

Concentración del campo magnético en las cercanías a líneas de transmisión y subestaciones de transformación de energía eléctrica en la provincia de Trujillo – Perú 2007

Magnetic concentration near to the power transmission lines and electric stations of electric energy transformation in Trujillo –Peru 2007.

Elida Huamanlazo-Barríos¹, Ana M. Guerrero-Padilla²

RESUMEN

En la presente investigación se ha monitoreado la concentración del campo magnético (B) producido en las cercanías de las líneas de transmisión y subestaciones de transformación de la energía eléctrica de la empresa Empresa Concesionaria del Servicio Público de Electricidad Electronorte Medio SA – Hidrandina SA de la provincia de Trujillo – Perú 2007. Para la toma de datos se utilizó un Detector de Radiaciones Electro Magnética estándar, monitoreándose sectores donde existen transgresión de la franja de servidumbre y vulneración de las distancias de seguridad de las líneas de transmisión por parte de las viviendas y edificaciones. En las subestaciones de transformación se monitoreó zonas donde el personal operativo de la Empresa realiza sus labores. Los resultados demuestran que aproximadamente el 88% de los valores encontrados de la concentración de campo magnético en las instalaciones eléctricas, se encuentran por encima de los umbrales preventivos considerados por los organismos internacionales.

Palabras clave: Campo magnético, transmisión eléctrica, transformación de energía eléctrica.

ABSTRACT

In this research the magnetic field concentration produced near to the power transmission lines and electric stations of transformation in Trujillo – Peru 2007 has been monitored. To carry out the magnetic field measurements a calibrated Electromagnetic Field Radiation Tester was used. The measurements were made in areas where there exists violation of the rules regarding security band as well as the safety distances of the power lines by the house and building costumers. Concerning the electric stations of transformation magnetic field risk areas for the workers were identified and there, the measurements were made. It was found that the about 88% of the magnetic field concentration measurements were higher than the preventive threshold considered by the health international organizations.

Key words: magnetic field, power transmission, electric energy transformation.

Presentado el 29 de abril de 2009, Aceptado el 8 de febrero de 2010.

¹ Hidrandina. Empresa Regional de Servicio Público de electricidad. Electronorte Medio S.A. Trujillo.

² Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo-Perú.

INTRODUCCION

El desarrollo tecnológico, el incremento del consumo de energía eléctrica y la vulneración de las distancias mínimas de seguridad y de las franjas de servidumbres de las instalaciones eléctricas están causando una exposición cada vez mayor de los seres humanos a las radiaciones electromagnéticas. La radiación electromagnética puede dividirse en dos grandes grupos: La radiación ionizante y la no ionizante. La radiación ionizante es aquella que debido a su alta energía, es capaz de romper enlaces químicos y, por lo tanto moléculas. Las no ionizantes son aquellas comprendidas entre los campos eléctricos y magnéticos de baja frecuencia, como es el caso de la energía eléctrica cuya frecuencia es de 60 Hz en Perú²¹.

Una de las principales fuentes de generación de las Radiaciones No Ionizantes (Campo Electromagnético Ambiental) generado por el hombre, es debido a la transmisión, transformación y distribución de la energía eléctrica, estando los seres vivos expuesto a la fuerza del campo electromagnético dentro y fuera de su ambiente^{4,6}.

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^{4,24}.

Las diferentes investigaciones internacionales y nacionales realizadas sobre este tema, han permitido determinar que los niveles del campo electromagnético, en las zonas urbanas, casi siempre exceden los límites máximos permisibles. Estos valores pueden variar mucho de acuerdo a la proximidad a las líneas de transmisión y a los centros de transformación de energía eléctrica⁵.

El estudio realizado por los investigadores Wertheimer y Leeper revelaron que los niños que vivían en casas cerca de líneas eléctricas tuvieron 2 a 3 veces mayor posibilidad de desarrollar cáncer, particularmente leucemia, linfomas y tumores del sistema nervioso que los niños que viven en casas más alejadas de estas configuraciones de alta corriente. En el año 1982 el estudio efectuado para los adultos determinó un incremento de la

incidencia global de cáncer y de tumores cerebrales, pero no de leucemias²⁷.

Un análisis realizado por Ahlbom y Day, basado en los datos individuales de nueve estudios previos sobre los efectos de los campos magnéticos, realizados durante mediciones de 24 y 48 horas, concluye que para niveles de exposición residencial a campo magnético inferiores a 0,4 microteslas (μT) se estiman un nivel de riesgo cercano al nivel de no efecto. Para 44 niños con leucemia y 62 controles cuya exposición residencial a campo magnético estimada es superior a 0,4 μT el riesgo de leucemia se duplicaba y el efecto parece ser estadísticamente significativo².

En el estudio realizado por Savitz, sobre enfermedades cardiovasculares en trabajadores del sector eléctrico, se halló un aumento de la incidencia de ciertos tipos de enfermedades cardíacas en los trabajadores que se encontraban expuestos a campos magnéticos de las líneas eléctricas²³.

El estudio realizado por Li en Taiwan sobre exposición residencial de adultos a los campos magnéticos producidos por las líneas eléctricas y su relación con la leucemia, tumores cerebrales y cáncer de mama en mujeres, calculado en base a la distancia a líneas de transporte de energía y su carga máxima (menos de 50 metros frente a más de 100 metros) o campos calculados (más de 0,2 μT frente a menos de 0,1 μT), se determinó un incremento de la incidencia de leucemia en adultos. La incidencia de tumores cerebrales y cáncer de mama en mujeres no era elevado para ninguna medida de la exposición²⁵.

