
MATERIALES DE TRABAJO

TECNICA DE RADIODIFUSION PARA EL RADIODIFUSOR

3

Bruce Hoeneisen



editorial  **BELEN**
Quito - Ecuador

INTRODUCCION

Con este libro deseo responder a las inquietudes técnicas más frecuentes de los radiodifusores. Esta publicación pretende ser "práctica". Por este motivo se ha sacrificado precisión y "detalle" en aras de la simplicidad. La explicación de los "detalles" sería extensa y como es el fruto de años de estudio y experiencia llenarían algunos volúmenes. Lo que espero que se concluya de la lectura de este libro es que la colaboración del profesional técnico (en diseño, instalación y mantenimiento) es indispensable en la radiodifusión moderna,

CONTENIDO

	Pág.
1.- ¿Qué es el sonido?	3
2.- ¿Qué es la señal de audio?	5
3.- ¿Qué cualidades tiene la señal de audio	6
4.- ¿Cuál es el "recorrido" de la señal de audio?	12
5.- ¿Qué "piezas" tiene una estación de radiodifusión?	13
6.- ¿Qué "piezas" tiene el estudio y control?	14
7.- ¿Qué es lo que se transmite?	16
8.- ¿Qué es la modulación?	18
9.- ¿Cómo se propaga la onda electromagnética?	21
10.- ¿Qué potencia debe tener el transmisor?	23
11.- ¿Qué características debe tener la antena?	27
12.- ¿Cómo hacer las conexiones de audio?	29
13.- ¿Cómo hacer un atenuador de audio?	33
14.- ¿Qué mantenimiento se requiere?	35
15.- ¿Qué medidas de seguridad?	39
Otros "detalles"	41
Índice alfabético	46

¿ QUE ES EL SONIDO ?

Nuestro oído escucha "sonido". El sonido es una onda de presión que se propaga en el aire a una velocidad de 330 metros por segundo. Consideremos un piano. Cada "tecla" produce un sonido de una determinada "frecuencia". La primera tecla corresponde a una frecuencia de aproximadamente 27 Hz (27 "hertz"). Esto quiere decir que la cuerda correspondiente vibra 27 veces por segundo. La última tecla del piano corresponde aproximadamente a 4200Hz = 4,2 KHz (4,2 "kilohertz"). La nota Do³ o C tiene una frecuencia de 261,63Hz. Las notas del piano no son "puras": el sonido producido por una cuerda contiene además de la "frecuencia fundamental" que hemos mencionado, el doble, el triple, etc. de esta frecuencia a las que se les denomina ARMONICAS. Estas hacen "agradable" el sonido del piano. Un "acorde" contiene varias frecuencias y el "efecto" puede ser "agradable" o "desagradable". El oído humano es capaz de escuchar sonidos desde aproximadamente 16 Hz hasta aproximadamente 16.000 Hz. La "banda de audio" en radiodifusión va desde 20 Hz hasta 15 KHz en radiodifusoras FM, y va desde 20 Hz hasta 7,5 KHz en radiodifusoras AM. El teléfono tiene una "banda de audio" de 300 Hz hasta 3400 Hz. Por este motivo la "calidad" del sonido del teléfono es "pobre" comparada con la "calidad" de radiodifusión FM. La voz humana contiene frecuencias desde 90 Hz hasta 1100 Hz. ¡Nuestra laringe no tiene tantas "cuerdas" como un piano! El pícolo emite una frecuen-

cia fundamental de hasta 4200 Hz. Con mi oído casi no escucho la nota fundamental de la primera cuerda del piano. Solo "siento" sus vibraciones. Lo que escucho son las armónicas que emite esta cuerda.

El propósito de la técnica de radiodifusión es transmitir en la "mejor" forma posible el sonido generado en el estudio al radioescucha que "sintoniza" la radio-emisora.

¿ QUE ES LA SEÑAL DE AUDIO ?

La señal de audio es la "información" contenida en el sonido y se presenta en muchas formas. Una de ellas es el sonido. El sonido (onda de presión) puede transformarse en movimiento mecánico del diafragma del oído o del diafragma del micrófono. A la inversa el movimiento del cono de un parlante, o el movimiento del diafragma se transforma en una señal de voltaje de "audio frecuencia" en un micrófono. Esta señal de voltaje de audio frecuencia se transforma en modulación de una "portadora" de "radio frecuencia" en el transmisor.

En la antena de transmisión se transforma la señal de radiofrecuencia en una onda electromagnética libre. En el receptor ocurren las transformaciones inversas hasta obtener nuevamente sonido. Una cinta magnética contiene la "señal de audio" en forma de magnetización. Un disco fonográfico contiene la "señal de audio" en la "topografía" del surco. Como dijimos, la señal de audio se presenta de muchas formas.

3

¿ QUE CUALIDADES TIENE LA SEÑAL DE AUDIO ?

Mencionaremos las características más importantes:

NIVEL.-

El nivel es la amplitud de pico máximo de la señal de audio. Por ejemplo, a la salida de la consola el voltaje en los picos de modulación es de 5,5 V pico a pico (V se lee "voltio"). Este nivel corresponde a + 8 dBm a 600 ohm. En radiodifusión FM, el pico de modulación corresponde a una desviación de frecuencia de ± 75 KHz.

CONTENIDO ESPECTRAL.-

El contenido espectral es lo que indica un analizador de frecuencia de audio o un instrumento similar. Cuando se dice que la señal de audio tiene "pocos bajos" o "muchos agudos" se está hablando del contenido espectral de la señal. El ecualizador y otros procesadores de audio permiten modificar el contenido espectral de la señal de audio.

DISTORSION ARMONICA.-

Todos los elementos "activos" que transforman y amplifican la señal de audio son no lineales y producen armónicos. Esta distor-

sión armónica es baja a bajo nivel de la señal de audio, y llega a ser intolerable a alto nivel. Si se grita en el micrófono hay distorsión. Si se sube excesivamente el "volumen" de un receptor hay distorsión. Si se sobremodula el transmisor hay distorsión.

RUIDO.-

Todos los elementos "activos" y "pasivos" que procesan la señal de audio producen ruido. El ruido tiene una amplitud que no depende del nivel de la señal de audio. Lo que interesa es la relación entre el nivel de la señal de audio y el nivel del ruido. Esta es la relación señal/ruido. Si el nivel de la señal de audio es baja, la relación señal/ruido es baja y hay "mucho" ruido en relación a la señal de audio. Si el nivel de la señal de audio es alto, la relación señal/ruido es alta y hay "poco" ruido en relación a la señal. Entonces existe un nivel óptimo de la señal de audio. Si el nivel es muy bajo hay "mucho ruido" (en relación a la señal de audio); y si el nivel es muy alto hay "mucha distorsión". Es importante entonces que todos los equipos estén ajustados al nivel correcto de la señal de audio.

La relación señal/ruido se mide en "dB". En FM estéreo la relación señal/ruido suele ser de 65 dB. Un enlace estudio-transmisor suele tener una relación señal/ruido de 60 dB.

Cuando se "cierra" la consola, o cuando se termina una pieza musical, la señal de audio "baja a cero" y solo se tiene ruido. La finalidad del expansor es atenuar el ruido durante estos "baches" de programación.

SUMBIDOS.-

La red eléctrica tiene "corriente alterna". Esta corriente alterna produce "sumbidos" a la frecuencia de la red y sus armónicos (por ejemplo 60 Hz, 120 Hz, 180 Hz, etc.). El sumbido es generado por las fuentes de poder si no están debidamente filtradas, por inducción magnética entre la corriente en la red eléctrica y los "lazos de tierra", y por acoplamiento capacitivo. Para reducir los sumbidos

es importante tener:

- Niveles correctos de la señal de audio;
- Equipos con audio balanceado;
- Líneas de transmisión de audio balanceadas, blindadas y aisladas;
- Impedancias correctas de 600 ohm.
- Conexiones de "tierra" correctas, evitando "lazos de tierra";
- Separación física entre la red eléctrica y las líneas de transmisión de audio.

INTERFERENCIAS.-

El enlace estudio-transmisor y el enlace entre la antena de transmisión y el radioescucha están sujetos a interferencias de otros enlaces en la misma frecuencia o en frecuencias cercanas, o a interferencia producida por emisiones armónicas o espúreas de otros transmisores. Una cuidadosa elección de frecuencias evita las interferencias.

