

CARLOS EDUARDO SANCHES DE ANDRADE
(ORGANIZADOR)

Collection:

APPLIED TRANSPORT ENGINEERING

Atena
Editora
Ano 2022

CARLOS EDUARDO SANCHES DE ANDRADE
(ORGANIZADOR)

Collection:

APPLIED TRANSPORT ENGINEERING

Atena
Editora
Ano 2022

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



Collection: applied transport engineering

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Carlos Eduardo Sanches de Andrade

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C697 Collection: applied transport engineering / Organizador
Carlos Eduardo Sanches de Andrade. – Ponta Grossa -
PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-863-9

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.639221701>

1. Transport engineering. I. Andrade, Carlos Eduardo
Sanches de (Organizador). II. Título.

CDD 629.04

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br



Atena
Editora
Ano 2022

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

A obra "*Collection: Applied Transport Engineering*" publicada pela Atena Editora apresenta, em seus 8 capítulos, estudos sobre diversos tópicos relacionados à aplicação da Engenharia de Transportes.

A Engenharia de Transportes proporciona mecanismos que alavancam o crescimento econômico das cidades, contribuindo para melhorar a qualidade de vida de seus cidadãos. Não se pode imaginar uma sociedade moderna sem um sistema de transporte eficiente e de alta qualidade, capaz de transportar bens e pessoas com rapidez e conforto.

Os trabalhos compilados nessa obra abrangem diferentes perspectivas da Engenharia de Transportes aplicada a diferentes situações no Brasil e nas Américas.

A pavimentação das estradas e aspectos relacionados ao bom desempenho da pavimentação são abordados. A competitividade logística de agrupamentos industriais é também abordada. Entre outros temas temos o transporte público, a sustentabilidade, BRTs, polos universitários, telefonia móvel e segurança viária.

Agradecemos aos autores dos diversos capítulos apresentados e esperamos que essa compilação seja proveitosa para os leitores.

Carlos Eduardo Sanches de Andrade

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ANÁLISE COMPARATIVA DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PAVIMENTO FLEXÍVEL PELO MÉTODO DNIT 008/2003 E CONTAGEM DE TRÁFEGO DE DOIS TRECHOS DA PE-217

Raiane Ferreira Matos

Maria Victória Leal de Almeida Nascimento

Pâmella Talyta Resende Ferreira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6392217011>

CAPÍTULO 2..... 14

ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE CINZAS PESADAS DE TERMOELÉTRICAS PARA PRODUÇÃO DE BLOCOS DE CONCRETO PARA PAVIMENTOS INTERTRAVADOS

Maria Regilene Gonçalves de Alcantara

Suelyly Helena de Araújo Barroso

Viviane Brito Viana

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6392217012>

CAPÍTULO 3..... 27

ENSAIO TEÓRICO SOBRE A COMPETITIVIDADE LOGÍSTICA DE DOIS MODELOS DE AGLOMERAÇÃO INDUSTRIAL: ZONA FRANCA DE MANAUS NO BRASIL E ZONA FRANCA DE CIUDAD DEL ESTE NO PARAGUAI

Richards Cristian Trindade Veras

Fabiana Lucena Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6392217013>

CAPÍTULO 4..... 42

ANÁLISE DAS PUBLICAÇÕES À LUZ DA BIBLIOMETRIA SOBRE TRANSPORTE PÚBLICO E SUSTENTABILIDADE

Tálita Floriano dos Santos

Marcelino Aurélio Vieira da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6392217014>

CAPÍTULO 5..... 55

ARRANJOS INSTITUCIONAIS DE SISTEMAS BRTS: UMA PERSPECTIVA COMPARADA ENTRE SANTIAGO E RIO DE JANEIRO

Luara Miranda Bessa

Tayssa Gonzaga Pires Ferreira

Denilson Queiroz Gomes Ferreira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6392217015>

CAPÍTULO 6..... 66

CARACTERIZACIÓN Y MODELACIÓN DE VIAJES EN POLOS UNIVERSITARIOS. PATRÓN ESPECIAL DE VIAJES EN MOTOVEHÍCULOS. LA RIOJA, ARGENTINA

