



colegio oficial
ingenieros de telecomunicación



**INFORME TÉCNICO:
“LOS PROBLEMAS DE LAS
INTERFERENCIAS ENTRE CANALES EN
LA IMPLANTACIÓN DE LA TV DIGITAL
TERRENAL EN ESPAÑA”**

Autores:

**César Briso Rodríguez.
Manuel Sánchez Renedo.
José-Ignacio Alonso Montes.
Félix Pérez Martínez.**

Madrid, 20 de Mayo de 2004.



Índice

1. INTRODUCCIÓN Y RESUMEN EJECUTIVO	7
1.1. INTRODUCCIÓN.....	9
1.2. RESUMEN EJECUTIVO.....	11
2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	19
2.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LAS SEÑALES DE TV ANALÓGICA Y TV DIGITAL	21
2.1.1. Medida de potencia en señales de TV analógica y TV digital con un analizador de espectros.....	24
3. INTERFERENCIAS ENTRE CANALES DE TV ANALÓGICA Y TV DIGITAL	27
3.1. SITUACIONES QUE PRODUCEN MALA CALIDAD DE LA SEÑAL OBTENIDA A LA SALIDA DE LA ANTENA RECEPTORA.	29
3.1.1. Recepción de señal de fuentes diferentes.....	29
3.1.2. Intermodulación en repetidores y reemisores.....	32
3.1.3. Fenómenos de multitrayecto.....	33
3.1.4. Relación portadora/ruido a la entrada del receptor.	34
3.2. PROBLEMÁTICA EN LAS INSTALACIONES COLECTIVAS	35
3.2.1. Características generales de los amplificadores selectivos.....	36
3.2.2. Interferencia e intermodulación en amplificadores selectivos.....	37
4. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LOS AMPLIFICADORES SELECTIVOS	51
4.1. AMPLIFICADORES DE TELEVÉS.....	57
4.2. AMPLIFICADORES DE ALCAD	58
4.3. AMPLIFICADORES DE IKUSI	60
5. OTRAS SOLUCIONES.....	63
5.1. EMPLEO DE TRAMPAS.....	65
5.2. UTILIZACIÓN DE CONVERTORES DE FRECUENCIA Y FILTROS DE ONDA SUPERFICIAL.....	69



6. RESULTADOS EXPERIMENTALES.....	73
6.1. OBJETIVO Y MONTAJES.....	75
6.2. CARACTERIZACIÓN DE LA RESPUESTA LINEAL DE LOS AMPLIFICADORES	76
6.2.1. Monocanales del primer fabricante.....	76
6.2.2. Monocanales del segundo fabricante.....	79
6.2.3. Monocanales del tercer fabricante.....	81
6.3. RESPUESTA ANTE INTERFERENCIAS.....	83
6.3.1. Medida de amplificadores monocanales normales.....	83
6.3.2. Medidas del amplificador bicanal.	86
6.4. RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS DE LOS AMPLIFICADORES	89
7. CONCLUSIONES	91
8. PROPUESTA DE METODOLOGÍA A APLICAR EN LA REDACCIÓN DEL PROYECTO, DIRECCIÓN DE OBRA Y CERTIFICACIÓN	95
8.1. REDACCIÓN DEL PROYECTO	97
8.2. DIRECCIÓN DE OBRA y CERTIFICACIÓN	98
9. ANEXO DE MEDIDAS	103
9.1.1. Evaluación de la respuesta de monocanales normales.	105
9.1.2. Evaluación de la respuesta de los monocanales adyacentes.	107

Índice de Figuras

FIGURA 1. ESPECTROS DE UN CANAL ANALÓGICO Y OTRO DIGITAL.	22
FIGURA 2. ESPECTRO DE TV DIGITAL EMITIDO DESDE TORRESPAÑA.....	23
FIGURA 3. INTERFERENCIA POR LA RECEPCIÓN DE DOS EMISIONES DE TV EN EL MISMO CANAL.	30
FIGURA 4. EJEMPLO DE INTERFERENCIAS SOBRE CANALES ANALÓGICOS Y DIGITALES.	31
FIGURA 5. EJEMPLO DE ESPECTRO DE SALIDA DE UN REPETIDOR CUANDO SE PRODUCE INTERMODULACIÓN ENTRE CANALES DIGITALES Y ANALÓGICOS ADYACENTES.	32
FIGURA 6. FENÓMENO DE MULTITRAYECTO.	34
FIGURA 7. DIAGRAMA DE BLOQUES Y FOTOGRAFÍA DE UN AMPLIFICADOR MONOCANAL.	37
FIGURA 8. ESQUEMA DE LAS SEÑALES DE ENTRADA Y SALIDA DE UN AMPLIFICADOR BICANAL. EN LA SALIDA SE DETALLA EL EFECTO DE LA INTERMODULACIÓN COMO UN RUIDO QUE APARECE EN LA BANDA DE PASO.	38
FIGURA 9. ESPECTRO DE SEÑAL TVA+TVD AMPLIFICADA POR UN BICANAL. SIN INTERMODULACIÓN. ...	39
FIGURA 10. ESPECTRO DE SEÑAL TVA+TVD AMPLIFICADA POR UN BICANAL.....	39
FIGURA 11. ESPECTRO DE SEÑAL TVA+TVD AMPLIFICADA POR UN BICANAL.....	40
FIGURA 12. ESPECTRO DE SEÑAL TVA+TVD AMPLIFICADA POR UN BICANAL.....	40
FIGURA 13. ESQUEMA DE UNA INSTALACIÓN PARA DOS CANALES.....	43
FIGURA 14. RESPUESTA IDEAL DE DOS AMPLIFICADORES MONOCANAL.....	43
FIGURA 15. RESPUESTA EN FRECUENCIA DE DOS MONOCANALES, DONDE SE APRECIA EL SOLAPE	44
FIGURA 16. INTERFERENCIA DEL CANAL TVD SOBRE LA PORTADORA DE SONIDO DEL CANAL TVA.	44
FIGURA 17. CASO PEOR: INTERFERENCIA DEL CANAL TVD SOBRE LA IMAGEN DEL CANAL TVA.	45
FIGURA 18. SITUACIÓN EQUIVALENTE A LAS ANTERIORES, AGRAVADA POR LA INTERMODULACIÓN.	45
FIGURA 19. ESPECTRO TVA+TVD CON BAJA INTERMODULACIÓN (>54 dB).....	46
FIGURA 20. CANAL DE TVA Y TVD CON INTERMODULACIÓN IMPORTANTE (≈36 dB).	46
FIGURA 21. IMAGEN DE UN CANAL ANALÓGICO CON EFECTO DE “NIEVE” PRODUCIDO POR INTERMODULACIÓN. CORRESPONDE A UNA RELACIÓN SEÑAL/INTERMODULACIÓN DE 36 dB.....	47
FIGURA 22. SEÑALES DE TVA Y TVD AMPLIFICADAS CON MONOCANALES SELECTIVOS.....	49
FIGURA 23. SEÑALES DE TVA Y TVD AMPLIFICADAS CON MONOCANALES SELECTIVOS.....	49
FIGURA 24. DETALLE DE LAS DIFERENCIAS EN LOS FILTROS DE LOS MONOCANALES ADYACENTES.....	54
FIGURA 25. RESPUESTA EN FRECUENCIA DE UN AMPLIFICADOR BICANAL.	55
FIGURA 26. RESPUESTA EN FRECUENCIA DE UN AMPLIFICADOR MONOCANAL NORMAL.	55
FIGURA 27. RESPUESTA EN FRECUENCIA DE UN MONOCANAL ADYACENTE.	56
FIGURA 28. COMPARATIVA DE SELECTIVIDAD: MONOCANAL NORMAL VS. ADYACENTE.	56
FIGURA 29. DEFINICIÓN DE LA ESPECIFICACIÓN DE SELECTIVIDAD DE LOS AMPLIFICADORES.	58
FIGURA 30. RESPUESTA DEL FILTRO EN TRAMPA DE ONDAS.	65
FIGURA 31. AJUSTE DE LA TRAMPA DE ONDAS: CANAL TVD SUPERIOR A TVA.	67
FIGURA 32. AJUSTE DE LA TRAMPA DE ONDAS: CANAL TVA SUPERIOR A TVD.	68
FIGURA 33. COMPARACIÓN DE LA RESPUESTA DE UN FILTRO SAW CON LA DEL FILTRO DE UN MONOCANAL. RECHAZO DE 41 dB EN EL CANAL (N+1) Y DE 67 dB EN EL CANAL (N+2). (CORTESÍA DE ALCAD) 69	69
FIGURA 34. APLICACIÓN DE LOS CONVERSORES DE FRECUENCIA PARA AGRUPAR CANALES ANALÓGICOS Y DIGITALES.	70
FIGURA 35. ESQUEMA DE BLOQUES DE UN PROCESADOR DE CANAL.....	71
FIGURA 36. BANCO DE MEDIDA EMPLEADO EN LAS PRUEBAS.	76
FIGURA 37. CONFIGURACIÓN DE CANALES EMPLEADA. CANALES 58 Y 59 ADYACENTES.....	77
FIGURA 38. RESPUESTA EN FRECUENCIA DEL BLOQUE DE MONOCANALES.	78
FIGURA 39. ADAPTACIÓN DE ENTRADA. VALORES TÍPICOS EN LA BANDA DE PASO: <-8 dB.	78
FIGURA 40. CONFIGURACIÓN DE CANALES EMPLEADA.....	79
FIGURA 41. RESPUESTA EN FRECUENCIA CON MONOCANALES ADYACENTES.	80
FIGURA 42. ADAPTACIÓN DE ENTRADA.	80
FIGURA 43. RESPUESTA EN FRECUENCIA AMPLIADA DE LOS CANALES 62 (ANALÓGICO) Y 63 (DIGITAL) CON MONOCANALES ADYACENTES.	81
FIGURA 44. ESQUEMA DE LA CONFIGURACIÓN DE CANALES EMPLEADA.....	81
FIGURA 45. RESPUESTA EN FRECUENCIA DE DOS MONOCANALES NORMALES.	82



FIGURA 46. ADAPTACIÓN DE ENTRADA.....	82
FIGURA 47. BAJA INTERMODULACIÓN.....	84
FIGURA 48. INTERMODULACIÓN TOLERABLE (-54 dB). NO SE APRECIA EN LA IMAGEN TODAVÍA.	85
FIGURA 49. INTERMODULACIÓN INTOLERABLE (-30 dB). SE APRECIA EN LA IMAGEN COMO PUNTEADO BLANCO.....	85
FIGURA 50. SALIDA DEL AMPLIFICADOR BICANAL CON IM >54 dB.	86
FIGURA 51. SALIDA DEL AMPLIFICADOR BICANAL CON IM >54 dB.	87
FIGURA 52. SALIDA DEL AMPLIFICADOR BICANAL CON IM =54 dB.	87
FIGURA 53. SALIDA DEL AMPLIFICADOR BICANAL CON IM =25 dB.	88
FIGURA 54. PRESTACIONES/COSTE DE LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS.....	93
FIGURA 55. INTERMODULACIÓN APRECIABLE DEL CANAL DIGITAL ADYACENTE (C58) SOBRE EL CANAL ANALÓGICO (C59). MONOCANALES NORMALES.	106
FIGURA 56. INTERMODULACIÓN APRECIABLE DEL CANAL ANALÓGICO ADYACENTE (C59) SOBRE EL CANAL DIGITAL (C58). MONOCANAL NORMAL.....	106
FIGURA 57. BAJA INTERMODULACIÓN, CANALES 62 Y 63 ACTIVADOS.....	108
FIGURA 58. CANAL 62 CON 123 dB: V. CANAL 63 DESCONECTADO.....	108
FIGURA 59. CANAL 63 CON 113 dB: V. CANAL 62 DESCONECTADO.....	109



1. INTRODUCCIÓN Y RESUMEN EJECUTIVO



1.1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de TV digital son una realidad desde hace años, pero en España no se han desarrollado al ritmo que cabría esperar por diversas razones, entre ellas, el elevado coste que hasta hace poco tiempo tenían los receptores de usuario.

La Administración ha planificado una rápida implantación de la TV digital terrenal (TVD), con la intención de que, a medio plazo, sustituya a la tradicional TV analógica (TVA). Cuando se escribe este informe, la situación es la siguiente:

- Se ha establecido un plan de frecuencias para asegurar, a corto plazo, la recepción en todo el territorio de tres canales digitales:
 - 1 - Un canal conteniendo los programas correspondientes a los actuales canales analógicos con cobertura nacional (TVE-1, TVE-2, ANTENA-3, TELE-5 y CANAL+). La emisión es en abierto y no aporta nuevos contenidos, pero permite mucha mayor calidad en recepción -lo que es requerido por televisores de gran tamaño y alta resolución- y suministra cobertura a zonas de sombra (rurales o de montaña) o con problemas de propagación (regiones costeras) .
 - 2 - Un canal conteniendo los programas autonómicos, que permitirá su captación en zonas donde ahora no es posible su recepción. Se ha asignado un canal por cada Autonomía.
 - 3 - Un canal que en el futuro contendrá canales privados en abierto de Veo-televisión y Net.tv. El canal asignado es el 66 en toda España.
- Los canales asignados en cada zona se pueden consultar en la web del Ministerio de Ciencia y Tecnología (www.mcyt.es). A modo de ejemplo en la provincia de Madrid se reciben los canales 58 (canales nacionales), 63 (canales autonómicos) y 66 (canales privados en abierto). Además, se pueden recibir otros canales por desbordamiento de las emisiones en provincias colindantes: canales 29, 57, 59, 60 y 64.
- Los receptores existentes o los adaptadores para su recepción por los actuales televisores analógicos con precios un tanto elevados (algo menos de 300 euros los más baratos) y la falta de programas específicos ha desanimado a muchos usuarios a realizar la inversión que ello supone. Sin embargo, hay que señalar que la mala calidad de las señales analógicas existente en ciertas zonas (por ejemplo, las costeras) y la creciente existencia de pantallas planas de gran tamaño (en muchos casos de carácter comunitario o público), muy sensibles a la calidad de imagen, pueden encontrar en estas señales digitales la solución a dichos problemas. Todo ello, unido al previsible abaratamiento de los receptores, determinará que, en los próximos

años, se incrementa exponencialmente el número de telespectadores digitales.

- Las instalaciones colectivas existentes, algunas de ellas con más de 15 o 20 años de antigüedad, pueden presentar situaciones muy diferentes cuando se quieren ampliar para que puedan recibir las señales de TVD, y distribuirlas por la antena colectiva. Cuando las nuevas señales digitales no se emiten en canales adyacentes o, emitiéndose en estas condiciones, a la salida de la antena tienen niveles adecuados (al menos 10 dB por debajo de las señales analógicas), en general basta con introducir los nuevos amplificadores monocanales o ajustar los amplificadores de banda ancha, según el tipo de instalación. Por el contrario, cuando la instalación es de baja calidad, está desajustada o se reciben señales en canales adyacentes con niveles incorrectos a la salida de la antena, se pueden producir interferencias de los nuevos canales digitales sobre los analógicos existentes. Los autores de este informe no han podido establecer la importancia real de estas situaciones (número de instalaciones con posibles problemas de interferencias al intentar introducir el nuevo servicio), pues las diversas fuentes consultadas expresan opiniones muy diferentes.
- Por otro lado, el Real Decreto 401/2003 sobre Infraestructuras Comunes de Telecomunicación (ICT) requiere, en el Anexo I del Reglamento que contiene, que todas las instalaciones nuevas para recepción de televisión en las viviendas permitan la captación, adaptación y distribución de todas las señales de televisión terrenales (analógicas y digitales) difundidas por las entidades habilitadas dentro del ámbito territorial correspondiente que se reciban con un determinado nivel de señal, bien en el momento de puesta en servicio de la ICT o más adelante. Lo que obliga a que, en todos los Proyectos Técnicos de ICT, la cabecera y las redes de TV sean diseñados para cumplir dichas premisas.

La identificación de estas situaciones, el análisis de las causas que las originan y las posibles soluciones que pueden adoptarse constituyen los aspectos fundamentales de este documento. Para ello se han realizado experimentos con una serie de situaciones simuladas y reales cuyos resultados se han utilizado para analizar el origen de los problemas mencionados y proponer soluciones a los mismos.

Las conclusiones obtenidas se exponen en el resumen ejecutivo que sigue, sin menoscabo de que, aquellos lectores que deseen profundizar más en el tema, puedan seguir la metodología, trabajos y conclusiones en los restantes capítulos del documento.

Por último, es necesario indicar que muy pocas experiencias hubiesen podido plantearse sin disponer de equipos reales, los que se están utilizando

actualmente en las instalaciones, que han sido aportados por fabricantes como ALCAD, IKUSI y TELEVÉS, a los cuales damos desde aquí nuestras más expresivas gracias. También queremos agradecer a los miembros de la Comisión de Ejercicio Libre de la Profesión del COIT y de las empresas mencionadas sus relevantes comentarios al primer borrador de este informe, en especial a Luis Méndez por el interés y esfuerzo dedicado.

1.2. RESUMEN EJECUTIVO

La mala calidad de las señales analógicas constituye “un mal menor” para los usuarios que, de alguna forma, se han acostumbrado a ver así la televisión, esta situación no se puede dar en el caso de la televisión digital porque, por sus características técnicas, no permite una degradación paulatina de su calidad. La televisión digital, se ve bien o no se ve.

La introducción de las señales de televisión digital en el espectro, un bien escaso, ha producido algunos problemas, injustamente achacados a ella, de interferencias sobre las señales de televisión analógica degradándolas o incluso haciéndolas inservibles para su visión.

A continuación, se resumen las conclusiones más significativas obtenidas en este trabajo sobre las causas y soluciones ante esta problemática:

- Las interferencias se producen por la intermodulación en los amplificadores, generalmente en los de cabecera, de las señales de los canales analógicos y digitales, siendo mucho más sensibles a esta situación las señales de los canales analógicos.
- Esta situación de interferencias depende, fundamentalmente, de la relación entre los niveles relativos de las señales de los canales analógicos y digitales a la entrada en los amplificadores. Típicamente, los canales digitales deben estar 10 dB por debajo de los analógicos. Los problemas aparecen, generalmente, cuando esta diferencia, por alguna causa, es menor.
- Existen diversas causas que pueden producir interferencias. Algunas externas a la cabecera, cuando la interferencia viene en la señal que se recibe, y otras internas debidas a la propia cabecera. Entre las causas de interferencias externas se puede citar la intermodulación entre canales adyacentes en los transmisores y repetidores que emiten las señales, en cuyo caso el problema no es achacable a la cabecera.

- El multitrayecto (en el subapartado 3.1.3 se describe en detalle este efecto) afecta mucho más severamente a los canales analógicos (doble imagen), pues la TV digital está concebida para soportar este fenómeno, pero tiene su incidencia en la calidad de la señal de salida de los amplificadores de cabecera puesto que, cuando se transmiten canales analógicos y digitales desde diferentes sistemas radiantes, el efecto del multitrayecto es diferente lo que implica que, aunque las señales de los canales digitales se transmitan con menor nivel que los analógicos (típicamente 10 dB por debajo), las condiciones de propagación puedan traducirse en que a la salida de la antena receptora no se mantenga esta relación. Si se incrementa el nivel de los digitales, se facilita su interferencia sobre los analógicos por intermodulación en los citados amplificadores. Por ello es fundamental, como paso previo a cualquier actuación, el análisis de las señales recibidas en el emplazamiento objeto de estudio.
- La falta de suficiente relación portadora/ruido (C/N), (en el subapartado 3.1.4 se describe en detalle este efecto) producida por insuficiente nivel de campo en antena (zonas de sombra) o atenuación excesiva en la red, produce el fenómeno de “nieve” sobre la imagen de los canales analógicos. Este efecto suele ser admitido por el usuario si no es muy elevado, pero en el caso de los canales digitales se traduce en el corte de la imagen.
- En este contexto es muy importante la realización correcta de las medidas empleadas para determinar los niveles de señal que se reciben, tanto analógica como digital, debiendo utilizarse medidores de campo adecuados. Cuando esta medida se hace en modo analizador de espectros (la más directa pues se visualizan simultáneamente los canales sobre la pantalla), se requiere la aplicación de un factor de corrección, tal como se indica en el subapartado 2.1.1 De esta forma se puede identificar si la interferencia de la señal viene del exterior o no.
- En caso de que quede demostrado el origen externo de la interferencia las soluciones para depurar la señal son, con carácter general, las siguientes:
 - En el caso de intermodulación entre canales adyacentes en los transmisores y repetidores que emiten las señales su solución es responsabilidad de los operadores del servicio y a ellos, a través de los cauces oportunos, debe ser notificado. Afortunadamente, tras algunos problemas iniciales, esta situación ha mejorado sensiblemente, pero no debe desdeñarse que en algún caso éste sea el origen de la interferencia detectada en una instalación.
 - Cuando las señales presenten doble imagen, normalmente debido al multitrayecto, puede corregirse reorientando la antena para

buscar un punto de recepción óptimo, desplazando la misma bien vertical u horizontalmente o desajustando ligeramente la antena para mejorar la recepción. En muchos casos desplazamientos del orden de un metro suelen ser suficientes para conseguir evitar reflexiones. Igualmente el uso de una antena más directiva puede facilitar la eliminación de la señal interferente.

- El efecto de la falta de suficiente relación C/N se manifiesta como “nieve” en el caso de emisiones analógicas y falta de imagen en el caso de emisiones digitales y tiene que corregirse mediante la realización de los adecuados cálculos que conduzcan a la definición de las características de los elementos que componen la instalación (tipo, ganancia de la antena y su ubicación, preamplificador de mástil, si fuese necesario, cable coaxial de conexión entre la antena y amplificadores) para conseguir que los niveles de ambas señales a la entrada de la cabecera sean lo más adecuados posible. A partir de ellos, se puede acometer la amplificación de cabecera para garantizar la correcta señal en las tomas de usuario. Hay que tener presente la posible existencia de zonas de sombra donde, por más que se eleve la antena, ésta sea muy directiva y se introduzca un preamplificador, los niveles a su salida pueden no tener los valores requeridos para su correcta distribución
- Si las señales que se reciben en la cabecera carecen de interferencias externas y tienen los niveles relativos adecuados, en las instalaciones con amplificadores monocanales correctamente ajustados no deben producirse interferencias cuando se introducen los amplificadores correspondientes a los nuevos canales digitales.
 - Si hay canales adyacentes, conviene que los amplificadores introducidos sean de tipo selectivo (con respuestas en frecuencia más abrupta), denominados “amplificadores selectivos” o “amplificadores adyacentes” (en el apartado 4 se describen detalladamente estos dispositivos).
 - Dado que esto último no es estrictamente necesario en esta situación, algunos fabricantes desaconsejan el uso de estos amplificadores cuando no es preciso (en instalaciones en que los canales digitales se mantienen a la salida de la antena por debajo de 10 dB de los analógicos en todas las situaciones), para evitar que la selectividad de los monocanales distorsione algo (casi imperceptible) la calidad de la imagen.
 - En estos momentos ya existen en el mercado monocanales selectivos con respuesta suficientemente plana en la banda a precios similares a los convencionales, por lo que, en nuestra opinión y para evitar interferencias futuras por degradación de la respuesta de los amplificadores o cambios en los niveles de señal

emitidos, se deben introducir estos amplificadores cuando los canales sean adyacentes. Incluso, para adelantarse a futuras emisiones en canales adyacentes, nos atrevemos a sugerir que, en las instalaciones nuevas, se haga en todos los casos. Naturalmente utilizando material de calidad contrastada, cumpliendo el gálibo definido en el reglamento de la ICT: un máximo de variación de $\pm 1,5$ dB entre la portadora de vídeo y la portadora de sonido.

- En las instalaciones con amplificadores multicanal (también denominados de banda ancha), aunque las señales que se reciban en la cabecera carezcan de interferencias externas y tengan los niveles relativos adecuados, la presencia de canales digitales puede producir interferencias si están ajustados cerca de su nivel máximo de salida.
 - Si la relación C/N no se degrada por debajo de la norma, las interferencias pueden eliminarse, en algunos casos, bajando el nivel de salida de los canales. Desgraciadamente, por razones de coste, en muchos casos el nivel máximo de los amplificadores instalados es muy próximo al requerido por la instalación en el momento en que se realizó.
 - En todo caso, en nuestra opinión, este tipo de amplificación solo debe emplearse en instalaciones nuevas cuando éstas sean sencillas, con poca atenuación entre cabecera y tomas, lo que suele ocurrir cuando el número de viviendas es reducido.
- Si las señales que se reciben en la cabecera carecen de interferencias externas, pero no tienen los niveles relativos adecuados (la diferencia entre las señales analógicas y las digitales es inferior a 10 dB), en casi todos los casos debe emplearse amplificación monocanal para aprovechar el filtrado previo a la amplificación implícito en esta estructura. Si los filtros de entrada tuviesen una respuesta ideal, el problema estaría resuelto. Como no es así, parte de la señal digital es amplificada conjuntamente con la deseada (analógica), produciéndose la intermodulación de ambas.
 - Naturalmente, cuanto más selectivos sean los filtros de entrada y salida de los amplificadores monocanales, la interferencia se producirá para señales digitales más altas a la entrada. En definitiva, el uso de amplificadores selectivos es la alternativa natural al problema.
 - La falta de selectividad del amplificador afecta en la mezcla de los canales adyacentes, tanto a la posible saturación de los mismos, ya comentada, como a distorsiones de amplitud en su respuesta en banda. Por ello, cuando no sea necesario distribuir los canales digitales (instalaciones no ICT) o se pueda utilizar

amplificación multicanal (ver próximo punto), no deben introducirse.

- Excepcionalmente, una cabecera formada por amplificadores multicanal puede funcionar con niveles de señal en los canales analógicos y digitales que se encuentran fuera de sus límites. La solución para eliminar las interferencias es bajar el nivel de salida de los mismos muy por debajo del nivel máximo especificado para el amplificador, siempre que la relación C/N en toma de usuario no sea inferior a la norma. Obviamente, esto sólo será posible en instalaciones muy pequeñas en las que el amplificador pueda ajustarse en su parte más lineal, reduciéndose los productos de intermodulación.
- Para finalizar esta exposición de ideas generales, conviene indicar que una situación similar de interferencia se produce en los canales analógicos existentes cuando en la zona irrumpen señales de emisoras “alegales” que transmiten con elevada potencia ocupando los canales de guarda previstos inicialmente. Aparte de denunciar la situación, las alternativas a utilizar son similares a las expuestas en los párrafos anteriores.

PROCEDIMIENTO DE ACTUACIÓN

A modo de resumen, a continuación se resumen los pasos a seguir cuando se presenta una situación de interferencias en instalaciones operativas y como afecta esta problemática al cálculo y redacción de los proyectos ICT.

Instalaciones en funcionamiento

Cuando las interferencias aparecen en cabeceras existentes, ya sea por ser edificios en servicio o porque se trata de cabeceras nuevas en proceso de certificación, es necesario medidas de la señal a la salida de la antena para, en función de sus características, poder tomar la mejor solución posible. Las soluciones se aplicaran en el siguiente orden:

- Modificar la orientación de la antena y/o utilizar varias antenas para obtener los niveles de salida más adecuados.
- Si los niveles de los canales digitales respecto de los analógicos son demasiado elevados, la solución inmediata, cuando la degradación de la relación C/N en las tomas de usuario lo permite, es bajar los niveles de salida de la cabecera.
- Si ello no es posible, y es una instalación con amplificadores multicanal, se puede intentar sustituirlos por otros de mayor nivel

máximo de salida, ajustándolos en el mismo nivel de salida para trabajar en una zona más lineal.

