

## FUNDAMENTOS PARA UNA PROPUESTA DE NORMA TÉCNICO AMBIENTAL SOBRE RADIACIONES ELECTROMAGNÉTICAS DE FRECUENCIA EXTREMADAMENTE BAJA (FEB)

### RESUMEN

En Colombia no existe legislación ambiental en lo que a exposición a radiaciones electromagnéticas se refiere. Este trabajo presenta la fundamentación requerida, realiza un análisis de la situación existente en el país y en otros países, expone algunas normas, recomendaciones y presenta una propuesta de norma técnica ambiental para exposición a radiaciones electromagnéticas FEB.

**PALABRAS CLAVES:** CEM FEB, norma, técnica, ambiental, radiaciones, electromagnéticas, frecuencia, baja.

### ABSTRACT

In Colombia it doesn't exist environmental legislation in exposition to the electromagnetic radiations (CEM). This work presents the required foundation, an analysis is made of the existent situation in the country and in other countries, it exposes some norms and recommendations and it presents a proposal of environmental technical norm for exposition to radiations electromagnetic ELF.

**KEYWORDS:** ELF EMF, norm, technical, environmental, radiations, electromagnetic, low, frequency.

### 1. INTRODUCCIÓN

En Colombia no hay legislación ni norma ambiental en cuanto a exposición de la población a radiaciones electromagnéticas como tal. Solo se presenta un aparte dentro del **Reglamento Técnico para Instalaciones Eléctricas (RETIE) del Ministerio de Minas y Energía**. Que define requisitos para intensidad de campo eléctrico y densidad de flujo magnético para zonas donde pueda permanecer el público. En él artículo 14 p 50, 51 y 52 concerniente a CEM (campo electromagnético), basados en criterios del IRPA (International Radiation Protection Association) y CENELEC (Comité Europeo de normalización electrotécnica) aparece:

Intensidad de campo eléctrico E (Kv/m)	Densidad de flujo magnético B (mT)
10	25

Tabla 1. RETIE Niveles de referencia para campos electromagnéticos.

Y se agrega: Debe entenderse que en ningún sitio donde pueda estar expuesto el público, debe superar estos valores. Para líneas de transmisión estos valores no deben ser superados dentro de la zona de servidumbre y circuitos de distribución a partir de distancias de seguridad.

Pero se observa una inconsistencia, dado que:

El RETIE toma un valor de intensidad de campo magnético que el IRPA recomienda sólo para extremidades en ambiente ocupacional (tabla 2), recomendando que este valor no debe ser excedido en ningún lugar. El RETIE toma un valor de campo eléctrico recomendado por el IRPA para un periodo de un día de trabajo en un ambiente ocupacional, ampliando este

*Fecha de Recibo: 22 Agosto de 2003*

*Fecha de Aceptación: 30 Octubre de 2003*

**LUIS ENRIQUE LLAMOSA R.**

Profesor Titular  
Facultad de Ciencias Básicas  
Universidad Tecnológica de Pereira  
lellamo@utp.edu.co

**JAVIER IGNACIO TORRES O.**

Ingeniero Electricista  
Profesor Depto de Física  
Universidad Tecnológica de Pereira  
oscuro@utp.edu.co

criterio a cualquier ambiente. El RETIE toma valores de dos características diferentes de la tabla fuente del IRPA y las unifica en una sola característica de exposición. El RETIE no hace claridad en cuanto al tiempo de exposición.

Características de exposición	E (Kv/m)	B (mT)
<b>Ocupacional</b>		
Durante un día de trabajo	10	0.5
Durante cortos lapsos de tiempo	30	5
Para extremidades		25
<b>Público general</b>		
24 horas/ día	5	0.1
Pocas horas día	10	1

Tabla 2 IRPA niveles de referencia para campos electromagnéticos.

En el **Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, (ICONTEC)** no se presenta ninguna normativa en el tema, pero hay un interés en la presentación de una propuesta. Situación similar se presenta en el Ministerio del Medio Ambiente, con la diferencia que la reglamentación para el ministerio se desarrollaría como legislación de obligado cumplimiento. En diciembre de 1998 el **Centro de Investigación y Estudios Tecnológicos CIDET** publicó un estudio basado en el documento del IRPA; denominado "Propuesta de Norma Técnica Colombiana Sobre Campos Electromagnéticos y Salud" la cual no fue llevada a norma.

