P} = \frac{1}{\mu_0} \vec{E} \times \vec{B} \quad (1)$$

Para una onda electromagnética plana la magnitud del Vector Poynting en términos de la magnitud del campo eléctrico es:

$$P = \frac{E^2}{\mu_0 c} \quad (2)$$

En la búsqueda del objetivo planteado, la ecuación anterior permite calcular la irradiancia de los equipos de telefonía celular a través de la raíz cuadrada media del campo eléctrico generado por el mismo en una llamada telefónica. Este valor será comparado con las normativas nacionales e internacionales.

$$I = \frac{\overline{E}^2}{\mu_0 c} \quad (3)$$

## NORMATIVAS Y RECOMENDACIONES NACIONALES E INTERNACIONALES PARA LA EXPOSICIÓN A LOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS DE RADIOFRECUENCIA

La exposición a campos electromagnéticos está normada internacionalmente por las recomendaciones de la Comisión Internacional para la Protección a la Radiación No-Ionizante (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) (ICNIRP, 1998) y el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE, 2002).

La norma venezolana correspondiente es la COVENIN 2238 (COVENIN, 2004) la cual está sustentada en las ICNIRP. A continuación se hace un recuento de las mencionadas normas, que serán aplicadas en la evaluación de la irradiancia emitida por los equipos de telefonía celular.

## NORMATIVA NACIONAL: NORMA COVENIN 2238

**Tabla 1. Límites de exposición de los campos electromagnéticos de radiofrecuencias para personas ocupacionalmente expuestas**

Rango de frecuencias	Límites		
	(P.O.E. y áreas de trabajo)		
	E (V/m)	H (A/m)	S (mW/cm <sup>2</sup> )
0,03 – 0,065 MHz	600	25	---
> 0,065 – 1 MHz	600	1,6/f	---
> 1 – 10 MHz	600/f	1,6/f	---
> 10 – 400 MHz	60	0,16	1
> 400 – 2000 MHz	3f <sup>1/2</sup>	0,008f <sup>1/2</sup>	f/400
> 2 – 300 GHz	135	0,36	5

Fuente: COVENIN (2004).

**Tabla 2. Límites de exposición de los campos electromagnéticos de radiofrecuencias para público y ambiente en general**

Rango de frecuencias	Límites		
	(Público y ambiente en general)		
	E (V/m)	H (A/m)	S (mW/cm <sup>2</sup> )
0,03 – 0,15 MHz	80	5	---
> 0,15 – 1 MHz	80	0,7/f	---
> 1 – 10 MHz	80/f	0,7/f	---
> 10 – 400 MHz	25	0,07	0,2
> 400 – 2000 MHz	1,3f <sup>1/2</sup>	0,008f <sup>1/2</sup>	f/2000
> 2 – 300 GHz	50	0,16	1

Fuente: COVENIN (2004).

## NORMATIVA INTERNACIONAL

**Tabla 3. Niveles de referencia para campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (0Hz – 300GHz)**

Gama de Frecuencia (f)	Intensidad de campo E (V/m)	Intensidad de campo H (A/m)	Campo B (□T)	Densidad de Potencia S (W/m <sup>2</sup> )
0,1 Hz	---	3,2x10 <sup>4</sup>	4x10 <sup>4</sup>	----
1 – 8 Hz	10000	3,2x10 <sup>4</sup> /f <sup>2</sup>	4x10 <sup>4</sup> /f <sup>2</sup>	----
8 – 25 Hz	10000	4000/f	5000/f	----
0,025 – 0,8 kHz	250/f	4/f	5/f	----
0,8 – 3 kHz	250/f	5	6,25	----
3 150 kHz	87	5	6,25	----
0,15 – 1 MHz	87	0,73/f	0,92/f	----
1 – 10 MHz	87/f <sup>1/2</sup>	0,73/f	0,92/f	----
10 – 400 MHz	28	0,073	0,092	2
400 – 2000 MHz	1,375f <sup>1/2</sup>	0,0037f <sup>1/2</sup>	0,0046f <sup>1/2</sup>	f/200
2 – 300 GHz	61	0,16	0,20	10

Fuente: ICNIRP (1998).