- Si tampoco se soluciona el problema o se trata de una instalación con amplificadores monocanales, es necesario cambiar los amplificadores de cabecera existentes o, en caso de instalaciones nuevas los inicialmente previstos, por amplificadores monocanales más selectivos en frecuencia, comercializados bajo la denominación de “amplificadores selectivos” o “amplificadores adyacentes”. También puede ayudar si se eleva, cuando sea posible, el máximo nivel de salida de los componentes seleccionados.
- Ambas soluciones, la disminución de niveles y la sustitución de los amplificadores monocanales existentes o en curso de instalación por amplificadores selectivos, pueden solucionar buena parte de los problemas de las instalaciones en funcionamiento pues en muchas instalaciones se utilizan amplificadores monocanales antiguos con escasa selectividad.
- La utilización de amplificadores dotados con control automático de ganancia (CAG) esta indicada en situaciones muy concretas, sobretudo en situación de desvanecimientos selectivos temporales. En este caso colabora en la solución de las interferencias al mantener los niveles de salida de los amplificadores, y por tanto su intermodulación, con independencia de las variaciones en las señales de entrada.
- Si estas alternativas no resuelven el problema, se pueden utilizar trampas de ondas o dispositivos amplificadores con convertidores de frecuencia y filtros de onda superficial, tal como se describe en el apartado 5. La utilización de trampas de onda, una solución barata, sólo se aconseja en instalaciones antiguas pues modifica la respuesta en banda de los amplificadores. La utilización de monocanales con conversión de frecuencia y filtros de onda superficial es una solución definitiva y completa del problema, pero es la más cara.

Redacción de Proyectos ICT

Cuando se trata de Proyectos Técnicos de ICT, dado que no es posible realizar las medidas en la propia ubicación del edificio, es aconsejable realizar medidas en edificios próximos para tener una idea de cómo se comporta la señal y conocer así lo que puede esperarse una vez finalizado el edificio. Hay que señalar también, que desde que se realiza el Proyecto Técnico hasta que se va a proceder a la certificación pueden pasar hasta varios años y, por tanto variar mucho las condiciones de las señales e incluso haber cambiado los canales o aparecer canales nuevos.



En este contexto, es recomendable la realización de los cálculos y la especificación de los equipos de cabecera partiendo de las mediciones obtenidas de edificios próximos y considerando, para aquellas señales no presentes, básicamente las digitales, que se van a recibir con niveles relativos adecuados: 10 dB más bajos los digitales.

Utilizando la planificación de la Secretaría General ya se pueden conocer los canales digitales previstos en una determinada localización y conociendo los analógicos existentes ya se puede prever si cabe esperar o no algún riesgo de interferencia por canal adyacente cuando operen los digitales. En este caso se pueden tomar las medidas oportunas en el Proyecto Técnico especificando equipos de cabecera adecuados (amplificadores selectivos) o soluciones que permitan al instalador tratar de evitarlas, si el edificio no requiere Dirección de Obra, o al Director de Obra si no fuese el redactor del proyecto. En este último caso, éste tomará las medidas oportunas ya comentadas.

Todos los cambios que se introduzcan en la cabecera para solucionar el problema deberán recogerse como Anexos al Proyecto Técnico y deberán acompañar a la Certificación Fin de Obra o al Boletín de Instalación, según el caso.

En todo caso, se aconseja la lectura del apartado 8 de este informe



2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA



En este apartado se analizarán en detalle los problemas que pueden surgir con la recepción en las antiguas instalaciones de los nuevos canales de TV digital. Para ello es necesario conocer perfectamente las características de los sistemas de TV analógica y TV digital, y los sistemas de distribución colectiva de señal ya instalados.

2.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LAS SEÑALES DE TV ANALÓGICA Y TV DIGITAL

En los siguientes párrafos se analizan las características técnicas más relevantes de los sistemas de televisión analógica y digital.

Ambos sistemas emplean un ancho de banda de canal de 8 MHz para transmitir la información de imagen y sonido, sin embargo, las diferencias entre el sistema analógico y el digital son muy importantes. Los sistemas de TV analógica utilizan tres portadoras dentro de los 8 MHz de ancho de banda. Una portadora se emplea para la información de vídeo, otra para la del color y una tercera para el sonido.

Los sistemas digitales transmiten las tres portadoras, video+color+audio, de forma conjunta sobre el ancho de banda disponible. Además, en estos sistemas la utilización de técnicas de compresión permite transmitir varios canales simultáneamente ocupando el mismo ancho de banda que un canal analógico. Por otro lado, consiguen una definición y calidad de imagen superior, son más resistentes a las interferencias, y por tanto, más fáciles de distribuir.

La Figura 1 muestra un canal analógico junto a uno digital. En el canal analógico se aprecian claramente las tres portadoras con diferente nivel. En estos canales la separación entre portadoras de audio y vídeo es de 5,5 MHz lo que permite ciertas bandas de guarda para completar los 8 MHz de ancho de banda disponible. Estas bandas de guarda son mucho más pequeñas en la TV digital porque los canales digitales son mucho más resistentes a interferencias. Por lo tanto, cuando todos los canales sean digitales apenas se necesitarán bandas de separación.

En la Tabla 1 se resumen los parámetros técnicos más relevantes de ambos sistemas. De estos parámetros, es la intermodulación el que más impacto tiene en los sistemas de TV colectiva. En la citada tabla se puede apreciar como los sistemas de TV digital admiten una relación de intermodulación de hasta 30 dB, mientras que los de TV analógica requieren que ésta sea mejor de 54 dB.

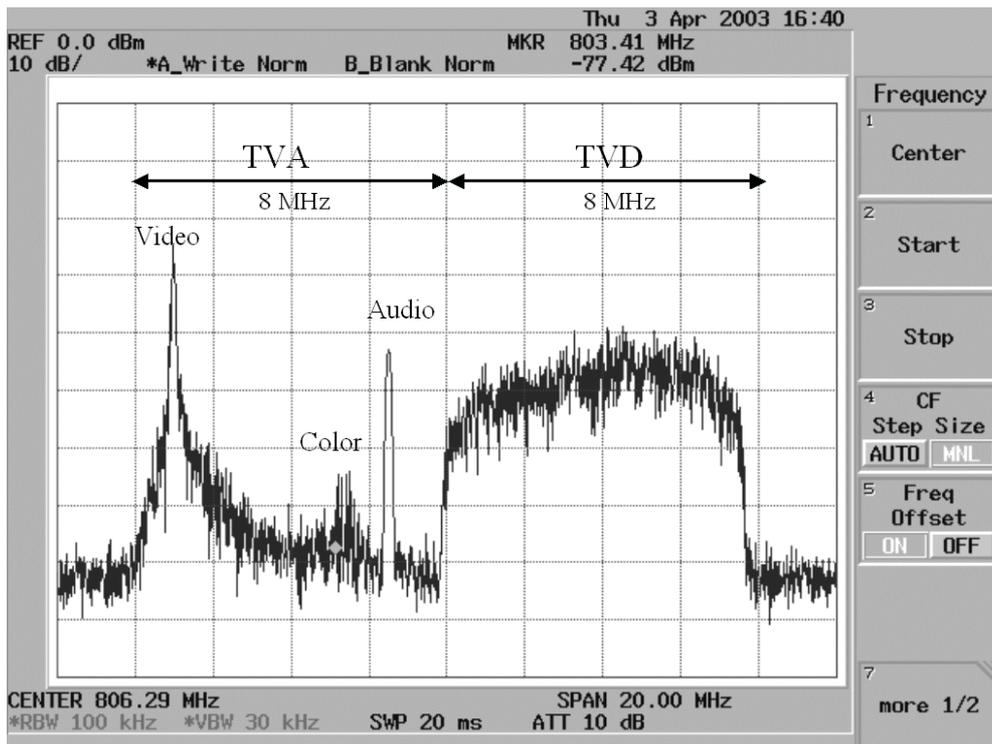


Figura 1. Espectros de un canal analógico y otro digital.

Tabla 1. Parámetros más relevantes de los sistemas analógico y digital.

Parámetro	Unidad	Valor
Nivel de señal en toma de usuario:		
TV-ANALÓGICA	dB μ V	57-80
TV-DIGITAL	dB μ V	45-70
Relación portadora/ruido aleatorio:		
C/N TV-ANALÓGICA	dB	≥ 43
C/N TV-DIGITAL	dB	≥ 25
Relación de intermodulación:		
S/I TV-ANALÓGICA	dB	≥ 54
S/I TV-DIGITAL	dB	≥ 30

Otro aspecto muy interesante a destacar es que la recepción de TV digital requiere niveles de relación portadora/ruido 18 dB inferiores a los de la TV analógica. Por lo tanto, la TV digital es más robusta, pudiendo trabajar con

mayor ruido y con amplificadores trabajando más próximos a la saturación. Todo ello explica algunos hechos que se pueden constatar en las instalaciones:

- Las emisoras transmiten los canales de TV digital con niveles de señal inferiores a los empleados en la transmisión de canales analógicos. Lo que no significa que en el emplazamiento se reciban de la misma manera por efecto de las condiciones de propagación.
- Los actuales amplificadores monocanales analógicos también sirven para amplificar las señales digitales. Incluso pueden emplearse amplificadores con menor nivel de señal de salida, pues las señales de TV digital requieren menor relación C/N.
- Los problemas de interferencias se dan mayoritariamente en los canales analógicos pues son más sensibles a la intermodulación e interferencia.

En la Figura 2 se puede observar la señal emitida desde Torrespaña cuando se recibe en buenas condiciones de propagación. Se identifican 4 canales analógicos y 3 canales digitales: el 58 para las TV nacionales, el 63 para las autonómicas y el 66 para Quiero TV.

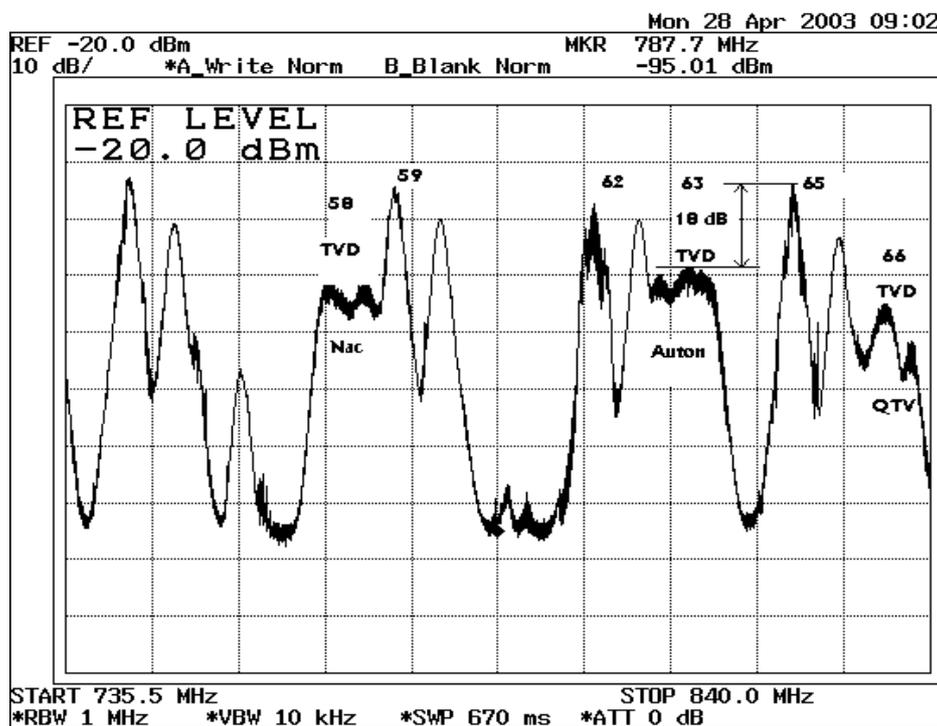


Figura 2. Espectro de TV digital emitido desde Torrespaña.

En la señal de Torrespaña, los canales digitales (58, 63 y 66) son adyacentes a canales analógicos aunque en el conjunto de España se pueden observar todo tipo de situaciones de separación entre canales analógicos y digitales:

- No adyacentes.
- Adyacentes digital-analógico.
- Adyacentes digital-digital.

Como se puede observar en la Figura 2, con el ancho de banda seleccionado en el analizador de espectros, los canales digitales presentan niveles, entre 18 y 20 dB, inferiores al de la portadora de los sistemas analógicos. La menor potencia de éstos, es debida a la forma en que se distribuye la energía y a la reducción de potencia que se les aplica para evitar interferencias.

Seguidamente analizaremos estos dos aspectos con el fin de establecer la forma correcta de realizar las medidas en ambos sistemas.

2.1.1. Medida de potencia en señales de TV analógica y TV digital con un analizador de espectros.

La medida de la potencia relativa de las señales de TV se puede realizar en el dominio de la frecuencia empleando analizadores de espectros. Para realizarla correctamente, el ancho de banda del filtro de frecuencia intermedia del analizador, denominado *ancho de banda de resolución* (RBW), debe ser mayor que el de la señal que pretende medirse. Sin embargo, para señales de gran ancho de banda esto no siempre va a ser posible, y será necesario introducir un factor de corrección, tal como se describe en los siguientes párrafos.

Si se realiza una medida con un ancho de banda de resolución reducido es necesario conocer las características de la señal que se desea medir, especialmente si se trata de señales analógicas que no presentan una distribución uniforme del espectro. En la Figura 1 se observa como en un canal analógico se identifican claramente las tres portadoras: vídeo, sonido y color.

- La portadora de vídeo es la de mayor nivel, y por tanto, concentra la mayor parte de la potencia de la señal. Aunque la información de vídeo ocupe un ancho de banda de hasta 5 MHz, la portadora de vídeo concentra la mayor parte de la energía en un reducido ancho de banda, inferior a 1 MHz.
- La portadora de sonido se encuentra 5,5 MHz por encima de la de vídeo y su nivel es 10 dB inferior a la de ésta. Ocupa un ancho banda mucho más estrecho en comparación con la de vídeo, unos centenares de KHz, y por tanto, requiere una menor potencia para conseguir una buena calidad. Su contribución a la potencia total de la señal es muy pequeña.
- La portadora de color tiene un nivel muy inferior al de las portadoras de vídeo y sonido, por lo que no influye significativamente en las medidas de potencia.

Por lo tanto, aunque idealmente, la medida de la potencia se debería realizar con un analizador que dispusiera un filtro con 8 MHz de ancho de banda, también se puede realizar dicha medida empleando un analizador de espectros cuyo ancho de banda de resolución esté comprendido entre 250 KHz y 1 MHz.

En señales de TV analógica la medida se debe realizar sobre la portadora de vídeo, pues en ella se concentra el 95% de la potencia total de la señal. De hecho en la práctica es lo que se hace, caracterizando la señal de TV analógica no por su nivel, sino por el de su portadora de vídeo, dado que prácticamente coinciden.

La medida de un canal digital es un poco diferente pues en éste no se distinguen portadoras de vídeo y sonido, sino que toda la potencia se encuentra distribuida uniformemente en los 8 MHz que ocupa el espectro.

En este caso también se puede medir con un ancho de banda reducido (RBW=250 KHz ÷1 MHz) pero, como se ha comentado anteriormente, es necesario sumar a la medida un factor de corrección en función de la relación entre el ancho de banda de resolución del filtro del equipo de medida y el de la señal que se desea medir, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$F_c = 10 \cdot \log (8 \text{ MHz} / \text{RBW}(\text{MHz})) \quad [\text{dB}]$$

Por ejemplo, si se realiza la medida de una señal de TV digital de 8 MHz con una RBW = 1 MHz, el factor de corrección es: $F_c = 9$ dB. Este factor debe sumarse a la lectura del analizador para obtener el valor correcto de la potencia o tensión del canal digital.

Los anchos de banda más empleados en los equipos de medida son 250 KHz y 1 MHz, que se corresponden con factores de corrección de 15 y 9 dB, respectivamente.

Muchos de los equipos de medida ya poseen funciones que corrigen la medida automáticamente indicándoles el tipo de señal que se está midiendo. El siguiente ejemplo ilustra el cálculo del nivel de potencia para una señal de TV digital.

Ejemplo:

Si tomamos los datos de la Figura 2 se puede observar que entre los canales 63 de la TV analógica y el 65 de la TV digital existe una diferencia de nivel de 18 dB. Puesto que la medida se ha realizado con un filtro de resolución de 1 MHz (RBW = 1MHz), es necesario aplicar un factor de corrección de:

$$F_c = 10 \cdot \log (8 \text{ MHz} / 1 \text{ MHz}) = 9 \text{ dB}$$

Por lo tanto, aplicando el factor corrector la diferencia real de potencias es de sólo $18 - 9 = 9$ dB a favor del canal analógico.

Otro aspecto novedoso en las emisiones de TV digital es que se transmite con menor potencia que en la TV analógica. Esta reducción, que típicamente es de 10 dB, se aplica para minimizar las interferencias con los canales adyacentes en las instalaciones colectivas, repetidores y reemisores.

En la Tabla 1 se observa que los sistemas de TV digital requieren una relación $C/N = 25$ dB (18 dB menos que en el caso analógico) para conseguir una calidad óptima, por este motivo, aunque se reduzca la potencia del canal de TV digital en 10 dB la calidad de la imagen se mantiene. Estas son las diferencias de nivel que se aprecian en la gráfica de la Figura 2, del espectro recibido de Torrespaña.

En resumen, las diferencias de nivel que se aprecian entre las señales de TV analógica y TV digital son debidas al proceso de medida y a la reducción de potencia que se aplica en los transmisores a las señales de TV digital para evitar interferencias. Por lo tanto, con las condiciones de señal en antena de la Figura 2 deberíamos tener una buena calidad de imagen en las instalaciones colectivas. Sin embargo, pueden existir situaciones muy diferentes que hagan que la señal recibida no sea adecuada para su distribución o que existan problemas durante la distribución de la misma. Analizaremos seguidamente estas situaciones.



3. INTERFERENCIAS ENTRE CANALES DE TV ANALÓGICA Y TV DIGITAL



Podemos considerar la interferencia, en sentido amplio, como la situación en la que se produce solape espectral entre dos emisiones de distinto origen. Las situaciones que se pueden presentar son variadas, sin embargo, los efectos sobre la imagen son muy claros y se pueden resumir en:

1. Mala calidad de la señal recibida
2. Problemas en la distribución de la señal.

En ambos casos, el diseño de la instalación de la TV colectiva puede tener una influencia considerable en la calidad de la imagen, incluso cuando la señal recibida sea óptima. A continuación analizaremos los casos y situaciones que se pueden producir y las posibles soluciones a adoptar.

3.1. SITUACIONES QUE PRODUCEN MALA CALIDAD DE LA SEÑAL OBTENIDA A LA SALIDA DE LA ANTENA RECEPTORA.

Son muchos los casos en los que la señal recibida no es óptima para la distribución. Describiremos en este apartado las situaciones y causas más comunes que provocan esta situación.

Los fenómenos más comunes que afectan a la calidad de la señal recibida podemos agruparlos en cuatro grupos:

1. Interferencias
2. Intermodulación
3. Multitrayecto
4. Escasa relación señal / ruido.

Analizaremos a continuación cada uno de efectos anteriores indicando como se pueden identificar y cuales son las soluciones habituales que pueden adoptarse.

3.1.1. Recepción de señal de fuentes diferentes.

Un caso que se puede producir con cierta frecuencia es la recepción de señales de TV de dos fuentes diferentes a la misma frecuencia.

Esta situación se produce típicamente en áreas de provincias o regiones vecinas equidistantes a dos transmisores o en zonas elevadas con visión directa a dos o más transmisores.

También es habitual en zonas de costa, donde se producen sobre-alcances de los transmisores costeros y en grandes ciudades donde existen multitud de repetidores y dos o más fuentes emisoras.

En todos estos casos, se produce el solape de dos emisiones de TV, que pueden ser ambas analógicas, digitales o una digital y otra analógica.

En la Figura 3 se muestra un esquema de interferencia de un canal digital sobre uno analógico. El resultado de este solape se traduce en que el canal analógico es interferido si la relación de potencias es inferior a 54 dB.

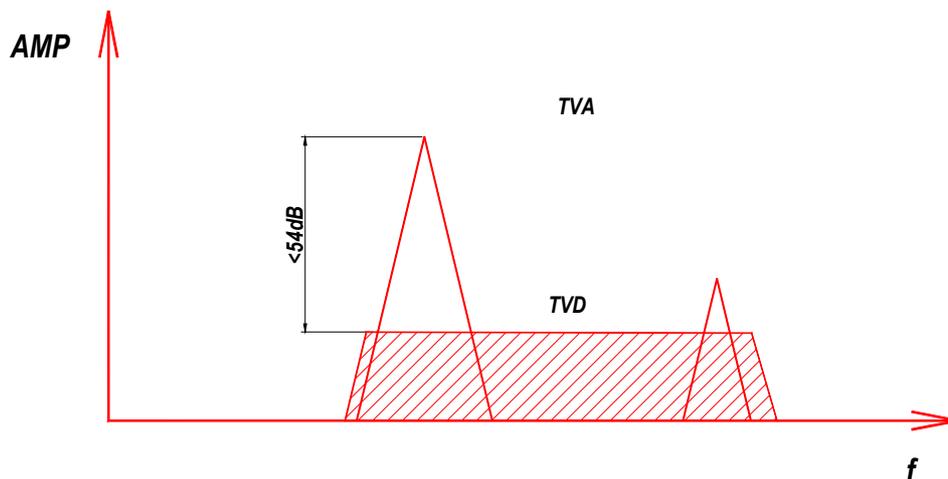


Figura 3. Interferencia por la recepción de dos emisiones de TV en el mismo canal.

Para el caso de dos canales analógicos, la situación sería equivalente a la descrita, produciéndose interferencias cuando la relación de potencias interferente/interferido sea inferior a 54 dB. En el caso de interferencia se manifiesta como la aparición de dos imágenes en la pantalla.

Otra situación es la interferencia de un canal analógico sobre uno digital. En este caso se toleraría una relación de intermodulación de hasta 30 dB del analógico sobre el digital.

Para todas estas situaciones de interferencia no existe más solución que emplear una antena lo más directiva posible y orientada hacia el emisor con el objeto de reducir la interferencia al mínimo. No obstante, dada la baja ganancia y directividad de las antenas de TV, normalmente resulta difícil eliminar dichas interferencias, especialmente cuando las fuentes están muy poco separadas acimutalmente.

En ocasiones existe la posibilidad de recibir la misma emisión de dos transmisores próximos y en canales diferentes. En este caso, si la señal de un transmisor está interferida, se puede orientar la antena hacia el otro emisor, seleccionando otro canal y eliminando totalmente la interferencia.

- **Interferencias de otras emisiones.**

Otro de los fenómenos de interferencias más comunes son las perturbaciones producidas por otros emisores. Estos pueden ser: emisores de radiodifusión, radiotelefonía o portadoras de datos.

La situación más común se produce cuando transmisores de otras bandas próximos al receptor generan espúreos y armónicos que coinciden con las frecuencias de los canales de TV.

Estas emisiones espúreas también se pueden generar en la propia instalación de TV por parte de los transmoduladores y convertidores de banda que se emplean principalmente para convertir los canales de TV por satélite a las bandas de TV terrestre. En ambos casos la manifestación de la interferencia es similar, pero la solución es diferente.

El fenómeno de interferencia se detalla en la Figura 4, donde se aprecia la existencia de portadoras aisladas solapándose a los canales de TV analógica y digital.

Nuevamente los sistemas de TV digital son más robustos y admiten relaciones de portadora/señal interferente de hasta 30 dB, mientras que los sistemas de TV analógica son mucho más sensibles y requieren 54 dB.

En la TV analógica las interferencias se manifiestan habitualmente como finas rayas horizontales, mientras que en la TV digital la interferencia produce una degradación de la tasa de bits erróneos. En casos muy severos llega a producir la pérdida total de sincronismo de bit, y por tanto, la pérdida de la imagen.

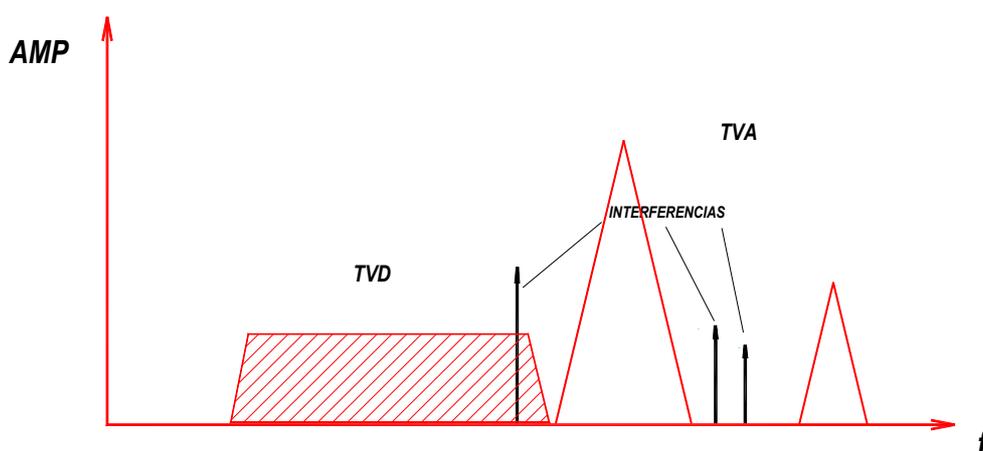


Figura 4. Ejemplo de interferencias sobre canales analógicos y digitales.

3.1.2. Intermodulación en repetidores y reemisores.

Los repetidores y reemisores de TV son una parte fundamental de la red de difusión para conseguir una buena cobertura en zonas sin visión directa del transmisor. Por lo tanto, en aquellos puntos donde la orografía es difícil son muy empleados para mejorar la cobertura. Muchos de estos repetidores no fueron diseñados para admitir señales de TV digital de canales adyacentes a los de la TV analógica.

Los repetidores actuales emplean procesos de conversión de frecuencia con filtros de frecuencia intermedia adaptados a los canales analógicos que requieren menor selectividad al emplear bandas de guarda grandes. Estas bandas se han reducido en los canales de TV digital, lo que se traduce en el empleo de filtros mucho más selectivos en los transmisores digitales. Algunos de los repetidores existentes para canales analógicos pueden producir cierta intermodulación con la aparición de los nuevos canales de TV digital.

El fenómeno de intermodulación se produce cuando aparece una emisión de TV digital adyacente a un canal de TV analógica. En esta situación, si el filtrado de entrada es insuficiente, el amplificador de potencia del repetidor comienza a distorsionar el espectro de salida lo que provoca que aparezcan réplicas a otras frecuencias próximas, como se muestra en la Figura 5.

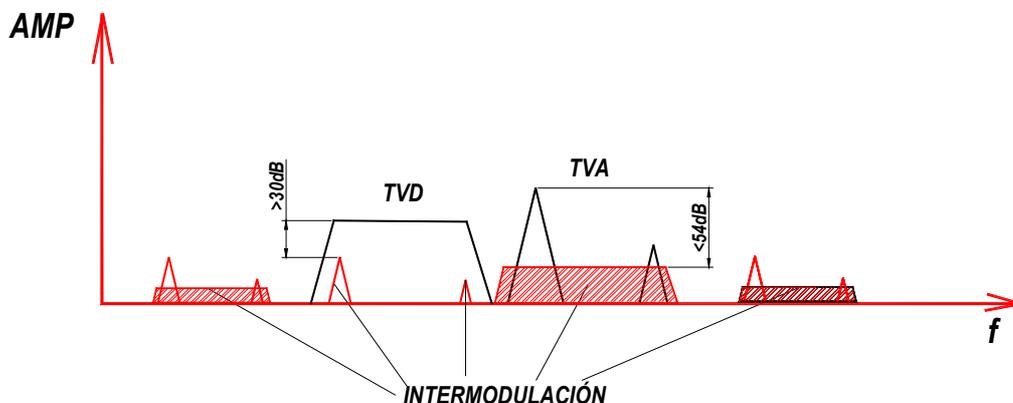


Figura 5. Ejemplo de espectro de salida de un repetidor cuando se produce intermodulación entre canales digitales y analógicos adyacentes.

