

DIAGNÓSTICO NACIONAL PRELIMINAR DE LAS RADIACIONES NO IONIZANTES PRODUCIDAS POR LOS SERVICIOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Mg. Ing. Víctor Cruz Ornetta
vcruzo@unmsm.edu.pe

*Profesor de la Facultad de Ingeniería Electrónica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Jefe de la División de Laboratorios- INICTEL Lima - Perú*

RESUMEN: Se presenta un estudio sobre las radiaciones electromagnéticas no ionizantes producidas por los servicios de distribución de energía eléctrica en el Perú, para lo cual se ha medido los niveles de radiación eléctrica y electromagnética en ciertos lugares del país a fin de compararlos con los límites máximos permitidos por entidades cuyas recomendaciones tratan de evitar riesgos para la salud por exposición a este tipo de radiación. El trabajo ha sido desarrollado por INICTEL y ha sido financiada por INICTEL y CONCYTEC.

ABSTRACT: This paper is a study about the electromagnetic non ionizing radiations produced by electric power production, transmission and distribution service providers in Peru. In order to accomplish this task, it has been measured the levels of electric and magnetic field strenght in certain places of the country in order to compare them with the maximum permissible limits set up by entities whose recommendations try to avoid risks for health for exposition to this kind of radiation. This work has been developed by INICTEL and it has been financed by INICTEL and CONCYTEC

Palabras Claves: Radiaciones no ionizantes, campo eléctrico, campo magnético, límites máximos permisibles, exposición poblacional, exposición ocupacional, ICNIRP, analizador de campo

electromagnético, conductor, vano.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años el público en general, los científicos, los políticos, los medios de información y la Organización Mundial de la Salud tratan y han tratado el tema de las radiaciones no ionizantes producidas por los servicios de energía eléctrica con mucha preocupación debido a que dependiendo de su intensidad puede ser un factor determinante de riesgo para salud humana. En este sentido, consiente de esta preocupación y porque en el país no existe un estudio que permita evaluar el cumplimiento de las normas internacionales, es que se ha desarrollado el presente proyecto. Es así como, se ha realizado mediciones del Campo Eléctrico y Magnético de baja frecuencia generados por los servicios de distribución de energía eléctrica en siete distritos de la ciudad de Lima: El Agustino, Independencia, La Victoria, Los Olivos, San Borja, San Juan de Miraflores y Santiago de Surco. En cinco ciudades principales del Perú: Iquitos, Pucallpa, Cajamarca, Chimbote y Trujillo. Así como en el Complejo Hidroeléctrico del Mantaro.

Posteriormente, se ha comparado las mediciones encontradas con los límites máximos de exposición

residencial y ocupacional recomendados por La Organización Internacional para Protección de Radiación No Ionizante (ICNIRP) para determinar su cumplimiento. La ICNIRP estipula los límites máximos para el campo eléctrico y magnético según los valores indicados en la siguiente tabla 1.

Tabla 1 – Límites máximos de campo eléctrico y magnético especificados por la ICNIRP

Zona	Campo Eléctrico (uv/m) a 60hz	Campo Magnético (uT) a 60hz
Residencial	4.2	83
Ocupacional	8.3	420

También, se han comparado las mediciones encontradas del campo magnético con el valor encontrado por la Agencia Internacional de Investigación del Cáncer (IARC) y aceptado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) que corresponde a la intensidad de campo magnético de 0,4 uT (micro Teslas) para el cual se duplica la incidencia de leucemia infantil.

Finalmente, se ha recomendado las medidas de prevención y mitigación en los casos necesarios.

II. LOGROS ALCANZADOS

A continuación se enumera los logros alcanzados en el Proyecto.

1. Se ha Recopilado y analizado información sobre los efectos de los campos eléctrico y magnético de frecuencia extremadamente baja.
2. Se ha Recopilado la información de las fuentes de radiación en Lima y cinco ciudades del interior del país.
3. Se ha analizado las recomendación ICNIRP para frecuencias extremadamente bajas.
4. Se ha analizado la hoja informativa N° 263 de la OMS acerca del nivel de 0,4 uT encontrado por la IARC.
5. Se ha realizado las pruebas de campo siguiendo metodologías de medición.

6. Se ha efectuado mediciones de campos eléctrico y magnético de baja frecuencia en 07 distritos de la Ciudad de Lima: El Agustino, Independencia, Los Olivos, San Borja, San Juan de Miraflores, y Santiago de Surco. En cinco ciudades principales: Iquitos, Pucallpa, Cajamarca, Chimbote y Trujillo y el Complejo Hidroeléctrico del Mantaro.
7. Se ha evaluado los niveles medidos recurriendo a la Recomendación ICNIRP y la Hoja Informativa N° 263.

III. CRITERIO DE SELECCIÓN DE LAS MUESTRAS

Para seleccionar las muestras, que figuran en la tabla 2, se ha usado los siguientes criterios:

1. Se tomó en cuenta la importancia de las ciudades y provincias.
2. Se seleccionó las líneas principales de transmisión y distribución de la red.
3. Para cada línea se tomó en cuenta algunos puntos relevantes con problemas de instalación: por ejemplo la distancia entre la línea aérea y las viviendas y que viola lo estipulado en el Código Nacional de Electricidad

Tabla 2 – Muestras (Ciudades) seleccionadas

Ciudad	Descripción	Localización		Habitantes	Número de puntos de medición
		Latitud	Longitud		
Lima	Capital del Perú	8664007 N	18 278246 E	7,497,000	115
Cajamarca	Capital de la provincia de Cajamarca	9208809 N	17 775313 E	92,447	42
Central Hidroeléctrica del Mantaro (Huancavelica)	Principal Central Hidroeléctrica del Perú	8634220 N	18 538245 E	254 trabajadores	53
Chimbote	Puerto pesquero del Departamento de Ancash	8996256N	17 764799 E	336 000	10
Iquitos	Capital de la provincia de Loreto	9585422 N	18 695039 E	367,000	24
Pucallpa	Capital de la provincia de Ucayali	9073770 N	18 551576 E	172,286	44
Trujillo	Capital del Departamento de La Libertad	9103265N	17 716366 E	652 000	45

IV. EQUIPOS Y METODOLOGÍA DE MEDICIÓN

4.1 Equipo Utilizado

La figura 1 muestra el analizador de campo electro-magnético y la tabla 3 es un resumen de los equipos utilizados en el proyecto.



