

Protección contra Pulso Electromagnético (EMP): Jaula de Faraday Práctica

Autor: EA4IPV

Fecha: 23/03/2026

Categoría: Trampas Defensivas

Etiquetas: Sin etiquetas

Protección contra Pulso Electromagnético (EMP): Jaula de Faraday Práctica

Un pulso electromagnético (EMP) es una ráfaga de energía electromagnética capaz de inducir voltajes destructivos en circuitos electrónicos. Puede originarse por una detonación nuclear a gran altitud (HEMP), una tormenta solar intensa (evento Carrington) o un arma EMP localizada. La electrónica moderna, con sus transistores de nanómetros de grosor, es especialmente vulnerable. La jaula de Faraday —un recinto conductor continuo— es el método más accesible para proteger equipos electrónicos críticos contra este tipo de amenaza.

Comprendiendo la Amenaza EMP

Un EMP de origen nuclear (HEMP) se produce cuando una detonación nuclear a gran altitud (30-400 km) genera rayos gamma que interactúan con las moléculas de la atmósfera, liberando electrones que son acelerados por el campo magnético terrestre. El resultado es un pulso electromagnético que cubre un área continental y tiene tres componentes con características distintas.

Componente E1 (nanosegundos): Pulso extremadamente rápido (5-20 ns de subida) con campos de 25-50 kV/m. Destruye semiconductores y circuitos integrados directamente. Es demasiado rápido para los supresores de sobretensión convencionales. Esta es la amenaza principal contra la electrónica.

Componente E2 (microsegundos): Similar a un rayo. Dura de 1 microsegundo a 1 segundo. Los sistemas de protección contra rayos existentes pueden mitigarlo, pero E1 puede haberlos destruido previamente.

Componente E3 (segundos a minutos): Corriente inducida de baja frecuencia que fluye por conductores largos (líneas eléctricas, tuberías). Similar a una tormenta geomagnética. Destruye transformadores de la red eléctrica por saturación del núcleo. No afecta directamente a la electrónica portátil.

Las tormentas solares severas (eventos de eyección de masa coronal o CME) generan efectos similares al componente E3 del HEMP, pero no producen los componentes E1 y E2. Una CME tipo evento Carrington (1859) dejaría sin servicio las redes eléctricas durante semanas o meses, pero no destruiría la electrónica desconectada de la red.

Diferencia clave: Contra una tormenta solar (CME), basta con desconectar los equipos de la red eléctrica y de cualquier cable largo. La jaula de Faraday es necesaria específicamente contra el componente E1 de un EMP nuclear, que induce voltajes directamente en los circuitos de los dispositivos.

Principio de la Jaula de Faraday

Una jaula de Faraday funciona porque un conductor continuo y cerrado redistribuye las cargas eléctricas en su superficie de forma que cancela el campo eléctrico en su interior. Cuando una onda electromagnética incide sobre la jaula, induce corrientes en la superficie del conductor que generan un campo opuesto, impidiendo que la onda penetre al interior.

La efectividad de la jaula se mide en decibelios (dB) de atenuación. Para proteger contra un HEMP típico (campo incidente de 50 kV/m), se necesitan al menos 40-60 dB de atenuación en el rango de frecuencias de interés (desde Hz hasta GHz). Una jaula de metal sólido continuo sin aberturas proporciona más de 80 dB fácilmente.

Los factores que reducen la efectividad de una jaula son: aberturas o rendijas (las ondas penetran por cualquier hueco mayor que una fracción de la longitud de onda), mala continuidad eléctrica en las juntas (corrosión, tornillos flojos), y cables que entran o salen de la jaula actuando como antenas que conducen la energía al interior.

Material

Atenuación típica

Ventajas

Limitaciones

Acero galvanizado (contenedor)

60-80 dB

Gran volumen, fácil de obtener

Pesado, costoso, necesita sellar juntas

Cubo de basura metálico galvanizado

30-50 dB

Barato, tamaño práctico

Tapa con mal contacto, necesita mejorar sello

Caja de municiones de acero

40-60 dB

Robusto, buen cierre, apilable

Volumen limitado, junta de goma original reduce contacto

Papel de aluminio (múltiples capas)

20-40 dB

Ligero, adaptable, barato

Frágil, difícil asegurar continuidad, se rompe fácilmente

Bolsa Faraday comercial (tela conductora)

40-60 dB

Flexible, reutilizable, ligera

Coste moderado, eficacia variable según fabricante

Construcción de una Jaula de Faraday Práctica

El método más accesible y fiable para proteger electrónica esencial contra un EMP es usar un contenedor metálico continuo con buen cierre. Las opciones más prácticas son el cubo de basura metálico galvanizado y la caja de municiones metálica, dependiendo del volumen necesario.

Opción 1: Cubo de basura galvanizado: Elegir un cubo completamente metálico (sin revestimiento plástico interior). Lijar las superficies de contacto entre tapa y cubo para eliminar cualquier pintura o recubrimiento que impida el contacto metal-metal. Aplicar cinta de aluminio conductor en la junta exterior tapa-cubo para maximizar el sello.

Opción 2: Caja de municiones: Retirar la junta de goma original de la tapa. Lijar las superficies de contacto hasta metal brillante. Opcionalmente, aplicar cinta de cobre o aluminio conductor en la superficie de cierre. La caja cierra con presión mecánica que asegura buen contacto metal-metal.

