

Equipamiento integral para centros emisores de Radio y Televisión

Por Germán Gómez Beltrán. Ing. Telecomunicación. Departamento Comercial de Sistemas Radiantes, F. Moyano S.A.

Moyano comenzó sus actividades en el año 1960 como empresa especialista en el diseño y desarrollo de antenas profesionales de gran potencia para centros emisores y reemisores. Ofrecemos el diseño, suministro e instalación de antenas, multiplexores, filtros y componentes de sistemas radiantes. Disponemos de soluciones estándar y a medida para sistemas de baja, media y alta potencia, obteniendo la ganancia, alcances y cobertura que se precisan. Nuestro gama de productos abarca: Onda Media y Bandas I, II, III, IV/V (44-806 MHz), Telefonía móvil multibanda, estructuras metálicas y soluciones de mimetización. Asimismo hemos desarrollado soluciones para DAB y DVB-T/H. ggomez.moyano@sice.com

Figura 2. Apilamiento de antenas MYTQ3 en polarización circular

Figura 1. Antena FM polarización circular en acero inox.

En el presente artículo se identifican y definen los conceptos básicos utilizados por los ingenieros de diseño y planificación de sistemas radiantes en radio y televisión. Se revisan sus elementos constitutivos principales: líneas de transmisión habituales, criterio para la selección de antenas, diplores y materiales empleados.

Consideraciones sobre antenas para FM

Las estaciones emisoras en BII con modulación en frecuencia producen sus programas en estudios de sonido generalmente en ciudades y envían la señal estéreo hacia el centro emisor, generalmente situado en un accidente geográfico privilegiado próximo, natural o no. Este emplazamiento suele dominar el área de cobertura de interés y puede ser o bien una torre construida al efecto (Collserola en Barcelona o Torre España en Madrid) o bien un monte elevado (Montañez-Badajoz).

Las antenas para broadcast FM emplean habitualmente polarización vertical o circular. La penetración en edificios es mejor con esta última, mientras que para cobertura rural es suficiente la primera, además de más sencilla de implementar. La selección y el cálculo del sistema radiante se lleva a cabo comprometiendo adecuadamente la selección del emplazamiento, la ganancia de la antena o sistema radiante y la potencia transmitida, con esta misma prelación en importancia.

La propagación es esencialmente la misma tanto de día como de

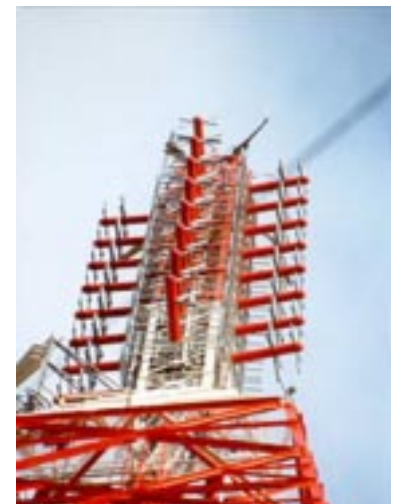
noche y las estaciones mantienen con relativa uniformidad sus áreas de servicio las 24 horas del día.

Los fabricantes de antenas no garantizan la cobertura *per se*, sino ciertas características del diagrama de radiación y ganancia de las mismas, además de ciertas especificaciones eléctricas que caracterizan a los elementos radiadores como cajas negras desde el plano de referencia del conector. Entre ellos figuran:

- Margen de frecuencia: rango dentro del cual la antena presenta la adaptación de impedancia que especifica el fabricante. El diagrama de radiación se mantiene aproximadamente invariable en este margen.
- Ganancia: representa cuanto más es capaz la antena de concentrar la energía radiada respecto a una antena ideal que lo hiciese isotrópicamente (expresado en dBi), o respecto a un dipolo de longitud $l/2$ (dBd). Antenas dipolo presentan ganancias típicas de 2.15 dBi (0 dBd), mientras que antenas panel para FM pueden alcanzar los 9.5 dBi.
- Polarización: es la figura imaginaria que describe el vector campo eléctrico viendo alejarse la onda. Los físicos la definen viéndola acercarse, es decir al contrario. Puede ser lineal, es decir horizontal o vertical, o circular. Otras son posibles pero no se usan.
- ROE (relación de onda estacionaria): VSWR en inglés, es un parámetro importante que nos indica el nivel de adaptación a una impedancia resistiva definida, convenida en 50W. Varía entre 1 (adaptación perfecta) e infinito (circuito abierto o cortocircuito ideales). En antenas profesionales para FM la ROE suele ser < 1.3 para dipolos y < 1.15 en modelos de más directivos. Se especifica siempre su valor más alto en el ancho de banda de trabajo.
- Potencia: es la máxima potencia continua (CW) que la antena admite sin destruirse. El conector suele ser el elemento constitutivo de la antena que limita su potencia de utilización, si bien en otros casos es el balun

interno donde se producen las mayores corrientes y actúa de elemento limitador. La eficiencia de una antena transmisora profesional suele ser próxima a 1, y por lo tanto no es preciso considerar pérdidas por efecto Joule. Directividad y ganancia coinciden entonces.

