



III CADI  
IX CAEDI  
2016



UNIVERSIDAD  
TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL  
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL  
DEL NOROESTE  
FACULTAD  
DE INGENIERÍA

## INTERFERENCIAS DE EMISORAS DE FM EN LA BANDA DE FRECUENCIA AERONÁUTICA

**Alberto Daniel Valdez**, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura,  
[dvaldez@exa.unne.edu.ar](mailto:dvaldez@exa.unne.edu.ar)

**Carlos Arturo Miranda**, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura,  
[carturomiranda@gmail.com](mailto:carturomiranda@gmail.com)

**Paola Luciana Schlesinger**, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura,  
[pupelu@gmail.com](mailto:pupelu@gmail.com)

**Juan Ángel Chiozza**, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura,  
[condosz@hotmail.com](mailto:condosz@hotmail.com)

**Carlos Victor Miranda**, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura,  
[carlitos22@gmail.com](mailto:carlitos22@gmail.com)

**Federico Valdez**, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura,  
[valdez796@gmail.com](mailto:valdez796@gmail.com)

**Resumen-** La banda de frecuencia asignada al Servicio de Radiodifusión Sonora por Modulación de Frecuencia (FM) se extiende desde los 88 MHz a 108 MHz. La banda de frecuencia asignada al Servicio de Radionavegación Aeronáutica (SRNA) abarca desde 108 MHz a 117,975 MHz y el Servicio Móvil Aeronáutico (ruta) SMA(R) abarca desde 117,975 MHz a 137 MHz. La proximidad de estas bandas, las elevadas potencias de los transmisores de FM, el tipo de modulación de los sistemas aeronáuticos, la característica de sensibilidad y selectividad de los receptores aeronáuticos móviles, la cercanía de ciudades con los aeródromos, la falta de una planificación global en la autorización de estaciones de radiodifusión y la clandestinidad de algunas estaciones de FM operativas, son algunas de las causas a considerar en el estudio de interferencias.

En este trabajo se realiza una evaluación integral de las posibles causas de interferencias en los sistemas de radios aeronáuticos, basada en la normativa internacional y nacional vigente. Se evalúa un caso testigo de interferencia de una emisora de FM en la banda de 108 MHz a 117,975 MHz, en base a comprobaciones técnicas realizadas por la Comisión Nacional de Comunicaciones-CNC (hoy Ente Nacional de Comunicaciones - ENACOM), las mediciones realizadas in situ en los equipos de la emisora de FM, el análisis de la normativa vigente y concluyendo con las potenciales causas de interferencia.

**Palabras clave**— *planificación, receptores, mediciones, normativa.*

## **1. Introducción**

Las interferencias de emisoras de FM en la banda de frecuencia aeronáutica es un problema habitual en las cercanías de los aeropuertos. La banda de frecuencia asignada al Servicio de Radiodifusión Sonora por Modulación de Frecuencia (FM) se extiende desde los 88 MHz a 108 MHz [1]. La banda de frecuencia asignada al Servicio de Radionavegación Aeronáutica (SRNA) abarca desde 108 MHz a 117,975 MHz y el Servicio Móvil Aeronáutico (ruta) SMA (R) abarca desde 117,975 MHz a 137 MHz [2].

Las emisoras de FM operan con potencias de transmisión de RF que van desde centenas de Watts a decenas de KW utilizando antenas con ganancias de 3 dB a 15 dB lo cual incrementa considerablemente la potencia radiada efectiva (PRE) en determinadas direcciones.

Los sistemas aeronáuticos que operan en la banda SRNA son los localizadores VOR (*Very High Frequency Omnidirectional Range* - Radiofaro Omnidireccional de Muy Alta Frecuencia), ILS (*Instrument Landing System* - Sistema de Aterrizaje por Instrumental), GBAS (*Ground Based Augmentation System* - Sistema de Aumentación Basado en Tierra) y Tecnologías de enlaces de datos Modo VDL (*VHF Data Link*) Modo 4 y en la banda SMA(R) comunicaciones aeroterrestres y aire-aire (voz y datos) [2] [3].

La proximidad de estas bandas, las elevadas potencias y no linealidad de los amplificadores de potencia de los transmisores de FM, el tipo de modulación de los sistemas aeronáuticos, la característica de sensibilidad y selectividad de los receptores aeronáuticos móviles, la cercanía de ciudades con la mayoría de los aeródromos, la deficiencia en la planificación global en la asignación de frecuencias de estaciones de radiodifusión y la clandestinidad de estaciones de FM operativas, son algunas de las causas a considerar en el estudio de interferencias.

En este trabajo se presenta una evaluación de los posibles factores que intervienen en el fenómeno de interferencias en los sistemas aeronáuticos de radionavegación y de comunicaciones, analizando los puntos más relevantes de la normativa internacional y nacional vigente. A los fines de ejemplo se evalúa un caso testigo de interferencia de una emisora de FM X de la ciudad de Goya (Corrientes) en la banda de 108 MHz a 117,975 MHz, notificada en base a comprobaciones técnicas realizadas por la Unidad Móvil de la CNC (hoy ENACOM). Se efectuaron inspecciones y mediciones con instrumental adecuado in situ en los equipos de la emisora de FM X, la recolección de datos geográficos, el análisis de los resultados con la normativa vigente y concluyendo con la discusión de las potenciales causas de interferencia.

