

INGENIERIA DE TRANSMISION

(DISEÑO DE SISTEMAS
DE MICROONDAS)

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY.
ESCUELA NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, MEXICO.

| | |
|---------------------|-------------|
| 国際協力事業団 | |
| 受入 月日 '84. 5. 15 | 000 |
| 登録No. 04549 | 64.7 TAF |

〒100
東京都千代田区千代田

JICA LIBRARY



1051589[8]

M-1

DISEÑO PRACTICO DE SISTEMAS DE MICROONDAS (1)

CONTENIDOS

| | | |
|-------|---|--------|
| 1. | Introducción | M-1-1 |
| 2. | Sistemas representativos de microondas | M-1-2 |
| 2-1 | Especificaciones y aplicaciones de los sistemas de relevadores de microondas | M-1-2 |
| 2-2 | Un ejemplo del sistema de microondas a larga distancia en 4 GHz. | M-1-5 |
| 3. | Selección de la ubicación del emplazamiento | M-1-13 |
| 3-1 | Estudio del diseño de ruta en el mapa. | M-1-13 |
| 3-2 | Estudio detallado en el mapa. | M-1-14 |
| 3-3 | Estudio en sitio del emplazamiento. | M-1-16 |
| 3-4 | Decisión final de la ruta. | M-1-19 |
| 4. | Ejemplo del diseño practico de enlaces de microondas | M-1-19 |
| 4-1 | Selección del sistema. | M-1-19 |
| 4-2 | Selección del emplazamiento. | M-1-20 |
| 4-3 | Diseño de la ruta de microondas | M-1-25 |
| 4-3-1 | Cálculo de la altura de antenas. | M-1-25 |
| 4-3-2 | Margen del despeje sobre el obstáculo | M-1-27 |
| 4-3-3 | Examen de ondas reflejadas. | M-1-27 |
| 4-3-4 | Determinación de la ganancia de antenas y Ajuste de la pérdida de transmisión global | M-1-31 |
| 4-3-5 | Interferencia entre las sistemas de comunicaciones de satélites estacionarios y los comunicaciones terrestres | M-1-33 |
| 4-4 | Estimación de la calidad del enlace de microondas | M-1-34 |
| 4-4-1 | Potencia de ruido y objetivo de la probabilidad de ocurrencias de ráfagas de ruido. | M-1-34 |
| 4-4-2 | Ruido constante | M-1-35 |
| 4-4-3 | Ruido dependiente | M-1-36 |
| 4-4-4 | Potencia de ruido total | M-1-41 |
| 4-4-5 | Probabilidad de ocurrencias de ráfagas de ruido | M-1-41 |
| 4-5 | Aplicación de diversidad de espacio. | M-1-44 |
| 4-6 | Rendimiento del sistema | M-1-44 |

Apéndice

| | | |
|--------------|--|--------|
| Apéndice 1. | Atenuación del transmisión en el espacio libre | M-1-47 |
| Apéndice 2. | Relación de la señal al ruido térmico. | M-1-48 |
| Apéndice 3. | Leyes de adición del ruido. | M-1-51 |
| Apéndice 4. | Primera zona de Fresnel | M-1-54 |
| Apéndice 5. | Margen de despeje sobre el obstáculo, atenuación por la arista del obstáculo y altura requerida de antena | M-1-55 |
| Apéndice 6. | Reflexión en el superficie de la tierra | M-1-58 |
| Apéndice 7. | Angulos verticales de los trayectos de radio. | M-1-61 |
| Apéndice 8. | Altura efectiva de antena y diferencia del trayecto de radio | M-1-63 |
| Apéndice 9. | Dirección en azimut de la órbita de satélite estacionario | M-1-64 |
| Apéndice 10. | Ruidos de interferencia de respectro continuo | M-1-65 |
| Apéndice 11. | Ruido de distorsión de propagación | M-1-67 |
| Apéndice 12. | Ráfagas de ruido debido al desvanecimiento severo y aplicación de diversidad de espacio. | M-1-69 |

1. Introducción

En caso de que se desee construir una ruta de telecomunicaciones interurbanas entre dos ciudades, por el sistema de microondas, se tiene que tomar los procedimientos de diseños siguientes:

- (1) Estudio de la demanda del tráfico de telecomunicaciones entre dos ciudades
- (2) Decisión de las características requeridas de transmisión
- (3) Selección de las frecuencias que se utilizan
- (4) Selección de las ubicaciones de estaciones
- (5) Planificación de los edificios, torres, suministros del fuente de alimentación y las carreteras de acceso para las estaciones.
- (6) Consideración de los plnes de mantenimiento del sistema de microondas.
- (7) Decisión de las especificaciones para la adquisición de los equipos de microondas
- (8) Construcción

Una vez terminada la construcción del sistema, se debe inspeccionar y confirmar los resultados anteriores.

Cada etapa de los procedimientos del diseño, tiene íntima relación mutua con otros, por ejemplo, el ruido en el sistema, uno de los factores que muestra el funcionamiento del sistema telefónico, tiene relación definida con la frecuencia que se utiliza, con la selección de los locales de estaciones y con las especificaciones de los equipos que se adquieren.

Un conocimiento especializado, como teoría de propagación, teoría de transmisión de FM, etc., es necesario para tomar la decisión de los procedimientos del diseño.

No es muy fácil entender completamente las teorías si el alumnos no pone su esfuerzo de su parte.

En este texto se trata de facilitar la comprensión y el entendimiento de las materias y de trata de facilitar la apreciación y el entendimiento de las materias y de poder aprovechar los procedimientos de diseño para la planificación de sistemas de microondas, en un deseo de mejorar y desarrollar el servicio de comunicaciones en todo el mundo.

2. Sistemas representativos de microondas

2-1 Especificaciones y aplicaciones de los sistemas de relevadores de microondas

Los sistemas de relevadores de microondas son utilizados para preparar los enlaces de transmisión entre las oficinas centrales de conmutación, o sea para circuitos interurbanos, circuitos locales y circuitos de enlace.

Muchos sistemas de relevadores de microondas que usan las bandas de frecuencias asignadas al servicio público han sido explotados para transmitir señales de múltiplex telefónico y señales de televisión.

