

# Efectos sobre la salud humana de los campos eléctricos y magnéticos de extremadamente bajas frecuencias

Los campos eléctricos y magnéticos exhiben diversos efectos sobre los organismos vivos, que dependen de las características físico-químicas de éstos y de las frecuencias, intensidades y períodos de exposición. En las zonas de muy altas frecuencias (zona de las radiaciones ionizantes) se encuentran los campos más efectivos en sus efectos sobre la materia orgánica (microondas, radioactividad y rayos cósmicos, por ejemplo), en cambio las zonas de bajas y extremadamente bajas frecuencias (ELF, por su nombre en inglés), no provocan daños visibles en cortos períodos de tiempo.

Los efectos de la exposición crónica o de largo plazo a campos ELF no han sido aún probados con evidencia irrefutable, aunque tampoco existe evidencia irrefutable de su inocuidad. En la actualidad, la posición de la OMS al respecto, es que la evidencia de efectos negativos sobre el organismo humano es aún insuficiente o inadecuada.

Está enfocada en apoyar preferentemente el trabajo de las Comisiones Legislativas de ambas Cámaras, con especial atención al seguimiento de los proyectos de ley. Con lo cual se pretende contribuir a la certeza legislativa y a disminuir la brecha de disponibilidad de información y análisis entre Legislativo y Ejecutivo.

#### Contacto

E-mail: [atencionparlamentarios@bcn.cl](mailto:atencionparlamentarios@bcn.cl)

Tel.: (56)32-226 3168 (Valpo.)

#### Rafael Torres Muñoz

Es Licenciado en Biología (Universidad de Chile, 1981) y Master Of Science (Universidad de California, 1989). Sus intereses de investigación son: Ciencias Básicas, Energía, Desarrollo Tecnológico.  
E-mail: [rtorres@bcn.cl](mailto:rtorres@bcn.cl)  
Tel.: (56) 32 226 3912

## Introducción

En primer lugar, las características de los campos eléctrico y magnético y sus efectos sobre la materia orgánica e inorgánica no dependen de la fuente que los produce, sino de la intensidad y frecuencia que presentan en el lugar del espacio donde se miden o sus efectos se consideran. Por tanto, los efectos observados en estudios de laboratorio son directamente extrapolables a los efectos producidos por campos equivalentes, independientemente de sus orígenes.

En nuestro país, la geografía asociada con la concentración del sector generación, impone grandes demandas sobre los sistemas de transporte de electricidad, ya que pocas generadoras concentradas en la zona central y sur, deben transportar energía a grandes distancias<sup>1</sup>. Esto implica líneas de alta tensión y grandes corrientes extendiéndose a lo largo del país. Por otra parte, la expansión de las zonas urbanas e industriales, con la consiguiente demanda de suelos para construir, presiona sobre las franjas de seguridad de las líneas aéreas de transmisión eléctrica de alta tensión.

Frente a esta realidad, es legítimo preguntarse si la exposición a los campos eléctricos y magnéticos asociados a la transmisión de electricidad ELF provoca efectos sobre la salud humana, sean éstos favorables o dañinos.

Este documento se basa principalmente sobre dos revisiones, la primera de ellas publicada en el sitio web "*Electrical Notes and Articles*" y la segunda, la Monografía N°238 "*Extremely Low Frequency Fields*" de la Organización Mundial de la Salud (OMS), además de otros artículos y revisiones.

### ¿Qué son los campos eléctrico y magnético?

Los campos eléctrico y magnético tienen su origen en las cargas eléctricas que -en su expresión más básica- son: el protón, con carga positiva y es parte del núcleo atómico y el electrón con carga negativa e igual en magnitud a la del protón.