## **2. Materiales y Métodos**

En el análisis realizado en el presente trabajo se tomó como material de referencia la normativa nacional e internacional vigente en la materia, un caso testigo de interferencia en la banda aeronáutica atribuida a una emisora de FM y la experiencia del grupo alcanzada con los proyectos desarrollados en el tema de las radiaciones no ionizantes. Es de destacar que el Grupo de Estudio de Radiaciones No Ionizantes inició sus actividades hace ya más de veinte años y entre sus integrantes cuenta con Profesores Investigadores de las asignaturas Electrónica II (electrónica de alta frecuencia), Fundamentos de Comunicaciones, Mediciones Electrónicas, Propagación y Antenas y Sistemas de Comunicaciones de la carrera de Ingeniería en Electrónica de la Universidad Nacional del Nordeste.

Se utilizaron los siguientes documentos como material básico:

Documentos Nacionales: SC 142/96 [1]; Resolución 3690/2004 CNC [4]; ANAC 154 [2]; AIP (Publicación de la Información Aeronáutica) *ENR 4.1* [5].

Documentos internacionales: Recomendación UIT-R SM.1009-1 (1995). [6]; Recomendación UIT-R SM.1446 (2000). [7]; Recomendación UIT-R SM.329-7 (1997). [8]; Anexo 10 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional. Organización De Aviación Civil Internacional (OACI- ICAO) (2006). [9]; UIT - Unión Internacional de Telecomunicaciones. Recomendación UIT-R SM.1140 (1995) [10].

Se tomó como caso testigo la emisora de FM X de la ciudad de Goya la cual fue notificada por el Centro de Comprobación Técnica Posadas CNC que, de acuerdo a las comprobaciones técnicas efectuadas, generaba emisiones no esenciales en el espectro de frecuencias comprendido entre 113,900 MHz y 116,200 MHz, dentro de la banda atribuida al Servicio de Radionavegación Aeronáutica.

En primer lugar se recolectaron los datos técnicos básicos de la emisora de FM: frecuencia de portadora, potencia de salida del transmisor de FM, altura del mástil, características del alimentador de antena, tipo de antena, orientación y ganancia, equipamiento utilizado para la generación y procesamiento de la señal de audio y sus especificaciones técnicas, ubicación en coordenadas geográficas de la antena, entre otras.

Se recogieron los datos del aeropuerto de Goya cuya cabecera de pista se encuentra a 4 Km de la emisora, coordenadas geográficas, las frecuencias y sistemas de radio operativos; de igual manera se procedió con el aeropuerto de Reconquista (Santa Fe) distante a 40,5 Km de la emisora, ya que la Resolución SC142/96 establece un radio de 50 Km de distancia a considerar para los productos de intermodulación de tercer orden.

En la emisora se midieron los parámetros técnicos más importantes de funcionamiento. Para ello se utilizó el siguiente instrumental electrónico: analizador de espectro de RF Good Will modelo GSP-827 con rango de frecuencia desde 9 KHz a 2,7 GHz, resolución RBW de hasta 3 KHz y rango dinámico de 100 dB, medidor de potencia de RF Bird modelo 43 con dos plug-in de 50 a 125 MHz y rangos de 100 W y 1.000 W, un elemento de muestreo nodireccional con atenuación de -50 dB, frecuencímetro digital marca Yaesu modelo YC-500J con rango de medida de 50 a 500 MHz en su banda alta, receptor de radio definido por software (SDR-*Software Defined Radio*) RTL2832U con rango de frecuencia desde 24 MHz a 1.766 MHz, antena receptora dipolo abierto marca Promax modelo AMC/1. Además los software: Software EagleShot Ver.3.6.8 (software de captura utilizado por el analizador de espectro de RF Good Will GSP827) y Software SDR Sharp v.1.0.0.1430 AIRSPY (software para el receptor SDR RTL2832U + R820T).

En primer lugar se midió la potencia de salida de RF del transmisor, la frecuencia de portadora, procediendo luego a la medición del espectro de salida del transmisor. La medición del espectro de salida se realizó en varias condiciones: con señal moduladora de entrada de un tono seteada en diferentes frecuencias y desviación de frecuencia máxima y con modulación de una señal de audio estéreo  $f_{\max}=15$  KHz, codificación MPX, registrando en todos los casos los niveles de acuerdo a la segmentación espectral establecida en la gráfica de espectro de emisión del Capítulo 11 de la Resolución SC142/96.

A continuación se midió el espectro de frecuencia de la banda inmediata superior a la banda de 88 a 108 MHz, asignada al servicio de FM, porción del espectro reservado al servicio SRNA y SMA(R), con diferentes spam de frecuencia observando cuidadosamente a fin de detectar posibles salidas espurias. Luego se procedió a realizar mediciones en los entornos de las frecuencias armónicas potenciales a partir de la frecuencia fundamental hasta el séptimo armónico.

Con la finalidad de realizar el análisis de potenciales mezclas interferentes se procedió a la localización de las emisoras de radiodifusión sonora por modulación de frecuencia en la

banda de 88 MHz a 108 MHz activas en la ciudad de Goya tomando como referencia la ubicación de la emisora evaluada. Para la localización rápida se utilizó el receptor SDR capturando la pantalla del espectro de frecuencias por sectores de 2 MHz y se utilizó el analizador de espectro para la medición particular de cada una. En base a estos datos recolectados se realizó el análisis de potenciales productos de intermodulación de tercer orden  $2f_1 - f_2$  (dos emisoras) y el análisis de potenciales productos de intermodulación de tercer orden  $f_1 + f_2 - f_3$  (tres emisoras) en la banda de 113,9 MHz a 116,2 MHz, banda consignada en el acta de la CNC donde la emisora de FM X estaría emitiendo frecuencias espurias. Se consideraron para la evaluación la Resolución 142/96 de la Secretaría de Comunicaciones, Capítulo 5, Item 5.1.5 respecto a la compatibilidad de las emisoras de radiodifusión sonora por modulación de frecuencia con los servicios aeronáuticos de radio. Se tuvo en cuenta además la Recomendación UIT-R SM.1009-1. Se incluyeron en el análisis los aeropuertos de la ciudad de Goya provincia de Corrientes y Reconquista provincia de Santa Fe, situados en un radio menor que 50 Km, los sistemas de aeronavegación que disponen y sus frecuencias operativas.

