

## DISEÑO DE PROCEDIMIENTOS PARA LA MEDICIÓN DE CEMs DE ALTA FRECUENCIA

### RESUMEN

Mediante este trabajo se presentan los procedimientos que se diseñaron para la medición de CEMs (campos electromagnéticos) de alta frecuencia, por medio de los cuales se está implementando un laboratorio de metrología de CEMs que con base en normas nacionales e internacionales pueda verificar y certificar niveles de exposición de CEMs, particularmente en el rango de la telefonía móvil. Este es uno de los productos del proyecto de investigación titulado “TELEFONÍA CELULAR, MEDIO AMBIENTE Y SALUD PÚBLICA” que el grupo de electrofisiología del departamento de física de la Universidad Tecnológica de Pereira se encuentra actualmente desarrollando dentro de su línea de investigación en metrología de CEMs.

**Palabras claves:** radiaciones electromagnéticas, telefonía móvil, medición, procedimientos.

### ABSTRACT

*Through this work presents the procedures that were designed to CEMs (electromagnetic fields) high frequency measurement by means of which is being implemented a laboratory of metrology of CEMs based on national and international standards, which can verify and certify levels of exposure to the CEMs, particularly in the field of cell telephone systems. This is one of the products of the research project entitled “CELL TELEPHONE SYSTEMS, ENVIRONMENT AND PUBLIC HEALTH”, currently being developed by the group of electro-physiology of the department of Physics of the Universidad Tecnológica de Pereira, within the research line in CEMs metrology.*

**KEYWORDS:** *electromagnetic radiations, cellular telephony, measurement procedures.*

### 1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo forma parte de los objetivos que se pretenden cumplir en el proyecto de investigación “TELEFONÍA CELULAR, MEDIO AMBIENTE Y SALUD PÚBLICA” que lidera el grupo de electrofisiología de la facultad de ciencias básicas de la UTP y que entre otras cosas, pretende montar y acreditar un laboratorio de inspección de niveles de intensidad de CEMs de alta frecuencia.

Con base en la documentación técnica vigente para la implementación de un organismo de inspección y la recomendación UIT-K52, este trabajo presenta los procedimientos diseñados para la medición de radiaciones electromagnéticas no ionizantes de alta frecuencia, entre 10 MHz y 300 GHz (telefonía celular), en diferentes ambientes, de acuerdo con los estándares internacionales que se adoptaron siguiendo las indicaciones de la ICNIRP (Comission on No-Ionizing Radiation Protection) siendo de mayor interés las áreas públicas urbanas y laborales. También se definen los protocolos para el proceso del cálculo de la incertidumbre de la medición de campo electromagnético (CEM) de alta frecuencia.

### 2. DISEÑOS DE PROCEDIMIENTOS PARA LA MEDICIÓN DE CEM DE ALTA FRECUENCIA

El diseño de los procedimientos está basado en normas internacionales como la UIT-K52 [1], y la norma de

**LUIS ENRIQUE LLAMOSA R**  
Profesor Titular  
Departamento de Física - UTP  
[lellamo@utp.edu.co](mailto:lellamo@utp.edu.co)

**JAVIER IGNACIO TORRES O.**  
Profesor asistente  
Facultad de ingenierías – UTP  
[oscurito@utp.edu.co](mailto:oscurito@utp.edu.co)

**JULIÁN FELIPE VILLADA**  
Estudiante del programa de  
Ingeniería Física – UTP  
[darkdraco02@hotmail.com](mailto:darkdraco02@hotmail.com)

**UNIVERSIDAD  
TECNOLÓGICA DE PEREIRA**

radiaciones no ionizantes de campos electromagnéticos (Norma ambiental ecuatoriana) [2], lo mismo que en las recomendaciones de la ICNIRP [3]. Se verificó que las normas estudiadas estuvieran vigentes para que los resultados estuvieran lo más acordes posibles con la realidad actual.