- Aperturas de haz: hacen referencia al ángulo que forman los diagramas de radiación eléctrico, plano E, y magnético, plano H, entre extremos a -3dB de su máximo. En un dipolo vertical donde el diagrama idealmente, sin influencia de su tubo/torre soporte tiene forma de donuts, el plano E es típicamente de 80° y de 360° , omnidireccional, en el H. Siempre ambos vectores son perpendiculares entre sí, y el giro horario de E sobre H determina el sentido de avance de la onda. Su relación la determina la impedancia del medio que para el vacío es 120π .
- Protección electrostática: una antena profesional debe presentar una superficie equipotencial con todas sus partes. Puestas a masa evitarán la acumulación de cargas estáticas en cualquiera de sus partes. Esto implica que en su conector encontraremos un cortocircuito en DC, normalmente provocado por la existencia de un balun equilibrador-adaptador de impedancia en su interior, pero que es normal.



- Conector: las antenas comerciales pueden llevar conector un normalizado tipo N, DIN o norma americana EIA dependiendo de la potencia para las que están diseñadas. La tendencia actual se dirige hacia la norma EIA por su fiabilidad y simplicidad para altas potencias.
- Mecánica: los fabricantes siempre especifican como factores físicos como peso, dimensiones y tubo de amarre recomendado para cada modelo de antena. Se pueden encontrar en acero inoxidable, acero galvanizado, latón con pintura de intemperie o aluminio anodinado.

Las antenas se diseñan inicialmente con un software de simulación electromagnética, como puede ser el CST, AO, Yagimax, HFSS u otros paquetes existentes en el mercado. Tras su validación por ordenador se construye un prototipo que verifica el diseño.

Propagación

Fenómenos físicos como la refracción, difracción, absorción, el propio follaje (follaje) y la reflexión en obstáculos como colinas y edificios pueden ocurrir en el camino entre la antena transmisora y receptora, modificando significativamente la predicción de nivel calculado por la ecuación de espacio libre de Friis.

Lo siguiente muestra la Recomendación 412 del CCIR para Banda II y emisiones estereofónicas:

a) En ausencia de parásitos causados por aparatos domésticos o industriales 48 dB μ /m.

b) En presencia de estos parásitos puede obtenerse una calidad de servicio de satisfactoria cuando el valor mediano de la intensidad de campo es mayor o igual a:

- 54 dB μ /m en las zonas rurales,
- 66 dB μ /m en zonas urbanas
- 74 dB μ /m en las grandes ciudades.

Las bandas de frecuencias atribuidas al servicio de TV según el ITU-T se designan:

- Banda I 41- 68 MHz
- Banda III 174- 223 MHz
- Banda IV 470- 582 MHz
- Banda V 582- 960 MHz

La siguiente tabla muestra la Recomendación 417 del CCIR para la planificación de un servicio de radiodifusión de TV analógica para obtener una calidad de imagen satisfactoria, se prevé un valor mediano de la intensidad de campo mayor o igual a:

TIPO DE ZONA	BANDA	CAMPO MEDIANO dB μ V/m
Urbana	III	41-43
Zona interurbana	I	47
	III	53
	IV	61
	V	70

TV Broadcasting

En España y para la radiación de programas de TV prácticamente se emplea actualmente mayoritariamente el panel de 4 u 8 dipolos de banda ancha. Es un apilamiento al efecto de 4 u 8 dipolos en banda ancha 470-860MHz en polarización horizontal o vertical. Los dipolos se mantienen a $\lambda/4$ de un plano de tierra de aluminio o acero y se recubren



por un radomo dieléctrico de fibra de vidrio o plástico ABS. Presentan una capacidad de potencia de 1kW con conector DIN 7/16 ó 2.5kW para DIN 13/30.