En un estudio ejecutado por Schüz y Grigat, sobre leucemia infantil en Alemania, se encontró que la incidencia de leucemia infantil estaba ligeramente (pero no de forma significativa) elevada en niños expuestos a los campos magnéticos, esta evaluación fue realizada durante las 24 horas iguales o superiores a 0,2 μT , con una relación dosis-respuesta no significativa. Cuando este estudio se combinó con otros estudios previos, el aumento para 0,4 μT o superior era estadísticamente significativo²⁵.

En 1989, la organización internacional de la Oficina de Evaluación Tecnológica (OTA) publicó un descubrimiento clave que indica que los campos electromagnéticos de 60 Hz y otras de bajas frecuencias pueden interactuar con los órganos y las células individuales produciendo cambios biológicos²⁶.

En el Perú, el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería – OSINERGMIN en el año 2005 realizó una

evaluación a nivel Nacional sobre las Radiaciones No Ionizantes producidas por las líneas eléctricas de las empresas que prestan el servicio público de electricidad, trabajo ejecutado por el Instituto Nacional de Investigación y Capacitación de Telecomunicaciones – INICTEL¹⁷. Las mediciones del campo eléctrico y magnético de baja frecuencia provenientes de las redes de energía eléctrica fueron realizados en 07 distritos de la ciudad de Lima, como son: El Agustino, Independencia, La Victoria, Los Olivos, San Borja, San Juan de Lurigancho y Santiago de Surco, así como, en 05 ciudades principales: Iquitos, Pucallpa, Cajamarca, Chimbote y Trujillo y en el Complejo Hidroeléctrico del Mantaro. Este estudio permitió determinar la existencia de líneas eléctricas que generan campos magnéticos mayores al nivel de 0.4 micro Teslas, límite máximo permisible indicado por la Agencia Internacional de Investigación de Cáncer (IARC) y la Organización Mundial de la Salud.

En el organismo vivo 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 electrocardiogramas⁸.

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 suelo²⁰.

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 biológicos²⁰.

Los diversos estudios realizados sobre los efectos de los campos magnéticos en la salud humana, reportan aumentos en la tasa de leucemia o el cáncer de cerebro en grupos de personas que viven o trabajan en altos campos magnéticos. Sin embargo, los resultados de estos estudios no están de acuerdo en algunos puntos importantes como

el tipo de cáncer asociado con las exposiciones de los campos magnéticos de baja frecuencia. Como consecuencia, los investigadores no pueden estar seguros si las tasas mayores al promedio son causadas por los campos magnéticos u otros factores. Otros estudios preliminares también han asociado los campos magnéticos del lugar de trabajo con el cáncer del seno, así también se ha reportado una conexión posible entre la exposición ocupacional de los campos magnéticos y la enfermedad de Alzheimer¹⁰.

Los estudios, evaluaciones e investigaciones científicas realizadas sobre los efectos de los campos electromagnéticos de Baja Frecuencia producidas durante el transporte y transformación de la energía eléctrica en el cuerpo humano, han determinado una posible incidencia cancerígena (leucemia infantil y cáncer al cerebro en adultos por una exposición residencial y leucemia, tumores al cerebro y cáncer al pecho para una exposición ocupacional), para un campo magnético (B) mayor a 0.4 μ T, han motivado la ejecución de un diagnóstico preliminar de los campos magnéticos (B) existentes en las cercanías a las líneas de transmisión y subestaciones de transformación que se encuentran en la provincia de Trujillo, considerando ciertas zonas denominadas críticas (lugares donde las viviendas y construcciones se encuentran debajo o cercanas a las líneas de Alta Tensión y ubicación de las subestaciones de potencia en zonas urbanas), a fin de poder determinar si el campo magnético generado se encuentren dentro de los estándares establecidos en el Código Nacional de Electricidad – Utilización¹³, así como de los umbrales preventivos dadas por la Agencia Internacional de Investigación de Cáncer (IARC) y la Organización Mundial de la Salud-OOMS²⁰, tanto para una exposición poblacional-residencial como ocupacional.

Asimismo, los campos electromagnéticos activan la respuesta de estrés del cuerpo, y producen cambios en casi todas sus funciones, incluyendo un declive significativo en los sistemas inmunológicos¹. Otros efectos negativos de los campos electromagnéticos incluyen un impacto negativo en el sistema cardiovascular, endocrino, de control de crecimiento, y sistema nervioso central³.

Por lo anteriormente expuesto, el presente trabajo tuvo como objetivo principal evaluar el nivel de la concentración del campo magnético (B) producida en las cercanías de las Líneas de Transmisión y Subestaciones de Transformación de Energía Eléctrica, durante

el periodo de enero a diciembre 2007, en la provincia de Trujillo - Perú.

MATERIAL Y METODOS

1. Material de Estudio

El material de estudio del presente trabajo de tesis, lo constituyó algunos puntos en las cercanías de las líneas de transmisión LT - 1117 y LT- 1128 de 138 kV y subestaciones de transformación de 138/10 kV, 138/60/10 kV y 10/33 kV ubicadas en la provincia de Trujillo, a fin de determinar la concentración del campo magnético que generan.

2. Zona de Estudio

Para efectuar la evaluación de los campos magnéticos (B), se ha seleccionado 11 puntos críticos de invasión de franja de servidumbre a la línea de transmisión 1128 SE Trujillo Norte – SE EL Porvenir y 04 puntos en la línea 1117 SE El Porvenir - SE Trujillo Sur, para el caso de la Subestaciones se eligió 03 instalaciones.

