

**Informe Técnico sobre Evaluación Electromagnética del dispositivo de apantallado EMF
“Shileon”**

Nº Referencia	UGR/01/2025
Peticionario	Fernando Muñoz Bullejos, NIF: 24194325G
Fecha	28/10/2025
Dirección	Laboratorio Singular Tecnologías Inalámbricas, Edificio CITIC-UGR, Granada, España

Requerimiento

D. Fernando Muñoz Bullejos, con NIF 24194325G, como autónomo con domicilio en la calle Laurel de la Reina número 15, 18140, La Zubia, Granada, España, solicita al Laboratorio Singular de Tecnologías Inalámbricas (SWT-LAB) de la Universidad de Granada un informe técnico sobre el dispositivo de apantallado EMF “Shileon”, con objeto de evaluar sobre el asunto más abajo indicado.

El informe es elaborado por el responsable técnico del laboratorio, Dr. Pablo Padilla de la Torre, Catedrático de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática y de Telecomunicaciones de la Universidad de Granada, en calidad de experto en electromagnetismo, compatibilidad electromagnética y medida de radiofrecuencia, quien declara poseer la competencia técnica necesaria y manifiesta no incurrir en causa de incompatibilidad ni interés particular en la materia objeto de estudio.

Encargo

El presente informe se emite a solicitud de D. Fernando Muñoz Bullejos con NIF 24194325G, con el propósito de:

Evaluar, desde el punto de vista del electromagnetismo aplicado, el funcionamiento del dispositivo de apantallado EMF “Shileon”, una caja metálica conductora diseñada como recinto de apantallamiento parcial para teléfonos móviles, incorporando una toma de tierra funcional y un sistema de apertura tipo visagra que permite dos modos de funcionamiento.

Para realizar el encargo pericial encomendado, el técnico que suscribe se ha basado en las siguientes fuentes:

- Principios teóricos del electromagnetismo.
- Experiencia técnica en sistemas de apantallamiento y medidas EMC.
- Documentación aportada por la parte requirente.
- Inspección técnica del equipo objeto de estudio técnico.

Resumen

El presente informe técnico analiza, desde la perspectiva del electromagnetismo aplicado, el comportamiento del dispositivo de apantallado EMF “Shileon”, una estructura metálica conductora diseñada para reducir la exposición del usuario a campos de radiofrecuencia generados por teléfonos móviles durante su funcionamiento (Wi-Fi, LTE, 5G, Bluetooth, etc.) y proceso de carga.

El análisis se basa en los principios fundamentales del electromagnetismo —jaula de Faraday, reflexión, absorción por corrientes inducidas y derivación a tierra— y estudia los dos modos de funcionamiento del dispositivo.

1. **Modo cerrado:** Apantallamiento total.
2. **Modo abierto:** Apantallamiento direccional.

Conclusiones principales

- En modo cerrado ofrece un apantallamiento prácticamente completo.
- En modo abierto reduce la exposición direccional, mientras conserva la funcionalidad del teléfono.
- En ambos modos, la conexión a tierra del dispositivo mejora la estabilidad electromagnética y evita que el sistema actúe como antena secundaria.
- En ambos modos, el diseño contribuye a disipar energía procedente de fuentes conmutadas y procesos de carga, reduciendo el impacto de armónicos.

Índice de contenido

Requerimiento	1
Encargo	1
Resumen	2
1. Descripción del producto	5
2. Fundamento físico	6
2.1. Efecto Jaula de Faraday	6
2.2. Apantallamiento eléctrico	6
2.3. Reflexión de la onda electromagnética	7
2.4. Evacuación a tierra de corrientes inducidas por campo eléctrico de baja frecuencia (50 Hz)	7
2.5. Perturbaciones de alta frecuencia en la red eléctrica	7
4. Justificación del funcionamiento	8
2.1. Modo cerrado – Apantallamiento total	8
2.2. Modo Abierto – Apantallamiento direccional	10
5. Conclusiones y Dictamen pericial	12



1. Descripción del producto

El dispositivo a evaluar, denominado *dispositivo de apantallado EMF "Shileon"*, consiste en una caja metálica conductora fabricada en aleación de aluminio. Presenta la forma adecuada para contener un dispositivo móvil en su interior y en su carcasa exterior tiene equipado un conector que permite la conexión de un cable hacia la tierra de baja impedancia de la instalación eléctrica donde esté enchufado, a través de un enchufe monofásico convencional, garantizando que las corrientes inducidas se deriven a tierra.