Así como una partícula de materia produce un campo gravitatorio que la rodea y se extiende hasta el infinito, las cargas eléctricas están rodeadas por un campo eléctrico que también se extiende al infinito. Pero eso no es todo, cuando las cargas se desplazan en un conductor, se habla de una "corriente eléctrica", (cuyo efecto más conocido es una fuerte contractura muscular cuando el conductor es una persona) y una corriente eléctrica genera un campo magnético<sup>2</sup>, que fluye en torno al conductor y cuya intensidad se mide en Tesla (T), una unidad más común es el Gauss (G), con una equivalencia de  $1 \text{ T} = 10.000 \text{ G}$ . Para dimensionar, ayuda saber que el campo magnético de la Tierra, medido en su superficie, varía en el rango de 0,3 a 0,6 G<sup>3</sup>.

Los campos electromagnéticos son rápidamente absorbidos por la materia, (un edificio entre la antena que emite señales para su celular y usted, puede reducir la señal a cero, porque absorbe la energía portada por las ondas electromagnéticas). Los campos magnéticos -sin embargo- no son fácilmente absorbidos, y pueden atravesar piedras, metales y materia orgánica, es decir, dichos materiales son muy "permeables" a los campos magnéticos (de hecho, la permeabilidad magnética del ser humano es la misma que la del aire).

Los campos eléctricos, por su parte, están asociados a las cargas. Están presentes en electrodomésticos cuando éstos están conectados a la red eléctrica, aún cuando estén apagados. La intensidad del campo eléctrico se mide en Volts por metro (V/m) o kilovolts (miles de Volts) por metro (kV/m).

### Efectos de los campos asociados a frecuencias extremadamente bajas sobre los seres humanos

Según el informe "*Extremely Low Frequency Fields*"<sup>4</sup> (ELF, "Campos de extremadamente

<sup>1</sup> Las generadoras de la zona norte son -en su gran mayoría- dedicadas para proveer energía a proyectos mineros. (N. del A.)

<sup>2</sup> Jignesh Parmar "*Effects of High Voltage Transmission Lines on Humans and Plants*". Disponible en: <http://bcn.cl/1hhmx>. Marzo 2016.

<sup>3</sup> Campo magnético de la Tierra. Disponible en: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/magnetic/magearth.html>. Marzo 2016

<sup>4</sup> En este informe, se consideran "extremadamente bajas frecuencias" aquellas mayores que 0 Hz y menores o iguales que 100 kHz, según Monografía N° 238 "*Extremely*

bajas frecuencias”) de la Organización Mundial de la Salud (OMS), la exposición a los campos magnéticos producidos por los tendidos eléctricos residenciales (cuyas frecuencias son 50 o 60 ciclos por segundo (Hz)) no varía significativamente en el mundo.

La exposición cotidiana de un ser humano a los campos eléctricos y magnéticos está dominada por las frecuencias de los omnipresentes tendidos eléctricos residenciales e industriales. El valor promedio de los campos magnéticos en los “trabajos eléctricos” (aquellos relacionados directamente con la electricidad; instaladores eléctricos o personal de subestaciones eléctricas, por ejemplo) es mayor que aquellos encontrados en trabajos de oficina. Las exposiciones más altas corresponden a soldadores eléctricos, conductores de trenes eléctricos y operadores de máquinas de coser.

### **Caracterización del campo eléctrico sobre el organismo humano**

El campo eléctrico en el interior del cuerpo es normalmente cinco a seis órdenes de magnitud (cien mil a un millón de veces) más pequeño que los campos externos, que se encuentran en la casa u oficina. La gran excepción la constituyen los campos eléctricos en el interior de la membrana plasmática, que constituye el límite entre la célula y su entorno y consta de una doble capa de lípidos que contiene una gran variedad de moléculas que realizan un sinnúmero de funciones.

Debido a que la diferencia de potencial (diferencia de voltaje) a través de la membrana plasmática es típicamente del orden de 70 mV (milivolts) y su grosor es aproximadamente 100 nm (0,0000001m)<sup>5</sup>, el valor promedio para el campo eléctrico en el interior de la membrana plasmática es de: 700 kV/m (700.000 V/m)<sup>6</sup>.