#### 2.1 Metodología de la Medición

**2.1.1 Objetivo:** Establecer un procedimiento de medición de la exposición del público en general a las radiaciones electromagnéticas no ionizantes en el espacio circundante a las antenas de estaciones de telefonía celular.

**2.1.2 Evaluación del entorno de medición:** Previo a la medición se lleva a cabo un estudio visual del lugar de instalación de los sistemas radiantes y se determina el tipo y las características de sus emisiones y sus características de radiación, los puntos de mayor riesgo tanto externos al predio donde está ubicada la antena como internos al mismo, que formarán parte de los puntos a medir. Se consideraran las características topográficas del lugar y la ubicación de edificaciones, superficies reflectoras u objetos conductores que puedan producir variaciones en la toma de medidas [4].

#### 2.1.3 Métodos de Cálculo

**2.1.3.1 Región de campo cercano:** En la región de campo cercano los campos eléctricos y magnéticos deben considerarse por separado. En ausencia de efectos distorsionantes del campo, estos pueden calcularse

utilizando las respectivas ecuaciones si se conoce una distribución en curso. En este proyecto no se tiene en cuenta el campo cercano, ya que debido a la geometría, ubicación, accesibilidad, y a la frecuencia a la que radian las estaciones base en Colombia, casi el 100% de la población se encuentra ubicada en la región de campo lejano.

**2.1.3.2 Región de campo lejano:** Para una antena radiante simple, la densidad de potencia aproximada en la dirección descrita por los ángulos  $\theta$  (complementario del ángulo de elevación) y  $\varphi$  (ángulo de acimut) pueden evaluarse por la ecuación 1:

$$S(R, \theta, \varphi) = \frac{PIRE}{4\pi} \left[ f(\theta, \varphi) \frac{1}{R} \rho f(\theta', \varphi') \frac{1}{R'} \right] \tag{1}$$

Donde:  $S(R, \theta, \varphi)$  es la densidad de potencia en  $W/m^2$ ,  $f(\theta, \varphi)$  es la función de radiación relativa de la antena (número positivo entre 0 y 1),  $\rho$  es el valor absoluto del coeficiente de reflexión y tiene en cuenta la onda reflejada por el suelo.

En algunos casos puede bloquearse la exposición a la onda reflejada, por lo que  $\rho$  debe fijarse en 0. Por su parte,  $r$  es la distancia entre el punto central de la fuente radiante y la supuesta persona expuesta,  $r'$  es la distancia entre el punto central de la imagen de la fuente radiante y la supuesta persona expuesta.

A nivel próximo al suelo, los valores de las variables primas son aproximadamente iguales a las que no tienen primas, por tanto podemos reescribir la ecuación 1 y calcular la potencia de la siguiente manera:

$$S(R, \theta, \varphi) = (1 + \rho)^2 \frac{PIRE}{4\pi R^2} F(\theta, \varphi) \tag{2}$$

Donde  $F(\theta, \varphi)$  es la función numérica relativa de la ganancia con respecto a un radiador isótropo (número positivo entre 0 y 1)

El coeficiente de reflexión  $\rho$  de una tierra de conductividad  $\sigma$ , permitividad  $\epsilon = k \epsilon_0$  ( $\epsilon_0$  permitividad en el vacío) y un ángulo rasante de incidencia  $\psi$  es, para polarización vertical:

$$\rho = \frac{(k - jX) \text{Sen}\Psi - \sqrt{(k - jX) - \text{Cos}^2\Psi}}{(k - jX) \text{Sen}\Psi + \sqrt{(k - jX) - \text{Cos}^2\Psi}} \tag{3}$$

Y, para polarización horizontal se tiene:

$$\rho = \frac{\text{Sen}\Psi - \sqrt{(k - jX) - \text{Cos}^2\Psi}}{\text{Sen}\Psi + \sqrt{(k - jX) - \text{Cos}^2\Psi}} \tag{4}$$