Este fenómeno es difícil de medir en la salida de antena pues los espectros se solapan y no se aprecia fácilmente con un analizador de espectros. Sin embargo, se manifiesta claramente en la imagen de los canales analógicos que aparece fuertemente punteada, a pesar de que el nivel de relación C/N sea elevado.

Esta situación es muy similar a la que se puede producir en algunos de los amplificadores mon canal de las instalaciones colectivas y que se describirá más adelante.

Cuando la intermodulación se produce en el repetidor, para solventar el problema, es necesario reajustar el sistema repetidor hasta conseguir eliminar la distorsión. Por lo tanto, la única solución que se puede aplicar en el receptor es buscar alguna fuente alternativa para el canal o canales analógicos interferidos. En todo caso es responsabilidad de los operadores del sistema resolver la situación modificando sus equipos transmisores.

3.1.3. Fenómenos de multitrayecto.

Otro de los problemas que se produce de manera habitual es el multitrayecto. Este fenómeno se muestra en la Figura 6.a) y se produce cuando la señal de TV llega a la antena receptora por dos o más caminos de propagación diferentes: directamente desde el centro emisor y por reflexiones en obstáculos cercanos como edificios o montañas. El resultado es una degradación de la calidad de la señal recibida.

En el caso de la TV analógica el fenómeno no se aprecia fácilmente en el espectro, pero sí en la recepción, pues aparece una doble imagen debido a los retardos que sufre la señal al recorrer distancias diferentes.

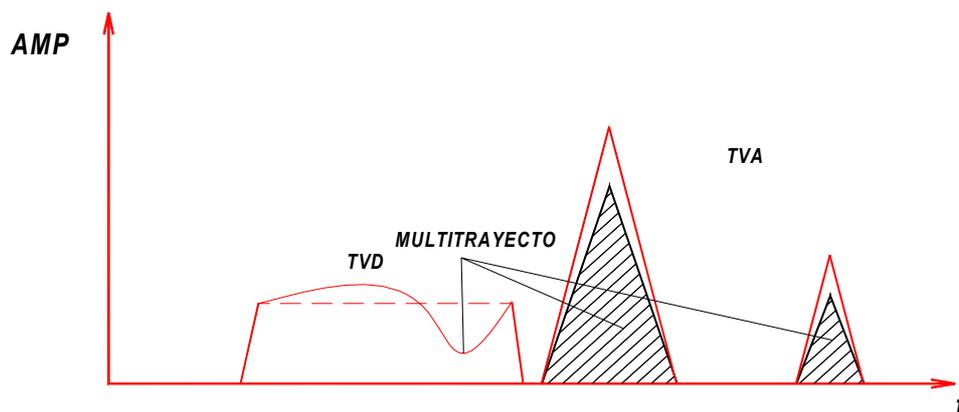
En la TV digital el fenómeno se aprecia claramente en el espectro de la señal recibida. Normalmente dicho espectro es plano en los 8 MHz de ancho de banda, sin embargo, como consecuencia de las reflexiones puede presentar importantes fluctuaciones, tal como se muestra en la Figura 6 b). En esta figura se presentan dos canales, uno de TV digital y otro de TV analógica, donde en el primero de ellos se ha representado la distorsión de amplitud típica producida como consecuencia de la propagación multitrayecto.

La modulación OFDM empleada en los sistemas de TV digital está especialmente diseñada para tolerar estos fenómenos, por lo que habitualmente sólo se percibe una degradación de la tasa de bits erróneos (BER), y por tanto, solo en casos extremos se pueden encontrar problemas en la recepción. En el caso de la TV analógica el fenómeno es mucho más severo, pues como se ha comentado, se manifiesta por la aparición de doble imagen.

En ambos casos la solución pasa por reorientar la antena para conseguir reducir el multitrayecto. Para ello se debe buscar el punto de recepción óptimo desplazando la antena tanto horizontal como verticalmente. Hay que tener en cuenta que desplazamientos del orden de un metro pueden ser suficientes para reducir las reflexiones.



a) Diagrama del efecto del multitrayecto.



b) Efecto del multitrayecto sobre canales analógicos y digitales.

Figura 6. Fenómeno de multitrayecto.

3.1.4. Relación portadora/ruido a la entrada del receptor.

Otro fenómeno que degrada la calidad de la imagen en recepción es la insuficiente relación C/N a la salida de antena.

El caso de baja relación C/N en la TV analógica es bien conocido y se manifiesta por la aparición de ruido en la imagen, lo que se conoce como imagen con “nieve”.

En la TV digital, la respuesta del demodulador es todo/nada, por lo que si la relación C/N es inferior al umbral se pierde la sincronización del demodulador y es imposible decodificar la imagen.

Los niveles mínimos de relación C/N aceptables en la antena corresponden a 43 dB para la TV analógica y 25 dB para la TV digital.

La solución en ambos casos pasa, en primer lugar, por analizar la correcta ejecución de obra de la instalación. La antena debe estar bien orientada y las pérdidas del coaxial, desde el mástil hasta la localización de los equipos de distribución, deben ser bajas.

En caso de unas pérdidas excesivas en el coaxial o en el combinador de entrada del conjunto de amplificadores monocanales, se puede recurrir al empleo de un amplificador de mástil que reduzca el factor de ruido de la instalación y/o al empleo de una antena de mayor ganancia.

Si las pérdidas del coaxial y la combinación de la entrada de los amplificadores son bajas y la relación C/N sigue siendo inferior a la requerida no queda más remedio que buscar algún otro punto emisor donde se pueda recibir el canal deseado.

3.2. PROBLEMÁTICA EN LAS INSTALACIONES COLECTIVAS

Una vez analizados los fenómenos de interferencias y degradación de la señal recibida por causas externas a las de las instalaciones colectivas, estudiaremos en el presente apartado los problemas que surgen en éstas debido, sobre todo, a la existencia de canales adyacentes en las mismas.

La planificación actual de los canales de TV establece en muchas zonas la coexistencia de canales analógicos y digitales adyacentes. En Madrid, por ejemplo, el 58 (CANALES NACIONALES, digital) y el 59 (TELE-5, analógico) o el 62 (CANAL PLUS, analógico) y el 63 (CANALES PRIVADOS, digital).

Los amplificadores monocanales son el elemento fundamental de las instalaciones. Estos amplificadores están diseñados para trabajar con canales analógicos y tienen respuestas en frecuencia medianamente selectivas que típicamente rechazan de 5 a 10 dB el canal adyacente ($n \pm 1$) y unos 30 dB el canal ($n \pm 2$). Estos niveles de rechazo son suficientes para trabajar con señales analógicas, pero pueden crear problemas cuando los canales adyacentes son digitales.

En las páginas web de la mayoría de los fabricantes pueden encontrarse estudios al respecto, pero suelen ser muy particulares y algo confusos, por lo que en este informe se realizará un análisis exhaustivo de las causas de las interferencias que han surgido con la aparición de los nuevos canales de TV digital.

3.2.1. Características generales de los amplificadores selectivos.

Para entender los problemas que pueden surgir en los amplificadores selectivos de TV es necesario conocer su estructura interna y características de funcionamiento. Por esta razón describiremos, en primer lugar, las características generales de estos amplificadores.

La estructura básica de todos estos sistemas y una foto de uno de ellos se muestran en la Figura 7. Los elementos básicos de que consta son:

- Acoplador + filtro de entrada.
- Atenuador.
- Amplificador de banda ancha.
- Filtro de salida + acoplador.

El filtro de entrada tiene la misión de seleccionar el canal (o canales) que van a ser amplificados y su selectividad es un parámetro clave puesto que fija el ancho de banda del sistema. Este filtro integra también un acoplador que permite interconectar varios amplificadores selectivos mediante lo que se denomina “técnica en Z”.

El filtro de entrada va seguido de un atenuador que permite ajustar el nivel de salida del amplificador en un margen de 20 a 30 dB.

A continuación vienen las etapas amplificadoras, que son muy lineales y de banda ancha, y suelen emplear dos o tres pasos de atenuación para conseguir ganancias entre los 50 y los 60 dB con niveles de señal de salida de 125 dB μ V.

El filtro de salida está sintonizado a la misma frecuencia que el de entrada y tiene la misión de rechazar la señal de otros amplificadores que formen parte de la central amplificadora basada en la “técnica en Z”. También tiene la misión de eliminar distorsión y ruido.

A la salida existe otro acoplador que tiene la misma misión que el de entrada.

Los problemas que pueden producir en estos amplificadores son fundamentalmente dos:

- Distorsión del espectro por distorsión en los filtros de entrada/salida.
- Intermodulación en la cadena amplificadora por superar el nivel máximo especificado a la salida.

Las características técnicas y la respuesta de los amplificadores se detallan e ilustran con medidas en el Apartado 6: RESULTADOS EXPERIMENTALES y en el Apartado 9: ANEXO TÉCNICO, respectivamente.

En los siguientes subapartados se explican con detalle los problemas de intermodulación y filtrado producidos por los amplificadores.

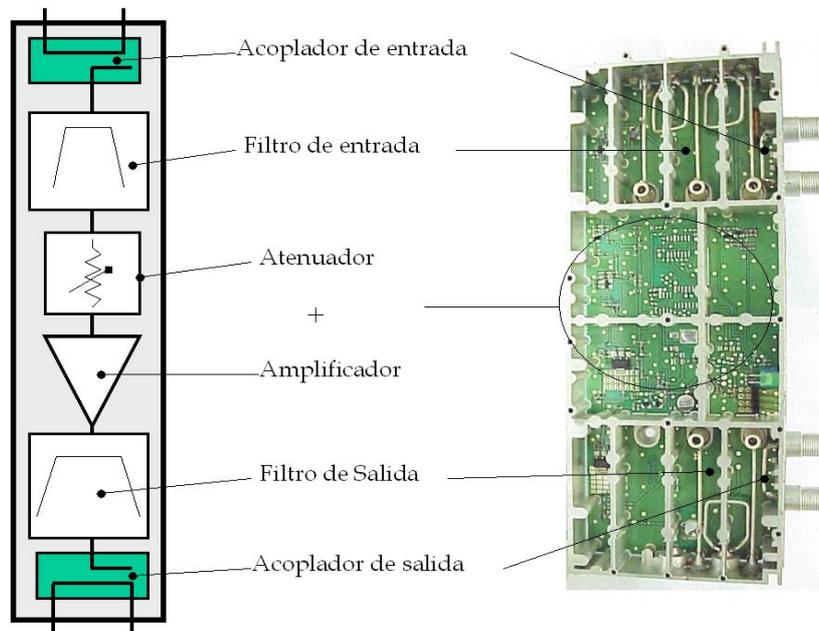


Figura 7. Diagrama de bloques y fotografía de un amplificador monocanal. (Cortesía de TELEVÉS).

3.2.2. Interferencia e intermodulación en amplificadores selectivos.

El fenómeno de interferencias entre canales adyacentes de TV analógica y TV digital es muy particular pues depende de varios factores: del espectro de la señal digital, de su nivel de salida y de las características de los filtros y amplificadores.

Podemos distinguir dos situaciones según los amplificadores sean multicanal (dos o más canales) o monocanal. Dentro de los amplificadores monocanales, distinguiremos entre selectivos y normales, atendiendo a las características del filtro de entrada de ambos.

Comenzaremos describiendo los amplificadores multicanal.

- **Amplificadores Multicanal**

Este tipo de amplificadores permite amplificar dos o tres canales adyacentes simultáneamente. Cuentan con un filtro de entrada/salida de 16-24 MHz de ancho de banda y la amplificación de los canales se realiza simultáneamente.

En estos amplificadores, la principal distorsión de salida es la producida por la intermodulación en la etapa amplificadora y se produce cuando el amplificador trabaja en zona no lineal y se le pide una potencia de salida superior a la especificada. Cuando ocurre esto las señales de salida son distintas a las de entrada al producirse el producto (batido) de las señales de entrada.

Este fenómeno se muestra en el esquema de la Figura 8 donde se observa como el espectro distorsionado de la TV digital aparece dentro de todo el ancho de banda del bicanal, lo que se traduce en que sobre la señal del canal analógico aparece una señal similar al ruido impulsivo que degrada la calidad.

Las Figuras 9, 10, 11 y 12 muestran las medidas efectuadas utilizando un amplificador bicanal que amplifica conjuntamente un canal analógico y otro digital. En ellas se aprecia claramente como al aumentar el nivel de señal la intermodulación crece hasta niveles muy elevados.

El resultado es que cuando la relación señal/intermodulación es inferior a 54 dB, el canal de TV analógica se ve afectado por la intermodulación apareciendo una imagen punteada por ruido, denominada "ruido coloreado".

Si la intermodulación crece y es inferior a 30 dB, el canal digital también se ve afectado perdiendo la sincronización, y por tanto, resultando imposible decodificar la imagen.

Por lo tanto, para evitar estos fenómenos es necesario ajustar cuidadosamente la potencia de salida del amplificador. En este sentido cabe resaltar que los amplificadores multicanal permiten conseguir una menor potencia de salida que los monocanales para el mismo nivel de intermodulación, aspecto que se ha de tener en cuenta en el diseño de la instalación, pues limita el uso estos amplificadores.

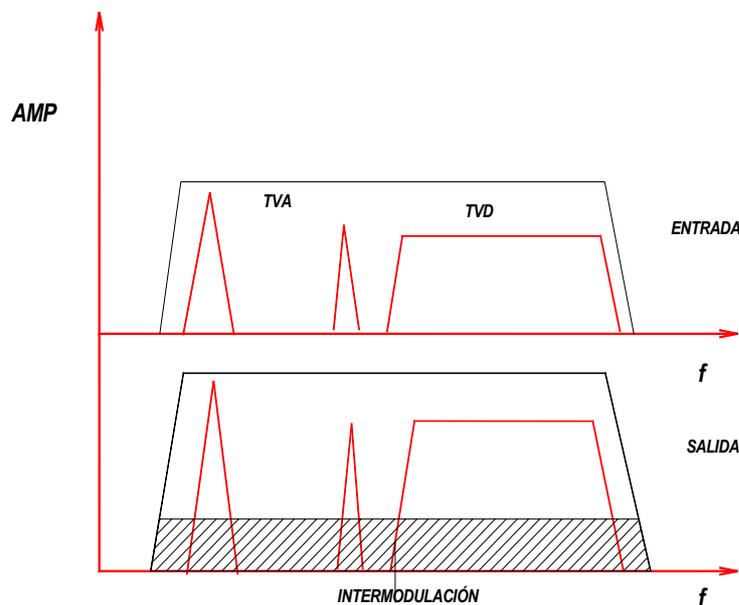


Figura 8. Esquema de las señales de entrada y salida de un amplificador bicanal. En la salida se detalla el efecto de la intermodulación como un ruido que aparece en la banda de paso.

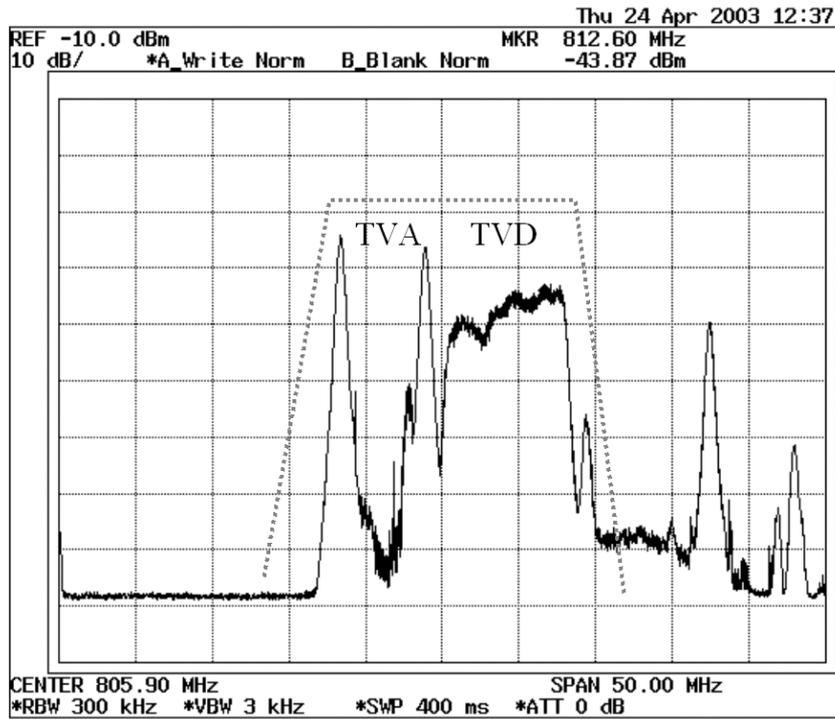


Figura 9. Espectro de señal TVA+TVD amplificada por un bicanal. Sin intermodulación.

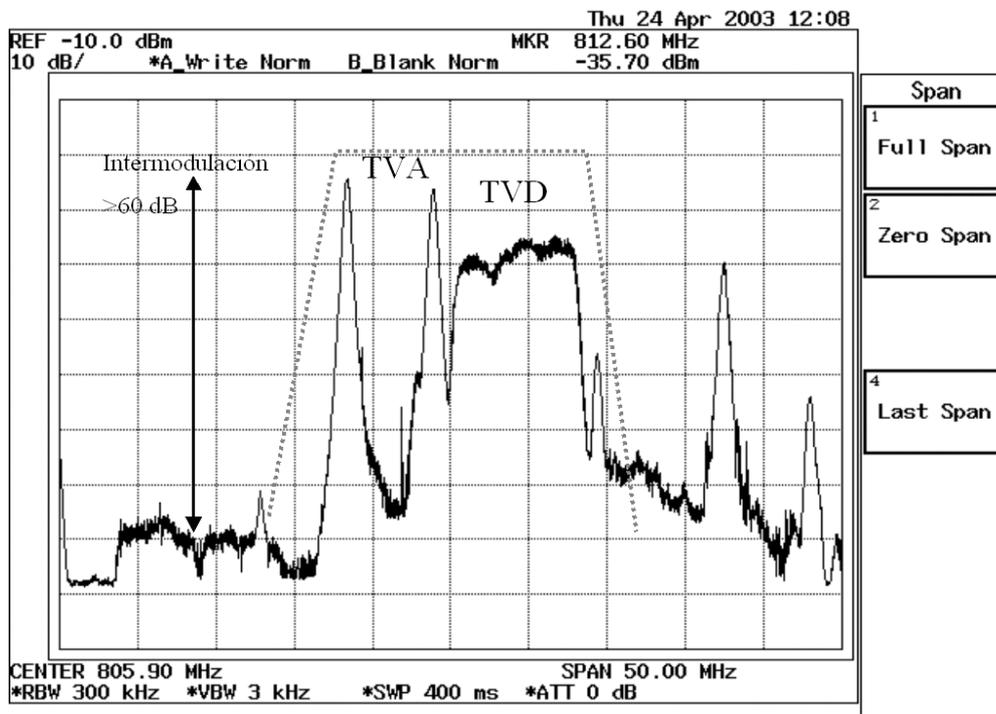


Figura 10. Espectro de señal TVA+TVD amplificada por un bicanal. Intermodulación baja: >60 dB.

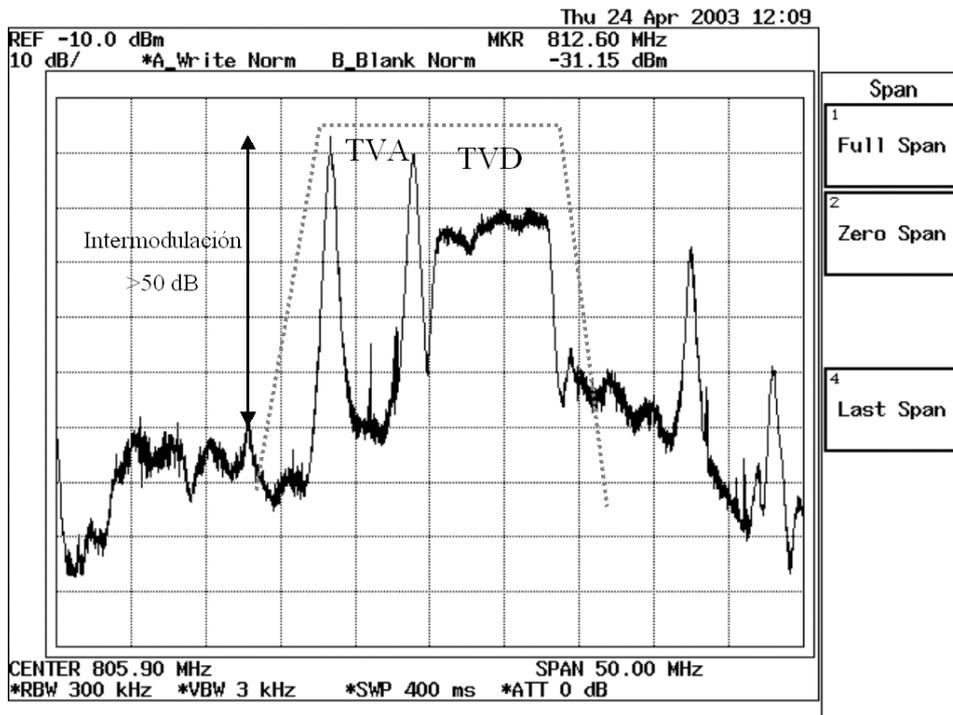


Figura 11. Espectro de señal TVA+TVD amplificada por un bicanal.
Intermodulación máxima admisible para TV analógica: >54 dB.

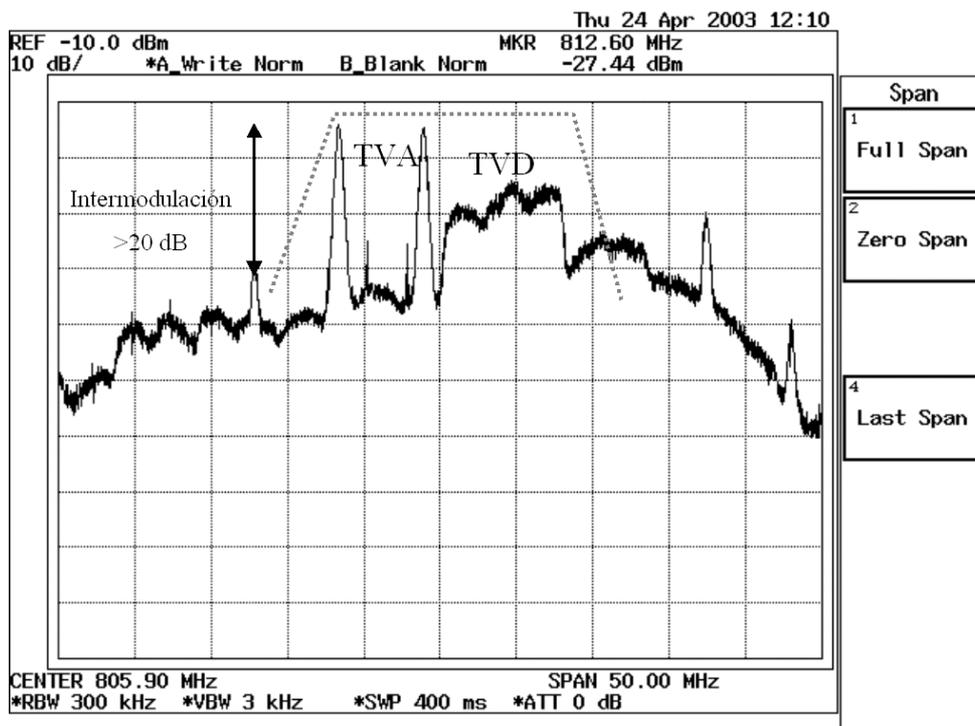


Figura 12. Espectro de señal TVA+TVD amplificada por un bicanal.
Intermodulación muy elevada, inadmisibles tanto para TVA como TVD.

- **Amplificadores Monocanal**

Con objeto de reducir la intermodulación y conseguir mejores niveles de salida se emplean amplificadores de un solo canal.

En estos amplificadores los problemas que surgen también son debidos a fenómenos de intermodulación, pero se originan de forma diferente a como ocurre en los multicanales.

Un amplificador monocanal (al igual que uno de grupo) intermodula cuando la potencia de salida sobrepasa el nivel especificado. Sin embargo, en este caso los amplificadores cuentan con un filtro de entrada selectivo por lo que dicha intermodulación se produce más tarde que en los de grupo y en parte es debida a la falta de selectividad del filtro de entrada del monocanal.

Cuando existe un canal adyacente, el filtro de entrada permite el paso de parte de la señal lo que influye en el nivel de salida y para potencias grandes intermodula con la señal del canal.

Si el filtro de entrada fuera ideal, el monocanal sería independiente de los canales adyacentes, pero como su selectividad es limitada, parte de la señal del canal adyacente pasa a la banda del monocanal. Por este motivo, la aparición de un canal adyacente provoca el aumento del nivel de salida y puede producir intermodulación si el monocanal está ajustado cerca del límite de potencia de salida. Esta situación es especialmente posible cuando las emisiones adyacentes son de TV digital, pues como ya se ha mencionado, los canales digitales ocupan los 8 MHz del espectro y apenas disponen de bandas de guarda entre canales. Por lo tanto, parte de la señal del canal adyacente pasa a la banda del monocanal de TV analógica por insuficiente selectividad del monocanal normal, de forma que se reduce la de potencia máxima de salida del monocanal.

Se ha constatado que cuando existen canales de TV digital adyacente a canales de TV analógica es necesario reducir la potencia de salida del monocanal en factores de 5-10 dBs con respecto a la máxima especificada para conseguir buenas relaciones de intermodulación. De hecho en el Anexo I del Real Decreto 401/2003 apartado 4.5 se establece que *“para la operación con canales analógicos/digitales adyacentes en cabecera, el nivel de los digitales estará comprendido entre 12 y 34 dB por debajo de los analógicos siempre que se cumplan las condiciones de C/N de ambos en toma de usuario”*, a diferencia de la situación en la que no hay canales adyacentes, en la que típicamente en cabecera, se ajustan los canales digitales 10 dB por debajo de los analógicos.

En la Figura 13 se muestra la estructura combinada para una cadena amplificadora de dos canales, uno analógico y otro digital.

Idealmente, esta cadena debe amplificar cada canal de forma totalmente independiente como se muestra en la Figura 14. Sin embargo, si observamos la Figura 15, donde se muestra la respuesta de los filtros de dos monocanales, vemos que ésta se solapa ampliamente. Puesto que no son totalmente selectivos, parte de la señal de cada canal adyacente es amplificada por cada uno de los

monocanales vecinos, de forma que para niveles altos de señal de salida se producen fenómenos de interferencia e intermodulación que perjudican, principalmente, al canal analógico.

En las figuras 16, 17 y 18 se detalla como en la zona de separación de los dos amplificadores se produce el solape de las bandas de paso de los filtros, de forma que cuando se aumenta la ganancia se produce primero, interferencia del canal digital sobre analógico, y luego, intermodulación.

Cuando el canal digital es un canal superior al analógico la interferencia puede afectar a la portadora de sonido, véase la Figura 16, mientras que si el canal digital es inferior al analógico la interferencia afecta más a la portadora de vídeo, véase la Figura 17. Este último caso es el más desfavorable, al afectar a la portadora de vídeo, y por tanto, a la calidad de la imagen.

Finalmente, si el nivel de salida se acerca al máximo del amplificador, este comienza a intermodular degradándose rápidamente la calidad de la imagen analógica. En la Figura 18 se muestra esquemáticamente el efecto de la intermodulación de un canal digital sobre la portadora de vídeo, que es equivalente al de un “ruido coloreado”.

En las figuras 19 y 20 se muestran medidas de los casos descritos anteriormente. Se observa también, como la ganancia es máxima en la zona de separación de los dos canales, como consecuencia de las aportaciones de los dos amplificadores en esta zona. Esto hace que el nivel de la portadora de sonido aumente considerablemente en este punto, y llegue a rebasar el nivel de la portadora de vídeo, lo que afecta a la potencia de salida del monocanal y provoca que éste intermodule con niveles de salida más bajos.