Los requerimientos de ganancia, capacidad de potencia y diagrama de radiación no pueden conseguirse con una antena individual en gran número de casos. Entonces se recurre al apilamiento de radiadores constituyendo un array, del siguiente modo:

- Varias antenas sectoriales en el mismo plano horizontal para conseguir diagramas prácticamente omnidireccionales o con bajo rizado en ese plano.
- Varias antenas sobre el mismo plano vertical para cerrar el haz en el plano vertical y aumentar consecuentemente la ganancia total del sistema radiante.
- Varias antenas directivas hacia un sector y diferente número hacia otro, lo que repartirá más campo sobre un sector a costa de quitárselo a otro. Privilegia una zona por ejemplo más habitada de otra.

Los apilamientos siempre cierran el haz en el plano sobre el que crecen. Si se apilan 4 dipolos en agrupación colineal se cerrará el haz en un factor 4, que reportará un incremento de ganancia de 6 dB.

La fórmula que proporciona la ganancia en función del número de antenas es:

$$G(\text{dB})_{\text{SISTEMA}} = G(\text{dB})_{\text{ANTENA}} + 10 \cdot \log\left(\frac{n_c}{n_l}\right)$$

Donde n_c es el número de antenas en una cara, y n_l el número de total de antenas del sistema radiante. Se presupone que la potencia está equitativamente repartida. Para 16 antenas, con 4 antenas por cara, la ganancia del sistema total coincide con el de una antena individual ($\log 1 = 0$). Y el ancho de haz a 3 dB se puede aproximar por:

$$\text{HPBW} = 50.76 \cdot \frac{\lambda}{n \cdot d}$$

con n , d y l como el número de antenas, distancia entre ellas y longitud de onda, en unidades coherentes.

PAR y PIRE

Algunas definiciones útiles en la definición de la potencia son:

Potencia aparente radiada (PAR).- Producto de la potencia suministrada a la antena por su ganancia con relación a un dipolo de media longitud de onda en una dirección dada. (Glosario de términos y definiciones, Reglamento y Norma Técnica para los Sistemas Comunales de Explotación, RO 139: 11-ago-2000/Glosario de términos y definiciones, Reglamento y Norma Técnica para los Sistemas Troncalizados, RO 139: 11-ago-2000).

Potencia isotrópica radiada equivalente (P.I.R.E.).- Producto de la potencia suministrada a la antena por su ganancia con relación a una antena isotrópica en una dirección dada (ganancia isotrópica o absoluta). (Términos y Definiciones, Plan Nacional de Frecuencias, Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, Junio 2001).

Potencia efectiva radiada (PER).- Potencia resultante neta, que considera la potencia del equipo transmisor, las pérdidas propias de los componentes del sistema radiante y la ganancia máxima de antena. (Glosario de términos y definiciones, Reglamento y Norma Técnica para los Sistemas Comunales de Explotación, RO 139: 11-ago-2000/Glosario de términos y definiciones, Reglamento y Norma Técnica para los Sistemas Troncalizados, RO 139: 11-ago-2000).

Potencia radiada aparente referida a una antena vertical corta (P.R.A.V.) (en una dirección dada).- Producto de la potencia suministrada a la antena por su ganancia con relación a una antena vertical corta en una dirección dada. (Términos y Definiciones, Plan Nacional de Frecuencias, Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, Junio 2001).

Equivalencias:

Ganancia de un dipolo: 2.15 dBi
 Ganancia de una antena vertical corta (sobre plano tierra): 4.77 dBi
 $PRA (dBW) = P(dBW) + G(dBd)$
 $PIRE(dBW) = P(dBW) + G(dBi) = PRA + 2.15 dBi = PRAV + 4.77 dBi$