### **3. Resultados y Discusión**

Se resumen a continuación los principales procedimientos realizados

#### **3.1 Mediciones en la emisora de FM X**

En primer lugar se midió la potencia de salida de RF del transmisor, la frecuencia de portadora, procediendo luego a la medición del espectro de salida del transmisor para diferentes frecuencias y señales moduladoras, de acuerdo con lo descrito en la sección 2. En la figura 1 y figura 2 se grafican a modo de ejemplo los espectros de frecuencia para dos condiciones típicas de ensayo.

##### **3.1.1 Medición de potencia de salida de RF**

Instrumentos: watímetro Bird y carga de antena

Potencia directa: 400 W; PRE: 922 W

Potencia reflejada: 20 W

##### **3.1.2 Medición de frecuencia de portadora**

Instrumentos: analizador de espectro de RF, frecuencímetro Yaesu, watímetro Bird, sonda de muestra.

Frecuencia de portadora sin modular: 105,701 MHz

##### **3.1.3 Medición del espectro de frecuencias de salida del transmisor**

Instrumentos: analizador de espectro de RF, sonda de muestra

Nivel de referencia portadora sin modular: 2 dBm = 0 dBr

- Con modulación de un tono de 15 KHz,  $\Delta f = \pm 75$  KHz; banda de frecuencia de 105,70 MHz  $\pm 120$  KHz;  
Nivel  $\leq 0$  dBr

- Con modulación de un tono de 15 KHz,  $\Delta f = \pm 75$  KHz; banda de frecuencia de 105,70 MHz  $\pm$  120 KHz a 105,70 MHz  $\pm$  240 KHz;  
Nivel  $\leq -40$  dBm < -25 dBr
- Con modulación de un tono de 15 KHz,  $\Delta f = \pm 75$  KHz; banda de frecuencia de 105,70 MHz  $\pm$  240 KHz a 105,70 MHz  $\pm$  600 KHz;  
Nivel  $\leq -55$  dBm < -35 dBr
- Con modulación de un tono de 15 KHz,  $\Delta f = \pm 75$  KHz; banda de frecuencias mayores que 105,70 MHz + 600 KHz y menores que 105,70 MHz – 600 KHz;  
Nivel  $\leq -59$  dBm < -60 dBr

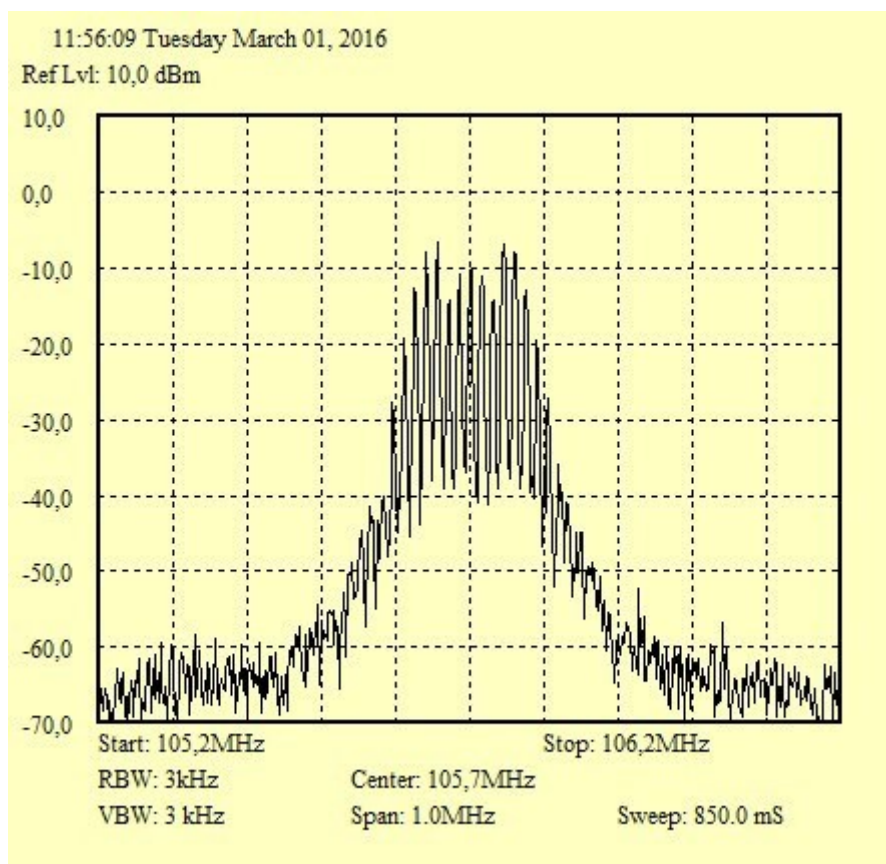


Figura 1. Espectro de frecuencia con modulación de un tono de 15 KHz,  $\Delta f = \pm 75$  KHz.  
Fuente: elaboración propia.