Donde:

$$X = \frac{\sigma}{\omega \epsilon_0} \tag{5}$$

En general, la onda reflejada contiene componentes en polarización vertical u horizontal que varían con el ángulo de incidencia. Sin embargo, en muchas aplicaciones es suficiente considerar sólo la polarización predominante de la onda incidente al calcular el coeficiente de reflexión, teniendo en cuenta siempre el ángulo de incidencia. En algunos casos puede bloquearse la exposición a la onda reflejada, por lo que  $\rho$  debe fijarse en 0. Las distancias y ángulos se definen en la figura 1, en la que se supone que la exposición se evalúa en el punto cero. Además, en esa figura  $h$  es la altura de la antena,  $R$  es la distancia entre el punto central de la fuente radiante y la persona expuesta,  $R'$  es la distancia entre el punto central de la imagen de la fuente radiante y persona expuesta,  $\theta$  es el ángulo complementario que forman la distancia al objeto y la máxima radiación (Lóbulo Principal),  $\varphi$  es el ángulo de acimut,  $\theta', \varphi'$  son las imágenes de  $\theta$  y  $\varphi$ ,  $X$  es la distancia horizontal entre la estación y la persona expuesta,  $Y$  es la altura de la persona expuesta, y  $\psi$  es el ángulo de incidencia [1].

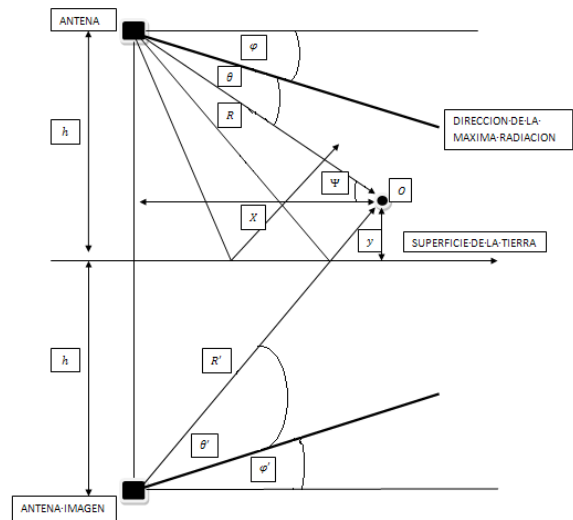


Figura 1. Ilustración de la categoría de la accesibilidad 2. Tomado de: UIT-K52

Para emplazamientos situados en los tejados, la atenuación causada por los materiales de construcción de las paredes y del tejado puede reducir la exposición dentro de un edificio.

Los campos eléctricos o magnéticos se calculan utilizando:

$$E = \sqrt{S \eta_0} \quad H = \sqrt{S / \eta_0} \tag{6}$$

En estas ecuaciones  $\eta_0 = 377 \Omega$  es la impedancia intrínseca del espacio libre, y  $S$  es la densidad de

potencia. Las ecuaciones anteriores son validas para la región de campo lejano. Su utilización en la región de campo cercano puede arrojar resultados inexactos. Estas ecuaciones se utilizan para determinar el cumplimiento de los límites de exposición de CEM. Cabe aclarar que no es necesario realizar mediciones de distancias ni de ángulos, ya que todos estos requerimientos y ecuaciones los tiene, incorporados en su software, el instrumento que utilizamos para medir, es decir el instrumento dicta los valores de campo eléctrico y magnético y también la densidad de potencia. Cuando se mide, es necesario clasificar la gama de frecuencias en la que se requiere la determinación de CEM, basándose en las características de los emisores.

#### 2.1.4 Categorías de Accesibilidad de las Estaciones Radioeléctricas

En este ítem se definen las dos categorías de accesibilidad más comunes a las estaciones radioeléctricas, las cuales dependen de las circunstancias en la instalación; además, se evalúa la probabilidad de que una persona esté en la zona de rebasamiento de un emisor [4, 5].

