

## CRITERIOS TECNICOAMBIENTALES PARA EL ANÁLISIS DEL RIESGO POR CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICAS NO IONIZANTES EN COLOMBIA

Javier Ignacio Torres O.  
Ingeniero electricista. MsC (C)  
Departamento de Física  
Universidad Tecnológica de Pereira  
[oscuro@utp.edu.co](mailto:oscuro@utp.edu.co)

Martha Cecilia Ochoa Osorio  
Administradora del Medio Ambiente  
Especialista en Gestión Ambiental Local  
Universidad Tecnológica de Pereira  
[libelula@utp.edu.co](mailto:libelula@utp.edu.co)

Manizales, 2007-05-12 (Rev. 2007-06-20)

### RESUMEN

En este trabajo se presentan las bases de la fundamentación requerida para la comprensión del fenómeno de la contaminación electromagnética no ionizante (EM-NI), se realiza una aproximación de la situación que se deriva de la generación de esta contaminación, sus implicaciones ambientales dentro de las relaciones sociedad-naturaleza y se exponen algunas normas, recomendaciones y una propuesta sobre cómo afrontar el estudio del riesgo antrópico de las radiaciones EM-NI.

### PALABRAS CLAVE

Contaminación, electromagnética, ambientales, riesgo, antrópico.

### TECHNO-ENVIRONMENTAL CRITERIA FOR RISK ANALYSIS OF NON-IONIZING ELECTROMAGNETIC CONTAMINATION IN COLOMBIA

### ABSTRACT

In this work, the foundations required for the comprehension of the non-ionizing (NI-EM) electromagnetic contamination phenomenon are presented, besides an approximation of the scenario produced by this kind of contamination, its environmental implications within its society-nature relationships, some of the standard regulations and recommendations, and a proposal on how to confront anthropic risk studies concerning NI-EM radiations.

### KEYWORDS

Contamination, electromagnetic, environmental, risk, anthropic.

---

### 1. INTRODUCCIÓN

El uso de la electricidad, ya sea a nivel industrial o doméstico, genera como subproducto campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos. El análisis de la relación y efectos que este agente físico tiene con el medio ambiente y en especial con el ser humano es un factor importante que no ha sido observado dentro del desarrollo tecnológico en nuestro país. En Colombia se han impulsado pocos estudios dirigidos a entender esta relación y sus efectos sobre el entorno urbano.

La proliferación de las telecomunicaciones inalámbricas, con la consecuente ubicación masiva de antenas de telefonía celular ha generado alarma en algunos sectores de la ciudadanía, sin que estos sectores encuentren respuestas certeras acerca del efecto de estos equipos en el entorno de sus viviendas y en la salud de la

comunidad.

En Colombia se han desarrollado algunos estudios sobre contaminación EM-NI referentes a mediciones de campo magnético[1], simulaciones de campo magnético[2] y análisis de resultados de estudios de los efectos de estas radiaciones sobre diversos sistemas biológicos[3], [4]. Sin embargo, en materia ambiental no se han realizado estudios que permitan valorar dichos efectos sobre las relaciones ecosistémicas entre sociedad-naturaleza. En cuanto al riesgo por contacto eléctrico a nivel industrial, se presenta conocimiento y restricciones. Pero el desconocimiento de la naturaleza de la contaminación EM-NI como factor de riesgo para la sociedad, limita no sólo la generación de normas y procedimientos que en materia de prevención se puedan adoptar para mitigar, en cierta medida, los efectos que pueden estarse generando en las ciudades, sino que dificulta tomar medidas a futuro para el diseño y planeación de ciudades que tengan en cuenta en su desarrollo urbano las medidas de corrección y prevención de la contaminación EM-NI, y que promuevan un hábitat sustentable.

## 2. FUNDAMENTO TEÓRICO

Se debe recordar que, de forma permanente, incluso antes de nacer, estamos expuestos a la acción de campos electromagnéticos (CEM) naturales, entendiendo como tales aquellos que están ligados al planeta tierra y los de origen cósmico. Desde la perspectiva del riesgo, corresponde a un factor de amenaza natural que está determinada por los procesos intrínsecos a la dinámica de la tierra.

### 2.1 Campo Electromagnético CEM

Se denomina campo a la zona del espacio donde se manifiesta una fuerza. El campo electromagnético (CEM) es la zona donde las fuerzas electromagnéticas (EM) se presentan, y si hay presencia de partículas eléctricas estas se pueden ver afectadas por las fuerzas citadas. En los organismos biológicos se presentan partículas que pueden ser afectadas por las fuerzas EM.