Las instalaciones eléctricas seleccionadas se indican a continuación:

1. Línea de Transmisión LT – 1117 138 kV SE Trujillo Norte – SE El Porvenir, que recorre los distritos de La Esperanza y Florencia de Mora.
2. Línea de Transmisión LT – 1128 138 kV SE El Porvenir - SE Trujillo Sur, que recorre los distritos El Porvenir y Trujillo.
3. Subestación de transformación Patio de Llaves Sur (02 transformadores de 30 MVA, 01 transformador de 50 MVA y 01 transformador de 20 MVA que abastece al Distrito de Salaverry) ubicado en la Urb. Santa María - Trujillo.
4. Subestación de transformación El Porvenir (20 MVA) ubicado en el distrito de El Porvenir.
5. Subestación de transformación Moche (10 MVA) ubicado en el distrito de Moche.

3. Instrumentación

Equipos para Medición

Las características técnicas del equipo utilizado en la medición de Campos Electromagnéticos, se indican en la **Tabla 1**:

Tabla 1. Características de un medidor de Campo Electromagnético

Nombre de Equipo utilizado	Marca	Unidad de Medida *	Rango	Precisión (a 23 ±5°)
Electromagnetic Field Radiation Tester	Lutron	Microtesla	0 a 20.0	± (4% + 3d)
			0 a 200	
			0 a 2000	
		0 a 200		
Mili Gauss	0 a 2000			
	0 a 20000			

*1 microtesla (μT) = 10 mili Gauss (mG).

El tiempo de muestreo: Aproximadamente 0.4 segundos.

Temperatura de operación: de 0 a 50 °C.

Humedad de Operación: menor a 80% de humedad relativa (RH).

4. Métodos y Técnicas

Para la presente investigación se tomó como referencia el Protocolo de Medición de Campos Electromagnéticos¹⁶ (Líneas de Alta Tensión Eléctrica), el mismo que es recomendado en la norma IEEE 644 vigente. A continuación se presenta una breve descripción de las consideraciones a seguir tomando en cuenta el protocolo¹¹.

A. Selección de Puntos a Medir en Líneas de Transmisión y Subestaciones de Transformación.

Los monitoreos realizados en las líneas de transmisión y subestaciones de potencia se enfocaron considerando las afectaciones al público (Poblacional - Residencial) para el caso de las líneas eléctricas y para los trabajadores de la Empresa Concesionaria de Electricidad (Ocupacional) en el caso de las subestaciones de transformación^{18, 22}.

Para las Líneas de Transmisión los puntos seleccionados corresponden a aquellas zonas donde las líneas eléctricas se encuentran encima y/o cercanas a las viviendas. En la Línea denominada 1128 SE Trujillo Norte – SE El Porvenir se seleccionaron 20 puntos de medición (entre

estructuras y vanos) y en la línea 1117 SE El Porvenir – SE Trujillo Sur se seleccionó 09 puntos de medición (entre estructuras y vanos).

Para las Subestaciones de Transformación se seleccionó los puntos de medición considerando los lugares donde el trabajador realiza sus actividades y aquellos donde tiene acceso. En la Subestación Salaverry se identificó 02 puntos, en la Subestación El Porvenir 06 puntos y en la Subestación Trujillo Sur 16 puntos.

B. Mediciones de los Campos Magnéticos

B.1 Ubicado el punto de medición se procedió a colocar el equipo orientado hacia la fuente del campo magnético y se inicia a visualizar los valores en la pantalla del equipo. El código Nacional de Electricidad – Utilización 2006¹³ establece que las

mediciones en las Líneas de Transmisión, deben realizarse a un metro de altura sobre el nivel del suelo, en sentido transversal al eje de la línea hasta el límite de la zona de servidumbre¹³. Para tomar las mediciones en las Subestaciones de Transformación también se ubicó el equipo a una altura de 1 metro y a una distancia horizontal promedio de la fuente del campo magnético de 1.85 metros.

B.2 Se realizan las mediciones de la inducción Magnética (B) para 60 Hz. Se toma nota de los valores máximos.

C. Límite Máximo Permissible del Campo Magnético (B)

El Código Nacional de Electricidad - Utilización 2006, establece los siguientes Límites Máximos Permisibles¹³.

Tabla C.1 Límite Máximo de Exposición

Exposición	Límite Máximo de Exposición (μT^*)
Ocupacional	83.3
Poblacional	416.7

(*) Unidad de Medida del Sistema Internacional expresado en microtesla de campo magnético (B)

La Agencia Internacional de Investigación de Cáncer (IARC) y la Organización Mundial de Salud (OMS), establecen que el Límite

Máximo Permissible para la evaluación de los campos electromagnéticos^{20,22} debe ser:

Tabla C.2 Límite Máximo Permissible

Exposición	Límite Máximo Permissible (μT)
Ocupacional	0.2 – 2
Poblacional	0.4

El Código Nacional de Electricidad - Utilización 2006¹³ y la Comisión Internacional sobre Protección Frente a Radiaciones No Ionizantes – ICNRP, definen las exposiciones ocupacional y poblacional como sigue:

Exposición ocupacional: Los límites ocupacionales se aplican en situaciones en las cuales las personas se encuentran expuestas a radiaciones como consecuencia de su trabajo (día completo de trabajo), estas personas están enteradas de la potencia de exposición, y pueden tomar control sobre ésta.

Exposición Poblacional, los límites se aplican en situaciones en la cual el público en general puede estar expuesto a radiaciones y no pueden tomar control sobre su propia exposición.

RESULTADOS

Durante los meses de Mayo, Junio, Julio y Agosto, 2007 se realizaron monitoreos de los campos magnéticos en las Líneas de Transmisión y Subestaciones de Transformación¹² contemplados dentro del ámbito de estudio del presente trabajo. Las mediciones del campo magnético en las

cercanías de las Líneas de Transmisión y en Subestaciones de Potencia. Se encuentran en las Figuras 1, 2, 3 y 4.

