

ÁREA DE METROLOGÍA ELÉCTRICA
DIVISIÓN DE MEDICIONES ELECTROMAGNÉTICAS

*ENTENDIENDO EL USO DE LOS
EQUIPOS Y COMPONENTES DE RF Y
MICROONDAS*

Susana Padilla Corral
Israel Garcia Ruiz



ENME

CENAM. Derechos Reservados 2007

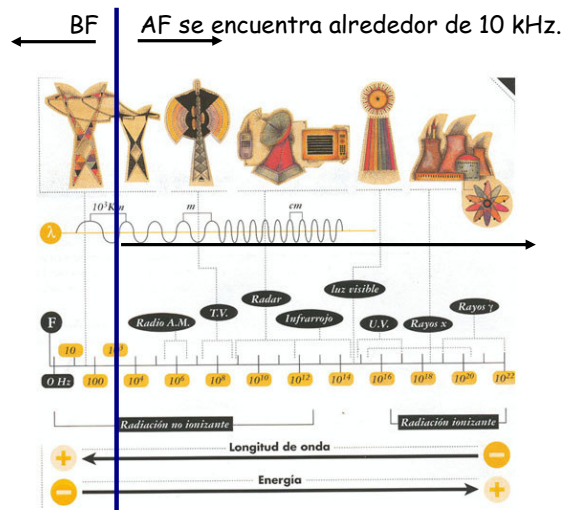
Contenido

- Introducción
- Uso inadecuado de los equipos y componentes de RF y microondas
- Uso, mantenimiento y cuidado que se debe observar
- Tipos de conectores
- Imperfecciones en los conectores
- Conclusiones



INTRODUCCIÓN

¿Cuál es el límite entre las bajas y las altas frecuencias?



Límite inferior de operación de una gran cantidad de equipos y sistemas de radiofrecuencia.



ENME

CENAM. Derechos Reservados 2007

Una de las primeras preguntas que nos planteamos cuando se habla de frecuencias altas es, ¿cuál es el límite entre las bajas y las altas frecuencias?. Esta pregunta no tiene una respuesta concreta y universalmente válida, sin embargo se puede decir que el umbral se encuentra alrededor de los 10 kHz (esto es, por arriba de las audiofrecuencias) ya que una gran cantidad de equipos y sistemas de radiofrecuencia tienen ahí su límite inferior de operación.

Las señales de radiofrecuencia y microondas se emplean para aplicaciones de detección, telecomunicaciones, industriales, científicas y médicas.

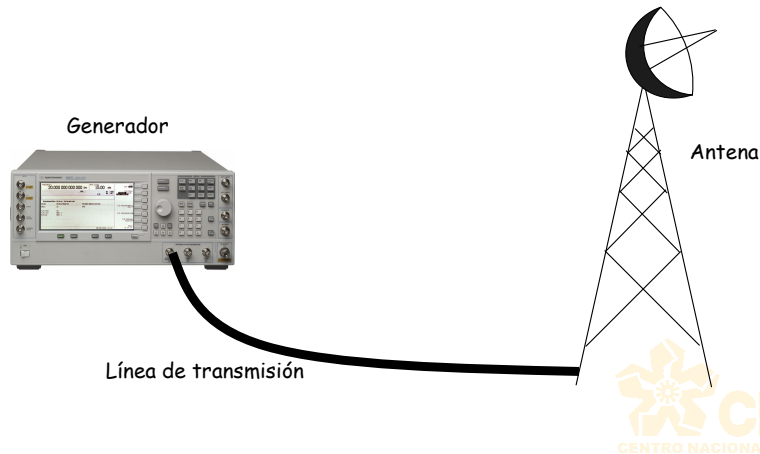
El espectro electromagnético es un conjunto de ondas electromagnéticas que se propagan de manera ondulatorias y con velocidad constante, que es la de la luz, aproximadamente de 300000 km/s. El espectro electromagnético se extiende desde el extremo de frecuencias tan bajas como a las de la línea de suministro eléctrico hasta el extremo de la radiación gamma.

INTRODUCCIÓN



Los equipos y componentes que operan a frecuencias altas funcionan en base a señales que se propagan:

- a) A través de líneas de transmisión



ENME

CENAM. Derechos Reservados 2007

Los equipos y componentes que operan a frecuencias altas generalmente funcionan en base a señales que se propagan en dos formas:

- a) A través de líneas de transmisión.
- b) Por el espacio

La figura ilustra un ejemplo para guiar las señales utilizando la línea de transmisión, en donde se requiere de los siguientes equipos:

Generador o transmisor: es el equipo que provee la energía de RF.

Antena: es un dispositivo diseñado para radiar o captar ondas electromagnéticas.

Línea de transmisión: es un dispositivo que se ha diseñado para guiar energía electromagnética de un punto a otro, por ejemplo, en la figura se ilustra que la línea de transmisión se utiliza para transferir la energía de RF de un transmisor hacia la antena.

