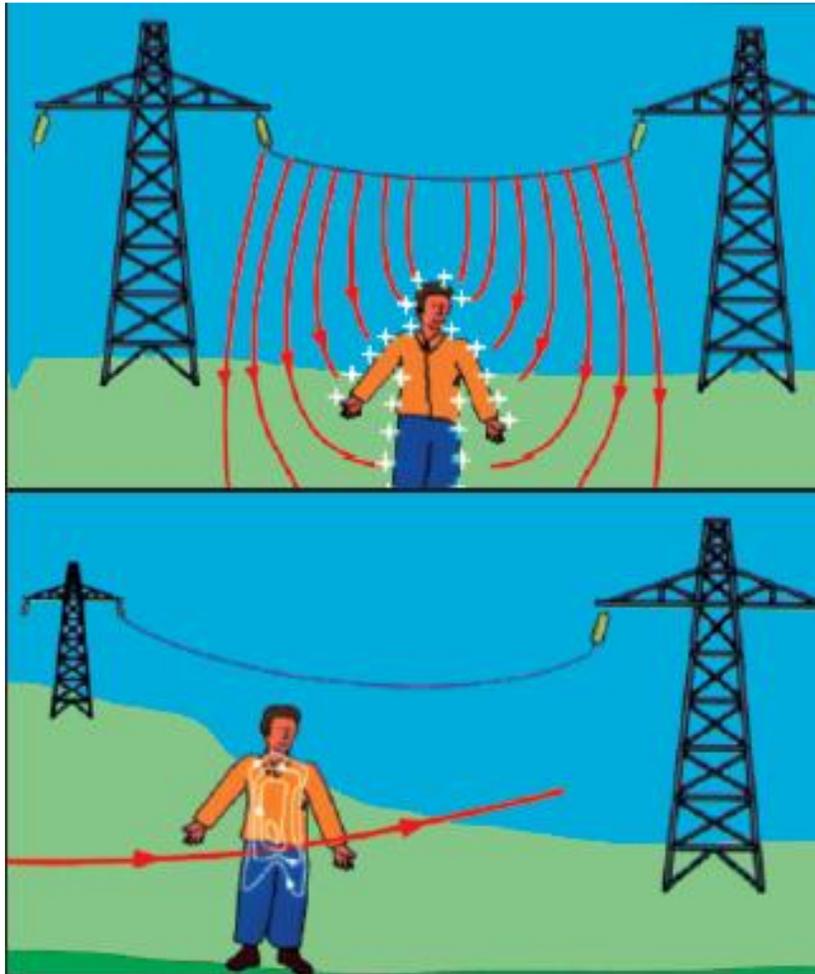




**REVISIÓN AL PROCESO DE GESTIÓN DE CAMPOS
ELECTROMAGNÉTICOS PARA LAS SUBESTACIONES Y LÍNEAS
DE TRANSMISIÓN DE ENERGÍA DE LA EMPRESA DE ENERGÍA
DE BOGOTÁ EN EL DISTRITO CAPITAL**



ÁNGELA VIVIANA BOBADILLA GONZÁLEZ
Personera Delegada para el Hábitat y Servicios Públicos

FRANCISCO JAVIER SERRANO ESPINEL
Profesional Especializado 222-07

Bogotá, mayo de 2018



Tabla de contenido

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 3 |
| 2. DEFINICIONES Y ACRÓNIMOS..... | 3 |
| 3. ACLARACIÓN DE CONCEPTOS REALIZADOS POR LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD..... | 9 |
| 4. JUSTIFICACIÓN..... | 13 |
| 5. OBJETIVO GENERAL..... | 13 |
| 6. OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 13 |
| 6.1. Verificar el cumplimiento de los límites de exposición de los campos eléctricos y magnéticos en las subestaciones y líneas de transmisión de energía eléctrica de la Empresa de Energía de Bogotá, EEB..... | 13 |
| 6.2. Verificar la eficacia del proceso de gestión de campos eléctricos y magnéticos que realiza la Empresa de Energía de Bogotá, EEB, en las subestaciones y líneas de transmisión de energía eléctrica, incluyendo las acciones preventivas y correctivas encaminadas al cumplimiento de los niveles de exposición de campos eléctricos y magnéticos en el Distrito Capital..... | 14 |
| 6.3. Recopilar y analizar los estudios que buscan correlacionar los efectos a largo plazo de la exposición a los campos electromagnéticos de baja frecuencia, entre ellos el cáncer y leucemia infantil..... | 14 |
| 7. METODOLOGÍA..... | 14 |
| 8. MARCO NORMATIVO..... | 14 |
| 8.1. RETIE – Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas..... | 14 |
| 8.2. Norma IEEE 644 de 1994 - IEEE Standard Procedures for Measurement of Power Frequency Electric and Magnetic Fields from AC Power Lines..... | 14 |
| 8.3. EPRI AC Transmission Line Reference Book 200 kV and Above..... | 14 |
| 8.4. Overhead Lines – A CIGRE Green Book..... | 14 |
| 8.5. IEEE Electrical Engineering Dictionary (2000)..... | 14 |
| 9. RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN..... | 15 |
| 9.1. Respuesta del Grupo Energía Bogotá recibida vía correo electrónico el 25 de mayo de 2018..... | 15 |
| 9.2. Actas de reunión..... | 44 |
| 9.3. Información recolectada de la página web de la Organización Mundial de la Salud..... | 49 |
| 9.3.1. Resumen de los efectos sobre la salud..... | 49 |
| 9.3.2. Progresos de las investigaciones..... | 52 |
| 9.3.3. Niveles de exposición típicos en el hogar y en el medio ambiente..... | 55 |
| 9.3.4. Normas actuales..... | 61 |
| 9.4. Medidas de precaución..... | 66 |
| 10. ANÁLISIS..... | 67 |
| FIGURA 1 ESTRUCTURA TÍPICA DOBLE CIRCUITO HORIZONTAL 230 KV (LÍNEA REFORMA – TUNAL)..... | 67 |
| FIGURA 2 ESTRUCTURA TÍPICA LÍNEA DOBLE CIRCUITO VERTICAL (LÍNEAS SAN MATEO – PARAISO, CIRCO – TUNAL Y CIRCO - PARAÍSO)..... | 68 |
| TABLA 1 ANÁLISIS CUMPLIMIENTO LÍMITES DE EXPOSICIÓN A CAMPOS MAGNÉTICOS EN LA LÍNEA REFORMA – TUNAL, 230 Kv..... | 69 |
| TABLA 2 ANÁLISIS CUMPLIMIENTO LÍMITES DE EXPOSICIÓN A CAMPOS ELÉCTRICOS EN LA LÍNEA REFORMA – TUNAL, 230 kV..... | 70 |
| FIGURA 3 EXTRAPOLACIÓN VALORES DE CAMPO ELÉCTRICO..... | 71 |
| TABLA 3 ANÁLISIS CUMPLIMIENTO LÍMITES DE EXPOSICIÓN A CAMPOS MAGNÉTICOS EN LA LÍNEA SAN MATEO - PARAÍSO, 230 kV..... | 71 |
| TABLA 4 ANÁLISIS CUMPLIMIENTO LÍMITES DE EXPOSICIÓN A CAMPOS ELÉCTRICOS EN LA LÍNEA SAN MATEO – PARAÍSO, 230 kV..... | 72 |
| TABLA 5 ANÁLISIS CUMPLIMIENTO LÍMITES DE EXPOSICIÓN A CAMPOS MAGNÉTICOS EN LA LÍNEA CIRCO – TUNAL, 230 KV..... | 72 |
| TABLA 6 ANÁLISIS CUMPLIMIENTO LÍMITES DE EXPOSICIÓN A CAMPOS ELÉCTRICOS EN LA LÍNEA CIRCO – TUNAL, 230 kV..... | 73 |
| TABLA 7 ANÁLISIS CUMPLIMIENTO LÍMITES DE EXPOSICIÓN A CAMPOS MAGNÉTICOS EN LA LÍNEA CIRCO – PARAÍSO, 230 KV..... | 73 |
| TABLA 8 ANÁLISIS CUMPLIMIENTO LÍMITES DE EXPOSICIÓN A CAMPOS ELÉCTRICOS EN LA LÍNEA CIRCO – PARAÍSO, 230 KV..... | 74 |



| | | |
|---------|---|----|
| 11. | CONCLUSIONES..... | 76 |
| 11.1. | Cumplimiento de los máximos valores permisibles de campos eléctricos y magnéticos. | 76 |
| 11.2. | Eficacia del proceso de gestión de campos electromagnéticos | 76 |
| 11.3. | Presuntas incidencias en la salud de las personas por exposición a campos eléctricos y magnéticos de muy baja frecuencia | 77 |
| 12. | RECOMENDACIONES..... | 78 |
| 12.1.1. | Realización de mesas de trabajo con las comunidades cercanas a Subestaciones y líneas de transmisión de energía, la Personería de Bogotá y el Grupo Energía de Bogotá | 78 |
| 12.1.2. | Traslado al Ministerio de Minas y Energía y solicitud de revisión del RETIE para dar observancia a las recomendaciones de la OMS | 78 |
| 12.1.3. | Seguimiento bianual de las investigaciones del Proyecto Internacional CEM de la Organización Mundial de la Salud | 79 |



1. INTRODUCCIÓN

La Personería de Bogotá en concordancia con el Estatuto de Bogotá, Decreto Ley 1421 de 1993, Acuerdo 34 de 1993 y Acuerdo 514 de 2012, en su función de veedora, vela por el cumplimiento de la Constitución, las leyes, los acuerdos y las sentencias judiciales, así como procura la efectividad de los derechos e intereses de los ciudadanos y verifica que los funcionarios de la administración distrital, cumplan con los deberes que les asignan las normas.

En cumplimiento de las funciones de la Personería Delegada para el Hábitat y Servicios Públicos, se requiere analizar la gestión pública del Grupo Energía de Bogotá (GEB), en relación con el proceso de gestión de campos electromagnéticos para las subestaciones y líneas de transmisión en el Distrito Capital.

2. DEFINICIONES Y ACRÓNIMOS

Para los fines de este informe, se toman las siguientes definiciones contenidas en el artículo 3 del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE, la Norma Técnica Colombiana NTC 2050, el documento “IEEE Electrical Engineering Dictionary (2000)” (Diccionario de Ingeniería eléctrica de la IEEE, año 2000) y las contenidas en la página web de la Organización Mundial de la Salud <http://www.who.int/peh-emf/about/WhatisEMF/es/>

ACCESIBLE: Que está al alcance de una persona, sin valerse de mecanismo alguno y sin barreras físicas de por medio.

ACCIDENTE: Evento no deseado, incluidos los descuidos y las fallas de equipos, que da por resultado la muerte, una lesión personal, un daño a la propiedad o deterioro ambiental.

ACTO INSEGURO: Violación de una norma de seguridad ya definida.

AISLAMIENTO ELÉCTRICO BÁSICO: Aislamiento aplicado a las partes vivas para prevenir contacto eléctrico.

AISLAMIENTO FUNCIONAL: Es el necesario para el funcionamiento normal de un aparato y la protección contra contactos directos.

AISLAMIENTO REFORZADO: Sistema de aislamiento único que se aplica a las partes vivas peligrosas y provee un grado de protección contra el contacto eléctrico y es equivalente al doble aislamiento.

AISLAMIENTO SUPLEMENTARIO: Aislamiento independiente aplicado de manera adicional al aislamiento básico, con el objeto de brindar protección contra contacto eléctrico en caso de falla del aislamiento básico.

AISLANTE ELÉCTRICO: Material de baja conductividad eléctrica que puede ser tomado como no conductor o aislador.

AMENAZA: Peligro latente de que un evento físico de origen natural, o causado, o inducido por la acción humana de manera accidental, se presente con una severidad suficiente para causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales.

ARCO ELÉCTRICO: Haz luminoso producido por el flujo de corriente eléctrica a través de un medio aislante, que produce radiación y gases calientes.



AVISO DE SEGURIDAD: Advertencia de prevención o actuación, fácilmente visible, utilizada con el propósito de informar, exigir, restringir o prohibir.

BT: Acrónimo de baja tensión, término que se usa para referirse a instalaciones eléctricas con tensión nominal menor o igual a 1000 voltios.

CABLE: Conjunto de alambres sin aislamiento entre si y entorchado por medio de capas concéntricas.

CABLE APANTALLADO: Cable con una envoltura conductora alrededor del aislamiento que le sirve como protección electromecánica. Es lo mismo que cable blindado.

CALIDAD: La totalidad de las características de un ente que le confieren la aptitud para satisfacer necesidades explícitas e implícitas. Es un conjunto de cualidades o atributos, como disponibilidad, precio, confiabilidad, durabilidad, seguridad, continuidad, consistencia, respaldo y percepción.

CAMPO ELÉCTRICO: En una región del espacio, si una carga de prueba que experimenta una fuerza F entonces se dice que la región se caracteriza por un campo eléctrico de intensidad E dado por

$$E = \frac{F}{q}$$

CAMPO MAGNÉTICO: Campo de fuerza magnética donde existen líneas de magnetismo.

CARGA: La potencia eléctrica requerida para el funcionamiento de uno o varios equipos eléctricos o la potencia que transporta un circuito.

CAPACIDAD NOMINAL: El conjunto de características eléctricas y mecánicas asignadas a un equipo o sistema eléctrico por el diseñador, para definir su funcionamiento bajo unas condiciones específicas. En un sistema la capacidad nominal la determina la capacidad nominal del elemento limitador.

CAPACIDAD O POTENCIA INSTALADA: También conocida como carga conectada, es la sumatoria de las cargas en kVA continuas y no continuas, previstas para una instalación de uso final. Igualmente, es la potencia nominal de una central de generación, subestación, línea de transmisión o circuito de la red de distribución.

CARGABILIDAD (transformadores de potencia): Relación entre la capacidad o potencia instalada y la capacidad nominal del transformador.

CEM: Acrónimo de Campo Electromagnético.

CERRAMIENTO: Envoltura, caja, gabinete, envolvente o carcasa de un aparato; cerca o paredes que rodean una instalación para evitar que las personas puedan entrar en contacto accidental con partes energizadas, o para proteger los equipos contra daños físicos. (Definición tomada de la NTC 2050)

CERTIFICACIÓN: Procedimiento mediante el cual un organismo expide por escrito o por un sello de conformidad, que un producto, un proceso o servicio cumple un reglamento técnico o una(s) norma(s) de fabricación.

CERTIFICACIÓN PLENA: Proceso de certificación del cumplimiento de los requisitos establecidos en el RETIE a una instalación eléctrica, el cual consiste en la declaración de cumplimiento suscrita por el profesional competente responsable de la construcción de la instalación, acompañada del aval de cumplimiento mediante un dictamen de inspección, previa realización de la inspección de



comprobación efectuada por inspector(es) de un organismo de inspección debidamente acreditado.

CERTIFICADO DE CONFORMIDAD: Documento emitido conforme a las reglas de un sistema de certificación, en el cual se puede confiar razonablemente que un producto, proceso o servicio es conforme con un reglamento técnico, una norma, especificación técnica u otro documento normativo específico.

CONDICIÓN INSEGURA: Circunstancia potencialmente riesgosa que está presente en el ambiente de trabajo.

CONDUCTOR ENERGIZADO: Todo aquel que no está conectado a tierra.

CONDUCTOR NEUTRO: Conductor activo conectado intencionalmente al punto neutro de un transformador o instalación y que contribuye a cerrar un circuito de corriente.

CONFIABILIDAD: Capacidad de un dispositivo, equipo o sistema para cumplir una función requerida, en unas condiciones y tiempo dado. Equivale a fiabilidad.

CONFORMIDAD: Cumplimiento de un producto, proceso o servicio frente a uno o varios requisitos o prescripciones.

CONTACTO DIRECTO: Es el contacto de personas o animales con conductores activos o partes energizadas de una instalación eléctrica.

CONTACTO ELECTRICO: Acción de unión de dos elementos con el fin de cerrar un circuito. Puede ser de frotamiento, de rodillo, líquido o de presión.

CONTACTO INDIRECTO: Es el contacto de personas o animales con elementos o partes conductivas que normalmente no se encuentran energizadas. Pero en condiciones de falla de los aislamientos se puedan energizar.

CORRIENTE ELECTRICA: Es el movimiento de cargas eléctricas entre dos puntos que no se hallan al mismo potencial, por tener uno de ellos un exceso de electrones respecto al otro.

CORRIENTE DE CONTACTO: Corriente que circula a través del cuerpo humano, cuando está sometido a una tensión de contacto.

DESASTRE: Situación catastrófica súbita que afecta a gran número de personas.

DISTANCIA DE SEGURIDAD: Distancia mínima alrededor de un equipo eléctrico o de conductores energizados, necesaria para garantizar que no habrá accidente por acercamiento de personas, animales, estructuras, edificaciones o de otros equipos.

DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA: Transferencia de energía eléctrica a los consumidores, dentro de un área específica.

ELECTRICIDAD: El conjunto de disciplinas que estudian los fenómenos eléctricos o una forma de energía obtenida del producto de la potencia eléctrica consumida por el tiempo de servicio.

ELECTRIZAR: Producir la electricidad en cuerpo o comunicársela.

ELECTROCUCION: Paso de corriente eléctrica a través del cuerpo humano, cuya consecuencia es la muerte.



EMERGENCIA: Situación que se presenta por un hecho accidental y que requiere suspender todo trabajo para atenderla.

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA: Documento que establece características técnicas mínimas de un producto o servicio.

EVENTO: Es una manifestación o situación, producto de fenómenos naturales, técnicos o sociales que puede dar lugar a una emergencia.

FACTOR DE RIESGO: Condición ambiental o humana cuya presencia o modificación puede producir un accidente o una enfermedad ocupacional.

FALLA: Degradación de componentes. Alteración intencional o fortuita de la capacidad de un sistema, componente o persona, para cumplir una función requerida.

FEB: Acrónimo de Campos eléctricos y magnéticos de muy baja frecuencia (0 a 300 hz)

FIBRILACIÓN VENTRICULAR: Contracción espontánea e incontrolada de las fibras del músculo cardíaco.

FRENTE MUERTO: Parte de un equipo accesible a las personas y sin partes activas expuestas.

FUENTE DE ENERGIA: Todo equipo o sistema que suministre energía eléctrica.

ICNIRP: Acrónimo de Instituto Internacional para la Protección de la Población y el Medio Ambiente.

IEEE: Acrónimo de “The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.”, creado en Nueva York en 1884, es una asociación internacional sin ánimo de lucro con sede principal en la ciudad de Piscataway en los Estados Unidos y subseces en más de 190 países del mundo, con alrededor de 370.000 miembros, entre profesionales y estudiantes de ingeniería, diseño, derecho, administración, medicina, biología, diseño y ciencias afines, cuyo objetivo es la permanente actualización profesional en el campo de las ciencias electromagnéticas, de la electrotecnología y de la informática.

IMPACTO AMBIENTAL: Acción o actividad que produce una alteración, favorable o desfavorable, en el medio ambiente o en alguno de los componentes del mismo.

IMPERICIA: Falta de habilidad para desarrollar una tarea.

INSTALACIÓN ELÉCTRICA: Conjunto de aparatos eléctricos, conductores y circuitos asociados, previstos para un fin particular: Generación, transmisión, transformación, conversión, distribución o uso final de la energía eléctrica. La cual para los efectos del presente reglamento, debe considerarse como un producto terminado.

LESIÓN: Perjuicio fisiológico sufrido por una persona.

LÍMITE DE APROXIMACIÓN SEGURA: Es la distancia mínima, desde el punto energizado más accesible del equipo, hasta la cual el personal o calificado puede situarse sin riesgo de exposición al arco eléctrico.

LÍMITE DE APROXIMACIÓN RESTRINGIDA: Es la distancia mínima hasta la cual el profesional competente puede situarse sin llevar los elementos de protección personal certificados contra riesgo por arco eléctrico.



LÍMITE DE APROXIMACIÓN TÉCNICA: Es la distancia mínima en la cual solo el profesional competente que lleva elementos de protección personal certificados contra arco eléctrico realiza trabajos en la zona de influencia directa de las partes energizadas de un equipo.

LÍNEA ELECTRICA: Conjunto compuesto por conductores, aisladores, estructuras y accesorios destinados al transporte de energía eléctrica.

LÍNEA DE TRANSMISIÓN: Un sistema de conductores y sus accesorios, para el transporte de energía eléctrica, desde una planta de generación o una subestación a otra subestación. Un circuito teórico equivalente que representa una línea de energía o de comunicaciones.

LÍNEA MUERTA: Término aplicado a una línea sin tensión o desenergizada.

LÍNEA VIVA: Término aplicado a una línea con tensión o línea energizada.

MANTENIMIENTO: Conjunto de acciones o procedimientos tendientes a preservar o restablecer un bien, a un estado tal que le permita garantizar la máxima confiabilidad.

MT: acrónimo de media tensión, término que se usa para referirse a instalaciones eléctricas con tensión nominal entre 1 y 30 kV.

MUERTE APARENTE O MUERTE CLINICA: Estado que se presenta cuando una persona deja de respirar o su corazón no bombea sangre.

MUERTO: Ser sin vida. También se aplica a un dispositivo enterrado en el suelo, cuyo fin es servir de punto de anclaje fijo.

NECROSIS ELÉCTRICA: Tipo de quemadura con muerte de tejidos.

NIVEL DE RIESGO: Equivale a grado de riesgo. Es el resultado de la valoración conjunta de la probabilidad de ocurrencia de los accidentes, de la gravedad de sus efectos y de la vulnerabilidad del medio.

NORMA DE SEGURIDAD: Toda acción encaminada a evitar un accidente.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA (NTC): Norma técnica aprobada o adoptada como tal por el organismo nacional de normalización.

OPERADOR DE RED: Empresa de Servicios Públicos encargada de la planeación, de la expansión y de las inversiones, operación y mantenimiento de todo o parte de un Sistema de Transmisión Regional o un Sistema de Distribución Local.

OMS: Acrónimo de Organización Mundial de la Salud.

PELIGRO INMINENTE: Para efectos de interpretación y aplicación del RETIE, alto riesgo será equivalente a peligro inminente; entendido como aquella condición del entorno o práctica irregular, cuya frecuencia esperada y severidad de sus efectos puedan comprometer fisiológicamente el cuerpo humano en forma grave (quemaduras, impactos, paro cardíaco, paro respiratorio, fibrilación o pérdida de funciones); o afectar el entorno de la instalación eléctrica (contaminación, incendio o explosión). En general, se puede presentar por:

- Deficiencias en la instalación eléctrica.
- Prácticas indebidas de la electrotecnia.

PERSONA CALIFICADA: Persona natural que demuestre su formación (capacitación y entrenamiento) en el conocimiento de la electrotecnia y los riesgos asociados a la electricidad.



PRECAUCIÓN: Actitud de cautela para evitar o prevenir los daños que puedan presentarse al ejecutar una acción.

PREVENCIÓN: Evaluación predictiva de los riesgos y sus consecuencias. Conocimiento a priori para controlar los riesgos. Acciones para eliminar la probabilidad de un accidente.

PREVISIÓN: Anticipación y adopción de medidas ante la posible ocurrencia de un suceso, en función de los indicios observados y de la experiencia.

PROCESO DE TRANSFORMACIÓN: Proceso en el cual los parámetros de la potencia eléctrica son modificados, por los equipos de una subestación.

PUESTA A TIERRA: Grupo de elementos conductores equipotenciales, en contacto eléctrico con el suelo o una masa metálica de referencia común, que distribuye las corrientes eléctricas de falla en el suelo o en la masa. Comprende electrodos, conexiones y cables enterrados.

REGLAMENTO TÉCNICO: Documento en el que se establecen las características de un producto, servicio o los procesos y métodos de producción, con inclusión de las disposiciones administrativas aplicables y cuya observancia es obligatoria.

RETIE: Acrónimo del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas adoptado por Colombia.

RETILAP: Acrónimo del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público.

RIESGO: Probabilidad de que en una actividad, se produzca una pérdida determinada, en un tiempo dado.

RIESGO DE ELECTROCUCIÓN: Posibilidad de circulación de una corriente eléctrica mortal a través de un ser vivo.

SEGURIDAD: Condición del producto conforme con la cual en situaciones normales de utilización, teniendo en cuenta la duración, la información suministrada en los términos de la presente ley y si procede, la puesta en servicio, instalación y mantenimiento, no presenta riesgos irrazonables para la salud o integridad de los consumidores. En caso de que el producto no cumpla con requisitos de seguridad establecidos en reglamentos técnicos o medidas sanitarias, se presumirá inseguro.

SEÑALIZACIÓN: Conjunto de actuaciones y medios dispuestos para reflejar las advertencias de seguridad en una instalación.

SERVICIO: Prestación realizada a título profesional o en forma pública, en forma onerosa o no, siempre que no tenga por objeto directo la fabricación de bienes.

SERVICIO PÚBLICO: Actividad organizada que satisface una necesidad colectiva en forma regular y continua, de acuerdo con un régimen jurídico especial, bien sea que se realice por el Estado directamente o por entes privados.

SOBRECARGA: Funcionamiento de un elemento excediendo su capacidad nominal.

SOBRETENSIÓN: Tensión anormal existente entre dos puntos de una instalación eléctrica, superior a la tensión máxima de operación normal de un dispositivo, equipo o sistema.

SUBESTACIÓN: Conjunto único de instalaciones, equipos eléctricos y obras complementarias, destinado a la transferencia de energía eléctrica, mediante la transformación de potencia.

STP: Acrónimo de Subestación Tipo Pedestal.



SUSCEPTIBILIDAD: Es la sensibilidad de un dispositivo, equipo o sistema para operar sin degradarse en presencia de una perturbación electromagnética.

TENSIÓN: La diferencia de potencial eléctrico entre dos conductores, que hace que fluyan electrones por una resistencia. Tensión es una magnitud, cuya unidad es el voltio; un error frecuente es hablar de “voltaje”.

TENSIÓN DE CONTACTO: Diferencia de potencial que durante una falla se presenta entre una estructura metálica puesta a tierra y un punto de la superficie del terreno a una distancia de un metro. Esta distancia horizontal es equivalente a la máxima que se puede alcanzar al extender un brazo.

TENSIÓN DE PASO: Diferencia de potencial que durante una falla se presenta entre dos puntos de la superficie del terreno, separados por una distancia de un paso (aproximadamente un metro).

TETANIZACIÓN: Rigidez muscular producida por el paso de una corriente eléctrica.

TIERRA (Ground o earth): Para sistemas eléctricos, es una expresión que generaliza todo lo referente a conexiones con tierra. En temas eléctricos se asocia a suelo, terreno, tierra, masa, chasis, carcasa, armazón, estructura o tubería de agua. El término “masa” solo debe utilizarse para aquellos casos en que no es el suelo, como en los aviones, los barcos y los carros.

TRANSFORMACIÓN: Proceso mediante el cual son modificados, los parámetros de tensión y corriente de una red eléctrica, por medio de uno o más transformadores, cuyos secundarios se emplean en la alimentación de otras subestaciones o centros transformación (incluye equipos de protección y seccionamiento).

TRANSMISIÓN: Proceso mediante el cual se hace transferencia de grandes bloques de energía eléctrica, desde las centrales de generación hasta las áreas de consumo.

UMBRAL: Nivel de una señal o concentración de un contaminante, comúnmente aceptado como de no daño al ser humano.

VIDA ÚTIL: Tiempo durante el cual un bien cumple la función para la que fue concebido.

ZONA DE SERVIDUMBRE: Es una franja de terreno que se deja sin obstáculos a lo largo de una línea de transporte o distribución de energía eléctrica, como margen de seguridad para la construcción, operación y mantenimiento de dicha línea, así como para tener una interrelación segura con el entorno.

3. ACLARACIÓN DE CONCEPTOS REALIZADOS POR LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD

A continuación se presentan algunas aclaraciones tomadas de la página web <http://www.who.int/peh-emf/about/WhatisEMF/es/> de la Organización Mundial de la Salud.

Campos eléctricos

Tienen su origen en diferencias de voltaje: entre más elevado sea el voltaje, más fuerte será el campo que resulta.

Campos magnéticos

Tienen su origen en las corrientes eléctricas: una corriente más fuerte resulta en un campo más fuerte. Un campo eléctrico existe aunque no haya corriente. Cuando hay corriente, la magnitud del campo magnético cambiará con el consumo de poder, pero la fuerza del



campo eléctrico quedará igual. (Información que proviene de “Electromagnetic Fields”, publicado por la Oficina Regional de la OMS para Europa (1999).

Fuentes naturales de campos electromagnéticos

En el medio en que vivimos, hay campos electromagnéticos por todas partes, pero son invisibles para el ojo humano. Se producen campos eléctricos por la acumulación de cargas eléctricas en determinadas zonas de la atmósfera por efecto de las tormentas. El campo magnético terrestre provoca la orientación de las agujas de los compases en dirección Norte-Sur y los pájaros y los peces lo utilizan para orientarse.

Fuentes de campos electromagnéticos generadas por el hombre

Además de las fuentes naturales, en el espectro electromagnético hay también fuentes generadas por el hombre: Para diagnosticar la rotura de un hueso por un accidente deportivo, se utilizan los rayos X. La electricidad que surge de cualquier toma de corriente lleva asociados campos electromagnéticos de frecuencia baja. Además, diversos tipos de ondas de radio de frecuencia más alta se utilizan para transmitir información, ya sea por medio de antenas de televisión, estaciones de radio o estaciones base de telefonía móvil.

Conceptos básicos sobre la longitud y frecuencia de las ondas

¿Por qué son tan diferentes los diversos tipos de campos electromagnéticos?