Violeta Silvia Irene Depiante

Patricia Mónica Maldonado

Jorge José Galarraga

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6392217016>

CAPÍTULO 7..... 81

MEDICIÓN TÉCNICA DEL CAMPO ELECTROMAGNÉTICO EN UNA ESTACIÓN BASE DE TELEFONÍA MÓVIL EN COLOTLÁN JALISCO MÉXICO

Ana Rosa Carrillo Avila

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6392217017>

CAPÍTULO 8..... 90

SEGURANÇA VIÁRIA E SUA IMPORTÂNCIA PARA MOTORISTAS E PEDESTRES

Gustavo Henrique Freitas Matinha

Irwin Arruda Sales

Kleybson Silva Borges

Carlos Eduardo Sanches de Andrade

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6392217018>

SOBRE O ORGANIZADOR..... 99

ÍNDICE REMISSIVO..... 100

CAPÍTULO 7

MEDICIÓN TÉCNICA DEL CAMPO ELECTROMAGNÉTICO EN UNA ESTACIÓN BASE DE TELEFONÍA MÓVIL EN COLOTLÁN JALISCO MÉXICO

Data de aceite: 10/01/2022

Data de submissão: 09/11/2021

Ana Rosa Carrillo Avila

Centro Universitario del Norte. Universidad de
Guadalajara
Colotlán Jalisco, México
<https://orcid.org/0000-0002-7334-0378>

RESUMEN: El acceso a las nuevas tecnologías en especial a la telefonía móvil ha tenido gran influencia en la sociedad donde aún existen poblaciones con comunidades indígenas. A pesar de la difícil situación geográfica y la lejanía con zonas urbanas, en la Zona Norte de Jalisco en México se ha logrado proveer de comunicaciones inalámbricas a algunos de los distanciados pueblos. La instalación de estaciones base de telefonía móvil se ha comenzado a expandir, así que el objetivo de este estudio es proporcionar información para fortalecer la aceptación de antenas, realizando mediciones para comparar las emisiones de campos electromagnéticos por radiofrecuencia con los niveles reglamentados por organismos nacionales e internacionales respecto a la parte del espectro asignada para comunicaciones inalámbricas, concluyendo en un análisis fundamentado que reduce la preocupación por los efectos de la radiación electromagnética en el cuerpo humano de una sociedad expuesta.

PALABRAS CLAVE: Radiación no ionizante, radiofrecuencia (RF), comunicaciones móviles,

estaciones base, campos electromagnéticos (EMF).

TECHNICAL MEASUREMENT OF THE ELECTROMAGNETIC FIELD IN A MOBILE PHONE BASE STATION IN COLOTLÁN JALISCO MEXICO

ABSTRACT: Access to new technologies, especially mobile telephony, has had a great influence on society where there are still populations with indigenous communities. Despite the difficult geographical situation and the remoteness from urban areas, in the Northern Zone of Jalisco in Mexico it has been possible to provide wireless communications to some of the distant towns. The installation of mobile phone base stations has begun to expand, so the objective of this study is to provide information to strengthen the acceptance of antennas, performing measurements to compare the emissions of electromagnetic fields by radio frequency with the levels regulated by national and international organizations. regarding the part of the spectrum allocated for wireless communications, concluding in a substantiated analysis that reduces concern about the effects of electromagnetic radiation on the human body of an exposed society.

KEYWORDS: Non-ionizing radiation, radio frequency (RF), mobile communications, base stations, electromagnetic fields (EMF).

1 | INTRODUCCIÓN

Las comunicaciones móviles se han desarrollado a grandes pasos, tanto que han

sobrepasado las predicciones respecto a su expansión, ya que en 1991 solo el 1% de los habitantes en el mundo tenía acceso a la telefonía móvil y para 2001 el 90% de los países ofrecían una red móvil, indicando que 1 de cada 6 habitantes del planeta hacía uso de éste servicio, según Salomón (2003). Así mismo GSMA (2019) en su revista electrónica publicó que a finales del 2018 existían 5.1 mil millones de personas suscritas a éste servicio y para 2025 se estima que se llegará a 5.8 mil millones de suscriptores. Las nuevas tecnologías no solo inducen al crecimiento económico, sino que para el caso de la Zona Norte del Estado de Jalisco en México, han promovido el acercamiento de las diferentes culturas y el acceso a la educación, mejorando la calidad de vida y la interacción entre grupos mestizos e indígenas logrando que las instituciones educativas actualmente soportadas en las tecnologías preparen el camino a la interculturalidad logrando una educación integral.