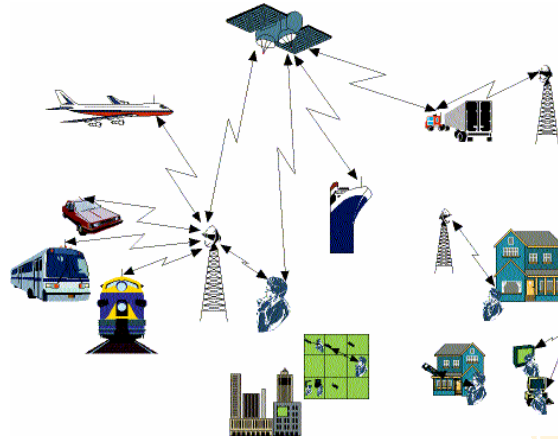
En este ejemplo la línea de transmisión tiene un propósito único tanto para el transmisor como para la antena y es transferir la potencia de salida del transmisor hacia la antena con la menor pérdida de potencia posible.

INTRODUCCIÓN



Los equipos y componentes que operan a frecuencias altas funcionan en base a señales que se propagan:

b) Por el espacio




CENAM
CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA



ENME

CENAM. Derechos Reservados 2007

Las señales que se propagan por el espacio, utilizan antenas transmisoras, estas señales pueden recibirse en un punto distante por medio de antenas receptoras, se usa para transmitir información a distancia sin necesidad de líneas de transmisión; estas propiedades han dado origen a múltiples aplicaciones como la radiodifusión, la televisión, los radioenlaces por microondas terrestres, la telefonía móvil celular, el radar, las comunicaciones vía satélite, etc.



Uso inadecuado de los equipos y componentes de RF y microondas



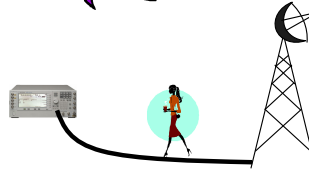
CENAM. Derechos Reservados 2007

Uso inadecuado de los equipos y componentes de RF y microondas

- Conexión inadecuada



- Pisar cables



- Elección errónea de componentes



CENAM
CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA

ENME

CENAM. Derechos Reservados 2007

Mal uso en los equipos y componente de RF y microondas son:

- Realizar una conexión incorrecta: utilizar cualquier herramienta en las interfaces de los conectores, ajustar las interfaces en forma inadecuada o trasroscar la nuez de acoplamiento. Al realizar una conexión correcta se asegura de acoplar las roscas apropiadamente. Trasroscar la nuez de acoplamiento daña y/o rompe los dedos de contacto. Estos son quizá la causa más comunes y más innecesarias de fallas en los conectores.
- Pisar cables, colocar o dejar caer equipo pesado sobre el cable. Cuando el cable está sujeto a fuerzas compresivas localizadas, la sección circular del cable es distorsionada, cambiando las propiedades eléctricas de este componente.
- Elegir erróneamente componentes y equipos de radiofrecuencia y microondas, puede afectar considerablemente un sistema de medición, por ejemplo: en un sistema de comunicación se tiene un conector mal acoplado, mal cuidado o que sus características eléctrica son malas significa pérdida de potencia, compensar estos bajos niveles por medio de amplificadores significa *costos elevados*.

Uso inadecuado de los equipos y componentes de RF y microondas

- No realizar una limpieza periodica a los conectores de los equipos y componentes



ENME

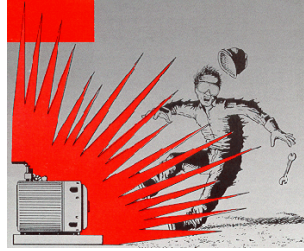
CENAM. Derechos Reservados 2007

- No realizar una limpieza periodica a los conectores de los equipos y componentes, es decir, no remover la existencia de partículas de metal o polvo.

Uso inadecuado de los equipos y componentes de RF y microondas

¿Qué consecuencias origina una mala práctica en los equipos y componentes de RF y microondas?