Una de las principales magnitudes que caracterizan un campo electromagnético (CEM) es su frecuencia, o la correspondiente longitud de onda. El efecto sobre el organismo de los diferentes campos electromagnéticos es función de su frecuencia. Podemos imaginar las ondas electromagnéticas como series de ondas muy uniformes que se desplazan a una velocidad enorme: la velocidad de la luz. La frecuencia simplemente describe el número de oscilaciones o ciclos por segundo, mientras que la expresión «longitud de onda» se refiere a la distancia entre una onda y la siguiente. Por consiguiente, la longitud de onda y la frecuencia están inseparablemente ligadas: cuanto mayor es la frecuencia, más corta es la longitud de onda.

El concepto se puede ilustrar mediante una analogía sencilla. Ate una cuerda larga al pomo de una puerta y sujete el extremo libre. Si lo mueve lentamente arriba y abajo generará una única onda de gran tamaño; un movimiento más rápido generará numerosas ondas pequeñas. La longitud de la cuerda no varía, por lo que cuantas más ondas genere (mayor frecuencia), menor será la distancia entre las mismas (menor longitud de onda).

¿Qué diferencia hay entre los campos electromagnéticos no ionizantes y la radiación ionizante?

La longitud de onda y la frecuencia determinan otra característica importante de los campos electromagnéticos. Las ondas electromagnéticas son transportadas por partículas llamadas cuantos de luz. Los cuantos de luz de ondas con frecuencias más altas (longitudes de onda más cortas) transportan más energía que los de las ondas de menor frecuencia (longitudes de onda más largas). Algunas ondas electromagnéticas transportan tanta energía por cuanto de luz que son capaces de romper los enlaces entre las moléculas. De las radiaciones que componen el espectro electromagnético, los rayos gamma que emiten los materiales radioactivos, los rayos cósmicos y los rayos X tienen esta capacidad y se conocen como «radiación ionizante». Las radiaciones compuestas por cuantos de luz sin energía suficiente para romper los enlaces moleculares se conocen como «radiación no ionizante». Las fuentes de campos electromagnéticos generadas por el hombre que constituyen una parte fundamental de las sociedades industriales (la electricidad, las microondas y los campos de radiofrecuencia) están en el extremo del espectro electromagnético correspondiente a longitudes de onda relativamente largas y frecuencias bajas y sus cuantos no son capaces de romper enlaces químicos.



Campos electromagnéticos de frecuencias bajas

En presencia de una carga eléctrica positiva o negativa se producen campos eléctricos que ejercen fuerzas sobre las otras cargas presentes en el campo. La intensidad del campo eléctrico se mide en voltios por metro (V/m). Cualquier conductor eléctrico cargado genera un campo eléctrico asociado, que está presente aunque no fluya la corriente eléctrica. Cuanto mayor sea la tensión, más intenso será el campo eléctrico a una determinada distancia del conductor.

Los campos eléctricos son más intensos cuanto menor es la distancia a la carga o conductor cargado que los genera y su intensidad disminuye rápidamente al aumentar la distancia. Los materiales conductores, como los metales, proporcionan una protección eficaz contra los campos magnéticos. Otros materiales, como los materiales de construcción y los árboles, presentan también cierta capacidad protectora. Por consiguiente, las paredes, los edificios y los árboles reducen la intensidad de los campos eléctricos de las líneas de conducción eléctrica situadas en el exterior de las casas. Cuando las líneas de conducción eléctrica están enterradas en el suelo, los campos eléctricos que generan casi no pueden detectarse en la superficie.

Los campos magnéticos se originan por el movimiento de cargas eléctricas. La intensidad de los campos magnéticos se mide en amperios por metro (A/m), aunque en las investigaciones sobre campos electromagnéticos los científicos utilizan más frecuentemente una magnitud relacionada, la densidad de flujo (en microteslas, μT). Al contrario que los campos eléctricos, los campos magnéticos sólo aparecen cuando se pone en marcha un aparato eléctrico y fluye la corriente. Cuanto mayor sea la intensidad de la corriente, mayor será la intensidad del campo magnético.

Al igual que los campos eléctricos, los campos magnéticos son más intensos en los puntos cercanos a su origen y su intensidad disminuye rápidamente conforme aumenta la distancia desde la fuente. Los materiales comunes, como las paredes de los edificios, no bloquean los campos magnéticos.

| Campos eléctricos | Campos magnéticos |
|--|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. La fuente de los campos magnéticos es la tensión eléctrica. 2. Su intensidad se mide en voltios por metro (V/m). 3. Puede existir un campo eléctrico incluso cuando el aparato eléctrico no está en marcha. 4. La intensidad del campo disminuye conforme aumenta la distancia desde la fuente. 5. La mayoría de los materiales de construcción protegen en cierta medida de los campos eléctricos. | <ol style="list-style-type: none"> 1. La fuente de los campos magnéticos es la corriente eléctrica. 2. Su intensidad se mide en amperios por metro (A/m). Habitualmente, los investigadores de CEM utilizan una magnitud relacionada, la densidad de flujo (en microteslas (μT) o militeslas (mT). 3. Los campos magnéticos se originan cuando se pone en marcha un aparato eléctrico y fluye la corriente. 4. La intensidad del campo disminuye conforme aumenta la distancia desde la fuente. 5. La mayoría de los materiales no atenúan los campos magnéticos. |

Campos eléctricos

Al enchufar un cable eléctrico en una toma de corriente se generan campos eléctricos en el aire que rodea al aparato eléctrico. Cuanto mayor es la tensión, más intenso es el campo eléctrico producido. Como puede existir tensión aunque no haya corriente eléctrica, no es necesario que el aparato eléctrico esté en funcionamiento para que exista un campo eléctrico en su entorno.

(Por gentileza de la National Radiological Protection Board, Junta nacional de protección radiológica del Reino Unido)

Los campos magnéticos se generan únicamente cuando fluye la corriente eléctrica. En este caso, coexisten en el entorno del aparato eléctrico campos magnéticos y eléctricos. Cuanto



mayor es la intensidad de la corriente, mayor es la intensidad del campo magnético. La transmisión y distribución de electricidad se realiza a tensión alta, mientras que en el hogar se utilizan tensiones bajas. Las tensiones de los equipos de transmisión de electricidad varían poco de unos días a otros; la corriente de las líneas de transmisión varía en función del consumo eléctrico.

Los campos eléctricos existentes en torno al cable de un electrodoméstico sólo desaparecen cuando éste se desenchufa o se desconecta de la toma de corriente, aunque no desaparecerán los campos eléctricos del entorno del cable situado en el interior de la pared que alimenta al enchufe.

¿En qué se diferencian los campos estáticos de los campos variables en el tiempo?

Un campo estático es el que no varía en el tiempo. Una corriente continua (DC, en inglés) es una corriente eléctrica que fluye siempre en el mismo sentido. En cualquier aparato eléctrico alimentado con pilas fluye corriente de la pila al aparato y de éste a la pila, generándose un campo magnético estático. El campo magnético terrestre es también un campo estático, así como el campo magnético que rodea a una barra imantada, el cual puede visualizarse por medio del dibujo que se forma cuando se espolvorean limaduras de hierro en torno a la barra.

En cambio, las corrientes alternas (AC, en inglés) forman campos electromagnéticos variables en el tiempo. Las corrientes alternas invierten su sentido de forma periódica. En la mayoría de los países de Europa la corriente alterna cambia de sentido con una frecuencia de 50 ciclos por segundo, o 50 Hz (hertz o hertzios) y, de forma correspondiente, el campo electromagnético asociado cambia de orientación 50 veces cada segundo. La frecuencia de la corriente eléctrica en los países de América del Norte es de 60 Hz.

¿Cuáles son las principales fuentes de campos de frecuencia baja, media y alta?

Los campos electromagnéticos variables en el tiempo que producen los aparatos eléctricos son un ejemplo de campos de frecuencia extremadamente baja (FEB, o ELF, en inglés), con frecuencias generalmente de hasta 300 Hz. Otras tecnologías producen campos de frecuencia intermedia (FI), con frecuencias de 300 Hz a 10 MHz, y campos de radiofrecuencia (RF), con frecuencias de 10 MHz a 300 GHz. Los efectos de los campos electromagnéticos sobre el organismo no sólo dependen de su intensidad sino también de su frecuencia y energía. Las principales fuentes de campos de FEB son la red de suministro eléctrico y todos los aparatos eléctricos; las pantallas de computadora, los dispositivos antirrobo y los sistemas de seguridad son las principales fuentes de campos de FI y las principales fuentes de campos de RF son la radio, la televisión, las antenas de radares y teléfonos celulares y los hornos de microondas. Estos campos inducen corrientes en el organismo que, dependiendo de su amplitud y frecuencia, pueden producir diversos efectos como calentamiento y sacudidas eléctricas. (No obstante, para producir estos efectos, los campos exteriores al organismo deben ser muy intensos, mucho más que los presentes habitualmente en el medio.)

Campos electromagnéticos de frecuencias altas

Los teléfonos móviles, la televisión y los transmisores de radio y radares producen campos de RF. Estos campos se utilizan para transmitir información a distancias largas y son la base de las telecomunicaciones, así como de la difusión de radio y televisión en todo el mundo. Las microondas son campos de RF de frecuencias altas, del orden de GHz. En los hornos de microondas, utilizamos estos campos para el calentamiento rápido de alimentos. En las frecuencias de radio, los campos eléctricos y magnéticos están estrechamente relacionados y sus niveles se miden normalmente por la densidad de potencia, en vatios por metro cuadrado (W/m^2).



Puntos clave:

1. El espectro electromagnético abarca tanto fuentes de campos electromagnéticos naturales como fuentes generadas por el hombre.
2. Un campo electromagnético se caracteriza mediante su frecuencia o su longitud de onda. En una onda electromagnética, estas dos características están directamente relacionadas entre sí: cuanto mayor es la frecuencia, más corta es la longitud de onda.
3. La radiación ionizante, como los rayos X y rayos gamma, contiene fotones con energía suficiente para romper enlaces moleculares. Los fotones de las ondas electromagnéticas de frecuencias de red y de radio son mucho menos energéticos y no tienen esa capacidad.
4. Los campos eléctricos se generan en presencia de una carga eléctrica y su intensidad se mide en voltios por metro (V/m). Los campos magnéticos se originan por la corriente eléctrica. Sus densidades de flujo se miden en μT (microtesla) o mT (militesla).
5. En las frecuencias de radio y de microondas, los campos eléctricos y magnéticos se consideran, conjuntamente, como los dos componentes de una onda electromagnética. La intensidad de estos campos se describe mediante la densidad de potencia, medida en vatios por metro cuadrado (W/m^2).
6. Las ondas electromagnéticas de frecuencia baja y frecuencia alta afectan al organismo de formas diferentes.
7. Las redes de distribución eléctrica y los aparatos eléctricos son las fuentes más comunes de campos eléctricos y magnéticos de frecuencia baja del entorno cotidiano. Las fuentes habituales de campos electromagnéticos de radiofrecuencia son las telecomunicaciones, las antenas de radiodifusión y los hornos de microondas.

4. JUSTIFICACIÓN

El Grupo Energía de Bogotá es propietario y operador de subestaciones y líneas de transmisión de energía de 230 kV y 500 kV, algunas de las cuales se encuentran localizadas en el Distrito Capital y generan en su cercanía campos eléctricos y magnéticos de baja frecuencia, denominados con la sigla FEB, los cuales no deben superar los valores límites permisibles según el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas, RETIE.

Los estudios realizados por la Institución Internacional para la Protección de la Población y el Medio Ambiente, ICNIRP (revisión 2009) y avalados por la OMS (Organización Mundial de la Salud), han comprobado los efectos a corto plazo en la salud de las personas, originados por la exposición a campos magnéticos de baja frecuencia. Estos últimos generan corrientes y campos eléctricos en el cuerpo humano, tales que si la intensidad del campo es muy elevada, causan estimulación neural y muscular, así como cambios en la excitabilidad neuronal del sistema nervioso central.

Así mismo, se están adelantando estudios que buscan correlacionar los efectos a largo plazo de la exposición a los campos electromagnéticos de baja frecuencia, entre ellos cáncer y leucemia infantil.

5. OBJETIVO GENERAL

Revisar el proceso gestión de campos electromagnéticos en las subestaciones y líneas de transmisión de energía eléctrica en el Distrito Capital realizado por la EEB.

6. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 6.1. Verificar el cumplimiento de los límites de exposición de los campos eléctricos y magnéticos en las subestaciones y líneas de transmisión de energía eléctrica de la Empresa de Energía de Bogotá, EEB.



6.2. Verificar la eficacia del proceso de gestión de campos eléctricos y magnéticos que realiza la Empresa de Energía de Bogotá, EEB, en las subestaciones y líneas de transmisión de energía eléctrica, incluyendo las acciones preventivas y correctivas encaminadas al cumplimiento de los niveles de exposición de campos eléctricos y magnéticos en el Distrito Capital.

6.3. Recopilar y analizar los estudios que buscan correlacionar los efectos a largo plazo de la exposición a los campos electromagnéticos de baja frecuencia, entre ellos el cáncer y leucemia infantil.

7. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de la presente veeduría, se recopiló información del Grupo Energía de Bogotá, mediante cuestionarios y visitas administrativas realizadas durante los días 15 y 18 de mayo de 2018.

En estas, se socializó un cuestionario de preguntas las cuales fueron respondidas vía correo electrónico el 25 de mayo de 2018.

Por otro lado, se revisaron las últimas investigaciones relacionadas con la incidencia de los campos electromagnéticos sobre la salud de los seres humanos, en las páginas web del Instituto Internacional para la Protección de la Población y el Medio Ambiente (ICNIRP) y la Organización Mundial de la Salud (OMS).

8. MARCO NORMATIVO.

8.1. RETIE – Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas

Resolución 180398 del 7 de abril del 2004, por medio de la cual se adopta el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas para la República de Colombia.

Resolución 180498 del 28 de abril de 2005, por medio de la cual se modifican algunos aspectos del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas, expedido mediante Resolución 180398 de abril de 2004.

Resolución 90708 del 30 agosto de 2013, por la cual se expide el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE.

8.2. Norma IEEE 644 de 1994 - IEEE Standard Procedures for Measurement of Power Frequency Electric and Magnetic Fields from AC Power Lines

8.3. EPRI AC Transmission Line Reference Book 200 kV and Above

8.4. Overhead Lines – A CIGRE Green Book

8.5. IEEE Electrical Engineering Dictionary (2000)



9. RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

9.1. Respuesta del Grupo Energía Bogotá recibida vía correo electrónico el 25 de mayo de 2018

5/25/2018

Respuesta radicado personería a Grupo En... - Francisco Javier Serrano Espinel

Respuesta radicado personería a Grupo Energía Bogotá

Christian David Sepulveda Londono <csepulveda@geb.com.co>

vie 25/05/2018 14:32

Para Francisco Javier Serrano Espinel <fjserrano@personeriabogota.gov.co>

CC: Hector Eduardo Graffe Cantillo <hgraffe@geb.com.co>

PERSONERÍA DE BOGOTÁ 25-05-2018 03:07:33
2018ER499438 0 1 Fol:1 Anex:14
ORIGEN: Origen: CODENSA S.A. ESP/CHRISTIAN DAVID SEPULVEDA
DESTINO: Destino: PD PARA EL HABITAT Y SERVICIOS PUBLICOS/BOBA
ASUNTO: Asunto: RESPUESTA RADICADO PERSONERIA CODENSA POI
OBS: Obs.: SE ANEXA (14) FOLIOS - FS

1 archivos adjuntos (4 MB)

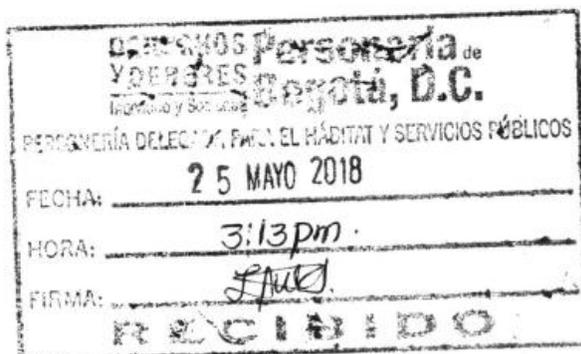
Radicado Oficio.pdf:

Buen Día Señor Francisco Serrano,

En el presente correo se envía adjunto el radicado de respuesta al documento GB-0120-05058-2018-E del Grupo Energía Bogotá.

Agradezco su atención y quedo atento,

Cordialmente,
CHRISTIAN DAVID SEPULVEDA LONDOÑO
Asesor I
Vicepresidencia de Transmisión Gerencia de Ingeniería
(57-1) 3268000 ext. 0000
csepulveda@geb.com.co
Carrera 9 No 73 - 44 Piso: 9
www.grupoenergiabogota.com



Antes de imprimir piense en su responsabilidad y compromiso con el MEDIO AMBIENTE!

Esta comunicación puede contener material CONFIDENCIAL y/o información con DERECHOS RESERVADOS perteneciente a la GEB (Grupo Energía Bogotá), por lo tanto el uso de la misma es exclusiva para el destinatario. Si usted recibió este material por error, por favor notifíquelo inmediatamente al remitente, borre el email y cualquier documento o documentos asociados con el mismo, absténgase de realizar copias, grabarlo, utilizarlo o divulgarlo, cualquier tratamiento de este correo se encuentra prohibido y sancionado por las leyes aplicables.

Además comunicamos que este mensaje y sus adjuntos han sido verificados con herramientas de antivirus y en consecuencia no contiene virus ni otros defectos, sin embargo, el destinatario debe verificar el mensaje y su contenido, razón por la cual GEB S.A. no se hace responsable por daños que se deriven del uso de este mensaje.

Protección de datos personales

GEB S.A ESP en cumplimiento con la ley de Habeas Data, respeta el derecho a la protección de los datos personales y promueve su implementación, por lo cual cuenta con la Política de Tratamiento de Datos Personales, publicada en <https://www.grupoenergiabogota.com/datos-personales/>

Before printing this email think about your responsibility and commitment to the ENVIRONMENT!



Grupo Energía Bogotá

GRUPO ENERGIA BOGOTA
0540 - GERENCIA DE INGENIERIA
RESPUESTA A RADICADO GB - 0120 - 05058 - 2018 COMUNICACION D...
0540 - SALIDA - DOC. PAPEL

25/05/2018 14:12:46
GEB-0540-03562-2018-8

Bogotá D.C.,

Señora
Angela Viviana Bobadilla Gonzalez
Personera delegada para el hábitat y los servicios públicos
Cra 7 no 21 24
La ciudad



Asunto: Respuesta a radicado GB-0120-05058-2018: comunicación de la Personería No.: 2018EE797453

Respetados señores:

Mediante la presente, el Grupo Energía Bogotá da respuesta a la comunicación de la Personería No. 2018EE797453

1. Resumen y mapa de la infraestructura actual de la EEB correspondiente a subestaciones y líneas de transmisión de energía eléctrica en el Distrito Capital.

Rta. /1. El Grupo Energía Bogotá (antiguamente Empresa de Energía de Bogotá) cuenta con infraestructura de subestaciones y líneas de transmisión en el Distrito Capital según la siguiente relación:

Subestaciones:

- El Tunal 230 kV: Coordenadas 4° 34.409'N, 74° 8.456'O.
- Circo 230 kV: Coordenadas 4° 35.253'N, 74° 3.710'O.

| Línea | Nivel de tensión nominal (kV) | Longitud en D.C. (km) | Año entrada en operación | Corriente máxima nominal (a) | Servidumbre (m) |
|----------------------|-------------------------------|-----------------------|--------------------------|------------------------------|---|
| Tunal - La Reforma | 230 | 17,8 | 1992 | 1440 A | 60 m tramo horizontal, 30 m tramo vertical (postes) |
| Tunal - San Mateo | 230 | 9,67 | 1983 | 960 A | 40 m |
| Circo - Guavio: 18.3 | 230 | 18,3 | 1983 | 960 A | 40 m |
| Circo - Tunal | 230 | 22,5 | 1983 | 960 A | 40 m |

De acuerdo con lo establecido en el Reglamento Técnico de Instalación Eléctricas-RETIE Resolución 90708 de 30 de agosto de 2013, la franja de servidumbre mínima para líneas de transmisión de

Sede principal Carrera 9 # 73-44
Sede calle 71 - Carrera 7 # 71-21 Bloque B piso 18
(57) 1 3268 000
grupoenergiabogota.com
Bogota D.C - Colombia

47



doble circuito a 230 kV, es de 32 metros para estructuras tipo torre en celosía (16 metros a lado y lado del eje) y 30 metros para estructuras tipo poste (15 metros a lado y lado del eje).

En la Figura 1 se expone la ubicación de los activos citados:

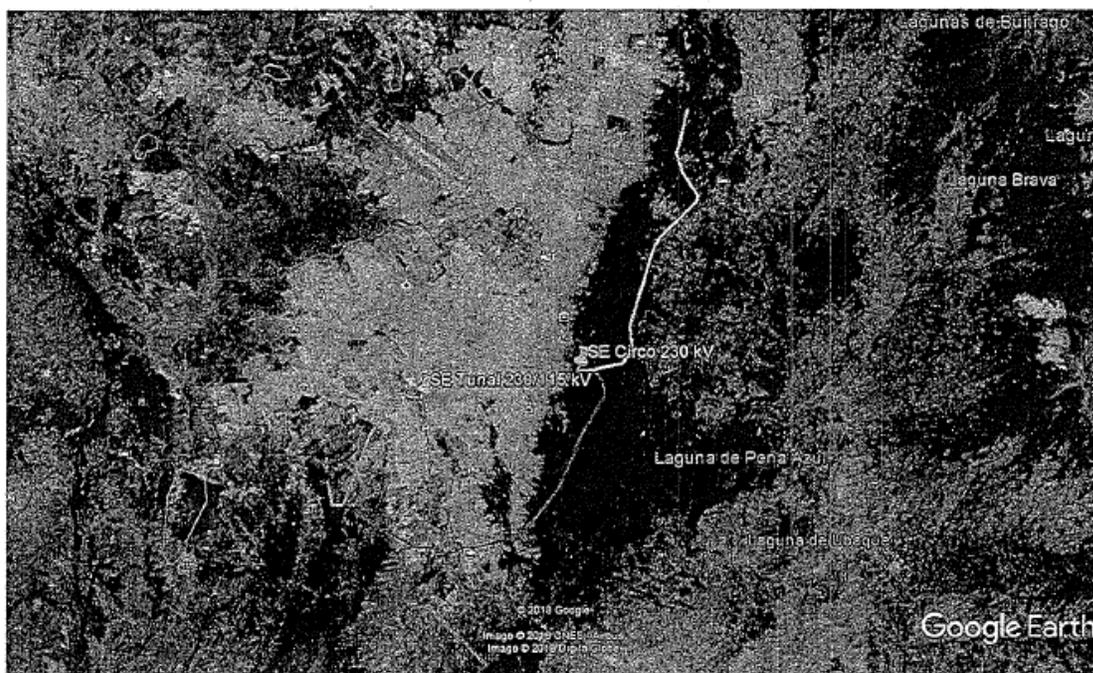


Figura 1 Activos Grupo Energía Bogotá en Distrito Capital

Líneas de transmisión 230 kV:

- Tunal – La Reforma (color magenta).
- Tunal – San Mateo (color verde).
- Circo – Guavio (color amarillo).
- Circo – Tunal (color azul).

2. Copia del documento que describe el proceso de gestión de campos electromagnéticos cuya finalidad es el cumplimiento de límites de exposición máximos de los campos eléctricos y magnéticos a borde de la franja de servidumbre en cualquier punto de las líneas de transmisión de energía y en cercanía a subestaciones.

Rta. /2. Toda la infraestructura propiedad del Grupo Energía Bogotá cumple con lo estipulado en el Reglamento Técnico de Instalación Eléctricas-RETIE Resolución 90708 de 30 de agosto de 2013, particularmente los límites permisibles para campos electromagnéticos-CEM establecidos en el numeral 14.3, que por otro lado son revisados por la ANLA en el proceso de licenciamiento y seguimiento a las fichas del Plan de Manejo Ambiental – PMA.



| TIPO DE EXPOSICIÓN | INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO (kV/m) | DENSIDAD DE FLUJO MAGNÉTICO (μT) |
|--|--------------------------------------|----------------------------------|
| Exposición ocupacional en un día de trabajo de ocho horas. | 8,3 | 1000 |
| Exposición del público en general hasta ocho horas continuas | 4,16 | 200 |

Tabla 14.1 Valores límites de exposición a campos electromagnéticos.

Figura 2 Tabla 14.1 del RETIE

Así mismo, el RETIE en el Artículo 14 describe lo siguiente: “Se ha demostrado que los campos electromagnéticos de bajas frecuencias (0 a 300Hz) no producen efectos nocivos en los seres vivos”, las instalaciones del sistema eléctrico nacional son a 60 Hz, es decir que se encuentran en el rango de frecuencia antes mencionado; así mismo los campos electromagnéticos asociados están a la misma frecuencia.

Entendiendo gestión de CEM como medición y corrección de los mismos y teniendo en cuenta que la infraestructura cumple con los límites establecidos desde la concepción de las líneas de transmisión y subestaciones hasta su construcción y operación, es importante aclarar que no se cuenta con un documento propio escrito definido como proceso de gestión de campos electromagnéticos; además es una obligación de las empresas del sector eléctrico colombiano, el cumplimiento de los requisitos del RETIE.

3. Marco normativo procedimientos e instructivos internos que tiene implementados la EEB en el proceso de gestión de campos electromagnéticos.

Rta. /3. El marco normativo utilizado para la medición de los campos electromagnéticos en la infraestructura del Grupo Energía Bogotá corresponde al standar IEEE 644 de 1994; así mismo para el cálculo en los diseños y definición de soluciones en caso de sobrepasar los límites, se utiliza la metodología expuesta en el “EPRI AC Transmission Line Reference Book 200 kV and Above” y las diferentes publicaciones del CIGRE “Overhead Lines – A CIGRE Green Book”

A continuación se presentan las simulaciones para las diferentes geometrías y configuraciones presentes en la infraestructura relacionada en la respuesta a la pregunta No. 1.

Para el cálculo de los campos eléctrico y magnético, esperados por las líneas de transmisión, se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros:

- Corriente máxima nominal
- Nivel de tensión máximo de operación de la línea.
- La permeabilidad y permitividad del medio.
- La altura y disposición física de cada conductor.

3.1 Línea REFORMA – TUNAL

Parámetros de simulación Línea Reforma-Tunal:

Sede principal Carrera 9 # 73-44
Sede calle 71 - Carrera 7 # 71-21 Bloque B piso 18
(57) 1 3268 000
grupoenergiabogota.com
Bogota D.C - Colombia



- Disposición estructura: Horizontal
- Número de circuitos: 2
- Número de subconductores: 2
- Conductor: ACSR Rail 954
- Capacidad máxima nominal (PARATEC): 1440 A

Simulación en PLSCADD bajo los siguientes parámetros:

| Set # | Phase # | Conductors Per Phase | Voltage Ph-Ph (kV) | Current (Amps) |
|-------|---------|----------------------|--------------------|----------------|
| 1 | 1 | 2 | 245 | 1440.000 |
| 2 | 1 | 2 | 245 | 1440.000 |
| 3 | 1 | 2 | 245 | 1440.000 |
| 4 | 1 | 2 | 245 | 1440.000 |
| 5 | 1 | 2 | 245 | 1440.000 |
| 6 | 1 | 2 | 245 | 1440.000 |
| 10 | 1 | 1 | 0 | 0.000 |
| 10 | 2 | 1 | 0 | 0.000 |

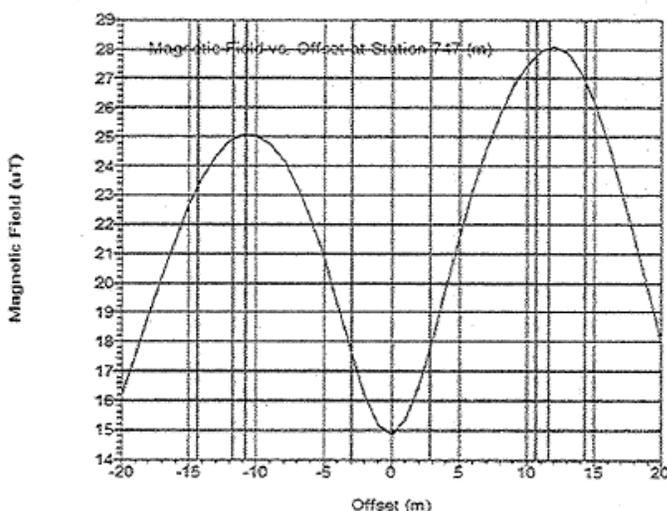


Figura 3 Campo Magnético vs distancia al eje de la línea (±20 m.)

Sede principal Carrera 9 # 73-44
Sede calle 71 - Carrera 7 # 71-21 Bloque B piso 18
(57) 1 3268 000
grupoenergiabogota.com
Bogota D.C - Colombia

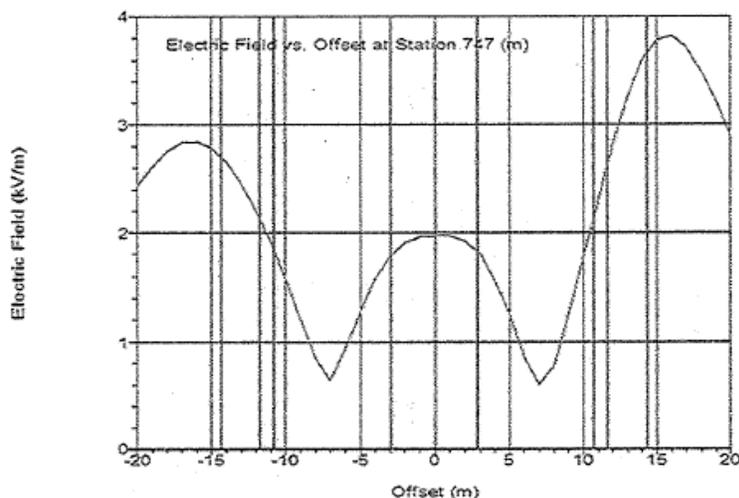


Figura 4 Campo Eléctrico vs distancia al eje de la línea (± 20 m.)