### **Efectos de los campos magnéticos sobre el organismo humano**

Dado que la permeabilidad a los campos magnéticos de los tejidos humanos es la misma que la del aire, el campo magnético en los tejidos es el mismo que en el exterior, esto significa que los cuerpos humanos o animales no perturban significativamente el campo (porque prácticamente no absorben su energía). Sin embargo, un campo magnético variable induce fuerzas que operan en direcciones opuestas sobre cargas negativas y positivas, generando así una diferencia de potencial eléctrico que puede inducir corrientes en un conductor y –dado que los fluidos orgánico son soluciones electrolíticas (que contienen iones)- éstos pueden moverse y producir corrientes eléctricas en el organismo (efecto Faraday)<sup>7</sup>, que –a su vez- pueden afectar tejidos, órganos, organelos subcelulares y moléculas. La distribución del campo eléctrico inducido es afectada por la conductividad de los distintos órganos y tejidos.

### **Mecanismos Biofísicos**

En distintos laboratorios en el mundo, se han examinado mecanismos de interacción, directos e indirectos, propuestos para la interacción de ELF magnéticos y eléctricos con el material orgánico. En particular, se analizó si es posible que un proceso biológico expuesto a un campo eléctrico o magnético genere una “señal de respuesta” -distinguible para el organismo- del “ruido” de fondo dando origen a una “respuesta”. En ese escenario, la probabilidad que la “respuesta” produzca efectos negativos sobre el organismo, es mucho más alta que la de producir efectos beneficiosos. Se conocen varios mecanismos que podrían dar origen a una señal distinguible, pero sólo son posibles por sobre una cierta intensidad de campo. Sin embargo, aunque no se conocen mecanismos similares que operen a bajas intensidades de campo, no es posible afirmar que no existen y –por tanto- afirmar que estos campos no tienen efectos sobre la salud<sup>8</sup>. La Tabla I resume el estado del conocimiento al respecto.

*Low Frequency Fields*” de la Organización Mundial de la Salud. Disponible en: <http://bcn.cl/1hd9y>. Marzo 2016.

<sup>5</sup> “A comparison of plasma membrane, cytomembranes, and mitochondrial membrane elements with respect to ultrastructural features”. Disponible en: <http://bcn.cl/1hf2c>. Marzo 2016.

<sup>6</sup> Nota del Autor.

<sup>7</sup>Op.Cit. “Extremely Low Frequency Fields”.

<sup>8</sup> *Ibidem*.

**Tabla I. Mecanismos biofísicos que podrían operar a bajas intensidades de campos ELF<sup>9</sup>**

<b>Estructuras o procesos involucrados</b>	<b>Mecanismo</b>
Redes neurales	Los campos eléctricos inducidos en tejidos expuestos a campos ELF pueden estimular directamente a las fibras nerviosas mielinadas <sup>10</sup> cuando la intensidad de campo excede unos pocos volts por metro. Campos muchos menores pueden afectar la transmisión sináptica en redes neuronales (aunque no en neuronas aisladas). Este tipo de mecanismos es usado por organismos multicelulares para detectar señales ambientales débiles. Se ha sugerido que las redes neurales podrían discriminar campos entre 10 y 100 mV (milivolt) por metro.
Sangre y fluidos corporales	El mecanismo de radicales libres es un modo aceptado como los campos magnéticos podrían afectar algunos tipos específicos de reacciones químicas, generalmente aumentando la concentración de radicales libres en campos débiles y disminuyéndola en campos fuertes. Estos aumentos se han observado en campos magnéticos menores que 1 mT (10 G). Hay alguna evidencia acerca de la presencia de este mecanismo en el sistema de navegación de las aves migratorias. En todo caso, el análisis teórico y los datos experimentales se ha sugerido que los campos magnéticos asociados a las líneas de transmisión eléctrica de intensidades menores que el campo geomagnético, del orden de 50 $\mu$ T (0,5 G) no tendrían relevancia biológica.
Magnetita	Trazas de magnetita, cristales de varias formas de óxido de hierro, se encuentran en tejidos animales y humanos. Así como los radicales libres, han sido asociados a los mecanismos migratorios animales, aunque la presencia de cantidades traza <sup>11</sup> en el cerebro humano no le confiere capacidad para detectar el débil campo magnético de la Tierra. Se ha calculado que la magnetita conferiría una capacidad para detectar campos magnéticos hasta un límite inferior de 5 $\mu$ T (0,05 G)