Figura 1 - Analizador de Campo Electromagnético de Baja Frecuencia

Tabla 3 – Equipo Utilizado

EQUIPO	MODELO	SERIE	ESPECIFICACIONES GENERALES
ANALIZADOR DE CAMPO EM	EFA - 300	B - 0095	Rango de Frecuencia: 5Hz - 32kHz.
Sensor de Campo Eléctrico	BN-2245/90.31	B - 0063	
Sensor de Campo Magnético	BN-2245/90.10	L - 0010	A=100cm ²
GPS	GPS315	...	

4.2 Medición del Campo Eléctrico y Magnético

La medición de radiaciones no ionizantes debe realizarse utilizando sensores isotópicos. El equipo debe proveer los resultados en unidades de intensidad

de campo eléctrico e intensidad de campo magnético o inducción magnética según sea el caso. El rango de frecuencia de medición es de 10 Hz a 30KHz, siendo la desviación de la medición menor a $\pm 5 \%$. El Instrumento y sonda o sensor deberá contar con el certificado de calibración vigente emitido por la fábrica o por un laboratorio especializado autorizado por ella. Se realiza dos tipos de medición:

A. Intensidad de Campo Magnético (H), la cual es medida en unidades de Amperio/metro (A/m) mientras la de Inducción Magnética (B) lo es en micro Teslas (μT). El procedimiento de la medición es el siguiente:

1. Conectar la sonda o sensor isotrópico directamente al equipo de medición.
2. Realizar la calibración. Puede ser manual o automatizada.
3. El sensor debe orientarse de tal manera que el cuerpo del operario no quede situado entre el sensor y la fuente radiante.
4. Para asegurar que la medición represente un caso crítico, mover el sensor entre las alturas correspondientes de la rodilla y la cabeza de un individuo de 1.80m de estatura.
5. Cada medición debe realizarse durante un lapso de 6 minutos.
6. Realizar la medición de la Inducción magnética o Intensidad de Campo Magnético Pico y RMS utilizando el filtro de 60Hz.
7. Realizar la medición del porcentaje de exposición poblacional (referida a ICNIRP) de la Inducción magnética o Intensidad de Campo Magnético utilizando un rango de frecuencia de <5Hz-32KHz>

B. La Intensidad de Campo Eléctrico (E), es medida en unidades de KVoltios/metro (KV/m). El procedimiento de la medición es la siguiente:

1. Conectar la sonda o sensor isotrópico al equipo de medición.
2. Realizar la calibración. Puede ser manual o automatizada.
3. El sensor debe instalarse de tal manera que no

exista ningún cuerpo u objeto en movimiento próximo (menos de 2m).

4. El sensor debe ubicarse de tal manera que el cuerpo del operario no quede situado entre el sensor y la fuente radiante.
5. El sensor debe ser montado en un trípode dieléctrico a una altura de 1.80m.
6. Cada medición debe realizarse durante un lapso de 6 minutos.
7. Realizar la medición de la Intensidad de Campo Eléctrico Pico y RMS utilizando el filtro de 60Hz.
8. Realizar la medición del porcentaje de exposición poblacional (referida a ICNIRP) de la Intensidad de Campo Eléctrico utilizando un rango de frecuencia de <5Hz-32KHz>

4.3 Medición Para La Exposición Poblacional

Se definen dos zonas para la aplicación del protocolo de medición, las cuales son las siguientes:

- A. Zona edificada, es cualquier lugar dentro de una vivienda, colegio, hospital, centros comerciales o similar. Los criterios que deben ser tomados son los siguientes:
 1. Medición en el lugar más cercano o accesible a la fuente.
 2. Medición en lugares donde comúnmente hay presencia prolongada de niños, ancianos o enfermos
 3. Mediciones adicionales, a criterio del profesional, en base a las necesidades del lugar.
- B. Zona Abierta, son los espacios abiertos públicos, la medición se realiza a la distancia de la fuente de radiación con personas en libre circulación. Los criterios que deben ser tomadas en este caso son los siguientes:
 1. Mediciones a la distancia de la fachada más próxima a la fuente, si es el caso.
 2. Mediciones adicionales, a criterio del profesional, en base a las necesidades del lugar.

V. RESULTADOS

De las mediciones preliminares se ha comprobado que la metodología y los instrumentos utilizados han dado valores de acuerdo con las experiencias internacionales. A continuación se presentan los resultados de las mediciones en función al porcentaje que alcanzan con respecto al valor límite especificado por la ICNIRP.

En la Central de Mantaro en Noviembre del 2001, los mayores niveles medidos para exposición ocupacional fueron 31% para el campo eléctrico y 13.8% para el campo magnético; para exposición residencial fueron 95% para el campo eléctrico y 4.9 % para el campo magnético.

En las mediciones realizadas en la Central Hidroeléctrica del Mantaro Santiago Antunez de Mayolo (S.A.M), en Diciembre del 2002, los mayores niveles registrados fueron 107,56 % para campo eléctrico y 39,64 % para el campo magnético.