En este momento, las bandas de frecuencias que normalmente se utilizan a los sistemas de relevadores de microondas en el mundo son las siguientes:

- (1) Transmisión de señales de múltiplex telefónico de larga distancia

4 GHz 5 GHz 6 GHz (7 GHz)

- (2) Transmisión de señales de múltiplex telefónico en áreas locales

2 GHz 11 GHz 15 GHz

- (3) Transmisión de señales de televisión

4 GHz (5GHz 6 GHz 7 GHz) 11 GHz

(Nota: La banda de 11 GHz se utiliza solamente en áreas locales)

El sistema apropiado de relevadores de microondas de múltiplex telefónico se selecciona considerando las clases de centrales de conmutación entre las cuales se ubica el sistema.

Un ejemplo de aplicaciones de los sistemas se indica en la tabla 1.

Tabla 1. Un ejemplo de aplicación de los sistemas

| Clase de circuito Banda de frecuencia y sistema | | | RC-RC | RC-DC | DC-DC | Dabaio de la clase DC-TC | | | | Distancia de circuito (km) |
|--|--------|-------------------|-------|-------|-------|----------------------------|-----------|----------|-------------|----------------------------|
| | | | | | | Máxima capacidad requerida | | | | |
| | | | | | | Más 160 SG | 50-160 SG | 10-50 SG | Menos 10 SG | |
| Larga distancia | 4 GHz | SF-B5 | o | o | o | | | | | 2500 |
| | 5 GHz | SF-E1 | o | o | o | | | | | 2500 |
| | 6 GHz | SF-U3 | o | o | o | | | | | 2500 |
| Area local | 2 GHz | Capacidad pequeña | | | | | | | o | 200 |
| | | PCM | | | | | | o | | 200 |
| | | UF-B4 | | | | | | o | | 150 |
| | 11 GHz | SF-T2 | | | | | | o | | 180 |
| | | SF-T3 | | o | o | o | | | | 2500 |
| 15 GHz | SF-F2 | | | | | | o | | 120 | |

RC: Regional centre : Centro cuaternario

DC: District centre : Centro terciario

TC: Toll centre : Centro secundario

En adelante representamos el sistema de relevadores de microondas en forma abreviada al sistema de MO.

Tabla 2. Especificación de los sistemas de MO

| Banda de frecuencias | 2 | | 4 | 5 | 6 | 11 | | 15 | |
|---------------------------------|-------------------|----------|----------|---------------------|---------|---------------------|---------------------|---------------------|----------|
| | Capacidad pequeña | A | | | | B | C | | D |
| Tipo del sistema | GHz | GHz | | | | | | | |
| Capacidad telefónica/1KF | CH | 120 | 600 | 960 | 2700 | 1800 | 960 | 1800 | 960 |
| Distancia normal de 1 Salto | km | 25 | 50 | 50 | 50 | 50 | 30 | 20 | 15 |
| Desviación de frecuencia | KHz rms | 280 | 280 | 200 | 140 | 140 | 200 | 140 | 200 |
| Cifra de ruido | dB | 10 | 10 | 12 | 9 | 12 | 13,5 | 12 | 14 |
| Nivel silenciador (SQL) | dBm | -82 | | -75 | -64 | -66 | -75 | -76 | -76 |
| Nivel de conmutación | dBm | | -84 | -71 | -61,2 | -61 | -75 | -62 | -76 |
| Antena | m | 3,3 | 4 | Horn (4) | Horn | Horn (4) | 4 | 4 | 3,3 |
| Ganancia | dB | 34 | 35,7 | 42 (42) | 42,5 | 45 (45) | 49,3 | 49,3 | 51 |
| Potencia de salida de T | dBm | 17 | 24,8 | 37 | 43 | 40,5 | 27 | 36 | 26 |
| Pérdida de conductor # 1 # 3 | dB | Cox. 3,6 | Cox. 3,6 | Cir. 1,8 Rec. (2,4) | 1,6 # 2 | Cir. 1,8 Rec. (4,8) | Cir. 1,8 Rec. (7,8) | Cir. 3,8 Rec. (7,8) | Cir. 5,2 |
| Pérdida de filtro de derivación | dB | 2,7 | 7,4 | 9,2 (6,8) | 5,8 | 6,3 (4,8) | 5,7 (3,9) | 6,0(4,2) | 6,2 |
| Pérdida de espacio libre | dBm | 127,3 | 133,3 | 138,5 | 139,9 | 142 | 143,3 | 139,8 | 139,6 |
| Potencia de entrada de R | dBm | -48,6 | -48,1 | -28,5 (-26,7) | -19,3 | -19,6 (-21,1) | -27,2 (-29,4) | -15,0 (-17,2) | -23 |
| Potencia máxima de entrada de R | dBm | -30 | -40 | -18 | -13,4 | -15 | -17 | -8 | -12 |

#1.: Guía de onda circular (4,6,11, y 15 GHz: (cir: 30m + Rec. : 10m) x 2)

Guía de onda rectangular (4 y 6 GHz: 40m x 2, 11GHz : 30m x 2)

Cable coaxial (30m x 2)

#2.: 5GHz: (Cir. : 20m + Rec. : 15m) x 2

#3.: Pérdidas incluidos ambos lados, T y R.

Normalmente las condiciones requeridas en caso del diseño de sistemas de MO deben de ser más severos para la transmisión de múltiplex telefónico que para la de televisión.

En consecuencia, en este texto sólo se discuten los métodos del diseño para el sistema de MO para la transmisión de múltiplex telefónico.

En un sistema de transmisión FM, la relación de señal a ruido en el punto de salida del demodulador no es uniforme para cada canal del mensaje telefónico, y normalmente se toma como la relación S/N el peor valor del canal de frecuencia más alta en vez de los canales de frecuencias bajas.

En consecuencia, el trabajo del diseño para el sistema de MO se concentra para el canal de frecuencia más alta.

Para calcular el comportamiento de ruido que puede ser esperado en un sistema real, es necesario conocer ciertas especificaciones del transmisor tales como, potencia de salida, ganancia de antena, cifra de ruido del receptor y desviación de frecuencia etc. Las especificaciones de los factores de sistemas de MO representativos están mostradas en la tabla 2.