Fuente: "Extremely Low Frequency Fields". Elaboración propia.

<sup>9</sup> *Ibidem*

<sup>10</sup> Las fibras mielinadas son aquellas fibras nerviosas que conducen estímulos (potenciales de acción) entre neuronas o entre neuronas y efectores, y que están recubiertas de una vaina de mielina (sustancia lipídica) que actúa como aislador (como el plástico en un conductor eléctrico). (N. del A.)

En química analítica, se considera una cantidad traza aquella que es menor que 100 partes por millón. (N. del A.)

## Efectos neuroconductuales

La exposición a campos eléctricos producidos por líneas de transmisión (industrial/residencial) causa respuestas biológicas bien conocidas, en un rango que va desde la molestia hasta efectos de carga eléctrica superficial. El tipo de respuesta depende tanto de la intensidad del campo como de las condiciones medio ambientales y la sensibilidad del sujeto. Los umbrales para la descarga de un objeto cargado a través de una persona conectada a tierra dependen del tamaño del objeto y -en general- es necesario estudiarlas caso a caso<sup>12</sup>.

**Tabla II. Efectos neuroconductuales de los campos eléctricos y magnéticos ELF<sup>13</sup>**

Tejidos/órganos afectados	Efectos
Cerebro, nervios	Estimulación del tejido nervioso periférico o del Sistema Nervioso Central (SNC). El umbral de intensidad del campo eléctrico inducido puede ser tan bajo como unos pocos volts por metro. Las personas que sufren de, o muestran predisposición a, epilepsia son más susceptibles a los campos inducidos por campos eléctricos ELF en el SNC. Más aún, la sensibilidad parece estar vinculada a una historia familiar de ataques epilépticos y al uso de antidepresivos tricíclicos <sup>14</sup> , agentes neurolépticos <sup>15</sup> y otras drogas que bajan el umbral epiléptico.
Retina	La retina (que es parte del SNC) puede ser afectada por campos magnéticos ELF bastante más débiles que aquellos que causan estimulación directa de los nervios. Una sensación de luces parpadeantes -llamadas fosfenos magnéticos o magnetofosfenos- es la resultante de la interacción de campos eléctricos inducidos con las células excitables de la retina. La intensidad de los campos eléctricos que producen estas sensaciones es del orden de 10 a 100 mV, aunque estos valores adolecen de severas incertezas.
Otros efectos neuroconductuales	La evidencia en estudios voluntarios sobre actividad eléctrica del cerebro; cognición; sueño; hipersensibilidad y humor no es clara. En general los resultados de los experimentos han arrojado resultados inciertos y transitorios. En la actualidad, las condiciones para producir respuestas no están bien definidas.

Fuente: "Extremely Low Frequency Fields". Elaboración propia.

<sup>12</sup> Op.Cit. "Extremely Low Frequency Fields".

<sup>13</sup> Ibidem.