**Tabla 4. Máxima exposición permitida en ambientes no controlados**

Gama de Frecuencia f (MHz)	Intensidad de campo E (V/m)	Intensidad de campo H (A/m)	Densidad de Potencia S E , H (W/m <sup>2</sup> )
0,003 – 0,1	61,4	163	100 , 1 000 000
0,1 – 3	61,4	16,3/f	100 , 1 000 000/f <sup>2</sup>
3 – 30	1842/f	16,3/f	900/f <sup>2</sup> , 1 0 000/f <sup>2</sup>
30 – 100	61,4	16,3/f	1 , 1 0 000/f <sup>2</sup>
100 – 300	61,4	0,163	1
300 – 3000			f/300
3000 – 15000			10
15000 – 300000			10

Fuente: IEEE (2002).

En general, las normas de la ICNIRP (1998) y las IEEE (2002) son las únicas aceptadas internacionalmente por los entes que hacen vida en el campo de las telecomunicaciones, y especialmente en telefonía móvil celular. Sin embargo, son numerosas las recomendaciones propuestas y desarrolladas en muchos países, orientadas a la disminución de los límites de exposición a campos electromagnéticos, dada la exposición permanente pasiva o activa del público en general.

#### RECOMENDACIONES DE LÍMITES DE EXPOSICIÓN A CAMPOS DE RF

En el marco de las normativas anteriores, y atendiendo al proyecto internacional CEM (Organización Mundial para la Salud, 1996) de la OMS iniciado desde 1996, el Comité Científico Asesor en Radiofrecuencia y Salud (CCARS) de España en su informe de Radiofrecuencia y Salud 2007 – 2008 (Comité Científico Asesor en Radiofrecuencia y Salud, 2009) propone los niveles de referencia para los límites de exposición para las bandas de frecuencia asociadas a las telecomunicaciones (ver Tabla 5).

**Tabla 5. Límites de exposición para las bandas de frecuencia asociadas a las telecomunicaciones**

Servicio	Sistema	f(MHz)	Niveles de referencia			
			(mW/cm <sup>2</sup> )	(�W/cm <sup>2</sup> )	(V/m)	(W/m <sup>2</sup> )
Telefonía Móvil	TACS	450	0,225	225	29,2	2,25
	GSM	900	0,45	450	41,2	4,5
	DCS	1800	0,9	900	58,3	9
	UMTS	2000	1	1000	61	10
Red local inalámbrica	IEEE802.11b (Wi-Fi)	2400	1	1000	61	10
	Bluetooth					
Telefonía fija inalámbrica	LMDS	3500	1	1000	61	10
Red local inalámbrica	IEEE802.11a/h (Wi-Fi)	5000	1	1000	61	10
Telefonía fija inalámbrica	LMDS	26000	1	1000	61	10

Fuente: CCARS (2009).



A continuación se presentan los niveles de exposición del público en general a las emisiones de las instalaciones de Telefonía Móvil (Tabla 6), compilados por Huidobro (2000), quien muestra los valores de densidad de potencia (irradiancia) y campo eléctrico máximos permitidos y/o propuestos en países como Alemania, Italia, España, Suiza, Canadá, Escocia, Austria, Nueva Zelanda.

**Tabla 6. Equivalencias de unidades de medida y valores de referencia, para emisiones de instalaciones de Telefonía Móvil**

Niveles de Referencia		Localidad
S (nW/cm <sup>2</sup> )	E (V/m)	
1.000.000	61,400	Propuesto por ICNIRP/OMS y recomendado por el Consejo de UE. Valor máximo legalmente establecido en Alemania (>2000 MHz)
900.000	58,249	Propuesto por ICNIRP/OMS y recomendado por el Consejo de UE. Valor máximo legalmente establecido en Alemania (1800 MHz)
500.000	43,417	Propuesto por ICNIRP/OMS; recomendado por el Consejo de UE. Valor máximo legalmente establecido. ALEMANIA (1000 MHz)
400.000	38,833	LÍMITE EN ESPAÑA
200.000	27,459	LÍMITE GENERALITA DE CATALUNYA
10.000	6,140	Valor máximo legalmente establecido en Italia y Suiza (6V/m>1800MHz). Propuesto en Toronto y Escocia
7.000	5,137	Valor máximo legalmente establecido en Suiza (5V/m 900 + 1800 MHz)
4.000	3,883	Valor máximo legalmente establecido en Suiza (4V/m 900 MHz)
100	0,614	Propuesto en Salzburgo – Austria. Objetivo de Italia según instalación (límite razonable según expertos)
30	0,336	Propuesta en Salzburgo – Austria (0,25 mW/m <sup>2</sup> ) según instalación y operación
20	0,275	Propuesta del Dr. Cherry en Nueva Zelanda para el 2000
10	0,194	Propuesta del Dr. Cherry en Nueva Zelanda para el 2010
1	0,061	Propuesta de resolución de Alemania 1999 vivienda – dormitorio

Fuente: Huidobro (2000).