RANGO DINAMICO.-

La señal de audio tiene momentos de nivel alto y momentos de nivel bajo. La relación entre el nivel más alto y el nivel más bajo de la señal de audio más el ruido se llama "rango dinámico". Un concierto sinfónico tiene un gran rango dinámico. En cambio una cumbia, o la voz del locutor en el noticiero, tiene un rango dinámico pequeño. Para poder escuchar una señal de audio de gran rango dinámico se requiere un medio ambiente con un bajo ruido de fondo. En la sala de nuestro hogar podemos escuchar un disco con un concierto sinfónico de gran rango dinámico. En un vehículo en medio del tránsito de una gran ciudad hay mucho ruido. El rango dinámico útil de la señal de audio es entonces reducido. Por otra parte el operador de la consola se descuida a veces de mantener el nivel correcto, o el locutor se acerca y aleja del micrófono. Por estos motivos en radiodifusión se suele reducir el rango dinámico de la señal de audio original mediante un compresor. La señal comprimida tiene más "volumen" en promedio que la señal de audio original.

LIMITACION.-

El limitador comprime rápidamente y “recorta” los picos excesivos de la señal de audio evitando la sobremodulación. La sobremodulación es ilegal porque produce interferencias en emisoras o enlaces de frecuencia adyacente. Además la sobremodulación produce distorsión, y produce la sobrecarga de los transmisores AM.

Una señal de audio excesivamente limitada tiene un gran “volumen”, pero poco rango dinámico y mucha distorsión. El nivel de limitación ideal depende del “formato” de cada radioemisora. Frecuentemente se utiliza 9dB pico de compresión y 7 dB pico de limitación.

REVERBERACION.-

Un sonido llega a nuestro oído tanto en forma directa como por reflexión en los accidentes de la topografía circundante. Estos sonidos que se reciben en forma indirecta se llaman “ecos”. Nuestro oído está acostumbrado a escuchar sonidos con ecos. La voz sin ecos es “apagada” y desagradable. Los ecos dan una sensación de “amplitud” o sensación “catedral”. Los estudios de radiodifusión suelen tener material absorbente de sonido en las paredes que evitan los ecos. De esta forma es posible grabar cada instrumento en forma individual y producir la “mezcla” más agradable posteriormente en forma electrónica. Se utiliza entonces un reverberador para producir los ecos deseados. Sobre todo la voz requiere reverberación. En cambio un disco fonográfico se graba con un contenido adecuado de ecos y no requiere ecos adicionales (salvo que el “formato” de la radiodifusora lo exija).

SEPARACION DE ESTEREO.-

Tenemos dos oídos. La diferencia de nivel y de fase del sonido escuchado por cada oído nos permite identificar la dirección en la cual se produjo el sonido. Esta “dimensión” del sonido se consigue con el estéreo: dos parlantes con señales de audio distintas nos

dan la "dimensión" de la dirección. Por ejemplo el estéreo nos permite distinguir la dirección de los violines, de la dirección de los bronces. La transmisión en estéreo está permitida en radiodifusión FM y recientemente se autorizó (en USA) para AM onda media. La radiodifusión estéreo tiene dos señales de audio: el "canal izquierdo" y el "canal derecho". La transmisión estéreo es "compatible", o sea, un receptor monofónico "funciona" (aunque recibe sólo la suma del canal izquierdo más el canal derecho). En el transmisor estéreo los canales izquierdo y derecho modulan la "portadora de radio frecuencia". El receptor estéreo demodula la "portadora" y separa nuevamente las señales de audio del canal derecho e izquierdo. Esta separación no es perfecta. Por ejemplo si se transmite solo el canal derecho se recibe además del canal derecho una señal "pequeña" en el canal "contrario". La diferencia de nivel de estas señales es la "separación de estéreo" y se mide en dB. Un transmisor FM estéreo tiene una separación de estéreo típica de 40 dB.

Las principales características de una señal de audio son:

- Nivel.
- Contenido Espectral
- Distorsión Armónica.
- Ruido.
- Sumbidos.
- Interferencias.
- Rango Dinámico.
- Limitación.
- Reverberación, y
- Separación de estereo.

Es importante educar el oído para distinguir cada una de estas cualidades de la señal de audio.

El ajuste del ecualizador, reverberador o generador de efectos, compresor-expansor y limitador, y el tipo de programa determinan el "formato" de la radiodifusora.

El diseño, elección de frecuencia, instalación, ajuste de niveles, mantenimiento y operación correctos de la radiodifusora permiten reducir la distorsión, el ruido, las interferencias, los sumbidos y otros efectos indeseados a niveles indetectables por el oído humano.



4

¿ CUAL ES EL "RECORRIDO" DE LA SEÑAL DE AUDIO ?

Sigamos la señal de audio en una situación típica:

- Voz del locutor
- micrófono
- consola $\longleftrightarrow$ reverberador
- amplificador de distribución
- grabadora de cinta
- reproductora de cinta
- otra vez a la consola
- otra vez al amplificador de distribución
- ecualizador
- compresor - expensor
- limitador
- transmisor de enlace
- receptor de enlace
- limitador (opcional)
- transmisor
- antena
- receptor del "cliente"
- oído.

El "eslabón" más débil determina la "fuerza" de la cadena.

¿ QUE "PIEZAS" TIENE UNA ESTACION DE RADIODIFUSION ?

Una estación de radiodifusión típica tiene:

- un estudio maestro y un control maestro,
- un estudio de producción (o grabación) y un control de producción,
- un enlace estudio - transmisor,
- una estación transmisora con transmisor , y
- antena de transmisión.

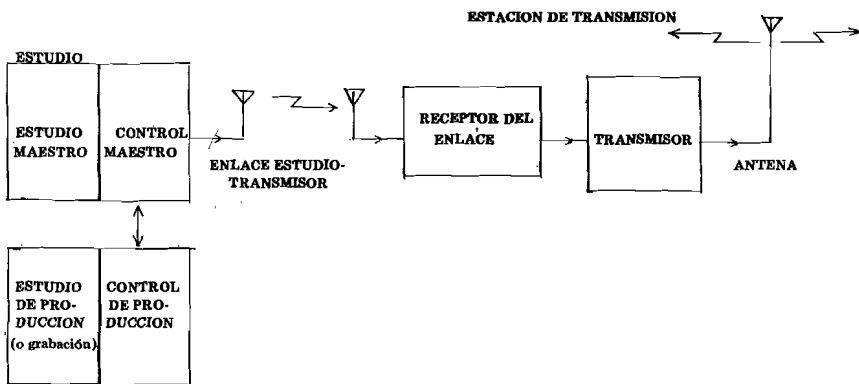


FIGURA 2. DIAGRAMA SIMPLIFICADO DE UNA ESTACION DE RADIODIFUSION TIPICA.

6

¿ QUE "PIEZAS" TIENE EL ESTUDIO Y CONTROL ?

Un estudio y control maestro típico tiene:

- una consola de 5 u 8 canales "mezcladores",
- dos tornamesas con sus respectivos brazos, cápsulas, agujas y preamplificadores,
- una reproductora de cartucho,
- una grabadora/reproductora de cartucho,
- una reproductora de cinta,
- una grabadora/reproductora de cinta,
- un panel de conexiones ("patch panel")
- un conector telefónico ("phone patch"),
- un amplificador de distribución,
- dos parlantes para audición en el estudio,
- dos parlantes para audición en el control,
- micrófonos para el estudio,
- micrófonos para el control,
- reverberador o generador de efectos,
- ecualizador,
- compresor - expansor,
- limitador,
- transmisor de enlace,
- receptor de radio,
- monitor (con indicador de modulación, frecuencia, etc.),

- portamicrofonos; letreros "en el aire"; cinta, cartucho y disco fonográfico de calibración; cintas y cartuchos en "blanco"; borrador de cintas y cartuchos (recuerde que debe alejar el borrador antes de apagarlo) desmagnetizador de cabezas de grabación y reproducción; agujas y cápsulas de repuesto; conectores para micrófono; reloj de pared o incorporado en la consola, etc...