El presente estudio está enfocado a la comunicación inalámbrica, específicamente la telefonía móvil que lleva a cabo enlaces por medio de estaciones base las cuales trabajan con baja potencia, aun así generando la exposición del cuerpo humano a las emisiones de EMF, que deben estar muy por debajo de los índices permitidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) o por la Comisión Internacional en Protección de Radiación No Ionizante (ICNIRP).

La incertidumbre sobre la exposición a la energía no ionizante genera poca aceptación a la instalación de antenas, de tal forma que se genera la siguiente pregunta: ¿Cuál es el campo electromagnético al que estamos expuestos al interactuar diariamente cerca de las estaciones base? Para lograr resolverlo se plantea el objetivo de monitorear los niveles emisión de EMF de una antena de telefonía móvil en constantes períodos de tiempo, para comparar con los niveles de emisión permitidos por los organismos internacionales y fundamentar si la exposición es de riesgo. El alcance del estudio es el monitoreo de la intensidad de campo eléctrico (E), intensidad de campo magnético (H) y la densidad de potencia (S) a dos diferentes distancias de una estación base de telefonía móvil, utilizando un medidor triaxial e isotrópico de potencia de RF. Los resultados obtenidos se comparan con los niveles permitidos realizando una conclusión positiva que satisface el objetivo del estudio.

2 | DESARROLLO

La radiación es energía que por su naturaleza viaja en forma de ondas, se produce cuando hay campos eléctricos en movimiento o por desintegración radiactiva. La radiación no ionizante es de baja energía, como el caso de las antenas que son fuentes artificiales de radiación, por lo que preocupan a la población que interactúa cercana a ellas.

Importancia de los estándares de absorción y exposición a EMF

ICNIRP propone limitaciones a la tasa de absorción específica (SAR), este concepto

relaciona la energía absorbida de acuerdo a la conductividad del campo eléctrico y la densidad del tejido vivo, siendo el SAR la potencia absorbida por unidad de masa (W/kg). Las deducciones de directrices sobre SAR han presentado diferentes discusiones, prueba de ello son las relevantes investigaciones que continuamente se exponen ante la OMS en busca de pruebas que sustenten la cantidad de radiación que es capaz de absorber cada órgano del cuerpo humano sin alterar sus funciones biológicas. Así surge el SAR promedio y el SAR local, el primero se refiere a la tasa de absorción general del cuerpo humano y el SAR local se refiere a la absorción que puede tener cada órgano o extremidad del cuerpo, incluyendo la profundidad de absorción de radiación dependiendo de su geometría, de tal modo que la absorción de los EMF se realiza por niveles en la extensión del cuerpo.

La preocupación por la emisión de radiación surge desde el inicio de las comunicaciones inalámbricas, por ello estudios antiguos como el de Chou (1996) que demuestran por medio de dosimetría el nivel de SAR en diferentes órganos del cuerpo y a diferentes profundidades sin mencionar altos riesgos de exposición, pero también concluye que es necesaria la investigación continua para no concluir en límites de exposición irrazonables. Otros artículos más recientes como el de Cruz (2009) sobre el riesgo para la salud por radiación no ionizante de las redes de telecomunicaciones, deduce que la evaluación de exposición es a nivel térmico, incluso comparados con otros medidos en Australia, Bélgica e Inglaterra. Lo anterior y otros tantos estudios publicados en el portal de la OMS no dan garantía absoluta de que la radiación no ionizante tenga un efecto irreparable en la salud, de cualquier modo continúan en desarrollo investigaciones que permiten generar límites para evitar situaciones adversas aunque sea en sus mínimos niveles.

ICNIRP (2000) expone que el SAR no es una medida acertada para evaluar la absorción de energía porque encima de 6 GHz los EMF se absorben muy superficialmente y por lo tanto la profundidad es menos relevante, para ello sugiere la densidad de potencia absorbida establecida en W/m^2 . Respecto a la exposición los niveles que mencionan las directrices, son de dos tipos: la población ocupacional expuesta y el público general. La población ocupacional se refiere a individuos que toman precauciones porque conocen los riesgos debido a las condiciones de exposición; y el público general se refiere al grupo de personas de todas las edades que tienen condiciones de salud variadas y no conocen la susceptibilidad o respuesta de su cuerpo a la exposición de éste tipo de radiación.