- Con modulación de una señal de audio estéreo  $f_{max} = 15$  KHz, codificación MPX,  $\Delta f = \pm 75$  KHz; banda de frecuencia de 105,70 MHz  $\pm$  120 KHz;  
Nivel  $\leq 0$  dBr
- Con modulación de una señal de audio estéreo  $f_{max} = 15$  KHz, codificación MPX,  $\Delta f = \pm 75$  KHz; banda de frecuencia de 105,70 MHz  $\pm$  120 KHz a 105,70 MHz  $\pm$  240 KHz;  
Nivel  $\leq -30$  dBm < -25 dBr

- Con modulación de una señal de audio estéreo  $f_{\max}=15$  KHz, codificación MPX,  $\Delta f=\pm 75$  KHz; banda de frecuencia de  $105,70 \text{ MHz} \pm 240 \text{ KHz}$  a  $105,70 \text{ MHz} \pm 600 \text{ KHz}$ ;  
Nivel  $\leq -38 \text{ dBm} < -35 \text{ dBr}$
- Con modulación de una señal de audio estéreo  $f_{\max}=15$  KHz, codificación MPX,  $\Delta f=\pm 75$  KHz; banda de frecuencia mayor que  $105,70 \text{ MHz} + 600 \text{ KHz}$  y menor que  $105,70 \text{ MHz} - 600 \text{ KHz}$ ;  
Nivel  $\leq -59 \text{ dBm} < -60 \text{ dBr}$

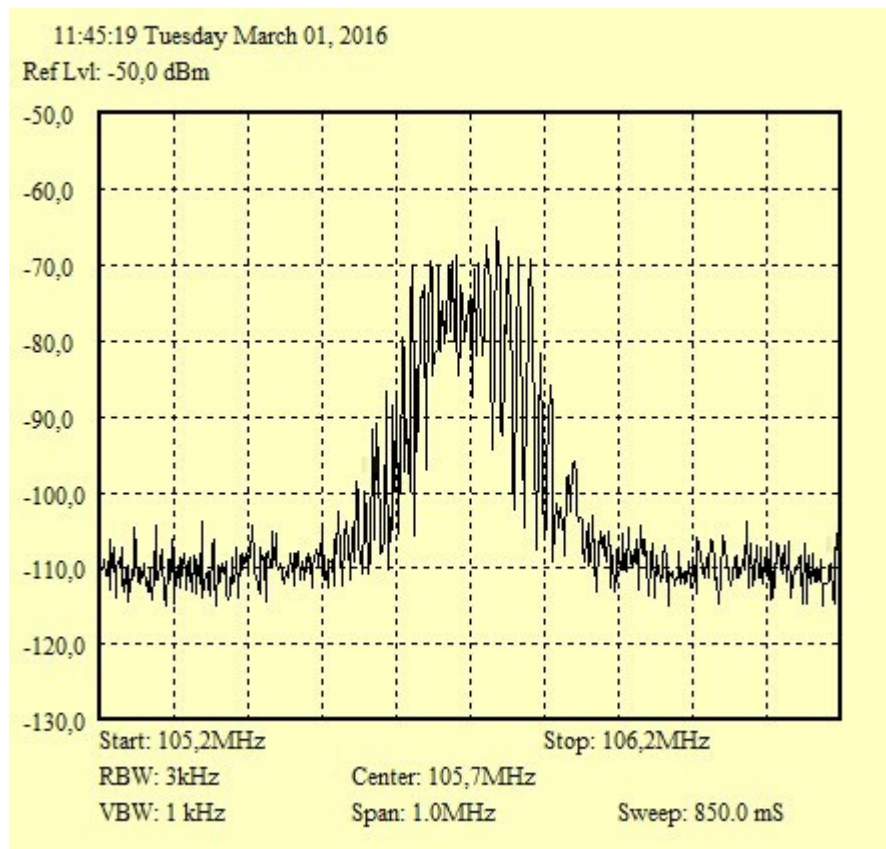


Figura 2. Espectro de frecuencia con modulación de una señal de audio estéreo tomada de aire.  
Fuente: elaboración propia.

#### Evaluación de la banda superior

- Con modulación de una señal de audio estéreo  $f_{\max}=15$  KHz, codificación MPX,  $\Delta f=\pm 75$  KHz; banda de frecuencia de 104 a 220 MHz;  
Nivel  $\leq -62 \text{ dBm} < -60 \text{ dBr}$
- Con modulación de una señal de audio estéreo  $f_{\max}=15$  KHz, codificación MPX,  $\Delta f=\pm 75$  KHz; banda de frecuencia de 108 a 140 MHz;  
Nivel  $\leq -63 \text{ dBm} < -60 \text{ dBr}$
- Con modulación de una señal de audio estéreo  $f_{\max}=15$  KHz, codificación MPX,  $\Delta f=\pm 75$  KHz; banda de frecuencia de 108 a 117 MHz;

Nivel  $\leq -63$  dBm < -60 dBr

#### Evaluación de armónicos

- Con modulación de una señal de audio estéreo  $f_{\max}=15$  KHz, codificación MPX,  $\Delta f=\pm 75$  KHz; banda de frecuencia de 210,4 a 212,4 MHz;  
Nivel  $\leq -63$  dBm < -60 dBr
- Con modulación de una señal de audio estéreo  $f_{\max}=15$  KHz, codificación MPX,  $\Delta f=\pm 75$  KHz; banda de frecuencia de 206,4 a 216,4 MHz;  
Nivel  $\leq -64$  dBm < -60 dBr
- Con modulación de una señal de audio estéreo  $f_{\max}=15$  KHz, codificación MPX,  $\Delta f=\pm 75$  KHz; banda de frecuencia de 312,1 a 322,1 MHz;  
Nivel  $\leq -63$  dBm < -60 dBr
- Con modulación de una señal de audio estéreo  $f_{\max}=15$  KHz, codificación MPX,  $\Delta f=\pm 75$  KHz; banda de frecuencia de 417,89 a 427,89 MHz;  
Nivel  $\leq -65$  dBm < -60 dBr
- Con modulación de una señal de audio estéreo  $f_{\max}=15$  KHz, codificación MPX,  $\Delta f=\pm 75$  KHz; banda de frecuencia de 523,5 a 533,54 MHz;  
Nivel  $\leq -63$  dBm < -60 dBr
- Con modulación de una señal de audio estéreo  $f_{\max}=15$  KHz, codificación MPX,  $\Delta f=\pm 75$  KHz; banda de frecuencia de 629,2 a 639,2 MHz;  
Nivel  $\leq -62$  dBm < -60 dBr
- Con modulación de una señal de audio estéreo  $f_{\max}=15$  KHz, codificación MPX,  $\Delta f=\pm 75$  KHz; banda de frecuencia de 734,9 a 744,9 MHz;  
Nivel  $\leq -63$  dBm < -60 dBr