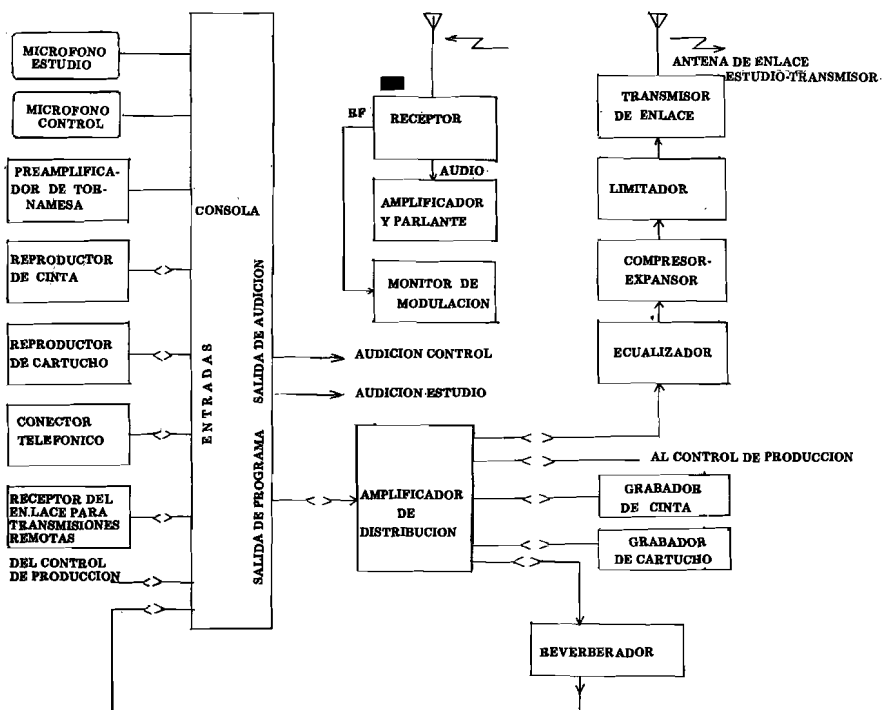


FIGURA 3. DIAGRAMA SIMPLIFICADO DE UN CONTROL MAESTRO TÍPICO.

—> es un "punto" en el panel de conexiones.

¿ QUE ES LO QUE SE TRANSMITE ?

La antena de transmisión emite una onda electromagnética. Esta onda fue predicha por James Clerk Maxwell en 1864 y fue observada por primera vez 25 años más tarde por Hertz. La onda electromagnética, u onda hertziana, se propaga con la velocidad de la luz (porque la luz visible también es una onda electromagnética). La onda que transmite la antena tiene una frecuencia central llamada "portadora de radio frecuencia" y un "ancho de banda". La portadora está en una "banda de frecuencia". Las "bandas de frecuencia" y los "anchos de banda" utilizados en radiodifusión se indican en la tabla.

Tipo de servicio	Banda de frecuencia	Ancho de banda
AM onda media	535 a 1605 KHz	15KHz
AM onda corta	3 a 15 MHz*	15KHz
FM	en varias bandas	
Enlace estudio-transmisor	88,1 a 107,9 MHz	220KHz
	148 a 174 MHz *	Depende del enlace
	215 a 240 MHz *	
	300 a 330 MHz *	
	450 a 470 MHz *	
	890 a 960 MHz *	

* Típico. 1MHz = 1000 KHz = 1'000'000 Hz (léase "megahertz", "kilohertz", "hertz").

Cuando no se "modula" (o sea cuando se "cierra" la consola) el ancho de banda es cero. En este caso se transmite una frecuencia "pura" que es la portadora de radio frecuencia. Cuando se "modula" la onda transmitida ocupa un "ancho de banda". El ancho de la banda es (más o menos) proporcional a la información transmitida. Cuando no se modula no se transmite información alguna y el ancho de banda es cero.

La onda transmitida, además de tener una frecuencia de portadora y un ancho de banda, se caracteriza por el tipo de modulación y por la polarización. Las polarizaciones utilizadas en radiodifusión son:

Tipo de Servicio	Polarización
AM onda media	vertical
AM onda corta	horizontal
FM	horizontal o circular *
TV	horizontal (o circular)

* Personalmente no he observado ventaja alguna de utilizar la polarización circular que se ha generalizado en F.M.

¿ QUE ES LA MODULACION ?

Para poder transmitir "información" (como música, o la voz de un locutor) es necesario "modular" la portadora. Hay muchas formas de modulación. En radiodifusión se utilizan dos formas: AM (amplitud modulada) y FM (frecuencia modulada).

En AM se permite (usualmente) hasta un máximo de 125 o/o de modulación positiva y 100o/o de modulación negativa. Esto quiere decir que la amplitud de la onda transmitida en el "pico de modulación positivo" es $1 + 1,25 = 2,25$ veces la amplitud de la portadora; y la amplitud del pico de modulación negativo (o "valle") es $1 - 1 = 0$. Es interesante mencionar que la potencia transmitida durante el pico de modulación positivo es $(2,25)^2 = 5$ veces la potencia de la portadora. Por ejemplo un transmisor AM de 10 KW (kilovatios) tiene una portadora de 10 KW de potencia y transmite hasta 50 KW durante los picos de modulación positivos. En un "buen" receptor el "volumen" depende del "índice de modulación" y ¡no depende de la distancia o potencia del transmisor (dentro del área de cobertura)! Esto se debe a un circuito en el receptor que se llama "control automático de ganancia". A baja modulación se tiene bajo "volumen" y un alcance algo menor. Si se excede la modulación permitida se tiene distorsión apreciable y se puede causar interferencias y la sobrecarga del transmisor. La modulación máxima permitida es ideal.

La modulación AM es asimétrica: 125o/o positivo y 100o/o negativo. El limitador AM (o el procesador de audio AM) suele tener circuitos que producen una señal de audio asimétrica con el mínimo de distorsión posible. Es importante entonces conectar la señal de audio al transmisor con la "polaridad" correcta. En AM se suele atenuar las frecuencias de audio por debajo de 50 Hz con el ecualizador para evitar sobrecargas del transmisor debido a excesos de modulación de baja frecuencia.

En modulación FM se altera la frecuencia de transmisión en proporción a la señal de audio. En radiodifusión FM se permite una "desviación" máxima de frecuencia de $\pm 75\text{KHz}$. Los enlaces estudio transmisor y los enlaces para "transmisiones remotas" se modulan en FM y la desviación pico depende del tipo de enlace. En FM estéreo se modula con la "señal de audio compuesta". Esta señal ocupa una "banda base" de 20Hz hasta 53 KHz. Entre 20Hz y 15KHz se tiene el "canal izquierdo más el canal derecho". En 19KHz se tiene el "tono piloto" que permite "sincronizar" el receptor. Y entre 23 KHz y 53KHz se tiene el "canal izquierdo menos el canal derecho". Es necesario conectar correctamente las polaridades de los canales izquierdo y derecho. A veces se transmiten señales de control, de comunicación o de programa en subportadoras.

