



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN
INGENIERIA MECÁNICA ELECTRICA
AREA ELÉCTRICA- ELECTRÓNICA

Trabajo para Titulación por experiencia profesional
Para obtener el Título de Ingeniero

“ACCIONES DE SUPERVISIÓN DEL USO Y APROVECHAMIENTO EFICIENTE DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO EN MÉXICO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES Y RADIODIFUSIÓN”

Presenta:

Diego Javier Anselmo

Asesor:

M. en I. Juan Gastaldi Pérez

Junio 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Contenido

Introducción...	3
Capítulo 1.- Conceptos Básicos	3
1.1 ¿Qué es el Espectro Radioeléctrico?	5
1.2 Radiofrecuencia	6
1.3 ¿Qué es un dBm?	8
1.4 Modulación (Telecomunicaciones)	9
1.5 Antenas	10
1.6 Radiogoniometría y Localización	10
1.7 Analizador de Espectros	12
Capítulo 2.- Inspección de parámetros técnicos a una estación de Radiodifusión	16
2.1 Planta Transmisora en Amplitud Modulada	16
2.2 Planta Transmisora en Frecuencia Modulada	28
Capítulo 3.- Televisión Digital Terrestre	39
3.1 ¿Qué es el Televisión Digital Terrestre	39
3.2 Preambulo	40
3.3 Marco Legal	43
3.4 Descripción básica de un Transmisor de Televisión Digital Terrestre	45
3.5 Parametros a evaluar en una planta de Televisión Digital Terrestre	48
Capítulo 4.- Vigilancia del Espectro Radioelectro	54
4.1 Sistema de Monitoreo "ARGUS"	56
4.2 Sistema de Monitoreo "SCORPIO"	63
4.3 Atención a Interferencias	67
Conclusiones	76
Bibliografías	78



INTRODUCCIÓN

Datos de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), arrojan que el número de suscripciones de banda ancha móvil (BAM) llegó a los 4.300 millones a finales de 2017. Así, el número de líneas por cada cien habitantes ha pasado de las 52,2 de 2016 a las 56,4 en 2017, esto da como resultado una demanda por las aplicaciones que tienen acceso a la red a nivel mundial que asciende a 615 Petabytes por mes en el año 2017, y se contempla que dicha demanda vaya aumentando exponencialmente hasta llegar a la cifra de los 11059 Petabytes por mes en los próximos 5 años, y las redes inalámbricas tendrán un papel muy importante, ya que ellas se convertirán en el elemento principal para la conectividad.

Como resultado de lo anterior, es imperativa la necesidad de eficientar el recurso espectral con el que cuenta nuestro país, siendo el espectro radioeléctrico un recurso natural de carácter limitado, es de suma importancia para el Instituto Federal de Telecomunicaciones (órgano regulador) aprovechar cada segmento que se pueda atribuir a los servicios IMT (International Mobile Telecommunications), los cuales se ocupan en su mayoría para la provisión de servicios de internet de banda ancha, es así que, por ello he desempeñado funciones de inspección, verificación, vigilancia y monitoreo de servicios que utilizan el Espectro Radioeléctrico como medio de transmisión, dichas funciones tienen como objetivo tener ordenado cada segmento que es atribuido a los diferentes servicios de telecomunicaciones y radiodifusión, para así poder llevar a los usuarios finales, un mayor número de servicios de telecomunicaciones y radiodifusión con calidad, mejores precios al existir mayor competitividad, y que todos y cada uno de ellos se encuentren libres de emisiones radioeléctricas perjudiciales.

A nivel mundial y con el avance tecnológico los servicios de banda ancha móvil se han convertido en un componente fundamental para el desarrollo competitivo de los países, su desarrollo genera una mayor demanda de recursos espectrales para satisfacer la creciente proliferación de aplicaciones de esta índole, ya que su uso no se limita únicamente a los smartphones, PCs y tabletas electrónicas, hoy en día también se utiliza para televisores, parlantes y domótica, solo por mencionar algunos ejemplos.

Por ello, el sector de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) realiza los estudios pertinentes para determinar las bandas del espectro que se consideran útiles para la provisión de servicios móviles de banda ancha, identificándolas como bandas propicias para las IMT. Por su parte, el Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT) tiene la tarea de ejecutar las recomendaciones que dicta la UIT, a fin de reducir la brecha entre la tenencia actual de banda ancha móvil y los pronósticos de demanda a nivel mundial, una de esas



acciones fue la liberación de la banda de 700 MHz, conocido como el primer dividendo digital, mismo que será utilizado para la provisión de servicios móviles digitales.

Bajo ese contexto es necesario eficientar cada segmento de frecuencias del Espectro Radioeléctrico para abastecer la demanda de ancho de banda para la próxima generación de conexión 5G y para la actual Red Compartida Mayorista, la cual para poder implementarse fue necesario realizar las siguientes actividades:

- 1.- Transición a la Televisión Digital Terrestre (con la cual se libera la banda de 700 MHz, misma que se utiliza para la operación de la Red Compartida Mayorista).
- 2.- Inspección y Verificación de parámetros técnicos en plantas transmisoras de estaciones radiodifundidas, con ayuda de equipo de comprobación técnica.
- 3.- Radiomonitorio permanente de parámetros técnicos de todos los servicios que se transmiten por medio del espectro Radioeléctrico, a fin de garantizar el correcto funcionamiento de los mismos.

En el desarrollo de cada una de estas actividades, he adquirido, aplicado y consolidado los conocimientos adquiridos como ingeniero, siendo esto necesario para el manejo del equipo de comprobación técnica y evaluación de parámetros técnicos autorizados. Lo anterior, sumado a la capacitación que se me brinda por parte del Instituto, todo ello con la finalidad de cumplir cabalmente con las facultades y tareas como Especialista en Vigilancia del Espectro Radioeléctrico que tengo asignadas.

En el transcurso de los años he participado en proyectos como: eléctrica, electrónica y comunicaciones. En el presente trabajo se establecen las actividades realizadas en proyectos nacionales, en los cuales he desarrollado mis conocimientos técnicos que han permitido mi crecimiento profesional y personal.



Capítulo 1.- Conceptos Básicos

1.1 ¿Qué es el Espectro Radioeléctrico?

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), organismo especializado de las Naciones Unidas con sede en Ginebra (Suiza), lo define como: "Las frecuencias del espectro electromagnético usadas para los servicios de difusión y servicios móviles, de policía, bomberos, radioastronomía, meteorología y fijos." ¹

El Espectro Radioeléctrico es un recurso natural, de carácter limitado, que constituye un bien de dominio público, sobre el cual el Estado ejerce su soberanía. Es, asimismo, un medio intangible que puede utilizarse para la prestación de diversos servicios de comunicaciones, de manera combinada o no con medios tangibles como cables, fibra óptica, entre otros.

Está compuesto por un conjunto de frecuencias que se agrupan en "bandas de frecuencias" y puede ser utilizado por los titulares de una Concesión de Telecomunicaciones para la prestación de servicios de comunicaciones inalámbricas, radiodifusión sonora (AM, FM y TDT), internet, telefonía fija y celular, brindados por un prestador o concesionario; o por titulares de Autorizaciones para operar sistemas relacionados con seguridad, defensa, emergencias, transporte e investigación científica, así como aplicaciones industriales y domésticas; sistemas de Radionavegación Marítimas y Aeronáuticas, Sistemas de Seguridad (aeropuertos, radiolocalización de vehículos, monitoreo, etc.), diversos Sistemas y Servicios Radioeléctricos tanto de uso civil como militar (Fuerzas de Seguridad, Policía, Bomberos, Protección Civil, Salud Pública, Radioaficionados, Radiotaxis, etc.). Es uno de los elementos sobre los que se basa el sector de la información y las comunicaciones para su desarrollo y, para todo ciudadano, se traduce en un medio para acceder a la información.

Entonces, para que dichos sistemas de comunicaciones puedan funcionar correctamente y sin interferir a otros, el espectro se divide y se atribuyen en bandas específicas para la operación de los servicios mencionados. En él sólo deben operar usuarios autorizados, entendiendo que dicha autorización permite garantizar el normal funcionamiento y calidad de los servicios que se prestan u operan haciendo uso del espectro.

Así, las porciones de frecuencias que conforman el espectro deben ser:

- ATRIBUIDAS a uno o más servicios

¹ <https://www.itu.int/es/Pages/default.aspx>



- ASIGNADAS a determinado usuario

Atribución de bandas

La atribución de una banda a un servicio puede ser con categoría primaria o secundaria, significando esto que, si el servicio posee categoría primaria, está protegido contra interferencias; mientras que, si su categoría es secundaria, no sólo no se encuentra protegido contra interferencias, sino que además tiene prohibido interferir y, llegado el caso, se deberá arbitrar los medios para cesar las interferencias.

Asignación de frecuencias

Las frecuencias asignadas a cada usuario se autorizan mediante un Título de Concesión o Permiso, permitiéndole instalar y poner en funcionamiento estaciones radioeléctricas en los distintos domicilios para los cuales ha solicitado el permiso de uso.

Las frecuencias pueden asignarse a uno o más usuarios, dependiendo del tipo de sistema que resulte óptimo utilizar en cada caso, como por ejemplo los radiotaxis. La instalación de una estación base contempla dos facetas diferentes: la arquitectónica (obra civil) regulada por los municipios de cada estado mediante Ordenanzas Municipales sobre lo cual el Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT) no tiene competencia; y la de comunicaciones, regulada por el IFT. Todo concesionario de una estación radioeléctrica debe contar con la autorización que otorga este Instituto, debiendo está estación ser habilitada en los términos de la Resolución que así lo comprenda y en un todo de acuerdo con la normativa vigente.

1.2 Radiofrecuencia

El término radiofrecuencia (abreviado RF), también denominado espectro de radiofrecuencia, se aplica a la porción menos energética del espectro electromagnético, situada entre 3 kilohercios (kHz) y 300 gigahercios (GHz).

El hercio es la unidad de medida de la frecuencia de las ondas, y corresponde a un ciclo por segundo. Las ondas electromagnéticas de esta región del espectro, se pueden transmitir aplicando la corriente alterna originada en un generador a una antena.

La radiofrecuencia se puede dividir en las siguientes bandas del espectro:²

Espectro radioeléctrico

CONSEJO CONSULTIVO INTERNACIONAL DE LAS COMUNICACIONES DE RADIO (CCIR)

Nombre	Abreviatura	Frecuencias	Longitud de onda
		Inferior a 3 Hz	> 100.000 km
Extra baja frecuencia :Extremely low frequency	ELF	3-30 Hz	100.000 km – 10.000 km
uper baja frecuencia :Super low frequency	SLF	30-300 Hz	10.000 km – 1000 km
Ultra baja frecuencia :Ultra low frequency	ULF	300–3000 Hz	1000 km – 100 km
Muy baja frecuencia :Very low frequency	VLF	3–30 kHz	100 km – 10 km
Baja frecuencia :Low frequency	LF	30–300 kHz	10 km – 1 km
Media frecuencia :Medium frequency	MF	300–3000 kHz	1 km – 100 m
Alta frecuencia :High frequency	HF	3–30 MHz	100 m – 10 m
Muy alta frecuencia :Very high frequency	VHF	30–300 MHz	10 m – 1 m
Ultra alta frecuencia : Ultra high frequency	UHF	300–3000 MHz	1 m – 100 mm
Super alta frecuencia : Super high frequency	SHF	3-30 GHz	100 mm – 10 mm
Extra alta frecuencia :Extremely high frequency	EHF	30-300 GHz	10 mm – 1 mm

Ilustración 1.1: Segmentos de Frecuencia del Espectro Radioeléctrico

A partir de 1 GHz las bandas entran dentro del espectro de las microondas. Por encima de 300 GHz la absorción de la radiación electromagnética por la atmósfera terrestre es tan alta que la atmósfera se vuelve opaca a ella, hasta que, en los denominados rangos de frecuencia infrarrojos y ópticos, vuelve de nuevo a ser transparente.

Las bandas ELF, SLF, ULF y VLF comparten el espectro de la AF (audiofrecuencia), que se encuentra entre 20 y 20,000 Hz aproximadamente. Sin embargo, estas últimas son ondas de presión, como el sonido, por lo que se desplazan a la velocidad del sonido sobre un medio material. Mientras que las ondas de radiofrecuencia, al ser ondas electromagnéticas, se desplazan a la velocidad de la luz y sin necesidad de un medio material.

² La siguiente tabla está basada en la división del espectro que realizó el Consejo Consultivo Internacional de las Comunicaciones de Radio (CCIR, actual UIT-R), organismo que depende de la Unión Internacional de las Comunicaciones.



El espectro radioeléctrico, tal y como se puede apreciar en la ilustración 1.1, se divide en bandas de frecuencia que competen a cada servicio que estas ondas electromagnéticas están en capacidad de prestar para las distintas compañías de telecomunicaciones avaladas y protegidas por las instituciones creadas para tal fin de los estados soberanos.

Un repaso corto a las bandas de frecuencia nos indica que:

- Banda UHF: en este rango de frecuencia, se ubican las ondas electromagnéticas que son utilizadas por las compañías de telefonía fija y telefonía móvil, distintas compañías encargadas del rastreo satelital de automóviles y establecimientos, y las emisoras radiales como tal. Las bandas UHF pueden ser usadas de manera ilegal, si alguna persona natural u organización cuenta con la tecnología de transmisión necesaria para interceptar la frecuencia y apropiarse de ella con el fin de divulgar su contenido que no es regulado por el Gobierno.
- Banda VHF: También es utilizada por las compañías de telefonía móvil y terrestre y las emisoras radiales, además de los sistemas de radio de onda corta (aficionados) y los sistemas de telefonía móvil en aparatos voladores. Es una banda mucho más potente que puede llegar a tener un alcance considerable, incluso, a nivel internacional.
- Banda HF: Tiene las mismas prestaciones que la banda VHF, pero esta resulta mucho más "envolvente" que la anterior puesto que algunas de sus "emisiones residuales" (pequeños fragmentos de onda que viajan más allá del aire terrestre), pueden chocar con algunas ondas del espacio produciendo una mayor cobertura de transmisión.

1.3 ¿Qué es un dBm?

El dBm es una unidad de medida utilizada, principalmente, en telecomunicaciones para expresar la potencia absoluta mediante una relación logarítmica.

El dBm se define como el nivel de potencia en decibelios en relación a un nivel de referencia de 1 mW.

Cuando el valor expresado en watts es muy pequeño, se usa el miliwatt (mW). Así, a 1 mW le corresponde 0 dBm.

El decibelio es quizá la unidad más utilizada en el campo de las telecomunicaciones por la simplificación que su naturaleza logarítmica posibilita a la hora de efectuar cálculos con valores de potencia de la señal muy pequeños.

Así, una lectura de 20 dBm significa que la potencia medida es 100 veces mayor que 1mW y por tanto igual a 100 mW. La ventaja de todas estas unidades

logarítmicas es que reducen a simples sumas y restas los cálculos de potencias cuando hay ganancias o atenuaciones. Por ejemplo, si aplicamos una señal de 15 dBm a un amplificador con una ganancia de 10 dB, a la salida tendremos una señal de 25 dBm.

En radio frecuencia, los dBm típicamente están referenciados con una impedancia de 50 ohmios.

1.4 Modulación (Telecomunicaciones)

Modulación engloba el conjunto de técnicas que se usan para transportar información sobre una onda portadora, típicamente una onda sinusoidal. Estas técnicas permiten un mejor aprovechamiento del canal de comunicación lo que posibilita transmitir más información de forma simultánea además de mejorar la resistencia contra posibles ruidos e interferencias. Según la American National Standard for Telecommunications, la **modulación** es el proceso, o el resultado del proceso, de variar una característica de una onda portadora de acuerdo con una señal que transporta información. El propósito de la modulación es sobreponer señales en las ondas portadoras.

Básicamente, la modulación consiste en hacer que un parámetro de la onda portadora cambie de valor de acuerdo con las variaciones de la **señal moduladora**, que es la información que queremos transmitir.

La mayoría de los sistemas de comunicación utilizan alguna de estas tres técnicas de modulación básicas, o una combinación de ellas. Las Radios están basadas en AM y FM (ilustración 1.2) siendo la FM la de mejor calidad debido a la ventaja que tiene por manejar mayores frecuencias y mayores anchos de banda que mejoran la percepción por el contenido que se puede transmitir.

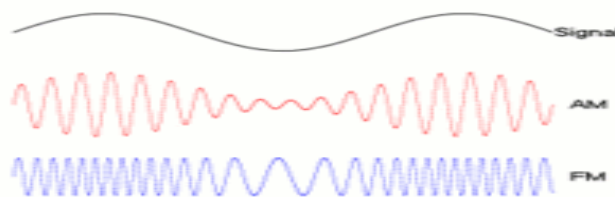


Ilustración 1.2: Tipos de Modulación

¿Para qué nos sirve Modular una señal?

- Para disminuir el tamaño de las antenas de transmisión.
- Para asignar un canal de transmisión específico, ya que, si no fuera por la modulación, solo operaría una estación en un área determinada.



- Para multicanalización, que es la transmisión de múltiples señales sobre un canal.

1.5 Antenas

Para recibir o emitir señales radioeléctricas a través de un medio aéreo son necesarios unos dispositivos especiales, denominados antenas, de los que hay muchos tipos y variedades, que dependiendo de sus características constructivas tendrán mayor o menor potencia (ganancia) y precisión (directividad), así como soportarán unas bandas u otras de frecuencia. Una antena es un dispositivo diseñado con el objetivo de emitir y/o recibir ondas electromagnéticas hacia/desde el espacio libre. Una antena transmisora transforma corrientes eléctricas en ondas electromagnéticas, y una receptora realiza la función inversa. Se utilizan en la radio, televisión, teléfonos móviles, routers inalámbricos, mandos remotos, etc., unas veces visibles y otras ocultas en el interior del propio dispositivo. El elemento radiante (dipolo, bocina, o cualquier otro) es capaz, al mismo tiempo, de captar energía que, tras ser amplificada convenientemente, llega al receptor y puede ser tratada para su utilización. Así, pues, en el extremo transmisor de un sistema de radiocomunicaciones, una antena convierte la energía eléctrica que viaja por una línea de transmisión en ondas electromagnéticas que se emiten al espacio. En el extremo receptor, una antena convierte las ondas electromagnéticas en el espacio en energía eléctrica en una línea de transmisión.

1.6 Radiogoniometría y Localización

El radiogoniómetro es un sistema electrónico capaz de determinar la dirección de procedencia de una señal de radio.

Principio de Funcionamiento:

El radiogoniómetro se basa en una antena directiva que explora el horizonte buscando una cierta señal (ilustración 1.3). La radiogoniometría clásica utiliza antenas de cuadro, que vienen a ser una o varias espiras en un plano, combinadas con sendos dipolos, muchas veces unidos mecánicamente al cuadro.

La radiogoniometría tiene por objeto determinar la línea de marcación (LOB, line of bearing) de una fuente de radiaciones electromagnéticas utilizando las propiedades de propagación de las ondas. Considerada de esa forma general, la radiogoniometría puede utilizarse para determinar la posición de un transmisor radioeléctrico o de una fuente de ruido radioeléctrico. La utilización de varios

radiogoniómetros (método de triangulación) o de métodos de localización directa es necesaria en los casos siguientes:

- localización de un transmisor en situación de emergencia
- localización de un transmisor no autorizado
- localización de un transmisor interferente que no puede ser identificado por otros medios
- identificar los transmisores, tanto conocidos como desconocidos.

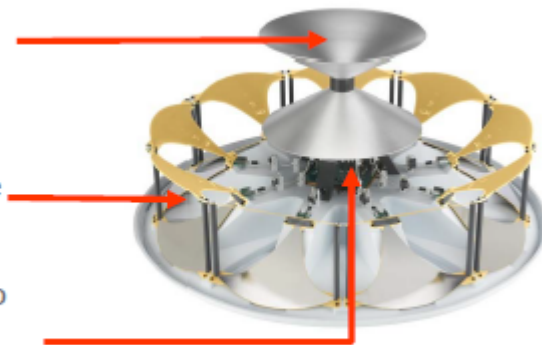
Sin entrar en detalles sobre los diferentes fenómenos que intervienen en la propagación radioeléctrica, se asume que la propagación siempre tiene lugar a lo largo del arco de círculo máximo que une la fuente de radiación al punto de recepción. En estas circunstancias, si se dispone del equipo receptor adecuado que indique la dirección de llegada, es posible obtener una marcación de la fuente (transmisor y corriente interferente) y determinar la dirección en que se recibe dicha fuente en el lugar de recepción. La arquitectura funcional común de todos los radiogoniómetros incluye:

- un sistema de antenas
- un conjunto de elementos de recepción
- un procesador de radiogoniometría.

Los resultados básicos que deben reflejarse son: ángulo de llegada, nivel de la señal, calidad de la marcación y representación gráfica del espectro y mapa.

Antena 641 contiene:

- Antena bi-cónica para mediciones y monitoreo UIT.
- 9 elementos de abanico en arreglo circular para RG – utiliza información de amplitud y fase de la antena.
- Circuitos de conmutación para muestreo y PIDA incluyendo auto - calibración.
- Compas de flujo para aplicaciones móviles



Arreglo de Antena TCI 641

Ilustración 1.3: Antena de Radiogoniometría diseñada por la empresa americana TCI.

1.7 Analizador de Espectros

Los analizadores de espectro son ampliamente utilizados para medir la respuesta de frecuencia, ruido y distorsión características de todo tipo de circuitos de radiofrecuencia (RF), mediante la comparación de los espectros de entrada y salida.

En telecomunicaciones, los analizadores de espectro se utilizan para determinar el ancho de banda ocupado y realizar un seguimiento de las fuentes de interferencia. Por ejemplo, los operadores de telefonía móvil utilizan este equipo para determinar las fuentes de interferencia en bandas de frecuencia GSM, UMTS, HSDPA y LTE.

Un analizador de espectro se utiliza para determinar si un transmisor inalámbrico está funcionando de acuerdo con las normas federales definidos para la pureza de las emisiones. Un analizador de espectro también se utiliza para determinar, por la observación directa, el ancho de banda de una señal digital o analógica.

Una interfaz de analizador de espectro es un dispositivo que se conecta a un receptor inalámbrico o un ordenador personal para permitir la detección y el análisis de señales electromagnéticas visual a través de una banda definida de frecuencias. Esto se llama recepción panorámica y se utiliza para determinar las frecuencias de las fuentes de interferencia a equipos de redes inalámbricas, como Wi-Fi y los routers inalámbricos.

Es especialmente útil para medir la respuesta en frecuencia de equipos de telecomunicaciones (amplificadores, filtros, acopladores, etc) y para comprobar el espectro radioeléctrico en una zona determinada con la ayuda de una antena (ver ilustración 1.4).