En la Central Hidroeléctrica de Restitución (RON), los mayores niveles medidos para exposición ocupacional fueron 2,9% para campo eléctrico y 82,23% para campo magnético.

En la Subestación Campo Armiño (S.E.C.A), los mayores niveles medidos para exposición ocupacional fueron 36,66 % para el campo eléctrico y 2,42% para el campo magnético.

En San Juan – Lima, los mayores niveles registrados para exposición ocupacional fueron 0,469 % para el campo eléctrico y 0,588% para el campo magnético. Los mayores niveles medidos para exposición residencial fueron 1,08% para campo eléctrico y 0,426% para campo magnético.

En la Ciudad de Iquitos, los mayores niveles registrados para exposición ocupacional fueron 24,51 % para el campo eléctrico y 8,876 % para el campo magnético. Los mayores niveles registrados para exposición residencial fueron 13,767 % para el campo eléctrico y 3 % para el campo magnético. Los niveles de campo magnético para exposición residencial

superan los $0,4\mu\text{T}$ en 14 puntos, lo cual representa el 77,77 % del total.

En la Ciudad de Pucallpa, los mayores niveles registrados para exposición ocupacional son 39,06 % para el campo eléctrico y 3,41 % para el campo magnético. Los mayores niveles registrados para exposición residencial fueron 36,14 % para el campo eléctrico y 5 % para el campo magnético. Los niveles de campo magnético para exposición residencial superan los $0,4\mu\text{T}$ en 18 puntos, que representa el 52,94 % del total.

En la Ciudad de Cajamarca, los mayores niveles medidos para exposición ocupacional fueron 71,45 % para el campo eléctrico y 6,67 % para el campo magnético. Los mayores niveles registrados para exposición residencial fueron 30,14 % para el campo eléctrico y 1,42 % para el campo magnético. Los niveles de campo magnético para exposición residencial superan los $0,4\mu\text{T}$ en 10 puntos, lo cual representa el 38,09 % del total.

En la Ciudad de Chimbote, los mayores niveles registrados para exposición residencial fueron 71,33% para el campo eléctrico y 3,48% para el campo magnético. Los niveles de campo magnético para exposición residencial superan los $0,4\mu\text{T}$ en 3 puntos, que representa el 30 % del total.

En la Ciudad de Trujillo, los mayores niveles registrados para exposición ocupacional fueron 41,036 % para el campo eléctrico y 16,807 % para el campo magnético. Los mayores niveles medidos para exposición residencial fueron 26,881 % para el campo eléctrico y 2,636 % para el campo magnético.

Los niveles de campo magnético para exposición residencial superan los $0,4\mu\text{T}$ en 8 puntos, que representa el 20,51 % del total.

En el Distrito de La Victoria - Lima, los mayores niveles registrados para exposición residencial fueron 15,22% para el campo eléctrico y 2,67% para el campo magnético. Los niveles de campo magnético para exposición residencial superan los $0,4\mu\text{T}$ en 6 puntos, que representa el 54,54 % del total.

En el Distrito de Santiago de Surco - Lima, los mayores niveles registrados para exposición residencial fueron 305% para el campo eléctrico y 14,08% para el campo magnético. Los niveles de campo magnético para exposición residencial superan los $0,4\mu\text{T}$ en 16 puntos, que representa el 88,88 % del total

En el Distrito del Agustino - Lima, los mayores niveles medidos para exposición residencial fueron 8,93% para campo eléctrico y 3,19% para campo magnético. Los niveles de campo magnético para exposición residencial superan los $0,4\mu\text{T}$ en 11 puntos, lo cual representa el 78,57% del total.

En el Distrito de Independencia - Lima, los mayores niveles medidos para exposición residencial fueron 52,85% para campo eléctrico y 2,87% para campo magnético. Los niveles de campo magnético para exposición residencial superan los $0,4\mu\text{T}$ en 21 puntos, lo cual representa el 91,3 % del total.

En el Distrito de Los Olivos - Lima, los mayores niveles medidos para exposición residencial fueron 35,09% para campo eléctrico y 5,524% para campo magnético. Los niveles de campo magnético para exposición residencial superan los $0,4\mu\text{T}$ en 15 puntos, lo cual representa el 88,23 % del total.

En el Distrito de San Borja - Lima, los mayores niveles medidos para exposición residencial fueron 110,405% para campo eléctrico y 7,072% para campo magnético. Los niveles de campo magnético para exposición residencial superan los $0,4\mu\text{T}$ en 9 puntos, lo cual representa el 56,25 % del total.

La Tabla 4 es el compendio de estos resultados. Así mismo, las fotos 1, 2, 3 y 4 muestran algunas fuentes de radiación.