Perturbación de diagramas

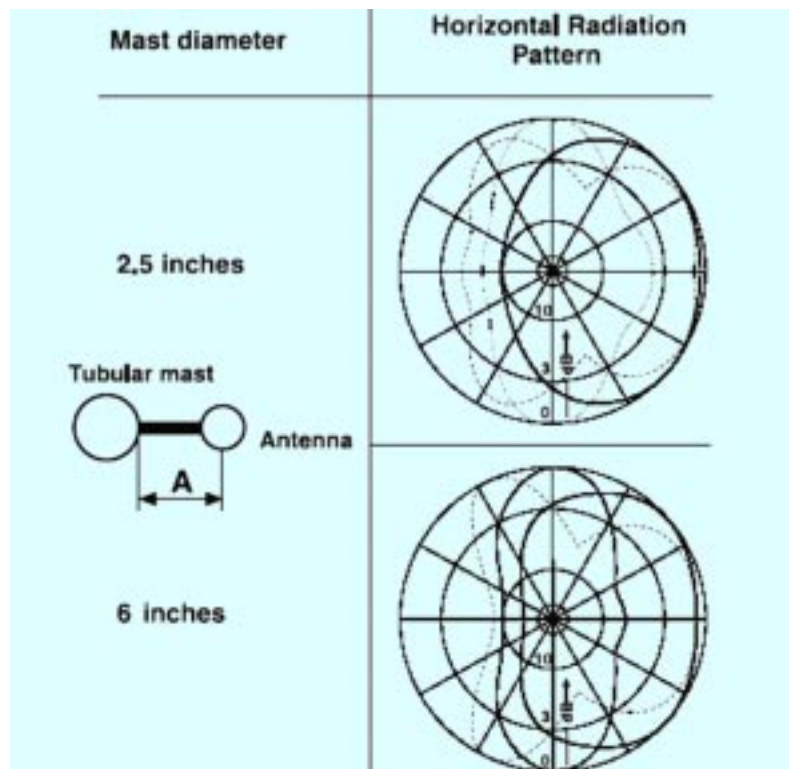
Es un hecho conocido que una antena dipolo presenta un diagrama omnidireccional en el plano horizontal sin la presencia de ningún obstáculo alrededor. Sin embargo su estructura soporte perturba los diagramas (horizontal y vertical), y en consecuencia su impedancia de entrada.

El conocimiento de los diagramas exactos individuales en presencia de la estructura soporte, ya sea tubular, triangular o cuadrada, es fundamental en la introducción de información a los programas de predicción de cobertura para obtener resultados válidos.

La figura 4 muestra estas variaciones en función de su proximidad y tipo de soporte. La influencia es menor cuando el soporte es tubular y empleamos antenas de polarización circular, con una front/back típica de 3 dB.

Inclinación eléctrica del haz o tilt eléctrico

Sólo la mitad inferior del lóbulo de radiación alcanza efectivamente el suelo convirtiéndose en campo aprovechable por la antena receptora. De esta forma más de la mitad de la energía radiada se pierde si el haz no es de alguna forma inclinado. La inclinación mecánica sólo realiza una inclinación real hacia el apuntamiento máximo de la antena, obteniéndose un giro únicamente de los lóbulos radiados a $\pm 90^\circ$ del apuntamiento. En la práctica lo más deseable es inclinarlas eléctricamente variando la fase relativa con la que se alimenta cada antena individual, lo que crea



una especie de falda uniforme alrededor de nuestro sistema radiante. También los lóbulos traseros se inclinarán consecuentemente. Esto se consigue modificando convenientemente los latiguillos o jumpers que alimentan cada radiador.

El máximo de radiación en un array transversal (broadside) de elementos es:

$$\theta = \arcsen\left(\frac{\lambda \cdot \alpha}{d \cdot 360}\right)$$

Donde:

d: distancia entre elementos, mts

l: longitud de onda, mts

a: desfase entre dos elementos consecutivos, °

Ejemplo: calcular el desfase entre antenas para un array de 6 elementos separados 0.75l en BII para que el máximo del diagrama se sitúe 3° por debajo del horizonte:

$$\alpha = \frac{d}{\lambda} \cdot 360 \cdot \text{sen}(\theta) = 0.75 \times 360 \times \text{sen}(3) = 14^\circ$$

Tomando como referencia la primera antena (la más alta), las fases serían: 0°, -14°, -28°, -42°, -56° y -70°. El signo negativo indica retardo en la fase, es decir, latiguillos más largos. El latiguillo más corto se conecta a la antena más alta.

Relleno de nulos

Las proximidades de la estación estarán iluminadas por lóbulos secundarios del diagrama de radiación y por sus nulos. Para evitar desvanecimientos profundos es muy conveniente rellenarlos con algo de nivel de campo mediante alguno de estos procedimientos:

- a) La variación de fase de una o varias antenas simétricamente
- b) Alimentación de las antenas con distinta potencia
- c) Separación no uniforme de las antenas
- d) Desplazamiento horizontal de una o varias antenas

La variación de fase de los latiguillos es el sistema más económico y barato: se realiza desfasando los elementos simétricamente respecto

al elemento central, de manera que no afectan a la inclinación del lóbulo principal y se mantenga el máximo de la agrupación invariable. El efecto es apreciable en el relleno del nulo del primer lóbulo y se especifica en porcentaje E_{\min}/E_{\max} .

En cualquier caso siempre que nos alejemos de la alimentación de máxima ganancia (uniforme en fase y amplitud) será a cambio de pagar un peaje en forma de disminución de ganancia total.