En la pantalla del equipo la amplitud o potencia de las señales se representa en el eje “y” y la frecuencia en el eje “x”. La medida de potencia viene indicada en dBm, una unidad logarítmica relativa al milivatio.

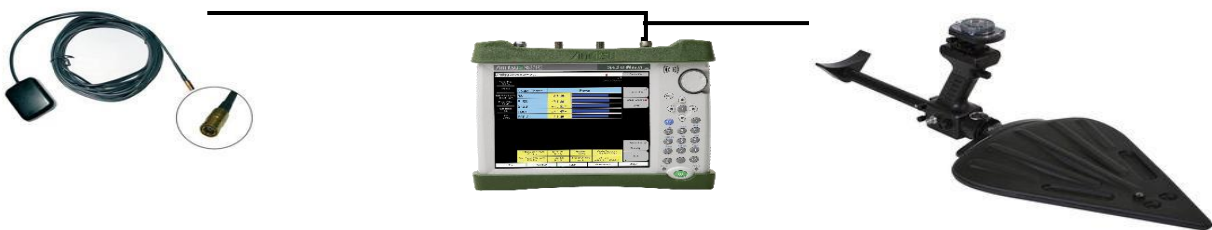


Ilustración 1.4: Equipo de Medición



Funcionamiento:

Existen gran variedad de analizadores de espectros en el mercado, de mayor o menor complejidad, pero todos ellos disponen de unas determinadas funciones y controles básicos que se describen a continuación.

- Frecuencia. (FREQUENCY). Permite fijar la ventana de frecuencias a visualizar en la pantalla. Se puede definir la frecuencia inicial y final (START-STOP) o bien la frecuencia central junto con el SPAN o ancho de la ventana.
- Amplitud. (AMPLITUDE). Controla la representación en amplitud de la señal de entrada. Permite fijar el valor de la referencia, el número de dBm por cada división en la pantalla, así como el valor de atenuación en la entrada.
- Vista/Traza (VIEW/TRACE). Este menú gestiona parámetros de representación de la medida, entre los que destacan el almacenamiento de los valores máximos en cada frecuencia y el almacenamiento de una determinada medida para poder ser comparada posteriormente.
- Filtro de resolución/Promedio (BW/AVG). El analizador de espectros captura la medida al desplazar un filtro de ancho de banda pequeño a lo largo de la ventana de frecuencias. Cuanto menor es el ancho de banda de este filtro mejor es la resolución de la medida y más tiempo tarda en realizarse. Este menú permite controlar los parámetros de este filtro y el del cálculo de promedios o averaging.
- Marcador/búsqueda de pico (Marker/Peak search). Controla la posición y función de los markers. Un marker o marcador indica el valor de potencia de la gráfica a una determinada frecuencia. La búsqueda de pico posiciona un marker de forma automática en el valor con mayor potencia dentro de nuestra ventana de representación.

Utilización y Medidas:

Antes de configurar el analizador de espectros deberemos tener una idea clara de las características de la señal a medir, esto es, su potencia, ancho de banda, frecuencia central, etc.

Una vez conocida la medida a realizar se fija la ventana de frecuencias, esta puede ser determinada de dos maneras distintas. La primera de ellas consiste en definir la frecuencia inicial de la ventana y la frecuencia final (START - STOP). O bien, definir una frecuencia central y una ventana de frecuencias alrededor de ella, también conocido como SPAN.

De esta manera sería equivalente definir una ventana con frecuencia inicial 150MHz y final 250MHz, que hacerlo a partir de una frecuencia central de 200 MHz y 100MHz de SPAN.

Una vez fijada la ventana de visualización es muy probable que seamos capaces de distinguir la señal a medir. Únicamente restaría ajustar la referencia de amplitud y la resolución en dBm/div para que la señal quede perfectamente representada en pantalla. Jugando con estos valores se podrán distinguir con mayor precisión ciertas características de la señal como potencia, modulaciones, etc.

Por último, y para obtener valores precisos en la medida de la señal, se podrán utilizar los markers del analizador. Estos markers pueden ser utilizados de forma absoluta (entregan la medida directa de la gráfica) o relativa (devuelven la diferencia entre dos puntos de la gráfica). La utilización de unos u otros dependerá como siempre de la medida a realizar (ver ilustración 1.5).

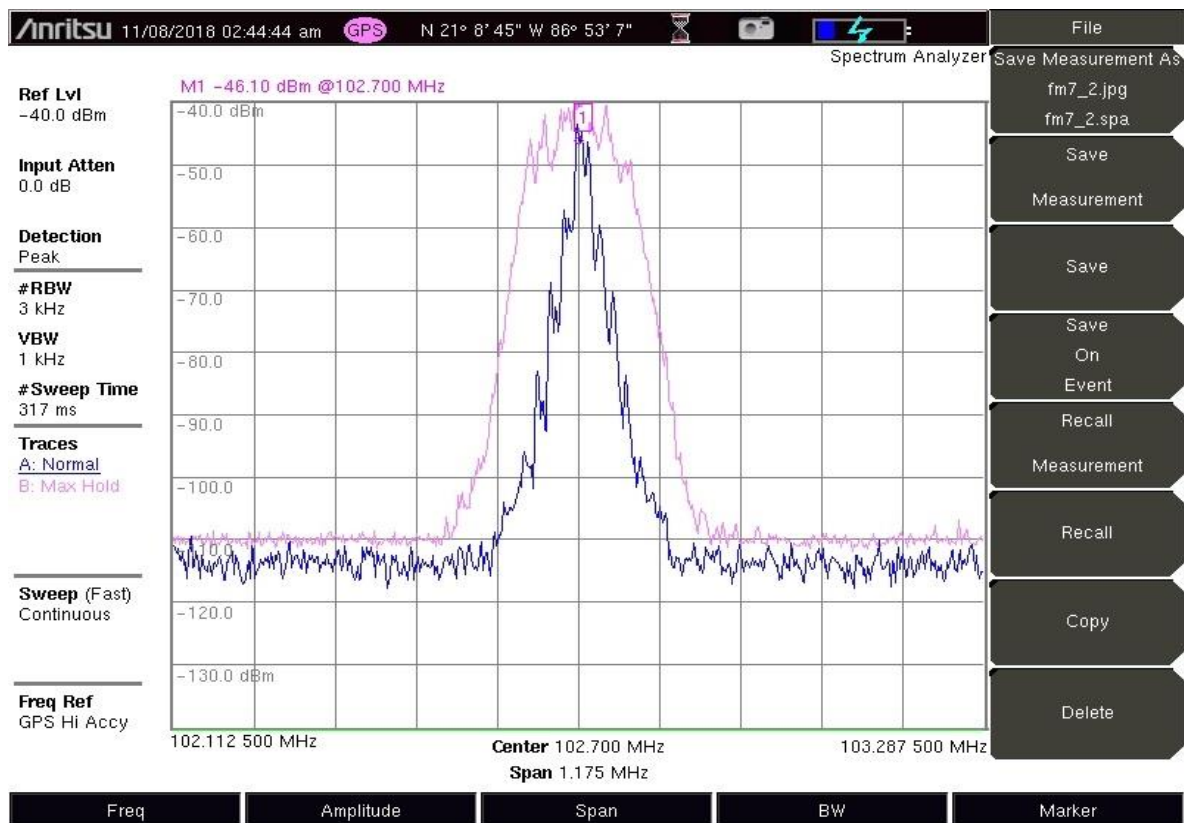


Ilustración 1.5: Gráfica donde se puede observar una señal en la frecuencia 102.7 MHz de Frecuencia Modulada.

Parámetros a configurarse en un analizador de espectros

Resolución de Ancho de Banda:

La resolución de ancho de banda (**RBW**) determina el tamaño bin transformada rápida de Fourier (FFT), o la frecuencia más pequeña que se puede resolver.

Las siguientes ilustraciones representan la misma señal con diferentes RBW.

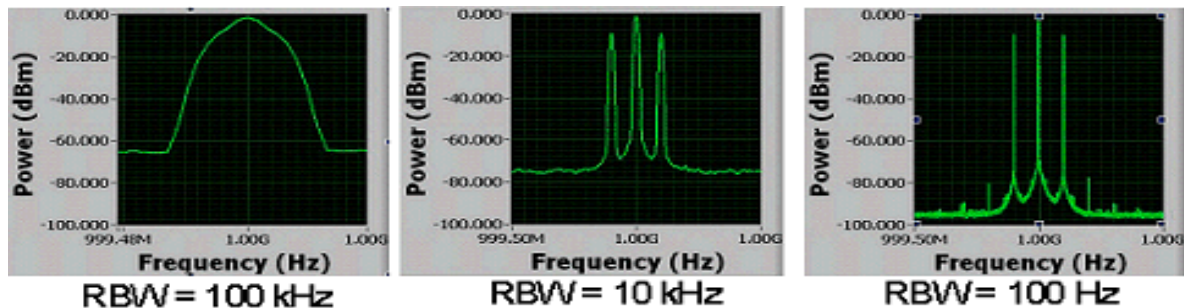


Ilustración 6 La misma señal con diferentes de RBW.

El RBW más pequeño, a la derecha, tiene mucho mejor resolución que permite a las bandas laterales sean visibles. Resolución más fina requiere un tiempo de adquisición más largo. Cuando el tiempo de adquisición es un factor y la pantalla debe actualizarse rápidamente o cuando el ancho de banda de modulación es amplia, una RBW más grande puede ser utilizada. RBW y tiempo de adquisición son inversamente proporcionales. La siguiente tabla muestra las ventajas y desventajas de ambos RBWs más grandes y más pequeños.

RBW más grande	RBW más pequeña
Tamaño de FFT más pequeña	Tamaño de la FFT grande
Menor número de muestras	Mayor número de muestras
Requiere menos tiempo de adquisición y la computación.	Requiere más tiempo de adquisición y de cálculo.

Tabla 1 Factores RBW

Para barridos de ancho, una amplia RBW se requiere para acortar los tiempos de adquisición. Para barridos estrechos, un filtro estrecho mejora la resolución de frecuencia.

Nota: Todos los analizadores de espectros tienen una potencia máxima de entrada que no se deberá sobrepasar, por norma general, +30dBm. No obstante, se debe siempre comprobar las recomendaciones del fabricante.



Capítulo 2: Inspección de parámetros técnicos a una estación de radiodifusión.

La definición de la UIT, “radiodifusión; broadcasting (service); “Radiocomunicación unilateral cuyas emisiones se destinan a ser recibidas por el público en general”

Competencia del Instituto Federal de Telecomunicaciones.

De conformidad con el artículo 28, párrafo décimo quinto de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (Constitución), el Instituto Federal de Telecomunicaciones es un órgano autónomo con personalidad jurídica y patrimonio propio, que tiene por objeto el desarrollo eficiente de la radiodifusión y las telecomunicaciones, conforme a lo dispuesto en la propia Constitución y en los términos que fijan las leyes.

La finalidad de realizar una visita de inspección a una estación de radiodifusión es:

- Cumplir con lo estipulado en las disposiciones oficiales técnicas (que son parte del programa anual de trabajo)
- Eliminar usuarios que estén haciendo uso indebido o incorrecto del espectro radioeléctrico (que excedan la tolerancia permitida en sus parámetros de operación, utilicen frecuencias no autorizadas o no cumplan con los requisitos que estipula su título único de concesión)

2.1 Planta Transmisora en Amplitud Modulada

Las estaciones de radio deben contar con los medidores de comprobación técnica en condiciones de operar en cualquier momento, para comprobar los parámetros de operación que le fueron asignados, de acuerdo a la disposición técnica IFT-001-2015³: “Especificaciones y requerimientos para la instalación y operación de las estaciones de radiodifusión sonora en Amplitud Modulada en la banda de 535 kHz a 1705 kHz”, donde se indica el equipo de medición que se debe requerir a las emisoras de radiodifusión Moduladas en Amplitud (AM), los cuales son los siguientes:

- a) Osciloscopio o Monitor de Modulación (monofónico o estereofónico) de acuerdo al sistema empleado.
- b) Multímetro
- c) Carga Resistiva

³ Llamada antes de la Reforma en Telecomunicaciones del 2013, “NOM-01-SCT1-93”

Medidor de Corriente de R.F.

d) Wattmetro (opcional)

e) Medidor de voltaje de la línea de alimentación alterna conmutada entre fases.

En todos los casos, el amplificador final de R.F. tendrá medidores para los voltajes y corrientes, indispensables para determinar la potencia de operación.

La instalación de los medidores podrá ser sobre el tablero del transmisor o remota. Debe de contarse con medidores de corriente de R.F. en la entrada del acoplador en el punto de alimentación de la antena.

Descripción breve, de las partes que componen una estación de radio en Amplitud Modulada (ver ilustración 2.1).

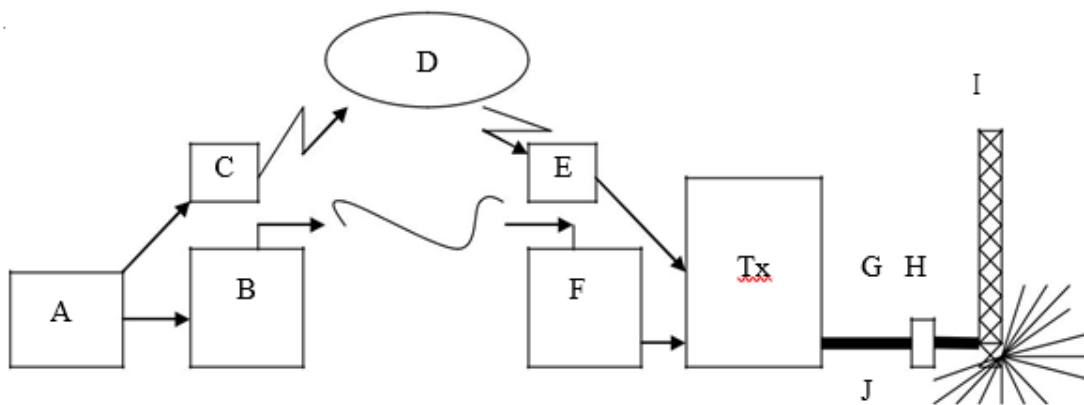


Ilustración 2.1: Planta Transmisora de AM.

A - Estudio de Radio

B - Transmisor de Enlace Estudio-Planta (VHF ó Microondas), cuando los estudios se encuentran en una ubicación diferente a la planta transmisora.

C - Estación Terrena Transmisora Enlace Satelital Estudio-Planta, cuando los estudios se encuentran ubicados en un lugar mayor a 60 Kms.

D - Satélite de Enlace

E - Estación Satelital Receptora Estudio-Planta, cuando los estudios se encuentran ubicados en un lugar mayor a 60 Kms.

F - Receptor de Enlace Estudio-Planta (VHF ó Microondas), cuando los



estudios se encuentran en una ubicación diferente a la planta transmisora

Tx Equipo Transmisor de Amplitud Modulada

G - Línea de Transmisión

H - Acoplador de la Torre Antena

I - Torre Antena.

J - Radiales (cada estación debe de tener un mínimo de 120 radiales)

Instrumentos de comprobación.

Cuando en un solo inmueble se encuentra más de una planta transmisora (estaciones), se puede emplear un solo grupo de instrumentos de comprobación, siempre y cuando resulte práctico su utilización para todas ellas, haciéndose responsable en la misma medida a todas las plantas transmisoras por la falta de alguno de estos equipos de comprobación.

Más adelante de acuerdo al formato de acta que se emplea para este tipo de servicio de radiodifusión, se define que los medidores e instrumentos de comprobación se utilizaran en el momento de llevar acabo la visita de inspección, los cuales son necesarios para proceder a verificar las características técnicas del equipo transmisor instalado y con qué parámetros está operando la emisora.

A continuación, se dará una breve explicación en cuanto al procedimiento para realizar una visita de inspección - verificación, así mismo indicar las fórmulas indispensables para obtener las potencias por los diversos métodos.

Medidor de Voltaje de Línea con Alimentación de C.A., que está conectado a la entrada del transmisor con conmutador entre fase para (monofásica o trifásica). Se verifica con que voltaje está operando el transmisor o transmisores, a efecto de que, en el momento de la visita exista confiabilidad al verificar los parámetros de operación de la emisora. (ver ilustración 2.2).



Ilustración 2.2: Medidor de voltaje Trifásica.

Medidores de voltaje y corriente que se encuentran en la parte frontal del transmisor, con los que se puede obtener la potencia del mismo, por el método indirecto, tanto diurno como nocturno o continuo, en el caso de que se utilicen otros transmisores el procedimiento es el mismo para cada uno de ellos (ver figura 2.3).

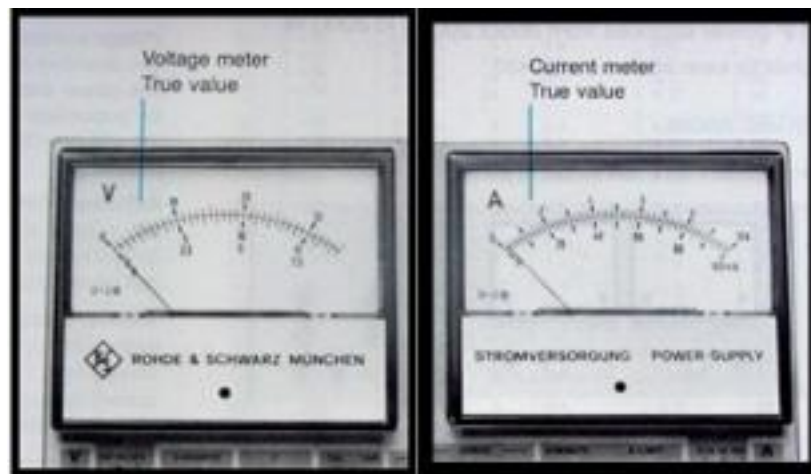


Ilustración 2.3: Medidores de voltaje y corriente

Por medio del equipo presentado anteriormente, se obtiene la lectura de voltaje del amplificador del paso final de R.F.(radiofrecuencia)., factor que se aplica para determinar la potencia del transmisor por el método directo. Así mismo se obtiene la lectura de la corriente del amplificador del paso final de R.F.

Medidor de Corriente de R.F. a la Entrada del Acoplador. Se encuentra instalado entre la línea de transmisión y entrada del acoplador de antena, con este medidor se determina la potencia de la estación a la entrada del propio acoplador, se observa la lectura de dicho medidor en amperes, esta operación se debe de aplicar tanto

para el servicio diurno como nocturno o en el caso de tener varios transmisores (ver ilustración 2.4).



Ilustración 2.4: Medidor de corriente R.F.

Medidor de Corriente de R.F. a la Salida del Acoplador. Se encuentra instalado entre la salida del acoplador⁴ y la entrada de la antena (ver ilustración 2.5) “Método Primario”, con este medidor se determina la potencia real de la estación, se observa la lectura del medidor en amperes, en observaciones del numeral se anotará la escala del medidor y para cual servicio es; diurno, nocturno o continuo, se anota la lectura obtenida, esto es en los casos de sistemas omnidireccionales “Método Primario”, en la parte de observaciones se hace la aclaración correspondiente.

Cabe señalar que esta operación se aplica para los servicios diurno, nocturno o continuo y en los casos de tener varios trasmisores, el procedimiento es el mismo.

Osciloscopio o Monitor de Modulación. El osciloscopio se conecta directamente al trasmisor que está operando, se observa la señal de modulación con R.F, con el cual el inspector podrá determinar aproximadamente con qué porcentaje está operando.

⁴ Acoplador, es el encargado de adaptar una antena (normalmente de hilo o vertical) a la impedancia de la línea de transmisión.



Ilustración 2.5: Acoplador

En el caso de que no se cuente con el osciloscopio, debe contar con el monitor de modulación (ver ilustración 2.6), este equipo también se conecta directamente al transmisor que está operando, se observa en la carátula del monitor la medición del porcentaje de modulación con la que opera la emisora en los casos de que la estación opere Sistema Estéreo, el monitor debe contar con dos carátulas para observar la lectura del canal izquierdo y derecho, también tiene un botón que da el total de porcentaje de modulación en Estéreo, indicar con qué sistema está operando la estación, tanto para el servicio diurno, nocturno o continuo, según sea el caso y con qué equipo se verificó la modulación.



Ilustración 2.6: Monitor de Modulación

Carga Resistiva

Llamada también carga fantasma, es una resistencia de 50 Ohms, que puede ser enfriada con aire, aceite mineral o agua, la cual sustituye a la antena (ver ilustración 2.7), motivo por el cual se emplea para verificar los parámetros de operación de las emisoras por el método directo.

Este instrumento se conecta a través de un dispositivo a la salida del transmisor, dicha carga debe ser de la potencia del transmisor y de la impedancia de la línea de transmisión, como se mencionó es un sustituto de la antena pero que no radia.

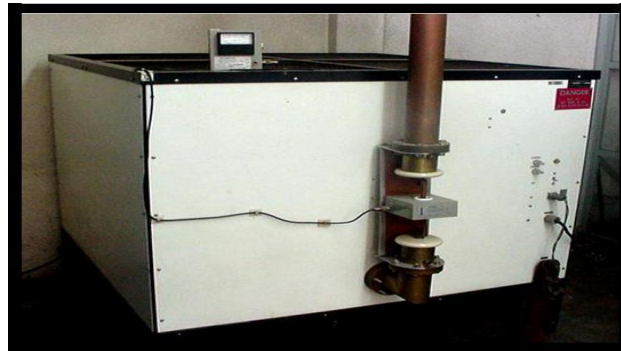


Ilustración 2.7: Carga resistiva o carga fantasma.

Medidor de Corriente de R.F.

Medidor que proporciona lecturas en amperes, en este caso se utiliza para verificar la potencia del transmisor por el método directo, el cual va conectado entre el transmisor y la carga resistiva.

Wattmetro Opcional.

Para realizar la prueba con la carga fantasma, se puede utilizar de una manera opcional, ya sea el medidor de corriente de radiofrecuencia o el wattmetro, dependiendo del instrumento a utilizar, será la forma de cómo se conecte.

Medidor que también se emplea para verificar la potencia por el método directo y proporciona las lecturas en watts, el problema que presenta el utilizar el medidor, es que es muy costoso obtener los accesorios para su acoplamiento.

El wattmetro substituye al medidor de R.F. la lectura la proporciona en Watts, que es la potencia del transmisor (ver ilustración 2.8).



Ilustración 2.8: Wattmetro Bidireccional

Configuración de la Antena

Se debe de considerar que la torre estructural es la que conforma la antena de la estación y debe ser en forma vertical y debe estar libre de otras componentes (ver ilustración 2.9).



