

# Diseño e Implementación de un Sistema de Posicionamiento Manual para Mediciones de Radiaciones no Ionizantes Provenientes de Computadoras Portátiles

## Design and Implementation of a Manual Positioning System for Measurements of Non-Ionizing Radiations from Laptops

Víctor Cruz Ornetta<sup>1,a</sup>, Almendra Vásquez Cainicela<sup>1,b</sup>, Bladimir Guevara Minaya<sup>1,c</sup>, Harold Cruz Salas<sup>1,d</sup>, William Torres Santos<sup>1,e</sup>

**Resumen**— El objetivo de este estudio fue diseñar e implementar un sistema de posicionamiento manual para ejecutar las mediciones de radiaciones no ionizantes en las computadoras portátiles. Está basado en el estudio realizado por la Health Protection Agency's del Reino Unido y como resultado se ha logrado fabricar un módulo acrílico en el cual se puede de variar los ángulos de acimut y elevación de las computadoras portátiles cuando se requiere medir los campos electromagnéticos de estos dispositivos. En conclusión, se tiene un sistema de posicionamiento manual para futuros estudios de evaluación de radiaciones no ionizantes para dispositivos inalámbricos, como: ordenadores portátiles o access point.

**Abstract**— *The objective of this study was to design and implement a manual positioning system to perform measurements of non-ionizing radiation in laptops. It is based on the study conducted by the Health Protection Agency's in the United Kingdom and as a result it has been possible to manufacture an acrylic module which can vary the azimuth and elevation angles of portable computers when it is required to measure the electromagnetic fields of these devices. In conclusion, there is a manual positioning system for future evaluation studies of non-ionizing radiation for wireless devices, such as: portable computers or access point.*

**Palabras Claves**— *Sistema de posicionamiento manual, radiaciones no ionizantes, dispositivos inalámbricos.*

**Key Words**— *Manual positioning system, non-ionizing radiation, wireless devices.*

Presentado: 01/0/2024  
Aceptado: 15/03/2023  
Publicado: 22/07/2024

<sup>1</sup> Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú

<sup>a</sup> Autor de correspondencia: [vcruzo@unmsm.edu.pe](mailto:vcruzo@unmsm.edu.pe)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4353-7751>

<sup>b</sup> E-mail: [shane20vc@gmail.com](mailto:shane20vc@gmail.com)

<sup>c</sup> E-mail: [ilishguevara@gmail.com](mailto:ilishguevara@gmail.com)

<sup>d</sup> E-mail: [harold.cruz@unmsm.edu.pe](mailto:harold.cruz@unmsm.edu.pe)

<sup>e</sup> E-mail: [william.txrs@gmail.com](mailto:william.txrs@gmail.com)

### I. INTRODUCCIÓN

A diario, el ser humano está expuesto a ondas electromagnéticas porque siempre está en constante uso de la tecnología en el trabajo, en el hogar o en espacios públicos. Para el hombre moderno es una necesidad principal estar conectado a internet casi en todo momento y lugar. Por eso, no es suficiente una conexión por cable, sino que es necesaria una conexión inalámbrica que le permita una mayor movilidad al usuario.

En todo el mundo incluyendo el Perú el acceso a Internet sigue creciendo rápidamente, impulsado por la telefonía móvil y el acceso inalámbrico vía los sistemas Wi-Fi. De acuerdo con el Organismo Supervisor de la Inversión Privada al 2023-II se tienen 30.45 millones de línea de Internet móvil. El acceso a Internet en hogares debido al Internet móvil es mayoritario, 48.7 % [1] de un total de 89 % de hogares con acceso a Internet.

La exposición a los campos electromagnéticos, tanto de los dispositivos de la red Wi-Fi como los conectados a la misma, continúan ampliando su cobertura, por lo cual actualmente existe una preocupación creciente en la población acerca de los posibles efectos sobre la salud provenientes de las radiaciones no ionizantes emitidas por estos dispositivos portátiles. [2, 3, 4, 5, 6].

Por ello, es importante la evaluación de los campos electromagnéticos de estos dispositivos. Para realizar una evaluación completa y detallada del nivel de radiación alrededor de todo el dispositivo portátil, es necesario variar los ángulos de acimut y elevación mientras se procede con las mediciones, manteniendo la posición del medidor constante [7]. Es por eso que el presente estudio tiene como objetivo diseñar e implementar un sistema de posicionamiento manual para llevar a cabo estas mediciones.

## II. MARCO TEÓRICO

### A. Antecedentes

Este estudio se basó en la investigación de Peyman et al. [7], en la cual no especifican el diseño ni cómo realizaron la implementación del sistema de posicionamiento, solo muestran cómo ejecutaron las mediciones de laboratorio en dispositivos wifi para evaluar las densidades de potencia y las intensidades de campo eléctrico, en escuelas del Reino Unido.