Finalmente, existen múltiples proyectos de estudios de radiación de telefonía celular, tal es el caso del Proyecto Bioinitiative de la Agencia Medioambiental Europea (AEMA, 2000) quienes proponen límites de exposición basados en la precaución (Tabla 7) que son más bajos que los legalmente establecidos en todo el mundo.

**Tabla 7. Valores límites recomendados según el Informe Bioinitiative**

Umbral de precaución para población en general, en el exterior:	Densidad de Potencia S (□W/cm <sup>2</sup> )	Campo Eléctrico E (V/m)
Antenas de telefonía móvil, antenas radar, antenas de emisión TV y FM, antenas inalámbricas Internet.	0,1	0,614
Teléfono móvil, equipos de internet inalámbrico y radiaciones que cruzan edificios desde fuentes exteriores.	0,01	0,194

Fuente: AEMA (2000).



### TASA DE ABSORCIÓN ESPECÍFICA (SAR)

Se define la Tasa de absorción específica (SAR) como la derivada respecto al tiempo del diferencial de la energía ( $dW$ ) absorbida por un diferencial de masa ( $dm$ ), contenida en un volumen ( $dV$ ) de una densidad dada  $\rho$  (COVENIN (2004); ICNIRP (1998)). Está descrita por:

$$SAR = \frac{d}{dt} \left( \frac{dW}{dm} \right) = \frac{d}{dt} \left( \frac{dW}{\rho dV} \right) \quad (4)$$

SAR es expresada en unidades de watt por kilogramo (W/kg)

Los principales factores que controlan la SAR son: la longitud de onda del campo incidente, las dimensiones y geometría del organismo irradiado, la orientación del organismo con relación a la polaridad de los vectores del campo, la presencia de superficies reflejantes y si el organismo presenta una conducción eléctrica a tierra.

La ecuación (4) puede ser descrita en función del campo eléctrico promedio en un punto dado como:

$$SAR = \sigma \frac{|E|^2}{\rho} \quad (5)$$

Donde:

$E_t$  = Campo eléctrico en el tejido (V/m).

$\sigma$  = Conductividad eléctrica en Siemens/metro (S/m).

$\rho$  = Densidad del tejido ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ).

La Tasa de absorción específica (SAR) también puede calcularse en función del incremento de temperatura de un cuerpo dado por su exposición a una radiación durante un periodo de tiempo a través de la ecuación:

$$SAR = c \frac{\Delta T}{\Delta t} \quad (6)$$

Donde:

$\Delta T$  : es el cambio de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ).

$\Delta t$  : la duración de la exposición a la radiación (segundo).

$c$  : el calor específico del tejido expuesto a la radiación ( $\text{J}/\text{kg}^{\circ}\text{C}$ ).



## METODOLOGÍA

### - TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Según el objetivo trazado en el presente estudio, y de acuerdo con Hurtado (2000), el tipo de investigación es Comparativa, por cuanto se contrastó la irradiancia emitida por los equipos celulares de circulación nacional con la establecida en las normativas nacionales e internacionales para la exposición a campos de radiofrecuencias.

Por su parte, el diseño es de campo de tipo estadístico, puesto que se efectuaron mediciones de la irradiancia emitida por los equipos celulares de circulación nacional, en forma directa de la realidad, para un posterior análisis cuantitativo de la variable en estudio.

### - UNIVERSO, POBLACIÓN Y MUESTRA

Según los datos suministrados por CONATEL (2006) para el tercer cuatrimestre del 2008 se estimaban 26 millones 673 mil 396 suscriptores de telefonía móvil celular en Venezuela; según esta cifra, el universo de la presente investigación está representado aproximadamente por los 26 millones de equipos celulares de circulación en Venezuela. No obstante, según la dinámica de mercado y los intereses de los usuarios de telefonía muchos de estos equipos están desincorporados o inactivos.