Opción 3: Método de múltiples capas de aluminio: Envolver el equipo en material aislante (plástico de burbujas o cartón), luego en 3-4 capas de papel de aluminio grueso de cocina (cada capa con solapamiento mínimo de 5 cm en todas las juntas), otra capa aislante y otras 3-4 capas de aluminio. Cada capa de aluminio actúa como una jaula independiente.

El aspecto más importante y más frecuentemente ignorado es el aislamiento interior. Los equipos almacenados NO deben tocar las paredes de la jaula. Si un dispositivo toca el metal de la jaula, las corrientes inducidas en la superficie de la jaula pueden fluir directamente al dispositivo, anulando la protección. Forrar el interior con cartón, espuma o plástico de burbujas con al menos 2-3 cm de separación en todos los puntos.

Error crítico: Una jaula de Faraday con la puerta o tapa abierta NO ofrece protección. Los equipos deben estar dentro con la jaula completamente cerrada en todo momento. Tampoco sirve una jaula con cables que entren o salgan (cargadores, antenas), ya que actúan como antenas que conducen el EMP directamente al interior.

Qué Equipos Proteger y Prioridades

No es práctico ni necesario proteger toda la electrónica del hogar. La estrategia correcta es identificar los equipos críticos que serían irremplazables tras un evento EMP y que permitan restablecer comunicaciones, energía e información.

Prioridad

Equipo

Justificación

1 - Crítico

Radio receptor de onda corta

Única fuente de información de largo alcance tras un EMP

1 - Crítico

Walkie-talkies / radio PMR

Comunicación local con vecinos y grupo

1 - Crítico

Regulador de carga solar MPPT de repuesto

Sin él, los paneles solares (que probablemente sobrevivan al EMP) son inútiles

2 - Importante

Linterna LED con pilas

Iluminación inmediata. Los LEDs pueden sobrevivir, pero los circuitos driver no

2 - Importante

Inversor DC-AC de repuesto

Para convertir la energía de baterías en AC utilizable

2 - Importante

Disco duro/USB con información

Manuales técnicos, mapas, documentación médica, datos personales

3 - Útil

Tablet o portátil cargado

Acceso a biblioteca digital offline, herramientas de cálculo

3 - Útil

Multímetro digital

Diagnóstico de equipos y circuitos tras el evento

3 - Útil

Cargador solar USB

Cargar dispositivos pequeños directamente desde un panel

Los paneles solares en sí tienen una probabilidad moderada de sobrevivir a un EMP porque los diodos de bypass y las células fotovoltaicas son relativamente robustos (los cables actúan como antenas pero la energía se disipa en los diodos). Sin embargo, el regulador de carga, el inversor y cualquier monitorización electrónica casi con certeza se destruirían. Tener repuestos en una jaula de Faraday es la estrategia más práctica.

Verificación y Mantenimiento de la Protección

Una jaula de Faraday solo funciona si mantiene su integridad. La verificación periódica y el mantenimiento preventivo son esenciales para que la protección esté operativa cuando se necesite.

Test con radio FM: Sintonizar una emisora FM fuerte en una radio portátil, introducirla en la jaula y cerrar

completamente. Si la señal se atenúa significativamente o desaparece, la jaula tiene buena atenuación en la banda de 88-108 MHz. Este test no verifica las frecuencias más altas (GHz) del componente E1, pero es un indicador útil.

Test con teléfono móvil: Introducir un móvil en la jaula, cerrar y llamarlo. Si el móvil no recibe la llamada, la jaula atenúa bien en las bandas de 900/1800/2100 MHz. Más exigente que el test FM.

Test con Wi-Fi: Verificar si un dispositivo dentro de la jaula cerrada mantiene conexión Wi-Fi (2,4 GHz y 5 GHz). Si pierde la conexión, indica buena atenuación en frecuencias altas.

Inspección visual semestral: Verificar que no haya corrosión en las superficies de contacto tapa-cuerpo, que la cinta conductora esté intacta y que el aislamiento interior no se haya deteriorado ni desplazado.

Rotación de baterías: Los equipos almacenados con baterías deben revisarse cada 6 meses. Retirar las baterías de los dispositivos para evitar fugas que dañen los circuitos. Almacenar baterías de litio al 40-60 % de carga para maximizar su vida útil en almacenamiento.

Es recomendable mantener un inventario escrito (en papel, no en formato digital) pegado en el exterior de cada jaula indicando su contenido, fecha de última verificación y estado de las baterías. Esto permite localizar rápidamente los equipos necesarios sin tener que abrir todas las jaulas en una situación de emergencia.

Limitación importante: Ningún test casero puede verificar completamente la protección contra un EMP real, ya que el componente E1 tiene frecuencias desde MHz hasta varios GHz con tiempos de subida de nanosegundos. Los tests con radio FM y móvil son indicadores útiles pero no garantías absolutas. Para máxima protección, usar múltiples capas de blindaje (jaula dentro de jaula) y mantener siempre el mejor contacto metal-metal posible en los cierres.

⚠ Advertencia: Esta información es orientativa y educativa. En situaciones de emergencia real, consulte a profesionales cualificados siempre que sea posible. No ponga en riesgo su vida ni la de otros sin la formación adecuada.