### 2.2. Clasificación del espectro electromagnético NI

Para la comprensión del campo electromagnético, este se distribuye en un espectro que se divide por niveles de frecuencia (número de veces que se repite la onda en un segundo) o longitud de onda, las frecuencias comprendidas entre los cero (0) y los 300 GHz se conocen como campo electromagnético no ionizante (CEM-NI). 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 la frecuencia (f) será  $f > 300$  GHz, dividiéndose a su vez así[5]:

- Frecuencias extremadamente bajas (FEB): comprendidas de 0 Hz a 300 Hz. Generadas por sistemas eléctricos.
- Radiofrecuencias (RF): frecuencias comprendidas entre 3 kHz a 300 MHz, Radiocomunicaciones en AM y FM.
- Microondas. MO: frecuencias superiores a 300 MHz hasta 300 GHz, son producidas por hornos microondas, radares, sistemas de comunicación, telefonía móvil o celular que actualmente emplea bandas entre 800 MHz a 1.800 MHz.

### 2.3 Contaminación EM

Todos aquellos CEM artificiales que resultan como subproducto del funcionamiento de equipos eléctricos y electrónicos, sean caseros (electrodomésticos), de telecomunicaciones, o industriales.

### 2.4 Tecnologías generadoras de CEM artificiales

Lo que distingue a los CEM producidos tecnológicamente de la mayoría de los naturales es su mayor grado de coherencia. Esto significa que sus frecuencias están bien definidas y, por tanto, son más fácilmente perceptibles por los organismos biológicos. A continuación se enumeran brevemente las principales fuentes.

**2.4.1 Líneas de distribución y transmisión:** son las encargadas de conducir la energía de los lugares de generación a los centros de consumo. Estas no constituyen una fuente importante de radiación EM, por esto se deben regular las distancias a las cuales esté la población general.

**2.4.2 Subestaciones S/E:** se encargan de acondicionar la energía eléctrica a niveles de tensión necesarios para la transmisión y el consumo. En estas los CEM más intensos son generados por líneas entrantes y salientes.

**2.4.3 Electrodomésticos:** pueden ser los más peligrosos por tener mayor cercanía con los usuarios y por no contar con mecanismos propios de protección [Norma].

**2.4.4 Telefonía móvil:** la telefonía móvil o celular actualmente emplea bandas entre 800 MHz a 1.900 MHz, con transmisión directa, lo cual la ubica dentro de las Micro Ondas. Los elementos básicos de este sistema son dos: el terminal o teléfono móvil y la estación base, los cuales son también las principales fuentes de exposición de

CEM. Respecto al terminal móvil la exposición se da en la parte del cuerpo que se encuentra más próxima al mismo: la cabeza cuando se sostiene con la mano. Por otra parte la exposición de población general a las emisiones de una estación base se produce en todo el organismo, con niveles inferiores a los generados por los portátiles pero con exposición continua.

El campo magnético depende directamente de la corriente, o sea de la demanda de carga en las ciudades y sólo se reduce con la distancia, siendo la exposición a esta radiación más importante a nivel urbano.

Cuando las líneas de distribución son subterráneas en las zonas céntricas de las ciudades, las intensidades del campo magnético son mayores, esto debido a que están mucho más cerca del nivel de suelo que las aéreas, pudiendo presentar mayor afectación sobre las personas.

### 2.5 Efectos asociados a la exposición a CEM

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**[5]. 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.

Luego de realizar un análisis de algunos de los estudios sobre los efectos de la exposición a radiaciones electromagnéticas de frecuencia extremadamente baja, radiofrecuencia y microondas[3] se concluye que referente al posible efecto cancerígeno de estas radiaciones la ausencia completa de riesgo no ha podido ser probada, además respecto a tecnologías como la telefonía móvil diez años es muy poco tiempo para determinar efectos a largo plazo. Por lo que sólo se aceptan efectos a corto plazo, como aumento de temperatura por absorción de energía en RF y efectos asociados a las corrientes inducidas mayores a 10 mA por radiaciones FEB[6].

### 2.6 El riesgo

El riesgo está asociado a una situación potencial, casi siempre se relaciona con un peligro o con algo inesperado que podría o no ocurrir. Se define, en torno a las posibles consecuencias o impactos a nivel económico, social y ambiental que puedan presentarse a partir de la ocurrencia de un evento peligroso en un contexto social y físico determinado[7].

