

Evaluación de las Radiaciones No Ionizantes de Hornos Microondas en la UNMSM

Assessment of Non Ionizing Radiation from Microwave Ovens at the UNMSM

Víctor M. Cruz Ornetta¹, Teresa E. Núñez Zuñiga², Alfredo Medina Calderón³,
Pedro E. Alvarado Sanchez⁴, Ángel Ayala Herrera⁵, Katherine M. Bautista Hernández⁶

*Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú
INICTEL, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú*

Resumen— El objetivo de este trabajo fue verificar y evaluar los límites máximos de emisión y exposición del campo electromagnético - CEM generado por los hornos microondas, de acuerdo a lo establecido por la Comisión Electrotécnica Internacional - IEC y a los niveles de referencia fijado en las Recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección contra las Radiaciones No Ionizantes - ICNIRP. Esta tarea fue desarrollada en una muestra de 30 hornos microondas de uso doméstico de diferentes fabricantes, ubicadas en diversas facultades de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos – UNMSM, el 2011. Luego del estudio de la bibliografía referida a los efectos del CEM en la salud relacionada con la radiación de los hornos microondas, se realizaron mediciones de los campos eléctricos y magnéticos con valor de frecuencia en 60 Hz y de los campos eléctricos de radio frecuencia en 2.4 GHz emitidos por los hornos microondas, cuyos resultados fueron contrastados con los estándares nacionales e internacionales. Los valores medidos, obtenidos de todos los casos experimentados demostraron que no sobrepasan los límites de emisión y exposición normados en el ámbito internacional.

Abstract— The objective of this work was to verify and evaluate the emission and exposure limits of electromagnetic field - EMF generated by microwave ovens, according to established by the International Electrotechnical Commission - IEC and according it set in benchmarks in the Recommendations of the International Commission on Non-Ionizing Radiation -

ICNIRP. This work was developed on sample of 30 household microwave ovens from different manufacturers, located in various faculties of the Universidad Nacional Mayor de San Marcos – UNMSM, the 2011. After studying of the literature on the health effects related the CEM of the microwave ovens, measurements were performed of electric and magnetic fields with frequency value of 60 Hz and radiofrequency electric fields 2.4 GHz emitted by microwave ovens, the results were compared with national and international standards. The measured values obtained in all cases tested showed that remain within regulated emission and exposure internationally.

Palabras clave— hornos microondas, campos electromagnéticos, radiaciones no ionizantes, ICNIRP, IEEE, IEC.

Key words— microwave ovens, electromagnetic fields, non- ionizing radiations, ICNIRP, IEEE, IEC.

I. INTRODUCCIÓN

El tema de la radiación de los hornos de microondas es de vital importancia, pues casi toda familia moderna no solo tiene un equipo sino varios. Por lo tanto si las radiaciones de estos electrodomésticos producen algún efecto en la salud, debido a su uso esta se convertirá en un problema de salud pública. Por este motivo se ha desarrollado varios estudios sobre la radiación de los hornos microondas.

El objetivo del presente trabajo fue de verificar y evaluar los límites máximos de emisión y exposición del campo electromagnético - CEM generado por un horno de microondas, de acuerdo a lo establecido por

¹ Víctor M. Cruz Ornetta, veruzor@gmail.com

² Teresa E. Núñez Zuñiga, nunezuniga@yahoo.es

³ Alfredo Medina Calderón, medina1801@hotmail.com

⁴ Pedro E. Alvarado Sánchez, pedroalvaradosanchez54@gmail.com

⁵ Ángel Ayala Herrera, aayala@inictel-uni.edu.pe

⁶ Katherine M. Bautista Hernández, kate_26_1@hotmail.com

Recibido: Noviembre 2011 / Aceptado: Diciembre 2011

la Comisión Electrotécnica Internacional - IEC y a los niveles de referencia fijado en las Recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección contra las Radiaciones No Ionizantes - ICNIRP y obtener información base acerca de los niveles de exposición a campos electromagnéticos de frecuencias extremadamente bajas (ELF) y de radiofrecuencia (RF).

