



# Resumen de la Evaluación de las Exposiciones Escolares

Este documento resume el Informe sobre el Estudio de la Evaluación de las Exposiciones Escolares titulado *Electric and Magnetic Field Exposure Assessment of Powerline and Non-Powerline Sources for California Public School Environments*.<sup>1</sup>

## El Estudio de la Evaluación de las Exposiciones Escolares

Ha habido mucha preocupación sobre el posible riesgo a la salud asociado con la exposición a los campos eléctricos y magnéticos (EMFs), especialmente en lo que se refiere a los posibles riesgos que puedan correr los niños. Consecuentemente, en 1996, el Programa EMF de California contrató a Enertech Consultants para que realizaran el Estudio de la Evaluación de las Exposiciones (*School Exposure Assessment Survey*), que consistió en un estudio de tres años de los niveles de los campos magnéticos en las escuelas públicas de California.

Los objetivos principales del estudio fueron:

- determinar los niveles de campos eléctricos y magnéticos (EMFs) en las escuelas públicas de California
- evaluar los costos de reducir la exposición a los campos eléctricos y magnéticos en las escuelas públicas de California
- usar la información y los datos del proyecto para informar sobre la política con respecto a los niveles y fuentes de campos eléctricos y magnéticos en las escuelas

## Lo que se midió

Aunque se midieron diversos aspectos de los campos eléctricos y magnéticos (EMFs) para los fines del estudio, la mayor parte de los esfuerzos se invirtieron en caracterizar campos magnéticos de 60 Hz (frecuencia de la red eléctrica), ya que estos campos son los que tienen más evidencia de constituir un riesgo potencial a la salud. Los gastos de reducir los campos magnéticos ("MF" por "magnetic fields") se analizaron sólo con respecto a reducir los campos magnéticos de 60 Hz producidos por "fuentes del área" (tales como líneas del tendido eléctrico, cables del suministro de electricidad a las escuelas, calentadores y transformadores eléctricos). Los campos magnéticos causados por fuentes puntuales o "de operador" (como un sacapuntas eléctrico o un monitor de computadora) no produjeron campos lo suficientemente intensos como para justificar el análisis de la reducción de costos. Los otros aspectos de los campos eléctricos y magnéticos examinados fueron las armónicas de los campos magnéticos de 60 Hz, los campos magnéticos producidos por corriente directa, también llamados estables (incluyendo campos geomagnéticos),<sup>2</sup> transitorios,<sup>3</sup> y los campos eléctricos de la frecuencia de red.

## Selección de la escuela

Para obtener datos, se estudiaron 89 escuelas públicas de California. Estas 89 escuelas se seleccionaron como resultado de una compleja estrategia de muestreo desarrollada para asegurar resultados estadísticamente estables, que pudieran representar con estimaciones de exposiciones a campos magnéticos (MFs) realizadas en muestras a toda la población de escuelas públicas de California. Fue importante no realizar un estudio totalmente aleatorio, ya que esto podría haber subrepresentado el número estadísticamente más pequeño de escuelas ubicadas cerca de líneas del tendido eléctrico de alto voltaje. Consecuentemente, de las 89 escuelas seleccionadas, 25 estaban cerca de líneas de transmisión y 50 cerca de líneas de distribución trifásicas. Por último, se realizaron mediciones en 5,403 áreas escolares, 3,193 de las cuales fueron aulas.

Una vez seleccionadas, a las escuelas se les envió un paquete de información para ayudarlas a decidir si iban a participar en el estudio. El paquete incluía documentos que explicaban por qué y para quién se le



Gray Davis  
Governor  
State of California

Grantland Johnson  
Secretary  
Health and Human Services Agency

Diana M. Bontá, R.N., Dr.P.H.  
Director  
Department of Health Services

un proyecto del Departamento de Salud de California y del Instituir de Salud Pública  
**Programa para Campos Electricos y Magnéticos de California**

pedía a la escuela que permitiera realizar mediciones, así como una videocinta que demostraba cómo se hacían éstas. También se organizaron reuniones en las escuelas.