2-2 Un ejemplo del sistema de microondas a larga distancia en 4 GHz

El sistema B (véase la tabla 2.) provee 7 canales bidireccionales de radio, siendo uno de ellos de reserva. Cada canal de radio puede transmitir un canal de televisión en colores o hasta 960 canales de mensaje telefónico.

El mantenimiento del sistema es muy fácil por ser transistorizado excepto el tubo TWT, y es de muy alta confiabilidad y en consecuencia es económico.

(2) Asignación de los canales de radio

La banda de 4 GHz para telecomunicaciones públicas se extiende de 3,6 GHz a 4,2 GHz dando un ancho de banda disponible de 600 MHz. La figura 1. muestra la asignación de canales de radio para el sistema B. En la figura 1. la escala vertical representa frecuencias en MHz. y el número en los rectángulos y el símbolo SV de los rectángulos rayados, respectivamente, indica el número del canal de radio para el servicio de telecomunicaciones y canal de servicio para la supervisión y control remoto que contribuye con la confiabilidad del canal principal.

La asignación de canales de radio tiene dos patrones, uno es el patrón normal y el otro patrón interpuesto. Cada patrón consiste en 14 canales de radio principales y de 4 canales de servicio de radio. Dos canales adyacentes se usan para transmisión y recepción alternándose su orden por cada repetición.

La separación de frecuencias entre canales de transmisión y de recepción es de 40 MHz. y los canales de servicio adyacentes tienen la separación de frecuencia de 8 MHz.

En cualquier sección, normalmente se debe utilizar la misma polarización de ondas para todos los canales de radio. Cuando el ángulo de la bifurcación entre dos rutas de principal y de la derivada es bastante estrecho, se utiliza polarización diferente o se toma canales del otro patrón.

(3) Asignación de frecuencias de bandabase

A) Circuito telefónico

La señal de bandabase consiste en la señal telefónico de FDM, el piloto de continuidad de 8,5 MHz. y el pilotos de línea de 60 KHz tal como se indica en la figura 2 (a). El piloto de 30 KHz es usado en el canal de reserva y si estas se cortan inmediatamente la señal telefónica se cambia al canal de reserva.

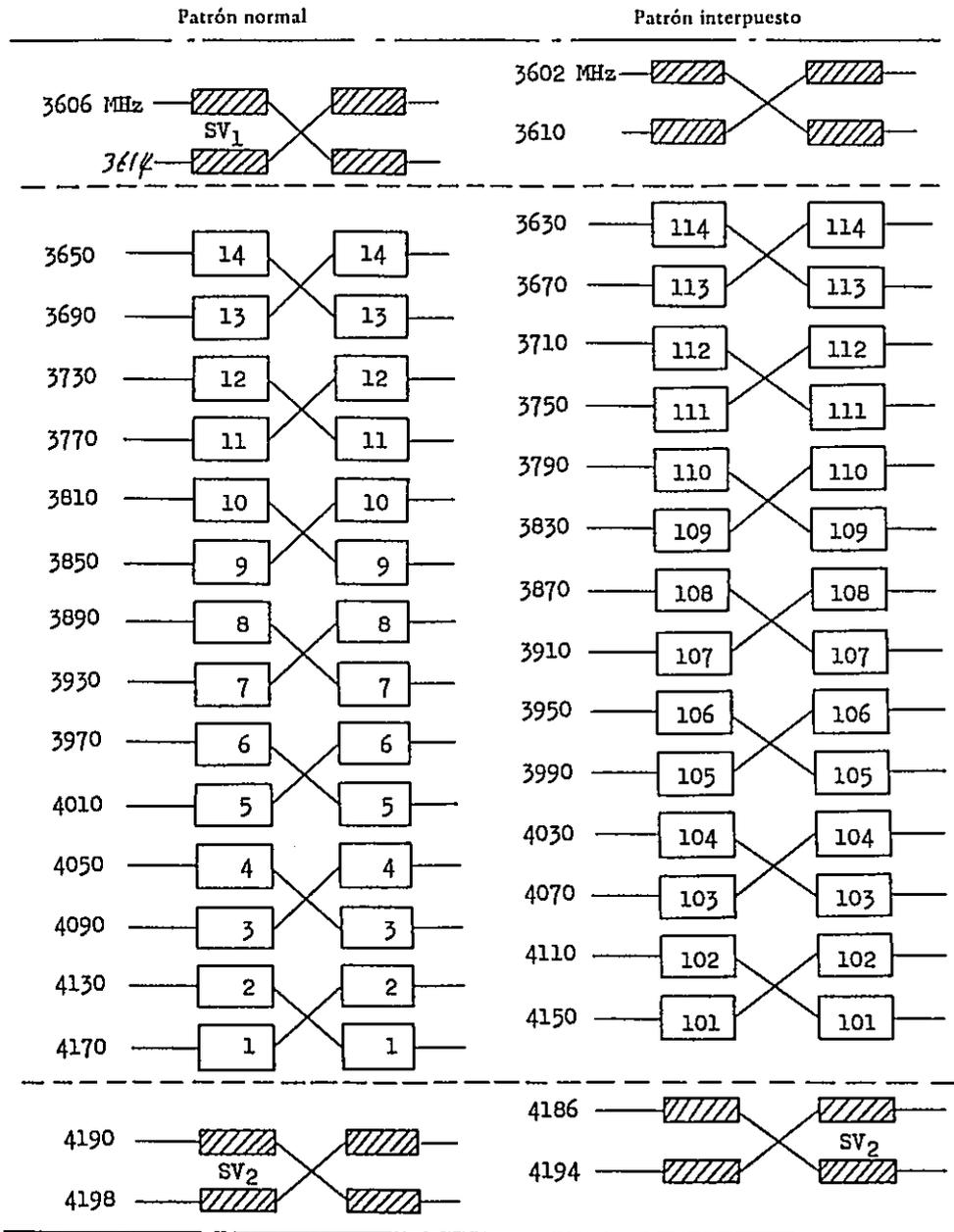
En nivel de referencia por un canal de mensaje telefónico es -20 dBm/CH en el punto de entrada de la sección de múltiplex y la desviación de frecuencia del tono de prueba es 200 KHz rms/CH en este sistema de FM.

