

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“REVESTIMIENTO DE ELEMENTOS
CONSTRUCTIVOS CON MALLAS DE ACERO O
PANELES DE ALUMINIO PARA EVITAR LA
TRANSMISIÓN DE ONDAS
ELECTROMAGNÉTICAS EN LA VIVIENDA SANTA
ANA, AYACUCHO 2023”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO CIVIL

Autor:

Luis Gabriel Ochante Tineo

Asesor:

Mg. Ing. Jose Luis Neyra-Torres
<https://orcid.org/0000-0002-6470-2998>

Lima - Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Mg. Ing. Edmundo Vereau Miranda	10557797
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Mg. Ing. Erick Humberto Rabanal Chávez	42009981
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Mg. Ing. Neicer Campos Vásquez	42584435
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

INFORME DE SIMILITUD

21/3/23, 11:35

Turnitin - Informe de Originalidad - TESIS LUIS OCHANTE - VF

Turnitin Informe de Originalidad

Procesado el: 21-mar-2023 11:16 -05
 Identificador: 2042758479
 Número de palabras: 12033
 Entregado: 1

TESIS LUIS OCHANTE - VF Por Luis Ochante

Índice de similitud	Similitud según fuente
17%	Internet Sources: 17% Publicaciones: 2% Trabajos del estudiante: 11%

2% match (Internet desde 11-nov.-2020)

<https://dokumen.pub/fisica-universitaria-con-fisica-moderna-2-12nbsped-9786074423044.html>

1% match (Internet desde 09-feb.-2023)

https://www.researchgate.net/publication/313582347_Materiales_compuestos_de_matriz_polimerica_usados_para_el_blindaje_de_interfer

1% match (trabajos de los estudiantes desde 06-dic.-2022)

[Submitted to Instituto Superior de Artes, Ciencias y Comunicación IACC on 2022-12-06](#)

1% match (trabajos de los estudiantes desde 04-sept.-2022)

[Submitted to Pontificia Universidad Católica del Perú on 2022-09-04](#)

1% match (Internet desde 03-ago.-2022)

<https://www.gocongr.com/flashcard/28160990/fisica-ii>

< 1% match (Internet desde 10-dic.-2020)

<https://dokumen.pub/quimica-analitica-6a-ed-reimp-9789701072349-9701072340.html>

< 1% match (Internet desde 07-dic.-2020)

<https://dokumen.pub/fisica-para-ciencias-e-ingenieria-con-fisica-moderna-vol-ii-4a-ed-9786074423037-6074423032.html>

< 1% match (Internet desde 24-oct.-2022)

<https://www.coursehero.com/file/35476887/Tarea-31-INTE-2440docx/>

< 1% match (Internet desde 03-nov.-2022)

<https://www.coursehero.com/file/74545826/Evidencia-2-F%C3%ADsica-IIIdocx/>

< 1% match (Internet desde 06-dic.-2022)

<https://www.coursehero.com/file/pk992s/La-ley-de-Gauss-que-es-una-generalizac%C3%B3n-de-lo-anterior-dice-que-el-flujo-neto/>

< 1% match (Internet desde 01-feb.-2023)

<https://www.coursehero.com/file/119484398/Ley-de-Gausspdf/>

< 1% match (Internet desde 10-ene.-2023)

<https://www.coursehero.com/file/177697969/Unidad-1-FUNDAMENTOS-DE-LA-CALIDADpdf/>

< 1% match (Internet desde 29-ene.-2023)

https://www.researchgate.net/publication/240371845_Corrosion_behavior_of_Cr_electrodeposited_from_CrVI_and_CrIII_baths_using_direct_DCD_and_pulse_electrodeposition_PED_techniques

< 1% match (trabajos de los estudiantes desde 03-mar.-2023)

[Submitted to Universidad Privada del Norte on 2023-03-03](#)

< 1% match (trabajos de los estudiantes desde 15-mar.-2023)

[Submitted to Universidad Privada del Norte on 2023-03-15](#)

< 1% match (trabajos de los estudiantes desde 09-mar.-2023)

[Submitted to Universidad Privada del Norte on 2023-03-09](#)

< 1% match (trabajos de los estudiantes desde 17-mar.-2023)

DEDICATORIA

A mis padres Moisés y Ortencia quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de sacrificio y perseverancia, de no temer las adversidades porque siempre contaré con su apoyo incondicional.

A mis hermanos por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias. A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

AGRADECIMIENTO

Me gustaría agradecer en estas líneas la ayuda que muchos amigos y compañeros me han prestado durante el proceso de investigación y redacción de este trabajo. En primer lugar, quisiera agradecer a mis padres que me han ayudado y apoyado en todo mi producto, a mi asesor Neyra, por haberme orientado en todos los momentos que necesité sus consejos.

TABLA DE CONTENIDO

JURADO CALIFICADOR	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE GRÁFICOS	9
ÍNDICE DE ECUACIONES	10
RESUMEN	11
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	13
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	38
CAPÍTULO III: RESULTADOS	48
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	56
REFERENCIAS	59
ANEXOS	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tabla de Metrado y costos unitarios.....	46
Tabla 2: Medición de campos electromagnéticos en Maqueta 01	48
Tabla 3: Medición de campos electromagnéticos en Maqueta 02	49
Tabla 4: Medición de campos electromagnéticos en Maqueta 03	50
Tabla 5: Promedios de medición en maquetas	51
Tabla 6: Comparativa de valores entre unidades	54
Tabla 7: Referencia del costo del material a comparar.....	55
Tabla 8: Matriz de consistencia de problemática	72
Tabla 9: Matriz de consistencia objetos de estudio	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Montaje de la experimentación	20
Figura 2: Absorbedores piramidales	21
Figura 3: Espectro electromagnético	26
Figura 4: Balanza de Torsión.....	28
Figura 5: Simulación de un Campo Eléctrico.....	29
Figura 6: Líneas de campo eléctrico.....	29
Figura 7: Flujo eléctrico en superficie cerrada.	30
Figura 8: Experimento de la Ley de Gauss.....	30
Figura 9: Flujo eléctrico.....	31
Figura 10: Placa conductora en un C.E externo.	32
Figura 11: Principio de Jaula Faraday.	33
Figura 12: Experimento con la Jaula Faraday.	33
Figura 13: Interacción magnética.	34
Figura 14: Planos de maqueta.....	67
Figura 15: Corte del cartón maqueta	68
Figura 16: Malla de acero y lámina de aluminio	68
Figura 17: Elementos constructivos con el blindaje	69
Figura 18: Prototipo de maqueta.....	69
Figura 19: Medición fuera y dentro de la vivienda.....	70
Figura 20: Costo de la pintura con cual compararemos	70
Figura 21: Costo de la malla de acero y lámina de aluminio.....	71

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Diagrama de flujo para el procedimiento de pruebas.....	45
Gráfico 2: Gráfico comparativo Maqueta 01 y Maqueta 02.....	51
Gráfico 3: Gráfico comparativo con revestimiento de láminas de aluminio	52
Gráfico 4: Gráfico comparativo de revestimiento de acero vs aluminio	53

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Fuerza eléctrica, ley de Coulomb	28
Ecuación 2: Campo Eléctrico	29
Ecuación 3: Flujo Eléctrico	31
Ecuación 4: Campo Eléctrico al interior de una placa.....	32
Ecuación 5: Fuerza Magnética.....	34
Ecuación 6: Eficiencia de blindaje	35
Ecuación 7: Eficiencia de blindaje antes y después del experimento.....	36

RESUMEN

El presente trabajo tiene como fin encontrar soluciones frente a la contaminación electromagnética, tanto para proteger nuestra salud, el sistema nervioso, etc como también proteger nuestros aparatos electrodomésticos, ya que con el avance tecnológico se ha logrado una gran simplicidad de las cosas, inteligencia de las cosas, viviendas inteligentes, sin embargo no estamos informados acerca de las consecuencias que nos puede traer esta exposición a diferentes ondas electromagnéticas, las altas frecuencias, como por ejemplo que estos últimos años la implementación del 5G en redes móviles ha traído una gran controversia debido a sus altas frecuencias, por ende la razón de esta investigación es mi preocupación de por nuestra salud. Asimismo, se analizará la viabilidad económica del uso de estos materiales a la hora de la construcción para lo cual compararemos el precio de éstos mencionados con otro material típico a utilizar, como puede ser la pintura ya que comparten el mismo (Metrado) y unidad).

PALABRAS CLAVES: Se Ondas electromagnéticas, construcciones saludables, viviendas ecológicas, ondas de alta frecuencia, blindaje de viviendas, Jaula Faraday.

ABSTRACT

The purpose of this work is to find against electromagnetic pollution, both to protect our health, the nervous system, etc. as well as to protect our household appliances, since with the technological advance great solutions have been achieved, simplicity of things, intelligence of things, smart homes, however we are not informed about the consequences that this can bring us to different electromagnetic waves, high frequencies, such as that in recent years the implementation of 5G in mobile networks has brought great controversy due to its high frequencies, therefore the reason for this investigation is my concern for our health. Likewise, the economic viability of the use of these materials at the time of construction will be analyzed, for which we will compare the price of these mentioned with another typical material to be used, such as paint since they share the same (Meter) and unit)

KEYWORDS: Electromagnetic waves, healthy constructions, ecological housing, high frequency waves, housing shielding, Faraday Cage.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

Realidad Problemática:

Inicialmente, las personas estaban expuestas a la radiación que se originaba en la Tierra y el cosmos, un rápido aumento de las fuentes artificiales de radiación electromagnética comenzó a fines del siglo XX. Con el desarrollo de las tecnologías inalámbricas, se plantea la cuestión del impacto de la radiación electromagnética en el organismo humano. El efecto de los campos electromagnéticos sobre los organismos vivos es objeto de extensos estudios científicos para probar o refutar su conexión con los cambios del estado de salud, mientras que estos impactos aún no están claramente confirmados ni refutados (Pavlik et al., 2018)

La radiación electromagnética (EM) es una forma común de radiación que se puede encontrar en la atmósfera, como ondas de radio, rayos X, infrarrojos y luz visible. Mientras que las radiaciones EM que ocurren naturalmente, tienen bajas frecuencias y no causarían ninguna interrupción a los organismos vivos, las OEM creados artificialmente pueden tener un efecto profundo en los seres vivos, así como en los circuitos electrónicos. Dado que las ondas EM creadas intencionalmente tienen una frecuencia específica y se utilizan para una aplicación particular, es fácil controlarlas. Por otro lado, las ondas EM generadas involuntariamente son más difíciles de controlar, ya que poseerían ondas, que tienen una amplia gama de frecuencias (Wanasinghe et al., 2021).

A diferencia de los campos electromagnéticos de baja a media frecuencia, Los campos electromagnéticos de alta frecuencia pueden dañar el ADN o las células directamente. La mayoría de los dispositivos electrónicos operan en un rango de frecuencia de 2.4 – 2.4835 GHz (Foster y Moulder, 2013).

A medida que la tecnología utilizada en los teléfonos inteligentes, los sistemas de Internet de las cosas y los vehículos eléctricos (EV) se ha vuelto más avanzada, la interferencia electromagnética (EMI) se ha convertido en un problema grave. Una solución a este problema es depositar una capa de blindaje EMI directamente sobre la superficie de un chip semiconductor (blindaje EMI directo en el chip) (Kikitsu et al., 2021).

Asimismo, el desarrollo tecnológico trajo consigo grandes aportes como mejoras en la comodidad, simplicidad de las cosas, comunicación a largas distancias, medicina; como también tuvo un gran impacto negativo como indican los siguientes autores.

Actualmente, la ciber tecnología de uso general ha encontrado una amplia aplicación de las radiaciones electromagnéticas en el campo principal de la vida cotidiana, especialmente en la medicina: tomografía computarizada, investigación biomédica, oncología y otros (Rudnov et al., 2018).

La contaminación electromagnética son las señales electromagnéticas transmitidas o la radiación electromagnética emitida por los circuitos eléctricos de los dispositivos, que pueden interferir con el correcto funcionamiento de los dispositivos eléctricos circundantes o dañar los organismos vivos (D Soyaslan, 2021).

Con el rápido desarrollo de la ciencia, la tecnología y la economía, los equipos electrónicos y eléctricos se han utilizado ampliamente. La radiación electromagnética se ha convertido en el cuarto tipo de contaminación, después de la contaminación atmosférica, la contaminación del agua y la contaminación acústica. Esta radiación electromagnética puede poner en grave peligro la salud de los seres humanos, interrumpir dispositivos electrónicos (Dai et al., 2019).

Algunos de los estudios se han centrado en las asociaciones entre la leucemia infantil y la exposición a campos magnéticos o la exposición de adultos a altos niveles de emisiones (National Cancer Institute, 2016). Por otra parte, otros estudios encontraron asociaciones solo para los niños que vivían en hogares con niveles muy altos de campos magnéticos. Una revisión general de los estudios epidemiológicos en los campos de ELF reveló un mayor riesgo de leucemia en los niños que viven en tales condiciones (SCENIHR, 2010). Pocos estudios han indicado que los campos ELF son directamente cancerígenos (Cherry, 2001). Sin embargo, la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer ha determinado que los campos de RF son cancerígenos para los seres humanos (Foster y Moulder 2013). Un análisis conjunto de varios estudios epidemiológicos y revisiones de metaanálisis indicó un mayor riesgo de leucemia entre los niños con diversos grados de exposición a la radiación (Kheifets et al, 2010a y 2010b). Como resultado, la Directiva sobre equipos terminales de radio y telecomunicaciones en Europa ha declarado que los dispositivos electrónicos no deben producir radiación peligrosa (Peyman et al. 2011).

Por ende, mi gran preocupación como futuro profesional es alertar y dar a conocer los impactos que generan las distintas ondas como por ejemplo las famosas ondas de alta frecuencia llamadas (5G) que se han vuelto tema controversial en estos últimos años, asimismo presentar alternativas de solución en la industria de la construcción, para poder reducir o en el mejor de los casos evitar los efectos de las ondas electromagnéticas.

Con el rápido desarrollo de la tecnología 5G, la inteligencia artificial, Internet de las cosas, big data y sus amplias aplicaciones en sistemas no tripulados, comunicaciones de alta velocidad, Internet industrial, energía del futuro, aeroespacial y otros campos, el nivel de desarrollo de la tecnología de la información se ha convertido en un reflejo del poder nacional, lo que no solo afecta el funcionamiento normal de los dispositivos electrónicos cercanos, sino que también aumenta el riesgo de que los trabajadores relacionados sufran

dolores de cabeza, depresión, inmunodeficiencia y otras enfermedades integral (Liang et al., 2021).

Con el desarrollo de la tecnología electrónica, especialmente el advenimiento de la era 5G, los materiales de protección contra interferencias electromagnéticas (EMI) son cada vez más necesarios para evitar que los dispositivos electrónicos y los cuerpos humanos sufran una intensa radiación electromagnética. Se han dedicado considerables esfuerzos a fabricar materiales de blindaje EMI basados en compuestos de polímeros conductores (CPC) debido a su peso liviano, fácil procesabilidad, bajo costo, resistencia a la corrosión (Wang et al., 2021).

La ciencia de la construcción se ocupa del rendimiento físico de los edificios, la comodidad, la salud, la seguridad de los ocupantes y el entorno natural y construcción en general, sin embargo, rara vez se utilizan los términos como "ciencia de la construcción" y "RFR" en la misma frase, a nivel internacional, una amplia gama de normas políticas limitan los campos eléctricos y magnéticos; y se hacen recomendaciones para minimizar el impacto de la RFR en la salud pública y ambiental en el diseño, construcción y mantenimiento de edificios modernos y más seguros (Clegg et al., 2020).