El valor máximo encontrado para el campo magnético corresponde a $28,08 \mu\text{T}$
El valor máximo encontrado para el campo eléctrico corresponde a $3,8 \text{ kV/m}$

3.2 Línea sistema Bogotá (San Mateo-Paraíso, Circo Tunal y Circo-Paraíso)

Para la línea Sistema Bogotá las características de las estructuras son las siguientes:

- Disposición estructura: Vertical
- Número de circuitos: 2
- Número de subconductores: 1
- Conductor: AAAC 1600 kcmil
- Capacidad de Transporte (PARATEC): 960 A

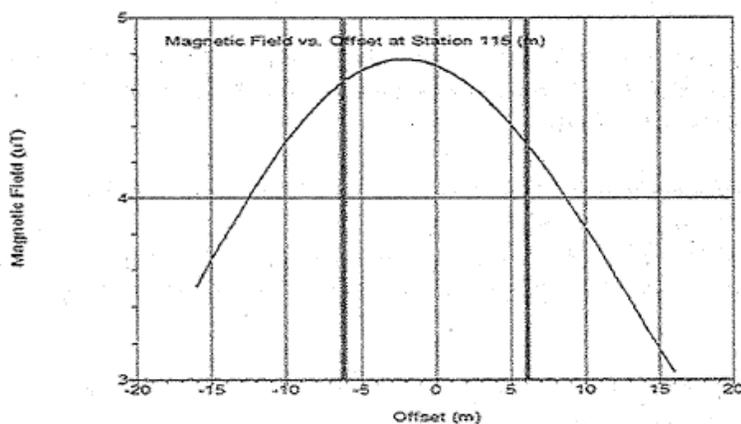


Figura 5 Campo Magnético vs distancia al eje de la línea (± 20 m.)

Sede principal Carrera 9 # 73-44
Sede calle 71 - Carrera 7 # 71-21 Bloque B piso 18
(57) 1 3268 000
grupoenergiabogota.com
Bogota D.C - Colombia

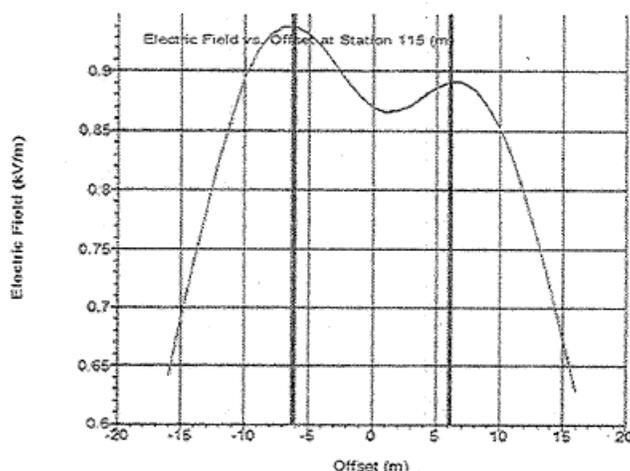


Figura 6 Campo Eléctrico Vs distancia al eje de la línea (± 20 m.)

El valor máximo encontrado para el campo magnético corresponde a $4,77 \mu\text{T}$
El valor máximo encontrado para el campo eléctrico corresponde a $0,94 \text{ kV/m}$

Como se puede ver los valores máximos simulando el sistema en situaciones extremas no sobrepasan los establecidos como límite de acuerdo con el RETIE y las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud y el ICNIRP.

4. Informe detallado de las últimas mediciones de campos eléctricos y magnéticos en borde de franja de servidumbre, realizados a los corredores de línea de transmisión de energía eléctrica en el distrito capital.

Rta. /4. A continuación se describe el informe de mediciones realizadas en campo por parte del GEB de los campos eléctricos y magnéticos:

Medidas de campos electromagnéticos en la franja de servidumbre de las líneas a 230 kV Guavio-Reforma-Tunal, San Mateo-Paraíso, Circo-Tunal y Circo-Paraíso, propiedad de la Empresa de Energía de Bogotá en el año 2007.

Medidas de campos electromagnéticos en la franja de servidumbre de las líneas de transmisión (LT) a 230 kV, Reforma-Tunal, Vano entre Torres 288 – 289, línea San Mateo-Paraíso, y Circo-Tunal, Vanos entre Torres 6T – 7T, y 14T – 15T, línea Circo-Paraíso y Circo-Tunal, Vano entre Torres 99 – 100, propiedad de la Empresa de Energía de Bogotá (EEB), el cual fue adelantado por el CIDET en el año 2007.

Para las mediciones de la densidad de flujo magnético se empleó un medidor de campo magnético (CEM) de tres ejes de (inducción), con amplitud de frecuencia de 30 a 300 Hz, modelo 480826, el

Sede principal Carrera 9 # 73-44
Sede calle 71 - Carrera 7 # 71-21 Bloque B piso 18
(57) 1 3268 000
grupoenergiabogota.com
Bogota D.C - Colombia



cual posee un rango de medida entre 20 μ T con una precisión del 1%, entre 200 μ T y 2.000 mG con una precisión del 5%, y entre 2.000 μ T y 20.000 mG con una precisión del 10%. El sensor del instrumento está separado del cuerpo del equipo, lo cual permite fácilmente establecer la dirección del flujo máximo. El sensor de tres ejes permite cubrir la medición de las tres direcciones espaciales, como muestra la Figura 7 y luego se obtiene la densidad de flujo magnético resultante (RMS).



Figura 7 Ubicación espaciales del sensor de campo magnético

Para las mediciones de campo eléctrico se utilizó un equipo marca Gigahertz Solutions, modelo ME3030B, que mide la intensidad de campo total (RMS), sobre un punto.

- **Registro fotográfico**

A continuación, se muestran algunas de las fotografías registradas durante la semana del 26 de febrero, hasta el 2 de marzo de 2007, durante las cuales se realizaron las mediciones y trabajos de campo.

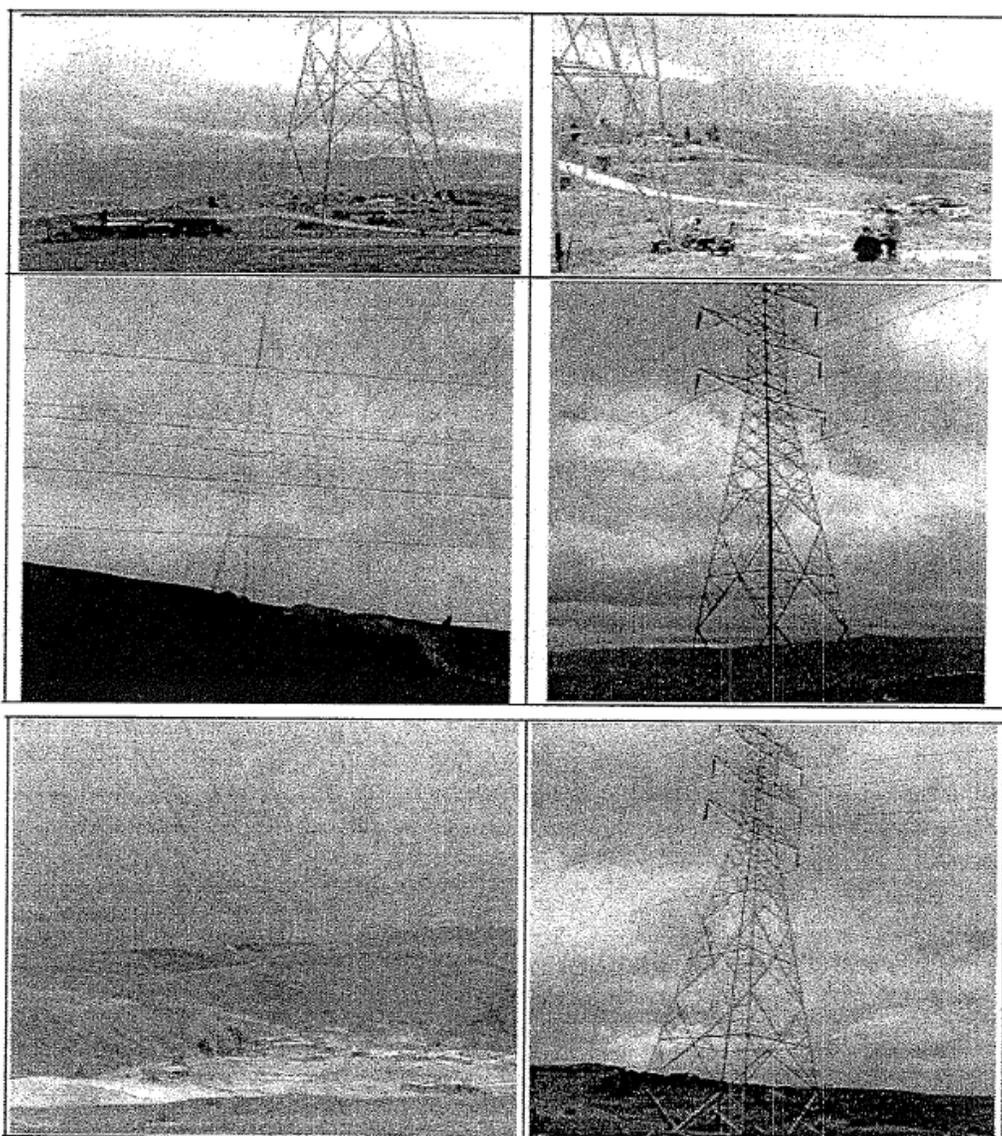


Figura 8 Vano entre torres 14T y 15T Sistema Bogotá LT San Mateo-Paraiso y Circo-Tunal

Sede principal Carrera 9 # 73-44
Sede calle 71 - Carrera 7 # 71-21 Bloque B piso 18
(57) 1 3268 000
grupoenergiabogota.com
Bogota D.C - Colombia

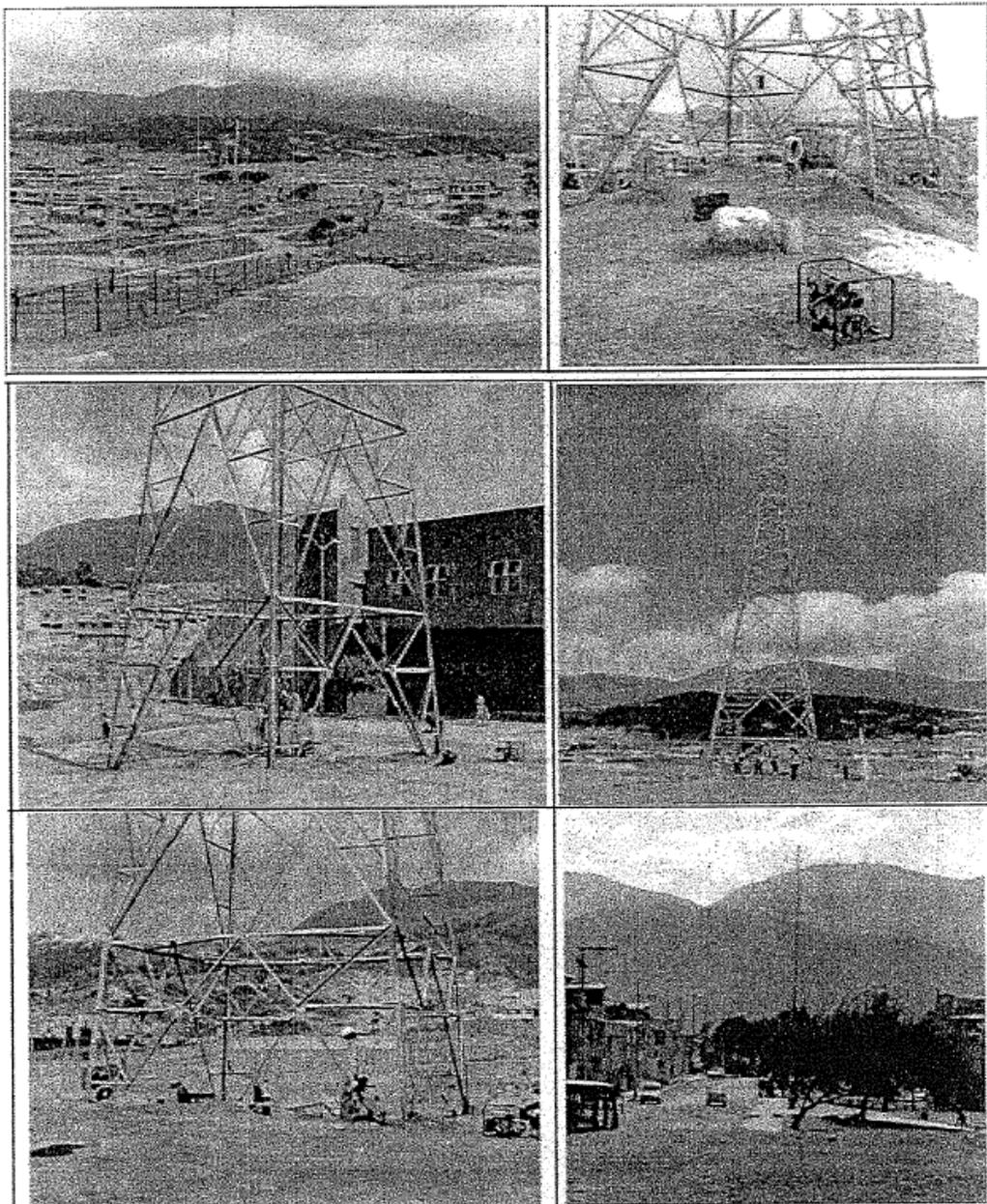


Figura 9 Vanos entre torres 99 y 100 Sistema Bogotá LT Circo-Paraiso y Circo-Tunal

Sede principal Carrera 9 # 73-44
Sede calle 71 - Carrera 7 # 71-21 Bloque B piso 18
(57) 1 3268 000
grupoenergiabogota.com
Bogota D.C - Colombia

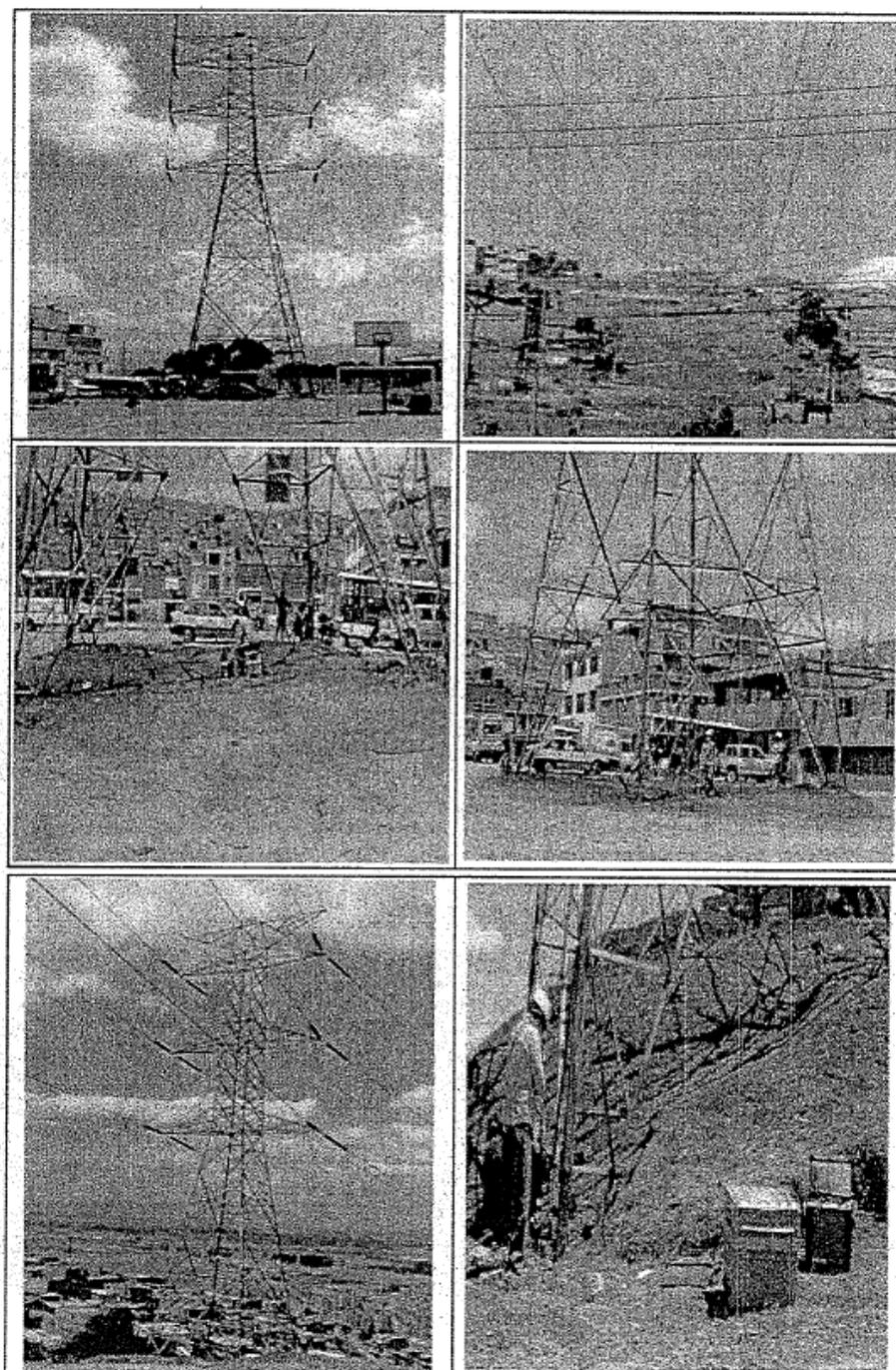


Figura 10 Vano entre torres 6T y 7T Sistema Bogotá LT San Mateo-Paraiso y Circo-Tunal

Sede principal Carrera 9 # 73-44
Sede calle 71 - Carrera 7 # 71-21 Bloque B piso 18
(57) 1 3268 000
grupoenergiabogota.com
Bogota D.C - Colombia

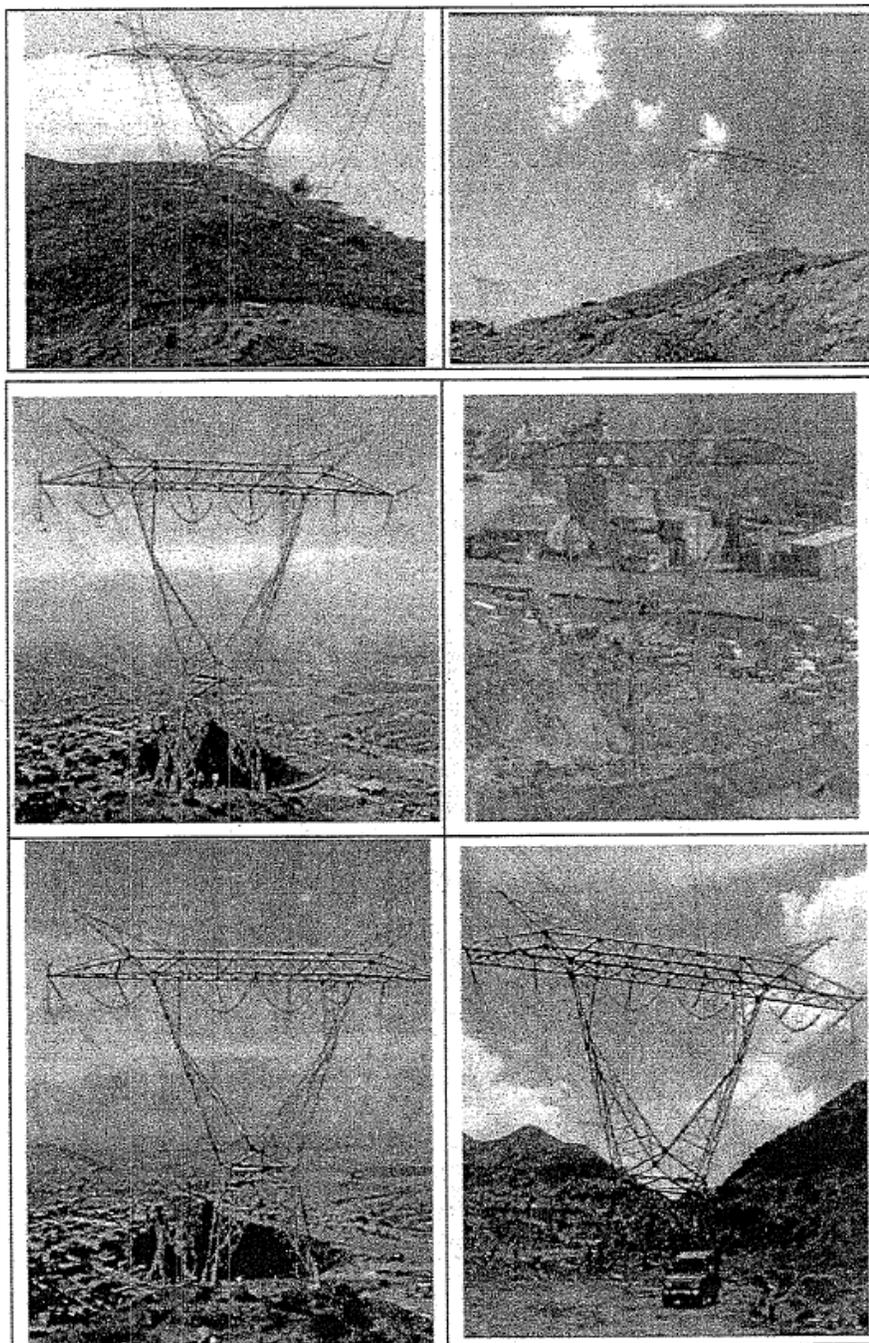


Figura 11 Vano entre torres 288 y 289 de la LT Reforma-Tunal

- **Resultados de las mediciones realizadas**

Sede principal Carrera 9 # 73-44
Sede calle 71 - Carrera 7 # 71-21 Bloque B piso 18
(57) 1 3268 000
grupoenergiabogota.com
Bogotá D.C - Colombia



En las siguientes tablas se presentan los resultados de las medidas realizadas en el sitio, tanto dentro de la zona de influencia como por fuera de ésta, los puntos de medición se muestran en las siguientes figuras. Es importante tener en cuenta que las mediciones en campo se realizaron con la unidad de medida mG que significa miliGauss, para poder comparar esta con unidad con la obtenida en las simulaciones y la que aparece en el RETIE que es el μT (microTesla), se deben convertir las unidades así:

$$1mG = 0.1\mu T$$

✓ Vano entre torres 14T – 15T San Mateo-Paraíso y Circo-Tunal

En la Figura 12 se muestra el esquema del corte transversal de medidas de campo eléctrico y magnético para los vanos comprendidos entre las torres 14T-15T, torres 6T-7T, y torres 99-100, referenciadas con respecto al eje de la línea donde la medida m1 es en el eje de la línea, m2 y m4 a 6 metros del eje de la línea, m3 y m5 a 6 metros del conductor más externo y las medidas m6 y m7 a 20 metros del eje de la línea.

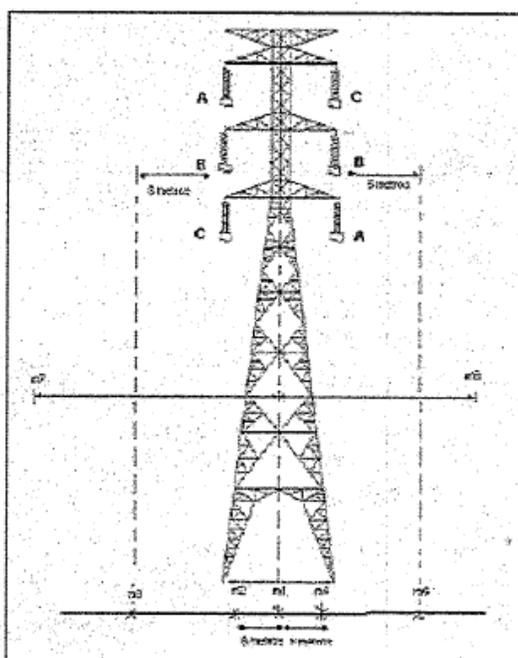


Figura 12 Corte transversal de medidas de campo eléctrico y campo magnético torres 14T – 15T, 99 – 100, 6T – 7T del sistema Bogotá

Sede principal Carrera 9 # 73-44
Sede calle 71 - Carrera 7 # 71-21 Bloque B piso 18
(57) 1 3268 000
grupoenergiabogota.com
Bogota D.C - Colombia

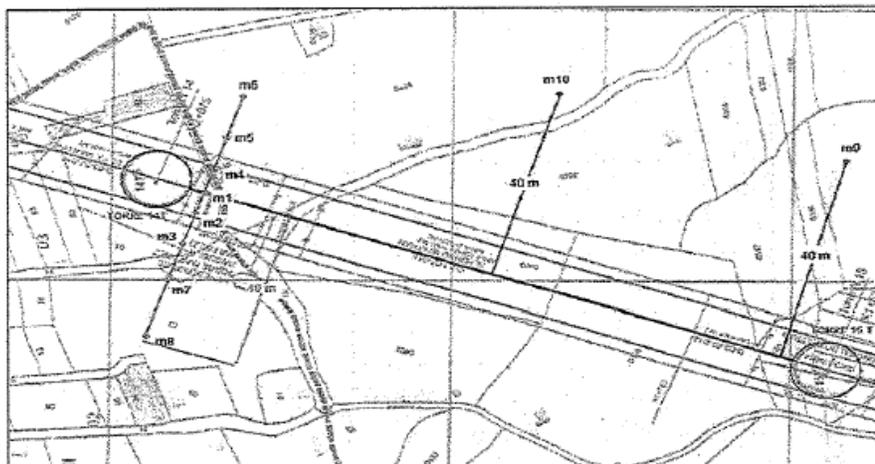


Figura 13 Puntos de medición de las diferentes variables en el vano entre Torres 14T – 15T LT San Mateo-Paraiso, y Circo-Tunal

Las medidas presentadas en la Tabla 1 Medidas de Campos Electromagnéticos vano 14T-15T LT San Mateo-Paraiso, y Circo-Tunal, fueron tomadas el 27 febrero de 2007 de 09:00 AM – 13:00 PM.

Tabla 1 Medidas de Campos Electromagnéticos vano 14T-15T LT San Mateo-Paraiso, y Circo-Tunal

| Punto de medida | Georeferenciación Punto de Medida | Campo Magnético [mG] | | | Campo Magnético Resultante [mG] | Campo Eléctrico Resultante [kV/m] |
|------------------|-----------------------------------|----------------------|-----|-----|---------------------------------|-----------------------------------|
| | | X | Y | Z | | |
| Punto de control | N 04° 32.503' | 0,3 | 0,1 | 1,5 | 1,533 | 0,073 |
| | W 074° 10.257' | | | | | |
| | H=3000 m | | | | | |
| m1 | N 04° 32.495' | 0,3 | 3,9 | 1,9 | 4,226 | 0,465 |
| | W 074° 10.237' | | | | | |
| | H=2992 m | | | | | |
| m2 | N 04° 32.489' | 0,4 | 3,7 | 1,8 | 4,134 | 0,620 |
| | W 074° 10.238' | | | | | |
| | H=2993 m | | | | | |
| m3 | N 04° 32.501' | 0,3 | 3,1 | 2,2 | 3,813 | 0,735 |
| | W 074° 10.242' | | | | | |
| | H=2994 m | | | | | |
| m4 | N 04° 32.497' | 0,3 | 3,4 | 1,5 | 3,728 | 0,488 |
| | W 074° 10.231' | | | | | |
| | H=2991 m | | | | | |
| m5 | N 04° 32.498' | 0,3 | 2,4 | 1,9 | 3,076 | 0,344 |
| | W 074° 10.229' | | | | | |
| | H=2991 m | | | | | |
| m6 | N 04° 32.494' | 0,2 | 1,6 | 1,9 | 2,492 | 0,248 |
| | W 074° 10.228' | | | | | |
| | H=2990 m | | | | | |
| m7 | N 04° 32.501' | 0,1 | 2,2 | 2,3 | 3,164 | 0,425 |
| | W 074° 10.245' | | | | | |
| | H=2996 m | | | | | |

Sede principal Carrera 9 # 73-44
Sede calle 71 - Carrera 7 # 71-21 Bloque B piso 18
(57) 1 3268 000
grupoenergíabogota.com
Bogota D.C - Colombia

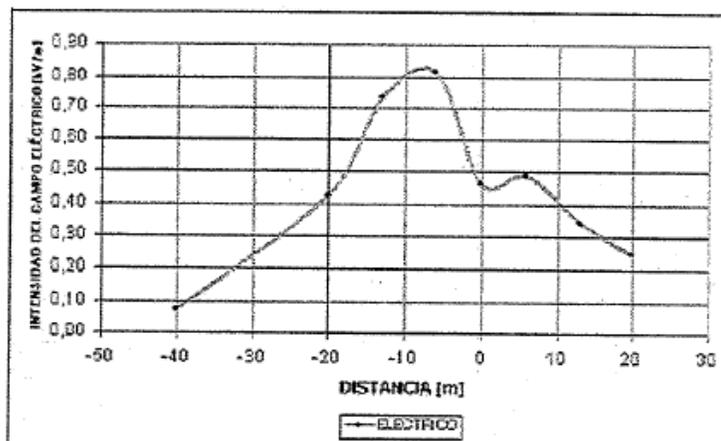


Figura 14 Perfil de campo eléctrico Vs distancia vano 14T-15T LT San Mateo-Paraíso, y Circo-Tunal

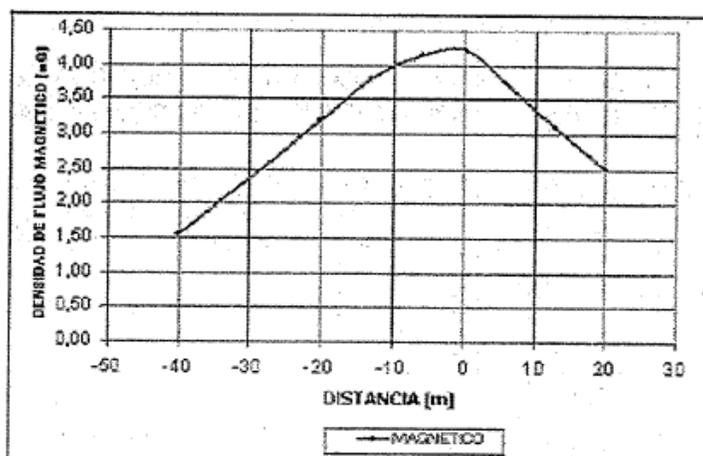


Figura 15 Perfil de campo magnético Vs distancia vano 14T-15T LT San Mateo-Paraíso, y Circo-Tunal

✓ Vano entre torres 99 – 100 Circo-Paraíso y Circo-tunal

Las medidas presentadas en la Tabla 2, fueron tomadas el día 27 febrero de 2007 de 15:15 PM – 17:30 PM.