II. METODOLOGÍA

A. Fase I

La radiación proveniente de los hornos de microondas en ambientes domésticos consiste principalmente de campos electromagnéticos de ELF proveniente de la alimentación de energía eléctrica y los campos de RF provenientes de la cámara de cocción, por lo que, para evaluar los campos electromagnéticos de los hornos de microondas en la Fase I se realizó investigación monográfica acerca de la regulación sobre los límites de emisión y exposición ante estos campos, establecidos por la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC), la Comisión Internacional de Protección contra las Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP) y la Organización Mundial de la Salud (OMS). También se realizó una revisión de los documentos internacionales importantes tales como los emitidos por la Agencia Australiana de Protección contra Radiación y Seguridad Nuclear (ARPANSA), la Administración de Alimentos y Drogas de los Estados Unidos (FDA), Salud de Canadá (HC), el Grupo de Radiotecnología y Compatibilidad de la Agencia de Radiocomunicaciones (Reino Unido).

B. Fase II

Inicialmente se realizó un inventario de los hornos microondas desde el 27 de mayo al 07 de julio totalizando 159 hornos microondas inventariados con potencias de consumo de energía eléctrica entre 700 y 1500 vatios.

Las mediciones fueron llevadas a cabo del 24 de mayo al 23 de junio del 2011, donde se realizaron mediciones de campo eléctrico y magnético en 60 Hz y mediciones de campo eléctrico en la frecuencia de la región de microondas a 30 hornos de microondas instalados en las oficinas de varias facultades de la UNMSM. Estas mediciones fueron efectuadas mediante un analizador de campo electromagnético para baja frecuencia con sondas para campo eléctrico y magnético de frecuencias extremadamente bajas y con un analizador de campo electromagnético para radiofrecuencias (RF) con sonda de campo eléctrico

para frecuencias de microondas. Adicionalmente se utilizaron odómetros y cámaras fotográficas digitales.

La evaluación de los niveles de campos medidos se llevo a cabo basado en los límites de emisión y exposición internacionales.

III. MEDICIONES

A. Criterios básicos para seleccionar los puntos de medición.

El estudio fue realizado mediante mediciones directas de la exposición a bajas frecuencias de 60 Hz y frecuencias de RF en la banda de 2.45 GHz.

Para una mejor evaluación de la exposición, el estudio fue realizado en ambientes en donde los hornos trabajan en la misma dirección y la misma altura respecto de la puerta del horno.

B. Protocolo para la medición del campo electromagnético.

Los puntos de medición fueron localizados a 5, 10, 20, 50 y 100 cm de distancia del horno microondas a ser testeado.

Para obtener el máximo nivel de exposición (el peor caso), las mediciones fueron realizadas en el mismo lado y a la misma altura de la puerta, el tiempo del promediado fue de 1 minuto y la carga fue de 275 ml de agua.

Para baja frecuencia se realizaron mediciones independientes para las intensidades de los campos eléctrico y magnético en 60 Hz con una analizador de campos electromagnéticos EFA 300 (ver Fig. 1) y para evitar interferencias y/o errores en la medición del campo eléctrico el operador se mantuvo a una distancia mínima de 2.5 m de la sonda durante la medición. En el proceso de medición del campo magnético el operador pudo permanecer cerca de la sonda debido a que su presencia cercana no implicaba perturbación del campo magnético medido.



Fig. 1 Analizador de Campo Electromagnético de Baja Frecuencia EFA-300.

Para radio frecuencia se efectuaron mediciones de campo eléctrico con el analizador de campo electromagnético SRM 3000 (ver Fig. 2) y para evitar interferencias y/o errores en la medición el operador se ubicó de tal forma que no se encuentre entre la fuente de radiación y la sonda del equipo de medición, manteniéndose a una distancia mínima de 2.5 m de la sonda.



Fig. 2 Medidor Selectivo de Radiación No Ionizante (100 KHz - 3 GHz) SRM-3000

Los puntos de medición fueron localizados de acuerdo con el párrafo anterior. Seguidamente se realizó la conexión de la sonda (E o B) a la unidad principal del medidor y automáticamente se inició la calibración y pruebas de la unidad principal.