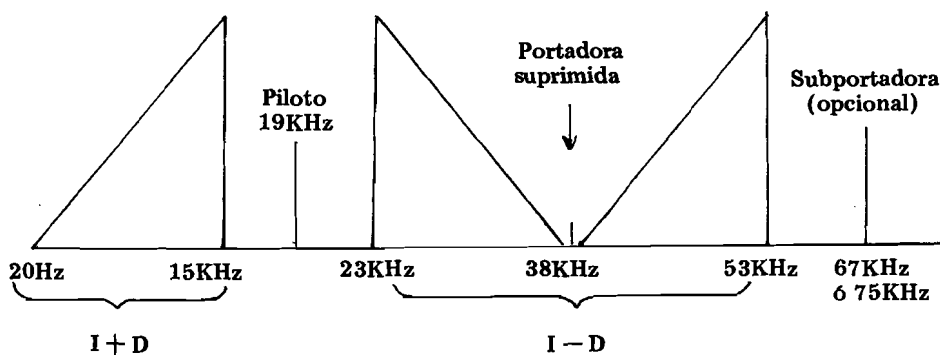
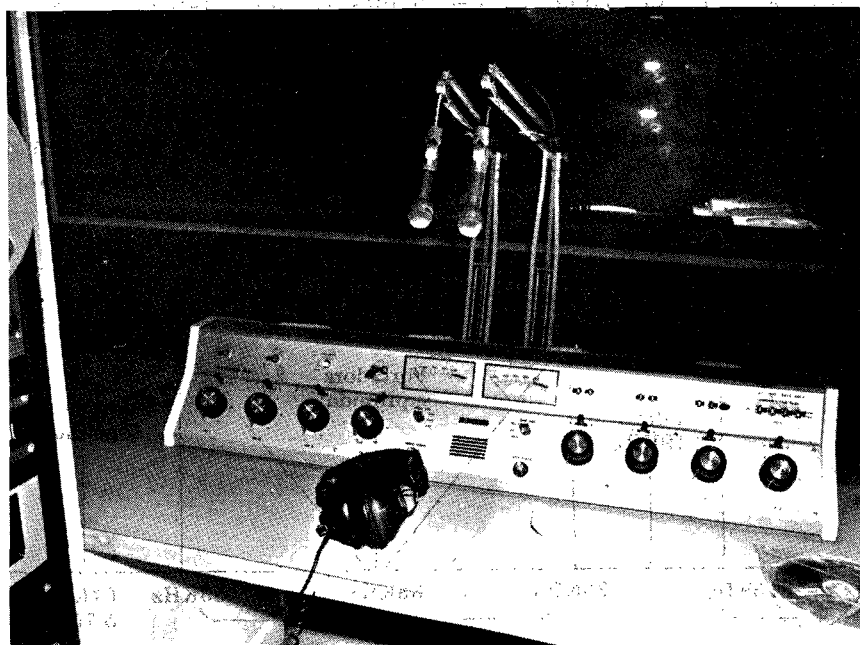


FIGURA 4. BANDA BASE DE FM ESTEREO.

En FM estéreo se tienen usualmente dos enlaces estudio-transmisor: uno para el canal izquierdo y uno para el canal derecho. Una alternativa más económica es transmitir audio compuesto desde el estudio hasta el transmisor mediante un solo enlace de banda ancha. En este caso el "generador de estéreo" (que genera el audio compuesto) está en el estudio en vez de estar en el transmisor.

El limitador es indispensable para evitar picos de sobremodulación tanto en AM como en FM.

La modulación en TV es complicada. Nos basta aquí señalar que el "video en blanco y negro" o "luminancia" se modula en AM y el "sonido" se modula en FM.



¿ COMO SE PROPAGA LA ONDA ELECTROMAGNETICA ?

En radiodifusión la onda electromagnética se propaga desde la antena transmisora hasta la antena del receptor de la siguiente forma:

Tipo de servicio	Onda electromagnética
FM	directa (y ocasionalmente reflejada o difractada)
TV	directa
AM onda media	terrestre
AM onda corta	reflexión en la ionósfera y en tierra
Enlace estudio-transmisor	directa (y ocasionalmente reflejada o difractada)

La antena de transmisión de FM o TV debe tener "línea de vista" con el "área de servicio", o sea no deben haber obstrucciones (como montañas) entre las antenas de transmisión y recepción. El ángulo de incidencia" debe ser lo más grande posible para evitar la obstrucción y reflexión de edificios. Un "buen" enlace estudio-transmisor también debe tener "línea de vista". En AM, onda media, la onda electromagnética se propaga cerca de la superficie de la tierra (tan-

to por encima como por debajo de esta superficie). Esta "onda terrestre" sigue la topografía del terreno y no requiere línea de vista. En AM, onda corta, se transmite hacia la ionósfera que se encuentra a unos 300 km de altura. Esta "onda ionosférica" se refleja alternativamente de la ionósfera y la tierra y puede dar la vuelta al mundo. La transmisión de AM onda corta está sujeta al "estado" de la ionósfera. Usualmente se puede transmitir solo a ciertas horas del día que dependen de la época del año y del ciclo de manchas solares (cuyo período es de 11 años). Para aumentar las horas diarias de transmisión es necesario cambiar de frecuencia al transmisor y "acoplarse" de esta manera al estado de la ionósfera.

La onda ionosférica en AM onda media es indeseada: puede producir interferencias a miles de kilómetros de distancia. A veces la radioemisora se interfiere a sí misma. Esta posibilidad se reduce si se utiliza una torre de media longitud de onda en vez de una torre de un cuarto de longitud de onda.



¿ QUE POTENCIA DEBE TENER EL TRANSMISOR ?

En AM, onda media, la potencia de transmisión requerida depende de:

- la distancia entre transmisor y receptor,
- la frecuencia,
- la conductividad del terreno,
- el ruido electromagnético en el lugar de recepción,
- la longitud de la antena de transmisión, y
- las regulaciones legales.

Suponemos que no hay "interferencias". El "alcance" es la distancia desde la antena transmisora a la cual aún hay recepción "aceptable". En una ciudad de 10.000 habitantes el ruido electromagnético es "alto" y se requiere una intensidad de campo mínima de 25 mV/m. En ciudades menores de 10.000 habitantes se requiere como mínimo 5 mV/m. Si no hay interferencias basta 1mV/m "en carretera". Por este motivo cuando se viaja por carretera, la señal de una radio AM suele "perdersé" a la entrada a una ciudad.

Una primera aproximación de la potencia de transmisión requerida puede obtenerse del siguiente cuadro:

Potencia	Frecuencia 550 KHz	1000KHz	1600KHz
1KW	Alcance $\left\{ \begin{array}{l} 10\text{Km} \\ 19\text{ Km} \\ 24\text{ Km} \\ 43\text{ Km} \end{array} \right.$	7 Km	5 Km
5 KW		12 Km	7 Km
10 KW		15 Km	9 Km
50 KW		23 Km	14 Km

Explicación.- El "alcance" corresponde al área primaria de servicio (25 mV/m). Se ha supuesto una conductividad del terreno de 4 milimhos/metro, y una antena vertical de longitud entre 1/4 y 1/2 longitud de onda. En ciudades menores de 10.000 habitantes basta 5mV/m. Los alcances correspondientes se obtienen aproximadamente multiplicando los alcances de la tabla por 2.

Ejemplo: Si la frecuencia de transmisión es de 1000 KHz y el transmisor está a 15 Km del centro industrial y comercial de una ciudad de más de 10.000 habitantes se requiere una potencia mínima del transmisor de aproximadamente 10KW para "cubrir" la ciudad.

En FM y en TV la potencia de transmisión requerida depende de:

- la distancia horizontal entre transmisor y receptor,
- la diferencia de altura entre el transmisor y el receptor (esto se debe a que la onda directa y la onda que se refleja en tierra tienden a cancelarse entre sí).
- el ruido electromagnético en el lugar de recepción,
- la "ganancia" de la antena de transmisión,
- el canal en TV, y
- las regulaciones legales.

Suponemos que hay "línea de vista" y que no hay interferencias. En una zona industrial (que tiene un ruido electromagnético elevado) se requiere como *mínimo* una intensidad de campo de 5 a 7 mV/m. En una zona residencial se requiere por lo menos 2 a 3 mV/m. La potencia mínima requerida se puede estimar mediante los siguientes cuadros:

Radiodifusión FM			
Potencia	Altura 50 m*	100m	500m
100W	Alcance {	7Km	15Km
1KW		13Km	27Km
10KW		21Km	47Km

Explicación: "Altura" es la diferencia de altura entre la antena de transmisión y el lugar de recepción. Se supone que la antena de transmisión tiene 6dB de ganancia. El "alcance" corresponde al área primaria de servicio (recepción promedio de 5 mV/m a 10 m de altura en puntos con línea de vista).

* No recomendable en ciudades "grandes"

Ejemplo: Si la antena transmisora de FM tiene 6 dB de ganancia, está a 13 km de la parte más alejada de una ciudad, y está a 100m de altura sobre la ciudad, se requiere una potencia de transmisión mínima de aproximadamente 1KW para "cubrir" la ciudad.