Para que exista el riesgo debe contarse con dos factores que son interdependientes: la amenaza y la vulnerabilidad, un factor está en función del otro, es decir, existe amenaza porque existe un elemento que se siente amenazado y por lo cual es vulnerable. Las amenazas están definidas en categorías de acuerdo a su origen. Las amenazas naturales son aquellas que caracterizan a los fenómenos asociados a la formación y transformación continua de la tierra, son procesos intrínsecos a la naturaleza y en ellos la gobernabilidad de ser humano es nula, ejemplos de estas amenazas son los sismos, erupciones volcánicas, tsunamis, huracanes, tormentas. Las amenazas sicionaturales están directamente relacionadas con procesos de degradación ambiental derivados de la intervención inadecuada de la sociedad dentro del territorio, la tala de bosques, el uso indiscriminado de sustancias tóxicas, son algunos ejemplos de este tipo de amenazas que se manifiestan como respuestas de la naturaleza ante la presión de actividades humanas en los ecosistemas por parte de la sociedad. Por último, están las amenazas denominadas antrópicas, las cuales están definidas porque se derivan de fenómenos generados por el uso o aplicación inadecuada de tecnologías. En el presente artículo la contaminación EM-NI estaría asociada a una amenaza de origen antrópico, cuando exceden los límites recomendados por la normatividad nacional.

La vulnerabilidad se define como el grado de exposición al que potencialmente está expuesta una comunidad y sus bienes o infraestructura, refleja también la fragilidad de esa sociedad para enfrentar determinadas amenazas y la capacidad de resiliencia para recuperarse una vez se haya producido un desastre. Cuando confluyen en un territorio o en un espacio físico condiciones de amenaza y de vulnerabilidad, para este caso una zona habitada con presencia de radiación EM-NI, se tiene un escenario de riesgo. El desastre es la materialización de unas condiciones de riesgo no manejadas.

Dentro de los procesos dinámicos y cambiantes de la relación entre sociedad y naturaleza, los riesgos cada vez son más complejos y tienen características que se van construyendo en el tiempo. El avance de la ciencia y la tecnología ha traído consigo problemas asociados a impactos ambientales y a externalidades no previstas en la aplicación de modelos de desarrollo que traen consigo la implementación de paquetes tecnológicos. Colombia es un país que depende todavía de la tecnología que se desarrolla en otros países, la adaptación de esta tecnología a los espacios y necesidades tanto sociales, culturales como económicas no es la más adecuada.

## 3. ELEMENTOS DE ANÁLISIS DEL RIESGO POR CONTAMINACIÓN EM

La generación de contaminación EM-NI por factores antrópicos asociados al uso de tecnología se justifica entonces como un factor de riesgo antrópico en la medida en que compromete a una sociedad que se expone a unas condiciones que se presume afectan de manera directa e indirecta la salud humana, además del carácter intergeneracional que esto implica, pues el riesgo se consolida en el tiempo y puede permanecer latente durante mucho tiempo hasta que llegue algún elemento detonador.

La realización de análisis de riesgo asociados a la contaminación electromagnética implica el cruce de información de los factores de amenaza y las condiciones de vulnerabilidad en un espacio geográfico determinado. Por ello es de gran importancia conocer qué genera contaminación electromagnética, pues ello implica conocer las causas del problema para determinar los modos y niveles de afectación en un territorio (ver numerales 2.3 y 2.4).

**3.1** La determinación de un escenario de riesgo asociado a la contaminación EM-NI implicaría abordar un análisis desde la perspectiva de las características de la amenaza antrópica y de las condiciones de vulnerabilidad en un territorio dado. Algunos elementos a considerar en una caracterización de la contaminación EM-NI como amenaza se daría en torno a:

- **Fuente:** cuál es la fuente y el origen de la contaminación EM-NI. (Línea de transmisión, de distribución, subestación o antena de telecomunicación)
- **Cobertura:** cuál es el área de cobertura de la fuente de contaminación. (Zona de ubicación de la línea o de la antena en una región)
- **Frecuencia de operación:** cuál es la frecuencia a la que opera el equipo que genera este tipo de contaminación EM-NI.
- **Intensidad de CEM:** cuál es la magnitud de la medida en términos de contaminación EM-NI al que se estaría expuesta la comunidad.