Ilustración 2.9: Torre Antena de una estación de Radio AM

Medición de la Frecuencia de Operación

En virtud de que la propia Disposición Técnica no contempla que se deba contar con el instrumento para medir la frecuencia de operación (Frecuencímetro), se puede hacer lo siguiente:

- a) En el momento de la visita se puede solicitar al técnico de la estación el frecuencímetro y proceder a la medición de la frecuencia en que opera el transmisor, anotando en observaciones la marca y modelo del instrumento de medición y en los cuadros correspondientes la medición en Hertz.
- b) En caso de no contar con frecuencímetro, solicitar a la estación visitada, el último reporte y en observaciones anotar que se anexa el reporte de la estación o que informa que se encuentra operando en la frecuencia autorizada.
- c) Se debe medir la frecuencia a cada uno de los transmisores con que cuenta la emisora y se debe de anotar la magnitud en Hertz.



Cálculo de la Potencia a la Entrada de la Antena por el Método Secundario.

La I (corriente) de la antena, es la que se obtiene a la salida del acoplador y se le solicita a la persona que atiende la visita el dato de la Impedancia de antena y se anota en la parte $Z_a = \text{Ohms } (\Omega)$, con los datos antes descritos se aplica la siguiente fórmula:

$$P[\text{Watts}] = I_a * Z_a$$

Ecuación 1.1

Donde:

P[watts]= Potencia en watts

I_a = La Corriente de R.F. de antena a la salida del acoplador

Z_a = Es la impedancia de la antena

Cabe señalar que, se debe de indicar de donde obtuvo el dato de la impedancia de antena, si la persona que recibió la visita la proporcionó o en su defecto el motivo por el cual no pudo obtener dicho dato, quedando únicamente sin llenar el cuadro de la Impedancia de antena.

Nota: esta medición se debe hacer con el transmisor sin modulación, es decir sin señal de audio.

Cálculo de la Potencia a la Entrada del Acoplador por el Método Secundario.

Se le solicita a la persona que atiende la visita el dato de la Impedancia de Línea y se anota en la parte $Z_l = \text{Ohms } (\Omega)$, con estos datos se aplica la siguiente fórmula:

$$P[\text{watts}] = I_l * Z_l$$

Ecuación 1.2

Donde:

P[watts]= Potencia en watts

I_l = La Corriente de R.F. de línea a la entrada del acoplador.

Z_l = Impedancia de la línea de transmisión.

Se debe de indicar de donde se obtuvo el dato de la Impedancia de Línea, si la persona que recibió la visita la proporcionó o en el momento fue mostrada la documentación avalada por un Perito en Telecomunicaciones y autorizada por la



SCT⁵; y en caso de no poder obtener el valor de la Impedancia de la Antena se menciona el motivo por el cual no se pudo obtener dicho dato, quedando únicamente sin llenar el cuadro de la impedancia de línea.

Nota: esta medición se debe hacer con el transmisor sin modulación, es decir sin señal de audio.

Cálculo de la Potencia del Transmisor por el Método Directo.

Como se menciona con anterioridad, la carga fantasma, es una resistencia pura de 50 Ohms (Ω) que substituye a la antena de la estación, se intercala un medidor de corriente de R.F., se puede aplicar la siguiente formula, siempre y cuando se emplea el medidor de corriente de R.F.

$$P[\text{watts}] = I^2 * Z$$

Ecuación 2.3

Donde:

P[watts]= Potencia en watts

I = corriente a la salida del transmisor

Z = Impedancia de la carga

El dato de la Impedancia de la carga, debe ser igual a la impedancia de la línea de transmisión, en el caso de que no se tenga el medidor, se debe contar como opción el wattmetro, el cual da la lectura en forma directa en Watts.

Se debe anotar quién proporcionó el dato de la impedancia, que se obtuvo observando las marcas y modelo de la línea o en su caso del manual de la carga.

Esta medición, se debe hacer con el transmisor sin modulación, es decir, sin señal de audio.

Cálculo de la Potencia del Transmisor por el Método Indirecto.

Se solicita el dato de la eficiencia del amplificador final de R.F., una vez obtenido dicho dato se aplica la siguiente fórmula:

$$P_{tx} [\text{watts}] = E_{p-c} * I_{p-c} * \Delta t_x$$

Ecuación 2.4

Donde:

E_{p-c} = Voltaje de Placa y/o Colector (Volts)

⁵ La mayoría de estaciones radiodifundidas de AM, fueron autorizadas por la SCT, actualmente quien tiene esa facultad es únicamente el IFT.

I_p-c = Corriente de Placa y/o Colector (Amperes)

Δtx = Factor de Eficiencia del Transmisor (%)

P_{tx} = Potencia del Transmisor por el Método Indirecto (Watts)

Se debe mencionar como se obtuvo el dato de eficiencia, del manual del transmisor, la proporcionó la persona que recibe la visita o mostró en su momento la documentación registrada con fecha.

Las mediciones de Corriente y Voltaje se deben de tomar con el transmisor operando sin modulación o sea sin información de señal de audio.

Determinación del Voltaje de Alimentación Trifásica de C.A.

En este caso sólo se asentará la lectura que se observe en el medidor que se requiere. Si en el momento de que no se cuenta con dicho medidor también se puede utilizar el multímetro y en la parte de observaciones de dicha tabla menciono como se obtuvo la lectura, con la condición de que ya se anotó en el anexo señalado, que no cuenta o esta defectuoso el medidor de voltaje de corriente alterna.

Sistema de Enlace Estudio-Planta y Control Remoto.

Se deben registrar los datos de los sistemas de enlace estudio-planta y control remoto, tanto transmisor como receptor, los datos del sistema radiador en ambos casos, es decir, en los estudios encontraremos el transmisor con su respectiva antena y en la planta transmisora el receptor o su antena (ver ilustración 2.10), para los eventos externos a los estudios, se cuenta con un equipo transmisor móvil.

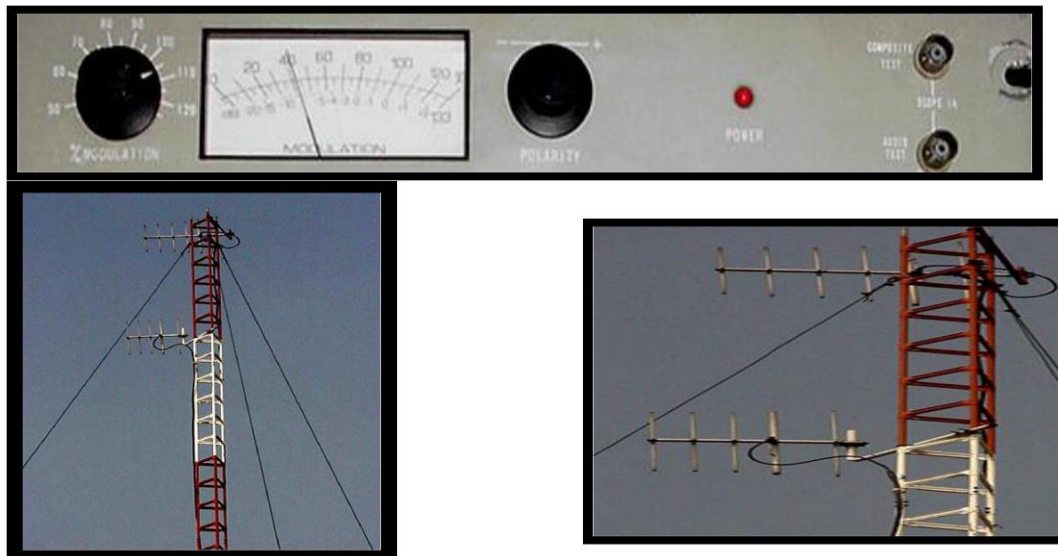


Ilustración 2.10: Equipo y Antenas del Enlace Estudio-Planta



Conclusiones: Datos Importantes para una Visita de Inspección – Verificación, de una estación de Radio en AM.

Se debe contar con medidores diferentes tanto para diurno como nocturno cuando las potencias son diferentes.

Carga a la Entrada del Acoplador: - Mismo medidor de corriente de R.F.

Medidor de R.F. para Acopladores.

Porcentaje de Modulación.

En ningún caso debe exceder del 100% en picos negativos y del 125% en picos positivos.

Para cambio de potencia de diurno a nocturno en el transmisor o cambio entre transmisores y/o para alimentar sistemas direccionales, deberán garantizar la continuidad del servicio, para ello se realiza la conmutación en la operación de equipos transmisores.

¿Separación entre Canales de las frecuencias portadoras?

R= 10KHz

Tolerancia de Frecuencia de:

+/- 10Hz

Quitar Modulación cuando se mida la Frecuencia.

Tolerancia en Potencia:

No debe ser superior al 10%

Ni inferior al 15%

En caso de que la estación opere con la potencia diurna las 24 hrs del día, se debe de anotar en el apartado de potencia nocturna lo mismo que en el apartado de potencia diurna.

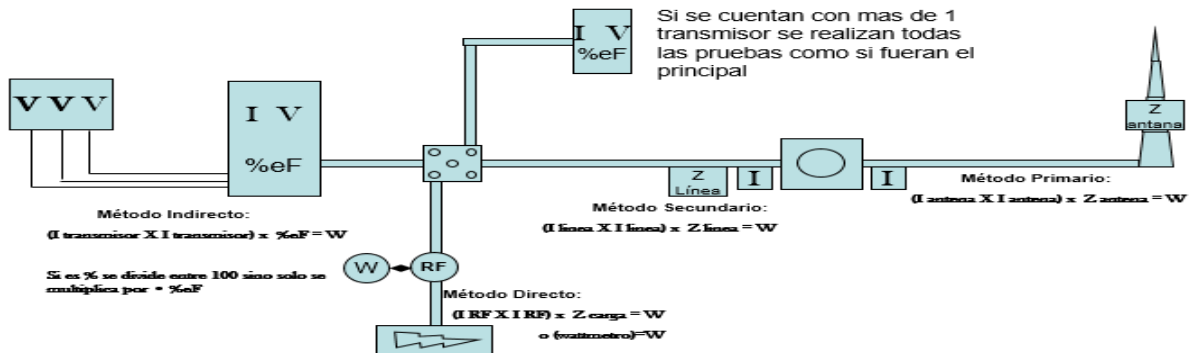


Ilustración 2.11: Diagrama de los diferentes métodos para calcular la potencia con la que se encuentra trabajando la planta Transmisora.

2.2 Planta Transmisora en Frecuencia Modulada

Condiciones Generales

En la modalidad de radio con portadora principal modulada en frecuencia, toda instalación y operación comercial y/o cultural, debe de cumplir con las especificaciones marcadas en la Disposición Oficial Técnica IFT-002-2016⁶. En ella se establecen las especificaciones de carácter técnico que deben cumplir las estaciones de radiodifusión sonora en F.M., que operen en el rango de frecuencias de 88 a 108 MHz, para las emisiones denominadas monofónicas o estereofónicas, a fin de que proporcionen un servicio eficiente y de calidad.

Descripción de las partes que componen una estación de Radio F.M (ver ilustración 2.12).

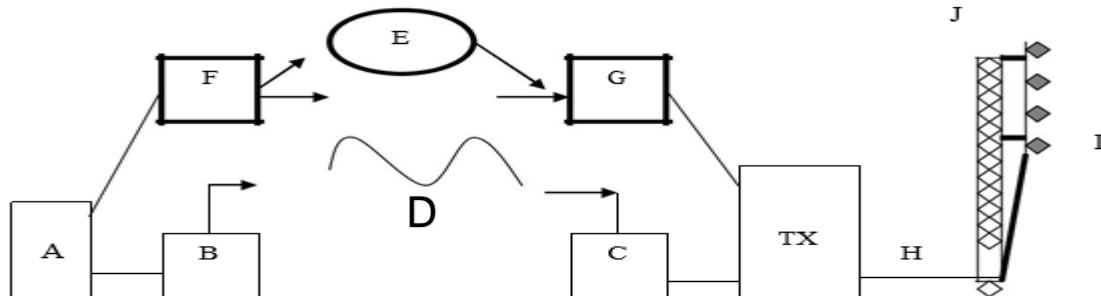


Ilustración 2.12: Estación de Radio en Frecuencia Modulada (FM)

⁶ Llamada antes de la Reforma en Telecomunicaciones del 2013, "NOM-02-SCT1-93"



- A - Estudio de Radio
- B - Transmisor del Enlace Estudio Planta (En ocasiones se aplica en estaciones de adición)
- C - Receptor del Enlace Estudio Planta
- D - Señal modulada
- E - Enlace Satelital
- F - Estación Terrena Transmisora y/o Enlace-Microondas
- G - Estación Terrena receptora y/o enlace-microondas
- H - Línea de Transmisión
- I - Cuatro Elementos que Componen la Antena
- J - Torre Estructural Soporte de la Antena Compuesta Por Cuatro Elementos.
- Tx - Equipo Transmisor

Un estudio de radio, normalmente está compuesto por una cabina de grabación, donde se encuentran instalados diversos equipos como son reproductores de discos compactos los cuales contienen la información de música, sistema de cómputo que contiene la programación de la emisora, una mezcladora para intercalar distinta información, una consola de audio de varios canales con los cuales puede determinar la operación estéreo, esta señal se envía al transmisor cuando se encuentra en la misma ubicación o en su defecto se emplea un sistema de enlace estudio-planta, es importante que la consola mencionada este regulada a una modulación como máxima al 100 %.

Por ejemplo, en Zacatecas todas las estaciones utilizan un sistema de enlace estudio-planta, en la banda de VHF (Muy alta Frecuencia), ubicado en el mismo domicilio de los estudios y este a su vez radia la señal al receptor del enlace, instalado en la planta transmisora donde se encuentra el transmisor de la estación de radio de Frecuencia Modulada. El segmento autorizado para los enlaces de estudio-planta para este servicio, es el rango de 225 a 240 MHz.

El Transmisor, envía la señal a través de una línea de transmisión rígida y esta se conecta a una antena que está conformada con cuatro o más elementos radiadores de diferentes tipos como puede ser circular, Multi "V" Invertida o dipolo, con los que emite la señal, para que sea captada por los receptores de los radioescuchas.

El transmisor es la parte medular de nuestra atención, el cual está constituido por un oscilador o sintetizador, amplificador separador, modulador, amplificador final de potencia, en este caso el oscilador y amplificador final de radio frecuencia son los puntos más importantes para llevar a cabo la visita de inspección.



Hay muchos transmisores que de acuerdo al avance de las nuevas tecnologías cambian sus partes más importantes como son el oscilador por un sintetizador, amplificador final de R.F. de bulbos por transistores medidores de voltaje y corriente de placa, etc., sin embargo, los procedimientos a la fecha siguen siendo los mismos para verificar los parámetros de operación de la estación.

Medidores e Instrumentos de Comprobación.

La Disposición Oficial Técnica IFT-002-2016, menciona que las estaciones deben contar con los siguientes medidores en condiciones de operar en cualquier momento:

- a) Medidores de voltaje de la línea de alimentación alterna con conmutador entre fases.
- b) En todos los casos, el amplificador final de radiofrecuencia tendrá medidores para voltajes y corrientes, indispensables para determinar la potencia de operación.
- c) La instalación de los medidores, podrá ser sobre el tablero del transmisor o remota.

La Disposición Oficial Técnica también menciona que deben contar con los siguientes instrumentos de comprobación técnica en condiciones de operar en cualquier momento:

- a) Medidor de Frecuencia portadora.
- b) Monitor de modulación (monofónico o estereofónico de acuerdo con el sistema empleado).
- c) Estos medidores e instrumentos de comprobación, pueden instalarse en el transmisor o bien en un punto de control en el cual se encuentren centralizados.

Cuando en un solo inmueble se encuentre más de una planta transmisora, se puede emplear un solo grupo de instrumentos de medición, siempre y cuando resulte práctico su utilización para todas ellas, haciéndose responsable en la misma medida a todas las plantas transmisoras por la falta de alguno de estos equipos.

Se verificará la operación del o los equipos transmisores, registrando las lecturas de los instrumentos de medición utilizados en este sistema y las características técnicas de los equipos instalados.

Medidor de tensión de la línea de alimentación alterna entre fases y medidores del amplificador final de R.F. de voltaje y corriente, similar al de AM.

Carga Artificial Resistiva, con Wattmetro Bidireccional.

Instrumento que se emplea para obtener la potencia real del transmisor por el método directo, se utiliza un Pash Panel para conectar el transmisor con la carga artificial resistiva y el wattmetro bidireccional, el cual debe contar con una pastilla apropiada a la potencia de operación, así como a la frecuencia autorizada, en el caso de instalar una pastilla con otras características seguro se dañara al momento de hacer las pruebas.

Se desconecta la línea de transmisión que va a la antena del dispositivo, se acopla la carga artificial resistiva al dispositivo y se intercala el wattmetro bidireccional con su elemento o pastilla que debe ser de la potencia de la estación. Como se indica en la ilustración 2.13, este procedimiento es para obtener la potencia real del transmisor por el método directo, se registran las lecturas correspondientes.

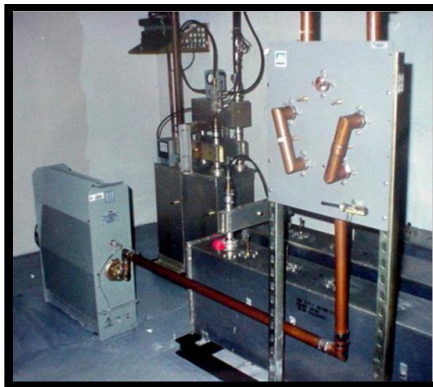


Ilustración 2.13: Carga Fantasma y Sistema de Pash Panel (izquierda), Wattmetro Bidireccional (derecha)

Medidor de Frecuencia de Portadora.

Instrumento que se emplea para verificar la frecuencia de operación de la estación. El equipo se conecta directamente al transmisor cuando está operando normalmente, se observa la lectura del medidor para determinar la frecuencia portadora con que opera la estación, se registra la lectura en Hertz además de la marca y modelo del equipo empleado (ver ilustración 2.14).



Ilustración 2.14: Frecuencímetro

Monitor de Modulación (Monofónico o Estereofónico).

Instrumento que se utiliza para medir el porcentaje de modulación, cuando la emisora opera con sistema monofónico o estereofónico (ver ilustración 2.15).

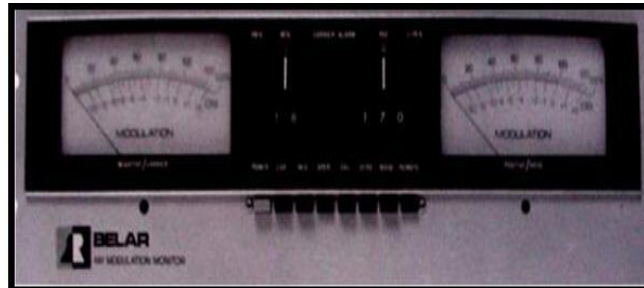


Ilustración 2.15: Monitor de Modulación

Dispositivo de Conmutación (Push Panel).

El dispositivo consiste en un parcheo de líneas de transmisión rígidas con sus codos para cambiar la conexión del transmisor, de la antena a la carga artificial y así obtener la potencia por el método directo, sin variar ningún ajuste del transmisor y estar en posibilidad de determinar el valor real de operación del transmisor, como se puede observar (ver ilustración 2.16), no es como las estaciones de A.M. que varían de potencia o que el mismo transmisor cuenta con un interruptor para cambiar de potencia.

En este punto se debe considerar que, al efectuar algún cambio, se debe de la debida observancia a la protección a la vida humana, que no existan desajustes cuando conecte la carga artificial y que no haya ninguna señal de audio a la entrada del transmisor.



Ilustración 2.16: Push Panel

Elemento Radiador (Antena)

El soporte es una torre estructural que como su nombre lo dice es un soporte de la antena, compuesto por varios elementos radiadores que pueden ser de diferentes tipos: circular, Multi "V" invertida o dipolo (ver ilustración 2.17), en este caso se debe verificar si en la misma torre estructural se encuentran otras estaciones de radio y a que servicios corresponden.



Ilustración 2.17: Estructura y Sistema Radiador (Antena)

Cuando se pretenda utilizar una estructura en forma común, para instalar dos o más antenas transmisoras de estaciones de radiodifusión sonora de F.M. u otros servicios, se debe presentar un croquis de operación múltiple y estudio de no interferencia, en términos de lo dispuesto por la Disposición Oficial Técnica IFT-002-2016

Se debe describir que tipo de antenas se tienen instaladas y cuantos elementos radiadores son lo que componen a la antena.

Recordemos que la presente Disposición Oficial Técnica es de carácter técnico y de aplicación obligatoria para la instalación y operación de las estaciones de Radiodifusión sonora en Frecuencia Modulada (F.M) y que todos los requerimientos están establecidos en la propia Disposición Oficial Técnica (IFT-002-2016) y sus modificaciones publicadas en el Diario Oficial de la Federación.

Características de los Equipos Transmisores.

Se anotarán los datos de marca, modelo y número de serie de los transmisores que utiliza la estación, en la parte de observaciones se asentarán las aclaraciones correspondientes. Ejemplo: El transmisor es principal, auxiliar o emergente o que no opera alguno de ellos.

Medición de la Frecuencia de Operación.

En el momento de la visita se le solicitara al técnico de la estación el frecuencímetro y que proceda a efectuar la medición de la frecuencia en que opera el transmisor que se trate, anotando en observaciones la marca y modelo del instrumento de medición y en los cuadros correspondientes la medición en Hertz.

Si no cuenta con dicho instrumento y la estación monitora no tiene la cobertura para escuchar la estación por la lejanía, en observaciones se anota que no se pudo medir la frecuencia en la forma acostumbrada, en virtud de que no cuenta con frecuencímetro y la estación radiomonitora no tiene el alcance necesario para medirla.

Se debe medir la frecuencia a cada uno de los transmisores con que cuenta la emisora de radio.

Potencia de Operación por el Método Directo.

Este método consiste en medir la potencia de salida del transmisor, empleando la carga artificial resistiva cuyo valor resistivo es igual a la impedancia característica de la línea de transmisión y el wattmetro bidireccional se conecta al transmisor a través de un dispositivo, se lee la lectura del wattmetro y se registra en la Tabla correspondiente, de ser el caso, este mismo paso se hace a cada uno de los transmisores.

En caso de NO tener disponible la carga artificial resistiva, la medición se efectuará con el wattmetro intercalado entre el transmisor y la antena de la estación, siempre y cuando la onda reflejada no sea mayor del 3% de la potencia incidente.

En este punto se debe verificar que el wattmetro esté conectado entre el transmisor y la antena de transmisión, la pastilla del wattmetro se invierte, tal como se indica en la ilustración 2.18, para anotar la lectura de la onda.