Se realizaron mediciones de campo eléctrico (E) y magnético (B) para 60 Hz y mediciones de campo eléctrico (E) de radiofrecuencia (100 kHz - 3 GHz), siendo para cada caso una medición por cada sensor en los puntos seleccionados. Estos valores fueron automáticamente almacenados en una computadora personal. Durante las mediciones se recolectaron los siguientes datos:

- Fecha y hora de las mediciones.
- Información técnica del horno.
- Detalles de los puntos de medición (planos y bosquejos usando un odómetro).
- Fotografías de las mediciones.
- Otras informaciones relevantes

La evaluación del cumplimiento de las recomendaciones internacionales para el CEM fue realizada en comparación con los límites de emisión de la IEEE y las recomendaciones internacionales ICNIRP para exposición a los campos electromagnéticos.

IV. RESULTADOS

Inicialmente se realizó el inventario de los hornos microondas del 27 de mayo al 07 de julio totalizando 159 hornos microondas inventariados. En dicho inventario se incluyó información de la ubicación, persona a cargo, voltaje, frecuencia y potencia de alimentación, frecuencia y potencia de radiofrecuencia, marca, modelo y serie.

A. Posibles efectos de la radiación de hornos microondas.

De acuerdo a las revisiones internacionales más importantes realizadas en los últimos años por la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Comisión Internacional de Protección contra las Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP), la Agencia Internacional de Investigación del Cáncer (IARC), los efectos agudos establecidos para las frecuencias extremadamente bajas (ELF) son aquellos que se derivan de la carga superficial inducida en la piel que podría manifestarse como microchoques y los resultantes de la inducción de los campos eléctricos internos, como por ejemplo la estimulación nerviosa podría dar lugar a espasmos musculares y fibrilación del corazón, y entre los posibles efectos por exposición de largo plazo se encuentra la leucemia infantil como la de mayor incidencia, que se produciría por exposición crónica a campos magnéticos mayores a 0.4 μ T. Para los campos de microondas, la exposición a niveles suficientemente altos causará calentamiento. En el caso del tejido humano, un exceso de calentamiento podría tener serios efectos sobre la salud tales como quemaduras de los tejidos profundos e hipertermia [1], [2], [3], [4].

Para asegurar que los niveles de los campos radiados sean niveles seguros y por lo tanto que la operación sobre los hornos de microondas no cause efectos perjudiciales para la salud humana, se requiere realizar mediciones. El propósito de las recomendaciones internacionales es evitar los efectos adversos agudos sobre la salud, establecida por la investigación científica a nivel internacional.

En el caso de los hornos microondas en condiciones de funcionamiento normal de acuerdo a las mediciones realizadas en el Perú hasta 1 m se pueden encontrar niveles mayores a 0.4 μ T para ELF. Para las frecuencias de microondas de acuerdo a las mediciones realizadas en el Perú y en el ámbito internacional en situaciones de operación normal los campos distan mucho de los niveles que podrían causar efectos dañinos sobre la salud de las personas, sin embargo es necesario tener cuidado de los casos que

podrían originar campos de fuga más altos a los normales.

Basado en los efectos biológicos y en la salud reportada como producto de la investigación realizada en el ámbito mundial se han establecido los límites internacionales de emisión y exposición.

B. Regulación sobre la emisión

Los hornos de microondas disponibles para el mercado doméstico tienen una capacidad máxima de potencia máxima de 600 a 1000 W. En el caso de los equipos utilizados para diatermia terapéutica que utilizan la misma frecuencia, los niveles de potencia son de 200 w como valor máximo. El nivel producido por un horno microondas para exposición directa de una persona necesitaría solo 5 minutos para que el tejido expuesto alcance una temperatura de 50°C. Debido al potencial de los hornos para causar quemaduras severas las emisiones de fuga de los hornos, estas deben ser limitadas a niveles seguros.

Como consecuencia la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) y la Administración de Drogas y Alimentos de los EEUU han establecido límites para la emisión de las señales de microondas a 50 W/m² en cualquier punto y a 5 cm de las superficies externas del horno microondas [5], [6].