B) Circuito de televisión

La señal de bandabase de televisión consiste en la señal de televisión en colores con 525 líneas en caso de NTSC y dos canales de sonidos y el piloto de continuidad de 8,5 MHz tal como se indica en la Fig. 2 (b). Los dos canales de sonido pueden utilizarse para la transmisión estereofónica o para la transmisión de dos idiomas.

En nivel de la señal de vídeo en el terminal de entrada y de salida es 1 Volt p-p y la desviación de frecuencia es 8 MHz p-p en la región de FM fuera del pre-énfasis y de-énfasis.

Fig. 1. Asignación de los canales de radio en 4 GHz



(4) Comportamiento de ruido

Como requisito fundamental para el diseño de este sistema debe considerarse los ítems siguientes.

a) La distribución de potencia de ruido permisible es basada en la Recomendación 393-2 de CCIR. Es decir "que la potencia de ruido en un punto de nivel relativo cero, en cualquier canal telefónico del circuito ficticio de referencia de 2500 Km de longitud para sistemas de relevadores radioeléctricos de telefonía multicanal con distribución de frecuencia, no exceda de los siguientes valores provisionales, elegidos para tener en cuenta los desvanecimientos:

1.1 7500 pW potencia sofométrica media, durante una hora y más del 5 % de las horas de cualquier mes.

1.2 7500 pW potencia sofométrica media, durante un minuto y más del 20 % de cualquier mes:

1.3 47500 pW potencia sofométrica media, durante un minuto y más del 0,1% de cualquier mes:

1.4 1000,000 pW potencia no ponderada (con un tiempo de integración de 5 ms) durante más de 0,01 % de cualquier mes:

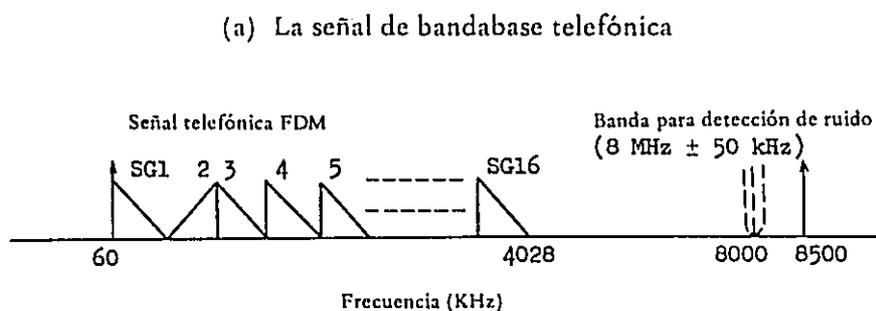
Nota:

- 1) La Recomendación se refiere única y exclusivamente a sistemas de relevadores radioeléctricos con visibilidad directa y suficientemente despejados por encima del terreno intermedio. En la Recomendación 397-2 se trata el caso de los sistemas de relevadores radioeléctricos transhorizonte.
- 2) En nivel de potencia de un ruido de espectro uniforme en una banda de 3,1 KHz debe disminuirse 2,5 dB para obtener el nivel de potencia sofométrica.
- 3) El valor de 5 % resulta apropiado como objetivo. En los circuitos reales suele intervenir el azar en el muestreo, y no debe condenarse un circuito porque en raras ocasiones no se ajuste a límites que generalmente se observan.

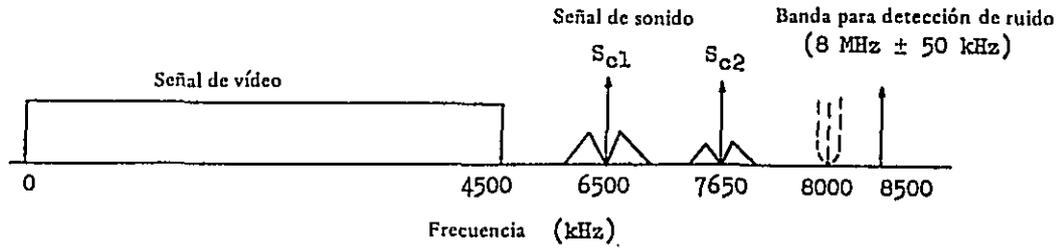
- 4) La potencia medida durante un minuto ha sido elegida por la Comisión de Estudios XII de C.C.I.T.T., encargada de todos los estudios sobre la calidad de la transmisión telefónica (C.C.I.T.T. Libro Rojo 1957, Tomo I, Págs. 110 y 662. Véase también la Recomendación G 222, del C.C.I.T.T., Libro Verde, Tomo III - 1.).
- b) La potencia total de ruido es dividida en 9 secciones homogéneas de bandabase de la misma longitud. El valor de S/N no ponderada de una sección de bandabase (280 Km 6 saltos) en el punto de 0 dB relativo es 58,2 dB (la potencia de ruido es 1500 pW), cual es dividido igualmente en el ruido térmico, el ruido de interferencia y el ruido de intermodulación.
- c) La desviación de frecuencia del tono de prueba es 200 KHz rms/CH
- d) Se adopta el énfasis de 8 dB recomendado por C.C.I.R..
- e) El margen de ruido térmico para el desvanecimiento es de 4 dB.
- La distribución de potencias de ruido basado en los ítems referidos está dada en la tabla 3.

La distancia máxima de la sección de conmutación en el circuito de referencia es de más o menos 280 Km y en una sección hay 5 estaciones de repetidores tal como se indica en la figura 3.

Fig. 2. La asignación de las señales de bandabase de TP y TV.

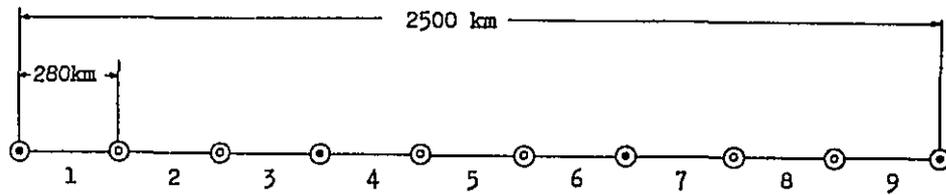


(b) La señal de bandabase de TV.