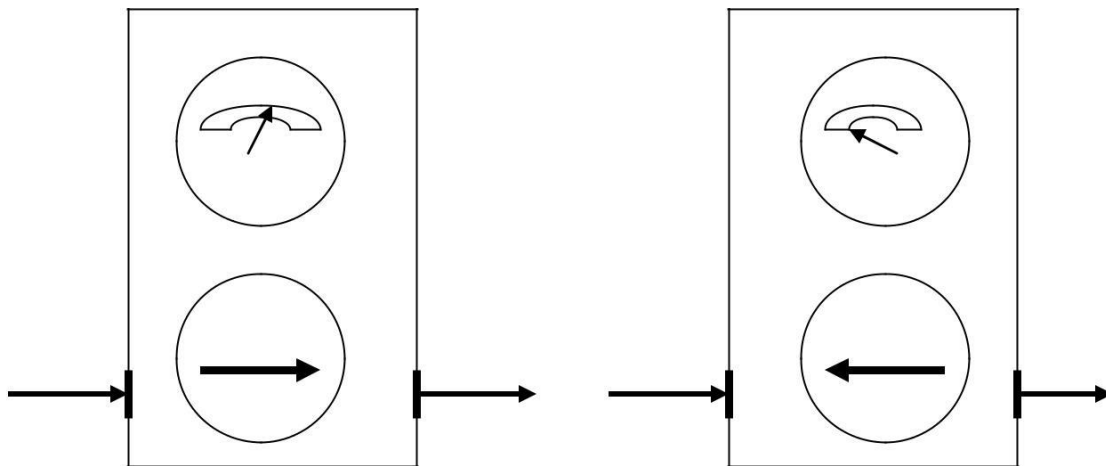


Ilustración 2.18: Wattmetro Bidireccional Conectado a la Línea de Transmisión del Transmisor y la antena.

Cálculo de la Potencia de Operación por el Método Indirecto.

Una vez que se toman las lecturas de los medidores que se encuentran en la parte frontal del transmisor (ver ilustración 2.19), medidor de voltaje de

Placa y/o de Colector (E_p y/o E_c) y medidor de corriente de Placa y/o Colector (I_p y/o I_c) del amplificador final de R.F., se aplica la siguiente ecuación:

$$P [\text{watts}] = (E_p \text{ y/o } E_c) * (I_p \text{ y/o } I_c) * \Delta t_x$$

Ecuación 2.5

Donde:

$P[\text{watts}]$ = Potencia de operación en watts

E_p y/o E_c = Voltaje de placa y/o colector del amplificador final de R.F.

I_p y/o I_c = Corriente de placa y/o colector, del amplificador final de R.F.

Δt_x = Factor de eficiencia del transmisor (%)

Como se puede observar en la ecuación 2.5, todo se multiplica y el resultado es la potencia del transmisor, con respecto al factor de eficiencia, que viene siendo la forma de amplificación final, en los transmisores de estado sólido o híbridos, este dato se recaba del manual del fabricante del equipo transmisor y es corroborado por un perito en Telecomunicaciones.

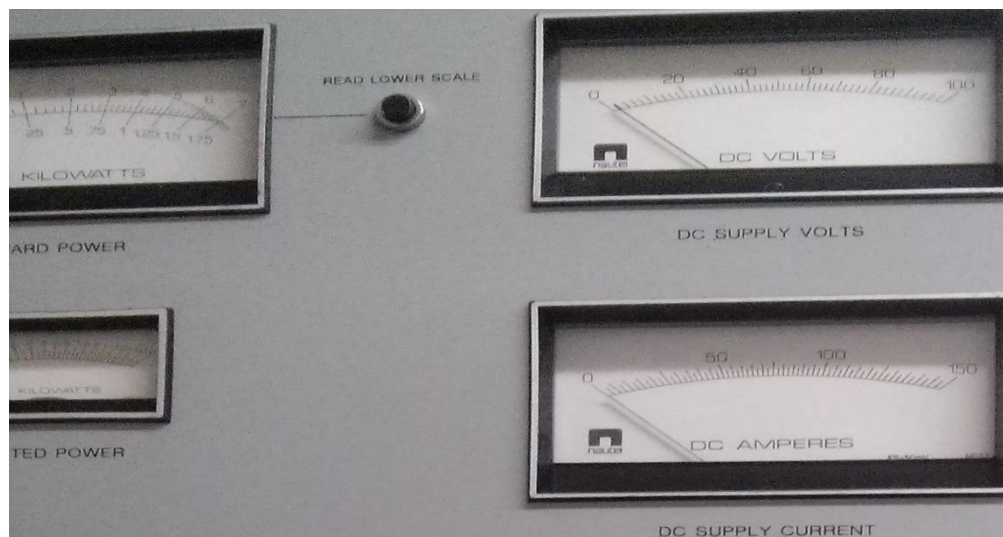


Ilustración 2.19: Medidores de Voltaje y Corriente instalados en el Transmisor



Cálculo de la Potencia Radiada Aparente PRA.

Para calcular este parámetro es necesario hacer uso de la potencia de operación del transmisor, ya sea por el método directo o indirecto (se registra que método fue el que se utilizó), esto quiere decir que en primer término se debe anotar la potencia que se obtuvo con la carga artificial (método directo), se multiplica por la eficiencia de la línea (dato que lo proporciona la persona que recibe la visita o se obtiene del manual de la línea de transmisión), el resultado por la ganancia de la antena en potencia.

Para obtener la Potencia Radiada aparente se aplica la siguiente ecuación:

$$PRA \text{ [watts]} = P_d * \Delta I * G_a$$

Ecuación 2.6

Donde:

PRA = Potencia Radiada Aparente (Watts)

P_d = Potencia por el método directo (Watts)

ΔI = Eficiencia de la línea de transmisión (%)

G_a = Ganancia de antena (en veces)

Sistemas de Enlaces Estudio-Planta y Control Remoto.

Los datos relacionados con los enlaces estudio-planta y control remoto, se tiene que recabar la mayor parte de la información. Los sistemas de enlace estudio-planta y su control remoto, operan en la banda de VHF, en el rango de frecuencia de 225 a 240 MHz.

Por último, cabe señalar que todos los datos técnicos son registrados en la documentación técnica.

Conclusiones: datos importantes para una Visita de Inspección – Verificación, de una estación de Radio en F.M.

Segmento de frecuencias asignadas: 88 MHz a 108 MHz

Niveles de Modulación:

Sistemas Monofónicos o estereofónicos no más del 100%. Rango 80 y 100%

Anchura de Banda Ocupada:

No deberá exceder de 240 KHz en casos analógicos y 400 KHz en el caso de utilizar la tecnología iBOC.



Tolerancia en la Frecuencia Central:

+/- 2 KHz

Quitar la Modulación para medir la Frecuencia.

Tolerancia de la Potencia:

No debe ser superior al 10%

Ni inferior al 15%

Determinación de la Potencia del Transmisor:

a) Método Directo:

Consiste en medir la potencia de salida del transmisor, utilizando un medidor de potencia en la línea de transmisor, conectado entre la salida del transmisor y una carga artificial cuyo valor resistivo sea igual a la impedancia característica de la línea de transmisor y con una reactancia despreciable.

En caso de no estar disponible la carga artificial, se puede realizar la medición con el medidor conectado a la antena de la estación, siempre y cuando la antena produzca una potencia reflejada menor al 3% de la potencia incidente.

b) Método Indirecto:

Aplicando un factor de eficiencia a la potencia de entrada de la etapa final de potencia de radio frecuencia, aplicando la sig. Formula:

$$\text{Potencia de Operación} = (E_p)(I_p)(F)$$

E_p = Tensión continua que alimenta al paso final

I_p = Corriente continua que toma el paso final

F = Factor de eficiencia del amplificador

$$\text{Eficiencia} = \frac{W_{\text{nominal}} * 100}{(V * I)}$$

Instrumentos de Medición:

En todos los casos, el amplificador final de radiofrecuencia tendrá medidores para las tensiones y corrientes, indispensables para determinar la potencia de operación.

CTE-I-(AM, FM y TV)= Domicilio, estudios, planta y equipo de estudios.

CTE-II-(AM, FM y TV. = Características técnicas del equipo, potencia autorizada, equipo autorizado y modalidad.

CTE-III-(AM, FM y TV)= Línea de transmisión, impedancia, tipo de antena.

CTE-IV-(AM, FM y TV)= Ubicación de la antena, z de la antena

Notas:

* No puede haber en AM más potencia a la salida del acoplador que a la entrada del mismo debido a que cuando la potencia pasa por el acoplador este actúa como una resistencia disminuyéndolo, en caso de darse lo contrario quiere decir que los medidores probablemente estén defectuosos.

*En el 2011 se publicó el acuerdo mediante el cual México adopta el sistema IBOC (in band on channel), para los sistemas de radio digital terrestre; hasta 2017 operan en IBOC menos de 100 estaciones de las 1600 existentes.

A continuación, se presentan dos imágenes con equipos que se utilizan para la transmisión de radio en frecuencia modulada (ver ilustraciones 2.20 y 2.21.):



Ilustración 2.20 - En esta imagen 1 (izq) se observa un transmisor que opera en Frecuencia Modulada. En la imagen 2 (der) se observa un arreglo de medidores de comprobación técnica, (dos monitores de modulación, uno analógico y otro digital, y dos procesadores de audio digital.

CAPITULO 3: Televisión Digital Terrestre

3.1 ¿Qué es La Televisión Digital Terrestre (TDT)?

También llamada televisión digital abierta (TDA) es la transmisión de imágenes en movimiento y su sonido asociado mediante codificación binaria a través de una red de repetidores terrestres.

Las ventajas de la Televisión Digital Terrestre son similares a otros medios de transmisión digital respecto a los analógicos en plataformas tales como la televisión por cable y televisión por satélite: uso más eficiente del espectro radioeléctrico al transmitir mediante multiplexación más de una señal televisiva, capacidad de transmisión de audio y video de mejor calidad y costos menores de transmisión, después de los costos de actualización. El espacio antes empleado por una sola señal de televisión pasa a llamarse *canal múltiple digital* o *múltiplex*. El número de programas transmitidos en cada canal múltiple dependerá de la relación de compresión empleada. Por otro lado, se puede dedicar el espectro sobrante para otros servicios. La compresión también ha hecho viable la emisión de señales de televisión en alta definición, que requieren un ancho de banda mayor que la de definición estándar (ver ilustración 3.1).

Pese a las ventajas de la transmisión digital terrestre de televisión, la señal digital no es más resistente a posibles interferencias que la analógica, debido a su naturaleza de señal electromagnética. La diferencia radica en la manera de codificar la información siguiendo algoritmos lógicos que permiten posteriormente identificar y corregir errores.

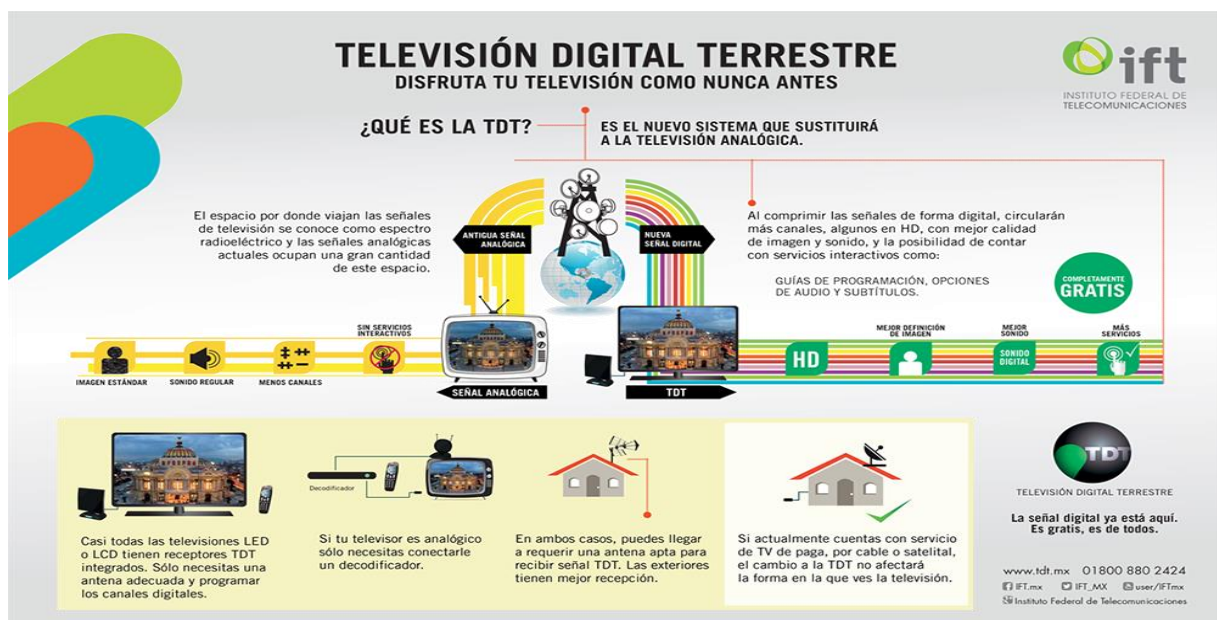


Ilustración 3.1 - La Televisión Digital Terrestre en México, imagen distribuida por el IFT en su página de internet al momento de realizarse el primer apagón analógico en la ciudad de Tijuana.



3.2 Preámbulo

La globalización exige a los países fomentar el desarrollo y la innovación en todas las áreas productivas de su economía. En este contexto, la tecnología representa uno de los factores transversales determinantes para lograr una mayor integración en los mercados internacionales, así como para el fortalecimiento de su mercado interno. Por ello, se vuelve indispensable adoptar avances tecnológicos en sectores clave, como son las telecomunicaciones y la radiodifusión. En este sentido, la televisión radiodifundida en México, que es un servicio público de interés general garantizado por el Estado, requiere que tanto la tecnología que permite su transmisión y recepción, así como la legislación que la regula, evolucionen a la par de los desafíos presentes y futuros, que contemplen el desarrollo social, la igualdad de oportunidades para toda la población, el acceso a la información y la generación de nuevas coyunturas. Lo anterior, con el objetivo de que existan:⁷

- 1) más espectro para ofrecer mejores servicios de radiodifusión y telecomunicaciones que permitan optimizar la convergencia y la competencia, para incidir en la calidad con la que éstos se disfrutan actualmente.
- 2) más oportunidades de desarrollo comercial y económico para la industria de la radiodifusión y las telecomunicaciones; y
- 3) más canales de televisión que brinden una mayor oferta de información y entretenimiento;

Es así que, la Transición a la Televisión Digital Terrestre, TDT, representó un impulso para nuestro país, dando paso a la implementación de nuevos proyectos que garantizarán, en un futuro próximo, la migración de México hacia el Internet de las Cosas y hacia la edificación de ciudades inteligentes. Ello, con certeza, impactará de manera positiva a la calidad de vida de toda la población de nuestro país.

La TDT permite transmitir varios canales de programación a través de una misma señal, gracias a un aprovechamiento más eficiente del ancho de banda, lo que ofrece más opciones en la generación y recepción de contenidos.

La transición a la TDT requirió adecuar y mejorar la tecnología con el fin de transmitir y recibir las señales digitales, así como sus mejoras subsecuentes, lo que permite que México vaya a la vanguardia en este sector.

⁷ <http://www.tdt.mx/memoria-tdt.php/mexico.html>



Este cese de transmisiones analógicas, fue uno de los proyectos estratégicos que el Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT o Instituto) debía cumplir en tiempo y forma para avanzar en la agenda prevista en la Reforma Constitucional, la cual dio al Instituto 180 días, desde su creación en 2014.

Se estableció, al más alto nivel normativo, la fecha del 31 de diciembre de 2015 para la culminación de transmisiones analógicas y el paso a la TDT:

- Se implementó un programa de trabajo para dar cabal cumplimiento a la Política para la transición a la TDT.
- El Instituto se encargó de generar las condiciones para que se transmitieran las señales digitales, además determinó en qué localidades los concesionarios concluirían con la transmisión de señales analógicas.
- La SEDESOL definió la lista de hogares de escasos recursos en los que se entregaron equipos receptores para TDT.
- La SCT implementó programas y acciones para la entrega y distribución de equipos receptores para TDT.
- La SEMARNAT estableció centros de acopio temporales para los televisores analógicos, y La PROFECO elaboró estudios y proporcionó información a la población para que no se perdieran los beneficios de la transición a la TDT.

Por otra parte, este proyecto generó un impacto en beneficio de las audiencias, de los productores de contenidos y de la industria, en general, que empieza a sentirse. Prueba de ello, es que hoy las audiencias en nuestro país gozan de:

- Mejor calidad de imagen y sonido en la transmisión de contenidos.
- Mayor oferta de canales y programas gracias a la multiprogramación. Pues el número de canales digitales disponibles para la población paso de 311 a principios de 2013 a 760 a finales de 2016.

La transición a la TDT no solo ha beneficiado a las audiencias de México, sino que también beneficiará a los usuarios de telecomunicaciones del país. Pues ésta permitió **liberar espectro radioeléctrico en la Banda de 700 MHz (698-806 MHz)**, el primer dividendo digital, que será utilizada para el despliegue de la Red Compartida Mayorista; la cual, es un proyecto novedoso, previsto en la Constitución, que utilizará al menos 90 MHz de la banda de 700 MHz (banda B28) y que como su nombre lo indica, prestará servicios mayoristas a otros operadores, para que éstos puedan incrementar su capacidad para prestar servicios a los usuarios finales. Este proyecto tiene previsto darle acceso a 92.2% de la población en México a servicios en redes móviles con tecnologías de nueva generación 4G/LTE.



Las señales analógicas permiten transmitir únicamente un canal de programación; mientras que las señales digitales, comparativamente, al comprimir datos, abren la posibilidad de transmitir más canales con una calidad superior en audio e imagen en el mismo ancho de banda (6 MHz). Esto propicia un mejor uso del espectro radioeléctrico y la viabilidad para incrementar los contenidos programáticos.

Asimismo, ante la demanda creciente de espectro radioeléctrico para los servicios de banda ancha móvil de voz y de datos, para Internet y otros servicios que se prestan sobre la red, la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) recomendó la atribución de una parte de la banda de UHF para esos efectos⁸. En ese sentido, el espectro radioeléctrico que puede liberarse como producto de la digitalización de los servicios televisión, conocido como “dividendo digital”, abre la posibilidad para el desarrollo de nuevos y mejores servicios de telecomunicaciones.

El espectro radioeléctrico es un bien público que los Estados tienen el deber de administrar de manera eficiente y equitativa, ya que se trata de un bien limitado que sirve como soporte para el ejercicio de la libertad de expresión e información a través de los medios de comunicación audiovisuales⁹.

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) aprobó el 10 de febrero del 2000 la revisión de la Rec. UIT-R BR.1306, en la cual se reconocía la viabilidad de los tres estándares registrados A (A/53 de ATSC), B (DVB-T) y C (ISDB) para que los países miembros pudieran adoptar el que mejor satisficiera sus necesidades. La finalidad era limitar, al mínimo indispensable, las frecuencias y el espectro utilizados para el mejor funcionamiento de los servicios.

Para el caso de México se optó más por cuestiones políticas y de mercado por el estándar ATSC, ya que dicho sistema ya estaba en operación en los Estados Unidos, por lo que emplear un sistema distinto crearía problemas de interferencia y mercado entre ambos países. Algunas de las características del estándar ATSC son:

⁸ Unión Internacional de Telecomunicaciones. Recomendación UIT-R M.2078 (2006) citada en el Decreto por el que se establecen las acciones que deberán llevarse a cabo por la Administración Pública Federal para concretar la transición a la Televisión Digital Terrestre, publicado en el DOF el 02/09/10. Diario Oficial de la Federación: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5157568&fecha=02/09/2010 Cfr. Recomendación UIT-R M.1036-4 (03/2012). https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.1036-4-201203-S!!PDF-S.pdf

⁹ Estándares de libertad de expresión para la transición a una televisión digital abierta, diversa, plural e inclusiva. Informe temático contenido en el Informe Anual 2014 de la Relatoría Especial para la Libertad de Expresión de la Comisión Interamericana de Derechos Humanos, p. 23. <http://www.oas.org/es/cidh/expresion/docs/informes/Informe%20Tem%C3%A1tico%20TV%20Digital.pdf>



- Permite transmitir video, audio y datos a una tasa de 19.4 Mbps en un canal de 6 MHz.
- Puede transmitir una señal de alta definición (HDTV) y 3 señales en calidad SD.
- Las señales de video, audio y datos en ATSC se combinan empleando el estándar MPEG-2. En la etapa de modulación se emplea 8-VSB (Vestigial Sideband Modulation).

3.3 MARCO LEGAL

PRIMERO. - Competencia del Instituto Federal de Telecomunicaciones. De conformidad con el artículo 28, párrafo décimo quinto de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (Constitución), el Instituto es un órgano autónomo con personalidad jurídica y patrimonio propio, que tiene por objeto el desarrollo eficiente de la radiodifusión y las telecomunicaciones, conforme a lo dispuesto en la propia Constitución y en los términos que fijen las leyes.

Para tal efecto, el Instituto tiene a su cargo la regulación, promoción y supervisión del uso, aprovechamiento y explotación del espectro radioeléctrico, los recursos orbitales, los servicios satelitales, las redes públicas de telecomunicaciones y la prestación de los servicios de radiodifusión y de telecomunicaciones, así como del acceso a la infraestructura activa y pasiva y otros insumos esenciales, en términos del precepto constitucional invocado así como del artículo 7 de la LFTR, garantizando lo establecido en los artículos 6o. y 7o. de la Constitución.

ACUERDOS:

CANAL DE TRANSMISIÓN. - Ancho de banda indivisible de 6 MHz del espectro radioeléctrico, atribuido por el Estado para la prestación del servicio público de interés general de televisión radiodifundida.

CONCESIONARIOS DE TELEVISIÓN RADIODIFUNDIDA.- Aquéllos que, previo el otorgamiento del título de concesión correspondiente, prestan el servicio público de interés general de televisión radiodifundida, consistente en la propagación de ondas electromagnéticas de señales de audio y video asociado, haciendo uso, aprovechamiento o explotación de Canales de Transmisión, con el que la población puede recibir de manera directa y gratuita las señales de su emisor utilizando los dispositivos idóneos para ello.

MULTIPROGRAMACIÓN. - Es la distribución de varias Señales Radiodifundidas dentro del mismo Canal de Transmisión, cada una de las cuales constituye un Canal de Programación.