Los niveles de referencia a la exposición se presentan en diferentes rangos de frecuencia, la unidad de medición para el campo eléctrico es el volt por cada metro (V/m) y para el campo magnético es el ampere por cada metro (A/m), ambos campos son perpendiculares entre sí y al relacionarse de manera proporcional definen la densidad de potencia, realizando el análisis dimensional resulta que $(V/m) \cdot (A/m) = VA/m^2$ y de acuerdo a la Ley de Watt que aplica para el numerador de ésta relación se deducen las unidades de la densidad de potencia como W/m^2 .

La tabla 1 muestra las restricciones básicas que emite ICNIRP para la exposición a EMF de 100 kHz a 6 GHz para intervalos promediados ≥ 6 min.

	Rango de frecuencia	SAR promedio para el cuerpo entero	SAR local (cabeza y tronco)
Exposición ocupacional	100 KHz – 6 GHz	0.4 W/kg	10 W/kg
Exposición público general	100 KHz – 6 GHz	0.08 W/kg	2 W/kg

Tabla 1. Directrices ICNIRP(2020).

La tabla 2 presenta los niveles de referencia para la exposición ocupacional y público general a campos eléctricos y magnéticos promediados durante 30 min a todo el cuerpo, tomando en cuenta que f es en MHz, y NA significa “no aplicable” y no es necesario tenerlo en cuenta al determinar el cumplimiento.

	Rango de frecuencia	Campo eléctrico-E (V /m)	Campo magnético-H (A/m)	Densidad de potencia (W/m ²)
Exposición ocupacional	400–2000 MHz	$3f^{1/2}$	$0.008f^{1/2}$	$f / 40$
	2–300 GHz	NA	NA	50
Exposición público general	400–2000 MHz	$1.375f^{1/2}$	$0.0037f^{1/2}$	$f / 200$
	2–300 GHz	NA	NA	10

Tabla 2. Niveles de referencia a campos eléctricos y magnéticos. ICNIRP(2020).

3 I DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

Se utilizó una metodología inductiva con un enfoque cuantitativo.

Para las mediciones técnicas de los campos se utilizó un medidor triaxial de RF de banda ancha capaz de monitorear la radiación de alta frecuencia en una escala de 10 MHz hasta 8 GHz, con factores de calibración en diferentes frecuencias, el instrumento tiene un sensor de medición isotrópico de tres canales que mide el campo eléctrico en la atmósfera a su alrededor con escala dinámica por lo que es muy sensible a la variación de los mismos.

Las mediciones se realizaron en campo lejano; al estar en alta frecuencia (HF) y muy alta frecuencia (VHF) las longitudes de onda se estiman arriba de los 100 mm sabiendo que $\lambda = c / f$ y que las bandas de frecuencia asignadas para acceso inalámbrico en México son 1710 – 1755 / 2110-2155 MHz y 1760-1780/ 2160-2180 MHz publicadas por el Instituto Federal de Comunicaciones (IFT) en el diario oficial de la federación el 05 de marzo de 2019. Así mismo incluye 10 MHz (1755-1760/2155-2160 MHz) de espectro radio

eléctrico disponible para los servicios de banda ancha móvil para uso comercial.

La estación base sobre la que se realizaron las mediciones está instalada a 1.6 km del centro de Colotlán, uno de los pueblos que forman la Zona Norte de Jalisco; la estación base tiene una altura del mástil de 30 metros y 3 antenas sectoriales con una cobertura máxima de 120° cada una, está en una colonia habitada que se encuentra sobre una de las zonas más altas, la estación fue colocada para dar cobertura a la zona sur de Colotlán. El primer monitoreo se tomó en un espacio al aire libre frente a las viviendas que rodean la estación, a una distancia de 60 metros de la base de la antena. El segundo monitoreo se realizó desde un hospital que se encuentra a 600 metros de la estación base. Para ambas distancias el medidor se calibró a 2100 MHz debido a que la antena base trabaja con un enlace descendente de 2120 MHz.

La evaluación se realizó con valores promedio, es decir, con la media de los valores instantáneos que detecta el sensor, en el tiempo correspondiente a 30 segundos durante 6 minutos de exposición.