### El Protocolo de Medición

Se realizaron mediciones en el transcurso de dos días durante el horario regular de clases. Se desarrolló un protocolo para asegurar que las mediciones se llevaran a cabo de tal manera que causara los menos estorbos que fuera posible, y que al mismo tiempo asegurara que se tomaran mediciones detalladas, completas y de calidad en todas las escuelas. El protocolo incluyó lo siguiente:<sup>4</sup>

- Mediciones sistemáticas de campos magnéticos en un número grande de puntos en cada área escolar. Las mediciones se realizaron a una altura de cerca de 1 metro (cerca de 3'4 ") del piso.
- las mediciones del campo magnético por 24 horas en lugares interiores seleccionados, incluyendo cinco aulas
- identificación de hasta tres "fuentes de área" que producían los campos magnéticos en cada área
- identificación y mediciones de todas las "fuentes de operador" en cada área
- mediciones del perfil lateral del campo magnético de todas las líneas del tendido eléctrico adyacentes a la escuela
- bocetos y fotos de las líneas y sus enchufes conductores
- mediciones del campo eléctrico máximo exterior, generalmente cerca de líneas aéreas del tendido eléctrico, y en cinco aulas
- mediciones de la corriente directa (CD), corriente alterna (CA) de 60 Hz, y los campos magnéticos armónicos en el centro de todas las aulas
- documentación (bocetos, fotos, mediciones especiales) de las fuentes de área identificadas en el transcurso del estudio

Después de que se realizaran las mediciones, a los distritos escolares que participaron se les envió un informe de sus mediciones, que incluyó estadísticas generales de la escuela, estadísticas específicas del área, identificación de fuentes de campos eléctricos y magnéticos (EMFs), y las posibles estrategias para reducir la exposición.

### La Base de Datos del Estudio sobre los Campos Eléctricos y Magnéticos (EMFs) en las Escuelas Públicas de California

Los datos recopilados en el estudio se ingresaron en la "Base de Datos del Estudio sobre los Campos Eléctricos y Magnéticos (EMFs) en las Escuelas Públicas de California," la cual consta de numerosas tablas, incluyendo:

- Una tabla que describe la información general acerca de cada escuela
- Tabla de "Pesos" que describe el peso que se debe aplicar a cada escuela estudiada cuando se usen los datos para obtener estimaciones aplicables a la población de las escuelas públicas de California (el peso significa cuántas escuelas públicas californianas cada escuela estudiada representa)
- "Campo Eléctrico" y "Código del Tendido Eléctrico" <sup>5</sup> tablas de información específicas para el cada escuela
- una tabla que contiene datos para cada área de escuela y fuente de campo magnético examinadas
- tablas que describen diversos tipos de campos en las distintas áreas donde se hicieron mediciones (por ejemplo, la distribución espacial, las variaciones temporales, corriente directa y las armónicas, conteo de transitorios, fuentes de operador)
- las tablas que describen características de fuentes de área (o sea, las características de las líneas del tendido eléctrico, corrientes netas, paneles eléctricos, luces fluorescentes, transformadores eléctricos, equipos de oficina, cables eléctricos, cañerías)

### Limitaciones de la Base de Datos

- las estimaciones de los costos se expresan en dólares de 1997
- el programa computarizado permite algunas opciones propuestas que, aunque son prácticas, tal vez no sean ampliamente aceptadas, no se ciñen a las prácticas de las compañías eléctricas o no se permiten según las reglas de la California Public Utilities Commission (CPUC)
- los niveles objetivo usados para obtener resultados no indican recomendaciones de los niveles deseables de campo
- el costo de reacondicionar las líneas del tendido eléctrico o

**Tabla 1: Número de Áreas Escolares con Campos Magnéticos que Exceden los Valores Dados**  
(total de 456,519 áreas estimadas)