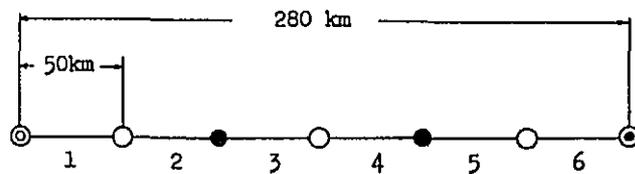


Nota: 8500 KHz: El piloto de continuidad para el canal en servicio

Fig. 3 La constitución del circuito de referencia



(a) El circuito hipotético de referencia de 2500 Km.



(b) El circuito de referencia por una sección de conmutación

- ⊙ Estación de conmutación en bandabase
- ⊗ Estación de conmutación en FI.
- Estación con las rutas derivadas
- Estación repetidora

A) Ruido térmico (total: 500 pW no ponderado)

El ruido térmico asignado al modulador de FM y demodulador de FM es de 75 pW, cuyo valor está distribuido en 30 pW (S/N es 75.2 dB) para los amplificadores de vídeo en el modulador y demodulador y en 45 pW (S/N es 73,5 dB) para los equipos auxiliares.

El valor asignado para una sección con 6 repetidores, 425 pW, está distribuido en más o menos 71 pW (75,5 dB) por cada par de transmisor y receptor.

B) Ruido de intermodulación (total: 500 pW no ponderado)

El ruido de intermodulación es analizado de acuerdo a la ley de adición, como se indica en el Apéndice 3.

Una sección de bandabase consiste en 6 repetidores, un par de modulador y demodulador y los equipos auxiliares (amplificadores de derivación en F1, compensador de fase, etc.).

De los datos experimentales, el ruido de distorsión en la misma fase es distribuido en la relación de 6 para los repetidores: 3 para el par de modulador y demodulador : y 2 para los equipos auxiliares = 6:3:2.

El ruido de distorsión de fase rectangular producido normalmente por la característica de retardo en la región de FM es distribuido en la relación de 6 para los repetidores: 1 para un par de modulador y demodulador : y 2 para los equipos auxiliares = 6:1:2

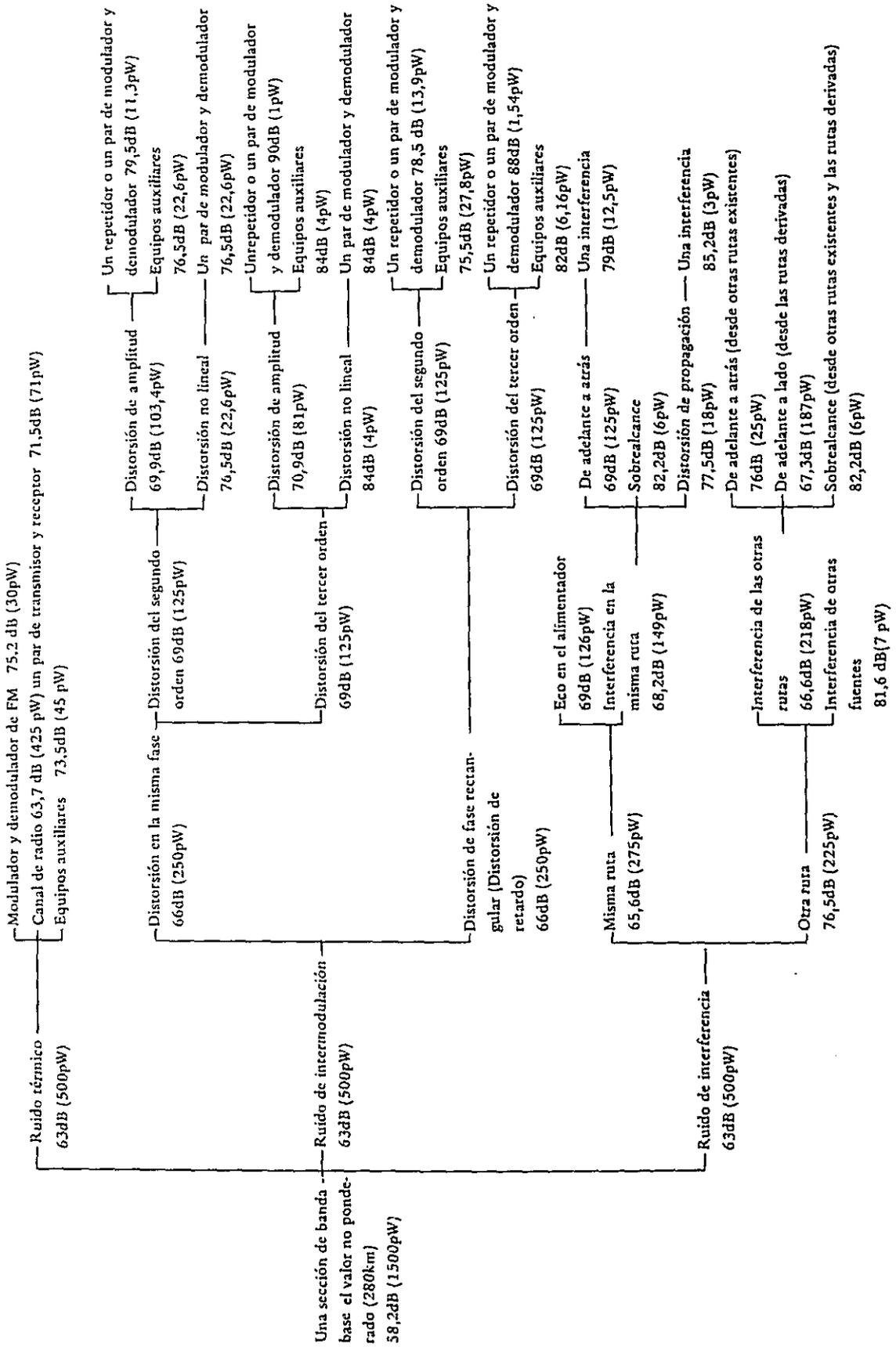
(C) Ruido de interferencia (total: 500 pW no ponderado)

Ningún sistema de MO puede estar completamente libre de la interferencia. Se consideran varios tipos y las fuentes de ruido de interferencia, sin embargo, son clasificadas en dos categorías grandes, o sea la de misma ruta y la de otra ruta, tal como se indica en la tabla 3.