Esto sirvió como idea inicial del diseño de un sistema casi similar a dicho estudio.

Los valores máximos de intensidad de campo eléctrico medidos en las inmediaciones de los ordenadores portátiles y puntos de acceso a 0.5 m fueron 2.89 mV/m y 5.716 mV/m, respectivamente. También se encontró, que el campo eléctrico se reducía rápidamente conforme se incrementaba la distancia a los dispositivos Wi-Fi. La densidad de potencia máxima de los ordenadores portátiles y puntos de acceso fueron 22 mW/m<sup>2</sup> y 87 mW/m<sup>2</sup> a 0.5 m y 4 mW/m<sup>2</sup> y 18 mW/m<sup>2</sup> a 1 m de distancia respectivamente. De acuerdo a estos resultados se concluyó que todas las mediciones de los dispositivos Wi-Fi estuvieron muy por debajo de los niveles de referencia de las recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección contra las Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP) de 61V/m y 10 W/m<sup>2</sup>, respectivamente.

En las figuras 1 y 2 se muestra el sistema utilizado por la Health Protection Agency's del Reino Unido.



**Fig. 1.** Sistema de posicionamiento manual de la Health Protection Agency's



**Fig. 2.** Mediciones con el sistema de posicionamiento manual de la Health Protection Agency's

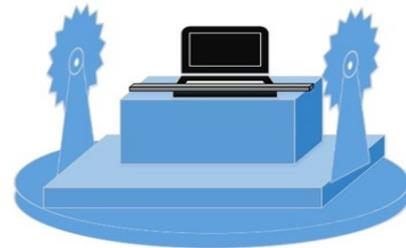
## III. MATERIALES Y MÉTODOS

Se buscó información a nivel internacional sobre la existencia de sistemas utilizados para realizar mediciones de radiaciones no ionizantes en dispositivos inalámbricos. Se escogió el estudio del Reino Unido realizado por la Health Protection Agency's, en el cual nos basamos para el diseño e implementación de este sistema. Después de revisado el estudio, se diseñó el sistema en el programa AutoCAD versión 14 y, finalmente, se implementó.

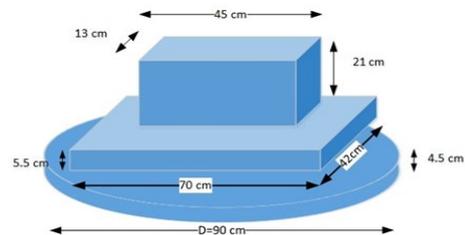
### A. Diseño en el programa AutoCad versión 14

Se diseñó el sistema de posicionamiento manual en el programa AutoCad versión 14, para llevar a cabo, con detalles, la fabricación.

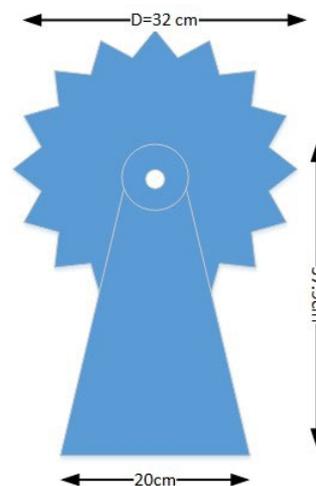
En las figuras 3, 4 y 5 se observa el diseño del sistema en el programa.



**Fig. 3.** Diseño de la estructura del sistema de posicionamiento manual



**Fig. 4.** Diseño de la estructura del disco de vinílico y la base para ubicar los dispositivos en el sistema de posicionamiento manual



**Fig. 5.** Diseño de la estructura de los volantes con engranajes del sistema de posicionamiento manual

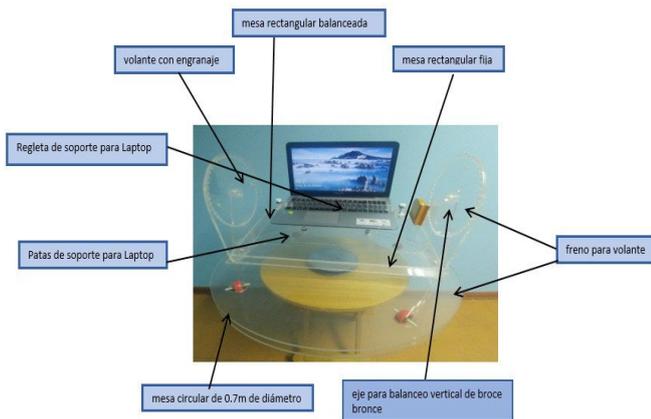


Fig. 6. Estructura del sistema de posicionamiento manual

B. Construcción del sistema de posicionamiento manual

El sistema de posicionamiento manual fue elaborado en acrílico el cual es resistente a la intemperie y es un muy buen aislante térmico. Estuvo constituido por un plato giratorio soportado sobre una base, el cual permitía variar el acimut de una estructura tipo cuna, la que a su vez permitía variar el ángulo de elevación. Los tornillos sujetadores del ordenador portatil fueron elaborados en plástico de tereftalato de polietileno (PET).