- Errores en la medición.
- Se reduce el tiempo de vida útil.
- Daño en los equipos o componentes

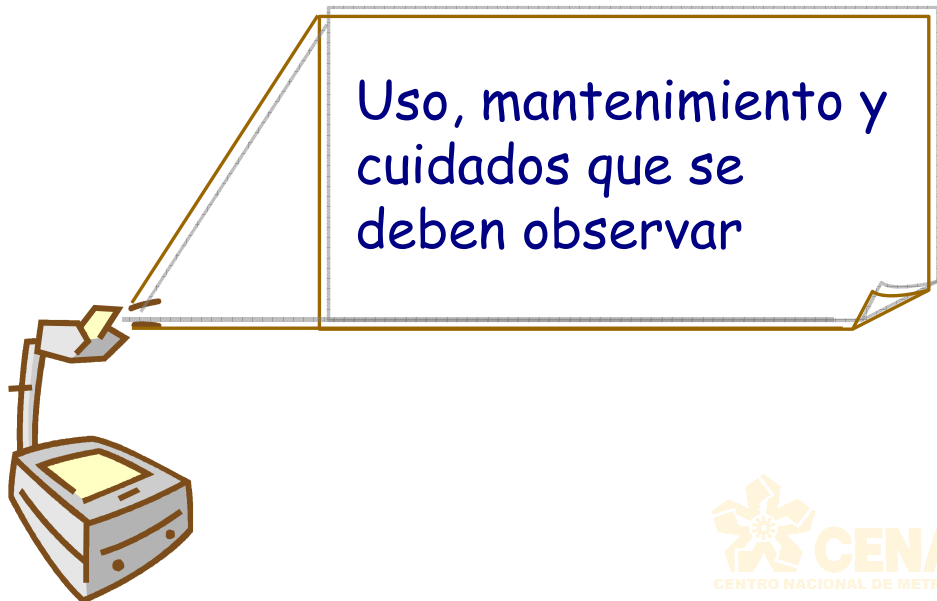


ENME

CENAM. Derechos Reservados 2007

Las consecuencias que origina una mala práctica en los equipos y componentes de RF y microondas son:

- Errores en la medición.
- Se reduce el tiempo de vida útil.
- Daño en los equipos o componentes



Uso, mantenimiento y cuidados que se deben observar

ENME



CENAM. Derechos Reservados 2007

Uso, mantenimiento y cuidados que se deben observar

a) Manejo

Adecuado

- Mantenga limpios los conectores



- Colocar la nuez de acoplamiento hacia arriba en una superficie plana, para componentes de un puerto



No Adecuado

- Tocar las superficies de apareamiento.



- Colocar la nuez de acoplamiento hacia abajo en una superficie plana, para componentes de un puerto



ENME

CENAM. Derechos Reservados 2007

Uso, mantenimiento y cuidados que se deben observar son:

a) Manejo

- Maneje los conectores cuidadosamente y revíselos antes de usarlos.
- Mantenga limpios los conectores.
- No toque las superficies planas de apareamiento. Los aceites naturales de la piel y partículas microscópicas de polvo son difíciles de remover.
- Colocar la nuez de acoplamiento hacia arriba en una superficie plana o el componente colocarlo paralelo a la superficie, para dispositivos de un puerto. Colocar la nuez de acoplamiento hacia abajo puede dañar las superficies planas de apareamiento si la interfaz se pone en contacto con una superficie plana.

Uso, mantenimiento y cuidados que se deben observar

a) Manejo

Adecuado

- Cuidar que las nueces de acoplamiento no hagan contacto con la superficie plana, para componentes de dos o mas puertos



No Adecuado

- Colocar las nueces de acoplamiento hacia abajo o hacia arriba en una superficie plana, para componentes de dos o mas puertos



ENME

CENAM. Derechos Reservados 2007

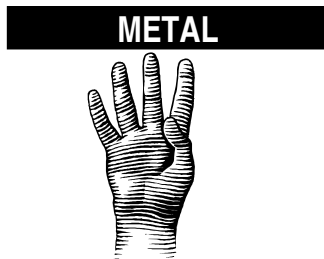
- Cuidar que las nueces de acoplamiento no hagan contacto con la superficie plana, para componentes de dos o mas puertos

Uso, mantenimiento y cuidados que se deben observar

a) Manejo

Descargas electrostáticas - antes de realizar una inspección visual, una limpieza de conectores o una conexión es necesario realizar lo siguiente:

• **SIEMPRE**, descargarse la estática del cuerpo tocando metal



• Si, utiliza equipos sensibles a la estática, como por ejemplo el sistema de pruebas de un analizador de redes requiere de una **pulsera antiestática**.



ENME

CENAM. Derechos Reservados 2007

La protección contra las descargas electrostáticas es esencial tomarla en cuenta antes de realizar una inspección visual, una limpieza o conexión de los conectores, debido a que existen algunos equipos de microondas que son sensibles a la estática. La electricidad estática puede acumularse en nuestro cuerpo y dañar conectores que son sensibles a la estática cuando se produce una descarga. Para prevenir estos incidentes es necesario:

- Siempre descargar la estática de nuestro cuerpo tocando metal, antes de realizar una inspección visual, limpieza o bien realizar una conexión de equipos de RF y microondas.
- Si, utiliza equipos sensibles a la estática, como por ejemplo el sistema de pruebas de un analizador de redes requiere utilizar una **pulsera antiestática**.