El valor de ruido de interferencia distribuido, 500 pW no ponderado, está distribuido en 275 pW para la misma ruta y a 225 pW para la otra ruta.

El ruido de misma ruta, 274 pW, es distribuido en 126 pW para la interferencia debido

Tabla 3. Un ejemplo de asignación de ruido para el sistema B en 4 GHz.



al eco en el alimentador y a 149 pW para la interferencia en la misma ruta, de los cuales la mayoría consiste en interferencia de acoplamiento de antenas de adelante a atrás. Por otra parte, el ruido de la otra de 225 pW, es distribuido en 218 pW para las interferencias de las otras rutas, los cuales vienen desde las rutas de derivación y de extensión, y 7 pW que viene de otras fuentes incluyendo sistemas de comunicación por satélite y sistemas de radar.

El circuito de pre-énfasis y de-énfasis debe ser utilizado para obtener la calidad uniforme en todos los canales de mensaje telefónico, al utilizarse puede mejorarse la S/N en más o menos 4 dB en el canal más alto.

3. Selección de la ubicación del emplazamiento

En esta sección se describe el procedimiento de selección del emplazamiento de las estaciones.

3-1 Estudio del diseño de ruta en el mapa

El primer paso consiste en trazar algunos planes en el mapa, conectando las dos ciudades asignadas, o sea de seleccionar los emplazamientos de los repetidores de MO, en donde se obtenga visibilidad directa entre los emplazamientos adyacentes.

Un plan aproximado de ruta puede dibujarse en el mapa con escala reducida de 1/100.000 - 1/200.000.

Como parte del trabajo provisional, se deben marcar y anotar en el mapa algunas informaciones concernientes:

- a) Localización de las oficinas terminales que se conectan.
- b) Posición de otras rutas de microondas que existen o que se planean cerca de la ruta planeada y sus frecuencias de transmisión y de recepción
- c) Localización de las estaciones terrenas de telecomunicación por satélite en servicio o que están planificados.

- d) Localización de las estaciones de radar y de aeropuertos.
- e) Dirección de la órbita de satélite estacionario.

En esta planificación de la ruta en el mapa, deben ser efectuados los siguientes estudios fundamentales, adicionales a la confirmación con visibilidad directa:

- a) Coordinación del número de salto de radio con respecto a otros sistemas de MO.
- b) Regulación de desequilibrios extremos entre las distancias de saltos de radio.
- c) Angulos de doblez y de bifurcación entre los pasos de radio.
- d) Posibilidad del sobrealcance.
- e) Disturbio producido a causa de otros sistemas de MO o de sistemas de radar.
- f) Protección a la órbita de satélite estacionario.
- g) Condición del punto de reflexión.
- h) Longitud estimada del camino de acceso a la estación que será construida.

Puede haber muchas posibilidades de soluciones de planes propuestos para la ruta en el estudio de oficina usando el mapa.

Antes de examinar detalladamente el paso de radio, como selección preliminar de la ruta, deben ser seleccionados algunos planes de ruta dentro de estas soluciones haciendo comparaciones de las condiciones de propagación de radio y de los factores económicos.

3-2 Estudio detallado en el mapa

Los estudios de examen preciso de las condiciones de propagación de radio, calidad de transmisión y las condiciones económicas en la construcción y el mantenimiento, deben ser efectuados cuanto más sea posible en el mapa para estos planes de rutas seleccionadas.

Para este propósito son necesarios mapas o cartas detalladas con escalas reducidas de 1/50.000 - 1/10.000 y las líneas de cotas de 20 - 10 m.

Los siguientes ítems de las condiciones de propagación de radio tienen que ser examinados y calculados.

- a) Dibujo del perfil del trayecto de radio
- b) Seguridad para mantener la primera zona de Fresnel totalmente despejado considerando la variación del valor de K y la altura necesaria de antena desde el nivel del suelo en el emplazamiento.
- c) Reconfirmación de los ángulos de doblez y de bifurcación de cada trayecto de radio y también los ángulos de sobrealcance.
- d) Localización del punto de reflexión en la superficie en los lugares intermedios y las condiciones geográficas y la atenuación de reflexión que pueden verse en el mapa.
- e) Separación precisa de la dirección de la órbita de satélite estacionario.

Las siguientes calidades de transmisión, ítems para cada salto de radio, características del sistema global tienen que ser investigadas a base de las informaciones halladas en los exámenes referidos y de las especificaciones del sistema propuesto de MO:

- a) Ruido térmico en el canal de mensaje telefónico o la bandabase de vídeo de televisión.
- b) Ruido de interferencia de radio debido a diversas causas del mismo sistema y de otros sistemas de MO.
- c) Probabilidad de ocurrencia de ráfagas de ruido debido a desvanecimientos severos y la necesidad de recepción por diversidad de espacio.
- d) Ruido de distorsión de propagación con la aplicación del sistema de super-múltiplex.

Aunque la comparación en las condiciones económicas para la construcción y el

mantenimiento es difícil durante del estudio en oficina usando el mapa, los siguientes conceptos pueden ser formados en base del estudio en el mapa:

- a) Número de los emplazamientos de las estaciones repetidoras
- b) Alturas calculadas para las torres de antenas.
- c) Longitud del camino de acceso proyectado.
- d) Necesidad de recepción con diversidad de espacio.

3-3 Estudio en sitio del emplazamiento

Para confirmar los pronósticos referidos en la oficina, debe ser ejecutado un estudio real en el emplazamiento propuesto. Si es posible, es preferible visitar una vez en verano y otra en invierno o en estación seca y en estación húmeda.

En base del estudio real, muchas de las rutas propuestas pueden quedar limitados a dos o tres planes posibles más favorables. Por lo menos siguientes ítems deben ser estudiados en sitio en los emplazamientos tentativos y en sus cercanías.