Campo promedio	% de Áreas	Número de Áreas	I.C. de 95%
1 mG	20.1	91,600	77,700-108,000
2 mG	6.9	31,500	24,700-40,100
5 mG	1.1	4,900	2,900-8,400
10 mG	0.15	680	260-1,800

**Tabla 2: Número de Aulas con Campos Magnéticos que Exceden los Valores Dados**  
(total de 268,256 aulas estimadas)

Campo promedio	% de Aulas	Número de Aulas	I.C. de 95%
0.5 mG	39.4%	105,700	92,200-122,000
1 mG	16.9%	45,300	36,000-57,000
2 mG	5.7%	15,300	11,300-20,000
5 mG	0.63%	1,700	700-4,200

**Tabla 3: Número de Aulas en las que Diferentes Fuentes Causan un Campo Magnético Promedio Mayor que el Valor Dado**  
(total de 268,300 aulas estimadas)

Fuente de Campo	>0.5 mG	>1 mG	>2 mG	>5 mG
Corriente neta	64,000	32,000	11,000	1,450
Línea de distribución	11,700	3,550	1,300	0
Línea de transmisión	2,300	1,100	140	115
Panel eléctrico	6,800	1,300	500	120
Equipos de oficina	5,500	2,600	100	0
Cable eléctrico	1,950	720	410	8
Transformador eléctrico	1,700	680	120	0
Corriente en tubería	150	0	0	0
Luces fluorescentes	11,800	380	0	0
Acondicionadores de aire	530	0	0	0

las fuentes escolares internas se desarrolló de acuerdo con la mejor opinión profesional de asesores experimentados. Sin embargo, el programa también permite al usuario modificar los gastos si está en desacuerdo con las opiniones de los asesores.

### Resultados Significativos de las Mediciones de los Campos Magnéticos

De hecho se realizaron mediciones en sólo 5,403 áreas escolares. Sin embargo, con los datos de esas áreas, se estimaron las mediciones para las áreas escolares todo el estado de California. Los resultados significativos del estudio aparecen en las siguientes tablas.

En la Tabla 1 se ve que casi el 80% de las áreas escolares tuvo un campo magnético promedio de menos de 1 mG. Inversamente, esto significa que aproximadamente el 20% de las áreas escolares estimadas en California tenían campos magnéticos promedio de más de 1 mG. Estos datos tienen un intervalo de confianza (I.C.) del 95%, lo cual implica que el porcentaje estimado de áreas con mediciones de más de 1 mG sea del 17% al 23.6% (de 77,700 a 108,000 áreas). La Tabla 1 también revela que sólo un 1.10% de las áreas escolares tenía campos magnéticos promedio de más de 5 mG. La Tabla 2 revela el número de aulas con campos magnéticos que exceden los valores dados. En general, el 49% de todas las escuelas medidas tuvieron por lo menos un aula con un campo magnético de más de 2 mG, un nivel más elevado que

el promedio. Así es que, si se llegara a determinar que la exposición a campos magnéticos más elevados que el promedio plantea riesgos a la salud, casi la mitad de todas las escuelas públicas de California van a tener que enfrentar la problemática de reducir los niveles de los campos magnéticos en las aulas.

El estudio sobre los campos eléctricos y magnéticos (EMFs) también abarcó la identificación y caracterización de las fuentes de campos magnéticos. Esta información revela la intensidad del campo magnético que cada fuente, actuando por sí sola, produciría en cada área en particular. En la Tabla 3 aparecen el número estimado de aulas en las cuales diversas fuentes causan un campo magnético promedio más elevado que el valor dado. Por ejemplo, de 268,300 aulas estimadas, las corrientes netas produjeron campos de más de 0.5 mG en 64,000 aulas. Las corrientes netas produjeron campos de más de 5 mG en 1,450 aulas. Los acondicionadores de aire, por otra parte, produjeron campos de más de 0.5 mG en sólo 530 de las 268,300 aulas estimadas, y no produjeron campos de más de 5 mG en ninguna de las aulas estudiadas.