Sede principal Carrera 9 # 73-44
Sede calle 71 - Carrera 7 # 71-21 Bloque B piso 18
(57) 1 3268 000
grupoenergiabogota.com
Bogota D.C - Colombia



Tabla 2 Medidas de Campos Electromagnéticos vano 99-100 LT Circo-Paraiso y Circo-Tunal

| Punto de medida | Georeferenciación Punto de Medida | Campo Magnético [mG] | | | Campo Magnético Resultante [mG] | Campo Eléctrico Resultante [kV/m] |
|------------------|--------------------------------------|----------------------|-----|-----|---------------------------------|-----------------------------------|
| | | X | Y | Z | | |
| Punto de control | N 04° 30,042' | 0,9 | 0,6 | 1,3 | 1,691 | 0,052 |
| | W 074° 08,710' | | | | | |
| | H=2791 m | | | | | |
| m1 | N 04° 30,052' | 0,1 | 2,1 | 3,1 | 3,748 | 0,410 |
| | W 074° 08,711' | | | | | |
| | H=2780 m | | | | | |
| m2 | N 04° 30,050' | 0,2 | 0,9 | 3,1 | 3,234 | 0,548 |
| | W 074° 08,711' | | | | | |
| | H=2782 m | | | | | |
| m3 | N 04° 30,045' | 0,2 | 2,3 | 0,9 | 2,478 | 0,440 |
| | W 074° 08,711' | | | | | |
| | H=2784 m | | | | | |
| m4 | N 04° 30,058' | 0,4 | 2,8 | 1,8 | 3,353 | 0,310 |
| | W 074° 08,713' | | | | | |
| | H=2779 m | | | | | |
| m5 | N 04° 30,059' | 0,3 | 2,5 | 0,7 | 2,613 | 0,085 |
| | W 074° 08,714' | | | | | |
| | H=2773 m | | | | | |
| m6 | N 04° 30,060' | 0,1 | 1,7 | 1,5 | 2,269 | 0,381 |
| | W 074° 08,710' | | | | | |
| | H=2771 m | | | | | |
| m7 | N 04° 30,040' | 0,2 | 0,6 | 1,3 | 1,446 | 0,231 |
| | W 074° 08,709' | | | | | |
| | H=2785 m | | | | | |

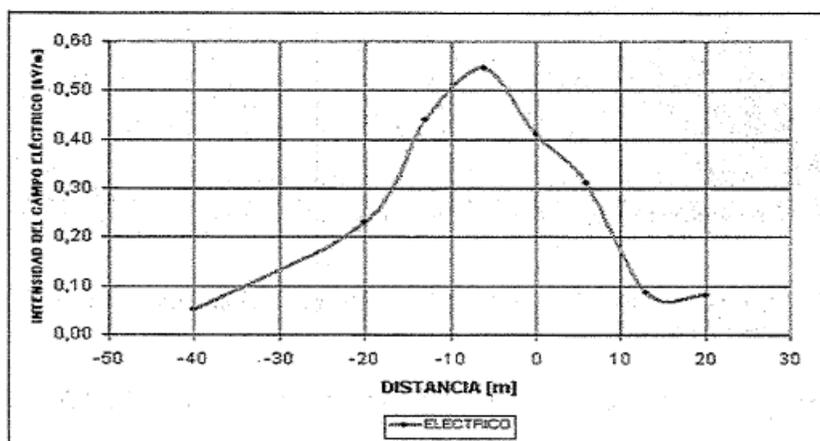


Figura 16 Perfil de campo eléctrico con respecto al ancho del vano 99 a 100 LT Circo-Paraiso y Circo-Tunal

Sede principal Carrera 9 # 73-44
Sede calle 71 - Carrera 7 # 71-21 Bloque B piso 18
(57) 1 3268 000
grupoenergíabogota.com
Bogota D.C - Colombia

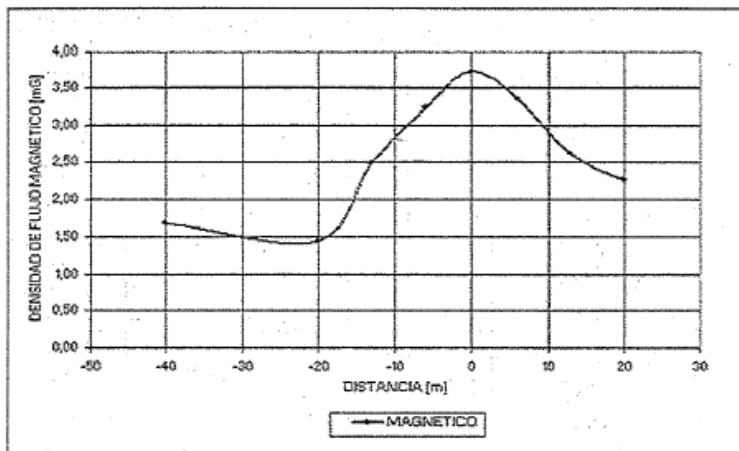


Figura 17 Perfil de campo magnético con respecto al ancho del vano 99 a 100 LT Circo-Paraíso y Circo-Tunal

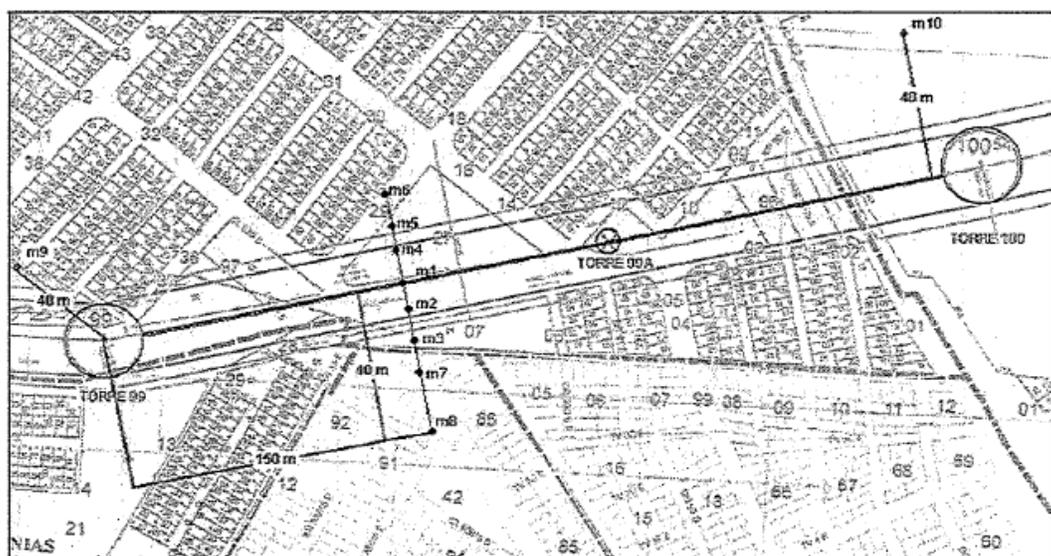


Figura 18 Puntos de medición de las diferentes variables en el vano entre Torres 99 – 100 LT Circo-Paraíso y Circo-Tunal

- ✓ Vano entre torres 6T – 7T San Mateo-Paraíso y Circo-Tunal corte 1 ubicado en la calle 59 a bis s

Las medidas presentadas en la Tabla 3, fueron tomadas el día 28 febrero de 2007 de 08:30 AM – 09:30 AM.

Sede principal Carrera 9 # 73-44
Sede calle 71 - Carrera 7 # 71-21 Bloque B piso 18
(57) 1 3268 000
grupoenergiabogota.com
Bogota D.C - Colombia



Tabla 3 Medidas de Campos Electromagnéticos vano 6T-7T LT San Mateo-Paraiso y LT Circo-Tunal corte 1

| Punto de medida | Georeferenciación Punto de Medida | Campo Magnético [mG] | | | Campo Magnético Resultante [mG] | Campo Eléctrico Resultante [kV/m] |
|------------------|-----------------------------------|----------------------|-----|-----|---------------------------------|-----------------------------------|
| | | X | Y | Z | | |
| Punto de control | N 04° 34.562' | 1,1 | 0,3 | 2,5 | 2,748 | 0,002 |
| | W 074° 09.166' | | | | | |
| | H=2594 m | | | | | |
| m1 | N 04° 34.543' | 1,3 | 7,1 | 2,5 | 7,639 | 0,088 |
| | W 074° 09.164' | | | | | |
| | H=2595 m | | | | | |
| m2 | N 04° 34.542' | 1 | 7,8 | 1,9 | 8,090 | 0,482 |
| | W 074° 09.159' | | | | | |
| | H=2596 m | | | | | |
| m3 | N 04° 34.547' | 0,7 | 5,4 | 3,9 | 6,698 | 0,299 |
| | W 074° 09.162' | | | | | |
| | H=2595 m | | | | | |
| m4 | N 04° 34.539' | 1,6 | 7,4 | 2 | 7,831 | 0,051 |
| | W 074° 09.158' | | | | | |
| | H=2594 m | | | | | |
| m5 | N 04° 34.534' | 1,1 | 5,3 | 4 | 6,731 | 0,611 |
| | W 074° 09.155' | | | | | |
| | H=2593 m | | | | | |
| m6 | N 04° 34.531' | 0,2 | 3,6 | 4,3 | 5,612 | 0,663 |
| | W 074° 09.152' | | | | | |
| | H=2592 m | | | | | |
| m7 | N 04° 34.550' | 0,7 | 3,1 | 3,9 | 5,031 | 0,004 |
| | W 074° 09.166' | | | | | |
| | H=2595 m | | | | | |

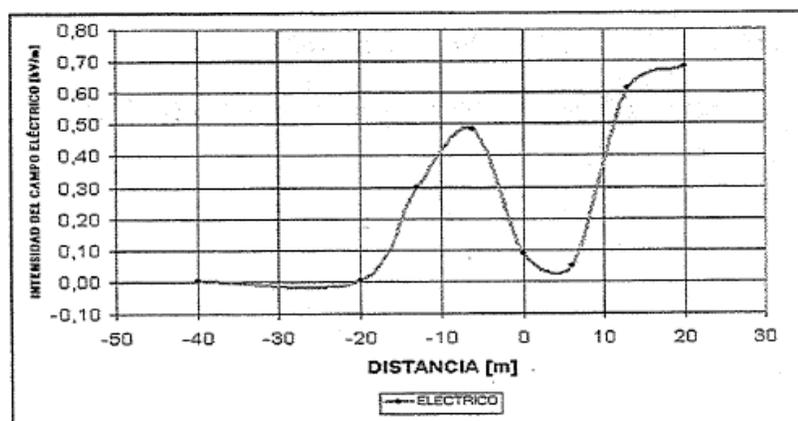


Figura 19 Perfil de campo eléctrico vano 6T a 7T LT San Mateo-Paraiso y LT Circo-Tunal corte 1

Sede principal Carrera 9 # 73-44
Sede calle 71 - Carrera 7 # 71-21 Bloque B piso 18
(57) 1 3268 000
grupoenergiabogota.com
Bogota D.C - Colombia

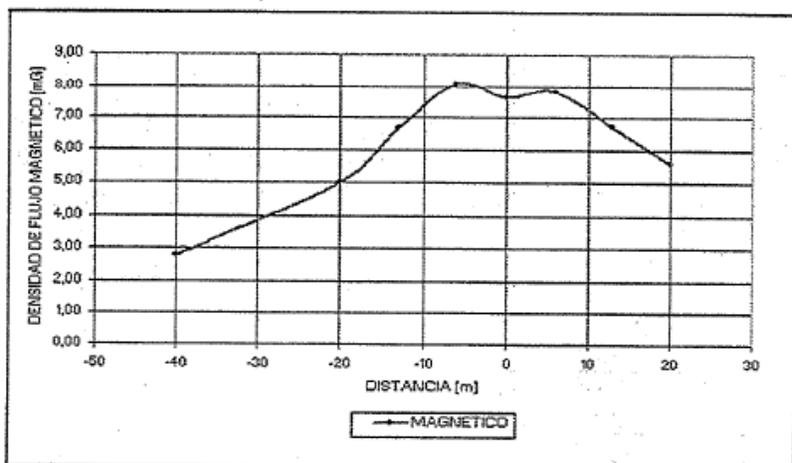


Figura 20 Perfil de campo magnético vano 6T a 7T LT San Mateo-Paraiso y LT Circo-Tunal corte 1



Figura 21 Puntos de medición de las diferentes variables en el vano entre Torres 6T a 7T LT San Mateo-Paraiso y LT Circo-Tunal cortes 1 y 2

✓ Vano entre torres 6T – 7T corte 2 ubicado en calle 59 b s

Las medidas presentadas en la Tabla 4, fueron tomadas el día 28 febrero de 2007 de 10:30 AM – 11:30 AM.

Sede principal Carrera 9 # 73-44
Sede calle 71 - Carrera 7 # 71-21 Bloque B piso 18
(57) 1 3268 000
grupoenergiabogota.com
Bogota D.C - Colombia



Tabla 4 Medidas de Campos Electromagnéticos vano 6T-7T LT San Mateo-Paraiso y LT Circo-Tunal corte 2

| Punto de medida | Georeferenciación Punto de Medida | Campo Magnético [mG] | | | Campo Magnético Resultante [mG] | Campo Eléctrico Resultante [kV/m] |
|------------------|-----------------------------------|----------------------|-----|-----|---------------------------------|-----------------------------------|
| | | X | Y | Z | | |
| Punto de control | N 04° 34.550' | 1,9 | 0,2 | 1,4 | 2,369 | 0,002 |
| | W 074° 09.182' | | | | | |
| | H=2567 m | | | | | |
| m1 | N 04° 34.529' | 1,1 | 6,5 | 2,4 | 7,016 | 0,872 |
| | W 074° 09.171' | | | | | |
| | H=2588 m | | | | | |
| m2 | N 04° 34.532' | 1,9 | 7 | 1,3 | 7,369 | 1,521 |
| | W 074° 09.173' | | | | | |
| | H=2588 m | | | | | |
| m3 | N 04° 34.534' | 1,6 | 5,2 | 2,7 | 6,074 | 0,698 |
| | W 074° 09.174' | | | | | |
| | H=2588 m | | | | | |
| m4 | N 04° 34.526' | 1,8 | 5,9 | 2,8 | 6,774 | 0,668 |
| | W 074° 09.171' | | | | | |
| | H=2588 m | | | | | |
| m5 | N 04° 34.525' | 0,9 | 3,6 | 4,8 | 6,067 | 0,743 |
| | W 074° 09.167' | | | | | |
| | H=2588 m | | | | | |
| m6 | N 04° 34.522' | 0,5 | 1,6 | 4,5 | 4,802 | 0,383 |
| | W 074° 09.168' | | | | | |
| | H=2586 m | | | | | |
| m7 | N 04° 34.542' | 1,2 | 2,8 | 4 | 5,028 | 0,171 |
| | W 074° 09.168' | | | | | |
| | H=2567 m | | | | | |

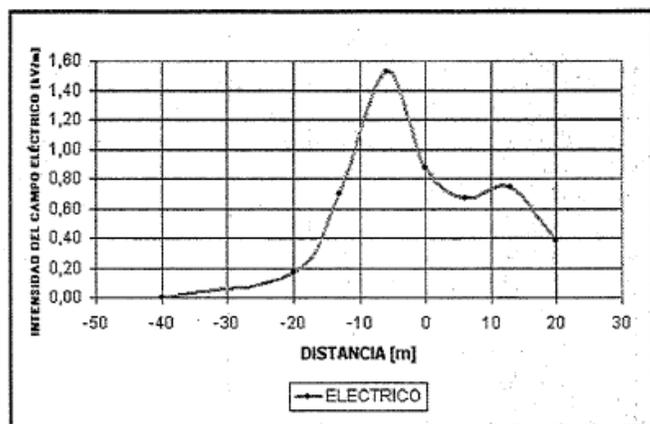


Figura 22 Perfil de campo eléctrico vano 6T a 7T LT San Mateo-Paraiso y LT Circo-Tunal corte 2

Sede principal Carrera 9 # 73-44
Sede calle 71 - Carrera 7 # 71-21 Bloque B piso 18
(57) 1 3268 000
grupoenergíabogotá.com
Bogotá D.C - Colombia

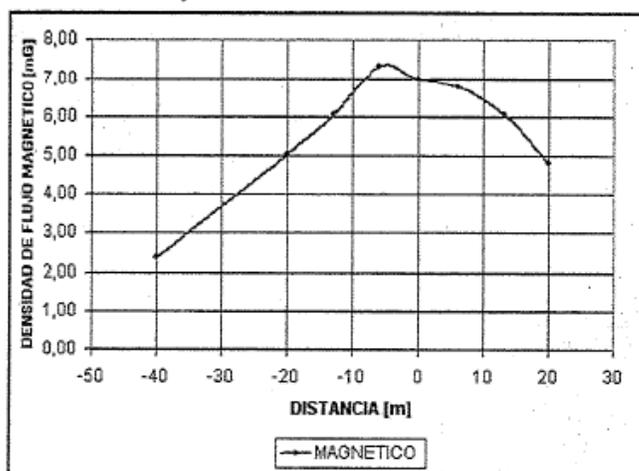


Figura 23 Perfil de campo eléctrico vano 6T a 7T LT San Mateo-Paraíso y LT Circo-Tunal corte 1

✓ Vano entre torres 6T – 7T corte 3 ubicado en la carrera 45 - calle 68s

Las medidas presentadas en la Tabla 5, fueron tomadas el día 28 febrero de 2007 de 10:30 AM – 11:30 AM.

Tabla 5 Medidas de Campos Electromagnéticos vano 6T-7T LT San Mateo-Paraíso y LT Circo-Tunal corte 3

| Punto de medida | Georeferenciación Punto de Medida | Campo Magnético [mG] | | | Campo Magnético Resultante [mG] | Campo Eléctrico Resultante [kV/m] |
|------------------|-----------------------------------|----------------------|------|------|---------------------------------|-----------------------------------|
| | | X | Y | Z | | |
| Punto de control | N 04° 34.433' | 0,2 | 0,7 | 2 | 2,128 | 0,006 |
| | W 074° 09.257' | | | | | |
| | H=2610 m | | | | | |
| m1 | N 04° 34.454' | 1,1 | 5,6 | 2,2 | 6,116 | 0,530 |
| | W 074° 09.267' | | | | | |
| | H=2610 m | | | | | |
| m2 | N 04° 34.457' | 0,9 | 2,9 | 2,7 | 4,063 | 0,078 |
| | W 074° 09.269' | | | | | |
| | H=2609 m | | | | | |
| m3 | N 04° 34.456' | 0,5 | 2 | 3,2 | 3,607 | 0,007 |
| | W 074° 09.270' | | | | | |
| | H=2610 m | | | | | |
| m4 | N 04° 34.451' | 1,5 | 5,2 | 1,4 | 5,590 | 0,770 |
| | W 074° 09.266' | | | | | |
| | H=2610 m | | | | | |
| m5 (**) | N 04° 34.445' | 1,6 | 4 | 2,2 | 4,837 | 0,657 |
| | W 074° 09.264' | | | | | |
| | H=2608 m | | | | | |
| m6 | N 04° 34.439' | 0,8 | 3 | 3,8 | 4,907 | 0,196 |
| | W 074° 09.262' | | | | | |
| | H=2609 m | | | | | |
| m7 (*) | XXXX | XXXX | XXXX | XXXX | XXXX | XXXX |

Sede principal Carrera 9 # 73-44
Sede calle 71 - Carrera 7 # 71-21 Bloque B piso 18
(57) 1 3268 000
grupoenergiabogota.com
Bogota D.C - Colombia



(*) En este punto de medición no fue posible realizar las medidas de campos electromagnéticos, debido a que este punto quedaba justamente al interior de una casa.

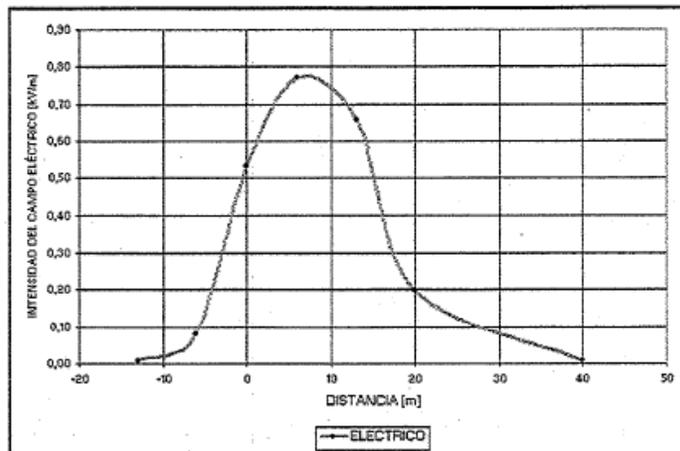


Figura 24 Perfil de campo eléctrico vano 6T a 7T LT San Mateo-Paraíso y LT Circo-Tunal corte 3

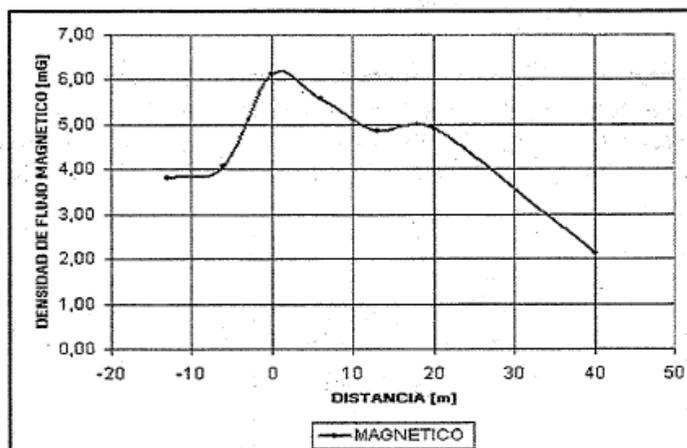


Figura 25 Perfil de campo eléctrico vano 6T a 7T LT San Mateo-Paraíso y LT Circo-Tunal corte 3

Sede principal Carrera 9 # 73-44
Sede calle 71 - Carrera 7 # 71-21 Bloque B piso 18
(57) 1 3268 000
grupoenergíabogotá.com
Bogotá D.C - Colombia

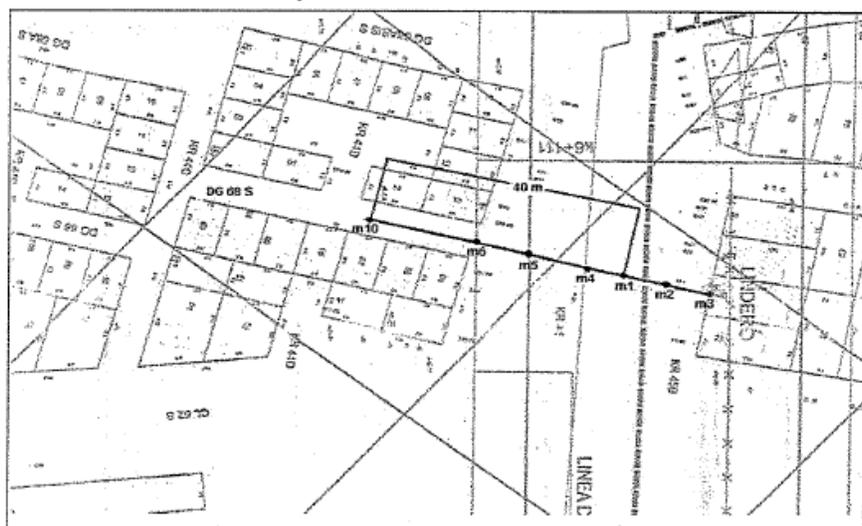


Figura 26 Puntos de medición de las diferentes variables en el vano entre Torres 6T a 7T LT San Mateo-Paraiso y LT Circo-Tunal corte 3

✓ Vano entre torres 288 – 289 Reforma-Tunal corte 1 ubicado en la calle 76 a s

En la Figura 27 se establece el esquema del corte transversal de medidas de campo eléctrico y magnético referenciadas con respecto al eje de la línea donde la medida m1 es en el eje de la línea, m2 y m6 a 5 metros del eje de la línea, m3 y m7 a 10 metros del eje de la línea, m4 y m8 a 15 metros del eje de la línea, m5 y m9 a 6 metros del conductor más externo y las medidas m10 y m11 a 30 metros del eje de la línea.

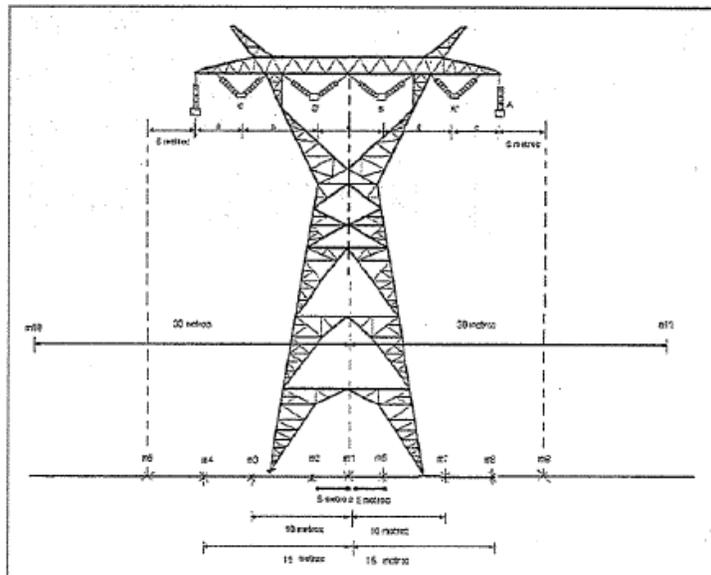


Figura 27 Corte transversal de medidas de campo eléctrico y campo magnético del vano entre torre 288 y 289 de la LT Reforma-Tunal

Sede principal Carrera 9 # 73-44
Sede calle 71 - Carrera 7 # 71-21 Bloque B piso 18
(57) 1 3268 000
grupoenergiabogota.com
Bogotá D.C - Colombia



Las medidas presentadas en la Tabla 6, fueron tomadas el día 1 de marzo de 2007 de 08:00 AM – 09:00 AM.