Las ondas electromagnéticas omnipresentes pueden poner en peligro la salud humana y afectar el funcionamiento regular de los dispositivos electrónicos. Se han dedicado considerables esfuerzos a desarrollar materiales con alta efectividad de blindaje contra interferencias electromagnéticas (EMI SE) para abordar este problema (Li et al., 2021)

Las medidas de protección pertinentes deberían incluir el blindaje de los edificios o sus partes y la absorción de la radiación por las envolventes de los edificios y sus elementos. El enfoque principal está en las posibilidades de mejorar las propiedades de protección y

absorción de materiales de construcción comunes, como hormigón, morteros y resinas sintéticas (Majcher et al., 2020).

En el campo de la construcción, el interés por nuevos materiales de construcción ecológicos está aumentando debido al agotamiento de los recursos, la contaminación ambiental y el cambio climático, y se han realizado estudios de propiedades electromagnéticas sobre estos materiales. Recientemente, entre varios materiales de construcción ecológicos, la madera transparente, que se fabrica modificando la madera químicamente y se puede usar en lugar del vidrio para interiores y exteriores, ha atraído la atención (Cho et al., 2021).

Los materiales de protección contra interferencias electromagnéticas (EMI) se han vuelto necesarios debido a la contaminación electromagnética causada por el rápido desarrollo de los dispositivos electrónicos. Numerosas aplicaciones usan ondas electromagnéticas (EM), como electrónica inalámbrica, comunicaciones, computadoras, aplicaciones automotrices electrónicas, radar y militares. En particular, a medida que el desarrollo de la tecnología de comunicaciones móviles pasa a la quinta generación (5G) (Liang et al., 2021)

El acero es un componente estructural dominante utilizado en la construcción, por otro lado, el acero también se utiliza por sí solo, como en el caso de los cables en los puentes atirantados. El blindaje de interferencia electromagnética (EMI) se refiere al bloqueo de la radiación electromagnética en los regímenes de ondas de radio y microondas. Este blindaje es necesario debido a la interacción del campo eléctrico en la radiación electromagnética con los electrones en las líneas conductoras en un dispositivo electrónico, como una computadora (Ozturk & Chung, 2021).

Antecedentes

Wanasinghe, Aslani, y Ma (2021) en su reciente estudio titulado “Electromagnetic shielding properties of cementitious composites containing carbon nanofibers, zinc oxide, and activated carbon powder”. El objetivo de mezclar los aditivos investigados en este artículo con Fibra de Carbono (CF) fue mejorar la red conductora creada por CF con la ayuda de estos aditivos. Se eligió mezclar el porcentaje más alto de Nano Fibra de Carbono (CNF) con CF para maximizar la red conductora dentro del compuesto.

Las pruebas muestran resultados positivos para la conducción eléctrica y el blindaje sin embargo no tienen buena resistencia a la compresión, la implantación de estos materiales en el orden nanotecnológico es beneficiosa para el blindaje de viviendas ya que el ACP refleja las ondas electromagnéticas, sin embargo, aún habría que evaluar los costos de la implantación.

Clegg et al. (2020) en el artículo titulado “Building science and radiofrequency Radiation: What makes smart and healthy buildings” con el objetivo de proteger a habitantes humanos, animales, y sistemas eléctricos, plantea soluciones en construcción para mejorar la calidad de vida de estos elementos. Plantea como solución óptima la jaula de Faraday, así logra reflejar la mayor cantidad de OEM. Concluyendo así que la radiación de radiofrecuencia (RFR) por debajo de la guía y los estándares actuales destaca la necesidad de seguir desarrollando y codificando los estándares y las guías pertinentes en materia de tecnología militar. Los riesgos para la salud pública, las necesidades de accesibilidad, la indulgencia y las acciones de precaución internacionales indican que la RFR es un parámetro de desempeño importante en la ciencia de la construcción.

La solución que nos presentan en este artículo es para protegernos contra la radiación de radio frecuencia (RFR) es envolver el edificio con materiales que reflejen las ondas como por ejemplo metales, cumpliendo así el principio de Jaula Faraday.

Chaudhary, Gupta, Teotia, Nimanpure, y Rajak (2021) en su reciente estudio de “Electromagnetic Shielding Capabilities of Metal Matrix Composites” tuvo como objetivo hablar sobre las técnicas de blindaje EMI y su teoría. Los temas fundamentales en los que se centró el trabajo principal son los compuestos de materiales de blindaje ligeros como los polímeros, compuestos de espumas y aerogeles, pero los compuestos que contienen refuerzo de nanoestructuras de carbono están atrayendo un gran interés de investigación de la comunidad científica. Con lo cual concluye que aún es muy temprano para abordar ampliamente el tema, ya que es un tema reciente de investigación y necesitan realizarse más pruebas en los materiales.

Los mecanismos de blindaje EMI son básicamente 3: la reflexión, la absorción y las reflexiones múltiples dependiendo a ello se podrá proceder a su blindaje respectivo, en la presente tesis, yo aplicaré la propiedad de la reflexión, haciendo uso de materiales metálicos como acero y aluminio.

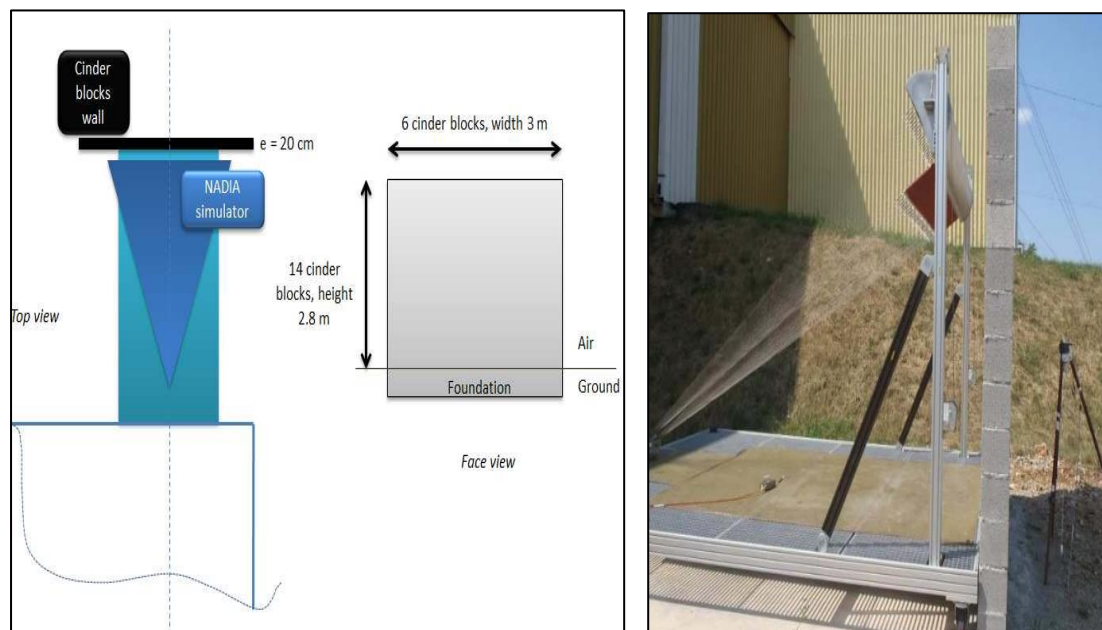
Cho, Song, y Hong (2021) debido a su preocupación del avance tecnológico y la conciencia ambiental realiza estudios electromagnéticos y los presenta en el artículo siguiente. “Analysis of the electromagnetic properties of eco-friendly transparent Wood” con el objetivo de implementar materiales más ecológicos para el cuidado del medio ambiente, plantea el uso de la madera transparente para mejorar la eficiencia espectral de futuros edificio, se analizó el comportamiento electromagnético de la madera transparente mediante medición y simulación. La madera transparente, hecha agregando epoxi transparente a la madera de balsa, es de 50×50 mm.² en tamaño y 1,4 mm de altura, muestra un resultado de un 80% de transmitancia de luz en la región de luz visible, y una notable

protección contra OEM. Concluyendo así con cifras considerables: se confirmó que la constante dieléctrica era 3.344 y la tangente de pérdidas fue 0.0552.

Por ende; para proyectos de gran envergadura si fuese adecuado la implantación de la madera transparente ya que trae beneficios a favor del medio ambiente y la salud humana.

Corsi et al. (2019) en el artículo “Study of feasibility of building materials electromagnetic characterization” su principal objetivo consiste en evaluar el impacto de una iluminación de baja frecuencia (por debajo de 1 GHz) sobre la atenuación y propagación temporal de una onda electromagnética a través del material. El objetivo final es realizar grandes simulaciones que incluyan mallas de uno o varios edificios. Los resultados mostrados con la prueba NADIA de caracterización por encima de 1 GHz y exponen métodos capaces de generar una respuesta del material midiendo los parámetros de reflexión. El método, que da buenos resultados para el material de bloques de cemento, se utilizó en este material hasta 1 GHz. Este método deriva un material equivalente a partir de datos experimentales.

Figura 1: Montaje de la experimentación



Fuente: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8872032>

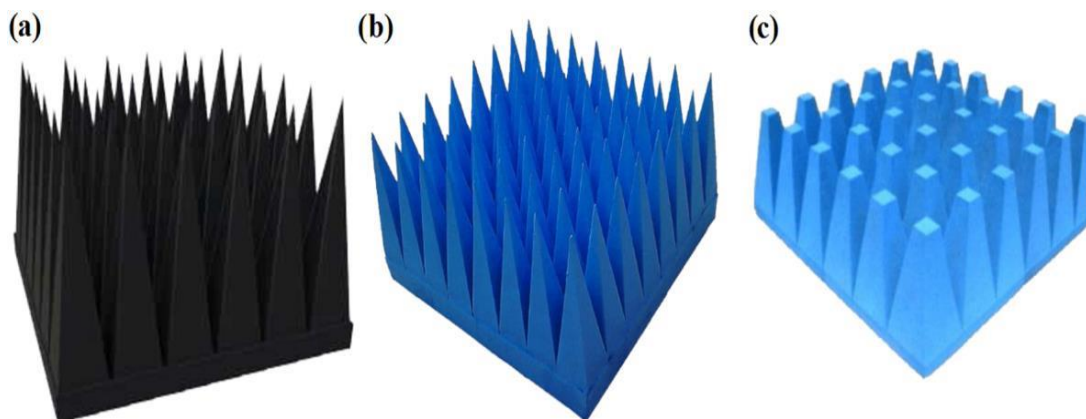
De esta forma se podría dar el siguiente paso generalizando el método a cualquier material de construcción, con el fin de modelar ladrillos, tejas, etc

Majcher et al. (2020) en el artículo “Methods of Protecting Buildings against HPM Radiation A Review of Materials Absorbing the Energy of Electromagnetic Waves” tiene como objetivo presentarnos las diferentes formas de proteger un edificio gracias a materiales que absorben energía. Los autores del trabajo investigaron la efectividad de blindaje de la pasta de cemento con contenido de grafito utilizando el método de línea de transmisión. Se asumió que las medidas de resistividad eléctrica serían óptimas debido al hecho de que la resistividad eléctrica es la cantidad básica que describe el comportamiento de la conducción eléctrica

Se llegó a la conclusión inequívoca de que tales compuestos podrían utilizarse para la producción de materiales de construcción, ya que dicho material sería adecuado para la implantación en la construcción, sin embargo, aún está en proceso de investigación y pruebas, asimismo evaluar los costos comprobar si podría ser viable o no, será materia para un futuro estudio de mi persona.

Figura 2: Absorbedores piramidales

Absorbedores piramidales de espuma: (a) tipo 5796, (B) tipo 3680 y (C) tipo 3660



Fuente: <https://www.mdpi.com/1996-1944/13/23/5509>

Dai et al. (2019) en el artículo “Electromagnetic Wave-Absorbing Properties of Steel Slag” tiene como principal objetivo explorar las propiedades de protección contra la REM de la escoria de acero para posteriormente utilizarlo como material de construcción. Se utilizó microscopía electrónica de barrido, difracción de rayos X, espectroscopía de fotoelectrones de rayos X y espectroscopía de Mössbauer para analizar la composición química y la fase mineralógica del polvo de escoria de acero. Los parámetros electromagnéticos de las muestras se analizaron y discutieron en detalle para el rango de frecuencia de 1-18 GHz. Descubrimos que la escoria de acero tenía la propiedad de absorber ondas electromagnéticas debido a componentes eléctricos (como FeO y polvo de carbono) y componentes magnéticos [como magnetita (Fe_3O_4) y hematita ($\alpha-Fe_2O_3$)]; la pérdida eléctrica fue mucho mayor que la pérdida magnética. De lo cual concluye que la escoria de acero tiene propiedades absorbentes de ondas electromagnéticas, así mismo es un buen material para la construcción.

Pavlik, Zbojovsky, Kruzalak, y Ivancak (2018) en el artículo “The shielding effectiveness of building material brick filled with mineral wool”. Tiene como objetivo detectar la capacidad de protección de los ladrillos rellenos de lana mineral. La capacidad de sombreado se define por la eficacia del blindaje. Obteniendo resultados favorables que muestran además que el aumento en la eficiencia del blindaje es más rápido a 6 GHz. De la frecuencia de 6 GHz a 9 GHz, el aumento es más lento. La lana mineral tiene una buena capacidad de protección incluso contra las ondas acústicas. Por tanto, es posible conseguir una combinación de ladrillo y material de lana mineral que pueda proteger parcialmente tanto las ondas electromagnéticas como las acústicas.

Su implementación es factible y posible, ya que no es una tecnología muy avanzada sino una perfecta combinación de materiales, así mismo con conocimiento de sus propiedades de cada una.

Posada, Téllez, Rojas, & Barrado, (2017) en su publicación “MATERIALES COMPUESTOS DE MATRIZ POLIMÉRICA USADOS PARA EL BLINDAJE DE INTERFERENCIA ELECTROMAGNÉTICA” este trabajo tiene como objetivo verificar el estado en la síntesis y caracterización de materiales de matriz polimérica reforzados con compuestos a base de carbón o ferritas para su uso como materiales atenuadores de interferencia electromagnética (EMI), obteniendo como resultado, los diferentes tamaños de grano y los aditivos usados durante la mezcla no tienen influencia en el comportamiento conductivo del compuesto, lo cual concluye en que el rendimiento de un material diseñado para el blindaje EMI se cuantifica a través de la efectividad del blindaje (SE) o en otros casos a través de la pérdida reflectiva RL.

La mezcla de magnetita con fibras de carbono es aún un gran tema de investigación que un futuro podría implementarse en nuestro país, como material de construcción.

Colak, Varevac, y Milicevic (2020) utiliza arcilla “MATERIALS THAT IMPROVE THE SHIELDING EFFICIENCY FROM EM RADIATION” nuestro objetivo final es innovar nuevos materiales que tengan la capacidad de absorber la radiación EM, obteniendo como resultado la escoria de horno de arco eléctrico (EAFS) tiene una mejor eficiencia de blindaje contra la radiación EM, coeficiente de absorción y coeficiente de reflexión que la escoria de horno cuchara (LFS). Y se concluye que al comparar las baldosas cerámicas y una pared de ladrillo reforzada con chatarra de acero, las baldosas cerámicas tienen una mejor efectividad de protección. Las cenizas volantes son uno de los materiales más conocidos para mejorar la eficiencia del blindaje de los materiales de construcción contra la radiación EM.

En conclusión, la arcilla cuyo material es abundante en nuestra región podría ser utilizada de forma adecuada en la construcción con una correcta mezcla con otros materiales, para protegernos contra la radiación EM,

Rudnov, Belyakov, & Galiakhmetov (2018) en el artículo “New Concrete for Protection from Radiation in the Urals Based on Natural Fillers” como objeto principal la protección contra ondas electromagnéticas haciendo uso adecuado de materiales comunes y como resultados se demuestra experimentalmente la alta eficiencia del tipo de hormigón de protección contra la radiación recientemente desarrollado debido a la elección de las materias primas y la optimización de las características de la mezcla de hormigón (relación W / C y relación de gruesos y agregados finos).