### Otras Mediciones de Campo

Los campos eléctricos se midieron en áreas exteriores e interiores. Estas mediciones revelaron que el campo eléctrico externo más elevado que se midiera en el 50% de las escuelas fue de menos de 7.5 V/m. El campo más elevado que se midiera sobrepasó 56

V/m en **sólo** el 5% de las escuelas. Los campos eléctricos entre 1.3 V/m y 100 V/m fueron producidos bien por líneas de transmisión o de distribución. Los campos eléctricos de más de 100 V/m fueron causados por líneas de transmisión. El campo más elevado que se midió fue de 1,000 V/m.

Los campos eléctricos interiores no excedieron 0.5 V/m en el 50% de las aulas y excedieron 4 V/m en sólo el 5% de las aulas. Los campos de más de 2 V/m fueron el resultado de estar cerca de luces fluorescentes. Una excepción fue un caso en el cual un campo eléctrico de 3.5 V/m fue ocasionado por una línea de transmisión localizada cerca del aula. El campo eléctrico interior más elevado que se midiera fue de 15 V/m. Para dar una perspectiva, los campos eléctricos bajo una línea de transmisión fuerte de 500 kV producen campos eléctricos de aproximadamente 800-12,000 V/m cuando se les mide en la superficie del cuerpo. Los efectos electrodomésticos comunes, como una tostadora que se use a una distancia cercana típica, producen campos en la superficie del cuerpo de aproximadamente 5-80 V/m.<sup>6</sup> También hay que tener en mente que los campos eléctricos disminuyen rápidamente con la distancia y que son fácilmente escudados por objetos, ya sea sean árboles o paredes.

El campo geomagnético (el campo magnético natural de CD de la Tierra) se midió en áreas exteriores y en todas las aulas estudiadas.

El estudio reveló que los campos magnéticos de CD que se midieron dentro de las aulas fueron sólo ligeramente más bajos que el campo geomagnético que se midió en el área exterior, debiéndose lo más probablemente la diferencia a la distorsión del campo de la tierra producida por el metal del edificio.

### **Programa Computarizado para Calcular el Costo de Reducir los Campos Eléctricos y Magnéticos en las Escuelas de California**

Un resultado de la Evaluación de las Exposiciones Escolares fue la creación de un programa computarizado para ayudar a evaluar el costo de reducir los campos magnéticos en las escuelas públicas de California, así como la reducción de campos que se podría lograr a cierto costo determinado.

El programa computarizado es muy extenso, y se compone de:<sup>7</sup>

- La Base de Datos del Estudio sobre los Campos Eléctricos y Magnéticos en las Escuelas Públicas de California
- una lista de técnicas de reducción de campos magnéticos que se pueden aplicar a todas las fuentes de área y los algoritmos para el cálculo de la reducción de campos asociados con cada técnica
- ecuaciones de costos y tablas de coeficiente de costos aplicables a cada técnica de reducción de campos
- desglose de estimaciones de costos por escuela. Esto es útil en el análisis de la asociación entre el costo y las

características de la escuela

- desglose de estimaciones de costos por tipo de fuente de campo magnético (por ejemplo, líneas de transmisión, luces fluorescentes) y técnica de reducción de campos
- la reducción general en exposición a campos magnéticos en las escuelas públicas de California que se puede obtener modificando un tipo dado de fuente a un costo determinado

Para calcular lo que cuesta la reducción de los campos magnéticos, el nivel de campo que se desea se tiene que ingresar en la base de datos. Sin embargo, en estos momentos, se desconoce qué constituye un nivel deseable de campo magnético. El usuario del programa puede ingresar su propio valor de campo objetivo en el programa, que puede ser incluso tan bajo como 0.5 mG (por debajo del cual no se pueden identificar las fuentes de campo en este estudio). El programa le da entonces al usuario el costo estimado de reducir los campos al valor objetivo ingresado.