Nota: los valores medidos son inferiores a los valores máximos establecidos en la Resolución N°142/96 Secretaría de Comunicaciones, “Reglamento para el Servicio de Radiodifusión Sonora por Modulación de Frecuencia”, Capítulo 6, respecto al Sistema de Transmisión.

En la figura 3 puede observarse la disposición del transmisor de FM y del analizador de espectro de RF utilizado para las mediciones de frecuencia.



Figura 3. Transmisor de FM X y analizador de espectro de RF.

Fuente: elaboración propia.

### **3.2 Análisis de potenciales mezclas interferentes**

Para el análisis de las potenciales mezclas interferentes se procedió a la identificación y localización de las emisoras de radiodifusión sonora por modulación de frecuencia en la banda de 88 MHz a 108 MHz, en funcionamiento, en la ciudad de Goya tomando como referencia la frecuencia de portadora de cada emisora evaluada. El procedimiento se realizó de acuerdo a lo descrito en la sección 2. En la figura 4 se observa una captura de pantalla graficando el nivel relativo en función de la frecuencia de las emisoras de FM operativas en la ciudad de Goya, a modo de ejemplo, en la banda de 104,750 MHz a 107,250 MHz

3.2.1 Localización de las emisoras de radiodifusión sonora por modulación de frecuencia en la banda de 88 MHz a 108 MHz en la ciudad de Goya (Corrientes).

Instrumentos: Receptor SDR, Analizador de espectros de RF.

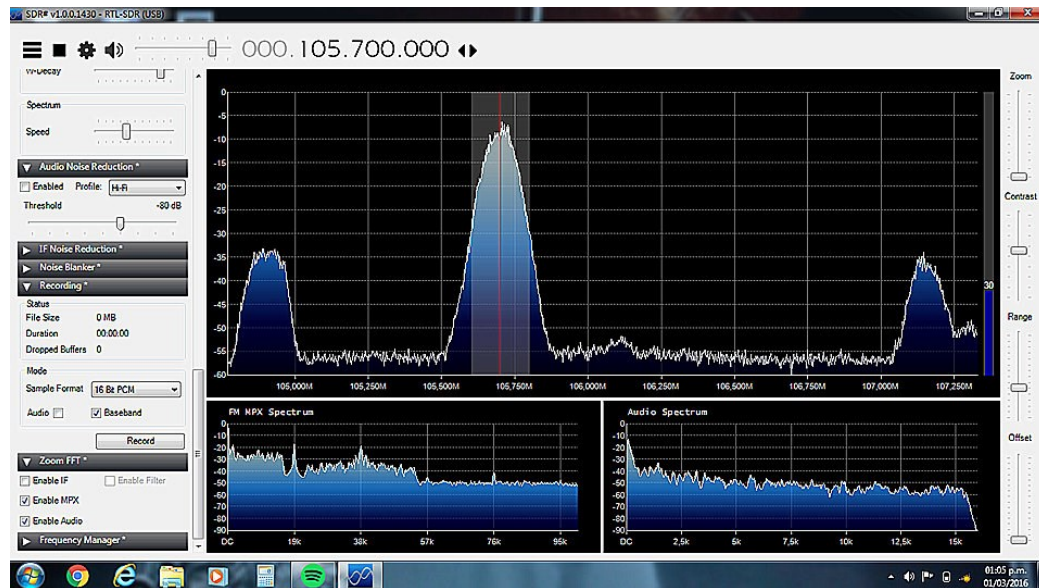


Figura 4. Relevamiento en frecuencia y nivel relativo de las emisoras de FM operativas en la ciudad de Goya (a modo de ejemplo banda de 104,750 MHz a 107,250 MHz).  
Fuente: elaboración propia.

### 3.2.2 Análisis de potenciales productos de intermodulación de tercer orden (dos emisoras) en la banda de 113,9 MHz a 116,2 MHz.

Se consideran para el análisis de los productos de intermodulación de tercer orden y dos frecuencias sólo las combinaciones de emisoras que producen frecuencias dentro de la banda de interés.

En base a los datos recolectados con el receptor SDR se realizó el cálculo y análisis de potenciales productos de intermodulación de tercer orden  $2f_1 - f_2$  para dos emisoras con resultados en la banda de interés (113,9 MHz a 116,2 MHz). En la Tabla 1 se consignan los mismos.

Tabla 1. Productos de intermodulación de tercer orden (dos emisoras).

| $f_1$ [MHz] | $f_2$ [MHz] | $2f_1 - f_2$ [MHz] |
|-------------|-------------|--------------------|
| 105,7       | 96,3        | 114,7              |
| 105,7       | 95,3        | 115,3              |
| 105,7       | 94,5        | 116,1              |

Fuente: elaboración propia.

### 3.2.3 Análisis de potenciales productos de intermodulación de tercer orden (tres emisoras) en la banda de 113,9 MHz a 116,2 MHz

Se consideran para el análisis de los productos de intermodulación de tercer orden y tres frecuencias sólo las combinaciones de emisoras que producen frecuencias dentro de la banda de interés.