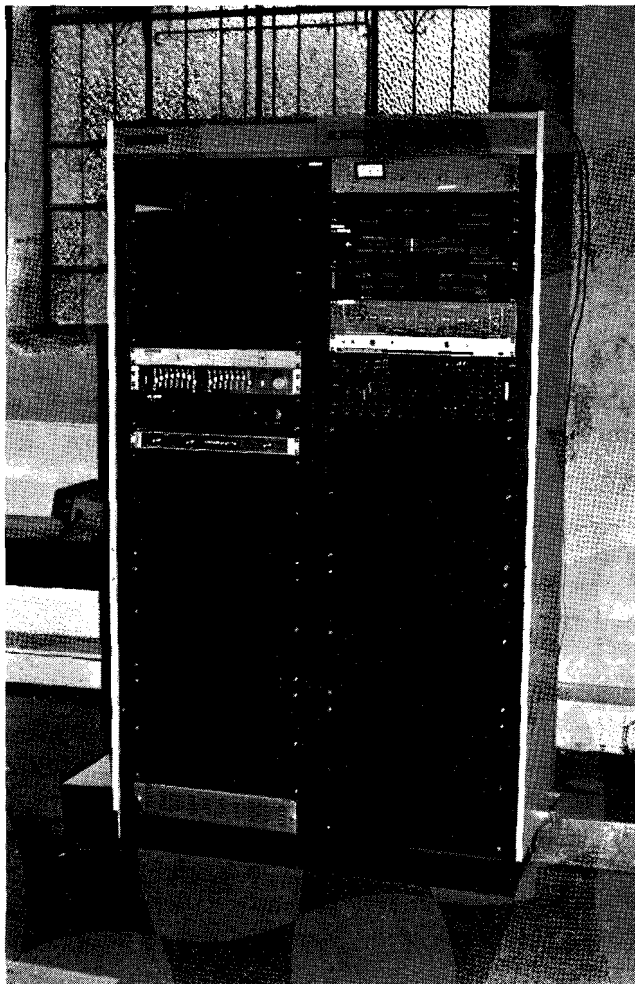
TV			
Potencia	Altura 50 m*	100m	500m
100W	Alcance {	8Km	16Km
1KW		14Km	30Km
10KW		27Km	50Km

Explicación: "Altura" es la diferencia de altura entre la antena de transmisión y el lugar de recepción. Se supone que la antena de transmisión tiene 10 dB de ganancia. El "alcance" corresponde al área primaria de servicio (recepción promedio de 7 mV/m a 10m de altura en puntos con línea de vista).

* No recomendable en ciudades "grandes".

Recuerde que en FM y TV es importante tener un ángulo de incidencia lo más grande posible para evitar obstrucciones y reflexiones de los edificios.

La determinación de la potencia ideal de transmisión requiere un estudio técnico-económico detallado de cada caso.



¿ QUE CARACTERISTICAS DEBE TENER LA ANTENA ?

ANTENA DE TRANSMISION DE AM ONDA MEDIA.-

La altura de la torre debe estar comprendida entre 0,25 y 0,6 longitudes de onda. La longitud de onda se calcula así:

$$\lambda \text{ (en metros)} = \frac{300.000}{\text{frecuencia en KHz}}$$

Por ejemplo si la frecuencia de transmisión es 1000 KHz, la longitud de onda es 300m y $0,25 \lambda = 75\text{m}$. La "base" de la torre debe tener por lo menos 120 radiales de cobre (AWG # 10) de longitud $\lambda/2$ enterrados 15 a 30 centímetros. Frecuentemente el costo del terreno es prohibitivo y se instalan radiales más cortos que $\lambda/2$ (pero no menos de $\lambda/4$) sacrificando algo el "rendimiento" de la antena. Se requiere una "caja de sintonía" para "adaptar" la "impedancia" de la torre a 50 ohm. En el Capítulo 16 se dan más detalles.

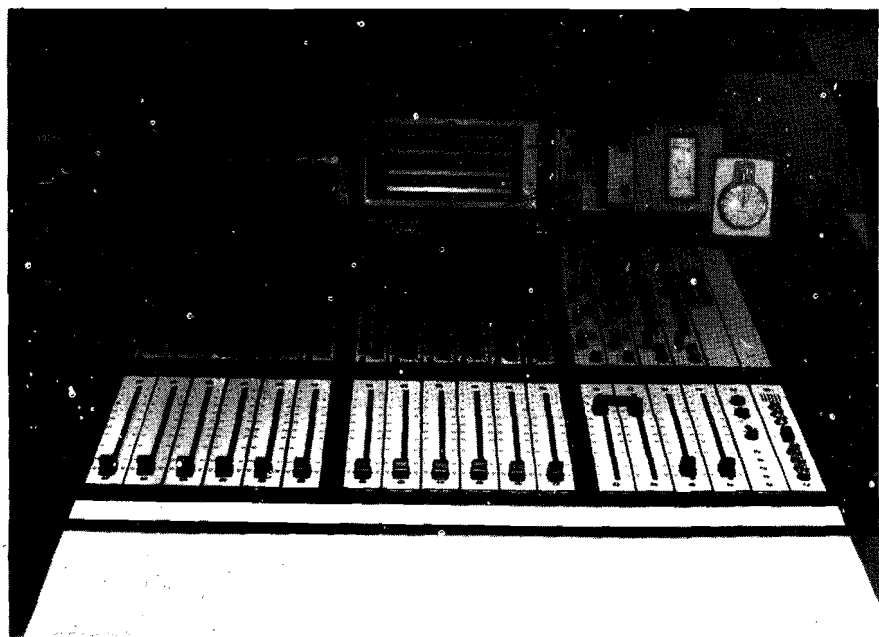
ANTENA DE TRANSMISION AM ONDA CORTA.-

Usualmente se utiliza una antena tipo "dipolo doblado horizontal" de 3 conductores, con una impedancia de 600 ohm balanceados con una longitud de $0,47 \lambda$, y una altura de aproximadamente $\lambda/4$

(dependiendo del diagrama de radiación que se quiere conseguir). Es más económico fabricar localmente la antena a la frecuencia de transmisión que adquirir una antena standar de banda ancha de gran tamaño y costo.

ANTENAS DE TRANSMISION DE FM Y TV.-

El éxito de una instalación de FM o TV depende de la antena. Esta antena debe ser expresamente diseñada para la topografía del lugar. Frecuentemente el vendedor de la antena se encuentra "lejos" y la antena vendida resulta no ser apropiada para el lugar. (La "culpa" es del comprador). El resultado es no cubrir el área deseada o cubrirlo con "zonas de sombra"; desperdiciar potencia que es radiada hacia lugares deshabitados como montañas o la luna; reflexiones en cerros que producen interferencias, distorsión, o "dobles imágenes", etc. En resumen es imperativo que un ingeniero capacitado diseñe la antena para su aplicación en particular. Evite el error más frecuente en instalaciones de FM o TV.



¿ COMO HACER LAS CONEXIONES DE AUDIO ?

El ABC de audio es:

- A) Impedancias balanceadas de 600 ohm.
- B) Conexiones de tierra correctas.
- C) Niveles correctos.

Ya hemos explicado las razones en una sección anterior.

A) IMPEDANCIA DE 600 OHM BALANCEADOS.-

Todos los equipos deben tener audio balanceado a la entrada y salida. Las impedancias de entrada y salida deben ser de 600ohm balanceados (excepto en cápsulas, micrófonos y parlantes). Las líneas de transmisión de audio deben ser balanceadas, blindadas y aisladas. La alternativa es tener "sumbidos", "inducción cruzada", "mala" respuesta de frecuencia y niveles que se alteran cada vez que se cambian las conexiones en el panel de conexiones. Si un equipo tiene una impedancia de entrada alta debe conectarse una resistencia de 620 ohm 1/4 W en paralelo con los dos bornes de entrada. Las líneas de transmisión de audio deben tener dos conductores trenzados y aislados cubiertos con un blindage conductor que a su vez está cubierto con una capa aislante. Los conductores tren-

zados evitan “sumbidos” por inducción magnética. El blindaje evita “inducción cruzada” de audio y “sumbidos” por acoplamiento capacitivo con la red eléctrica. La capa aislante exterior evita que se formen accidentalmente “lazos de tierra”.

B) CONEXIONES DE TIERRA.-

- 1.- Mediante cable de cobre aislado (AWG # 10) conectar el chasis de la consola en forma sólida a una buena “tierra” (como un caño de cobre del sistema de agua, o a varillas de acero cubiertas de cobre de 6 u 8 pies clavadas en tierra). Véase la Figura 5.
- 2.- Conectar el chasis de cada equipo individualmente al mismo punto del chasis de la consola mediante cable de cobre aislado (AWG # 12). El objetivo es seguridad del personal y evitar lazos de tierra. Todos los chasis deben conectarse a una sola tierra común y no hacer conexiones de tierra alternativas.