1. Línea de Transmisión 1128 SE Trujillo Norte – SE El Porvenir

En la Fig. 1 se muestra las mediciones efectuadas en la Línea de Transmisión 1128

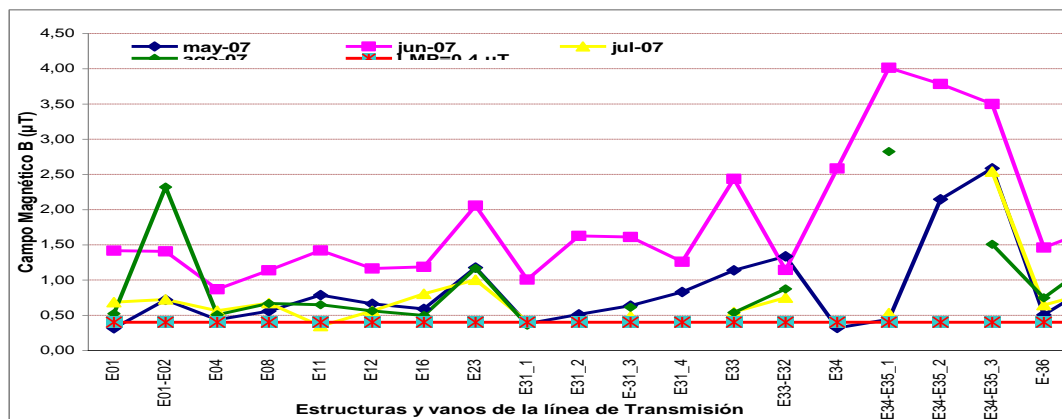


Fig. 1. Valores de Campo Magnético (B) en la LT-1128

Los valores del campo magnético (B) de la Fig. 1 superan el valor de 0.4 µT, llegando a un máximo de 4.01 µT en el mes de Junio 2007, en el vano de las estructuras E34-E35 (zona de Víctor Raúl – La Esperanza), lugar donde las viviendas existentes se encuentran debajo de la línea de transmisión, por lo que, habría exposición de las personas que habitan dichos predios a los efectos de los campos magnéticos.

2. Línea de Transmisión 1117 SE El Porvenir – SE Trujillo Sur

Para el caso de la línea de transmisión 1117 SE El Porvenir – SE Trujillo Sur, en la Fig. 2 se muestra las mediciones realizadas, donde los valores obtenidos superan el valor de 0.4 µT, llegando a un máximo de 1.89 µT durante el mes de Junio 2007, en el vano de las estructuras E14-E15 (Altura Villa Los Contadores– Trujillo).

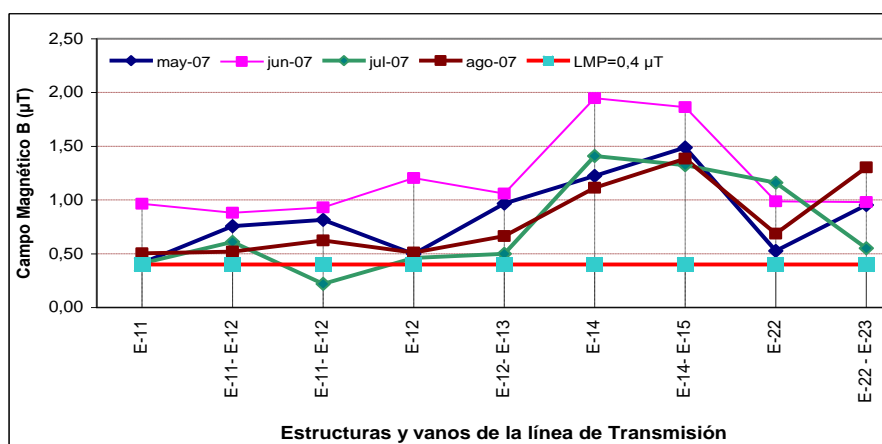


Fig. 2. Valores de Campo Magnético (B) de la LT-1117

3. Líneas de Transmisión 1128 y 1117

En la Fig. 3 se muestra las mediciones promedio de los campos magnéticos de las líneas de transmisión 1128 y 1117 durante los cuatro meses de medición. Las mediciones en ambas líneas de transmisión, superan el límite

máximo permisible indicado por la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante – ICNIRP y la Organización Mundial de la Salud – OMS, que es equivalente a 0.4 µT.

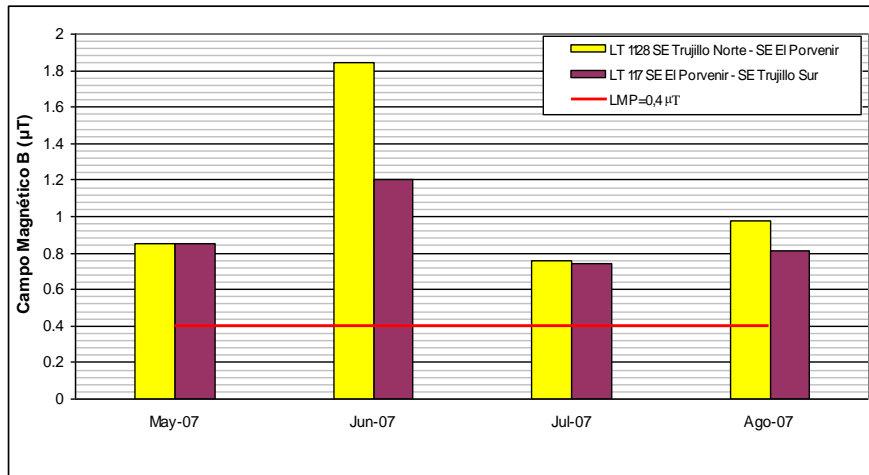


Fig. 3. Valores Medios de los Campos Magnéticos (B) de las líneas eléctricas 1128 y 1117

4. Campo Magnético (B) en la SE Salaverry

En la Fig. 4 se presenta los valores obtenidos en la Subestación de Transformación Salaverry. Debido a que la SE Salaverry se

encuentra en un área física parecida a la SE Trujillo Sur, solo se consideró la evaluación del transformador de potencia y la sala de control del mismo.