Uso, mantenimiento y cuidados que se deben observar

a) Manejo

Descargas electrostáticas - antes de realizar una inspección visual, una limpieza de conectores o una conexión es necesario realizar lo siguiente:

- Si, el área de trabajo tiene un piso conductivo, se requiere de una talonera de material antiestático,



ENME

CENAM. Derechos Reservados 2007

- Si, el área de trabajo tiene un piso conductivo, se requiere de una talonera de material antiestático, como se ilustra en la fotografía.

Uso, mantenimiento y cuidados que se deben observar

b) Inspección visual

Adecuado

- Verificar defectos obvios en los conectores de un componente o equipo, como: rasguños, abolladuras, polvo o partículas de metal.

No Adecuado

- Usar un componente o equipo con el conector dañado.



ENME

CENAM. Derechos Reservados 2007

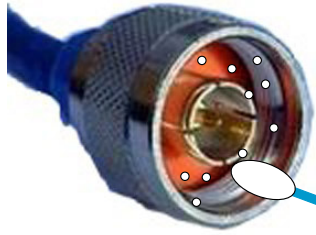
b) Inspección visual.

- Nunca use un conector dañado.
- Verificar defectos obvios.
- Verificar la existencia de:
 - Contacto plano entre los conectores en todos los puntos en las superficies de apareamiento
 - Rasguños profundos
 - Abolladuras
 - Polvo o partículas de metal
 - Bordes doblados o redondeados en el conductor central y exterior y en las superficies de apareamiento.
 - Cualquier signo de daño debido al uso excesivo o disparejo o desalineamiento.

Uso, mantenimiento y cuidados que se deben observar

c) Procedimiento general de limpieza

1) Limpie la rosca de los conectores, utilizar cottonete de hule espuma humedecido con alcohol isopropílico



Cottonete de hule espuma



Alcohol isopropílico



Dedales



c) Procedimiento general de limpieza.

Para que los conectores tengan una vida larga y confiable, se deben limpiar cuidadosamente. Si debe usar un solvente, use *solamente* alcohol isopropílico. Use la menor cantidad posible de alcohol, y evite humedecer cualquier parte plástica en los conectores.

- Use Aire o Nitrógeno Comprimido.
- Limpie la rosca de los conectores.

Uso, mantenimiento y cuidados que se deben observar

c) Procedimiento general de limpieza

2) Limpie las superficies planas de apareamiento



ENME

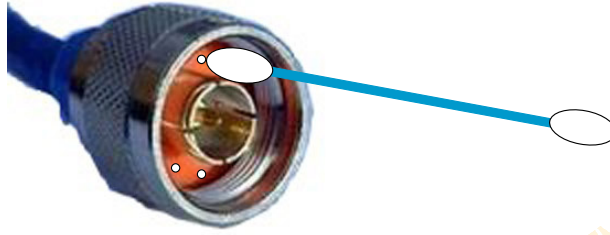
CENAM. Derechos Reservados 2007

•Limpie las Superficies Planas de Apareamiento.

Uso, mantenimiento y cuidados que se deben observar

c) Procedimiento general de limpieza

3) Limpie las superficies interiores



ENME

CENAM. Derechos Reservados 2007

•Limpie las superficies interiores.

Uso, mantenimiento y cuidados que se deben observar

c) Procedimiento general de limpieza

4) Seque el conector, usar aire o nitrógeno comprimido



ENME

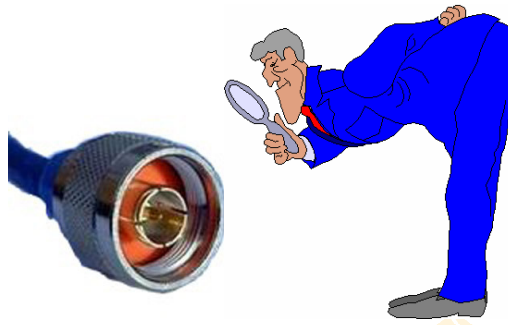
CENAM. Derechos Reservados 2007

•Seque el conector, use Aire o Nitrógeno Comprimido.

Uso, mantenimiento y cuidados que se deben observar

c) Procedimiento general de limpieza

5) Reinspecciónelo



ENME

CENAM. Derechos Reservados 2007

•Reinspecciónelo.

Recuerde siempre limpiar las interfaces de los conectores de los componentes y equipos antes de conectarlos.

Uso, mantenimiento y cuidados que se deben observar

d) Conexión correcta

1) Conexión pre-eliminar

- El usuario debe descargar la estática de su cuerpo.



- Realizar una inspección visual de los conectores.



- Si es necesario, limpiar los conectores.