C. Regulación sobre la exposición

Por otro lado basado en múltiples estudios realizados sobre los efectos en la salud que han sido desarrollados en todo el mundo, se ha establecido a través de la Comisión Internacional de Protección contra las Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP) los límites máximos de exposición ante señales de ELF y microondas, las mismas que son aplicables a la radiación de hornos microondas [7], [8].

La Tabla 1 nos muestra los límites máximos de exposición establecidos por ICNIRP a las frecuencias relevantes a este estudio. Es decir el cumplimiento de estos límites de exposición asegura la protección de la salud de las personas contra los efectos biológicos. Es decir, que estos límites se han establecido a través de las investigaciones desarrolladas a nivel mundial, mostrando que en baja frecuencia de acuerdo a las recomendaciones para limitar la exposición a los campos eléctricos y magnéticos de 1 a 100 kHz (ICNIRP - 2010), estas están vinculadas a la inducción de los campos eléctricos internos dentro del cuerpo y en alta frecuencia de 0 a 300 GHz (ICNIRP - 1998) está vinculada al efecto térmico total o parcial sobre el cuerpo aplicado.

TABLA I

LIMITES ICNIRP PARA LA EXPOSICIÓN DEL PÚBLICO EN GENERAL A LAS FRECUENCIAS RELEVANTES AL ESTUDIO

Frecuencia	E (V/m)	H (A/m)	B (μT)	S (W/m ²)
60 Hz	4166.7	160	200	-
2450 MHz	61	0.110	0.137	10

En el Perú no hay regulación específica para las emisiones y a la exposición relacionada a los campos electromagnéticos producido por los hornos de microondas, pero si están vigentes los Estándares de Calidad Ambiental de Radiaciones No Ionizantes que endosan las Recomendaciones ICNIRP-1998 en el rango de frecuencias de 0 Hz-300 GHz, incluyendo las frecuencias relevantes para estos hornos los cuales pueden ser utilizados como directrices de referencia. En la Tabla 2 se muestran los Estándares de Calidad Ambiental [9] vigentes a la fecha para las frecuencias relevantes al estudio.

TABLA II

ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PERUANOS (LIMITES ICNIRP-1998) PARA LA EXPOSICIÓN DEL PÚBLICO EN GENERAL A LAS FRECUENCIAS RELEVANTES AL ESTUDIO

Frecuencia	E (V/m)	H (A/m)	B (μT)	S (W/m ²)
60 Hz	4166.7	66.7	83.3	-
2450 MHz	61	0.110	0.137	10

D. Mediciones

Las mediciones se realizaron en las facultades de Ciencias Biológica, Ciencias Físicas, Ciencias Matemáticas, Ingeniería Electrónica y Eléctrica, Ingeniería Industrial, Química e Ingeniería Química, de Psicología, Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Instituto de Medicina Tropical y otras oficinas como la Clínica Universitaria, Maestranza, Red Telemática de San Marcos, totalizando 30 hornos y 465 mediciones.

En la hoja de datos se incluyó el lugar, hora y fecha de las mediciones, así como las mediciones para 5 distancias diferentes de campo eléctrico y magnético ELF y de campo eléctrico en radiofrecuencia.

A partir de los resultados de las mediciones se ha encontrado que el nivel más alto de intensidad de campo eléctrico para bajas frecuencias es 558.3 V/m, mientras que el nivel más alto del campo magnético para baja frecuencias es 49.9 μT, para radiofrecuencias el campo eléctrico más alto fue encontrado a 10 cm de la puerta del horno siendo el valor de 24.5 V/m.

V. ANÁLISIS

La evaluación de los niveles medidos en términos de los límites de emisión internacionales y los límites de exposición ICNIRP, muestra que los campos eléctricos y magnéticos de baja frecuencia de los hornos microondas no sobrepasan los límites máximos de exposición poblacionales de ICNIRP – 2010, sin embargo a la distancia de 1 m todavía se encuentran más de 10 mediciones por encima de 0.4 μ T. Asimismo los campos de radiofrecuencia medidos a 5 cm cumplen con los límites de emisión internacionales y todos los valores medidos para los campos de radiofrecuencia cumplen con los límites máximos de exposición poblacionales de ICNIRP 1998.