Los materiales utilizados son no conductivos es decir no reflejaban ni tampoco absorbían campos electromagnéticos, siendo ideales para las mediciones de radiaciones no ionizantes producidas por los ordenadores, pues no provocaban distorsión de las mismas.

En la figura 6 se muestra la estructura del sistema fabricado.

C. Costo de fabricación del sistema

Para la fabricación de este sistema se usaron máquinas especializadas de precisión para este tipo de material. En la Tabla I se muestra el costo total para la implementación del sistema.

TABLA I  
COSTO DEL SISTEMA DE POSICIONAMIENTO

Ítem	Descripción	Cant.	c/Unit.	Parcial	Total
1	<b>Servicio de Carpintería</b> Fabricación de mesa de madera Altura: 0,80 m Longitud: 0,70 m	1,00	150,00	150,00	
2	<b>Servicio de Maestranza</b> Fabricación de piezas en tornería				
	Disco giratorio para acopilar en mesa, en bronce	1,00	150,00	150,00	

	Eje para el balanceo vertical, en bronce	2,00	150,00	300,00	
	Frenos para el ángulo vertical, en bronce	2,00	50,00	100,00	
	Volantes con engranajes, en acrílico	2,00	70,00	140,00	
	Freno para mesa giratoria, en bronce	1,00	50,00	50,00	
3	<b>Servicio de Acrílico</b> E=1,5cm Fabricación de estructura de acrílico				
	Mesa circular de 0,7 m de diámetro e= 1,8 cm	1,00	250,00	250,00	
	Mesa de pruebas rectangular fija	1,00	450,00	450,00	
	Mesa de pruebas rectangular balanceada	1,00	600,00	600,00	
	Patatas de soporte para la laptop	4,00	50,00	200,00	
	Regleta de soporte para la laptop	1,00	50,00	50,00	
	Patatas para la regleta de soporte para la laptop	2,00	50,00	100,00	<b>2540,00</b>

D. Mediciones realizadas con el sistema de posicionamiento manual

Para comprobar el funcionamiento del sistema de posicionamiento fueron realizadas mediciones del campo eléctrico producido por un ordenador personal ASUS-X556U para diferentes ángulos de acimut y elevación, en términos de la intensidad de campo eléctrico (V/m) y la densidad de potencia ( $\mu\text{W}/\text{m}^2$ ). Las pruebas fueron realizadas en el ambiente asignado al grupo de investigación “Radiaciones No Ionizantes UNMSM” el cual tenía niveles de señales interferentes bajos en relación a las señales Wi-Fi. Para ello se utilizó el sistema de posicionamiento y el analizador de campos electromagnéticos SRM 3006 el cual tiene una sonda que trabaja en el rango de 27 MHz a 3 GHz.

IV. RESULTADOS

A. Sistema de posicionamiento manual

Como resultado de este estudio se logró la implementación del sistema, como se puede apreciar en las figuras 7, 8 y 9. En la Tabla 59 se presentan las mediciones

de campo eléctrico y densidad de potencia realizadas a la laptop ASUS- X556U en función del acimut y elevación.



**Fig. 7.** Sistema de posicionamiento manual terminado



**Fig. 8.** Sistema de posicionamiento manual terminado



**Fig. 9.** Sistema de posicionamiento manual terminado

Se logró fabricar un sistema con un rango de variación de acimut de 0° a 360° y un rango de variación de elevación de 0° a 90°.