Ahora bien, considerando en primer lugar que en el desarrollo de la presente no se hizo necesario conocer el número de equipos en circulación, sino el número de modelos en circulación nacional de las diferentes operadoras.

En segundo lugar la imposibilidad de saber a ciencia cierta cuales son los modelos activos en toda Venezuela, se escoge como población de este estudio el número de modelos de equipos celulares promocionados para el momento de la investigación por las tres compañías operadoras de telefonía venezolanas.

En el orden de ideas anteriores, según la tienda virtual de Movilnet (2009) se promocionan al mercado nacional 86 modelos de equipos celulares, por su parte Movistar (2009) oferta 125 modelos.

Finalmente, Digitel (2009) ofrece 188 equipos, para un total de 399 modelos de equipos celulares en promoción y por tanto en circulación nacional para la presente. Sin embargo, algunos equipos están siendo promocionados por más de una operadora, por lo que la muestra del presente estudio se redujo a 358 equipos celulares.

Un muestreo estratificado arroja que la muestra analizada es de un total 127 modelos de equipos móviles celulares de circulación nacional, de los cuales 57 fueron de tecnología CDMA y los restantes 70 equipos de tecnología GSM, distribuidos como sigue en la Tabla 8.



**Tabla 8. Distribución de la muestra**

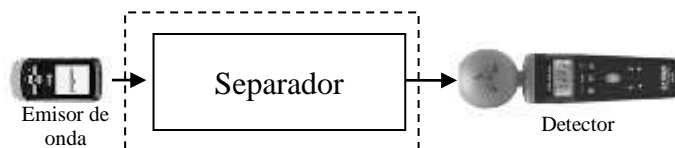
Compañías Tecnología	Movilnet	Movistar	Digitel	Totales
CDMA	46	11	0	<b>57</b>
GSM	15	44	11	<b>70</b>
Totales	<b>61</b>	<b>55</b>	<b>11</b>	<b>127</b>

Fuente: elaboración propia.

### MONTAJES E INSTRUMENTOS

Considerando las normativas COVENIN (2004), ICNIRP (1998) y IEEE (2002), y recomendaciones (Mare (2003); Escobar, Cadavid y Aponte (2010); Aguirre, Dalmas y García (2006) para la medición de los campos de RF se propone el montaje descrito en la Figura 1, el cual consta de un medidor de intensidad de campo electromagnético marca EXTECH modelo 480836, debido a sus bondades en cuanto a la medición del campo (eléctrico, magnético, electromagnético e incluso densidad de campo) de una onda electromagnética específicamente en el rango de frecuencia de la telefonía celular, un separador de 5cm que conserva la distancia durante la medición, y finalmente el equipo celular que va a ser analizado.

**Figura 1. Montaje del equipo para la medición del campo eléctrico y de la irradiancia**



Fuente: elaboración propia.

Las mediciones se realizaron durante un lapso de tiempo de 6 minutos en llamada, en el cual se detectaron los picos máximos, promedios y la raíz cuadrada media del campo eléctrico, con el cual se calculó la irradiancia emitida por los equipos celulares estudiados a través de la ecuación (2). Para disminuir la interferencia o detección de otros campos electromagnéticos presentes en el sitio de trabajo, se realizaron mediciones de control para detectar y medir campos electromagnéticos presentes en el área de trabajo.

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

En la Tabla 9 se muestran los estadísticos descriptivos de la muestra analizada, en esta se puede observar que la distribución de la Irradiancia de la telefonía de 900MHz tiene una media de  $0,001226W/m^2$  con una desviación típica de  $0,0011273W/m^2$ , con aproximación a una distribución mesocúrtica y una suave asimetría positiva; es decir, con una leve tendencia de los valores menores (figura 2a). Mientras que la media de la irradiancia de la emitida por los equipos celulares de 1800MHz de frecuencia es

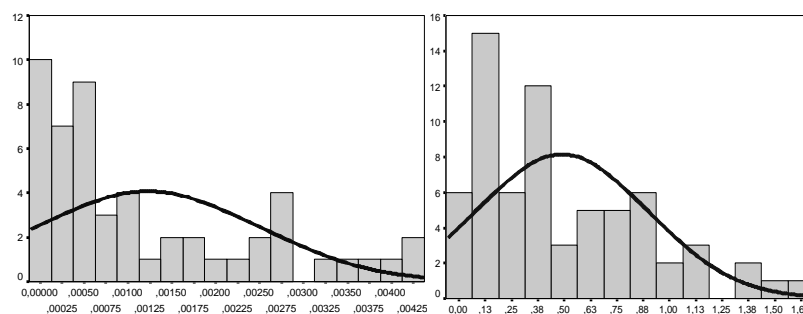
0,488822W/m<sup>2</sup> con una desviación típica de 0,409397W/m<sup>2</sup>, con aproximación a una distribución mesocúrtica con una suave asimetría positiva (figura 2b).