De lo cual concluyen que la protección contra la radiación γ aumenta en 1,35-3,0 veces dependiendo de la energía del campo. Al mismo tiempo, las ventajas tecnológicas permiten reducir costos al usarlos y ampliar el ámbito de aplicación. Una solución simple pero factible en pequeñas construcciones, como viviendas, o aislar un espacio específico, como cuartos, salas de estudio, etc.

Ryu et al. (2021) en el reciente estudio “Absorption-dominant, low reflection EMI shielding materials with integrated metal mesh/TPU/CIP composite” presenta como objetivo el blindaje contra ondas electromagnéticas, inalámbricas, producidas, por computadoras, radares, etc. Concluyendo así que la combinación de una capa de absorción (compuesto de TPU / CIP) y una capa de malla metálica de reflexión dominante (malla de Ni, Cu) permite el desarrollo de dos capas de nanocompuesto que mejora la eficacia del blindaje de absorción y reduce la eficacia del blindaje de reflexión.

Presenta una solución muy interesante, sin embargo, muy temprano para implementarlo en nuestro país, por la escasa tecnología con la que contamos y los altos costos que nos representarían la importación de estos materiales.

Definiciones Conceptuales

Campo Electromagnético (CEM)

Los Campos Electromagnéticos, son una combinación de ondas eléctricas y magnéticas que se desplazan simultáneamente y se propagan a la velocidad de la luz. Cuanto más elevada es su frecuencia mayor es la cantidad de energía que transporta la onda (Fustel, Vázquez, & Olalde, s. f.).

Interferencia Electromagnética (EMI)

Una interferencia electromagnética (EMI, por sus siglas en inglés) es cualquier señal o emisión, radiada en el espacio o conducida a través de un cable de alimentación o señal, que pone en peligro el funcionamiento de la navegación por radio u otro servicio de seguridad, o degrada seriamente, obstruye o interrumpe de forma repetida un servicio de comunicaciones por radio autorizado («Apéndice c, Notificaciones reglamentarias | Dell PowerEdge RAID Controller S300 Manual del usuario | Página 101 / 124», s. f.).

Madera transparente

La lignina es un componente que aparece en los tejidos leñosos de los vegetales y que tiene una función muy importante. La función de la lignina en la madera es la de mantener unidas las fibras de celulosa y realizar funciones esenciales para su vida (Portillo, 2020,p.102).

Radiación EM

La radiación según su naturaleza es “una forma de transmisión de energía en la que los campos eléctricos y magnéticos se propagan por ondas a través del espacio vacío o de un medio como por ejemplo el vidrio” (Roncel y Holm - ¿QUÉ ES LA RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA USOS BENEFICIOSO?, s. f., p. 10).

Escorias metalúrgicas

En la fabricación moderna de acero, las escorias se originan en un alto horno a partir de impurezas en los minerales de hierro (conocidos como gangue), el flujo y las cenizas de coque (La Importancia de las escorias metalúrgicas y su evaluación, 2020).

Las escorias metalúrgicas se utilizan para proteger materiales de construcción de cerámica a base de arcilla.

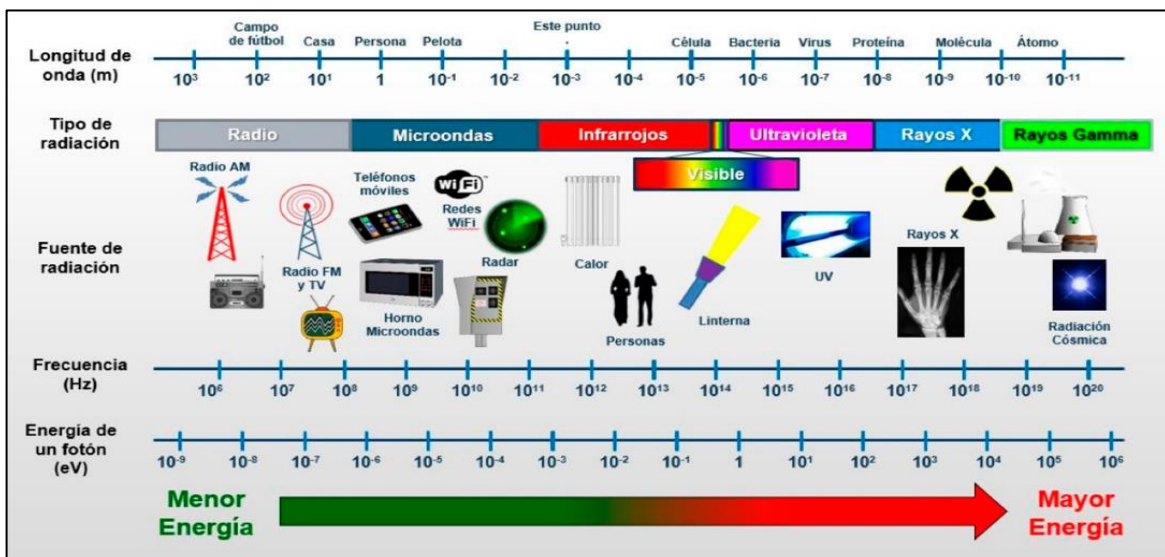
Microondas de Alta Potencia (HPM)

Armas de Radiofrecuencia, que radian energía electromagnética en altas frecuencias, también llamadas microondas de alta frecuencia (High Power Microwaves), («Energía dirigida», 2020).

El espectro electromagnético

El espectro electromagnético es un continuo que va de bajo a alto frecuencias, asociadas con las longitudes de onda más largas a las más cortas, respectivamente, algunas de ellas visibles para el ojo humano (Clegg et al., 2020, p. 5).

Figura 3: Espectro electromagnético



Fuente: <https://avanceyperspectiva.cinvestav.mx/el-espectro-electromagnetico-los-efectos-de-la-radiacion-no-ionizante-y-como-prevenirlos/>

Radiación Ionizante

Tipo de radiación de alta energía que tiene suficiente energía como para eliminar un electrón (partícula negativa) de un átomo o molécula y causar su ionización. La radiación ionizante produce cambios químicos en las células y daña el ADN («Definición de radiación ionizante - Diccionario de cáncer del NCI - Instituto Nacional del Cáncer», 2011).

Radiación No Ionizante

Tipo de radiación de baja energía que no tiene suficiente energía como para eliminar un electrón (partícula negativa) de un átomo o molécula. La radiación no ionizante incluye la luz visible, infrarroja y ultravioleta; las microondas; las ondas de radio y la energía de radiofrecuencia de los teléfonos móviles («Definición de radiación no ionizante - Diccionario de cáncer del NCI - Instituto Nacional del Cáncer», 2011).

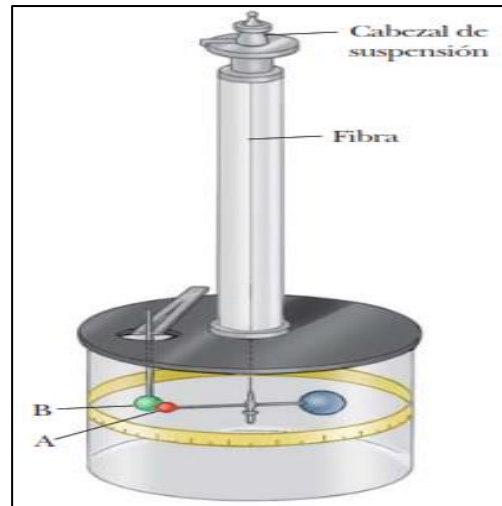
Bases teóricas

Ley de Coulomb

La fuerza eléctrica entre las esferas A y B de la figura (4) provoca que se atraigan o se repelen, y el movimiento resultante provoca que la fibra suspendida se tuerza (Serway, s. f., p. 645).

La magnitud de la fuerza eléctrica entre dos cargas puntuales es directamente proporcional al producto de las cargas, e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa (Sears, s. f., p. 716).

Figura 4: Balanza de Torsión



Fuente: <https://ia801204.us.archive.org/30/items/LibroFisicaParaCienciasEIngenieriaSerway7edVol2/Libro-fisica-para-ciencias-e-ingenieria-serway-7ed-vol-2.pdf>

Balanza de torsión de Coulomb, utilizada para determinar la ley del cuadrado inverso para una fuerza eléctrica entre dos cargas.

Ecuación 1: Fuerza eléctrica, ley de Coulomb

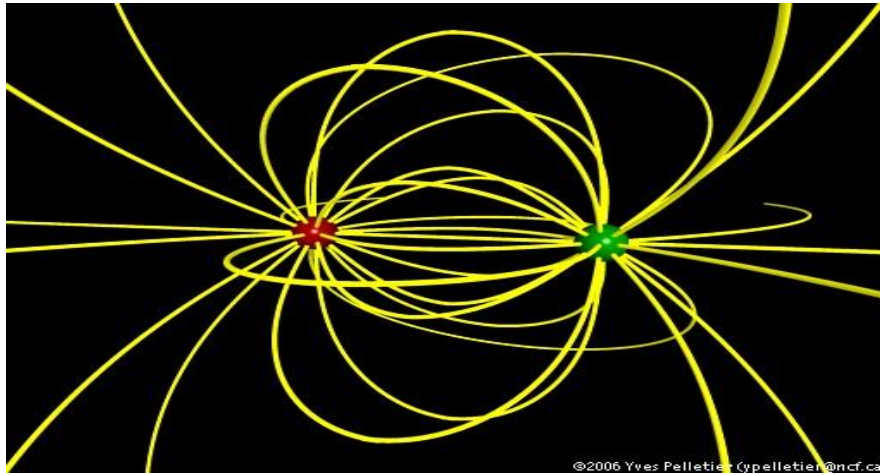
$$F_e = k_e \frac{|q_1||q_2|}{r^2} \quad (1)$$

Campo Eléctrico

El campo eléctrico una cantidad vectorial, es la fuerza por unidad de carga que se ejerce sobre una carga de prueba en cualquier punto, siempre que la carga de prueba sea tan pequeña que no perturbe las cargas que generan el campo. El campo eléctrico producido por una carga puntual está dirigido radialmente hacia fuera de la carga o hacia ella (Sears, s. f., p. 739).

El campo eléctrico es un vector que describe la condición en el espacio creada por sistema de cargas puntuales, y se puede conocer desplazando la carga q_0 de un punto a otro (Tipler, s. f., p. 704).

Figura 5: Simulación de un Campo Eléctrico.



Fuente: <http://pepeylaciencia.blogspot.com/2011/01/algunos-simuladores-sobre-campo-y.html>

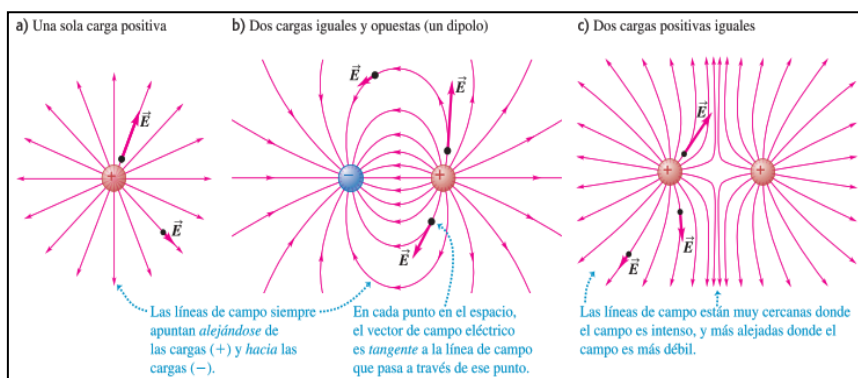
Ecuación 2: Campo Eléctrico

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} \quad (2)$$

Líneas de Campo eléctrico

Una línea de campo eléctrico es una recta o curva imaginaria trazada a través de una región del espacio, de modo que es tangente en cualquier punto que esté en la dirección del vector del campo eléctrico en dicho punto (Sears, s. f., p. 733).

Figura 6: Líneas de campo eléctrico

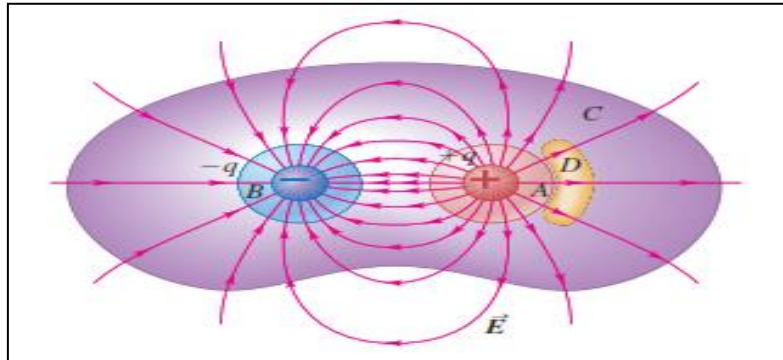


Fuente: https://www.altacapacidadesarca.org/wp-content/uploads/2018/12/Fisica_General_-_Fisica_Universitaria_Vol_2__ed_12Sears-Zemansky.pdf

Ley de Gauss

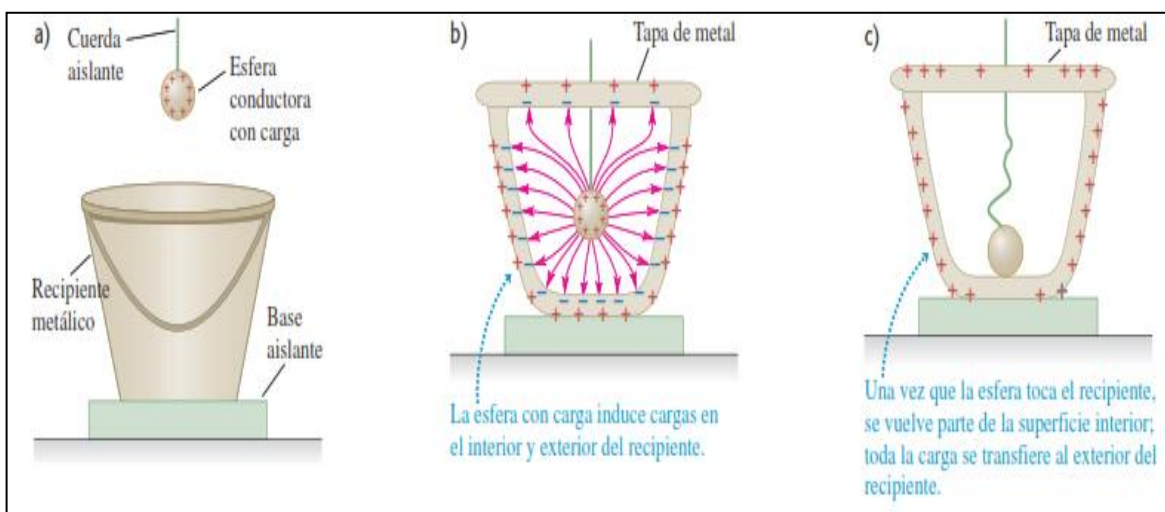
El flujo eléctrico total a través de una superficie cerrada es igual a la carga eléctrica total (neta) dentro de la superficie, dividida entre ϵ_0 (Sears, s. f., p. 759).

Figura 7: Flujo eléctrico en superficie cerrada.