Ellas son:

Categoría de accesibilidad 1 (figura 2): Antena instalada en una torre a una altura  $h$  sobre el nivel del suelo. La antena está instalada en una estación radioeléctrica accesible al público.

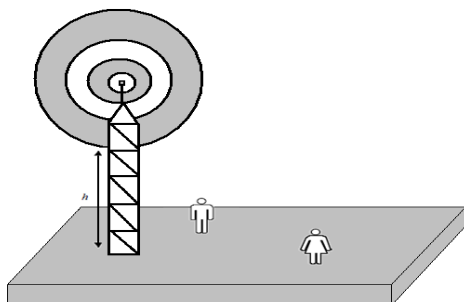


Figura 2: Ilustración de la categoría de accesibilidad 1  
Tomado de: UIT-K52

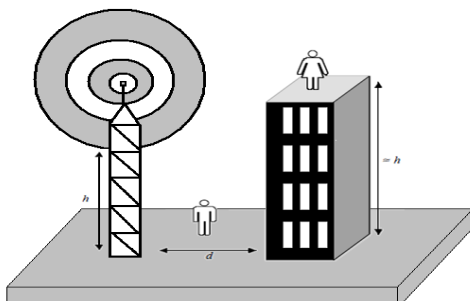


Figura 3: Ilustración de la categoría de accesibilidad 2  
Tomado de: UIT-K52

Categoría de accesibilidad 2 (figura 3): Antena instalada a una altura  $h$  sobre el nivel del suelo. Hay un edificio

adyacente o una estructura accesible al público en general, y de una altura aproximada  $h$  situada a una distancia  $d$  de la antena a lo largo de la dirección de propagación.

Cabe aclarar que estas son las categorías de accesibilidad más comunes, pero que existen muchas más; por esa razón, en el formato de protocolo de medición preliminar que se presenta más adelante, existe un espacio donde la persona encargada de realizar la medición puede hacer un bosquejo de la ubicación y accesibilidad de la estación radioeléctrica.

**2.1.5 Protocolo de Medición:** Definimos tres casos, los cuales determinan los métodos de medición que serán especificados en los casos mencionados a continuación:

- Medición preliminar.
- Medición selectiva y detallada.

Dependiendo del equipamiento utilizado, se podrá optar por el método de medición a efectuar considerando las facilidades con que cuente el equipo para una medición preliminar, selectiva o detallada [4].

Los casos de medición no necesariamente resultarán ser un procedimiento consecutivo. Dependerá de la persona apta para realizar las mediciones, eso sí, teniendo en consideración las excepciones y resultados descritos seguidamente [5].

## 2.2 PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN PRELIMINAR, SELECTIVA Y DETALLADA

**2.2.1 Medición Preliminar:** Este método consiste en hacer mediciones por inmisión que permitan evaluar los puntos de entorno a la estación emisora a una distancia radial hasta de 100 metros respecto de la base del sistema radiante, y así verificar si la estación excede los límites máximos permisibles de exposición. El instrumento que se utiliza es de banda ancha para emisiones múltiples, y puede emplearse en el campo cercano y en el campo lejano de las estaciones emisoras.

Para efectuar el procedimiento de medición preliminar se debe tener en cuenta las consideraciones siguientes:

Todos los equipos de medición deberán ser puestos a cero y se debe efectuar la calibración operativa correspondiente. En el caso de usar antenas, se tomará en cuenta el factor de pérdida de las mismas.

Las antenas y/o sondas para detectar radiación electromagnética, al efectuar las mediciones, deberán encontrarse instaladas en trípodes no conductivos.

Se deben obtener los niveles máximos de cada componente espectral, expresando la medida en la magnitud adecuada ( $E$ ,  $H$ ,  $S$ ), con el fin de que puedan ser comparados con los límites máximos permisibles establecidos.