**Son todos estos factores preponderantes en la determinación de un escenario de riesgo. Actualmente en Colombia no existen entes acreditados que certifiquen la operación de los equipos eléctricos o de telecomunicaciones dentro de los estándares recomendados.**

**3.2 Análisis de las condiciones de vulnerabilidad**

De acuerdo con Wilches Chau [8], la vulnerabilidad se relaciona con la "incapacidad de una comunidad para "absorber", mediante el autoajuste, los efectos de un determinado cambio en su medio ambiente, o sea su "inflexibilidad" o incapacidad para adaptarse a ese cambio, que para la comunidad constituye, por las razones expuestas, un riesgo". Desde esta perspectiva, el hecho de desconocer qué es lo que está afectando y a qué niveles puede limitar la capacidad de respuesta no sólo de una comunidad, que para el caso de la contaminación EM-NI, la exposición a una radiación puede ser no percibida de manera inmediata y no relacionarse con posibles cambios en la salud física y mental de las personas, en los cambios que pueda tener un ecosistema, etc., sino de las instituciones que por omisión, negligencia o desconocimiento no adoptan las medidas correctivas y de prevención, por ejemplo en los procesos de ordenamiento y desarrollo del territorio.

Una aproximación al análisis de la vulnerabilidad debería estar definida por:

- **Vulnerabilidad Física:** clasificación de los elementos físicos expuestos a la amenaza por radiación EM-NI; zonas residenciales, infraestructura vital (hospitales, hogares de bienestar, parques y centros educativos) a nivel de ubicación de esta infraestructura con respecto a la amenaza
- **Vulnerabilidad socio-ambiental:** nivel de exposición de poblaciones humanas y otros seres vivos con sus relaciones ecosistémicas a radiaciones EM-NI. Determinándose este factor por medio de medidas certificadas.

La siguiente tabla, ilustra mediante una matriz cómo podría abordarse el análisis de riesgo por contaminación EM-NI correlacionando los factores de amenaza y vulnerabilidad.

AMENAZA	VULNERABILIDAD	A*V	RIESGO		
			A	M	B
A1. Fuente	V1. Físicos V2. socio-ambiental				
A2. Cobertura	V1 V2				

<b>A3. Frecuencia</b>	V1 V2		
<b>A4. Intensidad</b>	V1 V2		

**Tabla 1. Matriz de correlación de factores de riesgo**

A\*V: Descripción de posibles efectos e impactos  
 Riesgo: Alto, Medio, Bajo

**4. REGLAMENTACIÓN NACIONAL**

Las restricciones que se contemplan en la legislación colombiana vigente tienen como finalidad proteger la salud de los ciudadanos en general, pero no se cuenta con entes acreditados que certifiquen el cumplimiento de estos límites, siendo este factor determinante en el atraso que presenta Colombia en la protección de los usuarios de estos sistemas de distribución de energía y de telecomunicaciones. Las reglamentaciones con que se cuenta son:

**4.1 Frecuencia extremadamente baja[9]**

En este rango se cuenta con un aparte del **RETIE (Reglamento Técnico para Instalaciones Eléctricas)** que define requisitos para intensidad de campo eléctrico y densidad de flujo magnético para frecuencias comprendidas entre 25 a 1000 Hz, en zonas donde pueda permanecer el público.

<b>Intensidad de campo eléctrico E (kV/m)</b>	<b>Densidad de flujo magnético B(mT)</b>
<b>10</b>	<b>0.5</b>

**Tabla 2. RETIE. Niveles de referencia para campos electromagnéticos. 2005**

Y se agrega: debe entenderse que 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 (2,3 m horizontal). Pero el RETIE en el capítulo II define estas distancias de seguridad para contacto y no se define explícitamente si cubren el riesgo por radiación electromagnética. Este reglamento para CEM presenta inconsistencias, que se deben tratar con cuidado.

**4.2 Para Radio Frecuencia [10]**

La restricción para radiofrecuencia (RF) se da mediante resolución del Ministerio de Comunicaciones, número 001645 del 29 de julio de 2005, que reglamenta los límites permisibles de exposición a radiaciones de RF basado en recomendación de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, (UIT-T K.52) "Orientación sobre el cumplimiento de los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos", vigente desde 2005.

**4.3 Normatividad ambiental**

Colombia ha sido un país pionero en cuanto a normatividad ambiental se refiere, desde la expedición del Código Nacional de Recursos Naturales Decreto 2811 de 1974, la expedición de la Ley 99/93 y la Ley 388 de 1997 Ley de Desarrollo Territorial, se ha ratificado el derecho a un ambiente sano que propenda por el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes. No obstante, el desconocimiento de la normatividad por parte de la ciudadanía en general hace que no se desarrolle una aplicación rigurosa de la misma. Algunas veces porque las instituciones que tienen la responsabilidad de llevar a cabo la regulación ambiental son laxas en su aplicación y control y otras veces porque se requieren cambios o ajustes en la implementación de la norma. Para el caso de la CEM es preciso actualizar la reglamentación en cuanto a la incorporación de la contaminación EM en los procesos de ordenamiento territorial.

