



This electronic version (PDF) was scanned by the International Telecommunication Union (ITU) Library & Archives Service from an original paper document in the ITU Library & Archives collections.

La présente version électronique (PDF) a été numérisée par le Service de la bibliothèque et des archives de l'Union internationale des télécommunications (UIT) à partir d'un document papier original des collections de ce service.

Esta versión electrónica (PDF) ha sido escaneada por el Servicio de Biblioteca y Archivos de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) a partir de un documento impreso original de las colecciones del Servicio de Biblioteca y Archivos de la UIT.

(ITU) للاتصالات الدولي الاتحاد في والمحفوظات المكتبة قسم أجراه الضوئي بالمسح تصوير نتاج (PDF) الإلكترونية النسخة هذه والمحفوظات المكتبة قسم في المتوفرة الوثائق ضمن أصلية ورقية وثيقة من نقلًا.

此电子版（PDF版本）由国际电信联盟（ITU）图书馆和档案室利用存于该处的纸质文件扫描提供。

Настоящий электронный вариант (PDF) был подготовлен в библиотечно-архивной службе Международного союза электросвязи путем сканирования исходного документа в бумажной форме из библиотечно-архивной службы МСЭ.



XVII ASAMBLEA PLENARIA
DÜSSELDORF, 1990



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

**COMPATIBILIDAD ENTRE EL SERVICIO DE
RADIODIFUSIÓN EN LA BANDA DE
APROXIMADAMENTE 87-108 MHz Y LOS SERVICIOS
AERONÁUTICOS EN LA BANDA 108-137 MHz**

**RECOMENDACIÓN 591 (CE 8)
INFORME 929 (CE 8)
INFORME 1198 (CE 10)
DECISIÓN 71 (CE 8 Y 10)**



CCIR COMITÉ CONSULTIVO INTERNACIONAL DE RADIOCOMUNICACIONES

Ginebra, 1990

CCIR

1. El Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones (CCIR) es el órgano permanente de la Unión Internacional de Telecomunicaciones responsable, según el Convenio Internacional de Telecomunicaciones, que «...realizará estudios y formulará Recomendaciones sobre las cuestiones técnicas y de explotación relativas específicamente a las radiocomunicaciones sin limitación de la gama de frecuencias...» (Convenio Internacional de Telecomunicaciones, Nairobi, 1982, primera parte, capítulo I, art. 11, número 83)*

2. Los objetivos del CCIR son, en particular:

- a) proporcionar las bases técnicas para uso de las diversas conferencias administrativas de radiocomunicaciones y servicios de radiocomunicaciones, para la eficaz utilización del espectro de frecuencias radioeléctricas y la órbita de los satélites geoestacionarios, teniendo en cuenta las necesidades de los diversos servicios radioeléctricos;
- b) recomendar normas de funcionamiento para los sistemas de radiocomunicaciones y disposiciones técnicas que garanticen su interfuncionamiento eficaz y compatible en las telecomunicaciones internacionales;
- c) recopilar, intercambiar, analizar, publicar y difundir la información técnica resultante de los estudios del CCIR, así como cualquier otra información disponible, para el desarrollo, planificación y explotación de los servicios radioeléctricos, incluidas todas las medidas especiales necesarias para facilitar la utilización de esta información en los países en desarrollo.

* Véase también la Constitución de la UIT, Niza, 1989, Capítulo 1, art. 11, número 84.



XVII ASAMBLEA PLENARIA
DÜSSELDORF, 1990



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

**COMPATIBILIDAD ENTRE EL SERVICIO DE
RADIODIFUSIÓN EN LA BANDA DE
APROXIMADAMENTE 87-108 MHz Y LOS SERVICIOS
AERONÁUTICOS EN LA BANDA 108-137 MHz**

**RECOMENDACIÓN 591 (CE 8)
INFORME 929 (CE 8)
INFORME 1198 (CE 10)
DECISIÓN 71 (CE 8 Y 10)**



CCIR COMITÉ CONSULTIVO INTERNACIONAL DE RADIOCOMUNICACIONES

Ginebra, 1991

COMPATIBILIDAD ENTRE EL SERVICIO DE RADIODIFUSIÓN EN LA BANDA DE
APROXIMADAMENTE 87-108 MHz Y LOS SERVICIOS AERONÁUTICOS
EN LA BANDA 108-137 MHz

CUADRO DE MATERIAS

	Página
Recomendación 591-1	
Compatibilidad entre el servicio de radiodifusión en la banda de aproximadamente 87-108 MHz y los servicios aeronáuticos en la banda de 108-136 MHz	1
Informe 929-2	
Compatibilidad entre el servicio de radiodifusión en la banda de aproximadamente 87-108 MHz y los servicios aeronáuticos en la banda 108-137 MHz	2
Informe 1198	
Compatibilidad entre el servicio de radiodifusión en la banda 87,5-108 MHz y los servicios aeronáuticos que utilizan la banda 108-137 MHz	130
Decisión 71-1	
Continuación de los estudios sobre compatibilidad entre el servicio de radionavegación aeronáutica en la banda 108-117,975 MHz, el servicio móvil aeronáutico (R) en la banda 117,975-137 MHz y las estaciones de radiodifusión sonora con MF en la banda de aproximadamente 87 a 108 MHz	158

RECOMENDACIÓN 591-1*

**COMPATIBILIDAD ENTRE EL SERVICIO DE RADIODIFUSIÓN EN LA
BANDA DE APROXIMADAMENTE 87-108 MHz Y LOS SERVICIOS
AERONÁUTICOS EN LA BANDA DE 108-136 MHz****

(Cuestión 61/8)

(1982-1986)

El CCIR,

CONSIDERANDO

- a) que las operaciones del servicio de radiodifusión de alta potencia en frecuencia modulada en las proximidades geográficas de las instalaciones de un aeródromo son a veces incompatibles con los equipos ILS, VOR, a bordo de aeronaves, y de comunicaciones en ondas métricas que utilizan estas instalaciones, y que este es un problema ampliamente reconocido por la mayoría de los usuarios de las instalaciones de aviación en el hemisferio Norte de la Región 2 de la UIT y en ciertas zonas de la Región 1;
- b) que de acuerdo con el número 44 del Reglamento de Radiocomunicaciones, el servicio de radionavegación aeronáutica es «un servicio de radionavegación destinado a las aeronaves y a su explotación en condiciones de seguridad»;
- c) que los emisores de radiodifusión en frecuencia modulada emplean niveles de potencia que son relativamente muy superiores a los transmisores de los servicios aeronáuticos;
- d) que los receptores de comunicaciones y de radionavegación aeronáutica presentan grados variables de sensibilidad y de susceptibilidad a la interferencia;
- e) que las emisiones de radiodifusión de alta potencia pueden causar interferencia a los receptores a bordo de aeronaves dependiendo de la distancia relativa entre el transmisor y el receptor;
- f) la Recomendación N.º 704 de la Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones (Ginebra, 1979) (CAMR-79) que contempla los posibles problemas de interferencia entre el servicio de radiodifusión en frecuencia modulada y el servicio de radionavegación aeronáutica.

RECOMIENDA, POR UNANIMIDAD:

1. Que se invite a las administraciones a que informen a las entidades de radiodifusión y aviación sobre los problemas de posible incompatibilidad entre los sistemas de radiodifusión en frecuencia modulada y los sistemas aeronáuticos.
2. Que las administraciones desarrollen o, donde sea posible, refuercen los procedimientos de coordinación entre las entidades de aviación y radiodifusión para reducir al mínimo futuros problemas.
3. Que se utilice el Informe 929 como la mejor orientación disponible hasta la fecha en esta materia.

* Se ruega al Director del CCIR que señale esta Recomendación a la atención de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) y de las Comisiones de Estudio 1 y 10.

** A partir del 1 de enero de 1990 se ampliará esta banda hasta 137 MHz.

INFORME 929-2*

COMPATIBILIDAD ENTRE EL SERVICIO DE RADIODIFUSIÓN EN LA BANDA DE
 APROXIMADAMENTE 87-108 MHz Y LOS SERVICIOS
 AERONÁUTICOS EN LA BANDA 108-137 MHz

(Cuestión 61/8)

(1982-1986-1990)

ÍNDICE

1. Antecedentes e introducción
2. Tipos de mecanismos de interferencia
 - 2.1 Interferencia de tipo A
 - 2.1.1 Introducción
 - 2.1.2 Interferencia de tipo A1
 - 2.1.3 Interferencia de tipo A2
 - 2.2 Interferencia de tipo B
 - 2.2.1 Introducción
 - 2.2.2 Interferencia de tipo B1
 - 2.2.3 Interferencia de tipo B2
3. Criterios de protección de los servicios aeronáuticos
 - 3.1 Criterios de protección para el ILS y el VOR
 - 3.1.1 Volumen de servicio
 - 3.1.2 Señal deseada
 - 3.1.3 Puntos de prueba
 - 3.2 Criterios de protección para servicios COM**
4. Necesidades de protección y medidas del receptor aeronáutico
 - 4.1 Umbrales de interferencia normalizados para las mediciones en laboratorio
 - 4.1.1 ILS
 - 4.1.2 VOR
 - 4.1.3 COM
 - 4.2 Características de la señal no deseada (radiodifusión)
 - 4.3 Necesidades de protección para receptores VOR/ILS
 - 4.3.1 Interferencia de tipo A1
 - 4.3.2 Interferencia de tipo A2
 - 4.3.3 Interferencia de tipo B1
 - 4.3.4 Interferencia de tipo B2
5. Evaluaciones de la compatibilidad
 - 5.1 Distancia de separación desde un punto de prueba de una estación de radionavegación aeronáutica

* Se ruega al Director del CCIR que señale este Informe a la atención de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI).

** La abreviatura "COM" se emplea en el Informe para indicar los servicios de comunicaciones de los servicios aeronáuticos.

- 5.2 Distancia de separación desde una estación de radiodifusión
- 5.3 Cálculos de evaluación de la compatibilidad
- 5.4 Polarización
- 5.5 Niveles de reducción de las emisiones no esenciales (Análisis de la interferencia de tipo A1)
- 5.6 Tensión de entrada al receptor
- 5.7 Valores de activación y de corte (Análisis de la interferencia de tipo B1)
- 6. Equipo de a bordo
- 6.1 Normalización internacional existente
- 6.2 Equipo actual y mejoras esperadas en el futuro
- 7. Resumen de los estudios
- 8. Conclusiones
- 9. Recomendaciones de carácter general
- 10. Pruebas e investigaciones futuras

ANEXO I - Resultados de pruebas de receptores

- Parte I - Francia
- Parte II - Finlandia
- Parte III - Canadá y Estados Unidos de América
- Parte IV - Efecto de las señales estereofónicas MF y de modulación de subportadora en los criterios de protección
- Parte V - Datos de prueba que muestran el efecto en un filtro experimental (EE.UU.)
- Parte VI - Características de sobrecarga de los receptores aeronáuticos de navegación ILS (EE.UU.)
- Parte VII - Compatibilidad entre el servicio móvil aeronáutico (R) (118 - 137 MHz) y el servicio de radiodifusión sonora con modulación de frecuencia (Francia)
- Parte VIII - Resultados de pruebas de antenas de aeronaves (Canadá)
- Parte IX - Valores de activación y de corte (Reino Unido)
- Parte X - Comparación entre los valores de corte calculados y medidos para la interferencia de tipo B1 (Canadá)

ANEXO II

- Parte I - Métodos de evaluación de la compatibilidad
- Parte II - Modelos informáticos de análisis de la compatibilidad desarrollados por Canadá
- Parte III - Modelo matemático informatizado de los Estados Unidos de América para la evaluación de la compatibilidad entre estaciones de radiodifusión MF propuestas y el localizador del sistema de aterrizaje por instrumentos (ILS)
- Parte IV - Método unificado LEGBAC de evaluación de la compatibilidad entre los servicios de radiodifusión y móvil aeronáutico
- Parte V - Método de evaluación de la compatibilidad utilizado en Polonia
- Parte VI - Análisis y experiencias prácticas

ANEXO III - Resumen de los criterios de umbrales de interferencia

1. Antecedentes e introducción

1.1 La interferencia producida por el servicio de radiodifusión con modulación de frecuencia (MF) a los localizadores del sistema de aterrizaje con instrumentos (ILS - instrument landing system), a los radiofaros omnidireccionales en ondas métricas (VHF) (VOR - VHF omnidirectional radio range) y a los equipos de comunicaciones en ondas métricas (véase la nota) es un problema ampliamente reconocido entre los usuarios de las facilidades de aviación. En la Región 2 el servicio de radiodifusión MF funciona en la banda 88-108 MHz, y ha causado problemas de interferencia en la banda adyacente de los servicios aeronáuticos en ondas métricas de 108-136 MHz. En la Región 1, la banda de radiodifusión MF se ha ampliado hasta 108 MHz y, por tanto las administraciones de dicha Región podrían experimentar también problemas de interferencia en el futuro.

Nota. - Para descripción del ILS, del VOR y de los sistemas de comunicaciones en ondas métricas, véase el Informe 927.

1.2 En los receptores de comunicaciones aire-tierra, dicho problema de interferencia abarca desde señales audio de radiodifusiones MF de fondo, que resultan molestas, a la recepción distorsionada y mutilada. En los localizadores ILS y receptores VOR de a bordo, el problema de interferencia abarca desde las molestas señales audio de radiodifusiones MF de fondo hasta errores en la desviación de rumbo y funcionamiento de banderines. Se considera que la interferencia en estos receptores de navegación es el problema más serio, dado que un error en la desviación de rumbo, especialmente durante la fase crítica de aproximación y aterrizaje, no resulta tan rápidamente evidente para el piloto como la interrupción de las comunicaciones.

1.3 El nivel de interferencia es por lo general más grave en los aeropuertos en cuyas vecindades existen instalaciones radiodifusoras MF, y la interferencia varía según el tipo de aeronave y equipos de navegación y comunicaciones (NAV/COM) correspondientes. Los problemas experimentados son el resultado de varios factores, tales como:

- Las estaciones radiodifusoras MF funcionan con altos niveles de potencia de hasta 250 kW de potencia radiada aparente (p.r.a.) mientras que las instalaciones aeronáuticas, tales como transmisores de comunicaciones aire-tierra y localizadores ILS funcionan con niveles bajos de potencia del orden de 0,02 a 6 kW de p.r.a.
- Las emisiones no esenciales de las estaciones de radiodifusión MF.
- La sensibilidad de los actuales receptores de aeronaves a esta forma de interferencia. La OACI ha tratado el problema de la interferencia del servicio de radiodifusión MF de alta potencia en bandas adyacentes, y ha elaborado normas de inmunidad contra la interferencia para los receptores a bordo de aeronaves, que figuran en el anexo al Convenio sobre Aviación Civil Internacional, (Anexo 10, OACI), aplicables a partir de 1998.
- La ausencia de una banda de guarda entre la frecuencia más alta asignable para la radiodifusión MF y la frecuencia más baja asignable para la radionavegación.

Hay una probabilidad cada vez mayor de interferencia perjudicial debida a la creciente necesidad de asignaciones adicionales de frecuencias para el servicio aeronáutico y al número creciente de solicitudes de nuevas frecuencias, de aumento de potencia y de nuevos emplazamientos de estaciones de radiodifusión MF.

1.4 La decisión de la Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones (Ginebra, 1979) de ampliar en general la banda de radiodifusión en ondas métricas con modulación de frecuencia (MF) a 108 MHz puso a los servicios de radiodifusión y de radionavegación aeronáutica en bandas de frecuencia adyacentes. Que esto puede plantear problemas de interferencia se reconoció en el orden del día de la Primera Reunión de la Conferencia Administrativa Regional para la radiodifusión sonora MF en la banda de ondas métricas (Región 1 y ciertos países interesados de la Región 3) (CARR-1) (Ginebra, 1982), para determinar las limitaciones técnicas que han de utilizarse en la planificación de la nueva banda para el servicio de radiodifusión.

1.5 Con objeto de estudiar más detalladamente la situación de compatibilidad, el Grupo Interino de Trabajo Mixto 8-10/1 se reunió en mayo de 1984, marzo de 1987 y agosto de 1988 y preparó un Informe que describía las posibilidades y técnicas para mejorar la supresión de los productos de intermodulación en las estaciones transmisoras de radiodifusión, (véase también el Informe [1198]) se ocupaba de los aspectos de las relaciones de protección necesarias para los receptores de radionavegación aeronáutica y exponía las futuras mejoras de la inmunidad del equipo de radionavegación de a bordo con respecto a la interferencia originada por las estaciones de radiodifusión con modulación de frecuencia. Describía también algunos procedimientos que podían utilizarse para evaluar mejor las situaciones de interferencia en general o en circunstancias especiales.

1.6 De acuerdo con los criterios técnicos proporcionados por el GIM 8-10/1 y con las Contribuciones presentadas por las administraciones a la Conferencia Administrativa Regional de Radiodifusión sonora en modulación de frecuencia en la banda de ondas métricas (Región 1 y ciertos países interesados de la Región 3), Ginebra, 1984 se adoptaron criterios de compatibilidad y criterios de evaluación (véanse las Actas Finales de la Conferencia, denominadas "Acuerdo de Ginebra, 1984"). La compatibilidad entre el Plan de frecuencias de radiodifusión MF y el Plan de frecuencias existente para el servicio de radionavegación aeronáutica no se estudió a fondo. Tampoco se realizaron pruebas de compatibilidad con el servicio móvil aeronáutico (R). Al seleccionar las frecuencias de radiodifusión MF no siempre se tuvieron en cuenta las incompatibilidades identificadas con los servicios aeronáuticos.

2. Tipos de mecanismos de interferencia

2.1 Interferencia de tipo A

2.1.1 Introducción

2.1.1.1 En la operación normal de los transmisores de radiodifusión, la interferencia de tipo A se produce de dos modos. En primer lugar, los transmisores de radiodifusión pueden intermodular generando productos situados en las bandas de frecuencia aeronáuticas; esta interferencia se denomina de tipo A1. En segundo lugar, las bandas laterales de un transmisor de radiodifusión pueden incluir componentes no insignificantes situados en las bandas aeronáuticas; este mecanismo, que se denomina interferencia de tipo A2, sólo se producirá en la práctica a partir de transmisores que tengan frecuencias próximas a 108 MHz.

2.1.1.2 Desde el punto de vista del receptor aeronáutico las características espectrales de la señal no deseada revisten particular importancia. En primera aproximación, las señales de radiodifusión MF tendrán probablemente un efecto «similar a ruido» en los receptores, con la consiguiente reducción de los resultados operacionales deseados de los receptores aeronáuticos.

2.1.1.3 Además, pueden producirse efectos adversos en el canal audio (identificación) de ILS/VOR.

2.1.1.4 Sin embargo, si la transmisión de radiodifusión no modulada generase componentes de frecuencia estables cerca de las frecuencias de la señal de modulación ILS (por ejemplo, dentro de ± 15 Hz de las frecuencias de modulación de 90 Hz y 150 Hz) podría producirse entonces una interferencia sumamente importante incluso a niveles muy bajos de señales no deseadas (véase el Informe 927).

2.1.2 Interferencia de tipo A1

Se describe como «dentro de la banda» o «en el canal» y es causada por emisiones no esenciales (incluidos los productos de intermodulación) de la estación transmisora de radiodifusión. Se trata generalmente de un efecto de bajo nivel y puede considerarse como interferencia perjudicial, tal como se define en el Reglamento de Radiocomunicaciones, en los casos en que el nivel es suficiente para afectar al funcionamiento de los receptores aeronáuticos. No puede proporcionarse ninguna protección en el receptor a bordo de la aeronave. Las únicas soluciones prácticas son la reducción en la fuente, la elección de la asignación de radiodifusión y/o la separación en distancia.

Para el análisis de la interferencia de tipo A1, existen las dos categorías de emisiones no esenciales siguientes:

- a) emisión no esencial resultante de un proceso de intermodulación generado en el emplazamiento del emisor, por ejemplo, por múltiples emisores que alimentan a la misma antena;
- b) emisiones no esenciales, con exclusión de las incluidas en la categoría a) anterior.

2.1.3 Interferencia de tipo A2

Interferencia causada a los canales ILS cerca del borde de la banda de 108 MHz debido a las emisiones fuera de banda de estaciones de radiodifusión que funcionan en frecuencias portadoras situadas en el extremo superior de la banda de radiodifusión.

2.2 Interferencia de tipo B

2.2.1 Introducción

2.2.1.1 Pueden producirse mecanismos que causan este tipo de interferencia debido a las radiaciones de los transmisores de radiodifusión fuera de la banda aeronáutica. Su incidencia depende de una serie de factores, que incluyen:

- las enormes diferencias de potencia ente los dos servicios;
- la gran variabilidad de la configuración geométrica entre la aeronave, los transmisores aeronáuticos en tierra y los transmisores de radiodifusión MF;
- la susceptibilidad a la interferencia de los receptores aeronáuticos (que varía de un receptor a otro y que depende también de la separación de frecuencia entre las señales deseada e interferente);

- las diferencias en los sistemas e instalación en las aeronaves y en tierra (sobre todo los diagramas de radiación de las antenas);
- las diferencias en los sistemas de a bordo (sobre todo la respuesta en frecuencia de la antena y las líneas de alimentación);
- el diagrama de radiación de la antena de la estación de radiodifusión MF.

2.2.1.2 El receptor de a bordo, diseñado para funcionar en un ambiente de muy bajo nivel y que tiene que detectar pequeñas señales de entrada deseadas, no puede hacer frente con facilidad a una señal no deseada cercana en frecuencia y con un nivel muchísimo mayor (superior quizás en 80 dB o más).

2.2.1.3 Los dos mecanismos principales de interferencia que intervienen son la intermodulación generada en el receptor (B1) y la desensibilización del receptor (B2). Es importante observar que estos son mecanismos separados con características separadas.

2.2.2 *Interferencia de tipo B1*

Es la intermodulación generada en un receptor de a bordo como resultado de que una señal de radiodifusión de alta potencia fuera de la banda aeronáutica, lo ha llevado a la zona de no linealidad.

Para que se produzca este tipo de interferencia, _____ son necesarias, al menos, dos señales de radiodifusión con una relación de frecuencia que, en la combinación no lineal, pueda generar un producto de intermodulación dentro del canal RF deseado utilizado por el receptor de a bordo. Una de las señales de radiodifusión ha de ser suficientemente potente para situar al receptor en la zona de fuerte no linealidad, entonces puede haber interferencia aunque la(s) otras(s) señal(es) puedan ser bastante menos intensas. **En ciertas condiciones puede producirse una interferencia de tipo B1 con una combinación de una sola señal de radiodifusión y una señal aeronáutica de tierra.**

Puede que el aspecto práctico más grave de este mecanismo, desde el punto de vista de la planificación de frecuencias, es el hecho de que una situación existente aceptable, en la que intervienen señales de radiodifusión MF con niveles no críticos, puede transformarse en un problema práctico, por ejemplo cuando se agrega una nueva estación de radiodifusión, cuando se aumenta la potencia de una estación de radiodifusión existente, o cuando se pone en servicio una nueva estación aeronáutica.

2.2.3 Interferencia de tipo B2

La desensibilización ocurre cuando la sección RF del receptor de a bordo está sobrecargada por una (o varias) transmisiones de radiodifusión. El efecto surge porque las características de selectividad RF de estos receptores tienen una anchura de banda relativamente grande y es difícil disponer de un corte abrupto inmediatamente por debajo de 108 MHz. Esta desensibilización tiene la mayor probabilidad de producirse en la primera etapa activa que puede ser un amplificador de RF, un mezclador o la combinación de ambos en serie, dependiendo del diseño del receptor.

3. Criterios de protección de los servicios aeronáuticos

3.1 Criterios de protección para el ILS y el VOR

El Anexo 10 del Convenio de la OACI contiene especificaciones y características pertinentes para la protección de los equipos ILS y VOR.

3.1.1 Volumen de servicio

El volumen de servicio del localizador ILS se define en el Anexo 10 de la OACI y se representa en la Figura 1. El volumen de servicio del VOR varía ampliamente pudiéndose obtener información sobre el mismo de la publicación de información aeronáutica (AIP) emitida por la administración que explota la instalación.

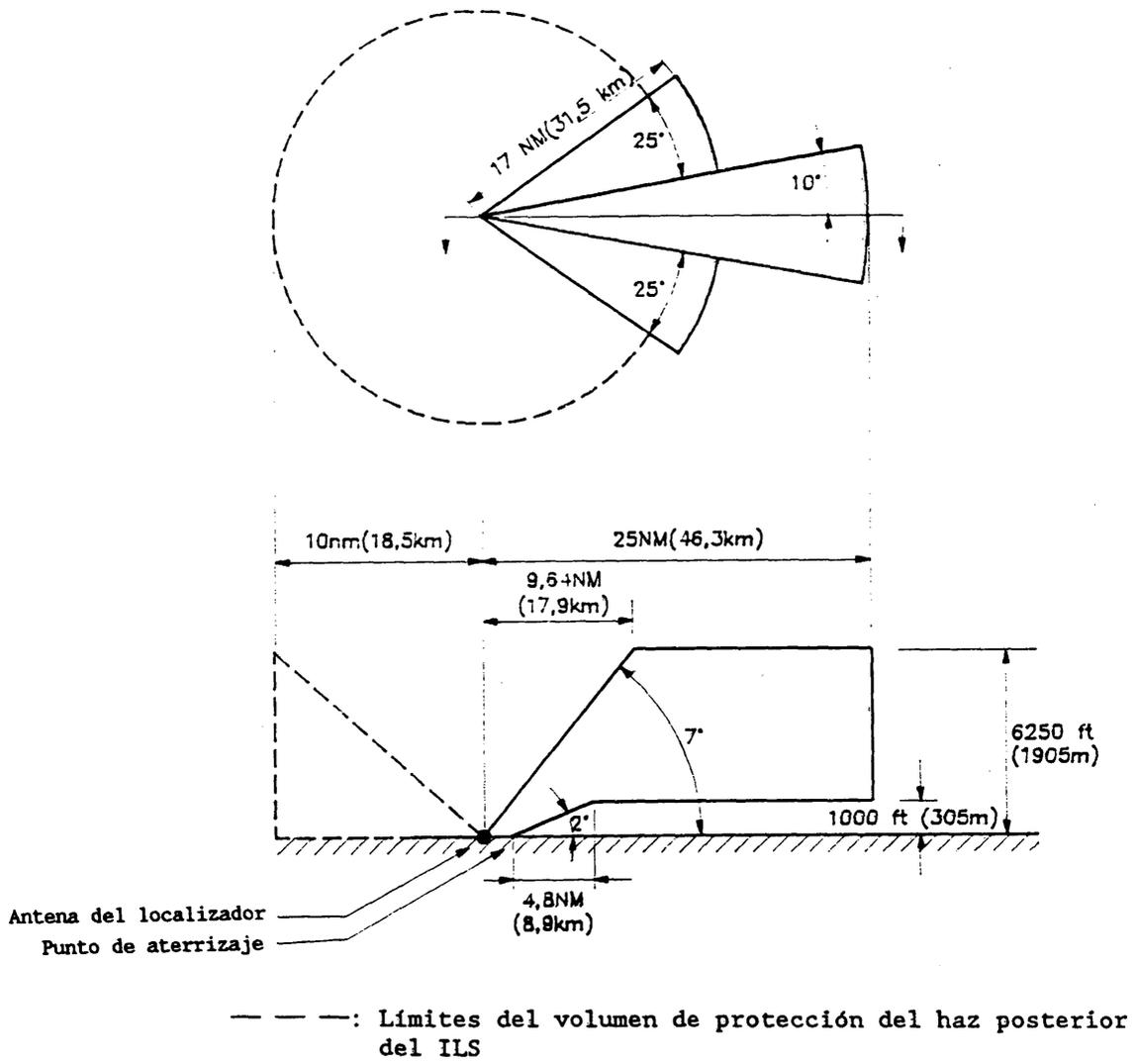


FIGURA 1

Volumen de protección del localizador del ILS

3.1.2 Señal deseada

Respetando las consideraciones que figuran a continuación, la intensidad de campo que ha de protegerse en todo el volumen de servicio es la siguiente:

- ILS: 40 $\mu\text{V/m}$ (32 dB ($\mu\text{V/m}$)).
- VOR: 90 $\mu\text{V/m}$ (39 dB ($\mu\text{V/m}$)).

Si se ha de proporcionar servicio en el volumen del haz posterior del localizador, la intensidad de campo a proteger es 40 $\mu\text{V/m}$.

Sin embargo mediciones en vuelo de la intensidad de campo del ILS o del VOR pueden detectar en algunas zonas del volumen de cobertura valores superiores a los mínimos establecidos por la OACI. Algunas administraciones consideran que deben tenerse en cuenta estos valores superiores al tratar de resolver casos de asignaciones de frecuencias especialmente difíciles tanto para la radiodifusión de MF como para el desarrollo de las facilidades aeronáuticas. Al proceder así debe tenerse debidamente en cuenta la integridad necesaria del servicio de radionavegación y las variaciones con el tiempo, los límites de comprobación y los errores de medición. Por ejemplo, en ciertas zonas del volumen de cobertura del ILS, el Anexo 10 de la OACI requiere la provisión de una mayor intensidad de campo a fin de aumentar la relación señal/ruido de recepción mejorando, en consecuencia, la integridad del sistema. Esto es así para facilidades ILS situadas dentro del sector de rumbo del localizador ($\pm 10^\circ$) desde una distancia de 18,5 km hasta el punto de aterrizaje en la pista donde se requieren señales de 90-200 $\mu\text{V/m}$ por la OACI dependiendo de la categoría de actuación de la facilidad (I, II, III) del ILS correspondiente. (Véase el Anexo 10 de la OACI, Volumen I, § 3.1.3.3.)

3.1.3 Puntos de prueba

Pueden elegirse los puntos de prueba para establecer la condición de compatibilidad en partes significativas del volumen de servicio de un ILS o de un VOR. La posición de esos puntos de prueba puede variar de una instalación aeronáutica a otra según la ubicación de las estaciones de radiodifusión. En el Anexo II se facilitan ejemplos de la elección de los puntos de prueba.

3.2 Criterios de protección para servicios COM

Cabe señalar que en el Anexo 10 al Convenio de la OACI no se especifica una intensidad de campo mínima para COM sino que se indica que 75 $\mu\text{V/m}$ será excedido en un "gran porcentaje de ocasiones". En la práctica, muy a menudo las comunicaciones en ondas métricas tienen que efectuarse con un nivel inferior a 75 $\mu\text{V/m}$, razón por la cual, a los efectos de la evaluación cuantitativa, se considera apropiado utilizar un valor más bajo. Se considera apropiado un valor de 40 $\mu\text{V/m}$ para el caso general.

En aquellas zonas en que funcionan servicios COM de alcance ampliado, deberá reducirse ulteriormente el valor a 30 $\mu\text{V/m}$. El Anexo 10 de la OACI estipula también que los receptores COM instalados en tierra funcionen con señales cuya intensidad de campo sea de 20 $\mu\text{V/m}$.

Resulta especialmente difícil la elección de un nivel típico para los servicios COM a fin de efectuar evaluaciones de compatibilidad. Hay muchas ocasiones y circunstancias en las que se requiere transferir mensajes de seguridad utilizando una señal deseada inferior a 10 $\mu\text{V/m}$. Además, la evaluación de la calidad de conversación es bastante subjetiva y por consiguiente difícil de cuantificar. Nota - En lo que respecta a los futuros trabajos necesarios, véase el punto 4.1.3 para S+N/N, el punto 10 y la Parte VII del Anexo I.

4. Necesidades de protección y medidas del receptor aeronáutico

4.1 Umbrales de interferencia normalizados para las mediciones en laboratorio

Se señala que la finalidad de los umbrales indicados a continuación es normalizar las mediciones en laboratorio y que, si bien se han elegido para que representen razonablemente situaciones operacionales típicas, habrá casos en que no proporcionarán la debida protección al servicio de aviación en la práctica.

4.1.1. *ILS*

No se permitirá que las modificaciones de la corriente de guía del rumbo debidas a interferencias de señales de radiodifusión MF incrementen en forma apreciable las perturbaciones de la estructura del rumbo admitidas en el anexo 10 al Convenio de la OACI por efecto de otras causas. Con una señal deseada del nivel requerido (véase el § 3.1), y ajustando la señal para obtener una diferencia en la profundidad de la modulación de 0,093, la variación de la corriente de guía del rumbo no deberá exceder de 7,5 μ A. En el caso de las variaciones causadas en el funcionamiento de la bandera, hay menos seguridad para definir criterios comunes que abarquen todos los modelos de bandera. En consecuencia, hasta que sea posible perfilar mejor los detalles podrán emplearse los siguientes límites provisionales:

- en el caso de una señal interferente; el valor que fuerza la aparición de una bandera durante más de 1 s. (La calidad de funcionamiento del piloto automático puede verse afectada durante un periodo más breve);
- en el caso de una señal interferente que fuerza la desaparición de una bandera, cuando no está presente la señal deseada, el valor preciso que hace desaparecer la bandera durante más de 1 s. (La ausencia de una señal ILS no representa una situación operacional típica. Sin embargo, cuando se produce esa situación, la ausencia de la bandera podría ser peligrosa).

Los anteriores valores deben utilizarse para ambos modos de interferencia A y B.

Nota. - Lo que antecede no tiene en cuenta el error de centrado. No se permitirá que el error de centrado debido a la interferencia causada por la radiodifusión MF, combinada estadísticamente con otras condiciones ambientales especificadas, exceda los niveles estipulados por la OACI.

4.1.2. *VOR*

La señal deseada, con el nivel requerido (véase el § 3.1), será modulada por una señal de prueba VOR normal, conforme se describe en Comisión Radiotécnica para la Aeronáutica (RTCA), Doc. DO-153A, Norma de calidad mínima para VOR. El umbral de interferencia debe ser entonces:

- una variación de la indicación marcada de 0,5°, correspondiente a una corriente de deflexión de 7,5 μ A; o
- una variación de nivel de tensión audio de 3 dB; o
- la aparición de la bandera, durante más de 1 s.

5.1.3.1.3 *COM*

Los criterios de umbral de interferencia para receptores COM de a bordo, son los siguientes:

- con una señal de nivel requerido (véase el § 3.2), el criterio de interferencia debe ser una reducción de la relación señal + ruido/ruido, $(S + N)/N$, en audiofrecuencia a 6 dB.
- en ausencia de señal deseada, la interferencia no producirá un aumento de más de 5 dB (RF equivalente) en la tensión de CAG, o una relación interferencia + ruido/ruido, $(I + N)/N$, en audiofrecuencia superior a 6 dB.

los criterios correspondientes a receptores de tierra pueden ser distintos de los establecidos para receptores aeronáuticos. Con objeto de determinar los criterios aplicables a receptores de tierra es necesario realizar más trabajos. (Véase el punto 10 de este Informe.)

4.2 Características de la señal no deseada (radiodifusión)

4.2.1. Muchas veces, el problema de la interferencia en el caso más desfavorable ILS/VOR se plantea al utilizar material de programa real como modulación de las señales no deseadas, teniendo en cuenta las características de transmisión MF en la Región 1 y en la Región 2, incluidos los canales suplementarios, cuando proceda.

4.2.2 Con el fin de facilitar la coherencia entre los métodos de prueba y los resultados deben efectuarse las mediciones de inmunidad de los receptores utilizando una señal no deseada modulada con ruido de color, de conformidad con la Recomendación 559 del CCIR con un nivel de inyección de establecimiento de audio (de casi cresta) antes de la red de preacentuación de 50 μ s que corresponda a una desviación de ± 32 kHz, según la Recomendación 641 del CCIR. Sin embargo a fin de simular la transmisión estereofónica, se aplica la modulación de ruido a los canales izquierdo y derecho con una diferencia de nivel entre ellos de 6 dB.

Al aplicar sus procedimientos de prueba, las administraciones pueden también utilizar otras condiciones de modulación que sean típicas de sus hábitos reales de radiodifusión en su país respectivo.

Nota 1. - Hay que prestar especial atención en el laboratorio para reducir, los efectos no intencionales de modulación del ruido.

Nota 2. - Si se emplea una sola fuente de señal para simular productos de intermodulación interferentes de tercer orden del emisor, puede que se requieran excursiones mayores.

Nota 3 - Algunos de los datos de inmunidad de los receptores comunicados hasta ahora se obtuvieron en condiciones de prueba que utilizaban un procedimiento de modulación MF distinto del descrito anteriormente. Al efectuar la comparación o combinación de estos datos, es necesario, en primer término, probar uno o más receptores comunes utilizando cada uno de los procedimientos a fin de determinar si debe aplicarse un factor de corrección.

4.3 Necesidades de protección para receptores VOR/ILS

Se han realizado muchos estudios acerca de las características de inmunidad de los receptores de los ILS y los VOR frente a interferencias causadas por la radiodifusión MF cuyos resultados han sido presentados a la Conferencia de Ginebra, 1984 así como al CCIR. En el Anexo I a este Informe aparecen algunos nuevos resultados aunque deberán continuar realizándose estudios sobre los aspectos concretos indicados en el punto 10.

Los valores dados a continuación se han utilizado en la planificación llevada a cabo en la Región 1. Sin embargo, pueden ser objeto de modificación o de cambios cualitativos en el futuro a medida que se vaya disponiendo de nueva información.

4.3.1 Interferencia de tipo A1

4.3.1.1 Relación de protección

Se ha usado una relación de protección de 17 dB y en este valor se incluye un pequeño margen de seguridad con objeto de tener en cuenta las contribuciones de interferencia múltiple procedente de diferentes emisiones de radiodifusión.

4.3.1.2 Cuando se conoce la frecuencia real de la emisión no esencial, el Cuadro I contiene los valores de la relación de protección utilizadas para diferencias de frecuencias con respecto al transmisor de radionavegación, inferiores a 200 kHz. No es necesario considerar la interferencia de tipo A1 para diferencias de frecuencia superiores a 200 kHz.

CUADRO I

Diferencia de frecuencia entre la emisión no esencial y la señal deseada (kHz)	Relación de protección (dB)
0	17
50	10
100	- 4
150	-19
200	-38

4.3.2 Interferencia de tipo A2

Los valores de la relación de protección utilizadas figuran en el Cuadro II.

CUADRO II

Diferencia de frecuencia entre la señal deseada y la señal de radiodifusión (kHz)	Relación de protección (dB)
150	-41
200	-50
250	-59
300	-68

No puede producirse una diferencia de frecuencia inferior a 150 kHz. Para diferencias de frecuencias superiores a 300 kHz, no es necesario considerar este tipo de interferencia.

Nota - En algunas regiones, las estaciones de radiodifusión sonora de MF pueden hacer uso de técnicas de compresión y/o proporcionar servicios con frecuencias subportadoras de hasta 99 kHz. Las pruebas de laboratorio han demostrado que las combinaciones de estos usos, sobre todo cuando se asocian con excursiones superiores a ± 75 kHz, pueden provocar un aumento, comprendido entre 0 y 10 dB, en la susceptibilidad de un receptor de ILS que funcione en la frecuencia de 108,1 MHz a la interferencia de tipo A2 producida por una estación de radiodifusión explotada en la frecuencia de 107,9 MHz. Cuando se apliquen estas modalidades de explotación de radiodifusión, deberá prestarse una atención especial a estas condiciones. (Véanse también las Partes III y VI del Anexo I.)

4.3.3 Interferencia de tipo B1

Los productos de intermodulación de tercer orden de la forma:

$$f_{intermod} = 2 f_1 - f_2 \text{ (caso de dos señales), o}$$

$$f_{intermod} = f_1 + f_2 - f_3 \text{ (caso de tres señales)}$$

$$\text{para } f_1 > f_2 > f_3$$

que se generan en el receptor ILS o VOR de a bordo, pueden producir una degradación inaceptable de la calidad de funcionamiento de éste si $f_{intermod}$ coincide con la frecuencia de la señal deseada o es muy próxima a ella y si se verifican las desigualdades que siguen y para las condiciones del § 5.6.

La intermodulación de segundo orden no interviene y la intermodulación de orden superior al tercero no se ha tenido en cuenta.

En las desigualdades que siguen, N_1 , N_2 y N_3 tienen los siguientes significados:

N_1 : nivel (dBm) de la señal de radiodifusión de frecuencia f_1 (MHz) a la entrada del receptor de radionavegación aeronáutica,

N_2 : nivel (dBm) de la señal de radiodifusión de frecuencia f_2 (MHz) a la entrada del receptor de radionavegación aeronáutica,

N_3 : nivel (dBm) de la señal de radiodifusión de frecuencia f_3 (MHz) a la entrada del receptor de radionavegación aeronáutica.

La expresión $\max \{0,4; 108,1 - f\}$ en las desigualdades que siguen, tiene el siguiente significado: de los dos valores, 0,4 y $108,1 - f$, se elige el que sea mayor.

4.3.3.1 *Caso de dos señales*

$$2 \left(N_1 - 20 \log \frac{\max \{0,4; 108,1 - f_1\}}{0,4} \right) + N_2 - 20 \log \frac{\max \{0,4; 108,1 - f_2\}}{0,4} + 120 > 0$$

4.3.3.2 *Caso de tres señales*

$$\begin{aligned} & N_1 - 20 \log \frac{\max \{0,4; 108,1 - f_1\}}{0,4} + \\ & + N_2 - 20 \log \frac{\max \{0,4; 108,1 - f_2\}}{0,4} + \\ & + N_3 - 20 \log \frac{\max \{0,4; 108,1 - f_3\}}{0,4} + 126 > 0 \end{aligned}$$

4.3.3.3 *Condiciones de desplazamiento de frecuencia*

Antes de utilizar las fórmulas dadas en los § 4.3.3.1 ó 4.3.3.2 se aplica a cada uno de los niveles de la señal de radiodifusión una corrección en función de la diferencia de frecuencias entre la señal deseada y el producto de intermodulación. Esta corrección aparece en el cuadro III.

$$N_{1,2,3} \text{ (corregido)} = N_{1,2,3} - \text{término de corrección}$$

CUADRO III

Diferencia de frecuencia entre la señal deseada y el producto de intermodulación (kHz)	Término de corrección (dB)
0	0
± 50	2
± 100	8
± 150	16
± 200	26

Para diferencias de frecuencia superiores a ± 200 kHz, no es necesario considerar la interferencia de tipo B1.

4.3.4 Interferencia de tipo B2

El cuadro IV contiene los niveles máximos permitidos de señales de radiodifusión a la entrada de un receptor ILS o VOR de a bordo.

CUADRO IV

Frecuencia de la señal de radiodifusión (MHz)	Nivel (dBm)
107,9	-20
106	-5
102	5
≤ 100	10

Para los valores intermedios de frecuencias, el nivel máximo permitido se determina por interpolación lineal.

5. Evaluaciones de la compatibilidad

Haciendo uso de los criterios indicados en los puntos 3 y 4 pueden realizarse evaluaciones prácticas de la compatibilidad de los servicios de radiodifusión y aeronáutico. No se ha podido establecer un solo método para la evaluación de la compatibilidad que pueda aplicarse a todas las situaciones que aparecen en la práctica. Ciertas administraciones han elaborado métodos y procedimientos de evaluación particulares para aplicación en su propio país (véase el Anexo II). Estos métodos de evaluación se basan, en muchos casos, en algunas o en todas las suposiciones indicadas a continuación. Para los parámetros importantes se citan expresamente los valores aplicables, si bien se señala que no deben considerarse más que como una primera orientación puesto que en la actualidad no hay un acuerdo general que contemple todos los aspectos.

5.1 Distancia de separación desde un punto de prueba de una estación de radionavegación aeronáutica

Se considera que es poco probable que las estaciones de radiodifusión que están a:

- más de 500 km de un punto de prueba del VOR,
- más de 255 km de un punto de prueba del ILS, o
- más allá del horizonte radioeléctrico de un punto de prueba del VOR o del ILS,

afecten al servicio de esa estación de radionavegación aeronáutica.

Estas distancias de separación se basan en una altura del punto de prueba igual a:

- 2.450 m para un punto de prueba del ILS,
- 12.200 m para un punto de prueba del VOR.

5.2 Distancia de separación desde una estación de radiodifusión

5.2.1 En el Cuadro V se indican las distancias de separación entre una estación de radiodifusión con una p.r.a. y frecuencias determinadas y un punto de prueba de una estación de radionavegación aeronáutica a partir de la cual se considera poco probable que pueda resultar afectado el servicio de la estación aeronáutica. Los requisitos más críticos son los correspondientes a los tipos A1 y B1; en este caso se indica la mayor de las dos distancias de separación.

CUADRO V – Distancia máxima de separación (km) necesaria entre un punto de prueba de una estación de radionavegación y una estación de radiodifusión sonora, a partir de la cual es poco probable que resulte afectado el servicio aeronáutico

Potencia radiada aparte de la estación de radiodifusión		Frecuencia de la estación de radiodifusión (MHz)						
		≤ 100	102	104	105	106	107	107,9
dBW	kW	Distancia de separación (km)						
55	300	125	210	400	500	500	500	500
50	100	75	120	230	340	500	500	500
45	30	40	65	125	190	310	500	500
40	10	25	40	70	105	180	380	500
35	3	20	20	40	60	95	210	500
30	1	20	20	25	35	55	120	370
25	0,300	20	20	20	20	30	65	200
20	0,100	20	20	20	20	20	40	115
≤ 15	≤ 0,030	20	20	20	20	20	20	65

5.2.2 Las distancias para el tipo A1 suponen una relación de protección correspondiente a la coincidencia de frecuencias y que el nivel de las emisiones no esenciales del emisor de radiodifusión se ajusta al indicado en el § 5.5. Las distancias para el tipo B1 aseguran que el nivel de la señal es inferior al valor de corte tal como figura en el § 5.7 con propagación en el espacio libre, aunque están sujetas a un límite superior de 500 km por consideraciones prácticas del límite de visibilidad directa, de conformidad con el § 5.1.

5.2.3 Cuando se utilizan dos o más asignaciones en un emplazamiento común, debe tomarse la p.r.a. mayor.

5.2.4 Para los valores de la p.r.a. (dBW) y de la frecuencia que no figuran en el cuadro V debe utilizarse la interpolación lineal.

5.2.5 El análisis preliminar basado en estas distancias supone que, para el caso de los tipos de interferencia A1 y B1, hay coincidencia de frecuencia entre una emisión no esencial o producto de intermodulación y la frecuencia de la estación de radionavegación. Cuando se conocen las frecuencias de la estación de radionavegación y de todos los transmisores de radiodifusión que pueden intervenir, se pueden efectuar cálculos detallados para todos los tipos de interferencia utilizando los datos para la protección del servicio de radionavegación aeronáutica que figuran en los § 4.3 y 3.1. No obstante, en el caso de interferencia de tipo A1, será necesario verificar que el emisor no genera componentes no esenciales significativas aparte de los productos de intermodulación de tercer orden.

5.2.6 Todo estudio caso por caso debe tener en cuenta otros factores pertinentes, como el trayecto de propagación detallado entre la estación de radiodifusión y el punto de prueba aeronáutico y el diagrama de radiación de la antena de radiodifusión en los planos vertical y horizontal.

5.3 Cálculos de evaluación de la compatibilidad

En el proceso de determinación de la compatibilidad según los criterios especificados en el § 4.3 deben tenerse en cuenta los factores que siguen para cada uno de los puntos de prueba interiores al volumen de servicio. Debe utilizarse un número suficiente de puntos de prueba para asegurar la compatibilidad dentro del volumen del servicio operacional según resulte afectado por cualquier tipo de limitaciones físicas.

- En los § 3.1 y 3.2 se indican las intensidades de campo de la señal deseada.
- La intensidad de campo de cada una de las estaciones de radiodifusión MF en la banda 87,5 - 108 MHz, en el interior de la distancia desde un punto de prueba de estación aeronáutica (véase el Cuadro V) y dentro de la línea de visión directa se basan en una Tierra lisa. Puede calcularse la intensidad de campo teniendo en cuenta lo siguiente:
 - potencia radiada aparente y polarización de la transmisión;
 - características de radiación en el plano horizontal y en el plano vertical de la antena transmisora, utilizando la información más precisa disponible;
 - altura del centro de radiación de la antena de transmisión;
 - curvas de propagación de la Recomendación 528 correspondientes al 50% del tiempo. Para distancias menores o iguales a la del horizonte radioeléctrico, puede considerarse que los cálculos basados en condiciones de espacio libre proporcionan una aproximación suficientemente buena.

Nota - En el Anexo II se indican ejemplos prácticos de los métodos de cálculo.

5.4 *Polarización*

No se tienen en cuenta las diferencias de polarización entre las señales de radiodifusión y de radionavegación aeronáutica salvo en casos especiales (por ejemplo, polarización circular de la señal de radiodifusión).

Se supone que las señales interferentes tienen la misma polarización (vertical u horizontal) que la del sistema de navegación. Si, por el contrario, las emisiones de la estación de radiodifusión tienen polarización diferente, existe en teoría cierta reducción en los niveles recibidos de la señal interferente, pero se ha acordado no establecer ningún margen de protección. Sin embargo, en los casos en que el emisor tiene la misma potencia en el plano de polarización opuesto (por ejemplo, en el caso de polarización circular), se ha establecido un margen añadiendo 1 dB a la potencia radiada aparente de la componente de igual polarización que la del sistema de navegación.

Cuando deba sumarse a la antena de transmisión la potencia en otro plano de polarización se añadirá a la potencia correspondiente al plano en que sea máxima un margen de 1 dB cuando la potencia total se incremente en el 50% o más. Sin embargo no es necesario ningún margen en el caso de una polarización circular perfecta.

5.5 Niveles de reducción de las emisiones no esenciales (Análisis de la interferencia de tipo A1)

En el Informe [1198], figura un estudio detallado de los mecanismos de generación de emisiones no esenciales, sobre todo las que se producen en forma de productos de intermodulación. En ese Informe, se indica que es necesario aplicar reducciones mucho más estrictas que las establecidas en el Apéndice 8 del Reglamento de Radiocomunicaciones, salvo en el caso de potencias de transmisor muy pequeñas.

Las reducciones establecidas en el Informe [1198], son las siguientes:

- para potencias de transmisor $\leq 0,25$ W; 40 dB
- para potencias de transmisor $\geq 7,9$ kW; 85 dB
- entre los límites anteriores la potencia de la emisión no esencial en la salida del transmisor se supone igual a $25 \mu\text{W}$.

Para calcular a partir de estos valores las intensidades de campo interferente es necesario conocer la ganancia de las antenas de transmisión. Las ganancias de las antenas con respecto al dipolo pueden variar posiblemente entre 0 y 10 dB, según la potencia del transmisor asociándose las ganancias elevadas con las grandes potencias.

En el Acuerdo de Ginebra de 1984, se supuso una ganancia de antena de 10 dB para todas las potencias del transmisor.

Nota 1 - En el caso en que varios transmisores contribuyan a una componente no esencial (categoría a) del § 4.3.1.2) se tomará como referencia el transmisor más potente.

Nota 2 - Se sabe que en la práctica se han logrado niveles de supresión superiores a 85 dB al tratar de encontrar soluciones para casos específicos de dificultad.

5.6 Tensión de entrada al receptor

La intensidad de campo, E, se convertirá en potencia de la señal, N, a la entrada del receptor, con arreglo a la siguiente fórmula:

$$E \text{ (dB}(\mu\text{V/m))} = N \text{ (dBm)} + 118 + L_s + L(f)$$

donde:

L_s : pérdida fija del sistema = 3,5 dB,

$L(f)$: pérdida del sistema dependiente de la frecuencia (en la frecuencia f) de 1 dB por MHz desde 108-100 MHz, y después 0,5 dB por MHz por debajo de 100 MHz.

En la Parte IX del Anexo I figuran mediciones de sistemas de antenas instalados.

Nota - Véase el punto 3.3.1 del Anexo I.

5.7 Valores de activación y de corte (Análisis de la interferencia de tipo B1)

5.7.1 El valor de activación es el valor mínimo de una señal de radiodifusión de MF que al aplicarse a la entrada de un receptor aeronáutico en ondas métricas (ILS, VOR o COM) es capaz de iniciar la generación de un producto de intermodulación de tercer orden (IM) de potencia suficiente para constituir una posible interferencia. En consecuencia, cada producto de intermodulación de tercer orden generado en el receptor aeronáutico debe tener al menos una componente con el nivel de potencia no inferior al nivel de activación para que ese producto IM sea una posible fuente de interferencia. El valor de activación que ha de utilizarse para evaluar la compatibilidad entre la radiodifusión MF y el ILS o VOR, puede obtenerse mediante la siguiente fórmula (véase Anexo I, Parte IX).

$$N = -42 + 20 \log \frac{\text{máx} (0,4 : 108,1 - f)}{0,4}$$

donde:

f = frecuencia de radiodifusión, en MHz

N = valor de activación en dBm

5.7.2 La suma de los niveles de señal en dBm ($2N_1 + N_2$ o $N_1 + N_2 + N_3$ del § 4.3.3 anterior, donde N es el nivel de potencia de la señal de radiodifusión en la entrada del receptor aeronáutico) que forma un producto de IM de tipo B1 es constante. Por consiguiente, si aumenta la potencia de N_1 debe necesariamente reducirse la potencia de N_2 o N_3 . Cuando N_1 alcanza el nivel de potencia apropiado para la interferencia B2 (punto 4.3.4) el modo de interferencia cambia del tipo B1 al B2. El valor de N_2 y/o N_3 asociado con ese valor de N_1 se denomina valor de corte.

Un análisis de los posibles casos límite (Parte IX del Anexo I), proporciona un valor de corte mínimo que es inferior en 44 dB al valor de activación. Sin embargo consideraciones prácticas indican que resultaría más apropiado utilizar un valor inferior en 24 dB al valor de activación, por lo que:

$$N = -66 + 20 \log \frac{\text{máx}(0,4 : 108,1 - f)}{0,4}$$

donde:

N = valor de corte, en dBm.

6. Equipo de a bordo

6.1 Normalización internacional existente

El equipo de a bordo está sometido a un elevadísimo grado de normalización nacional e internacional. Sin embargo, se han tenido en cuenta aquellos aspectos que garantizan:

- un comportamiento adecuado de la señal en el espacio deseado de conformidad con las condiciones especificadas por la OACI;
- posibilidades de intercambio de equipos producidos por fabricantes diferentes;
- seguridad cuando va a bordo de la aeronave (por ejemplo, riesgo de incendio, etc.), y
- rendimiento mínimo especificado en determinada gama de temperatura, presión, etc.

Por lo que se refiere a la compatibilidad electromagnética, la normalización internacional ha tenido también que asegurar la especificación de las características adecuadas de rechazo del canal adyacente, lo que se convierte, a su vez en un factor fundamental de la amplia coordinación nacional e internacional de las actividades de asignación de frecuencias en la comunidad aeronáutica. Además, se han establecido condiciones muy estrictas para tener la seguridad de que el equipo de a bordo no afecta desfavorablemente a otro equipo de a bordo instalado cerca de la aeronave, ni resulta afectado desfavorablemente por él.

Al determinar el alcance de la normalización del equipo de a bordo ha sido necesario, sin embargo, tener en cuenta el hecho esencial de que el sistema de a bordo no puede normalizarse en aquellos aspectos afectados por diferencias entre tipos de células. Las características de la antena y del alimentador son los principales factores de dificultad al respecto, porque la célula ejerce considerable influencia sobre las características de la antena y del alimentador, y existen variaciones sumamente grandes. En consecuencia, la OACI _____ especifica características de la «señal en el espacio» para asegurar rendimientos mínimos aceptables. En el diseño del equipo de a bordo se ha tratado de lograr que las «cajas negras» sean adecuadas para procesar esas señales deseadas en circunstancias adversas por lo que respecta a la antena y al alimentador.