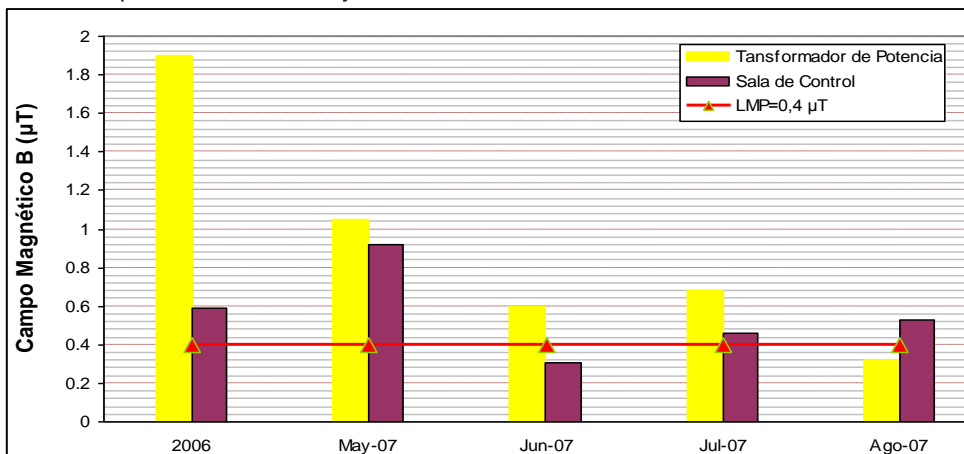


Fig. 4. Valores del Campo Magnético (B) de la SE Salaverry

5. Campo Magnético (B) en la SE El Porvenir

En la Fig. 5 se indica los datos del campo magnético (B) obtenido en cada elemento conformante de la Subestación El Porvenir.

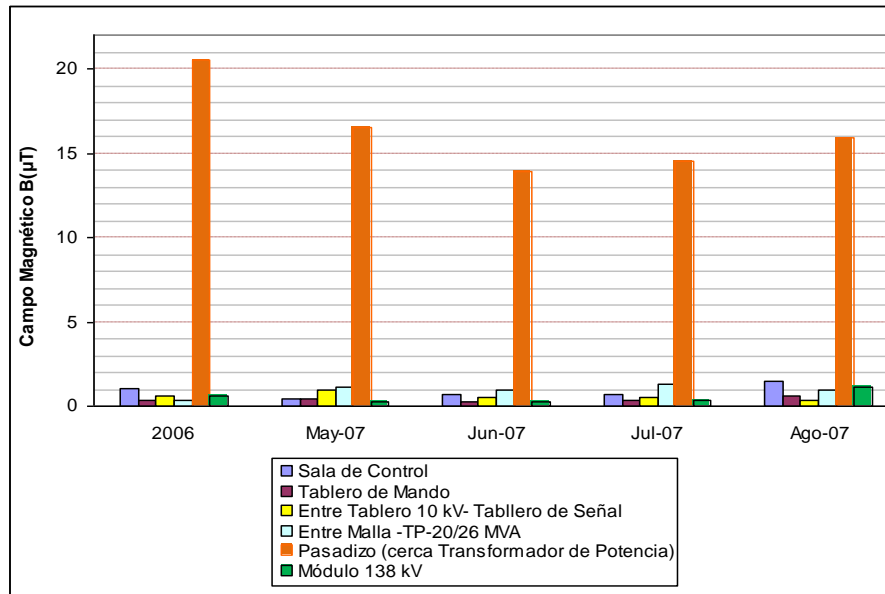


Fig. 5. Valores del Campo Magnético (B) de la SE El Porvenir

6. Campo Magnético (B) en la SE Trujillo Sur

En la Fig. 6 se indica los datos del campo magnético (B) por cada elemento de la Subestación de Transformación SE Trujillo Sur.

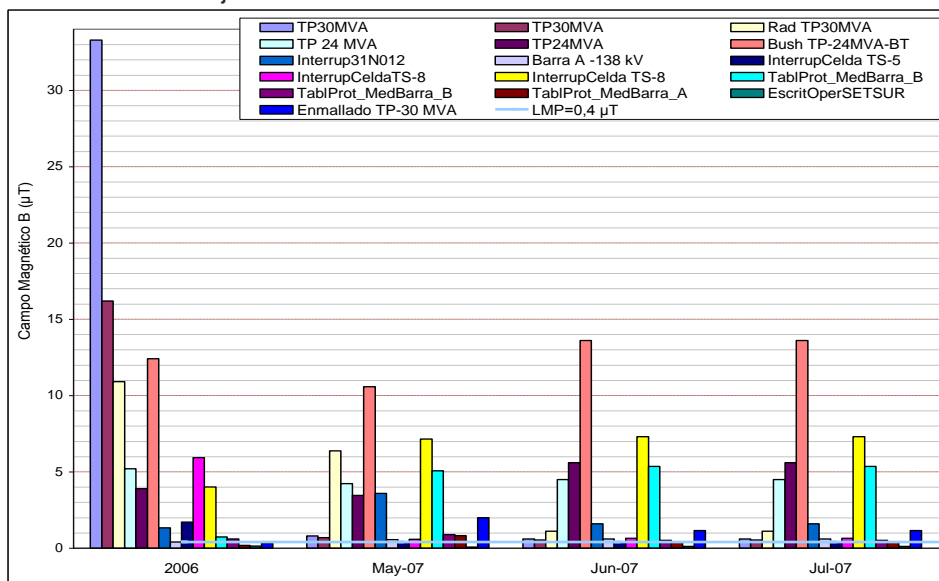


Fig. 6. Valores del Campo Magnético (B) de la SE Trujillo Sur

Debido a que la SE Trujillo Sur alberga a más de 02 transformadores de más de 30 MVA y cada uno de dichos equipos tienen su propio equipo de control y protección, se ha seleccionado un total de 16 puntos de control de dicha subestación.