La medición se efectuará sobre cuatro direcciones ortogonales, a partir de la base de la estación radioeléctrica.

En el caso de antenas direccionales, una de las direcciones de medición deberá coincidir con el máximo lóbulo de radiación de la antena.

Las distancias para ejecución de las medidas serán de 2, 10, 20, 50 y 100 m en sentido horizontal y radial a partir de la base de la estación radioeléctrica, siempre que los puntos de medición a estas distancias sean accesibles. En caso de no serlo, se efectuará la medición en un punto alternativo, a discreción del persona que este midiendo. Se deberán considerar mediciones en puntos con población vulnerable, tales como hospitales, colegios, guarderías y/o ancianos. La altura para las mediciones es de: 1,8 m en condiciones normales, pero varía dependiendo del lugar donde se tomen. El tiempo de adquisición será de 6 minutos por cada punto donde se mida. En las instalaciones donde la potencia varíe con la hora, las mediciones deberán efectuarse en las horas de máxima potencia.

Se podrán considerar otros puntos de medición que se considere sean relevantes.

Si en todos los puntos de evaluación no se supera el nivel umbral prefijado para el área bajo examen, no será necesario efectuar otra medición y el emplazamiento cumplirá con la norma. En el caso contrario será necesario realizar la evaluación según se describe en el caso de medición selectiva y detallada.

**2.2.2 Medición Selectiva Y Detallada:** Este método reemplaza el método de medición preliminar cuando el valor obtenido por este excede el nivel umbral. Se utilizan instrumentos de banda angosta para hacer mediciones por emisión, con el fin de determinar la contribución individual de las emisiones múltiples y así poder hacer las debidas reducciones.

**Este método será aplicado cuando:**


- Se requiera realizar evaluación de campo lejano.
- Se requiera conocer el nivel de emisión por frecuencia que existe en el emplazamiento.
- Se necesite determinar la contribución individual de las emisiones múltiples, que se encuentren presentes en el punto de medición.
- Cuando empleado el método para medición preliminar, el valor obtenido excede el nivel de umbral.

**No se debe aplicar este método de medición, cuando:**


- El emplazamiento está en la zona de campo cercano.
- Se requiere medir altos niveles de intensidad de campo eléctrico y magnético.

**3. FORMATOS PARA LOS PROTOCOLOS DE MEDICIÓN**


**3.1 Formato para el protocolo de medición preliminar:**

 <p>ORGANISMO DE INSPECCION VERIFICADOR DE CEM DE ALTA FRECUENCIA EN AMBIENTES PUBLICOS Y LABORALES PROTOCOLO DE MEDICION PRELIMINAR</p>			
Versión: 1	Vigencia: 31/12/2009	Código: CERTICEMS- PROTOCOLO 1	Número de Páginas: 3
<b>DATOS DEL SOLICITANTE</b>			
Nombre o Razón Social		CC/NIT	
Teléfono		Correo electrónico	
Dirección			
<b>DATOS DE LA ESTACION RADIOELECTRICA</b>			
Ciudad		Barrio/Comuna/Vereda	
Código de la estación		Empresa a la que pertenece	
Longitud		Latitud	
DESCRIPCION GENERAL Y DATOS PARTICULARES			
<b>DATOS DEL LA PERSONA RESPONSABLE DE LA MEDICION</b>			
Nombre y Apellidos		Cargo	
<b>EQUIPO DE MEDIDA UTILIZADO</b>		<b>DATOS PRELIMINARES</b>	
Marca		Hora de inicio	
Modelo		Hora de finalización	
Numero de serie		Altura de la medición	
Fecha de ultima calibración		PIRE	
Código de certificación		Observaciones	