En base a los datos recolectados con el receptor SDR se realizó el cálculo y análisis de potenciales productos de intermodulación de tercer orden  $f_1+f_2-f_3$  (tres emisoras) en la banda de 113,9 MHz a 116,2 MHz. En la Tabla 2 se consignan los cálculos.

Tabla 2. Productos de intermodulación de tercer orden (tres emisoras).

| $f_1$ [MHz] | $f_2$ [MHz] | $f_3$ [MHz] | $f_1+f_2-f_3$ [MHz] |
|-------------|-------------|-------------|---------------------|
| 107,3       | 105,7       | 98,7        | 114,3               |
| 107,3       | 105,7       | 97,7        | 115,3               |
| 107,3       | 105,7       | 96,9        | 116,1               |
| 106,5       | 105,7       | 97,7        | 114,5               |
| 106,5       | 105,7       | 96,9        | 115,3               |
| 106,5       | 105,7       | 96,3        | 115,9               |
| 106,1       | 105,7       | 97,7        | 114,1               |
| 106,1       | 105,7       | 96,9        | 114,9               |
| 106,1       | 105,7       | 96,3        | 115,5               |
| 105,7       | 104,9       | 96,3        | 114,3               |
| 105,7       | 104,9       | 95,3        | 115,3               |
| 105,7       | 104,9       | 94,5        | 116,1               |
| 105,7       | 104,5       | 96,3        | 113,9               |
| 105,7       | 104,5       | 95,3        | 114,9               |
| 105,7       | 104,5       | 94,5        | 115,7               |
| 105,7       | 104,1       | 95,3        | 114,5               |
| ....        | ....        | ....        | ....                |
| 105,7       | 100,3       | 89,9        | 116,1               |
| 105,7       | 98,7        | 89,9        | 114,5               |
| 105,7       | 98,7        | 89,5        | 114,9               |
| 105,7       | 98,7        | 88,5        | 115,9               |
| 105,7       | 98,7        | 88,3        | 116,1               |
| 105,7       | 97,7        | 89,5        | 113,9               |
| 105,7       | 97,7        | 88,5        | 114,9               |
| 105,7       | 97,7        | 88,3        | 115,1               |
| 105,7       | 96,9        | 88,5        | 114,1               |
| 105,7       | 96,9        | 88,3        | 114,3               |

Fuente: elaboración propia.

Para la determinación de estos potenciales productos de intermodulación dentro de la banda de 113,9 MHz a 116,2 MHz consignadas en el Acta CNC del 16/08/2012 a Radio FM X, se consideran todas las emisoras de FM operativas en la ciudad de Goya a la fecha y hora de medición.

Se considera para la evaluación la Resolución 142/96 de la Secretaría de Comunicaciones, Capítulo 5, Ítem 5.1.5 respecto a la compatibilidad de las emisoras de radiodifusión sonora por modulación de frecuencia con los servicios aeronáuticos de radio. Se tiene en cuenta además la Recomendación UIT-R SM.1009-1.

Se incluyen en el análisis los aeropuertos de la ciudad de Goya provincia de Corrientes y Reconquista provincia de Santa Fe, situados en un radio menor que 50 Km, los sistemas de aeronavegación que disponen y sus frecuencias operativas. Se resumen a continuación los datos de interés de los sistemas de cada aeropuerto y sus frecuencias operativas

Goya (SATG) Corrientes/Argentina

290518S 0591200W

TWR 118,1 MHz

AUX 119,7 MHz

NDB LI 345 KHz (no operativo)

Reconquista (SATR) Santa Fe/Argentina.

IAC N°1

291231S 594057W

VOR/DME RTA 117,1 MHz

291238S 594219W

NDB LI 242 KHz

Reconquista (SATR) Santa Fe/Argentina.

IAC N°2

291231S 594057W

VOR/DME RTA 117,1 MHz

TMA 119,0 MHz

APP 119,0 MHz

TWR 119,0 MHz

AUX 118,5 MHz

En la figura 5, sobre un mapa de la región de la ciudad de Goya, se observa la posición de la emisora de FM X y la cabecera de pista del aeropuerto, consignando la distancia y posición relativa de la línea que une ambos puntos con la dirección de la pista de aterrizaje.

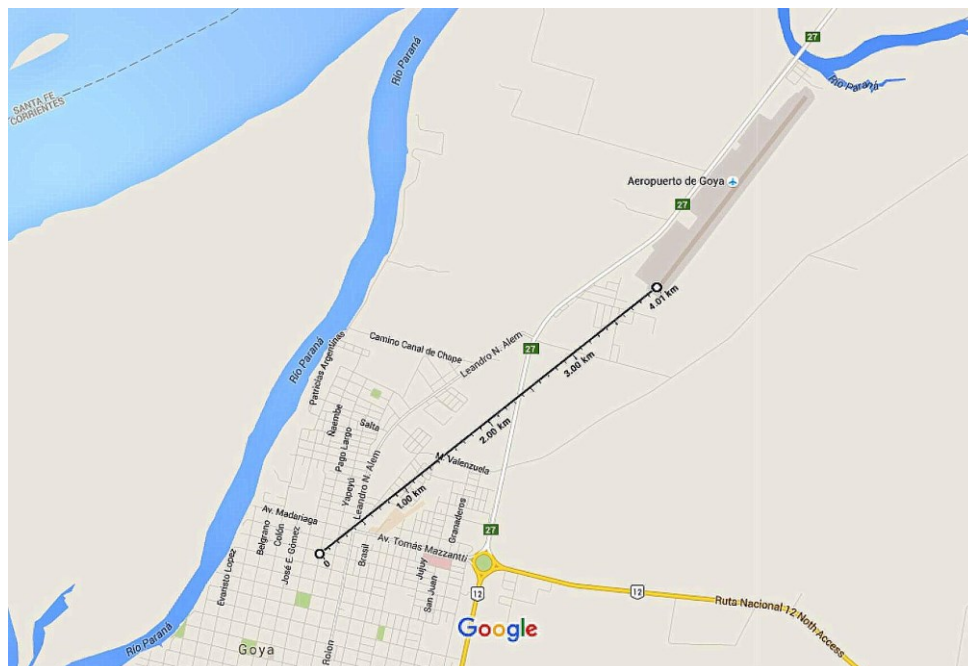


Figura 5. Distancia y dirección entre la antena de FM X y la cabecera de pista del Aeropuerto de Goya.