Tabla 6 Medidas de Campos Electromagnéticos vano 288-289 LT Reforma-Tunal corte 1

| Punto de medida | Georeferenciación Punto de Medida | Campo Magnético [mG] | | | Campo Magnético Resultante [mG] | Campo Eléctrico Resultante [kV/m] |
|------------------|-----------------------------------|----------------------|-----|-----|---------------------------------|-----------------------------------|
| | | X | Y | Z | | |
| Punto de control | N 04° 32.368' | 5,5 | 3,5 | 0,6 | 6,547 | 0,602 |
| | W 074° 8.154' | | | | | |
| | H=2620 m | | | | | |
| m1 | N 04° 32.347' | 2,9 | 1,3 | 9,5 | 10,017 | 0,067 |
| | W 074° 8.136' | | | | | |
| | H=2620 m | | | | | |
| m2 | N 04° 32.345' | 3,1 | 3,3 | 8,3 | 9,455 | 0,025 |
| | W 074° 8.133' | | | | | |
| | H=2620 m | | | | | |
| m3 | N 04° 32.346' | 2,7 | 5,2 | 5,5 | 8,036 | 0,105 |
| | W 074° 8.128' | | | | | |
| | H=2621 m | | | | | |
| m4 | N 04° 32.362' | 1,6 | 5,3 | 2,6 | 6,116 | 0,002 |
| | W 074° 8.127' | | | | | |
| | H=2621 m | | | | | |
| m5 | N 04° 32.359' | 0,6 | 3,7 | 2,6 | 4,562 | 0,104 |
| | W 074° 8.124' | | | | | |
| | H=2621 m | | | | | |
| m6 | N 04° 32.354' | 3,1 | 1,3 | 9,4 | 9,983 | 0,146 |
| | W 074° 8.138' | | | | | |
| | H=2620 m | | | | | |
| m7 | N 04° 32.356' | 3,2 | 3,2 | 9,1 | 10,163 | 0,196 |
| | W 074° 8.140' | | | | | |
| | H=2620 m | | | | | |
| m8 | N 04° 32.356' | 3,8 | 4,2 | 8,2 | 9,966 | 0,159 |
| | W 074° 8.145' | | | | | |
| | H=2620 m | | | | | |
| m9 | N 04° 32.360' | 3,4 | 6,9 | 4,9 | 9,120 | 0,266 |
| | W 074° 8.146' | | | | | |
| | H=2619 m | | | | | |
| m10 | N 04° 32.355' | 0,3 | 4,2 | 3 | 5,170 | 0,172 |
| | W 074° 8.121' | | | | | |
| | H=2621 m | | | | | |
| Punto de medida | Georeferenciación Punto de Medida | Campo Magnético [mG] | | | Campo Magnético Resultante [mG] | Campo Eléctrico Resultante [kV/m] |
| | | X | Y | Z | | |
| m11 | N 04° 32.363' | 3,6 | 6,9 | 2,1 | 8,061 | 0,385 |
| | W 074° 8.150' | | | | | |
| | H=2619 m | | | | | |

Sede principal Carrera 9 # 73-44
Sede calle 71 - Carrera 7 # 71-21 Bloque B piso 18
(57) 1 3268 000
grupoenergíabogota.com
Bogotá D.C - Colombia

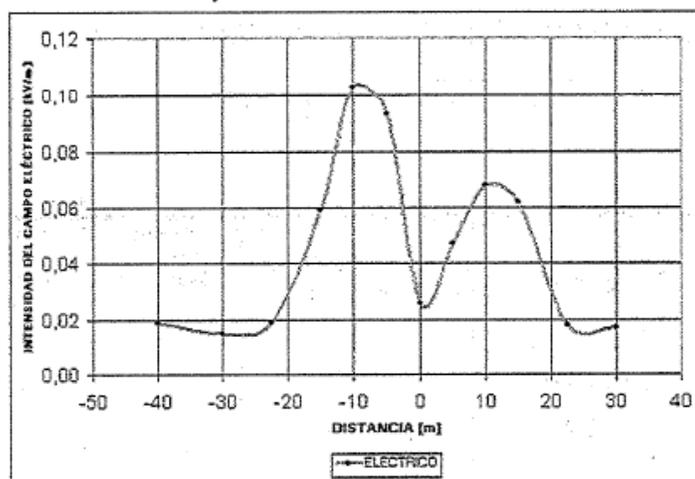


Figura 31 Perfil de campo eléctrico vano 288-289 LT Reforma-Tunal corte 2

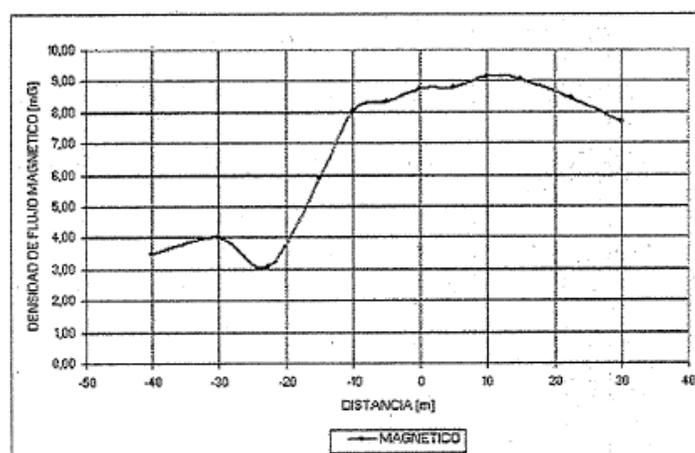


Figura 32 Perfil de campo magnético vano 288-289 LT Reforma-Tunal corte 2

5. Informe detallado del proceso de gestión de campos electromagnéticos durante los años 2016 y 2017 en el distrito capital, que incluya los hallazgos encontrados, así como las acciones preventivas y correctivas que se implementaron.

Rta. /5. No se han recibido PQRS durante los años 2016 y 2017 referentes a campos eléctricos ni magnéticos, no se han encontrado hallazgos de ningún tipo, ni reportados por comunidades ni por el personal de mantenimiento de la compañía. La infraestructura tampoco se modificó ni repotenció en los años 2016 y 2017.

Sede principal Carrera 9 # 73-44
Sede calle 71 - Carrera 7 # 71-21 Bloque B piso 18
(57) 1 3268 000
grupoenergíabogota.com
Bogotá D.C - Colombia



6. Informe detallado de los proyectos actuales o futuros de la EEB, encaminados a disminuir los niveles de exposición eléctricos y magnéticos generados por líneas de transmisión, subestaciones o cualquier otra infraestructura, en el distrito capital.

Rta. /6. Dado que la infraestructura no ha sido modificada ni repotenciada, no hay razón para pensar que los niveles de CEM hayan sido alterados y mucho menos que estén por encima de los límites establecidos por el RETIE en el capítulo 14.3 ya expuestos en esta respuesta. Dado lo anterior no se encuentra necesario realizar proyectos para una posible mitigación.

7. Tiene la EEB alguna tecnología asociada a la infraestructura de transformación y transmisión de energía en el distrito capital, que generen campos electromagnéticos con frecuencias superiores a los 60Hz?

En caso afirmativo, indique en cuales líneas de transmisión ocurre esto y como se realiza el proceso de gestión electromagnética para este caso.

Rta. /7. No!, el Grupo Energía Bogotá en el distrito capital no tiene ningún tipo de tecnología que trabaje a una frecuencia superior a 60Hz, las comunicaciones se llevan a través de fibra óptica.

8. Relación de las acciones constitucionales, peticiones, quejas y reclamos interpuestos contra la EEB, por contaminación electromagnética o por servidumbres, en el distrito capital, que incluya un resumen de cada proceso, su estado actual y los informes de campos electromagnéticos en cada caso:

Rta. /8. Hasta el momento el Grupo Energía Bogotá no ha recibido acciones constitucionales de ningún tipo, a continuación, se enumeran todos los radicados recibidos por concepto PQRS relacionadas con servidumbres de los activos del Grupo Energía Bogotá en el presente año.



Tabla 8 PQRS radicadas al Grupo Energía de Bogotá con respecto a sus activos dentro del distrito capital año 2018

| No. | Nombre del Solicitante | Entidad Solicitante | Asunto | Fecha de Radicación | Radicado de Entrada | Radicado de Salida |
|-----|-------------------------------|---------------------------------------|---|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1 | Carlos Julio Arias Benitez | CONSORCIO E&D AUT NTE | Solicitud información de redes e Infraestructura | 11/01/2018 | EEB-0650-00114-2018-E | EEB-0128-00565-2018-S |
| 2 | Luz Stella García Pachon | N/A | Solicitud Cancelación de Servidumbre | 16/01/2018 | EEB-0128-00263-2018-E | EEB-0128-00740-2018-S |
| 3 | Juan Carlos Ruiz Arias | CONSORCIO ESPACIO PÚBLICO BOGOTÁ 2017 | Solicitud información Infraestructura contrato 1564 factibilidad, estudios y diseños de aceras y colonias y conexiones peatonales e Bogotá | 25/01/2018 | EEB-0500-00567-2018-E | EEB-0128-02365-2018-S |
| 4 | Alexander Alvarez Niño | N/A | Solicitud Cancelación de Servidumbre | 29/01/2018 | EEB-0128-0767-2018-E | EEB-0128-01261-2018-S |
| 5 | Juan Carlos Sánchez Gaitero | CIVLTEC | Solicitud información de redes e Infraestructura | 2/02/2018 | EEB-0500-00957-2018-E | EEB-0128-00946-2018-S |
| 6 | Oscar Mauricio Barria Cheparo | N/A | Solicitud de información zona servidumbre | 6/02/2018 | EEB-0128-02061-2018-E | EEB-0128-01060-2018-S |
| 7 | León Rene Perez Zapata | INTEGRAL INGENIEROS CONSULTORES | Solicitud de información de redes e infraestructura existente y proyectada en la zona de influencia del proyecto Autopista Sur | 6/02/2018 | EEB-0620-1014-2018-E | EEB-0128-01673-2018-S |
| 8 | Jorge Henao Montoya | INTEGRAL INGENIEROS CONSULTORES | Solicitud de información de redes e infraestructura existente y proyectada en la zona de influencia del proyecto Autopista Norte Puente 153 | 7/02/2018 | EEB-0620-1009-2018-E | EEB-0128-01475-2018-S |
| 9 | Teofilo Valenzuela Camacho | CONSORCIO AV.82 SACYR | Solicitud de información Infraestructura Red Pateonal Zona Rosa Bogotá | 7/02/2018 | EEB-0620-01123-2018-E | EEB-0128-01154-2018-S |
| 10 | Teofilo Valenzuela Camacho | CONSORCIO CAUSA 72 SACYR | Solicitud de Información Infraestructura Construcción de la Avenida Boyaca 170 a 183 | 7/02/2018 | EEB-0620-01124-2018-E | EEB-0128-01089-2018-S |
| 11 | Teofilo Valenzuela Camacho | CONSORCIO SC LA SABANA SACYR | Solicitud de información infraestructura Construcción Red Pateonal Barrio Ricaute y CAN | 7/02/2018 | EEB-0620-01125-2018-E | EEB-0128-01348-2018-S |
| 12 | Teofilo Valenzuela Camacho | CONSORCIO SC LA SABANA SACYR | Solicitud de Información Infraestructura Construcción Red Pateonal Barrios La Sabana, Voto Nacional La Papita | 7/02/2018 | EEB-0620-01126-2018-E | EEB-0128-01347-2018-S |
| 13 | León Rene Perez Zapata | INTEGRAL INGENIEROS CONSULTORES | Solicitud de información de redes e infraestructura existente y proyectada en la zona de influencia del proyecto Autopista Sur | 19/02/2018 | EEB-0620-01519-2018-E | EEB-0128-01473-2018-S |

Sede principal Carrera 9 # 73-44
Sede calle 71 - Carrera 7 # 71-21 Bloque B piso 18
(57) 1 3268 000
grupoenergíabogota.com
Bogota D.C - Colombia



| | | | | | | | |
|----|----------------------------------|--|---|------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--------|
| 14 | Raisel Palaz | N/A | Solicitud certificación para construcción | 19/02/2018 | GER-0125-01510-2018-F | GER-0128-02739-2018-S | Bogotá |
| 15 | Sara María Henao Rodríguez | Consortio HMV-CCC | Solicitud información de redes e infraestructura | 26/02/2018 | GER-0200-01915-2018-F | GER-0128-01919-2018-S | Bogotá |
| 16 | Augusto Aguilar | Consortio HMV | Solicitud información redes e infraestructura | 19/02/2018 | GER-0200-01511-2018-F | GER-0128-01507-2018-S | Bogotá |
| 17 | Pedro Beraglia Duarte | Euroestudios S.A.S. | Solicitud información Redes e infraestructura | 5/03/2018 | GER-0500-02112-2018-F | GER-0128-01320-2018-S | Bogotá |
| 18 | Orlando Acero Acero | N/A | Autorización para Construcción | 27/02/2018 | GER-0520-01985-2018-F | GER-0620-00395-2018-F | Bogotá |
| 19 | Víctor José Sánchez Aparite | Euroestudios S.A.S. | solicitud información infraestructura contrato 1557 estudios y diseños tramo 1 av cordador entre av roma y sk 7, tramo 2 av santa barbara cl 127 y cl 134 tramo 3 av Jorge Botero calle 134 y calle 170 tramo 4 av la siena | 24/03/2018 | GER-0400-03263-2018-F | GER-0128-02745-2018-S | Bogotá |
| 20 | Jesús Alberto Valverde Tello | Jesús Alberto Valverde Tello | solicitud información afectación franja de servidumbre predio cl 92 A SUR 4 C 64 | 4/04/2018 | GER-0128-09403-2018-S | GER-0128-07364-2018-S | Bogotá |
| 21 | Juan Carlos Sánchez Gafaro | CIVILTEC Ingenieros LTDA | solicitud información infraestructura contrato 1291 estudios y diseños redes peatonales grupo A red minuto | 10/04/2018 | GER-0128-01528-2018-F | GER-0128-02741-2018-S | Bogotá |
| 22 | Flor Elisa Sierra López | Flor Elisa Sierra López | solicitud información franja servidumbre predios FM 505-40201458 y 505-852852 urbanización los cipréses quiba (ciudad bolívar) | 11/04/2018 | GER-0128-03638-2018-F | GER-0128-01947-2018-S | Bogotá |
| 23 | Gabriel Castro | Consortio Vial Los Cerros | solicitud información infraestructura-contrato 124 intervención de vías en la localidad de Santa Fe | 10/04/2018 | GER-0620-03630-2018-F | GER-0128-02742-2018-S | Bogotá |
| 24 | Luis Enrique López Jaramillo | Promesa de Sociedad Futura ALO SUR SAS | solicitud información infraestructura av ALO tramo sur intersección Chusacá (muña), calle 13 y ramal aménicos entre ALO y av ciudad de cali | 11/04/2018 | GER-0128-03701-2018-F | GER-0128-05074-2018-S | Bogotá |
| 25 | María Alba Ríos Hernández | María Alba Ríos Hernández | Solicitud Levantamiento servidumbre predio calle 80 A No. 16-94 Sur, barrio Divino Niño - Ciudad Bolívar | 9/04/2018 | GER-0128-03550-2018-S | GER-0128-05276-2018-S | Bogotá |
| 26 | Richard Alexander Acosta Trochez | Consortio MAB-JPS | solicitud información infraestructura contrato 1563 de 2017 inventario, estudios y diseños de conexiones peatonales sobre la quebrada Lirios entre Cra 21 A y Cra 19B | 11/04/2018 | GER-0500-03663-2018-F | GER-0128-03872-2018-S | Bogotá |

Sede principal Carrera 9 # 73-44
Sede calle 71 - Carrera 7 # 71-21 Bloque B piso 18
(57) 1 3268 000
grupoenergíabogota.com
Bogotá D.C - Colombia



| | | | | | | | |
|----|--|--|--|------------|-----------------------|-----------------------|--------|
| 27 | Milton Eduardo Bayona Borilla | Consortio sendero de las mariposas | solicitud información infraestructura. Contrato 1-02 251000-1154-2017 estudio impacto ambiental proyecto sendero de las mariposas | 5/08/2018 | EEB-0620-00148-2018-E | GER-0750-03075-2018-S | Bogotá |
| 28 | Betsie Jiménez Rincón/ Edgar Giovanni Monsalve Vergara | Betsie Jiménez Rincón/ Edgar Giovanni Monsalve Vergara | Solicitud de información para construcción - zona de servidumbre | 17/04/2018 | GER-0128-02040-2018-E | GER-0128-03071-2018-S | Bogotá |
| 29 | Nancy Guzmán Castro/ Noé Monsalve García | Nancy Guzmán Castro/ Noé Monsalve García | Solicitud de información para construcción - zona de servidumbre | 17/04/2018 | GER-0128-03999-E | GER-0128-02888-2018-S | Bogotá |
| 30 | Gloverny Envia González Pinzón | CONSORCIO E&D AUT NTE | solicitud información infraestructura contrato IDU No. 1394 de 2017 estudios y diseños aut norte desde heroes hasta calle 193 y calle 170 desde la cámara 7 hasta la cámara 92 | 17/04/2018 | GER-0500-01013-2018-E | GER-0128-02601-2018-S | Bogotá |

Cabe destacar que, en ninguno de los documentos radicados al Grupo Energía de Bogotá en el distrito capital, se ha recibido queja o solicitud de información referente a campos electromagnéticos.

9. ¿Está la EEB participando actualmente en algún proyecto de revisión normativa relacionada con modificar los límites de exposición a los campos electromagnéticos? En caso afirmativo, informe los detalles de la modificación y el borrador del proyecto.

Rta. /9. No!, actualmente el Grupo Energía Bogotá no participa en ningún proyecto de revisión normativa referente a campos electromagnéticos.

10. Informe como incorpora la EEB en su proceso de gestión electromagnética, los últimos estudios relacionados con los posibles efectos a corto y largo plazo que los campos electromagnéticos tienen sobre la salud de las personas.

Rta. /10. El Grupo Energía Bogotá a través de su equipo de ingeniería, revisa permanentemente los estudios reportados por la OMS y ICNIRP, frente a las radiaciones no-ionizantes; igualmente atiende cualquier requerimiento de obligatorio cumplimiento establecido por el gobierno nacional, representado por sus instituciones como son el Ministerio de Minas y Energía, la UPME, la ANLA, la Superintendencia de Servicios Públicos, la CREG entre otras.

Atentamente,


HÉCTOR EDUARDO GRAFFE CANTILLO
 Gerente ingeniería
 Vicepresidencia de Transmisión
 Grupo Energía Bogotá

Sede principal Carrera 9 # 73-44
 Sede calle 71 - Carrera 7 # 71-21 Bloque B piso 18
 (57) 1 3268 000
 grupoenergíabogota.com
 Bogotá D.C - Colombia



9.2. Actas de reunión

| | | | |
|--|-----------------------------------|---------------------------|------------|
| | FORMATO DE ACTA DE REUNIÓN | Código: 01-FR-06 | |
| | | Versión: 4 | Página: de |
| | | Vigente desde: 25-07-2017 | |

| | | |
|---------------------------------|-------------------|-------------|
| Acta No: 1 | Hora Inicio: 2:00 | Hora Final: |
| Lugar: G.E.B. Edificio Calle 73 | Fecha: 15-05-2018 | |

| |
|--|
| Objeto de la reunión: Veeduría Gestión Electromagnética en líneas y Subestaciones / Distrito Capital |
|--|

| |
|---|
| Orden del día: revisión comunicación GEB-0120-05058-E |
|---|

| |
|---|
| Desarrollo de la reunión: Se leen los puntos solicitados mediante radicado GEB-0120-05058-E. Se aclara que el área correspondiente para dar respuesta a estos temas, es el Área de Mantenimiento por lo tanto se programará visita con los Ingenieros Miguel Rojas y Yenny Mesa, en su calidad de asesores de las Gerencia de Mantenimiento. Asimismo se informa que el Gerente de Mantenimiento, Ing. Iván Díaz se encuentra incapacitado. Se coordinará la visita mediante correo electrónico con la Ing. Ana Esther Zapata, Gerente Operación (e) El Ing. Hector Eduardo Gratte, Gerente de Ingeniería realiza algunas aclaraciones. Los puntos 2 y 3 de la comunicación serán revisados por la Gerencia de Ingeniería. Se solicitó revisar las memorias de cálculo de las líneas de transmisión, en relación a los campos electromagnéticos, para hacerlos llegar a la personería de Bogotá. |
|---|



| | | | | |
|--|--|-------------------------------------|----------------------|-------------------------|
| Personería de Bogotá, D. C. Al servicio de la ciudad | | FORMATO DE ACTA DE REUNIÓN | | Código: 01-FR-06 |
| | | Versión: 4 | Página: de | |
| | | Vigente desde: 25-07-2017 | | |

| | | |
|-------------------|--------------------------|--------------------|
| Acta No: 2 | Hora Inicio: | Hora Final: |
| Lugar: | Fecha: 18-05-2018 | |

Objeto de la reunión:
Revisión Gestión Campos electromagnéticos

Orden del día:
Revisión con mantenimiento Area de

Desarrollo de la reunión:

GES aclara que como tal, no se cuenta con un proceso de Gestión de Campos electromagnéticos. Durante los años 2016 y 2017 no se realizaron mediciones de campos electromagnéticos (no fue necesario).

Dentro del proceso de mantenimiento existe un subproceso que consiste en velar por la Servidumbre.

Solo en el caso de una repotenciación o variante de línea, se mide el campo electromagnético. Solo ante una variación operativa se realiza esta medición.

Se revisará sin embargo si existen registros de esta alguna medición por variación operativa.

Antes de la entrada de vigencia del PETIE, las franjas de Servidumbre de las líneas de transmisión eran:

| | Antes | Despues |
|--------|-------|--------------------------|
| 230 kv | 40 | 32 mínimo |
| 500 kv | — | 60 (Sencillo) 65 (doble) |

Se aclara que No hay líneas de 500 kv en el Distrito Capital, se descarta una repotenciación de las líneas del Corredor Guavio.



GEB informa que la respuesta se estima se tendrá la próxima semana hacia final de la semana.

Seg. Los cinco (5) variables que miden en una línea son:

Campo eléctrico, Campo magnético, distancia de Seguridad, Ruido audible, radiointerferencia. Si una de estas variables no se cumple,

se aumenta el ancho de Servidumbre ^{establecido en el RETIE.} mínimo. Las actuales franjas de servidumbre de 40m de las líneas de 230kV se mantendrán.

*Se solicita una compra de Software para calcular campos electromagnéticos para la geometría existente de las líneas de 230kV en el Distrito Capital.

En los próximos 15 años no se contemplan nuevas líneas de transmisión en Bogotá.

Se confirma la ~~mayor~~ entrada en operación de las líneas en el año 1983.

La corriente máxima nominal de las líneas de transmisión de 230kV es de ~~200A~~ es el establecido en los límites establecidos por el diseño (Corriente nominal máxima).

Sobre el tema de Control de las Servidumbres GEB manifiesta que se requiere una mayor conciencia de la Comunidad, sobre su cumplimiento, y con mejor apoyo de las Curadurías.

Se identifica la necesidad de realizar mesas de trabajo con la comunidad en los casos específicos de Violación de Servidumbres.



9.3. Información recolectada de la página web de la Organización Mundial de la Salud

9.3.1. Resumen de los efectos sobre la salud

¿Qué ocurre cuando nos exponemos a campos electromagnéticos?

La exposición a campos electromagnéticos no es un fenómeno nuevo. Sin embargo, en el siglo XX la exposición ambiental ha aumentado de forma continua conforme la creciente demanda de electricidad, el constante avance de las tecnologías y los cambios en los hábitos sociales han generado más y más fuentes artificiales de campos electromagnéticos. Todos estamos expuestos a una combinación compleja de campos eléctricos y magnéticos débiles, tanto en el hogar como en el trabajo, desde los que producen la generación y transmisión de electricidad, los electrodomésticos y los equipos industriales, a los producidos por las telecomunicaciones y la difusión de radio y televisión.

En el organismo se producen corrientes eléctricas minúsculas debidas a las reacciones químicas de las funciones corporales normales, incluso en ausencia de campos eléctricos externos. Por ejemplo, los nervios emiten señales mediante la transmisión de impulsos eléctricos. En la mayoría de las reacciones bioquímicas, desde la digestión a las actividades cerebrales, se produce una reorganización de partículas cargadas. Incluso el corazón presenta actividad eléctrica, que los médicos pueden detectar mediante los electrocardiogramas.

Los campos eléctricos de frecuencia baja influyen en el organismo, como en cualquier otro material formado por partículas cargadas. Cuando los campos eléctricos actúan sobre materiales conductores, afectan a la distribución de las cargas eléctricas en la superficie. Provocan una corriente que atraviesa el organismo hasta el suelo.

Los campos magnéticos de frecuencia baja inducen corrientes circulantes en el organismo. La intensidad de estas corrientes depende de la intensidad del campo magnético exterior. Si es suficientemente intenso, las corrientes podrían estimular los nervios y músculos o afectar a otros procesos biológicos.

Tanto los campos eléctricos como los magnéticos inducen tensiones eléctricas y corrientes en el organismo, pero incluso justo debajo de una línea de transmisión de electricidad de alta tensión las corrientes inducidas son muy pequeñas comparadas con los umbrales para la producción de sacudidas eléctricas u otros efectos eléctricos. El principal efecto biológico de los campos electromagnéticos de radiofrecuencia es el calentamiento. Este fenómeno se utiliza en los hornos de microondas para calentar alimentos. Los niveles de campos de radiofrecuencia a los que normalmente están expuestas las personas son mucho menores que los necesarios para producir un calentamiento significativo. Las directrices actuales se basan en el efecto calefactor de las ondas de radio. Los científicos están investigando también la posibilidad de que existan efectos debidos a la exposición a largo plazo a niveles inferiores al umbral para el calentamiento del organismo. Hasta la fecha, no se han confirmado efectos adversos para la salud debidos a la exposición a largo plazo a campos de baja intensidad de frecuencia de radio o de frecuencia de red, pero los científicos continúan investigando activamente en este terreno

¿Efectos biológicos o efectos sobre la salud?

¿Qué es un peligro para la salud?

Los efectos biológicos son respuestas mensurables a un estímulo o cambio en el medio. Estos cambios no son necesariamente perjudiciales para la salud. Por ejemplo, escuchar música, leer un libro, comer una manzana o jugar al tenis son



actividades que producen diversos efectos biológicos. No obstante, no esperamos que ninguna de estas actividades produzca efectos sobre la salud. El organismo dispone de mecanismos complejos que le permiten ajustarse a las numerosas y variadas influencias del medio en el que vivimos. El cambio continuo es forma parte de nuestra vida normal, pero, desde luego, el organismo no posee mecanismos adecuados para compensar todos los efectos biológicos. Los cambios irreversibles y que fuerzan el sistema durante períodos largos pueden suponer un peligro para la salud.

Un efecto perjudicial para la salud es el que ocasiona una disfunción detectable de la salud de las personas expuestas o de sus descendientes; por el contrario, un efecto biológico puede o no producir un efecto perjudicial para la salud.

No se pone en cuestión que por encima de determinados umbrales los campos electromagnéticos puedan desencadenar efectos biológicos. Según experimentos realizados con voluntarios sanos, la exposición a corto plazo a los niveles presentes en el medio ambiente o en el hogar no producen ningún efecto perjudicial manifiesto. La exposición a niveles más altos, que podrían ser perjudiciales, está limitada por directrices nacionales e internacionales. La controversia que se plantea actualmente se centra en si bajos niveles de exposición a largo plazo pueden o no provocar respuestas biológicas e influir en el bienestar de las personas.

Preocupación de la sociedad por los efectos sobre la salud

Un vistazo a los titulares de las noticias de los últimos años permite hacerse una idea de los diversos aspectos que preocupan a la sociedad. En el transcurso de la última década, se han planteado dudas relativas a los efectos sobre la salud de numerosas fuentes de campos electromagnéticos, como las líneas de conducción eléctrica, los hornos de microondas, las pantallas de computadora y de televisión, los dispositivos de seguridad, los radares y, más recientemente, los teléfonos móviles y sus estaciones base.

El Proyecto Internacional CEM

En respuesta a la creciente preocupación de la sociedad por los posibles efectos sobre la salud de la exposición a un número y variedad creciente de fuentes de campos electromagnéticos, la Organización Mundial de la Salud (OMS) inició en 1996 un gran proyecto de investigación multidisciplinar. El Proyecto Internacional sobre campos electromagnéticos o «Proyecto Internacional CEM» reúne los conocimientos y recursos disponibles actuales de organismos e instituciones científicas claves internacionales y nacionales.

Conclusiones de las investigaciones científicas

En los últimos 30 años, se han publicado aproximadamente 25.000 artículos sobre los efectos biológicos y aplicaciones médicas de la radiación no ionizante. A pesar de que algunas personas piensan que se necesitan más investigaciones, los conocimientos científicos en este campo son ahora más amplios que los correspondientes a la mayoría de los productos químicos. Basándose en una revisión profunda de las publicaciones científicas, la OMS concluyó que los resultados existentes no confirman que la exposición a campos electromagnéticos de baja intensidad produzca ninguna consecuencia para la salud. Sin embargo, los conocimientos sobre los efectos biológicos presentan algunas lagunas que requieren más investigaciones.

Efectos sobre la salud general

Algunas personas han atribuido un conjunto difuso de síntomas a la exposición de baja intensidad a campos electromagnéticos en el hogar. Los síntomas notificados incluyen dolores de cabeza, ansiedad, suicidios y depresiones, náuseas, fatiga y pérdida de la libido. Hasta la fecha, las pruebas científicas no apoyan la existencia de



una relación entre estos síntomas y la exposición a campos electromagnéticos. Al menos algunos de estos problemas sanitarios pueden deberse al ruido o a otros factores del medio, o a la ansiedad relacionada con la presencia de tecnologías nuevas.

Efectos sobre el embarazo

La OMS y otros organismos han evaluado numerosas fuentes y exposiciones diferentes a campos electromagnéticos en el entorno cotidiano y de trabajo, como las pantallas de computadora, colchones de agua y mantas eléctricas, equipos de soldadura por corrientes de radiofrecuencia, equipos de diatermia, y radares. El conjunto de los resultados demuestra que la exposición a los niveles típicos de los campos del medio no aumenta el riesgo de desenlaces adversos como abortos espontáneos, malformaciones, peso reducido al nacer y enfermedades congénitas. Se han publicado informes esporádicos de asociaciones entre problemas sanitarios y la presunta exposición a campos electromagnéticos, como informes sobre partos prematuros y con peso reducido de trabajadoras de la industria electrónica, pero la comunidad científica no ha considerado que estos efectos estén necesariamente ocasionados por la exposición a campos electromagnéticos (frente a la influencia de factores como la exposición a disolventes).

Cataratas

Se ha informado de casos de irritación ocular general y cataratas en trabajadores expuestos a niveles altos de radiación de radiofrecuencia y microondas, pero estudios realizados con animales no confirman la idea de que estos tipos de trastornos oculares se puedan producir a niveles que no son peligrosos por su efecto térmico. No hay pruebas de que se produzcan estos efectos a los niveles a los que está expuesta la población general.

Campos electromagnéticos y cáncer

A pesar de los numerosos estudios realizados, la existencia o no de efectos cancerígenos es muy controvertida. En cualquier caso, es evidente que si los campos electromagnéticos realmente producen algún efecto de aumento de riesgo de cáncer, el efecto será extremadamente pequeño. Los resultados obtenidos hasta la fecha presentan numerosas contradicciones, pero no se han encontrado incrementos grandes del riesgo de ningún tipo de cáncer, ni en niños ni en adultos.

Algunos estudios epidemiológicos sugieren que existen pequeños incrementos del riesgo de leucemia infantil asociados a la exposición a campos magnéticos de baja frecuencia en el hogar. Sin embargo, los científicos no han deducido en general de estos resultados la existencia de una relación causa-efecto entre la exposición a los campos electromagnéticos y la enfermedad, sino que se ha planteado la presencia en los estudios de efectos artificiosos o no relacionados con la exposición a campos electromagnéticos. Esta conclusión se ha alcanzado, en parte, porque los estudios con animales y de laboratorio no demuestran que existan efectos reproducibles coherentes con la hipótesis de que los campos electromagnéticos causen o fomenten el cáncer. Se están realizando actualmente estudios de gran escala en varios países que podrían ayudar a esclarecer estas cuestiones.

