

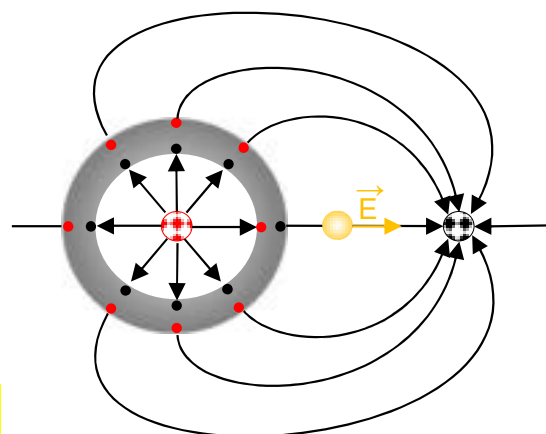
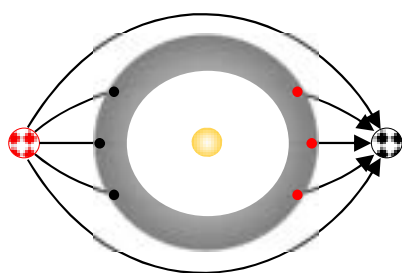
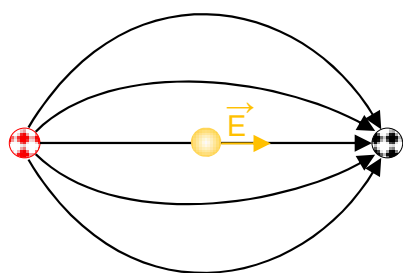


AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

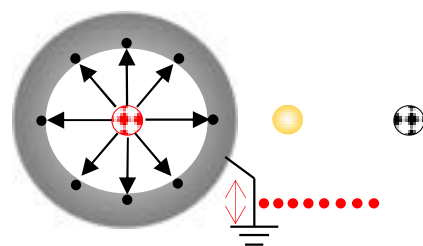
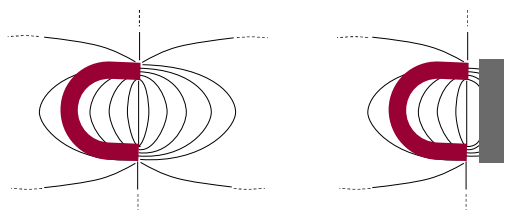
MÁS SOBRE EL APANTALLAMIENTO

2026

Por algunas consultas fundamentadas que me llegaron incido en el tema: lo primero es recordar lo de siempre: una pantalla electrostática es una superficie cerrada que puede redistribuir sus cargas eléctricas con facilidad para anular las líneas del campo eléctrico agresor (que como siempre recuerdo, nacen y mueren entre cargas de signo opuesto).



El apantallamiento tiene que ver con el campo eléctrico. Para el campo magnético no tiene efecto, pero si la pantalla es de material férreo (*ver abajo), las líneas de campo magnético (que son cerradas, a diferencia de las del campo eléctrico) tienen tendencia a “pegarse” a esta al tener menor permeabilidad que el aire.



¿No recuerda que se pone un trozo de metal al imán en herradura para que dure más la imantación?