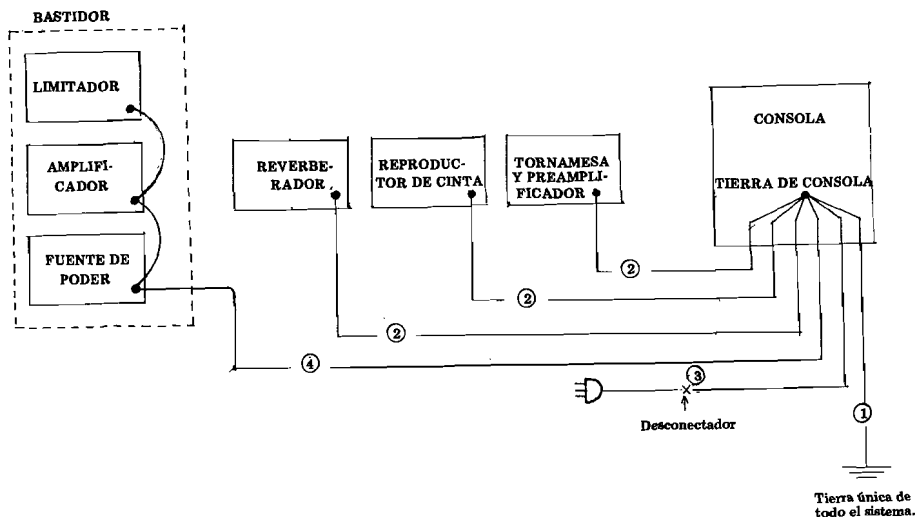


FIGURA 5. METODO DE CONEXION DE "TIERRAS".

● Indica Chasis

- 3.- Desconectar el conductor de "tierra" de los enchufes de todos los equipos para evitar lazos de tierra.
- 4.- Los equipos en un bastidor deben conectarse a "tierra" como se indica en la Figura 5. El bastidor debe estar aislado de todo otro contacto a "tierra".
- 5.- El blindaje de los cables de micrófono debe conectarse a la "tierra" (chasis) de la consola.
- 6.- El blindaje de las líneas de transmisión de audio debe conectarse a "tierra" en un solo extremo (usualmente en el equipo periférico y no en la consola). Si hay excesos de radiofrecuencia conectar el blindaje en el extremo libre a la "tierra" de la consola a través de un capacitor de $.01 \mu F$. Recuerde que no deben formarse lazos de tierra a la frecuencia de la red eléctrica. Esto se indica en la Figura 6.

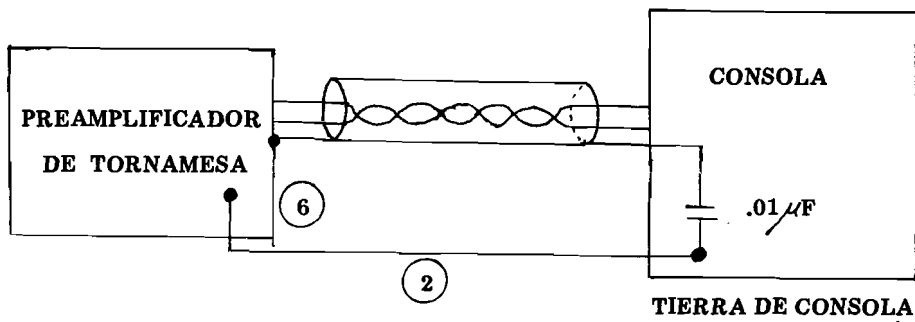


FIGURA 6. CONEXION DEL BLINDAJE DE UNA LINEA DE TRANSMISION DE AUDIO. ● Indica Chasis.

C) NIVELES.-

El "nivel del tono de prueba" equivale al nivel máximo de la señal de audio. Los ajustes se hacen mediante un oscilador de 1000 Hz

y un osciloscopio calibrado con carga de 600 ohm. En radiodifusión los niveles típicos del tono de prueba son:

- -60dBm a 150 ohm balanceados en las entradas de micrófono de la consola.
- -20dBm a 600 ohm balanceados en las entradas para tornamesa preamplificador.
- +4dBm a 600 ohm balanceados en las entradas de la consola para reproductora de cinta o cartucho.
- +8dBm a 600 ohm balanceados en todos los puntos del panel de conexiones.
- +8dBm a 600 ohm balanceados a la salida de programa de la consola.
- +10dBm a 600 ohm balanceados a la entrada del transmisor de enlace y del transmisor principal.

Los picos máximos de modulación deben indicar 100o/o o 0dB en el "V U metro" de la consola con el respectivo control de ganancia en la posición "2 horas".

Como ejemplo, el nivel de salida de una reproductora se ajusta a + 8dBm a 600ohm para tener el nivel correcto en el panel de conexiones. Como la entrada a la consola tiene un nivel de + 4dBm es necesario conectar un atenuador balanceado de 4dB y 600 ohm a la entrada de la consola.

El nivel de +8dBm a 600ohm equivale a 5,5 V pico a pico.

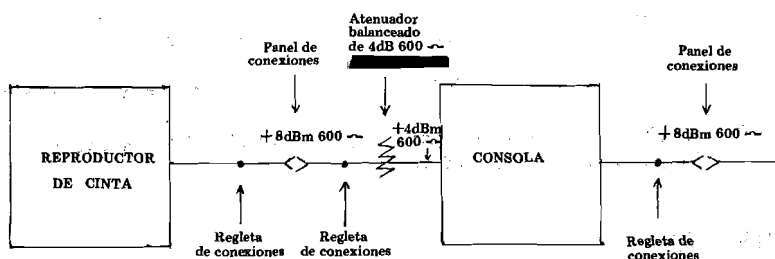


FIGURA 7. NIVELES TÍPICOS.

¿ COMO HACER UN ATENUADOR DE AUDIO ?

Un atenuador de audio balanceado de 600 ohm se construye con 5 resistencias de 1/4 W como se indica.

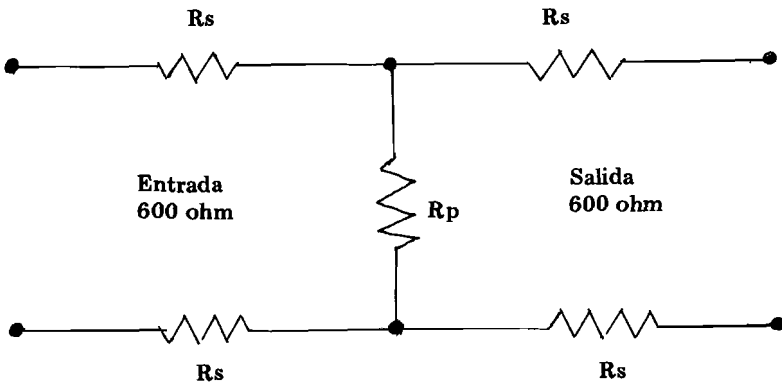


FIGURA 8. ATENUADOR BALANCEADO

La tabla siguiente da el valor de R_s y R_p para varios valores de atenuación:

La tabla siguiente da el valor de R_s y R_p para varios valores de atenuación:

Atenuación	R_s	R_p
3dB	51 $\sim$	1800 $\sim$
6dB	100 $\sim$	820 $\sim$
9dB	150 $\sim$	470 $\sim$
12dB	180 $\sim$	330 $\sim$
18dB	220 $\sim$	150 $\sim$
24dB	270 $\sim$	75 $\sim$
28dB	270 $\sim$	47 $\sim$



¿ QUE MANTENIMIENTO SE REQUIERE ?