El emplazamiento:

- a) Situaciones geográficas reales.
- b) Disponibilidad de áreas planas y necesidad de nivelación del suelo.
- c) Naturaleza del terreno
- d) Dirección del dueño del terreno y la dificultad de la compra.
- e) Restricciones al construir la estación repetidora, debido a algunas regulaciones pertinentes como la regulación de parques nacionales.

El camino de acceso:

- a) Situación real del camino existente.
- b) Rutas propuestas para el camino de acceso y longitud de caminos que necesitan de nueva construcción.
- c) Necesidad de reparación del camino existente.

Suministro de energía comercial:

- a) Disponibilidad del suministro de energía comercial existente.
- b) Punto de la conexión de la línea comercial a la línea de alimentación propia.
- c) Ruta propuesta y longitud de la línea de alimentación propia.
- d) Voltajes y frecuencias de la energía de alimentación.
- e) Informaciones sobre regulación del voltaje y las fallas de alimentación.

Edificios y torres (donde se empleen los existentes):

- a) Espacio de las salas utilizables y posibilidades de la expansión del edificio cuando se haga necesario.
- b) Dirección del eje del edificio que se necesita para el diseño del montaje de antena.
- c) Cimentación de la torre.
- d) Resistencia mecánica de la torre existente y capacidad para montaje de antenas.

Propagación de radio:

- a) Confirmación con visibilidad directa por pruebas de espejo, pruebas de balón.
- b) Obstrucción cercana a visibilidad directa o reflexión de radio por edificios.

- c) Estimación del margen de despeje sobre obstáculo por medio de la medición del ángulo de declinación usando el teodolito cuando no se obtenga el margen adecuado de despeje sobre el obstáculo juzgando por el estudio del mapa.
- d) Observación visual de la situación geográfica en el punto de la reflexión si es necesario.

Mantenimiento de la estación no atendida:

- a) Tiempo del acceso desde la estación atendida.
- b) Lluvias en la estación húmeda y nieves en invierno.
- c) Necesidad de refugios o de vehículos especiales como triciclos.

Construcción:

- a) Disponibilidad de agua para la construcción en el emplazamiento.
- b) Dirección y velocidad del viento principal.
- c) Facilidades cercanas de transporte.
- d) Disponibilidad de manos de obra.

Guías e informaciones locales:

- a) Mapa de caminos al emplazamiento.
- b) Características geográficas alrededor del emplazamiento.
- c) Tiempo del acceso desde la carretera o de la estación de ferrocarril más cercano.

Al estudiar el trayecto de radio en el emplazamiento, la prueba de espejo es un método de medición que aunque es primitivo es más efectivo para confirmar la condición de

visibilidad - directa.

La visibilidad de más o menos 70 Km puede obtenerse usando el espejo pequeño de pared cuando hace buen tiempo. En el caso de calcular la altura de arista de obstáculo o el margen de despeje sobre obstáculo de radio basando en el teodolito, se debe tener la refracción del rayo visual.

El valor normal de K del rayo visual es 1,15. Cuando la visibilidad directa no puede ser obtenida desde el suelo en el emplazamiento, tiene que ser construido temporalmente un andamio apropiado o hay que preparar balones para pruebas de visibilidad.

3-4 Decisión final de la ruta

La ruta óptima de MO debe ser decidida en base de las informaciones obtenidas por el estudio real del emplazamiento. Esta es la parte más importante en la decisión y es posible que determine el éxito o el fracaso del plan del sistema de MO.

Como se ha descrito hasta el momento, el trabajo de selección del emplazamiento contiene numerosos factores complicados, los cuales muchas veces pueden ser contradictorios unos a otros. En efecto son indispensables el conocimiento extensivo y una visión muy amplia de las zonas que cubren enteramente el sistema de MO para obtener el óptimo resultado.

4. Ejemplo del diseño práctico de enlace de MO

En esta sección se describe cómo se diseña un enlace de MO. El diseñador debe estudiar un sistema razonable que pueda obtener los objetivos de calidad de transmisión y confiabilidad requerida. Al mismo tiempo, debe diseñarse el sistema para que el costo total sea mínimo y el mantenimiento económico.

Como un ejemplo del diseño práctico de enlaces de MO, será presentado la ruta No. 2, de MO conectando la ciudad de Aomori y la ciudad de Sapporo.

4-1 Selección del sistema

Considerando la demanda del tráfico y sus requerimiento, los requisitos fundamentales de la ruta de MO deberá tener las siguientes características:

- a) Esta debe poder transmitir las llamadas telefónicas interurbanas de larga distancia conectadas entre Sapporo RC. y Tokio RC. o con Sendai a través de Aomori DC.
- b) Esta debe hacer frente a la demanda de la transmisión de la señal de televisión a larga distancia.
- c) En el caso del aumento no previsto del tráfico, debe tener la capacidad para absorber una parte de la carga del tráfico que excede la capacidad de la ruta No. 1. actualmente en servicio que conectan la Sapporo y la Aomori a lo largo de la costa del este.

Basando en estos requerimientos fue seleccionado el sistema de MO de 4 GHz, (SF-B5).

Para la expansión en futuro podría adicionar el sistema de MO de 6 GHz en paralelo si se hace necesario.

4-2 Selección del emplazamiento

Al principio del trabajo de la selección del emplazamiento, se han hecho reconocimientos de las condiciones peculiares siguientes de la zona:

- a) Esta debe ser establecido lo más lejos posible de la ruta existente No. 1. en servicio, para evitar averías simultáneas de ambas rutas en casos de desastres naturales como terremotos o tifones.
- b) Es posible instalar sistemas de radio de 6 GHz en paralelo con este sistema de 4 GHz.
- c) Además de la conexión entre Aomori y Sapporo, es posible que los canales telefónicos descargan a DC. de Hakodate y se ramifican a DC. de Otaru en el futuro.
- d) En lugar de la estación terminal en Aomori es la estación existente de MO y el lugar en Sapporo debe ser la oficina central No. 2. interurbana.

Como primer paso, el número de los saltos de radio entre Aomori y Sapporo se presumió como de 6 ó 8, considerando la distancia y la coordinación de frecuencias de radio con la ruta NO. 1. en servicio en ambas estaciones terminales.