- El caso de la izquierda es el típico de la electrostática: en la esfera naranja se manifiesta la acción del campo eléctrico que crea la carga eléctrica positiva como una fuerza que tendería a moverla hacia la carga negativa (ya sabemos que depende del valor y signo de su carga, de la ddp entre la carga positiva y la negativa, de la distancia a la que se encuentra y como el problema tiene simetría tal como lo dibujé, ejercida según la línea que las une).
- El caso central es de la **carga exterior creando campo con una pantalla de por medio** (superficie cerrada hueca y con carga libre por las superficies) que las moviliza como se muestra, de modo que en el interior de esta el campo eléctrico exterior no tiene efecto. La carga de la pantalla se redistribuye (electrones y huecos) siendo el balance neto de carga del conjunto nulo. Por tanto, **la pantalla protege al interior contra el campo exterior sin necesidad de ponerla a tierra** (como un vehículo protege a los ocupantes frente a un campo eléctrico externo producido por un rayo). En realidad, si se espera un tiempo suficiente, aunque la pantalla no fuera muy buena, se llegaría a un apantallamiento.
- Si la **carga que crea campo está en el espacio interior de la pantalla y esta no se conecta a tierra, debido a que el balance neto de carga del conjunto no es nulo, habrá campo en el exterior** (el material de la pantalla aporta tantas cargas como huecos, el exceso es la carga positiva interior, depende de cuán grande sea el desequilibrio la pantalla podría no tener suficientes cargas negativas para compensarlo). Si se conecta la pantalla a tierra, subirán “las cargas negativas que hagan falta para que el balance neto vuelva a ser nulo”. Una vez establecido el apantallamiento, se podría soltar la tierra y la situación se mantendría. Sólo si se produce una variación de la carga neta del conjunto volvería a hacer falta reconectar a tierra para sacar o meter cargas.

¿Y qué pasa cuando tenemos una situación dinámica y no estática?. Bien, pues las cargas de la pantalla (y en su caso, las de tierra) deberán ser capaces de responder con suficiente rapidez a la variación del campo eléctrico atacante. Por eso me habrán leído en alguna publicación anterior la importancia de que la pantalla sea de un material que tenga mucha conductividad y mucho efecto skin, pues como ven en los dibujos de arriba, la cosa importante pasa en las superficies afectadas (normalmente se usan aleaciones de aluminio, cobre y ***hierro**).

Ya se imaginarán entonces que, dado que en el mundo CEM se manejan frecuencias muy altas, una pantalla que es buena para las “extra bajas frecuencias” puede que no sea igual de buena para las “muy bajas frecuencias” y la “banda baja de radio frecuencia” que es donde podemos movernos a nivel industrial en cuanto al espectro de las interferencias (ya no les digo lo que pasa en el mundo de “los de telecomunicaciones...”)

El estudio matemático de lo que ocurre en la superficie de la pantalla con los campos eléctricos incidentes de frecuencias elevadas no es sencillo y para nosotros en la industria y mucho más en este foro, debería bastar con entender que se producen fenómenos de reflexión-absorción al interactuar con los electrones libres de los átomos de la superficie y cercanos a ella. Podríamos decir que, a medida que aumenta la frecuencia, hay más absorción y menos reflexión (a los electrones libres no les da tiempo a moverse tan rápido).

Al penetrar la onda electromagnética parcialmente en el blindaje, habrá fenómenos de disipación de energía en forma de calor debido a la inducción de corrientes en su seno (una buena conductividad y permeabilidad juegan en contra de la pantalla para este efecto). Por tanto, habrá una cierta penetración y una atenuación a medida que va entrando, todo ello función de la frecuencia y de las características de la pantalla. Hay una magnitud que engloba todo esto y que se suele denominar “profundidad de penetración δ ”. Tengo una publicación donde se habla de aquellos “dog houses” que a la vez sirven como disipadores de calor y de como, en general no hay problemas para las frecuencias industriales en los que nos movemos (ninguna pantalla se va a calentar en exceso sólo por hacer de pantalla...)

Las leyes de atenuación de la amplitud de los campos eléctrico y magnético según penetran en la pantalla (supongamos que sea ortogonal en la dirección x) son exponenciales y podemos representarlas como:

$$E(x) = E_0 * e^{-x * \sqrt{(\sigma * \pi * \mu * f)}}$$

$$H(x) = H_0 * e^{-x * \sqrt{(\sigma * \pi * \mu * f)}}$$

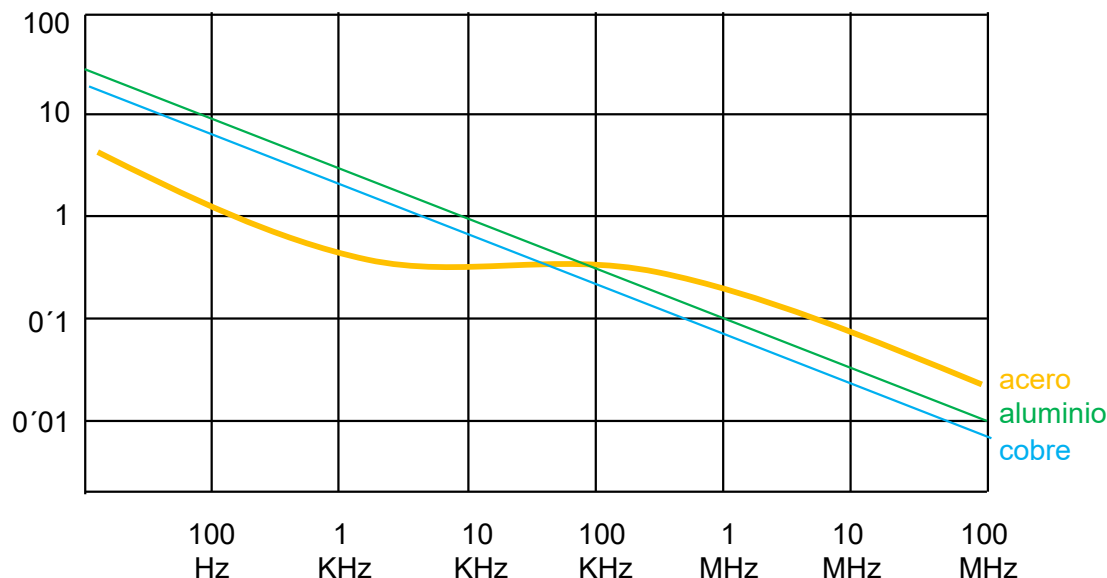
Donde σ es la conductividad eléctrica de la pantalla, μ es la permeabilidad magnética de la pantalla, f es la frecuencia de la onda “agresora”, y E_0 , H_0 son los valores iniciales de ambos campos en la superficie de la pantalla. Bien, pues visto esto, la mencionada “profundidad de penetración sería”:

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{(\sigma * \pi * \mu * f)}}$$

Vamos, que es el factor de atenuación de los campos en función de la distancia penetrada considerando todas las características de la pantalla. No voy a entrar en el tratamiento del campo cercano para frecuencias todavía mayores que lo considerado, que requerirían un tratamiento aparte. En nuestro mundo industrial podemos trabajar en la zona de campo lejano y dejarlo estar...