Tabla 4 - Análisis del Campo Eléctrico y Magnético por Ciudad

Ciudad	Tipos de Exposición	Campo Eléctrico					Campo Magnético								
		E (kV/m)		% ICNIRP	Evaluación ICNIRP	Puntos de Medición	Puntos que exceden el límite ICNIRP	B(μT)		% ICNIRP	Evaluación ICNIRP	Evaluación contra 0.4 μT	Puntos de Medición	Puntos que exceden el límite ICNIRP	Puntos que exceden a 0.4 μT
Cajamarca	Residencial	MAX.	1,266	30,14 %	Cumple	34 Ptos	0 Ptos.	MAX.	1,179	1,42 %	Cumple	No cumple	34 Ptos.	0 Ptos.	10 Ptos. (29,41%)
		PROM.	0,0958	2,28 %	Cumple			PROM.	0,2514	0,302 %	Cumple	Cumple			
	Ocupacional	MAX.	5,93	71,44 %	Cumple	8 Ptos.	0 Ptos.	MAX.	28,04	6,67 %	Cumple	No cumple	8 Ptos.	0 Ptos.	6 Ptos. (75%)
		PROM.	1,90559	22,95 %	Cumple			PROM.	4,6675	1,11 %	Cumple	No cumple			
TOTAL							42 Ptos.	0 Ptos.	TOTAL				42 Ptos.	0 Ptos.	16 Ptos. (38,1%)
Chimbote	Residencial	MAX.	2,996	71,33 %	Cumple	10 Ptos.	0 Ptos.	MAX.	2,889	3,48 %	Cumple	No cumple	10 Ptos.	0 Ptos.	3 Ptos. (30%)
		PROM.	2,19115	52,17 %	Cumple			PROM.	0,5057	0,609 %	Cumple	No cumple			
	Ocupacional	MAX.	-	-	-	-	-	MAX.	-	-	-	-	-	-	-
		PROM.	-	-	-			PROM.	-	-	-	-			
TOTAL							10 Ptos.	0 Ptos.	TOTAL				10 Ptos.	0 Ptos.	3 Ptos. (30%)
Huancavelica Complejo Hidroeléctrico del Mantaro	Residencial	MAX.	4,027	95,88 %	Cumple	2 Ptos.	0 Ptos. (0 %)	MAX.	4,071	4,904 %	Cumple	No cumple	2 Ptos.	0 Ptos.	2 Ptos. (100%)
		PROM.	2,19115	52,17 %	Cumple			PROM.	3,114	3,75 %	Cumple	No cumple			
	Ocupacional	MAX.	8,928	107,6 %	No cumple	51 Ptos.	1 Pto. (1,96 %)	MAX.	345,4	82,23 %	Cumple	No cumple	51 Ptos.	0 Ptos.	46 Ptos. (90,19%)
		PROM.	0,739	8,9 %	Cumple			PROM.	18,263	4,34 %	Cumple	No cumple			
TOTAL							53 Ptos.	1 Pto. (1,88 %)	TOTAL				53 Ptos.	0 Ptos.	48 Ptos. (90,56%)
Iquitos	Residencial	MAX.	0,5782	13,76 %	Cumple	18 Ptos.	0 Ptos. (0 %)	MAX.	2,519	3,034 %	Cumple	No cumple	18 Ptos.	0 Ptos.	14 Ptos. (77,77%)
		PROM.	0,1277	3,04 %	Cumple			PROM.	0,7101	0,85 %	Cumple	No cumple			
	Ocupacional	MAX.	2,035	24,51 %	Cumple	6 Ptos.	0 Ptos. (0 %)	MAX.	37,28	8,87 %	Cumple	No cumple	6 Ptos.	0 Ptos.	5 Ptos. (83,33%)
		PROM.	0,67372	8,11 %	Cumple			PROM.	7,4524	1,77 %	Cumple	No cumple			
TOTAL							24 Ptos.	0 Ptos. (0 %)	TOTAL				24 Ptos.	0 Ptos.	19 Ptos. (79,16%)
Ciudad	Tipos de Exposición	Campo Eléctrico					Campo Magnético								
		E (kV/m)		% ICNIRP	Evaluación ICNIRP	Puntos de Medición	Puntos que exceden el límite ICNIRP	B(μT)		% ICNIRP	Evaluación ICNIRP	Evaluación contra 0.4 μT	Puntos de Medición	Puntos que exceden el límite ICNIRP	Puntos que exceden a 0.4 μT
El Agustino-Lima	Residencial	MAX.	0,3753	8,93 %	-	-	0 Ptos.	MAX.	2,652	3,19 %	Cumple	No cumple	-	-	11 Ptos. (78,57%)
		PROM.	0,1533	3,65 %	Cumple			PROM.	0,8156	0,98 %	Cumple	No cumple			
	Ocupacional	MAX.	-	-	-	-	-	MAX.	-	-	-	-	-	-	-
		PROM.	-	-	-			PROM.	-	-	-	-			
TOTAL							14 Ptos.	0 Ptos.	TOTAL				14 Ptos.	0 Ptos.	11 Ptos. (78,57%)
Independencia-Lima	Residencial	MAX.	2,22	52,85 %	Cumple	23 Ptos.	0 Ptos.	MAX.	2,384	2,87 %	Cumple	No cumple	23 Ptos.	0 Ptos.	21 Ptos. (91,3%)
		PROM.	0,499	11,88 %	Cumple			PROM.	0,870	1,04 %	Cumple	No cumple			
	Ocupacional	MAX.	-	-	-	-	-	MAX.	-	-	-	-	-	-	-
		PROM.	-	-	-			PROM.	-	-	-	-			
TOTAL							23 Ptos.	0 Ptos.	TOTAL				23 Ptos.	0 Ptos.	21 Ptos. (91,3%)
La Victoria-Lima	Residencial	MAX.	0,6394	15,22 %	Cumple	6 Ptos.	0 Ptos.	MAX.	2,722	3,27 %	Cumple	No cumple	11 Ptos.	0 Ptos.	6 Ptos. (54,54%)
		PROM.	0,2127	5,06 %	Cumple			PROM.	0,698	0,84 %	Cumple	No cumple			
	Ocupacional	MAX.	-	-	-	-	-	MAX.	-	-	-	-	-	-	-
		PROM.	-	-	-			PROM.	-	-	-	-			
TOTAL							6 Ptos.	0 Ptos.	TOTAL				11 Ptos.	0 Ptos.	6 Ptos. (54,54%)
Los Olivos-Lima	Residencial	MAX.	1,474	35,09 %	Cumple	17 Ptos.	0 Ptos.	MAX.	4,585	5,52 %	Cumple	No cumple	17 Ptos.	0 Ptos.	15 Ptos. (88,23%)
		PROM.	0,316	7,52 %	Cumple			PROM.	1,1306	1,36 %	Cumple	No cumple			
	Ocupacional	MAX.	-	-	-	-	-	MAX.	-	-	-	-	-	-	-
		PROM.	-	-	-			PROM.	-	-	-	-			
TOTAL							17 Ptos.	0 Ptos.	TOTAL				17 Ptos.	0 Ptos.	15 Ptos. (88,23%)