Para el caso b) el procedimiento de cálculo es el siguiente:

Se alimenta el elemento central directamente del punto de alimentación central de un primer distribuidor, y se le asigna la potencia PM. La potencia del resto de elementos se la denomina PA. Al elemento central se le dará una fase dada por:

$$\cos \Delta\psi = \pm \frac{1}{\sqrt{\frac{PM}{PA}}}$$

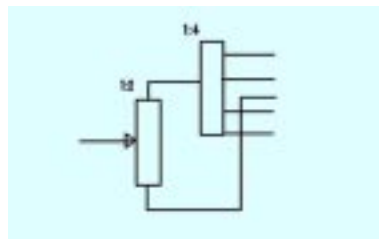
El rizado medio que se obtiene es:

$$\frac{E_{\min}}{E_{\max}} = \sqrt{\frac{(PM/PA)-1}{n^2+(PM/PA)-1}}$$

donde n es el número de salidas.

Ejemplo 1:

Sea un sistema con 5 elementos alimentados con los dos distribuidores de la figura adjunta.

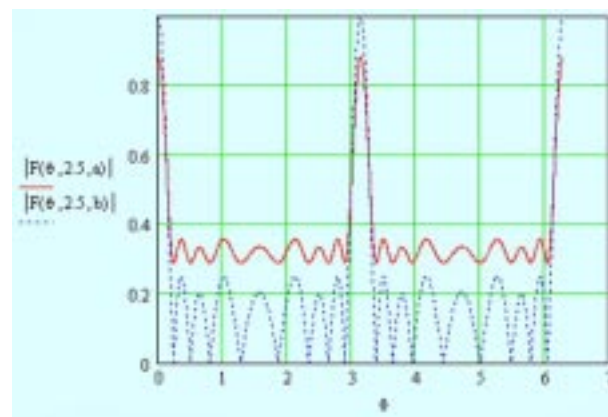


Según las definiciones anteriores podemos decir:

$$PM = \frac{1}{4} \quad PA = \frac{1}{8} \quad \cos \Delta\psi = \frac{1}{\sqrt{4}}$$

$$\Delta\psi = \pm 60^\circ \quad \frac{E_{\min}}{E_{\max}} = 0.3273$$

El resultado es el de la figura 5.



La pérdida de ganancia ha sido:

$$20 \cdot \log\left(\frac{F(\theta, 2.5, a)}{F(\theta, 2.5, b)}\right) = 1.091$$

y la relación a lóbulo secundario es ahora 8.61 dB.

Figura 5. Diagrama cartesiano antes-después del array de 5 elementos con taper de amplitud

Mejora de la adaptación de impedancias mediante compensación eléctrica y decalaje mecánico

La pérdida de potencia derivada de la desadaptación de impedancias se define:

$$S = \frac{1+|\rho|^2}{1-|\rho|^2} = \frac{1+\sqrt{\frac{Pr_{ef}}{P_{inc}}}}{1-\sqrt{\frac{Pr_{ef}}{P_{inc}}}} \rightarrow Pr_{ef} = P_{inc} \left(\frac{S-1}{S+1}\right)^2$$

donde r es el coeficiente de reflexión (-1 a 1) y S la roe (1 a ∞).

La desadaptación da lugar a una onda reflejada potencialmente dañina cuando alcanza el emisor que las refleja de nuevo hacia la antena. Llegan con un retraso igual al doble debido a los 2 caminos recorridos, pudiendo dar lugar a la aparición de un halo o imagen fantasma en el receptor. Pueden dañar la línea de transmisión debido a la diferencia entre los máximos y los mínimos de tensión que se producen en las onda estacionarias. La línea de transmisión

minora su capacidad de potencia media según el inverso de la ROE presente. P (admisible) = P (ROE=1, según tablas fabricante)/ROE (línea)

Si se alimentan dos antenas con ROE's $S1$ y $S2$, de características similares, a través de un distribuidor de dos vías con cables de la misma longitud obtendremos una $ROE = S1 \times S2$. Si en su lugar las longitudes de las líneas de alimentación difieren $\lambda/4$, las ondas reflejadas llegarán con oposición de fase 180° , que provocara una fuerte disminución de ROE. Esta se reflejará en la cabeza del distribuidor y volverá a irradiarse hacia la antena. La ROE será entonces:

$$S_2 = \frac{S_1^2 + 1}{2S_1}$$

Esta ecuación es válida también para el caso de 4 antenas con fases $0^\circ, 90^\circ, 180^\circ$ y 270° .