Fuente: https://www.altacapacidadesarca.org/wp-content/uploads/2018/12/Fisica_General_-_Fisica_Universitaria_Vol_2__ed_12Sears-Zemansky.pdf

Figura 8: Experimento de la Ley de Gauss



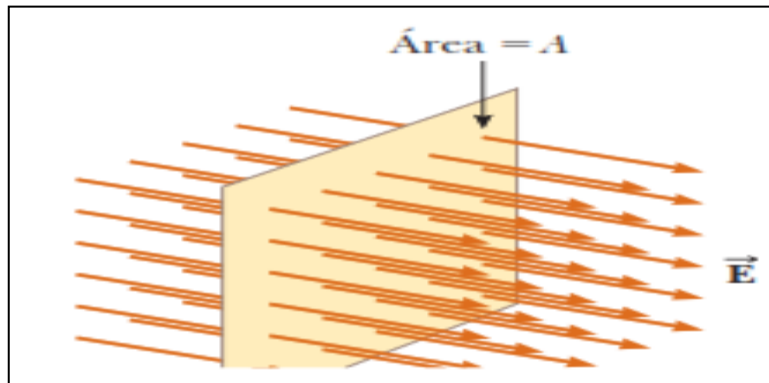
Fuente: https://www.altacapacidadesarca.org/wp-content/uploads/2018/12/Fisica_General_-_Fisica_Universitaria_Vol_2__ed_12Sears-Zemansky.pdf

Flujo eléctrico

El flujo eléctrico es una medida del “flujo” del campo eléctrico a través de una superficie. Es igual al producto de un elemento de área por la componente perpendicular de E integrada sobre una superficie (Sears, s. f., p. 772).

El flujo eléctrico es proporcional al número de líneas de campo eléctrico que penetran una superficie. Si el campo eléctrico es uniforme y forma un ángulo θ con la normal a una superficie de área A (Serway, s. f., p. 685), el flujo eléctrico a través de la superficie es:

Figura 9: Flujo eléctrico



Fuente: <https://ia801204.us.archive.org/30/items/LibroFisicaParaCienciasEIngenieriaSerway7edVol2/Libro-fisica-para-ciencias-e-ingenieria-serway-7ed-vol-2.pdf>

Ecuación 3: Flujo Eléctrico

$$\Phi_E = EA \cos \theta \quad (3)$$

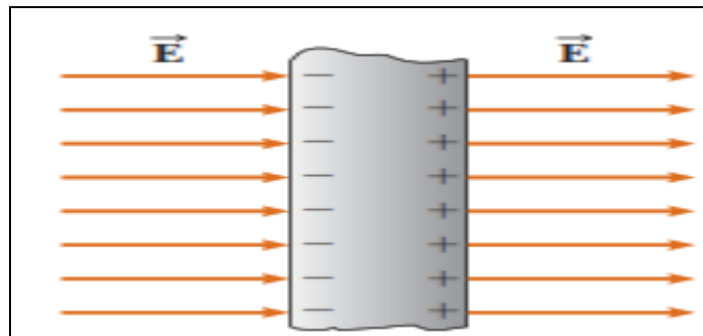
Conductores en equilibrio electrostático

Cuando dentro de un conductor no existe ningún movimiento neto de carga, el conductor está en equilibrio electrostático (Serway, s. f., p. 682).

Un conductor en equilibrio electrostático tiene las siguientes propiedades: en el interior del conductor el campo eléctrico es cero, si el conductor es sólido o hueco.

Si un conductor aislado tiene carga, ésta reside en su superficie, el campo eléctrico justo fuera de un conductor con carga es perpendicular a la superficie del conductor y tiene una magnitud s/ϵ_0 , donde s es la densidad de carga superficial en ese punto.

Figura 10: Placa conductora en un C.E externo.



Fuente:

<https://ia801204.us.archive.org/30/items/LibroFisicaParaCienciasEIngenieriaSerway7edVol2/Libro-fisica-para-ciencias-e-ingenieria-serway-7ed-vol-2.pdf>

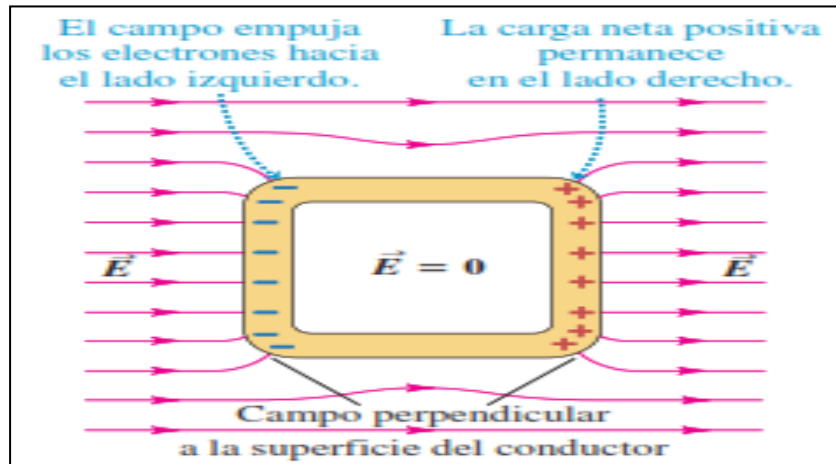
Ecuación 4: Campo Eléctrico al interior de una placa

$$\vec{E}_i = 0 \quad (4)$$

Principio de la Jaula Faraday

Caja conductora (jaula de Faraday) inmersa en un campo eléctrico uniforme. El campo de las cargas inducidas sobre la caja se combina con el campo uniforme para dar un campo total igual a cero dentro de la caja.

Figura 11: Principio de Jaula Faraday.



Fuente: https://www.altacapacidadesarca.org/wp-content/uploads/2018/12/Fisica_General_-_Fisica_Universitaria_Vol_2__ed_12Sears-Zemansky.pdf

Asimismo, se puede comprobar dicho experimento creando una malla de un metal conductor, como podemos ver en la Figura 10, no es necesaria una forma geométrica conocida, simplemente recubrir todo lo que deseemos aislar.

Figura 12: Experimento con la Jaula Faraday.



Fuente: <https://www.tiempo.com/ram/36255/campana-o-jaula-de-faraday-salvados-contra-los-rayos/>

Fuerzas Magnéticas

Las interacciones magnéticas son fundamentalmente interacciones entre partículas cargadas en movimiento. Estas interacciones se describen mediante el campo magnético vectorial, denotado con B . Una partícula con carga q que se mueva con velocidad v en un campo magnético experimenta una fuerza F perpendicular tanto a v como a B (Sears, s. f., p. 945).

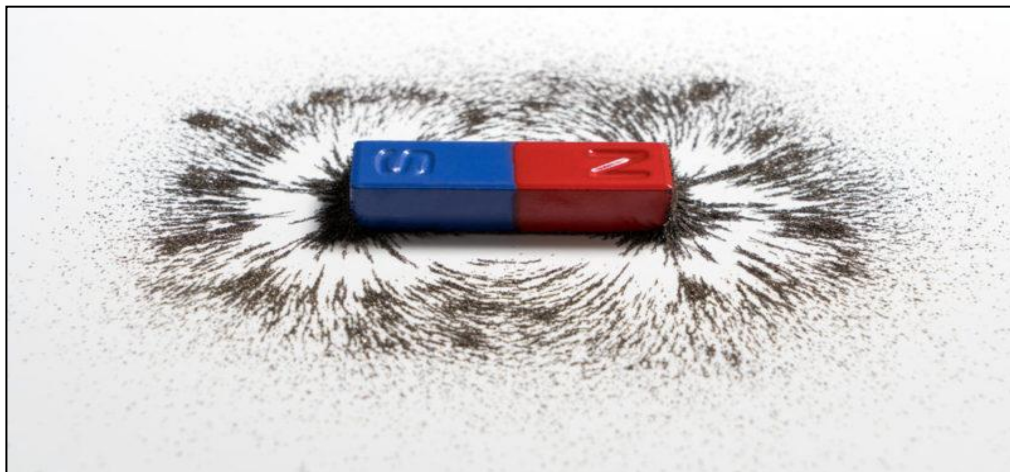
Ecuación 5: Fuerza Magnética

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B} \quad (5)$$

Campo Magnético

Un campo magnético se representa gráficamente con líneas de campo magnético. Para un punto cualquiera, una línea de campo magnético es tangente a la dirección de ese punto. Donde las líneas de campo están muy cercanas entre sí, la magnitud del campo es grande y viceversa (Sears, s. f., p. 945).

Figura 13: Interacción magnética.



Fuente: <https://concepto.de/campo-magnetico/>

Eficiencia de Blindaje (SE)

La eficiencia del blindaje de interferencia electromagnética EMI (EMI SE, unidad: dB) se puede utilizar para evaluar cuantitativamente la capacidad de los materiales para proteger las ondas electromagnéticas (Guerrero et al., s. f.).

Se define como la relación entre la intensidad del campo eléctrico (E), intensidad del campo magnético (H) o potencia (P) de las ondas electromagnéticas antes de entrar en los materiales de blindaje y las que después de atravesar los materiales de blindaje, quedan expresadas como:

Ecuación 6: Eficiencia de blindaje

$$SE = 20 \log \left(\frac{E_t}{E_i} \right) = 20 \log \left(\frac{H_t}{H_i} \right) = 20 \log \left(\frac{P_t}{P_i} \right) \quad (6)$$

Nota:

Et: Intensidad de campo eléctrico transmitidas

Ei: Intensidad de campo eléctrico incidentes

Ht: Intensidad de campo magnético transmitidas

Hi: Intensidad de campo magnético incidentes

Pt: Potencia transmitidas

Pi: Potencia incidentes

Es la ecuación general para medir la eficiencia del blindaje, sin embargo, en las siguientes líneas mostramos otra ecuación más específica.

Ecuación 7: Eficiencia de blindaje antes y después del experimento

$$SE = 20 \log \left(\frac{E_0}{E_1} \right) = 20 \log \left(\frac{H_0}{H_1} \right) = 20 \log \left(\frac{P_0}{P_1} \right) \quad (7)$$

Con ayuda de esta ecuación podremos convertir nuestros resultados obtenidos en microteslas (uT) a decibeles (dB) que son las unidades de la eficiencia del blindaje, ya que serán las eficiencias de blindaje de los experimentos con, y sin blindaje alguno.

Formulación del problema

Problema general

¿En qué medida el revestimiento de elementos constructivos con mallas de acero o paneles de aluminio mitigará la transmisión de ondas electromagnéticas en la vivienda “Santa Ana”, Ayacucho 2023?

Problemas específicos

¿En qué medida el revestimiento de elementos constructivos con mallas de acero mitigará el paso de ondas electromagnéticas?

¿En qué medida el revestimiento de elementos constructivos con paneles de aluminio mitigará el paso de ondas electromagnéticas?

¿En qué medida será viable económicamente la implementación del revestimiento de elementos constructivos con mallas metálicas o paneles de aluminio para mitigar el paso de las ondas electromagnéticas?

Objetivos

Objetivo general

Determinar si el revestimiento de elementos constructivos con mallas de acero o paneles de aluminio mitigará en gran medida la transmisión de ondas electromagnéticas en la vivienda “Santa Ana”, Ayacucho 2023.

Objetivos específicos

Determinar si el revestimiento de elementos constructivos con mallas de acero, en el tarrajeo; reducirá la transmisión de ondas electromagnéticas.

Determinar si el revestimiento de elementos constructivos con paneles de aluminio, en el tarrajeo; ¿mitigará la transmisión de ondas electromagnéticas?

Determinar la viabilidad económica del revestimiento de los elementos constructivos con mallas de acero o paneles de aluminio, para reducir la transmisión de ondas electromagnéticas.

Hipótesis

Se sabe que el aluminio es un buen material reflectivo de ondas electromagnéticas, como en el caso de los ascensores al estar encerrados impide el ingreso de las ondas electromagnéticas, entonces mi investigación pretende aplicar este principio a nivel de viviendas unifamiliares, consiguiendo así reducir en gran medida el ingreso de ondas electromagnéticas a nuestra vivienda, ya que hay estudios que demuestran que estas podrían ser perjudiciales para nuestra salud.

Así mismo las mallas de acero al ser conductores de electricidad, direccionaran las ondas electromagnéticas a un pozo a tierra (conexión muy importante).

Hipótesis general

Al revestir los elementos constructivos de la vivienda “Santa Ana” con mallas de acero o paneles de aluminio, se logrará mitigar o evitar el paso de las ondas electromagnéticas de manera muy considerable.

Hipótesis específico

El revestimiento de los elementos constructivos de la vivienda “Santa Ana” con mallas de acero, mitigarán el paso de las ondas electromagnéticas considerablemente.

El revestimiento de los elementos constructivos de la vivienda “Santa Ana” con paneles de aluminio, mitigarán el paso de las ondas electromagnéticas considerablemente.

El revestimiento de los elementos constructivos de la vivienda “Santa Ana” con mallas de acero o paneles de aluminio no supondrán gran incremento al presupuesto de nuestro proyecto, por cual podría ser viable implementarla en vivienda unifamiliares.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

Tipo de investigación

Método

El enfoque inductivo, también conocido en el razonamiento inductivo, comienza con las observaciones y, a partir de estas, se proponen teorías hacia el final del proceso de investigación, lo cual resulta ser producto de las observaciones (Pérez-León, 2020).

La presente investigación realizada hará uso del método anteriormente mencionado, ya que partiremos de pruebas en pequeñas maquetas, y luego de observar los resultados, podría aplicarse a grandes construcciones de viviendas, por los elevados costes, no se podría implementar en una primera instancia a viviendas.

Orientación

La presente investigación tiene una orientación aplicada, ya que realizaré pruebas de la medición de ondas electromagnéticas al interior de viviendas simuladas en maquetas preparadas por mi persona.

Enfoque

El presente estudio tiene un enfoque cuantitativo ya que los instrumentos que se harán uso en esta investigación recogen datos cuantitativos es decir que se pueden medir y contar, asimismo también incluyen la medición sistemática, y se emplea el análisis estadístico como característica sobresaliente.

Recolección de datos

Un estudio prolectivo es aquel documento donde la información se recaba a partir del comienzo de la investigación. Es por eso que la presente investigación es prolectiva ya que recogeremos los datos una vez iniciados los trabajos experimentales en campo.

Tipo

La investigación presente es de tipo exploratorio que mediante las pruebas de medición de frecuencia de las OEM se podrá verificar el blindaje contra éstas o no.

Nivel

El presente estudio es de nivel aplicativo, porque se intervendrá las unidades en estudio para obtener resultados esperados. En este caso se intervendrá las muestras de las maquetas blindadas con mallas de acero y aluminio para posteriormente medir los campos electromagnéticos dentro de ellas.

Diseño

Nuestro estudio será un diseño experimental, y a que se trabajará con la variable independiente (mallas de acero y paneles de aluminio) para determinar el paso de ondas electromagnéticas en nuestra vivienda.

Estudio del Diseño

El estudio del diseño del presente trabajo lo realizaremos a través de diferentes maquetas, revestidas ya sea con acero o aluminio.

Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

Población

Una población es el conjunto de todos los casos que concuerden con una serie de especificaciones. Así mismo las poblaciones deben situarse claramente por sus características de contenido, lugar y tiempo (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

La población de estudio para la presente investigación será las viviendas unifamiliares del departamento de Ayacucho.

Muestra

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014) indicaron que, la muestra es un subconjunto del conjunto al cual llamamos población. La cual puede servirnos para realizar pruebas en la investigación sin necesidad de recurrir a toda la población.

La presente investigación recurrió al muestreo por conveniencia de muestreo no probabilístico y no aleatorio debido a la facilidad de accesos, la disponibilidad de muestra y la imposibilidad de recurrir a toda la población.

Nuestra muestra estará determinada por 3 maquetas con las siguientes características:

Muestra 01.- Maqueta sin blindaje, una vivienda común.

Muestra 02.- Maqueta con blindaje de malla de acero, vivienda con elementos constructivos revestidos con malla de acero.

Muestra03.- Maqueta con blindaje de paneles de aluminio, vivienda con elementos constructivos revestidos con paneles de aluminio.

Técnicas e instrumentos de recolección de análisis de datos

Técnicas de recolección de datos

Behar (2008) en su libro “Metodología de la investigación” indicó que las técnicas de recolección de datos nos llevan a la corroboración del problema planteado. Cada tipo de investigación establece las técnicas que se van a usar y cada una de estas técnicas traen consigo sus herramientas e instrumentos a emplear.