**Tabla 9. Estadísticos muestrales depurados**

Irradiancia	N	Media	Desv. típ.	Asimetría		Curtosis	
				Estadístico	Error	Estadístico	Error
900MHz	57	0,001226	0,001273	1,036	0,330	-0,130	0,650
1800MHz	70	0,488822	0,409397	0,963	0,293	0,262	0,578

Fuente: elaboración propia.

**Figura 2. Histograma de frecuencias de la Irradiancia de la telefonía celular de 900MHz (2a izquierda) y 1800MHz (2b derecha)**



Fuente: elaboración propia.

### COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS CON LAS NORMATIVAS

Para comparar las mediciones de campo con las normativas COVENIN (2004), ICNIRP (1998) y las IEEE (2002) se plantearon hipótesis estadísticas según la normativa a comparar, y a su vez de acuerdo a la frecuencia de los equipos. De esta manera, se tiene que las hipótesis de estudio basadas en la Norma COVENIN 2238:2004 son dos, una para la frecuencia de 900MHz y otra para 1800MHz. Tipificadas como siguen:

- Para  $f = 900\text{MHz}$  (figura 3a)

$$H_{0a}: \bar{I} > 4,51$$

$$H_{1a}: \bar{I} \leq 4,51$$

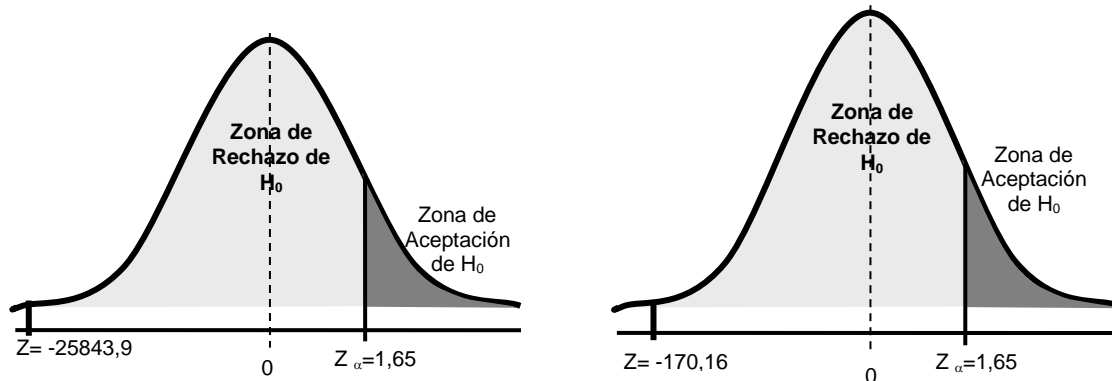
- Para  $f = 1800\text{MHz}$  (figura 3b)

$$H_{0b}: \bar{I} > 9$$

$$H_{1b}: \bar{I} \leq 9$$

Para esta prueba se usó un nivel de significancia 95% ( $\alpha=0,05$ ), siguiendo una distribución normal se tiene que  $Z_{\alpha} = 1,65$ . Mientras que los Z calculados son  $Z_{900MHz} = -25483,9$  y  $Z_{1800MHz} = -170,16$

**Figura 3. Prueba de hipótesis para la irradiancia de la telefonía celular bajo la norma COVENIN 2238:2004 (izquierda 3a, derecha 3b)**



Fuente: elaboración propia.

En conclusión, basados en los resultados obtenidos y las pruebas realizadas, se puede afirmar que no existen pruebas significativas para asegurar que la irradiancia emitida por los equipos celulares de circulación en Venezuela supera los niveles de seguridad establecidos en las normativas nacionales COVENIN 2238:2004.