En resumen:

Corresponde a la Dirección General de Verificación el ejercicio de las siguientes atribuciones: I. Verificar que los concesionarios, autorizados y demás sujetos regulados, cumplan con las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas en materia de telecomunicaciones y radiodifusión que les resulten aplicables, así como con las previstas en los títulos correspondientes; II. Ordenar la práctica de visitas de inspección o verificación a concesionarios, permisionarios, autorizados y demás sujetos regulados en materia de telecomunicaciones y radiodifusión; III. Levantar las actas de inspección o verificación, constancias de hechos o cualquier documento relacionado con las visitas de inspección y verificación realizadas; IV. Ordenar y ejecutar las medidas provisionales que procedan conforme a las leyes aplicables, como consecuencia de las visitas de inspección o verificación practicadas, incluyendo el aseguramiento de los sistemas, instalaciones y equipos de telecomunicaciones y radiodifusión que operen sin concesión, permiso o autorización, para prevenir o cesar las violaciones a las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas aplicables; V. Establecer mecanismos de coordinación y colaboración con las autoridades federales, estatales, del Distrito Federal o municipales, en su caso, para obtener el apoyo necesario en sus funciones de verificación, radiomonitorio y demás necesarios para el ejercicio de sus atribuciones; VI. Sustanciar los procedimientos administrativos de rescate de bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico o recursos orbitales que le sean solicitados por la Unidad de Espectro Radioeléctrico y proponer al Pleno la resolución de los mismos.

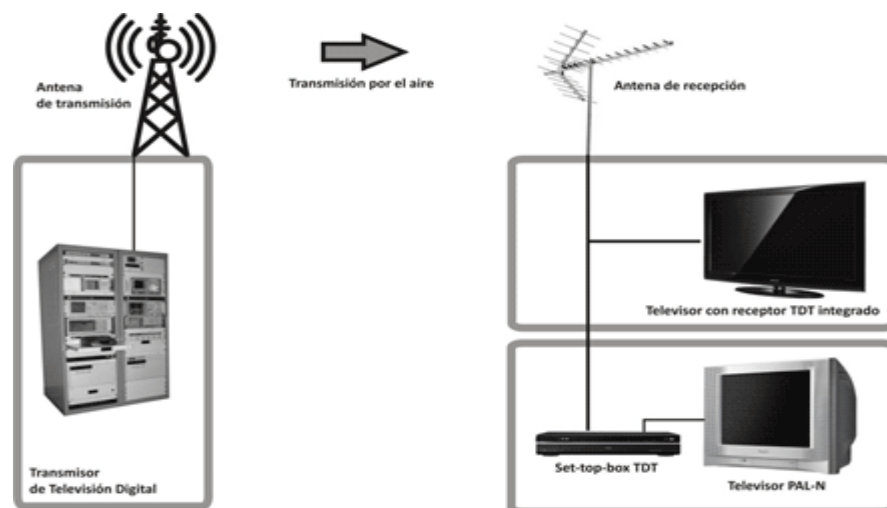


Ilustración 3.2: Estación de Televisión Digital Terrestre

3.4 DESCRIPCIÓN BÁSICA DE UN TRANSMISOR DE TELEVISIÓN DIGITAL

TERRESTRE

Información general

Los transmisores de televisión digital ya cuentan con refrigeración líquida, ofrecen una potencia de salida de hasta 50 kW para los estándares digitales en operación (aunque la gran mayoría de los equipos operando en México, trabajan con una potencia de 10KW). Como ejemplo, tenemos al Transmisor THU9 de R & S[®], que alcanza valores de eficiencia de hasta el 42%, incluyendo el sistema de refrigeración para la máxima energía. En funcionamiento, los diferentes concesionarios pueden ahorrar hasta un 50% de los costos de energía en comparación con los transmisores analógicos.

Los transmisores ofrecen una flexibilidad incomparable y escalabilidad en un diseño extremadamente compacto (ver ilustración 3.3).

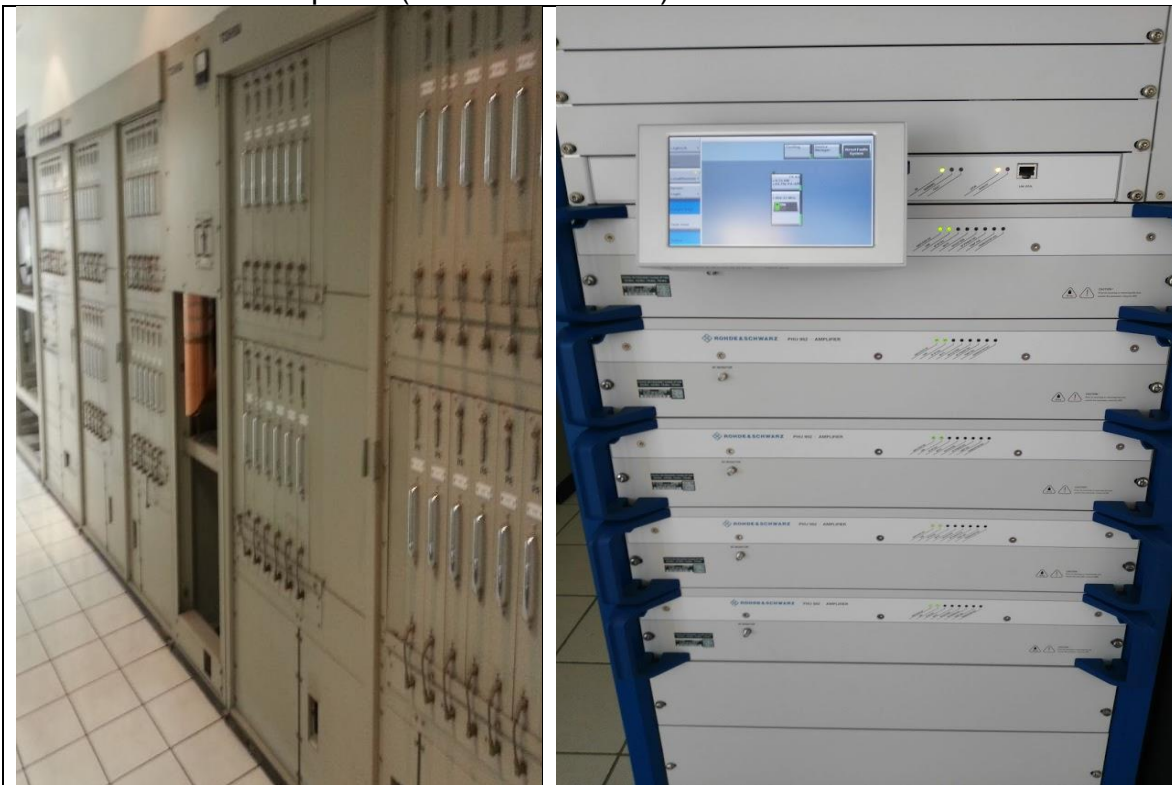


Ilustración 3.3: Transmisor de TV Analógica (izq) y Transmisor Digital TDT (der), ambos con una potencia de operación de 10 KW.

Los transmisores de estado sólido para difusión televisiva terrestre, son síntesis de tecnología de vanguardia, calidad, prestaciones y fiabilidad.

Están dotados de excitadores de alto desempeño y de amplificadores de potencia

de banda ancha y gran eficiencia (muy bajo consumo eléctrico comparado con la potencia de salida), pre-corregidos adecuadamente, a fin de obtener la linealidad necesaria.

Otra característica importante de los sistemas de transmisión es la redundancia, que se obtiene a través de configuraciones con reserva completa o con doble excitador con unidad de cambio automática, además del empleo de más amplificadores y fuentes de poder que funcionan en paralelo.

Su construcción es modular con unidades que son fácilmente sustituibles que explotan las ventajas de la utilización de la tecnología SMD (Dispositivos de Montaje Superficial) para obtener alta fiabilidad, repetitividad en la producción y dimensiones pequeñas (ver ilustración 3.4).

El mantenimiento, así como las operaciones de cambio de canal, son simples y fáciles de ejecutar.

Las características de los transmisores además comprenden:

- Amplia posibilidad de medición, control y eficaces sistemas de protección que incluyen la reducción automática de la potencia de salida (en vez de apagarse) en el caso de fallas particulares.
- Avanzado sistema de telemetría y de control remoto.
- Pre-corrección de linealidad y filtros de salida para minimizar los productos de intermodulación y espurias dentro y fuera de la banda.
- ALC (Control Automático de Nivel), para estabilizar con presión el nivel de potencia de salida en los amplificadores de potencia.



Ilustración 3.4: Módulo que compone el Transmisor de TDT.

- Sistema de refrigeración líquida Eficiente (ver ilustración 3.5)



Ilustración 3.5: Sistema de refrigeración líquida.

Operación simple para obtener resultados rápidos

- Unidad de mando de fácil manejo ergonómico (ver ilustración 3.6).



3.6: Unidad de Visualización y control del Transmisor.

- Navegación simplificada con vistas de dispositivos orientados a la vista (ver ilustración 3.7).

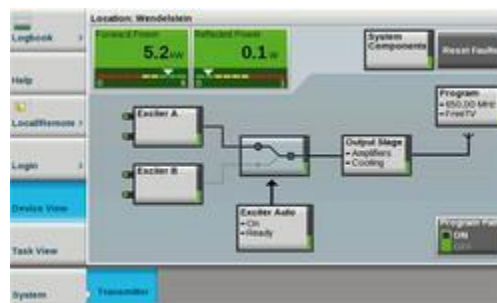


Ilustración 3.7: Menús orientados a tareas de formación rápida del personal de operación.

3.5 PARÁMETROS A EVALUAR EN UNA PLANTA TRANSMISORA DE TDT (TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE)

Se solicitarán los siguientes instrumentos de comprobación técnica:

Medidor de tensión en el paso final de radiofrecuencia.

Medidor de corriente en el paso final de radiofrecuencia.

Carga artificial con wattmetro y conmutador.

Analizador de espectros.

Lo primero a registrar en el acta de visita de inspección, son las características técnicas del equipo transmisor principal, mismo que tiene que coincidir con el registrado en el IFT, en caso de que la planta transmisora cuente con transmisores adicionales, estos deberán ser registrados de la misma manera que el principal.

Medición de la frecuencia portadora piloto.

En este apartado mediante el uso de un analizador de espectro que va conectado al transmisor en uso, se mide la frecuencia en la que se encuentra operando la frecuencia piloto (ver ilustración 3.8).

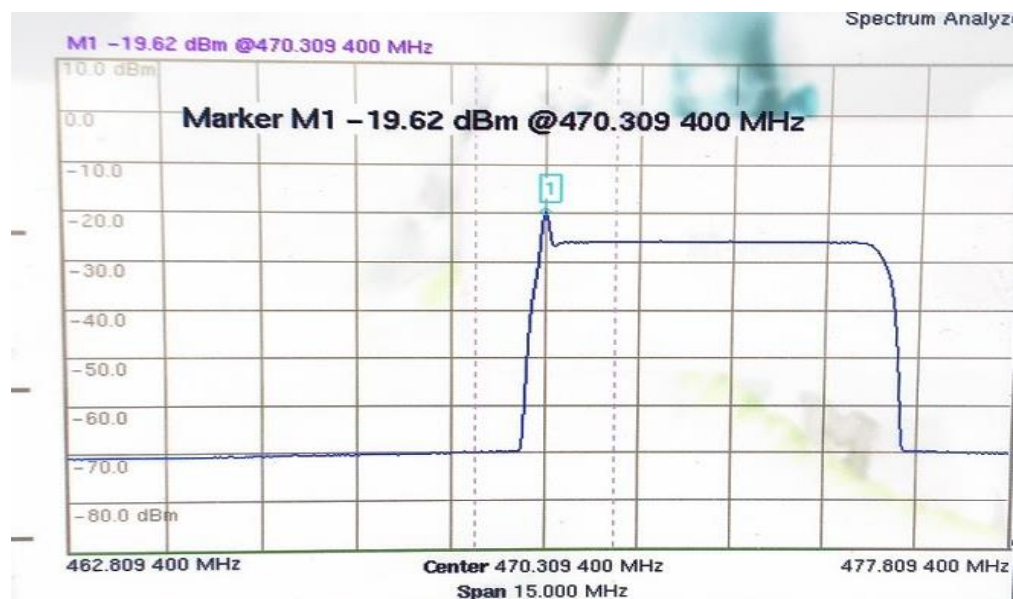


Ilustración 3.8: Medición de la frecuencia piloto con analizador de espectro.

Medición de la potencia de los equipos transmisores por el método directo antes de la máscara de emisión.

Mediante el uso de un analizador de espectro conectado a una sonda de potencia que va intercalado entre el transmisor y el analizador de espectro, se mide la potencia de operación (en watts) antes de la máscara de emisión* (ver ilustración 3.9).

*Mascara de emisión

El Filtro de Mascara o Mascara de Emisión, es el dispositivo que tiene la función de recortar la señal a los 6 MHz de ancho de banda, así mismo, de atenuar la señal en los extremos inferior y superior del canal para cumplir con los límites de la máscara de emisión, permitiendo la operación de canales adyacentes sin provocar interferencias.



Ilustración 3.9: Filtro de Mascara.



Medición de la potencia de los equipos transmisores por el método directo después de la máscara de emisión.

Mismo proceso que el anterior, solo con la diferencia de que la sonda se conecta después de la máscara de emisión. Los resultados con el proceso anterior no deben variar más allá del 10%, en caso contrario eso nos indica una falla en la máscara de emisión.

Medición de la potencia de los equipos transmisores por el método indirecto.

Para este procedimiento se utilizan los equipos que se registraron con anterioridad, en su mayoría los medidores de voltaje y corriente se encuentran instalados en el transmisor, el porcentaje de eficiencia se saca del documento CTE-1 (características técnicas de la estación).

Una vez que se toman las lecturas de los medidores que se encuentran en la parte frontal del transmisor (ver ilustración 3.6), medidor de voltaje del amplificador final de R.F. y medidor de corriente del amplificador final de R.F., se aplica la siguiente ecuación:

$$P[\text{watts}] = V * I * E_f$$

Ecuación 3.1

Donde:

P= potencia del transmisor en watts.

V= voltaje del amplificador final de R.F. (radiofrecuencia).

I= corriente del amplificador final de R.F. (radiofrecuencia).

E_f= factor de eficiencia del transmisor (%).

Como se puede observar en la ecuación 3.1, todo se multiplica y el resultado es la potencia del transmisor, con respecto al factor de eficiencia, que viene siendo la forma de amplificación final, en los transmisores de estado sólido, este dato se recaba del manual del fabricante del equipo transmisor y es corroborado por un perito en Telecomunicaciones.

Medición de la potencia radiada aparente.

Para el cálculo de la potencia radiada aparente, los datos que se necesitan se obtienen del CTE-1, los cuales son: eficiencia de la línea, ganancia de la antena y potencia de operación del transmisor ya sea por el método directo o indirecto correspondiente a la estación en cuestión. Aplicamos la siguiente ecuación:

$$PRA[\text{watts}] = (G)(Pot) (E_f) / 100$$

Ecuación 3.2



Donde:

PRA= potencia radiada aparente en watts.

G= ganancia de la antena.

Pot= Potencia de operación del transmisor.

Ef= factor de eficiencia de la línea de transmisión (%).

Para finalizar las pruebas se mide el ancho de banda (MHz) en los que se encuentre operando la estación visitada y observar sino causa interferencia alguna con los canales adyacentes (superior e inferior), además se registra si se transmite múltiple programación, de ser así, el número de programas transmitidos simultáneamente y el formato de audio y video con que son transmitidos.

Conclusiones: datos importantes Televisión Digital Terrestre

El video analógico se caracteriza por señales de naturaleza continua, es decir que contienen infinidad de valores. El Video Digital utiliza señales de naturaleza discreta que se representan mediante un número concreto de valores.

Características relevantes de la conversión analógica a digital son: MUESTREO Y CUANTIFICACIÓN.

Cuantificación: se hace asociando un valor que le dará los niveles aproximados para regenerar la señal lo más fiel posible.

Para la TDT la cuantificación es generalmente de 10 bits.

El estándar que se utiliza es ATSC, utilizando la modulación 8-VSB.

Codificación de video: MPEG-2 Codificación de audio: Dolby AC3

Ambos juntos generan un flujo de paquetes comprimidos con una capacidad de 188 bytes, 187 bytes más 1 byte de sincronismo.

Ancho de banda de 6 MHz

Frecuencia Piloto: a 0.309441 MHz del inicio del canal

Existen dos representaciones populares de la señal 8-VSB, una es el DIAGRAMA DE OJO y otra es la CONSTELACION.

DIAGRAMA DE OJO: es la superposición de muchos trazos del voltaje de la señal de RF, se forman 7 ojos que coinciden en tiempo con los pulsos de reloj del receptor.



CONSTELACIÓN: es una representación gráfica bidimensional de la amplitud y fase de la portadora de RF a cada instante del muestreo. Se presenta como una serie de 8 líneas verticales que corresponden a los 8 niveles transmitidos.

Las mediciones principales en la operación de un transmisor digital son:

Potencia del transmisor.

La desviación de la frecuencia piloto.

La respuesta en frecuencia dentro del canal.

Atenuación en canales adyacentes (mascara de emisión).

Ejemplo de mediciones:

Medición del Canal 48 (674-680 MHz)

Frecuencia piloto: 674.309,441 MHz

1.- Calibración.

2.- Introducir la frecuencia central del canal a medir (677 MHz).

3.- Ingresar el valor de atenuación de la sonda de RF. En este caso -49.11 dB.

4.- Conectar el sensor en la sonda de RF y el medidor mostrara en pantalla el valor de la potencia de salida del TX. En este caso 1.8 KW.

Medición de Potencia por el método Indirecto: $P = (V)(I)$

La FRECUENCIA PILOTO, es una portadora residual que permite a los receptores detectar y amarrarse a la frecuencia del canal y se encuentra a 0.309441 MHz a partir del borde inferior del canal de 6 MHz. Su desviación varía de acuerdo a la condición de convivencia con otros canales.

Los parámetros para una mejor visualización de la señal son:

Frecuencia: 674.309444 MHz

Span: 2.11 KHz

Vert scale: 10 dB

Nivel de ref: 20 dBm

RBW: 1 KHz

Frecuencia de operación 674.309441 MHz

Frecuencia medida: 674.309444 MHz



Esta medición nos indica las variaciones de LINEALIDAD de la señal a lo largo de los 6 MHz dentro del canal y es realizada con el Analizador de Espectro tomando una muestra a la salida del transmisor.

Cuando las variaciones sobrepasan el rango de ± 0.36 dB, implica que existen aglomeraciones de energía por una deficiente conversión aleatoria de flujo en la etapa del embrollador de datos del 8-VSB.

FILTRO DE MASCARA

El Filtro de Mascara es el dispositivo que tiene la función de recortar la señal a los 6 MHz de ancho de banda, así mismo, de atenuar la señal en los extremos inferior y superior del canal para cumplir con los límites de la máscara de emisión, permitiendo la operación de canales adyacentes sin provocar interferencias.

PARAMETROS IMPORTANTES, PERO QUE NO SE REALIZARON DE MANERA OFICIAL PARA EL APAGÓN ANALÓGICO.

RETARDO DE GRUPO

El Retardo de Grupo se mide con el Analizador Vectorial de señal, la medición se realiza en forma directa tomando una muestra a la salida del transmisor; para el Retardo de Grupo, se ha observado que entre menor sea el valor, existe una mejor transferencia de energía del sistema, obteniéndose una correcta recepción de la señal. Ej. El valor del retardo de Grupo en este caso es de 22.4 ns.

S/N, EVM Y MER

La relación SEÑAL A RUIDO (S/N) es la diferencia en potencia de la señal con respecto al nivel de ruido, es decir, la relación de la señal deseada a la No deseada. En un sistema 8-VSB la señal a ruido debe ser mayor a 27 dB

El EVM (ERROR VECTOR MAGNITUDE) es una medida de la calidad de la señal expresada en % y es determinada por la variación de las posiciones reales vs ideales de los puntos de la Constelación, es decir, que aumentara la calidad cuando el EVM tiende a cero. El valor máximo debe ser menor a 4.6%.

El MER (MODULATION ERROR RATIO) es una forma compleja de la medición de la señal a ruido expresada en dB, que determina la calidad de la señal digital. Su valor debe ser mayor a 27 dB.

Las Señales Digitales pueden alcanzar altos niveles de comprensión: Una señal digital de video sin comprimir consume una tasa de 26 Mbps y mediante las técnicas de comprensión que posee el estándar MPEG-2, esta tasa se puede reducir hasta en 4 Mbps.



CAPITULO 4 “VIGILANCIA DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO”

Artículo 45. Corresponde a la Dirección General Adjunta de Vigilancia del Espectro Radioeléctrico el ejercicio de las siguientes atribuciones: I. Diseñar y ejecutar el programa anual de vigilancia del espectro radioeléctrico; II. Administrar y operar el Sistema Nacional de Vigilancia del Espectro Radioeléctrico; III. Llevar a cabo el monitoreo y vigilancia del espectro radioeléctrico, así como la identificación de interferencias perjudiciales y proponer o tomar las medidas correspondientes para corregirlas o eliminarlas; IV. Realizar labores de monitoreo de bandas de frecuencias, a solicitud de la Unidad de Espectro Radioeléctrico, para efectos de planeación del espectro; V. Ejercer las facultades de supervisión y control técnico de las emisiones radioeléctricas en términos de lo dispuesto en el artículo 63 de la Ley de Telecomunicaciones, con el objeto de asegurar el cumplimiento de las normas del espectro radioeléctrico, su utilización eficiente y el funcionamiento correcto de los servicios; VI. Vigilar en materia de control técnico de las emisiones radioeléctricas, que los concesionarios y demás sujetos regulados, cumplan con los parámetros de operación establecidos en términos de lo dispuesto en el artículo 64 de la Ley de Telecomunicaciones, con el objeto de asegurar el uso de las bandas de frecuencia para toda clase de servicios de radiocomunicaciones que operen en las zonas fronterizas; VII. Publicar trimestralmente los resultados de las verificaciones a los índices de calidad por servicio, de acuerdo con los planes y las metodologías emitidos previamente por el Instituto; VIII. Proponer a la Dirección General de Verificación la práctica de visitas de inspección o verificación.

Funciones Principales:

- Coordinar la operación del Sistema Nacional de Vigilancia del Espectro Radioeléctrico;
- Coordinar las medidas correspondientes para corregir o eliminar las interferencias perjudiciales;
- Planear las actividades de monitoreo de bandas de frecuencias, a solicitud de la UER, para efectos de planeación del espectro;
- Coordinar las acciones de supervisión y control técnico de las emisiones radioeléctricas en términos de lo dispuesto en el artículo 63 de la LFTR;
- Coordinar las actividades de vigilancia en materia de control técnico de las emisiones radioeléctricas, con el objeto de que los concesionarios y demás sujetos regulados cumplan con los parámetros de operación establecidos en términos de lo dispuesto en el artículo 64 de la LFTR;
- Coordinar las mediciones de la calidad de los servicios públicos de telecomunicaciones y radiodifusión que utilizan el espectro radioeléctrico, en apego a los indicadores, parámetros y procedimientos emitidos por el Instituto;



- Revisar y analizar los resultados de las verificaciones a los índices de calidad por servicio, de acuerdo con los planes y las metodologías emitidos previamente por el Instituto;
- Someter a consideración del Director General la planeación de visitas de inspección o verificación;
- Someter a consideración del Director General los proyectos de inicio de procedimientos de imposición de sanciones, cuando resulte procedente, con motivo de las mediciones de la calidad, radiomonitorio y vigilancia del espectro radioeléctrico, realizados a los concesionarios, autorizados y demás sujetos regulados,

Actividades de Monitoreo del Espectro Radioeléctrico

Se realiza el monitoreo de todos los servicios de telecomunicaciones y Radiodifusión que utilizan como medio de transmisión el Espectro Radioeléctrico, los parámetros a medir derivan de las disposiciones técnicas oficiales que emite el Instituto, sumado a las recomendaciones por parte de la UIT, y a solicitud de las diferentes Unidades que comprenden al IFT.