Hipersensibilidad a los campos electromagnéticos y depresión

Algunas personas afirman ser "hipersensibles" a los campos eléctricos o magnéticos. Preguntan si los dolores, cefaleas, depresión, letargo, alteraciones del sueño e incluso convulsiones y crisis epilépticas pueden estar asociados con la exposición a campos electromagnéticos.

Hay escasa evidencia científica que apoye la posible existencia de casos de hipersensibilidad a los campos electromagnéticos. Estudios recientes realizados en



países escandinavos han comprobado que, en condiciones adecuadamente controladas de exposición a campos electromagnéticos, no se observan pautas de reacción coherentes en los sujetos expuestos. Tampoco existe ningún mecanismo biológico aceptado que explique la hipersensibilidad. La investigación en este campo es difícil porque, además de los efectos directos de los propios campos electromagnéticos, pueden intervenir muchas otras respuestas subjetivas. Están en curso más estudios sobre esta cuestión.

Objetivos de las investigaciones actuales y futuras

Se están empleando actualmente grandes esfuerzos de investigación destinados al estudio de la relación entre los campos electromagnéticos y el cáncer. Están en curso estudios en busca de posibles efectos cancerígenos (que producen cáncer) de los campos de frecuencia de la red eléctrica, aunque menos intensos que los realizados a finales de los 90.

Otro objetivo de investigación de numerosos estudios actualmente son los efectos sobre la salud, a largo plazo, de la utilización de teléfonos móviles. No se ha descubierto ningún efecto perjudicial manifiesto de la exposición a niveles bajos de campos de radiofrecuencia. Sin embargo, debido a la preocupación de la sociedad por la seguridad de los teléfonos celulares, investigaciones adicionales intentan determinar si podrían producirse efectos menos evidentes a niveles de exposición muy bajos.

Puntos clave

Existe una amplia gama de influencias del medio que producen efectos biológicos. La expresión «efecto biológico» no es equivalente a «peligro para la salud». Se necesitan investigaciones especiales para identificar y medir los peligros para la salud.

A frecuencias bajas, los campos eléctricos y magnéticos exteriores inducen pequeñas corrientes circulantes en el interior del organismo. En prácticamente todos los medios normales, las corrientes inducidas en el interior del organismo son demasiado pequeñas para producir efectos manifiestos.

El principal efecto de los campos electromagnéticos de radiofrecuencia es el calentamiento de los tejidos del organismo. No cabe duda de que la exposición a corto plazo a campos electromagnéticos muy intensos puede ser perjudicial para la salud. La preocupación actual de la sociedad se centra en los posibles efectos sobre la salud, a largo plazo, de la exposición a campos electromagnéticos de intensidades inferiores a las necesarias para desencadenar respuestas biológicas inmediatas.

El Proyecto Internacional CEM de la OMS se inició para responder con rigor científico y de forma objetiva a las preocupaciones de la sociedad por los posibles peligros de los campos electromagnéticos de baja intensidad.

A pesar de las abundantes investigaciones realizadas, hasta la fecha no hay pruebas que permitan concluir que la exposición a campos electromagnéticos de baja intensidad sea perjudicial para la salud de las personas. Las investigaciones internacionales se centran en el estudio de posibles relaciones entre el cáncer y los campos electromagnéticos, a frecuencias de radio y de red eléctrica.

9.3.2. Progresos de las investigaciones

Si los campos electromagnéticos constituyen un peligro para la salud, las consecuencias afectarán a todos los países industrializados. La sociedad exige respuestas concretas a la cuestión, cada vez más apremiante, de si los campos electromagnéticos a los que estamos expuestos de forma cotidiana producen o no



efectos perjudiciales para la salud. Frecuentemente, los medios de comunicación ofrecen respuestas que parecen definitivas. Sin embargo, estas noticias se deben juzgar con cautela y se debe tener en cuenta que la educación no es el principal objetivo de los medios de comunicación. Un periodista puede seleccionar una noticia e informar sobre la misma impulsado por diversos motivos no relacionados con aspectos técnicos; los periodistas compiten entre sí por obtener tiempo y espacio en los medios de comunicación y las revistas y periódicos compiten por aumentar la circulación de sus productos. Los titulares novedosos y sensacionalistas que interesan al mayor número de personas posible les ayudan a alcanzar estos objetivos; las malas noticias no son sólo las más llamativas, sino a menudo las únicas de las que nos enteramos. Se presta poca, o ninguna, atención a los numerosos estudios que indican que los campos electromagnéticos son inofensivos. La ciencia no puede aún garantizar una seguridad absoluta, pero las investigaciones realizadas son, en su conjunto, tranquilizantes.

Se necesitan diferentes tipos de estudios

Para evaluar un posible efecto perjudicial para la salud de los campos electromagnéticos, es esencial realizar un conjunto de estudios diversos en diferentes campos de investigación. Los diferentes tipos de estudios investigan diversos aspectos del problema. El objetivo de los estudios de laboratorio con células es elucidar los mecanismos básicos subyacentes que relacionan la exposición a campos electromagnéticos con los efectos biológicos. Estos estudios pretenden identificar mecanismos basados en los cambios moleculares o celulares que produce el campo electromagnético que ofrecerían pistas sobre cómo se transforma una fuerza física en una acción biológica en el organismo. En estos estudios, las células individuales o tejidos estudiados se retiran de su medio vital normal, lo que puede desactivar posibles mecanismos de compensación. Otro tipo de estudios, realizados con animales, está más estrechamente relacionado con las condiciones reales. Estos estudios proporcionan resultados que son más directamente pertinentes para determinar niveles de exposición seguros para las personas y frecuentemente estudian diversas intensidades de los campos electromagnéticos para investigar las relaciones entre dosis y respuesta.

Los estudios epidemiológicos o estudios médicos con personas son otra fuente directa de información sobre los efectos a largo plazo de la exposición. Estos estudios investigan la causa y distribución de las enfermedades en las condiciones reales, por comunidades y grupos profesionales. Los investigadores tratan de determinar si existe una asociación de tipo estadístico entre la exposición a campos electromagnéticos y la incidencia de una determinada enfermedad o efecto perjudicial para la salud. Sin embargo, los estudios epidemiológicos son costosos y, lo que es más importante, estudian poblaciones de composición muy compleja, por lo que son difíciles de controlar con suficiente precisión para detectar efectos pequeños. Por estos motivos, antes de alcanzar conclusiones sobre posibles peligros para la salud, los científicos evalúan todos los resultados de interés, incluidos los de estudios epidemiológicos y los de estudios con animales y con células.

Interpretación de los estudios epidemiológicos

Los estudios epidemiológicos no pueden normalmente determinar por sí mismos la existencia de una relación clara entre causa y efecto, principalmente porque sólo detectan asociaciones estadísticas entre los niveles de exposición y determinada enfermedad, que puede o no deberse a la exposición. Imagínese un estudio hipotético que demuestre que existe una relación entre la exposición a campos electromagnéticos de los electricistas de la empresa «ElectriX» y un incremento del riesgo de cáncer. Aunque se observe una asociación estadística, ésta podría deberse también a la ausencia de información sobre otros factores del lugar de trabajo. Por ejemplo, es posible que los electricistas hayan estado expuestos a disolventes



químicos potencialmente cancerígenos. Asimismo, una asociación estadística puede deberse únicamente a efectos aleatorios, o el propio estudio puede no haber sido diseñado correctamente.

En consecuencia, la detección de una asociación entre un agente y una determinada enfermedad no significa necesariamente que el agente sea la causa de la enfermedad. Para determinar la causalidad, los investigadores deben tener en cuenta numerosos factores. Los argumentos a favor de una relación de tipo causa y efecto se ven reforzados si existe una asociación persistente y fuerte entre la exposición y el efecto, una relación clara entre dosis y respuesta, una explicación biológica creíble, resultados favorables de estudios pertinentes con animales y, sobre todo, coherencia entre los diferentes estudios. Estos factores no han estado generalmente presentes en los estudios sobre la relación entre los campos electromagnéticos y el cáncer. Este es uno de los principales motivos por los que los científicos se han resistido generalmente a concluir que los campos electromagnéticos débiles produzcan efectos sobre la salud.

La dificultad de descartar la posibilidad de riesgos muy pequeños

Según Barnabas Kunsch, del centro de investigación austríaco de Seibersdorf (Austrian Research Centre Seibersdorf), «En la sociedad moderna, la ausencia de pruebas de los efectos perjudiciales no parece ser suficiente. Al contrario, cada vez se reclama con mayor insistencia que se demuestre la inexistencia de estos efectos». En las conclusiones alcanzadas por comités de expertos que han examinado la cuestión son típicas frases como: «No existen pruebas convincentes de que los campos electromagnéticos produzcan efectos perjudiciales para la salud» o «No se ha confirmado la existencia de una relación de causa y efecto entre los campos electromagnéticos y el cáncer». Puede dar la impresión de que los científicos tratan de evitar responder a la cuestión. Si los científicos ya han demostrado que no hay ningún efecto, ¿por qué se debe continuar investigando?

La respuesta es sencilla: los estudios médicos con personas identifican muy eficazmente efectos grandes, como la relación entre el consumo de tabaco y el cáncer; desgraciadamente, no pueden distinguir tan fácilmente los efectos pequeños de la ausencia de efecto. Si los niveles de los campos electromagnéticos típicos del medio fueran cancerígenos potentes, ya se hubiera demostrado fácilmente este efecto. Por el contrario, es mucho más difícil demostrar si los campos electromagnéticos de intensidad baja tienen un efecto cancerígeno débil, o si son muy cancerígenos para un grupo pequeño de personas del conjunto de la población. De hecho, incluso si un estudio a gran escala no muestra la existencia de una asociación, no podemos estar completamente seguros de que no exista una relación. La ausencia de un efecto en los estudios podría significar que verdaderamente el efecto no existe, pero también podría significar sencillamente que el efecto no es detectable con el método de medición utilizado. Por consiguiente, los resultados negativos son generalmente menos convincentes que los resultados positivos claros.

La situación más difícil de todas, que, desgraciadamente, se ha producido en los estudios epidemiológicos sobre campos electromagnéticos, es la existencia de un conjunto de estudios con resultados positivos poco contundentes y que, sin embargo, no son coherentes entre sí. En esta situación, es probable que los propios científicos no se pongan de acuerdo sobre las conclusiones que deben extraerse de los datos. No obstante, por los motivos explicados antes, la mayoría de los científicos y de los médicos opinan de que los posibles efectos sobre la salud, si existen, de campos electromagnéticos de intensidad baja son probablemente muy pequeños comparados con otros riesgos para la salud a los que se enfrentan las personas de forma cotidiana.



Futuros estudios

El principal objetivo del Proyecto Internacional CEM de la OMS es iniciar y coordinar investigaciones en todo el mundo destinadas a obtener una respuesta bien fundamentada a las preocupaciones de la sociedad. Esta evaluación integrará los resultados de estudios con células, estudios con animales y estudios médicos con personas para permitir una evaluación lo más completa posible de los riesgos para la salud. Una evaluación integral de diversos estudios pertinentes y fiables proporcionará la respuesta más fiable posible sobre los efectos perjudiciales para la salud, si existen, de la exposición a largo plazo a campos electromagnéticos débiles.

Una forma de ilustrar la necesidad de disponer de pruebas de diferentes tipos de experimentos es establecer una analogía con un crucigrama. Para determinar la solución del crucigrama con CERTIDUMBRE absoluta debemos responder a nueve preguntas. Si sólo podemos contestar a tres, es posible que podamos adivinar la solución; sin embargo, las tres letras dadas pueden también formar parte de otra palabra muy diferente. Cada respuesta adicional aumentará la confianza que ponemos en la solución propuesta. De hecho, la ciencia probablemente nunca pueda llegar a responder a todas las preguntas, pero cuantas más pruebas concluyentes obtengamos, más seguros estaremos de alcanzar la solución verdadera.

Puntos clave

El objetivo de los estudios de laboratorio con células es determinar si existe un mecanismo que explique el modo en que la exposición a campos electromagnéticos pudiera ocasionar efectos biológicos perjudiciales. Los estudios con animales son fundamentales para determinar si existen efectos en organismos superiores cuya fisiología se parece en cierto modo a la del ser humano. Los estudios epidemiológicos buscan asociaciones estadísticas entre la exposición a campos electromagnéticos y la incidencia de efectos específicos perjudiciales para la salud en seres humanos.

La detección de una asociación estadística entre un agente y una determinada enfermedad no significa necesariamente que el agente sea la causa de la enfermedad.

La ausencia de efectos sobre la salud podría significar que realmente no existen; no obstante, podría también significar que existe un efecto pero no se puede detectar con los métodos actuales.

Antes de sacar conclusiones sobre posibles riesgos para la salud causados por la presencia en el medio de presuntos agentes peligrosos, se deben tener en cuenta los resultados de diversos estudios (con células, con animales y epidemiológicos). Si los resultados de estos estudios de muy diverso tipo son coherentes, aumentará la certidumbre sobre la existencia verdadera de un efecto.

9.3.3. Niveles de exposición típicos en el hogar y en el medio ambiente

Campos electromagnéticos en el hogar

Niveles de fondo de campos electromagnéticos producidos por instalaciones de transmisión y distribución de electricidad.

La transmisión de electricidad a larga distancia se realiza mediante líneas eléctricas de alta tensión. Estas tensiones altas se reducen mediante transformadores para la distribución local a hogares y empresas. Las instalaciones de transmisión y distribución de electricidad y el cableado y aparatos eléctricos domésticos generan el nivel de fondo de campos eléctricos y magnéticos de frecuencia de red en el hogar.

En los hogares que no están situados cerca de líneas de conducción eléctrica la intensidad de este campo de fondo puede ser hasta alrededor de 0,2 μ T. Los campos



de los lugares situados directamente bajo las líneas de conducción eléctrica son mucho más intensos. Las densidades de flujo magnético a nivel del suelo pueden ser del orden de hasta varios μT . La intensidad del campo eléctrico bajo las líneas de conducción eléctrica puede ser de hasta 10 kV/m. Sin embargo, la intensidad de los campos (eléctricos y magnéticos) se reduce al aumentar la distancia a las líneas eléctricas. A entre 50 m y 100 m de distancia la intensidad de los campos es normalmente equivalente a la de zonas alejadas de las líneas eléctricas de alta tensión. Además, las paredes de las casas reducen substancialmente la intensidad de campo eléctrico con respecto a la existente en lugares similares en el exterior de las casas.

Aparatos eléctricos en el hogar

Los campos eléctricos de frecuencia de red más intensos presentes normalmente en el entorno son los de los lugares situados bajo las líneas de transmisión de alta tensión. Por el contrario, los campos magnéticos de frecuencia de red más intensos se encuentran normalmente en puntos muy cercanos a motores y otros aparatos eléctricos, así como en equipos especializados como escáneres de resonancia magnética utilizados para generar imágenes para el diagnóstico médico.

Intensidades de campo eléctrico típicas medidas cerca de electrodomésticos (a una distancia de 30 cm)

| Intensidades de campo eléctrico típicas medidas cerca de electrodomésticos (a una distancia de 30 cm) | |
|---|--------------------------------------|
| Fuente: Oficina federal alemana de seguridad radiológica (Bundesamt für Strahlenschutz, BfS), 1999. | |
| Electrodoméstico | Intensidad del campo eléctrico (V/m) |
| Receptor estereofónico | 180 |
| Hierro | 120 |
| Frigorífico | 120 |
| Batidora | 100 |
| Tostadora | 80 |
| Secador de pelo | 80 |
| Televisor de color | 60 |
| Cafetera eléctrica | 60 |
| Aspiradora | 50 |
| Horno eléctrico | 8 |
| Bombilla | 5 |
| Valor límite recomendado | 5000 |

Muchas personas se sorprenden cuando reparan en la diversidad de las intensidades de los campos magnéticos presentes en el entorno de diversos aparatos eléctricos. La intensidad del campo no depende del tamaño, complejidad, potencia o ruido que hace el electrodoméstico. Además, las intensidades de los campos magnéticos pueden ser muy diversas, incluso entre aparatos aparentemente similares. Por ejemplo, algunos secadores de pelo generan campos muy intensos, mientras que otros apenas producen campo magnético alguno. Estas diferencias de intensidad del campo magnético están relacionadas con el diseño del producto. El siguiente cuadro muestra valores típicos correspondientes a diversos aparatos eléctricos comunes en los hogares y lugares de trabajo. Las mediciones se tomaron en Alemania y todos los



aparatos funcionan con electricidad a 50 Hz de frecuencia. Debe señalarse que los niveles de exposición efectivos varían considerablemente dependiendo del modelo de electrodoméstico y de la distancia al mismo.

Intensidades del campo magnético típicas de algunos electrodomésticos a diversas distancias

| Aparato eléctrico | A una distancia de 3 cm (μT) | A una distancia de 30 cm (μT) | A una distancia de 1 m (μT) |
|--|---|--|--|
| Secador de pelo | 6 – 2000 | 0,01 – 7 | 0,01 – 0,03 |
| Máquina de afeitar eléctrica | 15 – 1500 | 0,08 – 9 | 0,01 – 0,03 |
| Aspiradora | 200 – 800 | 2 – 20 | 0,13 – 2 |
| Luz fluorescente | 40 – 400 | 0,5 – 2 | 0,02 – 0,25 |
| Horno de microondas | 73 – 200 | 4 – 8 | 0,25 – 0,6 |
| Radio portátil | 16 – 56 | 1 | < 0,01 |
| Horno eléctrico | 1 – 50 | 0,15 – 0,5 | 0,01 – 0,04 |
| Lavadora | 0,8 – 50 | 0,15 – 3 | 0,01 – 0,15 |
| Hierro | 8 – 30 | 0,12 – 0,3 | 0,01 – 0,03 |
| >Lavavajillas | 3,5 – 20 | 0,6 – 3 | 0,07 – 0,3 |
| Computadora | 0,5 – 30 | < 0,01 | |
| Frigorífico | 0,5 – 1,7 | 0,01 – 0,25 | <0,01 |
| Televisor de color | 2,5 - 50 | 0,04 – 2 | 0,01 – 0,15 |
| En la mayoría de los electrodomésticos, la intensidad del campo magnético a una distancia de 30 cm es considerablemente inferior al límite recomendado para el conjunto de la población de 100 μT . | | | |

Fuente: Oficina federal alemana de seguridad radiológica (Bundesamt für Strahlenschutz, BfS), 1999. (La distancia de operación normal se indica en negrita.)

El cuadro ilustra dos puntos importantes: En primer lugar, la intensidad del campo magnético que rodea a todos los aparatos disminuye rápidamente conforme nos alejamos del mismo. En segundo lugar, la mayoría de los electrodomésticos no se utilizan a una distancia muy cercana al cuerpo. A una distancia de 30 cm, los campos magnéticos que generan la mayoría de los electrodomésticos son más de 100 veces menores que el límite recomendado establecido para el conjunto de la población (100 μT a 50 Hz, o 83 μT a 60 Hz).

Televisores y pantallas de computadora

Las pantallas de computadora y televisores se basan en principios de funcionamiento similares. Ambos producen campos eléctricos estáticos y campos eléctricos y magnéticos alternos a diversas frecuencias. Sin embargo, las pantallas de cristal líquido que se utilizan en algunas computadoras portátiles y de escritorio no generan campos eléctricos y magnéticos significativos. Las computadoras modernas tienen pantallas conductoras que reducen el campo estático de la pantalla hasta un nivel similar al normal de fondo de los hogares o los lugares de trabajo. En la posición que ocupa el usuario (a 30 a 50 cm de la pantalla), la densidad de flujo (a frecuencias de



red) de los campos magnéticos alternos es típicamente inferior a $0,7 \mu\text{T}$. Las intensidades de los campos eléctricos alternos en las posiciones del usuario varían de menos de 1 V/m a 10 V/m .

Hornos de microondas

Los hornos de microondas domésticos funcionan a potencias muy altas. Sin embargo, disponen de una protección eficaz que reduce la fuga de radiación de los hornos hasta niveles casi indetectables. Además, la intensidad de las fugas de microondas se reduce de forma muy pronunciada al aumentar la distancia desde el horno. En muchos países, existen normas de fabricación que especifican los niveles máximos de fuga de radiación admisibles en hornos nuevos; un horno que cumpla dichas normas no supondrá peligro alguno para el consumidor.

Teléfonos portátiles

Los teléfonos portátiles funcionan a intensidades mucho menores que los teléfonos móviles. El motivo es que se utilizan a distancias muy próximas a su estación base, por lo que no necesitan campos intensos para transmitir a distancias grandes. Por consiguiente, los campos de radiofrecuencia que generan estos aparatos son insignificantes.

Campos electromagnéticos en el medio ambiente

Radars

Los radares se utilizan para la navegación, la predicción meteorológica y para usos militares, entre otras diversas funciones. Emiten señales en forma de pulsos de microondas. La potencia máxima de cada pulso puede ser alta, aunque la potencia media sea pequeña. Muchos radares pueden girar o moverse arriba y abajo, lo que reduce la densidad de potencia media a la que están expuestas las personas en lugares cercanos a los radares. Incluso los radares militares de gran potencia, no giratorios, limitan la exposición en lugares de acceso público a niveles inferiores a los límites recomendados.

Sistemas de seguridad

Los sistemas antirrobo de las tiendas utilizan dispositivos que detectan bobinas eléctricas situadas en las salidas. Cuando compra un artículo, los marcadores se retiran o se desactivan de forma permanente. Los campos electromagnéticos de las bobinas generalmente no superan los límites de exposición recomendados. Los sistemas de control de accesos funcionan de la misma forma, incorporándose el dispositivo antirrobo a un llavero o a una tarjeta de identidad. Los sistemas de seguridad de las bibliotecas utilizan dispositivos que se pueden desactivar cuando se toma prestado un libro y volver a activar cuando se devuelve. Los detectores de metales y los sistemas de seguridad de los aeropuertos generan un campo magnético de gran intensidad (hasta $100 \mu\text{T}$) que sufre perturbaciones por la presencia de objetos metálicos. En puntos cercanos al marco del detector, la intensidad del campo magnético puede ser próxima, o en ocasiones superior, a los límites recomendados. No obstante, según se explica en la sección sobre límites recomendados, no constituye un peligro para la salud. (véase la sección titulada ¿Son perjudiciales los niveles de exposición superiores a los límites recomendados?)

Trenes y tranvías eléctricos

Los trenes de larga distancia tienen una o más locomotoras que están separadas de los vagones de pasajeros. En consecuencia, la principal fuente a la que se exponen los pasajeros es la fuente de alimentación eléctrica del tren. En los vagones de pasajeros de los trenes de larga distancia pueden existir campos magnéticos de varios cientos de μT cerca del suelo y de intensidades inferiores (decenas de μT) en otras partes del compartimento. Los campos eléctricos pueden alcanzar intensidades de 300 V/m . Las personas que viven en las inmediaciones de vías de ferrocarril



pueden estar expuestas a campos magnéticos generados por la fuente de suministro eléctrico situada encima de las vías; dependiendo del país, pueden ser similares a los campos producidos por las líneas de conducción eléctrica de alta tensión.

Los motores y equipos de tracción de los trenes y tranvías normalmente están ubicados bajo el suelo de los vagones de pasajeros. A nivel del suelo, las intensidades de los campos magnéticos pueden alcanzar niveles de hasta decenas de μT en las partes del suelo situadas justamente encima de motor. La intensidad del campo disminuye drásticamente con la distancia al suelo, de manera que la exposición del tronco de los pasajeros es mucho menor.

Televisión y radio

¿No se ha preguntado alguna vez, al seleccionar una emisora de radio en el equipo de música de su casa, qué significan las conocidas siglas AM y FM? Las señales de radio se pueden describir como de modulación de amplitud (AM, en inglés) o de modulación de frecuencia (también llamada frecuencia modulada o por las siglas en inglés, FM) dependiendo de la forma de transmisión de la información. Las señales de radio de AM se pueden utilizar para la difusión a distancias muy largas, mientras que las ondas de FM abarcan zonas menores pero pueden proporcionar una mejor calidad de sonido.

Las señales de radio de AM se transmiten por medio de grandes baterías de antenas, que pueden tener alturas de decenas de metros, situadas en lugares inaccesibles para la población. Los niveles de exposición en lugares muy cercanos a las antenas y cables de alimentación pueden ser altos, pero afectan al personal de mantenimiento y no a la población general.

Las antenas de televisión y de radio en FM son mucho más pequeñas que las de AM y se montan en baterías de antenas situadas en lo alto de grandes torres que sirven únicamente como estructuras de soporte. La población puede acceder a la parte baja de estas torres porque los niveles de exposición cerca de la base son inferiores a los límites recomendados. En ocasiones, se montan en lo alto de edificios pequeñas antenas de televisiones y radios locales, en cuyo caso puede ser necesario controlar el acceso estas zonas.

Teléfonos móviles y estaciones base

Los teléfonos móviles nos permiten estar permanentemente localizables. Estos dispositivos de ondas de radio de baja potencia transmiten y reciben señales de una red de estaciones base de baja potencia fijas. Cada estación base proporciona cobertura a una zona determinada. Dependiendo del número de llamadas que gestionan, la distancia entre las estaciones base pueden ser desde sólo unos pocos cientos de metros en las grandes ciudades a varios kilómetros en las zonas rurales.

Las estaciones base de telefonía móvil normalmente se instalan en lo alto de edificios o en torres, a alturas de entre 15 y 50 metros. Los niveles de las transmisiones desde una determinada estación base son variables y dependen del número de llamadas y de la distancia a la estación base de quienes emiten las llamadas. Las antenas emiten un haz muy estrecho de ondas de radio que se propaga de forma casi paralela al suelo. En consecuencia, al nivel del suelo y en regiones que normalmente son de acceso público las intensidades de los campos de radiofrecuencia son muy inferiores a los niveles considerados peligrosos. Sólo se superarían los niveles recomendados si una persona se acercara a menos de un metro o dos de las antenas. Hasta que los teléfonos móviles empezaron a usarse de forma generalizada, la población estaba expuesta principalmente a emisiones de radiofrecuencia de estaciones de radio y televisión. Incluso hoy en día, las torres de telefonía apenas aumentan el nivel de exposición total que experimentamos, ya que la intensidad de las señales en los lugares de acceso público es normalmente similar o inferior a la de las estaciones de radio y televisión distantes.



Sin embargo, el usuario de un teléfono móvil está expuesto a campos de radiofrecuencia mucho más intensos que los del entorno general. Los teléfonos móviles se utilizan a muy poca distancia de la cabeza; por lo tanto, en lugar de estudiar el efecto del calentamiento en todo el cuerpo, se debe determinar la distribución de la energía que absorbe la cabeza del usuario. Se ha calculado mediante complejos modelos y mediciones computarizados basados en modelos de cabezas que, al parecer, la energía absorbida procedente de un teléfono móvil no supera los límites actualmente recomendados.

Se han planteado también dudas sobre otros efectos, llamados «efectos no térmicos», producidos por la exposición a frecuencias de teléfonos móviles. Se ha sugerido que podrían producirse efectos sutiles sobre las células que podrían influir en el desarrollo del cáncer. También se ha planteado la hipótesis de posibles efectos sobre los tejidos excitables por estímulos eléctricos que podrían influir en la función del cerebro y los tejidos nerviosos. Sin embargo, según el conjunto de los datos disponibles hasta la fecha, no parece que el uso de teléfonos móviles produzca ningún efecto perjudicial sobre la salud de las personas.

¿Es realmente tan intensa la exposición a campos magnéticos en la vida cotidiana?

En los últimos años, las autoridades públicas de diversos países han realizado numerosas mediciones para estudiar los niveles de los campos electromagnéticos en el entorno cotidiano. Ninguno de estos estudios ha concluido que los niveles medidos puedan producir efectos perjudiciales para la salud.

La oficina federal alemana de seguridad radiológica (Bundesamt für Strahlenschutz, BfS) midió recientemente la exposición diaria a campos magnéticos de unas 2000 personas con diversas ocupaciones y grados de exposición en lugares públicos. Todas las personas llevaron dosímetros personales durante las 24 horas. Los niveles de exposición medidos presentaron una gran variación, pero la exposición media diaria fue de 0,10 μ T. Este valor es mil veces menor que el límite establecido para la población de 100 μ T y 5000 veces menor que el límite de exposición para trabajadores de 500 μ T. Además, los niveles de exposición registrados por los habitantes de los centros de las ciudades indicaron que no existen en este sentido grandes diferencias entre la vida en zonas rurales y la vida en la ciudad. Incluso la exposición de las personas que viven en las inmediaciones de líneas de conducción eléctrica de alta tensión se diferencia muy poco de la exposición media de la población.

Puntos clave

Los niveles de fondo de campos electromagnéticos en el hogar están producido principalmente por las instalaciones de transmisión y distribución de electricidad o por aparatos eléctricos.

Los diferentes aparatos eléctricos generan campos de intensidades muy diferentes. La intensidad de los campos eléctricos y magnéticos disminuye rápidamente con la distancia a los aparatos eléctricos. En cualquier caso, las intensidades de los campos del entorno de los electrodomésticos son habitualmente muy inferiores a los límites recomendados.

En el lugar que ocupa el usuario, los campos eléctricos y magnéticos de los televisores y pantallas de computadora son cientos de miles de veces menores que los límites recomendados.

Los hornos de microondas que cumplen las normas no son peligrosos para la salud.



Si se limita el acceso público a lugares cercanos a las instalaciones de radares, antenas de radiodifusión y estaciones base de telefonía móvil, no se superarán los límites recomendados de exposición a campos de radiofrecuencia.

Los usuarios de teléfonos móviles están expuestos a campos electromagnéticos mucho más intensos que los existentes en el entorno cotidiano normal. No obstante, incluso estos niveles más altos no parece que generen efectos perjudiciales.