### PRUEBAS DE HIPÓTESIS BAJO LAS NORMATIVAS INTERNACIONALES

Teniendo en cuenta que las Normas COVENIN 2238 (COVENIN, 2004) están basadas en las normas propuestas por la ICNIRP (1998), adunado al hecho verificado del cumplimiento de la normativa COVENIN, se puede certificar que la irradiancia emitida por los equipos celulares de circulación en Venezuela no supera los niveles de seguridad establecidos en las normativas internacionales ICNIRP.

Por su parte, la normativa de la IEEE C95.1-1991 difiere de las anteriores, a continuación se presentan las pruebas de hipótesis correspondientes, para cada una de las frecuencias analizadas:

- Para  $f = 900\text{MHz}$  (figura 4a)

$$H_{0a}: \bar{I} > 3$$

$$H_{1a}: \bar{I} \leq 3$$

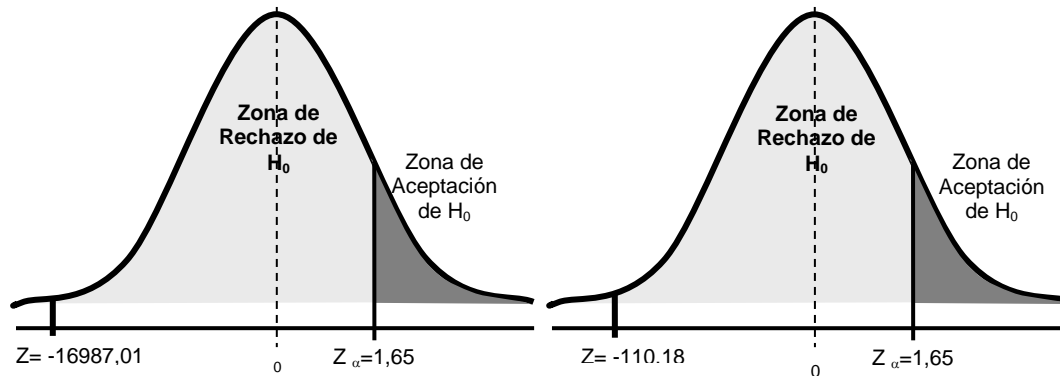
- Para  $f = 1800\text{MHz}$  (figura 4b)

$$H_{0b}: \bar{I} > 6$$

$$H_{1b} \bar{I} \leq 6$$

Para esta prueba se usó igualmente un nivel de significancia 95% ( $\alpha=0,05$ ), siguiendo una distribución normal se tiene que  $Z_{\alpha} = 1,65$ . Mientras que los Z calculados son:  $Z_{900MHz} = -16987,01$  y  $Z_{1800MHz} = -110,18$

**Figura 4. Prueba de Hipótesis para la irradiancia de la telefonía celular bajo la norma IEEE C95.1-1991 (izquierda 4a, derecha 4b)**



Fuente: elaboración propia.

Con base en las pruebas de hipótesis realizadas, se concluye que no existen pruebas significativas para asegurar que la irradiancia emitida por los equipos celulares de circulación en Venezuela supera los niveles de seguridad establecidos en las normativas internacionales IEEE C95.1-1991.

### LOS DIEZ EQUIPOS DE CIRCULACIÓN NACIONAL CON LOS MÁXimos VALORES PARA CAMPO ELÉCTRICO E IRRADIANCIA

A continuación se presentan los diez equipos celulares (Tabla 10), de los analizados, con mayores valores para el campo eléctrico y la irradiancia. Sin embargo, es importante y pertinente acotar que según las normas ICNIRP (1998) y la IEEE (2002) dado el supuesto caso de que un equipo supere los límites de campo eléctrico y/o densidad de potencia (irradiancia) debe reevaluarse la exposición atendiendo los valores SAR del equipo comparado con el máximo valor de 2 W/Kgr.

**Tabla 10. Los diez equipos de circulación nacional con los más altos valores para campo eléctrico e irradiancia**

Equipos	E (V/m)	I (W/m <sup>2</sup> )
Nokia 1208	46,36	2,850
LG KP750	43,03	2,455
HTC TOUCH	41,78	2,315
Nokia 5200	39,73	2,093



Continuación de la Tabla 10

Equipos	E (V/m)	I (W/m <sup>2</sup> )
Alcatel C64	35,06	1,630
LG KP570Q	34,08	1,540
Samsung SGH-F250L	32,79	1,426
Nokia N73	32,41	1,393
Samsung GT-S3600	29,56	1,158
Motorola V8	29,42	1,147

Fuente: elaboración propia.