El diseño contempla dos modos de funcionamiento:

1. **Modo cerrado:** el teléfono queda totalmente contenido en el interior, con baja posibilidad de cobertura, lo que provoca una gran atenuación de la radiación hacia el exterior. En este primer prototipo el cierre eléctrico no es total, por lo que no existe un apantallamiento electromagnético perfecto.
2. **Modo abierto parcial:** la tapa metálica se mantiene abierta gracias a una bisagra, manteniéndose a 90 grados respecto de la base. Está pensado para colocarse en dirección al usuario, actuando como plano metálico, para atenuar preferentemente la radiación direccional tras dicho plano, creando una zona de reducción de la intensidad electromagnética inducida por el terminal móvil, permitiendo al mismo tiempo que el móvil conserve una cobertura estable (voz, datos y sincronización).

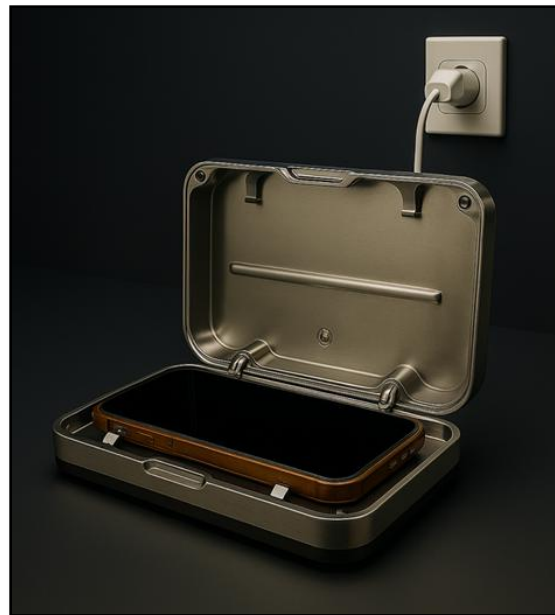


Figura 1. Prototipo del dispositivo de apantallado EMF "Shileon"- Plano 3D

2. Fundamento físico

El funcionamiento del dispositivo de apantallado EMF “*Shileon*” se sustenta en los principios fundamentales del electromagnetismo clásico, expresados en las ecuaciones de Maxwell y en las condiciones de contorno que rigen la interacción entre campos eléctricos, magnéticos y medios conductores.

A continuación, se detallan los fenómenos físicos involucrados en el comportamiento electromagnético del dispositivo, junto con su justificación teórica.

2.1. Efecto Jaula de Faraday

Cuando un campo electromagnético incide sobre una superficie metálica conductora, las cargas libres del material se redistribuyen para anular el campo eléctrico tangencial en su interior. Este fenómeno se explica por las condiciones de contorno derivadas de la Ley de Gauss para el campo eléctrico:

$$\nabla \cdot E = \rho / \epsilon_0$$

y la Ley de Faraday:

$$\nabla \times E = -\partial B / \partial t$$

En un conductor ideal, el campo eléctrico tangencial en su superficie es nulo ($E_t = 0$), por lo que el campo eléctrico en el interior tiende a desaparecer. Esto da lugar al conocido efecto Jaula de Faraday, en el cual las ondas electromagnéticas externas no penetran en el recinto metálico cerrado, y las radiaciones internas quedan confinadas.

2.2. Apantallamiento eléctrico

El nivel de atenuación o apantallamiento depende de:

- La conductividad del material (σ).
- El *skin depth* del material, dado por

$$\delta = \sqrt{2 / \omega \mu \sigma}$$

Esta ecuación representa la distancia a la que el campo electromagnético en un conductor se atenúa hasta $1/\epsilon$ de su valor superficial. Deriva de la solución de las ecuaciones de Maxwell en medios conductores, donde las corrientes inducidas (de Foucault) provocan una absorción exponencial del campo.

En aluminio, a 2.4 GHz, resulta aproximadamente $1.6 \mu\text{m}$, lo que confirma que una pared metálica de milímetros de espesor ofrece un blindaje electromagnético eficaz.

- La continuidad eléctrica de las juntas y uniones (rendijas $\ll \lambda/20$).

2.3. Reflexión de la onda electromagnética

Además del confinamiento de campo, las superficies metálicas del dispositivo provocan una reflexión significativa de la energía electromagnética incidente. La discontinuidad de impedancia entre el aire ($Z_0 \approx 377 \Omega$) y el metal (Z_m muy bajo) genera una reflexión casi total de la onda incidente.

El coeficiente de reflexión en la interfaz aire-metal puede expresarse como:

$$\Gamma = \frac{(Z_m - Z_0)}{(Z_m + Z_0)}$$

Dado que, $Z_m \ll Z_0$, se cumple que $|\Gamma| \approx 1$, lo que implica que la mayor parte de la energía se refleja.