6.2 *Equipo actual y mejoras esperadas en el futuro*

Las pruebas realizadas hasta ahora sobre receptores de a bordo, incluyendo las descritas en el Anexo I de este Informe, han mostrado amplias variaciones en las características y sensibilidades relativas al rechazo de señales interferentes de alto nivel. La OACI ha tratado el problema de la interferencia de radiodifusión MF de alta potencia en bandas adyacentes y ha elaborado nuevas normas para la inmunidad contra la interferencia para los receptores de a bordo; estas normas figuran en el anexo 10 al Convenio de la OACI y serán aplicables a partir de 1998. En casos individuales, se pueden lograr mejoras a corto plazo (por ejemplo, añadiendo filtros de rechazo en RF), pero estos métodos no pueden considerarse como soluciones factibles de forma general.

Se han efectuado pruebas de laboratorio para caracterizar la respuesta de una muestra elegida de receptores de aeronave a los cuales se añadió un filtro pasobanda experimental en la entrada de antena (véase la Parte V del Anexo I). La utilización de filtros externos no se considera viable como solución general por razones técnicas y de validez aeronáutica, ni se estima aceptable como procedimiento de modificar los criterios teóricos utilizados para el establecimiento de la compatibilidad electromagnética. Sin embargo, pueden presentarse casos singulares aislados en los que resulte conveniente utilizar un filtro externo. En este contexto, la utilización y el empleo de un filtro externo está sujeta a normas, reglamentos y procedimientos apropiados establecidos por la autoridad aeronáutica pertinente.

No obstante, al menos una administración realizará una serie de pruebas de control para evaluar completamente la utilización de filtros añadidos.

Sin embargo, es muy importante observar que existen límites prácticos para las mejoras técnicas que pueden llevarse a cabo, tanto a largo como a corto plazo, y que no puede esperarse razonablemente que las mejoras de los equipos de a bordo resuelvan todos los problemas de compatibilidad con el servicio de radiodifusión en MF. En consecuencia, deberá continuar durante mucho tiempo una estrecha coordinación entre las autoridades aeronáuticas y de radiodifusión.

7. **Resumen de los estudios**

El estudio de la interferencia potencial entre el servicio de radiodifusión MF y el servicio de radionavegación aeronáutica en la banda 108-118 MHz ha recibido una atención considerable por cierto número de administraciones, como ya se ha indicado. Estos estudios revisten una especial importancia en regiones en las que la banda hasta 108 MHz se ha puesto recientemente a disposición de la radiodifusión MF, y en las que, por tanto, es inminente la realización de la radiodifusión.

Es evidente que no puede disponerse inmediatamente de soluciones técnicas sencillas para el problema de la compatibilidad. El potencial de interferencia procedente de las estaciones de radiodifusión MF _____ (de una o más fuentes) a los equipos ILS, VOR y/o COM _____ en ondas métricas dependerá de muchos factores. Aparte de la calidad de funcionamiento del propio equipo de a bordo, los factores más importantes presentados en el Anexo I comprenderán combinaciones de:

- potencia del transmisor de radiodifusión (p.r.a.) y características de la antena (altura, directividad, etc.);
- distancias de separación;
- separación de frecuencia;
- relaciones de frecuencia;
- aspectos geográficos y topográficos.

El § 2 de este Informe explica cómo pueden dividirse todos los mecanismos de interferencia en dos categorías principales, de tipo A y tipo B.

En los anexos se muestra en detalle algunos ejemplos de cada tipo de interferencia a receptores ILS/VOR y COM en ondas métricas, y llega a algunas conclusiones en términos de zonas geográficas teóricas en las que es posible que se produzca interferencia, teniendo en cuenta las diferentes combinaciones y valores de parámetros anteriores.

Teniendo en cuenta este contexto, será posible que las administraciones consideren, a lo largo del proceso de planificación, caso por caso, a todos los posibles conflictos, por ejemplo, de acuerdo con las orientaciones presentadas en este Informe.

Será necesario que las autoridades competentes de radiodifusión y de aviación civil examinen en estrecha cooperación las posibles soluciones para eliminar los problemas de interferencia entre los dos servicios.

8. Conclusiones

8.1 El problema es complejo y no puede resolverse totalmente adoptando una sola serie de criterios de valoración cuantitativa. La complicación se debe, sobre todo, a las amplias posibilidades de variación de las características del equipo aeronáutico que han de acomodarse.

8.2 Hay que considerar, en la práctica, la interferencia potencial de los mecanismos de tipo A y tipo B. Los ILS y VOR en la sub-banda 108 - 118 MHz son los afectados de forma más crítica por la interferencia.

8.3 El volumen del espacio aéreo que ha de protegerse en los casos ILS es relativamente pequeño, pero en los casos de VOR y COM por ondas métricas puede ser muy grande.

8.4 La OACI ha establecido nuevos criterios de inmunidad a la interferencia para equipos aeronáuticos. Estas mejoras que se introducirán en 1998 no resolverán totalmente los problemas.

8.5 Los cálculos indicados en este Informe muestran que los actuales requisitos del Reglamento de Radiocomunicaciones (respecto de los límites de las radiaciones no esenciales de los transmisores de radiodifusión sonora MF por encima de 1 kW) exigirían posiblemente grandes distancias de separación para evitar problemas de interferencia del tipo A. Se sabe que se han conseguido niveles de supresión en la práctica mejores que 85 dB al buscar soluciones a casos específicos de dificultad (véase también el § 5.5).

8.6 En este Informe se hace gran hincapié en la necesidad de efectuar la coordinación en cuanto a la asignación de frecuencias, emplazamiento y supresión para complementar cualquier criterio general, a fin de reducir las posibilidades de interferencia.

8.7 Es evidente que, por lo menos en el caso de los mecanismos de tipo A, de cara a una reducción apropiada de los niveles de las señales interferentes en el receptor de la aviación, ha de tenerse en cuenta la potencia de radiodifusión, la distancia de separación y la separación en frecuencia.

8.8 Los servicios aeronáuticos y de radiodifusión han de cooperar estrechamente para reducir al mínimo las restricciones a la libertad de colocación de las respectivas instalaciones. Por ejemplo, se facilitará la compatibilidad si se evita la utilización de potencias elevadas en los canales de radiodifusión más próximos a 108 MHz. La selección de frecuencias para nuevas facilidades aeronáuticas deberá efectuarse tras un análisis de las facilidades de MF existentes o coordinadas entre las administraciones, a fin de asegurar una compatibilidad continuada.

9. **Recomendaciones de carácter general**

9.1 Una estrecha y continua coordinación de las asignaciones entre las autoridades aeronáuticas y de radiodifusión parece ser la única manera práctica de reducir a niveles generalmente aceptables la probabilidad de causar interferencia a los servicios aeronáuticos.

9.2 Es necesario realizar más estudios a fin de desarrollar o perfeccionar criterios de interferencia normalizados para la evaluación de la compatibilidad de sistemas aeronáuticos ILS, VOR y COM en ondas métricas con las señales de radiodifusión.

10. **Pruebas e investigaciones futuras**

10.1 Deberá estudiarse la compatibilidad entre el servicio de radionavegación aeronáutica y las estaciones de radiodifusión sonora en las bandas en cuestión, y en particular:

10.1.1 Los valores de la relación de protección para los futuros receptores a bordo de aeronaves contra la interferencia de tipo A1 producida por estaciones de radiodifusión sonora en los casos en que la frecuencia de las emisiones no esenciales no coincida con la frecuencia aeronáutica.

10.1.2 Los valores de la relación de protección para los receptores aeronáuticos futuros contra la interferencia de tipo A2 producida por radiodifusión sonora, incluidas las mediciones del espectro de radiodifusión.

En lo que concierne a la cumplimentación del objetivo de relación de protección para la interferencia de tipo A2 de -60 a -70 dB, para una diferencia de frecuencias de 150 kHz y de -70 a -76 dB, para una diferencia de 200 kHz en los futuros receptores, deberá consultarse a los fabricantes de receptores.

10.1.3 Los criterios para la predicción de productos de intermodulación de tercer orden (interferencia de tipo B1) generados en receptores a bordo de aeronaves por tres señales no deseadas, cuando el receptor cumple la norma de la OACI para la característica de intermodulación de los receptores futuros en presencia de dos señales.

10.1.4 El efecto de la modulación sinusoidal de los emisores de radiodifusión sonora durante la prueba y ajuste, y las precauciones o procedimientos necesarios en las estaciones de radiodifusión sonora para mantener la protección acordada del servicio de radionavegación aeronáutica.

10.2 Compatibilidad entre el servicio móvil aeronáutico (R) (comprendidas las comunicaciones digitales) en la banda 118 - 137 MHz y el servicio de radiodifusión sonora en MF

10.3 Los criterios de compatibilidad que pueden utilizarse para predecir la interferencia potencial, en el contexto de las decisiones relativas a asignaciones, incluida la determinación de la correlación de las pruebas de laboratorio con la calidad de explotación en el servicio de los receptores aeronáuticos.

10.3.1 Efecto acumulativo de múltiples señales de radiodifusión MF.

10.3.2 Aplicabilidad de los valores de corte en el proceso de evaluación.

10.3.3 Caracterización del diagrama de antena de radiodifusión MF.

10.3.4 Análisis estadístico de los datos.

10.3.5 Descripción y experimentación de las técnicas de evaluación en correlación con las pruebas en vuelo y la práctica de explotación.

10.3.6 Efecto de las señales de radiodifusión MF sobre la calidad de funcionamiento del sistema de piloto automático.

10.3.7 Efecto en los criterios de evaluación de técnicas especiales utilizadas en la radiodifusión MF (por ejemplo, portadoras subsidiarias de comunicación, aumento de la excursión) (véase la parte 4 del anexo I).

10.4 Efectos de la señal de radiodifusión sobre la calidad de funcionamiento de los equipos aeronáuticos de tierra (monitores ILS/VOR y COM en ondas métricas);

10.5 Efectos de la radiodifusión MF en los receptores ILS cuando no hay señal deseada en el receptor (véanse los § 3.6.7 y 4.1.1 y los Cuadros XI y XII del Anexo I).

10.6 Efecto de la interacción de la señal aeronáutica con la transmisión de radiodifusión (por ejemplo, un producto de IM producido por una señal de radiodifusión y una señal de navegación aeronáutica);

10.7 Caracterización de los niveles de señal del ILS y del VOR en sus zonas de servicio, incluyendo los márgenes apropiados (por ejemplo, para tener en cuenta la variabilidad de la señal);

10.8 Sistemas de antena de aeronave con miras a mejorar las características de rechazo de una señal MF;

10.9 Aplicabilidad de las características de los sistemas de antena ILS/VOR de aeronave definidos en el Acuerdo de Ginebra de 1984;

10.10 Aplicabilidad de las fórmulas de inmunidad para las interferencias de tipo B1 y B2 establecidas en el Acuerdo de Ginebra de 1984 para los receptores ILS/VOR.

ANEXO I

Resultados de pruebas de receptoresParte I del Anexo I1. Francia1.1 Introducción

1.1.1 Las pruebas se realizaron en el verano de 1984 con los siguientes ILS/receptores VOR:

- Becker NR2030
- Collins 51RV 1A
- King KX-175B
- Narco NAV 121

Las pruebas se efectuaron en una caja de Faraday. Los niveles de la señal deseada eran de -86 dBm para el localizador y de -79 dBm para el VOR. Las señales no deseadas fueron generadas por emisores reales de radiodifusión utilizando la modulación como se indica en la Recomendación 559.

1.2 *Distinción entre los efectos de la interferencia de tipo A2 y de tipo B2*

1.2.1 El método consiste en medir las relaciones de protección cuando la señal de radiodifusión está sucesivamente modulada por ruido coloreado, conforme a las normas del CCIR, y no modulada. La interferencia procedente de la señal CW debe ser de tipo B2 puesto que no hay bandas laterales. Si las relaciones de protección son las mismas, entonces cualquier energía de banda lateral recibida en la banda de paso del receptor no es el factor determinante.

Nota. - Las medidas se efectuaron en las condiciones siguientes: Si se denomina Δf a la separación entre la frecuencia de radionavegación (ILS/VOR) y la frecuencia de radiodifusión, la medida para $\Delta f = 0$ y $\Delta f = 50$ kHz (valores de referencia) solamente podría hacerse con una frecuencia de radiodifusión igual a 108,0 MHz para el VOR y 108,1 MHz para el ILS.

1.2.2 Manteniendo seguidamente la frecuencia de radiodifusión en el valor fijo de 107,9 ó 108,0 MHz y desplazando en Δf la frecuencia de la señal de radionavegación dentro de su banda, se garantiza que los receptores de radionavegación tienen siempre la misma característica de desensibilización, porque esta no depende de la frecuencia de radiodifusión.

Nota. - Para $\Delta f = 0$, en el caso de señal no modulada, se da el valor a título indicativo.

1.2.3 Se efectuó el primer conjunto de medidas (véase el cuadro VI) tras haber colocado un filtro de salida de un emisor MF estereofónico (3 cavidades). Su anchura de banda es de 530 kHz a -3 dB y 800 kHz a -10 dB. El objeto de este filtro era atenuar el ruido residual del emisor (en principio ya pequeño) fuera de banda útil y permitir así la medida de valores muy pequeños de la relación de protección (inferiores a -80 dB). El filtro no modificaba de ningún modo la calidad de la señal útil del emisor de radiodifusión. Se efectuaron las restantes mediciones tras retirar el filtro, recogiendo los resultados en el cuadro VII. Puede observarse que hasta valores de Δf del orden de 200 a 300 kHz, el filtro sólo introduce pequeñas modificaciones en los resultados en condiciones de modulación.

1.3 *Aplicabilidad de los valores de corte a los criterios de evaluación*1.3.1 *Demostración de la inexistencia del nivel de corte*

1.3.1.1 Las pruebas efectuadas con una muestra de receptores de radionavegación _____ indican que en realidad no existe el concepto de fenómeno de corte. De hecho, las figuras que aparecen a continuación muestran lo que realmente sucede.

CUADRO VI - Emisor de radiodifusión equipado con un filtro paso banda

Δf	Receptor A				Receptor B				Receptor C	
	ILS		VOR		ILS		VOR		VOR	
	M	N	M	N	M	N	M	N	M	N
0	11,5	13,0	10,5	26,0	10,0	11,0	10,0	26,0		
50	-14,0	-61,0	-12,5	-49,0	-12,0	-60,0	-17,0	-63,0	-1,0	-49,0
100	-48,0	-74,0	-50,0	-74,0	-41,5	-69,0	-47,0	-72,0	-44,0	-54,0
150	-76,0	-77,0	-75,0	-70,0	-70,0	-71,0	-76,0	-76,0	-53,0	-53,0
200	-79,5	-80,0	-79,0	-74,0	-72,0	-72,0	-78,0	-79,0	-52,5	-52,5
300	-80,5	-83,0	-76,0	-74,5	-74,5	-75,0	-92,0	-90,0		
400	-85,0	-86,0	-87,0	-88,0	-76,0	-76,0	-91,0	-93,0		
500	-79,0	-86,0	-74,0	-75,0	-76,5	-76,5	-92,0	-92,5		
800	-86,0	-86,0	-86,0	-88,0	-77,0	-77,0	-91,0	-91,0		
1000	-86,0	-86,0			-74,0	-77,0				

M: Señal de radiodifusión modulada por ruido coloreado.

N: Señal de radiodifusión no modulada.

CUADRO VII - Emisor de radiodifusión sin filtro paso banda

Δf	Receptor A				Receptor B	
	ILS		VOR		VOR	
	M	N	M	N	M	N
0	8,0	10,0	10,0	10,0	3,0	8,0
50	-11,0	-22,5	-12,0	-24,0	-15,5	-32,0
100	-46,0	-57,0	-47,0	-57,5	-49,0	-68,5
150	-72,5	-73,0	-72,0	-73,0	-70,0	-70,0
200	-76,0	-76,5	-76,0	-75,0	-78,0	-77,0
300	-78,0	-77,5	-77,0	-75,5	-81,5	-82,0
400	-80,5	-80,0	-81,5	-82,0	-86,5	-86,5
500	-79,0	-83,0	-74,5	-75,0	-92,0	-93,0
800	-79,0	-85,0	-82,0	-84,0	-90,0	-92,0
1000	-81,0	-85,5	-79,0	-79,0	-89,0	-90,0

M: Señal de radiodifusión modulada por ruido coloreado.

N: Señal de radiodifusión no modulada.

1.3.1.2 El criterio de intermodulación es una relación lineal entre N_1 , N_2 , N_3 de la forma $N_1 + N_2 + N_3 + K = 0$. Si se supone $N_3 = \text{constante}$, la relación entre N_1 y N_2 puede representarse como sigue (Figura 2):

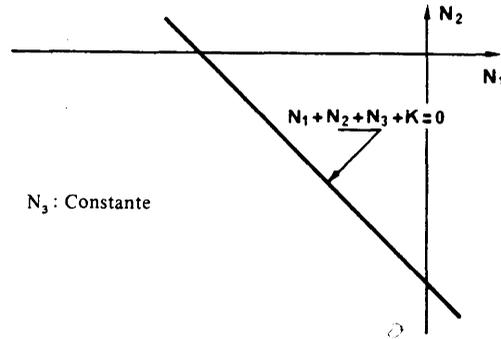


FIGURA 2

1.3.1.3 La existencia de un umbral de corte para N_1 , se manifiesta por el hecho de que para $N_1 \leq N_1 \text{ corte}$, no existe intermodulación. Lo mismo ocurre para $N_2 \leq N_2 \text{ corte}$.

1.3.1.4 Si existiera, realmente, tal valor de corte la curva teórica anterior estaría, en realidad, deformada como sigue (Figura 3):

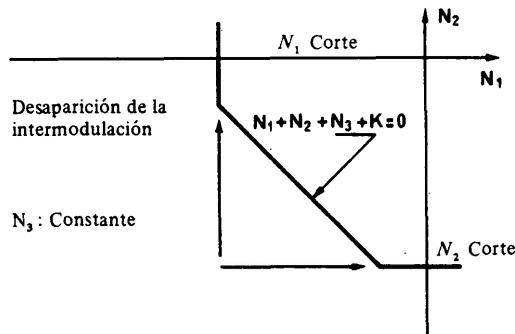


FIGURA 3

1.3.1.5 Los ensayos efectuados en receptores de radionavegación han permitido dibujar las figs. 7 a 12

1.3.1.6 En ningún caso se ha observado la deformación descrita anteriormente. Puede verse, sin embargo, que tales curvas tienen la forma indicada en la Figura 4:

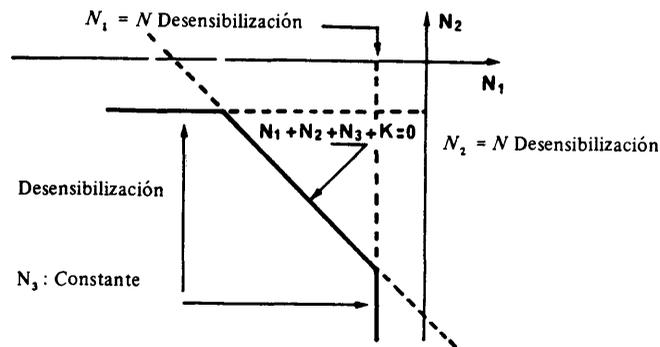


FIGURA 4

1.3.1.7 Esto se explica por la aparición de un fenómeno de desensibilización que a partir de cierto umbral enmascara el fenómeno de intermodulación.

1.3.2 Investigación de las condiciones límite cuando la interferencia anterior de tipo B2 prevalece sobre la interferencia de tipo B1

1.3.2.1 Hipótesis

Una perturbación producida por tres estaciones de radiodifusión se expresa mediante:

- la combinación de frecuencias:

$$f_1 + f_2 - f_3 = f_{aeronáutica}$$

- la ecuación de niveles:

$$N(f_1) + N(f_2) + N(f_3) + K(f_1, f_2, f_3, f_{aero}) = 0$$

Se denominará $x(f)$ a la expresión:

$$20 \log \frac{\text{máx} \{108,1 - f; 0,4\}}{0,4}$$

en la cual $\text{máx} \{a; b\}$ representa el máximo entre a y b .

Así para $f \geq 107,7$ MHz, $x(f) = 0$.

Puede escribirse asimismo:

$$K = 126 - x(f_1) - x(f_2) - x(f_3)$$

1.3.2.2 Determinación teórica del punto de transición entre los dos tipos de interferencia

Tratamos de obtener el nivel mínimo $N_l(f)$ correspondiente a la transición de la interferencia del tipo B1 a la del tipo B2.

Para la señal de frecuencia f_1 , este valor corresponde a una desensibilización simultánea originada por las señales f_2 y f_3 , es decir:

$$N_l(f_1) + N_d(f_2) + N_d(f_3) + 126 - x(f_1) - x(f_2) - x(f_3) = 0 \quad (1)$$

El nivel de desensibilización a la frecuencia f se indica por $N_d(f)$ (véase el § 4.2.2 del Informe del GITM 8-10/1, mayo de 1984).

Permutando el papel de cada señal se obtiene asimismo:

$$N_l(f_2) + N_d(f_1) + N_d(f_3) + 126 - x(f_1) - x(f_2) - x(f_3) = 0 \quad (2)$$

$$N_l(f_3) + N_d(f_1) + N_d(f_2) + 126 - x(f_1) - x(f_2) - x(f_3) = 0 \quad (3)$$

Es lógico establecer la hipótesis de que $N_l(f)$ es de la forma:

$$N_l(f) = x_0 + x(f) \quad (4)$$

donde x_0 es una constante que se va a determinar; en efecto, las medidas han hecho aparecer siempre dependencias de las frecuencias en la forma $x(f)$.

Si se introduce la ecuación (4) en las ecuaciones (1), (2) y (3), se tiene:

$$x_0 + x(f_1) = -126 + x(f_1) + x(f_2) + x(f_3) - N_d(f_2) - N_d(f_3)$$

$$x_0 + x(f_2) = -126 + x(f_1) + x(f_2) + x(f_3) - N_d(f_3) - N_d(f_1)$$

$$x_0 + x(f_3) = -126 + x(f_1) + x(f_2) + x(f_3) - N_d(f_1) - N_d(f_2)$$

La resolución de esta ecuación da:

$$x_0 + 126 = 2[x(f_1) - N_d(f_1)] = 2[x(f_2) - N_d(f_2)] = 2[x(f_3) - N_d(f_3)]$$

En consecuencia, para toda frecuencia, f , que intervenga en un producto de intermodulación se tiene:

$$N_d(f) = -1/2(x_0 + 126) + x(f)$$

Por tanto $N_d(f)$ aparece definida de dos formas:

- por un lado, mediante tres segmentos de recta (fig. 2 del § 4.2.2 del Informe del Grupo Interino de Trabajo Mixto 8-10/1, mayo de 1984).

Debe observarse que una ley de este tipo constituye evidentemente, la aproximación lineal de una función sin discontinuidades;

- por otro lado, mediante la función $x(f)$, con una traslación vertical aproximadamente igual a la constante:

$$1/2(x_0 + 126)$$

Al comparar gráficamente estas dos leyes (véase la fig. 5), se observa que los tres segmentos de recta constituyen una buena aproximación de la función $x(f)$ para $1/2(x_0 + 126) = 20$, lo cual proporciona el valor $x_0 = -86$.

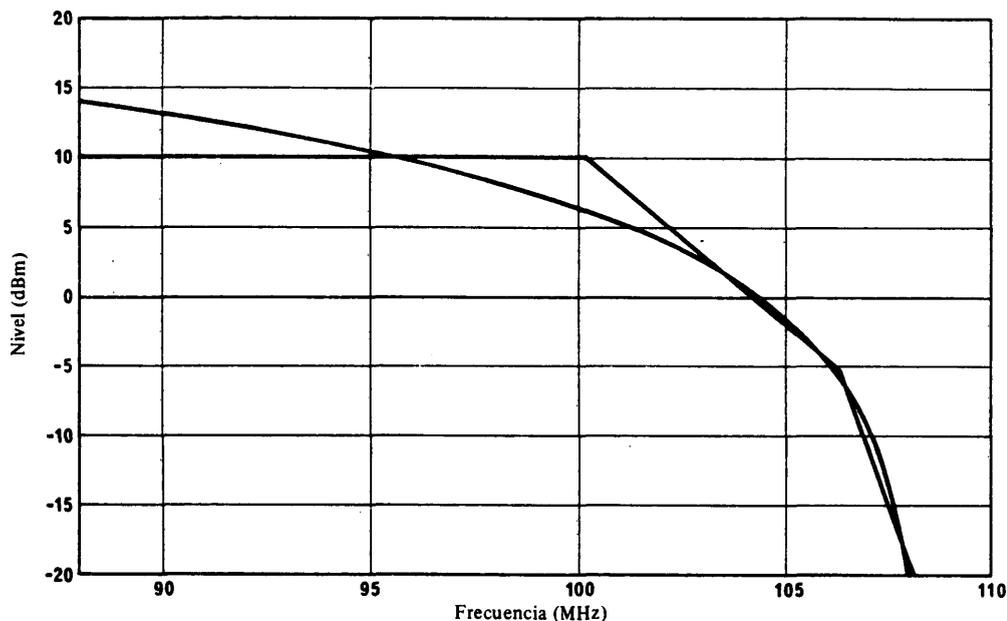


FIGURA 5

1.3.3 Conclusión

Aunque las mediciones experimentales han demostrado que puede refutarse la hipótesis de los umbrales de captura, se ha probado que es inútil, en la práctica, considerar las interferencias de tipo B1 susceptibles de aparecer por debajo de cierto umbral. Los efectos de tales interferencias quedan, entonces, completamente enmascarados, porque la perturbación preponderante es de tipo B2. Basándose en los cálculos anteriores se deben adoptar las fórmulas siguientes que definen los valores límites:

- Receptores ILS y VOR actuales:

$$N(f) \geq -86 + 20 \log \frac{108,1 - f}{0,4} \quad \text{dBm} \quad \text{para } f \leq 107,7$$

$$N(f) = -86 \quad \text{dBm} \quad \text{para } f \geq 107,7$$

- Receptores ILS y VOR futuros:

$$N(f) \geq -58 + 20 \log \frac{108,1 - f}{0,4} \quad \text{dBm} \quad \text{para } f \leq 107,7$$

$$N(f) = -58 \quad \text{dBm} \quad \text{para } f \geq 107,7$$

Estos valores se inscriben en las curvas de la fig. 6.

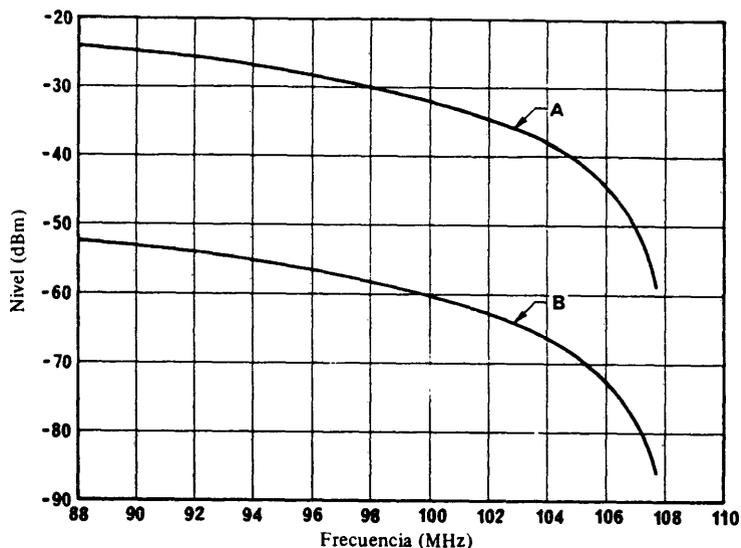


FIGURA 6

Curvas A: Receptores futuros
B: Receptores actuales

1.4 Datos de prueba, proporcionados por Francia sobre interferencia tipo B1 con 3 señales.

Lectura de las curvas

Las leyes investigadas son de la forma:

$$N_1 + N_2 + N_3 + K = 0$$

donde N_1 , N_2 y N_3 , son los niveles, en dBm, de los 3 emisores de radiodifusión a las frecuencias de f_1 , f_2 y f_3 , respectivamente.

A fin de facilitar su empleo se han trazado las curvas, Figuras 7 a 12, para tres valores de N_3 . Cada una de las curvas (N_1 y N_2) debe tener una pendiente igual a -1.

$$N_1 + N_2 + (N_3 + K) = 0$$

La modificación de la pendiente se debe a la desensibilización del receptor.

En cada una de las curvas aparecen niveles (N_1 , N_2 y N_3) inferiores al nivel de corte propuesto en el anexo IX del Grupo Interino de Trabajo Mixto 8-10/1, Informe de mayo de 1984 para los cuales se han medido interferencias de tipo B1. Algunos de estos puntos están marcados con corchetes.

Los niveles de corte se representan mediante rectas de trazo interrumpido. Dependen de la frecuencia considerada y del tipo de receptor utilizado: ILS o VOR.

En cada una de las curvas figura la ecuación de la ley de intermodulación en su funcionamiento clásico, cuando la pendiente es igual a -1.

En las curvas de la fig. 7 se demuestra la desensibilización del receptor:

- cuando $N_1 = -20$ dBm para $f_1 = 107,9$ MHz, se encuentra la misma perturbación con $N_2 = -50, -60$ ó -70 dBm,
- asimismo, cuando $N_2 = -8$ dBm para $f_2 = 107,5$ MHz, N_1 puede valer $-40, -50, -60$ ó -70 dBm y aparece la misma perturbación.

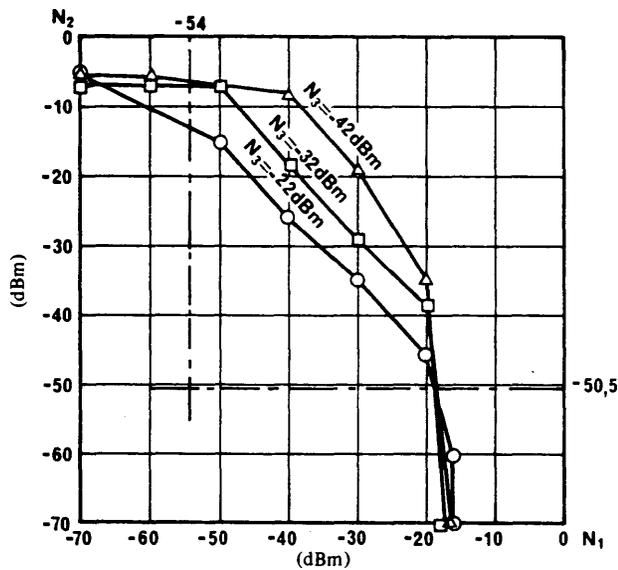


FIGURA 7 - Prueba de interferencia tipo B1

$$\text{Ecuación obtenida: } N_1 + N_2 + N_3 + 87 = 0$$

Tipo de receptor: Receptor A

Tipo de señal: Localizador ILS

Frecuencia del receptor: 108,5 MHz

Nivel de la señal útil: -86 dBm (50 Ω)

$$f_1 = 107,9 \text{ MHz}$$

$$f_2 = 107,5 \text{ MHz}$$

$$f_3 = 106,9 \text{ MHz}$$

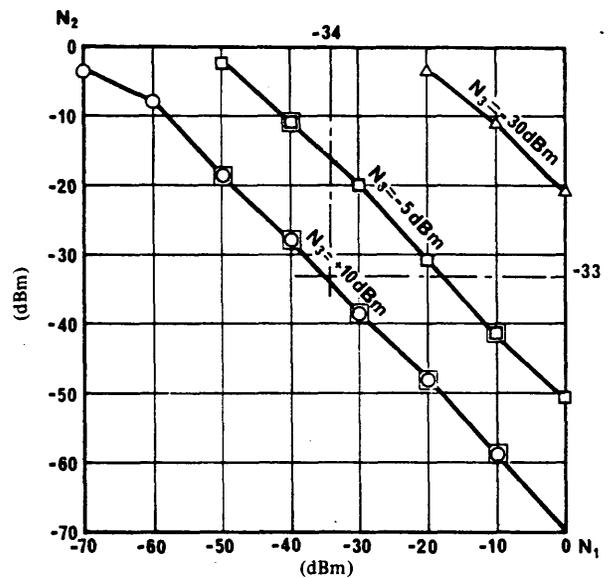


FIGURA 8 - Prueba de interferencia tipo B1

$$\text{Ecuación obtenida: } N_1 + N_2 + N_3 + 60 = 0$$

Tipo de receptor: Receptor A

Tipo de señal: Localizador ILS

Frecuencia del receptor: 108,1 MHz

Nivel de la señal útil: -86 dBm (50 Ω)

$$f_1 = 104,1 \text{ MHz}$$

$$f_2 = 103,7 \text{ MHz}$$

$$f_3 = 099,7 \text{ MHz}$$

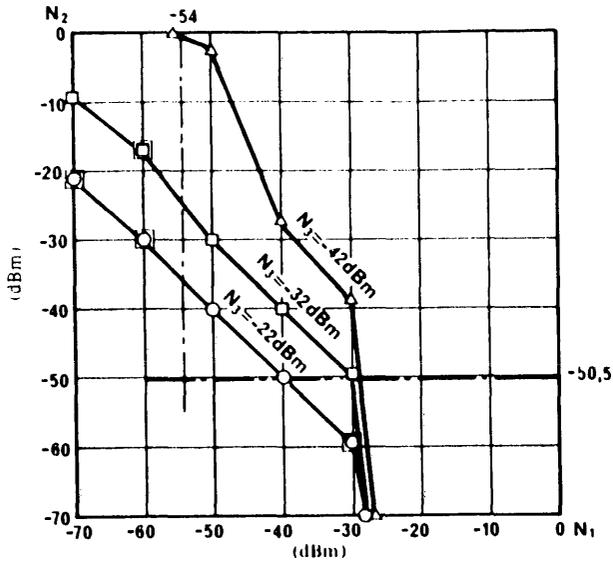


FIGURA 9 Prueba de interferencia tipo B1

Ecuación obtenida: $N_1 + N_2 + N_3 + 112 = 0$

Tipo de receptor: Receptor C
 Tipo de señal: Localizador ILS
 Frecuencia del receptor: 108,5 MHz
 Nivel de la señal útil: 86 dBm (50 Ω)

$f_1 = 107,9$ MHz
 $f_2 = 107,5$ MHz
 $f_3 = 106,9$ MHz

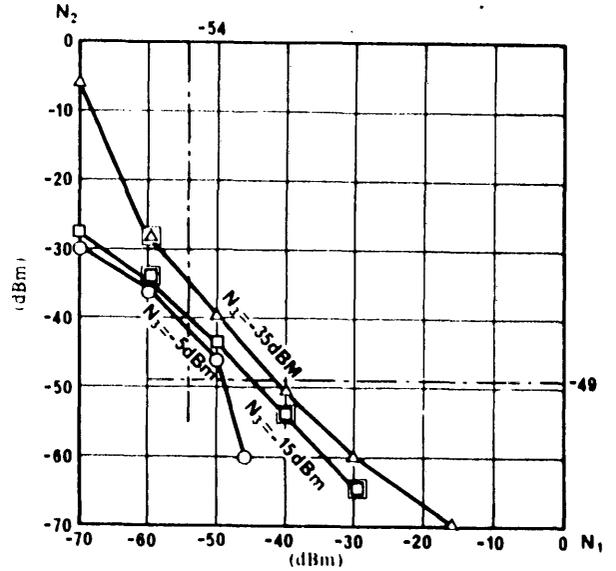


FIGURA 10 Prueba de interferencia tipo B1

Ecuación obtenida: $N_1 + N_2 + N_3 + 126 = 0$

Tipo de receptor: Receptor B
 Tipo de señal: Localizador ILS
 Frecuencia del receptor: 108,1 MHz
 Nivel de la señal útil: 86 dBm (50 Ω)

$f_1 = 107,9$ MHz
 $f_2 = 107,4$ MHz
 $f_3 = 107,2$ MHz

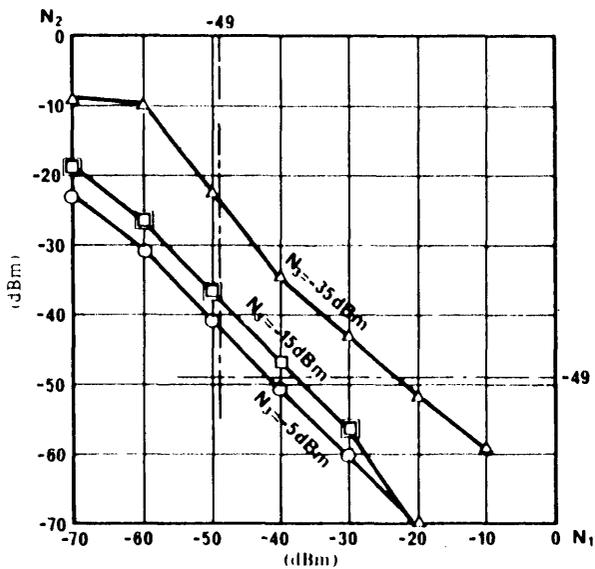


FIGURA 11 Prueba de interferencia tipo B1

Ecuación obtenida: $N_1 + N_2 + N_3 + 108 = 0$

Tipo de receptor: Receptor B
 Tipo de señal: VOR
 Frecuencia del receptor: 108,2 MHz
 Nivel de la señal útil: 79 dBm (50 Ω)

$f_1 = 107,9$ MHz
 $f_2 = 107,4$ MHz
 $f_3 = 107,1$ MHz

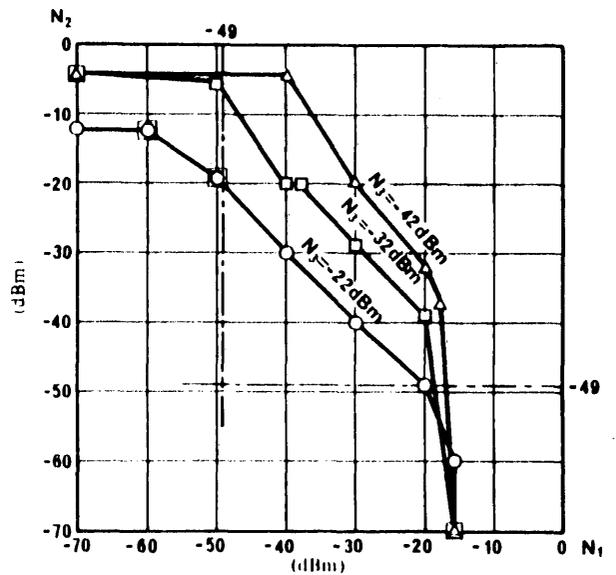


FIGURA 12 Prueba de interferencia tipo B1

Ecuación obtenida: $N_1 + N_2 + N_3 + 90 = 0$

Tipo de receptor: Receptor C
 Tipo de señal: VOR
 Frecuencia del receptor: 108,5 MHz
 Nivel de la señal útil: 79 dBm (50 Ω)

$f_1 = 107,9$ MHz
 $f_2 = 107,5$ MHz
 $f_3 = 107$ MHz

Parte II del Anexo I

2. Finlandia

2.1 Introducción

2.1.1 En Finlandia se han realizado estudios y pruebas en laboratorio sobre la interferencia de tipo B1 en receptores de localizadores ILS. Se estudió la construcción de unos 40 receptores y 3 de éstos se midieron en servicio real. Los receptores medidos fueron Collins 51RV 2, Collins 51RV 4B y King KX-175B.

El criterio de interferencia elegido supuso un cambio de $\pm 7,5 \mu\text{A}$ en la corriente de guía del rumbo de $90 \mu\text{A}$. Se seleccionaron combinaciones de señales no deseadas (f_1 y f_2) para generar un producto de intermodulación de tercer orden tanto en el extremo inferior como el extremo superior de la banda del ILS. Los niveles de señal deseada fueron -86 dBm , -76 dBm y -66 dBm .

2.1.2 Los estudios mostraron que los 40 receptores tenían unidades de acceso sintonizadas de acuerdo con la frecuencia del ILS seleccionada.

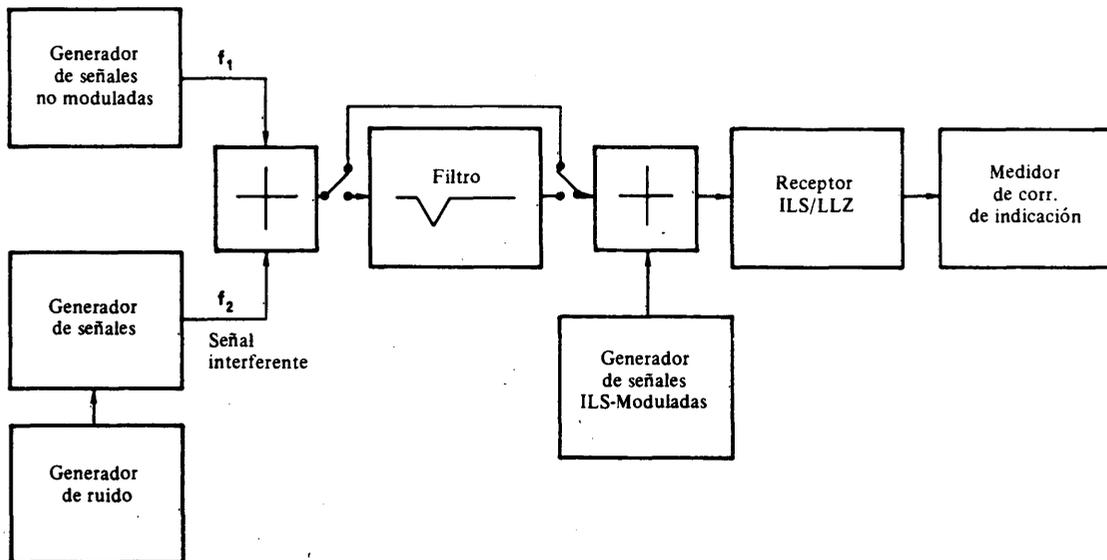


FIGURA 13 - Configuración de prueba para la medición de productos de intermodulación (interferencia de tipo B1)

La señal interferente en f_2 tiene modulación de ruido con ponderación de acuerdo con la Recomendación 559 y una excursión cuyo valor cuadrático medio es de 32 kHz.

Filtro en la frecuencia de la señal deseada (f_a).

Nivel de la señal deseada: -86 dBm , -76 dBm ó -66 dBm .

Criterio de indicador: cambio de $\pm 7,5 \mu\text{A}$ respecto a $90 \mu\text{A}$.

2.2 Resultados de las pruebas

2.2.1 En la gama de frecuencias por debajo de 107,7 MHz los resultados de las mediciones parecen seguir la fórmula:

$$2N_1 + N_2 + 3\left(A - B \log \frac{\Delta f}{0,4}\right) \geq 0$$

donde:

$\Delta f = f_a - f_1$ (MHz),

f_a : frecuencia del canal ILS (MHz),

f_1 y f_2 : frecuencias de radiodifusión ($f_1 \geq f_2$),

N_1 : nivel de señal en f_1 (dBm),

N_2 : nivel de señal en f_2 (dBm).

$$f_a = 2f_1 - f_2$$

CUADRO VIII - Umbral de interferencia, interferencia de tipo B1

A. Frecuencia de radiodifusión en la gama 107,7-108 MHz	
Receptor	Condición para la interferencia
N.º 1	$2 N_1 + N_2 + 81 \geq 0$
N.º 2	$2 N_1 + N_2 + 96 \geq 0$
N.º 3	$2 N_1 + N_2 + 129 \geq 0$
B. Frecuencias de radiodifusión en la gama por debajo de 107,7 MHz	
Receptor	Condición para la interferencia
N.º 1	$2 N_1 + N_2 + 3 \left(27 - 10 \log \frac{\Delta f}{0,4} \right) \geq 0$
N.º 2	$2 N_1 + N_2 + 3 \left(32 - 5 \log \frac{\Delta f}{0,4} \right) \geq 0$
N.º 3	$2 N_1 + N_2 + 3 \left(43 - 20 \log \frac{\Delta f}{0,4} \right) \geq 0$

Nota 1. - Frecuencias seleccionadas (MHz) (Cuadro IX)

y los modelos lineales indicados en este cuadro se adaptaron a los resultados.

Nota 2. - Señal interferente con la ponderación de la Recomendación 559 (ruido coloreado, valor cuadrático medio de la excursión : 32 kHz).

- Nivel de la señal deseada del ILS: -86 dBm.
- Criterio para la interferencia: cambio de $\pm 7,5 \mu\text{A}$ en la corriente de guía del rumbo $90 \mu\text{A}$.

CUADRO IX

f_1	107,9	107,1	103,1	107,9
f_2	107,7	106,1	98,1	103,9
f_u	108,1	108,1	108,1	111,9

2.2.2 El coeficiente A varió de 27 a 43 y el coeficiente B de 5 a 20, dado que dependen considerablemente del receptor seleccionado y, por tanto, deben medirse más receptores de diseños diferentes.

2.2.3 Las mediciones mostraron también que con niveles más altos de la señal deseada (+10 dB, +20 dB) se mejora en algunos de estos receptores la inmunidad de intermodulación a señales no deseadas casi en proporción al aumento del nivel de la señal deseada.

2.2.4 En el caso de tres señales interferentes, la fórmula del umbral de interferencia debe tener la siguiente forma general:

$$N_1 + N_2 + N_3 + 3.4 + 6 \text{ dB} - C \log \frac{\Delta f_1 \times \Delta f_2 \times \Delta f_3}{(0.4)^3} \geq 0$$

donde:

$$\Delta f_i = f_a - f_i \text{ (MHz)}$$

C : se determina por la pendiente del filtro antes del elemento en el que se genera el producto de intermodulación ($C \neq B$).

Para un solo circuito sintonizado $C = 20$.

2.2.5 El término adicional +6 dB proviene de la diferencia teórica entre los términos de tipo $2N_1 + N_2$ y del tipo $N_1 + N_2 + N_3$.

Parte III del Anexo I

3. *Canadá y Estados Unidos de América*

3.1 La Administración Federal de Aviación de Estados Unidos y «Transport Canada» emprendieron un programa de mediciones sobre la interferencia producida por señales de servicios de radiodifusión MF en receptores a bordo de aeronaves. Las pruebas se realizaron en los Laboratorios ARINC de Annapolis, Maryland (Estados Unidos de América) y en los Laboratorios de «Transport Canada» de Ottawa (Canadá). **En esta parte del Anexo I se presentan los resultados de esas pruebas.**

3.2 Pruebas de vuelo subsiguientes efectuadas en Canadá, indicaron que existía una buena correlación entre los datos de pruebas en laboratorio y de pruebas en vuelo para un receptor de Tipo B1 (esto es, los niveles de señal de MF medidos que producían interferencia en receptores durante las pruebas en vuelo fueron aproximadamente iguales a los que producían interferencia en las pruebas de laboratorio para el nivel de señal de localizador correspondiente).

3.3 *Punto de referencia común para las mediciones y la futura especificación de equipos de a bordo*

3.3.1 La tensión se refiere a la entrada del receptor y se calcula en función de la salida del generador adaptada a 50Ω (véase la fig. 14). Se subraya que esto no afecta a los resultados finales en lo tocante a la intensidad de campo admisible a la entrada de la antena del receptor, y que sólo tiene por objeto reducir las confusiones en el futuro. En la fig. 14 se presenta también un ejemplo de los procedimientos para el ajuste del nivel del generador RF.

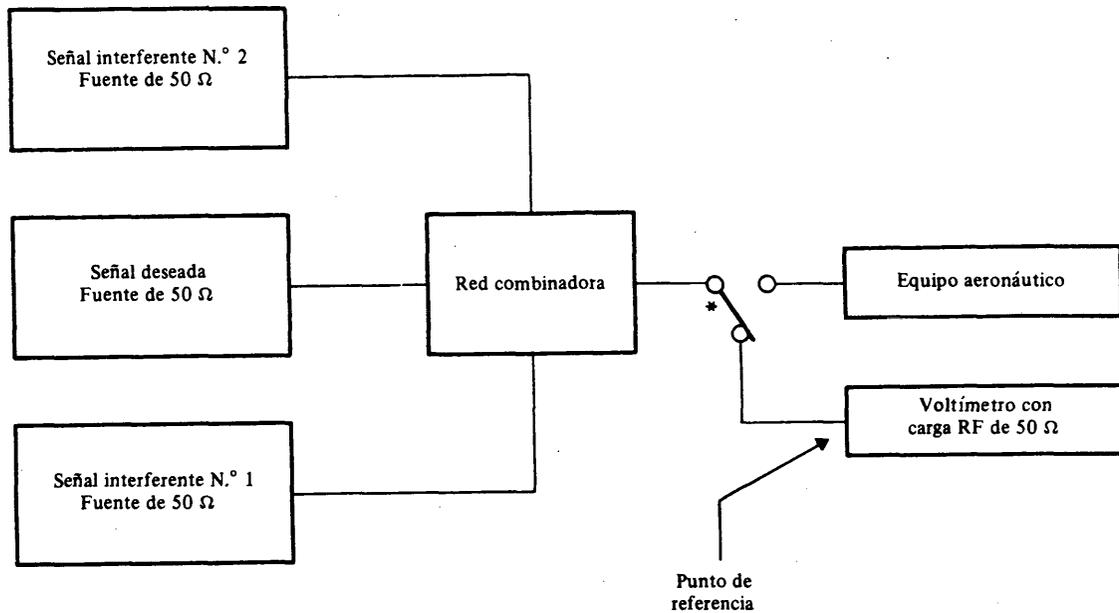


FIGURA 14- Definición del punto de referencia normalizado para la especificación y medición de la inmunidad de los receptores de a bordo

* Para fijar los niveles en RF se sustituye el equipo aeronáutico por un voltímetro con carga de 50 Ω.

3.4 ————— Resultados de un programa de pruebas conjunto canadiense-estadounidense.

3.4.1 Descripción de las pruebas

3.4.2 Interferencia de tipo A2

3.4.2.1 Las pruebas tenían por objeto determinar el grado de interferencia causada por la energía de banda lateral procedente de señales de radiodifusión MF en un localizador ILS y, en menor grado, las características de funcionamiento de un VOR.

3.4.2.2 Los resultados de un programa limitado de pruebas anterior se sometieron como Contribución al Grupo Interino de Trabajo Mixto 8-10/1 en mayo de 1984. Esos resultados sirvieron de base para establecer los criterios de interferencia tipo A1/A2 en el Informe del Grupo Interino de Trabajo Mixto 8-10/1 y posteriormente fueron aceptados por el Acuerdo de Ginebra de 1984 y utilizados como base para el establecimiento de los criterios de protección A1/A2 que figuran en los § III y IV del apéndice 1 de sus Actas Finales. Los resultados aquí reseñados extienden la base de datos a 15 receptores (9 de los tipos utilizados por la aviación en general y 6 de los tipos empleados por empresas de transporte aéreo).

3.4.2.3 Cada receptor del localizador ILS fue sometido a cuatro modulaciones diferentes MF, utilizadas para simular señales de radiodifusión MF: ruido coloreado del CCIR, ruido rosa, voz pregrabada y música rock. Aunque, en la mayoría de las pruebas, se utilizó un nivel mínimo de señal deseada, en algunas se utilizaron niveles más elevados, a fin de determinar si los receptores funcionaban en su gama lineal. Para las aproximaciones de aviones simuladas en el eje y fuera del eje, se grabaron datos del indicador de agujas cruzadas y del indicador semafórico. Para el análisis de mecanismos, se grabaron datos AGC.

3.4.3 Interferencia de tipo B2

3.4.3.1 Se examinaron los umbrales de sobrecarga del receptor del localizador ILS causados por las señales de radiodifusión MF.

3.4.3.2 En la fuente interferente, se emplearon señales portadoras puras (OC - onda continua) para determinar los umbrales de desensibilización tipo B2.

3.4.4 Interferencia de tipo B1

3.4.4.1 Se efectuaron pruebas de interferencia de intermodulación de receptor en 13 receptores localizadores ILS, tanto del tipo empleado en las líneas aéreas como en la aviación en general.

3.4.4.2 Durante las pruebas, se observó, en primer lugar, la sensibilidad de los receptores a los diferentes tipos de modulación empleados para simular señales de radiodifusión MF. Las pruebas se llevaron a cabo con una señal deseada y sin señal deseada.

3.4.4.3 Se tomó una serie completa de datos del nivel equiseñal para productos de intermodulación del receptor de tercer orden con dos y tres señales en las frecuencias de localizador 108,1, 109,1 y 110,1 MHz. Los resultados obtenidos se compararon con los calculados a partir de las fórmulas de inmunidad actuales **y futuras presentadas en el Acuerdo de Ginebra de 1984. En los tres foros, OACI, Grupo Interino de Trabajo Mixto y el Acuerdo de Ginebra de 1984, se adoptaron las mismas fórmulas de inmunidad futura. Esas fórmulas figuran en el Anexo III.**

3.4.4.4 Se probaron diversos receptores para examinar los efectos de los distintos niveles de señal deseada del localizador sobre el umbral de interferencia, así como los efectos de los niveles desiguales de la señal interferente.

3.5 Pruebas tipo A2/B2

3.5.1 Introducción

3.5.2 Durante los meses de agosto y septiembre de 1984, se probaron 20 receptores, en total, en los laboratorios ARINC, Annapolis, Maryland, Estados Unidos de América, para determinar los efectos de la interferencia tipo A2/B2. En el cuadro X figura la lista de los receptores probados.

CUADRO X

Unidades sometidas a prueba (UUT)
King KX-175B
KNS-80
KN-53
KNS-81
KNR-615
Collins VIR 351 TSO
51RV 1
51RV 1A
51RV 2B
ILS 70
Cessna ARC RT 385A
Narco NAV 121
NAV 825
Bendix RNA 26C
RNA 34A

3.6 Procedimiento seguido en las pruebas

3.6.1 La fig. 15 ilustra el esquema seguido en todas las pruebas.

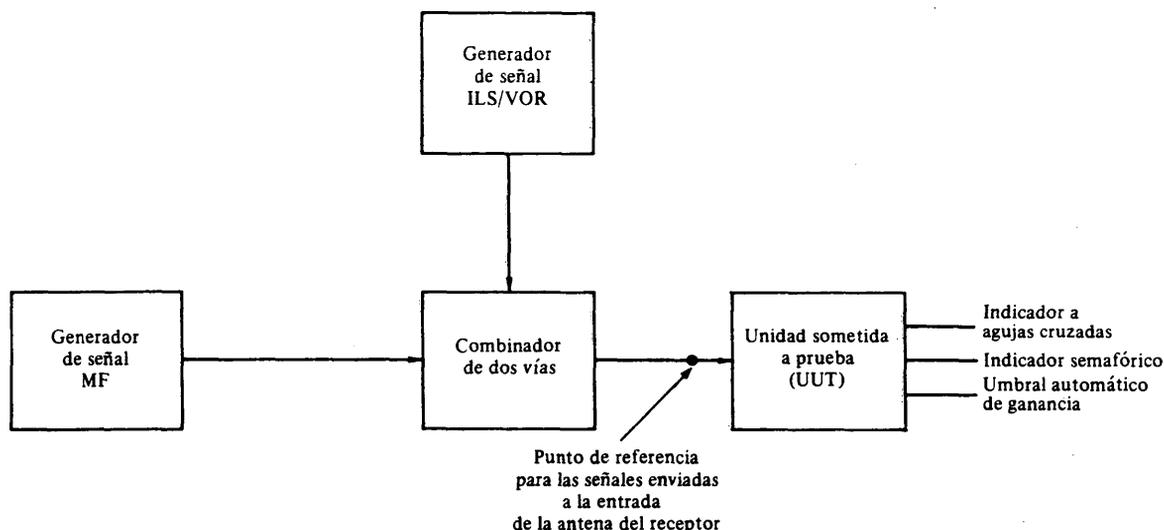


FIGURA 15 - Diagrama esquemático del equipo de prueba de la interferencia tipo A2/B2

3.6.2 Para las pruebas A2/B2, la señal deseada (D) modulada en amplitud simulaba la señal de un localizador de tierra con una frecuencia portadora de 108,1 MHz. Se utilizaron diferencias en la profundidad de modulación (DPM) de 0,0 y 0,093. Una DPM igual a 0 corresponde a una aproximación en el eje. Una DPM igual a 0,093 corresponde a la desviación típica de 90 μ A y es un punto de calibración de receptores especificado por los fabricantes. Se examinó la linealidad del rendimiento del receptor ILS variando el nivel de la señal deseada de -76 dBm a -106 dBm siempre que fue posible y midiendo la relación señal deseada/señal no deseada en cada nivel.