Algunos de los servicios a monitorear de manera constante (PAT – Plan Anual de Trabajo) son:

- Radiodifusión (AM, FM, TDT)
- Radiocomunicación Privada
- Aeronáutico
- Banda Civil
- Banda de Uso Libre
- Bandas IMT
- Satelital
- Servicio Móvil de Radiocomunicación Especializado en Flotillas (Trunking)
- Servicios Auxiliares a la Radiodifusión, etc.

Parámetros a monitorear constantemente:

- Frecuencia de operación.
- Desviación de frecuencia.
- Intensidad de Señal



-Porcentaje de Modulación

-Ancho de Banda

Estas actividades tienen como objetivo evitar posibles interferencias en un futuro entre diferentes concesionarios o usuarios, además de disminuir el número de usuarios no autorizados activos, el resultado de las mismas es turnado a la Dirección General de Verificación, para que ellos sean los que determinen la necesidad de realizar o no una visita de Inspección – Verificación pertinente.

Los equipos que se utilizan para realizar las actividades antes expuestas son:

ARGUS, de la compañía alemana Rohde & Schwarz y SCORPIO, de la compañía americana TCI; los cuales se describen a continuación:

4.1 SISTEMA DE MONITOREO ARGUS

El sistema de monitoreo Argus de la compañía Rohde & Schwarz permite tareas de monitoreo tales como:

- Procesamiento de interferencia
- Mediciones de intensidad de campo.
- Identificación de estaciones sin licencia.
- Medición de la ocupación del espectro.

Con estas características se describen algunos de los procesos más puntuales que ejecuta tal sistema. La particularidad de ello es que su interfaz gráfica permite una fácil interacción con el usuario, de esta manera se detalla de una manera general los aspectos básicos relacionados en cuanto a la supervisión del espectro.

La unidad de control está dotada de un receptor ESMB (rango de frecuencia: 10 kHz a 3 GHz), un buscador de direcciones DF EBD195 y las diversas antenas cada una de ellas correspondientes a un rango de medición con su respectiva polarización, la conmutación entre las diferentes antenas se la realiza mediante la unidad ZS 192A1.

La interfaz a estas unidades tiene la siguiente presentación:

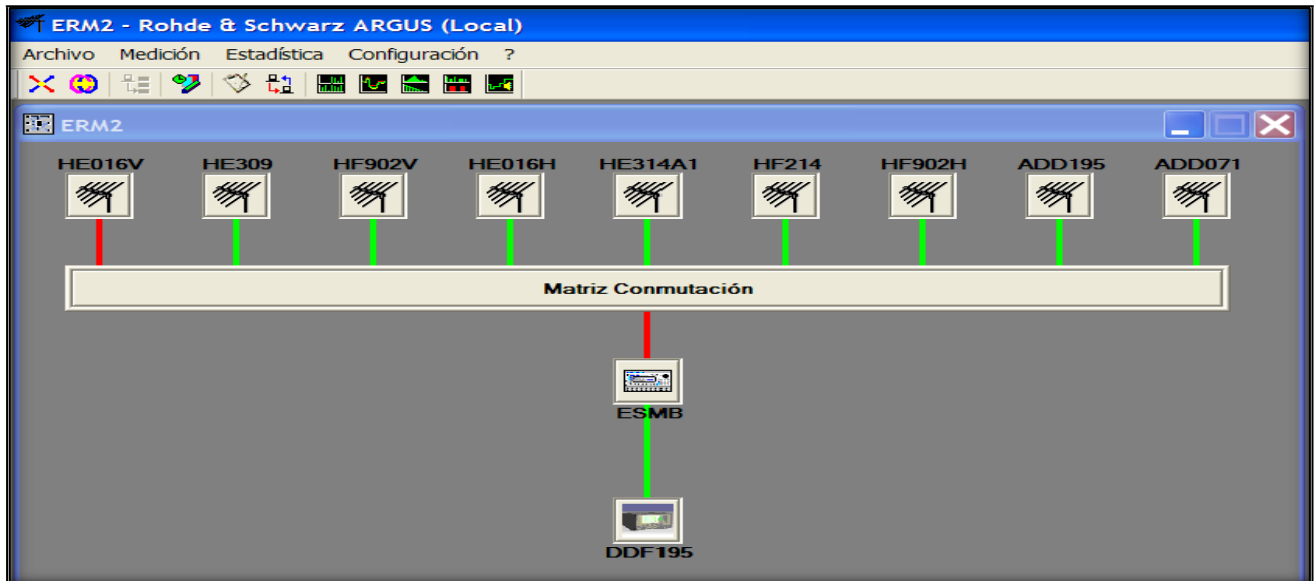


Ilustración 4.1: Interfaz de conmutación

Dentro del Centro de Control se encuentran activos los siguientes modos de medición:

Modo de medición directo (DMM).

Se utiliza para medir los parámetros técnicos de una frecuencia en específica.

Modo de medición automático (AMM).

Aquí se puede hacer una lista de Frecuencias para cargarlas en la medición.

Modo de Medición Directa (DMM):

Mediante este modo podemos seleccionar la ruta de antena y seleccionar el receptor ESMB, la interfaz gráfica del receptor tiene la siguiente presentación:



Ilustración 4.2: Interfaz ESMB

Dentro de este modo podemos monitorear directamente una frecuencia, determinada por la antena seleccionada, se puede modificar el tipo de modulación, ancho del filtro empleado (FI), offset, control automático de ganancia (Squelch), se puede seleccionar a qué valor se debería ejecutar el ancho de banda. Por ejemplo, en la gráfica se muestra la frecuencia 88.5 MHz, que corresponde a una frecuencia en el rango de FM, para este caso la modulación se selecciona en FM, el filtro para demodular en 200 KHz, el ancho de banda se determina para un valor de 240 KHz, presionamos “Star” y comienza el monitoreo.

Escogiendo la ruta y la antena correcta (ADD195 ó ADD071), para manejar el DDF195 para encontrar la ubicación del transmisor, colocando los ajustes necesarios se podrá observar el nivel de la señal, ubicación y escuchar el audio al mismo tiempo, la presentación será de la siguiente manera:

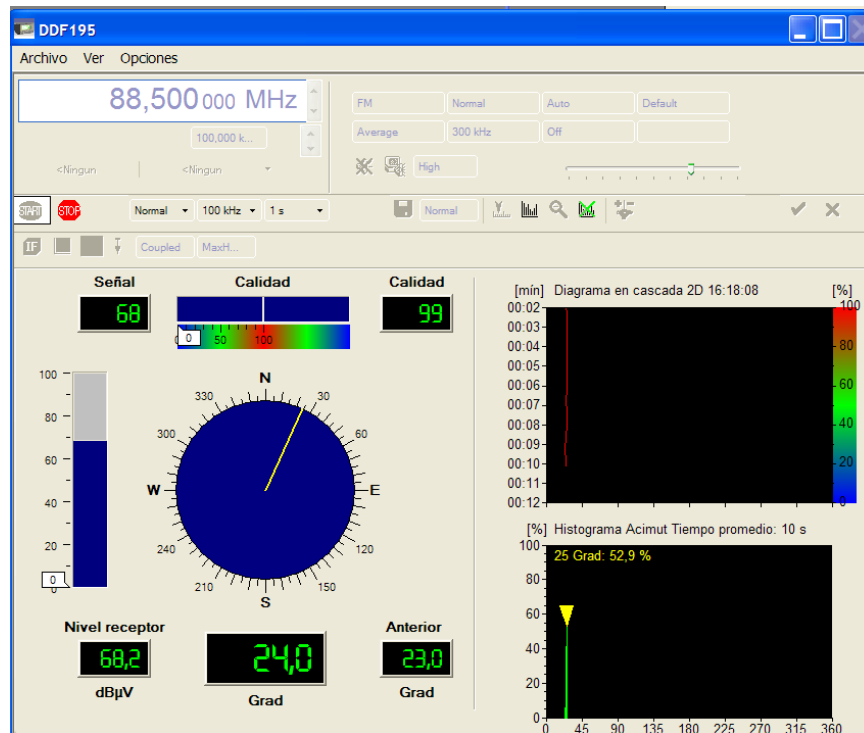


Ilustración 4.3: Interfaz DDF195.

Características para tomar en cuenta al realizar un DF:

-Tiempo de Integración: ventana de tiempo que se le da para que promedie el valor de DF, si estás en movimiento se recomienda ponerlo lo más rápido posible.

-Se hace DF a una frecuencia en específico con cierto ancho de banda

El Sistema de RADIOMONITOREO ARGUS cuenta con las siguientes características:

Se compone de dos Unidades:

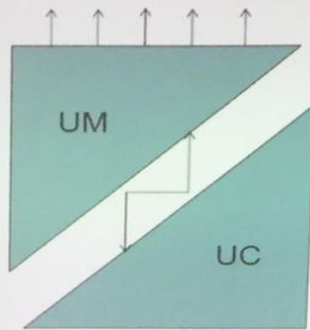
UM = unidad de medición (controla equipos)

UC = unidad de control (modos de medición y modos de evaluación), contiene todos los procedimientos y modos de medición para evaluar las mediciones.

Introducción a Argus

Principio de funcionamiento R&S®ARGUS

Equipos



■ Aplicación Cliente – Servidor

- Funcionamiento en distintos PC's
- Conexión externa entre UC y UM (Protocolo TCP/IP, red LAN, WAN, Modems, GPRS, UMTS, LTE, F.O., Radioenlace, etc.)

ROHDE & SCHWARZ

2017-02-17 Argus Básico - IFT México 2017

30

Ilustración 4.4: Unidades que componen el Sistema Argus.

MMS = estación de medición móvil

TMS = estación de medición transportable

Se pueden controlar hasta 8 unidades de medición desde una unidad de control, como se muestra en la siguiente ilustración.

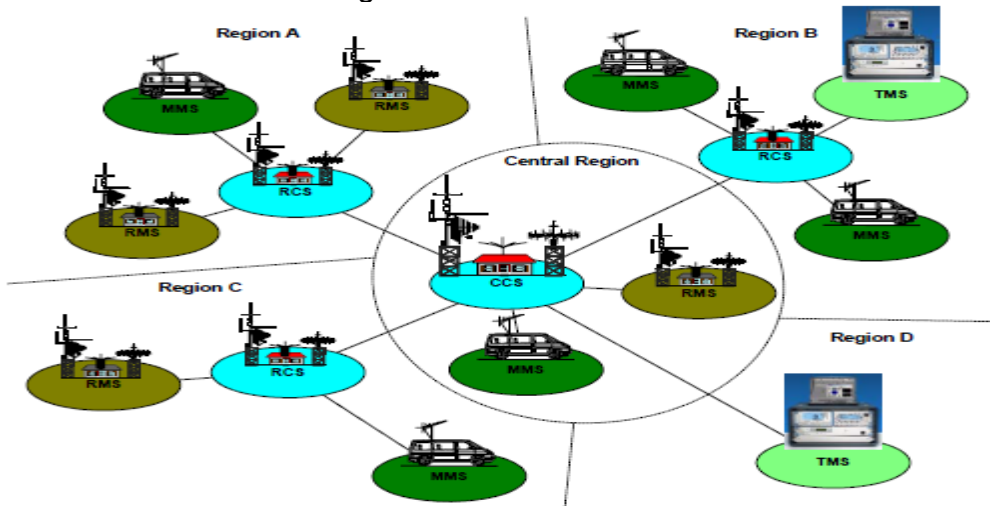


Ilustración 4.5: Sistema de Monitoreo por medio de control remoto y triangulación.

Modo Pscan (Panorama Scan)

Sirve para obtener una visión general del espacio del espectro (barrido de un segmento)

Frecuencia inicial y Frecuencia final

D = Diferencial (muestra los cambios que hay en una gráfica con respecto a otra, en cuanto apariciones de señales radioeléctricas)

Modo SCAN

Objetivo, sobre cada frecuencia sacar parámetros específicos (nivel y desviación de frecuencia)

Aplicaciones: radio Comunicación privada, estaciones de FM

Modo FLS (modo de lista de Frecuencias)

Medición de parámetros técnicos de una frecuencia específica

Se pueden hacer lista de Frecuencias de 4 maneras

Por medio del Asistente de Tablas (aquí existen dos maneras: 1-Rango de Frecuencia Definido y 2-Resultado de Medición)

Con la opción de Resultados de medición, se puede hacer una lista de Frecuencias que descarte las frecuencias que estén debajo de cierto nivel de umbral,

Por medio de la Transferencia de Frecuencia imagen de abajo.



Ilustración 4.6: Modo de Lista de Frecuencias y Panorama Scan.



Aquí se hace desde el FFM con el marcador se coloca encima de la frecuencia que se desea agregar a la Lista de Frecuencia ya existente, se abre el setup en la gráfica y se selecciona la opción de Transferencia de Frecuencia o de una manera más sencilla se oprime el botón donde se encuentra el cursor en la imagen (arriba).

La 4ta manera de hacer una lista de Frecuencias es ingresarlas una por una, este caso es conveniente cuando se trata de una pequeña cantidad de Frecuencias

MODO DE MEDICIÓN AUTOMÁTICA (AMM)

Sirve para programar mediciones de manera automática, puede ser algo semanal, mensual, etc.

Modo Eval, ocupación de banda, se toma toda la banda y después de un tiempo determinado se sabe cuánto tiempo estuvo ocupado.

Modo Ocupación de Frecuencia (cuál fue la ocupación en cada intervalo de tiempo de una frecuencia)

Todas las características que se mencionaron con anterioridad nos ayudan a realizar una evaluación del comportamiento del espectro radioeléctrico, y así mismo, a realizar una mejor planeación en cuanto a su uso y capacidades.

4.2 SISTEMA DE MONITOREO SCORPIO

TCI es una filial de la empresa de origen americano SPX Corporation, el equipo SCORPIO cuenta con las siguientes funciones de medición:

- *Frecuencia
- *Intensidad de Campo
- *Ocupación de Espectro
- *Ancho de Banda
- *Modulación

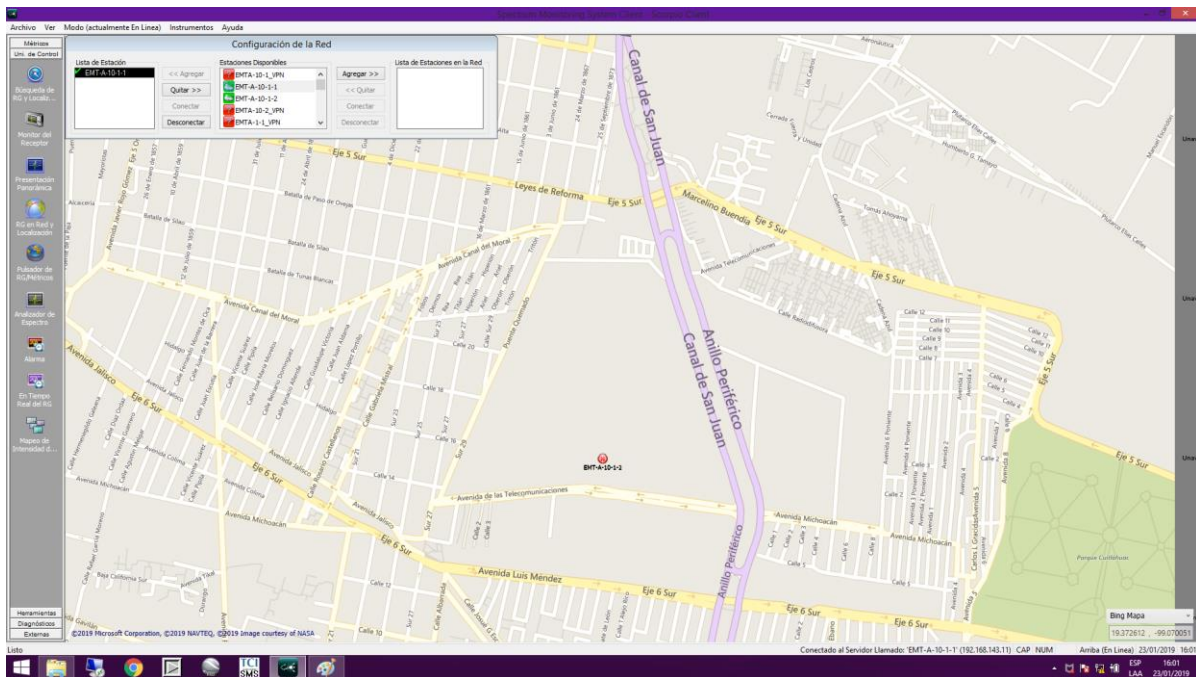


Ilustración 4.7: En esta pantalla se elige que tarea se quiere realizar.

MODOS DE OPERACIÓN SCORPIO

- Receptor Monitor: esta opción nos ayuda a medir una sola frecuencia en específico, para poder averiguar los parámetros en los que se encuentra operando la misma, como se muestra en la siguiente ilustración.

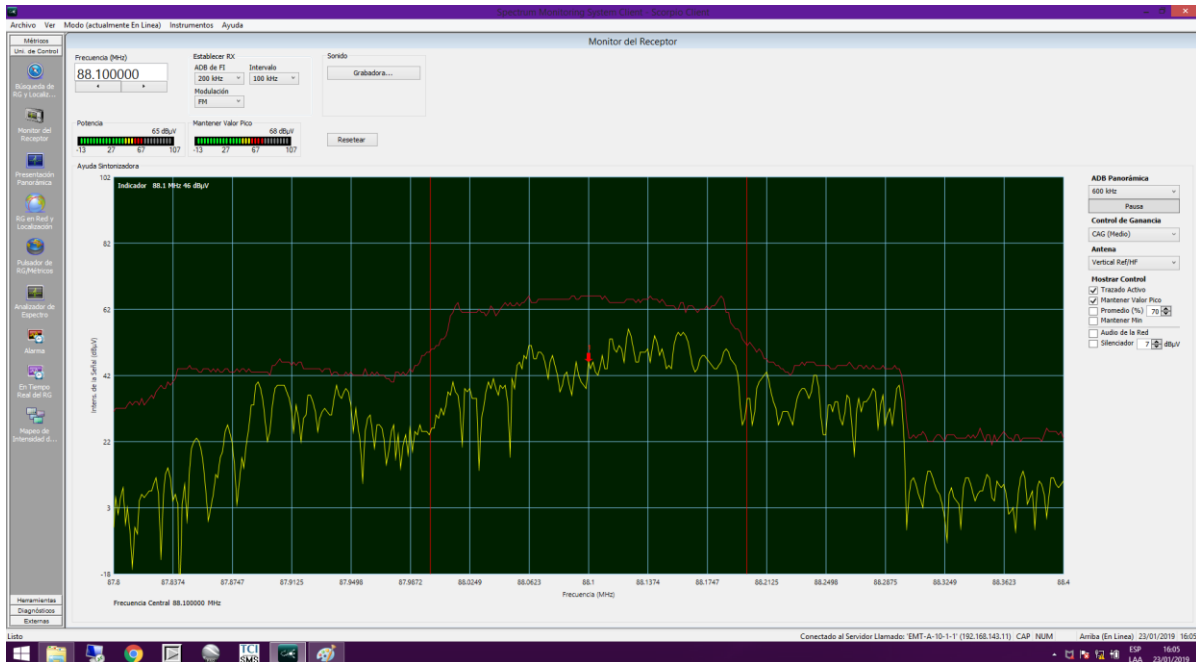


Ilustración 4.8: Monitor Receptor.

- b) Presentación Panorámica, esta característica nos ayuda para poder visualizar un rango de frecuencias, y así mismo, poder observar el comportamiento de un servicio por completo, por citar un ejemplo, podemos monitorear toda la banda de frecuencia modulada (88-108 MHz), y poder saber que frecuencias se encuentran operando.
- c) Búsqueda de RG y Localización, esta característica se emplea cuando se quiere localizar una señal radioeléctrica, usando un radiogoniómetro se hace una marcación hasta dar con la fuente de transmisión, usualmente se utiliza para localizar usuarios no autorizados y para la solución de interferencias. La interfaz se visualiza como se muestra en la ilustración siguiente:

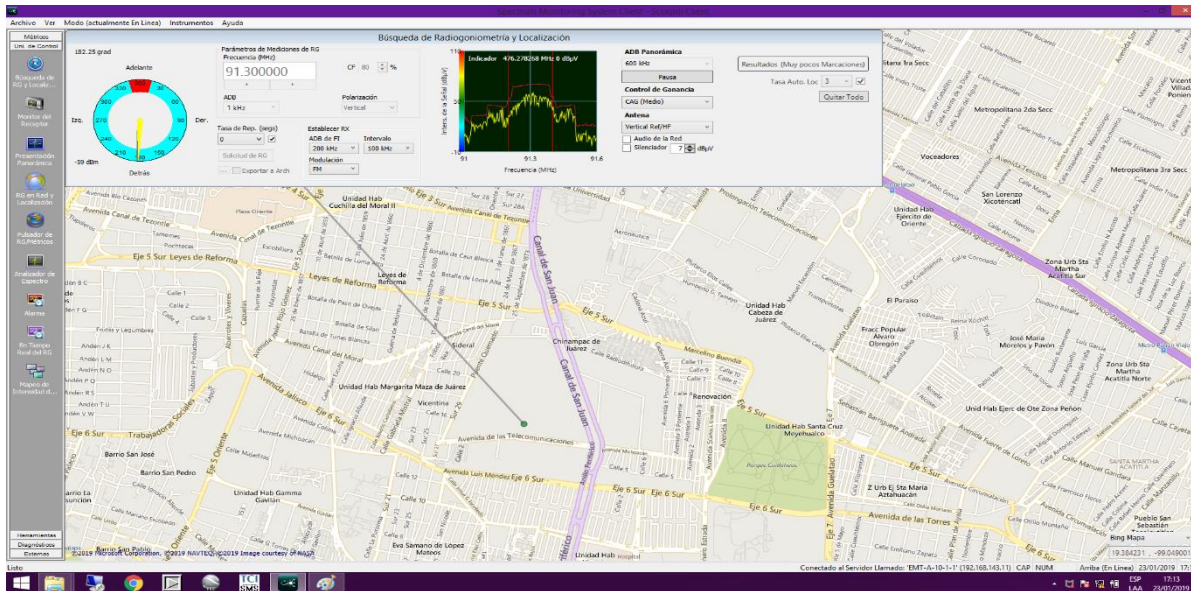


Ilustración 4.10: Radiogoniometría y Localización.