Hay tres tipos de mantenimiento: rutinario, preventivo y correctivo:

MANTENIMIENTO RUTINARIO.-

Limpieza diaria de las cabezas de grabación y reproducción con alcohol isopropanol. Desmagnetización de las cabezas de grabación y reproducción una vez por semana (retire el desmagnetizador antes de apagarlo). Cambio de agujas y cápsulas. Limpieza de los filtros de aire del transmisor cada semana. Toma de lecturas diarias del transmisor, enlace y monitor de modulación. En general limpieza exterior y cuidado de los equipos. Por último el mantenimiento rutinario más importante es la inspección visual de los equipos. Esta inspección determina si es necesario hacer otro tipo de mantenimiento. La inspección visual permite detectar cambios de lecturas, lecturas anormales, niveles de audio anormales, sobrecalentamiento, fugas de aceite, ruidos anormales, tornillos sueltos, defectos en la señal de audio, conexiones intermitentes, potenciómetros erráticos, etc. El personal de operación puede hacer el mantenimiento rutinario.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO.-

Calibración completa de reproductoras y grabadoras de cinta y

cartuchos dos veces al año. Verificación y ajuste periódico de niveles de audio, calibración del generador de estéreo. Limpieza e inspección visual del interior del transmisor mensualmente (¿temperaturas normales?, ¿conexiones eléctricas ajustadas?, ¿banda del ventilador en buen estado?, ¿lecturas normales?). Lubricación periódica según instrucciones de los manuales. Cambio de tubos ("válvulas de vacío") si muestran señales de "agotamiento". Inspección visual de todos los equipos (¿funcionan las luces de la torre?).

MANTENIMIENTO CORRECTIVO.-

Cuando se presenten fallas imprevistas. El mantenimiento preventivo y correctivo requiere un profesional técnico experimentado.

Es conveniente que la radiodifusora tenga un juego completo de herramientas y por lo menos los siguientes instrumentos: un multímetro, un osciloscopio y un generador de audio. ¿Quisieran considerar también un medidor direccional de potencia (para los enlaces) y un frecuencímetro?

Hablemos de repuestos. La radiodifusora debería tener repuestos de todas las piezas sujetas a desgaste como agujas, cápsulas, cabezas de grabación y reproducción, la banda del ventilador del transmisor, filtros de aire si son desechables, un juego de tubos, focos indicadores, potenciómetros de la consola, etc. Estos repuestos siempre serán utilizados. La radiodifusora también debería tener repuestos de las piezas "claves" cuya probabilidad de falla es relativamente alta y que no están disponibles en el mercado local. Esperamos que estos repuestos no se utilicen nunca.

Transcribimos algunas "leyes" del mantenimiento:

Axioma de Cahn:

Cuando todo lo demás falle, lea las instrucciones.

Ley de Sattinger.-

Funciona mejor si se conecta.

Ley de la tecnología de Lerman.-

Cualquier problema técnico puede ser superado con suficiente tiempo y dinero. (Corolario: Nunca hay suficiente tiempo ni dinero).

Una de las leyes de Murphy.-

Si tiene 99 repuestos fallará la pieza número 100.

Regla básica.-

Cuando no sepa lo que está haciendo, hágalo con mucho cuidado.

Experto.-

Es cualquiera que venga de lejos.

Ley de Anthony sobre la fuerza.-

No lo fuerce, consiga un martillo más grande.

Ley de Meskimen.-

Nunca hay tiempo para hacerlo bien, pero siempre lo hay para repetirlo.

Postulado de Harrison.-

Para cada acción, siempre hay una crítica de igual fuerza y signo contrario.

Ley de Anthony.-

Cualquier herramienta, al caer, rodará hasta el lugar menos accesible.

La primera ley del transmisor.-

Un tubo caliente se parece a un tubo frío.

Postulado del transmisor desneutralizado.-

Todo es crítico pero nada hace una diferencia.

Jackpot.-

Cuando se prenden todas las alarmas del transmisor.



¿ QUE MEDIDAS DE SEGURIDAD ?

Mencionamos algunas medidas para prevenir accidentes o atenuar sus efectos:

- Entender muy bien el trabajo a realizar y los peligros que presenta antes de hacerlo.
- Conectar correctamente a "tierra" todos los equipos eléctricos antes de energizarlos.
- Instalar un extinguidor de incendios para equipo electrónico y un botiquín en el transmisor y en el estudio.
- En el transmisor no debe trabajarse cansado, solo, o con prisa.
- Antes de hacer mantenimiento en el transmisor se debe desconectar la acometida eléctrica y "descargar" todos los capacitores y además las piezas que se vayan a tocar. Conozca su equipo y evite riesgos.
- Utilizar casco, cinturón de seguridad y prudencia en el montaje de torres.
- Aprender el ABC de primeros auxilios.
- Sobre todo prudencia.

¿CUALES SON LOS PELIGROS DE LA ELECTRICIDAD?

Estos son:

- Corriente de baja frecuencia o corriente continua a través del corazón. A medida que se aumenta la corriente se observa contracción muscular (que origina accidentes), fibrilación del corazón y paro cardíaco.
- Quemaduras de radio-frecuencia.
- Irradiación de microondas. !A solo $20\text{mW}/\text{cm}^2$ puede producirse ceguera y esterilidad!
- Rayos X en transmisores con una alta tensión mayor que 10KV. Produce desórdenes genéticos.

¿QUE HACER EN EL CASO DE UNA VICTIMA INCONSCIENTE?.

- Desconectar acometida eléctrica.
- Levantar el cuello y despejar la vía respiratoria.
- Si no respira iniciar de inmediato respiración artificial de boca a boca cerrando la nariz del paciente.
- Si no hay pulso en la carótida iniciar circulación artificial inmediatamente. Se presiona el esternón 4 a 5 centímetros, 15 veces, luego 2 respiraciones artificiales rápidas, y se repite el proceso.
- Si la víctima responde mantenerla abrigada, tranquila, en posición reclinada, y soltarle la ropa.
- Llamar al médico.

OTROS "DETALLES"

MULTIPLICADORES.-

Los multiplicadores más frecuentemente utilizados son:

M ("mega"): multiplicar por 1'000.000.

K ("kilo"): multiplicar por 1.000

m ("mili"): dividir por 1.000.

μ ("micro"): dividir por 1'000.000

Por ejemplo 1MHz ("megahertz") = 1000KHz ("kilohertz") = 1'000.000 Hz ("hertz"). Un capacitor de 1mF ("microfarad") tiene una capacidad de un millonésimo de un Farad. Un resistor de 5,6 K Ω tiene una resistencia de 5600 Ω ("ohm").

MAS SOBRE DISTORSION.-

La deformación de cualquier señal (debido a la no-linealidad de un equipo) se llama distorsión. En radiodifusión distinguimos dos tipos de distorsión: "distorsión armónica" y "distorsión de intermodulación". Como ejemplo consideremos un amplificador a cuya entrada se aplica una señal con una componente de frecuencia f_1 y una componente de frecuencia f_2 . Si el amplificador fuese ideal se

tendría a la salida una señal con componentes de frecuencia f_1 y f_2 solamente. Todo amplificador real es no-lineal y en consecuencia además de obtener las frecuencias “fundamentales” f_1 y f_2 a la salida, se observan “armónicas” a frecuencias $2f_1$, $3f_1$, $2f_2$, $3f_2$, etc. y “productos de intermodulación” a frecuencias $f_1 = f_2$, $f_1 + f_2$, $2f_1 - f_2$, $2f_2 - f_1$, etc. El conjunto de estas componentes indeseadas de la señal se llama “distorsión” y se mide en o/o. 5o/o de distorsión de una señal de audio es perceptible, 10o/o de distorsión es desagradable y 60o/o de distorsión hace ininteligible a la voz.

Los “productos de intermodulación” en radio-frecuencia suelen producir interferencias.

dB O “DECIBEL”.-

Es una medida de la amplitud relativa de una señal respecto de una señal de referencia. La amplitud de la señal de referencia es 0dB por definición. Una duplicación de la amplitud de la señal equivale a un aumento de 6dB. Aumentar 10 veces la amplitud de la señal equivale a un aumento de 20dB.

En un estudio de radiodifusión la señal de referencia tiene frecuentemente una amplitud pico a pico de 2,19 V (voltio) lo que equivale a 1mW (milivatio) de potencia a 600 ohm. Una señal de audio que tiene una amplitud pico a pico de 2,19 V tiene entonces un nivel de 0dBm a 600 ohm (la “m” indica que el nivel de referencia es 1mW). Una señal que tiene $2 \times 2,19V = 4,38V$ pico a pico tiene un nivel de + 6dBm a 600ohm. Una señal que tiene $1/2 \times 1/2 \times 2,19V = 0,55V$ pico a pico tiene un nivel de -12dBm a 600ohm.