3.6.3 Se enviaron varias señales no deseadas a la entrada de la antena de la unidad probada junto con una señal deseada. Para cada punto de registro de datos se introdujo la señal no deseada a un nivel no detectable, que fue aumentándose hasta que se rebasó el umbral de interferencia del indicador de agujas cruzadas y del indicador semafórico, utilizándose para la observación un multímetro, un registrador de banda y la observación visual de la acción semafórica.

3.6.4 Las transmisiones MF utilizadas fueron:

- parte de una rutina que comprende la palabra, la risa, el aplauso y periodos de silencio, y
- música grabada a partir de programas de radiodifusión MF radiados por una emisora que comprendían pasajes estridentes y suaves.

El ruido coloreado del CCIR se generó haciendo pasar el ruido blanco por un filtro cuyas características se describen en la fig. 2, curva B, de la Recomendación 559. El ruido rosa se generó con una fuente adecuada.

3.6.5 La desviación de cresta se ajustó en 75 kHz (norma de radiodifusión). La señal MF se ajustó hasta la desviación de cresta, en vista de que la entrada audio rebasaba el límite de 75 kHz en no más de 10 veces por minuto (norma de radiodifusión).

3.6.6 Para las pruebas A2 y B2, se generó una sola señal MF simulada. La aproximación al umbral de interferencia (véase el §3.4.7) se hizo por la parte inferior. Si se alcanzaba antes el umbral del indicador de agujas cruzadas, se volvía a aumentar la señal MF hasta alcanzar también el umbral del indicador semafórico.

3.6.7 Criterios de interferencia

3.6.7.1 Indicador de agujas cruzadas

Cambio en la corriente del indicador de agujas cruzadas igual o mayor que $\pm 9 \mu\text{A}$ que se prolonga durante un periodo de tiempo igual o superior a unos 0,2 s. Las fluctuaciones que duran menos de unos 200 ms no se consideran significativas, ya que su efecto sobre la actividad del indicador de agujas cruzadas es despreciable.

3.6.7.2 Bandera ————— (con señal deseada)

Aparición de la bandera durante un periodo de tiempo igual o superior a 1 a 2 s. La aparición de la bandera indica una señal deseada inutilizable.

3.6.7.3 Bandera ————— (señal no deseada)

Desaparición de la bandera durante un periodo de tiempo igual o superior a 1 a 2 s. La desaparición de la bandera es una indicación de que se está en presencia de una señal deseada que puede utilizarse.

3.7 Resultados de las pruebas

3.7.1 Observaciones generales sobre las pruebas

3.7.1.1 En las pruebas, se utilizaron receptores de los tipos empleados por las empresas de transporte aéreo y por la aviación en general. Los resultados de las pruebas trascendieron los tipos, es decir, no es posible hacer afirmaciones generales sobre qué grupo presentaba las peores y las mejores características de funcionamiento. Se observó una amplia gama de respuesta de un modelo a otro. Se comprobó que los resultados, sorprendentemente, no variaban de una unidad a otra de igual modelo.

3.7.2 Interferencia A2/B2

3.7.2.1 Uno de los objetivos de las pruebas era determinar si la interferencia detectada era del tipo A2 (bandas laterales de la señal no deseada recibida dentro de la banda de paso del receptor) o del tipo B2 (desensibilización debida a una señal desintonizada intensa). Para determinar este extremo, se comparó la relación de protección para OC con la de la señal MF (sin cambiarse los demás parámetros). La interferencia procedente de OC debe de ser del tipo B2, ya que no presenta bandas laterales. Cuando la relación de protección con modulación era la misma que sin modulación, se supuso que ambas eran del tipo B2. En otras palabras, cuando las relaciones de protección son las mismas, cualquier energía de banda lateral recibida en la banda de paso del receptor no constituye el factor determinante. Cuando la relación de protección con modulación era elevada (recibiendo una señal no deseada menor para rebasar el mismo umbral), se supuso que se trataba del tipo A2.

3.7.2.2 Los resultados de las pruebas con interferencia A2/B2 se muestran en la fig. 16 de manera global. Las curvas actual y futura de los criterios de inmunidad a la interferencia B2 de la fig. 23 se reproducen en parte en la fig. 16. La totalidad de los receptores actuales exceden los actuales criterios de inmunidad, es decir, los puntos de datos caen por debajo de la curva superior. La curva de inmunidad futura representa una mejora de 10 dB. Más de la mitad de los receptores requerirán una mayor inmunidad para satisfacer los futuros criterios para todas las Δf .

3.7.2.3 Los resultados de las pruebas revelan que la forma exacta de modulación MF utilizada como referencia en las pruebas no parecía diferir mucho de las relaciones de protección para interferencia de tipo A2/B2. En general, los datos de los efectos de la interferencia de tipo A2 y B2 para $\Delta f > 200 \text{ kHz}$ no difieren en más de 2 dB.

Sin embargo, para algunos de los tipos de receptores probados, la fuente interferente de DC únicamente (tipo B2) requería un nivel de señal superior que una fuente interferente con modulación MF para casos aislados hasta una Δf de 800 kHz. Este resultado era inesperado.

3.7.2.4 Para algunas combinaciones concretas de receptor frecuencia, la relación de protección para interferencia DC era realmente superior que para modulación MF, lo que puede deberse a que la frecuencia de la señal no deseada cae sobre una frecuencia de respuesta no esencial de la unidad sometida a prueba (UUT – units under test). La señal MF con su ancho espectro depositaría sólo una pequeña cantidad de su energía en esa frecuencia. La señal DC depositaría toda o la mayor parte de su energía en esa frecuencia, y requeriría una menor señal DC para tener el mismo efecto que la señal modulada.

3.7.2.5 En la mayoría de las pruebas, el umbral de interferencia del indicador de agujas cruzadas y de bandera se excedió antes de que se oyese una interferencia audio significativa en el canal de identificación.

3.7.2.6 Los datos CAG FI, sin ser concluyentes, parecen indicar que en muchos casos la UUT fue desensibilizada por el CAG RF, y no llegaron señales al amplificador FI. Los datos CAG FI y RF se registraron para un receptor, y los resultados son consecuentes con esa hipótesis.

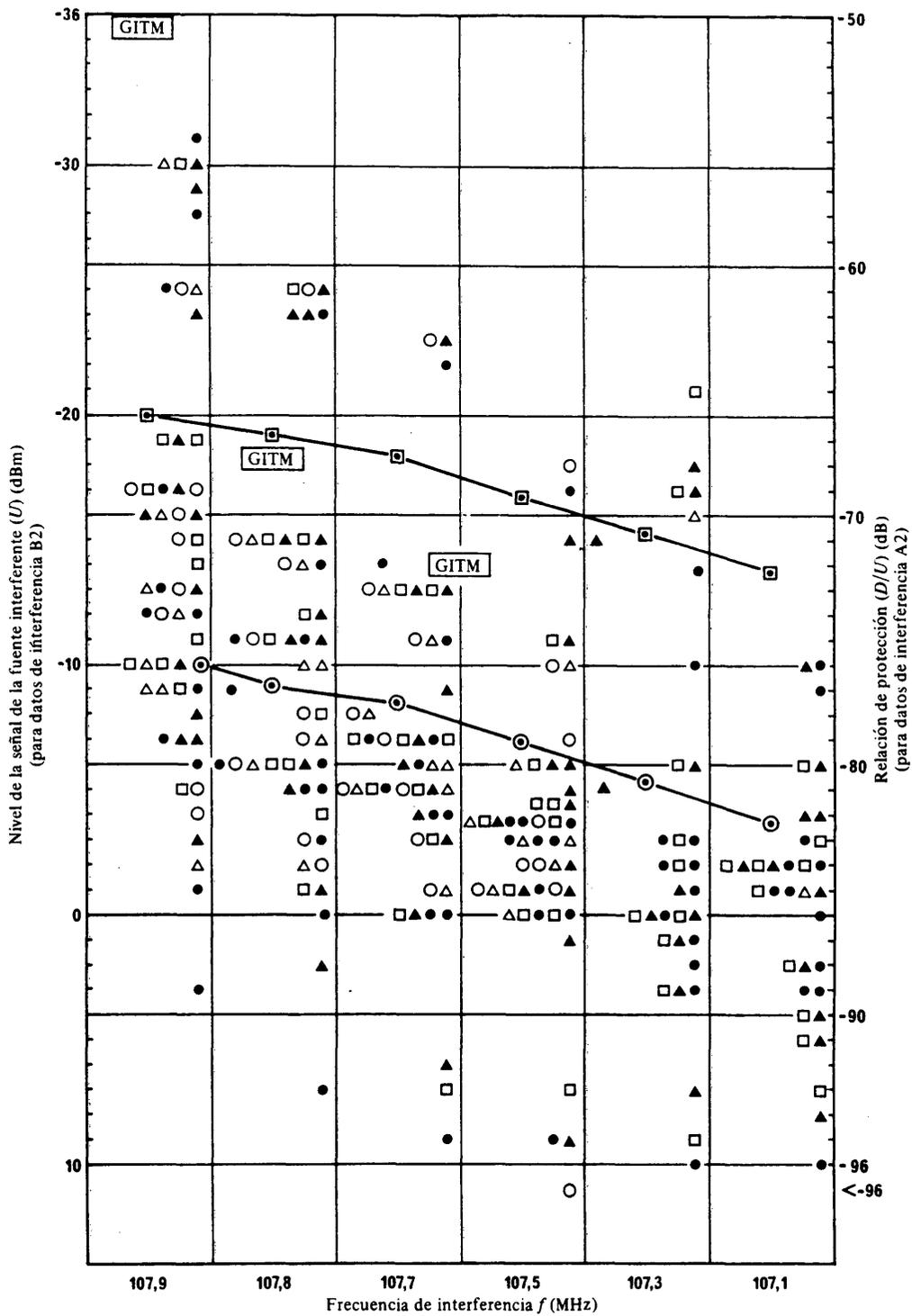


FIGURA 16 - Relaciones de protección para un receptor del localizador ILS

Interferencia de tipo A2/B2
 Frecuencia ILS = 108,1 MHz

- Onda continua
- ▲ Ruido CCIR
- Ruido rosa
- △ Voz
- Música rock

$\Delta I = 9 \mu A$
 $D = -86 \text{ dBm}$
 $DPM = \pm 0,093$

GITM : Inmunidad al tipo A2

Umbral de inmunidad al tipo B2:

- ⊙ Futuros
- ▣ Actuales

3.7.2.7 Los datos de interferencia A1/A2 se obtuvieron para niveles de señal deseada de -76 , -86 , -96 y -106 dBm cuando fue posible, para determinar si los receptores funcionaban linealmente a -86 dBm. Los resultados indican que en algunos casos los receptores bordeaban la sobrecarga para un nivel de señal deseada de -76 dBm. Sin embargo, otros presentaban relaciones lineales, es decir, se obtuvo la misma relación D/U para la gama de D de -76 dBm a -96 dBm.

3.7.2.8 La mayoría de los receptores alcanzaron el umbral del indicador de agujas cruzadas antes de llegar al umbral de bandera. Algunos receptores desensibilizaban al indicador de agujas cruzadas tan pronto como aparecía la bandera, pero otros no. Algunos receptores probados presentaban grandes errores del indicador de agujas cruzadas antes de que apareciera la bandera, y en algunas UUT la bandera nunca aparecía para niveles de interferencia hasta el valor máximo probado, de $+10$ dBm.

3.7.2.9 Los efectos de la interferencia sobre el indicador de agujas cruzadas causaban el máximo alejamiento de la línea central, por ejemplo, con una señal deseada con una diferencia de profundidad de modulación (DPM) de 0,093. Cuando se hallaba en la línea central, 0 de DPM, la bandera se visualizaba antes de que se excediese el umbral del indicador de agujas cruzadas. A menudo el umbral del indicador no se excedía hasta $+10$ dBm.

- Una explicación es que la interferencia afecta por igual a los filtros de 90 y 150 Hz, y tiende a desplazar el indicador de agujas cruzadas hacia el centro, creando el espejismo de que se halla más próximo a la línea central de lo que realmente está (es decir, ensanchando el trayecto de aproximación). Esto se observó para la inmensa mayoría de las pruebas con una DPM de 0,093.
- Cuando el receptor recibe una señal ILS de línea central, este efecto se enmascara. El efecto predominante de la interferencia sobre la línea central es el de sensibilizar el receptor con respecto a la señal deseada, produciendo una visualización de la bandera aun en presencia de una buena señal.

3.7.2.10 Se vio que se producían grandes errores en el indicador de agujas cruzadas de resultados de la recepción de una fuerte señal MF. Este tipo de interferencia podía interpretarse como un derrotero válido, pues se producía con la bandera aún escondida. En algunos receptores este error asumió la forma de una terminante indicación de «volar hacia la izquierda».

3.8 Pruebas con interferencia de tipo B1

3.8.1 Introducción

3.8.1.1 Se probaron en total 13 receptores para determinar los efectos de la interferencia de tipo B1 en los Transport Canada Laboratories de Ottawa, Canadá, en mayo de 1984.

3.8.2 Procedimiento de prueba

3.8.2.1 Los receptores localizadores ILS de tipo compañía aérea y de tipo aviación general que a continuación se indican se sometieron a pruebas de intermodulación de tercer orden (tipo B1) por dos y tres señales:

- Bendix RNA 26C
- Bendix RNA 34A
- Cessna RT 385A
- Collins 51RV 1
- Collins 51RV 1A
- Collins ILS 70
- Collins VIR 351
- King KNR-615 (dos unidades)
- King KNS-80
- King KX-175B
- Narco NAV 121
- Narco NAV 825

3.8.2.2 Se realizaron primero pruebas para determinar la sensibilidad de estos receptores a diversos tipos de modulación de las señales de interferencia que causan interferencia de intermodulación, a saber, ruido coloreado del CCIR (según la Recomendación 559), ruido rosa y grabaciones musicales en cinta. Las frecuencias de radiodifusión elegidas para crear productos de intermodulación mediante dos y tres señales correspondían a señales de radiodifusión de la región de Ottawa. Las señales de radiodifusión reales captadas por una antena se aplicaron a los receptores de localizador para ofrecer una base de comparación con los demás tipos de modulación.

3.8.2.3 Utilizando una modulación apropiada basada en las pruebas de sensibilidad a la modulación citadas, se sometieron a prueba todos los receptores para determinar los efectos de la intermodulación por dos y tres señales sobre las frecuencias del localizador 108,1, 109,1 y 110,1 MHz.

3.8.2.4 En algunos receptores, se realizaron pruebas adicionales para investigar el efecto del aumento del nivel de la señal del localizador deseado y el efecto de niveles de señal interferente desiguales.

3.8.2.5 El diagrama de bloques del dispositivo de las pruebas con tres señales se muestra en la fig. 17. La excursión máxima para modulación de las señales de radiodifusión (modo estéreo) era el valor normalizado norteamericano de 75 kHz de cresta. El máximo nivel equiseñal generado por la disposición de prueba era de -5 dBm. Cuando se utilizaban señales de radiodifusión reales, se aplicaban directamente a los receptores desde una antena situada fuera del laboratorio de prueba y se atenuaban en caso necesario a partir de un nivel equiseñal máximo de -15 dBm.

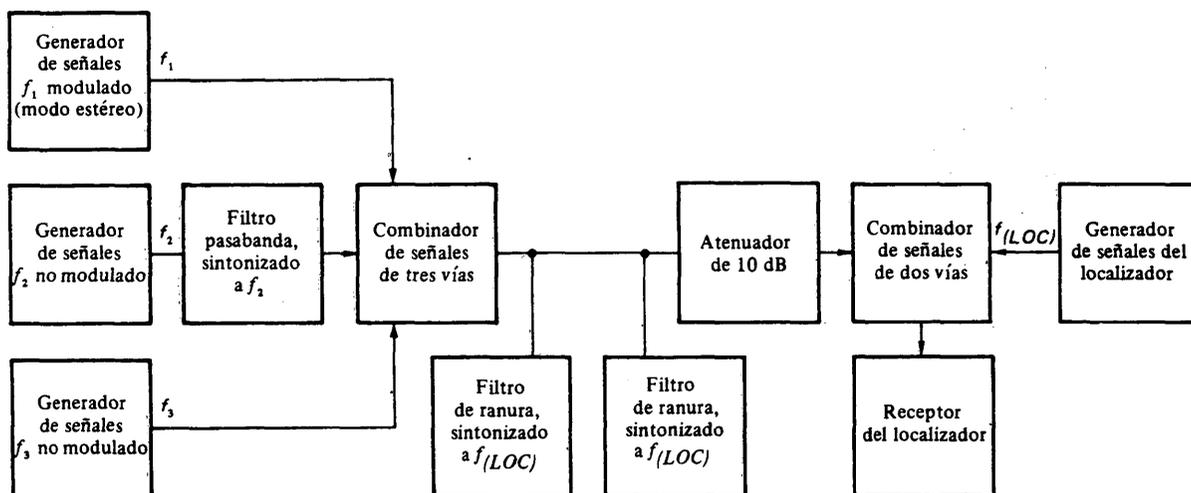


FIGURA 17 - Diagrama esquemático del equipo de prueba con tres señales, tipo B1

f_1, f_2, f_3 : Frecuencias de radiodifusión, $f_1 > f_2 > f_3$

$f_{(LOC)}$: Frecuencia del localizador

3.8.2.6 Se utilizaron como criterios de interferencia la aparición de la bandera o una variación de $7,5 \mu A$ en la corriente del indicador de agujas cruzadas para una señal del localizador con una diferencia de profundidad de modulación (DPM) de 0,093 (90 Hz > 150 Hz). A la salida de la antena isótropa sin pérdidas y del alimentador, el campo localizador mínimo de $32 \mu V/m$ produce una señal recibida de -86 dBm; para fines de prueba, se utilizó un nivel de señal deseada de -89 dBm, para tener en cuenta la pérdida del distribuidor de señales en una instalación de receptor de localizador típica de aeronave. En las pruebas en las que no existía señal deseada, el criterio de interferencia era que la bandera bajaba durante un periodo de tiempo superior a 1 s. Los niveles equiseñal de la señal interferente se registraban siempre que se excedía el criterio de interferencia.

3.8.3 Resultados de las pruebas

3.8.3.1 Pruebas de sensibilidad a la modulación

3.8.3.1.1 Los resultados de las pruebas de sensibilidad a la modulación se indican en el cuadro XI para el caso de dos señales $2(106,9) - 105,3 = 108,5$ MHz y en el cuadro XII para el caso de 3 señales $106,1 + 105,3 - 103,3 = 108,1$ MHz.

CUADRO XI - Efecto de la modulación sobre los niveles constantes de señal para el producto de intermodulación con dos señales:
 $2(106,9) - 105,3 = 108,5 \text{ MHz}$

Estado de la señal del localizador	Modulación		Niveles constantes de señal medidos (dBm)													
	f_1 (MHz) 106,9	f_2 (MHz) 105,3	RX A	RX B	RX C	RX D	RX E	RX F	RX G	RX H	RX I	RX J	RX K	RX L 108,50	RX L 108,55	RX M
Conectado	En el aire	En el aire	-27	-24	-20	-21	-23	-20	-27	-34	-29	-33	-39	-37	-34	-39
Conectado	CCIR	Onda continua	-26	-24	-20	-21	-23	-19	-27	-33	-28	-34	-38	-36	-34	-38
Conectado	Onda continua	CCIR	-27	-25	-21	-22	-24	-19	-28	-34	-28	-34	-39	-36	-32	-39
Conectado	Rosado	Onda continua	-26	-24	-20	-21	-23	-19	-27	-33	-28	-33	-38	-36	-34	-38
Conectado	Onda continua	Rosado	-27	-25	-21	-	-24	-19	-28	-34	-29	-34	-39	-36	-32	-39
Conectado	Cinta	Onda continua	-28	-25	-21	-23	-23	-19	-28	-35	-29	-35	-40	-38	-34	-40
Desconectado	En el aire	En el aire	-30	-34	Nulo	-26	Nulo	Nulo	Nulo	-30	Nulo	-37	Nulo	Nulo	-39	Nulo
Desconectado	CCIR	Onda continua	Nulo	-28	Nulo	-24	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	-22	Nulo	Nulo	-39	Nulo
Desconectado	Onda continua	CCIR	Nulo	-10	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	-	-	Nulo	Nulo	Nulo	-36	Nulo
Desconectado	Rosado	Onda continua	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo
Desconectado	Onda continua	Rosado	Nulo	Nulo	Nulo	-	Nulo	Nulo	Nulo	-	-	Nulo	Nulo	-	Nulo	-
Desconectado	Cinta	Onda continua	-27	-33	Nulo	-27	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	-33	Nulo	Nulo	-38	Nulo

RX: receptor

- 3.8.3.1.2 En las pruebas en las que existía señal del localizador deseado, el cambio de tipo de modulación producía sólo una variación de 1 a 2 dB en los niveles equiseñal, que concordaba mucho con los obtenidos con señales de radiodifusión reales.
- 3.8.3.1.3 En las pruebas en las que no existía señal deseada, las señales reales podían causar interferencia aproximadamente en la mitad de los receptores probados en el caso de dos señales y en un tercio aproximadamente de los receptores en el caso de tres señales. Se observó que cuando el indicador de bandera desaparecía (lo que indicaba erróneamente la presencia de una señal de localizador válida) el nivel equiseñal era de algunos dB hasta 10 dB menor que el necesario para producir interferencia de tipo B1 cuando existía una señal del localizador. La modulación por ruido coloreado del CCIR no pudo causar interferencia en el caso de tres señales; sin embargo, en el caso de dos señales, la modulación por ruido coloreado de f_1 (la máxima frecuencia de radiodifusión MF del producto de intermodulación) pudo causar interferencia en algunos de los receptores, en tanto que una modulación similar de f_2 (la otra frecuencia de radiodifusión) no pudo causar interferencia. La modulación por ruido rosa no pudo causar interferencia en pruebas en las que no existía señal del localizador.
- 3.8.3.1.4 Como prueba adicional en el caso de dos señales, el receptor L se sintonizó en 108,55 MHz, en tanto que el producto de intermodulación permanecía en 108,50 MHz (véase el cuadro XI). Se observó que este receptor era más susceptible a la interferencia cuando había una interferencia de frecuencia de 50 kHz entre el producto de intermodulación y la frecuencia del localizador sintonizado.
- 3.8.3.1.5 Sobre la base de estas pruebas, se utilizó ruido coloreado del CCIR para modular la frecuencia de radiodifusión f_1 en las pruebas de intermodulación de los receptores.

CUADRO XII- Efecto de la modulación sobre los niveles constantes de señal para el producto de intermodulación con tres señales:
 $106,1 + 105,3 - 103,3 = 108,1 \text{ MHz}$

Estado de la señal del localizador	Modulación			Niveles constantes de señal medidos (dBm)												
	f_1 (MHz) 106,1	f_2 (MHz) 105,1	f_3 (MHz) 103,3	RX A	RX B	RX C	RX D	RX E	RX F	RX G	RX H	RX I	RX J	RX K	RX L	RX M
Conectado	En el aire	En el aire	En el aire	-20	-20	Nulo	-20	-22	Nulo	-23	-32	-23	-30	-34	-29	-36
Conectado	CCIR	Onda continua	Onda continua	-20	-21	-17	-20	-22	-16	-24	-34	-25	-30	-36	-30	-36
Conectado	Onda continua	CCIR	Onda continua	-20	-	-17	-20	-22	-17	-24	-32	-24	-30	-36	-30	-35
Conectado	Rosado	Onda continua	Onda continua	-20	-21	Nulo	-20	-22	-16	-24	-32	-24	-30	-36	-30	-36
Conectado	Onda continua	Rosado	Onda continua	-	-	-	-20	-22	-16	-24	-32	-25	-31	-	-30	-36
Conectado	Cinta	Onda continua	Onda continua	-21	-21	-18	-22	-23	-17	-25	-33	-28	-32	-37	-32	-38
Desconectado	En el aire	En el aire	En el aire	-25	-28	Nulo	-24	Nulo	Nulo	Nulo	-	Nulo	-31	Nulo	Nulo	Nulo
Desconectado	CCIR	Onda continua	Onda continua	-	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	-	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo
Desconectado	Onda continua	CCIR	Onda continua	Nulo	-	-	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	-	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo
Desconectado	Rosado	Onda continua	Onda continua	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	-	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo
Desconectado	Onda continua	Rosado	Onda continua	-	-	-	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	-	Nulo	Nulo	-	-	-
Desconectado	Cinta	Onda continua	Onda continua	-16	-6	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	-	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo

RX: receptor

3.8.3.2 Pruebas de intermodulación de los receptores

3.8.3.2.1 Los resultados de las pruebas con dos señales se recogen en el cuadro XII y se representan en las figs. 18, 19 y 20 para frecuencias del localizador de 108,1, 109,1 y 110,1 MHz, respectivamente. Análogamente, los resultados de las pruebas con tres señales se recogen en el cuadro XIII y se representan en las figs. 21, 22 y 23. Además de los datos de prueba de niveles equiseñal, se calcularon también niveles teóricos utilizando las siguientes fórmulas diferentes que se detallan en el Anexo III.

- Las fórmulas de inmunidad existentes en las Actas Finales de la CARR-1(2), denominadas "Acuerdo de Ginebra, 1984 - Inmunidad existente" en los cuadros XIII y XIV.
 - Las fórmulas de inmunidad futuras de las Actas Finales de la CARR-1(2), denominadas "Acuerdo de Ginebra, 1984 e Inmunidad futura OACT" en los cuadros XIII y XIV.
- Obsérvese que la fórmula para tres señales se derivó en el § 4.

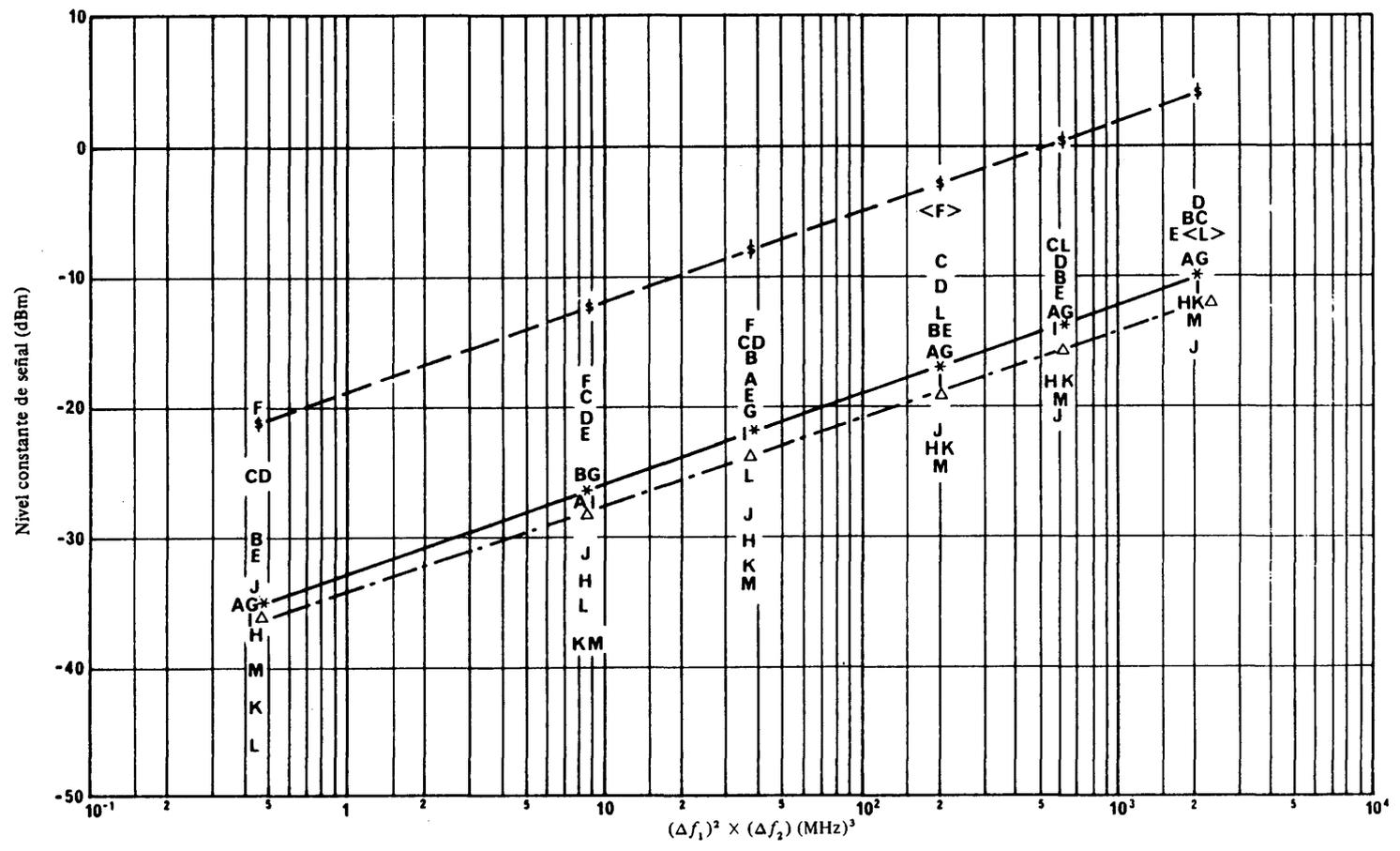


FIGURA 18 – Dos señales de intermodulación en 108,1 MHz

— * Inmunidad actual Acuerdo de Ginebra, 1984 A-M: Datos correspondientes a los receptores A hasta M, del cuadro XIII
 - - † Inmunidad futura Acuerdo de Ginebra, 1984 <>: Límite de amplitud máximo del equipo de ensayo; el nivel real de equisignales es superior a este nivel
 - · - Δ Inmunidad futura OACI

$$\Delta f_i = f_{(LOC)} - f_i$$

$f_{(LOC)}$: frecuencia del localizador (MHz)
 f_i : frecuencia de radiodifusión (MHz)
 $f_1 > f_2$
 $i = 1, 2$

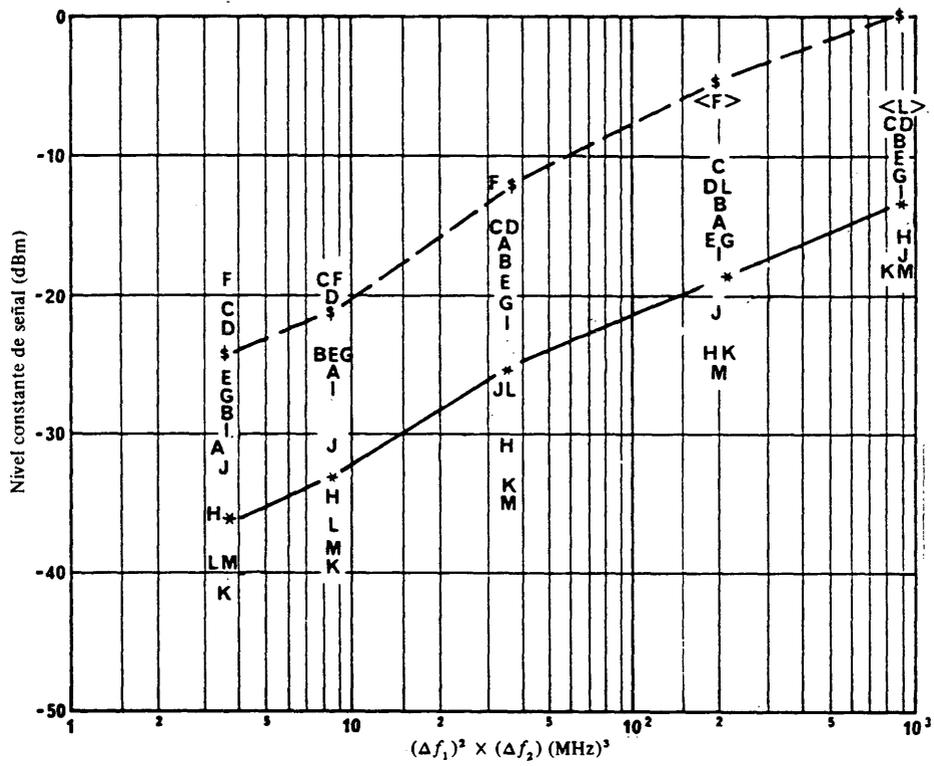


FIGURA 19 - Dos señales de intermodulación en 109,1 MHz

— * Inmunidad actual Acuerdo de Ginebra, 1984
 - - \$ - Inmunidad futura Acuerdo de Ginebra, 1984,
 } Inmunidad futura OACI

A-M: Datos correspondientes a los receptores A hasta M,
 del cuadro XIII.
 <>: Límite de amplitud máximo del equipo de ensayo;
 el nivel real de equisñales es superior a este nivel

$$\Delta f_i = f_{(LOC)} - f_i$$

$f_{(LOC)}$: frecuencia del localizador (MHz)

f_i : frecuencia de radiodifusión (MHz)

$$f_1 > f_2$$

$$i = 1, 2$$

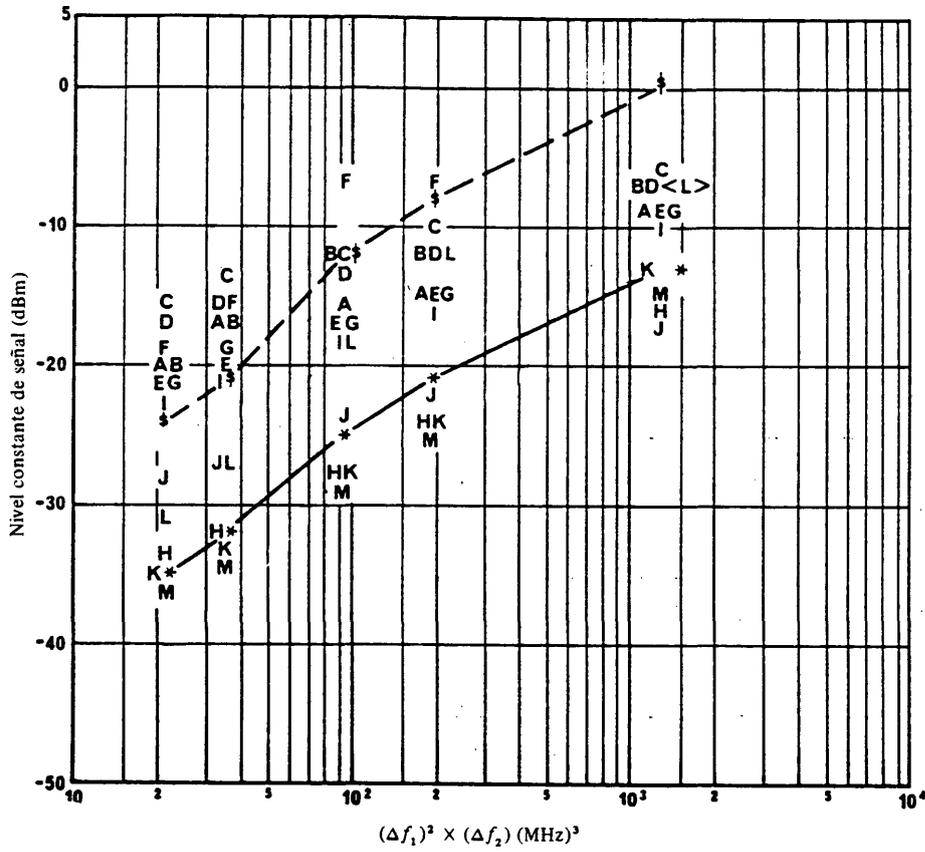


FIGURA 20- Dos señales de intermodulación en 110,1 MHz

— * Inmunidad actual Acuerdo de Ginebra, 1984;
 - - \$ - Inmunidad futura Acuerdo de Ginebra, 1984
 } Inmunidad futura OACI

A-M: Datos correspondientes a los receptores A hasta M, del cuadro XIII

<>: Límite de amplitud máximo del equipo de ensayo; el nivel real de equiseñales es superior a este nivel

$$\Delta f_i = f_{(LOC)} - f_i$$

$f_{(LOC)}$: frecuencia del localizador (MHz)

f_i : frecuencia de radiodifusión (MHz)

$f_1 > f_2$

$i = 1, 2$

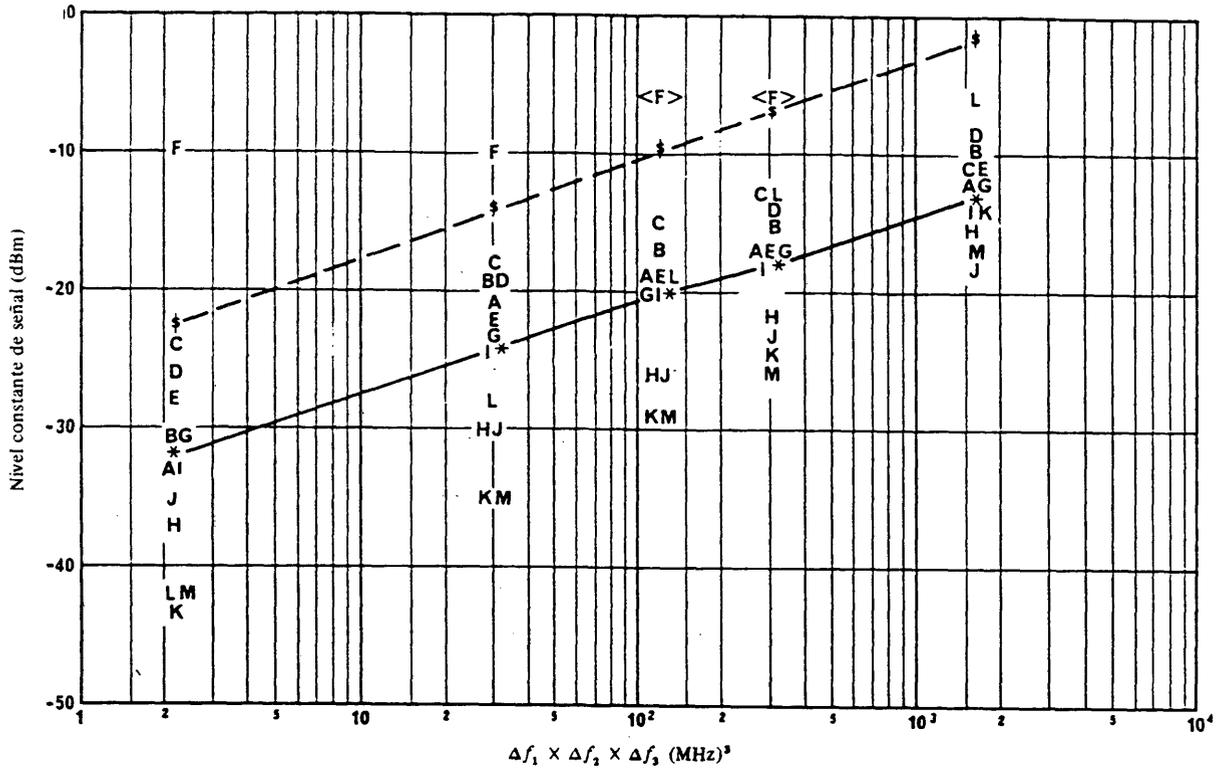


FIGURA 21 - 3 señales de intermodulación en 108,1 MHz

— * Inmunidad actual Acuerdo de Ginebra, 1984
 - - - } Inmunidad futura Acuerdo de Ginebra, 1984
 } Inmunidad futura OACI

A-M: Datos correspondientes a los receptores A hasta M, del cuadro XIV

<>: Límite de amplitud máximo del equipo de ensayo; el nivel real de equisñales es superior a este nivel

$$\Delta f_i = f(LOC) - f_i$$

$f(LOC)$: frecuencia del localizador (MHz)

f_i : frecuencia de radiodifusión (MHz)

$$f_1 > f_2 > f_3$$

$$i = 1, 2, 3$$

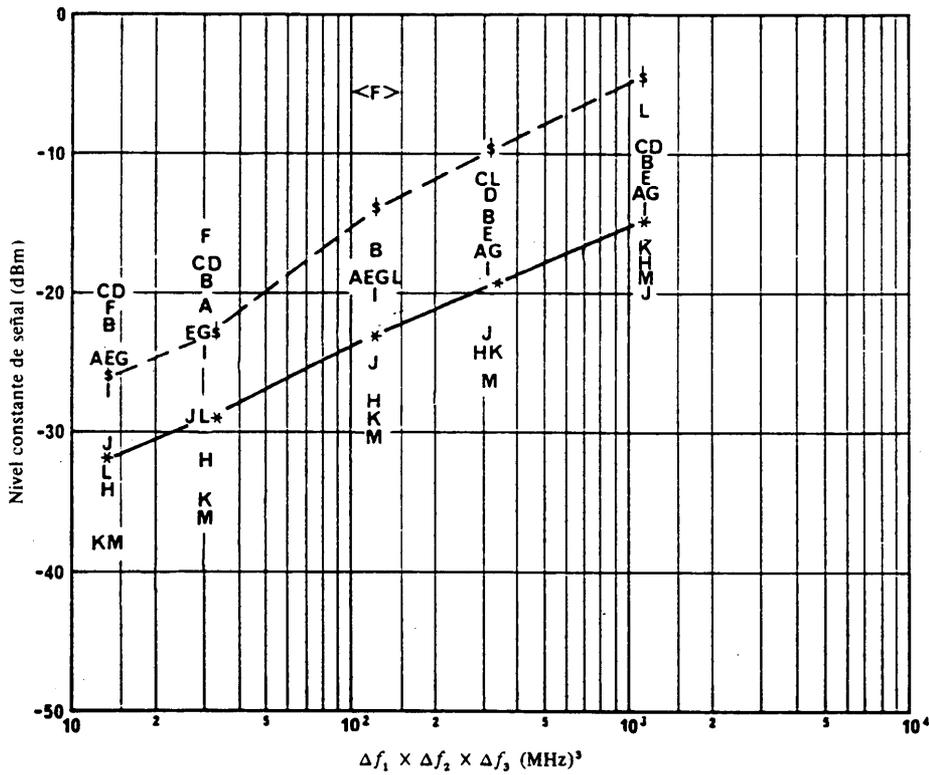


FIGURA 22 - 3 señales de intermodulación en 109,1 MHz

- * Inmunidad actual Acuerdo de Ginebra, 1984
 - - - * Inmunidad futura Acuerdo de Ginebra, 1984.
 - } Inmunidad futura OACI
- A-M: Datos correspondientes a los receptores A hasta M, del cuadro XIV
- <>: Límite de amplitud máximo del equipo de ensayo; el nivel real de equiseñales es superior a este nivel
- $\Delta f_i = f_{(LOC)} - f_i$
- $f_{(LOC)}$: frecuencia del localizador (MHz)
- f_i : frecuencia de radiodifusión (MHz)
- $f_1 > f_2 > f_3$
- $i = 1, 2, 3$

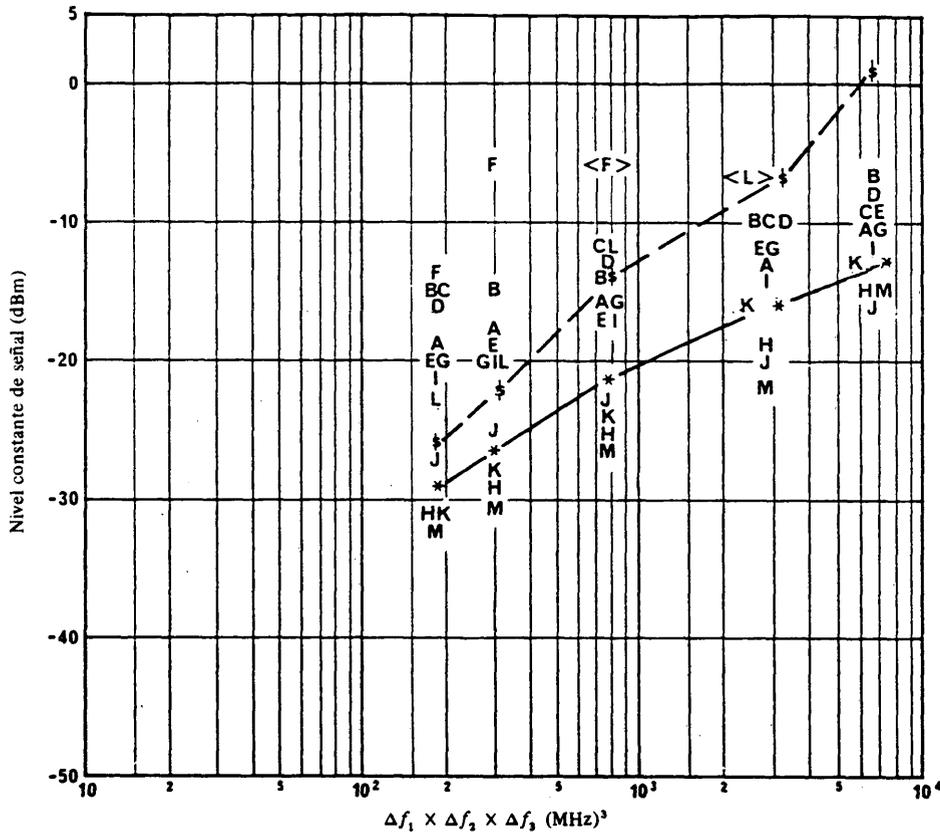


FIGURA 23- 3 señales de intermodulación en 110,1 MHz

— * Inmunidad actual Acuerdo de Ginebra, 1984
 - - \$ - } Inmunidad futura Acuerdo de Ginebra, 1984
 } Inmunidad futura OACI

A-M: Datos correspondientes a los receptores A hasta M, del cuadro XIV

<>: Límite de amplitud máximo del equipo de ensayo; el nivel real de equisignales es superior a este nivel

$$\Delta f_i = f_{(LOC)} - f_i$$

$f_{(LOC)}$: frecuencia del localizador (MHz)

f_i : frecuencia de radiodifusión (MHz)

$$f_1 > f_2 > f_3$$

$$i = 1, 2, 3$$

CUADRO XIII- Niveles constantes de señal medidos y calculados para la prueba con dos señales.
interferencia de intermodulación (tipo B1) de tercer orden en un receptor

Frecuencias (MHz)			Niveles constantes de señal medidos (dBm)													Equiseñal calculada (dBm)	
f_1	f_2	$f_{loc.}$	RX A	RX B	RX C	RX D	RX E	RX F	RX G	RX H	RX I	RX J	RX K	RX L	RX M	A.G. - Inmu- nidad existente	A.G. OACI - Inmu- nidad futura
107,5	106,9	108,1	-35	-30	-25	-25	-31	-20	-35	-37	-36	-34	-43	-46	-40	-34,5	-20,5
106,5	104,9	108,1	-27	-25	-19	-21	-22	-18	-25	-33	-27	-31	-38	-35	-38	-26,0	-12,0
105,5	102,9	108,1	-18	-16	-15	-15	-19	-14	-20	-30	-22	-28	-32	-25	-33	-21,7	-7,7
103,5	98,9	108,1	-16	-14	-9	-11	-14	> -5	-16	-23	-18	-22	-23	-13	-24	-16,8	-2,8
101,5	94,9	108,1	-13	-10	-8	-9	-11	-	-13	-18	-14	-20	-18	-8	-19	-13,6	+0,3
98,1	88,1	108,1	-9	-6	-6	-5	-7	-	-9	-12	-11	-15	-12	> -7	-13	-10,0	+4,0
107,9	106,7	109,1	-30	-28	-21	-22	-26	-19	-27	-36	-29	-32	-41	-39	-39	-36,4	-24,0
107,5	105,9	109,1	-25	-24	-19	-20	-24	-19	-24	-34	-26	-30	-39	-36	-38	-32,7	-20,5
106,5	103,9	109,1	-16	-17	-15	-15	-19	-12	-20	-30	-21	-26	-33	-26	-34	-25,2	-12,0
104,5	99,9	109,1	-14	-13	-10	-12	-15	> -6	-15	-24	-16	-21	-24	-12	-25	-18,5	-4,9
101,5	93,9	109,1	-	-9	-8	-8	-10	-	-11	-16	-12	-17	-18	> -7	-18	-13,4	+0,3
107,9	105,7	110,1	-20	-20	-16	-17	-21	-19	-21	-34	-23	-28	-35	-31	-36	-34,8	-24,0
107,5	104,9	110,1	-17	-17	-14	-16	-20	-16	-19	-32	-21	-27	-33	-27	-34	-31,6	-20,5
106,5	102,9	110,1	-16	-12	-12	-13	-17	-7	-17	-28	-18	-24	-28	-18	-29	-24,5	-12,0
105,5	100,9	110,1	-15	-12	-10	-12	-15	-7	-15	-24	-16	-22	-24	-12	-25	-20,8	-7,7
101,5	92,9	110,1	-9	-7	-6	-7	-9	-	-9	-16	-10	-17	-13	> -7	-15	-13,2	+0,3

RX: receptor

- Inmunidad actual, Acuerdo Ginebra, 1984
- Inmunidad futura, Acuerdo Ginebra, 1984;
- inmunidad futura OACI

CUADRO XIV - Niveles constantes de señal medidos y calculados para la prueba con tres señales.
interferencia de intermodulación (tipo B1) de tercer orden en un receptor

Frecuencias (MHz)				Niveles constantes de señal medidos (dBm)													Equiseñal calculada (dBm)	
f_1	f_2	f_3	f_{loc}	RX A	RX B	RX C	RX D	RX E	RX F	RX G	RX H	RX I	RX J	RX K	RX L	RX M	A.G.* - Inmuni- dad existente	A.G.** OACI - Inmuni- dad futura
107.5	106.5	105.9	108.1	-33	-31	-24	-26	-28	-10	-31	-37	-33	-35	-43	-42	-42	-31.9	-22.5
106.5	104.5	102.9	108.1	-21	-19	-18	-19	-22	-10	-23	-30	-24	-30	-35	-28	-35	-24.2	-14.0
105.5	102.5	99.9	108.1	-19	-17	-15	-	-19	> -6	-20	-26	-20	-26	-29	-19	-29	-20.2	-9.7
104.5	100.5	96.9	108.1	-17	-15	-13	-14	-17	> -6	-17	-22	-18	-23	-24	-13	-25	-17.5	-6.9
101.5	95.3	88.7	108.1	-12	-10	-11	-9	-11	-	-12	-15	-14	-18	-14	-6	-17	-12.6	-1.7
107.9	106.3	105.1	109.1	-25	-22	-20	-20	-25	-21	-25	-34	-27	-31	-38	-33	-38	-31.8	-26.0
107.5	105.5	103.9	109.1	-21	-19	-18	-18	-23	-16	-23	-32	-24	-29	-35	-29	-36	-28.6	-22.5
106.5	103.5	100.9	109.1	-19	-17	-	-	-19	> -6	-19	-28	-20	-25	-29	-19	-30	-22.5	-14.0
105.5	101.5	97.9	109.1	-17	-15	-12	-13	-16	-	-17	-24	-18	-23	-24	-12	-26	-19.1	-9.7
103.5	97.5	91.9	109.1	-13	-11	-10	-10	-12	-	-13	-18	-14	-20	-17	-7	-19	-14.7	-4.6
107.9	105.3	103.1	110.1	-19	-15	-15	-16	-20	-14	-20	-31	-21	-27	-31	-23	-32	-29.1	-26.0
107.5	104.5	101.9	110.1	-18	-15	-	-	-19	-6	-20	-29	-20	-25	-28	-20	-30	-26.5	-22.5
106.5	102.5	98.9	110.1	-16	-14	-12	-13	-17	> -6	-16	-25	-17	-23	-24	-12	-26	-21.3	-14.0
104.5	98.5	92.9	110.1	-13	-10	-10	-10	-12	-	-12	-19	-14	-20	-16	> -7	-22	-15.9	-6.9
99.5	98.7	88.1	110.1	-10	-7	-9	-8	-9	-	-10	-15	-12	-16	-13	-	-15	-12.7	+0.6

RX: receptor

- * Inmunidad actual, Acuerdo Ginebra, 1984
- ** Inmunidad futura, Acuerdo Ginebra 1984;
inmunidad futura OACI

En las figs. 18 a 23, los parámetros trazados en el eje horizontal son significativos porque el mecanismo de intermodulación depende del producto de las diferencias de frecuencia.

3.8.3.2.2 Las figs. 18 a 23, basadas solamente en resultados de prueba en laboratorio, indican que, aproximadamente, un tercio de los receptores probados no están protegidos por las fórmulas de inmunidad actual Acuerdo de Ginebra de 1984.

3.8.3.2.3 Ninguno de los receptores probados cumplió la especificación de inmunidad futura del Acuerdo de Ginebra, 1984 y de inmunidad futura de la OACI para todas las combinaciones de intermodulación de dos señales en 108,1, 109,1 y 110,1 MHz; sin embargo un receptor rebasó la especificación en 109,1 y 110,1 MHz. Algunos receptores rebasaron la especificación de inmunidad futura en 109,1 y 110,1 MHz para pequeñas diferencias entre las frecuencias del localizador y la frecuencia de radiodifusión más alta.

3.8.3.2.4 Solamente un receptor rebasó la especificación de la posible inmunidad futura para todas las combinaciones de intermodulación de tres señales en 108,1, 109,1 y 110,1 MHz; algunos receptores rebasaron la especificación en 109,1 y 110,1 MHz para pequeñas diferencias entre la frecuencia del localizador y la frecuencia de radiodifusión más alta.

3.8.3.3 Efecto del aumento de los niveles de señal de localizador

3.8.3.3.1 El cuadro XV demuestra el efecto de la variación del nivel de la señal de localizador sobre los niveles de equiseñal interferentes. Para un aumento de 30 dB de la señal de localizador (es decir, de -90 dBm a -60 dBm) el aumento correspondiente en los niveles de equiseñal fue no lineal y varió desde sólo 4 dB para el receptor A hasta 23 dB para el receptor M.

CUADRO XV - Efecto del nivel variable de señal del localizador sobre los niveles de equiseñales de interferencia

Frecuencias (MHz)			Niveles constantes de señal medidos (dBm)																			
			Receptor A				Receptor I				Receptor J				Receptor L				Receptor M			
f_i	f_c	f_{loc}	Señal del LOC (dBm)				Señal del LOC (dBm)				Señal del LOC (dBm)				Señal del LOC (dBm)				Señal del LOC (dBm)			
			-90	-80	-70	-60	-90	-80	-70	-60	-90	-80	-70	-60	-90	-80	-70	-60	-90	-80	-70	-60
107,5	106,9	108,1	-36	-32	-26	-23	-38	-33	-27	-18	-36	-30	-24	-17	-47	-44	-39	-32	-39	-34	-25	-16
106,5	104,9	108,1	-27	-25	-21	-19	-27	-23	-18	-13	-32	-26	-22	-16	-36	-32	-24	-19	-37	-31	-21	-14
105,5	102,9	108,1	-18	-16	-13	-14	-21	-18	-14	-10	-27	-23	-19	-14	-25	-21	-17	-14	-31	-27	-18	-11
103,5	98,9	108,1	-16	-12	-9	-6	-16	-13	-9	-6	-22	-18	-16	-12	-12	-9	-7	-	-22	-20	-12	-7
101,5	94,9	108,1	-13	-9	-6	-	-13	-10	-7	-	-20	-15	-14	-10	-8	> -6	-	-	-17	-15	-8	-
107,9	105,7	110,1	-23	-19	-15	-10																
107,5	104,9	110,1	-21	-18	-13	-9																
106,5	102,9	110,1	-18	-15	-11	-7																
105,5	100,9	110,1	-15	-12	-9	> -7																

3.8.3.4 Efecto de niveles desiguales de señal interferente

3.8.3.4.1 Se probaron tres receptores para determinar si las ecuaciones de la fórmula $2N_1 - N_2 = K$ (tipo B1 de dos señales) son aplicables para niveles de señal no deseada N_1 y N_2 que difieren entre sí. En relación con los cuadros XVI y XVII, se observa que la gama de niveles de señal para las cuales es válida la ecuación varía de +7 dBm a -80 dBm. La diferencia de niveles de señal para un producto de intermodulación dado fue de hasta 62 dB para el caso de dos señales y de 87 dB para el caso de tres señales. La condición límite es la generación de desensibilización del tipo B2 cuando una de las señales es demasiado grande.