En las Fig.3, Fig.4 y Fig.5 se muestran la variación de los campos eléctrico y magnético de bajas frecuencias y de la densidad de potencia de radiofrecuencia con respecto a la distancia, gráficas típicas de estas variaciones.

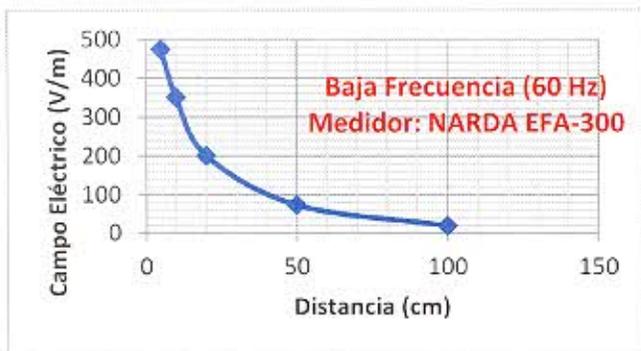


Fig. 3 Campo Eléctrico vs. Distancia.

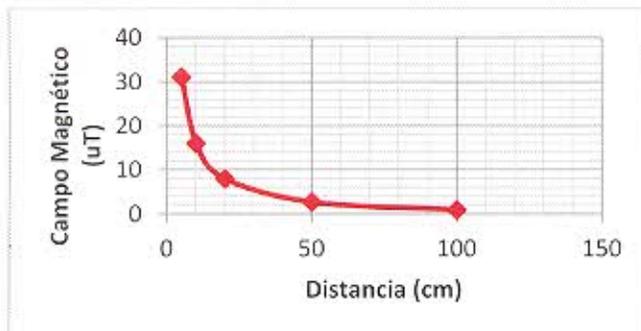


Fig. 4 Campo Magnético vs. Distancia

De la Fig.6 a la Fig.11 se muestran todas las mediciones de campo eléctrico de baja frecuencia y su equivalente en porcentaje respecto a los límites ICNIRP poblacional 2010, el campo magnético de baja frecuencia y su equivalente en porcentaje de los límites ICNIRP poblacional 2010, y el campo eléctrico de radiofrecuencia y su equivalente en porcentaje de los límites ICNIRP poblacional 1998.