### **Cifras y Tablas de los Costos de Reducción de Campos**

La Evaluación de las Exposiciones Escolares contiene numerosas cifras y tablas que revelan las estimaciones de los posibles costos que conllevaría reducir los campos magnéticos. Estas cifras se han utilizado en *Rationales for Statewide Policies Addressing Magnetic Fields in Public Schools*.<sup>8</sup> Sirvase buscar en ese el documento las estimaciones actualizadas de costos para todo el estado de California.

### **Técnicas Eficientes de Reducción**

El programa computarizado también fue diseñado para determinar cuánta reducción de campo se podría lograr a determinado costo. Esta información es más útil cuando los recursos financieros son limitados.

Además, el Programa compara los costos de reducir las exposiciones a los campos magnéticos (MFs) provenientes de diferentes fuentes. Estas comparaciones demuestran que el método más eficiente de reducir los campos magnéticos es eliminar las corrientes netas<sup>9</sup>, ya que las corrientes netas en los conductos eléctricos (que se encuentran en el alambreado interno de las escuelas) son la fuente más común de campos magnéticos excepcionalmente elevados. De hecho, la mayor parte del costo de modificar las corrientes netas se debe al costo de horas de electricista ya que el costo de los materiales que hacen falta es comparativamente insignificante.<sup>10</sup> Modificar las líneas de distribución es el segundo método en orden de eficiencia para reducir la exposición a los campos magnéticos en las aulas. El modificar las fuentes internas de la escuela es mucho más costoso que modificar las líneas del tendido eléctrico. Para obtener una lista de técnicas "que no cuestan nada o a bajo costo" para reducir campos magnéticos (MFs), vea la *EMF Checklist for School Building and Grounds Construction* (también disponible en nuestro sitio Web).<sup>11</sup>

## Apéndices

El Reporte del Proyecto contiene los siguientes apéndices: Material de Reclutamiento de Escuelas; Tablas para la Selección de Escuelas; Ejemplos de Hojas de Datos de Carpetas de Medición de Muestras; Distribución Espacial de Fuentes Consideradas Individualmente; Distribuciones Espacio-Temporales de Campos; Bocetos de Configuración de Líneas; Lista de Números Aleatorios para la Selección de Escuelas para el Estudio de los Campos E; Hoja Informativa sobre como interpretar las mediciones escolares de campos eléctricos y magnéticos (EMFs).

<sup>1</sup> "Electric and Magnetic Field Exposure Assessment of Powerline and Non-Powerline Sources for California Public School Environments." California EMF Program and Enertech Consultants. (January 2000).

<sup>2</sup> Geomagnetic fields are the steady magnetic fields caused by the earth. We detect these fields when using a magnetic compass.

<sup>3</sup> Transients are sudden changes in magnetic fields.

<sup>4</sup> Ibid., S-3.

<sup>5</sup> The wire code is a method to classify homes (in this case classrooms) according to the type and distance of nearby powerlines.

<sup>6</sup> "Fields From Electric Power." Department of Engineering and Public Policy, Carnegie Mellon University. (1995): 5.

<sup>7</sup> "Electric and Magnetic Field Exposure Assessment of Powerline and Non-Powerline Sources for California Public School Environments." California EMF Program and Enertech Consultants. (January 2000): S-11.

<sup>8</sup> "Rationales for Statewide Policies Addressing Magnetic Fields in Public Schools." California EMF Program, Brock Bernstein and H. Keith Florig. (2001).

<sup>9</sup> Net currents occur as a result of improperly connected wiring. They could potentially pose a fire and shock hazard.

<sup>10</sup> EMF consultant Karl Riley, in cooperation with the California EMF Program and Southern California Edison, created a video on how to fix net currents in school buildings.

<sup>11</sup> "EMF Checklist for School Buildings and Ground Construction." California EMF Program and Brooks Cavin, III. (1996).