CUADRO XVI - Efectos de la interferencia de tipo B1 de dos señales con niveles de señal desigual (que ilustra la amplia gama de niveles de señales para las cuales se aplica la ecuación de tipo B1)

2 señales $2[f_{(1)}] - f_{(2)} = f_{(LS)}$ $f_{(LS)} = 108,7 \text{ MHz}$		
Nivel de la señal interferente (dBm)		$2(N_1) + N_2$ (dBm)
$N_1 (f_1)$	$N_2 (f_2)$	
-50 -20	-7 -68	-107 -108
-10 -40	-71 -9	-91 -89
-30 0	+1 -62	-59 -62
-20 0 10	+5 -38 -60	-35 -38 -40
-10 0 +10	+2 -17 -38	-18 -17 -18

Nota. - Se utilizaron cinco combinaciones de frecuencias diferentes para $f_{(1)}$ y $f_{(2)}$ que dan cinco sumas diferentes.

CUADRO XVII - Efectos de la interferencia de tipo B1 de tres señales con niveles de señal desigual (que ilustra la amplia gama de niveles de señales para las cuales se aplica la ecuación de tipo B1)

3 señales $f_{(1)} + f_{(2)} - f_{(3)} = f_{(LS)}$ $f_{(LS)} = 109,3 \text{ MHz}$			
Nivel de la señal interferente (dBm)			$N_1 + N_2 + N_3$ (dBm)
$N_1 (f_1)$	$N_2 (f_2)$	$N_3 (f_3)$	
+1 -40	-40 +1	+1 +1	-38 -38
-70 -80 -60	+2 +7 -1	+2 +7 -1	-66 -66 -62

Nota. - Se representan dos conjuntos diferentes de frecuencias $f_{(1)}$, $f_{(2)}$ y $f_{(3)}$.

Parte IV del Anexo I - Estados Unidos de América

Efecto de las señales estereofónicas MF y de modulación de subportadora en los criterios de protección para la interferencia de tipo A2 y la interferencia de tipo B2

4.1 Introducción

En América del Norte, la banda de base de la señal moduladora puede extenderse hasta 99 kHz e incluir señales de subportadora, que se añaden a la señal multiplex estereofónica habitual; además, el equipo de procesamiento de audiofrecuencia que se utiliza normalmente en las emisoras de radiodifusión MF altera significativamente la señal multiplex estereofónica, de manera que la señal moduladora de ruido coloreado del CCIR ya no es representativa.

4.2 Método de prueba

Se efectuaron mediciones de la relación de protección en la sección ILS de los receptores, con señales de radiodifusión MF interferentes:

- no moduladas;
- moduladas por la señal de ruido coloreado del CCIR;
- moduladas por una señal sintética de ruido radiofónico;
- moduladas por el ruido coloreado del CCIR y señales de subportadora;
- moduladas por la señal sintética de ruido radiofónico y señales de subportadora.

Se generó y ajustó el ruido de modulación del CCIR de conformidad con los procedimientos estipulados en la Recomendación 559 y en el Informe 796 del CCIR.

La National Public Radio preparó una señal Sintética de Ruido Radiofónico (SRR) para las pruebas con subportadora de radiodifusión MF [1]. El ruido rosa se filtra mediante un filtro pasoalto de 50 Hz y un filtro pasabajo de 15 kHz y está limitado por un circuito recortador especial. Esta mutilación del ruido simula las características de la relación valor de cresta/valor medio, o de densidad, de los procesadores audio típicos. La señal resultante tiene un espectro que es característico de las señales radiofónicas MF procesadas de Norteamérica.

Las señales de subportadora eran subportadoras simples no moduladas, pares de subportadoras no moduladas, y subportadoras moduladas con datos. Las pruebas se efectuaron con tres frecuencias ILS cercanas al límite inferior de la banda de frecuencias, utilizando los siguientes receptores:

CESSNA	RT385A
COLLINS	51RV-1A
COLLINS	VIR351
KING	KX175B
NARCO	NAV121

El nivel de la señal deseada se ajustó a -89 dBm en el puerto de entrada de la sección ILS del receptor NAVCOM. El criterio de interferencia consistió en un cambio de la corriente del indicador de agujas cruzadas de 7,5 microamperios para una señal de localizador con una diferencia de profundidad de la modulación (DDM) de 0,093. Se utilizaron las tres frecuencias de canal superior de la banda MF como señal de radiodifusión MF no deseada. Se ajustó el nivel de la señal MF a un mínimo, y luego se lo aumentó hasta que se produjo interferencia en el receptor objeto de prueba. La señal de modulación de ruido coloreado conforme a las normas del CCIR produce, después de la preacentuación, una excursión de cresta de la portadora MF de 100% (75 kHz). Cuando se añadieron subportadoras a la señal de modulación, se obtuvo la excursión total de cresta de la portadora añadiendo la excursión de la subportadora a la excursión ajustada de la señal estereofónica.

4.3 Resultados y análisis

4.3.1 Interferencia de tipo A2

Los resultados de las pruebas que figuran en el Cuadro XVIII corresponden a una separación entre portadoras de 200 kHz y a una frecuencia MF de 107,9 MHz.

Con la señal SRR y subportadoras como señal de modulación, se necesita por término medio una protección adicional de 5 dB para cuatro de los receptores probados, y de 10 dB para los restantes. Los datos correspondientes a ruido coloreado del CCIR más subportadoras indican que las relaciones de protección no rebasaron los criterios existentes (o sea, las señales SRR más subportadoras arrojaron los criterios de protección más rigurosos).

De las pruebas se desprende que, cuando la diferencia de frecuencia entre la señal deseada y la señal radiofónica es superior a 300 kHz, el mecanismo de interferencia dominante corresponde a las fórmulas de inmunidad para B2.

4.3.2 Interferencia de tipo B2

Los criterios de inmunidad existentes para B2 figuran en el Cuadro VII.4 del Acuerdo de Ginebra (1984). Las mediciones se efectuaron con separaciones entre portadoras de 400 kHz o superiores, y en las frecuencias ILS de 108,1, 108,3 y 108,5 MHz, asociadas por pares a las frecuencias MF de 107,9, 107,7 y 107,5 MHz. También se utilizaron las diferentes señales de modulación descritas para las pruebas de tipo A2. Los resultados de las pruebas se ofrecen en el Cuadro XIX.

Esos resultados indican que, para separaciones entre portadoras de 400 kHz o superiores, y cuando la emisora de radiodifusión MF funciona en 107,7 MHz o por debajo de esta frecuencia, el hecho de añadir señales subportadoras a la señal de modulación no produce ningún efecto en las fórmulas de inmunidad existentes para B2. Dos tipos de receptores no siguieron esta tendencia general para separaciones de 800 kHz, y ello puede constituir un indicio de una respuesta parásita en los receptores. Hace falta proseguir el estudio de esta cuestión.

Los resultados también señalan que, con separaciones entre portadoras de 400 kHz o superiores, y una portadora modulada de radiodifusión MF de 107,9 MHz, un receptor de los cinco quedó saturado con un nivel de señal no deseada inferior al de la fórmula existente, mientras que los cuatro restantes quedaron saturados con niveles superiores.

REFERENCIAS

- [1] National Association of Broadcasters, Westinghouse Broadcasting Cable Inc., National Public Radio, (30 de agosto de 1983), Increased FM Deviation, Additional Subcarriers and FM Broadcasting.

CUADRO XVIII

Efecto de los sistemas de subportadora MF en las relaciones de protección para la interferencia de tipo A2

		SEÑAL MODULADORA																	
		CCIR SRR		CCIR + 67 kHz SRR + 67 kHz		CCIR + 83 kHz SRR + 83 kHz		CCIR + 92 kHz SRR + 92 kHz		CCIR + Data SC SRR + Data SC		CCIR + 67/83 kHz SRR + 67/83 kHz		CCIR + 67/92 kHz SRR + 67/92 kHz		CCIR + 67/83 kHz SRR + 67/83 kHz		CCIR + 67/92 kHz SRR + 67/92 kHz	
Excursión total (%)		100		105		105		105		105		105		105		110		110	
Receptores																			
Rx 1		-64	-49	-56	-45	-51	-43	-49	-40	-57	-46	-58	-45	-55	-43	-50	-42	-48	-41
Rx 2		-71	-57	-64	-51	-57	-48	-54	-46	-64	-53	-64	-53	-61	-51	-56	-44	-53	-44
Rx 3		-72	-55	-63	-50	-56	-49	-52	-47	-64	-54	-62	-52	-60	-50	-55	-45	-52	-45
Rx 4		-56	-53	-56	-49	-53	-49	-50	-47	-56	-51	-56	-51	-55	-50	-52	-45	-50	-44
Rx 5		-70	-57	-63	-52	-56	-51	-53	-48	-63	-55	-62	-53	-61	-52	-56	-46	-52	-45
Señal deseada: -89 dBm a 108,1 MHz		Señal no deseada 107,9 MHz																	
Acuerdo de Ginebra, 1984 El criterio de protección para A2 con $\Delta f = 200$ kHz es -50 dB																			

CUADRO XIX

**Efecto de las señales de subportadora MF en la inmunidad
a la interferencia de tipo B2**

Separación entre portadoras	Señal moduladora	Excursión total (%)	Nivel máximo (dBm) a la entrada del receptor					Acuerdo de Ginebra, 1984
			1	2	3	4	5	
800 kHz (108,3-107,9)MHz	Ninguna	0	-5	-10	-5,5	-7,5	-11	-20
	CCIR	100	-25	-10	-5	-3	-11	
	CCIR + SP 10%	105	-25	-10	-5	-9	-11	
	CCIR + SP 20%	110	-25	-10	-5	-9	-11	
	SRR	100	-25	-15	-8	-9	-11	
	SRR + SP 10%	105	-25	-15	-8	-9	-11	
	SRR + SP 20%	110	-25	-14	-8	-9	-11	
400 kHz (108,1-107,7)MHz	Ninguna	0	-4	-15	-7	-8	-11	-18,4
	CCIR	100	-13	-13	-9	-8	-13	
	CCIR + SP 10%	105	-13	-13	-9	-8	-13	
	CCIR + SP 20%	110	-13	-13	-9	-8	-13	
	SRR	100	-15	-10	-8	-9	-10	
	SRR + SP 10%	105	-15	-10	-8	-9	-10	
	SRR + SP 20%	110	-15	-10	-8	-9	-10	
600 kHz (108,5-107,9)MHz	Ninguna	0	-12	-7	-4	-6	-8	-20
	CCIR	100	-30	-5	-4	-8	-8	
	CCIR + SP 10%	105	-30	-5	-4	-8	-8	
	CCIR + SP 20%	110	-30	-5	-4	-9	-8	
	SRR	100	-31	-3	-6	-9	-12	
	SRR + SP 10%	105	-31	-3	-6	-9	-12	
	SRR + SP 20%	110	-31	-3	-6	-9	-13	
600 kHz (108,3-107,7)MHz	Ninguna	0	-0,5	-7	-3,5	-6,5	-7,5	-18,4
	CCIR	100	0	-6	-6	-10	-9	
	CCIR + SP 10%	105	0	-6	-5	-10	-9	
	CCIR + SP 20%	110	0	-6	-5	-10	-9	
	SRR	100	-3	-3	-4	-8	-14	
	SRR + SP 10%	105	-3	-3	-4	-8	-14	
	SRR + SP 20%	110	-3	-3	-4	-8	-14	
500 kHz (108,1-107,5)MHz	Ninguna	0	-3,5	-5	-2,5	-6,5	-8,5	-15,8
	CCIR	0	0	-6	-5	-8	-13	
	CCIR + SP 10%	105	0	-5	-5	-8	-13	
	CCIR + SP 20%	110	0	-5	-5	-8	-13	
	SRR	100	-5	-6	-7	-8	-15	
	SRR + SP 10%	105	-5	-6	-7	-8	-16	
	SRR + SP 20%	110	-5	-6	-7	-8	-16	
800 kHz (108,5-107,7)MHz	Ninguna	0	-15,5	-6	-1	-6	-4,5	-18,4
	CCIR	100	-16	-5	-13	-22	-9	
	CCIR + SP 10%	105	-16	-5	-13	-22	-9	
	CCIR + SP 20%	110	-16	-5	-14	-23	-12	
	SRR	100	-15	-7	-13	-22	-21	
	SRR + SP 10%	105	-15	-7	-13	-22	-21	
	SRR + SP 20%	110	-15	-7	-13	-22	-21	
800 kHz (108,3-107,5)MHz	Ninguna	0	+2,5	-5	-2,5	-25	-4	-16,6
	CCIR	100	+3	-4	-17	-24	-19	
	CCIR + SP 10%	105	+3	-4	-17	-24	-19	
	CCIR + SP 20%	110	+3	-4	-17	-24	-19	
	SRR	100	+1	-6	-17	-23	-21	
	SRR + SP 10%	105	+1	-6	-17	-23	-21	
	SRR + SP 20%	110	+1	-6	-17	-23	-21	
1000 kHz (108,5-107,5)MHz	Ninguna	0	-3,5	-3	-0,5	-5	-3	-15,8
	CCIR	100	+4	-3	-3	-3	-7	
	CCIR + SP 10%	105	+4	-3	-3	-3	-7	
	CCIR + SP 20%	110	+4	-3	-3	-3	-7	
	SRR	100	+3	-3	-2	-6	-4	
	SRR + SP 10%	105	+3	-3	-1	-6	-4	
	SRR + SP 20%	110	+3	-3	-1	-6	-4	

Señal deseada = -89 dBm

PARTE V del Anexo I - Estados Unidos de AméricaDATOS DE PRUEBA QUE MUESTRAN EL EFECTO DE UN FILTRO EXPERIMENTAL*

5.1 Este filtro pesa 2,2 kg y tiene 2,9 cm de diámetro y una longitud de 30 cm. Desde el punto de vista eléctrico es del tipo Chebishev (de ondulación igual), con una ondulación máxima de 0,3 dB en la anchura de banda de 2 dB, cuando la entrada y la salida de 50 ohm están equilibradas. La anchura de banda de 2 dB va de 108,1 MHz a 132,3 MHz, con una pérdida de inserción en la frecuencia central de 0,8 dB. Las características del filtro se indican en las Figuras 24 y 25 y los datos medidos en los Cuadros XX a XXV.

CUADRO XX

Niveles iguales no deseados necesarios para producir una desviación de 7,5 μ A en la deflexión de 90 μ A de un localizador ILS normal
Este cuadro corresponde a un receptor sin filtro y una interferencia por intermodulación de dos señales

Receptor sin filtro, niveles iguales de las señales no deseadas (dBm)												
Frecuencia (MHz) ::			las señales no deseadas (dBm)									
No deseada	Deseada		A	B	C	D	E	F	G	H	J	K
107.5	106.9	108.1	-39	-37	-30	-32	-35	-39	-39	-41	-39	-34
106.5	104.9	108.1	-31	-37	-28	-27	-32	-32	-27	-36	-33	-27
105.5	102.9	108.1	-23	-30	-24	-21	-29	-24	-18	-28	-25	-17
103.5	98.9	108.1	-13	-22	-13	-15	-21	-17	-10	-16	-20	-15
101.5	94.9	108.1	-10	-16	-10	-12	-16	-13	-8	-13	-20	-12
107.9	106.7	109.1	-35	-37	-31	-29	-34	-36	-33	-36	-36	-31
107.5	105.9	109.1	-34	-35	-29	-26	-35	-32	-28	-36	-33	-26
106.5	103.9	109.1	-24	-26	-24	-22	-32	-24	-18	-29	-23	-17
104.5	99.9	109.1	-15	-21	-13	-15	-22	-18	-10	-16	-19	-15
101.5	93.9	109.1	-10	-13	-8	-10	-16	-12	-6	-11	-18	-11
107.9	105.7	110.1	-26	-28	-27	-23	-34	-28	-23	-33	-28	-20
107.5	104.9	110.1	-24	-24	-25	-21	-32	-25	-20	-30	-23	-18
106.5	102.9	110.1	-19	-23	-19	-17	-28	-20	-13	-24	-22	-16
105.5	100.9	110.1	-15	-22	-15	-15	-23	-17	-9	-17	-19	-15
101.5	92.9	110.1	-9	-10	-6	-9	-13	-10	-6	-10	-18	-10

* (Véase el § 6.2 del Informe.)

CUADRO XXI

Niveles iguales no deseados necesarios par aproducir una desviación de 7,5 μ A en la deflexión de 90 μ A de un localizador ILS normal
Este cuadro corresponde a un receptor sin filtro y una interferencia por intermodulación de tres señales.

Frecuencia (MHz)				Receptor sin filtro, niveles iguales de las señales no deseadas (dBm)										
No deseada		Deseada		A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	
107,5	106,5	105,9	108,1	-37	-41	-32	-33	-36	-38	-34	-41	-39	-34	
106,5	104,5	102,9	108,1	-25	-32	-26	-24	-31	-27	-20	-30	-26	-21	
105,5	102,5	99,9	108,1	-20	-25	-12	-19	-26	-22	-14	-21	-26	-19	
104,5	100,5	96,9	108,1	-17	-21	-15	-17	-22	-19	-12	-17	-23	-17	
101,5	95,3	88,7	108,1	-10	-15	-11	-11	-12	-13	-8	-10	-15	-12	
107,9	106,3	105,1	109,1	-29	-34	-30	-27	-35	-31	-25	-35	-30	-25	
107,5	105,5	103,9	109,1	-27	-29	-27	-24	-34	-26	-21	-31	-25	-21	
106,5	103,5	100,9	109,1	-21	-23	-19	-19	-28	-22	-13	-21	-24	-19	
105,5	101,5	97,9	109,1	-17	-21	-14	-16	-23	-18	-12	-17	-21	-17	
103,5	97,5	91,9	109,1	-12	-16	-12	-12	-17	-14	-9	-12	-18	-13	
107,9	105,3	103,1	110,1	-22	-24	-23	-20	-30	-23	-16	-26	-25	-20	
107,5	104,5	101,9	110,1	-21	-23	-20	-19	-28	-21	-14	-22	-23	-19	
106,5	102,5	98,9	110,1	-18	-20	-12	-15	-23	-18	-10	-17	-22	-17	
104,5	98,5	92,9	110,1	-12	-15	-11	-12	-17	-14	-8	-11	-20	-13	
99,5	98,7	88,1	110,1	-9	-11	-9	-10	-14	-11	-6	-15	-16	-11	

CUADRO XXIV

Nivel medio de las señales iguales no deseadas necesarias para producir una desviación de 7,5 μ A en la deflexión de 90 μ A de un localizador ILS normal

Este cuadro corresponde a los casos de intermodulación de dos señales y muestra los resultados para condiciones diferentes a la entrada del receptor. La cuarta columna corresponde al receptor sin filtro; la quinta, a un filtro pasabanda (108 a 132 MHz) en serie con el receptor, y la sexta es la diferencia entre el receptor con filtro y el receptor sin filtro.

Frecuencia (MHz)				Condiciones a la entrada del receptor		
No deseada		Deseada		Sin filtro	Con filtro	Diferencia
107,5	106,9	108,1		-36,5	-32,1	4,4
106,5	104,9	108,1		-31,0	-18,9	12,1
105,5	102,9	108,1		-23,9	-5,4	18,5
103,5	98,9	108,1		-16,2	>0,0	>16,2
101,5	94,9	108,1		-13,0	>0,0	>13,0
107,9	106,7	109,1		-33,8	-29,5	4,3
107,5	105,9	109,1		-31,4	-24,2	7,2
106,5	103,9	109,1		-23,9	-10,9	13,0
104,5	99,9	109,1		-16,4	>0,0	>16,4
101,5	93,9	109,1		-11,5	>0,0	>11,5
107,9	105,7	110,1		-27,0	-20,7	6,3
107,5	104,9	110,1		-24,2	-15,0	9,2
106,5	102,9	110,1		-20,1	-6,8	13,3
105,5	100,9	110,1		-16,7	>0,0	>16,7
101,5	92,9	110,1		-10,1	>0,0	>10,1

CUADRO XXV

Nivel medio de las señales iguales no deseadas necesarias para producir una desviación de 7,5 μ A en la deflexión de 90 μ A de un localizador ILS normal

Este cuadro corresponde a los casos de intermodulación de tres señales y muestra los resultados para condiciones diferentes a la entrada del receptor. La quinta columna corresponde al receptor sin filtro; la sexta, a un filtro pasabanda (108 a 132 MHz) en serie con el receptor, y la séptima es la diferencia entre el receptor con filtro y el receptor sin filtro.

Frecuencia (MHz)				Condiciones a la entrada del receptor		
No deseada		Deseada		Sin filtro	Con filtro	Diferencia
107,5	106,5	105,9		-36,5	-27,8	8,7
106,5	104,5	102,9		-26,2	-8,4	17,8
105,5	102,5	99,9		-20,4	>0,0	>20,4
104,5	100,5	96,9		-18,0	>0,0	>18,0
101,5	95,3	88,7		-11,7	>0,0	>11,7
107,9	106,3	105,1		-30,1	-19,9	10,2
107,5	105,5	103,9		-26,5	-13,9	12,6
106,5	103,5	100,9		-20,9	>0,0	>20,9
105,5	101,5	97,9		-17,6	>0,0	>17,6
103,5	97,5	91,9		-13,5	>0,0	>13,5
107,9	105,3	103,1		-22,9	-9,2	13,7
107,5	104,5	101,9		-21,0	-3,1	17,9
106,5	102,5	98,9		-17,2	>0,0	>17,2
104,5	98,5	92,9		-13,3	>0,0	>13,3
99,5	98,7	88,1		-11,2	>0,0	>11,2

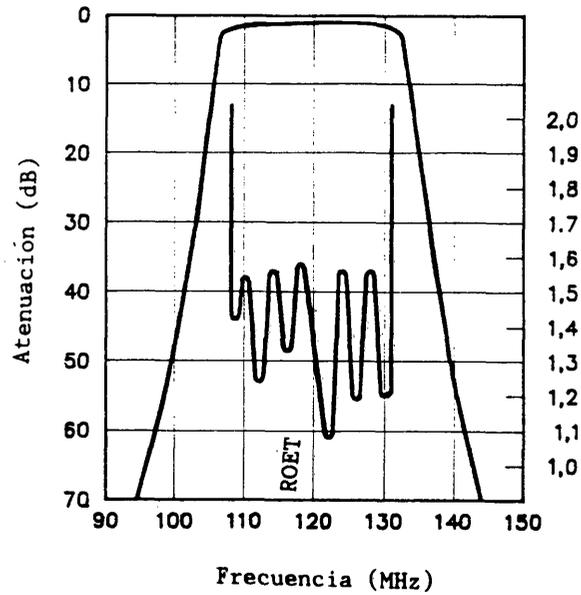


FIGURA 24

Respuesta suavizada en frecuencia y curva de ROE
de un filtro pasabanda tubular
diseñado por encargo

5.2 En la Figura 25 se presentan datos experimentales tomados para medir las características de respuesta en frecuencias de filtros pasabanda típicos tubulares con sintonía fija, en función de la variación de la temperatura.

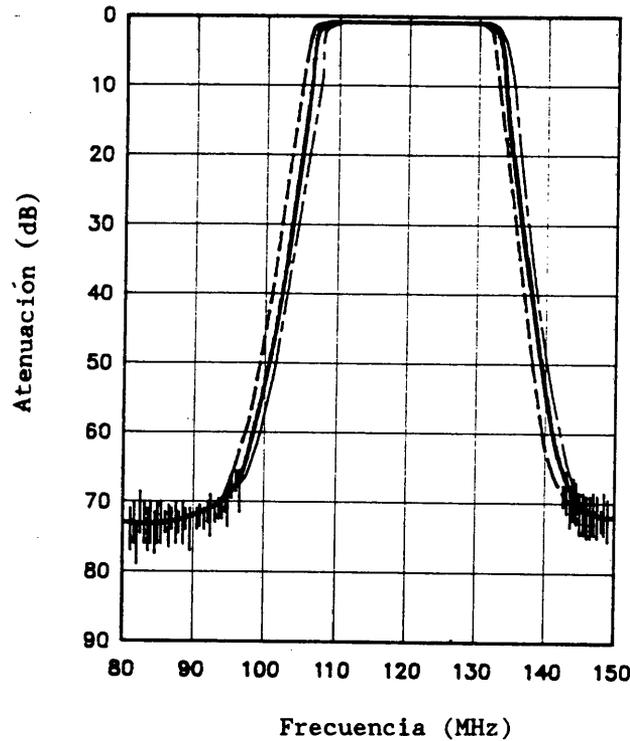


FIGURA 25

Respuesta en frecuencia no suavizada en la que se muestra la variación con la temperatura

--- --- --- --- --- Característica para -20°C
 _____ Característica para +24°C
 - . . - . . - . . - . . - Característica para +50°C

5.3 Receptor ILS/VOR/COM modificado

La compañía fabricante de receptores NAV/COM de estado sólido, realizó una modificación en su diseño a fin de coadyuvar a la eliminación de la interferencia debida a la radiodifusión de MF. Esta modificación iniciada hace varios años consistía en la adición de un filtro de ranura de tipo L-C con sintonía serie en el interior de la sección de comunicaciones de ondas métricas del circuito del receptor en el punto de la conexión coaxial con la antena.

El circuito de filtro está compuesto por una sola bobina ($L = 0,1 \mu\text{H}$) conectada en serie con un único condensador ($C = 22 \text{ pF}$), que a su vez está puesto a masa. La frecuencia de resonancia de esta combinación es de 107,302 MHz para los valores de L y C especificados (véase la Figura 26). Las tolerancias habituales de fabricación de los condensadores (5%) y de las bobinas (10%), podrían establecer una frecuencia de resonancia para el caso más desfavorable comprendida entre 100 y 116 MHz. Sin embargo, se eligen los componentes muy cuidadosamente a fin de evitar cualquier influencia sustancial sobre la sensibilidad del receptor en la banda de comunicaciones en ondas métricas. El fabricante utilizó un factor de calidad $Q = 40$ (empleando una bobina razonablemente bien fabricada) lo que proporciona una anchura de banda de 3 dB del circuito de filtro ligeramente superior a 2,6 MHz.

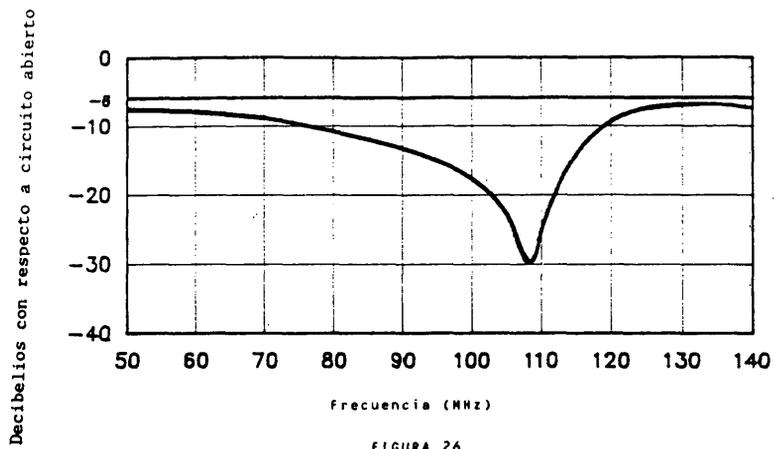


FIGURA 26

RESPUESTA EN FRECUENCIAS DE UN FILTRO SERIE L - C DE RAMURA COLOCADO EN LA ENTRADA DE LA ANTEMA EN LA SECCION DE COMUNICACIONES EN ONDAS METRICAS DEL RECEPTOR ILS/VOR/COM (VEASE NOTA)

Nota - Con el filtro instalado y adaptado, la pérdida de inserción (sensibilidad) es la relativa al nivel -6 dB (reactancia neta absorbida). Por ejemplo, la pérdida de inserción del filtro en 136 MHz es de 1 dB, aproximadamente.

Parte VI del Anexo I - Estados Unidos de AméricaCARACTERISTICAS DE SOBRECARGA DE LOS
RECEPTORES AERONAUTICOS DE NAVEGACION ILS

6.1 Se realizaron pruebas con diez receptores de localizador aeronáutico para determinar su susceptibilidad a la sobrecarga (desensibilización) originada por señales intensas en la banda de radiodifusión MF. Dichas pruebas se efectuaron para estudiar los efectos de señales moduladas y señales de Onda Continua (OC) sobre la calidad de funcionamiento de cada receptor.

6.2 En los Cuadros XXVI y XXVII se presentan los datos recopilados en este proyecto. Los valores indicados para cada receptor son valores absolutos, en dBm, necesarios para producir una desviación de $7,5 \mu\text{A}$ desde la deflexión de $90 \mu\text{A}$ de un localizador ILS normal. La frecuencia del localizador fue 108,1 MHz y su nivel -89 dBm para todas las pruebas. El receptor A no fue sometido a prueba en las condiciones indicadas por ***, debido a que se devolvió al fabricante antes de que finalizara el plan de pruebas. El valor > 0 indica que no pudo cumplirse el criterio de interferencia de $7,5 \mu\text{A}$ para un receptor determinado, cuando la señal no deseada era igual a 0 dBm, valor límite del montaje de pruebas.

CUADRO XXVI

Nivel de señal OC no deseada en el terminal de la antena del receptor necesario para producir una desviación de 7,5 μ A desde la deflexión de 90 μ A de un localizador ILS normal. La frecuencia de localizador era 108,1 MHz.

Frecuencia de la señal no deseada (dBm)	Niveles de señal OC no deseada (dBm)									
	Receptores probados									
	A	B	C	D	E	F	G	H	J	L
108.099	-94	-99	-100	-100	-99	-98	-99	-99	-98	-98
108.097	-97	-97	-97	-99	-99	-98	-98	-100	-96	-97
108.094	-96	-97	-97	-99	-100	-98	-98	-101	-97	-97
108.090	-97	-96	-98	-100	-100	-98	-98	-101	-97	-97
108.085	-96	-97	-98	-100	-97	-98	-97	-100	-97	-98
108.080	-96	-96	-97	-95	-88	-84	-88	-85	-95	-97
108.070	-54	-72	-67	-78	-56	-45	-46	-45	-48	-71
108.060	-33	-49	-43	-59	-36	-31	-28	-28	-25	-49
108.050	-35	-31	-28	-43	-34	-30	-23	-28	-28	-38
108.040	-19	-22	-25	-31	-31	-24	-18	-25	-20	-31
108.030	-15	-20	-19	-22	-21	-20	-18	-18	-23	-28
108.020	-16	-19	-18	-16	-16	-18	-18	-15	-25	-25
108.010	-13	-21	-16	-14	-15	-19	-16	-15	-26	-23
108.000	-19	-26	-16	-15	-13	-19	-15	-15	-26	-24
107.950	-6	-15	-11	-10	-11	-18	-10	-11	-24	-18
107.900	-5	-13	-9	-9	-9	-16	-10	-21	-18	-15
107.850	***	-14	-11	-7	-7	-15	-10	-8	-22	-13
107.800	***	-13	-11	-5	-7	-12	-9	-7	-22	-11
107.700	-5	-13	-9	-7	-4	-9	-9	-4	-16	-13
107.600	***	-13	-14	-3	-4	-11	-9	-7	-18	-9
107.500	-5	-13	-12	-9	-3	-4	-8	-7	-18	-8
107.300	***	-14	-8	-1	>0	-5	-9	-12	-10	-6
107.100	-7	-14	-5	-1	-1	-3	-8	-6	-4	-7
106.100	-6	-16	-3	>0	>0	-8	-10	-3	-2	-2
104.100	>0	-5	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0
102.100	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0
98.100	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0

CUADRO XXVII

Nivel de señal modulada OC no deseada en el terminal de la antena del receptor necesario para producir una desviación de 7,5 μ A desde la deflexión de 90 μ A de un localizador ILS normal. La frecuencia de localizador era 108,1 MHz.

Frecuencia de la señal no deseada (MHz)	Niveles de señal modulada no deseada (dBm)									
	Receptores probados									
	A	B	C	D	E	F	G	H	J	L
108.000	***	-51	-53	-52	-48	-49	-51	-52	-52	-53
107.950	***	-20	-21	-19	-18	-20	-21	-21	-22	-23
107.900	***	-15	-11	-9	-8	-16	-11	-22	-17	-14
107.850	***	-14	-10	-8	-6	-16	-10	-28	-23	-12
107.800	***	-14	-11	-6	-6	-20	-12	-6	-23	-11
107.700	***	-14	-11	-7	-6	-15	-10	-4	-17	-10
107.600	***	-15	-15	-4	-4	-8	-9	-6	-17	-11
107.300	***	-14	-9	-4	-4	-6	-9	-17	-20	-6

*** No comprobado

PARTE VII DEL ANEXO I - Francia

COMPATIBILIDAD ENTRE EL SERVICIO MOVIL AERONAUTICO (R) (118 - 137 MHz)
Y EL SERVICIO DE RADIODIFUSION SONORA CON MODULACION DE FRECUENCIA

7.1 Introducción

Los criterios de compatibilidad entre el servicio móvil aeronáutico (R) y el servicio de radiodifusión sonora en modulación de frecuencia utilizados hasta ahora no han sido validados por pruebas de laboratorio y se derivaban más o menos de los resultados de pruebas efectuadas con receptores de navegación.

Las primeras pruebas realizadas por un país arrojan varios resultados interesantes en lo tocante a la respuesta de los receptores COM a las interferencias de tipo A1 y B1.

7.2 Características de inmunidad de dos receptores de aeronave COM a interferencias de tipo A1

Con los dos criterios de interferencia de los puntos 3.2 y 4.1.3 del presente Informe, se hallaron los diversos umbrales indicados en el Cuadro XXVIII siguiente.

CUADRO XXVIII

ΔF	Receptor 1			Receptor 2		
	N1	N2	R1	N1	N2	R1
0	-96	-115	10	-97	-115	11
50	-91	-110	5	-91	-108	5
100	-79	-100	-7	-70	-93	-16
150	-56	-88	-30	-53	-78	-33
200	-50	-77	-36	-47	-71	-39
250	-44	-71	-42	-43	-69	-43
300	-40	-71	-46	-36	-65	-50
350	-37	-73	-49		-64	
400	-35	-71	-51	-29	-59	-57
500	-29	-57	-57	-25	-52	-61
600				-29	-45	-57
700				-21	-43	-65
1000		-45		-19	-37	-67

El primer criterio se refiere a las pruebas realizadas con una señal deseada de -86 dBm.

El segundo criterio se refiere a las pruebas llevadas a cabo sin señal deseada.

Para la interferencia de -86 dBm en presencia de una señal deseada de 118,25 MHz, ha sido posible determinar la relación de protección en dB, que se define de la manera siguiente:

Relación de protección = Nivel de la señal deseada en dBm -
nível de la señal interferente en dBm.

N1: nivel de la señal interferente en dBm para cumplir el primer criterio.

N2: nivel de la señal interferente en dBm para cumplir el segundo criterio.

R1: relación de protección (-86 dBm - N1) en dB.

Las pruebas se realizaron con dos receptores:

EAS de tipo ER 4 - 671, y Dittel FSG 70.

7.3 Características de inmunidad a la interferencia de tipo B1

Las pruebas se realizaron con una señal deseada no modulada de -86 dBm y un señal interferente modulada en frecuencia por ruido rosa.

Se estudió el producto de intermodulación siguiente:

$2 \times 107,9 - 94,75 = 121,05$ MHz.

En el Cuadro XXIX se indica el nivel en dBm correspondiente al primer umbral de interferencia. Para determinar la naturaleza de la ley de interferencia, se efectuó también un cálculo de $(2 N1 + N2)/3$ que da el nivel medio; los resultados indican que la ley de interferencia es del tipo $2 N1 + N2 = \text{constante}$.

N1 y N2 son los niveles de las señales no deseadas.

CUADRO XXIX

Receptor 1			Receptor 2		
N1	N2	$(2 N1 + N2)/3$	N1	N2	$(2 N1 + N2)/3$
-7	-39	-8	5	-49	-13
5	-35	-8	0	-37	-12
0	-25	-8	-5	-27	-12
-5	-17	-9	-10	-15	-12
-10	-6	-9	-12	-10	-11
-15	3	-9	-15	-5	-12
-17	8	-9	-17	0	-11
			-19	3	-12
			-20	4	-12

7.4 Conclusiones

Es posible proponer una ley de tipo $2N_1 + N_2 = \text{constante}$, como en el caso de los receptores de radionavegación. Esta constante será bastante baja, por lo que los niveles de señal tendrán que ser elevados para causar interferencias.

Sin embargo, el valor definitivo de esa constante no puede determinarse por las pruebas realizadas solamente con dos receptores, y por consiguiente debería alentarse a las administraciones a que realizaran más pruebas a fin de obtener una ley más precisa para la interferencia por dos señales.

Puede suponerse que, debido a la separación de 10 MHz entre las dos bandas, la ley de interferencia no dependerá mucho de la frecuencia.

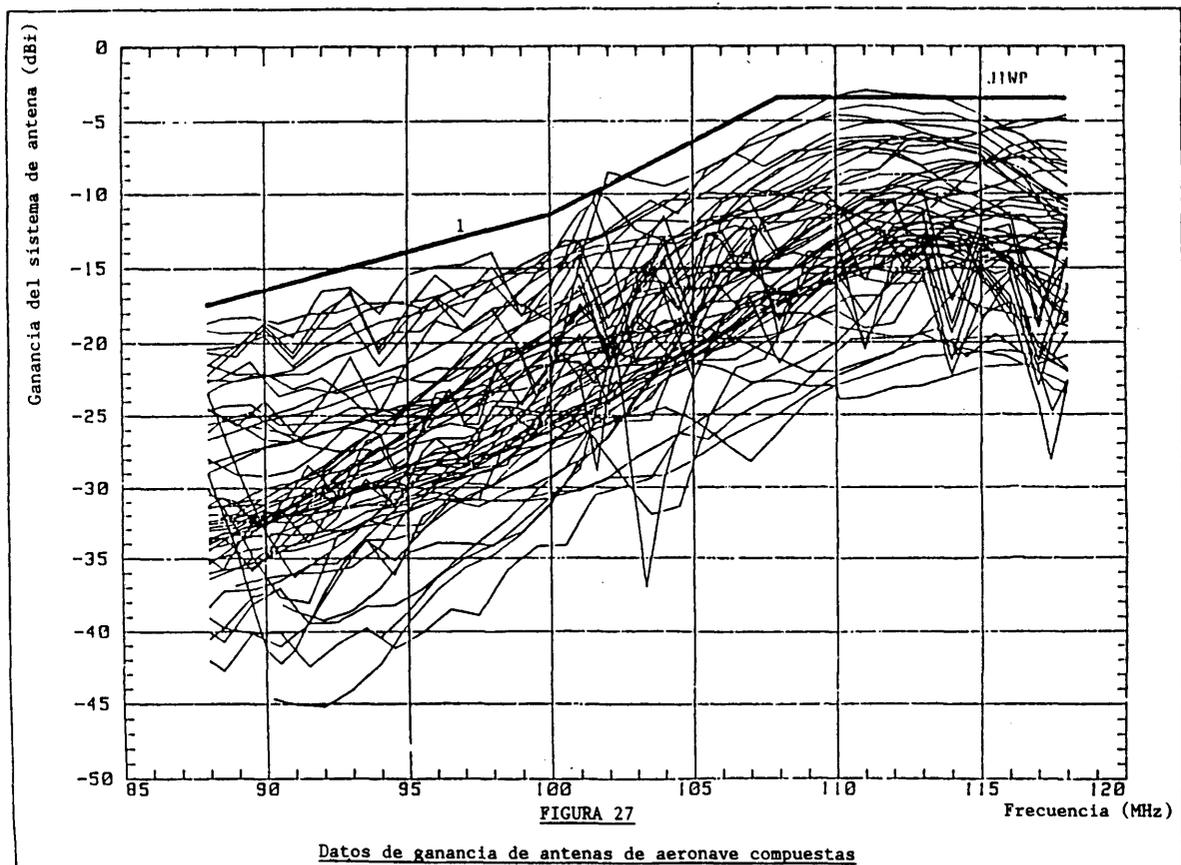
Estas características del receptor COM deben comprobarse también con otras mediciones.

PARTE VIII del Anexo I - Canadá

RESULTADOS DE PRUEBAS DE ANTENAS DE AERONAVES

8.1 En Canadá se han efectuado mediciones de antenas VOR/LOC instaladas en 10 aeronaves de tipo general, privadas y de transporte comercial. Se tomaron datos en el plano horizontal para cuatro orientaciones del aeronave (proa, popa, babor y estribor). En la Figura 27, se representa la envolvente de todas las curvas de ganancia de antena de las aeronaves. Las características de pérdida del sistema de antena definidas por el Acuerdo de Ginebra de 1984 (esto es, $L_s + L(f)$ del punto 5.8) aparecen en la Figura 27. Esta curva tiene una variación que representa básicamente el máximo de los datos de la ganancia compuesta.

8.2 De la Figura 27 se desprende que hay una variación de 15 a 20 dB en la ganancia del sistema en la banda 88 - 118 MHz. Los resultados de las pruebas indican también que para casi todas las combinaciones de sistemas de antena de aeronave tenían, en la banda de 108 a 118 MHz, una ganancia inferior a la definida por la curva del Acuerdo de Ginebra de 1984. En consecuencia, el nivel de señal ILS recibido realmente puede ser sustancialmente inferior al valor -89,5 dBm calculado mediante la curva del Acuerdo de Ginebra de 1984 y suponiendo que la intensidad mínima del campo del sistema ILS es $40 \mu\text{V/m}$ ($32 \text{ dB}\mu\text{V/m}$).



1 Curva del Acuerdo de Ginebra de 1984.

PARTE IX del Anexo I - Reino Unido

VALORES DE ACTIVACION Y DE CORTE

9.1 Introducción

En el proceso de evaluación de las posibles interferencias de Tipo B1, debe tenerse en cuenta teóricamente cada señal de radiodifusión MF existente en un punto de prueba aeronáutico. Sin embargo, esas señales no constituirán un elemento productor de interferencia de Tipo B1 salvo que su nivel rebasa ciertos valores. La consideración de esas señales podría conducir a un gasto innecesario de honorarios de personal y tiempo de computador. Para combatir este problema se han utilizado los conceptos de valor "activación" y valor de "corte".

9.2 Valor de "activación"9.2.1 Definición

El valor de activación es el valor mínimo de una señal de radiodifusión MF que al ser aplicado a la entrada de un receptor aeronáutico en ondas métricas (ILS, VOR o COM) inicia la generación de una intermodulación de tercer orden de potencia suficiente para constituir una posible interferencia.

9.2.2 Deducción

9.2.2.1 Para el caso de dos señales, el punto 4.3.3.1 del Informe 929 establece que puede producirse interferencia B1 si:

$$2 (N_1 - 20 \log \frac{\max \{0,4: 108,1 - f_1\}}{0,4}) - N_2 - 20 \log \frac{\max \{0,4: 108,1 - f_2\}}{0,4} > -120 \text{ dBm} \quad (1)$$

$$\text{If } N_1 - 20 \log \frac{\max \{0,4: 108,1 - f_1\}}{0,4} - N_2 - 20 \log \frac{\max \{0,4: 108,1 - f_2\}}{0,4} - N_T - 20 \log \frac{\max \{0,4: 108,1 - f\}}{0,4} \quad (2)$$

$$\text{Entonces } 3 \left(NT - 20 \log \frac{\max \{0,4; 108,1 - f\}}{0,4} \right) > - 120 \text{ dBm} \quad (3)$$

$$\text{y } NT > - 40 + 20 \log \frac{\max \{0,4; 108,1 - f\}}{0,4} \text{ dBm} \quad (4)$$

Entonces NT es el valor de activación para la frecuencia f.

9.2.2.2 En el caso de tres frecuencias, el punto 4.3.3.2 da:

$$\begin{aligned} N_1 &= 20 \log \frac{\max \{0,4; 108,1 - f_1\}}{0,4} \\ + N_2 &= 20 \log \frac{\max \{0,4; 108,1 - f_2\}}{0,4} \\ + N_3 &= 20 \log \frac{\max \{0,4; 108,1 - f_3\}}{0,4} > - 126 \end{aligned} \quad (5)$$

Lo cual conduce a un valor de activación de:

$$NT > - 42 + 20 \log \frac{\max \{0,4; 108,1 - f\}}{0,4} \quad (6)$$

9.2.2.3 Como cuando se aplica esta comprobación se desconoce cuál es el caso más probable si el de 2 ó 3 señales, se utiliza la desigualdad (6) para definir el valor de activación como sigue:

$$NT = - 42 + 20 \log \frac{\max \{0,4; 108,1 - f\}}{0,4} \text{ dBm} \quad (7)$$

Este es valor que figura en el punto 7.6.5.4 del Anexo 2 del Acuerdo de Ginebra.

9.3 Valor de "corte"

9.3.1 Definición

El valor de "corte" es el valor mínimo de una señal de radiodifusión MF tal, que, cuando se aplica a la entrada de un receptor aeronáutico en ondas métricas (ILS, VOR o COM), inicia un producto de intermodulación de tercer orden con potencia suficiente para constituir una posible interferencia al combinarse con 1 ó 2 señales de radiodifusión adicionales en un nivel exactamente igual al del límite de potencia para la interferencia de Tipo B2.

9.3.2 Deducción

9.3.2.1 A partir de la consideración de los criterios de interferencia, puede verse que el valor de "corte" depende del valor real de la señal de activación. La señal de activación tiene como límite inferior el valor de activación y como límite superior el valor de transición B2. El punto 7.6.6 del Anexo 2 del Acuerdo de Ginebra indica que el nivel del umbral B2 varía entre -20 dBm en 107,9 MHz y 10 dBm en 100 MHz y por debajo de esta frecuencia. Entre 107,9 y 100 MHz, en una primera aproximación, el límite B2 sigue la misma ley que el término de frecuencia B1. Por consiguiente, con este fin, puede tomarse como límite superior B1 el siguiente:

$$N_1 = -20 + 20 \log \frac{\max \{0,4; 108,1 - f_1\}}{0,4} \quad (8)$$

9.3.2.2 Caso de dos frecuencias

Cuando el límite de N_1 viene dado por (8) para que exista interferencia, N_2 deberá rebasar el valor indicado en (9):

$$N_2 > -80 + 20 \log \frac{\max \{0,4; 108,1 - f_2\}}{0,4} \quad (9)$$

Entre estos dos extremos, el valor del umbral de interferencia de N_2 variará con N_1 como sigue:

$$N_2 > -120 - 2 \left(N_1 - 20 \log \frac{\max \{0,4; 108,1 - f_1\}}{0,4} \right) + 20 \log \frac{\max \{0,4; 108,1 - f_2\}}{0,4} \quad (10)$$

9.3.2.3 Caso de tres frecuencias

El caso general es el siguiente:

$$\begin{aligned}
 N_2 > - 126 - N_1 + 20 \log \frac{\max \{0,4; 108,1 - f_1\}}{0,4} - N_3 \\
 & - 20 \log \frac{\max \{0,4; 108,1 - f_3\}}{0,4} \\
 & - 20 \log \frac{\max \{0,4; 108,1 - f_2\}}{0,4} \quad (11)
 \end{aligned}$$

Cuando N_1 y N_3 se encuentran en su límite B_2 , se tendrá:

$$N_2 > - 86 + 20 \log \frac{\max \{0,4; 108,1 - f_2\}}{0,4} \quad (12)$$

9.3.2.4 Para abarcar todos los casos debería aplicarse la ecuación (12). Sin embargo la experiencia en Europa ha mostrado que las combinaciones de frecuencias se repiten cuando se tienen en cuenta niveles de señal más bajos. Asimismo, a menudo, los valores de activación son bastante inferiores al límite para el tipo B2. Un grupo de administraciones europeas ha elaborado un método de evaluación común que adopta el siguiente valor de corte:

$$N > - 66 + 20 \log \frac{\max \{0,4; 108,1 - f\}}{0,4} \quad (13)$$

La comparación de ejecuciones de prueba en computador con los criterios (12) y (13) ha puesto de manifiesto que no se pierde ningún caso de interferencia cuando se utiliza (13).

PARTE X del Anexo I - CanadáCOMPARACION ENTRE LOS VALORES DE CORTE CALCULADOS Y
MEDIDOS PARA LA INTERFERENCIA DE TIPO B1

10.1 En la ejecución del programa de pruebas para el Tipo B1 que produjo los datos contenidos en el punto 3.8 del Anexo I, se tomaron también algunos datos para determinar los niveles de corte cuando los efectos del Tipo B2 sobrepasan a los efectos del Tipo B1. En el Cuadro XXXI, se comparan estos datos con los valores de corte calculados mediante la fórmula del Acuerdo de Ginebra de 1984 (véase el punto 5.7) y con las fórmulas desarrolladas en el análisis efectuado en el Reino Unido para la inmunidad habitual a receptores del localizador de ILS (véanse las ecuaciones (8), (9) y (12) de la Parte IX del Anexo I).

10.2 Aunque los limitados datos de pruebas del Cuadro I muestran valores de corte tan reducidos como -70 y -85 dBm, la fórmula para el valor de corte del Acuerdo de Ginebra de 1984 no proporcionará valores de corte inferiores a -54 dBm. La fórmula del Reino Unido brinda una mejor correlación con los resultados de las pruebas.

Producto de intermodulación	Receptor 1 (dBm)				Receptor 2 (dBm)				Receptor 3 (dBm)				N(Acuerdo de Ginebra, 1984) (dBm)			N(RU) (dBm)		
	N1	N2	N3	K	N1	N2	N3	K	N1	N2	N3	K	N1	N2	N3	N1	N2	N3
2(107.5) - 106.9 = 108.1	-35	-35	-	-105*	-30	-30	-	-70*	-25	-25	-	-75*						
	-10	(-85)	-	-105	-11	(-30)	-	-92	(-33)	-10	-	-76	-50	-44	-	-16	-70	-
	(-50)	-3	-	-102	(-42)	-10	-	-94	-19	(-40)	-	-78						
2(106.5) - 104.9 = 108.1	-27	-27	-	-81*	-25	-25	-	-75*	-19	-19	-	-57*						
	-10	(-64)	-	-84	-19	(-40)	-	-78					-42	-36	-	-8	-62	-
	(-30)	-20	-	-80	(-34)	-10	-	-78	-9	(-40)	-	-58						
2(107.9) - 106.7 = 109.1	-30	-30	-	-90*														
	-6	(-76)	-	-88									-54	-43	-	-20	-69	-
2(107.5) - 105.9 = 109.1	-25	-25	-	-75*														
	-6	(-67)	-	-79														
	(-33)	-10	-	-76									-50	-39	-	-16	-65	-
2(106.5) - 103.9 = 109.1	-16	-16	-	-48*														
	-6	(-40)	-	-52									-42	-34	-	-8	-60	-
107.5 - 106.5 - 105.9 = 108.1	-33	-33	-33	-99*	-31	-31	-31	-73*	-24	-24	-24	-72*						
	(-70)	-15	-15	-100	(-60)	-17	-17	-74	(-60)	-7	-7	-74						
	-15	(-70)	-15	-100	-17	(-60)	-17	-74	-17	(-40)	-17	-74	-50	-42	-39	-16	-74	-5
	-15	-15	(-70)	-100	-18	-18	(-60)	-76	-17	-17	(-40)	-74						
107.9 - 106.3 - 105.1 = 109.1	-25	-25	-25	-75*														
	(-60)	-8	-8	-76														
	-18	-18	(-40)	-76									-54	-41	-36	-20	-73	-3
	-9	(-60)	-9	-78														
107.5 - 105.5 - 103.9 = 109.1	-21	-21	-21	-63*														
	(-50)	-7	-7	-64									-50	-38	-34	-16	-70	0

CUADRO XXXIComparación entre los valores de corte calculados y medidos para la interferencia de Tipo B1

Nota 1 - En los datos, los niveles de corte están entre paréntesis, por ejemplo -60.

Nota 2 - Los niveles de corte indican cuándo comienzan o resultan predominantes los efectos de la interferencia de tipo B2.

Nota 3 - * indica una referencia de equiseñal.

Nota 4 - Para el caso de dos señales: $2N1 - N2 - K = 0$
Para el caso de tres señales: $N1 - N2 - N3 - K = 0$

Donde $N1, N2, N3$ = niveles de señal para estaciones de MF de frecuencias $f1, f2, f3$ respectivamente, siendo $f1 > f2 > f3$.

Nota 5 - $N(\text{Acuerdo de Ginebra de 1984}) = -54 - 20 \log \left\{ \frac{\max(0.6: 108.1 - f)}{0.4} \right\}$

Nota 6 - $N2(\text{RU}) = -80 + 20 \log 2,5 (\max(0,4: 108,1 - f2))$
para el caso de dos señales y
 $-86 + 20 \log 2,5 (\max(0,4: 108,1 - f2))$
para el caso de tres señales

Nota 7 - Límites para el tipo B2:

$N1(\text{RU}) = -20 + 20 \log 2,5 (\max(0,4: 108,1 - f1))$ y
 $N3(\text{RU}) = -20 + 20 \log 2,5 (\max(0,4: 108,1 - f3))$

ANEXO II

PARTE I - Métodos de evaluación de la compatibilidad1.1 Introducción

Se han desarrollado varios métodos que permiten la evaluación teórica de la compatibilidad. Tales métodos resultan muy útiles cuando se van a establecer nuevas facilidades aeronáuticas o de radiodifusión.

Las Partes II a V contienen información sobre los métodos que se utilizan actualmente. EL Cuadro XXXII recoge una comparación entre las metodologías de cálculo adoptada.

Debe observarse que el método ampliado descrito en el Apéndice 1 es el único que se ha probado prácticamente a fin de comprobar si los valores de los parámetros conocidos utilizados para una situación específica y sus predicciones se correlacionan con la realidad. Pueden utilizarse los cuatro métodos con parámetros generalizados y combinaciones de señales deseadas y no deseadas correspondientes al caso más desfavorable, para permitir un análisis general conservativo. Se requiere mayor experiencia operacional para evaluar los enfoques generalizados a este respecto.