En la ciudad de Pereira se presenta un desconocimiento total acerca del tema por parte de los entes reguladores en la parte ambiental y urbana como la CARDER (Corporación autónoma regional del Risaralda), INMS (Instituto Municipal de Salud) y PLANEACIÓN

MUNICIPAL. Pero éstas entidades presentan un notable interés en la elaboración de la norma y de proyectos de medición y monitoreo de CEM en la ciudad.

Se pretende con este trabajo realizar un análisis de los estudios más relevantes sobre los efectos de los CEM (campo electromagnético) en los seres humanos, además realizar un análisis y comparación de algunas normas internacionales a fin de establecer límites mínimos para el riesgo en la salud humana; por último se presentará una propuesta de norma técnico-ambiental para Colombia.

## 2. MARCO TEORICO

**2.1 Norma:** En este texto se utilizara la palabra *norma* o normativa, para designar, en general, a todo tipo de documento emitido o abalado por un organismo oficial y calificado, en el que se incluya alguna forma de limitación de la exposición a CEM, cualquiera que sea su motivación, ámbito de aplicación, estatus legal o criterio para establecer esos límites.

**2.1.1 Principio de cautela:** Este recurso exige a la sociedad la puesta en practica de acciones prudentes cuando existen suficientes hallazgos científicos (pero no necesariamente pruebas absolutas) y la inactividad pudiera originar efectos perjudiciales.

### 2.2 Cantidades y unidades

1 micro tesla  $\mu\text{T}$  equivale a 0.8 A/m.

Cantidad	Símbolo	Unidades
Conductividad	–	Siemens por metro (S/m)
Corriente	<b>I</b>	Amperio (A)
Densidad de corriente	<b>J</b>	Amperio por metro cuadrado (A/m <sup>2</sup> )
Frecuencia	<b>f</b>	Hertz (Hz)
Campo eléctrico	<b>E</b>	Voltio por metro (V/m)
Campo magnético	<b>H</b>	Amperio por metro (A/m)
Densidad de flujo magnético	<b>B</b>	Tesla (T)
Densidad de potencia	<b>S</b>	Vatio por metro cuadrado (W/m <sup>2</sup> )
Absorción específica de energía	<b>SA</b>	Julio por Kilogramo (J/kg)
Tasa de absorción específica de energía	<b>SAR</b>	Vatio por kilogramo (W/kg)

Tabla 3. Tabla de variables eléctricas

**2.3 Campo Electromagnético CEM:** Se denomina campo a la zona del espacio donde se manifiesta una fuerza. Siendo el CEM la zona donde las partículas se ven afectadas por las fuerzas EM (electromagnéticas).

**2.3.1 Ecuación de energía:** Está ecuación desarrollada por el físico alemán Max Planck describe la propagación de la energía electromagnética como una onda.  $E = h f$ : h es la constante de Planck que equivale a  $6.2760 \times 10^{-27}$  erg/s.

Con esta ecuación se hace más clara la división del espectro electromagnético en radiaciones ionizantes y no

ionizantes. La ionización se refiere al proceso mediante el cual es arrancado un electrón de las capas exteriores de un átomo, por acción de una radiación externa. Para organismos vivos será  $f > 300$  GHz.

### 2.4 Contaminación EM.

Todos aquellos campos que resultan como subproducto en el funcionamiento de equipos eléctricos, sean caseros (electrodomésticos), de telecomunicaciones, o industriales.

**2.5 Tecnologías generadoras de CEM artificiales:** Antes de describir cuales son las tecnologías generadoras de los CEM debemos recordar que, de forma permanente, incluso antes de nacer, estamos expuestos a la acción de CEM naturales, entendiendo como tales aquellos que están ligados al planeta tierra y los de origen cósmico.

**2.5.1 Electrodomésticos.** Estos equipos que forman parte de nuestra vida diaria pueden presentar mayor riesgo que equipos como subestaciones S/E y líneas de transmisión dado que su uso se da a una mayor cercanía del organismo y por su construcción algunos no presentan en su mayoría parámetros de protección apropiados.