7. Campo Magnético (B) en las Subestaciones de Transformación.

Durante el año 2006, la Empresa Concesionaria de Electricidad realizó monitoreos a las instalaciones de las Subestaciones de Potencia, lo cual fue complementado durante 04 meses en el año 2007, en la Fig. 7 se muestra los valores promedios de las mediciones en las 03 subestaciones evaluadas.

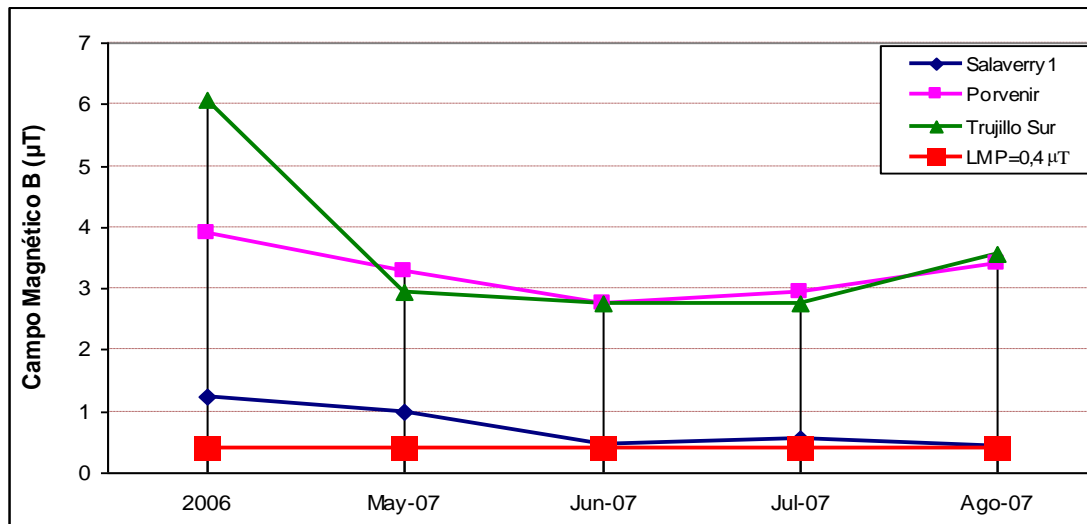


Fig. 7. Valores Medios del Campo Magnético (B) en las Subestaciones de Transformación

DISCUSION

Del promedio de mediciones realizadas en los 04 periodos de evaluación a las Líneas de Transmisión LT- 138 kV 1128 Trujillo Norte – SE El Porvenir y LT-1117- SE El Porvenir- SE Trujillo Sur, se determina que los valores no superan los límites establecidos por la normatividad Nacional; sin embargo, dichas mediciones si superan el límite máximo permisible dado en la normatividad Internacional^{20, 22, 14}.

Tomando en cuenta la normatividad internacional la Línea de Transmisión 1128 SE Trujillo Norte - SE El Porvenir de 138 k Voltios, la totalidad de los puntos monitoreados superan el Límite Máximo Permisible de 0.4 µT, detectándose que existe una mayor incidencia del campo magnético (B) entre las estructuras 34 y 35 (Zona de Víctor Raúl – La Esperanza), equivalentes a 4.01, 3.78 y 3.05 µT.

En la Línea de Transmisión 1117 SE El Porvenir- SE Trujillo Sur de 138 k Voltios, la mayor incidencia de los campos magnéticos (B) se detectó entre las estructuras 14 y 15 (Zona Villa Los Contadores – Trujillo), cuyas mediciones se encuentran entre 1.49, 1.86, 1.32 y 1.38 µT.

En la Fig. 3 muestra los valores medios del campo magnético (B) de las líneas de transmisión 1128 SE Trujillo Norte - SE El Porvenir y 1117 SE El Porvenir- SE Trujillo Sur, observándose que en el mes de junio 2007 (incremento del consumo de energía eléctrica) se detectó valores de 1.84 y 1.20 µT en las líneas 1128 y 1117 respectivamente. En el estudio realizado por OSINERGMIN¹⁷ a las

02 líneas de transmisión de 138 k Voltios en la ciudad de Trujillo, también se encontró valores medios de 0.83366 µT.

En la SE Salaverry (Fig. 4), el transformador de potencia presenta un campo magnético (B) máximo de 1.05 µT. En la Fig. III.5 el punto de mayor presencia del campo magnético (B) se detectó en el pasadizo cerca del Transformador de Potencia de la SE El Porvenir, obteniéndose valores de 16.5, 13.9, 14.5 y 15.9 µT, donde el mayor valor obtenido corresponde al pasadizo cerca del transformador de potencia (TP), esto se debe a que en este equipo se realiza la transformación de tensión de 138 k Voltios a 10 k Voltios. En el mes de mayo 2007 se detectó la mayor concentración de campo magnético (equivalente de 16.5 µT).