### CONCLUSIONES

Sobre la base de los resultados obtenidos y las pruebas de hipótesis realizadas, se infiere que no existen pruebas significativas para asegurar que la irradiancia emitida por los equipos celulares de circulación en Venezuela supera los niveles de seguridad establecidos en las normativas nacionales (COVENIN, 2004) y dos de las normativas internacionales más importantes y legalmente establecidas en casi todo el mundo, como lo son las ICNIRP y las IEEE C95.1-1991.

No obstante, a pesar del cumplimiento de las normativas nacionales e internacionales sobre la irradiancia emitida por la telefonía celular venezolana, es ineludible mencionar los numerosos debates y proyectos de investigación a nivel mundial que aseguran la insuficiencia de dichas normas por cuanto consideran solo los efectos térmicos sobre el ser humano y eluden los efectos de interacción eléctrica que estas ondas pueden generar en el usuario.

Tal es el caso del proyecto Bioinitiative (AEMA, 2000) en el cual se proponen niveles de exposición mucho menores que los legalmente establecidos, partiendo del principio de cautela y los resultados de múltiples investigaciones. Asimismo, el Parlamento Europeo (2009) también sentó precedente al respecto, el cual a pesar de no condenar las normas actuales, llamaron a la revisión y disminución de los límites de exposición en todo el mundo y en especial en Europa, y recientemente la OMS (2011) declaró los proyectos para estudiar lo concerniente a las radiaciones emitidas por los campos de RF, con el propósito de atender a las múltiples investigaciones que relacionan a estos con enfermedades.

Además, si se aplicase pruebas de hipótesis bajo los límites propuestos por el proyecto Bioinitiative (AEMA, 2000) se obtendría que existen pruebas significativas para asegurar que la irradiancia emitida por los equipos celulares de circulación en Venezuela supera los niveles de seguridad propuestos por dicho proyecto. Al mismo tiempo, un ensayo similar mostraría que también se superan los límites legalmente establecidos en Italia y Suiza, definidos por Huidobro (2000).

### RECOMENDACIONES

- Realizar futuras investigaciones en las que se evalúe el cumplimiento de las normativas nacionales e internacionales por parte de las llamadas estaciones base o



antenas retransmisoras de la telefonía móvil, proliferadas por todo el territorio nacional, atendiendo a los resultados de múltiples investigaciones que reflejan que estas pueden producir daños en la salud de las personas, y que reflejan que la distancia idónea o suficiente para proteger la salud debe superar los 100 metros de la estación base, límite establecido por la ICNIRP.

- Partiendo de los más de 20 mil estudios que demuestran a nivel experimental y epidemiológico de los efectos no-térmicos, es pertinente crear conciencia en cuanto al uso exagerado de teléfono celular.

- Iniciar una campaña de revisión bibliográfica por parte de un cuerpo de investigadores en el área biológica a nivel nacional que evalúen las hipótesis y resultados de las más importantes investigaciones mundiales que relacionan a la telefonía celular con la salud humana, para luego realizar estudios de campo correspondientes.

- Posterior a los resultados arrojados por las investigaciones sugeridas en el campo biológico, reestructurar –de ser necesario- las normativas existentes (COVENIN, 2004) que rigen los límites de exposición a campos de radiofrecuencia.

- Finalmente, en caso de que se necesite, previa modificación de las normas, se propone que se realicen nuevas investigaciones donde se evalúe el cumplimiento de estas por parte de la telefonía celular venezolana.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agencia Medioambiental Europea (AEMA) (2000). Proyecto Bioinitiative. A Rationale for Biologically-based Exposure Standards for Low-Intensity Electromagnetic Radiation. Documento en línea. Disponible en: <http://www.bioinitiative.org/report/wp-content/uploads/pdfs/BioInitiativeReport2012.pdf> Consulta: 05/03/2010.

Aguirre A.; Dalmas N. y Garcia J. (2006). Radiación no ionizante de sistemas de telefonía celular móvil: la percepción de la población, la disparidad de los estándares y el monitoreo de gran escala. Documento en línea. Disponible en: [www.ladep.es/abrefichero.asp?idfichero=2001](http://www.ladep.es/abrefichero.asp?idfichero=2001) Consulta: 22/01/2010.