Cuando el canal de TV analógica se encuentra por encima del TV digital se produce el mismo fenómeno aunque la intermodulación se produce antes al tener un nivel superior la portadora de vídeo.

Al igual que en los amplificadores bicanales el efecto de la intermodulación afecta primero a la imagen analógica apareciendo una imagen fuertemente punteada, tal como se muestra en la Figura 21.

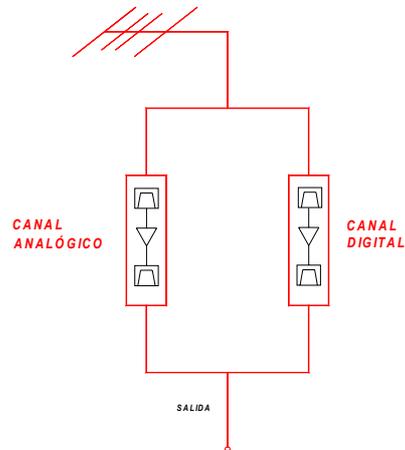


Figura 13. Esquema de una instalación para dos canales.

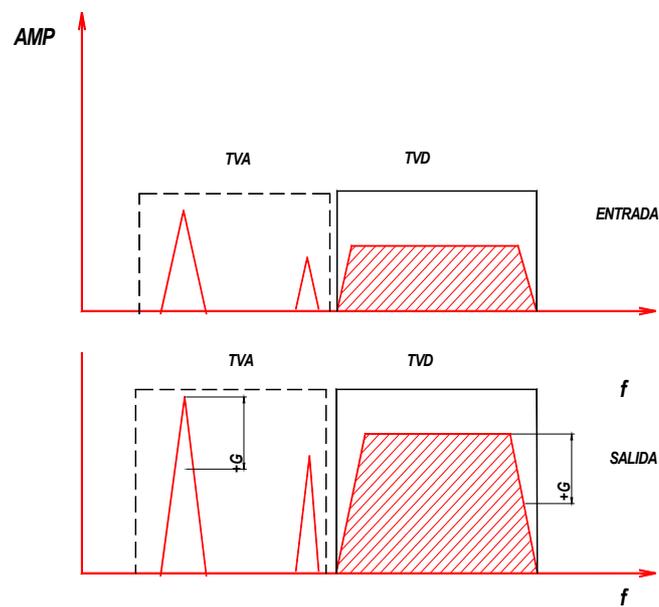


Figura 14. Respuesta ideal de dos amplificadores monocanal.

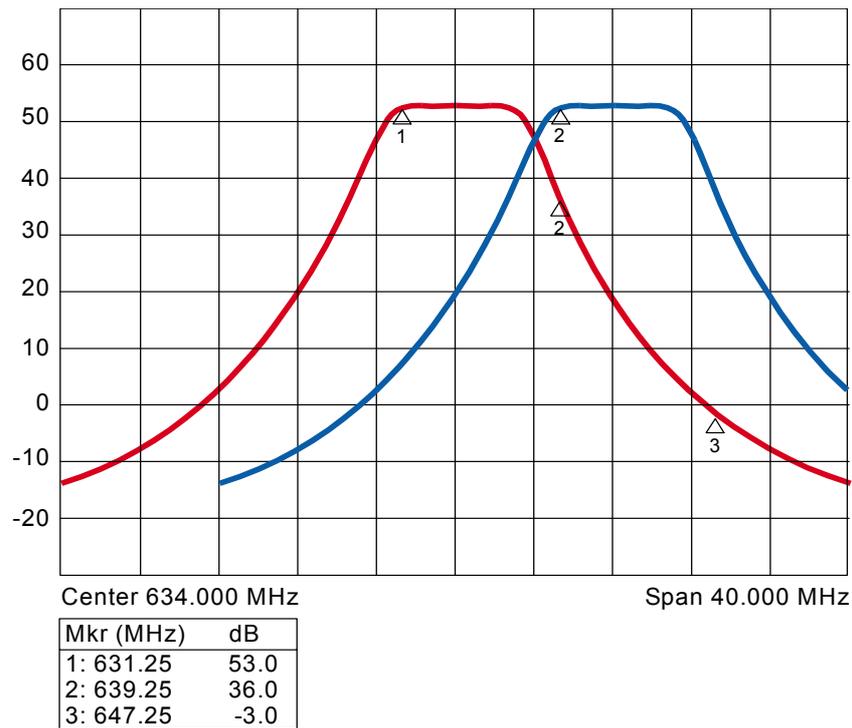


Figura 15. Respuesta en frecuencia de dos monocanales, donde se aprecia el solape de las bandas de cruce.

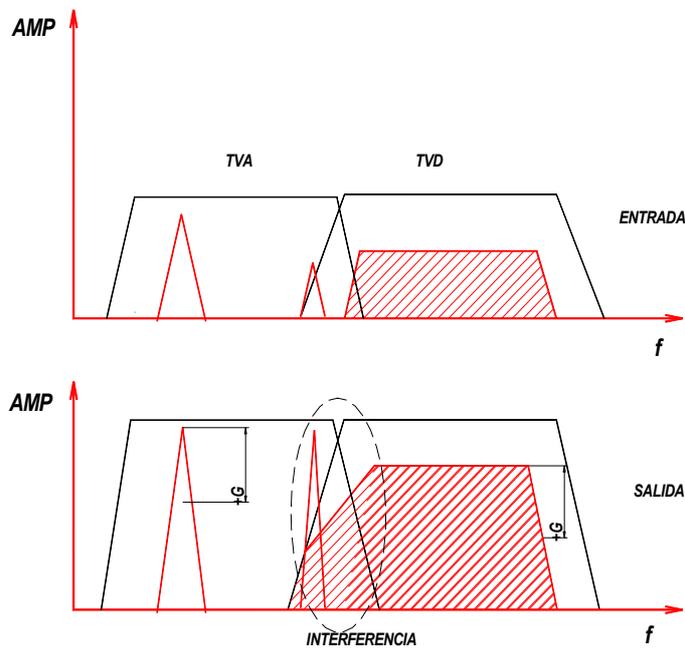


Figura 16. Interferencia del canal TVD sobre la portadora de sonido del canal TVA.

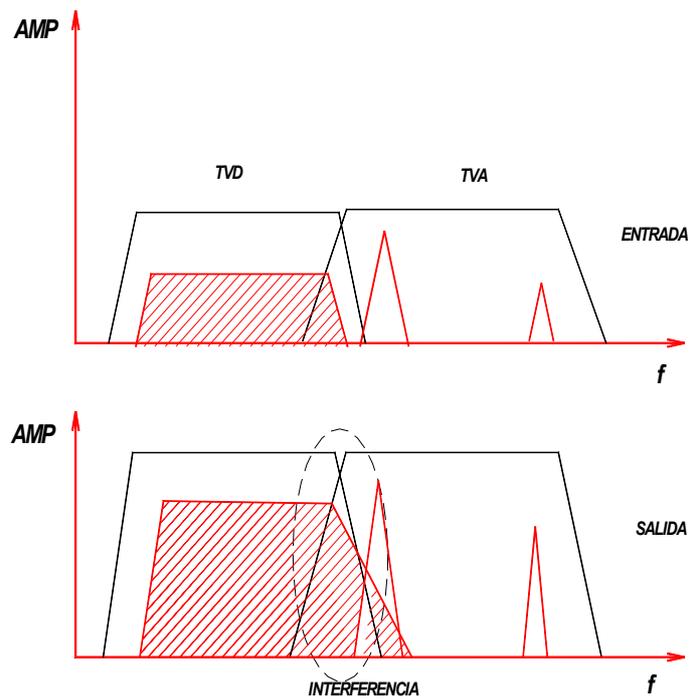


Figura 17. Caso peor: Interferencia del canal TVD sobre la imagen del canal TVA.

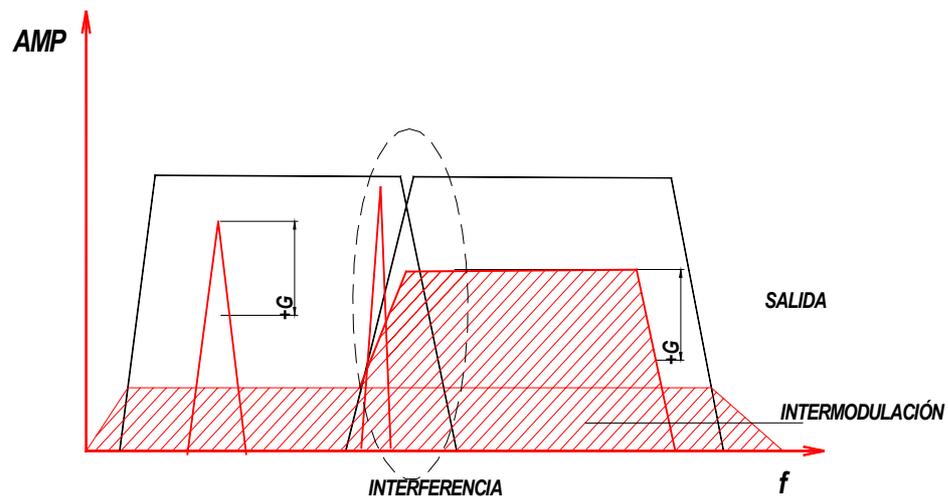


Figura 18. Situación equivalente a las anteriores, agravada por la intermodulación.

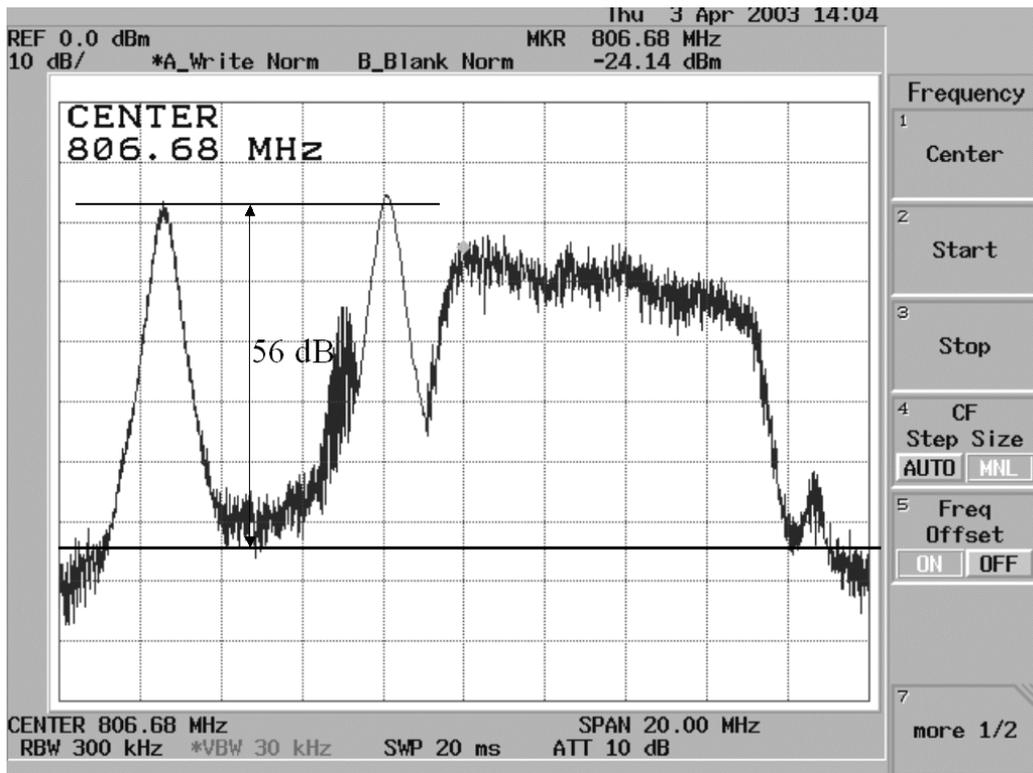


Figura 19. Espectro TVA+TVD con baja intermodulación (>54 dB).

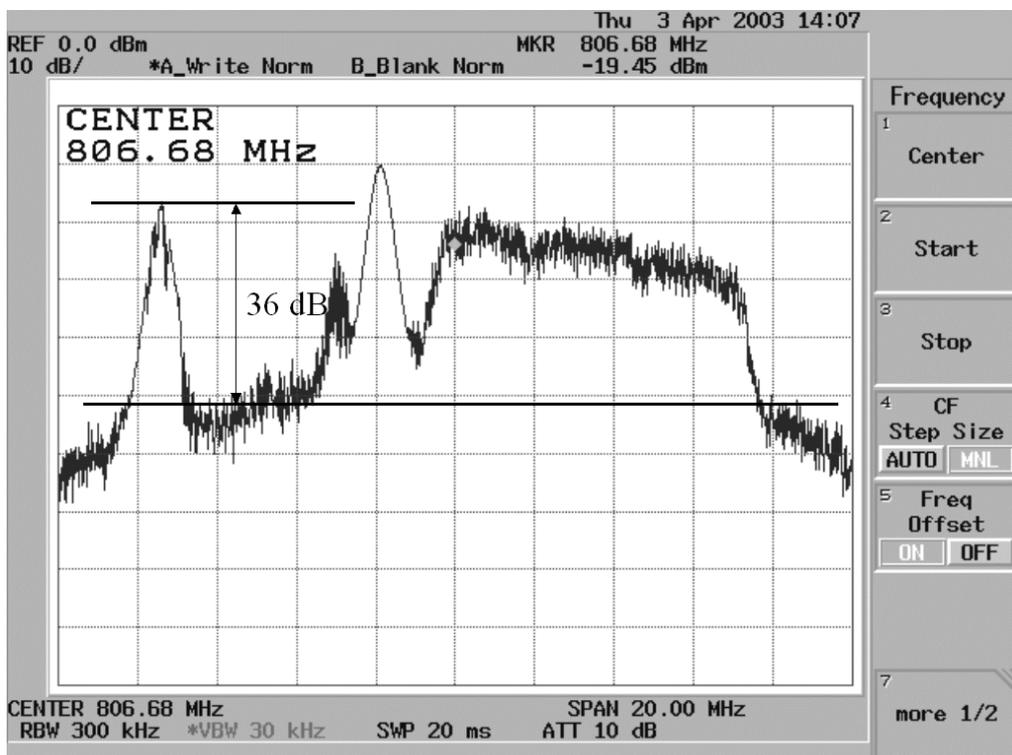


Figura 20. Canal de TVA y TVD con intermodulación importante (≈ 36 dB).



Figura 21. Imagen de un canal analógico con efecto de “nieve” producido por intermodulación. Corresponde a una relación señal/intermodulación de 36 dB.

Como conclusión se puede decir que cuando el canal adyacente es digital, los monocanales con insuficiente selectividad de entrada no permiten conseguir los mismos niveles de potencia de salida que consiguen cuando el canal adyacente es analógico. Comienzan a intermodular con potencias inferiores a la máxima especificada, porque amplifica parte de la señal del canal digital adyacente.

En la práctica, amplificadores que estuvieran ajustados y funcionando correctamente en instalaciones antiguas, pueden haber comenzado a intermodular con la aparición de los nuevos canales de TV digital. Esta situación se produce con mayor intensidad cuanto más cerca del nivel máximo de salida estén ajustados los amplificadores.

Por otro lado, el fenómeno de intermodulación es difícil de detectar en las actuales instalaciones, pues la medida no resulta sencilla con los equipos clásicos para instalaciones de TV. Además, en una instalación pueden existir varios canales unos adyacentes a otros, por lo que es necesario detectar cual o cuales son los que intermodulan.

La solución más sencilla consiste en reducir el nivel de salida de los canales analógicos que presenten “punteado blanco” hasta que desaparezca. Esta solución no siempre es posible por cuestiones de diseño de la instalación (se degrada la relación C/N). En cuyo caso es necesario reemplazar los amplificadores de canales analógicos adyacentes a canales digitales por

monocanales adyacentes más selectivos. Con esta solución se consigue mantener el nivel de salida y reducir la intermodulación.

Como alternativa al empleo de monocanales adyacentes, para situaciones de interferencias más fuertes, existen otras soluciones que se detallan en el Apartado 5.

Al margen de los problemas de interferencia e intermodulación que se han descrito, pueden existir situaciones en las que los niveles de salida de los monocanales de TV digital se hayan ajustado inadecuadamente. Estas situaciones se producen cuando, por error, no se ha aplicado el factor de corrección correspondiente al ancho de banda del equipo de medida, tal como se ha descrito en el apartado 2.1.1., o no se aplica la reducción de 10 dB en la potencia de salida con respecto a los canales de TV analógica.

En ambas situaciones los monocanales de TV digital pueden intermodular y afectar a los canales adyacentes.

- **Amplificadores monocanal selectivos**

Actualmente, existen amplificadores que no presentan estos problemas porque emplean filtros de entrada más selectivos. En las figuras 22 y 23 se muestran las medidas¹ obtenidas a la salida de dos amplificadores de estas características.

En la Figura 22 la relación de potencias de salida es de +1 dB a favor del canal analógico, teniendo en cuenta el factor de corrección que se aplica a la señal digital, que para el ancho de banda con el que efectúa la medida (100 KHz) es de 19 dB.

En la Figura 23 el nivel de la señal digital es 16 dB superior al de la analógica, no apreciándose interferencia ni intermodulación.

En ambos casos el filtrado de entrada es bueno y la potencia de salida de cada amplificador depende solo del nivel de señal de entrada del canal amplificado, no influyendo el canal adyacente, sea éste analógico o digital. Únicamente se aprecia un ligero incremento en el nivel de la portadora de sonido del canal analógico cuando se incrementa la ganancia del canal digital. Este incremento es muy pequeño debido al adecuado filtrado de entrada, por lo que no provoca intermodulación ni interferencia en el canal adyacente.

Por lo tanto, la mayor selectividad de los monocanales adyacentes los hace más independientes unos de otros y menos sensibles a interferencias e intermodulaciones.

¹ Las figuras 22 y 23 han sido realizadas con un ancho de banda de resolución inferior (100 KHz), con objeto de apreciar mejor la zona de separación de los dos canales.

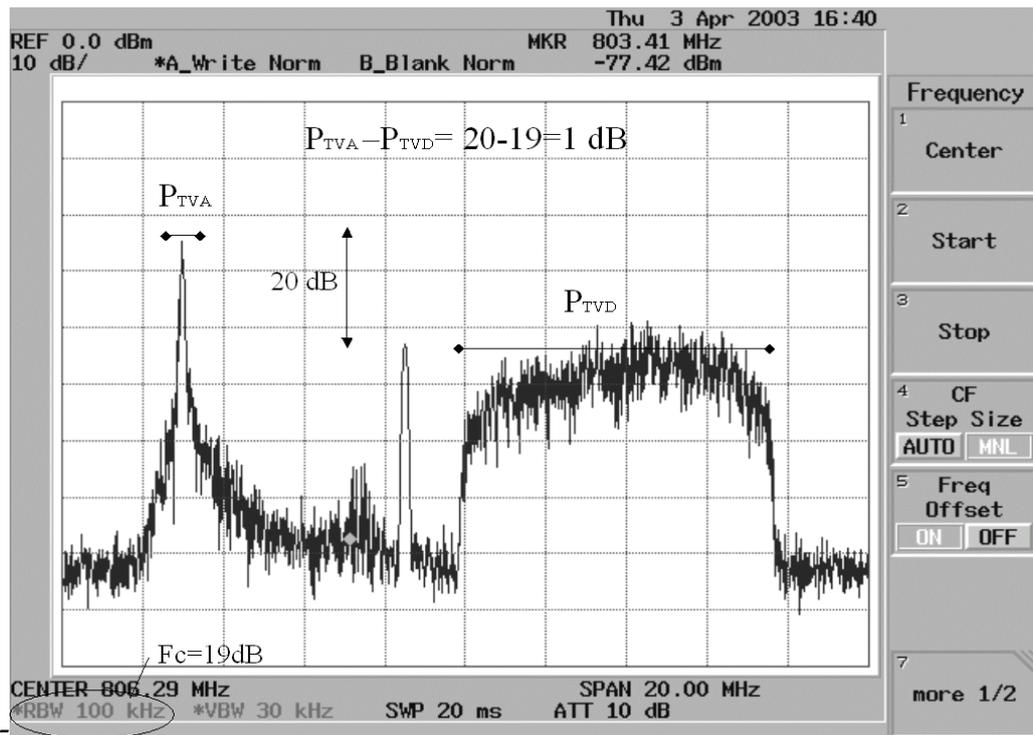


Figura 22. Señales de TVA y TVD amplificadas con monocanales selectivos.

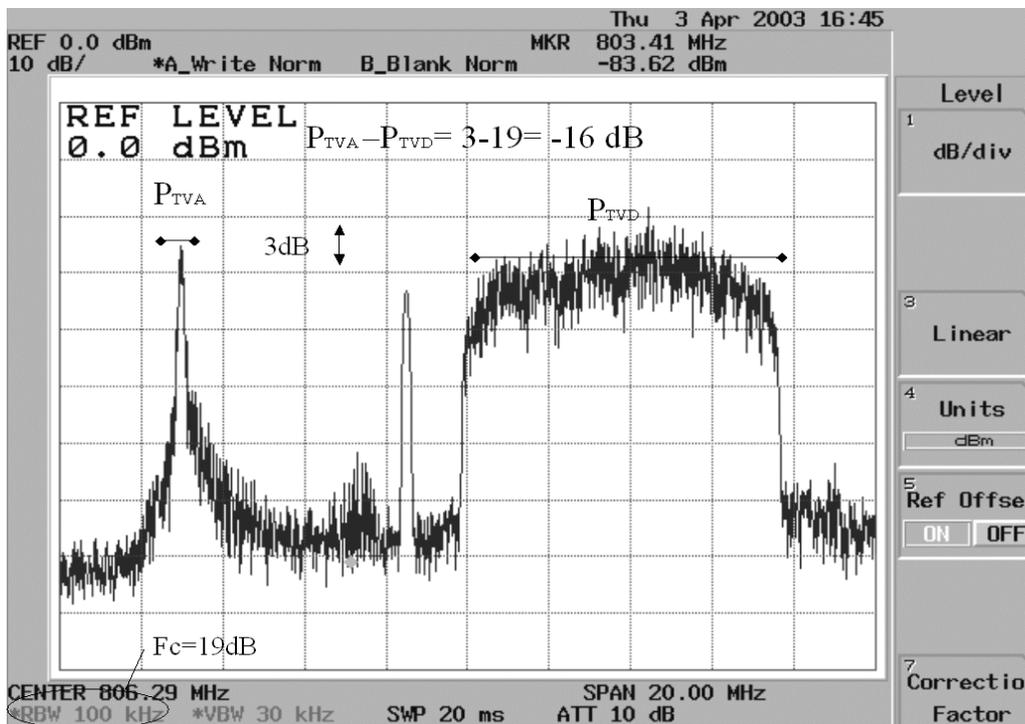


Figura 23. Señales de TVA y TVD amplificadas con monocanales selectivos. Obsérvese el nivel de TVD superior a TVA sin intermodulación o interferencia.



4. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LOS AMPLIFICADORES SELECTIVOS



Para resolver los problemas descritos anteriormente, los fabricantes han desarrollado diferentes soluciones. En este apartado, se van a analizar sistemas amplificadores existentes en el mercado de varios fabricantes. Se han seleccionado sistemas amplificadores de los tres tipos básicos que hemos mencionado en el apartado 3.2. A continuación se describen estos tres tipos:

1. *Amplificadores Multicanal:*

- Permiten amplificar conjuntamente 2 o más canales (analógicos y digitales), por lo tanto, su ancho de banda es de 16, 24 o 32 MHz. En la Figura 25 se muestra la respuesta en frecuencia de un bicanal.
- Proporcionan menor nivel de salida que los monocanales pues al no filtrar cada canal por separado intermodulan antes que éstos.
- Su aplicación está indicada cuando no se requiera un nivel elevado de salida, típicamente en instalaciones de pocas viviendas.

2. *Amplificadores Monocanal:*

- Amplifican un único canal, por lo que su ancho de banda es de 8 MHz. En la Figura 26 se muestra la respuesta de un amplificador monocanal normal.
- Son de aplicación general.
- Proporcionan un nivel de salida por canal más elevado que los multicanales pues intermodulan más tarde.
- La presencia de canales adyacentes puede provocar intermodulación en la salida y la necesidad de tener que reducir el nivel de salida.

3. *Amplificadores de Canal Adyacente:*

- Son básicamente los mismos que los monocanales normales, únicamente se ha mejorado la selectividad añadiendo una etapa filtrante, véase la Figura 24, y ajustando la respuesta de los filtros. En la Figura 27 se muestra la respuesta en frecuencia y en la Figura 28, donde se presentan ambas respuestas, se aprecia claramente el incremento de la selectividad.

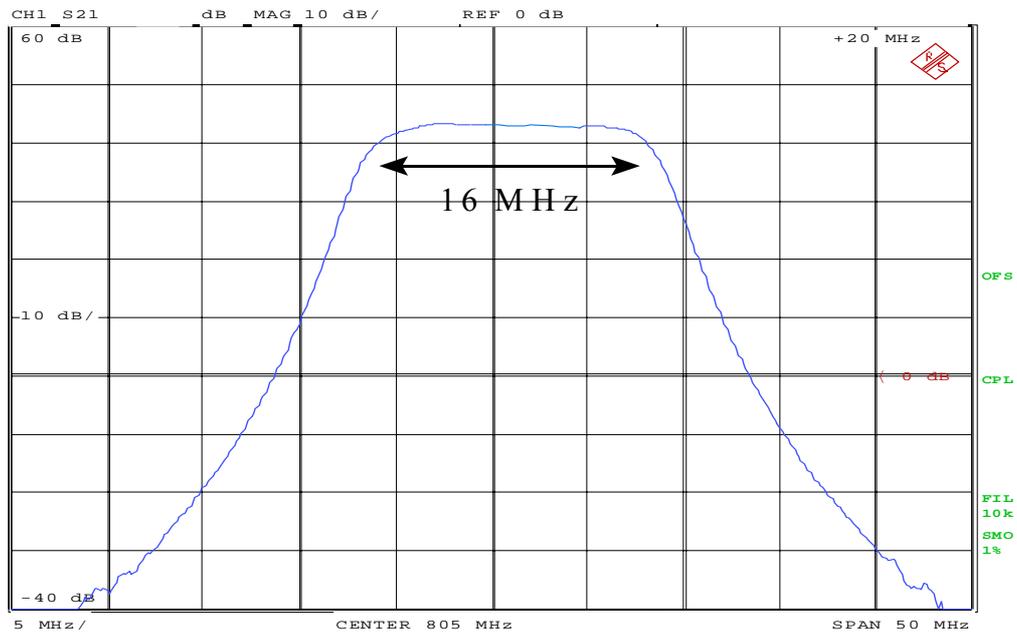


Figura 25. Respuesta en frecuencia de un amplificador bicanal.