- d) RG en RED, además de ayudar a localizar una frecuencia en específica, esta opción tiene la capacidad de coordinarse con otras unidades de monitoreo y realizar una triangulación más precisa y rápida.
- e) Analizador de Espectro, se utiliza para determinar el ancho de banda ocupado y realizar un seguimiento de las fuentes de interferencia, también para determinar si un transmisor inalámbrico está funcionando de acuerdo a las normas federales definidas por la pureza de sus emisiones, como se muestra en la ilustración siguiente:

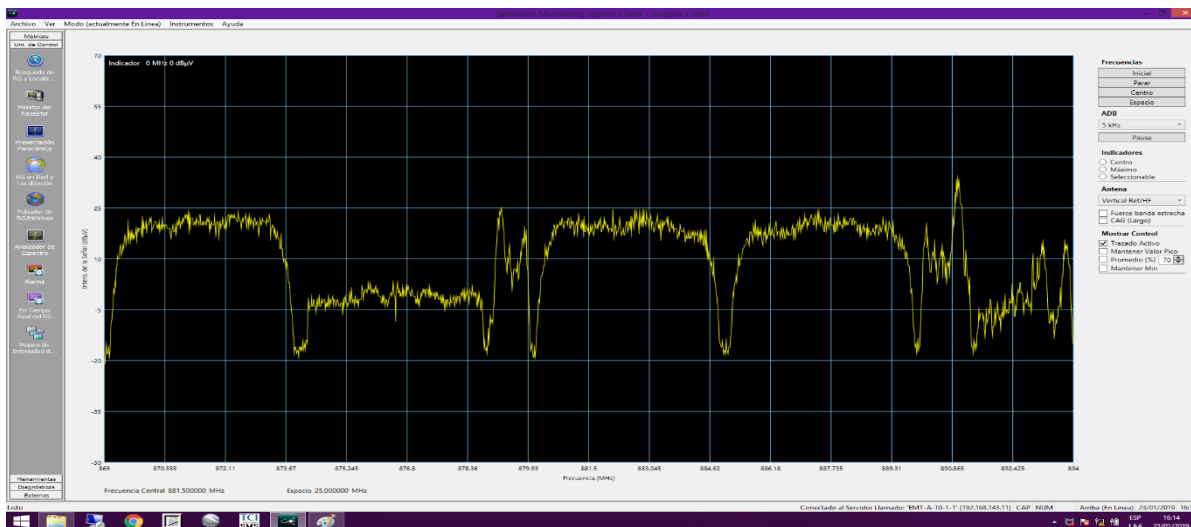


Ilustración 4.11: Analizador de Espectros.

- f) Mapeo de Intensidad de campo. Para estudios de calidad de servicios de telecomunicaciones esta opción es de mucha ayuda, ya que realiza un mapeo de las zonas de cobertura de una señal en específico, un ejemplo de ello fue realizar las zonas de cobertura de la Televisión Digital Terrestre para el apagón analógico.
- g) Métricos y Ocupación del Espectro. Esta característica realiza la evaluación de varias frecuencias o segmento del espectro radioeléctrico, mide los parámetros con los que se encuentran operando y define el porcentaje de operación de cada una de ellas, su interfaz se visualiza de la siguiente manera:

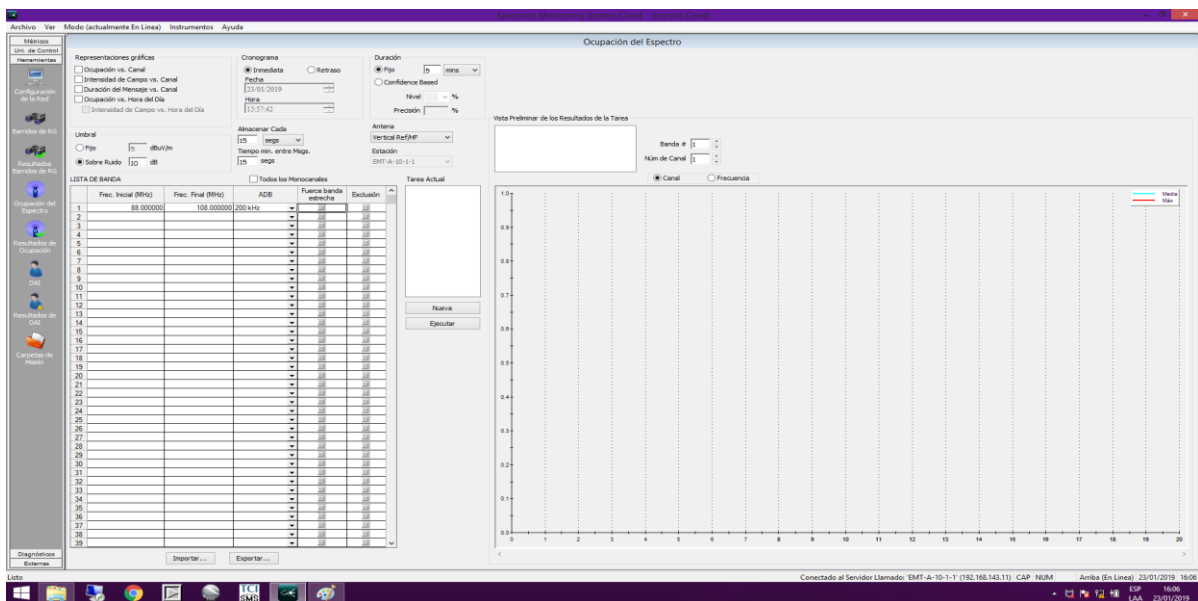


Ilustración 4.12: Programación de métricos y ocupación del Espectro.

- h) Calendario de Tareas. Esta característica sirve para realizar monitoreos programados, ya sea por día, semana o mes, uno fija la hora y el tiempo que va a durar cada monitoreo, los resultados que arroja se visualizan de la siguiente manera:

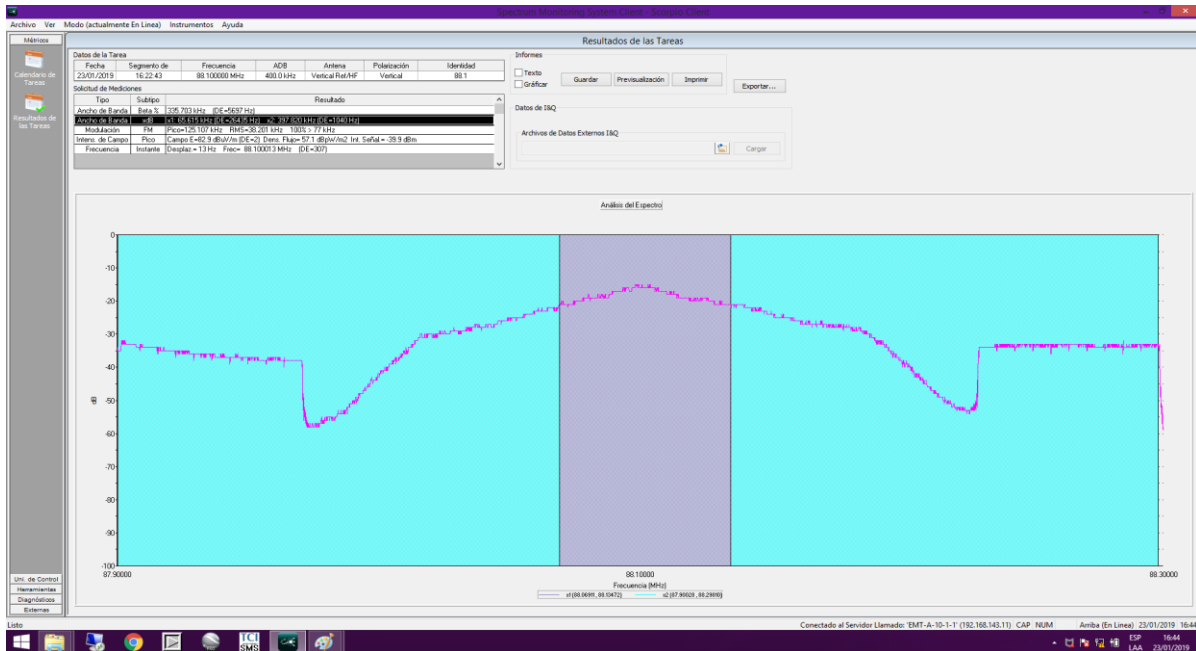


Ilustración 4.13: Resultado de Tareas.

4.3 ATENCIÓN A INTERFERENCIAS

De acuerdo con el Artículo 3 de la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión el término se entenderá por: Efecto de una energía no deseada debida a una o varias emisiones, radiaciones, inducciones o sus combinaciones sobre la recepción en un sistema de telecomunicaciones o radiodifusión, que puede manifestarse como degradación de la calidad, falseamiento o pérdida de información, que compromete, interrumpe repetidamente o impide el funcionamiento de cualquier servicio de radiocomunicación.

En conclusión, llamamos interferencia a cualquier señal de radiofrecuencia no deseada que impide ver televisión, escuchar radio, estéreo o hablar por teléfono. La interferencia puede bloquear completamente la recepción en un equipo, causar sólo una pérdida temporal de la señal o puede afectar la calidad de las imágenes y/o del sonido. Las interferencias pueden provenir de varias fuentes, el equipo en sí, la vivienda o el vecindario.

Las fuentes de interferencias más comunes son:

Los sistemas de comunicaciones que transmiten señales, tales como radios de banda civil, estaciones de radio (AM/FM) y televisión, entre otros.

Los equipos o instalaciones eléctricas, tales como las líneas de transporte y distribución de electricidad y/o líneas de distribución del servicio de TV por cable, o equipos eléctricos dentro del hogar o en las proximidades del mismo.

Los equipos no homologados o equipos codificados. Los equipos de comunicaciones de uso cotidiano como, por ejemplo, los teléfonos (fijos, inalámbricos o móviles) y los equipos de acceso inalámbrico (WiFi), deben ser homologados por el IFT, lo cual significa que deben cumplir con ciertas normas técnicas que aseguran que el equipo no ocasionará problemas al usuario o a otros equipos, ni generará interferencias.

A continuación, se muestran ejemplos de señales interferentes que operan en diferentes segmentos del espectro radioeléctrico:

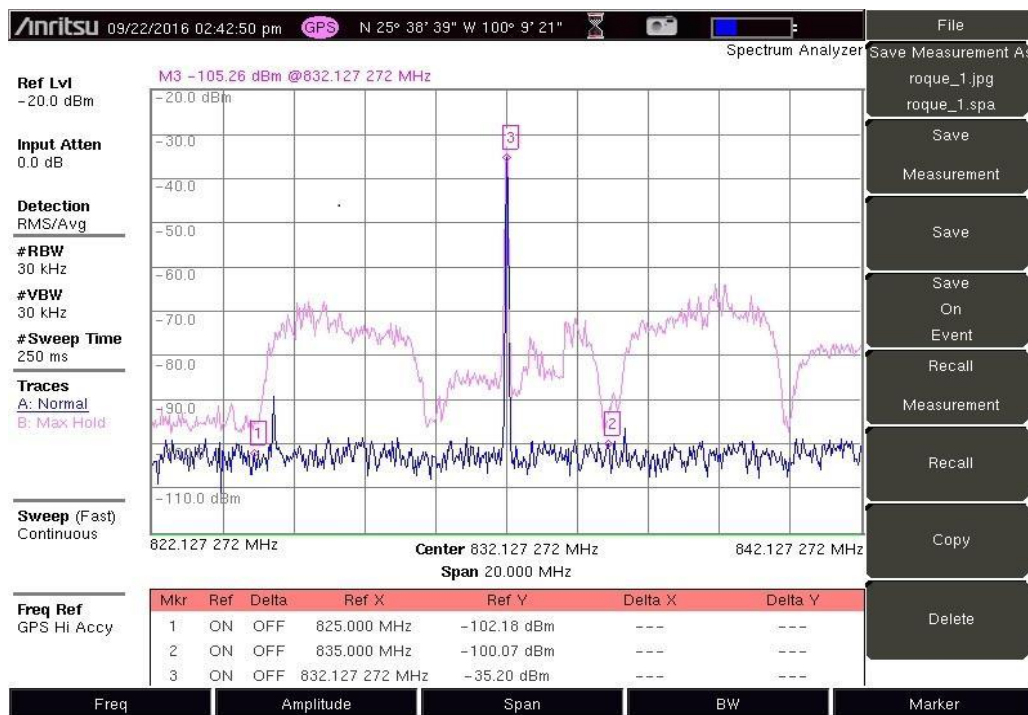


Ilustración 4.14: Interferencia provocada en un segmento de AT&T provocada por un amplificador de señal.

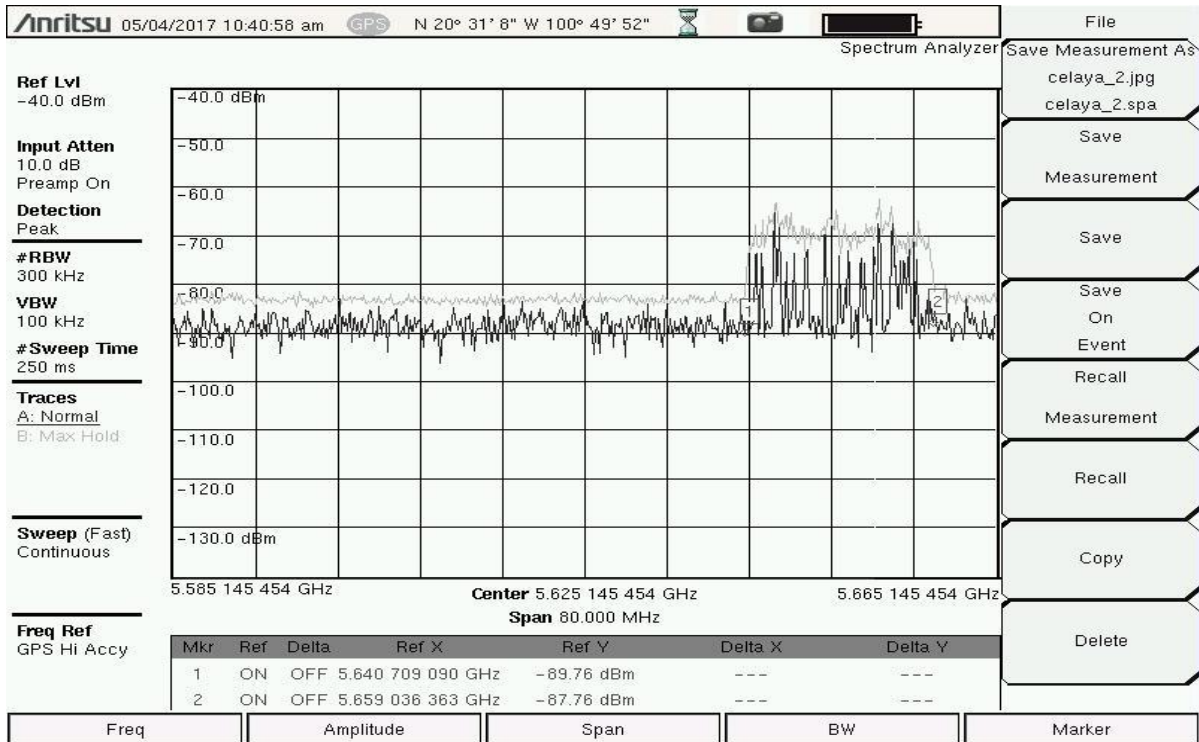


Ilustración 4.15: Interferencia presentada en un segmento atribuido al Espectro Protegido por un enlace punto a punto en Celaya, Gto.

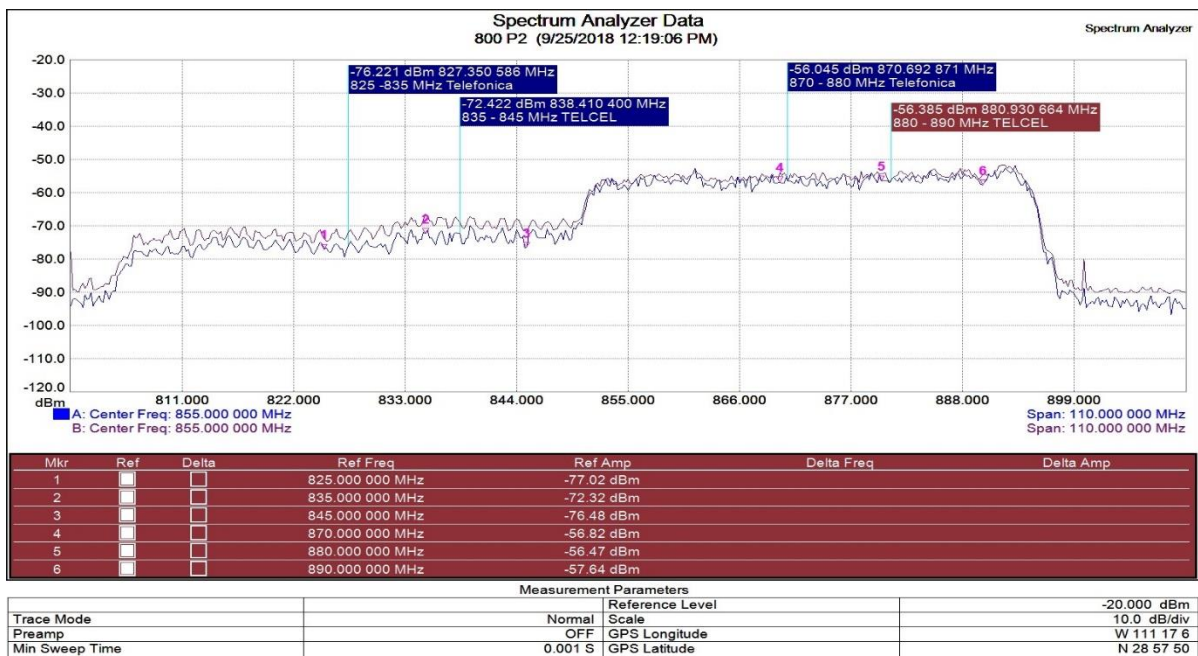


Ilustración 4.16: Se observan emisiones radioeléctricas dentro del rango de 800 MHz, que corresponden a un inhibidor de señales móviles, el cual comienza a partir de la frecuencia 802 MHz y termina en la frecuencia 896 MHz, abarcando el UpLink y Downlink de ese segmento celular.



Ilustración 4.17: Se observa una emisión radioeléctrica con un ancho de banda de 20 MHz. en el segmento de 2500-2530 MHz. la emisión inicia en la frecuencia 2.495 GHz. y termina en la frecuencia 2.515 GHz, a un metro de distancia de la antena transmisora, pertenece a una cámara de video vigilancia inalámbrica.

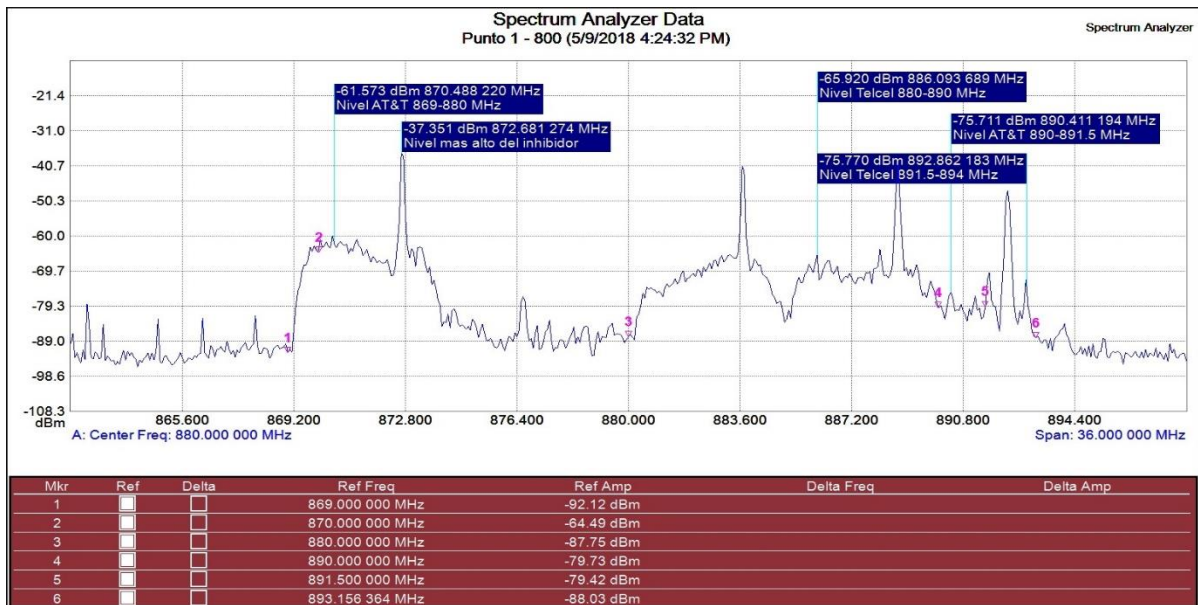


Ilustración 4.18: Se observan emisiones radioeléctricas en el segmento atribuido a la telefonía móvil, provenientes de un bloqueador de señal que trabaja por segmentos; es decir, monta su señal en las portadoras de telefonía móvil, para así poder restringir toda comunicación sobre ellas.