Investigando acerca de la problemática de las ondas electromagnéticas en diferentes fuentes confiables como: Scopus, Scielo, ProQuest, etc haciendo uso de palabras claves y muchas veces buscando información en idioma inglés ya que la mayor información se encuentra ese idioma internacional.

Observación

Se utilizará esta técnica para comprobar el paso de las ondas electromagnéticas en el interior de nuestras viviendas, las pruebas se realizarán in-situ, y con resultados instantáneos, sin la necesidad de espera de tiempo alguno.

Análisis Documental

Con la técnica mencionada recopilaremos datos de la ubicación de la vivienda, planos, croquis, accediendo a la documentación de catastro para la obtención de información, así mismo consultaremos revistas, artículos, con la información teórica de nuestro experimento.

Instrumentos de recolección de datos

Un instrumento para recolectar datos puede ser cualquier recurso, dispositivo o formato ya sea en papel o digital, que se utilizaran para obtener, registrar y almacenar la información Bernal (2010).

Para determinar el paso de las ondas electromagnéticas se utilizará como instrumento distintas aplicaciones del smarthphone como OEM, detector MF, Electromagnetic Field Detector, etc midiendo la frecuencia de estas ondas en el interior de las viviendas.

MATERIALES, INSTRUMENTOS Y MÉTODOS

MATERIALES

Para la elaboración de nuestras maquetas a escala hicimos uso de los siguientes materiales:

- Papel para maqueta (papel dúplex)
- Pegamentos
- Pintura
- Alambres
- Cable UTP
- Malla mosquitero
- Papel aluminio

Confiability

Se dice que el instrumento es confiable si al medir fenómenos o eventos una y otra vez con el mismo instrumento de medición, se obtiene los mismos datos u otros datos similares (Bernal, 2010).

El uso de la aplicación por parte de expertos, que realizan pruebas al aire libre, nos podría dar cierta confiabilidad, al no contar con un aparato sofisticado debido a su alto coste.

Validez

Un instrumento de medición es válido cuando mide aquello por lo cual está destinado. La validez “tiene que ver con lo que mide el cuestionario, formato, software, etc. y cuán bien lo hace”. Indica el grado con que puede inferirse conclusiones a partir de los resultados obtenidos. (Bernal, 2010).

En nuestra investigación las pruebas se realizarán en el mismo espacio de estudio, haciendo uso de un smartphone que tenga incluido un sensor magnético, así mismo aplicaciones EMF analyser para su comprobación.

Análisis de datos

Según Bernal (2010), esta sección consiste en procesar los datos obtenidos de la población durante el trabajo de campo y tiene como finalidad obtener resultados a partir de los objetivos y preguntas de investigación planteadas.

El análisis de los datos de las frecuencias obtenidas se realizará mediante la observación y comprobación de estos valores según bases teóricas – experimentales ya comprobadas.

Procedimiento

Para determinar si mis hipótesis son ciertas o no, realizo el siguiente procedimiento para la elaboración de mis pruebas

Paso 1: Dibujo de un plano a escala para poder guiarme con las medidas, asimismo las dimensiones sean lo suficiente como poder introducir un smartphone que nos servirá como instrumento de medida.

Paso 2: Lo primero que se deberá realizar son los cortes necesarios de cartón para la elaboración de maquetas de viviendas que servirán como muestras; para las dimensiones de nuestros muros, columnas, vigas y losa, guiarse del plano adjunto en anexo.

Paso 3: Se realizará los cortes de las mallas de acero y láminas de aluminio, según la medida del papel maqueta, para poder revestirlo (ver anexos).

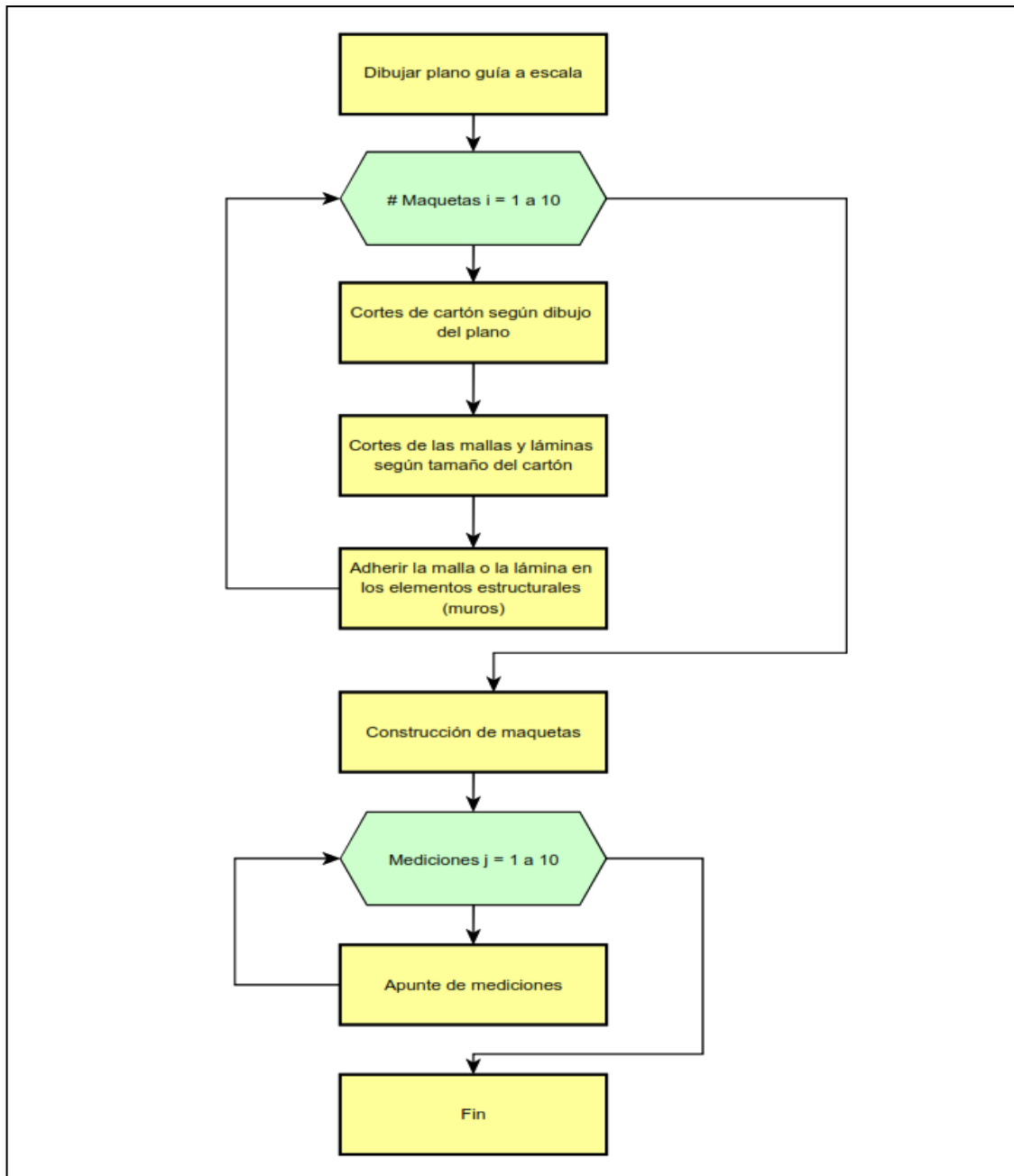
Paso 4: Procedemos a revestir los muros y demás elementos con la malla de acero, y/o láminas de aluminio, previamente debemos tener bien planeado por donde se realizará las conexiones de cables pequeños (en caso sea necesario) (ver anexos).

Paso 5: Procedemos al armado de las maquetas (ver anexos).

Paso 6: Una vez elaboradas las maquetas, procedemos a la colocación del Gaussímetro u otro instrumento al interior de las viviendas, para la medición de la frecuencia de OEM, por ejemplo, colocar un celular dentro y comprobar que las ondas de Wi-Fi y/o Bluetooth no logran conectarse con ella. (ver anexos).

Puede seguirse el siguiente diagrama de flujo:

Gráfico 1: Diagrama de flujo para el procedimiento de pruebas



Fuente: propia

Paso 7: Para poder determinar la viabilidad económica o el incremento del costo de esta implementación a la hora de construir nuestra vivienda, procedemos a comparar el costo de las mallas o láminas con respecto a algún otro material, en este caso al ser vendido en el mercado por las medidas en Largo x Alto podemos transformar a unidades de área (m²) y estimar su costo unitario (Soles/m²).

Paso 8: Cotizamos en ferreterías el costo de la malla metálica o plancha de aluminio (ver anexos).

Paso 9: Procedemos a realizar el Metrado respectivo en base a las cotizaciones y hallamos el costo unitario (Costo / m²) para poder comparar con otro material, por ejemplo, la pintura, costos extraídos de páginas oficiales de ferreterías (ver anexos).

Tabla 1: *Tabla de Metrado y costos unitarios*

Material	Largo	Ancho	unidad (m ²)	Costo/unidad	Costo/m ²
Malla Acero	0.90	0.30	0.27	5.00	18.52
Panel de Aluminio	4.98	1.58	7.87	2332	296.38

Fuente: propia

Paso 10: Comparamos los precios en base la pintura, ya que es un material que comparte las mismas unidades (m²) que nuestros otros materiales. Para ello cotizamos una pintura cualquiera, por ejemplo.

Aspectos éticos

Las éticas de un investigador deben estar delimitadas por la honestidad al momento de sustentar sus teorías (Ojeda, Quintero y Machado (2017)).

El presente trabajo de investigación se realizó respetando las reglas del formato APA, citando, referenciando adecuadamente, asimismo para la parte teórica he realizado citas textuales de libros, ya que un parafraseo podría dar una errónea interpretación al lector, para los instrumentos utilizados, se ha verificado y aprobado su uso por personas expertas en la materia basándome en videos o manuales de internet.

Limitaciones

Se refiere limitaciones o los problemas con los que el investigador se encontrará durante el desarrollo de su investigación. En ese sentido, desde la perspectiva de Ávila (2001,

87), una limitación consiste en que se deja de estudiar un aspecto del problema debido por alguna razón. Con esto se quiere decir que toda limitación debe estar justificada por una buena razón.

En nuestra investigación, nos enfrentamos a distintas limitaciones:

En principio los materiales utilizados por otros investigadores citados en nuestros antecedentes, ya que, al ser materia de estudio en otros países, son materiales aún no comercializables en cantidad, lo cual nos impide poder realizar pruebas aplicables a una vivienda como blindaje contra ondas electromagnéticas.

Los materiales, en algunos casos si son comercializables en países como España, que ya cuentan con tiendas que venden telas metálicas, pinturas aislantes, vidrio con película que refleja las ondas electromagnéticas, sin embargo, su elevado costo de importación aún nos limita el poder realizar pruebas a escala real.

Escasas investigaciones en nuestro idioma español, tuvimos que recurrir a distintos traductores, muchas veces quizá entendiendo otra esencia de las investigaciones realizadas por los autores internacionales, ya que estas investigaciones novedosas son mayormente estudiadas en países orientales como China, India, por ende, el no tener fuentes nacionales, nos limita poder investigar más a fondo, ya que, para utilizar otros materiales, requerimos de laboratorios especializados.

Implicancias

Las pruebas que realizamos en una maqueta a escala podrían aportarnos gran idea del comportamiento de las ondas electromagnéticas con los materiales metálicos, sin embargo, no pudimos realizar pruebas a escala real por su costo de implementación, lo cual no está aún en mi posibilidad, esto implicaría de cierta manera una variación de resultados, por contar con vanos de mayores dimensiones.

No encontramos variabilidad en instrumentos de medición, su escasa abundancia y costo de adquisición por la importación del Gaussmetro, nos obliga a utilizar aplicaciones que cumplen la misma función, sin embargo, no hay variaciones considerables con las aplicaciones brindadas por el smartphone.

Nuestra investigación al ser novedosa en nuestra región traerá consigo futuras investigaciones por otros profesionales, dando así una iniciativa de gran importancia que requerirá ser estudiada más a detalles para otras aplicaciones.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

Luego de realizar el procedimiento correcto, descrito textual y mediante un diagrama de flujo en el Capítulo II, procedemos a plasmar nuestros resultados obtenidos, organizándolos en tablas y gráficos comparativos, según la medida obtenida, la unidad, nuestra muestra

Tomar en cuenta que estos resultados podrían variar en un futuro al momento de corregir observaciones, ya que las tomas de datos son en un tiempo determinado, un clima determinado, lo cual en otras situaciones podrían variar, sin embargo, siempre que se tomen nuevas medidas, se irá actualizando todas las tablas, como los gráficos, hasta su presentación final.

Tabla 2: *Medición de campos electromagnéticos en Maqueta 01*

Categoría	Nº Medición	Medida	Unidad
Maqueta 01	1	60	uT
Maqueta 01	2	57	uT
Maqueta 01	3	56	uT
Maqueta 01	4	59	uT
Maqueta 01	5	58	uT
Maqueta 01	6	59	uT
Maqueta 01	7	56	uT

Maqueta 01	8	60	uT
Maqueta 01	9	56	uT
Maqueta 01	10	57	uT

Fuente: propia

Para estos resultados obtenidos, hicimos la medición dentro de la maqueta 01 sin el revestimiento con malla mosquitero ni papel aluminio, como comúnmente una persona se encontraría dentro de su vivienda y expuesto a todo tipo de ondas electromagnéticas. Se puede observar la obtención de valores significativos recordando que valores por 100uT ya son considerados peligrosos en otros países (España).

Tabla 3: *Medición de campos electromagnéticos en Maqueta 02*

Categoría	Nº Muestra	Medida	Unidad
Maqueta 02	1	14	uT
Maqueta 02	2	18	uT
Maqueta 02	3	17	uT
Maqueta 02	4	11	uT
Maqueta 02	5	13	uT
Maqueta 02	6	16	uT
Maqueta 02	7	14	uT
Maqueta 02	8	13	uT
Maqueta 02	9	15	uT
Maqueta 02	10	13	uT

Fuente: propia

Para obtener estos resultados, hicimos la medición con el smartphone dentro de la maqueta 02 con los elementos constructivos y muros revestidos con malla de acero, simulando así una vivienda blindada con una malla de acero adherida a los muros y para su fijación el respectivo tarrajeo así ocultar o camuflar estas mallas no perjudicando así el acabado interior.

Se puede observar que reduce el paso de ondas electromagnéticas de manera considerable ya escala menor, por ende, suponemos que, al plasmarlo en una escala real, en una vivienda construida según el procedimiento del capítulo II, podría ser objeto de estudio y análisis, para considerar su construcción.

Tabla 4: *Medición de campos electromagnéticos en Maqueta 03*

Categoría	N° Muestra	Medida	Unidad
Maqueta 03	1	5	uT
Maqueta 03	2	11	uT
Maqueta 03	3	7	uT
Maqueta 03	4	6	uT
Maqueta 03	5	9	uT
Maqueta 03	6	8	uT
Maqueta 03	7	4	uT
Maqueta 03	8	7	uT
Maqueta 03	9	9	uT
Maqueta 03	10	4	uT

Fuente: propia

Para obtener estos resultados, hicimos la medición dentro de la vivienda Santa Ana con los elementos constructivos revestidos con láminas de aluminio (una sola capa), simulando así una vivienda blindada con láminas de aluminio adheridos a los muros y para su fijación se realizaría el anclaje adecuado con remaches, claves o pernos así ocultar o camuflar estas láminas y no perjudicando así el acabado interior.