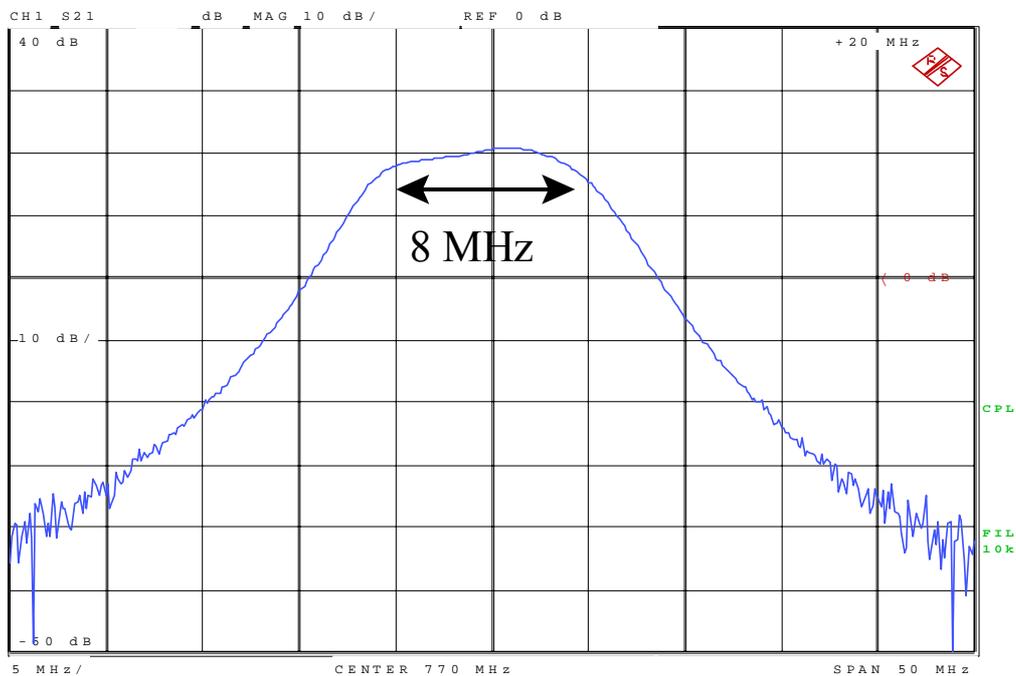


Figura 26. Respuesta en frecuencia de un amplificador monocanal normal.

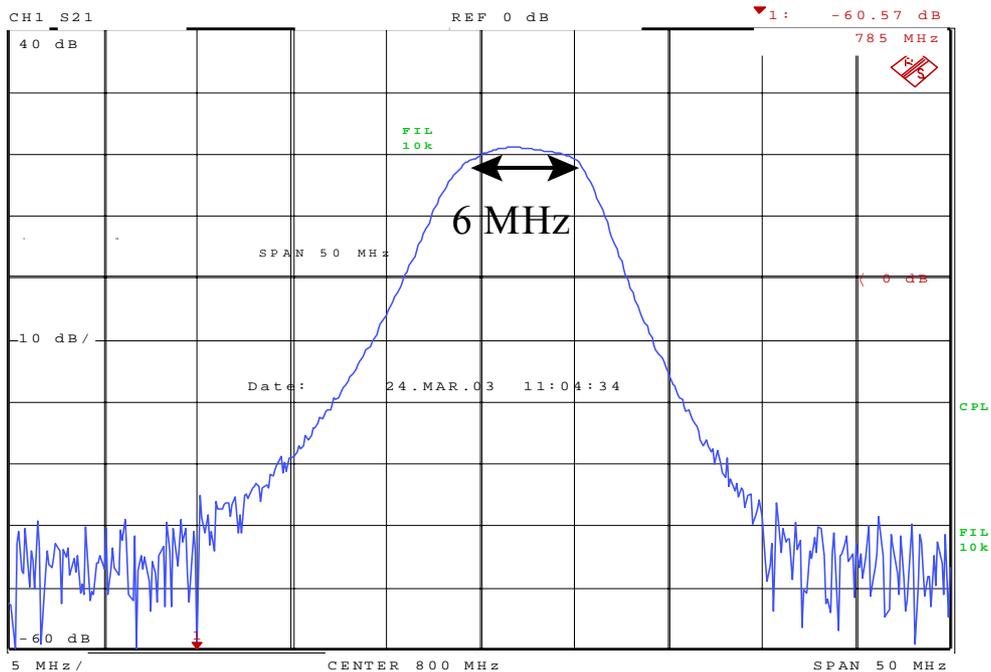


Figura 27. Respuesta en frecuencia de un monocanal adyacente.

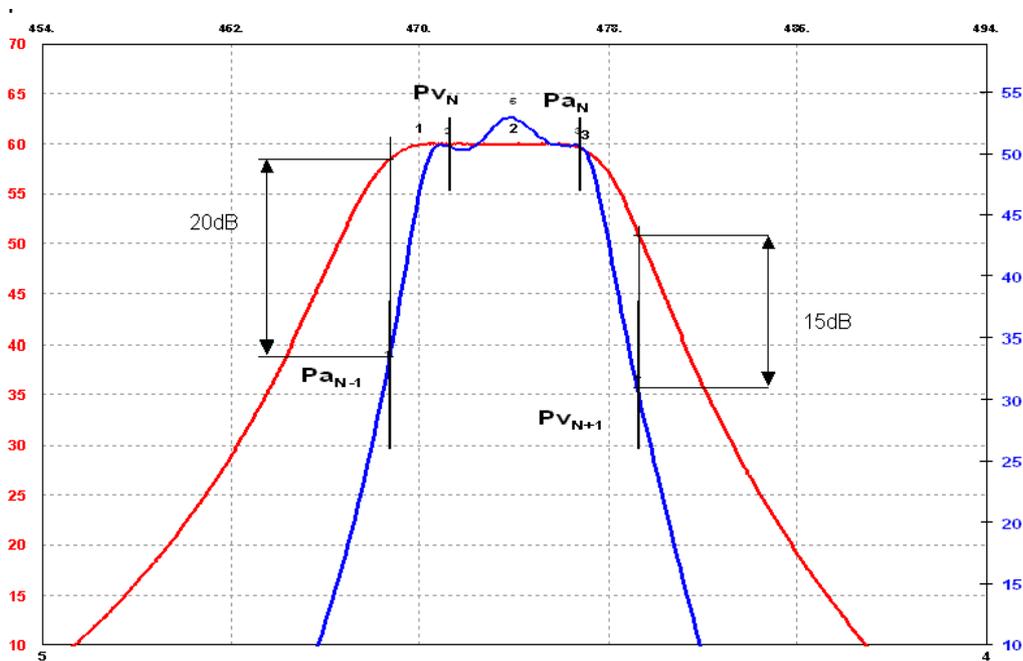


Figura 28. Comparativa de selectividad: Monocanal normal vs. adyacente.

4.1. AMPLIFICADORES DE TELEVÉS

De este fabricante se han seleccionado tres tipos diferentes de amplificadores que responden a las características que hemos mencionado anteriormente.

- Módulos multicanal: 5086 amplifican de 2 a 5 canales.
- Monocanal: 5094.
- Módulos selectivos (adyacentes): 5098.

En la Tabla 2 se presentan las características más importantes que el fabricante suministra sobre estos tres tipos de amplificadores.

Tabla 2. Parámetros principales de los amplificadores de TELEVÉS.

	Multicanal				Monocanal	Adyacente
Referencia	5086				5094	5098
Ancho de banda (MHz)	16	24	32	40	8	6
Ganancia (dB)	52				57	52
Potencia de salida (dB μ V) *	111	109	108	108	>125	>121
Figura de ruido (dB)	+9				<9	<11
Regulación de ganancia (dB)	30				30	20
Margen CAG (dB)	30				30	30
Rechazo (n+1) (dB)	>3				>3	>15
Rechazo (n+2) (dB)	>15				>25	>50
Rechazo (n+3) (dB)	>30				>50	-

*Norma EN 50083-5, Productos de intermodulación de tercer orden IM3 -54 dB

En lo que respecta a amplificadores multicanal, dispone de amplificadores que permiten amplificar entre 2 y 5 canales con anchos de banda de 16 a 40 MHz.

Los niveles de potencia de salida se sitúan entre 108-111 dB μ V para niveles de intermodulación de -54 dB. Estos valores son notablemente inferiores a los permitidos para los amplificadores monocanal o de canal adyacente. Por lo tanto, los amplificadores multicanal constituyen un importante ahorro en instalaciones pequeñas donde no sea necesario conseguir niveles de salida muy elevados.

En la Tabla 2 se puede observar como los amplificadores monocanales normales permiten conseguir el máximo nivel de salida, 125 dB μ V, y poseen también la máxima ganancia, 57 dB. Sin embargo, tanto los multicanales como los monocanales, no pueden técnicamente mantener el ancho de banda del canal y

conseguir un elevado rechazo del canal adyacente. Por eso, todos estos amplificadores presentan un escaso rechazo en el canal adyacente (rechazo $n\pm 1=3$ dB). Es por este motivo por el que el nivel de salida se ve afectado cuando existe una emisión de TV en un canal adyacente.

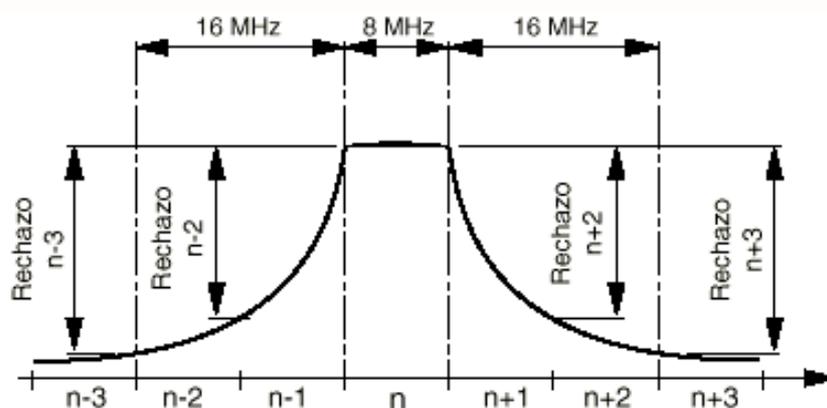


Figura 29. Definición de la especificación de selectividad de los amplificadores.

Para el caso de monocanales adyacentes observamos como el ancho de banda del canal es de 6 MHz, por lo que se consigue un rechazo en el canal $n+1$ de 15 dB. Con esta selectividad, el monocanal se vuelve insensible a la presencia de un canal adyacente.

Por otra parte, en los monocanales adyacentes el nivel de salida y la ganancia son algo inferiores al de los monocanales normales. Esto es debido al filtrado adicional que requieren estos amplificadores, lo que incrementa las pérdidas en el filtro de salida y reduce ligeramente la potencia y la ganancia.

Como aspecto remarcable cabe mencionar que los amplificadores de TELEVÉS disponen de circuitos de control automático de ganancia (CAG). Este circuito regula la ganancia del amplificador manteniendo constante la potencia de salida. De esta forma se evita que el amplificador intermodule por cambios en el nivel de la señal entrada, por ejemplo, por variaciones de las condiciones de propagación. Es una prestación muy interesante en situaciones de interferencia.

El resultado es que son más sencillos de ajustar y más estables, pues el nivel de salida se mantiene constante frente a variaciones que pueden ser debidas a la propagación o variaciones de temperatura en los equipos.

4.2. AMPLIFICADORES DE ALCAD

Como en el caso anterior se han seleccionado modelos de los tres tipos de amplificadores considerados en el informe. ALCAD dispone de los siguientes modelos:

- Módulos multicanal: ZG-402, ZG-403, ZG-404 (2-4 canales).
- Monocanal normal: ZG 401.
- Monocanal adyacente: ZG 421.

Las características de los mismos se muestran en la Tabla 3. Como se muestra en la citada Tabla, este fabricante posee amplificadores multicanales de 2, 3 y 4 canales con ganancias de 53 dB. Las características son similares a las de los demás fabricantes, aunque los niveles de señal máxima de salida se especifican para los dos tipos de señal, analógica y digital.

Tabla 3. Parámetros principales de los amplificadores de ALCAD.

	Multicanal			Normal	Adyacente
Referencia	ZG-402	ZG-403	ZG-404	ZG 401	ZG 421
Número de canales	2	3	4	1	1
Ganancia	53	53	53	53	53
Potencia de salida (analógico) (dBμV)	106 dBμV (IM3 -66 dB)			>123,5	>120
Potencia de salida (digital) (dBμV)	118,5 dBμV (IM3-35 dB)			>118,5	>115
Figura de ruido (dB)	<6			<6	<6
Regulación de ganancia (dB)	20			20	20
Rechazo (n+1) (dB)	28	20	20	-	>17
Rechazo (n+2) (dB)	44	33	31	>37	>56
Rechazo (n+3) (dB)	26	17	19	>60	-

Así, en los amplificadores multicanales para TV analógica se consiguen niveles de salida de 106 dBμV con una intermodulación máxima (IM3) inferior a -66 dB. Se entiende que basta con que uno de los 2-4 canales amplificados sea analógico, para que exista esta limitación de potencia en todos los demás.

En el caso de canales digitales, se permite un nivel de salida más elevado de hasta 118,5 dBμV, pues como hemos mencionado las señales de TV digital admiten mayor intermodulación, y por tanto, este nivel de salida admite una intermodulación de 35 dB.

Si se amplifican canales analógicos y digitales conjuntamente se debe aplicar el nivel máximo de 106 dBμV, para no interferir el canal analógico.

Por lo que respecta a selectividad, en el caso de los amplificadores monocanales normales y adyacentes, no existen más que pequeñas diferencias en los datos de rechazo a canales superiores (n+1, n+3,...) que son ligeramente superiores y es consecuencia de haber ajustado de forma diferente el filtro de canal.

En lo relativo a las potencias de salida, se especifican valores diferentes para TV digital y TV analógica. Se permiten 5 dBµV más en la analógica que en la digital. Esta situación debe ser consecuencia de las características de filtrado del monocanal, que permite conseguir mayor nivel de salida con señal analógica.

4.3. AMPLIFICADORES DE IKUSI

El tercer fabricante analizado dispone también de productos equivalentes a los anteriores. Los modelos seleccionados son:

- Módulos multicanal (bicanal y multicanal para canales 66-69 y 65-69): SZB-182, SZB-184 y SZB-185.
- Monocanal normal: SZB 149.
- Monocanal adyacente: SZB 141.

En lo que respecta a los multicanales, resaltar que se ofrecen solo para los canales 65-69 y 66-69.

En cuanto a los niveles de potencia de salida, son similares a los de los otros fabricantes y también se especifican por separado para TV analógica y digital en el caso de los multicanales.

Tabla 4. Parámetros principales para los amplificadores de IKUSI.

Referencia	Multicanal			Normal	Adyacente
	SZB-182	SZB-184	SZB-185	SZB 149	SZB 141
Canales	2 UHF	66 a 69	65 a 69	1	1
Ganancia (dB)	59	60	60	59	52
Potencia de salida (analógico) (dBµV) *	120	111	117	126	126
Potencia de salida (digital) (dBµV) *	110	111	107	-	-
Figura de ruido (dB)	<5			5	9
Regulación de ganancia (dB)	20			20	20
Rechazo (±5.25 MHz) (dB)	-	-	-	-	>18 dB

*Norma EN 50083-5, IM3 -54 dB



Los modelos SZB-149 y SZB-141 (amplificadores monocanales), presentan un buen nivel de salida, especialmente el adyacente, que aunque posee menor ganancia (7 dB menos), suministra la misma potencia de salida que el amplificador normal.

La selectividad es equivalente a la de modelos similares de otros fabricantes. En particular se detalla el mayor rechazo que consigue el monocanal adyacente, cifrado en 18 dB para $\pm 5,25$ MHz.





5. OTRAS SOLUCIONES



En el análisis de los problemas de las instalaciones colectivas en el apartado 3.2.2., se ha visto que el empleo de monocanales adyacentes o la reducción del nivel de salida soluciona los problemas de intermodulación e interferencia en las instalaciones. Sin embargo, como las situaciones que se pueden plantear son muy variadas, conviene analizar otras soluciones aplicables a instalaciones antiguas. A continuación vamos a comentar tres posibles soluciones aplicables a instalaciones colectivas:

- Empleo de trampas.
- Utilización de convertidores de frecuencia y filtros de onda superficial.
- Recepción de varias fuentes.

5.1. EMPLEO DE TRAMPAS

Cuando se producen interferencias entre canales digitales y analógicos y no se resuelven regulando el nivel de potencia o utilizando un monocanal adyacente, existe la alternativa de utilizar trampas para cancelar la misma.

Una trampa de ondas es un filtro doble (dos polos) banda eliminada sintonizable. Se emplea para aumentar la selectividad del monocanal y conseguir algo parecido a lo que se consigue con un monocanal adyacente. En la Figura 30 se muestra la respuesta de uno de estos filtros.

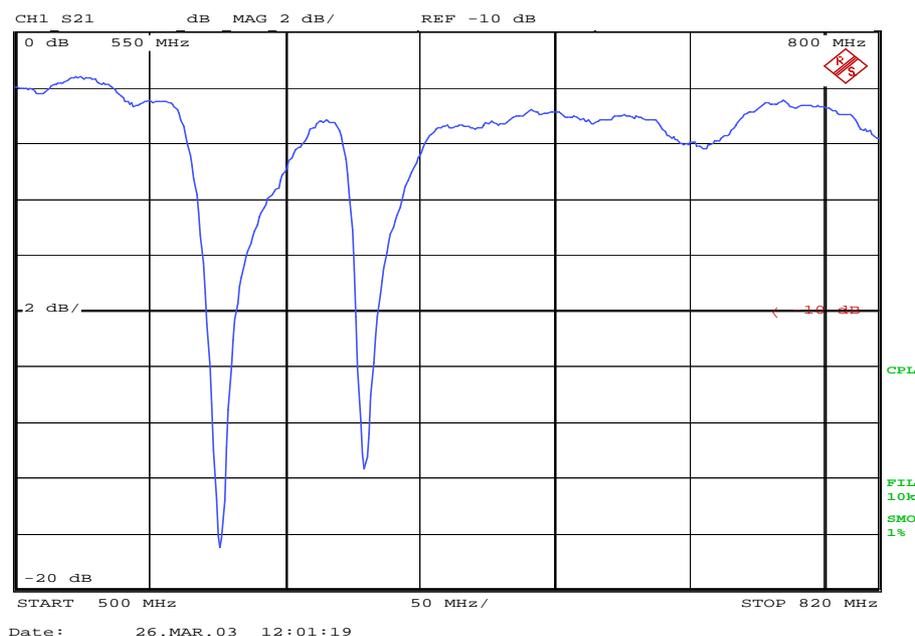


Figura 30. Respuesta del filtro en trampa de ondas.

La trampa se utiliza para mejorar el rechazo de los monocanales insertando uno o dos nulos entre dos canales adyacentes. Para ello se sitúa a la entrada del monocanal analógico afectado por la interferencia. Esto se realiza intercalando la trampa en el puente de entrada del monocanal.

Una vez instalada se debe ajustar con cuidado para reducir la interferencia sin distorsionar la señal útil del canal seleccionado. Para ello, el punto óptimo de ajuste consiste en insertar los nulos en la banda de paso entre los dos canales, de forma que se refuerce el rechazo de la señal digital en el amplificador de TV analógica.

Inicialmente se ajusta uno de los nulos situándolo entre los dos canales e intentando reducir la intermodulación. Si no se consigue la reducción deseada, se ajusta el segundo nulo en el mismo punto. El objetivo final es eliminar la interferencia e intermodulación existente, que como hemos mencionado se manifiesta como punteado blanco de la imagen analógica.

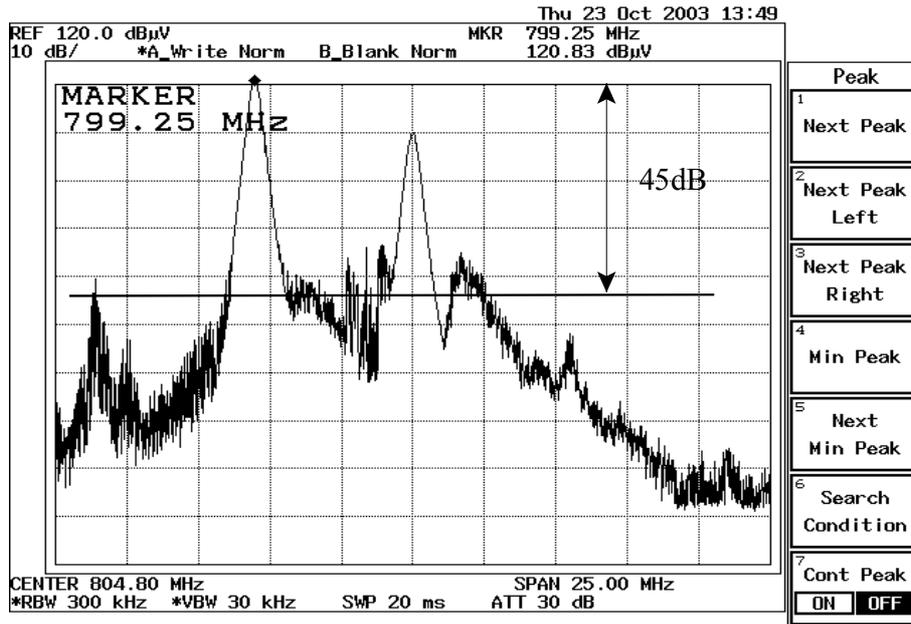
Si el canal digital es superior al analógico la atenuación de la trampa no afecta tanto a la portadora de video por lo que los resultados suelen ser mejores. En este caso, se reduce el nivel de la portadora de sonido, lo que se traduce en una reducción del volumen, no de la calidad del sonido. En esta situación es en la que se obtienen mejores resultados (véase la Figura 31).

La situación más delicada se produce cuando el canal digital se encuentra por debajo del canal analógico (Figura 32). En este caso, el nulo de la trampa se ha de insertar entre el canal digital y la portadora de video del canal analógico, por lo que la influencia es máxima sobre la portadora de video y esto puede degradar apreciablemente la imagen analógica. En esta situación resulta complicado conseguir mejoras empleando este dispositivo.

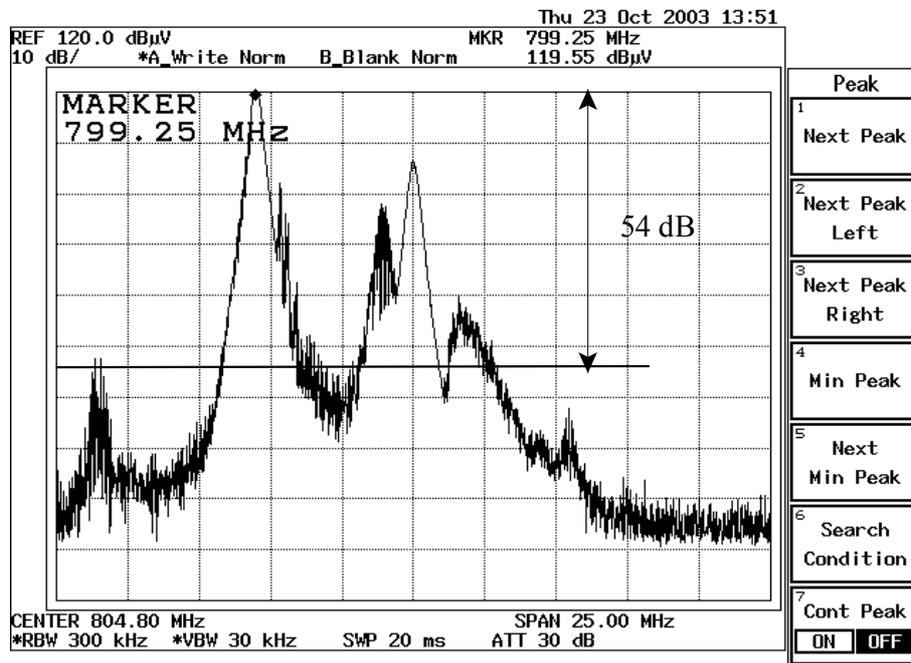
El proceso de ajuste de la trampa se puede resumir en cuatro pasos:

1. Modificar la sintonía de uno de los nulos de la trampa hasta que se sitúe entre el canal digital y el analógico. El empleo de un analizador de espectros o medidor de campo resulta imprescindible para esta operación.
2. Reajustar la trampa monitorizado la imagen analógica para intentar reducir la interferencia.
3. Si no se consigue reducir la interferencia con un único nulo, sintonizar el segundo nulo de la misma forma y repetir el ajuste fino.
4. Una vez se ha eliminado la interferencia en el canal analógico, medir la BER del canal digital para comprobar que cumple la especificación.

Como se ha mencionado el éxito de esta técnica depende de varios factores: relación portadora video/potencia canal digital, nivel de intermodulación, situación del canal digital con respecto del canal analógico, etc. En todo caso son dispositivos de difícil ajuste que requieren tener experiencia en su utilización.

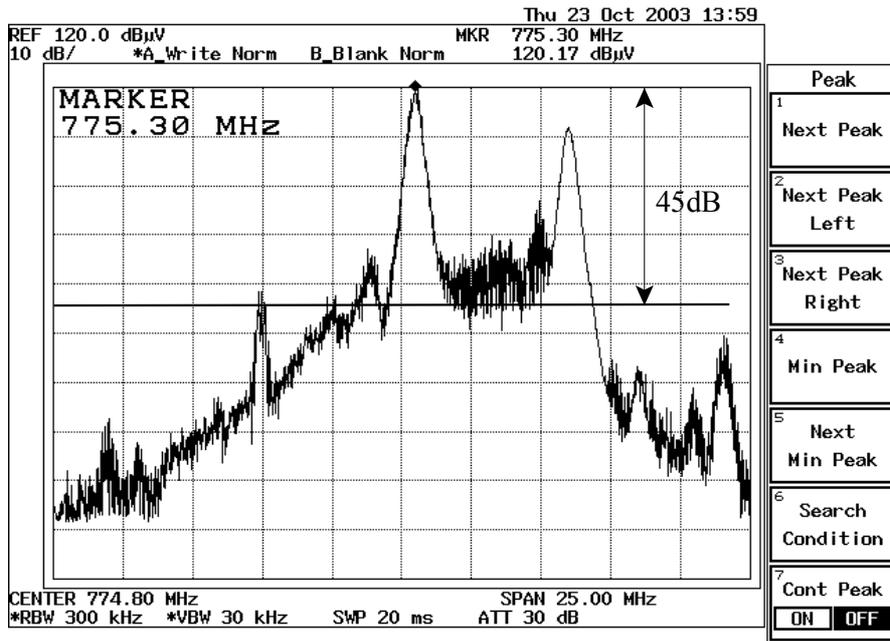


a) Salida del monocanal 58 sin trampa de entrada. Intermodulación: 45 dB.

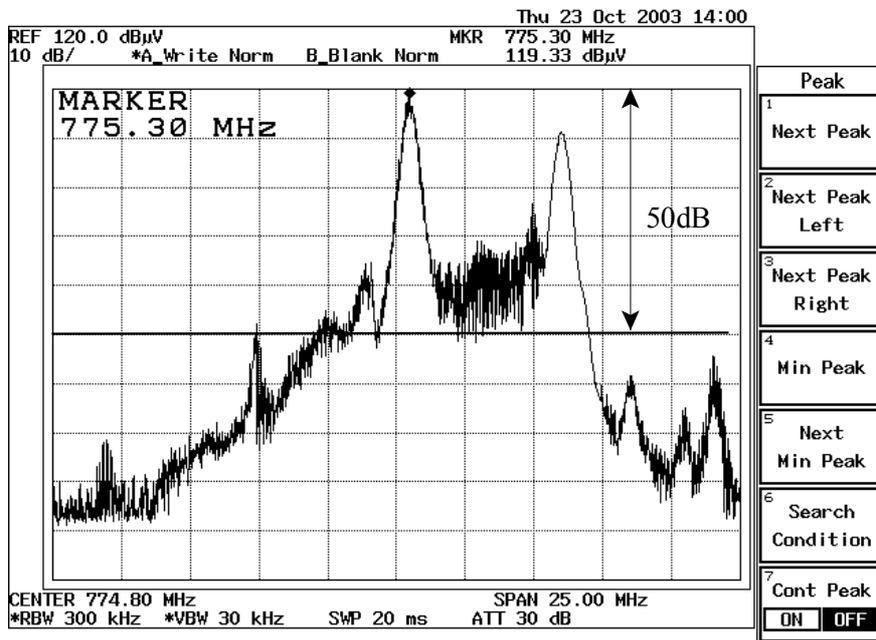


b) Salida del monocanal 58 con trampa sintonizada. Se aprecia una ligera reducción de 9 dB en la intermodulación.