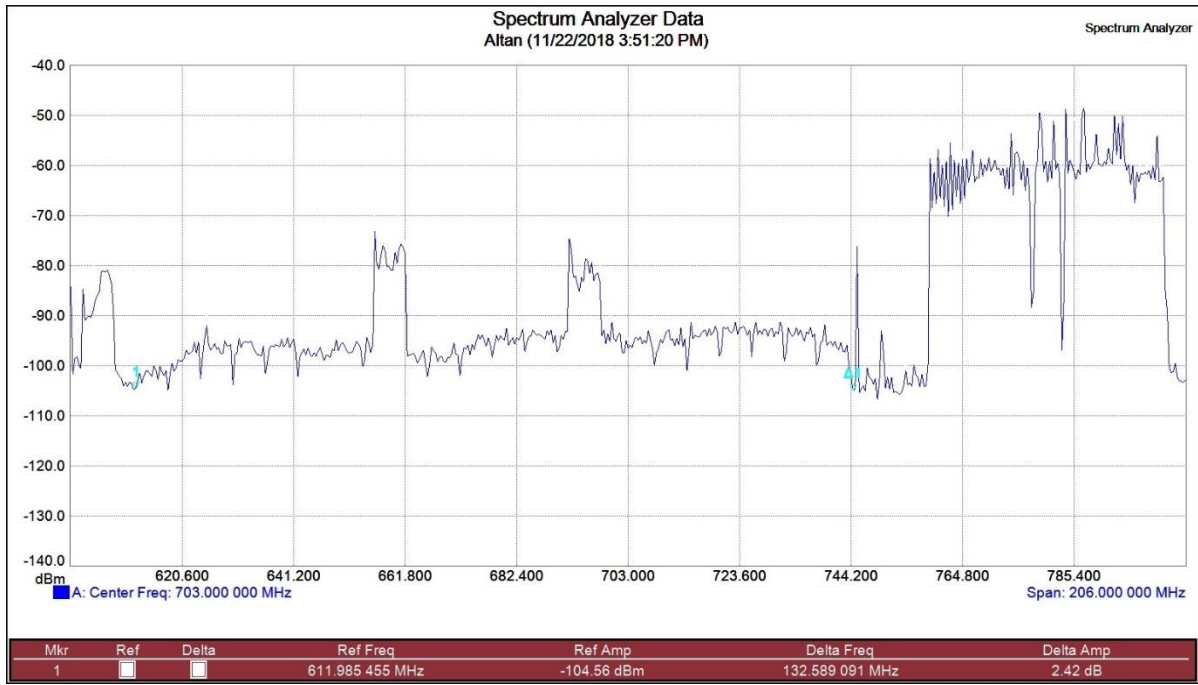


Ilustración 4.19: Se observa el inicio de emisiones radioeléctricas de canales de TV ajenas al segmento asignado a Altán Redes (Red Compartida, banda B28 de 700 MHz), con un ancho de banda de 6 MHz por cada canal presente (132 MHz en total).

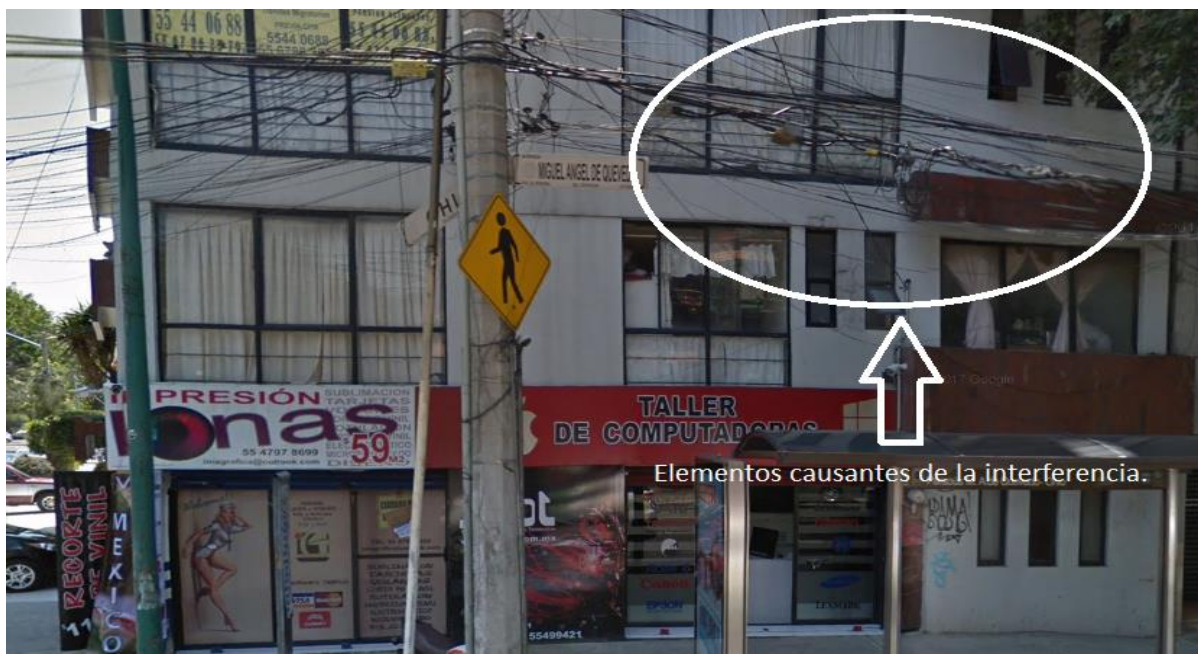


Ilustración 4.20: Elementos que generan las señales de la gráfica 6.

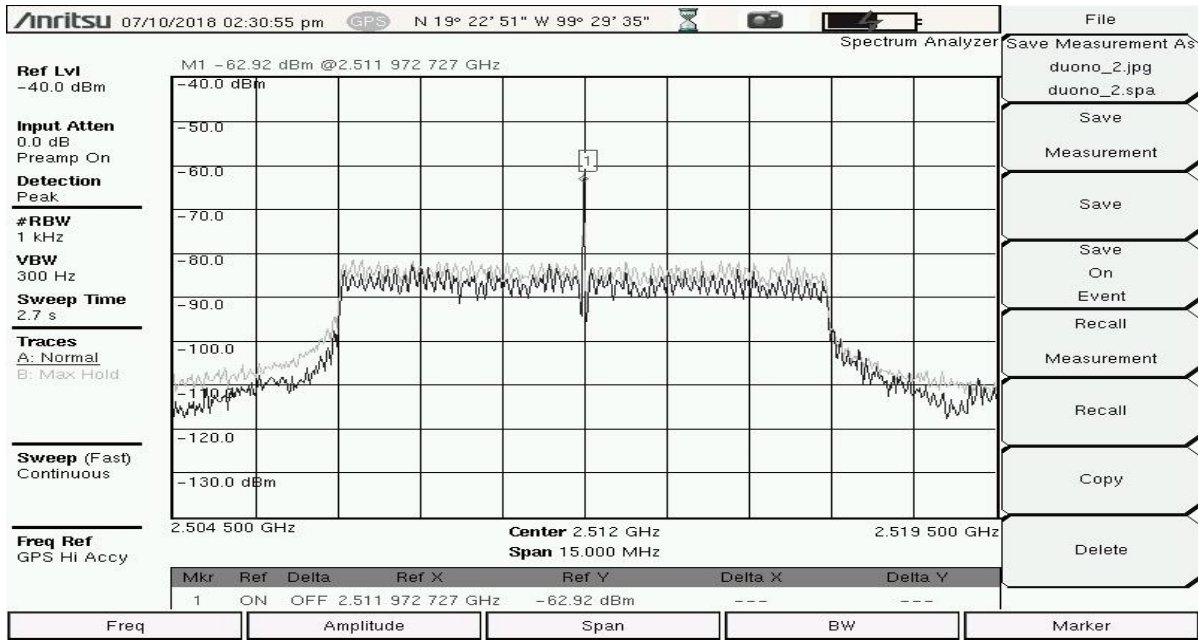


Ilustración 4.21: Se observan emisiones radioeléctricas ajenas al servicio del concesionario móvil Duono (Banda 7, 2500-2530 MHz LTE), generadas por un enlace de 15 MHz que brinda servicios de internet a una comunidad en el estado de México.

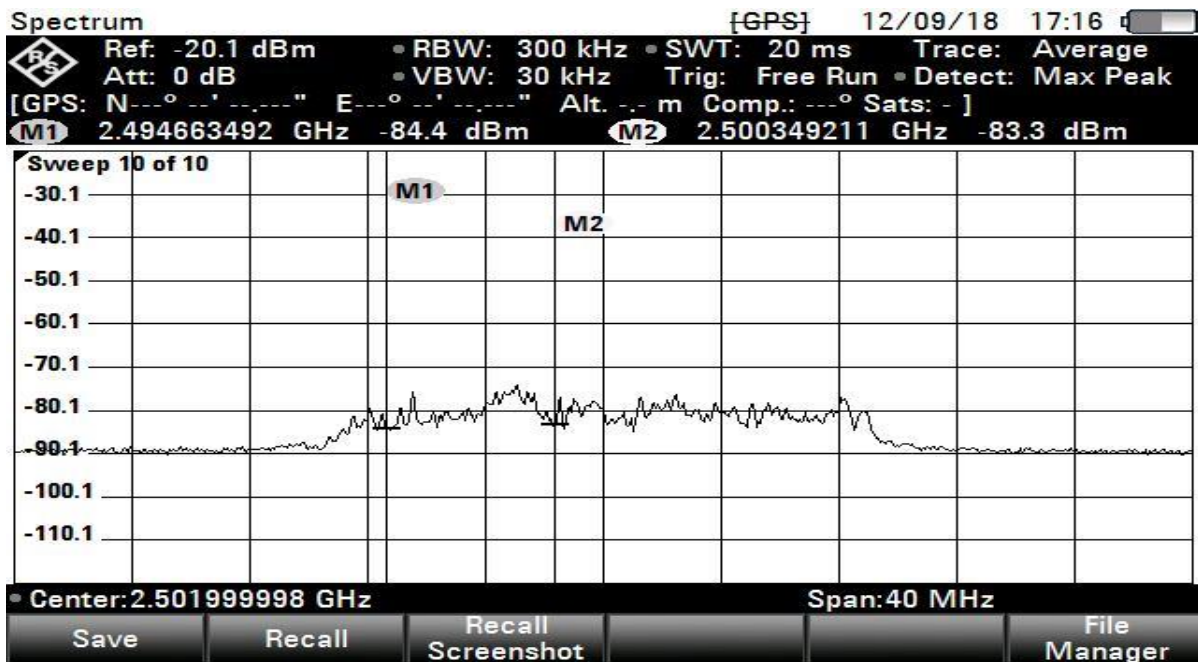


Ilustración 4.22: Se observan emisiones radioeléctricas ajenas al servicio del concesionario móvil Duono (Banda 7, 2500-2530 MHz UL, LTE), generadas por un enlace de microondas de 20 MHz que brinda comunicación entre dos fábricas de acero, en el estado de San Luis Potosí.

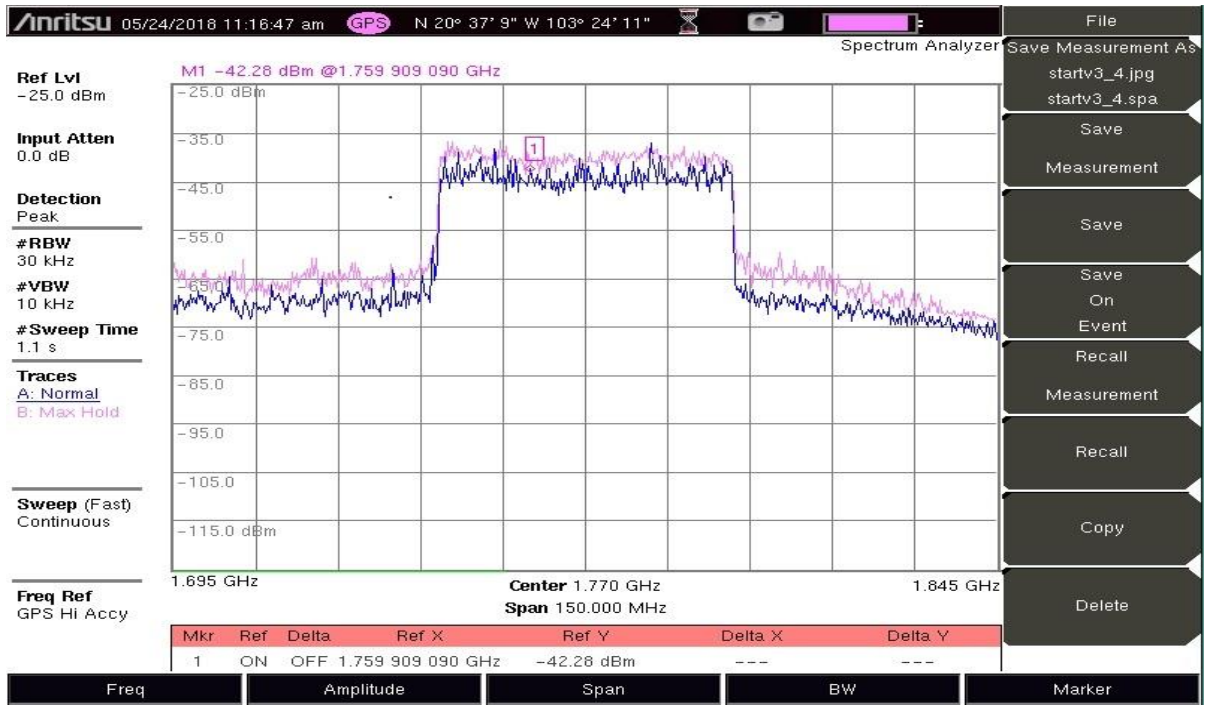


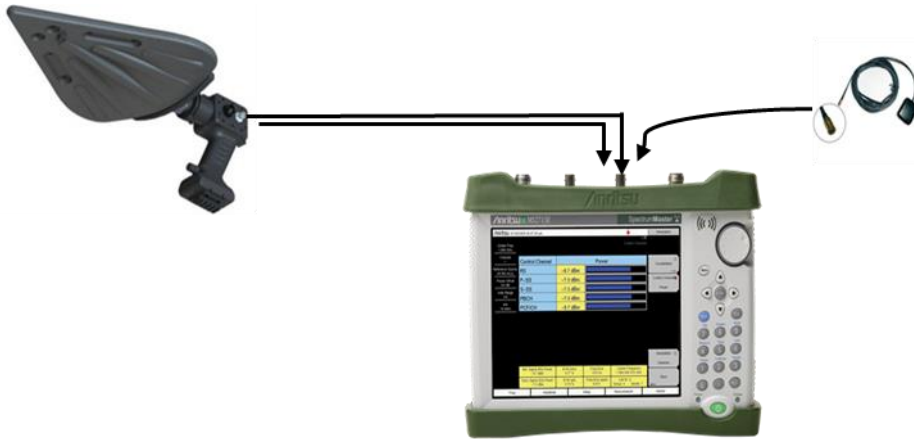
Ilustración 4.23: Se observa una señal interferente con un ancho de banda de 55 MHz, la cual afecta a las frecuencias descendentes de la Banda KU, correspondiente al Servicio Satelital y los dispositivos receptores en la banda L (1600-1900 MHz).

EQUIPOS UTILIZADOS (en su mayoría para la solución de interferencias)

Analizador de espectros portátil Rohde & Schwarz FSH8 con rango de operación de 9 kHz a 8 GHz, acompañado de una antena direccional de la misma marca, modelo HE300 de 500 MHz a 7.5 GHz y GPS Garmin.



Analizador de Espectros marca ANRITSU modelo MS2713E con rango de frecuencia de 9 kHz a 6 GHz, con antena direccional marca ALARIS, modelo POYNTING DF-A0047, con rango de operación de 9 kHz a 8.5 GHz y una antena GPS para marcación de coordenadas geográficas.





Conclusiones:

Dependiendo de cada actividad que se desea desarrollar uno puede elegir el Sistema de Monitoreo que más se adecue a sus necesidades, teniendo en cuenta que ambos realizan las mismas mediciones (SCORPIO y ARGUS), la diferencia entre ambos es la interfaz gráfica, y dependiendo de las configuraciones que se realicen serán los resultados, para obtener los parámetros técnicos de una señal radioeléctrica contamos con diferentes métodos disponibles, ya sea para obtener los datos de una sola frecuencia en específico o de un rango, todo depende de las necesidades y los datos que se deseen obtener, además de contar con un Radiogoniómetro en ambos sistemas que nos ayudan a obtener la dirección de donde proviene una señal radioeléctrica.

Los entornos gráficos son muy diferentes en ambos sistemas, aunque ambos básicamente tienen las mismas funciones, el más amigable es ARGUS, pero debo aclarar que depende mucho de la tarea a realizarse se puede optar por uno u otro. La fidelidad de los datos es más precisa en Argus, pero también dependerá mucho de los parámetros que se configuren.

Para la solución de una interferencia se cuenta con diferentes equipos de radiomonitoreo con los cuales nos podemos ayudar para la solución de las mismas, cada equipo tiene diferentes cualidades, por ejemplo, podemos hacer uso del sistema Argus o Scorpio cuando la orografía del lugar sea óptima para su uso, pero para lugares de difícil acceso o acceso controlado, tendremos que optar por un analizador de espectro portátil o por un receptor portátil, la solución de una interferencia es diferente en cada caso, hay muchos factores que se tienen que tomar en cuenta, por ejemplo, el tipo de servicio que está siendo afectado, la zona de la afectación, la recurrencia con que se presenta y las características de las señales involucradas, con la ayuda de esos datos podremos escoger el equipo que nos sea de mayor ayuda para su solución.

Una vez teniendo todos los datos técnicos de las señales interferentes, se realiza un informe técnico el cual se envía a la dirección general facultada para darle seguimiento.



CONCLUSIONES GENERALES:

Es así que, a lo largo de los más de ocho años laborando en áreas relacionadas con la supervisión, verificación y vigilancia del Espectro Radioeléctrico, he participado en diversos proyectos, adquiriendo con ello, conocimientos en diferentes ámbitos, de los cuales puedo destacar:

- **Radiodifusión**, en la que adquirí conocimientos relacionados con la instalación, operación y funcionamiento de una estación de F.M y A.M.; así como, la identificación de los parámetros técnicos más relevantes para una transmisión eficiente, cuya finalidad es mantenerse dentro de los estándares que dicta la Institución reguladora. Las actividades relacionadas a este proyecto fueron el inicio para aplicar los conocimientos técnicos adquiridos en la carrera, mismos que fueron necesarios para comprender el funcionamiento de una estación de radio, ejecutar las acciones necesarias para mejorar la transmisión de las señales radiodifundidas, e implementar tareas en conjunto con otras áreas técnicas para la licitación de nuevas estaciones radiodifusoras a lo largo y ancho del territorio nacional.
- **Transición a la Televisión Digital Terrestre**, este proyecto muestra la importancia de adoptar nuevas y mejores tecnologías para la transmisión de contenidos, sus ventajas y los beneficios que genera al poder liberar parte de espectro radioeléctrico para su uso en comunicaciones móviles, atendiendo la demanda que día con día aumenta en nuestro país; asimismo, desarrollé habilidades en el uso de equipos analógicos y digitales para la comprobación de parámetros técnicos, comenzando las mediciones con equipos que se necesitaban para la TV analógica y concluyendo con las realizadas mediante un Analizador de Espectros, el cual se emplea en la TV Digital. Los conceptos, conocimientos y el equipo de medición que se necesitaron para este proyecto empezaron a ser más complejos, a diferencia de la televisión analógica que para realizarle alguna prueba técnica se tenían que interrumpir las transmisiones (mismas que se realizaban en la madrugada) y necesitaban más de 15 equipos de medición, múltiples conexiones instaladas en el transmisor y la antena de transmisión, para el caso de la televisión digital solo se necesitó de un analizador de espectros y sus componentes adicionales correctos, se tuvo que aprender a distinguir la diferencia entre un señal de video analógico y una señal de video digital, las partes que las componen, como por ejemplo la banda base de video en la televisión analógica es una señal que está compuesta por luminancia, crominancia y sincronía, mismas que no se observan de la misma manera en la televisión digital. Los efectos colaterales que trajo consigo estas actividades radicaron en el estudio del



segmento UHF (ultra high frequency) para reacomodar las frecuencias asignadas a los servicios de radiodifusión, y poder tener más recurso espectral para los próximos servicios de redes móviles.

- **Vigilancia del Espectro Radioeléctrico**, esta área es la que más ha contribuido en mis conocimientos técnicos, la profundización en el cuadro nacional de atribución de frecuencias para saber en qué segmento se encuentra cada servicio de telecomunicaciones y radiodifusión a los cuales voy estar constantemente monitoreando para saber su comportamiento y así poder actuar en consecuencia cuando se necesite solucionar alguna interferencia o se requieran datos para algún estudio de ocupación del espectro para futuras licitaciones públicas, la constante capacitación que nos brinda el Instituto, en específico aquella relacionada con el manejo de nuevos equipos de comprobación técnica, la retroalimentación recibida por otros compañeros ingenieros, y en gran parte a la experiencia generada en cada comisión, me ha permitido desarrollar mis conocimientos en el manejo de equipos de medición de métricos tales como “ARGUS y “SCORPIO”. Es importante saber la forma y comportamiento de cada señal radioeléctrica observada en cualquiera de los sistemas de monitoreo, esto con el fin de identificar el posible servicio que se está estudiando, es importante mencionar que, derivado de los avances tecnológicos, los equipos transmisores van cambiando y junto a ello cambia la forma de algunas señales, esto a su vez nos ayuda a la solución más rápida y oportuna de cualquier tipo de interferencia que pueda estar afectando a algún servicio en específico.
- Cabe destacar, la importancia del análisis de resultados de todas las mediciones realizadas (métricos), toda vez, que de ello depende saber cómo están operando los concesionarios de cada servicio y el comportamiento que está sufriendo el Espectro Radioeléctrico en cada segmento atribuido a diferentes servicios, ello con el objetivo de obtener una mejor planeación del mismo; el saber diferenciar las capacidades con las que cuentan un analizador de espectros y un equipo receptor, me permite analizar cuál de ellos me será más útil para dar solución a un determinado caso de interferencia.

Por último, considero de suma importancia la actualización en materia de telecomunicaciones, tales como, servicios de redes móviles (banda de 700 MHz, 850 MHz y 2500 MHz), microondas, servicios satelitales, ya que con el avance de los dispositivos móviles, las conexiones de datos serán imperativas en nuestro país y se requerirán ingenieros que dominen temas relacionados con lo antes expuesto.



A continuación, se listan todos aquellos libros y materiales que han servido de ayuda para la preparación de este informe.

Bibliografías:

José Manuel Huidobro. (2013). Antenas de telecomunicaciones. Acta, 1, 18.

Francisco Ramos Pascual. (2007). Radiocomunicaciones. Ciudad de México: Alfaomega.

Fawwaz T. Ulaby. (2007). Fundamentos de aplicaciones de electromagnetismo: Pearson Education.

Tomasi Wayne. (1996). Sistemas de Comunicaciones Electrónicas. México: Pearson Education.

Fernando Mejía Barquera (1998). “Del Canal 4 a Televisa” en Apuntes para una historia de la Televisión Mexicana. México: Revista Mexicana de la Comunicación.

Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión

Estatuto Orgánico del Instituto Federal de Telecomunicaciones

Páginas WEB.

<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7241088&isnumber=7241081> Constantino Pérez (2003). Fundamentos de televisión analógica y digital.

<https://books.google.com.mx/books?id=LlyRVVMiAugC&pg=PA50q=estandares+television+analogica&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjFqJf6uqPWAhWLSCYKH0VDsUQ6AEIJjAA#v=onepage&q=estandares%20television%20analogica&f=false> 5 Gabriela Warkentin (1998). “Caminos de la tecnología televisiva” en Apuntes para una historia de la Televisión Mexicana.

https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/sm/R-REC-SM.1138-2-200810-III!PDF-S.pdf

<https://www.itu.int/pub/R-HDB>