Se puede observar que reduce el paso de ondas electromagnéticas de manera muy considerable, por ende, suponemos que al plasmarlo en una escala real, en una vivienda construida, utilizando láminas de aluminio con mayor espesor y resistencia claro está, lograríamos óptimos resultados basándonos en estas observaciones, y una prueba de ello es

la baja señal o el corte de ésta misma, en los ascensores, ya que éstos están reforzados con estructuras de acero bloqueando así las ondas electromagnéticas sin darnos cuenta.

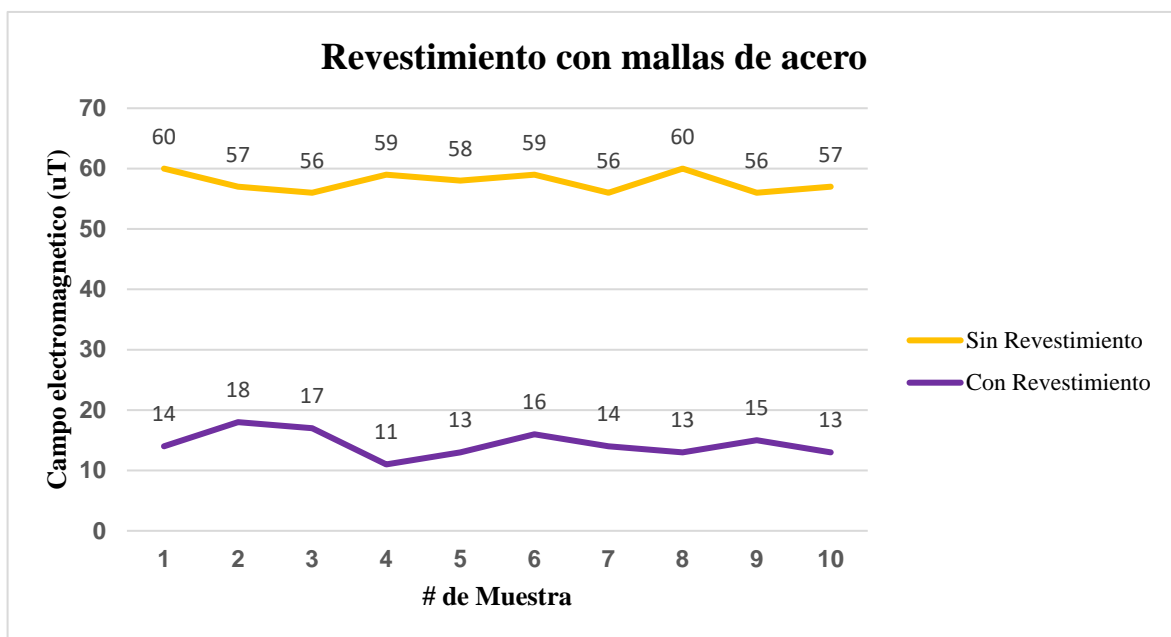
Analizando los resultados anteriores, procedemos a compararlos para su mejor comprensión, para ello los organizamos en gráficos comparando los resultados.

Tabla 5: *Promedios de medición en maquetas*

Categoría	Promedio	Unidad
Maqueta 01	57.80	uT
Maqueta 02	14.40	uT
Maqueta 03	7.60	uT

Fuente: Propia

Gráfico 2: Gráfico comparativo Maqueta 01 y Maqueta 02



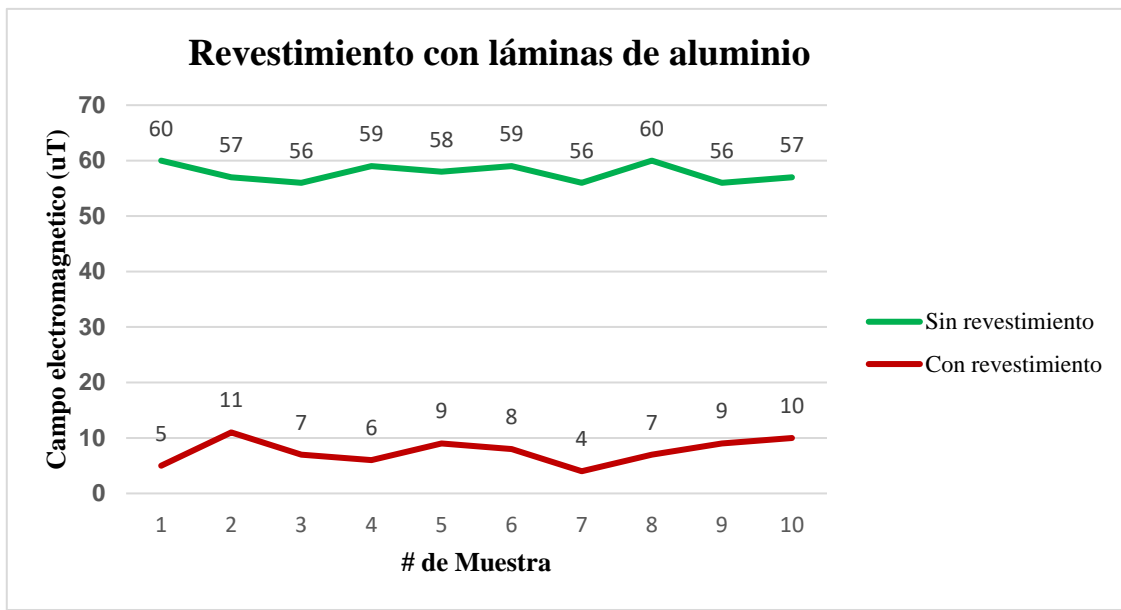
Fuente: propia

Como lo teníamos planteado, basándonos en la ley de Faraday, efectivamente al revestir una vivienda con un material metálico logramos reducir el ingreso de las ondas electromagnéticas. Obteniendo un pico de 18uT con revestimiento, frente a un valor mínimo de 56uT sin revestimiento, lo cual nos representa una reducción de 38uT. Esto

supondría una leve mejora considerando que 100uT empieza a ser peligroso en algunos países (España).

Procedemos al análisis de la vivienda revestida con láminas de aluminio para ello elaboramos un gráfico comparativo.

Gráfico 3: Gráfico comparativo con revestimiento de láminas de aluminio



Fuente: propia

Efectivamente la Ley de Faraday se ve más reflejada en estos resultados, siendo el aluminio un material con múltiples propiedades en temas electromagnéticos, utilizado en diferentes campos tanto ingenieriles como médicos para la protección de sus equipos, resonancias magnéticas, etc

Muestra una gran reducción de las ondas electromagnéticas, con una sola capa de lámina, obteniendo un pico de 11uT frente a los 56uT obtenidos sin revestimiento, reflejando así una diferencia de 45uT, ya considerados un gran impedimento del paso de las ondas a nuestra vivienda Santa Ana.

Gráfico 4: Gráfico comparativo de revestimiento de acero vs aluminio



Fuente: Propia

Como apreciamos en la gráfica el blindaje con láminas de aluminio son más eficientes a la hora de impedir el ingreso de ondas electromagnéticas a la vivienda Santa Ana, por ende, podríamos a primera vista elegiríamos el aluminio como material de revestimiento, Los valores son más bajos para el aluminio aunque en esta gráfica no se nota una gran variación, lo cual quizá incrementando el espesor de la lámina y mallas de aluminio en escala real, podría mejorar considerablemente y ser más notorias las diferencias.

Cálculo, conversión de valores y unidades de nuestros resultados:

Como nuestro instrumento nos arroja resultados de medición de en unidades de microteslas (uT), haremos uso de la ecuación (7) segunda igualdad

Aplicando la Ecuación (7):

$$SE = 20 \log \left(\frac{E_0}{E_1} \right) = 20 \log \left(\frac{H_0}{H_1} \right) = 20 \log \left(\frac{P_0}{P_1} \right)$$

Eficiencia de blindaje sin revestimiento alguno:

$$SE = 20 \log \left(\frac{57.8}{57.80} \right) = 0 \text{ dB}$$

Como es de esperar, la transmisión de ondas no tiene obstrucción alguna por ende da a entender que su eficiencia de blindaje es nula.

Eficiencia de blindaje de la malla de acero:

$$SE = 20 \log \left(\frac{57.8}{14.40} \right) = 12.07 \text{ dB}$$

Obtuvimos un valor de 12.07dB lo cual ya es un blindaje considerablemente regular.

Eficiencia de blindaje de la lámina de aluminio:

$$SE = 20 \log \left(\frac{57.8}{7.60} \right) = 17.62 \text{ dB}$$

Obtuvimos un valor de 17.62dB lo cual ya es un blindaje considerablemente bueno.

Tabla 6: *Comparativa de valores entre unidades*

Categoría	Promedio de medición OEM	Unidad	Eficiencia de blindaje	Unidad
Maqueta 01	57.80	uT	0	dB
Maqueta 02	14.40	uT	12.07	dB
Maqueta 03	7.60	uT	17.62	dB

Fuente: Propia

Estos resultados nos ayudaran a realizar las comparativas con nuestros antecedentes, ya que ellos trabajan en su mayoría con valores de eficiencia de blindaje(dB)

Sin embargo, faltan evaluar algunos puntos, como es el costo de cada uno, así mismo su proceso constructivo, la viabilidad de las personas en economías medías bajas.

Para la estimación de costo el cual nos incrementaría el presupuesto procedemos a realizar una comparativa entre el precio de la pintura x m² y el precio de las mallas de acero y láminas de aluminio xm².

Tabla 7: Referencia del costo del material a comparar

Material	Precio (S/)	Capacidad (m ²)	Precio/m ²	Incremento de costo (%)
Pintura	360	58	6.21	-
Acero	5	0.27	18.52	298.23
Aluminio	2332	7.87	296.38	4772.63

Fuente: propia

Como se puede observar se puede estimar el incremento de costo de la implementación del revestimiento de elementos constructivos de la vivienda Santa Ana con estos materiales, observándose un incremento del costo a 298.23% con respecto al precio de la pintura vs malla de acero, y un 4772.63% con láminas de aluminio.

Esta comparativa está sujeta a la fecha de hoy 25/03/2023 lo cual podría variar en futuras ocasiones, así que tomar estos valores como referencia en caso en un futuro su estudio se profundice o sea referenciado, asimismo en posteriores correcciones y avances iré actualizando todos los datos, hasta la entrega final de éste.

Mencionado todo lo anterior, y evaluando el incremento de los costos por esta implementación de revestimientos, al resultar muy elevado el costo de la aplicación, podríamos solamente revestir zonas específicas en las viviendas como por ejemplo los dormitorios principales, dormitorios de niños, que es en dónde se pasa la mayoría del tiempo (8h).

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Discusiones

Los resultados obtenidos en la investigación de blindaje contra ondas electromagnéticas con ladrillo relleno de mineral de (Pavlik et al. - 2018) muestran resultados favorables, desde un mínimo 0,5 dB hasta un máximo 31dB en su mejor muestra de 50cm de espesor. Este material es adecuado precisamente para el ámbito de la construcción, dónde podríamos ampliar el blindaje obtenido con nuestros experimentos con un mínimo de 12,07 dB con revestimiento de malla de acero, y un máximo de 17,62 dB, siendo un complemento perfecto.

Los autores (Wanasighe et al., 2021) le agregaron nanofibras de carbono, óxido de zinc y polvo de carbón activado al cemento, para así poder incrementar su eficiencia de blindaje contra ondas electromagnéticas obteniendo resultados mínimos de 25dB hasta un máximo de 60dB aproximadamente, el material es otro buen complemento a nuestro propósito, sumándole así blindaje contra ondas electromagnéticas a nuestra vivienda, sin embargo la tecnología y elevados costos, se alejarían de nuestro propósito de estudio, sin embargo pueden resultar muy aplicables a grandes industrias.

En la investigación de (Corsi et al, 2019) parte experimental del estudio se realiza utilizando el strip-line abierto NADIA, que está compuesto por un plano de tierra metálico horizontal y el strip-line, terminado con resistencias, se obtuvo un valor pico de 1,6 dB lo cual es muy bajo y absurdo de implementar en viviendas económicas, debido a complejo proceso construcción y nula posibilidad de aplicación a viviendas, puesto que nuestros resultados son más favorables y con tecnología más accesible.

Los compuestos poliméricos obtenidos con partículas de carbono, fibras de carbono o partículas metálicas logran un gran resultado, el panel compuesto bajo el alias S3 está

designado como el mejor material de blindaje a 6000MHz con un resultado de 69 dB. Cuando se evaluaron los resultados de todas las pruebas de eficacia del blindaje electromagnético, sin embargo, aun así, sigue siendo materia de estudio en otros países, tales materiales no encontramos fácilmente en nuestro país, pero con el tiempo puede ser implementado en cantidad a las viviendas, por sus óptimos resultados.

Las mallas metálicas integradas en la revista Absorption-dominant, low reflection EMI shielding materials withm integrated metal mesh/TPU/CIP composite nos muestran resultados muy positivos como material de blindaje de absorción de energía, así mismo reduce el blindaje por reflectancia, con 42,44dB y 5,6dB respectivamente, de modo contrario con nuestras pruebas en mallas de acero, ya que la energía absorbida será dirigida hacia el pozo a tierra para descargarla siendo la menor con 12,07 dB y blindaje por reflectancia la lámina de aluminio un mayor resultado de 17.62 Db.

Conclusiones

Los resultados fueron positivos se logró reducir la propagación de ondas electromagnéticas en la vivienda, con el uso de las mallas de acero en el tarrajeo se obtuvo una reducción de un 67.86% considerándolo adecuada para su implementación.

Con el revestimiento de elementos constructivos con lámina de aluminio se logró un mejor resultado, debido a sus propiedades físicas y químicas siendo éste el material más utilizado al momento de aislar lugares con alta emisión de ondas electromagnéticas, logramos un 80.36% de reducción, sin embargo, habrá que tomar en cuenta el coste de su implementación.

Los costos de la implementación no muestran gran incremento a nuestro presupuesto a la hora de construir, sin embargo, puede traernos grandes beneficios como nuestra mejora en la salud del sistema nervioso.

Para poder estandarizaras nuestros resultados, tuvimos que transformar nuestros resultados con la Ec (7), y así compararlos con las investigaciones de otros países que normalmente miden la eficiencia de blindaje en dB, recalco ello para que los lectores de mi investigación puedan fácilmente interpretar los resultados.

Nuestros resultados pertenecen a un rango de 10dB - 30dB que se considera un blindaje común que puede ser aplicado a vivienda, los rangos de 30dB a 60dB son blindajes un poco más específicos y completamente cerrados como, envolturas de materiales quirúrgicos, fármacos de alta calidad, ya que en su transporte muchas veces no se sabe a qué tipo de ondas están expuestas, y lo cual no puede ser aplicable a nuestro experimento ya que nosotros tendremos aberturas (vanos) en nuestra vivienda, y los blindajes de altos resultados 60dB – 90dB que son mayormente aplicados a temas militares, dónde los blindajes se obtienen ya con la mezcla de distintos materiales, lo cual también se aleja de nuestro propósito.

Como sugerencia y conclusión, la implementación de estos materiales a la hora de construir, son muy beneficiosas y deberíamos implementarlas zonas dónde pasamos mayor tiempo del día, tales como: dormitorios, preferentemente en los que descansan los recién nacidos y sobre todo en las áreas de juegos de los menores de edad.