Comisión Nacional de Telecomunicaciones de Venezuela (CONATEL) (2006). Telefonía Móvil, Indicadores años 2000-08. Observatorio Estadístico. Venezuela

Comisión Venezolana de Normas Industriales 2238 (COVENIN) (2004). Norma Venezolana Radiación no ionizante. Límites de exposición. Medidas de protección y control. Venezuela. Editorial Fondonorma.

Comité Científico Asesor en Radiofrecuencia y Salud (CCARS) (2009). Informe sobre Radiofrecuencias y Salud (2007 – 2008). Documento en línea. Disponible en: [http://ccars.es/sites/default/files/ccars\\_informe\\_sobre\\_radiofrecuencias\\_y\\_salud\\_2007-2008.pdf](http://ccars.es/sites/default/files/ccars_informe_sobre_radiofrecuencias_y_salud_2007-2008.pdf) Consulta: 22/07/2010.



DIGITEL (2009). Listado de equipo Digitel personales. Documento en línea. Disponible en: <http://www.digitel.com.ve/Personas/Tienda412/Equipos.aspx> Consulta: 01/11/2010.

Escobar, A.; Cadavid, H. y Aponte, G. (2010). Caracterización de campos electromagnéticos de alta frecuencia en ambientes urbanos. Revista de Ingeniería de la Universidad de los Andes, Vol. 31. Colombia, Pp. 40-46.

Hayt, W. (2006). Teoría electromagnética. México. Editorial McGraw-Hill.

Huidobro, C. (2000). Tabla de equivalencias de unidades de medida y valores de referencia para emisiones de instalaciones de telefonía móvil. Documento en línea. Disponible en: [http://www.geocities.ws/p.atma/tabla-hf equivalencias.pdf](http://www.geocities.ws/p.atma/tabla-hf_equivalencias.pdf) Consulta: 07/10/2009.

Hurtado J. (2000). Metodología de la investigación holística. Venezuela. Editorial Sygal.

Institute of Electric and Electronic Engineers (IEEE) (2002). Recommended practice for measurements and computations of radio frequency electromagnetic fields with respect to human exposure to such fields, 100khz – 300 ghz. USA. Institute of Electric and Electronic Engineers Publisher.

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) (1998). Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300Ghz). HEALTH PHYSICS, Vol. 74, Núm. 4, Año. 1998, Pp. 494-522.

Jackson J. (1999). Electrodinámica clásica. España. Editorial Alhambra.

Mare, R. (2003). Introducción a la telefonía celular. España. Universidad Nacional de Rosario.

MOVILNET (2009). Tienda de venta virtual. Documento en línea. Disponible en: <https://www.movilnet.com.ve/marketp/servlet/controller> Consulta: 01/11/2010.

MOVISTAR (2009). Equipos en venta. Documento en línea. Disponible en: <http://www.movistar.com.ve/comparador/index.asp?tipo=1&avanz=1> Consulta: 01/11/2010.

Organización Mundial de la Salud (OMS) (1996). Campos electromagnéticos (CEM). Documento en línea. Disponible en: [http://www.who.int/peh-emf/project/EMF\\_Project/es/index.html](http://www.who.int/peh-emf/project/EMF_Project/es/index.html) Consulta: 10/08/2009.

Organización Mundial de la Salud (OMS) (2011). Campos electromagnéticos y salud pública, teléfonos móviles. Documento en línea. Disponible en: [www.who.int/mediacentre/factsheets/fs193/es/index.html](http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs193/es/index.html) Consulta: 25/11/2011.

Organización Mundial de la Salud OMS (2000). Campos electromagnéticos y salud pública: los teléfonos móviles y sus estaciones de base. Documento en línea.



Disponible en: <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+TA+P6-TA-2009-0216+0+DOC+XML+V0//ES> Consulta: 12/10/2009.

Parlamento Europeo (2009). Resolución del Parlamento Europeo, de 2 de abril de 2009, sobre las consideraciones sanitarias relacionadas con los campos electromagnéticos. Documento en línea. Disponible en: <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+TA+P6-TA-2009-0216+0+DOC+XML+V0//ES> Consulta: 20/01/2010.

Serway, R. y Beichner, R. (2002). Física para ciencias e ingeniería. México. Editorial McGraw-Hill.