Figura 31. Ajuste de la trampa de ondas: Canal TVD superior a TVA.



a) Salida del monocal 62 sin trampa de entrada. Intermodulación: 45 dB.



b) Salida del monocal con trampa sintonizada entre ambos canales. Mejora de 5 dB en la intermodulación.

Figura 32. Ajuste de la trampa de ondas: Canal TVA superior a TVD. En esta situación el ajuste es mucho más sensible.

5.2. UTILIZACIÓN DE CONVERSORES DE FRECUENCIA Y FILTROS DE ONDA SUPERFICIAL

Otras solución que vamos a evaluar consiste en el empleo de conversores de frecuencia que permitan trasladar los canales adyacentes a otros canales que se encuentren libres.

Los conversores de frecuencia realizan un cambio de canal empleando un convertor de frecuencia y un filtro selectivo, permitiendo trasladar un canal de una frecuencia a otra. Por lo tanto, analizaremos si el uso de estos conversores permitirá solucionar el problema de la intermodulación entre canales adyacentes de TV analógica y digital.

Si recordamos el problema descrito, se ha mencionado que se produce intermodulación entre canales adyacentes por filtrado insuficiente a la entrada. Por lo tanto, si empleamos un convertor de frecuencia con un filtro similar al de un monocal solo se conseguirá trasladar el problema a otra frecuencia. Sin embargo, sí el convertor de frecuencia emplea un filtro de frecuencia intermedia altamente selectivo, como es un filtro de onda acústica superficial (SAW), se conseguiría eliminar el problema antes de amplificar la señal. También se podrían agrupar los canales analógicos y digitales de forma que no se produjera interferencia entre ellos.

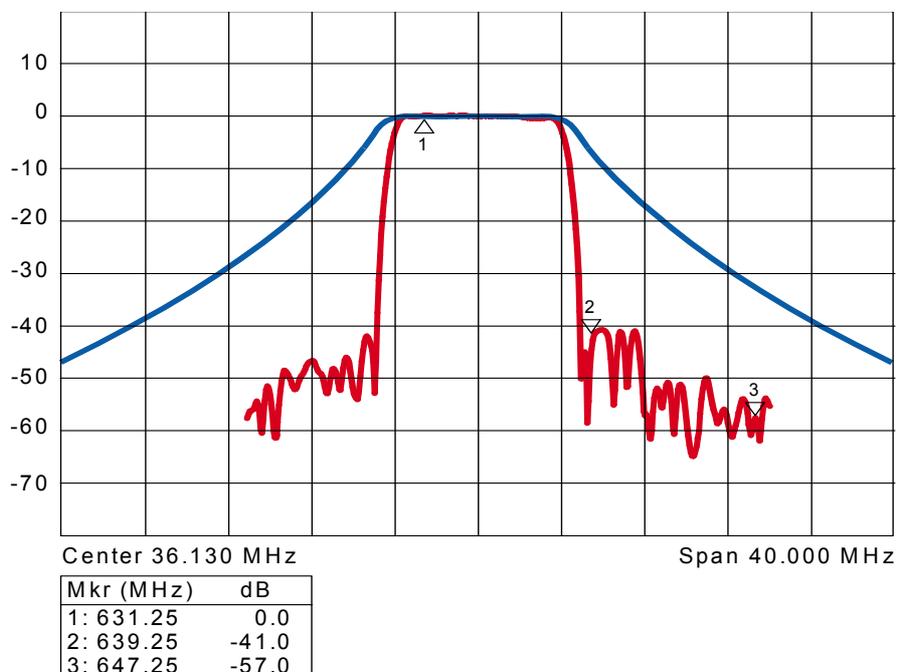


Figura 33. Comparación de la respuesta de un filtro SAW con la del filtro de un monocal. Rechazo de 41 dB en el canal (n+1) y de 67 dB en el canal (n+2). (Cortesía de ALCAD)

En la Figura 33 se compara la respuesta de un filtro SAW con la de un monocanal normal. Se puede apreciar la gran diferencia en la selectividad que existe entre ambos sistemas. El filtro SAW rechaza 41 dB el canal n+1, mientras que el monocanal normal rechaza únicamente 5 dB.

Empleando este tipo de filtros se eliminan totalmente los problemas de selectividad de entrada y la consiguiente intermodulación, manteniendo el ancho de banda del canal en 8 MHz.

Sin embargo, estos filtros no son sintonizables, por lo que es necesario emplear convertidores de frecuencia descendente para trasladar el canal de entrada a la frecuencia del filtro. También se requiere un convertor ascendente para amplificar y devolver la señal al canal que deseemos.

En la Figura 34 se muestran como se pueden agrupar los canales analógicos y digitales empleando convertidores de frecuencia. Con esta agrupación se consigue que posteriormente se puedan emplear amplificadores monocanales normales para la distribución.

En la Figura 35 se muestra el esquema de bloques de uno de estos convertidores. Se puede apreciar la complejidad del circuito que requiere osciladores, mezcladores y varias etapas amplificadoras.

Se trata de una solución de excelentes prestaciones que tiene el inconveniente de su elevado coste frente a otras alternativas. Debe emplearse en situaciones críticas en las que con estos últimos no se resuelve el problema.

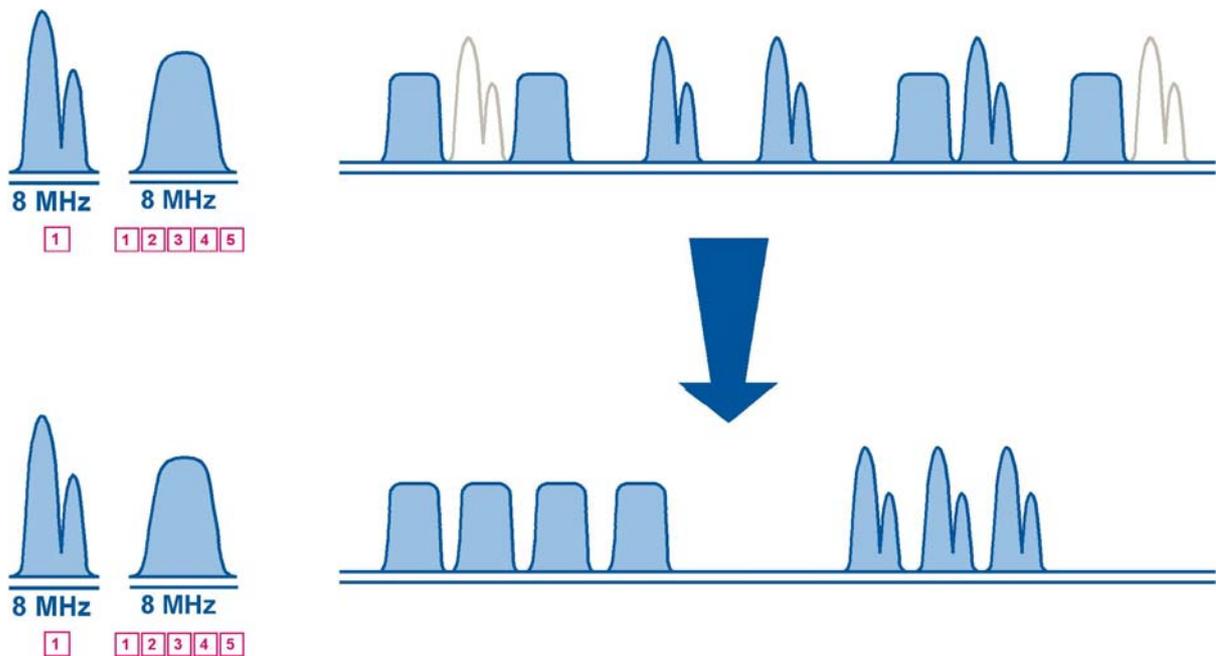


Figura 34. Aplicación de los convertidores de frecuencia para agrupar canales analógicos y digitales. (Cortesía de ALCAD).

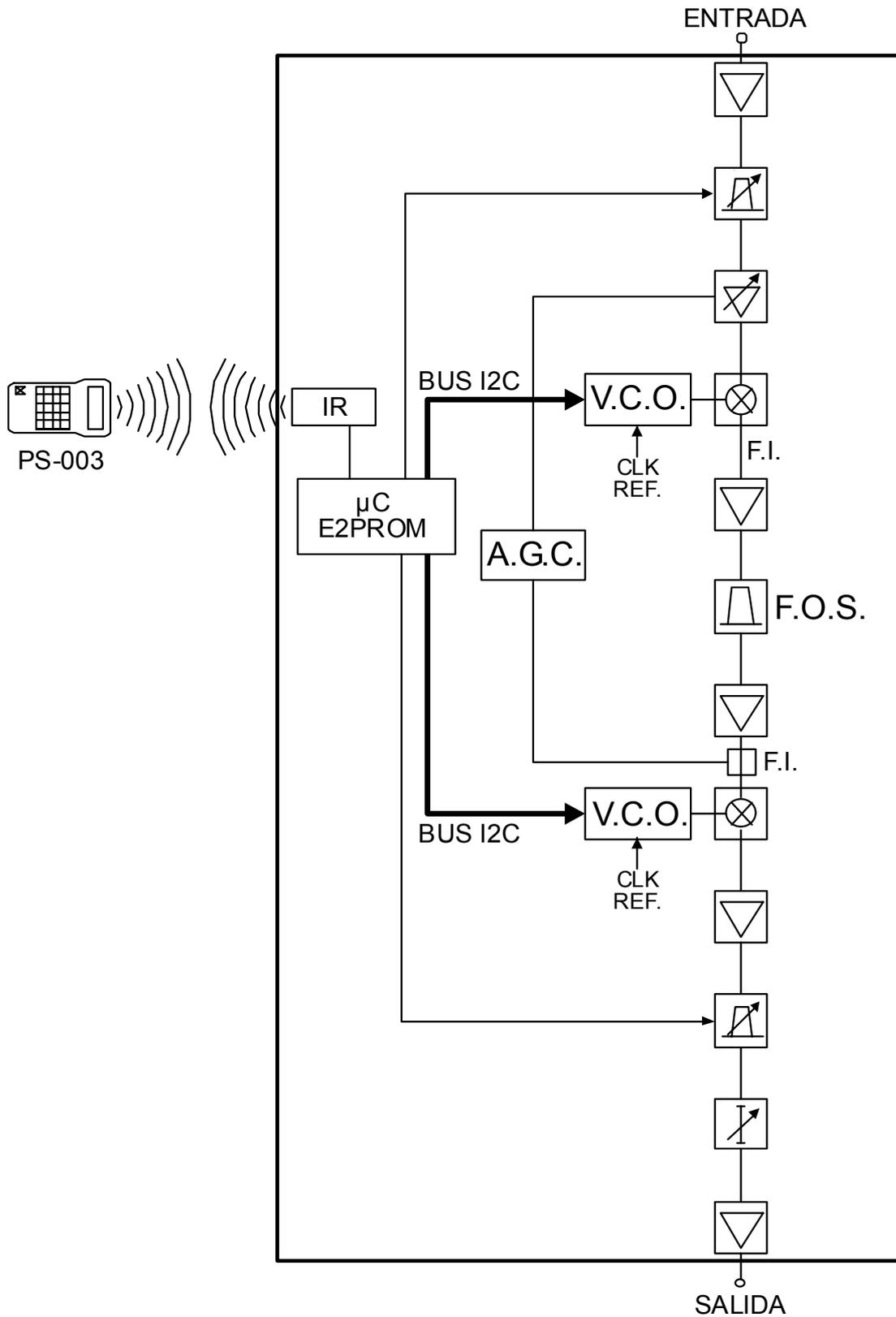


Figura 35. Esquema de bloques de un procesador de canal.
(Cortesía de ALCAD).





6. RESULTADOS EXPERIMENTALES



Para estudiar la interferencia entre canales analógicos y digitales se han realizado medidas con amplificadores monocanales de diferentes fabricantes, empleando amplificadores monocanales normales, adyacentes y multicanales. En este apartado se presenta la caracterización del material suministrado por los fabricantes.

6.1. OBJETIVO Y MONTAJES

El objetivo de las medidas era analizar los fenómenos de interferencia entre emisiones analógicas y digitales y evaluar las prestaciones y características de los sistemas amplificadores colectivos comerciales. Se han empleado amplificadores multicanal, monocanal normal, monocanal adyacente y filtros trampa de los siguientes fabricantes: IKUSI, ALCAD y TELEVÉS. Se les agradece a los mismos el suministro del material empleado y su colaboración para la elaboración de este informe.

El sistema de medida empleado constaba de los siguientes elementos:

- Antena TV UHF de 15 dB de ganancia.
- Nivel de señal en antena 85 dB μ V.
- Analizador de espectros: ADVANTEST 0 ÷ 26 GHz.
- Analizador vectorial: ROHDE&SCHWARZ 9KHz ÷ 4GHz.
- Medidor TV Promax: PROLINK 3+.
- Monitor Sony Trinitron de 14".
- Acopladores, atenuadores y material diverso.

En una primera fase se han realizado medidas para caracterizar la respuesta lineal del material de los diversos fabricantes:

- a. Medida de la respuesta en frecuencia.
- b. Medida de la adaptación de entrada.
- c. Parámetros particulares de cada fabricante.
- d. Caracterización de un monocanal normal.
- e. Caracterización de un monocanal banda estrecha.

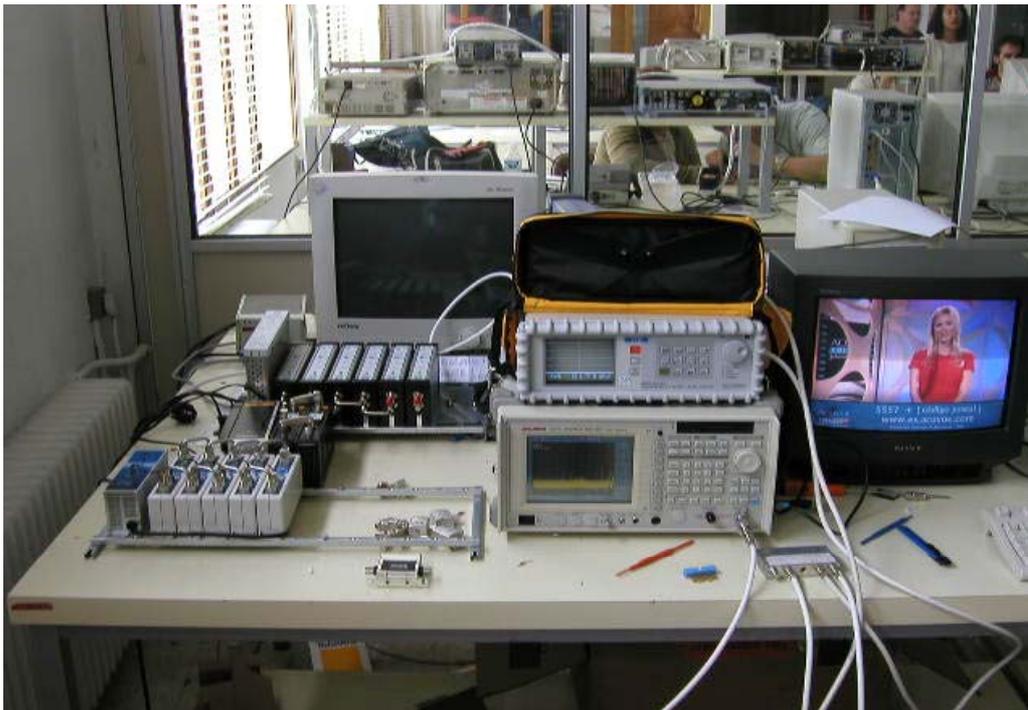


Figura 36. Banco de medida empleado en las pruebas.

6.2. CARACTERIZACIÓN DE LA RESPUESTA LINEAL DE LOS AMPLIFICADORES

6.2.1. Monocanales del primer fabricante.

Disponemos de 5 monocanales de los cuales 3 son normales y 2 adyacentes. De los analógicos uno tiene menor ancho de banda (denominado de canal adyacente). La configuración de canales empleada se muestra en la Figura 37.

Las medidas de la respuesta en frecuencia y de la adaptación de entrada del bloque de monocanales descrito se muestran, respectivamente, en las figuras 38 y 39. En la gráfica de la respuesta en frecuencia, se observa como los monocanales adyacentes consiguen una selectividad mayor, aunque reducen sensiblemente la banda de paso. También se aprecia como las respuestas de los monocanales normales se solapan apreciablemente por falta de selectividad.

Otro aspecto importante a tener en cuenta es el funcionamiento de los acopladores de entrada y salida que conforman la "técnica en Z". El funcionamiento de estos acopladores se manifiesta en la adaptación de impedancias de entrada y salida.

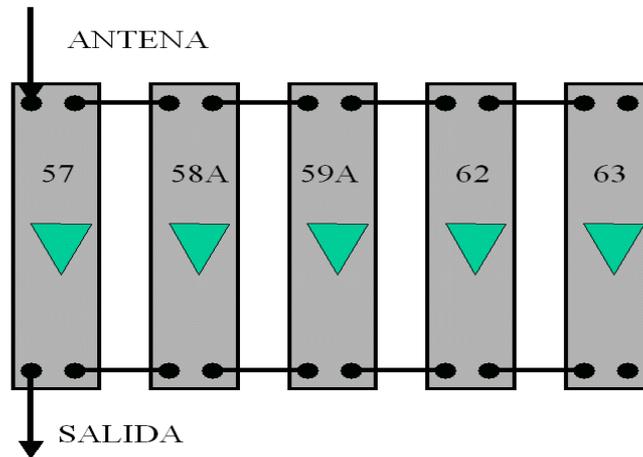


Figura 37. Configuración de canales empleada. Canales 58 y 59 adyacentes.

El valor mínimo de adaptación tolerable en la banda de paso es de 10 dB, que corresponde a un coeficiente de ondas estacionaria de 2,0:1. Valores superiores de éste provocan variaciones importantes de impedancia que afectan a la respuesta en frecuencia de los sistemas.

En la Figura 39 se observa como la mayoría de los canales consiguen una adaptación de 10 dB, aunque están claramente en el límite, especialmente los canales adyacentes.

Esta desadaptación de entrada afecta claramente a la respuesta del sistema y provoca mayor interdependencia en los ajustes de los amplificadores. Si se modifica la posición física de un amplificador o se añade un nuevo módulo la respuesta cambia ligeramente.

Por estos motivos, en estas configuraciones con "técnica en Z" se debe respetar que la entrada y la salida sean por el primer monocanal, y que el último monocanal esté cargado con su terminación de 75 Ω .

Además, cada fabricante recomienda formas de instalar los monocanales para conseguir la respuesta óptima. Por ejemplo, en unos casos hay diferentes tipos de puentes, y en otros se recomienda intercalar monocanales normales con adyacentes.

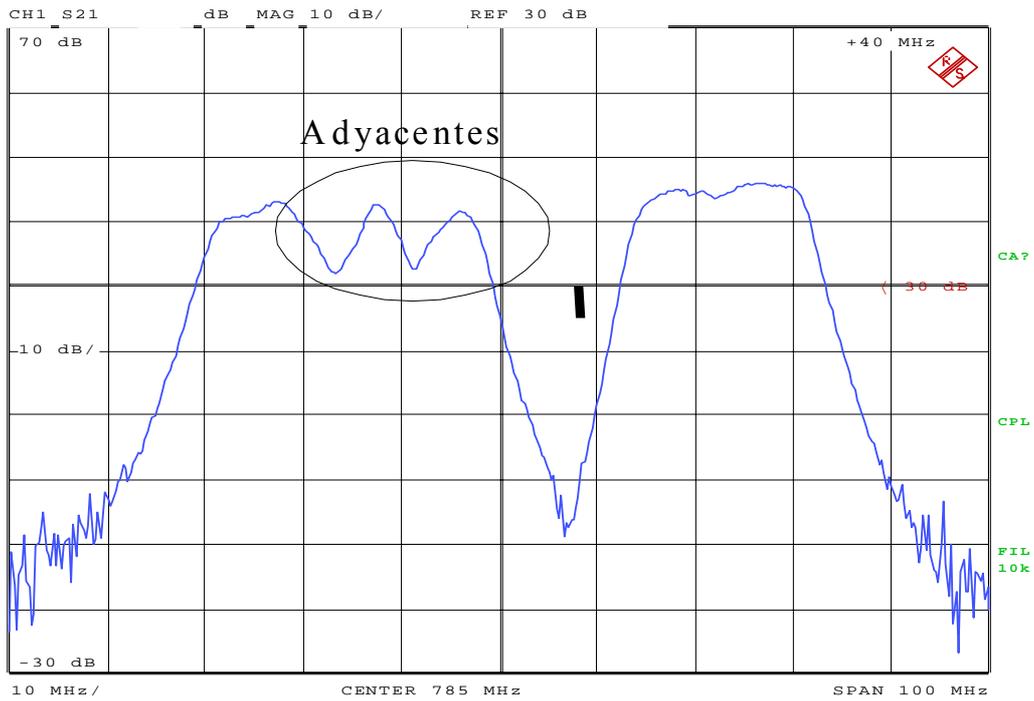


Figura 38. Respuesta en frecuencia del bloque de monocanales.

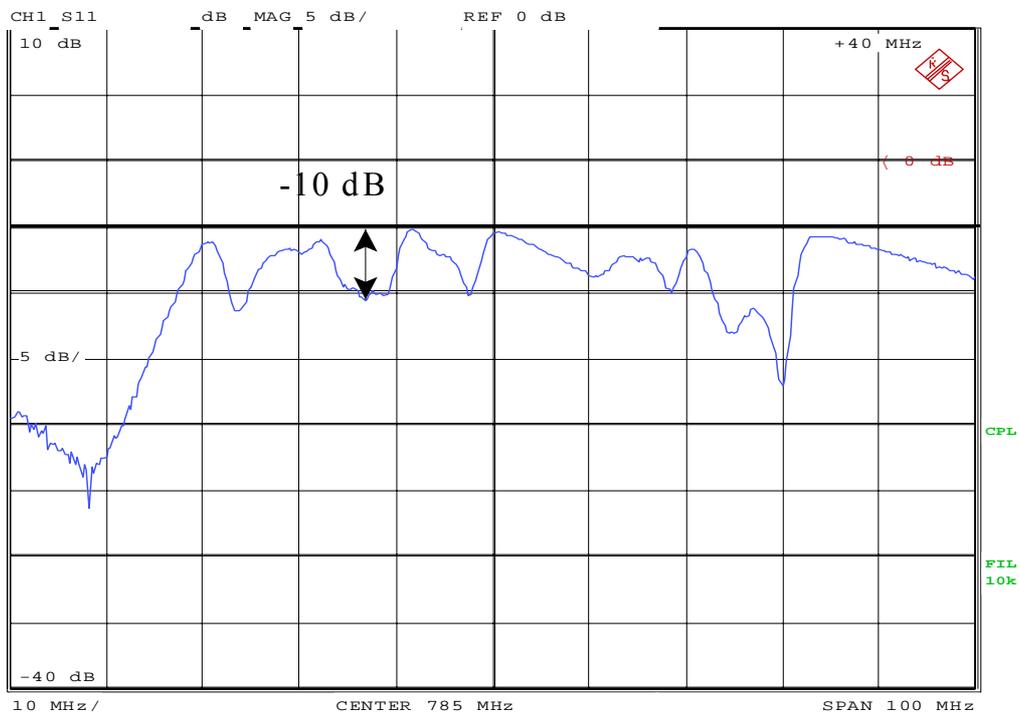


Figura 39. Adaptación de entrada. Valores típicos en la banda de paso: <math>< -8 \text{ dB}</math>.

6.2.2. Monocanales del segundo fabricante.

En este caso se han empleado los mismos canales que en el caso anterior, pero estos todos los amplificadores son de canal adyacente.

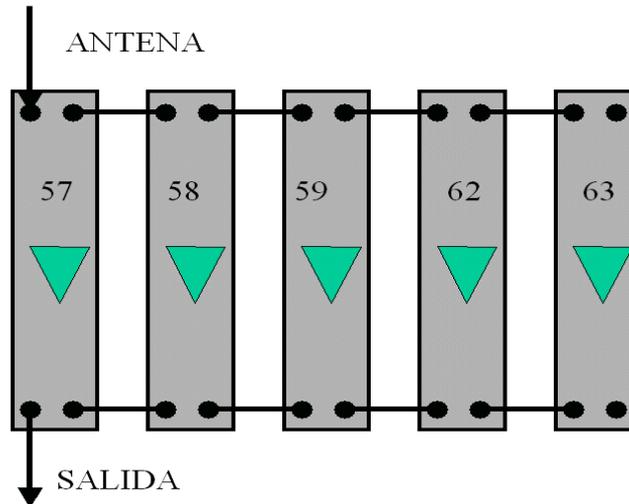


Figura 40. Configuración de canales empleada.

En las medidas se han evaluado los mismos parámetros que en el caso anterior. Las figuras 41 y 42 muestran la respuesta en frecuencia y adaptación de entrada del grupo de monocanales.

En estos monocanales adyacentes se aprecia como la separación entre bandas es mejor y se consigue un buen rechazo en la banda de cruce manteniendo una respuesta bastante plana en la banda de paso.

Por lo que respecta a la adaptación de entrada, es mejor que en el caso anterior y esto se manifiesta en una mejor independencia entre canales, aunque se sigue apreciando la influencia de la posición de los canales y terminaciones.

En la Figura 43 se observa la respuesta en frecuencia ampliada de los dos monocanales adyacentes. La banda de cruce consigue 16 dB de separación lo que supone un buen valor para reducir interferencias, aunque también se aprecia que el ancho de banda de canal es de 6 MHz, lo que supone una cierta degradación de la BER en TV digital y de la resolución de imagen y nivel de sonido en TV analógica.

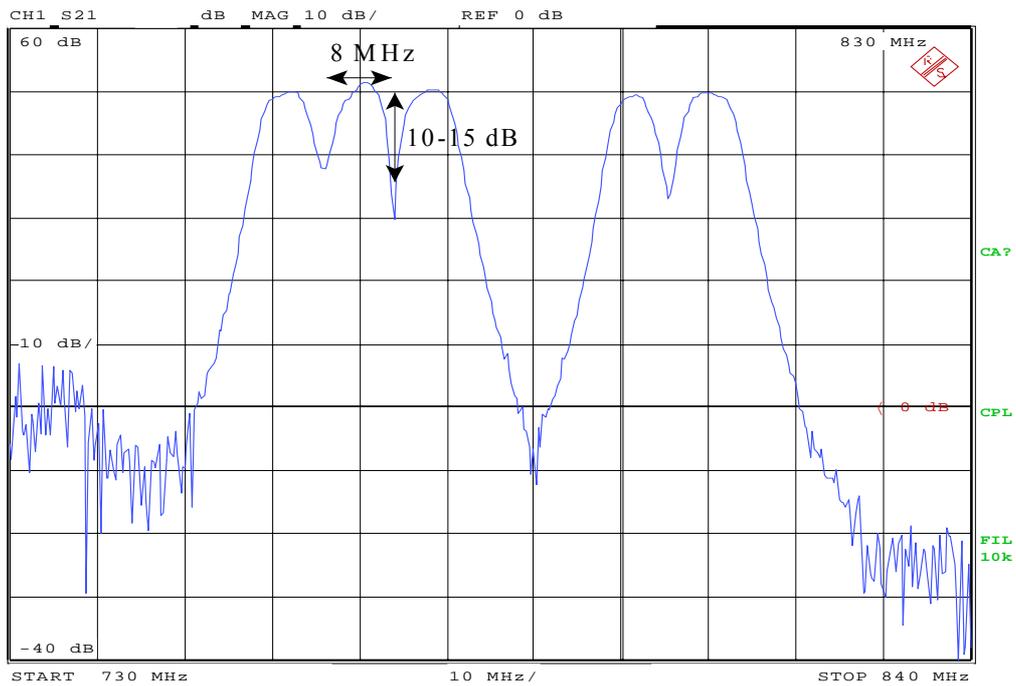


Figura 41. Respuesta en frecuencia con monocanales adyacentes.