La “ganancia” de un amplificador también se mide en dB. Si el amplificador duplica la amplitud de la señal tiene 6dB de ganancia.

Si un atenuador reduce a la mitad la amplitud de una señal tiene una “atenuación” de 6dB o una “ganancia” de -6dB.

Si la amplitud de la onda emitida por una antena en una determi-

nada dirección es el doble de la amplitud que emitiría una antena isotrópica (con el mismo transmisor) se dice que la antena tiene 6dB de ganancia en esta dirección. Una antena isotrópica radía por igual en todas direcciones y tiene, por definición, una ganancia de 0dB. (Cuidado: a veces se utiliza como referencia una antena tipo dipolo en vez de una antena isotrópica).

La intensidad de un sonido también se mide en dB respecto de una intensidad de referencia. (Usualmente la referencia es 10^{-16} W/cm² lo que equivale a una onda de sonido con una presión de 0,0002 dinas/cm²). El nivel mínimo audible de una persona con "buen" oído es cercano a 0dB. Sobre 130dB no solo se oye el sonido (con dolor) sino además se siente. ¡El rango dinámico de nuestro oído es fantástico!

IMPEDANCIA.-

La impedancia se define así:

$$Z = \frac{V}{I} = \frac{\text{fasor voltaje}}{\text{fasor corriente}} = R + jX.$$

Es un número complejo (con parte real y parte imaginaria) y se mide en ohm. La parte real R se llama "resistencia" y la parte imaginaria X se llama "reactancia". La impedancia Z indica la relación de amplitud y fase entre un voltaje y una corriente de la misma frecuencia.

BALIZAJE.-

Es hacer "visible" una estructura para evitar accidentes de aviación. Las torres que se utilizan en radiodifusión suelen pintarse de rojo y blanco en forma alternativa en tramos de 6 metros. En el extremo superior de la torre y a intervalos de aproximadamente 40m se instalan "luces de balizaje" rojas que deben encenderse en forma intermitente de noche. Consulte las regulaciones locales de la administración aeronáutica.

EFFECTOS DE LA ALTURA.-

Cada transmisor ha sido diseñado para operar hasta una cierta altura máxima que se indica en las especificaciones del transmisor. La instalación a mayor altura puede ocasionar sobrecalentamiento y arcos. Ambos efectos se deben a la reducción de la densidad del aire al aumentar la altura. A baja densidad de aire el ventilador es "poco eficiente", el aire "enfria poco" y los arcos "saltan más lejos" (a un voltaje dado). Si el transmisor va a instalarse a más de 2300 metros sobre el nivel del mar es conveniente consultar las especificaciones o al fabricante. El fabricante puede modificar el transmisor para poder operar a alturas más elevadas. La alternativa es operar a voltaje y potencia reducida. La potencia de una planta eléctrica también se reduce con la altura.

MAS ACERCA DE TORRES AM.-

Mediante el transmisor (y a través de la línea de transmisión y la caja de sintonía) se aplica una tensión (o voltaje) de radio-frecuencia a la torre. Por este motivo se debe "aislar" la torre mediante un aislador de base y aisladores en los tensores. Cada tensor tiene un aislador en el extremo inferior, tres aisladores a intervalos de un metro junto a la torre, y aisladores intermedios a intervalos no mayores de $\lambda/10$. Se requiere un cerramiento en torno de la base de la torre y la caja de sintonía para evitar accidentes por "quemaduras de radio-frecuencia".

El "sistema de tierra" incluye:

- una plancha de cobre en torno de la base de la torre al cual están soldados
- los radiales,
- un sistema de tierra en torno de la caseta del transmisor (con varillas de tierra de acero recubiertas de cobre o malla de cobre enterrada con sal y carbón), soldado a los radiales adyacentes, y
- una cinta de cobre que conecta el transmisor con el sistema de tierra de la caseta, con la caja de sintonía, y con la plancha de cobre en la base de la torre.

Para reducir la radiofrecuencia en la caseta se suele instalar una "jaula de Faraday" (recomendable sobre todo en instalaciones de FM o TV de alta potencia).

La conexión de la caja de sintonía a la torre debe tener una o dos espiras para reducir la probabilidad de daños por rayos. Los "chispeseros" en la base de la torre tienen la misma finalidad.

Dos transmisores de AM pueden conectarse a una misma torre mediante un "duplexor".

SOBRE LA ACOMETIDA ELECTRICA.-

Transmisor	Consumo de potencia del transmisor.	Capacidad mínima de la acometida
AM	2,5P a 3P	4P
FM	1,5P a 2P	2P
Explicación: P es la potencia (de la portadora de radio-frecuencia) del transmisor. Estos datos son aproximados: consulte las especificaciones de su transmisor.		

Por ejemplo un transmisor AM de 10KW consume 25 a 30KW de potencia eléctrica y requiere una acometida de por lo menos 40KW (debido al exceso de consumo durante los picos de modulación de baja frecuencia).

INDICE ALFABETICO

A

Acometida eléctrica 45
Acorde 3
Alcance 23 - 26
Amplitud modulada (ver AM)
AM 10, 16, 17, 18, 19, 21, 23, 24, 27.

Amplificador de distribución 12, 14, 15.

Ancho de banda 16, 17

Antena 12, 13, 21, 22, 27, 28, 42, 44, 45.

Area primaria de servicio 23, 26.

Armónica 3, 7.

Atenuador 32, 34, 42.

Audición 14, 15

Audio balanceado 8, 29

Audio compuesto 19, 20

Audio frecuencia 5.

B

Balizaje 43

Banda de audio (ver también espectro acústico) 3, 4.

Banda de frecuencia 16

Borrador 15

C

Componente de frecuencia 4, 41.

Compresor 8, 10, 12, 14, 15.

Conductividad 23, 24

Conexiones de audio 29, 32.

Consola 8, 12, 14, 32

Contenido espectral 6

Control 13, 14

Control automático de ganancia 18.

D

dB 42, 43

Decibel (ver dB)

Desmagnetizador 15

Distorsión armónica 6, 9, 41, 42.

Distorsión de intermodulación 41, 42.

E

Eco 9

Ecualizador 6, 10, 12, 14, 15, 19.

Efectos de la altura 44

Enlace estudio-transmisor 12, 13, 14, 15, 19.

Estereo 9, 10, 20

Estudio 13, 14, 15.

Expansor 7, 10, 12, 14, 15, 19.

Espectro acústico 3, 4,

F

FM 7, 10, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 24, 25, 27.

Formato 9, 10

Frecuencia 3, 16, 17.

Frecuencia Modulada (ver FM).

G

Ganancia 24, 42

Generador de estereo 20.

Grabador 12, 14, 15.

H

Hertz 3

I

Impedancia 8, 27, 29, 43

Interferencia 8

Ionósfera 21, 22.

L

Lazos de tierra 7, 8, 30, 31.

Limitación 9

Limitador 9, 10, 12, 14, 15, 20.

Línea de transmisión 8.

Longitud de onda 27.

M

Mantenimiento 35, 38

Micrófono 5, 12, 14.

Modulación 5, 17, 18, 19.

Monitor 14.

Multiplicadores 41.

N

Nivel 6, 7, 8, 29, 31, 32

O

Onda electromagnética 16, 21, 22.

Onda hertziana (ver onda electromagnética).

P

Parlante 5, 14.

Polaridad 19.

Polarización 17

Portadora de radio frecuencia 5, 10, 16, 17.

Propagación 21, 22.

Potencia 23, 26.

R

Radio frecuencia 5

Rango dinámico 8, 9.

Relación señal/ruido 7

Reproductor 12, 14, 15.

Reverberación 9, 10.

Reverberador 9, 10, 12, 14, 15.

Ruido 7, 23, 24.

S

Señal de audio 5, 6, 11.

Separación de estéreo 9, 10.

Sistema de tierra 27, 44.

Sonido 3, 43

Sumbido 7, 29, 30

T

Televisión (ver TV)

Tornamesa 14

Torre de transmisión AM 22, 44, 45.

Transmisor 12, 13, 23.

TV 20, 21, 24, 25, 27.