Tabla 6 - Análisis del Campo Eléctrico y Magnético por Ciudad (continuación)

Ciudad	Tipos de Exposición	Campo Eléctrico					Campo Magnético								
		E (kV/m)		% ICNIRP	Evaluación ICNIRP	Puntos de Medición	Puntos que exceden el límite ICNIRP	B(μT)		% ICNIRP	Evaluación ICNIRP	Evaluación contra 0.4 μT	Puntos de Medición	Puntos que exceden el límite ICNIRP	Puntos que exceden 0.4 μT
San Borja-Lima	Residencial	MAX.	4,637	110.4 %	No cumple	16 Ptos.	1 Pto.	MAX.	5,87	7.07 %	Cumple	No cumple	16 Ptos.	0 Ptos.	9 Ptos (56,25%)
		PROM.	0,508	12,09 %	Cumple			PROM.	0,902	1,08 %	Cumple	No cumple			
	Ocupacional	MAX.	-	-	-	-	-	MAX.	-	-	-	-	-	-	-
		PROM.	-	-	-			PROM.	-	-	-	-			
TOTAL					16 Ptos.	1 Pto.	TOTAL					16 Ptos.	0 Ptos.	9 Ptos (56,25%)	
San Juan-Lima	Residencial	MAX.	0,0454	1,08 %	Cumple	15 Ptos.	0 Ptos.	MAX.	0,3539	0,42 %	Cumple	Cumple	15 Ptos.	0 Ptos.	0 Ptos.
		PROM.	0,0176	0,41 %	Cumple			PROM.	0,1783	0,21 %	Cumple	Cumple			
	Ocupacional	MAX.	0,0389	0,469 %	Cumple	1 Pto.	0 Ptos.	MAX.	2,47	0,58 %	Cumple	No cumple	1 Pto.	0 Ptos.	1 Pto.
		PROM.	0,0389	0,469 %	Cumple			PROM.	2,47	0,58 %	Cumple	No cumple			
TOTAL					16 Ptos.	0 Ptos.	TOTAL					16 Ptos.	0 Ptos.	1 Pto. (6,25%)	
Stgo. de Surco-Lima	Residencial	MAX.	12,81	305 %	No cumple	18 Ptos.	5 Ptos.	MAX.	11,69	14,08 %	Cumple	No cumple	18 Ptos.	0 Ptos.	16 Ptos (88,88%)
		PROM.	3,312	78,85 %	Cumple			PROM.	4,7788	5,75 %	Cumple	No cumple			
	Ocupacional	MAX.	-	-	-	-	-	MAX.	-	-	-	-	-	-	-
		PROM.	-	-	-			PROM.	-	-	-	-			
TOTAL					18 Ptos.	5 Ptos.	TOTAL					18 Ptos.	0 Ptos.	16 Ptos (88,88%)	
Pucallpa	Residencial	MAX.	1,518	36,14 %	Cumple	34 Ptos.	0 Ptos.	MAX.	1,63	1,96 %	Cumple	No cumple	34 Ptos.	0 Ptos.	18 Ptos (52,94%)
		PROM.	0,2819	6,71 %	Cumple			PROM.	0,4538	0,54 %	Cumple	No cumple			
	Ocupacional	MAX.	3,242	39,06 %	Cumple	10 Ptos.	0 Ptos.	MAX.	14,33	3,41 %	Cumple	No cumple	10 Ptos.	0 Ptos.	10 Ptos (100%)
		PROM.	0,999	12,03 %	Cumple			PROM.	6,5737	1,57 %	Cumple	No cumple			
TOTAL					44 Ptos.	0 Ptos.	TOTAL					44 Ptos.	0 Ptos.	28 Ptos (63,63%)	
Trujillo	Residencial	MAX.	1,129	26,88 %	Cumple	39 Ptos.	0 Ptos.	MAX.	2,188	2,63 %	Cumple	No cumple	39 Ptos.	0 Ptos.	8 Ptos (20,51%)
		PROM.	0,0867	2,063 %	Cumple			PROM.	0,2789	0,33 %	Cumple	No cumple			
	Ocupacional	MAX.	2,594	31,25 %	Cumple	6 Ptos.	0 Ptos.	MAX.	128,5	30,59 %	Cumple	No cumple	6 Ptos.	0 Ptos.	6 Ptos (100%)
		PROM.	1,331	16,04 %	Cumple			PROM.	27,743	6,605 %	Cumple	No cumple			
TOTAL					45 Ptos.	0 Ptos.	TOTAL					45 Ptos.	0 Ptos.	14 Ptos (31,11%)	



Foto 1 - Ubicación del medidor de campo magnético radiado por la línea de 10 KV, en Cajamarca.