Fuente: elaboración propia

### **3.3 Discusión**

La evaluación de los posibles factores que intervienen en el fenómeno de interferencias en los *sistemas aeronáuticos de radionavegación y de comunicaciones* vinculados al *servicio de radiodifusión sonora por modulación de frecuencia* es compleja y presenta varios enfoques diferentes.

En el presente trabajo se evaluó en primer lugar el espectro de frecuencias emitido por el sistema transmisor de FM. De acuerdo a los resultados obtenidos de las mediciones en diferentes condiciones de modulación y a máxima desviación de frecuencia, se concluye que el transmisor se ajusta a la normativa vigente, con un espectro de frecuencia de salida por debajo de los valores límites establecidos [3] en particular en la banda desde 108 MHz a 137 MHz asignado al SRNA.

Luego se procedió al análisis de potenciales mezclas interferentes haciendo foco en la intermodulación de tercer orden de dos y tres frecuencias. Este fenómeno puede presentarse de diferentes formas: dos o tres emisoras de FM con niveles del mismo orden en un punto, dos o más sistemas irradiantes de emisoras diferentes en el mismo mástil, filtrado deficiente de la banda superior a la banda de FM, en particular la segunda armónica, ingreso de otra señal en la etapa de salida de otro transmisor, etc.

En base a los resultados de la exploración del espectro en aire en la ciudad de Goya se calcularon las combinaciones que generan potenciales productos dentro de la banda aeronáutica, en especial la banda SRNA. Se tomó en cuenta la distancia de las diferentes emisoras a la emisora de FM X. Se contrastaron los resultados obtenidos con las frecuencias operativas de los aeropuertos de la ciudad de Goya (Ctes.) y Reconquista (Santa Fe), situados en un radio menor que 50 Km [3]. Las posibles mezclas interferentes calculadas no interfieren con las frecuencias de los dos aeropuertos considerados. Sin embargo algunas de estas frecuencias se encuentran dentro de la banda asignada al servicio SRNA constatadas oportunamente por la CNC.

Se toma como una situación negativa el hecho de que la cabecera de pista del Aeropuerto de Goya se encuentra a 4 Km de la antena de la emisora de FM X y la línea de aproximación a la pista se encuentra desfasada sólo algunos grados de la línea que forma la antena y la cabecera de la pista de aterrizaje. Esta condición implica el paso cercano de las aeronaves a esta emisora de FM X y a las otras emisoras de la ciudad, constituyéndose en un elemento facilitador de posibles interferencias.

En este punto se debe considerar con mucho cuidado la planificación y asignación de frecuencias de emisoras de FM ajustada a lo establecido en la SC142/96 y las recomendaciones de la UIT al respecto en su documento UIT-R SM.1009-1 y su regulación técnica; además adquiere vital importancia el control periódico de las mismas. La regulación técnica se encuentra actualmente bajo la órbita del Ente Nacional de Comunicaciones (ENACOM).

Otro elemento a tener en cuenta en el análisis es la situación de escaso control de los parámetros técnicos de funcionamiento de los sistemas de transmisión de las estaciones de FM clandestinas en la ciudad de Goya, fundamentalmente en cuanto a su potencia de emisión y espectro de frecuencia irradiado; además algunas de estas emisoras poseen dos sistemas irradiantes de diferentes frecuencias portadoras montados en el mismo mástil sin ningún criterio ingenieril. La mayoría de los equipos transmisores de FM tienen a la salida sólo un filtro pasabajos, cuya respuesta en frecuencia no atenúa suficientemente la emisión del segundo armónico y menos aún de la radiación espuria en la banda superior.

Los receptores aeronáuticos móviles que operan en la banda SRNA y SMA anteriores al año 1998 presentan importantes deficiencias en sus circuitos de entrada de radiofrecuencia (*RF front end*) haciéndolos muy vulnerables a las interferencias por intermodulación y desensibilización. A partir de 1998 se realizaron algunos cambios dirigidos a minimizar estos problemas [9][10]. Sin embargo estas medidas relacionadas con la capacidad de rechazo del receptor a los productos de intermodulación, algunos tipos de modulación empleados, incluyendo la modulación de amplitud (AM), y la cercanía en frecuencia de la banda de FM y la banda aeronáutica, plantean problemas de interferencia de difícil solución.

Es importante observar que en el acta de comprobación de la CNC (hoy ENACOM) a la emisora FM X, no se consignó información sobre el instrumental y equipos utilizados en la medición, el método/protocolo de medición, el detalle de los resultados obtenidos (frecuencias, niveles, etc.), las emisoras operativas al momento de la medición, los puntos geográficos donde se realizaron las mediciones, etc. Tampoco se realizaron mediciones en el conector de salida de RF del transmisor. Esta falta de información derivada del procedimiento habitual empleado afecta la definición de las características de la interferencia señalada por la CNC, dificulta el análisis del origen de la misma y la reproducibilidad en el tiempo de las mediciones y comprobaciones. Estas deficiencias se repiten en las actas de comprobación técnica del organismo contralor a las que se tuvo acceso.