*B. Mediciones realizadas con el sistema de posicionamiento manual*

TABLA II  
MEDICIÓN DEL CAMPO RADIOFRECUENCIA EMITIDO POR LAPTOP  
ASUS- X556U (PROMEDIO TEMPORAL EN 6 MINUTOS)

Orientación (ángulo de)		Max Average E (mV/m)	Max Average S ( $\mu\text{W}/\text{m}^2$ )	*Coc de Exposición (%)
elevación	acimut			
0°	0°	171.4	49.93	4.99E-04
30°		146	49.1	4.91E-04
60°		118	35.76	3.58E-04
90°		171	31.59	3.16E-04
-90°		304.1	426.3	4.26E-03
-60°		270	113	1.13E-03
-30°		211.6	32.27	3.23E-04
0°	30°	174.7	80.99	8.10E-04
	60°	296	232.4	2.32E-03
	90°	379.2	481.4	4.81E-03
	120°	1351	5376	5.38E-02
	150°	1932	9899	9.90E-02
	180°	514.1	701.2	7.01E-03
	210°	658.7	1151	1.15E-02
	240°	758.4	1525	1.53E-02
	270°	211	118.1	1.18E-03
	300°	188.7	94.4	9.44E-04
	330°	409.6	444.9	4.45E-03
	Mínimo			3.16E-04
	Máximo			9.90E-02

\*El cociente de exposición es respecto a los niveles de referencia ICNIRP para el público en general

Como se muestra los valores medidos para las diferentes combinaciones de acimut y elevación son todos menores a los niveles de referencia de la Comisión Internacional de Protección contra Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP) para el público en general, yendo desde un mínimo de  $3.16 \times 10^{-4}$  a  $9.9 \times 10^{-2}$ .

## V. CONCLUSIONES

La implementación cumple adecuadamente con el diseño planteado.

Este sistema servirá para posibles estudios de evaluación de campos electromagnéticos en dispositivos Wi-Fi.

Por el tamaño de las piezas no se presentó ningún problema en la manufactura.

El material utilizado es no reflectante a las radiofrecuencias y de bajo costo, el acrílico fue la mejor opción dado que presenta una mayor facilidad a ser moldeado y el costo de fabricación es bajo en relación con la madera, cuyo costo del material y servicios es mayor.

Los valores medidos cumplen con los límites de exposición recomendados.

## REFERENCIAS

- [1] OSIPTEL, «Reportes. Reportes por servicios. Servicio de Internet,» 2023. [En línea]. Available: <https://punku.osiptel.gob.pe/>. [Último acceso: 31 10 2023]. [Accessed: 20 - Jan - 2024].
- [2] Wi-Fi en las escuelas: nuevo peligro para la salud de nuestros hijos. DSalud. 2010. [Online]. Available:<https://www.dsalud.com/reportaje/wifi-en-las-escuelas-nuevo-peligro-para-la-salud-de-nuestros-hijos/>. [Accessed: 18 - Mar - 2017].
- [3] R. Findlay and P. Dimbylow. SAR in a child voxel phantom from exposure to wireless computer networks (Wi-Fi). *Physics in Medicine and Biology*, vol. 55, n.o 15, pp. N405-N411, 2010. Available: 10.1088/0031-9155/55/15/n01.
- [4] Zeleke, B.M., Brzozek, C., Bhatt, C.R. et al. Wi-fi related radiofrequency electromagnetic fields (RF-EMF): a pilot experimental study of personal exposure and risk perception. *J Environ Health Sci Engineer* 19, 671–680 (2021).
- [5] Peyman A, Khalid M, Calderon C, Addison D, Mee T, Maslanyj M, Mann S. Assessment of exposure to electromagnetic fields from wireless computer networks (wi-fi) in schools; results of laboratory measurements. *Health Phys.* 2011 Jun;100(6):594-612. doi: 10.1097/HP.0b013e318200e203. PMID: 22004929.
- [6] Hedendahl LK, Carlberg M, Koppel T, Hardell L. Measurements of Radiofrequency Radiation with a Body-Borne Exposimeter in Swedish Schools with Wi-Fi. *Front Public Health.* 2017 Nov 20;5:279. doi: 10.3389/fpubh.2017.00279. PMID: 29214149; PMCID: PMC5703119.
- [7] Khalid M, Mee T, Peyman A, Addison D, Calderon C, Maslanyj M, Mann S. 2011. Exposure to radio frequency electromagnetic fields from wireless computer networks: Duty factors of Wi-Fi devices operating in schools. *Prog Biophys Mol Biol* 107: 412–420.

### **Conflicto de Intereses / Competing Interests:**

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

### **Rol de los autores / Authors Roles:**

Víctor Cruz Ornetta: Diseño del estudio, supervisión de las mediciones, redacción del artículo.

William Torres Santos: Diseño mecánico e implementación del dispositivo.  
Almendra Vásquez Cainicela, Bladimir Guevara Minaya, Harold Cruz Salas: Implementación del dispositivo, realizaron las mediciones y la redacción del artículo.

### **Fuentes de financiamiento / Funding:**

Esta investigación fue financiada con recursos del Vicerrectorado de Investigación y Pregrado de la UNMSM

### **Aspectos éticos / legales; Ethics / legals:**

Los autores declaran no haber violado u omitido normas éticas legales al realizar la investigación y esta obra.