Numerosos estudios han demostrado que la exposición a campos electromagnéticos en el entorno cotidiano es extremadamente baja

9.3.4. Normas actuales

Existen normas establecidas para proteger nuestra salud, como las relativas a aditivos alimentarios, a las concentraciones de productos químicos en el agua o a los contaminantes del aire. De forma similar, existen normas que previenen la exposición excesiva a los campos electromagnéticos presentes en el entorno.

Quién decide cuáles son los límites recomendados?

Cada país establece sus propias normas nacionales relativas sobre exposición a campos electromagnéticos. Sin embargo, la mayoría de estas normas nacionales se basan en las recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP, por su sigla en inglés). Esta organización no gubernamental, reconocida formalmente por la OMS, evalúa los resultados de estudios científicos realizados en todo el mundo. Basándose en un análisis en profundidad de todas las publicaciones científicas, la ICNIRP elabora unas directrices en las que establece límites de exposición recomendados. Estas directrices se revisan periódicamente y, en caso necesario, se actualizan.

La relación entre la intensidad de los campos electromagnéticos y la frecuencia es compleja. Una relación de todos los valores de todas las normas correspondientes a todas las frecuencias sería difícil de comprender. El siguiente cuadro resume los límites de exposición recomendados correspondientes a los tipos de tecnologías que han causado preocupación en la sociedad: la electricidad en el hogar, las estaciones base de telefonía móvil y los hornos de microondas. La última actualización de estas directrices se realizó en abril de 1998.

Resumen de los límites de exposición recomendados por la ICNIRP



| Resumen de los límites de exposición recomendados por la ICNIRP | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|
| | Frecuencia de la red eléctrica europea | Frecuencia de estaciones base de telefonía móvil | | Frecuencia de los hornos de microondas | |
| Frecuencia | 50 Hz | 50 Hz | 900 MHz | 1,8 GHz | 2,45 GHz |
| | Campo eléctrico (V/m) | Campo magnético (μT) | Densidad de potencia (W/m ²) | Densidad de potencia (W/m ²) | Densidad de potencia (W/m ²) |
| Límites de exposición para la población | 5 000 | 100 | 4,5 | 9 | 10 |
| Límites de exposición ocupacionales | 10 000 | 500 | 22,5 | 45 | |

Fuente: ICNIRP, CEM guidelines, Health Physics 74, 494-522 (1998)

Los límites de exposición recomendados de algunos países de la ex Unión Soviética y los de países occidentales pueden llegar a diferenciarse en un factor de más 100. Con la mundialización del comercio y la rápida penetración de las telecomunicaciones en todo el mundo, ha surgido la necesidad de disponer de normas universales. Ahora que muchos países de la ex Unión Soviética están planteándose adoptar normas nuevas, la OMS ha puesto en marcha recientemente una iniciativa para armonizar las directrices sobre exposición a las radiaciones en todo el mundo. Las normas futuras se basarán en los resultados del Proyecto Internacional sobre campos electromagnéticos de la OMS.

¿En que se basan las directrices?

Un aspecto importante que se debe señalar es que un límite recomendado no define de forma exacta el límite entre la seguridad y el peligro. No existe un nivel único por encima del cual la exposición se convierte en peligrosa para la salud; por el contrario, el riesgo potencial para la salud aumenta de forma gradual conforme aumenta el nivel de exposición de las personas. Las directrices marcan un determinado umbral por debajo del cual la exposición a campos electromagnéticos se considera segura, según los conocimientos de la ciencia. No se deduce, sin embargo, de forma automática, que por encima del límite indicado la exposición sea perjudicial.

No obstante, para poder fijar los límites de exposición, los estudios científicos deben identificar el umbral en el que se manifiestan los primeros efectos sobre la salud. Como no pueden hacerse experimentos con seres humanos, las directrices deben basarse en estudios con animales. Frecuentemente, se producen en los animales cambios sutiles de comportamiento a niveles bajos de exposición que preceden a cambios drásticos en la salud con niveles altos. El comportamiento anormal es un indicador muy sensible de la existencia de una respuesta biológica; este comportamiento anormal se ha seleccionado como el mínimo efecto perjudicial para la salud observable. Las directrices recomiendan prevenir la exposición a campos electromagnéticos a niveles en los que se producen cambios de comportamiento perceptibles.



Este umbral de cambios de comportamiento no es igual al límite recomendado, sino que la ICNIRP aplica un factor de seguridad de 10 en el cálculo de los límites de exposición ocupacionales y un factor de 50 para obtener el valor recomendado para la población general. Así, por ejemplo, en los intervalos de frecuencia de radio y microondas, los niveles máximos que probablemente experimentará en el entorno o en el hogar son al menos 50 veces menores que el umbral en el que se manifiestan los primeros cambios de comportamiento en animales.

¿Por qué es el factor de seguridad que se aplica para los límites de exposición ocupacional recomendados es menor que el correspondiente a la población general?

La población expuesta en el trabajo está formada por adultos que generalmente están sometidos a condiciones de campos electromagnéticos conocidas. Estos trabajadores reciben formación sobre los riesgos potenciales y sobre cómo tomar precauciones adecuadas. En cambio, en la población general hay personas de todas las edades y con diversos estados de salud que en muchos casos no saben que están expuestos a CEM. Además, no se puede esperar que todas las personas de la población general tomen precauciones para minimizar o evitar la exposición. Estos son los motivos por los que los límites de exposición para la población general son más estrictos que los límites para la población expuesta por motivos ocupacionales.

Los campos electromagnéticos de frecuencia baja inducen corrientes en el organismo (véase el apartado titulado ¿Qué ocurre cuando nos exponemos a campos electromagnéticos?). Pero también generan corrientes diversas reacciones bioquímicas del propio organismo. Las células o tejidos no podrán detectar ninguna corriente inducida por debajo de este nivel de fondo. En consecuencia, a frecuencias bajas, las directrices aseguran que las corrientes inducidas por los campos electromagnéticos son menores que las corrientes naturales del organismo.

El principal efecto de la energía electromagnética es el calentamiento de los tejidos. En consecuencia, los límites recomendados de exposición a campos de radiofrecuencia y de microondas se establecen con el fin de prevenir los efectos sobre la salud ocasionados por el calentamiento localizado o de todo el organismo (véase el apartado ¿Qué ocurre cuando nos exponemos a campos electromagnéticos?). El cumplimiento de las directrices asegura que los efectos de calentamiento son suficientemente pequeños para que no sean perjudiciales.

Lo que las directrices no pueden contemplar

Las directrices o normas no se pueden establecer actualmente basándose en especulaciones sobre los posibles efectos a largo plazo sobre la salud.

Del conjunto de los resultados de todas las investigaciones no puede deducirse que los campos electromagnéticos produzcan efectos a largo plazo sobre la salud, como el cáncer. Los organismos nacionales e internacionales fijan y actualizan las normas basándose en los conocimientos científicos más avanzados, con el fin de proteger contra los efectos sobre la salud conocidos.

Las directrices se establecen para la población media y no pueden tener en cuenta directamente las necesidades de una minoría de personas potencialmente más sensibles. Por ejemplo, las directrices sobre contaminación atmosférica no se basan en las necesidades especiales de las personas asmáticas. De forma similar, las directrices sobre campos electromagnéticos no están diseñadas para proteger a las personas de las interferencias en los dispositivos electrónicos médicos implantados, como los marcapasos cardíacos. Por el contrario, estas personas deben solicitar a los fabricantes y al médico que ha implantado el dispositivo que les asesore sobre el tipo de exposiciones que deben evitar.



Algunos datos prácticos ayudarán a comprender los valores de las directrices internacionales antes indicados. El siguiente cuadro indica las fuentes más comunes de campos electromagnéticos. Todos los valores son niveles máximos de exposición de la población; usted estará probablemente sometido a una exposición mucho menor. Para un examen más detallado de las intensidades de los campos del entorno de aparatos eléctricos concretos, véase la sección titulada Niveles de exposición típicos en el hogar y en el medio ambiente.

| Fuente | Exposición máxima típica de la población | |
|---|--|----------------------------------|
| | Campo eléctrico (V/m) | Densidad de flujo magnético (μT) |
| Campos naturales | 200 | 70 (campo magnético terrestre) |
| Red eléctrica (en hogares que no están próximos a líneas de conducción eléctrica) | 100 | 0,2 |
| Red eléctrica (bajo líneas principales de conducción eléctrica) | 10 000 | 20 |
| Trenes y tranvías eléctricos | 300 | 50 |
| Pantallas de televisión y computadora (en la posición del usuario) | 10 | 0,7 |
| | Exposición máxima típica de la población (W/m ²) | |
| Transmisores de televisión y radio | 0,1 | |
| Estaciones base de telefonía móvil | 0,1 | |
| Radars | 0,2 | |
| Hornos de microondas | 0,5 | |
| Fuente: Oficina Regional de la OMS para Europa | | |

¿Cómo ponen en práctica las directrices y quién comprueba si se aplican?

Los organismos del gobierno y las autoridades locales tienen la responsabilidad de inspeccionar los campos electromagnéticos en el entorno de las líneas de conducción eléctrica, estaciones base de telefonía móvil o cualquier otra fuente electromagnética de acceso público y de asegurarse de que se cumplen las directrices.

En el caso de los aparatos electrónicos, la responsabilidad de que cumplan los límites establecidos es del fabricante. No obstante, como se ha explicado antes, la naturaleza de la mayoría de los aparatos asegura que las intensidades de los campos que se emiten son muy inferiores a los límites establecidos. Además, muchas organizaciones de consumidores realizan ensayos periódicos. Si tiene algún motivo concreto de preocupación, póngase en contacto directamente con el fabricante o consulte a la autoridad sanitaria de su país.



¿Son perjudiciales los niveles de exposición superiores a los límites recomendados?

Es completamente seguro comer confitura de fresa hasta la fecha de caducidad indicada en el tarro, pero el fabricante no puede garantizar una buena calidad del producto si consume la confitura en una fecha posterior. No obstante, normalmente, la confitura se podría consumir sin riesgo hasta incluso unas semanas o meses después de la fecha de caducidad. De forma similar, las directrices sobre campos electromagnéticos aseguran que, si no se sobrepasa el límite de exposición establecido, no se producirán efectos perjudiciales para la salud. Sobre el nivel que se sabe que produce un efecto sobre la salud, se aplica un factor de seguridad elevado. Por consiguiente, incluso si una persona se viera sometida a intensidades de campos varias veces mayores que el límite establecido, la exposición que experimentaría estaría dentro de este margen de seguridad.

En situaciones cotidianas, la mayoría de las personas no se ven expuestas a campos electromagnéticos superiores a los límites recomendados. Los niveles de exposición típicos son muy inferiores a estos límites. Sin embargo, en ocasiones, una persona puede exponerse, durante un período corto, a niveles que se aproximan o incluso superan los niveles recomendados. Según la ICNIRP, para tener en cuenta los efectos acumulados, la exposición a los campos de frecuencia de radio y de microondas se debe calcular como promedio durante un determinado período; las directrices establecen que dicho período debe ser de seis minutos y se consideran aceptables las exposiciones a corto plazo superiores a los límites.

En cambio, según las directrices, la exposición a campos eléctricos y magnéticos de frecuencia baja no se calcula como promedio en el tiempo. Para complicar aún más el asunto, se incorpora otro factor llamado acoplamiento. El acoplamiento se refiere a la interacción entre los campos eléctricos y magnéticos y el cuerpo expuesto a la radiación; es función del tamaño y forma del cuerpo, el tipo de tejido y la orientación del cuerpo con respecto al campo. Las directrices deben ser conservadoras: la ICNIRP siempre supone un acoplamiento máximo del campo a la persona expuesta.

Por consiguiente, los límites recomendados proporcionan una protección máxima. Por ejemplo, aunque las intensidades del campo magnético de las secadoras de pelo y de las máquinas de afeitar superan aparentemente los valores recomendados, el acoplamiento extremadamente débil entre el campo y la cabeza impide la inducción de corrientes eléctricas que podrían superar los límites recomendados.

Puntos clave

Las directrices de la ICNIRP se basan en los conocimientos científicos actuales. La mayoría de los países se basa en estas directrices internacionales para establecer sus propias normas nacionales.

Las normas sobre campos electromagnéticos de frecuencia baja aseguran que las corrientes eléctricas inducidas están por debajo del nivel normal de las corrientes de fondo en el interior del organismo. Las normas para campos de frecuencia de radio y de microondas impiden los efectos sobre la salud ocasionados por el calentamiento localizado o general del organismo.

Las directrices no protegen contra la posible interferencia con dispositivos médicos electrónicos.

Los niveles de exposición máximos en la vida cotidiana están normalmente muy por debajo de los límites recomendados.



Debido a la aplicación de un factor de seguridad elevado, una exposición superior a los límites recomendados no es necesariamente perjudicial para la salud. Además, la determinación del promedio en el tiempo para campos de frecuencia alta y la hipótesis de un acoplamiento máximo para los campos de frecuencia baja introducen un margen de seguridad adicional

9.4. Medidas de precaución

Con el creciente volumen de resultados de investigación disponibles, cada vez resulta menos probable que la exposición a campos electromagnéticos constituya un peligro para la salud, aunque sigue existiendo cierto grado de incertidumbre. El debate científico inicial, centrado en la interpretación de resultados controvertidos, se ha transformado en una cuestión social y política. El debate público sobre los campos electromagnéticos se centra en los posibles efectos perjudiciales de los campos electromagnéticos, pero con frecuencia no tiene en cuenta las ventajas que proporcionan las tecnologías asociadas a los campos electromagnéticos. Sin electricidad, la sociedad se paralizaría. De forma similar, la difusión de radio y televisión y las telecomunicaciones se han convertido en un hecho cotidiano de la vida moderna. Es fundamental sopesar los costos y los posibles peligros.

Protección de la salud pública

El objeto de las directrices internacionales y normas de seguridad nacionales sobre campos electromagnéticos se han elaborado basándose en los conocimientos científicos actuales con el fin de asegurar que las personas no se exponen a campos que puedan ser perjudiciales para la salud. Para compensar incertidumbres en el conocimiento (ocasionado, por ejemplo, por los errores experimentales, extrapolación de animales hacia los seres humanos, o incertidumbre estadística), los grandes factores de seguridad se incorporan dentro de los límites de la exposición. Las directrices y normas se revisan de forma periódica y se actualizan en caso necesario. Se ha sugerido que, mientras la ciencia mejora su conocimiento de las consecuencias para la salud, puede ser recomendable aumentar las precauciones para enfrentarse a las incertidumbres que aún existen. Sin embargo, el tipo y magnitud de la política de precaución que se adopte dependerá fundamentalmente de si existen resultados sólidos que indiquen la existencia de un riesgo para la salud y de la escala y naturaleza de las posibles consecuencias. La respuesta de precaución debe ser proporcional al riesgo potencial. Para más información, véase el documento informativo de la OMS sobre políticas de precaución (WHO Backgrounder on Cautionary Policies).

Se han desarrollado varias políticas que fomentan la precaución con el fin de abordar las cuestiones de salud y seguridad pública, ocupacional y medioambiental relacionadas con agentes químicos y físicos.

¿Qué se debe hacer mientras continúan las investigaciones?

Uno de los objetivos del Proyecto Internacional CEM es ayudar a las autoridades nacionales a sopesar las ventajas del uso de tecnologías que generan campos electromagnéticos frente a la posibilidad de que se descubra algún riesgo para la salud. Además, la OMS propondrá recomendaciones sobre medidas de protección, si fueran necesarias. La terminación, evaluación y publicación de las investigaciones necesarias llevará varios años. Entretanto, la Organización Mundial de la Salud ha propuesto las siguientes recomendaciones:

Observancia rigurosa de las normas de seguridad nacionales o internacionales existentes. Estas normas, basadas en los conocimientos actuales, se han diseñado para proteger a todas las personas de la población, con un factor de seguridad elevado.



Medidas de protección sencillas. La presencia de barreras en torno a las fuentes de campos electromagnéticos intensos ayudan a impedir el acceso no autorizado a zonas en las que puedan superarse los límites de exposición.

Consulta a las autoridades locales y a la población sobre la ubicación de nuevas líneas de conducción eléctrica o estaciones base de telefonía móvil. Frecuentemente, las decisiones sobre la ubicación de este tipo de instalaciones deben tener en cuenta cuestiones estéticas y de sensibilidad social. La comunicación transparente durante las etapas de planificación de una instalación nueva puede facilitar la comprensión y una mayor aceptación de la sociedad.

Comunicación. Un sistema eficaz de información y comunicación de aspectos relativos a la salud entre los científicos, gobiernos, industria y la sociedad puede ayudar a aumentar el conocimiento general sobre los programas que abordan la exposición a campos electromagnéticos y a reducir posibles desconfianzas y miedos. Para más información, véanse los Boletines Informativos de la OMS sobre Campos Electromagnéticos y Salud Pública

10. ANÁLISIS

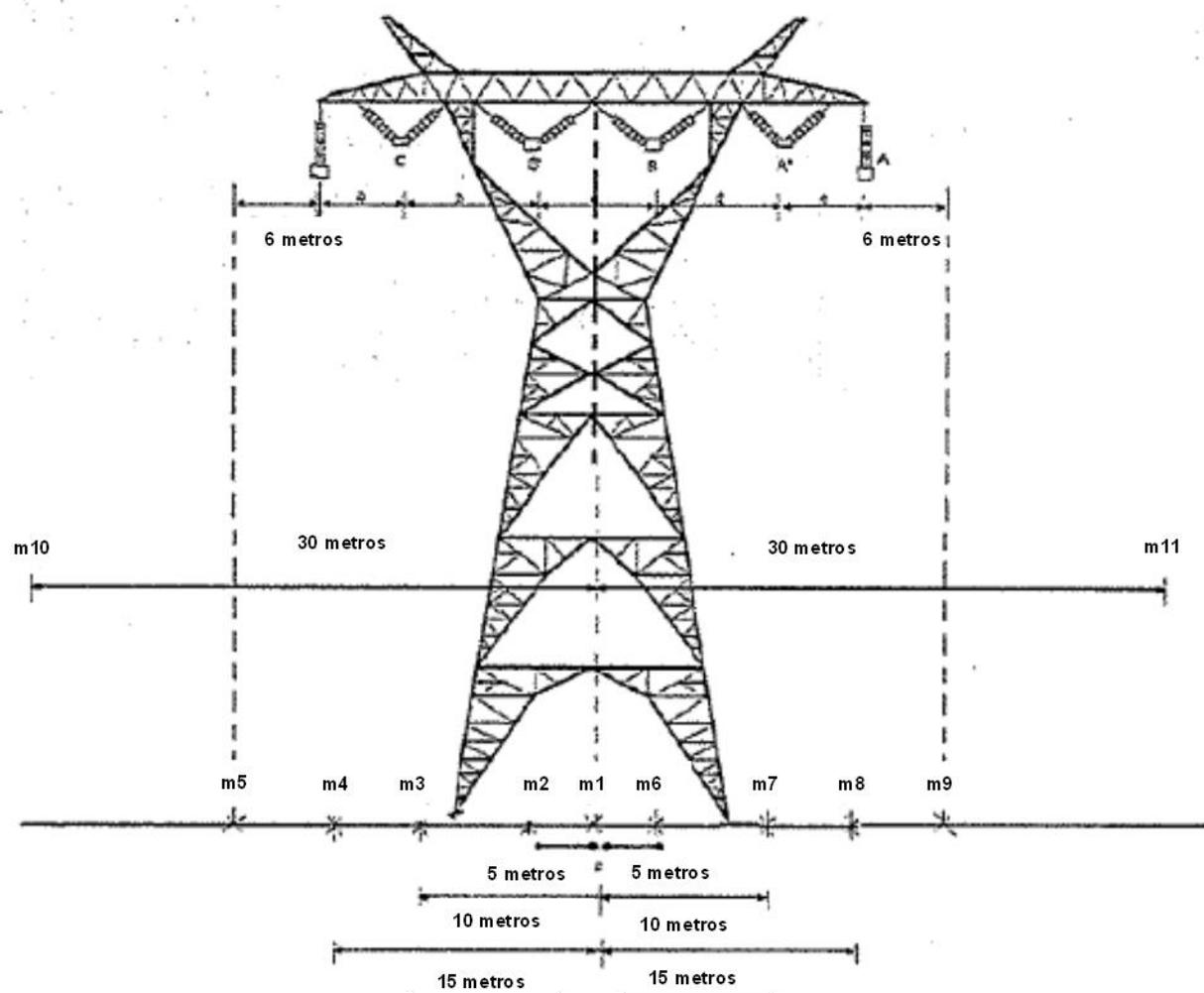


FIGURA 1 ESTRUCTURA TÍPICA DOBLE CIRCUITO HORIZONTAL 230 KV (LÍNEA REFORMA – TUNAL)

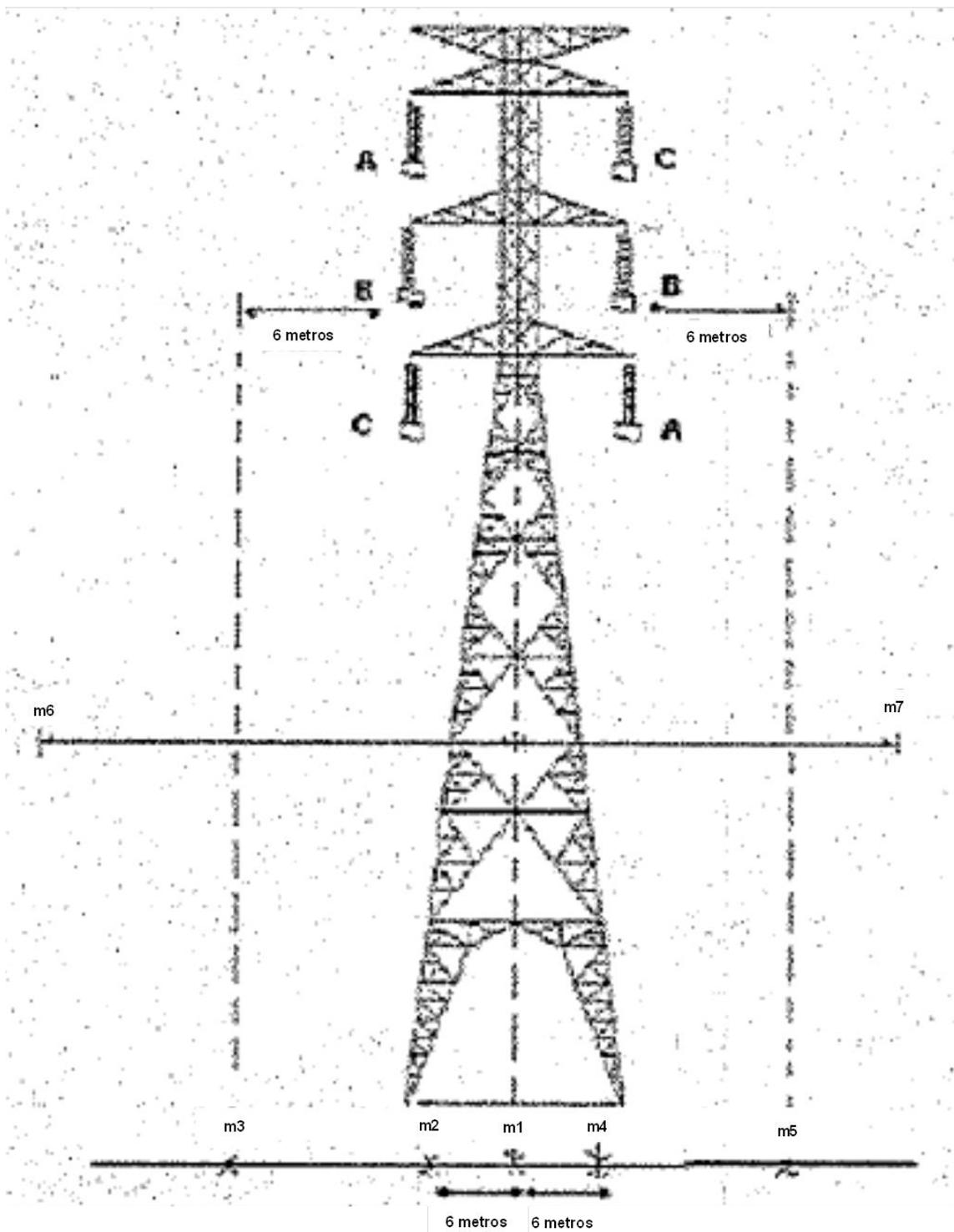


FIGURA 2 ESTRUCTURA TÍPICA LÍNEA DOBLE CIRCUITO VERTICAL (LÍNEAS SAN MATEO – PARAISO, CIRCO – TUNAL Y CIRCO - PARAÍSO)



| Línea Reforma - Tunal, 230 kV, disposición horizontal, doble circuito | | | | | | | | |
|--|--|---|------------|--|---|-------------|--|--------------|
| VALORES MÁXIMOS POSIBLES | | | | VALORES REALES MEDIDOS | | | | |
| CÁLCULO DE CAMPOS MAGNÉTICOS SEGÚN SIMULACIÓN CON SOFTWARE PLSCADD DEL GRUPO ENERGÍA DE BOGOTÁ, CALCULADO PARA LA ESTRUCTURA TÍPICA DE LA LÍNEA: DOBLE CIRCUITO HORIZONTAL, 230 KV | | | | MEDIDA DE CAMPOS MAGNÉTICOS REALIZADA POR EL GRUPO ENERGÍA DE BOGOTÁ | | | | |
| Máximo valor permitido a borde de franja, según RETIE (público general) | Máximo campo magnético, según simulación | Valor del campo magnético para la franja de servidumbre establecida según RETIE | | Máximo campo magnético medido | Valor del campo magnético para la franja de servidumbre establecida según RETIE (32 metros) | | Valor del campo magnético para la franja de servidumbre REAL (60 metros) | |
| 200 μ T | 28,08 μ T | 25 μ T | 22 μ T | 0,91 μ T | 0,55 μ T | 0,9 μ T | 0,40 μ T | 0,78 μ T |
| Porcentaje del valor respecto al máximo permitido | 14,04% | 12,50% | 11,00% | 0,46% | 0,28% | 0,45% | 0,20% | 0,39% |
| Distancia al eje de la línea | 12,5 m | (-16 m) | (+16 m) | 10,0 m | (-16 m) | (+16 m) | (-30 m) | (+30 m) |

TABLA 1 ANÁLISIS CUMPLIMIENTO LÍMITES DE EXPOSICIÓN A CAMPOS MAGNÉTICOS EN LA LÍNEA REFORMA – TUNAL, 230 Kv

Cumplimiento de niveles máximos de exposición a campos magnéticos, línea Reforma - Tunal 230 kv

En la figura 1, se presenta la estructura típica de 230 kV correspondiente a la línea de transmisión de energía Reforma – Tunal, 230 kV y los puntos en los cuales el Grupo Energía Bogotá realiza la medición de los campos eléctrico y magnético.

De acuerdo a lo establecido por el RETIE, El Grupo Energía de Bogotá asegura el cumplimiento de los límites de exposición, mediante el diseño inicial, con el control de las franjas de servidumbre, los cuales para el caso de una línea de 230 kV, son de **32 metros**, sin embargo, dado que la línea Reforma - Tunal fue construida en el año 1992, momento en el cual aún no existía el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE, estas franjas de servidumbre, para una disposición de doble circuito horizontal (ver figura 1), son de **60 metros**, las cuales se basaron en la metodología establecida en “EPRI AC Transmission Line Reference Book 200 kV and Above”.

Como quiera que la franja de servidumbre real (60 metros), es mayor a la mínima servidumbre que establece el RETIE (32 metros), el nivel de exposición a los campos eléctricos y magnéticos, para el público en general, a borde de franja de servidumbre, resulta más bajo que lo esperado, por cuanto los campos electromagnéticos disminuyen a medida que aumenta la distancia del punto del cual se generan.

Así mismo, mediante un software de simulación del campo electromagnético de propiedad del Grupo Energía Bogotá y las mediciones realizadas en algunos casos específicos, se verificaron que los niveles de exposición, a borde de franja de servidumbre (a 30 metros del eje), en ningún caso superan los máximos límites de exposición, obteniendo que, el máximo valor posible del campo eléctrico, para la corriente nominal de la línea, apenas llega a un **12,5 %** del máximo límite de exposición permitido, y el valor máximo medido corresponde a un **0,39 %** (Ver Tabla 1).



Por lo tanto, se concluye que la línea de transmisión Reforma – Tunal, 230 kV, en el Distrito Capital, cumple ampliamente con el máximo nivel de exposición de campos magnéticos, a borde de franja de servidumbre, exigido por el RETIE.

| Línea Reforma - Tunal, 230 kV, disposición horizontal, doble circuito | | | | | | | | |
|--|--|---|----------|--|---|-----------|--|-----------|
| VALORES MÁXIMOS POSIBLES | | | | VALORES REALES MEDIDOS | | | | |
| CÁLCULO DE CAMPOS ELÉCTRICOS SEGÚN SIMULACIÓN CON SOFTWARE PLSCADD DEL GRUPO ENERGÍA DE BOGOTÁ, CALCULADO PARA LA ESTRUCTURA TÍPICA DE LA LÍNEA: DOBLE CIRCUITO HORIZONTAL, 230 KV | | | | MEDIDA DE CAMPOS ELÉCTRICOS REALIZADA POR EL GRUPO ENERGÍA DE BOGOTÁ | | | | |
| Máximo valor permitido a borde de franja, según RETIE (público general) | Máximo campo eléctrico, según simulación | Valor del campo magnético para la franja de servidumbre establecida según RETIE | | Máximo campo eléctrico medido | Valor del campo eléctrico para la franja de servidumbre establecida según RETIE (32 metros) | | Valor del campo eléctrico para la franja de servidumbre REAL (60 metros) | |
| 4,16 kV/m | 3,8 kV/m | 2,8 kV/m | 3,8 kV/m | 0,10 kV/m | 0,06 kV/m | 0,06 kV/m | 0,02 kV/m | 0,02 kV/m |
| Porcentaje del valor respecto al máximo permitido | 91,35% | 67,31% | 91,35% | 1,44% | 1,44% | 1,44% | 0,48% | 0,48% |
| Distancia al eje de la línea | 16,0 m | (-16 m) | (+16 m) | (-10m) | (-16 m) | (+16 m) | (-30 m) | (+30 m) |

TABLA 2 ANÁLISIS CUMPLIMIENTO LÍMITES DE EXPOSICIÓN A CAMPOS ELÉCTRICOS EN LA LÍNEA REFORMA – TUNAL, 230 KV

Cumplimiento de niveles máximos de exposición a campos eléctricos, línea Reforma - Tunal 230 kV

De acuerdo a la simulación realizada por el Software PLSCADD de campos electromagnéticos de propiedad del Grupo Energía Bogotá y las mediciones realizadas en algunos casos específicos, los cuales se registran en la Tabla 2, se encontró:

Se calcularon mediante simulación, los campos eléctricos máximos posibles, para la carga máxima nominal de la línea (1,440 Amperios) a 16 metros del eje de la línea, es decir, a borde de la franja de servidumbre establecido por el RETIE, caso en el cual se obtuvo un máximo nivel de exposición de 3,8 kV/m, que corresponde al **91,35%** del máximo límite de exposición establecido por el RETIE. Si bien éste es un valor cercano al máximo nivel de exposición, debe tenerse en cuenta que el ancho de franja de servidumbre real de esta línea es de 60 metros, caso en el que el campo eléctrico máximo medido a borde de esta franja de servidumbre, corresponde a un **0,48%** del valor máximo permisible.