Un ejemplo de las densidades de flujo magnético de algunos electrodomésticos se muestran en la tabla 4.

Aparato	Densidad de flujo magnético en $\mu\text{T}$	
	A 1 m	A 3 cm
Secador de pelo	6	2.000
Afeitadora eléctrica	15	1.500
Aspiradora eléctrica	200	800
Microondas	75	200
Televisor	2.5	50
Plancha	8	30

Tabla 4. Electrodomésticos y densidades de flujo

**2.5.2 Frecuencias FEB:** Dentro de las instalaciones de transporte y distribución de energía eléctrica que actúan en frecuencia extremadamente baja, 60 Hz para nuestro país, los CEM más significativos son debidos a tendidos de alta tensión y subestaciones eléctricas, S/E.

**2.5.2.1 CE FEB:** En los tendidos eléctricos el CE (campo eléctrico) se determina por:

- Niveles de voltaje, medidos en kV
- Disposición y configuración de los conductores.
- Distancia entre fases
- Distancia a tierra de los conductores

Para Colombia los niveles de tensión son:

- Transmisión 115 kV, 220 kV y 500 kV
- Subtransmisión 33 kV, 44 kV y 66 kV
- Distribución 7.62 kV, 13.2 kV y 34.5 kV, a nivel primario y 220 v a nivel secundario.

Debido a que la tierra es un buen conductor eléctrico, se comporta como una superficie equipotencial frente a los campos FEB, haciendo que el campo en la zona de frontera aire-tierra sea perpendicular a la misma. El procedimiento para el cálculo del CE producido por la

línea, no perturbado por objetos en la tierra se hace con base en los siguientes pasos:

Se calculan las cargas sobre cada conductor,  $q$ , en Coulomb/metro, C/m, utilizando la teoría de imágenes:  $[q]=[C]*[V]$

Donde  $[C]$  es la matriz de capacitancias de la línea.

Usando el teorema de Gauss se calcula la contribución real e imaginaria de cada carga sobre la intensidad de CE en el punto de interés,  $P$ .  $E_i = q_i / (2\pi \cdot r_i \cdot \epsilon_0)$  y  $E_p = \sum E_i$ . El CE induce una carga superficial sobre un cuerpo conductor expuesto, la cual produce una corriente dentro del mismo. La magnitud de la corriente inducida depende de muchos factores: tamaño, forma, composición interna, distancia, configuración del campo. En las S/E los CEM más intensos son generados por líneas entrantes y salientes. Las S/E constituyen los nodos del sistema de transporte.

**2.5.2.2 CM FEB:** Considerando el interior de los conductores de una línea como lineales, la ley de Ampère establece:  $B = \mu I / 2\pi R$

Donde  $B$  es la intensidad de campo magnético (CM), representado por un vector tangente a un círculo de radio  $R$  centrado en un eje conductor, e  $I$  es la intensidad de corriente en Amperios.

Cuando se presentan muchos conductores, el campo total se calcula haciendo superposición de los campos parciales producidos por cada conductor, considerando sus respectivas direcciones y fases.

Un cálculo preciso requiere considerar un efecto del piso como imágenes de los conductores reflejados por el suelo.

Los CM en líneas de distribución son típicamente más altos que los de transmisión, dado que la corriente y el voltaje son aproximadamente inversamente proporcionales.

**2.5.3 Radiofrecuencias. RF:** Frecuencias comprendidas entre 3 kHz a 300 MHz, Radiocomunicaciones en AM y FM.

**2.5.4 Microondas. MO:** Frecuencias superiores a 300 MHz hasta 300 GHz, son producidas por hornos microondas, radares, sistemas de comunicación, telefonía móvil

**2.5.5 Telefonía móvil:** La telefonía móvil o celular actualmente emplea bandas entre 800 MHz a 1.800 MHz, con transmisión directa. Numerosos emisores-receptores son necesarios para conseguir mayor cobertura. Es un servicio de comunicación que se presta entre al menos un usuario de localización no determinada; móvil situado dentro de un área confinada con otros fijos o móviles. Los elementos básicos de este sistema son dos: el terminal o teléfono móvil y la estación base. Para los terminales la potencia varía entre 0.6 W a 2 W.