<sup>14</sup> "Guía de intoxicaciones CITUC". Disponible en: "Antidepresivos tricíclicos" disponible en: <http://www.institutbezpiefczenstwa.pl/forum/guia-de-intoxicaciones-cituc>. Marzo 2016-

<sup>15</sup> El término "neuroléptico" hace referencia a la capacidad de un fármaco de producir un síndrome conocido como "neurolepsis". Este síndrome tiene tres características principales]: lentitud psicomotora; indiferencia afectiva y aquietamiento emocional. "Instituto de Psicofarmacología". Disponible en: <http://institutodepsicofarmacologia.com/antipsicoticos/tipicos-neurolepticos-convencionales-primera-generacion>. Marzo 2016

Los campos magnéticos y eléctricos ELF han sido objeto de numerosos estudios en relación con sus efectos sobre los organismos vivos, en particular sobre la salud de los seres humanos.

La Tabla III resume el estado del arte del conocimiento sobre las relaciones causales entre campos ELF y la salud humana.

**Tabla III. Efectos de los campos magnético y eléctrico sobre la salud humana.**

<b>Sistema</b>	<b>Efectos de los campos magnético y eléctrico ELF</b>
Sistema neuroendocrino	<p>Los resultados de estudios con voluntarios, así como estudios epidemiológicos residenciales y ocupacionales, sugieren que el sistema neuroendocrino no es adversamente afectado por la exposición a campos magnéticos y/o eléctricos ELF. En particular, no son afectados los niveles circulantes de las hormonas específicas del sistema neuroendocrino, incluyendo la melatonina -liberada por la glándula pineal- y un conjunto de hormonas involucradas en el control del metabolismo y fisiología del cuerpo, todas liberadas por la glándula pituitaria<sup>16</sup>.</p> <p>En general, los resultados obtenidos a la fecha, no indican que los campos eléctricos y/o magnéticos afecten al sistema neuroendocrino de alguna manera que constituyen un impacto negativo sobre la salud humana y la evidencia es considerada inadecuada<sup>17</sup>.</p>
Desórdenes neurodegenerativos	<p>Se ha hipotetizado que la exposición a campos ELF está asociada con varias enfermedades neurodegenerativas. Pero los estudios relacionados con la enfermedad de Parkinson, y múltiples estudios sobre esclerosis múltiple, no han encontrado evidencia alguna que vincule los campos eléctricos/magnéticos ELF a estas enfermedades. Lo mismo ha ocurrido con estudios sobre la influencia de los campos ELF en el desarrollo de Esclerosis Amiotrófica Lateral<sup>18</sup> (EAL)<sup>19</sup>. Los pocos estudios disponibles, respecto una asociación entre el mal de Alzheimer y exposición a campos ELF son inconsistentes<sup>20</sup>.</p>
Desórdenes cardiovasculares	<p>Los estudios experimentales relativos a los efectos de la exposición de largo y corto plazo a campos ELF sobre el sistema cardiovascular -a excepción obvia de los provocados por un <i>shock</i> eléctrico- no han encontrado evidencia que indique una vinculación entre ambos y de ellos se concluye que es poco probable que ocurran a los niveles de exposición que se encuentran en el común de los trabajos<sup>21</sup>. En general, la evidencia no proporciona elementos que permitan concluir una vinculación entre exposición a campos ELF enfermedades cardiovasculares<sup>22</sup>.</p>
Reproducción y desarrollo	<p>Los estudios epidemiológicos no han mostrado evidencias de alguna asociación entre problemas de reproducción humana y exposición maternal o paternal a campos ELF. Aunque existe alguna evidencia de aumento del riesgo de pérdida</p>

<sup>16</sup> Op.Cit. "Extremely Low Frequency Fields".

<sup>17</sup> Ibidem.

<sup>18</sup> "Es una enfermedad de las neuronas en el cerebro y la médula espinal que controlan el movimiento de los músculos voluntarios. El 10% de casos se debe a un defecto genético, mientras que en el resto se desconoce la causa. En la esclerosis lateral amiotrófica, las células nerviosas (neuronas) degeneran y no pueden controlar los músculos. La afección empeora hasta el punto de perder la capacidad de respirar". Esclerosis Lateral Amiotrófica. Disponible en: <https://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/000688.htm>. Marzo 2016.

<sup>19</sup> Op.Cit. "Extremely Low Frequency Fields".