**5. CONCLUSIONES**

El análisis de riesgo por contaminación EM-NI daría pautas en los procesos de incorporación de los Planes de Ordenamiento Territorial, como un instrumento preventivo para el diagnóstico, el desarrollo y aplicación de la norma a nivel local, la zonificación y reglamentación en los usos del suelo. Lo anterior daría pautas para

quienes deben tomar decisiones en el desarrollo y ubicación de infraestructura en las ciudades.

La regulación a las normas y recomendaciones sobre la exposición a radiación EM-NI en Colombia es una necesidad social que ayudarían a asegurar una mejor prestación del servicio de energía eléctrica y de telecomunicaciones desde el punto de vista de protección ambiental y producción limpia.

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, se considera que se debe acoger al principio de cautela y tener un conjunto de normas que protejan el sector laboral y al público.

Es de imperiosa necesidad el estudio y replanteamiento del artículo 14 del RETIE. Para definir el límite sobre el cual la legislación considera riesgosa la exposición a radiaciones EM-NI

Los organismos de estudio y control se deben capacitar en cuanto a cómo realizar las mediciones y cómo valorar los resultados de estudios.

Se debe incentivar la formación de grupos interdisciplinarios para afrontar el estudio de la contaminación EM-NI en Colombia.

Se debe incentivar el análisis de la situación en las diferentes oficinas de planeación del país, para que éstas incluyan legislación sobre CEM en los POT.

---

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] APONTE, G.; CADAVID, H. y ESCOBAR, A. Medición y modelamiento de Campos magnéticos de baja frecuencia en ambientes residenciales. Simposio Internacional sobre calidad de la energía eléctrica. SICEL 2001. Colombia 2001.
- [2] TORRES, J. I. y SALAZAR, J. A. Modelamiento y simulación de campo magnético a frecuencia extremadamente baja en circuitos secundarios. Revista Scientia Et Técnica. Año XI No 29 Diciembre de 2005.
- [3] TORRES, J. y ALZATYE, L. Efectos de las radiaciones electromagnéticas no ionizantes en sistemas biológicos. Revista medica del Risaralda. Vol 12 N° 2 Noviembre de 2006.
- [4] TORRES, H. Compatibilidad Electromagnética Y Calidad De La Energía Eléctrica. CODENSA. 2004.
- [5] BARDASANO, J. y ELORRIETA, J. Bioelectromagnetismo, Ciencia y Salud. Mc Graw Hill. 2000. p 259.
- [6] LLAMOSAS, L. E. y TORRES, J. Fundamentos para una propuesta de norma técnico-ambiental sobre radiaciones electromagnéticas de frecuencia extremadamente baja (FEB), SCIENTIA ET TÉCNICA. Octubre de 2003. No 22 p.143-148.
- [7] MINISTERIO DE AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL (MAVDT). Guía metodológica 1. Incorporación de la prevención y la reducción de riesgos en los procesos de ordenamiento territorial. Bogotá. 2005.
- [8] MASKREY, A. Los desastres no son naturales: Cap. 2. LA RED. 1993.
- [9] MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Reglamento Técnico Para Instalaciones Eléctricas. (RETIE). Bogotá, 2005.
- [10] MINISTERIO DE COMUNICACIONES REPÚBLICA DE COLOMBIA. RESOLUCIÓN NÚMERO 001645 DE 29 JUL. 2005, por la cual se reglamenta el Decreto 195 de 2005.

### Bibliografía adicional

SANTODOMINGO, M. Lecturas sobre derecho del medio ambiente. Tomo IV. Universidad Externado de Colombia. Octubre 2003 p. 457- 482.

Parlamento Europeo. Notas informativas N°297.563/2001 y 297.574/2001.

Informe final V congreso nacional del medio ambiente, Grupo de trabajo 13 Campos Electromagnéticos. Nov 2000.

Informe final VI congreso nacional del medio ambiente, Grupo de trabajo sobre Campos Electromagnéticos. Febrero 2003.

Encuentro regional sobre los campos electromagnéticos, Latinoamérica y el caribe, Lima – Perú, marzo 2001.

M. Grandolfo, D. Harder, B. Knave, J. Marshall. Interim guidelines on limits of exposure to 50/60 Hz electric and magnetic fields., International radiation protection association, May 1989.

[www.irpa.net](http://www.irpa.net)

[www.dane.gov.co](http://www.dane.gov.co)

Close Window