	CANADA GENERAL	CANADA AMPLIADO (NOTA 2)	ESTADOS UNIDOS (ILS solamente)	LEGBAC (Método de Evaluación Unificado)	POLONIA
DIAGRAMA DE ANTENA DE MF	OMNIDIRECCIONAL, DRH NO DRV p.r.a. MAX	DRH medido Valor teórico o medido del DRV	Especificaciones del fabricante cuando estaban disponibles DRH omnidireccional DRV - 14 dB más allá de $\pm 5^\circ$ (V)	DRH como el indicado en el Plan de Ginebra 1984 DRV sin corrección por debajo de la horizontal Modelo generalizado con valor límite	DRV - similar al modelo teórico del [Informe 1198]
PROPAGACION MF	Espacio libre	IF-77	Espacio libre hasta el horizonte radioeléctrico	Espacio libre con atenuación del 100% más allá del horizonte radioeléctrico	Espacio libre con una atenuación de 20 dB más allá del horizonte radioeléctrico
RESPUESTA EN FRECUENCIAS DE LA ANTENA DE LA AERONAVE	Acuerdo de Ginebra, 1984	Medido para aeronaves específicas	Acuerdo de Ginebra, 1984	GITM 8-10/1	Acuerdo de Ginebra, 1984
DIAGRAMA DE RECEPCION DE LA ANTENA DE LA AERONAVE	Omnidireccional	Medido para aeronaves específicas	Omnidireccional	Omnidireccional	Omnidireccional
SEÑAL AERONAUTICA	Niveles del Acuerdo de Ginebra, 1984	Medidos u obtenidos a partir de diagramas ILS medidos o idealizados	40 $\mu\text{V}/\text{m}$	Valores mínimos de la OACI para el ILS y el VOR en la totalidad del volumen	Valores predichos

CUADRO XXXII

Métodos de prueba utilizados normalmente

	CANADA GENERAL	CANADA AMPLIADO (NOTA 2)	ESTADOS UNIDOS (ILS solamente)	LEGBAC (Método de Evaluación Unificado)	POLONIA
SUSCEPTIBILIDAD DEL RECEPTOR AERONAUTICO	Criterios del Acuerdo de Ginebra, 1984	Características de receptor específicas para distintos niveles de señal ILS	Valores únicos calculados	Criterio de la CARR-1(2)	A1 - predicho B1 - modificado por la diferencia entre los niveles deseado y predicho
PUNTOS DE PRUEBA	Zona de interferencia	Zona de interferencia o puntos de prueba a lo largo de la trayectoria de vuelo	Rejilla horizontal de 1000 x 1000 pies, con incrementos verticales de 100 pies; rejilla horizontal de 100 x 100 pies en las proximidades de la estación de MF (Nota 1)	Estación de radio- difusión relacionada con puntos de prueba fijos para el ILS	Similar al Acuerdo de Ginebra, 1984 con puntos de prueba adicionales sobre rutas aéreas y en el volumen del ILS

CUADRO XXXII (cont.)

Nota 1 - Selección inicial de 8.000 x 8.000 pies para reducir el tiempo de computador con una adición de +12 dB a la p.r.a. de MF.

Nota 2 - Pueden sustituirse uno o más de los parámetros del modelo ampliado por sus equivalentes del modelo general.

1.2 Parámetros pertinentes para los estudios de correlación

En el Cuadro XXXIII se enumeran los parámetros identificados que han de tenerse en cuenta cuando se efectúe la correlación entre los valores de la interferencia medidos y calculados o predichos para cada uno de los mecanismos, tipos A1, A2, B1 y B2. Cuando procede se añaden notas explicatorias. Los parámetros enumerados se aplican al localizador del ILS, al VOR y a los sistemas de comunicaciones en ondas métricas.

CUADRO XXXIII

PARAMETROS APLICABLES EN LOS ESTUDIOS DE CORRELACION

PARAMETROS

	PARAMETROS	MECANISMO DE LA INTERFERENCIA			
		A1	A2	B1	B2
1.	S FRECUENCIA FUNDAMENTAL DE LA ANTENA DE MF, DIAGRAMA DE LA SEÑAL RADIADA HORIZONTALMENTE		X	X	X
2.	L EMISION NO ESENCIAL DE MF, DIAGRAMA DE LA SEÑAL RADIADA HORIZONTALMENTE	X			
3.	S FRECUENCIA FUNDAMENTAL DE LA ANTENA DE MF, DIAGRAMA DE LA SEÑAL RADIADA VERTICALMENTE		X	X	X
4.	L EMISION NO ESENCIAL DE MF, DIAGRAMA DE LA SEÑAL RADIADA VERTICALMENTE	X			
5.	L POLARIZACION DE LA SEÑAL MF		X	X	X
6.	S PROPAGACION DE LA SEÑAL MF	X	X	X	X
7.	S DIAGRAMA DE RECEPCION DE LA ANTENA DE LA AERONAVE	X	X	X	X
8.	S RESPUESTA EN FRECUENCIAS DEL SISTEMA DE ALIMENTACION Y DE LA ANTENA DE LA AERONAVE	X	X	X	X
9.	S SISTEMA AERONAUTICO, SEÑAL REALMENTE RADIADA	X	X	X	
10.	S CARACTERISTICAS DE SELECTIVIDAD Y DE INMUNIDAD A LA INTERFERENCIA DEL RECEPTOR DE AVIONICA	X	X	X	X
11.	U CONTRIBUCIONES DE LA SEÑAL MULTIPLE MF	X		X	X
12.	U DISCRIMINACION DE POLARIZACION CRUZADA DE LA ANTENA DE LA AERONAVE	X	X	X	X
13.	U OTRAS SEÑALES ELECTROMAGNETICAS DEL ENTORNO (POR EJEMPLO: ICM, CATV, AYUDAS A LA NAVEGACION AERONAUTICAS PROXIMAS TALES COMO EL TVOR, ETC.	X	X	X	X

S = FACTOR PRIMORDIAL

L = FACTOR MENOS IMPORTANTE

U = FACTOR DESCONOCIDO (NO SE DISPONE DE EXPERIENCIA PRACTICA)

EXPLICACIONES

Parámetros 1, 2, 3 y 4: Se establecerá el diagrama de radiación en la dirección de medición mediante cálculos o mediciones de intensidad de campo de la señal radiada. Pueden combinarse mediciones en diferentes acimutes y ángulos de elevación para caracterizar completamente el diagrama de radiación. Deberá tenerse en cuenta, si existe, la inclinación de haz.

Parámetro 6 Deberán tenerse en cuenta el emplazamiento y la elevación de la antena. La propagación es la correspondiente al espacio libre hasta el horizonte radioeléctrico incluyendo más allá del mismo las pérdidas por difracción (véase la Recomendación 528 del CCIR). Deberán considerarse la variabilidad debida a los efectos estacionales y climatológicos.

Parámetro 7 Para las bandas aeronáutica y de radiodifusión.

Parámetro 9 Deberán tenerse en cuenta los efectos de terreno. Deberá considerarse la variabilidad ocasionada por los efectos estacionales y climatológicos.

Parámetro 10 Las características del receptor de aviónica influyen en el mecanismo Al solamente en el grado en el que la selectividad del receptor admita la emisión no esencial. Las características de la modulación afectarán al resultado.

Parámetro 13 La energía procedente de emisiones distintas de las de transmisores de radiodifusión de MF puede contaminar las mediciones de la señal en cualquiera de los cuatro mecanismos.

1.3 Resultado de los experimentos de correlación

1.3.1 Introducción

En Canadá se efectuó un estudio de la correlación entre las predicciones del modelo de análisis ampliado y los resultados de vuelos en condiciones de prueba, para el mecanismo de interferencia del tipo B1. Para efectuar estas pruebas se resintonizó el transmisor ILS de una facilidad de prueba ILS situada cerca de Ottawa, haciéndose funcionar en 108,5 MHz de forma que coincidiera con el producto de intermodulación del receptor $2(106,9) - 105,3 = 108,5$ MHz.

1.3.2 Modelo de análisis

La técnica de análisis tuvo en cuenta los siguientes factores:

- diagramas de radiación horizontal de la antena MF medidos;
- diagrama de radiación medido de la antena del transmisor del localizador;
- diagrama de radiación y ganancia medidas de la antena de la aeronave;
- valor medido de la inmunidad a la interferencia del receptor en presencia de diversos niveles de señal del localizador;
- posición y rumbo de la aeronave;
- aeronave situada dentro de los haces principales de transmisores de MF.

1.3.3 Resultados de las pruebas en vuelo

En la Figura 28, se representa un ejemplo de los resultados de las dos versiones de la técnica ampliada (esto es, una zona de interferencia y un análisis del punto de prueba a lo largo de un trayecto de vuelo).

Se ha representado la "zona predicha en que no hay interferencias" suponiendo una orientación de antena de aeronave de caso más desfavorable, en la cual la máxima ganancia estuviese dirigida hacia los emplazamientos del transmisor de MF y la mínima ganancia hacia el emplazamiento del transmisor ILS. En consecuencia este diagrama representa un caso límite: cualquier interferencia registrada durante una prueba en vuelo estaría fuera de "zona predicha de ausencia de interferencia".

En los segmentos del trayecto de vuelo Ejecución R47 y Ejecución R48 puede observarse la correlación entre los resultados de la prueba en vuelo y la técnica de predicción detallada que utiliza puntos de prueba a lo largo de los trayectos de vuelo. En la Ejecución R47 puede verse que la estructura lobular del diagrama de radiación de la antena del ILS produce segmentos cortos en los que no hay interferencia a cada lado del eje de rumbo frontal tanto para los resultados de la prueba en vuelo como para los predichos. Estas pruebas en vuelo confirmaron la predicción de que no se registraría interferencia en el eje de rumbo frontal. En la Ejecución R48 tampoco se predijo ni se encontró ninguna interferencia en el eje de rumbo frontal.

1.3.4 Conclusiones

Se sabe que para cada uno de los factores utilizados en el modelo de análisis existe una variación entre los parámetros reales y las características del Acuerdo de Ginebra de 1984. Los datos presentados señalan variaciones comprendidas entre -10 y +4 dB para los diagramas de antena, entre -10 y +30 dB para los niveles de señal real del ILS en comparación con el valor mínimo de -89 dBm y por último de 7 dB entre los niveles de la MF reales y predichos (debidos a reflexiones en el suelo). Considerando que los resultados de las predicciones concuerdan muy aproximadamente con los resultados de las pruebas en vuelo la correlación obtenida solamente puede explicarse utilizando las características medidas de todos los factores considerados.

CONTORNO IEM B1 2x106,9-105,3=100,5 CARP 1000 pies

ID	FREC.	LATITUD	LONGITUD	PRA(W)	DIST(NM)	RUMBO(°)	G (dB)
CARP 100	100.5	4519 6	076 154	--	--	--	-16.0
CK01 OTT	106.9	453011	07551 2	100000	13.5	34.5	-12.0
CKBY OTT	105.3	453011	07551 2	04000	13.5	34.5	-11.0

Variables consideradas en este análisis

Tipo de antena del localizador: ... SI
 Nivel de señal del localizador: ... SI
 Directividad de la antena MF1: ... SI
 Directividad de la antena MF2: ... SI

Otros detalles

Acimut del LOC: 83°
 Antena de transmisión del LOC: 2CARP7NM
 Receptor de aeronave: K
 Ganancia de la antena de aeronave: definida por el usuario
 DELTA del receptor f cubo = 0,192

Señal del LOC med.	
CARP 1000 pies 108,58	
DIST. ANT. LOC. (NM)	INT. CAMPO E (dBμV/m)
1.0	82.0
2.0	81.0
4.0	75.0
6.0	71.0
8.0	65.0
10.0	61.0
12.0	58.0
14.0	56.0
16.0	52.0
18.0	51.0
20.0	49.0
22.0	46.0
24.0	43.0
25.0	43.0

Altitud de vuelo 1000 FT PSL

COMENTARIOS

ORIENTACION DE ANTENA DE AERONAVE PARA EL CASO MAS DESFAVORABLE PARA RX K
 GANANCIA DE MF = MAX
 GANANCIA DEL LOC = MIN

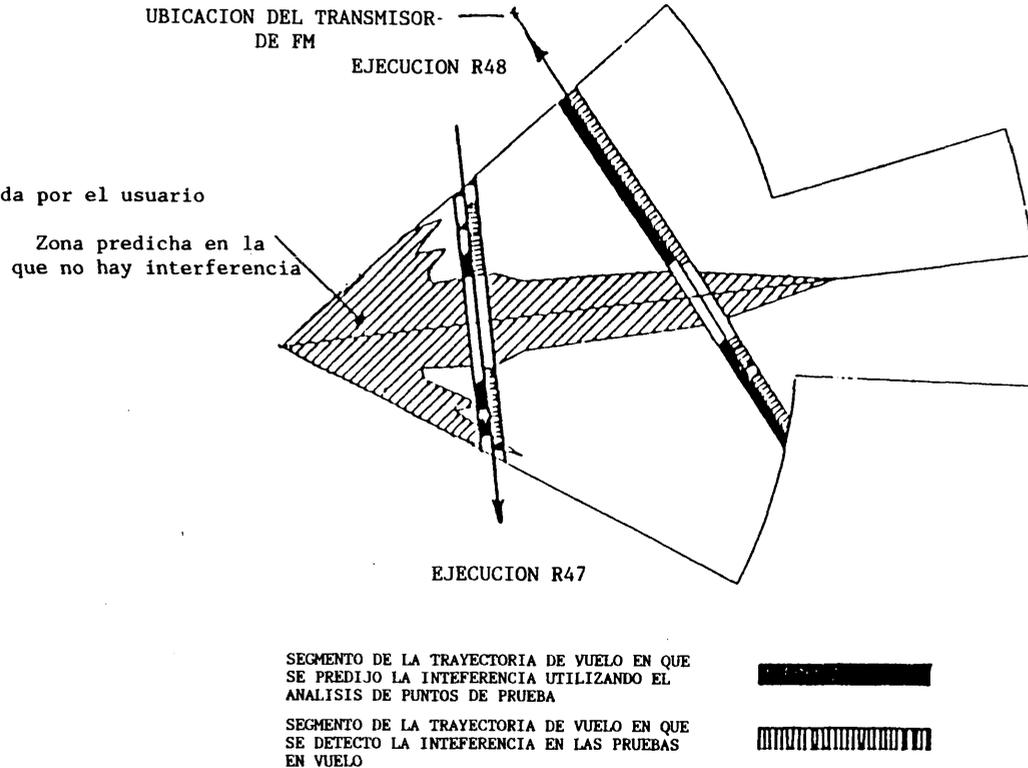


FIGURA 28

1.4 Validez esperada de los métodos generalizados

Se han utilizado algunos de los métodos generalizados descritos en este anexo para predecir la compatibilidad teórica de situaciones de explotación muy consolidadas. Estos métodos son conservativos por lo que no es raro llegar a predecir márgenes de compatibilidad negativos, algunas veces muy grandes para situaciones operacionales bien establecidas en las que no se han recibido aparentemente quejas de incompatibilidad. Esto suscita algunas dudas sobre el grado de validez de los métodos y/o de al menos algunos de los criterios de compatibilidad que aplican. Las conclusiones derivadas de la utilización de algún método general aplicado a situaciones operacionales bien consolidadas, algunas de las cuales llevan funcionando varios años, deben contemplarse con cierta cautela. En Norteamérica, los sistemas de radiodifusión y aeronáuticos se proyectaron uno a uno sobre la base de evaluación caso por caso, teniendo en cuenta, por ejemplo, las condiciones en ubicaciones específicas. Existe cierta duda sobre la validez de la aplicación de un método generalizado a una situación como la que impera en la Región 2.

Es conveniente intentar cuantificar la magnitud de las discrepancias que podrían introducirse mediante hipótesis o aproximaciones conocidas.

Las fuentes de discrepancia y las magnitudes estimadas son las siguientes:

- Diagrama de radiación horizontal de la estación de radiodifusión. Para cualquier acimut puede haber diferencias de ± 2 dB entre los valores predichos y los medidos. En Canadá se han encontrado diferencias comprendidas entre +5 y -10 dB entre los valores de la p.r.a. teórica nominal suponiendo una característica unidireccional y los valores medidos para cualquier acimut en el caso de antenas montadas lateralmente.
- Nivel de señal de radionavegación deseada. Puede haber diferencias de -10 a +30 dB entre el valor mínimo del nivel de señal aeronáutica (-89 dBm) y el valor real medido en el punto de prueba.
- Calidad del sistema de antena de aeronave. Pueden registrarse diferencias comprendidas entre 0 y -20 dB entre el modelo de dependencia con la frecuencia del sistema de antena citado en el punto 7.6.2 del Anexo 2 del Acuerdo de Ginebra de 1984 y los valores medidos. Esta diferencia tiene en cuenta asimismo todos los efectos debidos a la directividad de la antena.
- Inmunidad del receptor aeronáutico. Pueden presentarse diferencias en la gama de -10 a +30 dB cuando se tiene en cuenta la desviación de las características de un modelo concreto de receptor en comparación con las características especificadas en el Acuerdo de Ginebra de 1984 así como la variación esperada de la calidad de funcionamiento del receptor cuando varía el nivel de la señal deseada.

Debe observarse que algunas de estas discrepancias esperadas son interdependientes. Por ejemplo, si la calidad de funcionamiento del receptor depende del nivel, puede resultar afectada tanto por la variación del nivel de la señal deseada como por la calidad de funcionamiento de la antena de la aeronave.

Asimismo debe observarse que una fuente importante de posibles discrepancias que puede reducirse considerablemente es la sustitución del modelo de predicción de propagación de espacio libre por un modelo que utilice el método ITS IF 77 [Gierhard y Johnson, 1983], o por la curva de propagación para el 50% del tiempo de la Recomendación 528. Esto tendrá como efecto la reducción de las discrepancias en 30 dB como máximo para trayectos que se extienden cerca o más allá del horizonte radioeléctrico estimado sobre la base de la aproximación de Tierra lisa con radio ficticio $4/3$ del radio real. Para trayectos más cortos, sin embargo, puede considerarse que el efecto será despreciable.

Se ha identificado otra posible fuente de discrepancias que no puede cuantificarse todavía. Se aplica solamente al caso de productos de intermodulación radiados (A1) cuando se considera importante tener en cuenta el diagrama de radiación vertical de la antena de radiodifusión en la frecuencia de la emisión no esencial.

Cualquiera de los factores anteriores, o todos ellos, pueden contribuir a una discrepancia entre los márgenes calculados y la experiencia de explotación, no disponiéndose todavía de información sobre las diferencias globales que pueden producirse.

Asimismo, deben tenerse en cuenta las limitaciones operacionales reales en una facilidad específica.

1.5 Resúmenes de los métodos descritos en las Partes II a V del presente anexo

1.5.1 Canadá (véase la Parte II)

La utilización de técnicas informáticas permite el dibujo de zonas de interferencia potencial de tipo A1, A2, B1 y B2 directamente sobre los mapas aeronáuticos o sobre diagramas de zonas de servicio. Se utilizan en el modelo general los criterios de compatibilidad del Acuerdo de Ginebra de 1984. Además, es posible efectuar un análisis más detallado de asignación para cada caso empleando otros parámetros o criterios. Esta ampliación permite una aproximación más próxima al entorno de explotación.

1.5.2 Estados Unidos de América (véase la Parte III)

En los Estados Unidos se utiliza un modelo automático por computador para la predicción de la compatibilidad entre las transmisiones de radiodifusión MF y el sistema del localizador del ILS. Algunas de las características importantes del modelo, son las siguientes: se utiliza en todo el volumen de servicio de ILS, el nivel mínimo de señal especificado por la OACI de $40 \mu\text{V/m}$. Para obtener criterios de interferencia aplicables a los mecanismos de tipo B1, se efectuaron pruebas de laboratorio con 28 receptores que se convalidaron mediante pruebas en vuelo. Los criterios para los mecanismos de interferencia de los tipos A2 y B2 son similares a los utilizados en el Acuerdo de Ginebra de 1984, salvo que se impone una mayor restricción cuando los dos mecanismos difieren en una Δf determinada. La gama de búsqueda por defecto mínima es 30 NM más allá de los límites del volumen de servicio del ILS. Cuando resulte apropiado pueden seleccionarse gamas mayores.

1.5.3 Método de evaluación unificado LEGBAC para la compatibilidad radiodifusión-aeronáutico (véase la Parte IV)

Este método fue desarrollado por el denominado "Limited Exploratory Group for Broadcast to Aeronautical Compatibility (LEGBAC)" constituido por las Administraciones de Alemania (República Federal de), Bélgica, Francia, Irlanda, Luxemburgo, Países Bajos (Reino de los) y Reino Unido.

El método de evaluación unificado (UIAM) proporciona una herramienta informática de análisis para la coordinación internacional en relación con el problema de la compatibilidad. El método UIAM aplica los criterios de compatibilidad que figuran en el Acuerdo de Ginebra de 1984 utilizando un factor de corrección que tiene en cuenta las características de la antena de las estaciones de radiodifusión. Se identifican todas las posibles incompatibilidades importantes utilizando un número razonable de puntos de prueba. Teniendo presente que el nivel más alto posible de incompatibilidad se producirá siempre en las proximidades de una estación de radiodifusión, el método se basa en puntos de prueba generados en esas proximidades. Estos puntos de prueba relacionados con la estación de radiodifusión son adicionales a los puntos de prueba fijados para el ILS.

Esta metodología ha conducido a una herramienta de cálculo eficaz que proporciona una lista de posibles márgenes de interferencia en los puntos de prueba.

1.5.4 Polonia (véase la Parte V)

El método de evaluación de la compatibilidad desarrollado en Polonia utiliza, en principio, los criterios de compatibilidad del Acuerdo de Ginebra de 1984. Sin embargo, se han introducido algunos perfeccionamientos.

Se evalúa la compatibilidad para el ILS, VOR y COM en ondas métricas. En el caso del VOR y de COM los puntos de prueba se sitúan a lo largo de trayectorias de vuelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Gierhard G.D., Johnson M.E., "The IF-77 Electromagnetic Wave Propagation Model", DOT Rept. FAA-ES-83-3. Boulder, Colorado, septiembre 1983.

Parte II del Anexo II

MODELOS DE ANALISIS AUTOMATICOS DE COMPATIBILIDAD
DESARROLLADOS POR CANADA

2.1. Visión general del sistema

2.1.1 El sistema de análisis de interferencia MF/ILS/VOR/COM consta de dos componentes principales: el subsistema de análisis de la interferencia y el subsistema de representación.

2.1.2 El subsistema de análisis de la interferencia puede aplicarse a un computador y tiene acceso a bases de datos que contienen:

- a) todas las estaciones de MF de Canadá;
- b) estaciones de MF de Estados Unidos hasta 320 km (172 NM) de la frontera común;
- c) todas las facilidades de ILS, VOR y COM de Canadá;
- d) las facilidades de ILS de Estados Unidos dentro de una distancia de 340 km (130 NM) desde la frontera y facilidades VOR de los Estados Unidos dentro de una distancia de 1 020 km (550 NM) de la frontera.

Nota: las distancias indicadas corresponden a acuerdos bilaterales con los Estados Unidos).

El programa realiza los análisis para los tipos de interferencia A1, A2, B1 y B2 y elabora un informe de interferencia con impresión de todos los casos en los que el contorno de interferencia se superpone a la zona de servicio de una facilidad aeronáutica. Este informe proporciona un tamaño aproximado de las posibles zonas de interferencia. A continuación se emplea el subsistema de representación para obtener un diagrama de interferencia.

2.1.3 El subsistema de representación de la interferencia está instalado en un microcomputador y se utiliza para representar las zonas de servicio ILS/VOR/COM, los emplazamientos del transmisor MF, los contornos de interferencia de los tipos A1/A2/B1/B2 y los resultados del análisis de puntos de prueba. Este subsistema almacena la información de FM/ILS/VOR/COM obtenida a partir del informe de interferencia así como los datos medidos sobre características de antenas de aeronaves, características de inmunidad a la interferencia de receptores, diagramas de radiación de antenas de MF, diagramas de radiación de antenas de transmisores ILS y niveles de señal de ILS.

2.2 Hipótesis y criterios

2.2.1 Modelo general: Este modelo tiene en cuenta lo siguiente:

- a) Diagrama de la antena de MF: DRH omnidireccional idealizado basado en la p.r.a. máxima
- b) Propagación de la señal MF: modelo de espacio libre
- c) Modelo de sistema de la antena de la aeronave: modelo del Acuerdo de Ginebra de 1984
- d) Nivel de señal del ILS: -89 dBm en todo el volumen
- e) Características del receptor ILS/VOR: las comprendidas en los criterios del Acuerdo de Ginebra de 1984

En la Figura 29 se representa la salida de este análisis.

2.2.2 Modelo ampliado: Puede sustituirse uno o más de los parámetros siguientes por sus equivalentes del modelo general:

- | | | |
|----|--------------------------------------|--|
| a) | Diagrama de antena de MF: | DRV calculado o medido, DRH medido |
| b) | Propagación de la señal MF: | Referencia: modelo de propagación ITS IF-77 [Gierhard y Johnson, 1983] que considera pérdidas en espacio libre dentro de la línea de visión directa y pérdida de difracción más allá de ella. El horizonte radioeléctrico es el real en vez del calculado. |
| c) | Modelo de antena de aeronave: | caracterizado mediante el diagrama de radiación y la respuesta en frecuencias para una combinación específica aeronave/antena específica |
| d) | Nivel de señal del ILS: | medido o deducido de un diagrama de antena de ILS medido o idealizado |
| e) | Características del receptor ILS/VOR | características específicas del receptor en condiciones de niveles variables de señal del ILS |

En la Figura 30 se representa el resultado de un análisis en el que se tienen en cuenta las señales reales del localizador para un receptor específico (con una inmunidad 10 dB inferior a la utilizada en la Figura 29) manteniéndose los restantes factores en las hipótesis del Acuerdo de Ginebra de 1984.

2.2.3 Se está modificando el soporte lógico para que se efectúe la impresión de los números de margen de interferencia junto a las trayectorias de vuelo (o en los puntos de prueba seleccionados) en lugar de identificar solamente si se está previendo o no la interferencia. Esto ayudará a interpretar la presentación. Se efectuarán pruebas en vuelo para cierto número de facilidades ILS en todo Canadá en un proceso continuo de evaluación y perfeccionamiento de la técnica del análisis ampliado.

2.3 Utilización

Se utiliza el modelo general como un análisis preliminar para cada caso de asignación. Pueden emplearse las técnicas ampliadas según lo requieran las circunstancias. Por último pueden utilizarse ambos modelos como herramienta para diseñar y realizar asignaciones compatibles de navegación aeronáutica y de MF.

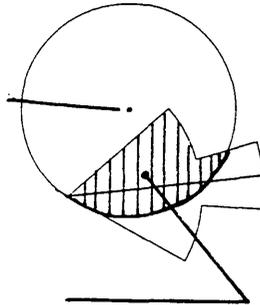
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Gierhard G.D., Johnson M.E., "The IF-77 Electromagnetic Wave Propagation Model", DOT Rept. FAA-ES-83-3. Boulder, Colorado, septiembre 1983.

FIGURA 29

Acuerdo de Ginebra, 1984 - Análisis con la curva de respuesta del sistema de antena de aeronave de ese acuerdo, PRA = 40 kW (para ambas MF)

Emplazamiento del transmisor de MF



Zona de posible interferencia

CARR-1 (2), Rx con la antena del GITM
2(106,9)-105,3 = 108,5 CARP

Escala NM



18 Jul 1988

12 ILS 108.5 CARP
45°19'06" 075°01'54"
QZ(101)W=03'
*** B1: RECE[VLR] IMP ***
ILS Freq. = 108.5 MHz
2x 106.9 - 105.3 = 108.5
IMP OFFSET = 0 kHz
16 FM CARR-1 106.9 OT
ERP = 400W
45°30'11" 075°51'02"
17 FM CARR-1 105.3 OTFM
ERP = 400W
45°30'11" 075°51'02"

INTERFERENCE CRITERION:
CARR-1(2):

241+02+35.99 + 120 -060m

A.R. from IIMP

A.R. for 106.9: 4.50 dB

A.R. for 105.3: 5.20 dB

FM ILS separ. 00W

CONTORNO DE IEM B1 2x106,9-105,3 = 100,5 CARP 1000 pies

ID	FREQ	LATIT.	LONG.	PRA(W)	INDIS(NM)	RIMBOIG(°DB)
CARR 100	108.5	4519.6	075.154	40000	13.5	34.5
CKO1 OTT	106.9	4530.11	07551.2	40000	13.5	34.5
CARR OTT	105.3	4530.11	07551.2	40000	13.5	34.5

Zona de posible interferencia

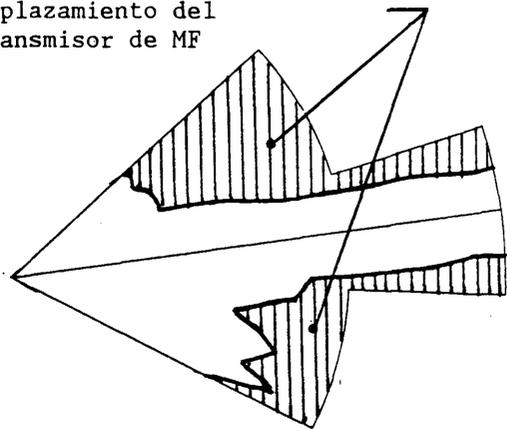
Variables consideradas en el análisis

Tipo de antena del localizador SI
Nivel de señal del localizador SI
Directividad de antena de MF1 OMNI
Directividad de antena de MF2 OMNI

Emplazamiento del transmisor de MF

Otros detalles

Acimut LOC: 83°
Antena TX LOC
RX aeronave K
Ganancia ANT aeronave: GITM-8/12
DELTA RX f cúbica = 8,192



Señal med. LOC	
CARP 1000 pies 100 50	
DIST. ANT.	INTENSIDAD
LOC (NM)	CAMPO E (dBµV/m)
1.0	92.0
2.0	81.0
4.0	75.0
6.0	71.0
8.0	65.0
10.0	61.0
12.0	58.0
14.0	56.0
16.0	52.0
18.0	51.0
20.0	49.0
22.0	46.0
24.0	43.0
25.0	43.0

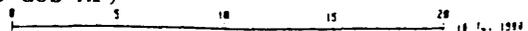
Altitud de vuelo

Comentarios

Modelo de señal LOC
Antena RXGITM

FIGURA 30

Modelo de señal LOC con una curva de sistema de antena de aeronave del acuerdo de Ginebra de 1984
PRA = 40 kW (para las dos MF)



Parte III del Anexo II

MODELO MATEMATICO INFORMATIZADO DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA PARA
LA EVALUACION DE LA COMPATIBILIDAD ENTRE ESTACIONES DE
RADIODIFUSION MF PROPUESTAS Y EL LOCALIZADOR DEL SISTEMA DE ATERRIZAJE POR
INSTRUMENTOS (ILS)

En Estados Unidos se utiliza un modelo informático para la predicción de la compatibilidad entre la transmisión de radiodifusión MF y el sistema de localizador ILS.

Los factores primarios del modelo, en resumen, son los siguientes:

Señal del localizador en el espacio - En todo el volumen de servicio del ILS se utiliza el nivel mínimo de señal de $40 \mu\text{V/m}$ especificado por la OACI.

Sistema de antena de aeronave - Se emplea la curva de respuesta del sistema de antena del Acuerdo de Ginebra de 1984. No se tienen en cuenta las directividades horizontal o vertical de la antena de la aeronave.

Receptor - Para obtener criterios únicos de interferencia para los mecanismos de tipo B1 se efectuaron pruebas de laboratorio con 28 receptores convalidándose mediante pruebas en vuelo. Los criterios adoptados para los mecanismos de los tipos A2 y B2 son los mismos que los utilizados en el Acuerdo de Ginebra de 1984, salvo que se emplea una mayor restricción cuando ambos difieren entre sí una Δf determinada.

Antena de MF - Se utilizan, si se conocen, los diagramas de radiación horizontal y vertical basados en las especificaciones de los fabricantes. Si no son conocidos se utiliza un diagrama horizontal omnidireccional junto con un diagrama de radiación vertical supuesto, con un haz principal situado dentro de $\pm 5^\circ$ y con -14 dB para los demás ángulos de elevación (antena genérica).

Señal MF en el espacio - Se utiliza un modelo de propagación correspondiente a condiciones de visibilidad directa con la ley inversamente proporcional a la distancia, normalmente entre una distancia de exploración de hasta 55 km (30 NM) desde cualquier punto del volumen de servicio del ILS. De ser necesario se utilizan distancias de exploración mayores.

Puntos de prueba - Se aplica en primer lugar una preantena constituida por una rejilla horizontal con elementos separados 2.400×2.400 m (8.000×8.000 pies) en todo el volumen del ILS, sin ningún tipo de corrección del diagrama de antena de MF, añadiéndose 12 dB a la intensidad de campo calculada para cada estación MF. Únicamente si se rebasa el criterio de interferencia en esta preantena se efectúa un análisis intensivo en una rejilla horizontal de 300×300 m (1000×100 pies) para cualquier altitud elegida por el usuario. Los valores supletorios son los siguientes: fondo del volumen de servicio, parte superior del mismo y ángulo de elevación de la torre de MF. En el caso especial en que la antena de MF esté dentro del volumen de servicio se crea para los puntos de prueba una rejilla bidimensional de 30×30 m (100×100 pies) en las proximidades del emplazamiento del transmisor de MF.

3.1.1 Introducción

3.1.1.1 En los Estados Unidos se utiliza un procedimiento de coordinación caso por caso que se inicia en el mismo momento o antes de la etapa de concesión de permisos de instalación, de una forma continuada para asegurar que se continúan manteniendo los valores actuales y satisfactorios de la compatibilidad entre los servicios aeronáutico y de radiodifusión. Como consecuencia, en Estados Unidos no ha sido necesario adoptar limitaciones al servicio aeronáutico para resolver los problemas de interferencia. Para evaluar la compatibilidad electromagnética (CEM) entre los servicios radioeléctricos aeronáuticos en la banda 108 - 137 MHz y estaciones de radiodifusión MF en la banda 88 - 108 MHz se han utilizado varias técnicas. Muchas de ellas, sobre todo las que hacen uso del "diagrama de Venn" utilizan necesariamente un método simplificado, debido a los numerosos cálculos que son necesarios para efectuar un análisis preciso del problema de la compatibilidad. La disponibilidad de computadores ha impulsado el desarrollo de un modelo matemático informatizado que, combinado con datos empíricos obtenidos de mediciones en laboratorio y en vuelo, proporcionaría un análisis completo de cualquier cuestión relativa a la compatibilidad.

3.1.1.2 En Estados Unidos se ha desarrollado un modelo informático de este tipo que se denomina Airspace Analysis Model (AAM) y que representa la herramienta más potente desarrollada hasta la fecha en los Estados Unidos para la evaluación de la compatibilidad entre los servicios de radiodifusión MF y de radionavegación aeronáutica (ILS). El modelo se basa en datos reales recopilados mediante pruebas en vuelo a partir de estaciones radioeléctricas existentes así como de pruebas de laboratorio de equipos de radio utilizados prácticamente. Utiliza diagramas de antena de radiodifusión (siempre que se disponga de ellos) para asegurar que las "zonas" de interferencia predichas son lo más exactas posible.

3.1.1.3 Hasta la fecha, la aplicación del modelo está limitada a la evaluación de la compatibilidad entre los transmisores de radiodifusión MF y la aviónica del localizador del sistema de aterrizaje por instrumentos (ILS). La salida de este modelo consiste en gráficos generados por el computador que señalan las zonas en las que en ciertas condiciones cabe esperar interferencia de los tipos A2, B2 y B1 dentro del volumen de servicio tridimensional del localizador. Este modelo difiere sustancialmente de otros métodos anteriores de análisis de la compatibilidad en que realiza un análisis tridimensional que tiene en consideración la estructura vertical del volumen de servicio del localizador, así como el diagrama de radiación vertical de las antenas de radiodifusión de MF implicadas. El usuario tiene la facultad de seleccionar cualquier distancia de exploración para las estaciones de MF medida desde el borde del volumen de servicio. El valor supletorio (y mínimo admisible) es de 55 km (30 NM) para minimizar el tiempo de cálculo.

3.1.2 Datos empíricos

3.1.2.1 El primer conjunto de datos incorporado al modelo han sido los resultados de un programa de pruebas de laboratorio de receptores ILS/VOR efectuado conjuntamente por Canadá y los Estados Unidos (Anexo I Parte III). En los Estados Unidos se han realizado pruebas adicionales cuyos resultados se han incorporado también en esta base de datos. Se sometió a prueba un total de 28 receptores para determinar su sensibilidad a la interferencia de los tipos A1 a A2, B1 o B2 producida por señales de radiodifusión en MF (véase el Cuadro XXXIV). En algunos casos, se probaron múltiples unidades del mismo modelo, a fin de obtener mayor experiencia acerca de la repetibilidad de los datos. Estos modelos que se encuentran entre los más corrientes exhiben una notable repetibilidad. En un documento separado que, se publicará por la Federal Aviation Administration de los Estados Unidos, figura una descripción más detallada de estas pruebas adicionales.

3.1.2.2 En los datos que forman la base del modelo se ha incluido un total de 15 antenas diferentes montadas en 14 células aéreas. En el Cuadro XXXV figura una lista de las estructuras y modelos de antena. La curva incorporada normalmente en el modelo es la curva de respuesta en frecuencias del Acuerdo de Ginebra de 1984. No se han tenido en cuenta las directividades horizontal y vertical de la antena de la aeronave.

3.1.2.3 En este modelo se incluyeron diagramas de radiación vertical 11 tipos distintos de antenas de radiodifusión MF facilitados por los fabricantes. En el Cuadro XXXVI se enumeran los tipos, representándose un diagrama ejemplo en la Figura 31.

3.1.3 Formulación del modelo

3.1.3.1 El modelo calcula las zonas donde puede haber interferencias de los tipos A2, B1 y B2 dentro del volumen de servicio del localizador del ILS. En el caso de las interferencias de los tipos A2/B2, se calculan las intensidades de campo de las señales de radiodifusión MF y se comparan con los criterios de inmunidad presentados en la Figura 32, curva adoptada por el Acuerdo de Ginebra de 1984. En el extremo superior de la curva cerca de 108 MHz, la interferencia de tipo A2 predomina sobre la de tipo B2 siendo el factor determinante de la interferencia.

3.1.3.2 Los criterios para la interferencia del tipo B1 (intermodulación del receptor de tercer orden con dos señales y tres señales) se basan en los datos tomados por Estados Unidos y Canadá algunos de los cuales aparecen en la Parte III del Anexo I.

Existe compatibilidad entre dos señales cuando se cumple:

$$2N_1 + N_2 \leq 26,4 \log [\Delta f_1^2 \times \Delta f_2] - 133,8$$

Existe compatibilidad con 3 señales cuando:

$$N_1 + N_2 + N_3 \leq 27,1 \log [\Delta f_1 \times \Delta f_2 \times \Delta f_3] - 141,3$$

donde

N_i = potencia recibida del i-ésimo transmisor de MF, dBm

$$\Delta f_i = f_{10c} - f_i \text{ (FM), MHz}$$

3.1.3.3 Las ecuaciones del umbral de interferencia en el modelo AAM presuponen una señal en el localizador de -86 dBm (intensidad de campo mínima de la OACI convertida a dBm) en la totalidad del volumen de servicio (Figura 33). El apantallamiento del terreno (Figura 34) apantallamiento de la aeronave y umbrales de monitorización pueden originar zonas en las que la señal recibida real sea inferior a la predicha utilizando técnicas de análisis de propagación normalizadas. (Desde el punto de vista operacional, los diagramas de recepción de la antena receptora pueden variar considerablemente según los tipos de aeronave, sus actitudes y orientaciones lo cual degradará más el nivel de la señal). En el caso en el que el apantallamiento del terreno reduzca la intensidad de campo real a un valor inferior al nivel mínimo admitido por la prueba en vuelo (-90,5 dBm) puede establecerse y publicarse un volumen de servicio reducido o modificado. Asimismo, el monitor del transmisor del ILS admitirá una reducción de 3 dB en la potencia de transmisión antes de desconectar el transmisor del ILS.

3.1.3.4 El método AAM examina posibles interferencias en todos los puntos del volumen de servicio del ILS a fin de asegurar que está exento de interferencias en su totalidad en lugar de solamente en la línea central de la región de aproximación. Un piloto que vuela fuera de rumbo se fía de la orientación direccional que proporciona el ILS a su indicador de desviación de rumbo (CDI), a fin de orientar la aeronave en la dirección necesaria para volver a su rumbo. La interferencia de radiofrecuencia al localizador podría provocar lecturas impredecibles e incluso producir un centrado de la aguja del CDI lo que indicaría que el piloto se encuentra en el rumbo correcto. Además, la provisión de una protección inferior a la total en el volumen de servicio reduciría la flexibilidad de las operaciones de control de tráfico aéreo y podría comprometer la viabilidad de una aproximación determinada. Como es extremadamente difícil y costoso reubicar un aeropuerto en Estados Unidos, se adoptó la decisión de comprobar la existencia de interferencia en todo el volumen de servicio y proteger todo el espacio aéreo utilizable dentro del mismo.

NOTA (1) En el Anexo 10 de la OACI, Volumen 1. Parte 1, § 3.1.3.3.2 se especifica que el nivel de señal mínimo dentro del volumen de cobertura del localizador es $40 \mu\text{V/m}$. Esto equivale a -86 dBm en los terminales de una antena isotropa sin pérdidas.

3.1.3.5 Los datos de laboratorio indican que en la mayoría de los receptores la interferencia producida por radiodifusión MF tiende a ensanchar el rumbo. Sin embargo, al menos en un modelo muy utilizado puede hacerse que la aguja indicadora se desvíe a un lado del CDI (§ 3.7 de la Parte III del Anexo I). En consecuencia resulta fundamental la protección de la totalidad del volumen de servicio frente a este tipo de interferencia inducida por la señal de radiodifusión MF.

3.1.3.6 La realización en computador del modelo efectúa los cálculos de nivel de la señal de radiodifusión MF en cientos de ubicaciones a través del volumen de servicio del localizador del ILS que se está estudiando. Los cálculos se realizan en una rejilla cuyos puntos están separados horizontalmente 300 m (1.000 pies) Para todas las estaciones de MF interiores al volumen de servicio, se utiliza una rejilla horizontal de puntos de prueba de $30 \times 30 \text{ m}$ (100×100 pies) en las proximidades de esas estaciones. A petición del usuario el modelo puede también representar un corte vertical de las zonas de interferencia. Se calcula esta matriz tridimensional de niveles de señal procedentes de todos los transmisores de MF en estudio. Estos niveles se combinan y se comparan con los criterios de intermodulación del tipo B1 para los productos de intermodulación de tercer orden con dos y tres señales y con los criterios para los tipos de interferencia A2 y B2. En cada ubicación en que se viole algún criterio de compatibilidad se marca un punto en el gráfico generado por el computador. En las Figuras 34 a 38, se muestran ejemplos de tales representaciones gráficas. Como puede verse los resultados son sensibles a la dimensión vertical del volumen de servicio y al diagrama de radiación vertical de los elementos de radiación de la estación de radiodifusión MF. Se utiliza seguidamente este resultado para evaluar la compatibilidad entre el ambiente de radiodifusión de MF y el sistema de localizador ILS.

3.1.4 Experiencia obtenida en los Estados Unidos con el modelo

3.1.4.1 Con el fin de reducir el tiempo de cálculo en Estados Unidos se ha efectuado cierto número de modificaciones al modelo. En la actualidad el modelo de los Estados Unidos realiza la evaluación de la compatibilidad en dos etapas. En la primera fase (fase de preapantallamiento) el modelo efectúa el análisis en puntos de prueba situados en una rejilla horizontal de 2.400 x 2.400 m (8.000 x 8.000 pies) con incrementos verticales de 30 x 30 m (100 x 100 m pies). En la segunda fase el modelo utiliza una separación horizontal de 300 x 300 m (1.000 x 1.000 pies) con los mismos incrementos verticales de 30 x 30 m.

A fin de evitar la posibilidad de que se pierdan algunos posibles problemas durante la fase de preapantallamiento se efectúa el análisis en las siguientes condiciones especiales:

- 1) Se añaden 12 dB a la p.r.a. de cada estación MF.
- 2) No se efectúan correcciones del diagrama vertical para las estaciones de MF.
- 3) Los receptores de aeronave están en el haz principal de la MF.

Si en el proceso de apantallamiento previo se detectan problemas de interferencia potencial el modelo inicia de nuevo automáticamente el análisis con la separación horizontal de 300 x 300 m.

La técnica del análisis en dos fases utilizada en el modelo de los Estados Unidos duplica esencialmente la velocidad de todo el análisis.

3.1.4.2 A continuación se realiza la búsqueda de la estación MF según un diagrama elíptico que rodea el volumen de servicio en vez de ser una búsqueda circular desde el localizador. Se determina la elipse mínima de forma que no se encuentre ningún punto a menos de 55 km (30 NM) del borde del volumen de servicio.

3.1.4.3 Otras mejoras comprenden la adición de estaciones VOR como fuentes de interferencia, así como cierto número de modificaciones secundarias destinadas a facilitar la utilización del modelo por el usuario.

3.1.4.4 La explotación del modelo AAM ha proporcionado resultados sorprendentes. En un caso reciente un usuario proponía la reubicación de su antena. El método del "diagrama de Venn" mostraba que en el emplazamiento propuesto la interferencia no sería peor que en el emplazamiento existente. Esto normalmente hubiera implicado la aprobación de la propuesta con una indicación condicional añadida.

3.1.4.5 Subsiguientemente, se aplicó el método AAM a los datos. Empleando un diagrama de antena genérico, la interferencia prevista fue peor por un escaso margen (incremento adicional de 15 a 22,5 m (50 - 75 pies) dentro del volumen de servicio). Como el procedimiento de predicción de interferencia utilizaba el modelo de antena genérico, se empleó un modelo de antena más preciso. Una vez que se incluyó el modelo del tipo de antena apropiado, el AAM puso de manifiesto que se hubiera producido interferencia en una parte sustancial del volumen de servicio. En la Figura 39, se ilustra la caracterización de la interferencia en el plano vertical entre el transmisor del ILS y el emplazamiento del transmisor de MF.

3.1.4.6 En otro caso reciente, el AAM predijo interferencia con tal detalle gráfico que el examen de los gráficos realizado por el ingeniero representante del usuario junto con su conocimiento del funcionamiento del modelo supuso que retirara sus propios estudios técnicos sin comentarios adicionales. En la Figura 40, se representa una caracterización vertical de esta interferencia a lo largo de un radial dirigido hacia la ubicación del transmisor de MF.

3.1.4.7 El AAM puede también servir de ayuda para investigaciones de la interferencia. Cuando se incluyen en los submodelos del AAM características del tipo de aeronave, receptor y sistema de antena representarán una aeronave específica. En las bases de datos se incorporan las características de varias aeronaves de inspección de vuelo siendo posible especificar una aeronave y una configuración particulares. Utilizando una nueva facilidad de calibración de antena disponible en Atlantic City, Nueva Jersey, podrán documentarse los diagramas de antena de las aeronaves de inspección de vuelo. La disponibilidad de una aeronave calibrada permitirá efectuar el análisis de una situación de interferencia con anterioridad a las mediciones en vuelo real como se ha demostrado recientemente en un caso de interferencia producido en Greenville, Carolina del Norte. Existía allí una notificación de interferencia de MF al localizador del aeropuerto Pitt-Greenville. El AAM predijo que la interferencia no se debía a una emisión MF. Una prueba de vuelo subsiguiente verificó este aserto.

3.1.5 Validación

3.1.5.1 Se está efectuando la validación del modelo comparando el valor calculado de la calidad de funcionamiento de la aviónica del localizador del ILS con la calidad de funcionamiento medida en condiciones de vuelo real, utilizando una aeronave equipada especialmente. Esta aeronave resulta muy valiosa para esta función debido a que se han medido y calibrado las características de la antena y del receptor de aviónica en el curso del desarrollo de este modelo. El receptor de aviónica se midió durante el programa de pruebas de laboratorio. La antena se calibró en cuanto a su diagrama horizontal y respuesta en frecuencias en el laboratorio de medición de antenas de Canadá. Está en curso la convalidación del modelo, habiéndose obtenido hasta ahora resultados alentadores en las pruebas en vuelo iniciales.

3.1.5.2 Recientemente se ha producido una notificación de interferencia de radiofrecuencia al localizador (110,5 MHz) en Marquette, Michigan. Se notificó que esta interferencia se producía en el eje de la pista manifestándose por una caída en la corriente de bandera del localizador.

3.1.5.3 Utilizando el Airspace Analysis Model se determinó que la causa de esta interferencia en el eje de la pista era la intermodulación entre el VOR (109,0 MHz) de Marquette y el WMQT. El VOR está situado a 3 km (1,6 millas) del umbral, 2 grados a la derecha de la prolongación del eje de la pista. Si bien en los casos de análisis de interferencia de MF, en general, no se consideran otras ayudas a la navegación, ésta en concreto presentaba una situación muy especial debido a la ubicación del VOR. Se consideró el VOR como una fuente radiante del mismo modo que una estación de radiodifusión MF.

3.1.5.4 Este caso brindó una buena oportunidad para convalidar las predicciones del AAM, puesto que podría reducirse la potencia del localizador y del VOR o incluso desconectarlo completamente para determinar los efectos de la interferencia. En consecuencia, se efectuó un vuelo de la aeronave con instrumentación especial para realizar mediciones en vuelo. Se efectuaron aproximaciones repetidas al localizador obteniéndose los siguientes resultados:

<u>Ejecución Nº</u>	<u>Estado del VOR</u>	<u>Trampa de MF sintonizada</u>	<u>Indicación CDI</u>	<u>Indicación de la bandera</u>
1.	Normal	No utilizada	Ligeramente ondulante	Totalmente visible
2.	Normal	Insertada	Estacionaria	Apenas visible
3.	Reducido en 3 dB	Insertada	Estacionaria	Bandera oculta
4.	Nueva frecuencia	No utilizada	Estacionaria	Bandera oculta

3.1.5.5 Los datos anteriores indican claramente la existencia de una interferencia del tipo B1 puesto que la atenuación de la señal del VOR o de la estación de MF eliminaba la interferencia. La ubicación y cobertura de la interferencia medida se corresponde con las predicciones del AAM.

3.1.5.6 Se modificó la frecuencia de funcionamiento del VOR para eliminar la intermodulación y las mediciones efectuadas en vuelos subsiguientes indicaron que ya no estaba presente la interferencia al localizador.

3.1.6 Ampliaciones futuras

3.1.6.1 En la actualidad el Airspace Analysis Model evalúa los efectos de las estaciones de radiodifusión MF sobre los localizadores del ILS. Se está ampliando el modelo a fin de que incluya la evaluación de la interferencia de la radiodifusión MF a los volúmenes de servicio del VOR y COM. En el futuro, el modelo AAM evaluará los efectos de las estaciones de televisión en ondas métricas y decimétricas sobre las facilidades aeronáuticas en la banda 108 - 137 MHz.

3.1.6.2 A medida que se incorporen estas ampliaciones futuras se sobrecargarán cada vez más las capacidades de un microcomputador. Los planes futuros incluyen la adaptación del AAM para que funcione en un superminicomputador o posiblemente en un gran computador. Esto permitirá la evaluación de muchas más estaciones así como de los posibles problemas que pueden originar.

3.1.7 Técnica de predicción de la interferencia para la interferencia producida por emisiones no esenciales (tipo A1)

3.1.7.1 La interferencia producida por emisiones no esenciales se produce cuando el receptor responde a componentes de la señal MF introducidas en las bandas de frecuencias aeronáuticas y en consecuencia dentro de la respuesta de FI del receptor. Los factores principales que afectan al cálculo de la

interferencia de este tipo son la sensibilidad del receptor, los límites de emisiones no esenciales de MF y la potencia (p.i.r.e.) de la estación de MF. La antena, filtro y selectividad del receptor de los sistemas aeronáuticos, en estas condiciones no tienen ningún efecto dado que la emisión no esencial de la MF es una señal interferente en la misma frecuencia. Por consiguiente puede producirse interferencia por emisiones no esenciales a sistemas aeronáuticos en ondas métricas cuando:

$$\text{p.i.r.e.} - L_D - S_R > R_S$$

donde:

p.i.r.e.: potencia isotrópica radiada equivalente de una estación de MF (dBm) (p.i.r.e. = p.r.a + 2,15 dB);
 L_D : pérdida de transmisión en condiciones de espacio libre, en dB;
 S_R : límite de la emisión no esencial en dB por debajo de la potencia de la estación de MF;
 R_S : sensibilidad del receptor en dBm.

3.1.7.2 Para la estación de MF N° 2 indicada en el ejemplo COM de la Figura 41, se tiene:

p.i.r.e. = 164 kW o 82 dBm (p.r.a. = 100 kW) incluyendo los diagramas verticales de antena que sean apropiados;
 L_D = 37,8 + 20 log (119,3) + 20 log (3) = 89 dB;
 S_R = 80 dB (supresión mínima exigida en los Estados Unidos para frecuencias separadas más de 600 kHz de la portadora);
 R_S = -104 dBm (receptor típico de tierra).

En consecuencia: 82 dBm - 89 dB - 80 dB = -87 dBm que es aproximadamente 17 dB mayor que la sensibilidad de un receptor aeronáutico típico de tierra. Por lo tanto, en estas condiciones, es posible la interferencia por una emisión no esencial. Si la estación de MF N° 2 de la Figura 41 se desplaza a una ubicación situada a 38 km (21 NM) aproximadamente del aeropuerto, o si la potencia de la estación de MF se reduce en 17 dB o si el valor máximo de la radiación esencial se limita a 97 dB por debajo de la portadora quedarían protegidas las facilidades aeronáuticas de tierra del aeropuerto frente a la interferencia producida por emisiones no esenciales de la radiodifusión MF.

3.1.8 Técnica de predicción de la interferencia en el caso de sobrecarga del receptor aeronáutico (tipo B2)

3.1.8.1 Se produce la sobrecarga en la etapa de entrada o la desensibilización de un receptor aeronáutico cuando la sección de RF del receptor se lleva a una zona de funcionamiento no lineal al recibirse una señal MF de gran potencia. La selectividad de frecuencia intermedia no proporcionará ninguna protección ya que la sobrecarga se produce en la sección RF de banda ancha que en general responde a la mayoría de las señales de la banda de frecuencias de radiodifusión de MF.

El criterio habitual para la interferencia de tipo B2 para receptores de aeronave de comunicaciones en ondas métricas es -10 dBm a la entrada del receptor y -4 dBm en el caso de equipos de comunicaciones en ondas métricas de tierra. En la Figura 41, se representan los contornos de interferencia para el caso de sobrecarga (B2) y de intermodulación (B1) producida por estaciones de radiodifusión de MF sobre sistemas de comunicaciones de aviónica.

3.1.9 Método del Diagrama de Venn para la interferencia de tipo B1 a los receptores VOR y de comunicaciones

3.1.9.1 Para evaluar el efecto de las estaciones de radiodifusión de MF sobre los sistemas de comunicaciones VHF de a bordo y sobre los sistemas de navegación VOR se continúan utilizando los procedimientos que siguen denominados como metodología del "Diagrama de Venn". Esta técnica se va a reemplazar por un modelo informático más completo que se describe en el punto 3.1.3. Hasta que se desarrolle una base de datos de receptores empíricos suficiente y apropiada para aplicar el método, continuará utilizándose la metodología del Diagrama de Venn. En Estados Unidos se está elaborando la base de datos necesaria mediante pruebas de laboratorio de receptores VOR y de comunicaciones.

3.1.9.2 Las pruebas efectuadas en 1978 en receptores de comunicaciones de aeronave indican que es necesario, al menos, una señal MF intensa (señal primaria) para situar la parte de RF del receptor en la zona de funcionamiento no lineal. Una vez que el receptor funciona en la zona no lineal la señal primaria se puede mezclar con otras señales de nivel 10 - 20 dB inferior (señales secundarias) para generar productos de intermodulación perjudiciales. Las pruebas efectuadas en receptores indicaron que el nivel mínimo de señal primaria en la entrada del receptor era de unos -10 dBm para receptores de comunicaciones de aeronave y de -20 dBm para receptores de navegación de aeronave. El nivel mínimo de señal secundaria para ambos tipos de sistemas de a bordo era de -30 dB aproximadamente. Suponiendo que el receptor dispone de una antena isótropa sin pérdidas, que no hay tampoco pérdidas en la línea de alimentación y que la atenuación de señal corresponde a las condiciones de propagación de espacio libre*, pueden evaluarse distancias de contorno correspondientes a niveles de potencia recibida de -10, -20 y -30 dBm mediante la siguiente fórmula:

$$d = \frac{\log^{-1} (p.i.r.e. - P - C - L_R)/20}{f}$$

donde:

d: radio del contorno (millas marinas);

C: 37,8 para d en millas marinas o 32,4 para d en kilómetros;

* La pérdida de espacio libre se aproxima bastante a las curvas de pérdida mediana de transmisión cuando existe línea de visión directa entre el transmisor y el receptor. La visibilidad directa desde una aeronave situada a una altitud de 1.500 m (5.000 pies) sería como 87 NM con independencia de la altura de la antena de la estación de MF.