<sup>20</sup> Ibidem.

<sup>21</sup> Ibidem.

<sup>22</sup> Ibidem.

Sistema	Efectos de los campos magnético y eléctrico ELF
	<p>asociado a la exposición maternal a campos magnéticos, pero -a juicio de los autores del estudio- la evidencia es inadecuada<sup>23</sup>.</p> <p>En varias especies de mamíferos se han evaluado exposiciones a campos eléctricos de hasta 150kV por metro, incluyendo estudios con grandes grupos, y exposiciones durante varias generaciones, y los resultados -consistentemente- no muestran resultados adversos en relación al desarrollo. En resumen, la evidencia en relación a efectos reproductivos o en el desarrollo es inadecuada<sup>24</sup>.</p>
Cáncer	<p>La clasificación adoptada por la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC, por su nombre en inglés) en relación a los campos magnéticos ELF “posiblemente carcinogénica para los humanos”<sup>25</sup> se basó en la literatura disponible hasta el año 2001. Posterior a tal fecha, se realizaron numerosos estudios sobre el riesgo de desarrollar cáncer mamario en mujeres adultas, asociado con la exposición a campos magnéticos ELF. Estos estudios se realizaron sobre un mayor número de sujeto y fueron diseñados con particular cuidado para evitar sesgos. Los resultados obtenidos han sido consistentemente negativos, debilitando la asociación previa entre el cáncer de mama femenino y los campos magnéticos ELF<sup>26</sup>.</p> <p>En el caso de cáncer cerebral y leucemia en adultos, los nuevos estudios publicados después de la monografía de IARC, no cambian la conclusión previa: que la evidencia para una relación causal entre campos magnéticos ELF y el riesgo a contraer estas enfermedades permanece inadecuada, así como para otras enfermedades y otros cánceres.</p>
Inmunología y hematología	<p>La evidencia relativa a efectos de los campos ELF sobre los componentes del sistema inmunológico es -en general- inconsistente, con resultados contradictorios entre diferentes especies y protocolos; muchos de las poblaciones de células no evidenciaron efectos y los marcadores funcionales no fueron afectados por la exposición a campos ELF<sup>27</sup>.</p> <p>Se han realizado pocos estudios sobre los efectos de campos magnéticos ELF sobre el sistema hematológico. En experimentos realizados para evaluar el conteo de glóbulos blancos las exposiciones variaron entre 2 <math>\mu</math>T y 2 mT, es decir, se exploraron los efectos de campos que diferían mil veces en intensidad, además se estudiaron los efectos combinados de campos eléctricos y magnéticos, sin que se obtuvieran resultados consistentes<sup>28</sup>. En general, la evidencia acerca de los efectos de campos eléctricos y magnéticos ELF sobre los sistemas inmune y hematológico es considerada inadecuada<sup>29</sup>.</p>

Fuente: “*Extremely Low Frequency Fields*”. Elaboración propia.

<sup>23</sup> *Ibidem*.

<sup>24</sup> *Ibidem*.

<sup>25</sup> IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. “Static and Extremely Low-Frequency Electric and Magnetic Fields”. Disponible en: <http://bcn.cl/1hhmo>. Marzo 2016.

<sup>26</sup> *Ibidem*.

<sup>27</sup> *Ibidem*.

<sup>28</sup> *Ibidem*.

<sup>29</sup> *Ibidem*.

## Normas de uso de suelos y construcción cerca de líneas de alta tensión

Las líneas de alta tensión constituyen un peligro latente para la vida de quienes deben pasar bajo ellas o vivir en sus cercanías, razón por la que prácticamente todos los países tienen disposiciones que reglamentan el uso de los suelos al interior de la franja de seguridad sobre cuyo eje longitudinal se ubican las torres de alta tensión que sostienen los conductores de transmisión. Estas disposiciones dependen de las frecuencias utilizadas, los voltajes transmitidos, las corrientes eléctricas circulantes, la topografía de las torres y factores aún más locales como la humedad atmosférica<sup>30</sup>. Por tanto, las normas difieren en sus valores según las características y condiciones locales.