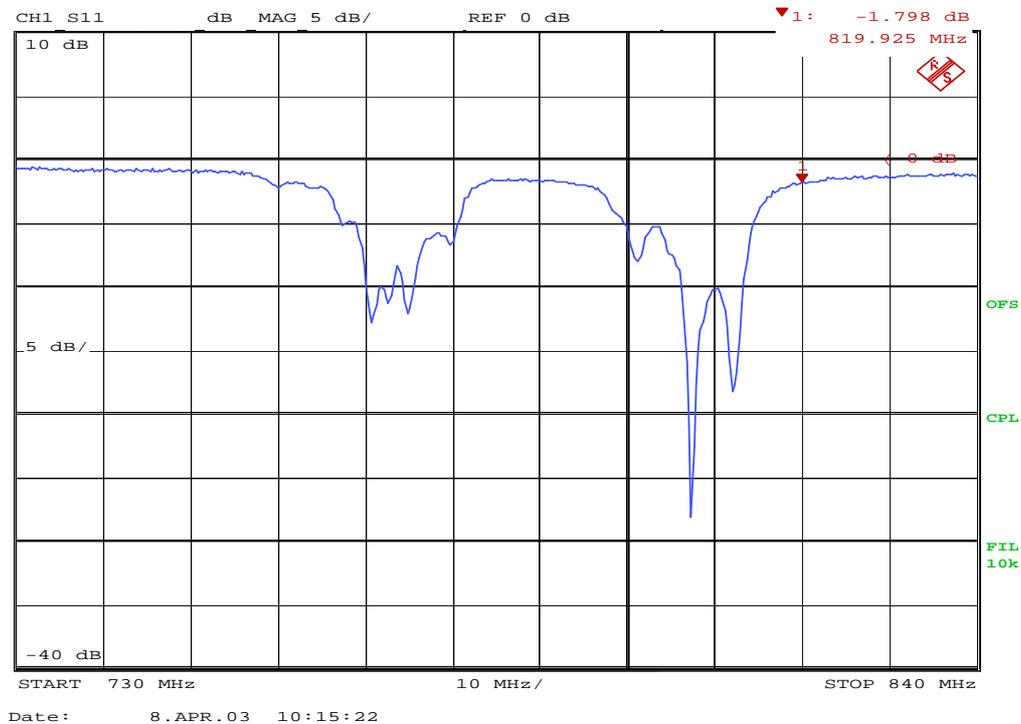


Figura 42. Adaptación de entrada.

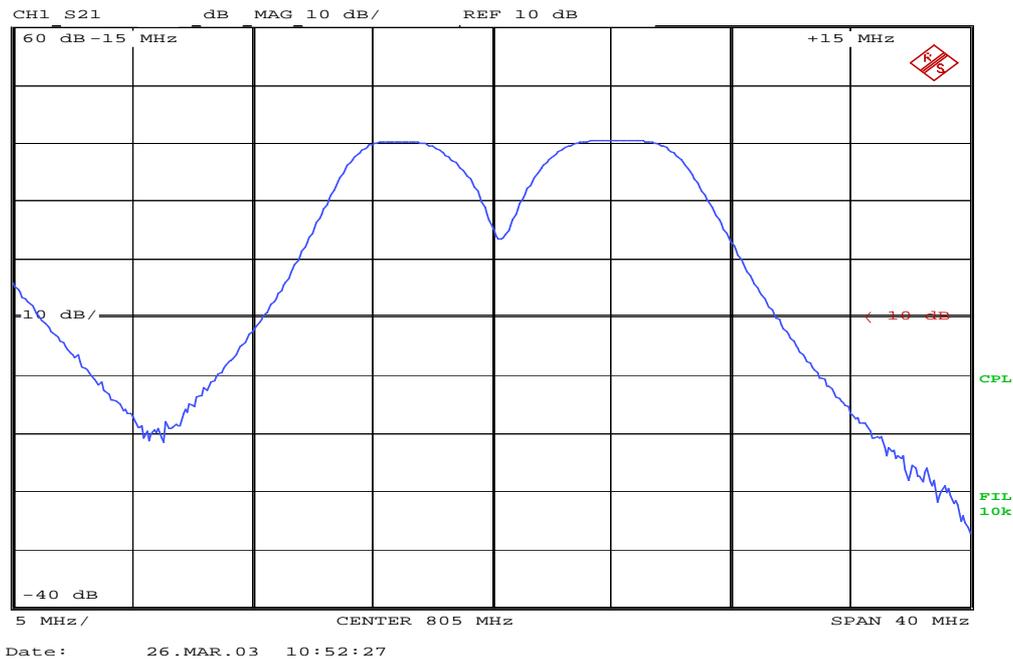


Figura 43. Respuesta en frecuencia ampliada de los canales 62 (analógico) y 63 (digital) con monocanales adyacentes.

6.2.3. Monocanales del tercer fabricante.

Para el tercer fabricante solo se realizaron medidas sobre los canales 62 y 63 con monocanales normales. En la figura adjunta se muestra un esquema de la configuración empleada.

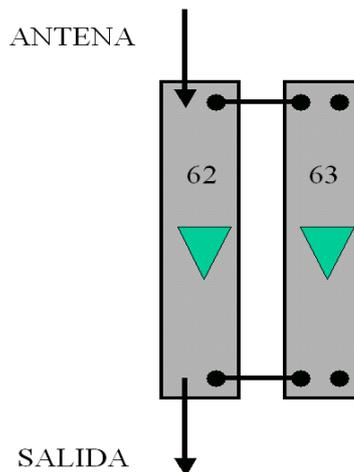


Figura 44. Esquema de la configuración de canales empleada.

En las medidas efectuadas, que se muestran en las figuras 45 y 46, se observa como la adaptación de entrada es buena y como la pendiente de los filtros y su factor de forma es correcta. En este caso, a pesar de ser monocanales normales

se consigue un rechazo en la banda de cruce de 6-7 dB, que puede solventar ciertas situaciones donde la interferencia no sea muy elevada.

También se aprecia una mejor pendiente de los filtros, buena respuesta en la banda de paso y una más que aceptable adaptación de entrada.

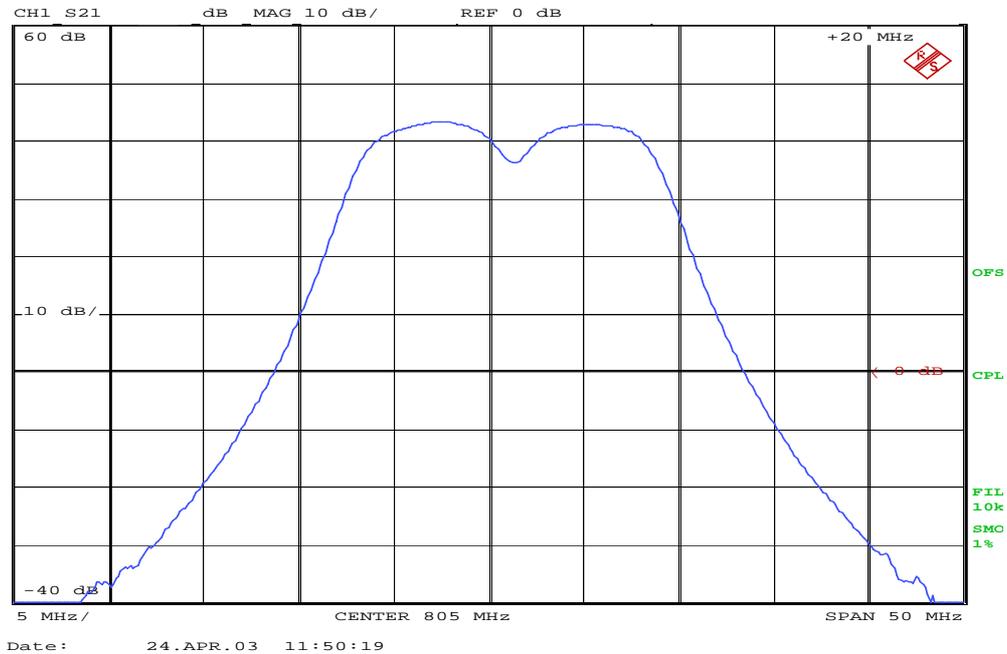


Figura 45. Respuesta en frecuencia de dos monocanales normales.

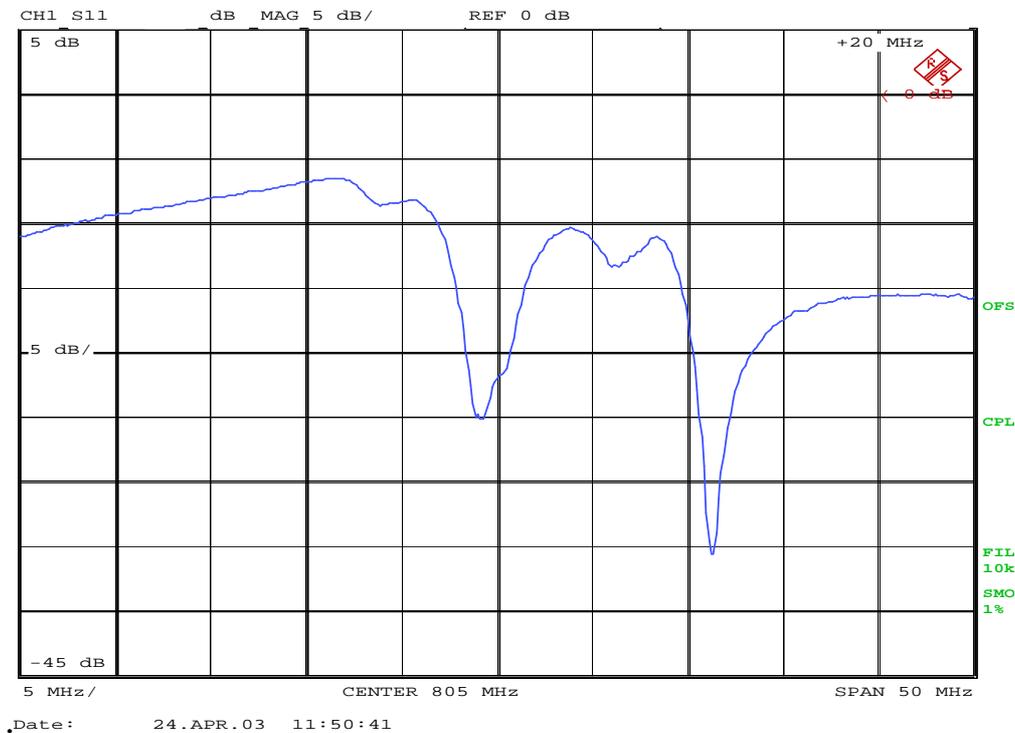


Figura 46. Adaptación de entrada.

6.3. RESPUESTA ANTE INTERFERENCIAS

Para estudiar la interferencia entre canales adyacentes se ha utilizado un analizador de espectros, un medidor de campo y un televisor. La medida ha consistido en introducir la señal de antena al grupo de monocanales en estudio y variar la ganancia de unos con respecto a otros para analizar los niveles de intermodulación y su influencia en la imagen. Se han realizado medidas del espectro de salida en coordinación con apreciaciones de calidad subjetiva de la imagen en el televisor y comparando con medidas realizadas con analizadores de TV analógica y digital.

6.3.1. Medida de amplificadores monocanales normales.

El objetivo de esta medida era estudiar las características de los monocanales y su comportamiento con niveles elevados de entrada y salida.

Las medidas se han realizado empleando los canales 62 (analógico)/63 (digital). Los niveles de salida de cada monocanal son:

- Nivel de salida analógico 110 dB μ V.
- Nivel de salida digital variable entre 100 y 120 dB μ V.

Estos niveles están próximos a los máximos y son niveles con los que una instalación se configuraría habitualmente.

En las medidas que se muestran en las figuras 47-49 hay que aplicar un factor de corrección de +14 dB a las señales digitales, pues el ancho de banda de medida es de 300 KHz.

Con estos valores se ha configurado la instalación ajustando los niveles de salida de los monocanales digitales para evaluar el efecto de este ajuste sobre los analógicos.

Para evaluar la interferencia se ha empleado un monitor que ha permitido visualizar los efectos de la intermodulación en la imagen analógica. En la siguiente se reflejan los resultados obtenidos.

Tabla 5. Calidad subjetiva de la imagen en función del nivel de la relación entre el nivel de salida analógico y el digital.

Relación C62 (Analógico)/C63 (Digital)	Calidad de imagen (Analógica)
+6 dB (Figura 47)	Buena
-4 dB (Figura 48)	Buena
-10 dB (Figura 49)	Mala

En las figuras se observa como al aumentar el nivel del canal digital se termina produciendo intermodulación que afecta al canal analógico.

Cuando aumentamos la ganancia del amplificador monocanal digital se produce intermodulación porque parte de la señal del canal analógico pasa por el canal digital. También se aprecia como al aumentar la ganancia del canal digital, también aumenta el nivel de la portadora de sonido del analógico. Esto se produce porque la selectividad del monocanal es limitada aunque se trata de un monocanal adyacente. Este fenómeno no ocasiona problemas salvo en el caso último, véase la Figura 49, donde se observa que se produce una apreciable intermodulación.

La situación es aún peor si el canal digital es inferior al analógico. En este caso es la portadora de video la que intermodula con el canal digital, y al tener mayor potencia, la intermodulación se produce antes.

En el caso de emplear monocanales adyacentes este fenómeno se produce más tarde y no se limita tanto la potencia de salida máxima que se puede obtener de un monocanal.

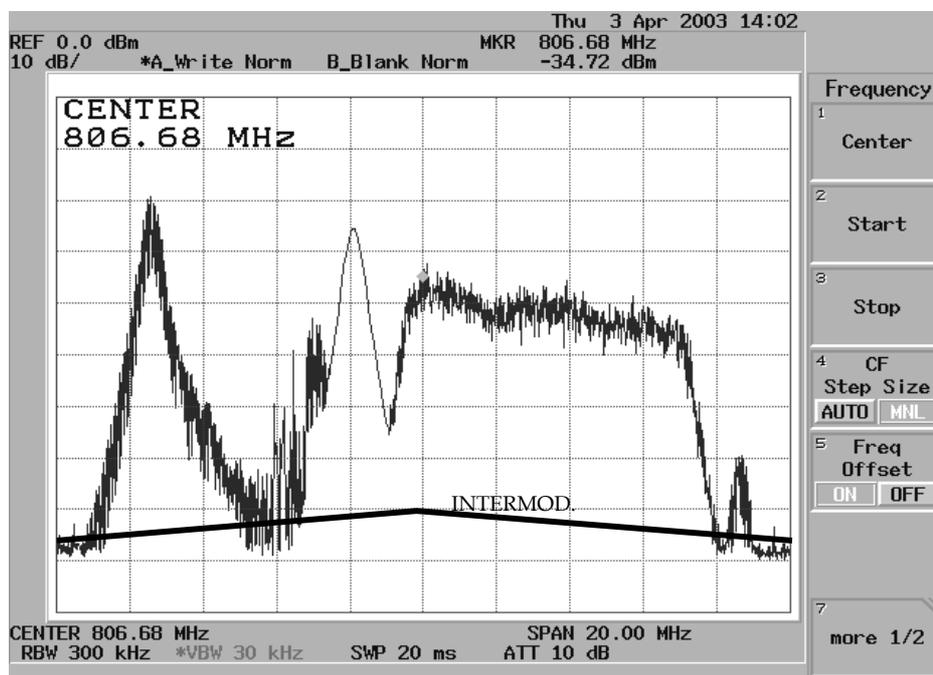


Figura 47. Baja intermodulación.

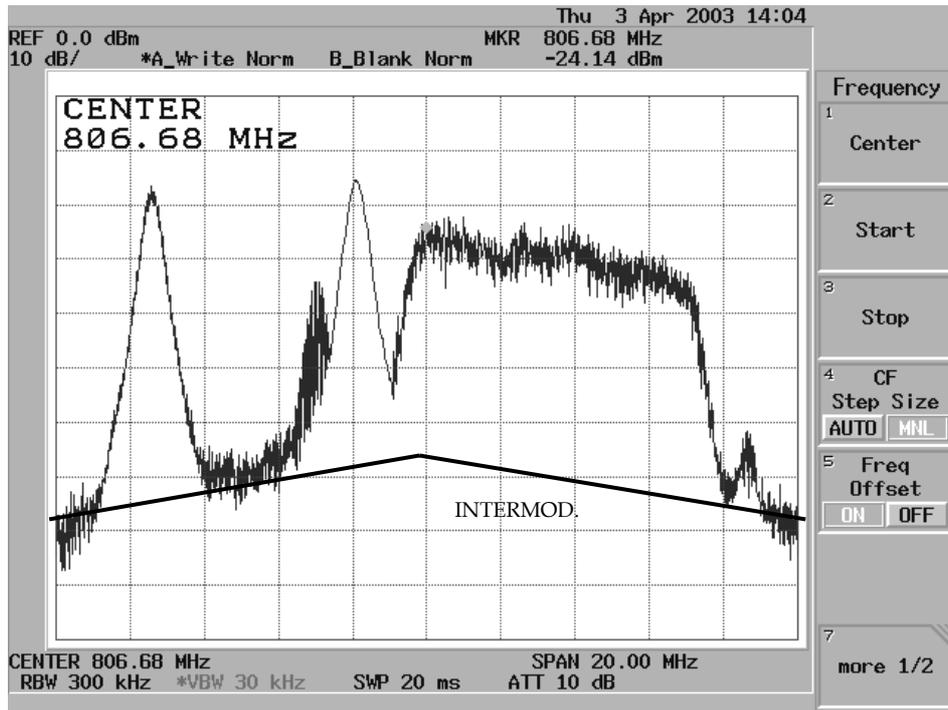


Figura 48. Intermodulación tolerable (-54 dB). No se aprecia en la imagen todavía.

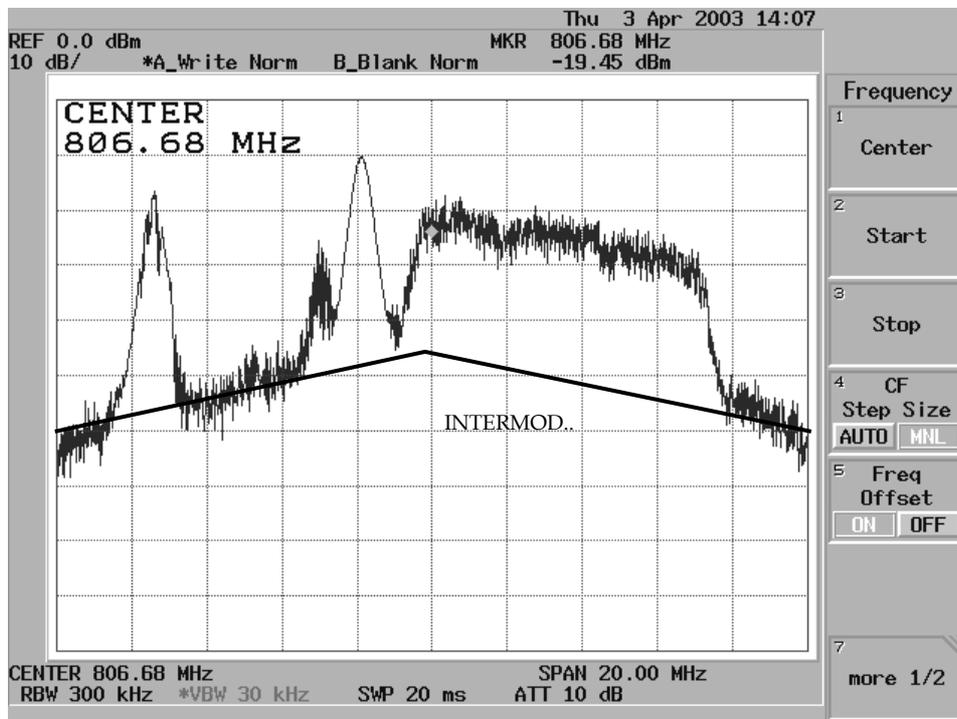


Figura 49. Intermodulación intolerable (-30 dB). Se aprecia en la imagen como punteado blanco.

6.3.2. Medidas del amplificador bicanal.

Los resultados de las medidas realizadas con in amplificador bicanal para los canales 62 (analógico) y 63 (digital) se muestran en las figuras 50-53.

El objetivo de estas medidas es analizar el comportamiento de un amplificador de estas características en función del nivel de potencia cuando amplifica dos canales uno analógico y otro digital.

En las gráficas de las figuras anteriores se aprecia como el nivel de intermodulación crece al aumentar el nivel de salida hasta que se alcanza la saturación, véase la Figura 53. El ajuste del nivel de salida del amplificador se debe realizar para conseguir la relación de intermodulación especificada para TV analógica o TV digital. En la Tabla 6 se recogen los resultados de las medidas de nivel de señal analógico e intermodulación.

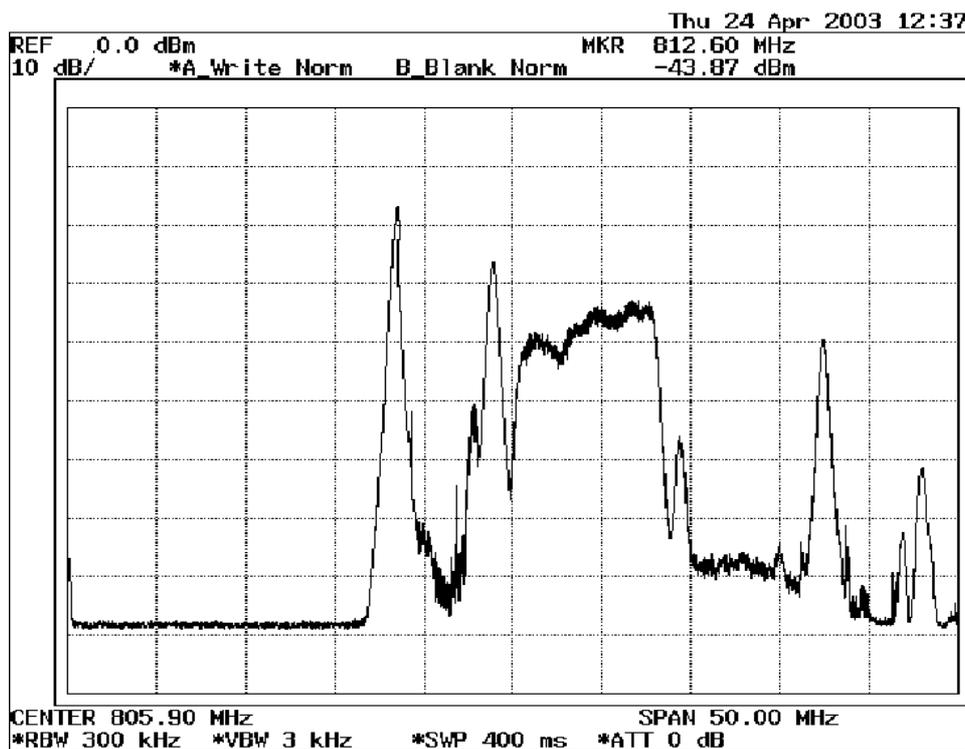


Figura 50. Salida del amplificador bicanal con IM >54 dB.

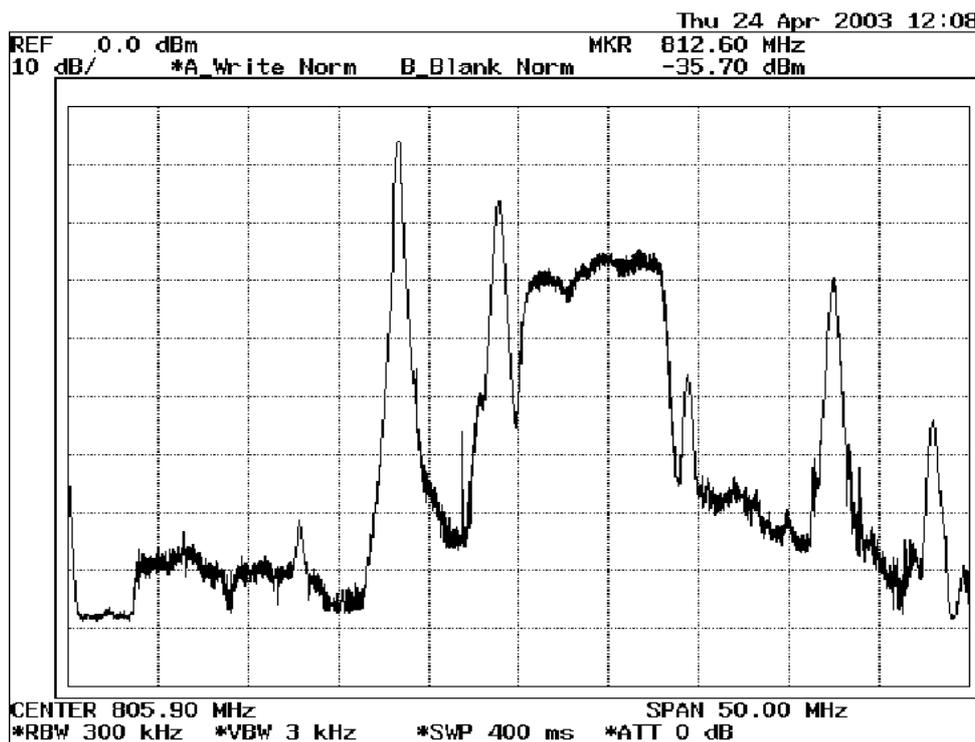


Figura 51. Salida del amplificador bicanal con IM >54 dB.

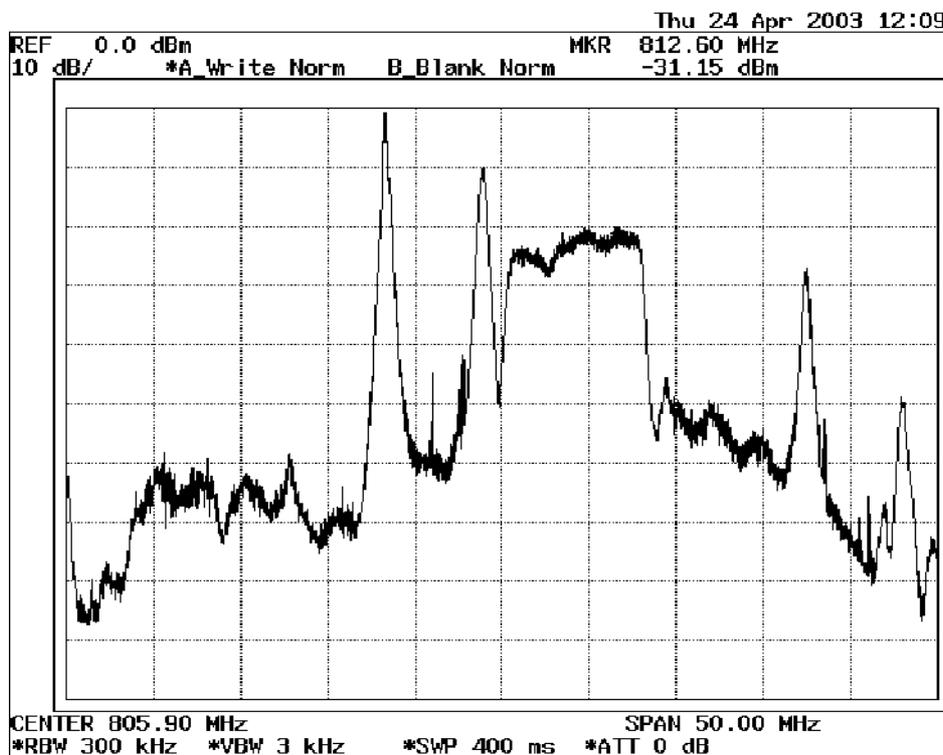


Figura 52. Salida del amplificador bicanal con IM =54 dB.