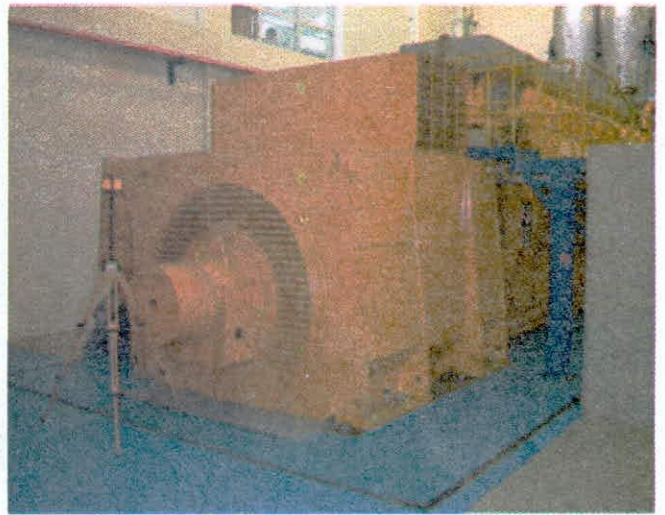


Foto 2 - Ubicación del medidor de campo magnético radiado por el generador 5 CARTERPILLAR de 10 KV en la Central Térmica de Iquitos.



Foto 3 - Ubicación del medidor de campo eléctrico radiado por la líneas de 220 KV, en el distrito Independencia - Lima.

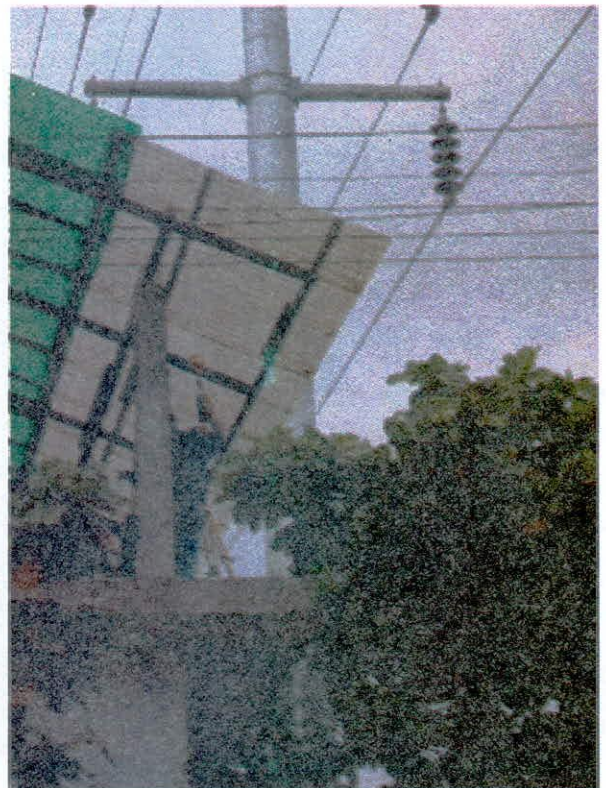


Foto 4 - Ubicación del medidor de campo magnético radiado por la línea de 60 KV, sobre el segundo piso de una vivienda en Pucallpa.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El campo magnético es casi siempre máximo debajo de la línea, pero no necesariamente ocurre lo mismo con el campo eléctrico, el cual depende mucho de la configuración de la línea y se recomienda medirlo a lo largo de la sección transversal.

La altura de los conductores sobre el suelo es un parámetro de gran influencia en la intensidad de los campos, tanto eléctrico como magnético, encontrándose en el centro del vano los valores máximos, por tal razón se recomienda realizar las mediciones en este punto. El campo eléctrico de baja frecuencia puede ser fácilmente apantallado, lo que no ocurre con el campo magnético, el cual sólo puede serlo parcialmente.

La acción más inmediata y eficaz para disminuir el efecto del campo magnético es el alejarse de la fuente que la produce. Si esta acción no puede ser tomada, las alternativas para reducir su efecto son:

- Elevar más la línea o aumentar su profundidad si se trata de una línea subterránea.
- Disminuir la distancia entre las fases.
- Disminuir la intensidad de la corriente que atraviesa la línea.
- Procurar balancear al máximo las cargas de las fases, para no sobrecargar de corriente a una de ellas, el desequilibrio de carga sucede con frecuencia en las redes de baja tensión.
- Se sugiere realizar las medidas en las líneas que posean mayor capacidad de transmisión de potencia.

Todos los efectos a corto plazo están modelados por la Ecuaciones de Maxwell para baja frecuencia, y los límites del campo permisible están establecidos por la Recomendación ICNIRP. Sin embargo, el cumplimiento de la Recomendación ICNIRP no necesariamente evita los efectos indeseables sobre los dispositivos médicos implantados. Además la IARC y la organización Mundial de la Salud (OMS) han encontrado que la incidencia de leucemia infantil se duplica para un valor de campo magnético muy por

debajo de los límites ICNIRP. En aplicación del Principio de precaución este hecho debería ser considerado.

Para el total de las mediciones para exposición residencial (251 Ptos de medición de Campo Magnético y 246 Ptos. de Campo Eléctrico), el nivel de Campo Magnético máximo, mínimo y promedio alcanzó el 14,08%, 0,0067% y 1,106% del límite ICNIRP (83 μ T a 60 Hz), respectivamente, este nivel máximo de campo magnético se detectó en Santiago de Surco - Lima. El nivel de Campo Eléctrico máximo, mínimo y promedio alcanzó el 305%, 0,011% y 11,093% del límite ICNIRP (4,2 kV/m a 60 Hz) respectivamente, este nivel máximo de campo eléctrico también se detectó en Santiago de Surco - Lima.

Para el total de las mediciones para exposición ocupacional (82 Ptos de medición de Campo Magnético y Eléctrico), el nivel de campo magnético máximo, mínimo y promedio alcanzó el 82,23%, 0,016% y 15,223% del límite ICNIRP (420 μ T a 60 Hz) respectivamente, este nivel máximo de campo magnético se detectó en la Central Restitución del Complejo Hidroeléctrico del Mantaro. El nivel de Campo Eléctrico máximo, mínimo y promedio alcanzó el 107,56%, 0,00082%, 11,02% del límite ICNIRP (8,3 kV/m a 60 Hz), respectivamente, donde este nivel máximo de campo eléctrico se detectó en la Central Santiago Antúnez de Mayolo del Complejo Hidroeléctrico del Mantaro.