- p.i.r.e.: potencia isotrópica radiada equivalente de la estación de radiodifusión de MF (dBm) (p.i.r.e. = p.r.a.+ 2,15 dB) incluyendo los diagramas de radiación vertical si resulta apropiado;
- f: frecuencia central de la emisión de MF (MHz);
- P: nivel de potencia del contorno deseado; cualquiera de los siguientes: -10, -20 ó -30 dBm;
- L_R : rechazo fuera de banda de la antena de la aeronave.
- El rechazo fuera de banda de la antena de la aeronave (L_R) se aproxima como sigue:
- Para una antena de un sistema de navegación:
- $L_R = 3 \text{ dB}; + 1 \text{ dB/MHz por debajo de } 108 \text{ MHz.}$
- Para una antena de un sistema de comunicaciones:
- $L_R = 10 \text{ dB}; + 2 \text{ dB/MHz por debajo de } 100 \text{ MHz.}$

3.1.9.3 El valor del rechazo de la antena fuera de banda (L_R) está sujeto a grandes variaciones que son función de las antenas de a bordo y de las diferencias en las instalaciones.

3.1.9.4 Ejemplo de comunicaciones

3.1.9.4.1 En la Figura 41, se facilita una representación gráfica del método de predicción de la interferencia que hace uso de la técnica del Diagrama de Venn.

3.1.9.4.2 En este ejemplo, la estación MF N° 1 funciona actualmente en 96,5 MHz con una p.r.a. de 100 kW y está situada aproximadamente a 55 km (30 NM) del aeropuerto. Se propone una estación MF N° 2 para su funcionamiento en 107,9 MHz con una p.r.a. de 100 kW en una ubicación situada aproximadamente a 5,6 km (3 NM) del aeropuerto. Se prevé una señal de intermodulación interferente en la frecuencia de torre del aeropuerto de 119,3 MHz ($2 \times 107,9 - 96,5 = 119,3$). El círculo de trazo continuo señala los contornos de -30 y -10 dB para las estaciones de MF N° 1 y N° 2, respectivamente. La zona rayada indica la superficie en la que es probable la producción de interferencia de intermodulación a receptores COM. Cuando se tiene en cuenta el rechazo de la antena de los equipos de comunicación de a bordo los contornos de interferencia respectivos se reducirán a los indicados mediante los círculos de trazos. En este caso, la interferencia de intermodulación solamente es importante cuando la antena de comunicaciones de a bordo no produce ningún rechazo en la banda de MF. Aún cuando no estuviese implicada la estación MF N° 1 se produciría interferencia debida a la asignación de la estación MF N° 2 dentro del volumen de servicio de la frecuencia de torre debido a la sobrecarga de la etapa de la entrada del receptor (interferencia de tipo B2) o a interferencia por radiación no esencial (interferencia de tipo A1).

CUADRO XXXIVReceptores probados

ARC	RT-384A
	RT-385A
Arizona Avionics	MX 300
Bendix	RNA 25C
	RNA 34A
Collins	VIR-30
	VIR-351 (2 unidades probadas)
	SIRV 1
	SIRV 1A
	SIRV 2B
	ILS 70
King	KX 155
	KX 170B
	KX 175B (2 unidades probadas)
	XN 53 (2 unidades probadas)
	KNS 80
	KNS 81
	KNR 615 (2 unidades probadas)
VARCO	NAV 121 (3 unidades probadas)
	NAV 824
	NAV 825
	MX 12D

CUADRO XXXVConfiguraciones de célulasConfiguraciones de antena y células medidas para constituir la base de datos de antenas

Piper Arrow IV	Dorne y Margolin DMN-42-1
Cessna 172	Antenna Specialists AL 12-L
Mooney M20C	VRP-37
Mooney 201	Dorne y Margolin DMN-48-1
Beechcraft Bonanza	Communications Components 35-50-11
A-36	Dorne y Margolin DMN-4-17E
	Dorne y Margolin DMN-48-1
Piper Twin Comanche	Fabricante desconocido "bigote de gato"
Beechcraft Baron	Dorne y Margolin DMN-4-17
Beechcraft King Air	ARC AS580A
Model 100	Collins 137X-1
	Dorne y Margolin DMN-4-15-3
Beechcraft King Air	Dorne y Margolin DMN-4-15
Model 200	
Rockwell Sabreliner	Dorne y Margolin DMN-4-15-3
NA265 Model 80	
Grumman Gulfstream GII	Collins 837B-1
	Dorne y Margolin DMN-20-1-9
McDonnell Douglas DC-9	Montaje carenado Estabilizador vertical
Boeing B-727	Montaje carenado estabilizador vertical

CUADRO XXXVITipos de antenas de radiodifusión MFTipos de antenas de radiodifusión MF utilizados para la modelización de los diagramas de radiación vertical

3 pisos	sin inclinación de haz	sin relleno de nulos
4 pisos	sin inclinación de haz	sin relleno de nulos
6 pisos	sin inclinación de haz	sin relleno de nulos
6 pisos	inclinación de haz de $-1,0^\circ$	sin relleno de nulos
6 pisos	inclinación de haz de $-0,5^\circ$	relleno de nulos del 10%
7 pisos	sin inclinación de haz	sin relleno de nulos
8 pisos	inclinación de haz de $-0,5^\circ$	relleno de nulos del 20%
10 pisos	sin inclinación de haz	sin relleno de nulos
12 pisos	sin inclinación de haz	sin relleno de nulos
12 pisos	inclinación de haz de $-0,6^\circ$	relleno del 12% del primer nulo y 5% del segundo nulo
14 pisos	inclinación de haz de $-0,5^\circ$	relleno de nulos del 20%

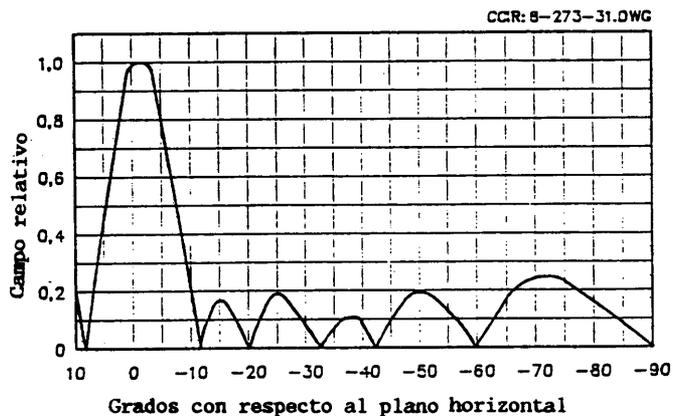
FIGURA 31

Diagrama de radiación vertical típico de una antena de radiodifusión MF

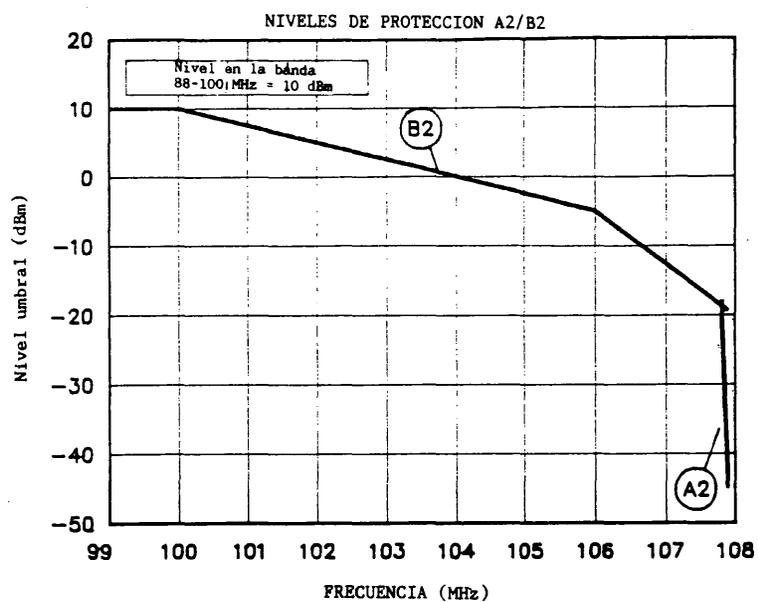


FIGURA 32

Criterios A2/B2 utilizados en el modelo

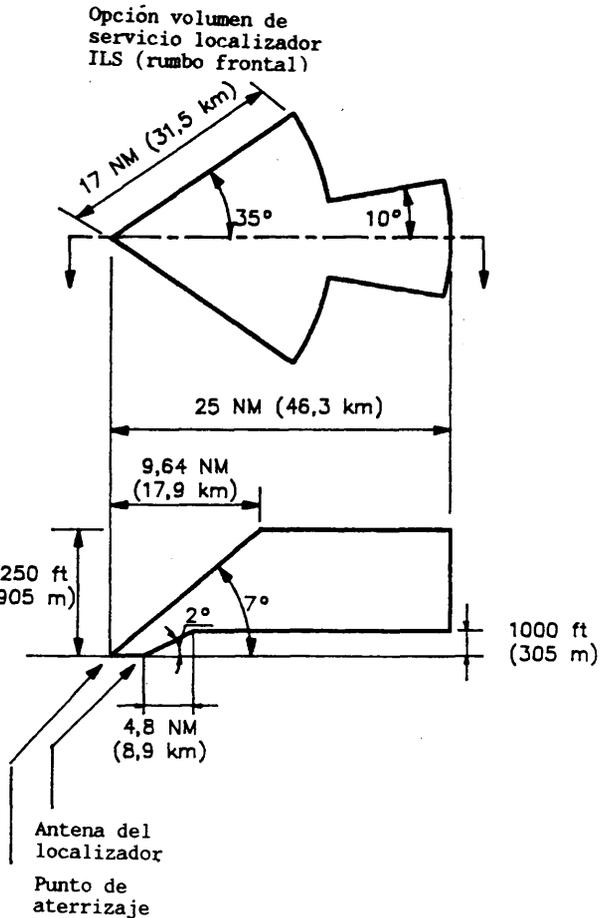
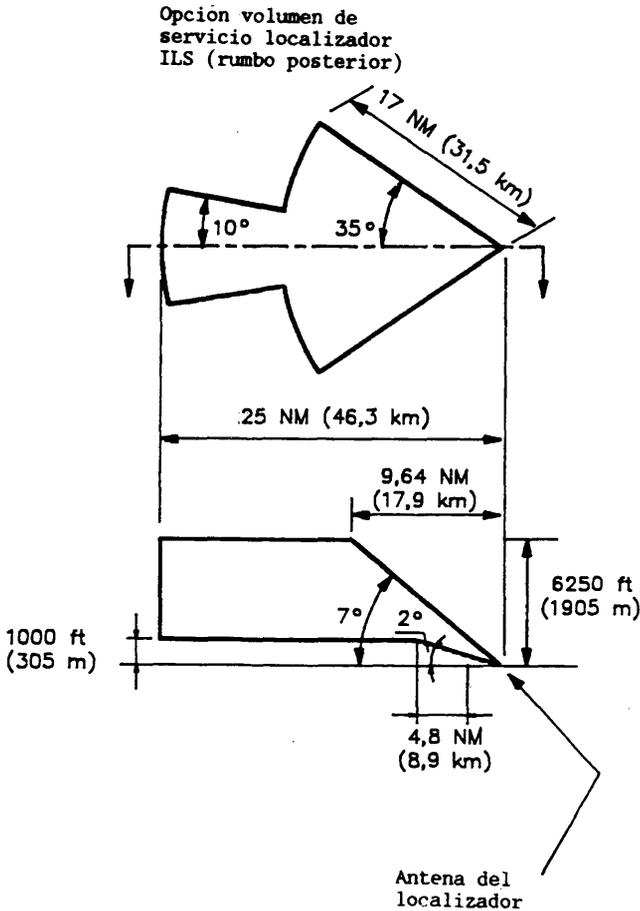
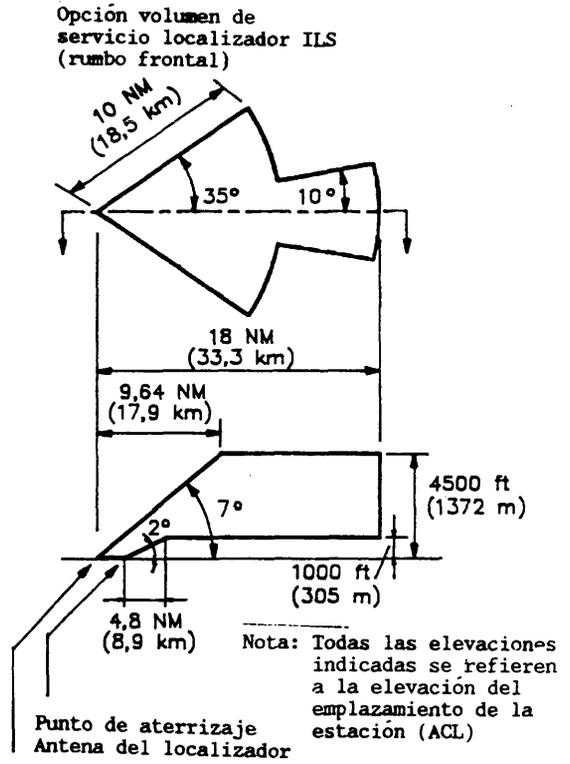
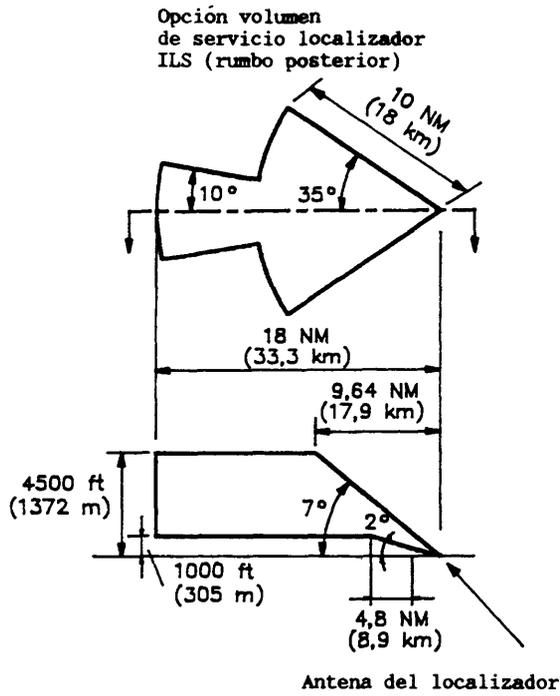


FIGURA 33

Volúmenes de servicio del ILS en los Estados Unidos

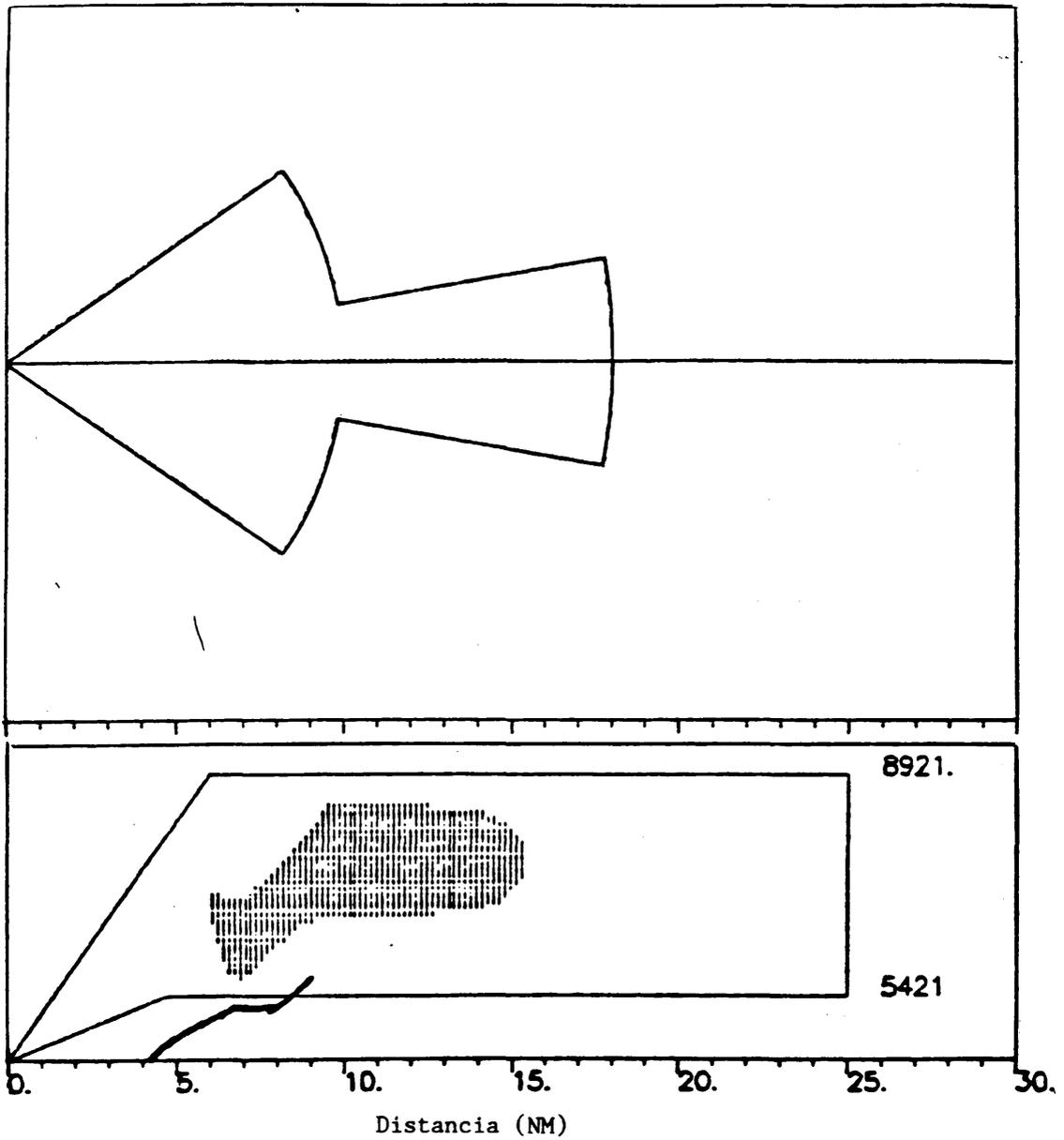


FIGURA 34

Producto de intermodulación producido por tres señales
100,9 MHz + 105,7 MHz - 97,3 MHz = 109,3 MHz. La línea de trazo
continuo de la sección vertical muestra el contorno de terreno que se
introduce en el volumen de servicio

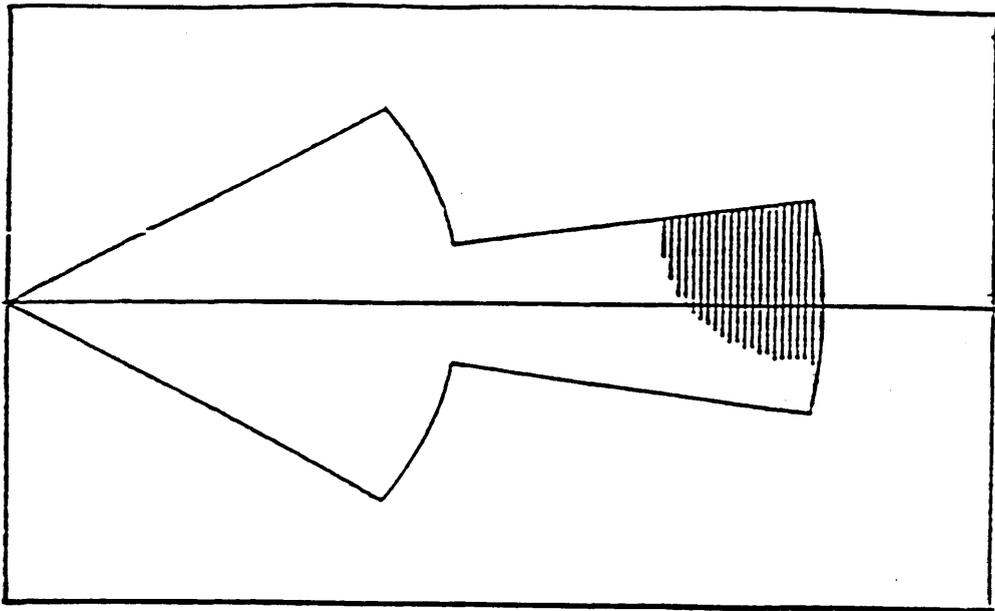


FIGURA 35

Representación del contorno de intensidad de señal de -20 dBm (o mayor) para una antena de un transmisor FM propuesta situada en el borde del volumen de servicio y calculado mediante el modelo de Diagrama de Venn

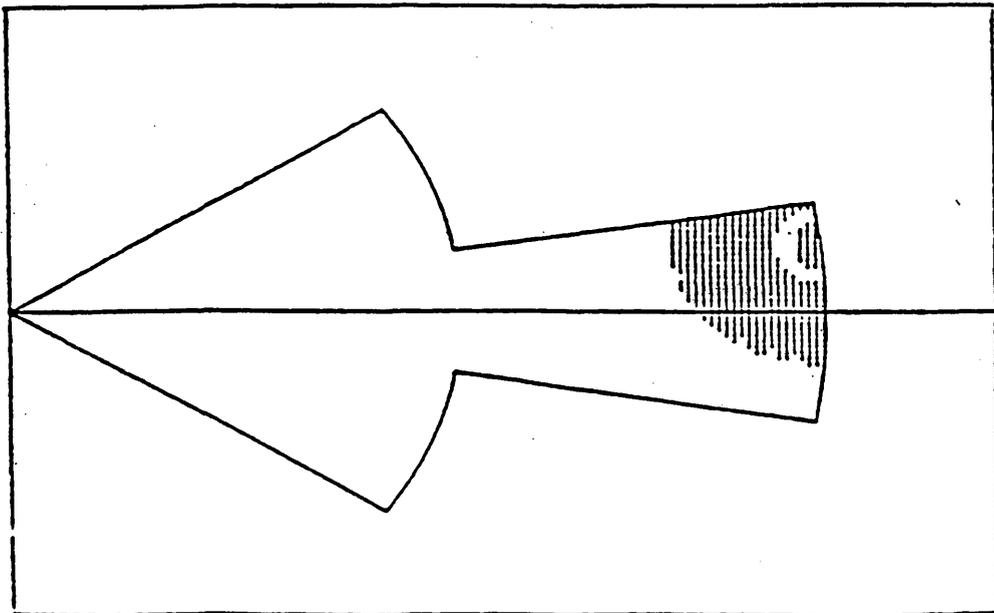
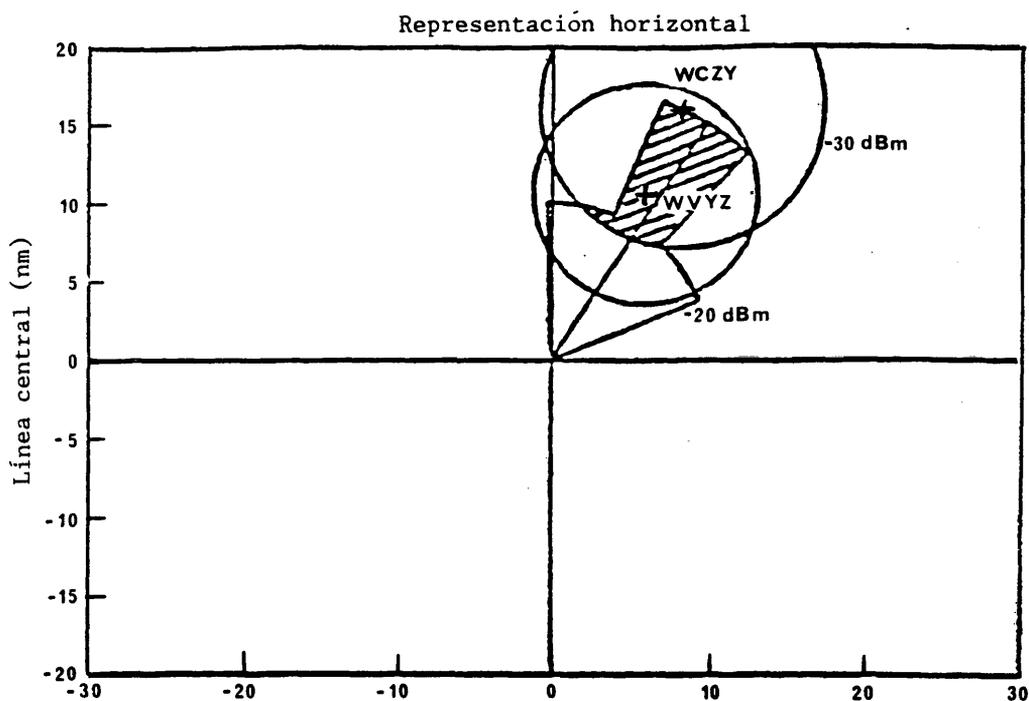


FIGURA 36

Escenario similar a la Figura 35 pero utilizando el modelo de cálculo matemático. El efecto del diagrama vertical de la antena de MF se manifiesta en el círculo en blanco situado dentro del contorno, en el cual la intensidad de señal es inferior al umbral debido a los lóbulos verticales



Método del Diagrama de Venn para el análisis de la intermodulación del tipo B1 en el caso de una ubicación de antena MF típica

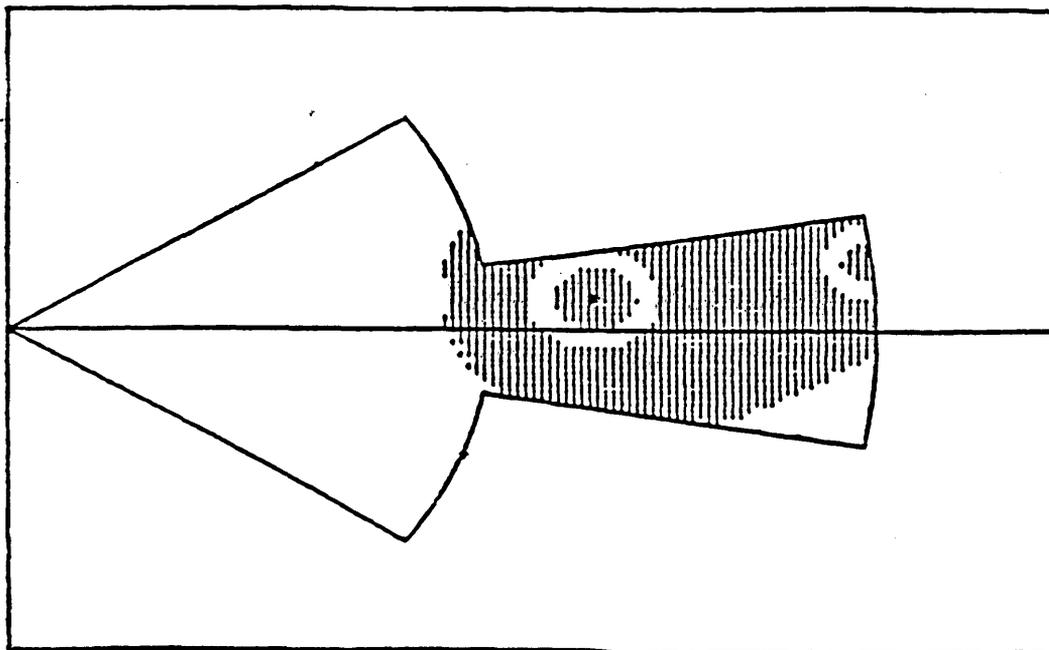


FIGURA 38

El mismo escenario que en la Figura 37 pero utilizando el modelo de cálculo matemático en la base del volúmen de servicio e incorporando datos del diagrama de radiación vertical de la antena de radiodifusión MF.

Obsérvese la correlación existente con la zona sombreada de la Figura 37. La excepción notable la constituyen las zonas circulares en blanco en las que no se rebasa el criterio de interferencia a causa de los lóbulos verticales de la antena de MF

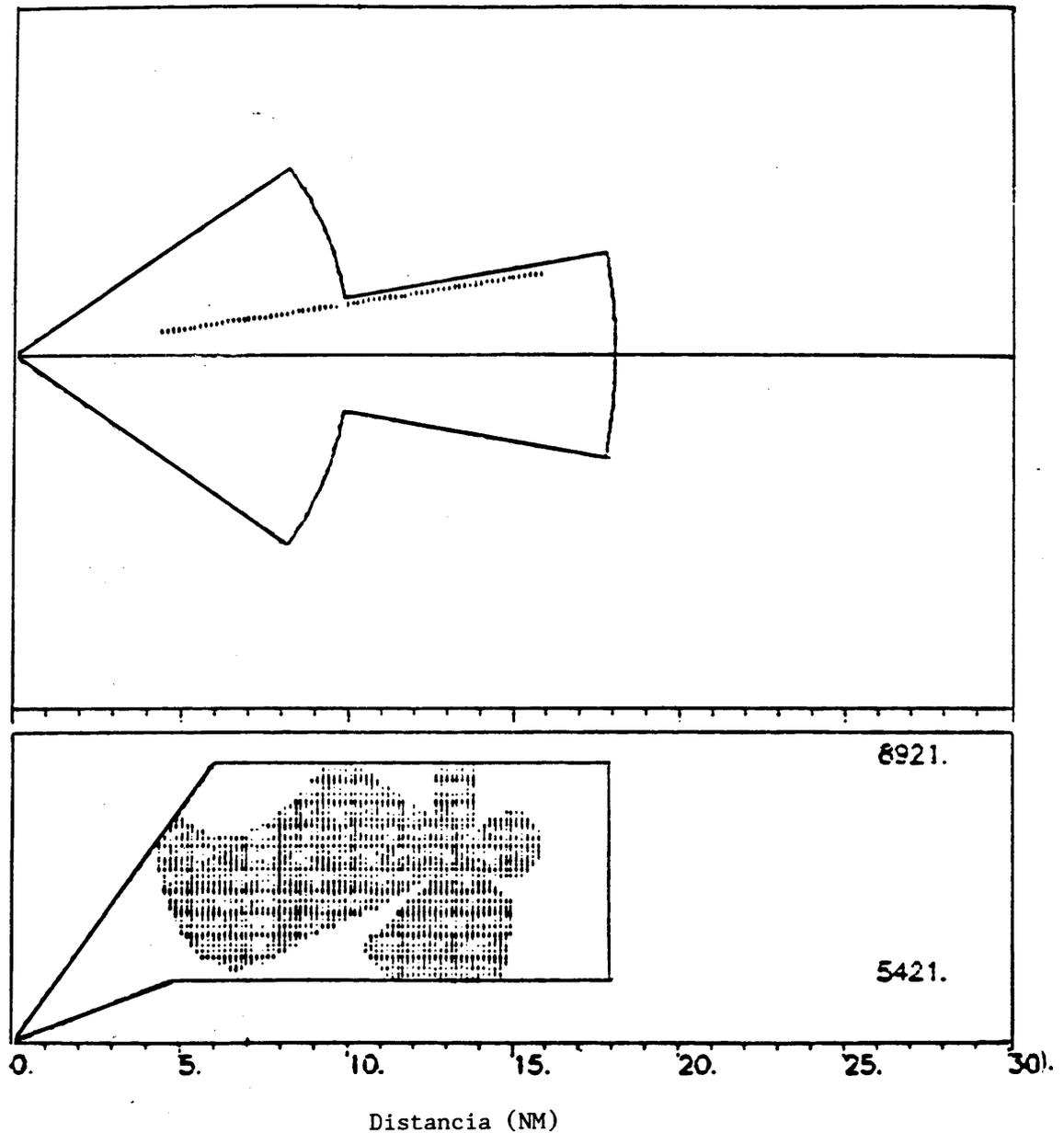


FIGURA 39

Productos de intermodulación con tres señales de 105.7 MHz + 104.5 MHz - 100.9 MHz = 109.9 MHz mostrando los diagramas de lobulación específicos en el plano vertical a lo largo de un radial dirigido hacia la estación de MF

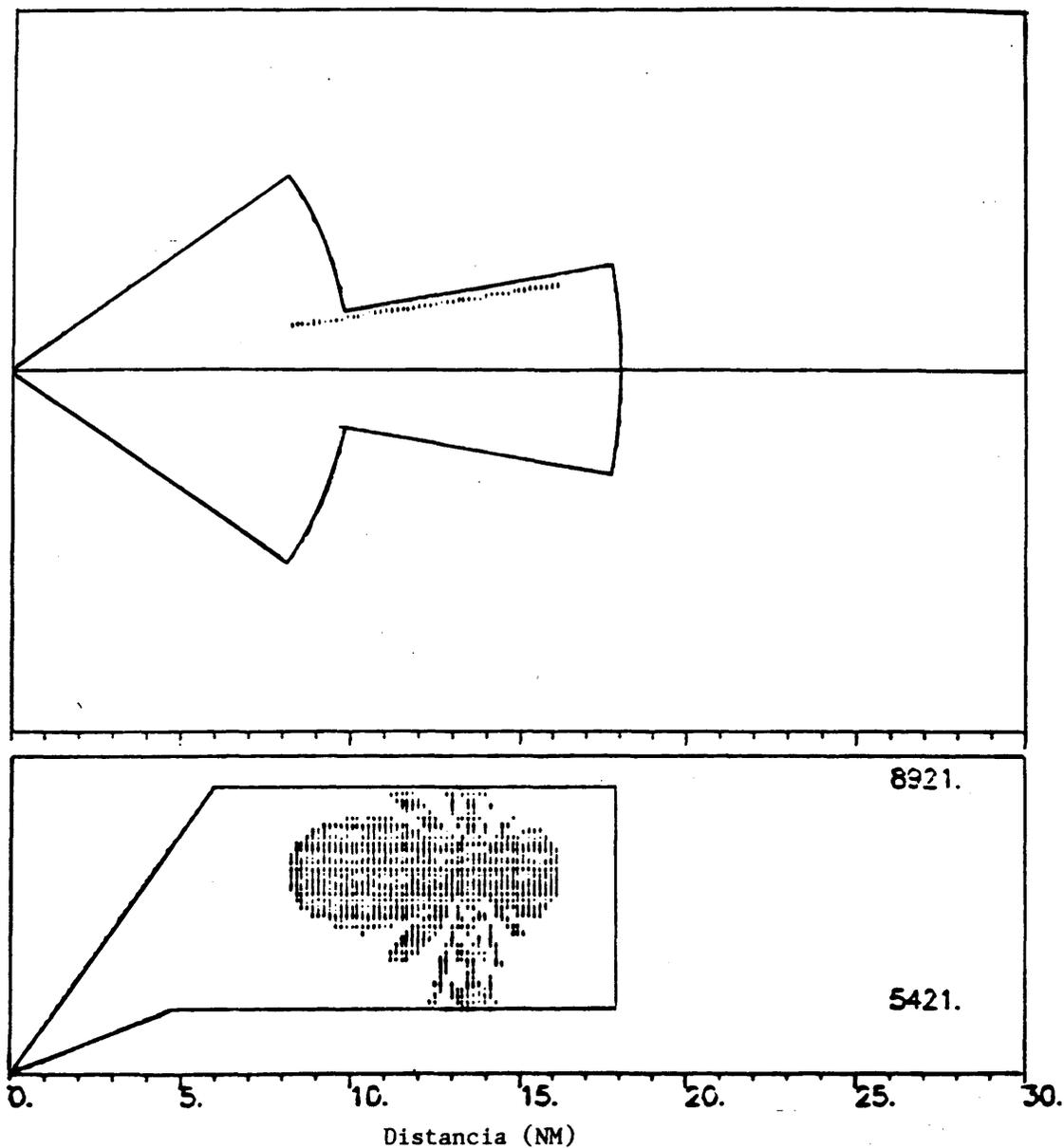


FIGURA 40

Productos de intermodulación de tres señales de 100.9 MHz + 105.7 MHz - 97.3 MHz = 109.9 MHz mostrando los diagramas de lobulación específicos en el plano vertical a lo largo de un radial dirigido a la antena de MF

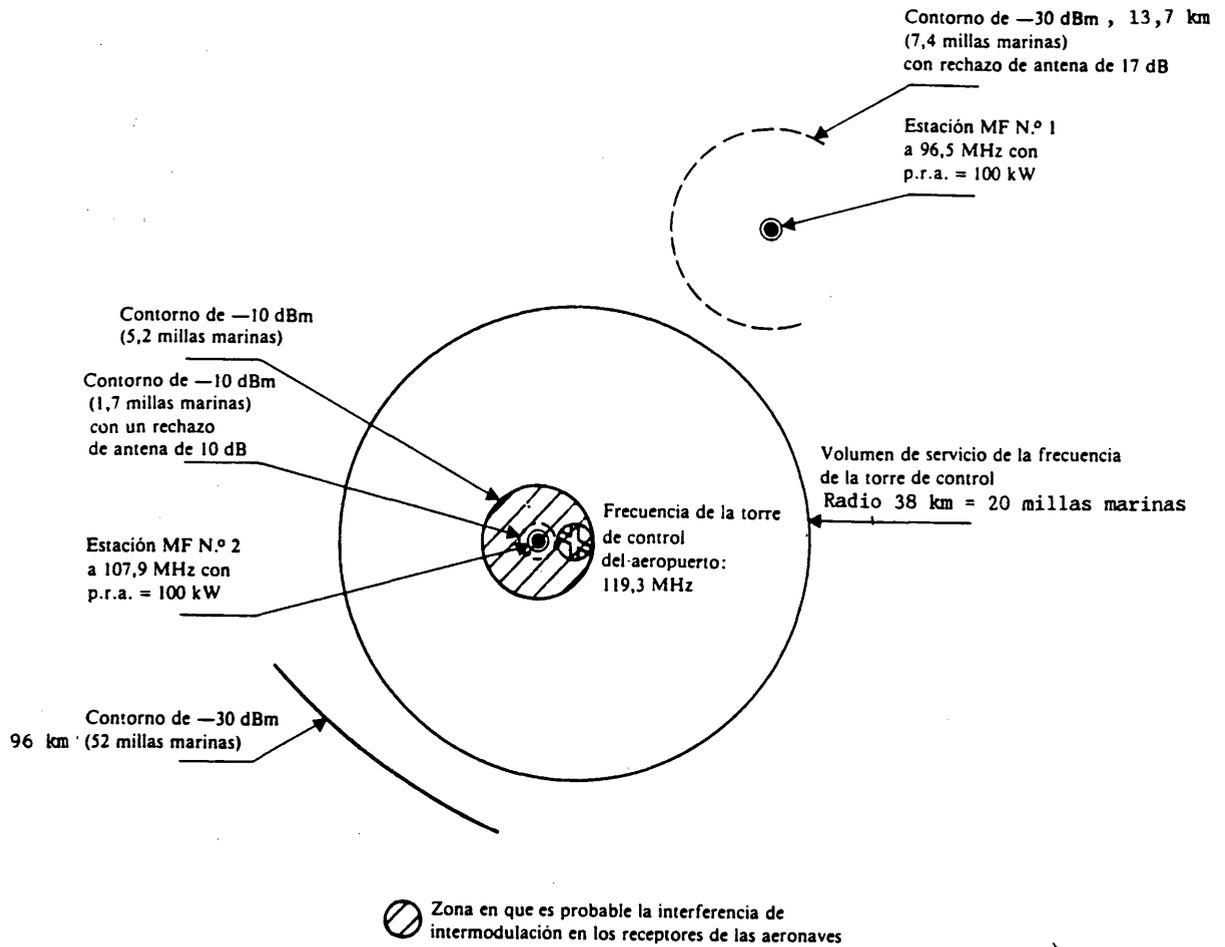


FIGURA 41- Ejemplo del método utilizado para predecir la interferencia a receptores de comunicaciones

BIBLIOGRAFIA

SAWTELLE, E.M. y DONG, J.G. (julio, 1978) Interference in communications and navigation avionics from commercial FM stations. FAA-RD-78-35 National Technical Information Service (NTIS) US Dept. of Commerce, Washington DC. USA.

Parte IV del Anexo IIMETODO UNIFICADO LEGBAC DE EVALUACION DE LA COMPATIBILIDAD
ENTRE LOS SERVICIOS DE RADIODIFUSION Y MOVIL AERONAUTICO4.1 Generalidades

El objetivo primordial del método de evaluación unificado es la definición de puntos de prueba o de cálculo dentro del volumen de servicio aeronáutico de forma que se indentifiquen todas las incompatibilidades potenciales significativas. Estos puntos establecerán el máximo grado de incompatibilidad potencial asociado con un servicio aeronáutico determinado.

Resultaba necesario un método diferente del que figura en el Acuerdo de Ginebra de 1984, debido a que los principios utilizados en aquella Conferencia para identificar posibles casos de interferencia no eran completos a causa, sobre todo de la carencia de puntos de prueba suficientes.

El método de evaluación unificado se basa en la protección del servicio de radionavegación aeronáutica hasta una altura de 600 m sobre el terreno local. En aquellas zonas en que las aeronaves efectúan aproximaciones o aterrizajes hacia un aeropuerto o realizan salidas desde el mismo, se supone que la protección llega hasta el nivel del suelo. Para el caso del VOR, cuando la antena de la estación de radiodifusión está situada a más de 300 m sobre el terreno local se supone una separación vertical mínima entre una aeronave y el extremo superior de la antena de 300 m cuando la separación lateral mínima no sea inferior a 3 km.

Desde el punto de vista operacional aeronáutico se consideraba que estos límites inferiores reflejaban, en general, la utilización operacional habitual de estas facilidades de radionavegación.

Para el establecimiento de una altitud mínima para los puntos de prueba puede utilizarse en los cálculos de compatibilidad el efecto del diagrama de radiación vertical de la antena de radiodifusión.

Se adoptaron dos métodos diferentes de evaluación de la compatibilidad uno para el ILS y otro para el VOR, aunque ambos se basan en los mismos principios.

El método que ha de utilizarse para la evaluación de la compatibilidad con el ILS se basa en un número suficiente de puntos de prueba fijos situados dentro del volumen de servicio del ILS para identificar cada posible caso de interferencia utilizando con ciertas limitaciones el diagrama de radiación vertical y el trayecto oblicuo real.

El método indica los márgenes de protección o márgenes de interferencia en los puntos de prueba.

Cuando se trata de evaluar la compatibilidad con el VOR, se seleccionarán los puntos de prueba dentro del volumen del servicio del VOR en la dirección vertical por encima de la estación de radiodifusión. En este caso se mantiene en un valor fijo la reducción de la p.r.a. debida al diagrama de radiación vertical.

4.2 Correcciones aplicables a la antena

4.2.1 Polarización

En general no se tiene en cuenta ningún tipo de discriminación de polarización entre las transmisiones de radiodifusión y de radionavegación aeronáutica. En el caso particular en que se utilice polarización mixta con componentes horizontal y vertical iguales, se adopta un margen como se indica en el punto 7.4 del Anexo II del Acuerdo de Ginebra de 1984 añadiendo 1 dB a la p.r.a. de la componente de polarización que esté en el mismo plano que el utilizado por el sistema de radionavegación.

4.2.2 Diagrama de Radiación Horizontal (DRH)

Para una estación de radiodifusión que utilice una antena direccional en el Plan de Ginebra de 1984, se especifica el DRH en intervalos acimutales de 10 grados. Se efectúan las correcciones del DRH utilizando una interpolación acimutal lineal de los valores expresados en dB.

4.2.3 Diagrama de Radiación Vertical (DRV)

Con objeto de reducir el número de incompatibilidades potenciales puede aprovecharse la ventaja que entraña la consideración de la atenuación debida al DRV de las antenas de radiodifusión. Estas correcciones del DRV deberán aplicarse solamente a los ángulos desde la antena de radiodifusión sobre el horizonte.

Se dispone de numerosas configuraciones de diseño de antenas de radiodifusión. Estas pueden variar desde una sola antena como un dipolo utilizada a menudo en estaciones de baja potencia, hasta sistemas de antenas más complejos, de múltiples pisos, que se emplean normalmente en estaciones de elevada potencia.

Puede utilizarse el Cuadro XXXVII como directriz para hallar la relación existente entre la p.r.a. máxima total y la abertura vertical en longitudes de onda.

CUADRO XXXVII

p.r.a. MAXIMA TOTAL	ABERTURA VERTICAL EN LONGITUDES DE ONDA
p.r.a. \geq 44 dBW	8
37 dBW \leq p.r.a. < 44 dBW	4
30 dBW \leq p.r.a. < 37 dBW	2
30 dBW \geq p.r.a.	1

4.2.3.1 Correcciones del DRV para aberturas verticales de dos o más longitudes de onda

Para efectuar el cálculo de la corrección V del DRV, se utiliza la siguiente fórmula:

$$V = -20 \log (\pi \cdot N \cdot \text{sen} \theta) \text{ dB}$$

donde:

N = abertura vertical en longitudes de onda

θ = ángulo de elevación respecto al máximo (normalmente horizontal)

Debe observarse que para ángulos de elevación pequeños esta expresión puede dar valores positivos para V . En estos casos se hace V igual a 0 dB (esto es, no se aplica ninguna corrección por DRV).

Para ángulos de elevación elevados la corrección por DRV está limitada a un valor de -14 dB.

Esto es: $0 > = \text{corrección DRV} > = -14 \text{ dB}$.

Se ha elegido esta fórmula como transacción idónea para todas las polarizaciones.

4.2.3.2 Correcciones del DRV para aberturas verticales inferiores a dos longitudes de onda

Para determinar las correcciones del DRV se aplicarán los valores del Cuadro XXXVIII.

El cuadro especifica los valores de la corrección de 10 en 10 grados. Para ángulos intermedios deberá utilizarse la interpolación lineal.

Se han elegido los valores de cuadro como transacción idónea para todas las polarizaciones.

El valor límite de -8 dB tiene en cuenta el trayecto oblicuo correspondiente al caso más desfavorable.

CUADRO XXXVIII

Angulo de elevación (grados)	Corrección del DRV dB
0	0
10	0
20	-1
30	-2
40	-4
50	-6
60	-8
70	-8
80	-8
90	-8

4.2.3.3 Corrección del DRV para emisiones no esenciales en la banda 108 - 118 MHz

Teniendo en cuenta las aproximaciones intrínsecas a la fórmula facilitada en el punto 2.3.1 y en el Cuadro XXXVIII, puede suponerse que estas correcciones del DRV se aplican también a las emisiones no esenciales en la banda 108 - 118 MHz.

4.2.4 Combinación de las correcciones del DRV y del DRH

La experiencia ha demostrado que raramente es necesario tener en cuenta las correcciones del DRH para ángulos de elevación superiores a 10 grados.

No se aplica ninguna corrección del DRH para el ángulo de elevación de 90 grados.

Las correcciones del DRH y del DRV se sumarán algebraicamente con sujeción a una reducción total máxima de 20 dB.

4.3 Aplicación del método de evaluación unificado

4.3.1 Consideraciones generales

En la aplicación del método de evaluación unificado se utilizarán los criterios de compatibilidad establecidos en el Acuerdo de Ginebra de 1984 (Anexo II punto 7.6) salvo en lo que concierne a los valores de corte (véase el Apéndice 1).

Las estaciones de radiodifusión que hayan de incluirse en un análisis particular en un punto de prueba estarán sujetas a los límites de distancia que figuran en el Asunto 1, que son coherentes con un límite superior global de 125 km en los casos de interferencia de los Tipos A1, A2 y B2.

Salvo en el caso de los productos de intermodulación (IM) radiados, las emisiones no esenciales (Tipo A1) se mantendrán a un nivel tan bajo que excluya la consideración ulterior de incompatibilidad en el análisis de compatibilidad. Por consiguiente, se efectuarán los cálculos de la interferencia del Tipo A1 solamente en el caso de productos IM radiados desde transmisores situados en emplazamientos comunes.

Se considera que las transmisiones se producen desde emplazamientos comunes cuando sus coordenadas geográficas son las mismas.

Para tener en cuenta la variación de la supresión A1 con la potencia del transmisor se utilizarán los siguientes valores:

- p.r.a. > 48 dBW supresión = 85 dB;
- p.r.a. = 30 dBW supresión = 76 dB;

entre los valores anteriores se empleará la interpolación lineal.

- p.r.a. < 30 dBW supresión = 46 + p.r.a. (en dBW) dB.

Para calcular los márgenes A1 de una forma coherente se ha adoptado el siguiente procedimiento.

Para cada una de las posibles contribuciones a la interferencia:

- se evaluará el nivel de intensidad de campo interferente en el punto de prueba teniendo en cuenta la p.r.a. del transmisor de radiodifusión en la dirección pertinente, restándose el valor de supresión A1 adecuado;

- se obtendrán el margen A1 a partir del valor máximo de la intensidad de campo interferente, el nivel de la señal deseada (32 dB ($\mu\text{V}/\text{m}$) o 39 dB ($\mu\text{V}/\text{M}$)) y la relación de protección apropiada para la diferencia entre la frecuencia del producto de intermodulación y la frecuencia aeronáutica;
- en el caso de transmisiones con polarización mixta, se deducirá la relación de supresión y abertura vertical supuesta sobre la base de la p.r.a. total. Sin embargo, la p.r.a. que deberá utilizarse para la determinación de los márgenes de protección será:
 - la mayor de las componentes de PV y PH en los casos en que sus valores sean distintos;
 - la p.r.a. total disminuida en 2 dB en los casos en que las componentes de PV y PH tengan el mismo valor.

El procedimiento descrito anteriormente para la determinación de las aberturas verticales de antena en el caso de transmisiones de polarización mixta se aplica también para el cálculo de los márgenes de los Tipos B1 y B2.

Al efectuar el cálculo de A1 se utilizará, si se dispone de ella, la información sobre los niveles reales de los productos de IM radiados, así como la ganancia de la antena.

En el análisis, la interferencia del Tipo B2 se calcula con anterioridad a la del Tipo B1.

4.3.2 Cálculos de compatibilidad para los volúmenes de servicio de ILS

4.3.2.1 Ubicación y altura del punto de prueba

En el Cuadro XXXIX se facilitan la distancia y rumbo de cada punto de prueba con respecto al emplazamiento y eje central del localizador del ILS.

El convenio adoptado para los rumbos es el siguiente: las ubicaciones situadas en el sentido de las agujas del reloj con respecto al eje central del ILS contempladas desde la parte superior, se considera que tiene rumbo positivo.

Los cálculos para los puntos de prueba A, E, F y G, situados dentro de la zona crítica del ILS y a menos de 9 km del punto de aterrizaje, se efectuarán para una altura de 300 m sobre el emplazamiento del localizador.

Los cálculos para los restantes puntos de prueba se efectuarán a una altura de 600 m sobre el emplazamiento del localizador.

4.3.2.2 Distancia de separación mínima

En los cálculos de intensidad de campo se utilizará la distancia de trayecto real entre la antena de radiodifusión y un punto de prueba. Sin embargo deberán emplearse los siguientes valores mínimos de la distancia de separación lateral:

- 100 m si la estación de radiodifusión está dentro de la zona crítica del ILS o por debajo de ella,
- 300 m si la estación de radiodifusión no está dentro de la zona crítica del ILS o por debajo de ella,

4.3.2.3 Corrección del DRV

Se aplicará el procedimiento de corrección del DRV descrito en el punto 4.2.3.

4.3.2.4 Cálculos de compatibilidad para la interferencia del tipo B1

Se efectuarán los cálculos de compatibilidad para la interferencia del tipo B1 en el interior o por debajo de cualquier volumen de servicio del ILS para el punto de prueba especificado en el punto 4.3.2.1 teniendo en cuenta las disposiciones especiales de los puntos 4.3.2.2 y 4.3.2.3.

Se imprimirán los márgenes de protección resultantes si son peores que 0 dB reconociendo que el margen más desfavorable puede no ser representativo.

4.3.2.5 Cálculos de compatibilidad para las interferencias de los Tipos A1, A2 y B2

Se efectuarán los cálculos para los puntos de prueba especificados en el § 4.3.2.1, teniendo en cuenta las disposiciones especiales de los § 4.3.2.2 y 4.3.2.3 e imprimiéndose los resultados si los márgenes de protección son inferiores a 0 dB.

En el caso en que la antena de radiodifusión esté en el interior de la zona crítica del ILS o por debajo de ella, se efectuarán también cálculos para una distancia de separación lateral de 100 m en el plano horizontal hacia la antena de radiodifusión, utilizando el valor máximo de la p.r.a. Si el margen de protección es inferior a 0 dB se imprimirán los resultados junto con la distancia y rumbo de la estación de radiodifusión a partir del emplazamiento del localizador.

Si la estación de radiodifusión está dentro del volumen de servicio del ILS o debajo de él, pero fuera de la zona crítica del ILS se efectuarán también los cálculos para una ubicación de punto prueba situada por encima de la estación de radiodifusión (a una altura de 600 m por encima del emplazamiento del localizador). Se aplicará la corrección de DRV máxima pertinente deducida del punto 4.2. Sin embargo si la antena de radiodifusión está a más de 500 m por encima del emplazamiento del localizador se efectuarán estos cálculos para una distancia de separación lateral de 300 m en el plano horizontal hacia la antena de radiodifusión utilizando el valor máximo de la p.r.a. Si el margen de protección es menor que 0 dB, se imprimirán los resultados como en el caso anterior.

4.3.3 Cálculos de compatibilidad para los volúmenes de servicio del VOR

Se seleccionan los puntos de prueba de conformidad con los criterios establecidos en los § 4.3.3.1 y 4.3.3.2 siguientes. Se efectúan cálculos de la intensidad de campo para cada uno de esos puntos de prueba, pudiendo utilizarse directamente los valores obtenidos para el análisis de interferencias de los Tipos A1, A2 y B2. Si en algunos de estos puntos de prueba el nivel de señal supera al nivel de activación B1, se retiene dicho punto para cálculos ulteriores de la interferencia B1. Sin embargo solamente se imprime la incompatibilidad potencial B1 si afecta a uno de los transmisores en el emplazamiento del transmisor que originó la génesis de ese punto de prueba.

4.3.3.1 Altura del punto de prueba

Deben seleccionarse los puntos de prueba dentro de la cobertura operacional diseñada (DOC) establecida por la OACI.

Se supone que el límite inferior de la DOC es la mayor de las siguientes alturas:

- 600 m por encima del terreno local determinado por la altura del emplazamiento de cualquier estación de radiodifusión pertinente;
- 300 m por encima de la antena de la estación de radiodifusión pertinente;
- la altura obtenida de la Figura 43 a la cual se añade la altura sobre el nivel medio del mar del emplazamiento del VOR, si se conoce.

Se considera que con fines de evaluación de la compatibilidad, la altitud mínima de la antena de la aeronave es, al menos 600 m por encima del nivel del suelo. Esto significa que no se calcula la interferencia al VOR para alturas inferiores a 600 m dentro de la línea de visión directa del VOR.

La altura mínima de los puntos de prueba determina la separación vertical desde la antena de radiodifusión. Cuando se aplica una reducción del DRV de 14 dB (véase el punto 4.2.3.1) una separación vertical de 300 a 600 m corresponde a una distancia de separación lateral de 1.500 a 3.000 metros. Esto obvia la necesidad de definir una distancia de separación lateral mínima. Proporciona, asimismo, puntos de prueba adecuados cuando se utiliza el VOR como ayuda intermedia o de aproximación final porque se supone que la distancia de separación mínima entre una aeronave y una estación de radiodifusión no es inferior a 3 km.

4.3.3.2 Ubicación del punto de prueba

4.3.3.2.1 Puntos de prueba relacionados con transmisores de radiodifusión situados dentro de la DOC

Los puntos de prueba están situados por encima de la antena de radiodifusión, como se indica en el punto 4.3.3.1

4.3.3.2.2 Puntos de prueba relacionados con los transmisores de radiodifusión situados fuera de la DOC

Las estaciones de radiodifusión situadas en las proximidades de la DOC dentro de una zona ampliada de 3 km deben tratarse como en el punto 4.3.3.2.1; para estaciones situadas fuera de esta zona se generará un punto de prueba apropiado en el punto más próximo al borde de la DOC y a una altura que será la mayor de las siguientes:

- altura de la antena de radiodifusión sobre el nivel medio del terreno;
- altura deducida de la Figura 43 a la que se añade la altura sobre el nivel medio del terreno del emplazamiento del VOR, si se conoce;
- 600 m por encima del nivel medio del mar.