CENAM
CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA

ENME

CENAM. Derechos Reservados 2007

Una buena conexión requiere de un operador con experiencia. La causa más común en los errores de medición es debido a una mala conexión. Es necesario que el usuario considere los siguientes dos puntos para realizar una buena conexión:

1) Conexión pre-eliminar

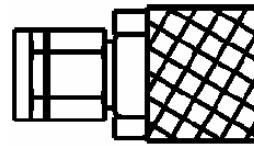
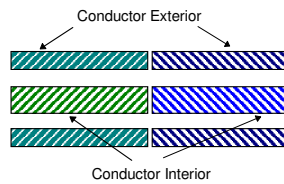
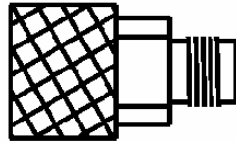
- El usuario debe descargar la estática de su cuerpo.
- Realizar una inspección visual de los conectores.
- Si es necesario, limpiar los conectores.

Uso, mantenimiento y cuidados que se deben observar

d) Conexión correcta

1) Conexión pre-eliminar

- Alinear cuidadosamente los conectores.



- Alinear cuidadosamente los conectores. El conductor interior del conector macho debe deslizarse con céntrica dentro del conductor interior de conector hembra.

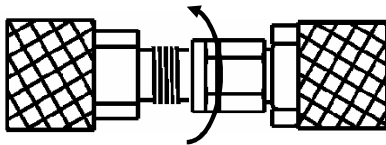
Uso, mantenimiento y cuidados que se deben observar

d) Conexión correcta

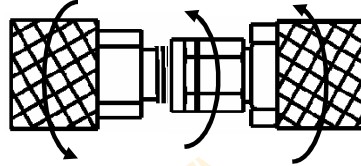
1) Conexión pre-eliminar

- Empuje el conector que tiene junto a su derecha y apriete firmemente la tuerca del conector macho.

CORRECTO



INCORRECTO



ENME

CENAM. Derechos Reservados 2007

- Empuje el conector que tiene junto a su derecha y apriete firmemente la tuerca del conector macho.

NOTA: No tuerza el cuerpo del dispositivo. Solamente de vuelta a la tuerca del conector macho. Puede dañar el conductor interior si el cuerpo del dispositivo es girado. No gire los dos conectores junto, puede raspar los conductores interiores de los conectores.

- Una conexión pre-eliminar exitosa es cuando la interfaz entre los conectores (interior y exterior) es plana.
- No apriete demasiado la conexión. Una conexión en donde los conectores hagan un contacto suave es suficiente, esto se logra con una presión ligera utilizando los dedos de las manos (sin herramientas).

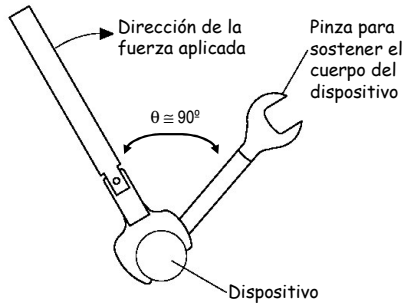
Uso, mantenimiento y cuidados que se deben observar

d) Conexión correcta

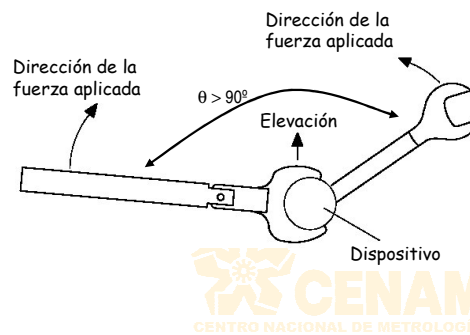
2) Conexión final

- Utilizar llave de torque y pinza

CORRECTO



INCORRECTO



ENME

CENAM. Derechos Reservados 2007

2) Conexión final

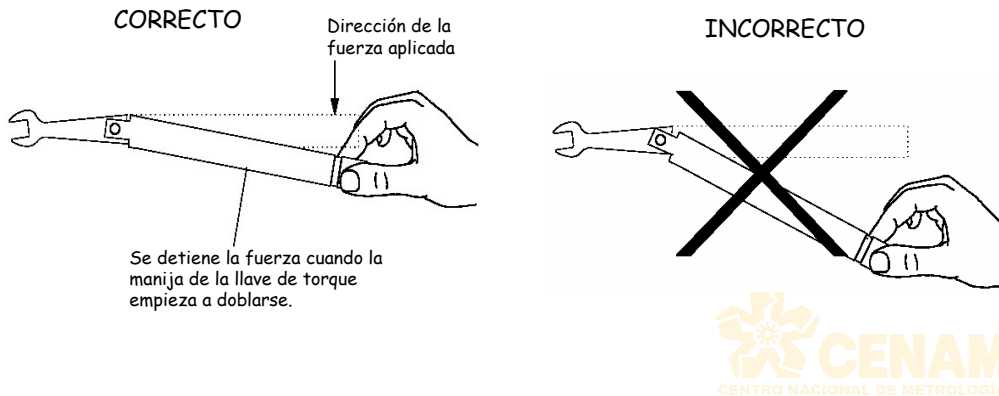
- Utilizar una llave de torque para la conexión final. Usar una llave de torque se garantiza que la conexión no queda demasiado apretada y posiblemente evitar daños en los conectores.
- Utilizar una pinza para sostener firmemente el cuerpo del dispositivo y así evitar que éste sea rotado.
- Posicionar ambas llaves en una separación aproximadamente de 90 grados antes de aplicar la fuerza. Una separación mayor de 90 grados entre las llaves causaría una elevación y una mal alineación en la conexión de los dispositivos implicados.