## 2.6 Efectos asociados a la exposición a CEM

**2.6.1 Conceptos Generales:** La OMS define salud como un estado de bienestar físico, mental y social, y no sólo como ausencia de enfermedad o trastorno, por eso es necesario hacer una distinción entre los conceptos:

**interacción o interferencia, percepción, efecto biológico, lesión y riesgo.** Cuando una entidad biológica se expone a un CEM, se produce una **interacción** entre la potencia del campo, la corriente eléctrica inducida y las cargas del tejido corporal. El **efecto biológico** es la respuesta fisiológica a esa interacción, que puede o no ser **perceptible** por el organismo expuesto. El efecto biológico no tiene por que ser necesariamente una **lesión**. Se produce una lesión cuando el efecto biológico supera las propiedades biológicas de compensación del organismo. El **riesgo** es una probabilidad latente de que se produzca una lesión. Los efectos producidos por exposición a CEM desde el punto de vista clínico se pueden clasificar en **agudos y crónicos**. Los efectos agudos se relacionan con efectos inmediatos y objetivos, y los crónicos no son ni inmediatos ni objetivos, se pueden denominar a largo plazo.

**2.6.2 Mecanismos de Interacción:** Los CEM inducen la formación de momentos de fuerza sobre las moléculas que pueden ocasionar el desplazamiento de iones situados en posiciones sin perturbación, vibraciones en cargas unidas y la rotación de moléculas bipolares, como las del agua. Estos mecanismos son incapaces de ocasionar efectos observables tras la exposición a CEM de bajo nivel, dado que quedan superpuestos a agitación térmica aleatoria. Además, el tiempo de respuesta debe ser lo suficientemente rápido para permitir que la respuesta se produzca durante el periodo de tiempo de la interacción. Ambas consideraciones implican que debe existir un valor umbral, por debajo del cual no existe respuesta apreciable y una frecuencia límite por encima de la cual no se advierte respuesta.

**2.6.3 Dosimetría:** Una de las cuestiones más delicadas al momento de valorar los efectos de los CEM tiene que ver con la definición de dosis. En términos fisiológicos, una dosis es una cantidad de un agente o producto que se recibe en un tiempo determinado. Esto está perfectamente definido para algunas sustancias químicas, con los CEM no es tan simple y plantea uno de los principales problemas, ya que actualmente no se conoce con certeza que aspecto, del CEM al que se está sometido, es el más importante a la hora de producir un efecto sobre la salud de un ser biológico en la naturaleza. La tasa a la cual la dosis es entregada o absorbida se llama tasa de dosis. En el campo de la biología de las RNI (radiaciones no ionizantes), la dosis es definida en términos de energía y la tasa de dosis se define en términos de potencia. Sabiendo esto la **TAE tasa de absorción específica**, determina la cantidad de energía absorbida por el organismo, y se expresa en W/Kg. Un parámetro igualmente importante es la densidad de potencia  $S$ , incidente en una superficie, que se da en  $W/m^2$ . Además de esto la densidad de potencia de un CEM se refiere al producto entre las componentes del campo eléctrico y magnético.

$$W (W / m^2) = E (V / m) \times H (A / m)$$

En realidad no se sabe que es lo que puede ser fundamental: Si es el nivel medio de exposición diario, si

sólo son importantes las exposiciones por encima de cierto valor umbral o sí, por lo contrario, lo que hay que tener en cuenta es el número de veces que se entra y se sale de un campo electromagnético dado. Otra dificultad añadida, que complica aun más el panorama, tiene que ver con que no existe ninguna seguridad de que intensidades más altas de CEM produzcan efectos más perjudiciales que intensidades más bajas. Dado que la dosimetría es uno de los elementos más importantes para cualquier estudio científico.

## 2.7 Estudios realizados con CEM FEB en seres vivos:

**2.7.1 Estudios en la célula:** La ausencia de mutaciones del material genético en el núcleo de las células, la naturaleza dispersa y el bajo rango de efectos notorios a altos niveles de exposición son todos factores a favor de la conclusión de ausencia de potencial cancerígeno de los CEM FEB.