2.4. Evacuación a tierra de corrientes inducidas por campo eléctrico de baja frecuencia (50 Hz)

El funcionamiento de un sistema de puesta a tierra de baja impedancia, conectado a la instalación eléctrica a través del borne de protección (PE) puede resumirse en:

1. Derivación de cargas parásitas o estáticas: las corrientes inducidas por campos variables o descargas electrostáticas se evacúan hacia la tierra de la instalación eléctrica a la que esté conectado, estabilizando el potencial de la carcasa a 0 V.
2. Reducción de potencial flotante: un recinto metálico no conectado a tierra puede adquirir potenciales alternos debidos a acoplamientos capacitivos con la red o con otros dispositivos. La conexión a tierra fija su referencia y elimina las oscilaciones de modo común.

2.5. Perturbaciones de alta frecuencia en la red eléctrica

En instalaciones domésticas, la señal de 50 Hz de la red eléctrica suele acompañarse de componentes armónicas de alta frecuencia ($\approx 2 \text{ kHz} - 1 \text{ MHz}$). Estas perturbaciones se originan en:

- Fuentes de alimentación conmutadas y cargadores electrónicos.
- Iluminación LED, dimmers y controladores de fase.
- Variadores de velocidad y convertidores electrónicos.
- Inversores y microinversores de sistemas fotovoltaicos.

Estas componentes armónicas, generadas por los dispositivos electrónicos previamente enumerados, pueden propagarse a lo largo de los conductores en modo diferencial o modo común, pero además pueden radiar estos campos electromagnéticos de alta frecuencia con magnitudes apreciables, especialmente cuando los cables actúan como antenas no intencionadas debido a su longitud comparable con la longitud de onda de dichas perturbaciones.

Estas radiaciones pueden acoplarse a otros dispositivos o estructuras cercanas por inducción electromagnética (acoplamiento inductivo) o por acoplamiento capacitivo, contribuyendo así al ruido radiado en el entorno.

4. Justificación del funcionamiento

El dispositivo de apantallado EMF “*Shileon*”, dispone de dos modos diferenciados de funcionamiento, ambos basados en los principios de apantallamiento y derivación electromagnética descritos en el apartado anterior.

Cada modo busca optimizar la protección frente a campos electromagnéticos en su entorno inmediato, sin comprometer la funcionalidad eléctrica ni la seguridad del usuario.

2.1. Modo cerrado – Apantallamiento total

En este modo, la tapa de la caja se encuentra completamente cerrada, de forma que el teléfono móvil queda totalmente rodeado por las paredes metálicas del dispositivo, tanto en estado de carga como en estado de consumo de la batería.

a) Relación con el efecto Jaula de Faraday

El cierre continuo de la envoltura metálica genera una jaula de Faraday completa, impidiendo la propagación de ondas electromagnéticas tanto desde el exterior hacia el interior como en sentido inverso. En el caso de un cierre eléctrico efectivo del recinto, las corrientes inducidas sobre la superficie interior de la caja se redistribuyen de manera que anulan el campo eléctrico en su interior, conforme a las condiciones de contorno derivadas de las ecuaciones de Maxwell. Como consecuencia, las ondas de radiofrecuencia emitidas por el teléfono (Wi-Fi, LTE, 5G, Bluetooth, etc.) quedan confinadas en el interior del recinto, y su radiación externa se atenúa en decenas de decibelios, lo que equivale a una reducción de varios órdenes de magnitud en intensidad de campo.

b) Relación con la reflexión de la onda

Las paredes metálicas reflejan prácticamente toda la energía electromagnética incidente, al existir un contraste muy elevado entre la impedancia del aire y la del metal ($Z_0 \approx 377 \Omega$ frente a $Z_m \ll 1 \Omega$). Esto produce una reflexión casi total de las ondas, evitando su transmisión a través de las paredes, asegurando que la energía radiada por el móvil no se propague hacia el entorno, de igual forma, las ondas del entorno son reflejadas por la carcasa conductora, lo que reduce la cobertura del dispositivo móvil hasta anularse.

c) Relación con la derivación a tierra

La conexión a tierra de baja impedancia constituye una ruta de drenaje para las corrientes inducidas electromagnéticamente en la carcasa. Este proceso evita que la carcasa acumule carga o potenciales alternos y garantiza que ni las corrientes parásitas ni las corrientes de RF (radiofrecuencia) de baja frecuencia puedan recircular o reirradiarse, reforzando el blindaje global del sistema.

d) Relación con las perturbaciones de alta frecuencia en la red

El sistema de toma de tierra y el diseño conductor de la caja también contribuyen a filtrar o derivar armónicos de alta frecuencia (2 kHz–1 MHz) procedentes de la red eléctrica, típicos de fuentes conmutadas o cargadores. De esta forma, el entorno electromagnético dentro y alrededor del dispositivo se mantiene estable y libre de interferencias adicionales.