REFERENCIAS

- Anón. 2017. «La razón por la cual no puedes hablar por el móvil en los ascensores». AS.com. Recuperado 1 de octubre de 2021 (https://as.com/meristation/2017/01/10/betech/1484056870_722756.html).
- Anón. s. f. «Networks constructed by metal organic frameworks (MOFs) and multiwall carbon nanotubes (MCNTs) for excellent electromagnetic waves absorption | Zhang, Kun; Wu, Fan; Li, Junjian; Sun, Mengxiao; Xie, Aming; Dong, Wei | download». Recuperado 1 de octubre de 2021 (<https://ur.booksc.eu/book/67967807/7e9801>).
- Al Naim, Abdullah F., Sobhy S. Ibrahim, yahmed G. El-Shamy. 2021. «A New Class of Electromagnetic Shields Based on Carbon Dots Adorning Te Nanorods Embedded into PEDOT:PSS for Protection from Electromagnetic (EM) Pollutions». *Progress in Organic Coatings* 161:106509. doi: 10.1016/j.porgcoat.2021.106509.
- Ardanuy, M., Rodríguez-Pérez, MA yalgaba, I. (2011). Conductividad eléctrica y propiedades mecánicas de nanofibras de carbono / composites epóxicos trifuncionales desarrollados en fase de vapor preparados mediante mezcla directa. *Compuestos Parte B: Ingeniería*, 42 (4), 675–681. doi:10.1016 / j. compuestos b.2011.02.006.
- Barrera M., MOSQUERA, T., J. (2018). Contaminación ambiental por ondas electromagnéticas no ionizantes producto de tecnologías inalámbricas en ambientes al aire libre. *Revista Mutis*, [s. l.], 8(2), 57–72. Retrieved from <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=134326741&authtype=shib&lang=es&site=ehost-live>
- Barrera, M., Óscar, G., Mosquera, T. (2018). Contaminación ambiental por ondas electromagnéticas no ionizantes producto de tecnologías inalámbricas en ambientes al aire libre. *Revista Mutis*, 8(2), 57-72. <https://doi.org/10.21789/22561498.1404>

- Cheng, Junye, Huibin Zhang, Yingfei Xiong, Lingfeng Gao, Bo Wen, Hassan Raza, Hao Wang, Guangping Zheng, Deqing Zhang, y Han Zhang. 2021. «Construction of Multiple Interfaces and Dielectric/Magnetic Heterostructures in Electromagnetic Wave Absorbers with Enhanced Absorption Performance: A Review». *Journal of Materiomics*. doi: 10.1016/j.jmat.2021.02.017.
- Cho, S., Song, S., & Hong, I. (2021). Analysis of the electromagnetic properties of eco-friendly transparent wood. *Microwave and Optical Technology Letters*, 63(9), 2237-2241. <https://doi.org/10.1002/mop.32385>
- Clegg, Frank M., Margaret Sears, Margaret Friesen, Theodora Scarato, Rob Metzinger, Cindy Russell, Alex Stadtner, yanthony B. Miller. 2020. «Building Science and Radiofrequency Radiation: What Makes Smart and Healthy Buildings». *Building and Environment* 176:106324. doi: 10.1016/j.buildenv.2019.106324.
- Clegg, F. M., Sears, M., Friesen, M., Scarato, T., Metzinger, R., Russell, C., Stadtner, A., & Miller, A. B. (2020). Building science and radiofrequency radiation: What makes smart and healthy buildings. *Building and Environment*, 176, 106324. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106324>
- Colak, Stanko, Damir Varevac, y Ivana Milicevic. 2020. «Materials That Improve the Shielding Efficiency from EM Radiation». Pp. 0800-0806 en DAAAM Proceedings. Vol. 1, editado por B. Katalinic. DAAAM International Vienna.
- Corsi, Jérémie, Frédéric Puybaret, Stéphane Vauchamp, Isabelle Lachaud, y Philippe Viars. 2019. «Study of feasibility of building materials electromagnetic characterization». Pp. 948-52 en 2019 International Symposium on Electromagnetic Compatibility - EMC EUROPE.
- D Soyaslan, Devrim. 2021. «High Structural Insulation Composite Material Development with Electromagnetic Protection Effect Reinforced with Carbon Fibers and Particles». *Journal of Industrial Textiles* 51(3):424-34. doi: 10.1177/1528083719883050.

- Dai, Y., Wu, J., Wang, D., Li, R., Lu, C., & Xu, Z. (2019). Electromagnetic Wave-Absorbing Properties of Steel Slag. *Journal of Materials Engineering and Performance*, 28(1), 535-542. <https://doi.org/10.1007/s11665-018-3831-7>
- Dalal, Jasvir, Sanket Malik, Sajjan Dahiya, Rajesh Punia, Kuldeep Singh, A. S. Maan, S. K. Dhawan, yanil Ohlan. 2021. «One Pot Synthesis and Electromagnetic Interference Shielding Behavior of Reduced Graphene Oxide Nanocomposites Decorated with Ni_{0.5}Co_{0.5}Fe₂O₄ Nanoparticles». *Journal of Alloys and Compounds* 887:161472. doi: 10.1016/j.jallcom.2021.161472.
- Fredy Edimer, H. V., Camilo, Y. V., & Cano Plata, E. A. (2010). EMI filter techniques in power electronic converters. *Ingeniería e Investigación*, 30(2), 168-177. Retrieved from <https://www.proquest.com/scholarly-journals/emi-filter-techniques-power-electronic-converters/docview/1677614362/se-2?accountid=36937>
- Ghayvat, H., S. C. Mukhopadhyay, y X. Gui. 2016. «Issues and mitigation of interference, attenuation and direction of arrival in IEEE 802.15.4/ZigBee to wireless sensors and networks based smart building». *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation* 86:209-26. doi: 10.1016/j.measurement.2016.01.045.
- Gómez R., Carlos A., y Luis F. Pedraza. 2018. «Ubicación de dispositivos móviles en ambientes interiores por medio de análisis de radiación de redes WiFi y deformaciones de campo magnético». *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería* 26(2):203-12. doi: 10.4067/S0718-33052018000200203.
- Guerrero, A. J. L., Balbastre, J. V., & Fernández, L. N. (s. f.). *EFFECTOS DE LA CONDUCTIVIDAD FINITA EN LA EFICACIA DE APANTALLAMIENTO DE PANTALLAS PROTECTORAS*, https://www.academia.edu/24073249/Efectos_De_La_Conductividad_Finita_en_La_Eficacia_De_Apantallamiento_De_Pantallas_Protectoras
- Han, Yu, Yuxuan Liu, Lin Han, Jie Lin, y Peng Jin. 2017. «High-Performance Hierarchical Graphene/Metal-Mesh Film for Optically Transparent Electromagnetic Interference Shielding». *Carbon* 115:34-42. doi: 10.1016/j.carbon.2016.12.092.

- Jalali, M., S. Dauterstedt, A. Michaud, y R. Wuthrich. 2011. «Electromagnetic Shielding of Polymer–Matrix Composites with Metallic Nanoparticles». *Composites Part B: Engineering* 42(6):1420-26. doi: 10.1016/j.compositesb.2011.05.018.
- Kikitsu et al. - 2021—Wide band direct on-chip EMI shielding layer with .pdf.* (s. f.).
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304885321006156>
- Kovar, Stanislav, Jan Valouch, y Hana Urbancokova. 2017. «Calculation of Shielding Effectiveness of Materials for Security Devices» editado por N. Mastorakis, V. Mladenov, ya. Bulucea. *MATEC Web of Conferences* 125:02036. doi: 10.1051/mateconf/201712502036.
- Lai, Mei-Feng, Ching-Wen Lou, Ting An Lin, Ching-Hua Wang, y Jia-Horng Lin. 2021. «High-Strength Conductive Yarns and Fabrics: Mechanical Properties, Electromagnetic Interference Shielding Effectiveness, and Manufacturing Techniques». *The Journal of The Textile Institute* 112(3):347-57. doi: 10.1080/00405000.2020.1754639.
- Lee, Sol, Joomin Park, Min Cheol Kim, Minje Kim, Pangun Park, Ick-Jae Yoon, y Junghyo Nah. 2021. «Polyvinylidene Fluoride Core-Shell Nanofiber Membranes with Highly Conductive Shells for Electromagnetic Interference Shielding». *ACS Applied Materials & Interfaces* 13(21):25428-37. doi: 10.1021/acsami.1c06230.
- Zuomin, Dingkun Tian, Xuebin Liu, Jianhong Wei, Krishnamoorthy Rajavel, Tao Zhao, Yougen Hu, Pengli Zhu, Rong Sun, y Ching-Ping Wong. 2021. «Electrically Conductive Gradient Structure Design of Thermoplastic Polyurethane Composite Foams for Efficient Electromagnetic Interference Shielding and Ultra-Low Microwave Reflectivity». *Chemical Engineering Journal* 424:130365. doi: 10.1016/j.cej.2021.130365.
- Liang, C., Gu, Z., Zhang, Y., Ma, Z., Qiu, H., & Gu, J. (2021). Structural Design Strategies of Polymer Matrix Composites for Electromagnetic Interference Shielding: A Review. *Nano-Micro Letters*, 13(1), 181. <https://doi.org/10.1007/s40820-021-00707-2>
- Li, J., Cui, M., Wen, J., Chen, Y., Shi, B., Fan, H., & Xiang, J. (2021). Leather-like hierarchical porous composites with outstanding electromagnetic interference shielding effectiveness and

durability. *Composites Part B: Engineering*, 225, 109272.

<https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2021.109272>

- Liu, Chuanyun, y Zhixin Kang. 2019. «Facile fabrication of conductive silver films on carbon fiber fabrics via two components spray deposition technique for electromagnetic interference shielding». *Applied Surface Science* 487:1245-52. doi: 10.1016/j.apsusc.2019.04.186.
- Majcher, K., Musiał, M., Pakos, W., Rózański, A., Sobótka, M., & Trapko, T. (2020). Methods of Protecting Buildings against HPM Radiation—A Review of Materials Absorbing the Energy of Electromagnetic Waves. *Materials*, 13(23), 5509. <https://doi.org/10.3390/ma13235509>
- Mishra, Saswat, Prajakta Katti, S. Kumar, y Suryasarathi Bose. 2019. «Macroporous Epoxy-Carbon Fiber Structures with a Sacrificial 3D Printed Polymeric Mesh Suppresses Electromagnetic Radiation». *Chemical Engineering Journal* 357:384-94. doi: 10.1016/j.cej.2018.09.119.
- Monsalve, Óscar Gerardo Barrera, y Jemay Mosquera Téllez. 2018. «Contaminación ambiental por ondas electromagnéticas no ionizantes producto de tecnologías inalámbricas en ambientes al aire libre». *Revista Mutis* 8(2):57-72. doi: 10.21789/22561498.1404.
- Ozturk, Murat, y D. D. L. Chung. 2021. «Radio-wave shielding behavior of steel structures». *Journal of Electromagnetic Waves and Applications* 35(11):1407-19. doi: 10.1080/09205071.2021.1891975.
- Pandey, Dharmendra Nath, Arindam Basu, y Pramod Kumar. 2021. «Electromagnetic Shielding Performance of Copper and Silver-Plated Hybrid Yarn Based Multilayer Fabrics in C & X Band Frequency Range». *Journal of Industrial Textiles* 152808372199936. doi: 10.1177/1528083721999361.
- Pavlík, Marek, Ján Zbojovský, Lukáš Kruželák, y Michal Ivančák. 2018. «The shielding effectiveness of building material – brick filled with mineral wool». Pp. 000185-88 en 2018 International IEEE Conference and Workshop in Óbuda on Electrical and Power Engineering (CANDO-EPE).

- Posada, Andrés Orlando Garzón, David Arsenio Landínez Téllez, Jairo Roa Rojas, y José Ramos Barrado. 2017. «Materiales compuestos de matriz polimérica usados para el blindaje de interferencia electromagnética». *Ciencia e Ingeniería Neogranadina* 27(1):5-26. doi: 10.18359/rcin.1917.
- Rudnov, Vasiliy S., Vladimir A. Belyakov, y R. T. Galiakhmetov. 2018. «New Concrete for Protection from Radiation in the Urals Based on Natural Fillers». *Solid State Phenomena* 284:1042-46. doi: 10.4028/www.scientific.net/SSP.284.1042.
- Sabina, Y., Bijoy, S., B., Mayeen, U., K., Mohammed, T., C., Masud, K, M.A. Rashid, M.M.H. Miah, D.A. Bradley. (2017). Investigation of ionizing radiation shielding effectiveness of decorative building materials used in Bangladeshi dwellings, *Radiation Physics and Chemistry*, 140, 98-102. Retrieved from doi.org/10.1016/j.radphyschem.2016.11.017.
- Santamaria, D. P. (2008). ¿Cómo protegerse de las descargas eléctricas? *Gondola: Enseñanza Aprendizaje De Las Ciencias*, 3(1), 135-142. Retrieved from <https://www.proquest.com/scholarly-journals/cómo-protegerse-de-las-descargas-eléctricas/docview/1824671936/se-2?accountid=36937>.
- Sathish Kumar, K., R. Rengaraj, G. R. Venkatakrishnan, ya. Chandramohan. 2021. «Polymeric Materials for Electromagnetic Shielding - A Review». *Materials Today: Proceedings*. doi: 10.1016/j.matpr.2021.03.720.
- Shabanova G.N, Korohodska A.N, Kustov M.V, Khrystych E.V, Logvinkov S.M, Ivashchenko M.Y, Taraduda D.V. 2021. «Barium-containing cement and concrete for protection against electromagnetic radiation». *Functional Materials* 28(2). doi: 10.15407/fm28.02.323.
- Sun, Hongjun, Hiroyuki Kosukegawa, Toshiyuki Takagi, Tetsuya Uchimoto, Mitsuo Hashimoto, y Naoki Takeshita. 2021. «Electromagnetic Pulse-Induced Acoustic Testing and the Pulsed Guided Wave Propagation in Composite/Metal Adhesive Bonding Specimens». *Composites Science and Technology* 201:108499. doi: 10.1016/j.compscitech.2020.108499.

- Szczerbiński, M. 2000. «A Discussion of `Faraday Cage` Lightning Protection and Application to Real Building Structures». *Journal of Electrostatics* 48(2):145-54. doi: 10.1016/S0304-3886(99)00062-5.
- Tugirumubano, Alexandre, SJ Vijay, Sun Ho Go, Hee Jae Shin, Kwac Lee Ku, y Hong Gun Kim. 2018. «The Evaluation of Electromagnetic Shielding Properties of CFRP/Metal Mesh Hybrid Woven Laminated Composites». *Journal of Composite Materials* 52(27):3819-29. doi: 10.1177/0021998318770511.
- Tunakova, Veronika, y Maros Tunak. 2021. «Carbon-Fiber Reinforcements for Epoxy Composites with Electromagnetic Radiation Protection—Prediction of Electromagnetic Shielding Ability». *Composites Science and Technology* 215:109029. doi: 10.1016/j.compscitech.2021.109029.
- Vargas, Patricia Cristine, Claudia Merlini, Sílvia Daniela Araújo da Silva Ramôa, Rafael Arenhart, Guilherme Mariz de Oliveira Barra, y Bluma Guenther Soares. 2018. «Conductive Composites Based on Polyurethane and Nanostructured Conductive Filler of Montmorillonite/Polypyrrole for Electromagnetic Shielding Applications». *Materials Research* 21. doi: 10.1590/1980-5373-MR-2018-0014.
- Wanasinghe, Dimuthu, Farhad Aslani, y Guowei Ma. 2021. «Electromagnetic Shielding Properties of Cementitious Composites Containing Carbon Nanofibers, Zinc Oxide, and Activated Carbon Powder». *Construction and Building Materials* 285:122842. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2021.122842.
- Wang, T., Kong, W.-W., Yu, W.-C., Gao, J.-F., Dai, K., Yan, D.-X., & Li, Z.-M. (2021). A Healable and Mechanically Enhanced Composite with Segregated Conductive Network Structure for High-Efficient Electromagnetic Interference Shielding. *Nano-Micro Letters*, 13(1), 162. <https://doi.org/10.1007/s40820-021-00693-5>
- Yesmin, Sabina, Bijoy Sonker Barua, Mayeen Uddin Khandaker, Mohammed Tareque Chowdhury, Masud Kamal, M. A. Rashid, M. M. H. Miah, y D. A. Bradley. 2017. «Investigation of Ionizing Radiation Shielding Effectiveness of Decorative Building Materials Used in Bangladeshi

Dwellings». *Radiation Physics and Chemistry* 140:98-102. doi:
10.1016/j.radphyschem.2016.11.017.