Mediciones

Se deduce la longitud de onda porque el medidor utilizado propone que para el campo lejano se consideren más de tres longitudes de onda.

$$\lambda = c / f$$

Donde:

$c = 299\,792\,458$ m/s (velocidad de la luz)

$f = 2100$ MHz (frecuencia calibrada en el instrumento de medición)

$\lambda =$ longitud de onda

Sustituyendo los valores se obtiene:

$$\lambda = \frac{299\,792\,458 \text{ m/s}}{2100 \text{ MHz}} \approx 0.143 \text{ m}$$

Así, la longitud de onda con la que estamos trabajando toma un valor aproximado de 14.3 cm.

Los resultados se pueden ver alterados en pequeña proporción porque las mediciones se realizaron cerca de espacios habitados, donde hay otras fuentes de radiación aún en bajas frecuencias.

Se realizaron 3 diferentes mediciones para cada distancia y frecuencia para comparar el estado de las oscilaciones y se verificó que sus rangos de variación eran muy semejantes, resaltando que el campo eléctrico aumentaba un poco cuando la radiación solar incidía sobre el sensor, por lo que se decidió medir en sombra.

La tabla 3 muestra las mediciones obtenidas a la frecuencia de 2100 MHz a dos diferentes distancias, el monitoreo se registra cada 30 segundos durante 6 minutos de exposición. De acuerdo a las tablas de datos se determinó la densidad de potencia con

el modelo matemático $S = EH$ proporcionado en los parámetros fundamentales de las antenas por García (2010).

2100MHz a 60 m de la antena				2100MHz a 600 m de la antena			
t(s)	mV/m	mA/m	S=EH $\mu\text{W}/\text{m}^2$	t(s)	mV/m	mA/m	S=EH $\mu\text{W}/\text{m}^2$
30	146.7	0.400	58.7	30	4.8	0.0127	0.061
60	146.2	0.349	51.1	60	4.7	0.0127	0.060
90	127.8	0.407	52	90	5.3	0.0151	0.080
120	169.4	0.380	64.4	120	4.6	0.0116	0.053
150	135.2	0.351	47.5	150	6.4	0.0167	0.107
180	130.8	0.355	46.5	180	4.8	0.0127	0.061
210	130.5	0.339	44.2	210	4.6	0.0122	0.056
240	120.2	0.338	40.7	240	4.2	0.0116	0.049
270	155.6	0.353	54.9	270	4.4	0.0122	0.054
300	131.9	0.359	47.3	300	4.8	0.0127	0.061
330	136	0.391	53.2	330	4.8	0.0122	0.058
360	131.9	0.329	43.5	360	4.8	0.0127	0.061

Tabla 3. Mediciones a la frecuencia de 2100 MHz (fuente propia).

4 | RESUMEN DE RESULTADOS

La evaluación de resultados indica que los niveles de intensidad de campo eléctrico (mV/m) fueron más altos a distancias más cercanas a la antena, y de igual manera la intensidad de campo magnético (mA/m) también aumenta con la cercanía a la fuente de radiación.

La densidad de potencia que presentó los más bajos niveles y de forma constante fue a larga distancia.

En seguida se presenta la comparación de los dos momentos de la medición, contiene el conjunto de datos representado por dos variables en cada gráfica, la variable común es el tiempo, medido en segundos. El siguiente análisis gráfico es una forma muy común de observar la dispersión de datos temporales.

En la figura 1 es evidente que el campo eléctrico es más alto a menor distancia de la antena.

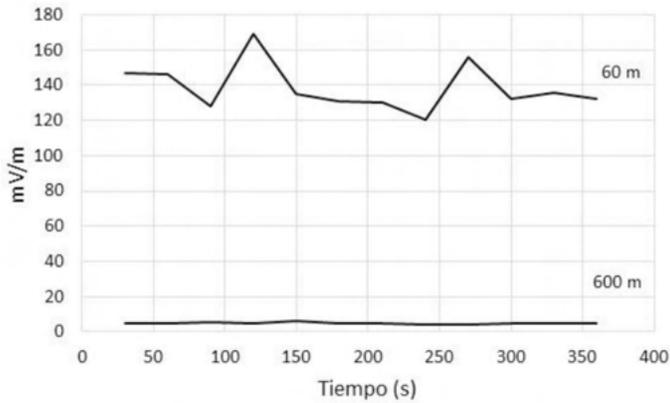


Figura 1. Variación de E para dos diferentes distancias (fuente propia).

En la figura 2 las variaciones del campo magnético son cada vez más pequeñas entre más grande es la distancia a la antena.