A nivel nacional, el 2,44% (Total 246 Ptos.) de las mediciones de Campo Eléctrico para exposición residencial y el 1,22% (Total 82 Ptos.) de las mediciones de Campo Eléctrico para exposición ocupacional superan los límites máximos permisibles establecido por ICNIRP.

A nivel nacional, el 0% (Total 251 Ptos) de las mediciones de Campo Magnético para exposición residencial y el 1,22% (Total 82 Ptos.) de las mediciones de Campo Magnético para exposición ocupacional superan los límites máximos permisibles establecido por ICNIRP.

De acuerdo con las mediciones realizadas a nivel nacional, los niveles de campo eléctrico y magnético debajo de las líneas aéreas, no superan los límites máximos permisibles establecidos por ICNIRP por lo que, la población que reside debajo o cerca de estas líneas no está expuesta a campos que superan los límites, por lo tanto no sufrirá los efectos a corto plazo. Aunque sólo el nivel de campo eléctrico debajo de la línea aérea puede alcanzar o superar ligeramente el límite, este tipo de campo se apantalla fácilmente con cualquier material. Sin embargo los niveles de campo magnético de algunas líneas aéreas sí superan el nivel de $0,4 \mu\text{T}$ encontrado por la Agencia Internacional de Investigación del Cáncer (IARC) y aceptado por la OMS, que asocia la leucemia infantil en la población expuesta a largo plazo a los campos magnéticos de frecuencia industrial. Esta situación en aplicación del Evitamiento Prudente del Principio de Precaución deberá evitarse.

De los 333 puntos de medición a nivel nacional, el 62,16% de las mediciones de campo magnético superan el nivel de $0,4 \mu\text{T}$, el cual gráficamente se puede observar en las Figs. 4 y 5.

De acuerdo a los puntos anteriores es recomendable utilizar el evitamiento prudente del principio de precaución a fin de evitar posibles problemas de salud ambiental en el futuro.

Desde el punto de vista de seguridad eléctrica, la instalación de las líneas aéreas deben cumplir con las distancias de seguridad y ancho mínimo de la franja de servidumbre, establecidos por el Código Nacional de Electricidad (CNE). A pesar de eso, no necesariamente el nivel de campo magnético en el borde de la franja de servidumbre es menor de $0,4 \mu\text{T}$. De acuerdo a las mediciones realizadas, para una línea de 220 kV este nivel de campo puede alcanzar a las viviendas cercanas, hasta una cuadra desde la línea. Por tal motivo desde el punto de vista electromagnético, se sugiere ampliar el ancho mínimo establecido por el CNE para algunos niveles de tensión de la línea, pero INICTEL no es la autoridad competente en el sector eléctrico.

Asimismo es necesario que las autoridades del Sector

Eléctrico: El Ministerio de Energía y Minas y el OSINERG, complementen y profundicen las mediciones para completar el Diagnóstico Nacional de las Radiaciones No Ionizantes de baja frecuencia.

Finalmente, estas autoridades deberán plantear los Límites Máximos Permisibles para baja frecuencia.

Las figuras 2, 3, 4 y 5 y las tablas 5 y 6 son el resumen de estas conclusiones.

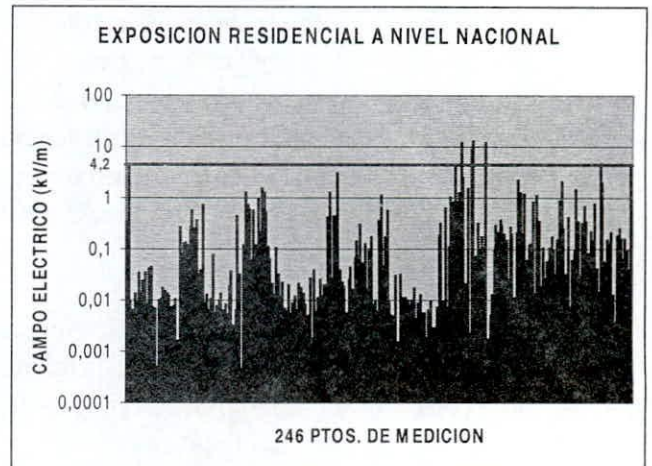


Figura 2 - Representación Gráfica de las Mediciones de campo Eléctrico para Exposición Residencial

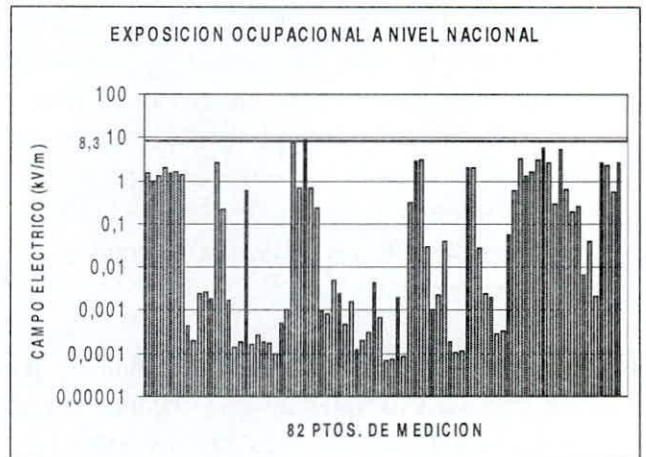


Figura 3 - Representación Gráfica de las Mediciones de Campo Eléctrico para Exposición Ocupacional