Para el caso de SE Trujillo Sur (Fig. 6) los valores máximos se presentó en el Bushing del Transformador de Potencia de 24 M Volts Amper (10.58, 13.6, 13.6 y 14.84 µT), Interruptor de Potencia 31N012 (3.58, 1.6, 1.6 y 10.91 µT), Interruptor de la celda TSU08 (7.15, 7.3, 7.3 y 7.9 µT), Tablero de Control de la Barra B (5.07, 5.35, 5.35 y 5.57 µT) y cerca de enmallado del transformador de 30 MVA (1.98, 1.15, 1.25 y 3.05 µT).

De los valores promedios en las Subestaciones de Potencia Salaverry, El Porvenir y Trujillo Sur (Fig. 7), se determinó que los valores superan lo indicado en las normas Internacionales (umbral de 0.2 µT a 2T para una exposición ocupacional). En la SE Porvenir y SE Trujillo Sur se detecta una mayor presencia de campo magnético (B) debido a que la instalación alberga transformadores y equipos eléctricos de mayor

potencia, los mismos que abastecen del suministro de energía a la provincia de Trujillo (consumo 85 M Watos).

La mayor presencia de campos magnéticos (B) se detectó en el transformador de potencia respecto a los encontrados en la sala de control, sin embargo en ambos puntos superan el límite máximo permisible señalado por las Normas Internacionales, durante los meses de mayo y junio se obtuvieron los valores más altos sin considerar el promedio del año 2006, esto se debió a los durante el cuatro trimestre 2006 y I trimestre 2007 se realizaron trabajos de re-emplazo de equipos y remodelación de las instalaciones, motivando la disminución de los campos magnéticos (B). Sin embargo, estas mediciones superan considerablemente el valor de $0.2 \mu\text{T}$, las subestaciones de transformación donde se observa una mayor contaminación electromagnética es la SE El Porvenir y la SE Trujillo Sur, respecto a la SE Salaverry.

En las **Tablas 1 y 2** se detallan el análisis estadístico de las Líneas de Transmisión 1128 SE Trujillo Norte - SE El Porvenir y 1117 SE El Porvenir- SE Trujillo Sur así como de las Subestaciones de Transformación, donde se determinó que los resultados obtenidos no transgreden el Límite Máximo Permisible establecido en la normatividad nacional²², aceptando la Hipótesis planteada; sin embargo, dichos resultados si transgreden lo recomendado por las organizaciones internacionales^{20, 22,14}, rechazando la Hipótesis.

La Ley de Concesiones Eléctricas del Perú¹⁶, establece que las empresas concesionarias del servicio público de electricidad, tienen a título gratuito el suelo, subsuelo y aires de caminos, calles, plazas y demás bienes de propiedad del Estado o Municipal. La constitución de la servidumbre de electroducto no impide al propietario del predio sirviente que pueda cercarlo o edificar en él, siempre que las construcciones no se efectúen debajo de la línea de alta tensión y su zona de influencia y deje el medio expedito para atender a la conservación y reparación del electroducto⁷, respetando las distancias mínimas de seguridad establecidas por el Código Nacional de Electricidad¹².

El Código Nacional de Electricidad¹² define que la franja de servidumbre es la proyección sobre el suelo de la faja ocupada por los conductores más la distancia de seguridad. En la tabla A-3 se indica los anchos de las servidumbres de las líneas eléctricas en función al nivel de tensión así como el gráfico respectivo.

CONCLUSIONES

- ◆ De las 02 Líneas de Transmisión evaluadas, los valores que superan el umbral preventivo de $0.4 \mu\text{T}$, representan el 82.3% del total de puntos medidos, existiendo en las zonas ubicadas entre las estructuras E34 – E35 (Zona Víctor Raúl – La Esperanza) y E14 – E15 (Zona Villa Los Contadores – Trujillo), viviendas que se encuentran expuestas a los campos magnéticos (B) por encontrarse debajo y/o cerca de las Líneas Eléctricas.
- ◆ De las 03 Subestaciones de Transformación estudiadas, el 95.8 % de los resultados obtenidos son superiores al umbral preventivo de $0.2 \mu\text{T}$, siendo los transformadores de potencia, interruptor, celdas de salidas y enmallados, zonas donde existen una mayor concentración de campo magnético (B).
- ◆ De los análisis estadísticos realizados a los resultados de las monitoreos obtenidos en las Subestaciones de Potencia y Líneas de Transmisión, se determinó que se aceptan las hipótesis $H_0: u \leq 83.3 \mu\text{T}$ y $H_0: u \leq 416.7 \mu\text{T}$ (No existe transgresión de los límites máximos permisibles establecido en la normativa nacional); rechazando la hipótesis $H_0: u \leq 0.4 \mu\text{T}$ (Si existe transgresión de los valores dados por los organismos internacionales).

RECOMENDACIONES

- ◆ Revisar y gestionar la actualización de los límites máximos permisibles para las actividades eléctricas, las cuales deben tomar en cuenta las recomendaciones establecidas por la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante – ICNIRP y la Organización Mundial de la Salud – OMS, adicional a ello, se debe fijar el umbral de precaución para las exposiciones poblacional-residencial y ocupacional.
- ◆ La Empresa Concesionaria de Electricidad debe continuar realizando mediciones de los campos magnéticos (B) en las instalaciones eléctricas de alto riesgo con una periodicidad trimestral, en vista que el consumo de la energía eléctrica se viene incrementando a nivel Nacional (demanda de los años 2001, 2002, 2003 al 2004 aumentó en 8.3%, 3.9% y 1.9% respectivamente), dichas mediciones deberán efectuarse en las zonas afectadas

así como en el límite de las franjas de servidumbre de las líneas eléctricas. Además de debe realizar diversas campañas de difusión y prevención dirigida a los usuarios y público en general sobre el cumplimiento de las distancias mínimas de seguridad y franjas de servidumbre, a fin de evitar transgresiones de las distancias de seguridad.