**2.7.2 Efectos sobre el sistema nervioso:** Lamborso (1996) encontró en roedores inhibición de la secreción de la melatonina y ya que esta es un marcador del ritmo circadiano este puede verse alterado por exposición a CEM FEB.

**2.7.3 Efectos fisiológicos:** Los efectos de los CM sobre los tejidos vivos, son de tipo electrodinámico donde la fuerza de interacción con las cargas móviles responde a las leyes de Maxwell. Estos efectos consisten en la orientación de las grandes moléculas hacia una configuración de mínima energía. Los CM inducen tensiones y corrientes en los tejidos según las leyes de Faraday y Lenz, siendo precisamente la densidad de corriente inducida el parámetro que caracteriza los principales efectos sobre los tejidos vivos. En cuanto al CE se pueden producir calentamiento de los tejidos por efecto Joule, el cual es directamente proporcional al cuadrado del campo y a la conductividad del medio.

El CE también puede producir el efecto llamado electroforesis, que es el movimiento de partículas cargadas, iones inorgánicos o células vivas, en una solución. Y teniendo en cuenta que la importancia del campo bioeléctrico se manifiesta equilibrando la tendencia a la difusión. La magnitud de este campo puede afectar la velocidad de estas partículas y producir efectos en el metabolismo.

Los CEM pueden inducir corrientes en el cuerpo que dependen de la intensidad y de la frecuencia del campo, las mayores sensibilidades al campo se dan en frecuencias entre 10 Hz y 500 Hz, a partir de 1 KHz va disminuyendo la sensibilidad en términos del campo externo aproximadamente con el inverso de la frecuencia. Entre 1 KHz hasta 100 KHz esta se mantiene aproximadamente constante.

En términos de densidad de corriente los efectos en los nervios y estimulación muscular ocurren a densidades de 1 A/m<sup>2</sup> a frecuencias industriales. A niveles más altos, del orden de 3 A/m<sup>2</sup> se dan contracciones involuntarias de los músculos y la posibilidad de fibrilación cardíaca. Si se toma la densidad de corriente o la corriente inducida como base, entonces hay diferencia fundamental entre los

efectos producidos por el CE y el CM, ya que sólo se diferencia en este aspecto la distribución de las corrientes en el cuerpo.

**2.7.4 Efectos oculares:** La corriente que fluye a través de la retina, es probablemente la causante de los magnetofosfenos, débil sensación de destellos luminosos parpadeantes en los ojos, similar a cuando hacemos presión en los ojos. El umbral de generación de los magnetofosfenos a 50 Hz se da con corrientes inducidas del orden de 50 mA/m<sup>2</sup>, a 60 Hz es un poco mayor. El CM correspondiente es del orden de 10mT o más.

**2.7.5 Estudios en animales:** En diferentes estudios realizados en EEUU y en el Japón con roedores expuestos a altas intensidades de CM propusieron que no hay una relación clara entre la exposición a CM y cáncer. Pero se presentó una disminución en la secreción de melatonina.

**2.7.6 Estudios relacionados con el cáncer: ¿Qué es el cáncer?** Se puede entender el cáncer como una enfermedad del ciclo celular, donde el potencial de reposo transmembrana PRT está bajo. Un PRT bajo activa la mitosis celular.

- PRT entre -70 y -90 mV Célula normal
- PRT 40 mV Ciclo celular activado.
- PRT 20 mV Célula enferma (tejido lesionado)
- PRT 10 mV Célula cancerosa (miosarcoma).
- PRT 0 mV Muerte celular

La actividad celular puede ser controlada por señales extracelulares que estimulan o inhiben procesos que se desarrollan en el interior del núcleo celular. Las señales extracelulares pueden ser: químicas, luminosas, eléctricas o electromagnéticas.

El cáncer esta causado por alteraciones permanentes a nivel celular, debido a un exceso de cargas en la superficie externa de la membrana. (Curé, 1980 BSC p 29) y se producirá por una cadena de eventos genotóxicos: *indicadores* y modificadores epigénicos.