Director General Jefe de Calidad

 <p>ORGANISMO DE INSPECCION VERIFICADOR DE CEM DE ALTA FRECUENCIA EN AMBIENTES PUBLICOS Y LABORALES PROTOCOLO DE MEDICION PRELIMINAR</p>			
Versión: 1	Vigencia: 31/12/2009	Código: CERTICEMS- PROTOCOLO 1	Número de Páginas: 3

<b>CROQUIS DE LA INSTALACION CON LA UBICACION DE LOS PUNTOS DE MEDICION (ANEXAR FOTOGRAFIAS DE LA INSTALACION)</b>					
1					
<b>MEDICION PRELIMINAR (INMISION)</b>					
Localización del punto de evaluación respecto a la estación radioeléctrica					¿En qué punto se detecta sobrepaso del nivel umbral?
Punto de medida	Distancia (m)	Campo Eléctrico (V/m)	Campo Magnético (A/m)	Densidad de Potencia (W/m²)	(X)
1					
2					
3					
4					


 <p>ORGANISMO DE INSPECCION VERIFICADOR DE CEM DE ALTA FRECUENCIA EN AMBIENTES PUBLICOS Y LABORALES PROTOCOLO DE MEDICION PRELIMINAR</p>			
Versión: 1	Vigencia: 31/12/2009	Código: CERTICEMS- PROTOCOLO 1	Número de Páginas: 3

5					
6					
7					
8					
9					
10					

Director General

Director de Calidad

**3.2 Formato para el protocolo de medición selectiva y detallada:**

 ORGANISMO DE INSPECCION VERIFICADOR DE CEM DE ALTA FRECUENCIA EN AMBIENTES PUBLICOS Y LABORALES PROTOCOLO DE MEDICION SELECTIVA Y DETALLADA				
Versión: 1	Vigencia: 31/03/2009	Código: CERTICEMS-PROTOCOLO 2	Número de Páginas: 2	
MEDICION SELECTIVA Y DETALLADA (EMISION)				
EQUIPO DE MEDIDA UTILIZADO		DATOS PRELIMINARES		
Marca		Hora de inicio		
Modelo		Hora de finalización		
Numero de serie		Altura de la medición		
Fecha de ultima calibración		PIRE		
Código de certificación		Observaciones		
Localización del punto de evaluación respecto a la antena radiante			¿En que punto se detecta sobrepaso del nivel umbral?	
Frecuencia a la que trabaja la antena (Hz)			(X)	
Punto de medida	Distancia (m)	Campo Eléctrico (V/m)	Campo Magnético (A/m)	Densidad de Potencia (W/m <sup>2</sup> )
1				
2				
3				
4				
5...				
...15				

Director General

Director de Calidad

**3.3 Formato para el procedimiento de cálculo de incertidumbre en las mediciones por emisión e inmision y protocolo para el análisis:**

 ORGANISMO DE INSPECCION VERIFICADOR DE CEM DE ALTA FRECUENCIA EN AMBIENTES PUBLICOS Y LABORALES PROCEDIMIENTO DE CALCULO DE INCERTIDUMBRE EN LAS MEDICIONES POR EMISION E INMISION, Y PROTOCOLO PARA EL ANALISIS			
Versión: 1	Vigencia: 31/12/2009	Código: CERTICEMS-CEM 20	Número de Páginas: 4

Para evaluar las medidas realizadas con el equipo NBM520 de la marca NARDA, es necesario conocer las fuentes de incertidumbre involucradas en el proceso de medición. Existen dos clases: TIPO A y TIPO B, las cuales nos conllevan a calcular la incertidumbre combinada para posteriormente multiplicarla por un factor de cobertura y así hallar la incertidumbre expandida.