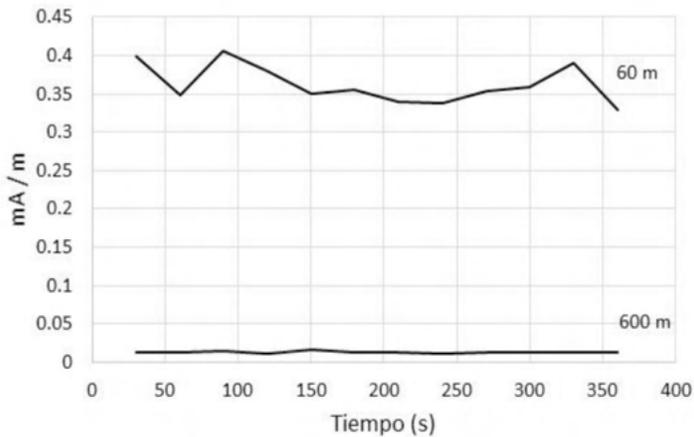


Figura 2. Variación de H para dos diferentes distancias (fuente propia).

La figura 3 es una proporción directa de ambos campos, el medidor detecta las constantes fluctuaciones a distancias más cortas.

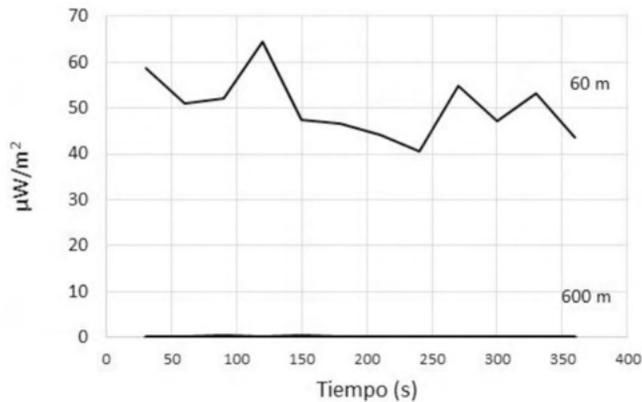


Figura 3. Variación de S para dos diferentes distancias (fuente propia).

5 | CONCLUSIONES

Ubicando el presente estudio en los niveles de referencia del público en general y comparando las directrices de ICNIRP presentadas en la tabla 2, indican que el campo eléctrico (E) y el magnético (H) en la frecuencia de 2100 MHz es un valor mínimo que no aplica (NA) a la exposición, a menos que la densidad de potencia fuera de 10 W/m^2 , pero en el caso de nuestros resultados la potencia más alta medida fue de $64.4 \mu\text{W/m}^2$ y se encuentra en la tabla 3 de mediciones a la distancia de 60 metros a la antena, es decir que estamos muy lejos de los límites de afectación.

El presente estudio fue definido con el objetivo de monitorear los EMF y permitirnos realizar comparaciones con los límites de exposición a la radiación, ahora concluimos en que los resultados son positivos, satisfactorios, comprobables y se han fundamentado para utilizarse como punto de partida para otras evaluaciones más analíticas resaltando la importancia de los requerimientos en la instalación de antenas.

Los instrumentos de medición son muy útiles, son un objeto básico de lectura rápida sin dejar de lado el correcto manejo de los conceptos, las unidades de medición y los modelos matemáticos establecidos. Es necesario que al utilizar cualquier herramienta de medición se compruebe también con el cálculo matemático, realizando deducciones para acreditar si el instrumento es confiable o no para una medición rápida.

El sensor utilizado es confiable porque las variaciones que presentó en la medición de densidad de potencia fueron muy próximas al comprobarlas matemáticamente con $S=EH$. Es cierto que hubo desviación en los resultados, pero la mayoría fueron de lecturas con valores mínimos, porque se utilizaron valores promedio de un grupo de valores instantáneos detectados por el medidor de RF. Los resultados y su interpretación son útiles para partir hacia una nueva perspectiva de estudio de las antenas, donde se profundice en la directividad, el ancho del haz, la determinación de la zona de Fresnel, entre otros.

Se destaca la importancia de que la expansión tecnológica sea estructurada y controlada en su reglamentación, dar seguridad y certeza a la población sobre la exposición a la radiación no ionizante para eliminar suposiciones e inseguridades sobre los efectos en la salud. Las estaciones base para telefonía móvil trabajan a frecuencias cada vez más altas entrando al rango de las microondas, su potencia puede variar hasta 50 watts dependiendo del área que se desea cubrir, es por ello que se propone la investigación y monitoreo constante para asegurar que la exposición está dentro de los rangos permitidos.