- ◆ La Empresa Concesionaria de Electricidad debe supervisar el uso de los implementos y equipos de protección personal durante la jornada laboral del personal operativo, a fin de mitigar los posibles efectos de los campos magnéticos, estas acciones deben ser complementadas con el uso de equipos de mayor tecnología.
- ◆ El Gobierno y las Industrias deben desarrollar e informarse sobre los últimos progresos científicos y deben proveer al público información equilibrada, clara y comprensiva sobre los riesgos potenciales de los campos electromagnéticos, así como sugerencias que sean seguras y tengan precios bajos para reducir las exposiciones. Deben también promover investigaciones que conducirán a mejorar la información existente.
- ◆ El diseño y construcción de las líneas eléctricas se deben localizar adecuadamente para proveer de energía a los usuarios. Las decisiones adoptadas requieren a menudo considerar la estética y las sensibilidades del público. Sin embargo, la toma de decisiones, también debería considerar formas de reducir la exposición de la gente.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Acuña, Darío. Informe Científico sobre los Efectos de los Campos Electromagnéticos (CEM) en el Sistema Endocrino Humano y Patologías Asociados. Granada 31 de julio 2006.
2. Ahlbom, Day y col. A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukaemia. Brit J Cancer 83:692-698, 2000.
3. Becker, Robert O. Artículo de Investigación: Los Campos Electromagnéticos Impactan Negativamente en los Sistemas del Cuerpo, 1990.
4. Comisión Internacional sobre Protección Frente a Radiaciones No Ionizantes-ICNIRP 1998.
5. Confederación de Asociaciones de Vecinos Consumidores y Usuarios de España – CAVE Departamento de Medio Ambiente, Informe Todo Sobre Electromagnetismo, diciembre 2001.
6. Cruz, Victor. Radiaciones No Ionizantes de Líneas de Energía Eléctrica – Diagnóstico Nacional Preliminar 2005.
7. EnerSur S.A., 2006 - Estudio de Impacto Ambiental Central Termoeléctrica de 380 MW – Chilca.
8. Fernández, H. Contaminación Electromagnética un Riesgo a la Salud Humana, 2005.
9. Instituto Nacional de Investigación y Capacitación de Telecomunicaciones (INICTEL) (2005).
10. Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional. Exposición a Campos Electromagnéticos - 2008.
11. Institute of Electrical and Electronics Engineers – IEEE. [Sitio de Internet]: <http://es.wikipedia.org/wiki/IEEE> Revisado: 22 enero 2008.
12. Ministerio de Energía y Minas. Dirección General de Electricidad (2005). Código Nacional de Electricidad Suministro 2001. Resolución Ministerial N° 366-2001-EM/VME.
13. Ministerio de Energía y Minas. Dirección General de Electricidad (2006). Código Nacional de Electricidad Utilización 2006. Resolución Ministerial N° 037-2006-MEM/MD.
14. Ministerio de Energía y Minas. Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo de las Actividades Eléctricas - RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 161-2007-MEM/DM. Artículo N° 110.
15. Monografías.com; categoría Enseñanza http://expertos.monografias.com/home.asp?tip=usu&id=5&item=pregunta&id_item=235420&idr=179647 Revisado: 26 noviembre 2007.
16. Ley de Concesiones Eléctricas del Perú - Decreto Ley N° 25844 (1992).
17. Organismo Supervisor de la Inversión en Energía – OSINERG (2005). Evaluación de los Efectos de las Radiaciones Electromagnéticas Sobre la Calidad de Vida de los Trabajadores y las Poblaciones cercanas a las Líneas de Transmisión y Distribución Eléctrica. Páginas del 1 al 25.
18. Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería – OSINERGMIN (2007). Procedimiento para la Supervisión Ambiental de las Empresas Eléctricas. Resolución N° 245-2007-OS/CD.
19. Organización Wikimedia Foundation, Inc. Wikipedia® (2006) Categoría: Contaminación / Electricidad. http://es.wikipedia.org/wiki/Contaminaci%C3%B3n_electromagn%C3%A9tica Revisado: 29 noviembre 2007.
20. Organización Mundial de la Salud – OMS, Los Campos Electromagnéticos (2006), Artículo Estableciendo un Diálogo Sobre los Campos Electromagnéticos (2002).
21. Quesada, Adrián; García, Miguel. Campos Electromagnéticos y Salud. 2006.
22. Reglamento para la aplicación de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Radiaciones No Ionizantes - Decreto del Consejo Directivo Nro. 009 - 2005-CONAM/CD.
23. Savitz, Liao et al. Magnetic field exposure and cardiovascular disease mortality among electric utility workers. Amer J Epidem 149:135-142, 1999.
24. Sobel, Joseph. Estudios del ser humano sobre exposiciones a Campos Electromagnéticos (2006).
25. Schüz, Grigat y col. Residential magnetic fields as a risk factor for childhood acute leukaemia: Results from a German population-based case-control study. Int J Cancer 91:728-735, 2001.
26. Solórzano, Héctor. Efectos de los Campos Electromagnéticos en la Salud (2006).
27. Wertheimer y Leeper: Electrical wiring configurations and childhood cancer. Am J Epidem 109:273-284, 1979. Adult cancer related to electrical wires near the home. Int J Epidem 11:345-355, 1982.

Correspondencia: Elida Huamanlazo Barrios.
Dirección: Mz. L Lote 21 Urb. San Isidro.
Trujillo.

Teléfono: 949620278
E-mail: ehuamanlazo@hotmail.com