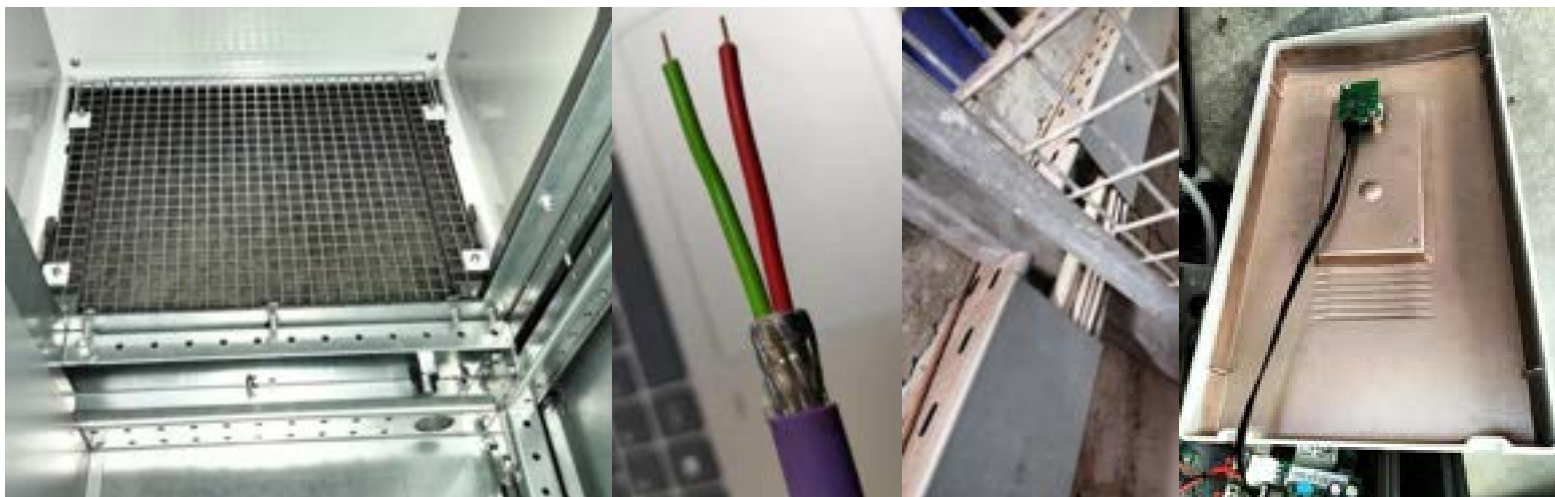
- MATERIAL DE LA PANTALLA:**

mm efecto
skin



El material adecuado para la pantalla es aquel que tiene el mayor efecto skin para las frecuencias que nos interesan. Como pueden observar con estas gráficas aproximadas comparativas (PROFIBUS Y CEM, César Cassiolato) el acero ofrece más efecto skin por encima de 50 KHz aproximadamente. No obstante, también influyen la conductividad y permeabilidad de la aleación y/o su tratamiento superficial.

- **DISCONTINUIDADES DE LA PANTALLA:** en la técnica industrial hacemos taladros para sujeción, agujeros de ventilación, etc, que rompen la superficie que apantalla. Las ondas que “se cuelan” por una discontinuidad de la pantalla tendrán que ver con la relación entre el tamaño y forma de la discontinuidad y la longitud de onda de la interferencia, además de la incidencia de la onda en la discontinuidad y la capacidad de absorción del material alrededor de la discontinuidad. Cuanto mayor es la frecuencia del ruido (menor longitud de onda) más pequeño debe ser el tamaño de la discontinuidad si no se quiere tener un “coladero de ondas”. Es mejor tener varios agujeros pequeños que uno grande (de la misma sección). Para frecuencias muy altas, se suelen encontrar patrones metálicos de panal de abeja en las ranuras de ventilación (ver fotografía de rejilla de ventilador en la página siguiente) cuyo objetivo es bloquear y absorber las ondas que intentan acceder, atenuando su influencia “del otro lado”.



- **MALA CALIDAD DE LA TOMA DE TIERRA:** por la propia toma de tierra y por la instalación de tierra. Para esto hay que asegurar que la pantalla tenga acceso fácil a cargas negativas procedentes del terreno (adecuados materiales, secciones correctas, tiradas óptimas) y que el terreno esté correctamente conectado y con buena conductividad. Por esto en RYSEL tenemos equipo para medir tierras e instalaciones de tierra.



Respecto a la calidad de un apantallamiento existen bastantes maneras de medirlo (incluso dependiendo del sector industrial) . Según el producto/material comercial que utilice para apantallar, el fabricante puede indicarle la efectividad conseguida del blindaje según un método u otro (y sería preferible que se indicara también el ancho de banda efectivo o la atenuación de sus efectos con la frecuencia). Algunos de los métodos más habituales son:

- **EFFECTIVIDAD DE UN APANTALLAMIENTO (SE):** es la medida en dB del campo eléctrico o magnético sin pantalla respecto a la que se tendría dentro del apantallamiento. Fue de las primeras formas que hubo de medir esto, pero su cuantificación es difícil. Aun así, se sigue usando mucho (revise las características de su material CEM para apantallar y encontrará mención a esta magnitud).
- **FACTOR DE REDUCCIÓN (KRF):** Es una medida conductiva y que relaciona en dB la tensión de modo común inducida en un cable sin apantallar por una interferencia externa y la que habría con la pantalla colocada.
- **IMPEDANCIA DE TRANSFERENCIA DE LA PANTALLA (Z_t):** Es la relación entre el voltaje pantalla-conductores y la corriente que circula por los conductores. A más Z_t peor apantallamiento.