REFERENCIAS

Chou C, Bassen H, Osepchuk J, Balzano Q, Petersen R, Meltz M, Cleveland R, Lin J.C, & Heynick L. (1996). Radio Frequency Electromagnetic Exposure: Tutorial Review on Experimental Dosimetry. *Bioelectromagnetics*, 17(3), 195-208.

Cruz, V. (2009). Riesgo para la salud por radiaciones no ionizantes de las redes de telecomunicaciones en el Perú. *Medicina experimental y salud pública*, 26(1).

García, A. (2010). Cálculo de antenas. Marcombo. México.26-33.

GSMA. (2019). Some 700 millions new mobile subscribers by 2025. *The mobile Economy 2019*. 4-9.

ICNIRP. (2020). Icnirp guidelines for limiting exposure to electromagnetic fields. *Health phys.* 118 (5), 483-524.

Instituto Federal de Telecomunicaciones IFT. (2019). Publicaciones en el diario Oficial de la Federación. Primera sección.

Salomón A. (2003). Horizonte sectorial. *Las Telecomunicaciones en México*, Vol. 53 (11), 1066-1071.

ÍNDICE REMISSIVO

B

Base stations 81
Bibliometria 42, 44, 46, 50, 52
Bibliometrics 42, 43
Bottom ashes 15
BRT 55, 56, 57, 59, 60, 62, 63, 64

C

Campos electromagnéticos (EMF) 81
Cinzas pesadas 14, 15, 24, 25
Cluster models 27
Competitividade logística 27
Comunicaciones móviles 81
Cost of transaction 56
Custos de transação 56, 57, 58, 59, 62, 63, 64

D

Distinct qualities 2
Driver 90

E

Educational hubs 66
Electromagnetic fields (EMF) 81, 89
Estaciones base 81, 82, 89
Estruturas de governança 55, 56, 57, 58, 59, 63, 64

F

Free trade zone 27

G

Generación 66, 67, 68, 72, 73, 76, 77, 78, 79
Governança 55, 56, 57, 58, 59, 63, 64
Governance 55, 56

I

Indicadores espaciais 42

Institutional arrangements 55, 56

Interlocked pavement 15

L

Logistics competitiveness 27

M

Manifestações patológicas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11

Mobile communications 81

Mobilidade 51, 59, 60, 63, 90, 91, 97, 98

Mobility 53, 54, 90

Modelos de aglomeração 27

Motorcycles 66

Motorista 90, 94, 96

Motovehículos 66, 67, 69, 71, 72, 73, 74, 75, 77, 78, 79, 80

N

Non-ionizing radiation 81

P

Pathological manifestations 1, 2

Pavement 1, 2, 15

Pavimento 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 11, 12, 13, 14, 20, 25, 95

Pavimento intertravado 14, 20

Pedestre 90, 94, 95

Pedestrian 90

Polos universitarios 66, 78

Public transport 42, 43, 45, 47, 48, 50, 52, 53, 56

Q

Qualidades distintas 1, 3

R

Radiación no ionizante 81, 82, 83, 89

Radiofrecuencia (RF) 81

Radio frequency (RF) 81, 89

Resíduos 14, 15, 16, 25, 26

S

Safety 53, 90

Segurança 2, 3, 63, 90, 91, 92, 94, 95, 96, 97, 98

Space indicators 43

Sustainability 42, 43, 45, 47, 48, 50, 53

Sustainable transport 43, 52, 54

Sustentabilidade 15, 42, 43, 47, 48, 49, 51, 52, 99

T

Termoelétrica 14, 26

Thermoelectric 14, 15

Transporte público 42, 43, 44, 47, 48, 49, 51, 52, 59, 60, 61, 63, 64, 67, 71, 75, 79, 99

Transporte sustentável 42, 43, 48

Trip generation 66, 67, 79

W

Waste 15

Z

Zona franca 27, 28, 35, 38, 39, 40, 41

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Collection:

APPLIED TRANSPORT ENGINEERING


Ano 2022

 www.atenaeditora.com.br

 contato@atenaeditora.com.br

 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)

 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Collection:

APPLIED TRANSPORT ENGINEERING