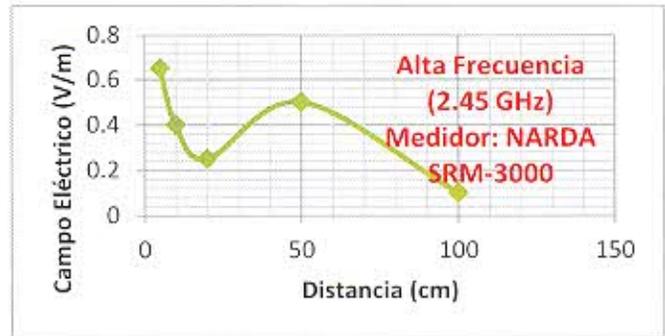


Fig. 5 Campo Eléctrico en RF vs. Distancia

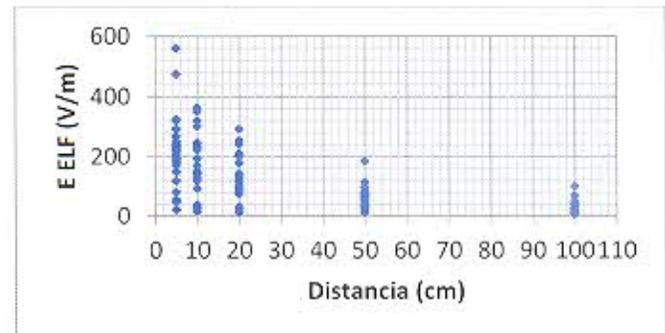


Fig. 6 Campo Eléctrico vs. Distancia

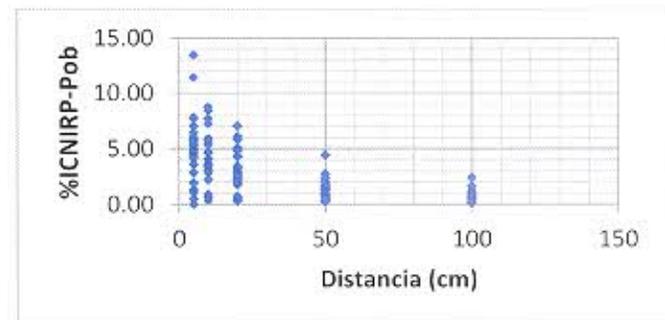


Fig. 7 % ICNIRP del Campo Eléctrico vs. Distancia

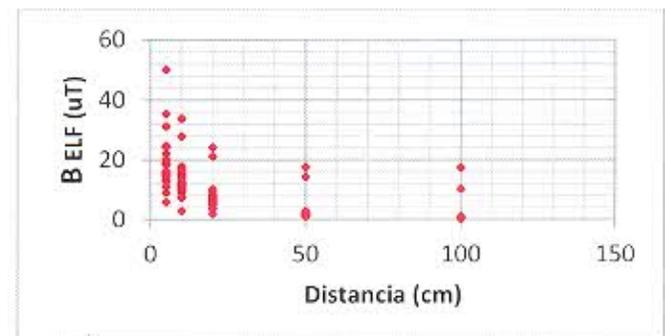


Fig. 8 Campo Magnético vs. Distancia

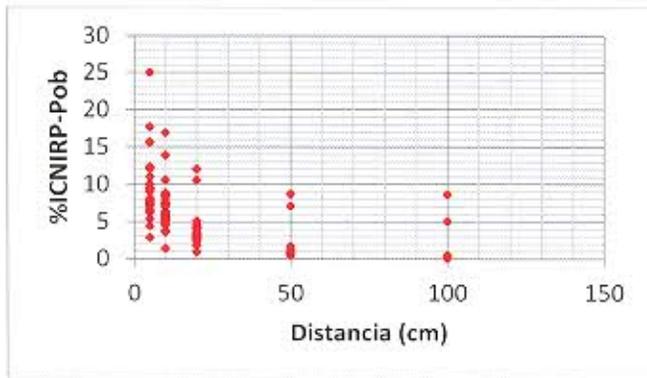


Fig. 9 % ICNIRP del Campo Magnético vs. Distancia

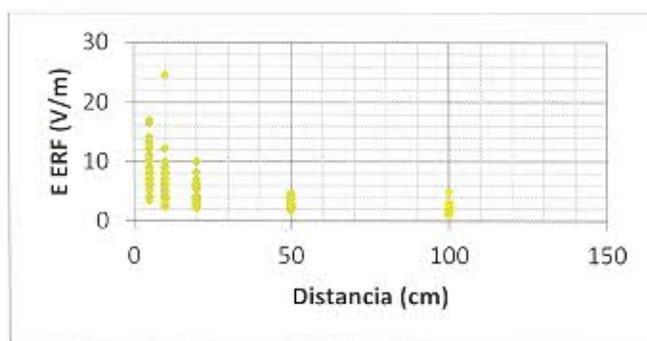


Fig. 10 Campo Eléctrico en RF vs. Distancia

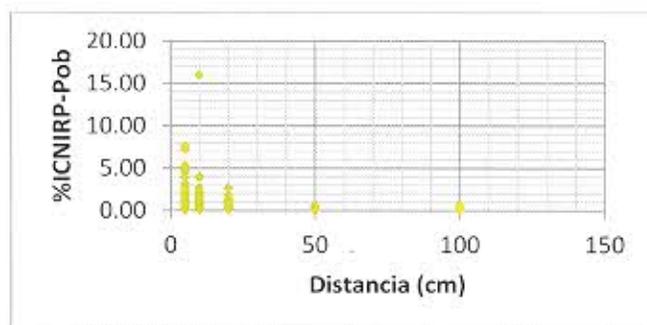


Fig. 11 % ICNIRP del Campo en RF vs. Distancia

V. CONCLUSIONES

De la evaluación de los datos obtenidos sobre las radiaciones no ionizantes de los hornos de microondas instalados en las facultades y dependencias de la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, se concluye que ellos están por debajo de los límites de emisión establecidos por el IEC y de los límites de exposición al público en general de acuerdo a las Recomendaciones ICNIRP. Por lo tanto la exposición a radiación de un horno de microonda durante la cocción de alimentos con estos

hornos en general, serían muy bajas y sin ningún efecto dañino para salud.