**2.7.7 Estudios de laboratorio relacionados con el cáncer:** Se han llevado a cabo numerosos estudios sobre diferentes sistemas biológicos con objeto de valorar experimentalmente la supuesta carcinogenicidad de las exposiciones a CEM FEB:

No existe evidencia de que los CEM FEB puedan ocasionar alteraciones en la estructura del ADN y que estos ocasionen cáncer de mama en animales. Por tanto, es improbable que dichos campos actúen como indicadores del proceso de transformación neoplásica (Tenforde, 1996). Si estos campos resultasen ser cancerígenos, actuarían más bien como promotores, acelerando el crecimiento de las células que hubieran sufrido daño genético anterior.

La US Environmental Agency 1997 ha descubierto que la melatonina puede inhibir el crecimiento de la células MCF-7 en cultivo y que con 1,2 µT a 60 Hz pude bloquear completamente la acción oncostática.

**2.7.8 Epidemiología del cáncer:** Desde 1979 a través de los estudios de Wertheimer y Leeper, que detectaron una

excesiva mortalidad de cáncer en niños que vivían en hogares expuestos a CM supuestamente altos, se sospechaba que la exposición débil a CM FEB podría ser importante en el origen del cáncer.

La mayor parte de los estudios se han centrado en demostrar el impacto de las líneas de alta tensión y los CEM sobre la salud de las personas. Pero todos llegan a resultados contradictorios, y así para citar algunos Fulton 1980, Myers 1985, Tomenius 1986, Kaune 1987 y coleman 1988 no encuentran correlación estadística entre la incidencia de leucemia y las líneas de alta tensión. Por otra parte Feychting 1992 y Lin 1994 sí encuentran relación entre la leucemia infantil y los campos.

Posiblemente el estudio más trascendente realizado se llevo a cabo en el Instiuto Karolinska, por Feychting y Ahlbom 1992, ya que estableció claramente, tras estudiar una cohorte de un millón de personas que el riesgo de padecer leucemia infantil era mayor en los niños expuestos a campos mayores a  $0.2 \mu\text{T}$  y que este riesgo aumentaba cuanto más cerca se estaba de las líneas de alta tensión.

Tomados en conjunto, los datos sobre riesgos de cáncer asociados a la exposición a CEM FEB en sujetos que viven en las proximidades de líneas de transmisión eléctrica, muestran una aparente consistencia, revelando un moderado incremento en el aumento de leucemia en niños y no de otros tipos de cánceres. (Ahlbom y Col 2000). Sin embargo, resultados negativos de otros estudios han sido interpretados como indicativos de que la citada asociación es cuestionable. La base de la supuesta relación entre leucemia y CEM FEB es desconocida, por lo que algunos investigadores especulan con la posibilidad de que otros factores, generalmente agentes polucionantes químicos, potencialmente ligados a la presencia de líneas, pudieran ser los verdaderos causantes de la asociación descrita. Por tanto, y a falta de un soporte experimental más firme, el ICNIRP consideró en sus directrices que los datos epidemiológicos eran insuficientes para recomendar niveles de seguridad más restrictivos. Estudios epidemiológicos recientes han revelado una tendencia al incremento de enfermedades neurodegenerativas: Alzheimer y esclerosis múltiple; generalmente, en trabajadores de empresas e industrias relacionadas con la generación y distribución de energía eléctrica (Davanipour y col. 1997, Johansen y Col 1999).

La búsqueda de la potencial relación entre el cáncer en niños o leucemia linfoblástica y la presencia de líneas de alta tensión o subestaciones, en cercanía de las viviendas ha sido un factor determinante en las investigaciones. Sin embargo no se ha encontrado una relación notoria entre presencia de líneas y cáncer, pero las medidas de CM en las casas de niños con cáncer si eran mayores que en las de referencia de niños sanos. Pero no se presenta en estos estudios control con respecto a las corrientes telúricas ni a las redes de radiación de Hartmann y Curie que pueden ser causantes de cáncer. (Mario Bueno. Vivir en casa sana. Editorial Martínez roca.)

Sin embargo a todo lo anterior en julio de 2001 la IARC (Agencia Internacional Para la Investigación del Cáncer) con base en estudios epidemiológicos de leucemia en niños clasifico a los CM FEB como posiblemente cancerígenos.