Figura 8. Acoplador directo

Figura 6. Mejora de la adaptación con desfase de 90° en latiguillo de alimentación

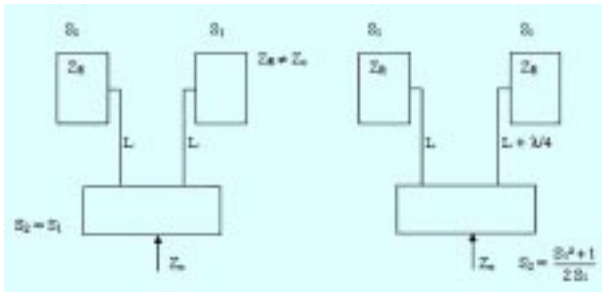
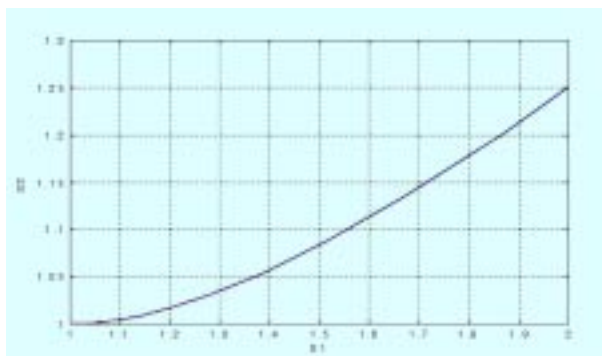


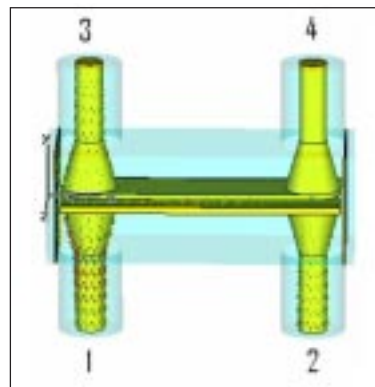
Figura 7. Mejora de la ROE para 2 o 4 antenas con rotación de fase



Diplexores

Un diplexor se compone siempre de uno o varios de los siguientes elementos:

- Línea de transmisión
- Acopladores direccionales ó híbridos a 3 dB
- Cavidades resonantes o filtros paso banda
- Carga de equilibrio



El acoplador direccional es un dispositivo de 4 puertos, capaz de repartir amplitud y fase entre ellas. El que más nos interesa es el acoplador de almas acopladas a 3 dB.

Los acopladores a 3 dB trabajan de acuerdo al principio de acoplamiento magnético. También están ideados para trabajar como híbridos y proporcionan una considerable mejora de características de ancho de banda en comparación de híbridos circulares o rasurados usados en el pasado. La impedancia de entrada y el aislamiento son virtualmente independientes de la frecuencia y por lo tanto la distribución de potencia es menos dependiente de la frecuencia que cualquier otro circuito comparable.

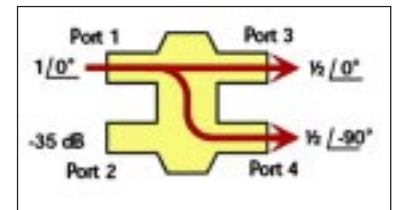
Su campo de aplicación son la distribución y combinación de potencia RF. La división de potencia RF se precisa si deseamos alimentar cada brazo de una antena de polarización circular con la misma potencia y 90° de desfase entre ellas. El proceso inverso, la suma, se realiza cuando

dos transmisores se conectan en paralelo para sumar sus potencias de salida. Se obtiene un 100% de suma si las tensiones de igual frecuencia tienen entre sí un desfase de 90° , y alimentan las entradas diagonales del acoplador.

La matriz de dispersión [S] del acoplador supuesto ideal de la figura 8 es:

$$[S] = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 0 & -j & 1 & 0 \\ -j & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & -j \\ 0 & 1 & -j & 0 \end{bmatrix}$$

El acoplador mostrado bajo estas líneas es cruzado (alternados los puertos 2 y 4) respecto al de la figura 8.



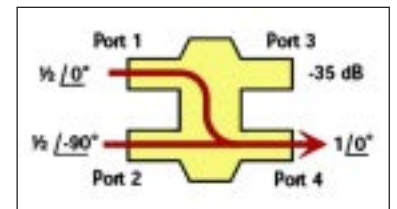
Se definen las siguientes figuras de mérito:

Acoplamiento: $C(dB) = 10 \log \frac{P1}{P4}$

Directividad: $D(dB) = 10 \log \frac{P4}{P2}$

Aislamiento: $A(dB) = 10 \log \frac{P1}{P2}$

La relación directa entre ellas es: Aislamiento = Acoplamiento + Directividad



El ejemplo de arriba es el uso de un acoplador híbrido como sumador.