Disponemos de una serie de materiales para apantallar, que tienen sus especificaciones de uso que debemos leer para saber cómo usar y qué grado de apantallamiento podremos conseguir en cada frecuencia de ruido.

COBRE ADHESIVO**TUBO DE MALLA****CINTA ADHESIVA****TELA EMI****SPRAY EMI****EJEMPLO 1. SPRAY DE APANTALLAR KONTAKT CHEMIE:****5. TYPICAL PRODUCT DATA (without propellant)****Coating as delivered:****Aerosol:**

Flash point : < 0 °C

Coverage for 50µ film thickness : 0.32 m² / 200 ml Spray**Bulk:**

Solid content : 60 - 66%

Density : 1.6 - 1.7 g/cm³

Flash point : 15 - 19 °C

Coverage for 50µ film thickness : 7.7 m² / l**Characteristics of the dry coating:**

Color : copper-brown

Drying time at 20°C : 30 min

Dry to touch : 24 h

Complete drying : 24 h

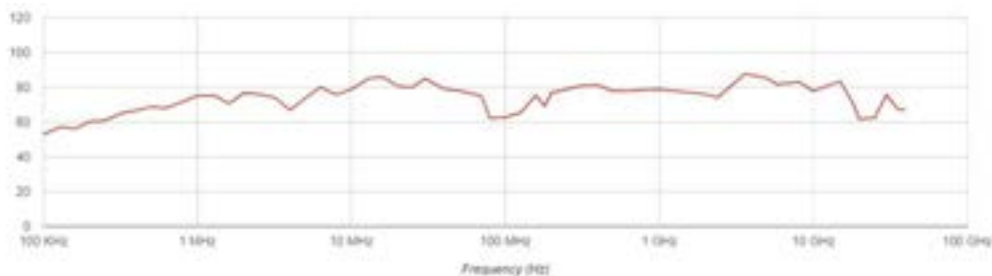
Temperature resistance : -40°C bis +95°C

Surface resistance at 25°C coat weight : 10¹¹ Ohm/cm²

Screening attenuation at 50µ coat weight : 50 - 70 dB (ASTM E5 7-83)

ASTM (Advancing Standards Transforming Markets) es una editorial técnica de ámbito americano relacionada con el mundo del petróleo, acero y construcción. Entre otras cosas desarrolla normas y procedimientos propios de estandarización y medida. Uno de ellos es para la medida de la atenuación proporcionada por una pantalla.

Es un producto caro, que hay que pintar formando una capa mínima de 25 micras (proporciona los datos para una capa del doble de espesor). Para confirmar la homogeneidad de la capa se puede medir con un polímetro en modo resistencia entre pares de puntos situados a la misma distancia.

EJEMPLO 2. CINTA DE APANTALLAR Z-3250 DE ZIPPERTUBBING:

En este caso se indica una curva de atenuación según un procedimiento del sector militar.

Se debe montar la siguiente capa sobre la mitad de la anterior. En las terminaciones conviene usar una brida metálica que contacte a 360° a tierra en lugar de hacer un "rabo de cerdo". Mucho cuidado en las bifurcaciones, que se dejan discontinuidades por donde se pierde su efecto (y todo el trabajo habrá sido en vano).

EJEMPLO 3. REJILLA PARA VENTILADOR KEMVENT60 DE TE CONNECTIVITY:**Measured shielding performance in accordance with Mil Std 285 (80mm size tested)**

Frequency	Field	Typical (dB)
200 KHz	H	53
100 MHz	E	102
500 MHz	P	85
2 GHz	P	74
10 GHz	P	58

Si desea contactar conmigo (Jose Carlos Álvarez Alonso) para hablar sobre su necesidad puede hacerlo en el 659 488 836 o enviándome un email a jcalvarez@rysel.es (insista o déjeme un mensaje si no le respondo porque a veces me pilla Ud. en obra y es difícil o imposible contestar al teléfono).

Estamos en Gijón, Principado De Asturias (no se preocupe por esto si le interesan nuestros servicios pues normalmente estamos trabajando siempre por fuera de Asturias, en la zona Noroeste por regla general).