### 2.7.9 Conclusión sobre estudios de exposición a CEM FEB:

En definitiva, dada la supuesta falta de pruebas más firmes sobre los efectos de los CEM FEB, que alegan los estamentos de control, sólo se han admitido como probadas aquellas respuestas que pudieran deberse a la inducción de cargas y corrientes eléctricas capaces de afectar el funcionamiento de células y tejidos eléctricamente excitables. Estas corrientes inducidas deben ser más intensas que las corrientes fisiológicas, para poder ser susceptible de generar efectos adversos inmediatos. En conclusión las investigaciones sugieren que el potencial cancerígeno de los CM es muy bajo inclusive a altos niveles de exposición, aunque la ausencia completa de riesgo no ha podido ser probada.

**EL Riesgo un problema de dimensión humana:** Los expertos deben atinar más sus afirmaciones sobre la relación entre exposición a CEM y cáncer, ya que es impropio decir que no se dispone de suficientes datos para concluir que la exposición a radiaciones EM FEB es segura, porque nunca se tiene suficiente información para determinar que algo está libre de riesgo. Por esto debemos apelar al principio de cautela en nuestra legislación.

### 3. ESTUDIO COMPARATIVO DE REGLAMENTOS TÉCNICOS Y RECOMENDACIONES CON RESPECTO A CEM FEB

Los diferentes niveles de CE y CM especificados en las normas varían considerablemente aun cuando estos se derivan fundamentalmente de la misma densidad de corriente inducida

#### 3.1 Reglamento técnico para instalaciones eléctricas.

**RETIE:** artículo 14. campos electromagnéticos (p.51).

Intensidad de campo eléctrico (kV/m)	Densidad de flujo magnético (mT)
10	25

Basado en los criterios de IRPA

#### 3.2 COSTA RICA: Artículo 8. Campo eléctrico y artículo 9. Campo magnético.

Intensidad de campo eléctrico (kV/m)	Densidad de flujo magnético (mT)
2	0.015

#### 3.3 Pre-estándar europeo ENV 50166-1

Características de exposición	E (CE) (kV/m)	B (CM) (mT)	Tiempo de exp(t, horas)
Ocupacional	25	1.33	3,2 (t ≤ 80/E)
Publico general	10	0.53	-----

#### 3.4 Niveles de referencia para exposición a CEM FEB 60 Hz (Recomendación ICNIRP International comisión on non-ionizing radiation protection)

Característica de la exposición	Campo Eléctrico kV/m	Campo Magnético mT
Sector ocupacional	8.33	0.42
Sector Público	4.20	0.083

### 3.5 REGLAMENTO TÉCNICO PARA INSTALACIONES ELÉCTRICAS - SUIZA

Intensidad de campo Eléctrico (KV/m)	Densidad de flujo magnético (mT)
5	0.001.

Estatus: Legislación de obligado cumplimiento.

Hasta el año 2000, **Italia** es el único país del mundo cuya legislación impone unas distancias mínimas entre edificaciones y líneas de alta tensión para limitar la exposición a CEM, estas distancias son: 10 m a líneas de 132 Kv; 18 m a líneas de 220 Kv; 28 m a líneas de 400 Kv. La norma de Suiza esta basada en el principio de cautela. El gobierno de **Suecia**, basándose en investigaciones de Lenmart Tomenius, ha reconocido en su legislación, la incidencia de los campos electromagnéticos generados por las líneas de alta tensión en la estadística de los casos de leucemia infantil.

#### 4. PROPUESTA

La propuesta que se quiere presentar se basa principalmente en los siguientes aspectos: Incorporar el principio precautorio en la legislación. Desarrollar normas oficiales Colombianas que regulen las actividades productoras de CEM FEB artificiales, con el objetivo de proteger al medio ambiente y a la salud de las personas. Inspeccionar la infraestructura causante de CEM FEB para asegurarnos que no se está afectando al personal que labora o vive cerca,

Consideramos que para Colombia se debería adoptar la recomendación de una entidad como el ICNIRP y no la del IRPA por:

- La recomendación del IRPA data de 1990 y la de ICNIRP de 1998. Al ser la recomendación del ICNIRP elaborada posteriormente a la de IRPA presenta análisis de estudios más recientes.
- En la recomendación del ICNIRP colaboró personal del IRPA.