En nuestro país, La Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones<sup>31</sup>, en su artículo 5.1.9, último inciso, dispone que “No se autorizarán construcciones de ningún tipo debajo de las líneas de alta tensión ni dentro de la franja de servidumbre de las mismas”. Además, el artículo 2.1.29 de la Ordenanza, en su inciso segundo, señala que “El instrumento de planificación territorial deberá reconocer las fajas o zonas de protección determinadas por la normativa vigente y destinarlas a áreas verdes, vialidad o a los usos determinados por dicha normativa”.

Por otra parte, el “Reglamento de Instalaciones Eléctricas de Corrientes Fuertes<sup>32</sup>”, de la Subsecretaría de Economía, Fomento y Reconstrucción, Superintendencia de Instalaciones Eléctricas de Corrientes Fuertes, del Ministerio de Economía, establece en su Artículo 1 que su objetivo es:

“...fijar las disposiciones para la ejecución de instalaciones eléctricas de corrientes fuertes y para el mejoramiento o modificaciones de las

existentes”, y define el concepto de “instalaciones de corrientes fuertes”.

Es instructivo, por otra parte, examinar el caso de Nueva Zelanda. En el documento “Administración de Recursos (Estándares Medioambientales para Actividades de Transmisión de Electricidad) Regulaciones 2009”<sup>33</sup> Nueva Zelanda establece las actividades permitidas y no permitidas relacionadas con las líneas de transmisión. En lo relacionado con los efectos de los campos eléctricos (E-F) y magnéticos (H-F) sobre el organismo humano, establece los valores máximos de exposición y las condiciones exigidas para otorgar credibilidad a las estimaciones.

La reglamentación exige la modelación físico-matemática de la intensidad de campo eléctrico y el flujo magnético, en la ubicación más próxima a la línea entre: (a) Un metro sobre el suelo en un área sobre, debajo o próxima a la línea que sea razonablemente accesible al público o (b) un metro por sobre el piso del nivel más alto del edificio habitado, y otras condiciones de borde que garanticen una representación adecuada de dichas variables física en los espacios cercanos que alberguen actividades humanas.

Los valores deben ser iguales o menores a: (1) 5 kV/m para el campo eléctrico y 100 microteslas para el flujo magnético, o (2) no exceder la restricción básica de 2 mA/m<sup>2</sup> para la densidad de corriente inducida en el cuerpo humano.

Esta reglamentación es particularmente interesante porque provee un ejemplo de aplicación de una metodología para regular la instalación de líneas de transmisión sobre parámetros objetivos: un modelo físico-matemático, susceptible de revisión por pares, para predecir los valores de los campos producidos por las instalaciones y su posterior contrastación con mediciones “*in situ*” que proveerán una medida de la bondad del modelo desarrollado. Proveyendo así una prueba convincente de que los valores predicho por el

<sup>30</sup> “*Electrical Properties of Atmospheric Moist Air: A Systematic, Experimental Study*”. U.S. Army Armament, Munitions, Chemical Command. Disponible en: <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a199599.pdf>. Marzo 2016

<sup>31</sup> Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. Disponible en: <http://bcn.cl/1hha3>. Noviembre 2013.

<sup>32</sup> “Reglamento de Instalaciones Eléctricas de Corrientes Fuertes”. Disponible en: <http://bcn.cl/1hhn7>. Marzo 2016

<sup>33</sup> “*Resource Management (National Environmental Standards for Electricity Transmission Activities) Regulations 2009*”. Disponible en: <http://www.legislation.govt.nz/regulation/public/2009/0397/la/test/whole.html#DLM2625666>. Marzo 2016.



modelo para diferentes condiciones tendrán una alta probabilidad de ser correctos.