Uso, mantenimiento y cuidados que se deben observar

d) Conexión correcta

2) Conexión final

- Sostener la llave de torque ligeramente, en el extremo de la manija, después de surco



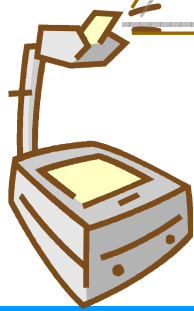
ENME

CENAM. Derechos Reservados 2007

- Sostener la llave de torque ligeramente, en el extremo de la manija, después de surco. Se le aplica una fuerza a la manija y se detiene cuando la manija de la llave de torque empieza a doblarse.

Un cuidado apropiado garantizará un buen desempeño de sus equipos y componentes de RF y microondas.

Tipos de conectores



Tipos de conectores

Existen dos tipos de conectores:

⇒ Asexuados, como los conectores 7 mm



⇒ Conectores de contacto macho/hembra, como SMA, 3.5mm y tipo N



ENME

CENAM. Derechos Reservados 2007

Cuando se especifica un conector, se indican sus propiedades mecánicas así como las eléctricas. Sin embargo, los detalles dependen del tipo de conector. Las dos clases generales de conectores son:

⇒ asexuados, tales como los conectores de 7 mm;

⇒ conectores de contacto macho/hembra, tales como los conectores SMA, 3.5 mm y tipo N.

En metrología se prefieren los conectores de precisión asexuados porque la interfaz está bien definida y un conector no afecta el desempeño del otro. Sin embargo, los componentes no se diseñan usualmente para conectores de 7 mm. Con los conectores con sexo, el diámetro del pin macho afecta la reflexión del contacto hembra. La gran mayoría de conectores usados son del tipo macho/hembra.

Tipos de conectores

Conector 7 mm.

- ✓ Operan hasta 18 GHz
- ✓ Dieléctrico de aire
- ✓ VSWR bajo
- ✓ Mediciones más repetibles que todos los conectores
- ✓ Conector preferido para aplicaciones exigentes



Conector 7 mm.

El desarrollo del conector empezó en Hewlett-Packard durante los años 60's y fue mejorado por Amphenol más tarde. El conector de 7 mm tiene dieléctrico de aire y ofrece el menor coeficiente de reflexión, el VSWR más bajo y las mediciones más repetibles de todos los conectores que operan hasta 18 GHz. Este es el conector preferido para la mayoría de las aplicaciones más exigentes, incluyendo metrología, y operan hasta 18 GHz. Estos conectores se encuentran en los puertos de algunos analizadores de redes y son disponibles también como adaptadores: 7mm a tipo N, 7mm a SMA, etc.

Tipos de conectores

Conector Tipo N de precisión

- ✓ Operan hasta 18 GHz
- ✓ Coeficiente de reflexión bajo
- ✓ Acero inoxidable
- ✓ No tiene ranuras
- ✓ Buen comportamiento eléctrico
- ✓ Repetibilidad de conexión
- ✓ Durabilidad



ENME

CENAM. Derechos Reservados 2007

Conector Tipo N.

El conector tipo N (Navy) de 50 Ω fue diseñado originalmente durante la Segunda Guerra Mundial para sistemas militares que operaban por abajo de 4 GHz. Durante los años 60's algunas mejoras permitieron la operación hasta 12 GHz. Algunas mejoras posteriores, incluyendo la eliminación de ranuras en el conductor exterior permitieron la operación hasta 18 GHz con bajas reflexiones. Esta eliminación de ranuras proporciona un comportamiento y repetibilidad comparable al conector de 7 mm. Existen tres variantes:

Tipo N estándar: Hechos de bronce, tienen conductores hembra ranurados

Tipo N de precisión. Hechos de acero inoxidable, no tiene ranuras, proporciona buen comportamiento eléctrico, repetibilidad de conexión, y durabilidad.

Tipo N de 75 Ω . Existe además esta versión de 75 Ω , con un diámetro menor en el conductor central, por lo que los conectores tipo N de 50 Ω y 75 Ω no son compatibles entre sí.

Tipos de conectores

Conector SMA

- ✓ Operan hasta 24 GHz
- ✓ Dieléctrico de plástico sólido
- ✓ son más baratos debido a su diseño simple
- ✓ Aplicación más común es para cables semirígidos y componentes que se conecten sólo pocas veces.