Figura 2. Imagen del dispositivo de apantallado EMF - Modo cerrado.

2.2. Modo Abierto – Apantallamiento direccional

En este modo, la tapa metálica se mantiene abierta mediante la bisagra, quedando el teléfono parcialmente expuesto al exterior, pero con el panel metálico a 90 grados respecto de la base, diseñado para poder interponerse entre el dispositivo y el usuario.

a) Relación con el efecto Jaula de Faraday y la reflexión de la onda

Aunque la caja no forma un recinto cerrado, la superficie metálica del cuerpo principal y de la tapa abierta sigue generando corrientes superficiales inducidas por las ondas electromagnéticas emitidas por el teléfono. La presencia de la tapa metálica permite una reducción de la intensidad electromagnética tras ésta, reduciéndose la magnitud del campo eléctrico recibido en dicha zona trasera, mientras que las señales pueden escapar en otras direcciones, conservando la conectividad del móvil. La tapa abierta actúa como un plano reflector direccional, con un coeficiente de reflexión cercano a la unidad. La energía radiada por el móvil que incide sobre el panel se refleja hacia el lado opuesto, produciendo una reducción de campo en la dirección del usuario. El nivel de atenuación dependerá de la frecuencia de operación, la orientación y la distancia del usuario respecto al plano metálico.

b) Relación de la conexión a tierra con las perturbaciones de alta frecuencia

La toma de tierra sigue desempeñando un papel esencial: las corrientes inducidas en la tapa y el cuerpo metálico por las ondas de radiofrecuencia del móvil se canalizan hacia tierra, evitando que el conjunto actúe como radiador secundario. Esto incluye tanto corrientes de baja frecuencia (armónicos de red) como corrientes de radiofrecuencia emitidas por el teléfono en el rango de 700 MHz–6 GHz. (Wi-Fi, LTE, 5G, Bluetooth, etc.)

Gracias a esta derivación, el potencial de la carcasa se mantiene constante, reduciendo el riesgo de acoplamientos capacitivos y de radiación residual hacia el usuario, cuando el teléfono está en estado de consumo de datos y batería. De igual manera, el dispositivo en modo abierto está diseñado para que el teléfono en estado de carga, cuyo funcionamiento puede generar armónicos de conmutación, se reduzca la emisión conducida y radiada por el sistema cargador-cable-teléfono, mejorando la inmunidad electromagnética local.



Figura 2. Diagrama de apantallamiento direccional. Modo abierto.

5. Conclusiones y Dictamen pericial

En virtud del análisis técnico realizado, y considerando los principios físicos descritos en los apartados anteriores, se emite el presente dictamen pericial respecto al funcionamiento electromagnético del dispositivo de apantallado EMF “Shileon”.

Tras el estudio de su estructura, materiales y principio de conexión a tierra, se concluye que:

- *En modo cerrado con cierre eléctrico efectivo, el blindaje metálico continuo, junto con la conexión de baja impedancia a tierra, produce una atenuación efectiva de las ondas de radiofrecuencia (Wi-Fi, LTE, 5G, Bluetooth, etc.), reduciendo significativamente la radiación hacia el entorno inmediato. El sistema puede considerarse prácticamente aislante en términos electromagnéticos, evitando la propagación de campos eléctricos y magnéticos tanto desde como hacia su interior.*
- *En modo abierto, la tapa metálica actúa como pantalla direccional que atenúa el campo electromagnético en la dirección del usuario, al mismo tiempo que mantiene la funcionalidad de transmisión de datos del terminal. Este comportamiento es coherente con los principios de reflexión y redistribución de campo superficial en materiales conductores. De igual forma, la conexión a tierra desempeña un papel determinante en la estabilidad electromagnética del conjunto, drenando corrientes inducidas y cargas parásitas, y contribuyendo a la disipación de energía de alta frecuencia generada por fuentes conmutadas o procesos de carga.*

En base a los fundamentos teóricos del electromagnetismo y al análisis cualitativo del sistema, puede afirmarse que el dispositivo de apantallado EMF “Shileon”, cumple funcionalmente con los objetivos de apantallamiento electromagnético previstos en su diseño, ofreciendo una mitigación efectiva de la exposición directa a campos de radiofrecuencia en el entorno inmediato de uso.

El presente informe se emite a solicitud de Fernando Muñoz Bullejos con NIF 24194325G, bajo la responsabilidad técnica de Dr. Pablo Padilla de la Torre, Catedrático de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática y de Telecomunicaciones de la Universidad de Granada. Y para que así conste, se firma:

En Granada, a 19 de noviembre de 2025.