- En cuanto a regiones del cuerpo que se pretenden proteger el IRPA propone cabeza y tronco y el ICNIRP va más allá teniendo en cuenta además de estos dos, los tejidos del sistema nervioso central. En los cuales la densidad de corriente inducida debe ser no mayor de 10 mA/m<sup>2</sup> a FEB.

- **En cuanto a campo eléctrico:** En el sector ocupacional: Ambos presentan el mismo campo equivalente de 25 kV/m. El IRPA eleva este hasta 30 kV/m para exposiciones cortas y lo reduce a 10 kV/m para exposiciones largas. Y el ICNIRP lo reduce a 8.3 kV/m a 60 Hz para permitir margen de seguridad.

En el sector público: ambos presentan el mismo campo equivalente de 5 kV/m, pero el IRPA propone un valor de 10 kV/m para exposiciones de corto tiempo y 5 kV/m para largo tiempo, en cambio el ICNIRP propone sostener el valor del campo equivalente para prevenir

efectos nocivos, que para 60 Hz es de 8.3 kV/m para ambiente ocupacional y 4.2 kV/m para público.

- **En cuanto a campo magnético.** El valor de campo equivalente para el IRPA es de 5000 μT y para ICNIRP es de 500 μT, el IRPA propone valores para diferentes tiempos de exposición basado en un campo equivalente más alto y con un valor considerablemente superior al propuesto por el ICNIRP, aunque las recomendaciones que hacen para los dos sectores de población presentan valores iguales con largo tiempo de exposición.

Una consideración que hay que tener en cuenta es que el público en general comprende personas de todas las edades y condiciones de salud, los cuales en la mayoría de las ocasiones no tienen conocimiento de la exposición a la que se encuentran sometidos, que podría ser de 24 horas al día durante toda la vida.

los niveles de referencia serían:

Característica de la exposición	Campo Eléctrico KV/m	Campo Magnético mT
Sector ocupacional	8.33	0.420
Sector Público	4.20	0.083

Tabla 5. Propuesta para CEM – FEB (60 Hz)

PARA CONOCER LA RECOMENDACIÓN ICNIRP VER:

[www.icnirp.org](http://www.icnirp.org)

#### 5. CONCLUSIONES

Las normas y regulaciones sobre la exposición a CEM en Colombia son una necesidad social que ayudarían a asegurar una mejor prestación del servicio de energía eléctrica desde el punto de vista de producción limpia y protección ambiental. Por esto y luego de analizar la documentación existente en cuanto a estudios sobre efectos de la exposición a CEM y observar que no hay criterios unificados acerca de los riesgos que esta produce, pensamos que nos debemos acoger al principio de cautela y tener un conjunto de normas que protejan el sector laboral y al público.

#### 6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Documento Retie. Ministerio de Minas y Energía y Ministerio de Desarrollo Económico. Octubre 2002
- [2] Parlamento Europeo. Notas informativas N-297.563/2001 y 297.574/2001
- [3] Informe final V congreso nacional del medio ambiente, Grupo de trabajo 13 Campos Electromagnéticos. Nov 2000.
- [4] J. L. Bardasano. J.I. Elorrieta. Bioelectromagnetismo ciencia y salud. MC Graw Hill 2000.
- [5] ICNIRP. Recomendaciones para limitar la exposición a CEM (hasta 300 GHz) 1998
- [6] CIDET, Propuesta de norma colombiana sobre campos electromagnéticos y salud, diciembre de 1998.
- [7] □ reforma europea sobre radiaciones electromagnéticas ENV 50166-1 CENELEC Febrero 1995
- [8] Encuentro regional sobre los campos electromagnéticos, Latinoamérica y el caribe, Lima – Perú, marzo 2001.
- [9] M. Grandolfo, D. Harder, B. Knave, J. Marshall. Interim guidelines on limits of espousure to 50/60 Hz electric and magnetic fields., International radiation protection □ssociation, May 1989.
- [10] [www.irpa.net](http://www.irpa.net)