Diagrama de cálculo de incertidumbre expandida

Evaluación de la incertidumbre Tipo A por repetibilidad de las lecturas.

$$\bar{A}_i = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n A_{ii}$$

$$S(A_{ii}) = \sqrt{\frac{1}{n-1} * \sum_{i=1}^n (A_{ii} - \bar{A}_i)^2}$$

$$U_A = \frac{S(A_{ii})}{\sqrt{n}}$$

 ORGANISMO DE INSPECCION VERIFICADOR DE CEM DE ALTA FRECUENCIA EN AMBIENTES PUBLICOS Y LABORALES PROCEDIMIENTO DE CALCULO DE INCERTIDUMBRE EN LAS MEDICIONES POR EMISION E INMISION, Y PROTOCOLO PARA EL ANALISIS			
Versión: 1	Vigencia: 31/12/2009	Código: CERTICEMS-CEM 20	Número de Páginas: 4

Donde:

- $A_{ii}$  Es cada una de las lecturas observadas en el instrumento de medida, que en este caso es el NBM de la marca NARDA
- $n$  Número de mediciones realizadas. En nuestro caso este número es igual a tres (3).
- $S(A_{ii})$  Desviación estándar.
- $U_A$  Incertidumbre estándar Tipo A.

**Evaluación de la incertidumbre Tipo B por especificaciones de exactitud del equipo de medida NBM 520 de la marca NARDA ( $U_{B1}$ )**

$$U_{B1} = \frac{\text{Especificaciones de exactitud del equipo}}{\sqrt{3}}$$

**Evaluación de la incertidumbre Tipo B por resolución del equipo de medida**

$$U_{B2} = \frac{\text{Resolución}}{2 * \sqrt{3}}$$

**Evaluación de la incertidumbre Compuesta o combinada ( $U_c$ )**


Primeramente se deben hallar los coeficientes de sensibilidad, pero como las medidas que realizamos son directas, estos coeficientes de sensibilidad son iguales a 1. Por tanto la incertidumbre combinada se halla de la siguiente manera:

$$U_c = \sqrt{U_A^2 + U_{B1}^2 + U_{B2}^2}$$

Después de calcular la incertidumbre combinada, se necesita encontrar un factor de cobertura necesario para calcular la incertidumbre expandida, pero para ello se es indispensable hallar el número efectivo de grados de libertad.

**Calculo del número efectivo de grados de libertad**

$$\gamma_{ef} = \frac{U_c^4}{\frac{U_A^4}{\gamma_1} + \frac{U_{B1}^4}{\gamma_2} + \frac{U_{B2}^4}{\gamma_3}}$$

 ORGANISMO DE INSPECCION VERIFICADOR DE CEM DE ALTA FRECUENCIA EN AMBIENTES PUBLICOS Y LABORALES PROCEDIMIENTO DE CALCULO DE INCERTIDUMBRE EN LAS MEDICIONES POR EMISION E INMISION, Y PROTOCOLO PARA EL ANALISIS			
Versión: 1	Vigencia: 31/12/2009	Código: CERTICEMS-CEM 20	Número de Páginas: 4

Donde:

- $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$  son el número efectivo de grados de libertad de cada contribución  $U_A, U_{B1}, U_{B2}$
- $\gamma_1: n - 1$  para evaluaciones Tipo A
- $\gamma_2$  y  $\gamma_3: 1 * 10^{100}$  cuando se aplican distribuciones rectangulares


Nota. Teóricamente, los grados de libertad para distribuciones rectangulares es infinito. Pero para realizar los cálculos tomamos este valor tan grande

Tabla. 1 Factor de Student en función del número efectivo de grados de libertad y del nivel de confianza deseado

Grados de libertad	K (95%)	Grados de libertad	K (95%)
1	12,71	14	2,14
2	4,3	15	2,13
3	3,18	16	2,12
4	2,78	17	2,11
5	2,57	18	2,1
6	2,45	19	2,09
7	2,36	20	2,09
8	2,31	25	2,06
9	2,26	30	2,04
10	2,23	40	2,02
11	2,2	50	2,01
12	2,18	100	1,984
13	2,16	∞	1,96