4.3.3.3 Se imprimirán los resultados para cada punto de prueba en el que el margen de protección sea menor de 0 dB.

CUADRO XXXIXUbicaciones de los puntos de prueba*

Identificación	Distancia en km	Acimut relativo en grados		
A	0	0)	Dentro de la zona crítica del ILS	
E	3	0)		
F	6	0)		
G	9	0)		
H	12	0)		
I	15	0)		
J	21.25	0)		A lo largo del eje de rumbo
K	27.5	0)		
L	33.75	0)		
M	40	0)		
D	46.3	0)		
B	31.5	-35		
C	31.5	35		
X0	7.7	- 6		
Y0	7.7	35		
X1	12.9	-25.5		
Y1	12.9	25.5		
X2	18.8	-17.2		
Y2	18.8	17.2		
X3	24.9	-12.9		
Y3	24.9	12.9		
X4	31.5	-10		
Y4	31.5	10		
X5	37.3	-8.6		
Y5	37.3	8.6		
X6	43.5	-7.3		
Y6	43.5	7.3		
X7	18.5	-35		
Y7	18.5	35		
X8	24.0	-27.6		
Y8	24.0	27.6		
X9	29.6	-22.1		
Y9	29.6	22.1		

* Véase la Figura 42

Indicaciones de los puntos de prueba

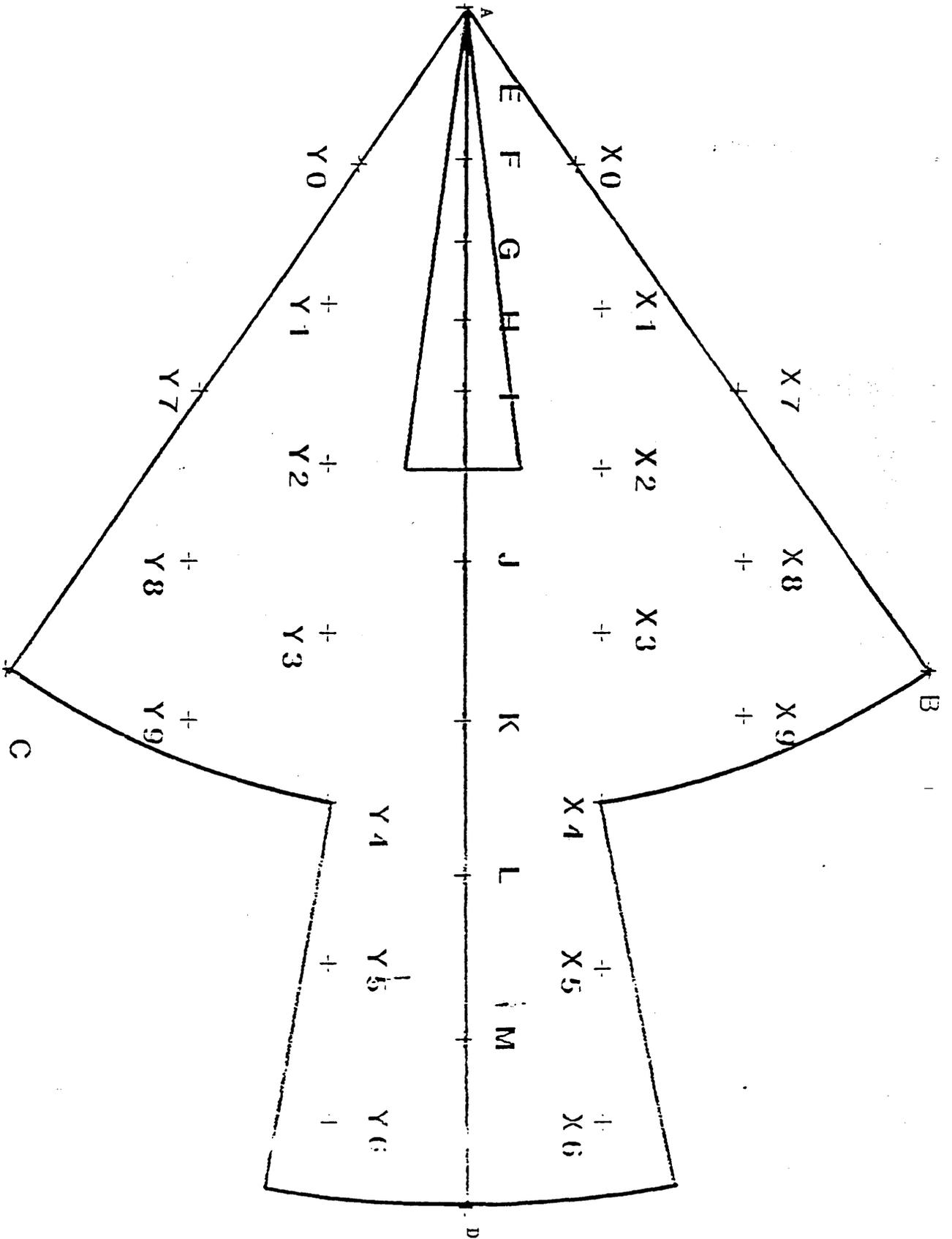
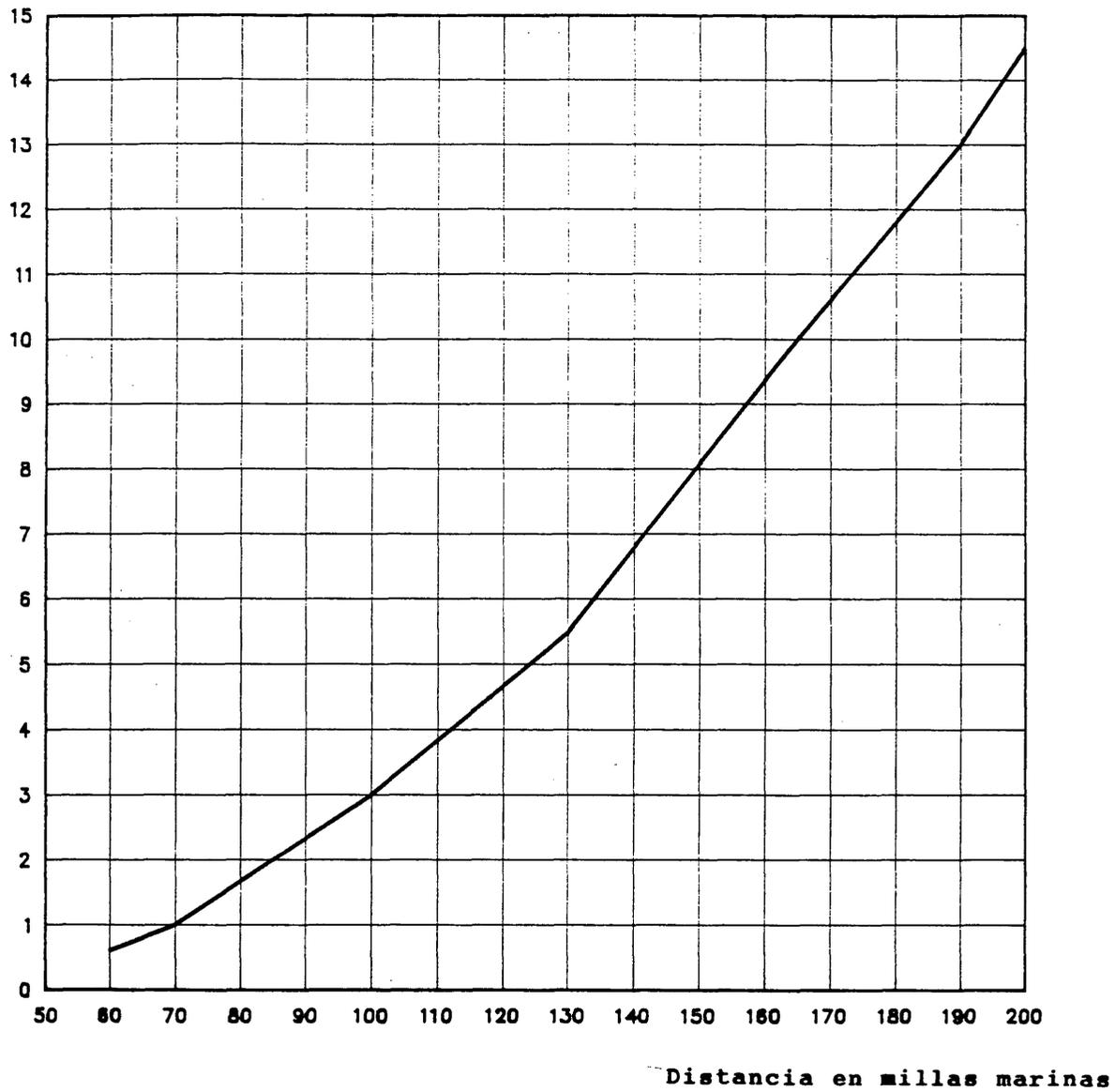


FIGURA 42

Distancia en función de la altura del punto de prueba

Altura en metros
x 1000

Se ha obtenido esta curva a partir de los documentos de la OACI y representa la altura mínima en la que cabe esperar un servicio VOR satisfactorio para cualquier gama de distancia.

FIGURA 43

CUADRO XL

Distancia de coordinación

Potencia radiada aparante de la estación de radiodifusión		Frecuencia de la estación de radiodifusión (MHz)						
		< 100 =	102	104	105	106	107	107.9
dBW	kW	Distancia de separación (km)						
55	300	125	210	400	500	500	500	500
50	100	75	120	230	340	500	500	500
45	30	40	65	125	190	310	500	500
40	10	25	40	70	105	180	380	500
35	3	20	20	40	60	95	210	500
30	1	20	20	25	35	55	120	370
25	0.300	20	20	20	20	30	65	200
20	0.100	20	20	20	20	20	40	115
< 15 =	< 0.030 =	20	20	20	20	20	20	65

Para valores de p.r.a. (dBW) y frecuencias que no aparezcan en el cuadro, se empleará la interpolación lineal.

Estas distancias de coordinación presuponen un valor de corte igual a:

$$-66 + 20 \log \frac{\max(0,4; 108,1-f)}{0,4}$$

Parte V del Anexo II

METODO DE EVALUACION DE LA COMPATIBILIDAD UTILIZADO EN POLONIA

En general se aplican el procedimiento y los criterios de compatibilidad especificados en el Acuerdo de Ginebra de 1984, aunque se han modificado algunos de estos aspectos como se indica seguidamente:

1. Diagrama de radiación vertical de la antena de MF. Se utiliza un modelo similar al propuesto en el punto 2 del Anexo III del Informe [1198] en el que se ha modificado el valor de la reducción máxima para que corresponda con las características de las antenas fabricadas en Polonia.
2. Modelo de propagación de la señal interferente. Se supone la propagación en condiciones de espacio libre, aplicándose un valor de atenuación de 20 dB más allá del horizonte radioeléctrico.
3. Modelo de receptor. Se aplica el modelo del Acuerdo de Ginebra de 1984, con una mejora que tiene en cuenta el nivel de la señal deseada:
 - A1: en los cálculos se toma el valor predicho de la intensidad de campo de la señal deseada en lugar del nivel de señal mínimo.
 - B1: en el criterio B1 se reduce la constante en el valor de la diferencia entre el nivel de señal deseada predicho y el nivel de señal mínimo.

En las Figuras 44 y 45 se representan las distribuciones supuestas de los puntos de prueba.

En el caso de puntos de prueba del ILS las alturas elegidas corresponden con la trayectoria de planeo mínima. A todos los puntos situados a una distancia determinada, se les asigna el mismo valor de altura.

En el caso de los sistemas VOR y COM en ondas métricas, se utilizan para cada ubicación de punto de prueba las alturas de 2.000, 5.000, 7.600 y 10.000 m.

Los puntos de prueba están situados a lo largo de las rutas de vuelo en intervalos de 15 km. Sin embargo se desplazará cualquier punto próximo a una estación de radiodifusión:

- de forma que sea coincidente con la estación, si ésta se encuentra debajo de la ruta de vuelo, o
- al borde de la ruta de vuelo, en el caso de estaciones que están justamente por fuera del límite horizontal de la ruta de vuelo (véase la Figura 45).

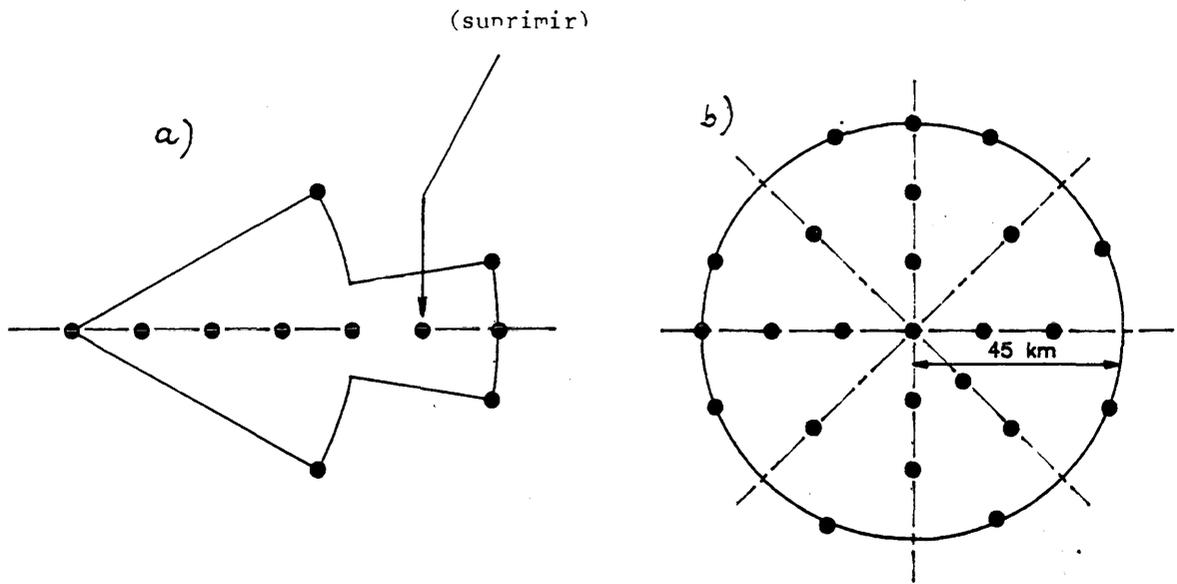


FIGURA 44

Distribución de los puntos de prueba para
a) ILS, y b) COM VHF, por ejemplo,
comunicaciones de la torre

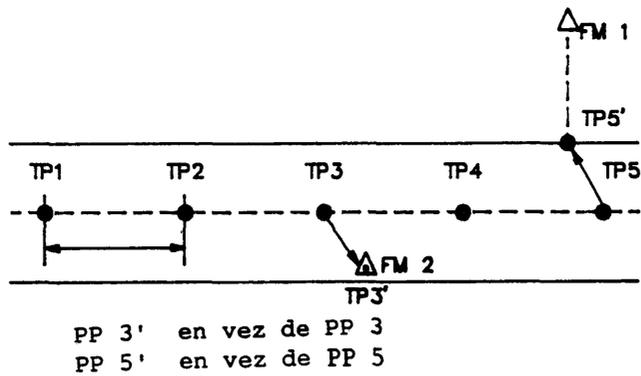


FIGURA 45

Puntos de prueba para el VOR y COM VHF

Parte VI del Anexo II

ANALISIS Y EXPERIENCIAS PRACTICAS

6.1 Análisis en la Región 1

Los análisis del Plan de Ginebra de 1984 en la Región 1 ponen de manifiesto un número considerable de posibles incompatibilidades teóricas con los servicios de radionavegación aeronáutica resultantes de la aplicación de los criterios de protección establecidos en el Acuerdo de Ginebra de 1984.

6.2 Análisis y experiencia práctica en la Región 2

Con respecto a la Región 2 se han efectuado estudios para aplicar los criterios de compatibilidad de radiodifusión MF/servicio móvil aeronáutico establecidos en el Acuerdo de Ginebra de 1984 a la zona de Norteamérica en la que se han estado explotando durante numerosos años miles de estaciones de radiodifusión de MF en la banda 88 - 108 MHz con valores de p.r.a. máximos de 100 kW. Se analizaron los sistemas del localizador de ILS de Washington, D.C., San Diego, San Louis, Miami, Nueva York y Denver con estaciones de MF seleccionadas utilizando el Cuadro del Anexo 5.1 del Acuerdo de Ginebra de 1984 afectando a transmisores de MF habitualmente en explotación (véanse las Figuras 46 a 51). El análisis teórico no tuvo en cuenta los efectos de terreno, operación de vuelo, restricciones del flujo de tráfico debido a la saturación de las facilidades de rutas aéreas en zonas terminales de elevada densidad o los debidos a obstrucciones físicas.

En la práctica, la totalidad de las estaciones de MF incluidas en el análisis del ILS para las ciudades mencionadas anteriormente funcionan en forma compatible con las facilidades aeronáuticas indicadas.

Plano de las estaciones MF (+) centradas alrededor del emplazamiento del transmisor ILS (0) en Washington, D.C.

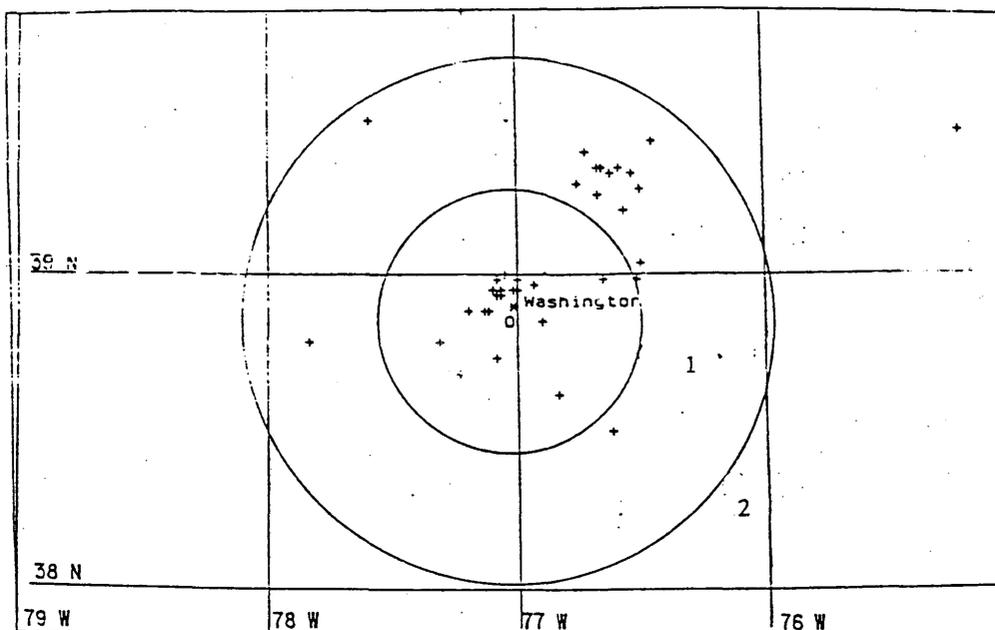


FIGURA 46

Plano de las estaciones MF (+) centradas alrededor del emplazamiento del transmisor ILS (0) en San Diego.

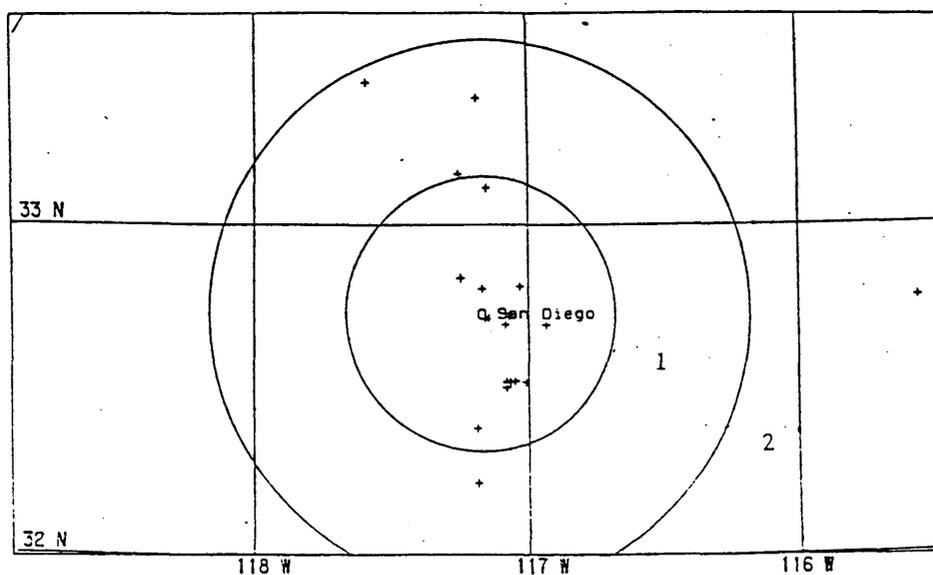


FIGURA 47

1. Radio del anillo de 25 MN
2. Radio del anillo de 50 MN

Plano de las estaciones MF (+) centradas alrededor del emplazamiento del transmisor ILS (0) en San Luis, Missouri.

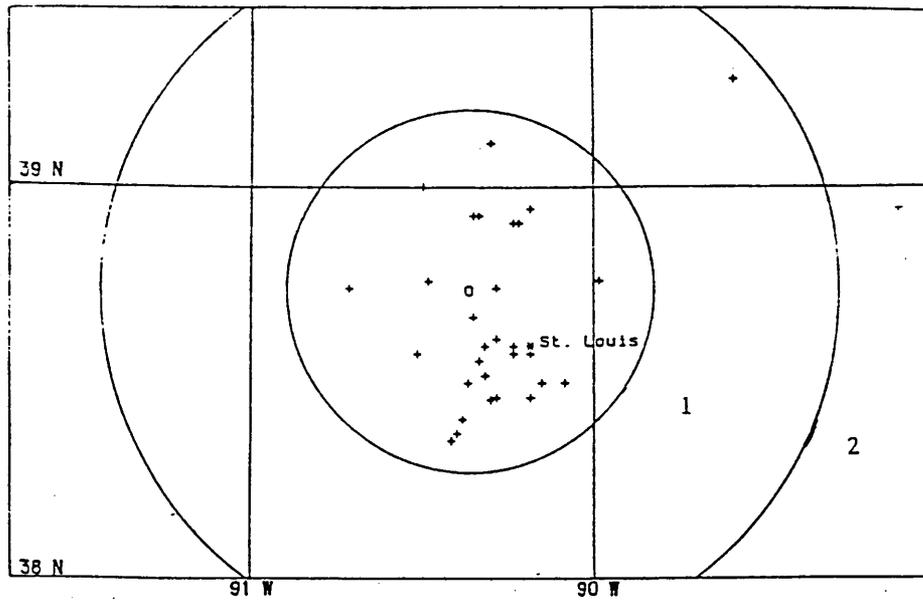


FIGURA 48

Plano de las estaciones MF (+) centradas alrededor del emplazamiento del transmisor ILS (0) en Miami, Florida.

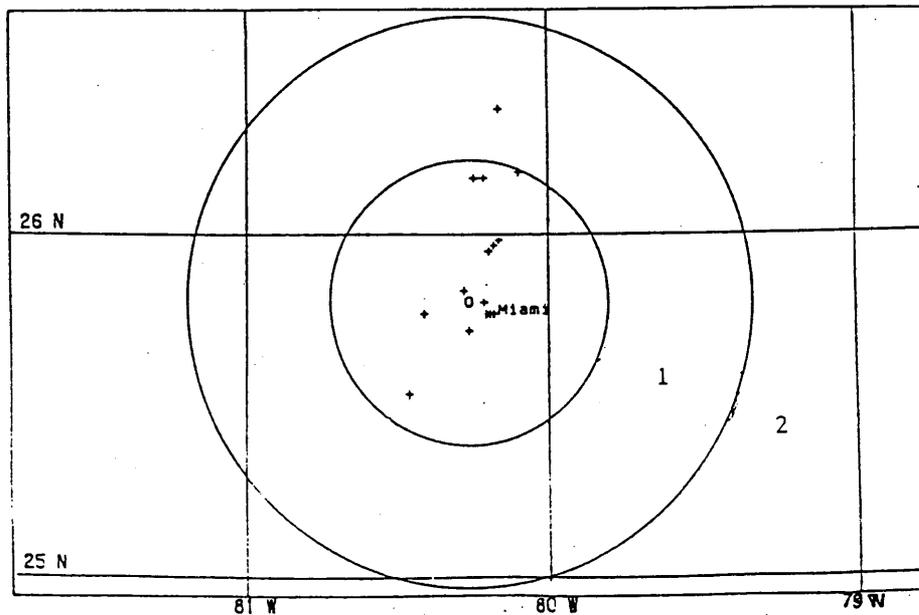


FIGURA 49

1. Radio del anillo de 25 MN
2. Radio del anillo de 50 MN

Plano de las estaciones MF (+) centradas alrededor del emplazamiento del transmisor ILS (0) en Nueva York.

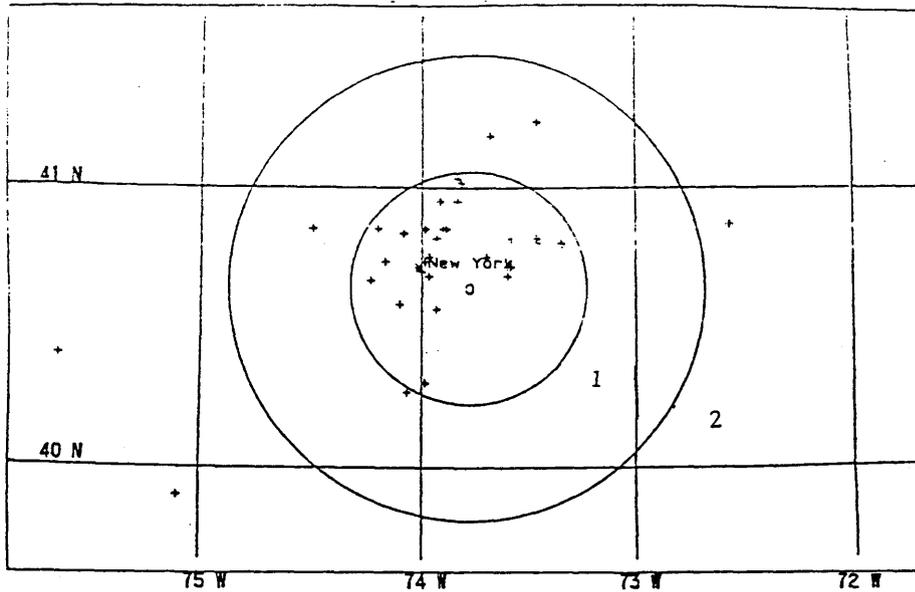


FIGURA 50

Plano de las estaciones MF (+) centradas alrededor del emplazamiento del transmisor ILS (0) en Stapleton, Denver.

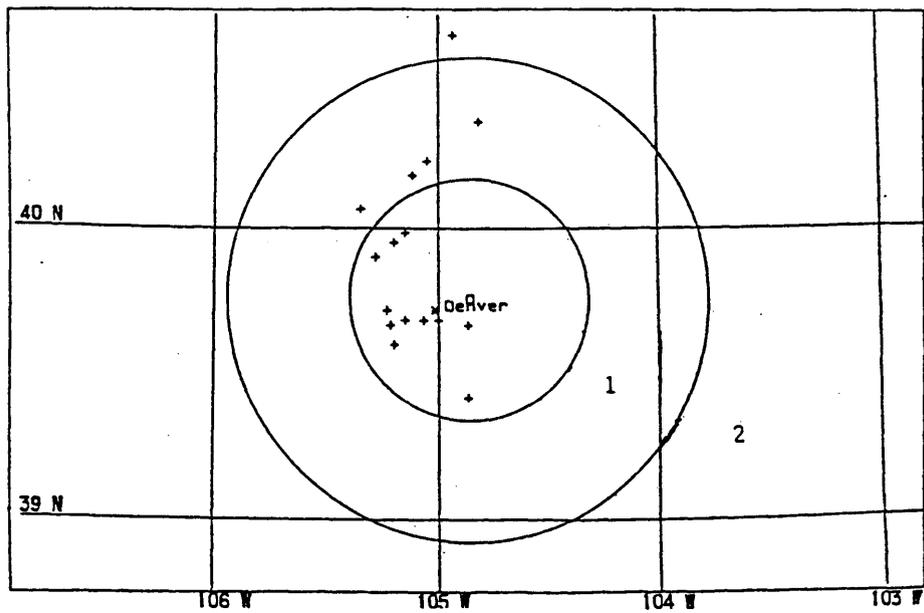


FIGURA 51

1. Radio del anillo de 25 MN
2. Radio del anillo de 50 MN

ANEXO III

Resumen de los criterios de umbrales de interferencia

1. Fórmulas para la inmunidad del localizador/receptor VOR

1.1 Interferencia de intermodulación de tercer orden (tipo B1)

Si f_i = la i ésima frecuencia MF: f_1, f_2, f_3 (MHz)y N_i = el i ésimo nivel de potencia recibido MF (dBm)entonces: $a_i = \max\{0,4; 108,1 - f_i\}/0,4$ y $a(f_i) = 20 \log(a_i)$.

Nota. — No hay interferencia cuando se cumplen las fórmulas.

1.1.1 Anexo 10 ————— de la OACI — Inmunidad futura

Referencia: Anexo 10 ————— de la OACI, § 3.1.4 (ILS) y § 3.3.8 (VOR).

1.1.1.1 2 señales

$$2N_1 + N_2 - 3a(f_1) + 72 < 0$$

1.1.2 Acuerdo de Ginebra, 1984 — Inmunidad futura

Referencia: Acuerdo de Ginebra, 1984, anexo 5, § 1.2.1.

1.1.2.1 2 señales

$$2N_1 + N_2 - 3a(f_1) + 72 < 0$$

1.1.2.2 3 señales

Las Actas Finales del Acuerdo de Ginebra, 1984 especifican una fórmula de inmunidad futura sólo para el caso de dos señales, pero indican que cabría esperar posiblemente una suavización comparable del criterio para el caso de 3 señales. Sobre la base de esta hipótesis, la ampliación del caso de dos señales al caso de 3 señales da como resultado:

$$N_1 + N_2 + N_3 - 3a(f_1) + 78 < 0$$

1.1.3 Acuerdo de Ginebra, 1984 — Término de corrección del tipo B1

Referencia: Acuerdo de Ginebra, 1984, anexo 2, § 7.6.5.3.

donde: N_i (corregido) = N_i — término de correccióncon: $i = 1, 2, 3$

CUADRO XLI

Δf $f_{ILS} - f_{Intermod}$ (kHz)	Término de corrección (dB)
0	0
± 50	2
± 100	8
± 150	16
± 200	26

1.2 Desensibilización (tipo B2)

Véase la fig. 52.

1.3 Interferencia cocanal (tipo A1)

Referencia: Acuerdo de Ginebra, 1984, anexo 2, § 7.6.3.3 (Inmunidad existente y futura)

CUADRO XLII

Δf (kHz)	Acuerdo de Ginebra, 1984 Relación de protección (dB)
0	17
± 50	10
± 100	- 4
± 150	- 19
± 200	- 38

1.4 *Interferencia de banda lateral (tipo A2)*

Referencia: Acuerdo de Ginebra, 1984. anexo 2, § 7.6.4 (Inmunidad existe y futura)

CUADRO XLIII

Δf (kHz)	Acuerdo de Ginebra, 1984 Relación de protección (dB)
100	- 41
200	- 50
250	- 59
300	- 68
500	-

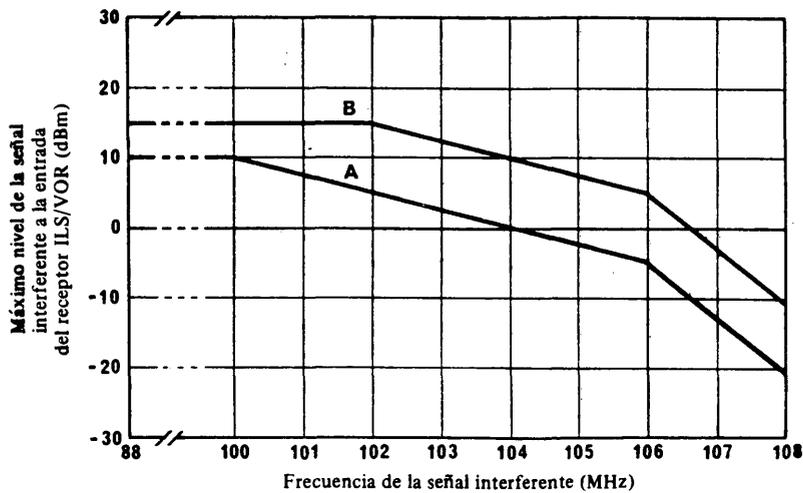


FIGURA 52 - Criterios de inmunidad a la desensibilización ILS/VOR (tipo B2)

A: Inmunidad existente:

- Acuerdo de Ginebra, 1984

B: Inmunidad futura:

- Acuerdo de Ginebra, 1984

- OACI, Anexo 10 ———, enmienda 65, § 3.1.4.2.

INFORME 1198*

COMPATIBILIDAD ENTRE EL SERVICIO DE RADIODIFUSIÓN EN
LA BANDA 87,5-108 MHz Y LOS SERVICIOS AERONAÚTICOS QUE
UTILIZAN LA BANDA 108-137 MHz

(Programa de Estudios 46J /10)

(1990)

INDICE

1. Introducción
2. Terminología
 - 2.1 Interferencia de tipo A
 - 2.2 Interferencia de tipo A1
 - 2.3 Interferencia de tipo A2
 - 2.4 Interferencia de tipo B1
3. Mejora de la supresión de los productos de intermodulación y de las emisiones fuera de banda de las estaciones transmisoras de radiodifusión y determinación de las relaciones de protección
 - 3.1 Intermodulación de un sistema de transmisión
 - 3.2 Posibilidades y técnicas de mejoramiento de la supresión de los productos de intermodulación en las estaciones transmisoras de radiodifusión
 - 3.2.1 Combinadores** y dependencia de la separación de frecuencia de las pérdidas de conversión del transmisor
 - 3.2.2 Antenas
 - 3.2.3 Línea de transmisión de la antena
 - 3.2.4 Excitadores del transmisor
 - 3.2.5 Posición del combinador para lograr una atenuación óptima de los productos de intermodulación
 - 3.2.6 Supresión de los productos de intermodulación en los amplificadores de estado sólido
 - 3.3 Análisis de la interferencia de Tipo A1
 - 3.4 Análisis de interferencia de Tipo A2

* Se pide al Director del CCIR que señale este Informe a la atención de la Comisión de Estudio 8 y de la OACI.

** Los términos alternativos para los combinadores del transmisor comprenden combinador del transmisor o diplexor, combinador de canal, filtro en estrella y filtro híbrido.

4. Otros aspectos de la evaluación de la compatibilidad
- 4.1 Interferencia causada al ILS por señales de radiodifusión no moduladas
- 4.2 Interferencia causada al ILS y al VOR durante las pruebas de estaciones de MF
- 4.3 Diagramas de antenas de radiodifusión de MF
 - 4.3.1 Diagramas horizontales
 - 4.3.2 Diagramas verticales
 - 4.3.3 Combinación de diagramas horizontal y vertical
5. Conclusiones
- 5.1 Supresión máxima alcanzable de las emisiones no esenciales en la banda 108 - 137 MHz procedentes de las estaciones de radiodifusión que funcionan en la banda 87,5 - 108 MHz.

Anexo I - Datos sobre combinadores de transmisores

1. Tipos de combinadores
2. Mediciones de los niveles de productos de intermodulación en estaciones de transmisión de radiodifusión bípicas

Anexo II - Ejemplos de diagramas de antena medidos

Anexo III - Modelado teórico del diagrama de radiación vertical de una antena de radiodifusión de MF

1. Modelado de la anchura del haz de 3 dB del lóbulo principal
2. Modelado de la envolvente del diagrama de radiación vertical
 - 2.1 Abertura de una antena de dos o más longitudes de onda
 - 2.2 Abertura de una antena de menos de dos longitudes de onda

Anexo IV - Información sobre procedimientos de prueba y ajuste de transmisores

1. Pruebas de transmisores efectuadas en los Estados Unidos de América
2. Pruebas de transmisores efectuadas en Finlandia

1. Introducción

En la Región 2 vienen funcionando desde hace ya muchos años estaciones en modulación de frecuencia por ondas métricas en la banda de frecuencias de 88 - 108 MHz. La Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones (Ginebra, 1979) amplió la banda de radiodifusión en modulación de frecuencia por ondas métricas a 108 MHz en todo el mundo. La posibilidad de que la existencia de los servicios de radiodifusión y de radionavegación aeronáutica en bandas de frecuencias adyacentes podría crear problemas de incompatibilidad ha sido admitida ya por la CAMR-79 (Recomendación 704), así como en el orden del día de la Conferencia Administrativa Regional para la radiodifusión sonora en modulación de frecuencia en la banda de ondas métricas (Región 1 y ciertos países interesados de la Región 3). Esta Conferencia se celebró en Ginebra en 1982 y 1984 a fin de determinar las limitaciones técnicas de la planificación de la nueva banda para el servicio de radiodifusión y de lograr un plan que tuviese en cuenta dichas limitaciones. Estas limitaciones técnicas se han utilizado para el cálculo de la compatibilidad en las situaciones existentes en América del Norte [CCIR, 1986-90].

Este Informe considera las características pertinentes de las estaciones de radiodifusión en relación con el problema de compatibilidad del servicio aeronáutico.

2. Terminología

Las Actas Finales de la Conferencia (CARR-1(2)) y el Informe 929 determinaron algunos mecanismos a través de los cuales puede aparecer interferencia en los servicios aeronáuticos procedentes de la radiodifusión en modulación de frecuencia y que pueden dividirse en dos tipos generales. Los que proceden de componentes radiados por los transmisores de radiodifusión en las frecuencias del servicio aeronáutico o próximas a ellas dan lugar a la interferencia de Tipo A, mientras que las que surgen en el receptor aeronáutico dan lugar al Tipo B.

2.1 Interferencia de Tipo A

En el funcionamiento normal de los transmisores de radiodifusión la interferencia de Tipo A puede producirse de dos maneras. En primer lugar, un solo transmisor puede generar emisiones espurias o varios transmisores de radiodifusión pueden sufrir intermodulación dando lugar a componentes en las bandas de frecuencia aeronáutica; a ésta se la denomina interferencia de Tipo A1. En segundo lugar, las bandas laterales de un transmisor de radiodifusión pueden incluir componentes no despreciables que caen en las bandas aeronáuticas; este mecanismo, denominado Tipo A2, sólo se produce en la práctica a partir de transmisores con frecuencias próximas a 108 MHz.

Desde el punto de vista del receptor de aviación las características espectrales de la señal no deseada ofrecen un significado particular. En una primera aproximación, es probable que los efectos de las señales de radiodifusión en modulación de frecuencia tengan "forma de ruido" en los receptores, con la consiguiente reducción de la calidad operacional deseada de dichos receptores aeronáuticos.

Además, pueden producirse efectos adversos en el canal de audiofrecuencia (identificación) del ILS/VOR.

No obstante, si las transmisiones de radiodifusión no moduladas producen componentes de frecuencia estable cercanas a las frecuencias de la señal de modulación del ILS (por ejemplo, a +15 Hz de las frecuencias de modulación de 90 Hz y 150 Hz) puede producirse una interferencia muy significativa incluso para niveles muy bajos de las señales no deseadas (véase el Informe 927).

2.2 Interferencia de Tipo A1

Se la describe indistintamente como interferencia "en la banda" o "en el canal", y es debida a las emisiones espurias (incluyendo los productos de intermodulación) de la estación transmisora de radiodifusión. Generalmente es de bajo nivel y puede considerarse interferencia perjudicial, tal como se define en el Reglamento de Radiocomunicaciones, en los casos en que el nivel es suficiente para afectar a la calidad de los receptores aeronáuticos. No puede preverse el rechazo en el receptor de a bordo. Las únicas soluciones prácticas son la supresión en la fuente, la elección de la asignación de radiodifusión y la distancia de separación, o ambas.

2.3 Interferencia de Tipo A2

Es la interferencia producida en los canales del ILS próximos al extremo de la banda de 108 MHz debida a las emisiones fuera de banda de las estaciones de radiodifusión que funcionan en frecuencias portadoras del extremo superior de la banda de radiodifusión.

2.4 Interferencia de tipo B1

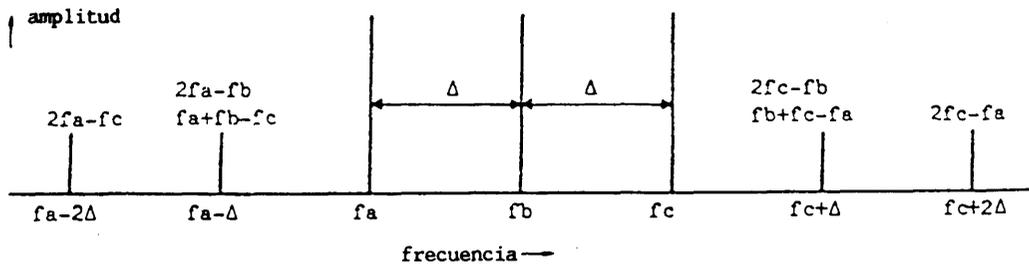
Es la intermodulación generada en un receptor de a bordo como resultado de que una señal de radiodifusión de alta potencia fuera de la banda aeronáutica, lo ha llevado a la zona de no linealidad. Para que se produzca este tipo de interferencia, son necesarias, al menos, dos señales de radiodifusión con una relación de frecuencia que, en la combinación no lineal, pueda generar un producto de intermodulación dentro del canal RF deseado utilizado por el receptor de a bordo. Una de las señales de radiodifusión ha de ser suficientemente potente para situar al receptor en la zona de fuerte no linealidad, entonces puede haber interferencia aunque la(s) otra(s) señal(es) puedan ser bastante menos intensas. En ciertas condiciones puede producirse una interferencia de tipo B1 con una combinación de una sola señal de radiodifusión y una señal aeronáutica de Tierra.

Puede que el aspecto práctico más grave de este mecanismo, desde el punto de vista de la planificación de frecuencias, es el hecho de que una situación existente aceptable, en la que intervienen señales de radiodifusión MF con niveles no críticos, puede transformarse en un problema práctico, por ejemplo cuando se agrega una nueva estación de radiodifusión, cuando se aumenta la potencia de una estación de radiodifusión existente, o cuando se pone en servicio una estación aeronáutica.

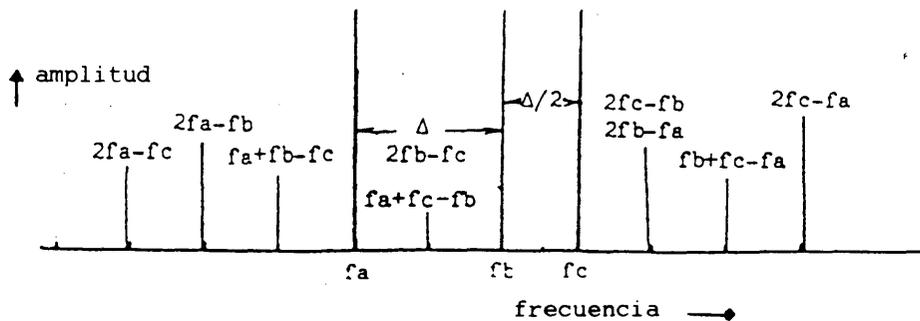
3. Mejora de la supresión de los productos de intermodulación y de las emisiones fuera de banda de las estaciones transmisoras de radiodifusión y determinación de las relaciones de protección

3.1 Intermodulación de un sistema de transmisión

Cuando dos o más frecuencias de transmisión f_a , f_b , f_c ... se combinan en un sistema de antena o cuando antenas separadas están muy próximas entre sí es posible que aparezca intermodulación en algún punto del sistema de transmisión. En las bandas de ondas métricas, las frecuencias de intermodulación que pueden producir con mayor probabilidad interferencia en otros servicios son del tipo $(2f_a - f_b)$ o $(f_a + f_b - f_c)$ debido a que estas frecuencias pertenecen aún a la banda de ondas métricas y en consecuencia son radiadas eficazmente por el sistema de antena. También son más difíciles de eliminar mediante filtros que las que aparecen más cerca de las frecuencias armónicas. La Figura la muestra esquemáticamente la disposición de estas frecuencias de intermodulación para el caso de tres transmisores con frecuencias igualmente espaciadas. La Figura 1b muestra un caso más general para frecuencias con separaciones distintas, en este caso Δ y $\Delta/2$ en el que los productos de intermodulación múltiple no se producen necesariamente en una frecuencia y el número de frecuencias con productos de intermodulación es mayor.



a) - Transmisión con separación constante, Δ



b) - Transmisión con separaciones distintas, Δ y $\Delta/2$

FIGURA 1 - Aparición de productos de intermodulación de tercer orden en una estación transmisora con tres frecuencias

La intermodulación en la estación transmisora puede producirse mediante dos procesos distintos. Según el primer proceso, el combinator* puede dejar pasar un pequeño nivel de tensión de un transmisor (el de frecuencia f_a) hasta la etapa de salida del otro transmisor (el de frecuencia f_b) donde se produce la mezcla, dando una frecuencia ($2f_b - f_a$). La producción de esta frecuencia implica una pérdida de conversión al pasar del nivel de entrada de f_a al nivel de salida de ($2f_b - f_a$). La pérdida de conversión depende de las condiciones de trabajo del amplificador, es decir, ya sea en clase B, C o D, de las impedancias terminales para los productos de mezcla en otras frecuencias importantes: ($f_b - f_a$), ($f_b + f_a$), de los armónicos, etc., y de la respuesta en frecuencia del circuito de salida a la frecuencia f_a y a la de los productos de intermodulación. Además de la pérdida de conversión, la adaptación de potencia entre combinadores y la función de mezcla en el transmisor afecta a los niveles finales de los productos de intermodulación. Este factor depende de la longitud eléctrica de los cables de conexión entre combinadores y transmisores. En los transmisores a válvula se han observado variaciones de los niveles de los productos de intermodulación hasta de 10 dB al cambiar la longitud de los cables.

* Al combinator se le llama también combinator de transmisores o diplexor, combinator de canales, filtro en estrella y filtro híbrido.

En el anexo I se ofrecen datos sobre las diversas disposiciones para combinar los transmisores, incluyendo métodos de cálculo y mediciones en algunas instalaciones representativas.

El segundo proceso tiene lugar en el sistema de transmisión una vez combinadas las frecuencias y puede ser debido a la formación de arcos o a la resistencia no lineal de los contactos entre metales en el alimentador y en el sistema de antena. No obstante, los niveles producidos de esta manera suelen ser por lo general inferiores a los debidos a las imperfecciones del combinador. La posibilidad de que se produzca intermodulación mediante el segundo proceso puede verificarse comparando los niveles de los productos medidos en el campo radiado con los de los medidos en los alimentadores principales.

Al considerar los niveles que pueden llegar a producirse es necesario tener en cuenta:

- el circuito del combinador y sus características de transferencia a todas las frecuencias de interés; y
- las pérdidas en el proceso de conversión.

Debido a la complejidad de las impedancias terminales para las diversas frecuencias, especialmente las de los amplificadores de potencia transistorizados donde se produce la mezcla en varios amplificadores combinados, no pueden predecirse de forma exacta las pérdidas de conversión. En los transmisores a válvula se ha informado de pérdidas de conversión, que incluyen los efectos de adaptación, comprendidas entre 9 y 26 dB, con valores típicos de 20 dB.

Para los amplificadores transistorizados se informa de pérdidas de conversión comprendidas entre 6 y 25 dB, aunque es necesario continuar las investigaciones.

Los valores anteriores se basan en una separación entre portadoras de 1,8 MHz. El desajuste no intencionado de un amplificador sintonizado puede aumentar los productos de intermodulación hasta en 10 dB. Asimismo deben adoptarse precauciones para asegurarse de que se ha neutralizado correctamente el amplificador final.

3.2 Posibilidades y técnicas de mejoramiento de la supresión de los productos de intermodulación en las estaciones transmisoras de radiodifusión

Es posible diseñar y montar estaciones transmisoras de radiodifusión cuyos productos de intermodulación se supriman hasta un nivel inferior al que exige el Reglamento de Radiocomunicaciones, nivel que puede mantenerse durante un gran periodo de tiempo. También se ha demostrado que pueden obtenerse niveles aún más reducidos en casos individuales en que el coste y el esfuerzo adicional lo justifican. No está demostrado que estos niveles puedan asimismo mantenerse durante el servicio.

El Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT (1982) exige que la potencia media de un producto de intermodulación de un transmisor cuya potencia media entregada a la línea de transmisión de la antena sea superior a 25 W, se encuentre como mínimo a 60 dB por debajo de la señal deseada y no exceda de 1 mW. Así, para una potencia transmitida de 1 kW, el nivel máximo relativo de los productos de intermodulación es -60 dB, mientras que para uno de 40 kW el nivel relativo no debe exceder de -76 dB. En el cuadro I-II del anexo I, puede verse que los niveles de los productos de intermodulación de las antiguas estaciones del Reino Unido están 5 dB o más por debajo del requisito de la UIT y que las dos estaciones nuevas obtienen niveles aún menores, al menos a corto plazo. Parece probable lograr y mantener durante el servicio niveles 10 dB como mínimo inferiores al requisito de la UIT para los transmisores de 25 W o más. Para los transmisores con potencia inferiores a 25 W no se considera necesario efectuar mejoras.

Las normas de la FCC de los Estados Unidos de América especifican el nivel de una emisión no esencial en función de la separación entre la frecuencia de esta emisión y la frecuencia del transmisor. La emisión fuera de banda debe estar atenuada al menos en $43 + 10 \log_{10}$ (potencia del transmisor), dB por debajo del nivel de la portadora no modulada o en 80 dB, tomándose el valor que proporcione la menor atenuación. Las mediciones de explotaciones múltiples (hasta 15) en ubicaciones comunes, muestran que en los Estados Unidos de América las estaciones han alcanzado o rebasado este nivel de supresión de los productos de intermodulación en la banda aeronáutica cuando la separación entre las frecuencias del transmisor es igual o mayor que 800 kHz. Además, casi todos los productos de intermodulación para transmisiones con una p.r.a. de 50 kW o mayor cumplen la norma de supresión de 85 dB que figura en el punto 7.6.3.2 del Anexo II del Acuerdo de Ginebra de 1984.

Para lograr los niveles requeridos de supresión de los productos de intermodulación es necesario realizar el diseño y la ingeniería de la instalación transmisora poniendo especial atención en los detalles. En particular, se ha visto que son importantes los aspectos indicados a continuación.

3.2.1 Combinadores y dependencia de la separación de frecuencia de las pérdidas de conversión del transmisor

En relación con la generación de productos de intermodulación en los transmisores de radiodifusión, las mediciones realizadas en el Reino Unido han confirmado que las pérdidas de conversión en el transmisor para la generación de productos de intermodulación de las frecuencias aumentan a medida que crece la separación de frecuencias. Por tanto, si las frecuencias del transmisor de radiodifusión que pueden causar productos de intermodulación de tercer orden en las bandas aeronáuticas por encima de 108 MHz están relativamente muy separadas (es decir, es más de unos 3,0 MHz) se obtendrán generalmente los pequeños niveles exigidos de productos de intermodulación sin aumentar significativamente el coste o la complejidad de los combinadores.

Mediciones adicionales efectuadas en los Estados Unidos de América indican que la pérdida de conversión:

- puede ser función del tipo de dispositivo que tiene la característica no lineal así como del tipo de circuito de salida;
- puede ser función de la relación entre la señal interferente y los productos de intermodulación resultantes en la frecuencia del transmisor de MF;
- puede ser mínima cuando la señal interferente está dentro de la banda de paso del transmisor de MF, y
- puede permanecer casi constante cuando el nivel de la señal interferente se reduce por debajo de un cierto valor.

Se ha visto que las pérdidas de conversión para los productos de intermodulación de tres frecuencias son superiores a las del caso de dos frecuencias, de forma que probablemente será innecesario adoptar disposiciones especiales en el combinador para suprimir los productos de intermodulación en el caso de tres frecuencias.

El aislamiento necesario entre transmisores que comparten la misma antena debe calcularse teniendo en cuenta las pérdidas de conversión en el transmisor y toda atenuación de los productos de intermodulación en el combinador, como se ha visto en el punto 3.2.

3.2.2 Antenas

Si los transmisores alimentan antenas distintas, hay que considerar el acoplamiento mutuo entre ellos al decidir los filtros adicionales que serán necesarios.

Si se utiliza una antena común que tenga una gran abertura y una densidad de potencia relativamente menor puede esperarse una linealidad mejor que con una antena de pequeña abertura y gran densidad de potencia.

La construcción de la antena debe tener en cuenta el entorno local. Deben escogerse los materiales y los acabados de forma que se minimice la posibilidad de efectos de rectificación en las uniones.

Al calcular el efecto de los productos de intermodulación radiados, el resultado será más preciso si se tiene en cuenta el diagrama de radiación, considerando la inclinación del haz, cuando convenga (véase el ejemplo del anexo II).

Cuando sea posible, deben utilizarse datos del diagrama de radiación a la frecuencia del producto de intermodulación para el caso de interferencia de Tipo A1. En el ejemplo del anexo II el diagrama es aproximadamente el mismo que el diagrama a las frecuencias comprendidas en la banda de radiodifusión, pero esto puede no ser siempre así.

3.2.3 Línea de transmisión de la antena

Debe reducirse al mínimo la utilización de contactos múltiples en la línea de transmisión ya que pueden hacerse no lineales con la oxidación. Así pues, será preferible una línea de transmisión continua semiflexible a una línea rígida seccionalizada.

3.2.4 Excitadores del transmisor

Todo acoplo significativo entre excitadores del transmisor, aunque sea de bajo nivel, puede dar lugar a productos de intermodulación que degradarán el comportamiento global. Si varios excitadores van montados cerca unos de otros, el apantallamiento electromagnético debe ser de gran calidad. De forma similar, si las líneas de transmisión coaxiales entre excitadores y amplificadores de potencia van juntas, por ejemplo en un conducto, el apantallamiento entre líneas debe ser muy bueno; puede ser necesario utilizar cable con apantallamiento doble o alimentadores con un conductor exterior sólido.

Como pauta, los excitadores no deben captar frecuencias parásitas o indeseadas superiores a un nivel relativo de -75 dB. El apantallamiento debe ser suficiente para reducir la captación directa de las señales radiadas por transmisores en otras frecuencias, así como para reducir el acoplamiento mutuo mencionado anteriormente.

3.2.5 Posición del combinador para lograr una atenuación óptima de los productos de intermodulación

Para lograr un rendimiento óptimo es necesario ajustar la longitud del alimentador entre el transmisor y el combinador.

3.2.6 Supresión de los productos de intermodulación en los amplificadores de estado sólido

En los transmisores con amplificadores de estado sólido se ha propuesto que se aumenten las pérdidas de conversión hasta unos 25 dB, combinando dos pasos amplificadores por medio de redes de transposición de fase de 90°.

3.3 Análisis de la interferencia de Tipo A1

3.3.1 En la Región 1, especialmente en Europa, las estaciones de radiodifusión en modulación de frecuencia con transmisores múltiples van generalmente multiplexadas en la misma antena, aunque en otras zonas, por ejemplo, en los Estados Unidos, esto constituye una excepción. La utilización de transmisores multiplexados puede dar lugar a casos difíciles de emisiones espurias, es decir, productos de intermodulación de tercer orden que caigan en la banda de frecuencias atribuidas a los servicios aeronáuticos (108 - 137 MHz). En consecuencia, la Nota 10 del apéndice 8 del Reglamento de Radiocomunicaciones se aplica específicamente a los transmisores de radiodifusión en frecuencia modulada que funcionan en la banda 87,5 - 108 MHz. También son aplicables los números 304, 343 y 1813 del Reglamento de Radiocomunicaciones.