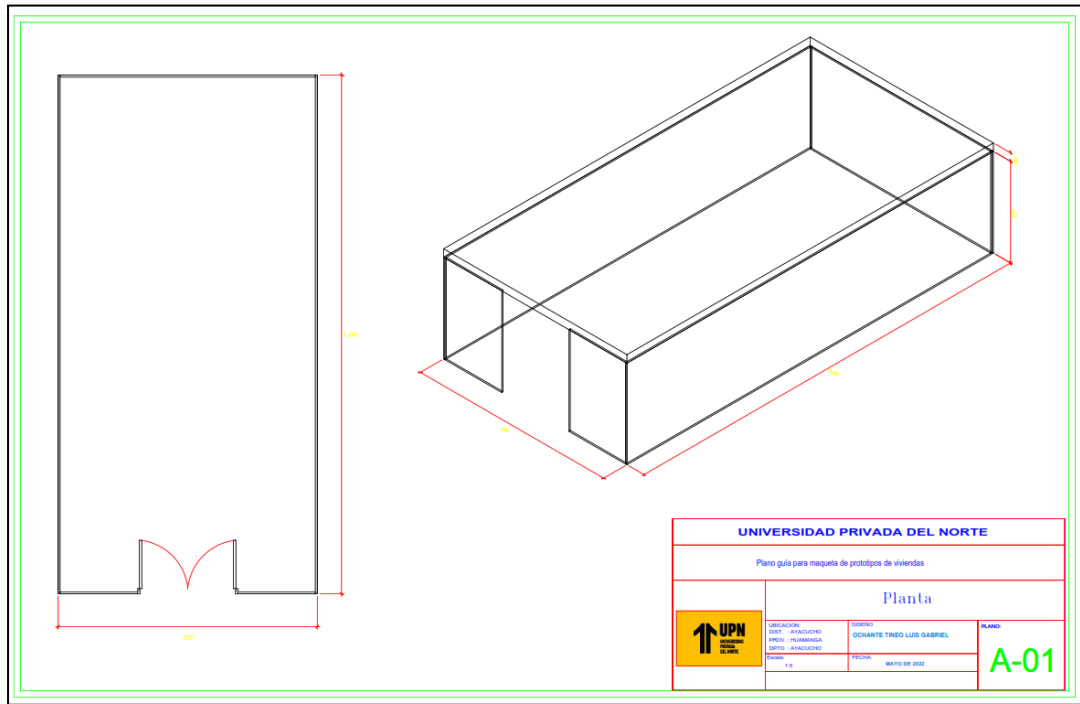
Zhang, Shu, Xuewu Huang, Wei Xiao, Lulu Zhang, Hang Yao, Ling Wang, Junchen Luo, y Jiefeng Gao. 2021. «Polyvinylpyrrolidone Assisted Preparation of Highly Conductive, Antioxidation, and Durable Nanofiber Composite with an Extremely High Electromagnetic Interference Shielding Effectiveness». *ACS Applied Materials & Interfaces* 13(18):21865-75. doi: 10.1021/acsami.1c05319.

Zhang, Kun, Fan Wu, Junjian Li, Mengxiao Sun, Aming Xie, y Wei Dong. 2018. «Networks Constructed by Metal Organic Frameworks (MOFs) and Multiwall Carbon Nanotubes (MCNTs) for Excellent Electromagnetic Waves Absorption». *Materials Chemistry and Physics* 208:198-206. doi: 10.1016/j.matchemphys.2018.01.008.

ANEXOS

ANEXO N° 1. ELABORACIÓN DEL PLANO DE VIVIENDA

Figura 14: Planos de maqueta



Fuente: propia

Plano de vivienda en tamaño de una maqueta, se utilizó un diseño simple ya que la arquitectura no es nuestra materia de estudio en este proyecto, para facilitar la elaboración de la maqueta se optó por un diseño que nos permita implementar la malla de acero y el papel aluminio para su medición.

Aunque las viviendas en la vida real no sean de formas tan regulares, no supone gran problema, ya que la implementación de las mallas de acero o paneles en los elementos constructivos de aluminio no son complicadas de realizar.

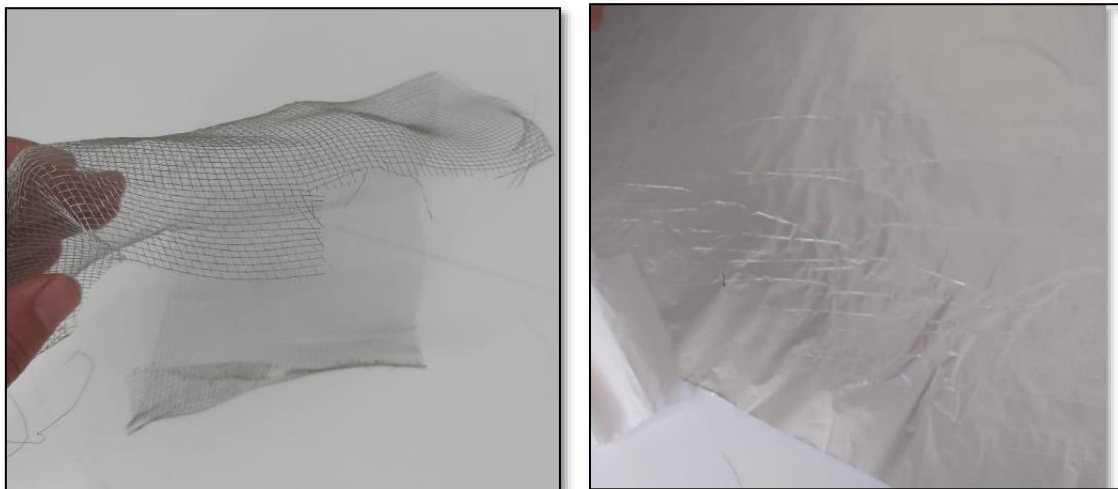
ANEXO N° 2. MEDICIÓN Y CORTE DE MATERIAL

Figura 15: Corte del cartón maqueta



Fuente: propia

Figura 16: Malla de acero y lámina de aluminio



Fuente: propia

Figura 17: Elementos constructivos con el blindaje



Fuente: propia

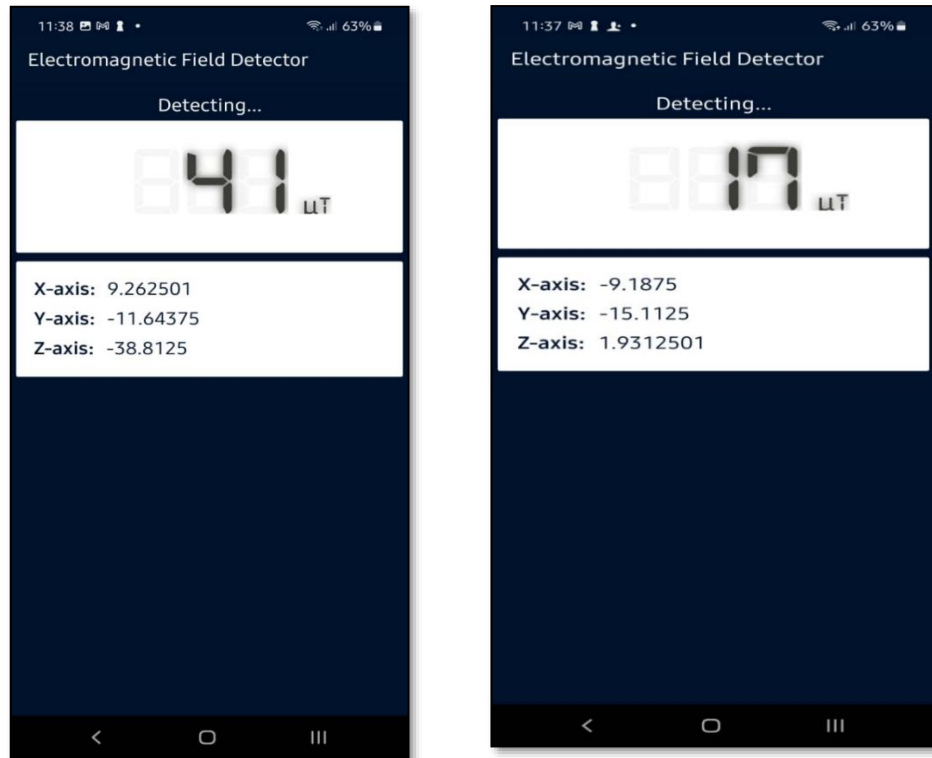
Figura 18: Prototipo de maqueta



Fuente: propia

ANEXO N° 3. MEDICIÓN DE RESULTADOS

Figura 19: Medición fuera y dentro de la vivienda



Fuente: propia

ANEXO N° 4. COTIZACIÓN DE MATERIALES

Figura 20: Costo de la pintura con cual compararemos

SUPERMATE
Supermate Antibacterial
Blanco Decorativo 4 GL

UNICAP CMR MIRA

S/ 288
S/ 360

Aplicación	Interior
Antimoho	Si
Lavable	Si
Superficie de aplicación	Concreto, Drywall, Pintura
Contenido	4 galón(es)
Secado final	60 min
Marca	Supermate
Color	Pastel
Acabado	Mate
Garantía	Por defecto de fabricación
Rendimiento	29 m2 por 2 manos (capas) de pintura por envase de 1 galón.

Fuente: Pagina web Sodimac

Figura 21: Costo de la malla de acero y lámina de aluminio



Garantía	6 meses
Altura Del Producto	90 cm
Ancho Del Producto	30 cm
Profundidad Del Producto	300 cm
Flexible	No
Resistente a la corrosión	Si
Resistencia rayos UV	No
Modelo	Cuadrada
Tipo de Producto	Malla



Panel Compuesto De Aluminio Tipo Alucobond Acabado Madera ♥

S/. 2332

en [sin interés](#)
IVA incluido

[Ver los medios de pago](#)

Descripción

Panel de aluminio Acabado Madera WALNUT

Uso interior o exterior

1.58 x 4.97mts unicamente esta medida.

Calidad Premium

Se puede recoger en tienda o se manda por la paquetería de tu conveniencia

se puede pagar con Tránsito, O en efectivo al Recoger en tienda.

Fuente: Pagina web Promart – Mercado libre

Tabla 8: *Matriz de consistencia de problemática*

Problema	Objetivos	Hipotesis y variables	Operacionalizacion de variables	
<p>Problema General</p> <p>¿En qué medida el revestimiento de elementos constructivos con mallas de acero o paneles de aluminio mitigará la transmisión de ondas electromagnéticas en la vivienda “Santa Ana”, Ayacucho 2023?</p> <p>Problemas Especificos:</p> <p>¿En qué medida el revestimiento de elementos constructivos con mallas de acero mitigará el paso de ondas electromagnéticas?</p> <p>¿En qué medida el revestimiento de elementos constructivos con paneles de aluminio mitigará el paso de ondas electromagnéticas?</p> <p>¿En qué medida será viable económicamente la implementación del revestimiento de elementos constructivos con mallas metálicas o paneles de aluminio para mitigar el paso de las ondas electromagnéticas?</p>	<p>Objetivo General</p> <p>Determinar si el revestimiento de elementos constructivos con mallas de acero o paneles de aluminio mitigará en gran medida la transmisión de ondas electromagnéticas en la vivienda “Santa Ana”, Ayacucho 2023</p> <p>Objetivos Especificos:</p> <p>Determinar si el revestimiento de elementos constructivos con mallas de acero, en el tarrajeo; reducirá la transmisión de ondas electromagnéticas.</p> <p>Determinar si el revestimiento de elementos estructurales con paneles de aluminio, en el tarrajeo; ¿mitigará la transmisión de ondas electromagnéticas? considerable. considerable.</p> <p>Determinar la viabilidad económica del revestimiento de los elementos estructurales con mallas de acero o paneles de aluminio, para reducir la transmisión de ondas electromagnéticas.</p>	<p>Hipotesis General</p> <p>Al revestir los elementos constructivos de la vivienda “Santa Ana” con mallas de acero o paneles de aluminio, se logrará mitigar o evitar el paso de las ondas electromagnéticas de manera muy considerable, ya que me baso en una ley fundamental que es “La Jaula</p> <p>Hipotesis Especificas</p> <p>El revestimiento de los elementos constructivos de la vivienda “Santa Ana” con mallas de acero, mitigarán el paso de las ondas electromagnéticas considerablemente</p> <p>El revestimiento de los elementos constructivos de la vivienda “Santa Ana” con paneles de aluminio, mitigarán el paso de las ondas electromagnéticas considerablemente</p> <p>El revestimiento de los elementos constructivos de la vivienda “Santa Ana” con mallas de acero o paneles de aluminio no supondrán gran incremento al presupuesto de nuestro proyecto, y de ser lo contrario, se evaluaría los beneficios que traerian consigo.</p>	<p>X1 (Independiente): Blindaje con mallas de acero</p> <p>X2 (Independiente): Blindaje con paneles de aluminio</p>	
			Dimensiones	Indicadores
			Recubrimiento superficial con materiales metálicos	Área blindada (m ²)
			Y (Dependiente): Paso de Ondas Electromagnéticas	
Dimensiones	Indicadores			
Recubrimiento superficial de la vivienda	micro teslas (uT)			

Fuente: propia

Tabla 9: *Matriz de consistencia objetos de estudio*

POBLACIÓN Y MUESTRA	MÉTODO Y DISEÑO	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	TRATAMIENTO ESTADÍSTICO
<p>Población y muestra</p> <p>Población: La población de estudio para la presente investigación será las viviendas unifamiliares del departamento de Ayacucho</p> <p>Muestra: Recorrimos al muestreo por conveniencia de muestreo no probabilístico y no aleatorio</p> <p><u>Patrón</u> M-01 = Maqueta sin revestimiento de acero ni aluminio, 2 maquetas</p> <p><u>Mediciones de ondas electromagnéticas</u> M-02 = Revestida con malla de acer M-03 = Revestida con panel de alum</p> <p>n = 30 mediciones</p>	<p>Tipo: Exploratorio</p> <p>Nivel: Aplicativo</p> <p>Diseño: Experimental</p> <p>Método: El presente estudio tiene un enfoque cuantitativo y contratación de hipótesis para determinar la frecuencia de OEM al interior de las viviendas</p> <p>Diseño: Correlacional</p> <p style="text-align: center;"> $O1 \xrightarrow{M} O2$ </p> <p>Donde: M = Constituye la muestra Ox = Result obs. Variable X Oy = Result obs. Variable Y R = Niveles de rel X-Y</p>	<p>Técnicas: Observación: Se utilizará esta técnica para comprobar el paso de las ondas electromagnéticas en el interior de nuestras viviendas en el distrito de Ayacucho, departamento de Ayacucho, en la vivienda “Ochante”.</p> <p>Blindaje contra OEM. Maquetas blindadas con mallas, 1/4", 1/2", 3/4" y lámina de aluminio</p> <p>Análisis de datos Los datos recopilados serán procesados y tabulados en tablas y gráficos utilizando la estadística descriptiva utilizando el software SPSS v.22.</p> <p>Instrumentos: *Gaussimetro *Celular (Opcional)</p>	<p>Contrastación de hipótesis Ho: No existe influencia significativa el blindaje de las viviendas revestidas con mallas de acero y lámina de aluminio y sin revestir (patrón)</p> <p>Ha: Si existe influencia significativa en el blindaje de las viviendas con la implementación de mallas de acero y lámina de aluminio y sin revestir (patrón)</p> <p>Decisión estadística: Si pvalor >0.05 se acepta la Ho Si pvalor <0.05 se rechaza la Ho y se acepta la Ha</p>

Fuente: propia