Para hallar el valor de incertidumbre expandida ( $U_g$ ), se multiplica la incertidumbre estándar compuesta ( $U_c$ ) por el factor K de cubrimiento correspondiente al número efectivo de grados de libertad  $\gamma_{ef}$ . El factor K se calcula para un nivel de confianza del 95%

$$U_g = K * U_c$$

 <p style="text-align: center;">ORGANISMO DE INSPECCION VERIFICADOR DE CEM DE ALTA FRECUENCIA EN AMBIENTES PUBLICOS Y LABORALES PROCEDIMIENTO DE CALCULO DE INCERTIDUMBRE EN LAS MEDICIONES POR EMISION E INMISION, Y PROTOCOLO PARA EL ANALISIS</p>						
Version: 1	Vigencia: 31/12/2009	Código: CERTICEMS-CEM 20	Número de Páginas: 4			
<b>Protocolo para el análisis de Incertidumbre de mediciones Preliminar y Selectiva de Campo Eléctrico</b>						
Incertidumbre Tipo A ( $U_A$ )	Incertidumbre Tipo B por Exactitud ( $U_{B1}$ )	Incertidumbre Tipo B por Resolución ( $U_{B2}$ )	Incertidumbre Compuesta o Combinada ( $U_C$ )	Numero efectivo de grados de libertad ( $\nu_{ef}$ )	Factor K de cobertura	Incertidumbre expandida ( $U_E$ )
<b>Protocolo para el análisis de Incertidumbre de mediciones Preliminar y Selectiva de Campo Magnético</b>						
Incertidumbre Tipo A ( $U_A$ )	Incertidumbre Tipo B por Exactitud ( $U_{B1}$ )	Incertidumbre Tipo B por Resolución ( $U_{B2}$ )	Incertidumbre Compuesta o Combinada ( $U_C$ )	Numero efectivo de grados de libertad ( $\nu_{ef}$ )	Factor K de cobertura	Incertidumbre expandida ( $U_E$ )
<b>Protocolo para el análisis de Incertidumbre de mediciones Preliminar y Selectiva de Densidad de Potencia</b>						
Incertidumbre Tipo A ( $U_A$ )	Incertidumbre Tipo B por Exactitud ( $U_{B1}$ )	Incertidumbre Tipo B por Resolución ( $U_{B2}$ )	Incertidumbre Compuesta o Combinada ( $U_C$ )	Numero efectivo de grados de libertad ( $\nu_{ef}$ )	Factor K de cobertura	Incertidumbre expandida ( $U_E$ )

**Agradecimientos:** a la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad Tecnológica de Pereira, que actualmente financia al grupo de electrofisiología el proyecto de investigación “Telefonía celular, medio ambiente y salud pública”.

**4. Conclusiones.**

La normatividad existente en Colombia respecto de la exposición a radiaciones electromagnéticas para TM, presenta vacíos que deben ser subsanados con la implementación de procedimientos de medición fundamentados en los conocimientos metrológicos. Además se debe implementar un laboratorio de metrología electromagnética para alta frecuencia, que certifique los niveles de exposición poblacional.

**5 Bibliografía**

[1] RECOMENDACIÓN UIT-K52 UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, Serie K, Protección contra las interferencias (02/2000).  
 [2] NORMA ECUATORIANA DE RADIACIONES NO IONIZANTES DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS. M AE 1. 2005 – 06.  
 [3] ICNIRP, Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic field.  
 [4] ORNETTA. V. Mediciones y evaluación de las radiaciones no ionizantes de cuarenta estaciones bases de servicios de comunicaciones móviles en la ciudad de Lima. Instituto Nacional De Investigación Y Capacitación De Telecomunicaciones (INICTEL).2005  
 [5] ORNETTA. V. Radiaciones no ionizantes de líneas de energía eléctrica - diagnóstico nacional preliminar 2005. Instituto Nacional De Investigación Y Capacitación de Telecomunicaciones (INICTEL). 2005