3.3.2 Las mediciones de emisiones no esenciales comunicadas por diversas administraciones muestran una amplia variación de valores. Todas las experiencias comunicadas se refieren a emisiones espurias de transmisores que funcionan con potencias del transmisor inferiores a 50 kW. Los valores obtenidos van desde unos -60 dB a unos -100 dB, dependiendo del filtrado del transmisor, la antigüedad de los sistemas y en especial, las características de la instalación. Pueden aparecer dificultades si se utilizan potencias del transmisor superiores a unos 50 kW, especialmente en las instalaciones multiplexadas.

3.3.3 Reconociendo que las entidades de radiodifusión deben contribuir a superar los problemas de incompatibilidad entre la radiodifusión y los servicios aeronáuticos que funcionan en bandas adyacentes, los límites de las emisiones espurias propuestos constituyen una mejora significativa de los requisitos del Reglamento de Radiocomunicaciones.

3.3.4 Aunque los límites apropiados de las emisiones espurias se especifican con relación a la potencia del transmisor, es importante poder calcular los límites con relación a la potencia radiada aparente.

3.3.5 Es técnicamente factible reducir la potencia radiada de los productos de intermodulación de tercer orden hasta -85 dB con relación a la potencia radiada aparente (la referencia en este caso es la p.r.a. máxima de la transmisión de radiodifusión de potencia máxima). Como las mediciones de los transmisores de radiodifusión comprenden la suma de todos los productos de intermodulación que caen en una frecuencia cualquiera, no es necesario añadir un margen para la interferencia múltiple procedente de un solo emplazamiento de radiodifusión.

3.3.6 El punto 4 del apéndice 8 del Reglamento de Radiocomunicaciones también es aplicable específicamente al servicio de radiodifusión en modulación de frecuencia. Es posible establecer límites más estrictos que los especificados en el apéndice 8 para las emisiones espurias por los siguientes motivos:

- se dispone de equipo conveniente;
- la mayoría de las instalaciones transmisoras tienen una calidad mejor; y
- la reglamentación nacional de algunas administraciones estipula ya límites más estrictos.

3.4 Análisis de la interferencia de Tipo A2

A partir de la reducida información disponible se puede indicar la característica espectral aproximada de una emisión de radiodifusión en modulación de frecuencia (Informe 1065).

Dada la rápida caída del espectro de una transmisión en frecuencia modulada con la diferencia de frecuencia respecto a la frecuencia portadora nominal, es probable que una nueva reducción de la energía fuera de la banda de ± 150 kHz se traduzca en una mejora despreciable.

Se han considerado diversas opciones de filtrados posibles de las emisiones fuera de banda (por ejemplo con filtros de ranura y con filtros de ranura y de paso-banda). No obstante, la utilización de ciertos tipos de filtros puede afectar a las características espectrales, introducir asimetrías en el espectro y degradar la calidad sonora.

En la práctica, cuando la separación entre el servicio de radiodifusión y los servicios aeronáuticos es pequeña, resulta difícil distinguir entre la interferencia debida a la emisión fuera banda y las emisiones dentro de dicha banda recibidas como consecuencia de la selectividad en la respuesta del receptor aeronáutico. Los estudios han indicado que con los actuales receptores, ésta última es más importante para separaciones mayores de 250 kHz. Una mejor selectividad puede por tanto modificar los criterios de protección contra la interferencia de Tipo A2 aún cuando permanezca inalterable el espectro de radiodifusión.

4. Otros aspectos de la evaluación de la compatibilidad

4.1 Interferencia causada al ILS por señales de radiodifusión no moduladas

Preocupa el grado de interferencia cocanal de los productos de intermodulación de tercer orden procedentes de dos (o tres) transmisiones de radiodifusión cuando los transmisores no están modulados o tienen pausas simultáneas de modulación. Este problema puede presentarse para la interferencia de Tipo A1 o B1.

El motivo de preocupación es que el Informe 927 del CCIR (punto 3.1 del anexo I) da una relación de protección de 46 dB para los casos en que las señales de onda continua pueden tener una diferencia de frecuencia estable de 90 Hz o 150 Hz respecto a la frecuencia portadora del ILS, con lo que se produce una modulación de amplitud a la que el receptor tiene gran sensibilidad. Se excede así en 29 dB la relación de protección cocanal de la planificación de 17 dB lo que indica un aumento de hasta 29 dB en la sensibilidad a la interferencia respecto a la que cabría esperar utilizando criterios normales.

Sin embargo, la situación real de los transmisores de radiodifusión es que durante la transmisión normal del programa hay un nivel de ruido residual que da lugar a una desviación mínima de ± 20 Hz en cada transmisor, lo que se traduce en una desviación de unos ± 20 Hz en un producto de tercer orden. Por tanto, puede no ser necesario adoptar otras precauciones contra la radiación de productos de intermodulación de desviación muy pequeña. Se requieren nuevos ensayos para confirmar este punto. Los estudios realizados por una administración revelan que, si se viese que es necesario en ciertos casos, existiría al menos una solución aceptable para el problema, tal como se describe a continuación. Esto significa que no será necesario prever márgenes especiales para este problema en la planificación.

Tras haber estudiado algunas soluciones alternativas, la que propone una administración consiste en una pequeña desviación de frecuencia respecto a la frecuencia nominal para cada uno de los transmisores de radiodifusión o para el transmisor ILS, a fin de asegurar que el producto de intermodulación no se acerca nunca más de 160 Hz a la portadora del ILS. Los ensayos con receptores ILS han confirmado que esto es suficiente para eliminar el problema.

Con las tolerancias de frecuencia prácticas, por ejemplo, ± 1 kHz para la radiodifusión y ± 2 kHz para el ILS (algo menores que las tolerancias máximas del Reglamento de Radiocomunicaciones) se indica a continuación un ejemplo de solución posible. Los transmisores de radiodifusión funcionan con una desviación nominal de 2 kHz en sentidos tales que se crea una desviación nominal de 6 kHz en el producto de intermodulación de tercer orden. Con el caso extremo adverso de las tolerancias propuestas se reduciría la desviación a un mínimo de 1 kHz.

Puede darse un ejemplo similar aplicando la desviación al transmisor ILS. En este caso, (suponiendo que la tolerancia del ILS mejora hasta ± 1 kHz) basta con una desviación de 4,5 kHz. Este valor de desviación se utiliza en las instalaciones de localizador ILS de dos frecuencias.

4.2 Interferencia al ILS y al VOR durante las pruebas de estaciones de MF

En numerosos países es habitual que se efectúen pruebas de explotación de estaciones de radiodifusión de MF utilizando frecuencias de modulación y niveles de modulación variables. En general, la modulación es sinusoidal. Durante estas pruebas las bandas laterales de modulación de MF tienen, en general, una mayor amplitud que en el caso de transmisiones estereofónicas normales.

La información disponible sobre los procedimientos de prueba indica que, en Estados Unidos de América, los periodos de pruebas son poco frecuentes y se ejecutan en momentos en que la actividad aeronáutica es reducida (véase el Anexo IV-1).

Finlandia, sin embargo, ha indicado que las mediciones de transmisión se efectúan de una manera regular en pequeños intervalos durante el día (véase el Anexo IV-2).

Las características de estas pruebas son de tal naturaleza que debe prestarse una consideración especial a los mecanismos de interferencia, teniendo en cuenta la totalidad de las tolerancias de frecuencias. Esto es especialmente cierto si la señal resultante de banda de base en un receptor ILS/VOR contiene componentes de frecuencias de 30, 90 ó 150 Hz, además de la tolerancia de esas frecuencias. Un caso importante correspondería a transmisores para los cuales el análisis de compatibilidad muestra que sólo se dispone de un margen positivo muy pequeño.

4.3 Diagrama de antena de radiodifusión MF

En el análisis de compatibilidad para las interferencias de tipo A y de tipo B deben tenerse en cuenta los diagramas de radiación horizontal y vertical de las estaciones de radiodifusión de MF propuestas y existentes.

4.3.1 Diagramas horizontales

Si una estación de MF utiliza una antena direccional y se conocen los parámetros de directividad, pueden efectuarse las correcciones de la intensidad de campo.

Debe prestarse atención especial a los diagramas de radiación horizontal de antenas nominalmente omnidireccionales si estos se desvían en más de ± 2 dB de la forma circular ideal.

Según la experiencia adquirida en Canadá, podría darse esta circunstancia cuando se utilizan antenas dipolo con montaje lateral. Este tipo de antena de radiodifusión consta típicamente de un apilamiento vertical único de elementos radiantes de tipo dipolo montados en la esquina o frente a una estructura de soporte. Las mediciones de polarización horizontal efectuadas desde una aeronave, pusieron de manifiesto diferencias posibles entre los valores máximo y mínimo de la ganancia de la antena del orden de 15 dB en el plano horizontal, para este tipo de antena. Son de esperar desviaciones similares para la polarización vertical.

4.3.2 Diagramas verticales

Para las evaluaciones de compatibilidad puede ser también muy importante el diagrama de radiación vertical de una estación de radiodifusión.

Para el modelado teórico del diagrama de radiación de una antena pueden utilizarse varios métodos, algunos de los cuales se indican en el Anexo III. En este tipo de modelado es habitual imponer algún límite al valor máximo de la reducción lograda. Sin embargo, un diagrama medido para una antena determinada puede mostrar que puede conseguirse una reducción de unos 20 dB para todos los lóbulos laterales, por lo que deberán utilizarse valores medidos cuando se disponga de los mismos.

Cuando se radien desde la misma antena dos o tres señales con diferentes frecuencias, debe tenerse en cuenta el diagrama real medido de la antena para cada una de las frecuencias, si se dispone del mismo. Como los máximos de los lóbulos laterales para diferentes frecuencias no tienen necesariamente que coincidir, puede existir una reducción sustancial de las posibilidades de interferencia.

4.3.3 Combinación de diagramas horizontal y vertical

Los valores pertinentes, en dB, de las correcciones del diagrama de radiación horizontal y vertical deberán sumarse aritméticamente con sujeción a una reducción máxima combinada de 20 dB.

La experiencia ha demostrado que en el caso de antenas de gran abertura, no suele ser necesario tener en cuenta el diagrama de radiación horizontal si el ángulo de elevación (hacia el punto para el cual se efectúan los cálculos) excede unos 10 grados.

Para cualquier tipo de antena no es necesario efectuar correcciones del diagrama de radiación horizontal para ángulos de elevación próximos a los 90 grados.

5. Conclusiones

5.1 Supresión máxima alcanzable de las emisiones espurias en la banda 108 - 137 MHz procedentes de las estaciones de radiodifusión que funcionan en la banda 87,5 - 108 MHz

En la experiencia de América del Norte, no ha sido necesario requerir en general la supresión de las emisiones espurias de más de 80 dB.

Considerando las circunstancias especiales en la Región 1 y en algunas zonas de la Región 3, el Grupo Interino de Trabajo Mixto 8-10/1 recomendó los valores siguientes de emisiones espurias a efectos de evaluación y planificación de la banda de radiodifusión en frecuencia modulada por ondas métricas en los casos en que se prevea una interferencia de Tipo A1 en la banda aeronáutica.

CUADRO I

Nivel máximo relativo de las emisiones espurias

Potencia del transmisor (kW)	Nivel máximo relativo de las emisiones espurias	
	Apéndice 8 del Reglamento de Radiocomunicaciones (dB)	Valores recomendados por el GTI 8-10/1 (dB)
0,01	-56	-56
0,02	-59	-59
0,1	-60	-66
0,2	-60	-69
1,0	-60	-72
4,0	-66	-82
10,0	-70	-85
20,0	-73	-85
40,0	-76	-85

Las recomendaciones se refieren al nivel de potencia media total de todas las componentes espurias a una frecuencia cualquiera en la banda aeronáutica aplicadas a la línea de transmisión del sistema de antena de la estación de radiodifusión en frecuencia modulada. El nivel se mide habiendo tenido en cuenta todos los filtros, combinadores, multiplexores, etc. que pueden afectar al nivel radiado de la emisión espuria.

Para cumplir las Recomendaciones, el nivel de potencia de las componentes no esenciales procedentes de una estación de radiodifusión de MF no rebasará $25 \mu\text{W}$ para potencias del transmisor de hasta 8 kW , aproximadamente. Sin embargo, la potencia real radiada de una emisión no esencial depende de la ganancia de la antena en la frecuencia de la emisión esencial, la cual será muy probablemente menor que la ganancia en la frecuencia de radiodifusión.

Asimismo, la atenuación (potencia media en la anchura de banda necesaria respecto a la potencia media de las componentes espurias en cuestión) para las potencias del transmisor superiores a unos 8 kW debe ser de 85 dB como mínimo (véase el cuadro I y el gráfico de la fig. 2).

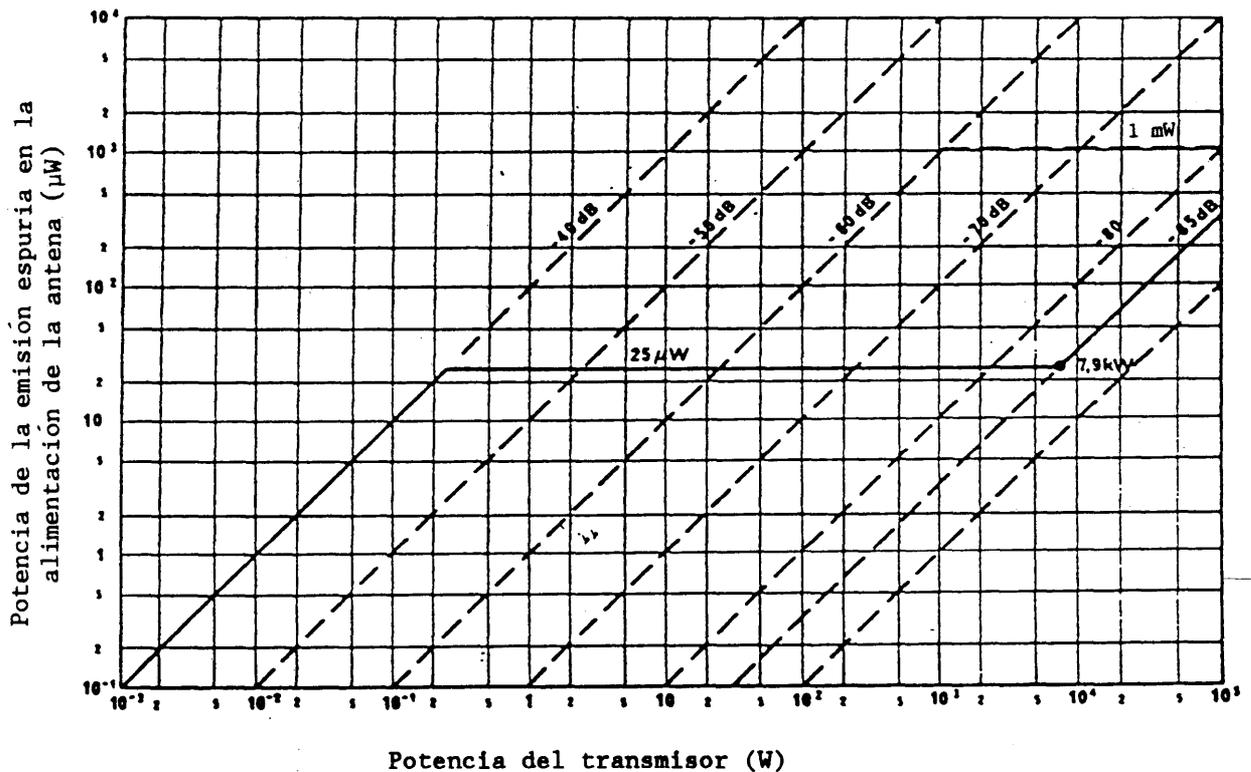


FIGURA 2

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Documentos del CCIR

[1986-90]: 10/9 (Grupo Interino de Trabajo Mixto 8-10/1).

BIBLIOGRAFÍA

Documentos del CCIR

/1982-86/: Informe del CCIR a la CARR-1(2) (Conclusiones del Grupo Interino de Trabajo Mixto 8-10/1, mayo de 1984).

/1986-90/: 10/30 (Reino Unido).

ANEXO I

DATOS SOBRE COMBINACIONES DE TRANSMISORES*

1. Tipos de combinadores

Se utilizan varios tipos de combinadores distintos para combinar dos o más transmisores de radiodifusión en una antena común.

Las Figuras I-1a, I-1b, I-2a y I-2b muestran configuraciones típicas para combinar dos transmisores que están siendo utilizados por la RAI y también en los países mencionados más adelante.

1.1 Situación en Francia

En Francia, TDF utiliza módulos del tipo descrito en la Figura I.2a cuando existe un riesgo de productos de intermodulación. Cada módulo está diseñado de modo que los filtros de paso de banda centrados en f_1 tengan una atenuación de 25 dB por lo menos en las frecuencias f_2 y $2f_1 - f_2$. Por otra parte se exige un desacoplamiento entre las entradas, de 40 dB en la frecuencia f_1 y de 50 dB en la frecuencia f_2 . Estos valores pueden alcanzarse incluso con separaciones de 800 kHz entre las frecuencias de transmisión, conservando la calidad de las señales. En este último caso, los filtros de paso de banda están formados por tres cavidades.

Si f_1 es superior a f_2 , el producto de intermodulación capaz de producir perjuicio a los servicios aeronáuticos se sitúa en la frecuencia $2f_1 - f_2$. Debido a los valores de atenuación y al desacoplamiento citados y con un factor de conversión de 10 dB, el producto en la frecuencia $2f_1 - f_2$ se transmitirá a la antena en un nivel inferior en 85 dB ($50 + 25 + 10$) por lo menos a las señales útiles.

1.2 Situación en Estados Unidos de América

Los combinadores utilizados en los Estados Unidos de América se caracterizan generalmente por su característica de impedancia (impedancia no constante o impedancia constante).

Los dispositivos de impedancia no constante están constituidos, en general, por dos bancos de filtros, cada uno de los cuales alimenta una red coaxial (en T) en la que la longitud eléctrica entre cada salida del filtro y la línea central de la red en T es sensible a la frecuencia. La aplicación de este tipo de filtro está limitada ya que la totalidad de los parámetros eléctricos (tales como relación de ondas estacionarias, pérdida de inserción, características de rechazo/aislamiento, etc.) son función de las características del filtro. Este tipo de combinador apenas se utiliza cuando la separación de frecuencias entre las portadoras es inferior a 1 MHz (véanse asimismo las Figuras I-1a y 1b).

* Los términos alternativos para combinadores incluyen combinador del transmisor o diplexor, combinador de canal, filtro en estrella y filtro híbrido.

Los combinadores de impedancia constante utilizan típicamente combinadores híbridos de 3 dB y filtros con una carga terminal en el puerto aislado. En este tipo de circuitos, los filtros pueden ser de los tipos paso banda o de ranura. Las características de calidad son distintas para cada uno de los dos tipos de filtros. Esta clase de combinadores encuentran una aplicación más amplia ya que son menos sensibles a la frecuencia y pueden proporcionar un nivel de supresión sustancial cuando la separación de frecuencias entre las portadoras de MF es igual o mayor que 800 kHz (véanse asimismo las Figuras I-2a y 2b).

1.3 Situación en el Reino Unido

La Figura I-3 muestra una variante de la configuración de la Figura I-2b utilizada recientemente en las estaciones de la BBC para combinar tres transmisores. Se explicará ésta con más detalle para ilustrar los principios aplicables y para calcular los niveles de los productos de intermodulación de tercer orden radiados basándose en mediciones de la pérdida de inserción cruzada en los combinadores. Los resultados de estos cálculos (Cuadro I-I) pueden compararse con las mediciones reales de los productos de intermodulación radiados por la estación de gran potencia de la BBC de Wrocham (véase el Cuadro I-II).

De la Figura I-3 puede verse que el esquema de combinación se divide en dos secciones que comprendan acopladores direccionales de 3 dB conectados mediante líneas de igual longitud con resonadores. Las pérdidas de inserción transversales del transmisor T1 al transmisor T2 y al T3 a la frecuencia f_1 vienen determinadas principalmente por la Q de los resonadores f_1 la cual está relacionada con su tamaño. Lo mismo se cumple para las pérdidas transversales entre el transmisor T2 y el transmisor T3 a la frecuencia f_2 . No obstante, las pérdidas transversales del transmisor T3 al transmisor T2 y de los T2 y T3 al T1 vienen determinadas únicamente por los acopladores de 3 dB. Esto significa que si no interviniesen otros factores, los niveles de los productos de intermodulación $(2f_2 - f_3)$, $(2f_1 - f_2)$ y $(2f_1 - f_3)$ podrían ser relativamente elevados. Sin embargo, los productos de intermodulación generados en T1 y T2 se desvían hacia la carga y de esta manera tienen un acoplo débil con la antena. El resultado neto de estos factores puede verse en el cuadro I-I que muestra los niveles de los productos de intermodulación calculados a partir de mediciones de la pérdida transversal en el combinador.

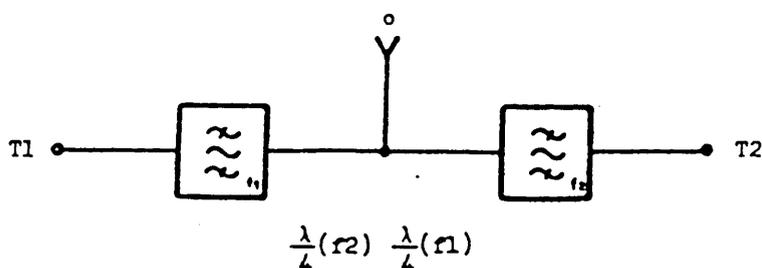


FIGURA I-1a

Filtro en estrella con cavidad pasobanda

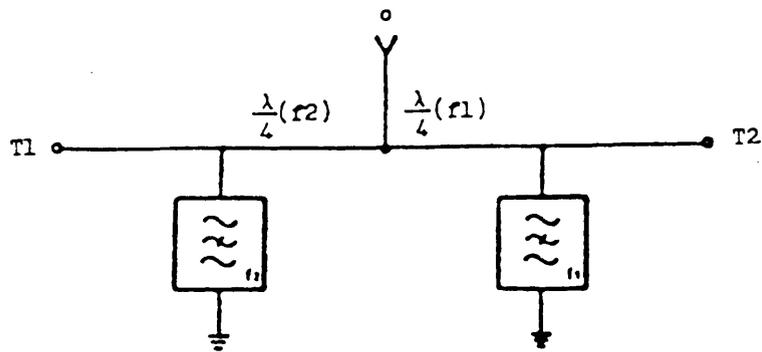


FIGURA I-1b

Filtro en estrella con cavidades compensadas de banda eliminada

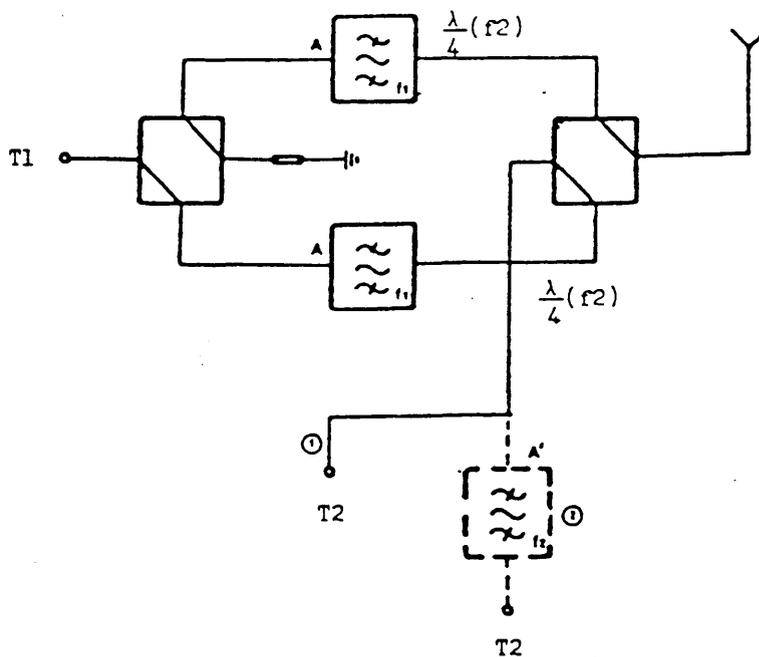


FIGURA I-2a

Filtro híbrido con cavidad pasobanda

En la fig. I-2a se consideran dos alternativas:

- en el caso 1 que es el normal, la frecuencia espuria $(2f_2 - f_1)$ tiene un nivel mucho mayor que la $(2f_1 - f_2)$;
- en el caso 2 esto se evita mediante la cavidad adicional a la salida de T2.

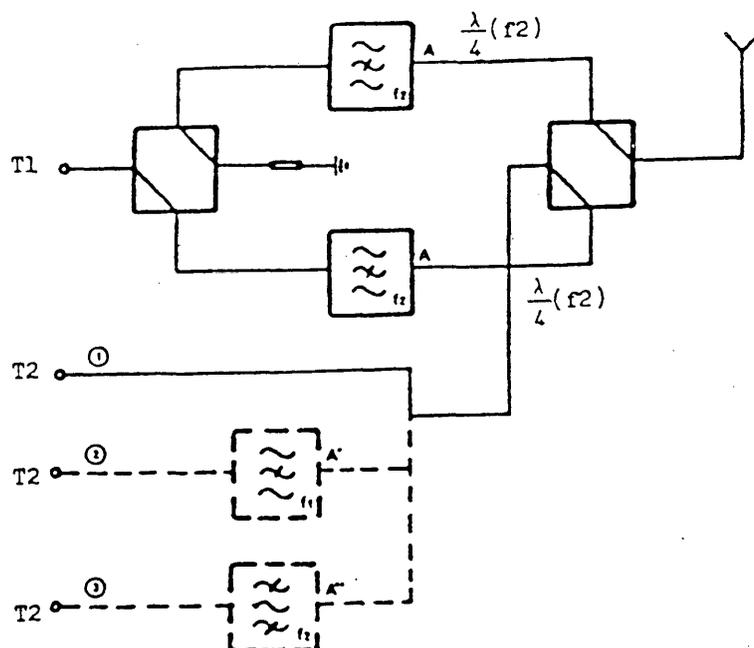
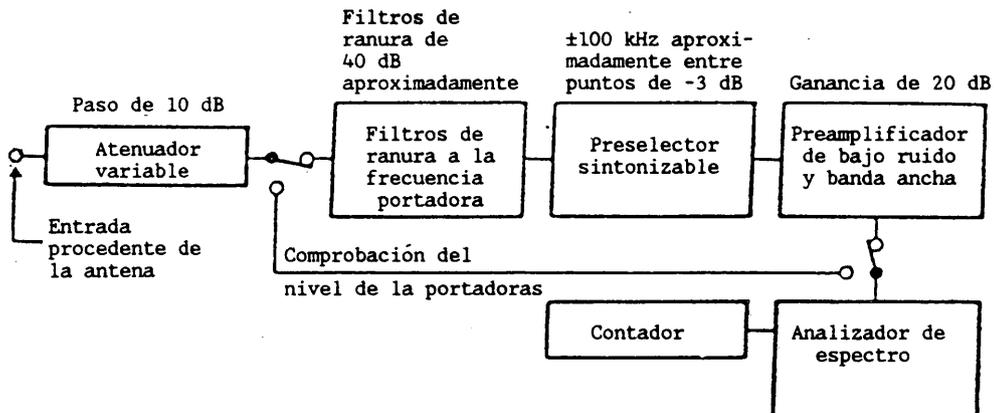


FIGURA I-2b

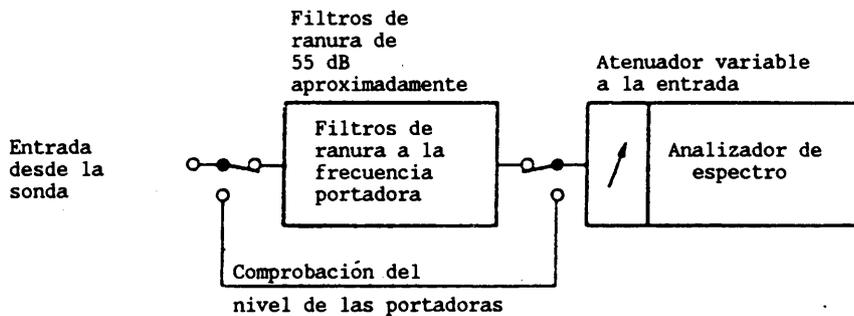
Filtro híbrido con cavidades de banda eliminada

En la fig. I-2b se consideran tres alternativas:

- en el caso 1 que es el normal, la frecuencia espuria ($2f_2 - f_1$) tiene un nivel mucho mayor que la ($2f_1 - f_2$);
- en el caso 2 hay una cavidad adicional de banda eliminada A' a la salida T2;
- en el caso 3 la cavidad adicional de banda eliminada se sustituye por una cavidad pasobanda A''. La supresión de la señal espuria es muy fuerte, especialmente en el caso 3.



a) Medición de los niveles radiados



b) Medición de los niveles en los alimentadores del transmisor

FIGURA I-4

Métodos de medición2. Mediciones de los niveles de los productos de intermodulación en estaciones transmisoras de radiodifusión típicas

La mayoría de las estaciones del Reino Unido transmiten tres frecuencias igualmente espaciadas con una antena común. La separación normalmente es de 2,2 MHz. El cuadro I-II ofrece un resumen de las mediciones de los productos de intermodulación realizadas en algunas estaciones escogidas, incluyendo ejemplos de estaciones de baja, media y alta potencia. Dos de las estaciones son de construcción reciente y el resto fueron construidas entre 15 y 30 años atrás. En todos los casos las mediciones se efectuaron con acopladores direccionales de onda frontal instalados en los alimentadores de antena y posteriormente se complementaron con mediciones de los niveles radiados efectuadas el mismo día. La fig. I-4 muestra los métodos de medición.

CUADRO I-II

Mediciones en las estaciones con canales de separación constante (2,2 MHz)

Estación	Nivel relativo del producto de intermodulación (dB)				Tipo de medición
	$f_1 - 2\Delta$	$f_1 - \Delta$	$f_3 + \Delta$	$f_3 + 2\Delta$	
Wrotham (nueva; transmisores de gran potencia a válvula)	-104 -104	-94 -93	-102 -102	-102 -104	En los alimentadores Niveles radiados
Tacolneston (antigua; transmisores de gran potencia a válvula)	-90 -96	-81 -82	-79 -80	-86 -86	En los alimentadores Niveles radiados
Peterborough (antigua; transmisores de baja potencia de estado sólido)	-94 -87	-83 -71	-82 -76	-90 -86	En los alimentadores Niveles radiados
Cambridge (antigua; transmisores de baja potencia de estado sólido)	-72	-78	-75	-72	En los alimentadores
Northampton (nueva; transmisores de baja potencia de estado sólido)	-70	-82	-86	-78	En los alimentadores

Los resultados anteriores son similares a los obtenidos en otros países.

Del cuadro I-II puede verse que para los transmisores a válvula, con excepción del de Wrotham, los niveles de las componentes ($f_1 - \Delta$) y ($f_3 + \Delta$) son cercanos a -80 dB, mientras que los de ($f_1 - 2\Delta$) y ($f_3 + 2\Delta$) se aproximan a -90 dB. Esta diferencia se atribuye a la selectividad de frecuencia del circuito de salida del transmisor en el que se genera la componente; cuanto mayor es la separación de frecuencias mayor es la pérdida de conversión en el proceso de intermodulación. También es una indicación de que los niveles de las componentes ($f_1 - \Delta$) y ($f_3 + \Delta$) vienen determinados por la intermodulación que se produce en los transmisores y no de forma significativa por otras causas.

Hay que señalar que la política de la BBC en la época en que se instalaron las estaciones denominadas "antiguas" consistía en suprimir los productos de intermodulación mucho más que lo que exigía el Reglamento de Radiocomunicaciones a fin de proteger los servicios móviles que utilizaban entonces frecuencias por debajo de 88 MHz y por encima de 97,6 MHz. De hecho, el objetivo era un nivel de -100 dB [Hayes y Page, 1957]. Nunca se consiguió éste, a pesar de los esfuerzos exhaustivos que incluyeron una investigación detallada de algunos de los mecanismos mediante los que se generan los productos de intermodulación. Aún así, los niveles logrados fueron, y en la mayoría de los casos continúan siendo, apreciablemente menores que los que exige el Reglamento de Radiocomunicaciones.

En la relación hay dos estaciones denominadas "nuevas"; ambas tienen varios años de antigüedad y radian niveles inferiores de productos de intermodulación que las estaciones anteriores de tipo similar. Las mediciones recientes efectuadas en Wrotham han demostrado que pueden mantenerse dichos niveles durante el servicio, sin excesivo esfuerzo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

HAYES, W.E. y PAGE, H. [1957]. The BBC sound broadcasting service on very high frequencies. Proc. IEE., Vol. 104, Part B.

ANEXO II

EJEMPLOS DE DIAGRAMAS DE ANTENA MEDIDOS

Suecia ha aportado algunos ejemplos de las intensidades de campo medidas en un transmisor de radiodifusión. Cuando se emplea una antena de abertura vertical de varias longitudes de onda, la radiación vertical reducirá la variación de la intensidad de campo a una altura fija del orden de 1000 pies, en función de la distancia horizontal desde el transmisor. La fig. II-1 da un ejemplo de la medida de una señal de radiodifusión a 97,5 MHz. En este caso, la antena es una formación de ocho elementos con una inclinación hacia abajo del haz principal de 1°; las medidas se realizaron a una altura constante de 1000 pies por encima de la parte superior del mástil. Otras medidas de un producto de intermodulación no deseado a una frecuencia próxima a 107 MHz arrojaron un tipo similar de curva para la variación con la distancia. Estas y otras medidas sugieren que el diagrama para las frecuencias por encima de 108 MHz debe ser aproximadamente el mismo, aunque no exactamente, que para las frecuencias de radiodifusión.

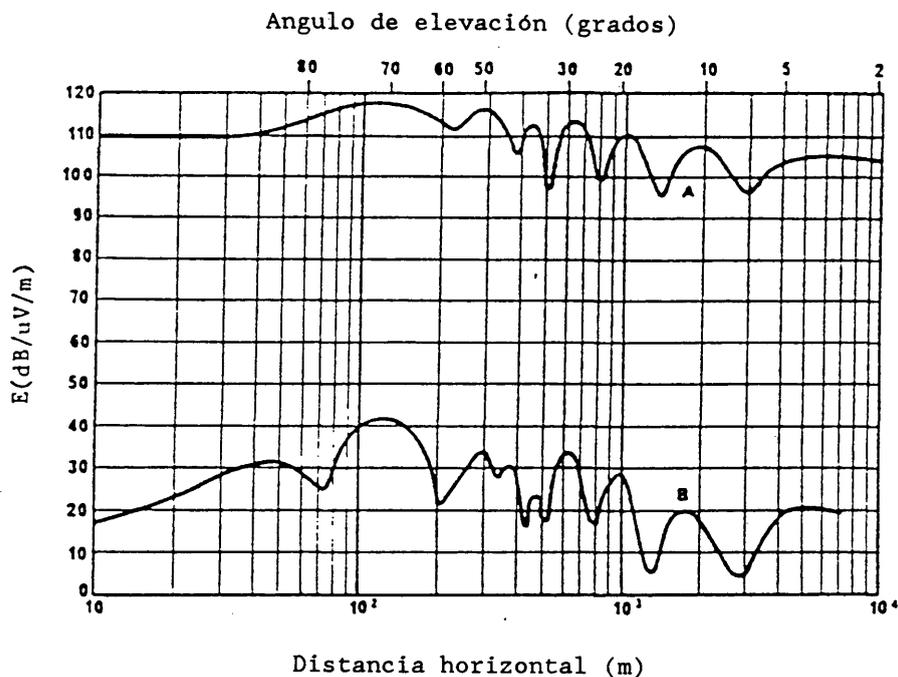


FIGURA II-1

Ejemplo de medidas de una señal de radiodifusión a 97,5 MHz

A: frecuencia del transmisor: 97,5 MHz
 B: frecuencia espuria : 107,290 MHz

Nota - Antena de radiodifusión en frecuencia modulada: antena compuesta de 24 elementos montados en tres direcciones y ocho niveles.

Frecuencias de transmisor: 88,9, 95,1, 97,5 MHz
 P.r.a. máxima: 60 kW

ANEXO III

MODELO TEÓRICO DEL DIAGRAMA DE RADIACIÓN VERTICAL DE UNA ANTENA DE RADIODIFUSIÓN EN FRECUENCIA MODULADA

1. Modelado de la anchura del haz de 3 dB del lóbulo principal

Para determinar la posición de una aeronave respecto al haz principal de un diagrama de radiación vertical de una antena con modulación de frecuencia, considérese la geometría indicada en la fig. III-1 [Augstman y Lubienietzky, 1982].

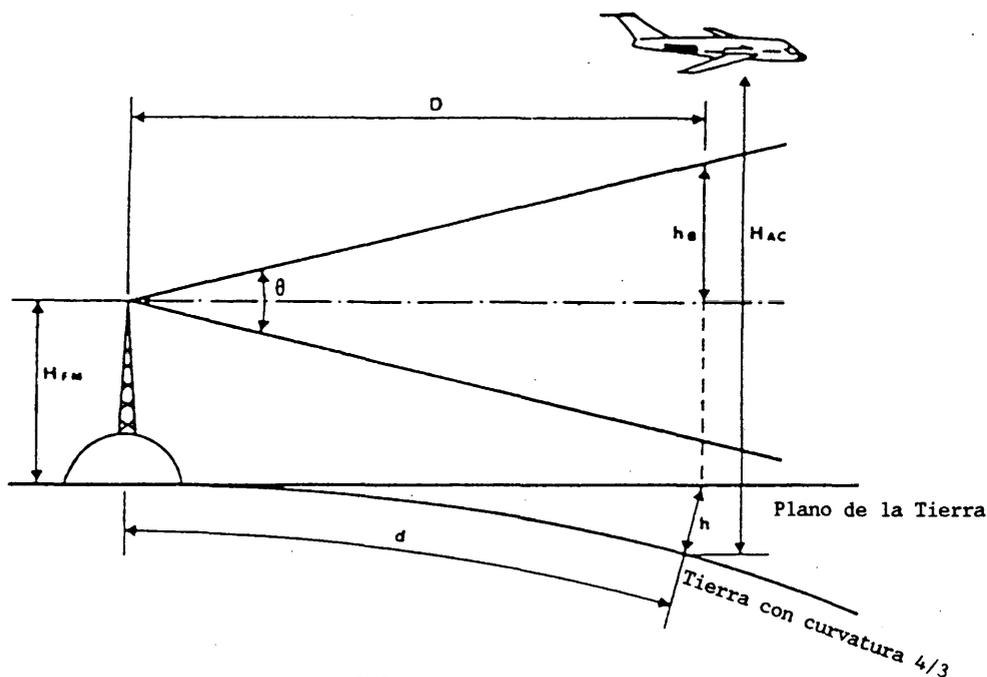


FIGURA III-1

Posición de la aeronave respecto al haz principal del diagrama de radiación vertical de una antena con modulación de frecuencia

En la fig. III-1, sea:

- H_{AC} : altura de la aeronave (metros sobre el nivel del mar)
 H_{FM} : altura del centro de los elementos radiantes de una antena con modulación de frecuencia (metros sobre el nivel del mar)
 θ : anchura del haz del lóbulo principal entre puntos de 3 dB (grados)
 h : factor de corrección para la curvatura de 4/3 de la Tierra (m)
 D : distancia entre la aeronave y la antena en el plano de la Tierra (km)
 h_{β} : mitad de la anchura del haz entre puntos de 3 dB del lóbulo principal a la distancia D (m)
 d : distancia medida a lo largo de la superficie de la Tierra entre el punto que se encuentra directamente debajo de la aeronave y la base de la antena de frecuencia modulada (km).

Llamando HMB (m) altura máxima de la parte superior del haz principal de la antena a la distancia d sobre la Tierra con curvatura de 4/3, será:

$$HMB = H_{FM} + h_{\beta} + h \quad (1)$$

$$= H_{FM} + 1\,000 [D \operatorname{tg} (1/2 \theta)] + 0,06D^2 \quad (2)$$

Teniendo en cuenta el ángulo de inclinación del haz de la antena (β) (ángulo de depresión, en grados), la ecuación (2) resulta:

$$HMB = H_{FM} + 1\,000 [D \operatorname{tg} (1/2 \theta - \beta)] + 0,06D^2 \quad (3)$$

Una aeronave se encuentra en el haz principal del diagrama de radiación de la antena de frecuencia modulada si:

$$H_{AC} < H_{FM} + 1\,000 [D \operatorname{tg} (1/2 \theta - \beta)] + 0,06D^2 \quad (4)$$

En la ecuación (4) se supone que una aeronave se encuentra dentro del radio de visibilidad directa de la antena de radiodifusión en frecuencia modulada. Cuando intervienen varias estaciones de radiodifusión en posiciones distintas, se trata de un caso de intermodulación de tres señales y la ecuación (4) tiene que cumplirse para cada una de las estaciones.

2. Modelado de la envolvente del diagrama de radiación vertical

Otra técnica de modelado de antenas caracteriza a la envolvente del diagrama de radiación vertical con un conjunto de valores nominales [CCIR, 1982-86]. Considérese el diagrama de radiación vertical de la antena de alta ganancia mostrado en la fig. III-2.

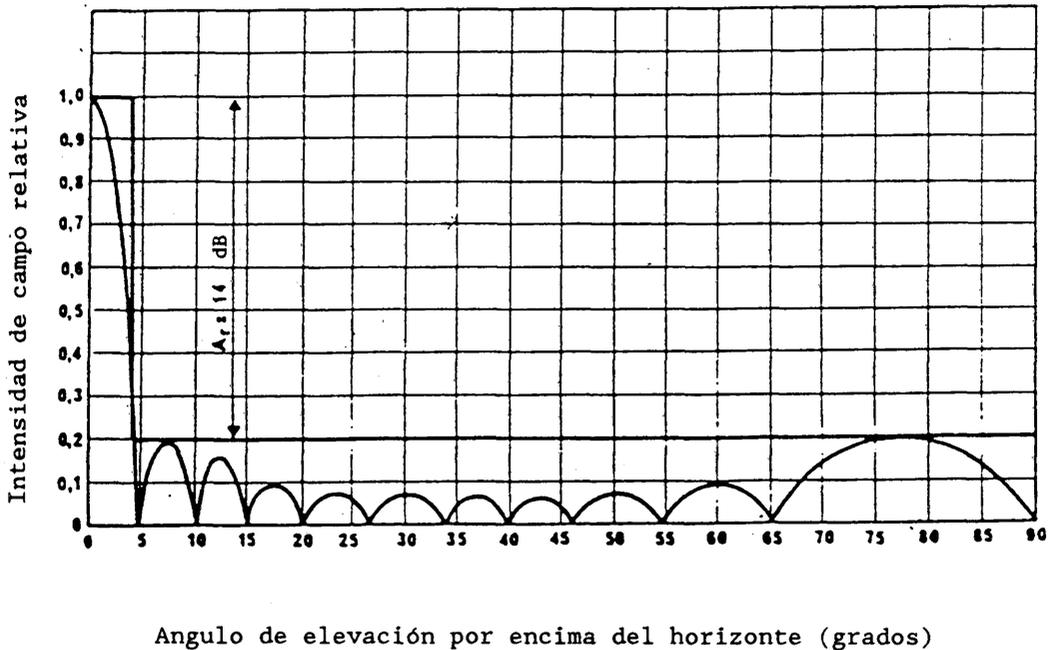


FIGURA III-2

Ejemplo de diagrama de radiación vertical de una antena de alta ganancia

De la fig. III-2, $A_r = 0$ dB para $\alpha < 4^\circ$
y $A_r = 14$ dB para $4^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$

donde:

A_r : atenuación del diagrama de radiación vertical para un ángulo de elevación fijo α (en grados) por encima del horizonte.

Este factor puede aproximarse a 20 dB para algunas antenas.

También pueden utilizarse técnicas tales como la de modelado en cosecante cuadrado del diagrama de radiación vertical.

2.1 Abertura de una antena de dos o más longitudes de onda

A fin de modelar la envolvente del diagrama de radiación vertical de antenas con aberturas de dos o más longitudes de onda, se evalúa la corrección del diagrama de radiación vertical empleando la siguiente fórmula:

$$V = -20 \log (\pi \cdot N \cdot \text{sen} \theta) \text{ dB}$$

donde N = abertura vertical en longitudes de onda

θ = ángulo de elevación con respecto al máximo (normalmente horizontal).

Debe observarse que para ángulos de elevación pequeños, esta expresión puede proporcionar valores positivos de V . En esos casos se fija V a 0 dB (esto es, no se aplica la corrección del diagrama de radiación vertical).

Para ángulos de elevación grandes, la corrección del diagrama de radiación vertical se limita al valor de 14 dB.

Esto es $0 \geq \text{corrección DRV} \geq -14 \text{ dB}$.

Se ha elegido esta fórmula como una transacción aceptable para todas las polarizaciones.

2.2 Abertura de la antena de menos de dos longitudes de onda

Cuando se utilizan antenas de pequeña ganancia (para las cuales las aberturas verticales son inferiores a dos longitudes de onda) los valores del Cuadro III.1 caracterizan la envolvente del diagrama de radiación vertical.

Para ángulos intermedios deberá aplicarse una interpolación lineal.

CUADRO III.1

Angulo de elevación (grados)	Corrección del DRV (dB)
0	0
10	0
20	-1
30	-2
40	-4
50	-6
60	-8
70	-8
80	-8
90	-8

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUGSTMAN, E. y LUBIENIETZY, A. [1982] Interference to aircraft VHF NAV/COM receivers from FM broadcast stations. Departments of Communications and of Transport, Ottawa, Ontario, Canada.

Documentos del CCIR

[1982-86]: GITM 8-10/1-11 (Yugoslavia).

ANEXO IV

Información sobre procedimientos de prueba y ajuste de transmisores1. Pruebas de transmisores en los Estados Unidos de América

En los Estados Unidos de América es habitual efectuar mediciones de transmisión de las estaciones de radiodifusión MF en condiciones de radiación, una vez al año por término medio. Estas pruebas comprenden la respuesta de audiofrecuencias, distorsión armónica, relación señal/ruido de MF y nivel de ruido de MA. En la realización de estas pruebas se utilizan las frecuencias de modulación discretas de 50, 100, 400, 1 000, 5 000, 7 500, 10 000 y 15 000 Hz con niveles de modulación del 25, 50 y 100%. Aunque las pruebas se efectúan generalmente transmitiendo en el modo monofónico, algunas estaciones realizan las mismas mediciones efectuando la transmisión en el modo estereofónico o con las subportadoras adicionales activadas. Las amplitudes de las bandas laterales de la modulación MF durante las transmisiones estereofónicas con portadoras auxiliares tienen una amplitud menor pero una distribución más amplia debido a la mayor dispersión de energía dentro de la banda de base de la señal moduladora.

El tiempo que se tarda en realizar estas pruebas es de 3 horas aproximadamente, efectuándose casi exclusivamente durante la noche entre las 01.00 y 06.00 horas locales.

El tiempo necesario para efectuar estas pruebas depende si se utiliza o no equipo de medición con características de nivel y de anulación automáticas.

Únicamente aquellas estaciones explotadas en canales de MF situados inmediatamente por debajo de 108 MHz pueden producir durante las pruebas bandas laterales en frecuencias de modulación discretas que caigan en frecuencias específicas asignadas al servicio aeronáutico. El análisis de las posibilidades de una interferencia específica ocasionada por tales pruebas debería efectuarse sobre una base de caso por caso. Sin embargo las posibilidades de interferencia debidas a tales pruebas se consideran despreciables.

2. Pruebas de transmisores en Finlandia

Para cada red se efectúan mediciones dos veces al mes, de día, los lunes:

para las redes I y II de 1 a 2 de la tarde en semanas alternadas,

para la red III junto con la red II,

para la red IV de 9 a 10 de la mañana.

El programa de mediciones es el siguiente:

<u>Frecuencia</u>	<u>Duración</u>	<u>Finalidad</u>
1 000 Hz	4 min	Control del nivel
pausa	90 s	Relación señal/ruido
40 Hz	45 s	Canal izquierdo
1 000 Hz	45 s	Frecuencia
15 000 Hz	45 s	Respuesta
40 Hz	45 s	Canal derecho
1 000 Hz	45 s	Frecuencia
15 000 Hz	45 s	Respuesta

Tras una pausa de 90 s se repite este programa, y seguidamente se mide la diafonía con:

1 000 Hz	90 s	Diafonía M - S
1 000 Hz	45 s	Diafonía I - D
1 000 Hz	45 s	Diafonía D - I

Las mediciones se efectúan en el modo estereofónico utilizándose como excursión para todas las señales ± 47 kHz comprendido el tono piloto.

En el futuro estas mediciones se efectuarán automáticamente, por lo que el tiempo de medición se reducirá a unos 5 a 10 segundos.

DECISIÓN 71-1*

CONTINUACIÓN DE LOS ESTUDIOS SOBRE COMPATIBILIDAD ENTRE EL SERVICIO DE
RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA EN LA BANDA 108 - 117,975 MHz, EL
SERVICIO MÓVIL AERONÁUTICO (R) EN LA BANDA 117,975 - 137 MHz
Y LAS ESTACIONES DE RADIODIFUSIÓN SONORA CON MF EN
LA BANDA DE APROXIMADAMENTE 87 A 108 MHz

(1985-1989)

Las Comisiones de Estudio 8 y 10 del CCIR, en sus Reuniones Finales,
Ginebra, 1989,

CONSIDERANDO

- a) la Cuestión 61/8 y la Cuestión 46/10;
- b) las Recomendaciones GTECH/1 y GTECH/2 de la Conferencia Administrativa Regional para la radiodifusión sonora con modulación de frecuencia en la banda de ondas métricas (Región 1 y algunos países afectados de la Región 3), Ginebra, 1984;
- c) las disposiciones de la Resolución 24;
- d) que la necesidad de compatibilidad entre los servicios de radiodifusión y aeronáuticos tiene carácter mundial;
- e) que es necesario orientar a las organizaciones encargadas de los servicios de radiodifusión sonora y los servicios aeronáuticos, con respecto a métodos de :
 - predicción de la incompatibilidad potencial, como parte del proceso de asignación de frecuencias;
 - prevención de las incompatibilidades en situaciones prácticas;
- f) que los estudios podrían realizarse más adecuadamente de una manera conjunta, entre ambas Comisiones,

DECIDEN:

1. Que el Grupo Interino de Trabajo Mixto 8-10/1 prosiga sus tareas.
2. Que este Grupo Interino de Trabajo Mixto estudie:

* Se pide al Director del CCIR que señale esta Decisión a la atención de la OACI.

- 2.1 la compatibilidad entre el servicio de radionavegación aeronáutica y las estaciones de radiodifusión sonora en las bandas en cuestión;
 - 2.2 la compatibilidad entre el servicio móvil aeronáutico (R) y el servicio de radiodifusión sonora en las bandas en cuestión;
 - 2.3 los criterios de compatibilidad que pueden utilizarse para predecir la interferencia potencial, en el contexto de las decisiones relativas a asignaciones, incluida la determinación de la correlación de las pruebas de laboratorio con la calidad de explotación en el servicio de los receptores aeronáuticos;
 - 2.4 el Grupo Interino de Trabajo Mixto deberá considerar los temas indicados en el Anexo I.
3. El GITM preparará un proyecto de Informe completo basado en los textos del CCIR y en los resultados de los estudios emprendidos. Este proyecto de Informe deberá estar disponible antes de las próximas Reuniones Intermedias de las Comisiones de Estudio 8 y 10, de tal manera que pueda editarse de forma separada tras su aprobación por ambas Comisiones de Estudio.
 4. En la preparación de su Informe, el GITM concederá la máxima prioridad al estudio de los métodos para la predicción de incompatibilidades potenciales y a la reducción de las discrepancias aparentes que surjan entre los resultados previstos y la experiencia práctica (véase el Anexo I).
 5. El GITM elaborará un proyecto de Recomendación que contenga las conclusiones esenciales de sus estudios, antes de las próximas Reuniones Finales de las Comisiones de Estudio 8 y 10, para su aprobación por dichas Comisiones*.
 6. Que, dentro de lo posible, los trabajos deben realizarse por correspondencia, pero que este Grupo puede reunirse a petición de su Presidente tras haber consultado al Director del CCIR.
 7. Que el Presidente y los miembros del Grupo Interino de Trabajo Mixto 8-10/1 serán los que se indican en el Anexo II.

* Esta Recomendación será publicada por el CCIR en el Volumen VIII y el Volumen X y en la publicación separada a la que hace referencia el DECIDE 3.

ANEXO I

Temas sobre los que se sugiere realizar estudios particulares

Se sugiere que el GITM en sus decisiones sobre prioridades respecto a su trabajo sobre compatibilidad entre el servicio de radionavegación aeronáutica, el servicio móvil aeronáutico (R) y las estaciones de radiodifusión sonora con MF en las bandas implicadas, consideren los temas siguientes:

- valores de la relación de protección para los futuros receptores a bordo de aeronaves contra emisiones no esenciales procedentes de estaciones de radiodifusión sonora (interferencia de tipo A1) en los casos en que la frecuencia de las emisiones no esenciales no coincida con la frecuencia aeronáutica;
- valores de la relación de protección para los receptores aeronáuticos actuales y futuros contra las emisiones fuera de banda procedentes de estaciones de radiodifusión sonora (interferencia de tipo A2);
- criterios para la predicción de los productos de intermodulación de tercer orden (interferencia de tipo B1) generados en receptores a bordo de aeronaves por tres señales no deseadas, cuando el receptor cumple la norma de la OACI para la característica de intermodulación de los receptores futuros en presencia de dos señales;
- efecto de la modulación sinusoidal de los emisores de radiodifusión sonora durante la prueba y ajuste, y las precauciones o procedimientos necesarios en las estaciones de radiodifusión sonora para mantener la protección acordada del servicio de radionavegación aeronáutica,

y en particular:

- representación matemática más exacta de las características de inmunidad de los receptores de aeronave para los tipos de interferencia B1 y B2;
- disposiciones de los puntos de prueba que permiten detectar todas las posibles fuentes de interferencia apreciable;
- valor del nivel de corte para asegurar que no queda por detectar ninguna fuente apreciable de interferencia del tipo B1;
- pruebas adicionales para receptores de comunicaciones.

ANEXO II

1. Se presenta seguidamente la lista de Administraciones y demás participantes en el Grupo Interino Mixto de Trabajo 8-10/1 durante su primera reunión:

Administraciones:

Alemania (República Federal de)
Australia
Austria
Bélgica
Canadá
Estados Unidos de América
Finlandia
Francia
Italia
Noruega
Países Bajos
Reino Unido
Suecia
Suiza
Yugoslavia (República Socialista Federativa de)

Organizaciones internacionales y empresas privadas de explotación reconocidas:

IATA
Norddeutscher Rundfunk
OACI
Rhode and Schwarz
UER

1.1 Durante las reuniones finales de las Comisiones de Estudio 8 y 10, las siguientes Administraciones expresaron el deseo de participar:

Administraciones:

Brasil (República Federativa del)
China (República Popular de)
Húngara (República Popular)
Irán (República Islámica del)
Japón
Nueva Zelandia
Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas

2. El Presidente del Grupo Interino Mixto de Trabajo será:

Sr. Jorma Karjalainen
Head of Radio Frequency Department
Telecommunications Administration Centre
P.O. Box 53
SF-00101 HELSINKI
Finlandia
Tf: +358 0 696 6423
Tx: 124545 thk sf
Telefax: +358 0 696 6410

Impreso en Suiza
ISBN 92-61-04383-6