Lo que entra desfasado 90° por los puertos 1 y 2 se suma en fase en la puerta 4 y sólo aparece una muy pequeña parte en 3.

Acoplador direccional como combinador

Se usa solo en sistemas de polarización circular compuestos por antenas con dos planos ortogonales de polarización. Responde a la figura 9.

Como ventajas cabe destacar su sencillez y que las frecuencias a diplexar pueden estar muy próximas. Es una solución económica y su banda de paso es prácticamente toda la FM. Como inconvenientes presenta un aislamiento que es función de la adaptación que presenta la antena, siendo muy difícil conseguir un aislamiento superior a 26 dB, con lo que es fácil que se generen productos de intermodulación. Sólo se emplea en instalaciones económicas y que no presenten excesivas exigencias de calidad.

Diplexor de línea de retardo

Está compuesto de dos líneas cuya diferencia de longitudes es a la vez múltiplo impar de media longitud de onda de una frecuencia (F1) y múltiplo par de la media longitud de onda de la otra frecuencia (F2). Es decir:

$$l_2 - l_1 = (2n-1) \frac{\lambda_1}{2}$$

y

$$l_2 - l_1 = (2k) \frac{\lambda_2}{2}$$

Por ejemplo, para F1 = 100MHz y F2 = 88MHz, la diferencia de longitudes deben ser 33 mts. La ecuación a resolver es:

$$k = \frac{1}{2} \cdot \frac{F2}{F1} \cdot (2n-1)$$

que en nuestro ejemplo se corresponde con n = 13 y k = 11. Responde al esquema de la figura 10.

Como ventajas enumerar las siguientes:

- Bajo costo
- Buen desacoplo, ya que las reflexiones indeseadas se absorben en la carga