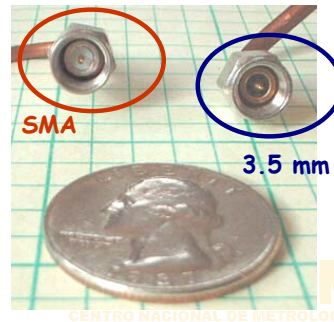
Conector SMA.

El conector SMA (*Sub-Miniature A*) se diseñó por Bendix Scintilla Corporation y es uno de los conectores más populares en microondas. Debido a la fragilidad de la pared del conductor exterior, la aplicación más común para los conectores SMA es para cables semirígidos y componentes que se conecten sólo unas pocas veces. La mayoría de este tipo de conectores está disponible para su uso hasta 24 GHz debido a la dificultad en fijar el soporte dieléctrico de plástico sólido. Su diseño simple y gran volumen de producción hace del conector SMA uno de los conectores de microondas más baratos.

Tipos de conectores

Conector 3.5 mm de precisión

- ✓ Operan hasta 34 GHz
- ✓ El conector de 3.5 mm puede pero NO debe ser apareado con un conector SMA
- ✓ Coeficiente de reflexión más pequeño que los conectores SMA
- ✓ Diferencia entre el conector SMA y el 3.5mm es el dieléctrico
- ✓ Buen comportamiento eléctrico
- ✓ No tiene ranuras
- ✓ Repetibilidad de conexión
- ✓ Durabilidad



ENME

CENAM. Derechos Reservados 2007

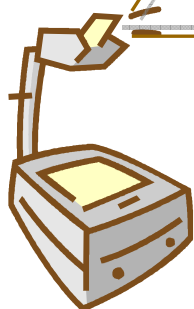
Conector 3.5 mm.

El conector de 3.5 se desarrolló primeramente en Hewlett-Packard y su manufactura comenzó en Amphenol. El conector de 3.5 mm puede pero no debe ser apareado con un conector SMA y es una elección más robusta con un conductor exterior más grueso, lo que permite cientos de conexiones repetibles. Los conectores de 3.5 mm tienen un coeficiente de reflexión muchos más pequeño que los conectores SMA y operan hasta 34 GHz, cuando se diseñan con un soporte dieléctrico apropiado. Existen dos variantes.

Conector de 3.5 mm de precisión. No tiene ranuras, proporciona un mejor comportamiento eléctrico, repetibilidad de conexión, y durabilidad que un conector estándar de 3.5 mm.

Conector de 3.5 mm NMD. Estos robustos conectores se usan en cables, conectores de puertos de prueba, y adaptadores especiales. Tienen roscas de acoplamiento más largas que los estándar, por lo que proporcionan un mecanismo excepcionalmente fuerte de acoplamiento para aplicaciones de medición. Los conectores hembra NMD *no pueden* ser conectados a conectores estándar de 3.5 mm, mientras que los conectores macho NMD tienen tanto roscas más grandes como roscas tamaño estándar.

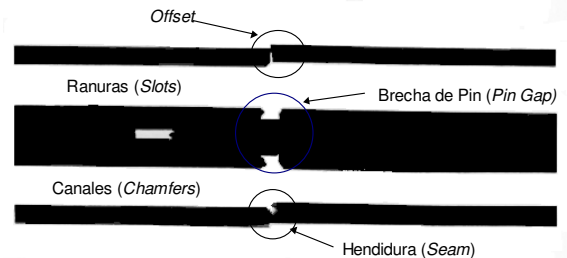
Imperfecciones en los conectores



ENME

CENAM. Derechos Reservados 2007

Imperfecciones en los conectores



Hendiduras

Cualquier hendidura crea un desacoplamiento debido a que una pequeña cantidad de energía de RF puede penetrar la hendidura causando desacoplamiento inductivo

El polvo y/o poco torque de conexión pueden incrementar el desacoplamiento por hendidura.

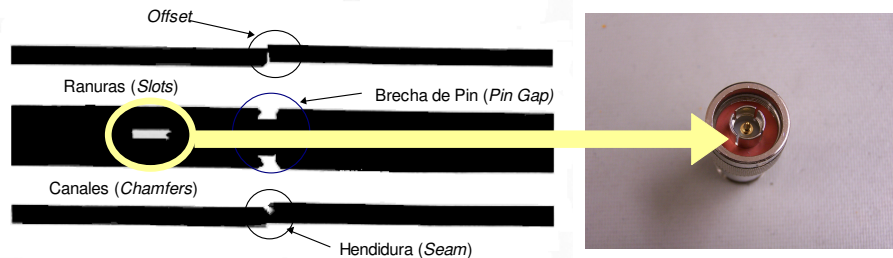


El desempeño de todos los conectores se ve afectado por la calidad de interfaz que existe para el par de conectores que se está uniendo. Esta interfaz debiera ser sin reflexiones y sin pérdidas. La figura muestra una interfaz con algunos de los defectos que es posible encontrar.

a) Hendiduras

Una hendidura es la conexión "por los extremos" de conductores interiores o exteriores. Cualquier hendidura crea un desacoplamiento debido a que una pequeña cantidad de energía de RF puede penetrar la hendidura causando desacoplamiento inductivo. El polvo, acabado pobre de la superficie, metales duros y/o poco torque de conexión pueden incrementar el desacoplamiento por hendidura.