Figura 53. Salida del amplificador bicanal con IM =25 dB.

Tabla 6. Análisis de la calidad de imagen de un amplificador bicanal.

Nivel de salida TVA	Nivel de intermodulación	Figura
90 dB μ V	>54 dB	50
100 dB μ V	>54 dB	51
107 dB μ V	54 dB	52
115 dB μ V	25dB	53

Puesto que se trata de un canal analógico y otro digital, la intermodulación máxima viene impuesta por el analógico y es de 54 dB. Por lo tanto, el nivel máximo de salida se sitúa en torno a los 107 dB μ V.

Para el caso de dos canales digitales el nivel de salida podría ser mayor y se podría conseguir una potencia superior a los 110 dB μ V, donde la relación de intermodulación es de 35 dB.

En el caso de dos canales analógicos la situación es equivalente a la del primer caso.

6.4. RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS DE LOS AMPLIFICADORES

Como se ha comentado existen apreciables variaciones entre las características de unos amplificadores y otros. En general, la existencia de canales adyacentes limita el nivel de salida máximo y dicho nivel debe ser ajustado con precisión para que no se produzca intermodulación.

En este sentido los monocanales adyacentes son más selectivos y permiten conseguir un nivel de salida más elevado para la misma situación (en el Congreso de Ejercicio Libre de la Profesión -ELP-) se propuso utilizar monocanales adyacentes en todo los casos), sin embargo, el monocanal adyacente reduce ligeramente el ancho de banda de video y esto degrada algo la calidad de los canales analógicos. Por tanto, se debería emplean monocanales adyacentes solo cuando haya canales digitales adyacentes.

Otra solución sería el empleo de monocanales con ancho de banda ajustable. En este caso, si en un futuro se modifica la asignación de canales o aparecen más canales, se podrían reajustar reduciendo el ancho de banda para que no haya interferencia.

Algunos monocanales emplean elementos como el control automático de ganancia (CAG) que mantiene constante el nivel de salida para un amplio margen de niveles de entrada. Por lo tanto, el amplificador se hace más estable e insensible a las variaciones de nivel de entrada producidas por fluctuaciones de la señal recibida, variaciones de la ganancia con la temperatura, etc. Además, facilita la instalación de los amplificadores simplificando su ajuste.

También se aprecian ligeras diferencias en función de la calidad de los filtros de entrada que emplean los amplificadores. Estas diferencias se traducen en que cuanto más selectivo es el filtro de entrada, mejor se tolera la presencia de un canal adyacente y más elevado es el nivel de salida que se puede obtener en esta situación.





7. CONCLUSIONES



1. En instalaciones antiguas es muy posible que aparezcan problemas de interferencias por intermodulación entre las señales analógicas y las nuevas señales digitales. Dependerá de la relación portadora de video/potencia del canal digital en antena, de la respuesta en frecuencia de los monocanales instalados y del punto de ajuste de su señal de salida.
2. En los repetidores de baja calidad se puede producir un fenómeno similar, en cuyo caso el problema no tiene solución. Es responsabilidad de los operadores resolver esta situación.
3. El empleo de amplificadores monocanales de banda estrecha junto con el control de la potencia de salida (bajándola respecto de su valor máximo) permiten superar la mayor parte de los problemas de interferencias entre canales analógicos y digitales. El material analizado tiene unas prestaciones muy diferentes entre fabricantes y entre materiales de un mismo fabricante. Los fabricantes deben desarrollar amplificadores de bajo coste con respuestas altamente selectivas y estables. La introducción de trampas es de difícil ajuste, sobretodo si el canal analógico es más alto que el digital.
7. Situaciones más complejas, caracterizadas por niveles de portadora de video muy inferiores a 10 dB por encima de la potencia de canal digital, pueden requerir componentes más complejos. En la Figura 54 se presentan las diferentes alternativas en términos de prestaciones y costo.



Figura 54. Prestaciones/coste de las diferentes alternativas.



8. PROPUESTA DE METODOLOGÍA A APLICAR EN LA REDACCIÓN DEL PROYECTO, DIRECCIÓN DE OBRA Y CERTIFICACIÓN



8.1. REDACCIÓN DEL PROYECTO

Dado que no es posible realizar medidas en donde se va a ubicar la antena finalmente, por no estar construido el edificio o incluso por no ser accesible la parcela donde se va a ubicar el mismo, es recomendable el realizar medidas en edificios próximos para tener conocimiento de los canales que se reciben en la zona, sus niveles de señal y, poder establecer, por tanto el cuadro sobre la situación tal y como se pide en el Proyecto Técnico.

Con esos datos se establecerá el cuadro: **b) Señales de radiodifusión sonora y televisión terrenal que se reciben en el emplazamiento de las antenas.** En el cual se indicará la situación de las señales que se reciben tanto de los canales autorizados como de los canales “alegales” que, aunque no haya que distribuirlos, son canales interferentes a los efectos del diseño de la cabecera.

Del análisis de dichas señales y de los canales donde se encuentran se podrán identificar las situaciones que, por ser canales adyacentes, pueden ser objeto de interferencia. Las situaciones deben clasificarse en dos tipos: interferencia de un canal digital sobre otro canal analógico e interferencia de canal analógico sobre otro analógico.

Este informe está dedicado al primer tipo, pero sus conclusiones pueden extrapolarse a los problemas de interferencias entre analógicos ya que también dependen de los niveles relativos de señal y de la calidad de los amplificadores tal y como se ha explicado en los capítulos que anteceden.

A modo de ejemplo, en el cuadro se presentan las señales recibidas en Madrid que se encuentran en estas situaciones:

Duson TV	Canal 41
Telemadrid	Canal 42
Antena 3	Canal 45
Localia TV	Canal 46
Canal 7	Canal 47
TV-2	Canal 55
TMT	Canal 56
RGN (Digital)	Canal 58
Tele 5	Canal 59
Canal +	Canal 62
Autónómico (Digital)	Canal 63
Antena 3	Canal 65
Bloque temático(Digital)	Canal 66

Puede comprobarse que se dan los dos tipos de posibles interferencias comentadas.

También hay que tener en cuenta el caso habitual de que la Comunidad de Propietarios desee recibir los canales “alegales” y solicite la inclusión de los mismos a una Empresa Instaladora, lo cual no debería ser objeto de interferencia en las señales garantizadas por la ICT. Si bien esta situación puede quedar fuera de la obligación de la Normativa ICT, es recomendable que, dentro de lo posible, se prevean tanto en el Proyecto Técnico como en la realización de la instalación, las medidas que sin añadir costes significativos al Proyecto Técnico, ofrezcan una calidad de servicio adecuada al usuario final.

Si las señales digitales no están disponibles, se señalará en el proyecto este extremo y se indicará que se realiza el diseño de su correspondiente amplificador monocanal pero no su instalación. En estos casos, para realizar los cálculos, se supondrá que las señales digitales a la salida de la antena son 10 dB inferiores a las estimadas para las analógicas.

Una vez conocidas las señales existentes en cabecera, que se deben distribuir, se procederá al cálculo de la misma y de la red de TV del edificio de modo que se cumplan los requisitos de niveles en tomas, relación portadora/ruido y relación señal/intermodulación.

Dado que las medidas en general no serán precisas (no se mide en el punto donde se situará la antena) y por las razones expuestas en párrafos anteriores, se diseñará la instalación con amplificadores monocanales selectivos, al menos en todos los canales adyacentes. Se establecerán los niveles de señal a la salida de los amplificadores correspondientes a los canales digitales 10 dB por debajo de los analógicos. En estas condiciones, los niveles en las tomas serán también unos 10 dB inferiores a los analógicos, cumpliéndose la norma simultáneamente en los canales analógicos y digitales. Asimismo, la relación C/N serán aproximadamente 12 dB inferiores a los de las señales analógicas, cumpliéndose ampliamente la norma de C/N (hay un margen de $43 - 25 = 18$ dB), dado que la atenuación de la red y las figuras de ruido de los amplificadores son similares.

Asimismo, en el proyecto se indicará la posibilidad de que existan interferencias entre los canales adyacentes y se describirán las posibles soluciones indicadas en este informe.

En instalaciones muy simples (redes con atenuaciones bajas entre cabecera y tomas), se puede recurrir a amplificadores de banda ancha o amplificadores de grupo de canales.

8.2. DIRECCIÓN DE OBRA Y CERTIFICACIÓN

Hay que señalar, que desde que se realiza el Proyecto Técnico hasta que se va a proceder a la certificación pueden pasar hasta varios años y, por tanto, variar mucho las condiciones de las señales e incluso haber cambiado los canales o aparecer canales nuevos.

Por ello, durante el proceso de Dirección de Obra, en aquellos casos en que ésta se realice, será conveniente el análisis del ambiente de señal de TV en la zona. Normalmente la Empresa Instaladora seleccionada tendrá un conocimiento claro de la misma, y si ésta difiere de la planteada en el Proyecto Técnico es conveniente que tan pronto como se disponga de una ubicación final de la antena y pueda realizarse la instalación de la misma realizar medidas de las señales que ya se reciben para poder proceder al recálculo del Proyecto Técnico.

Si fuese necesario se procederá al cambio de especificación de los amplificadores a utilizar en la instalación de forma que éstos sean los más adecuados para hacer frente a la situación real completándose con aquellas otras soluciones técnicas indicadas en capítulos anteriores de este estudio.

Tiene especial importancia la detección, en esa fase, de nuevas emisiones de TV que deban ser distribuidas, tanto analógicas como digitales, para modificar el Proyecto Técnico con la inclusión de los correspondientes amplificadores para la distribución de las señales de las mismas. Ello será de gran ayuda y simplificará la realización del Protocolo de Medidas al haberse tomado ya las medidas oportunas siendo solo ajustes finales los que puedan ser necesarios.

Los niveles de salida de los amplificadores de cabecera se ajustarán según lo indicado en el Proyecto Técnico.

Si apareciesen problemas de interferencias entre canales adyacentes, se tratarán de corregir, utilizando las diferentes alternativas descritas a lo largo del informe. Las diferentes soluciones se intentarán en orden inverso a su coste:

- Cambios en la orientación de la antena o empleo de varias antenas.
- Disminución de los niveles de señal a la salida de los amplificadores respetando la relación C/N mínima en los tramos de usuario exigidos por la normativa.
- Introducción de amplificadores más selectivos en frecuencia (adyacentes) en canales analógicos y digitales, si es necesario.
- Utilización de amplificadores con mejor selectividad y dotados de CAG.
- Empleo de amplificación con conversión de frecuencia y filtros de onda superficial.

El Director de Obra hará constar en la Certificación, como un anexo a la misma, todas las modificaciones realizadas respecto del Proyecto Técnico. Asimismo, Si, pese a todas las precauciones y soluciones técnicas utilizadas no fuese posible garantizar una calidad de señal en toma de usuario, conforme a lo requerido en la Normativa de la ICT, DEBIDO A LA INADECUADA CALIDAD DE LAS SEÑALES DE ENTRADA, deberá hacerse constar esta circunstancia en el Protocolo de Mediciones con inclusión de la caracterización de la calidad de las mismas a nivel de señal de antena al objeto de poder hacer frente a las potenciales reclamaciones que puedan plantearse.





9. ANEXO DE MEDIDAS



En este anexo se incluyen algunas medidas que pueden ayudar a entender mejor lo que ocurre en los amplificadores monocanales, y las diferencias entre éstos y los amplificadores monocanales adyacentes y normales.

Para ello se han empleado dos amplificadores monocanales correspondientes a los canales 58 (digital) y 59 (analógico) y sobre ellos se han evaluado situaciones con diferentes niveles de señal.

9.1.1. Evaluación de la respuesta de monocanales normales.

En primer lugar, se pretendía determinar las características de filtrado de los monocanales normales. Para ello se emplearon amplificadores del canal 58 y del 59, con objeto de comprobar la intermodulación producida por el insuficiente filtrado de la señal de entrada.

En primer lugar, en la Figura 55 se muestra la señal de salida con el amplificador del canal analógico C59 activado y el del canal digital C58 desactivado. En este caso el nivel de salida del canal analógico (C59) se ha fijado en 120 dB μ V, que corresponde a 3 dB por debajo del nivel máximo de salida. En la figura se puede observar como el amplificador del canal 58 intermodula con la señal del canal digital adyacente. Esto se produce porque parte de la señal del canal digital pasa por el filtro de entrada y es amplificada por el monocanal analógico. El resultado es que el nivel de salida del canal C59 aumenta por encima del nivel máximo de 123 dB μ V y comienza a intermodular reduciéndose la relación C/I a 35 dB lo que afecta fundamentalmente al canal analógico.

En la Figura 56 se presenta la situación complementaria con el canal C59 desactivado y el canal C58 con 110 dB μ V de nivel de salida. En este caso se puede apreciar como el monocanal digital intermodula con la portadora de video del canal analógico que no es suficientemente filtrada por el filtro de entrada del monocanal y es amplificada por el amplificador contiguo. En este caso la relación C/I se reduce a 49 dB y nuevamente la intermodulación afecta especialmente a la imagen analógica.

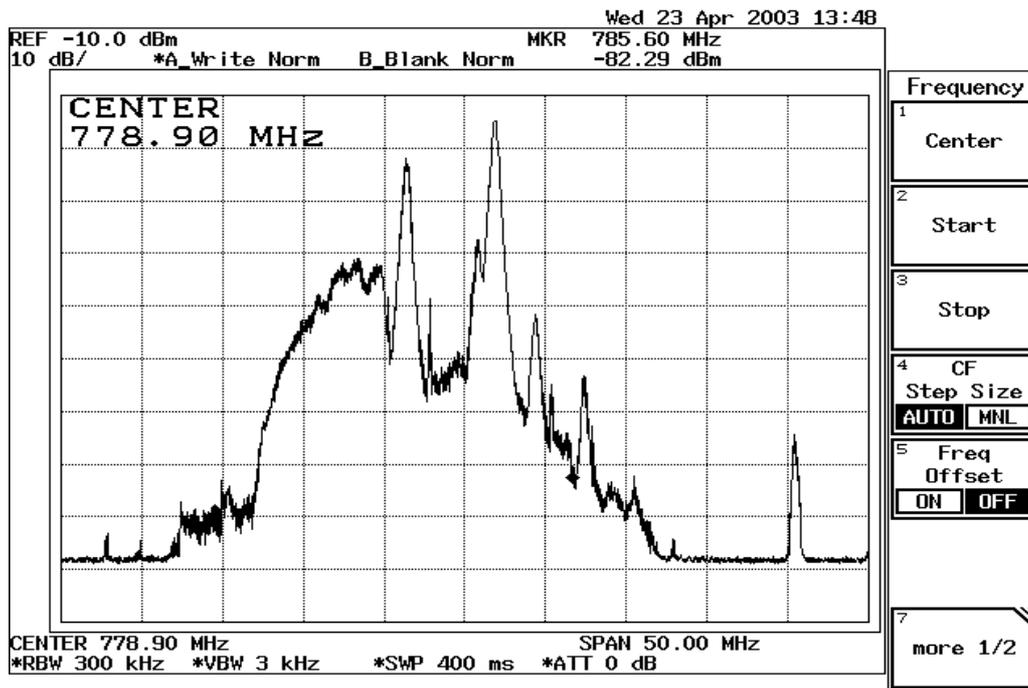


Figura 55. Intermodulación apreciable del canal digital adyacente (C58) sobre el canal analógico (C59). Monocanales normales.

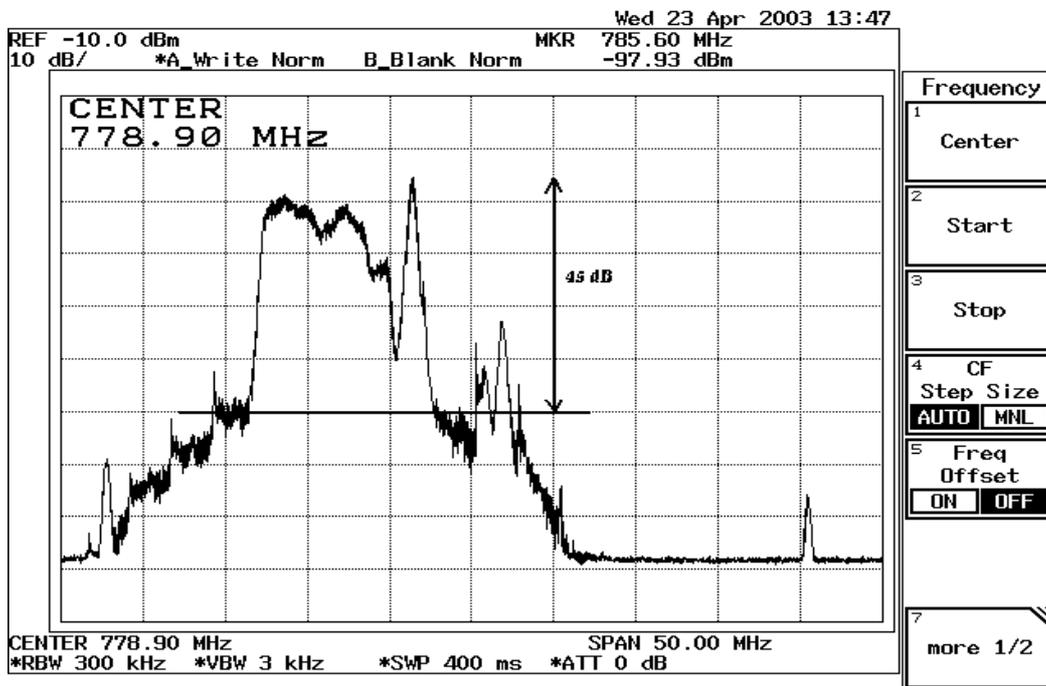


Figura 56. Intermodulación apreciable del canal analógico adyacente (C59) sobre el canal digital (C58). Monocanal normal.

9.1.2. Evaluación de la respuesta de los monocanales adyacentes.

En esta segunda medida se emplean monocanales adyacentes para comparar sus prestaciones con las de los monocanales normales.

Los canales empleados por disponibilidad son el canal analógico (C62) y el canal digital (C63).

En las medidas se han configurado los dos monocanales con los niveles máximos:

- C62 TV Analógico 123 dB μ V.
- C63 TV Digital 113 dB μ V.

La relación de potencias de salida entre el canal analógico y el digital se ha mantenido en 10 dB a favor del analógico para evitar intermodulaciones.

En la Figura 57, ambos monocanales están activos y se puede apreciar como la salida presenta muy poca intermodulación, estando cada una de las señales perfectamente canalizado.

En las figuras 58 y 59 siguientes se ha desconectado, alternativamente, el monocanal C63 y el C62, con objeto de medir la porción de señal del canal adyacente que no es rechazada por el filtro de entrada.

Se puede observar en ambas figuras como cuando se desconecta un monocanal el nivel de señal presente a la salida del canal adyacente es muy bajo gracias a las mejores características de filtrado de los monocanales adyacentes. Por lo tanto, estos monocanales se ven mucho menos influenciados por la señal adyacente y permiten conseguir las potencias nominales en presencia de señal adyacente.

En el caso de señales digitales es necesario ser especialmente cuidadoso. Los fabricantes especifican el nivel de señal de salida para una relación de intermodulación de 30 dB que es la que admiten los digitales, por lo que si existe un canal adyacente analógico la intermodulación producida en el monocanal digital puede afectarle. Esto es lo que se observa en la Figura 58. En este caso se aprecia una relación de intermodulación del canal digital de 40 dB. Esta intermodulación no afecta al canal digital, pues éste permite hasta 30 dB de relación C/I, pero si puede influir en el canal adyacente analógico, interfiriendo la portadora de sonido o de vídeo según el canal digital sea superior o inferior al analógico. En la Figura 59 se aprecia como interfiere la portadora de sonido ligeramente.

En esta situación el peor caso se produce cuando se interfiere la portadora de vídeo. Esto ocurre si no se respeta adecuadamente la relación de 10 dB entre la potencia del canal analógico y la del canal digital.

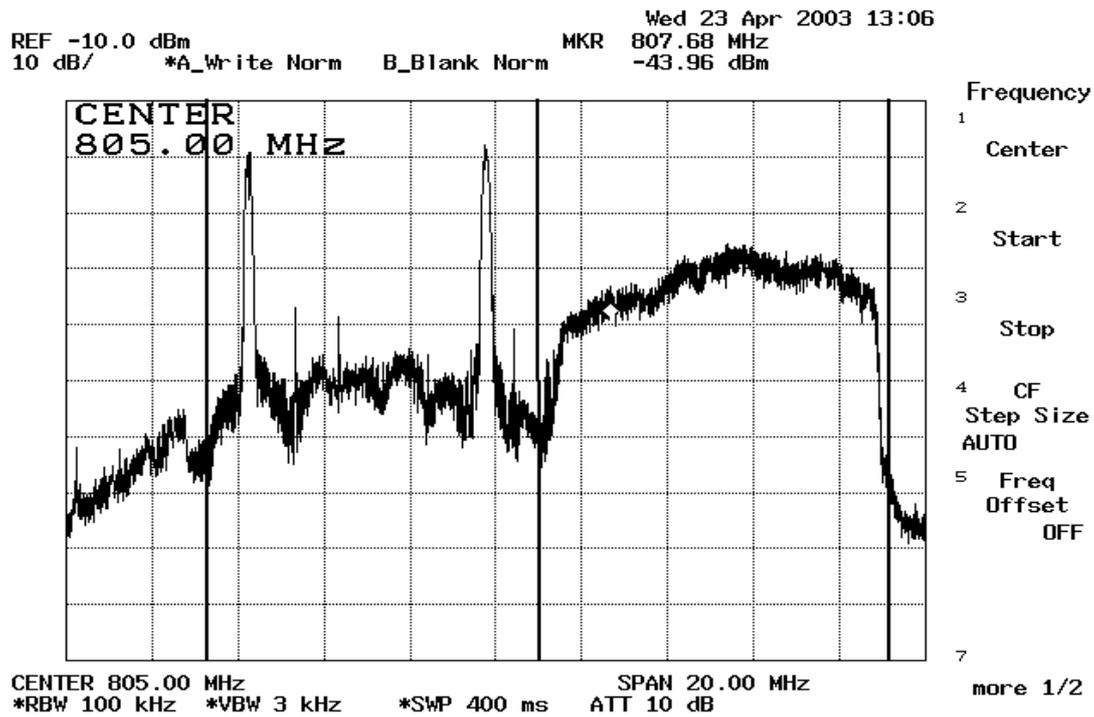


Figura 57. Baja Intermodulación, canales 62 y 63 activados.

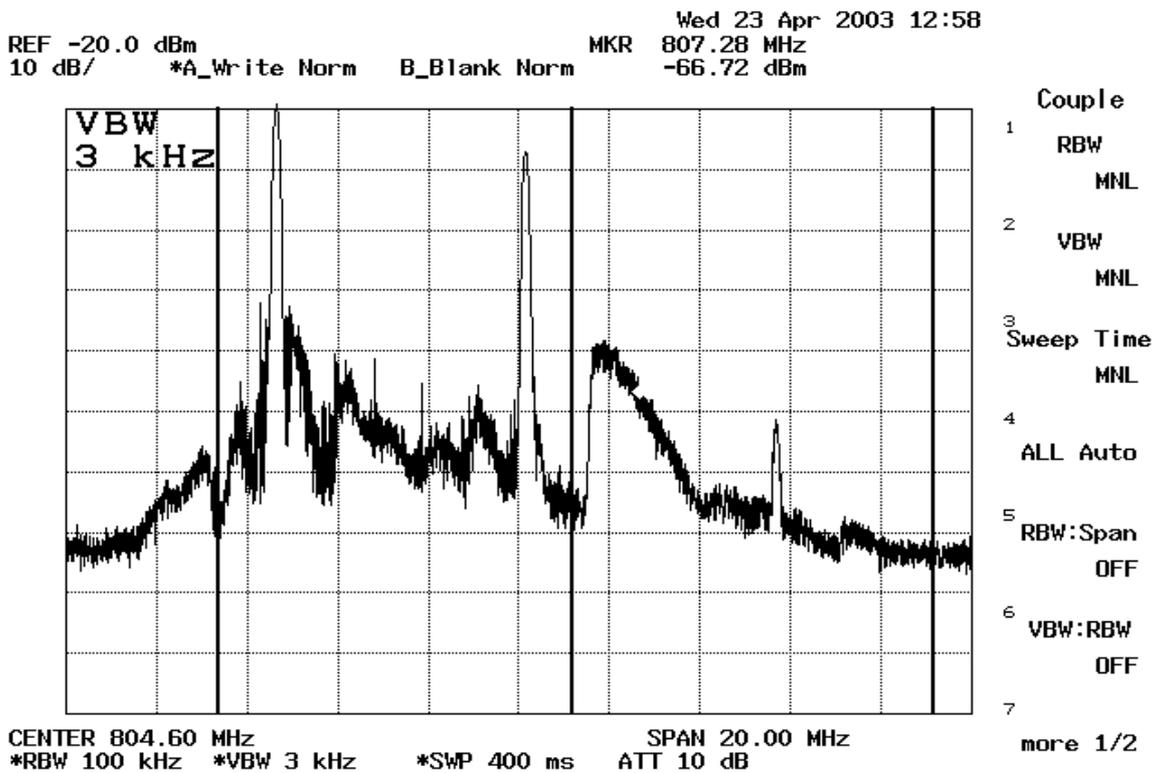


Figura 58. Canal 62 con 123 dB: V. Canal 63 desconectado.

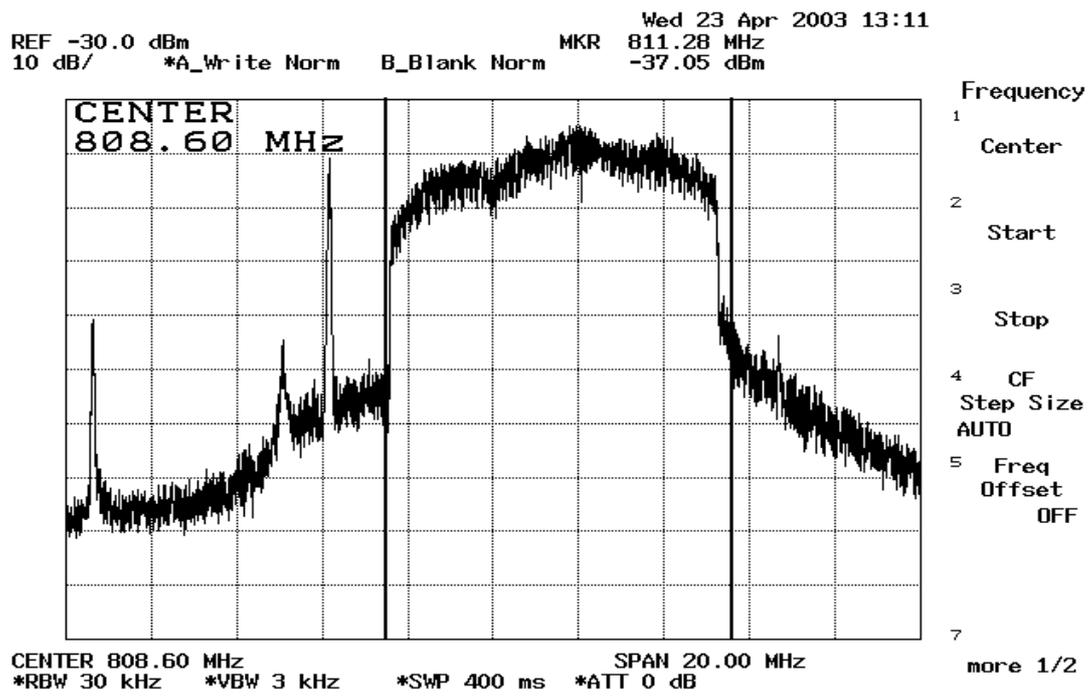


Figura 59. Canal 63 con 113 dB; V. Canal 62 desconectado.