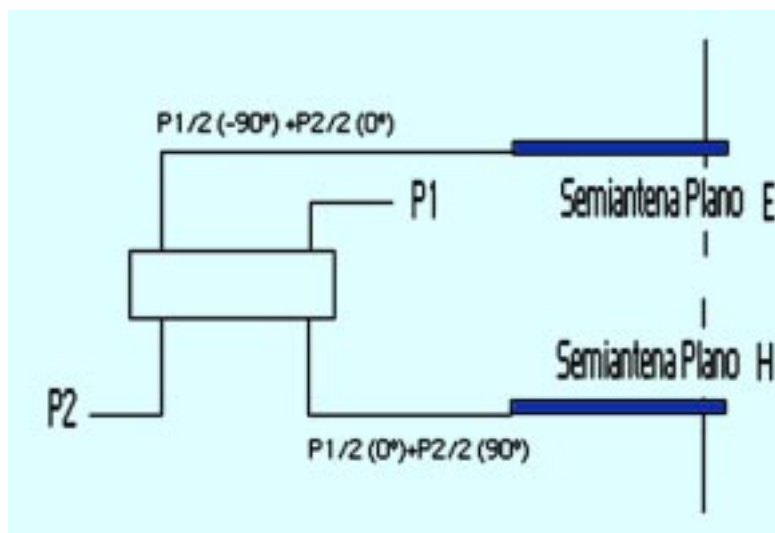


Figura 9. Acoplador direccional como combinador

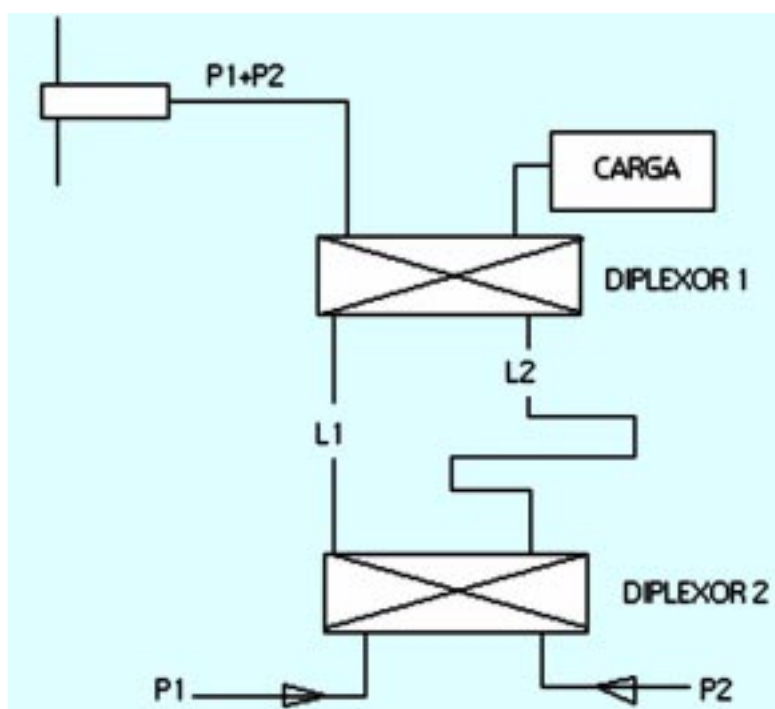


Figura 10. Diplexor de línea de retardo

- Es indicado para altas potencias con bajas pérdidas de inserción (en UHF)

Sus inconvenientes son la necesidad de una separación entre frecuencias para obtener una longitud de cable razonable y el que la sintonía es muy crítica, siendo necesario el cambio de línea de retardo cada vez que se resintoniza el diplexor. Es difícil de iterar porque se debe considerar una frecuencia media para la siguiente etapa, lo que la dificulta su optimización. Sólo se utiliza en diplexores pequeños de UHF.

En sistemas antiguos las líneas han sido sustituidas por filtros para mejorar sistemas ya existentes.

Figura 13. Combinador de carga constante

Diplexor Star-Point

Es sin duda uno de los diplexores más usados en FM y UHF, dada la bondad de sus características y el coste moderado que posee. Se compone de dos filtros paso-banda dispuestos de la manera siguiente.

El aislamiento ente entradas lo proporciona el rechazo que presenta el filtro a la frecuencia opuesta, lo que además nos limita la separación mínima entre frecuencias. Para filtros de dos cavidades esta separación debe ser mayor de 5 MHz. Con filtros de 3 cavidades son aceptables separaciones de hasta 1,5 MHz, todo en banda II.

Figura 11. Combinador tipo estrella



Figura 12. Esquema de un diplexor de carga constante

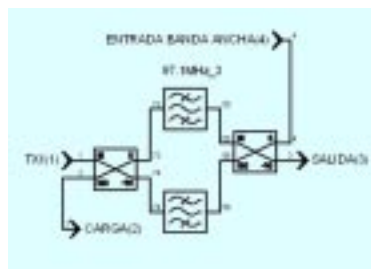
La buena adaptación se consigue haciendo la longitud de la línea que une cada filtro con el punto de encuentro un múltiplo de $\lambda/4$ de la otra frecuencia, con lo que se obtiene un circuito abierto, idealmente. Las pérdidas de inserción pueden variar entre 0,1 y 0,5 dB, alcanzando

adaptaciones mejores de 26 dB. Este diplexor presenta una importante ventaja frente a los anteriores, y es que es capaz de adaptar impedancias. Con ello podemos obtener que el transmisor vea una estupenda carga a su salida aunque la adaptación de la antena no se muy buena. Evidentemente la potencia que devuelve el sistema radiante lo disiparán las cavidades en forma de calor. La resintonía es posible en un margen limitado de frecuencias (± 1.5 MHz) debiendo sustituirse las líneas de los brazos L1 y L2 si el margen es mayor.

Diplexor carga constante

Es sin duda el diplexor que mejores características presenta. Está especialmente indicado para la diplexión de frecuencias muy próximas y en instalaciones de alta calidad y prestaciones, donde sea necesario un alto aislamiento entre transmisores y una gran supresión de intermodulación. Se componen de dos filtros paso banda, dos acopladores de 3 dB y una carga de equilibrio, interconectadas con líneas rígidas o líneas coaxiales. Su esquema es el de la figura 12.

Los filtros son paso banda y están sintonizados a la frecuencia de entrada de banda estrecha. Como



podemos comprobar, la línea de entrada de banda ancha no está sintonizada, es decir, admite cualquier frecuencia dentro de la banda de funcionamiento del acoplador. Esta característica permite el encadenado de unidades diplexoras prácticamente sin límite. El aislamiento de la entrada de banda ancha y banda estrecha (TX1) en la figura 13 es la suma de los aislamientos entre bocas del acopladores directivo y del rechazo de las cavidades a la frecuencia de banda ancha.

El aislamiento entre la entrada de banda estrecha y la de banda ancha es la proporcionada por el acoplador de salida. Para el caso de una alta exigencia de aislamiento en la entrada de banda ancha se precisará de un filtro "a la entrada de banda ancha" que proporciona un extra de aislamiento para dicha entrada.

Este filtro sólo es necesario para el primer módulo diplexor de la cadena.