Imperfecciones en los conectores



Brecha

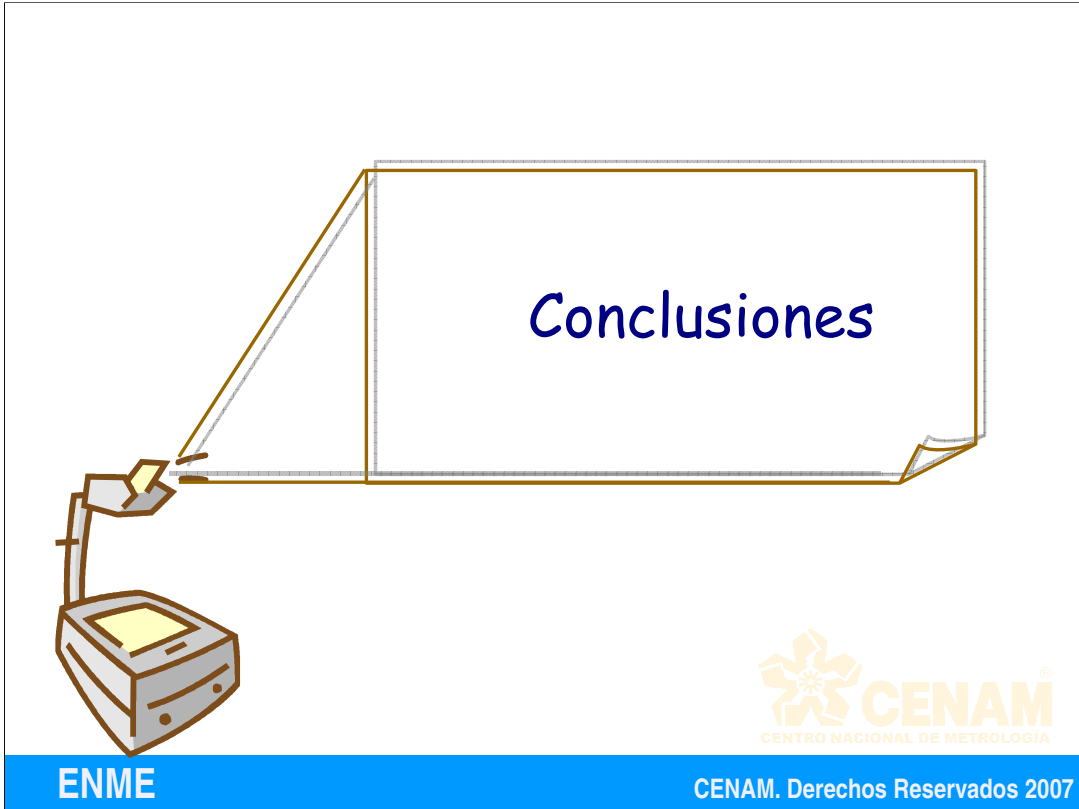
Las reflexiones en el área de brecha del pin macho/hembra son causadas por varios factores, incluyendo la profundidad del pin de los conectores macho y hembra, el tipo de conector, diseño del contacto hembra y diámetro del pin macho



b) Brechas

Las reflexiones en el área de brecha del pin macho/hembra son causadas por varios factores, incluyendo la profundidad del pin de los conectores macho y hembra, el tipo de conector, canales en los conectores, diseño del contacto hembra y diámetro del pin macho.

La reflexión ocasionada por la brecha del pin depende fuertemente del tipo de conector.



ENME



CENAM. Derechos Reservados 2007

CONCLUSIONES

Los equipos y componentes que operan a frecuencias altas generalmente funcionan en base a señales que se propagan a través de líneas de transmisión y por el espacio

Una mala práctica en los equipos y componentes de RF y microondas trae consecuencias como: errores en la medición, reducir el tiempo de vida útil o tan graves como daño permanente.

Existen muchos tipos de conectores que operan en el intervalo de RF y microondas, cada diseño es utilizado para una **aplicación específica**.

Realizar un uso, mantenimiento y cuidado apropiado proporcionará repetibilidad en las mediciones y un período **largo** de vida confiable en los dispositivos.