Los valores de la tabla 2 fueron tomados de la curva generada por el Software, la cual se puede consultar en este documento, en el numeral 9.1 Respuesta del Grupo Energía Bogotá, figura 4 – campo eléctrico vs distancia al eje de la línea.

Como quiera que el software no calculó los campos magnéticos al borde de franja real de esta línea, es decir, a 30 metros a lado y lado del eje de la línea, se realizó una extrapolación de la



curva del campo eléctrico, la cual se presenta en la figura 1 y de la cual se obtiene que el valor del campo eléctrico máximo para el borde de franja de servidumbre real de la línea Reforma – Tunal, 230 kV (franja izquierda del eje de la línea), es de 0,5 kv/m, equivalente al **12%** del máximo valor permitido.

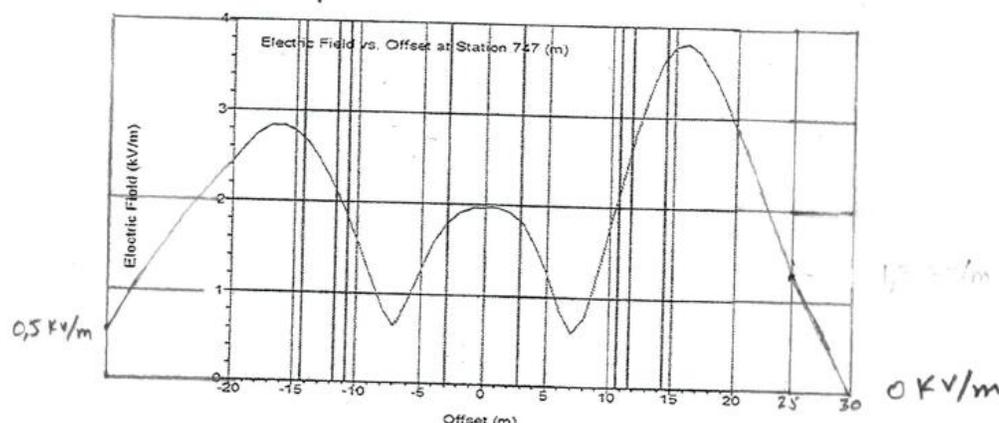


Figura 4 Campo Eléctrico vs distancia al eje de la línea (±20 m.)

FIGURA 3 EXTRAPOLACIÓN VALORES DE CAMPO ELÉCTRICO

Por lo anterior, se demuestra que los niveles de exposición, a borde de franja de servidumbre (a 30 metros del eje), en ningún caso superan los máximos límites de exposición.

Así las cosas, se concluye que la línea de transmisión Reforma – Tunal, 230 kV, en el Distrito Capital, cumple ampliamente con el máximo nivel de exposición de campos eléctricos, a borde de franja de servidumbre, exigido por el RETIE.

| Líneas disposición vertical, doble circuito: San Mateo - Paraíso, 230 kV Circo – Tunal, 230 kV Circo – Paraíso, 230 kV | | | | | | | | |
|--|--|---|---------|--|---|---------|--|---------|
| VALORES MÁXIMOS POSIBLES | | | | VALORES REALES MEDIDOS | | | | |
| CÁLCULO DE CAMPOS MAGNETICOS SEGÚN SIMULACIÓN CON SOFTWARE PLSCADD DEL GRUPO ENERGÍA DE BOGOTÁ, CALCULADO PARA LA ESTRUCTURA TÍPICA DE LA LÍNEA: DOBLE CIRCUITO VERTICAL, 230 KV | | | | MEDIDA DE CAMPOS MAGNETICOS REALIZADA POR EL GRUPO ENERGÍA DE BOGOTÁ | | | | |
| Máximo valor permitido a borde de franja, según RETIE (público general) | Máximo campo magnético, según simulación | Valor del campo magnético para la franja de servidumbre establecida según RETIE | | Máximo campo magnético medido | Valor del campo magnético para la franja de servidumbre establecida según RETIE (32 metros) | | Valor del campo magnético para la franja de servidumbre REAL (40 metros) | |
| 200 µT | 4,77 µT | 3,5 µT | 3,0 µT | 0,42 µT | 0,36 µT | 0,28 µT | 0,32 µT | 0,25 µT |
| Porcentaje del valor respecto al máximo permitido | 2,39% | 1,75% | 1,50% | 0,21% | 0,18% | 0,14% | 0,16% | 0,13% |
| Distancia al eje de la línea | (-2,8 m) | (-16 m) | (+16 m) | 0,0 m | (-16 m) | (+16 m) | (-20 m) | (+20 m) |

TABLA 3 ANÁLISIS CUMPLIMIENTO LÍMITES DE EXPOSICIÓN A CAMPOS MAGNÉTICOS EN LA LÍNEA SAN MATEO - PARAÍSO, 230 kV



| Líneas disposición vertical, doble circuito: San Mateo - Paraíso, 230 kV | | | | | | | | |
|--|--|---|-----------|--|---|----------|--|-----------|
| VALORES MÁXIMOS POSIBLES | | | | VALORES REALES MEDIDOS | | | | |
| CÁLCULO DE CAMPOS ELÉCTRICOS SEGÚN SIMULACIÓN CON SOFTWARE PLSCADD DEL GRUPO ENERGÍA DE BOGOTÁ, CALCULADO PARA LA ESTRUCTURA TÍPICA DE LA LÍNEA: DOBLE CIRCUITO VERTICAL, 230 KV | | | | MEDIDA DE CAMPOS ELÉCTRICOS REALIZADA POR EL GRUPO ENERGÍA DE BOGOTÁ | | | | |
| Máximo valor permitido a borde de franja, según RETIE (público general) | Maximo campo eléctrico, según simulación | Valor del campo magnético para la franja de servidumbre establecida según RETIE | | Máximo campo eléctrico medido | Valor del campo eléctrico para la franja de servidumbre establecida según RETIE (32 metros) | | Valor del campo eléctrico para la franja de servidumbre REAL (40 metros) | |
| 4,16 kV/m | 0,94 kV/m | 0,64 kv/m | 0,64 kv/m | 0,82 kv/m | 0,6 kv/m | 0,3 kv/m | 0,43 kv/m | 0,25 kv/m |
| Porcentaje del valor respecto al máximo permitido | 22,60% | 15,38% | 15,38% | 19,71% | 14,42% | 7,21% | 10,34% | 6,01% |
| Distancia al eje de la línea | (-6,0 m) | (-16 m) | (+16 m) | (-6 m) | (-16 m) | (+16 m) | (-20 m) | (+20 m) |

TABLA 4 ANÁLISIS CUMPLIMIENTO LÍMITES DE EXPOSICIÓN A CAMPOS ELÉCTRICOS EN LA LÍNEA SAN MATÉO – PARAÍSO, 230 kV

| Línea Circo - Tunal, 230 kV, disposición vertical, doble circuito | | | | | | | | |
|--|--|---|---------|--|---|---------|--|---------|
| VALORES MÁXIMOS POSIBLES | | | | VALORES REALES MEDIDOS | | | | |
| CÁLCULO DE CAMPOS MAGNÉTICOS SEGÚN SIMULACIÓN CON SOFTWARE PLSCADD DEL GRUPO ENERGÍA DE BOGOTÁ, CALCULADO PARA LA ESTRUCTURA TÍPICA DE LA LÍNEA: DOBLE CIRCUITO VERTICAL, 230 KV | | | | MEDIDA DE CAMPOS MAGNÉTICOS REALIZADA POR EL GRUPO ENERGÍA DE BOGOTÁ | | | | |
| Máximo valor permitido a borde de franja, según RETIE (público general) | Máximo campo magnético, según simulación | Valor del campo magnético para la franja de servidumbre establecida según RETIE | | Máximo campo magnético | Valor del campo magnético para la franja de servidumbre establecida según RETIE (32 metros) | | Valor del campo magnético para la franja de servidumbre REAL (40 metros) | |
| 200 µT | 4,77 µT | 3,5 µT | 3,0 µT | 0,42 µT | 0,36 µT | 0,28 µT | 0,32 µT | 0,25 µT |
| Porcentaje del valor respecto al máximo permitido | 2,39% | 1,75% | 1,50% | 0,21% | 0,18% | 0,14% | 0,16% | 0,13% |
| Distancia al eje de la línea | (-2,8 m) | (-16 m) | (+16 m) | 0,0 m | (-16 m) | (+16 m) | (-20 m) | (+20 m) |

TABLA 5 ANÁLISIS CUMPLIMIENTO LÍMITES DE EXPOSICIÓN A CAMPOS MAGNÉTICOS EN LA LÍNEA CIRCO – TUNAL, 230 KV



| Línea Circo - Tunal, 230 kV, disposición vertical, doble circuito | | | | | | | | |
|--|--|---|---------------|--|---|--------------|--|--------------|
| VALORES MÁXIMOS POSIBLES | | | | VALORES REALES MEDIDOS | | | | |
| CÁLCULO DE CAMPOS ELÉCTRICOS SEGÚN SIMULACIÓN CON SOFTWARE PLSCADD DEL GRUPO ENERGÍA DE BOGOTÁ, CALCULADO PARA LA ESTRUCTURA TÍPICA DE LA LÍNEA: DOBLE CIRCUITO VERTICAL, 230 KV | | | | MEDIDA DE CAMPOS ELÉCTRICOS REALIZADA POR EL GRUPO ENERGÍA DE BOGOTÁ | | | | |
| Máximo valor permitido a borde de franja, según RETIE (público general) | Máximo campo eléctrico, según simulación | Valor del campo magnético para la franja de servidumbre establecida según RETIE | | Máximo campo eléctrico | Valor del campo eléctrico para la franja de servidumbre establecida según RETIE (32 metros) | | Valor del campo eléctrico para la franja de servidumbre REAL (40 metros) | |
| 4,16 kV/m | 0,94 kV/m | 0,64 kv/m | 0,64 kv/m | 0,82 kv/m | 0,6 kv/m | 0,3 kv/m | 0,43 kv/m | 0,25 kv/m |
| Porcentaje del valor respecto al máximo permitido | 22,60% | 15,38% | 15,38% | 19,71% | 14,42% | 7,21% | 10,34% | 6,01% |
| Distancia al eje de la línea | (-6,0 m) | (-16 m) | (+16 m) | (-6 m) | (-16 m) | (+16 m) | (-30 m) | (+30 m) |

TABLA 6 ANÁLISIS CUMPLIMIENTO LÍMITES DE EXPOSICIÓN A CAMPOS ELÉCTRICOS EN LA LÍNEA CIRCO – TUNAL, 230 KV

| Línea Circo - Paraíso, 230 kV, disposición vertical, doble circuito | | | | | | | | |
|--|--|---|--------------|--|---|--------------|--|--------------|
| VALORES MÁXIMOS POSIBLES | | | | VALORES REALES MEDIDOS | | | | |
| CÁLCULO DE CAMPOS MAGNÉTICOS SEGÚN SIMULACIÓN CON SOFTWARE PLSCADD DEL GRUPO ENERGÍA DE BOGOTÁ, CALCULADO PARA LA ESTRUCTURA TÍPICA DE LA LÍNEA: DOBLE CIRCUITO VERTICAL, 230 KV | | | | MEDIDA DE CAMPOS MAGNÉTICOS REALIZADA POR EL GRUPO ENERGÍA DE BOGOTÁ | | | | |
| Máximo valor permitido a borde de franja, según RETIE (público general) | Máximo campo magnético, según simulación | Valor del campo magnético para la franja de servidumbre establecida según RETIE | | Máximo campo magnético | Valor del campo magnético para la franja de servidumbre establecida según RETIE (32 metros) | | Valor del campo magnético para la franja de servidumbre REAL (40 metros) | |
| 200 µT | 4,77 µT | 3,5 µT | 3,0 µT | 0,42 µT | 0,22 µT | 0,24 µT | 0,16 µT | 0,23 µT |
| Porcentaje del valor respecto al máximo permitido | 2,39% | 1,75% | 1,50% | 0,21% | 0,11% | 0,12% | 0,08% | 0,12% |
| Distancia al eje de la línea | (-2,8 m) | (-16 m) | (+16 m) | 0,0 m | (-16 m) | (+16 m) | (-20 m) | (+20 m) |

TABLA 7 ANÁLISIS CUMPLIMIENTO LÍMITES DE EXPOSICIÓN A CAMPOS MAGNÉTICOS EN LA LÍNEA CIRCO – PARAÍSO, 230 KV



| Línea Circo - Paraíso, 230 kV, disposición vertical, doble circuito | | | | | | | | |
|--|--|---|-----------|--|---|----------|--|-----------|
| VALORES MÁXIMOS POSIBLES | | | | VALORES REALES MEDIDOS | | | | |
| CÁLCULO DE CAMPOS ELÉCTRICOS SEGÚN SIMULACIÓN CON SOFTWARE PLSCADD DEL GRUPO ENERGÍA DE BOGOTÁ, CALCULADO PARA LA ESTRUCTURA TÍPICA DE LA LÍNEA: DOBLE CIRCUITO VERTICAL, 230 KV | | | | MEDIDA DE CAMPOS ELÉCTRICOS REALIZADA POR EL GRUPO ENERGÍA DE BOGOTÁ | | | | |
| Máximo valor permitido a borde de franja, según RETIE (público general) | Máximo campo eléctrico, según simulación | Valor del campo magnético para la franja de servidumbre establecida según RETIE | | Máximo campo eléctrico | Valor del campo magnético para la franja de servidumbre establecida según RETIE (32 metros) | | Valor del campo magnético para la franja de servidumbre REAL (40 metros) | |
| 4,16 kV/m | 0,94 kV/m | 0,64 kv/m | 0,64 kv/m | 0,82 kv/m | 0,6 kv/m | 0,3 kv/m | 0,22 kv/m | 0,08 kv/m |
| Porcentaje del valor respecto al máximo permitido | 22,60% | 15,38% | 15,38% | 19,71% | 14,42% | 7,21% | 5,29% | 1,92% |
| Distancia al eje de la línea | (-6,0 m) | (-16 m) | (+16 m) | (-6 m) | (-16 m) | (+16 m) | (-30 m) | (+30 m) |

TABLA 8 ANÁLISIS CUMPLIMIENTO LÍMITES DE EXPOSICIÓN A CAMPOS ELÉCTRICOS EN LA LÍNEA CIRCO – PARAÍSO, 230 KV

Cumplimiento de niveles máximos de exposición a campos magnéticos, líneas a 230 kV San Mateo - Paraíso, Circo – Tunal y Circo - Paraíso

En la figura 2, se presenta la estructura típica de 230 kV correspondiente a las líneas de transmisión de energía San Mateo - Paraíso, Circo – Tunal y Circo - Paraíso y los puntos en los cuales el Grupo Energía Bogotá realiza la medición de los campos eléctrico y magnético

Los valores de la tablas 3, 5 y 7 fueron tomados de la curva generada por el Software, la cual se puede consultar en este documento, en el numeral 9.1 Respuesta del Grupo Energía Bogotá, figura 5 – campo magnético vs distancia al eje de la línea.

De acuerdo a lo establecido por el RETIE, El Grupo Energía de Bogotá asegura el cumplimiento de los límites de exposición, mediante el diseño inicial, con el control de las franjas de servidumbre, los cuales para el caso de una línea de 230 kV, son de **32 metros**, sin embargo, dado que estas líneas fueron construidas en el año 1983, momento en el cual aún no existía el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE, estas franjas de servidumbre, para una disposición de doble circuito vertical, son de **40 metros**, las cuales se basaron en la metodología establecida en “EPRI AC Transmission Line Reference Book 200 kV and Above”.

Como quiera que la franja de servidumbre real (40 metros), es mayor a la mínima servidumbre que establece el RETIE (32 metros), el nivel de exposición a los campos eléctricos y magnéticos, para el público en general, a borde de franja de servidumbre, resulta más bajo que lo esperado, por cuanto los campos electromagnéticos disminuyen a medida que aumenta la distancia del punto del cual se generan.

Así mismo, mediante un software de simulación del campo electromagnético de propiedad del Grupo Energía Bogotá y las mediciones realizadas en algunos casos específicos, se verificaron



que los niveles de exposición, a borde de franja de servidumbre (a 16 metros del eje), en ningún caso superan los máximos límites de exposición, de manera que, el máximo valor posible del campo magnético, para la corriente nominal de las líneas, apenas llega a un **1,75 %** del máximo límite de exposición permitido, y el valor máximo medido corresponde a un **0,16 %** (Ver Tablas 3, 5 y 7).

Por lo tanto, se concluye que las líneas de transmisión a 230 kV San Matéo - Paraíso, Circo – Tunal y Circo - Paraíso, en el Distrito Capital, cumplen ampliamente con el máximo nivel de exposición de campos magnéticos, a borde de franja de servidumbre, exigido por el RETIE.

Cumplimiento de niveles máximos de exposición a campos eléctricos líneas a 230 kV, San Mateo - Paraíso, Circo – Tunal y Circo - Paraíso

De acuerdo a la simulación realizada por el Software PLSCADD de campos electromagnéticos de propiedad del Grupo Energía Bogotá y las mediciones realizadas en algunos casos específicos, los cuales se registran en la Tabla 4, se encontró:

Se calcularon mediante simulación, los campos eléctricos máximos posibles, para la carga máxima nominal de las líneas (960 Amperios) a 16 metros del eje de las líneas, es decir, a borde de la franja de servidumbre establecido por el RETIE, caso en el cual se obtuvo un máximo nivel de exposición de 0,60 kV/m, que corresponde al **14,42%** del máximo límite de exposición establecido por el RETIE.

Los valores de la tablas 4, 6 y 8 fueron tomados de la curva generada por el Software, la cual se puede consultar en este documento, en el numeral 9.1 Respuesta del Grupo Energía Bogotá, figura 6 – campo eléctrico vs distancia al eje de la línea.

De las mediciones realizadas por el Grupo Energía de Bogotá, a borde de franja de servidumbre (20 metros a cada lado del eje de las líneas), se obtuvo un valor máximo de 0,43 kv/m. equivalente al **10,34%** del máximo límite de exposición establecido por el RETIE.

Por lo anterior, se demuestra que los niveles de exposición, a borde de franja de servidumbre (a 20 metros del eje), en ningún caso superan los máximos límites de exposición.

Así las cosas, se concluye que las líneas de transmisión a 230 kV San Matéo - Paraíso, Circo – Tunal y Circo - Paraíso, en el Distrito Capital, cumplen ampliamente con el máximo nivel de exposición de campos eléctricos, a borde de franja de servidumbre, exigido por el RETIE.



11. CONCLUSIONES

11.1. Cumplimiento de los máximos valores permisibles de campos eléctricos y magnéticos.

El Grupo Energía Bogotá es propietario y operador de líneas de transmisión de energía eléctrica, las cuales recorren parte del territorio del Distrito Capital.

Estas líneas son: Tunal – Reforma, Tunal – San Mateo, Circo – Tunal y Circo Paraiso, la primera, construida en 1992 y las demás en 1983.

Las líneas de transmisión de energía generan campos eléctricos y magnéticos, cuya regulación está establecida en Colombia, a través del Reglamento técnico de Instalaciones Eléctricas, RETIE, expedido por el Ministerio de Minas y Energía, el cual entró en vigencia desde el 7 de abril del 2004.

Los requisitos exigidos por el RETIE, en cuanto al cumplimiento de los máximos niveles de exposición a los campos eléctricos y magnéticos, a borde de franja de servidumbre, así como de los anchos de franja de servidumbre, difieren un poco de las condiciones reales de las líneas de transmisión, debido a que las líneas de transmisión se construyeron muchos años antes de la entrada en vigencia del RETIE. Se evidenció que los anchos de las franjas de servidumbre reales, las cuales inciden en el cumplimiento de los máximos niveles de exposición de los campos electromagnéticos, son mayores a los exigidos por el RETIE, situación que opera en beneficio de la ciudadanía y de los vecinos de las líneas de transmisión, los cuales estarán expuestos a menores niveles de exposición de campos electromagnéticos, siempre y cuando se respeten las zonas de servidumbre.

De acuerdo a la información suministrada por el Grupo Energía Bogotá, en los próximos veinte (20) años no están previstas modificaciones en la infraestructura eléctrica de transmisión en el Distrito Capital, situación que en su momento ameritará realizar nuevas mediciones y simulaciones de cálculo de campos electromagnéticos.

El Grupo Energía Bogotá garantiza el cumplimiento de los máximos niveles de exposición a campos electromagnéticos, mediante el diseño de las líneas de transmisión, en el cual se realiza una simulación inicial mediante software que calcula los valores de los campos electromagnéticos en diferentes puntos de la franja de servidumbre y en algunos casos, se realizan mediciones.

De acuerdo a los diseños de las líneas de transmisión del Grupo Energía de Bogotá, las simulaciones realizadas por el software de cálculo de campos electromagnéticos de las líneas de transmisión en el Distrito Capital y las mediciones realizadas, se evidenció que se cumple ampliamente con los máximos niveles de exposición a los campos eléctricos y magnéticos establecidos por el RETIE.

11.2. Eficacia del proceso de gestión de campos electromagnéticos

En aplicación del principio de precaución, entendido como la adopción de medidas preventivas ante las presuntas incidencias que los campos eléctricos y magnéticos de baja frecuencia puedan tener hacia la salud y vida de las personas, pero sin que se cuente todavía con una prueba científica definitiva de tal riesgo, el Grupo Energía de Bogotá no solo cumple la normatividad establecida por el RETIE, en relación a los máximos límites de exposición a los campos eléctricos y magnéticos, a borde de franja de servidumbre, sino que también mantiene las franjas de servidumbre reales, que son mayores a las requeridas por la regulación nacional, las cuales garantizan aún menores niveles de exposición a campos electromagnéticos a los exigidos por el RETIE.



Por lo tanto, se concluye que el proceso de gestión de campos electromagnéticos realizado por el Grupo Energía Bogotá cumple con la normatividad legal vigente y aplica correctamente el principio de precaución que busca amparar el derecho fundamental a la salud y vida de las personas.

11.3. Presuntas incidencias en la salud de las personas por exposición a campos eléctricos y magnéticos de muy baja frecuencia

La Organización Mundial de la Salud, concluye de manera clara acerca de las últimas investigaciones, tal como se describen en su página web:

“...En respuesta a la creciente preocupación de la sociedad por los posibles efectos sobre la salud de la exposición a un número y variedad creciente de fuentes de campos electromagnéticos, la Organización Mundial de la Salud (OMS) inició en 1996 un gran proyecto de investigación multidisciplinar. El Proyecto Internacional sobre campos electromagnéticos o “Proyecto Internacional CEM” reúne los conocimientos y recursos disponibles actuales de organismos e instituciones científicas claves internacionales y nacionales...”

“...A pesar de los numerosos estudios realizados, la existencia o no de efectos cancerígenos es muy controvertida. En cualquier caso, es evidente que si los campos electromagnéticos realmente producen algún efecto de aumento de riesgo de cáncer, el efecto será extremadamente pequeño. Los resultados obtenidos hasta la fecha presentan numerosas contradicciones, pero no se han encontrado incrementos grandes del riesgo de ningún tipo de cáncer, ni en niños ni en adultos...”

“...Algunos estudios epidemiológicos sugieren que existen pequeños incrementos del riesgo de leucemia infantil asociados a la exposición a campos magnéticos de baja frecuencia en el hogar. Sin embargo, los científicos no han deducido en general de estos resultados la existencia de una relación causa-efecto entre la exposición a los campos electromagnéticos y la enfermedad, sino que se ha planteado la presencia en los estudios de efectos artificiosos o no relacionados con la exposición a campos electromagnéticos. Esta conclusión se ha alcanzado, en parte, porque los estudios con animales y de laboratorio no demuestran que existan efectos reproducibles coherentes con la hipótesis de que los campos electromagnéticos causen o fomenten el cáncer. Se están realizando actualmente estudios de gran escala en varios países que podrían ayudar a esclarecer estas cuestiones...”

“...En resumen, se concluye que hasta la fecha, no se han confirmado efectos adversos para la salud debidos a la exposición a largo plazo a campos de baja intensidad de frecuencia de radio o de frecuencia de red, pero los científicos continúan investigando activamente en este terreno...”



12. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar actividades de seguimiento encaminadas a observar las siguientes recomendaciones emitidas por la Organización Mundial de la Salud:

“...Uno de los objetivos del Proyecto Internacional CEM es ayudar a las autoridades nacionales a sopesar las ventajas del uso de tecnologías que generan campos electromagnéticos frente a la posibilidad de que se descubra algún riesgo para la salud. Además, la OMS propondrá recomendaciones sobre medidas de protección, si fueran necesarias. La terminación, evaluación y publicación de las investigaciones necesarias llevará varios años. Entretanto, la Organización Mundial de la Salud ha propuesto las siguientes recomendaciones:...”

“...Observancia rigurosa de las normas de seguridad nacionales o internacionales existentes. Estas normas, basadas en los conocimientos actuales, se han diseñado para proteger a todas las personas de la población, con un factor de seguridad elevado.

***Medidas de protección sencillas.** La presencia de barreras en torno a las fuentes de campos electromagnéticos intensos ayudan a impedir el acceso no autorizado a zonas en las que puedan superarse los límites de exposición.*

***Consulta a las autoridades locales y a la población sobre la ubicación de nuevas líneas de conducción eléctrica o estaciones base de telefonía móvil.** Frecuentemente, las decisiones sobre la ubicación de este tipo de instalaciones deben tener en cuenta cuestiones estéticas y de sensibilidad social. La comunicación transparente durante las etapas de planificación de una instalación nueva puede facilitar la comprensión y una mayor aceptación de la sociedad.*

***Comunicación.** Un sistema eficaz de información y comunicación de aspectos relativos a la salud entre los científicos, gobiernos, industria y la sociedad puede ayudar a aumentar el conocimiento general sobre los programas que abordan la exposición a campos electromagnéticos y a reducir posibles desconfianzas y miedos.*

Para más información, véanse los Boletines Informativos de la OMS sobre Campos Electromagnéticos y Salud Pública...”

Así las cosas, con el fin de seguir las anteriores recomendaciones, se recomienda:

12.1.1. Realización de mesas de trabajo con las comunidades cercanas a Subestaciones y líneas de transmisión de energía, la Personería de Bogotá y el Grupo Energía de Bogotá

Se recomienda Implementar actividades de socialización con algunas comunidades, con el fin de presentar el resultado de este informe, así como exponer los presuntos riesgos para la salud, en caso de no respetar las zonas de servidumbre.

Esta actividad es especialmente importante en aquellos sitios que puedan detectarse de incumplimiento de zonas de servidumbre por parte de algunos ciudadanos, información que debe recopilarse del Grupo Energía de Bogotá.

Es importante tener en cuenta que se evidenció la falta de conocimiento de algunos sectores de la población del Distrito Capital, por invasión de las zonas de servidumbre de las líneas de transmisión de energía.

12.1.2. Traslado al Ministerio de Minas y Energía y solicitud de revisión del RETIE para dar observancia a las recomendaciones de la OMS



Se recomienda dar traslado al ministerio de Minas y Energía, solicitando la observancia de las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud, las cuales deben regularse mediante una modificación del articulado del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas, RETIE. Se requiere que el Ministerio de Minas y Energía revise la pertinencia de regular las siguientes recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud:

“...Observancia rigurosa de las normas de seguridad nacionales o internacionales existentes. Estas normas, basadas en los conocimientos actuales, se han diseñado para proteger a todas las personas de la población, con un factor de seguridad elevado...”

Se requiere, que específicamente se revise, porqué el RETIE establece como máximo límite de exposición a campos magnéticos, para público general, un valor de 200 microteslas, el cual resulta superior al establecido por el ICNIRP en 100 microteslas

“...Medidas de protección sencillas. La presencia de barreras en torno a las fuentes de campos electromagnéticos intensos ayudan a impedir el acceso no autorizado a zonas en las que puedan superarse los límites de exposición...”

12.1.3. Seguimiento bianual de las investigaciones del Proyecto Internacional CEM de la Organización Mundial de la Salud

Se recomienda que la Personería de Bogotá revise periódicamente los últimos avances en las investigaciones resultantes del proyecto Internacional CEM y de las regulaciones internacionales del ICNIRP y otros organismos, con el fin de poder tomar de manera oportuna las decisiones tendientes a amparar el derecho fundamental a la salud y vida de las personas en el Distrito Capital.