#### **4. Conclusiones y recomendaciones**

Los factores que intervienen en el fenómeno de interferencias en los *sistemas aeronáuticos de radionavegación y de comunicaciones* vinculados al *servicio de radiodifusión sonora por modulación de frecuencia* son numerosos, interactivos y se presentan combinados de diferentes maneras. Su tratamiento requiere de un trabajo integral que contemple la interacción de los mismos.

Desde el organismo encargado del control (CNC, AFTIC, hoy ENACOM) el problema se enfoca principalmente en la detección de señales interferentes en la banda aeronáutica por denuncias o de oficio. El protocolo de documentación de la medición realizada por el equipo de comprobación técnica presenta serias deficiencias. Se recomienda trabajar en la mejora de la documentación producto del procedimiento de medición.

La planificación y asignación de frecuencias por parte de ENACOM a emisoras de FM considerando prioritariamente el problema de interferencias con el servicio de radio aeronáutico propendería a una mejora importante del problema. El control periódico de los parámetros técnicos de funcionamiento es una medida necesaria para minimizar las interferencias.

En cuanto a los sistemas transmisores de FM, es importante que dispongan a su salida de RF un filtro pasabanda centrado en la frecuencia de portadora, de flancos abruptos fuera de la banda del canal de radio, preferentemente con tres secciones resonantes o mayor. Es conveniente que en un mástil sólo funcione un sistema irradiante de FM a fin de evitar la intermodulación entre señales.

A los efectos del monitoreo del espectro radioeléctrico se han propuesto algunas medidas. En el año 2014 se creó el Sistema Nacional de Monitoreo de Radiaciones No Ionizantes (SiNaM), si bien el mismo no se encuentra actualmente operativo. En el año 2015 se adjudicó la licitación internacional para proveer el equipamiento del Sistema Integral de Gestión y Control del Espectro Radioeléctrico (SIGER), dentro del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). La función del SIGER era monitorear, ordenar y regularizar el espectro radioeléctrico en todo el territorio nacional argentino. Actualmente la ENACOM es responsable del control del espectro radioeléctrico. Es importante disponer a la mayor brevedad un sistema de gestión y control del espectro radioeléctrico, dinámico y flexible, el cual podría circular sobre la red de fibra óptica de la Argentina y sistemas inalámbricos distribuidos en todo el país.

Es imprescindible la revisión del sistema aeronáutico en cuanto a los sistemas utilizados de procesamiento y modulación de las señales, sus parámetros técnicos de funcionamiento, especificaciones de los equipos electrónicos y bandas de frecuencias utilizadas. En este sentido se encuentran trabajando el OACI y la UIT.

Las actividades mencionadas precedentemente deberían realizarse bajo la supervisión de un profesional matriculado en el Consejo Profesional de Ingeniería de Telecomunicaciones, Electrónica y Computación (COPITEC), de jurisdicción nacional, u organismo equivalente.

Es fundamental la participación activa de las Universidades, en particular de aquellas que dictan carreras vinculadas de manera estrecha a la problemática de las interferencias en los sistemas electrónicos de comunicaciones (Ingeniería en Electrónica, Ingeniería en Telecomunicaciones, etc.). En el país existen grupos de investigación y desarrollo tecnológico, acreditados y consolidados, con sólidos conocimientos y experiencia en el tema. El aporte de estos grupos será seguramente muy valioso para la solución del problema.

En la Universidad Nacional del Nordeste, Facultad de Ciencias Exactas, funciona el Grupo de Estudio de Radiaciones No Ionizantes, con recursos humanos calificados, equipamiento de altas prestaciones y vasta experiencia en el área de las telecomunicaciones electrónicas.

## 5. Referencias

- [1] SECRETARIA DE COMUNICACIONES. SC 142/96. (1996). Reglamento para el servicio de radiodifusión sonora por modulación de frecuencia.
- [2] ANAC - Administración Nacional de Aviación Civil. (2015). ANAC 154. *Normas para la utilización del espectro de radiofrecuencias aeronáuticas. Normas y métodos nacionales.*
- [3] Gómez Gómez, Édgar Leonardo; Ortiz Triviño, Jorge Eduardo. (2012). *Enlaces de datos en VHF (VDL) dentro del contexto CNS/ATM para la prestación de los servicios de tránsito aéreo en Colombia.*
- [4] Resolución 3690/2004 CNC. (2004). *Protocolo para la evaluación de las radiaciones no ionizantes.*
- [5] AIP Argentina (Publicación de la Información Aeronáutica). (2010). *ENR 4.1 Radioayudas y sistemas de navegación.*
- [6] UIT – Unión Internacional de Telecomunicaciones. Recomendación UIT-R SM.1009-1 (1995). *Compatibilidad entre el servicio de radiodifusión sonora en la banda de aproximadamente 87-108 MHz y los servicios aeronáuticos en la banda 108-137 MHz.*
- [7] Recomendación UIT-R SM.1446. (2000). *Definición y medición de los productos de intermodulación en transmisores que utilizan técnicas de modulación de frecuencia, de fase o compleja.*
- [8] Recomendación UIT-R SM.329-7. (1997). *Emisiones No Esenciales.*
- [9] ICAO-OACI. Anexo 10 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional ICAO-OACI. (2006). Telecomunicaciones aeronáuticas. Volumen I. *Radioayudas para la navegación.*
- [10] UIT – Unión Internacional de Telecomunicaciones. Recomendación UIT-R SM.1140. (1995). *Procedimientos de prueba utilizados en las medidas de las características de los receptores aeronáuticos que sirven para determinar la compatibilidad entre el servicio de radiodifusión sonora en la banda de unos 87-108 MHz y los servicios aeronáuticos en la banda 108-118 MHz.*