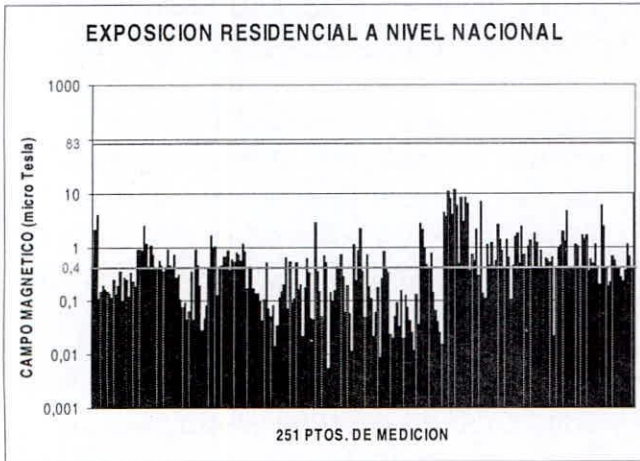


Figura 4 - Representación Gráfica de las Mediciones de Campo Magnético para Exposición Residencial

Tabla - 5 Niveles de campo eléctrico almacenados en distintos puntos del país.

Tipo de Exposición	CAMPO ELECTRICO (kV/m)			Número de Puntos de medición	Número de Puntos que exceden el límite ICNIRP
	MAXIMO	MINIMO	PROMEDIO		
RESIDENCIAL	12,81	0,0004637	0,481	246 Ptos.	6 Ptos. (2,44 %)
OCUPACIONAL	8,928	0,00006877	1,003838	82 Ptos.	1 Pto. (1,22 %)
TOTAL				328 Ptos.	7 Ptos. (2,13 %)

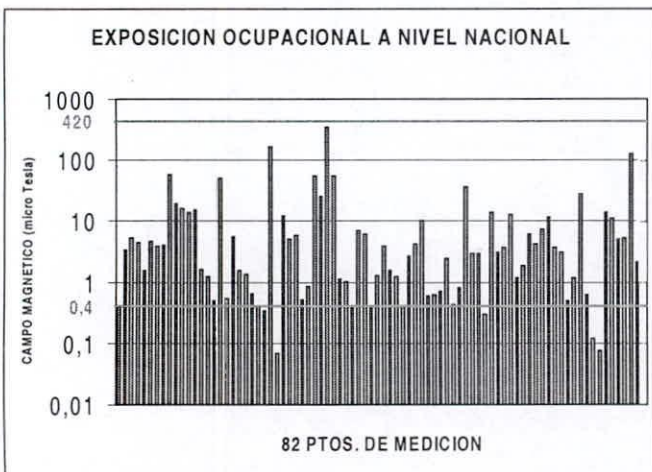


Figura 5 - Representación Gráfica de las Mediciones de Campo Magnético para Exposición Ocupacional

Tabla 6 - Niveles de campo magnético almacenados en distintos puntos del país.

Tipo de Exposición	CAMPO MAGNETICO (μT)			Número de Puntos de medición	Número de Puntos que exceden el límite ICNIRP	Número de Puntos que exceden a 0,4 μT
	MAXIMO	MINIMO	PROMEDIO			
RESIDENCIAL	11,69	0,005623	0,878104	251 Ptos.	0 Ptos. (0 %)	131 Ptos. (52,19 %)
OCUPACIONAL	345,4	0,0685	15,22737	82 Ptos.	1 Pto. (1,22 %)	74 Ptos. (90,24 %)
TOTAL				333 Ptos.	1 Pto. (0,3 %)	205 Ptos. (61,56 %)

VII. BIBLIOGRAFÍA

NRPB National Radiological Protection Board (Reino Unido); www.nrpb.org/publications/documents_of_nrpb/pdfs/doc121.pdf; acceso: diciembre 2001

Campos Eléctricos y Magnéticos de 50 Hz. Red Eléctrica de España y UNESA-1998; www.ree.es/cap05/pdf/REE_UNESA_CEM_2001.pdf; acceso: enero 2002

Cinco años de investigación sobre los efectos biológicos de los campos electromagnéticos de frecuencia industrial en los seres vivos. Presentación de los resultados de la colaboración entre la Univ. De Valladolid, el CSIC, UNESA y Red Eléctrica de España durante los años 1995-2000; www.ree.es/cap05/pdf/REE_CEM_2001.pdf; acceso: febrero 2002

Líneas Eléctricas y Cáncer: Preguntas y Respuestas. Traducida al español por Juan Bernar (Unesa-Amys) y Carlos Llanos (Red Eléctrica de España); www.mcw.edu/gcrc/cop/lineas-electricas-cancer/toc.html1; acceso: mayo 2002

Campos Electromagnéticos y Salud Pública. Informe Técnico Elaborado Por El Comité De Expertos (España); www.setsi.mcyt.es/movil/as_sanit/infor_syc.pdf; acceso: julio 2002

Campos Electromagnéticos y Salud Pública. Resumen informativo elaborado por el Ministerio de Sanidad y Consumo a partir del informe técnico realizado por el Comité de Expertos; Madrid, 1 de mayo del 2001; www.setsi.mcyt.es/movil/as_sanit/resum_syc.pdf; acceso: setiembre 2002

III Jornada sobre Líneas Eléctricas y Medio Ambiente 6 y 7 de Octubre de 1999 Madrid – España; www.ree.es/cap05/pdfIIIjornadas-ma.pdf; acceso: octubre del 2002

Reporte de la NIEHS sobre efectos en la salud de la exposición a campos eléctricos y magnéticos de frecuencia industrial; www.niehs.nih.gov/emfrapid/html/EMF_DIR_RPT/Report_18f.htm; acceso: Noviembre del 2002