En relación con la exposición a niveles de campos magnéticos mayores que 0.4μ a 60 Hz, se encontró que la mayoría de mediciones a 1 m de la puerta fueron menores que 0.4μ T, de tal manera que se puede asumir la distancia de 1 m como la longitud de seguridad para los niños con ubicación cercana a un horno de microonda en operación.

Dado que en el Perú no hay gran preocupación pública acerca de los posibles peligros de salud que puedan ser causados por la exposición a campos electromagnéticos provenientes de los hornos microondas domésticos y al no haber regulación específica sobre la emisión y exposición a radiaciones no ionizantes de hornos microondas, se concluye que se puede utilizar los límites establecidos por la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) para proteger a las personas que usan estos electrodomésticos utilizándolo como guía nacional para la evaluación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Radiaciones No Ionizantes acogidas por las Recomendaciones ICNIRP de 0 Hz a 300 GHz.

Por otro lado, para obtener bajos niveles de fugas de radiación de los hornos microondas, estos equipos deben disponer del adecuado mantenimiento de la puerta, eliminación de zonas sucias alrededor de los sellos de la puerta para evitar la reducción del aislamiento, siendo estas acciones, responsabilidad del propietario del horno microonda.

Finalmente, los hornos de microondas que son utilizados intensamente en restaurantes u otros servicios de la UNMSM deben pasar pruebas del cumplimiento de las normas de emisión y exposición cada cierto tiempo para evitar exponer a los usuarios a niveles de fugas de radiación excesivos.

REFERENCIAS

- [1] International Agency for Research on Cancer, Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. "Non- Ionizing Radiation, Part 1: Static and extremely Low Frequency (ELF) Electric and Magnetic Field", Volume 80, IARC, Lyon (2002). http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol80/mon_o80.pdf
- [2] International Commission On Non-Ionizing Radiation Protection. "Exposure to Static and Low Frequency Electromagnetic Fields, Biological Effects and Health Consequences (0-100 kHz)", ICNIRP, München (2003).

- [3] World Health Organization. “Electromagnetic Fields and Public Health, Microwave Ovens”. (2005) .
http://www.who.int/peh-emf/publications/facts/info_microwaves/en/
- [4] World Health Organization. “Environmental Health Criteria N° 238 Extremely Low Frequency Fields”. WHO, Madrid (2007).
<http://www.who.int/peh-emf/publications/ELF%20EHC%20No238%20full.pdf>
- [5] International Electrotechnical Commission, International Standard 60335-2-25. “Household and Similar Appliances –Safety- Part 2-25: Particular Requirements for Microwave Ovens”. (2003).
http://www.iec-normen.de/previewpdf/info_iec60335-2-25%7Bed5.2%7Db.pdf
- [6] U.S. Food And Drugs Administration. “Performance Standards for Microwave and Radio Frequency Emitting Products”. Code of Federal Regulations- Title 21, Volume 8, Chapter I, Food and Drug Administration, Department of Health and Human Services- Part 1030. (2011).
<http://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?CFRPart=1030&showFR=1>
- [7] International Commission On Non-Ionizing Radiation Protection. “Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (Up to 300 GHz)”. Health Phys 74 (4) (1998) 494.
- [8] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. “Guidelines for Limiting Exposure to Time Varying Electric and Magnetic Fields (1 Hz to 100 kHz)”. Health Phys 99, N° 6, 818-836 (2010).
- [9] Ministerio del Ambiente del Peru. “Estándares de Calidad Ambiental para Radiaciones No Ionizantes, D.S. N° 010-2005-PCM”. (2005).
http://www.minam.gob.pe/dmdocuments/ds-010-2005-pcm_eca_rni.pdf