Por el trabajo de selección del emplazamiento en el mapa, se han propuesto 5 rutas tentativas tal como se indica en la Fig. 4. Basado en el resultado del estudio real del emplazamiento y del examen que se refirió en el párrafo 4-3., y considerando la calidad de transmisión requerida y la facilidad de mantenimiento, se adoptó finalmente la ruta Aomori T₁ - R₁ - R₂ - R₃ - R₄ - R₅ - R₆ - R₇ - Sapporo T₂ como la ruta No. 2., tal como se muestra en las figuras 4 y 5.

En la tabla 4. se muestran la longitud, la latitud y la elevación de cada emplazamiento propuesto y también la distancia de cada salto que se midió en los mapas con la escala de 1/50.000.

Fig. 4. Unos planes de rutas tentativas de MO para la ruta No. 2.

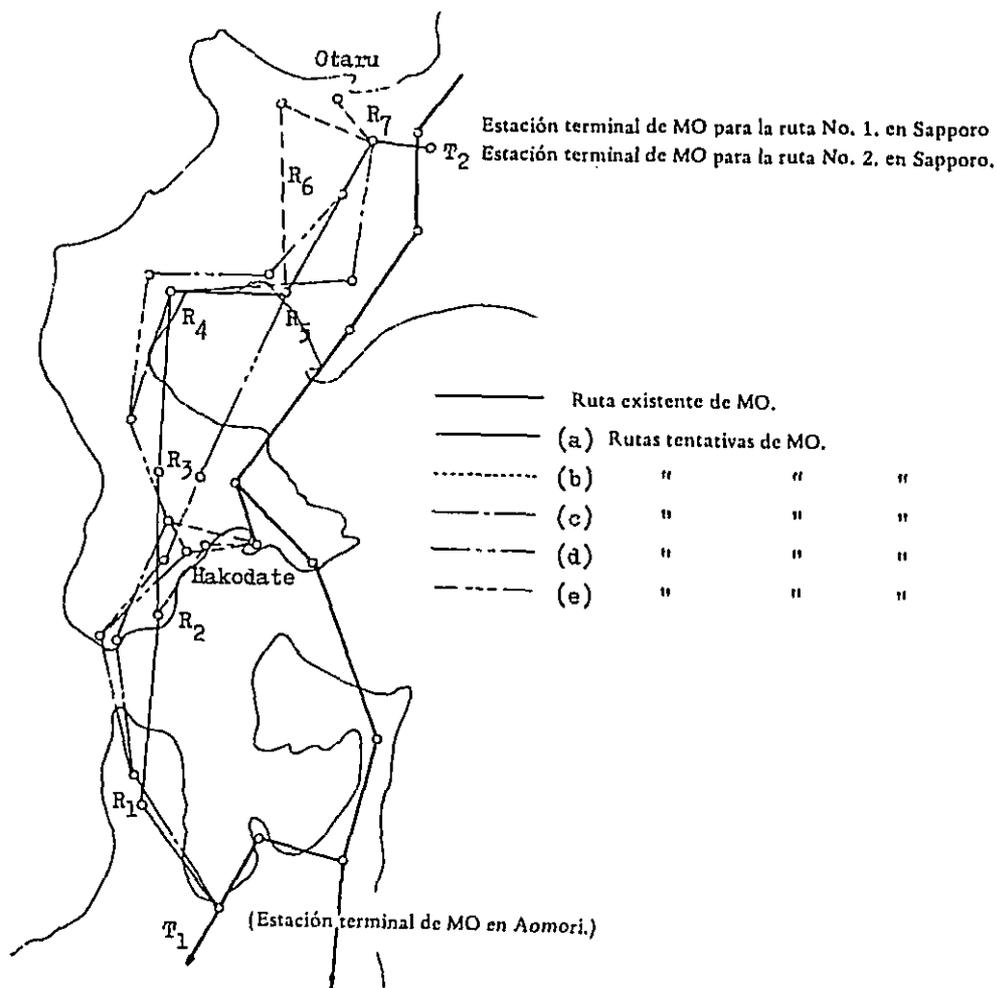


Fig. 5 Un plan de la ruta No. 2. de MO entre Aomori y Sapporo.

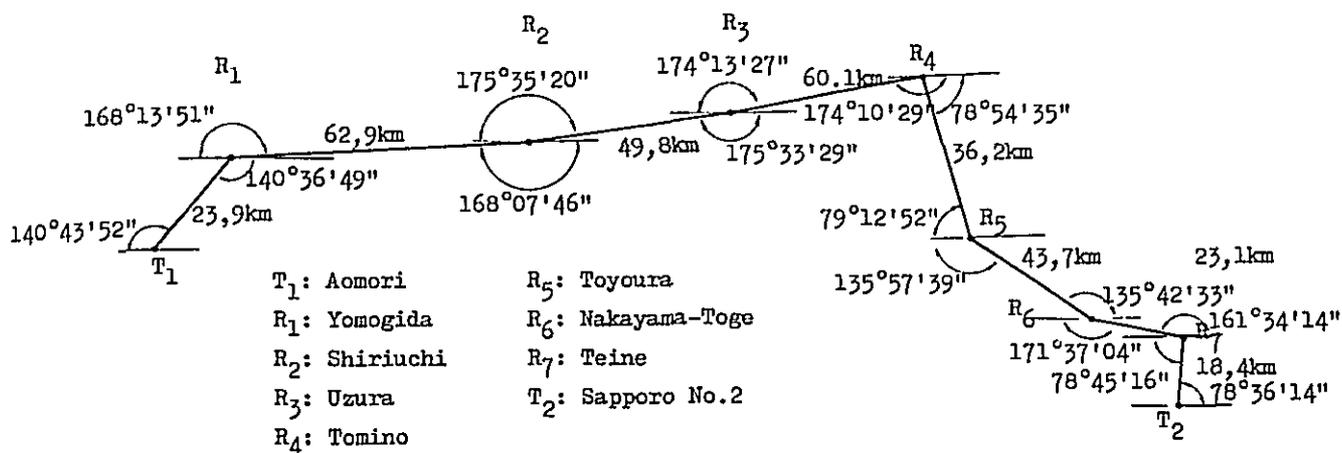
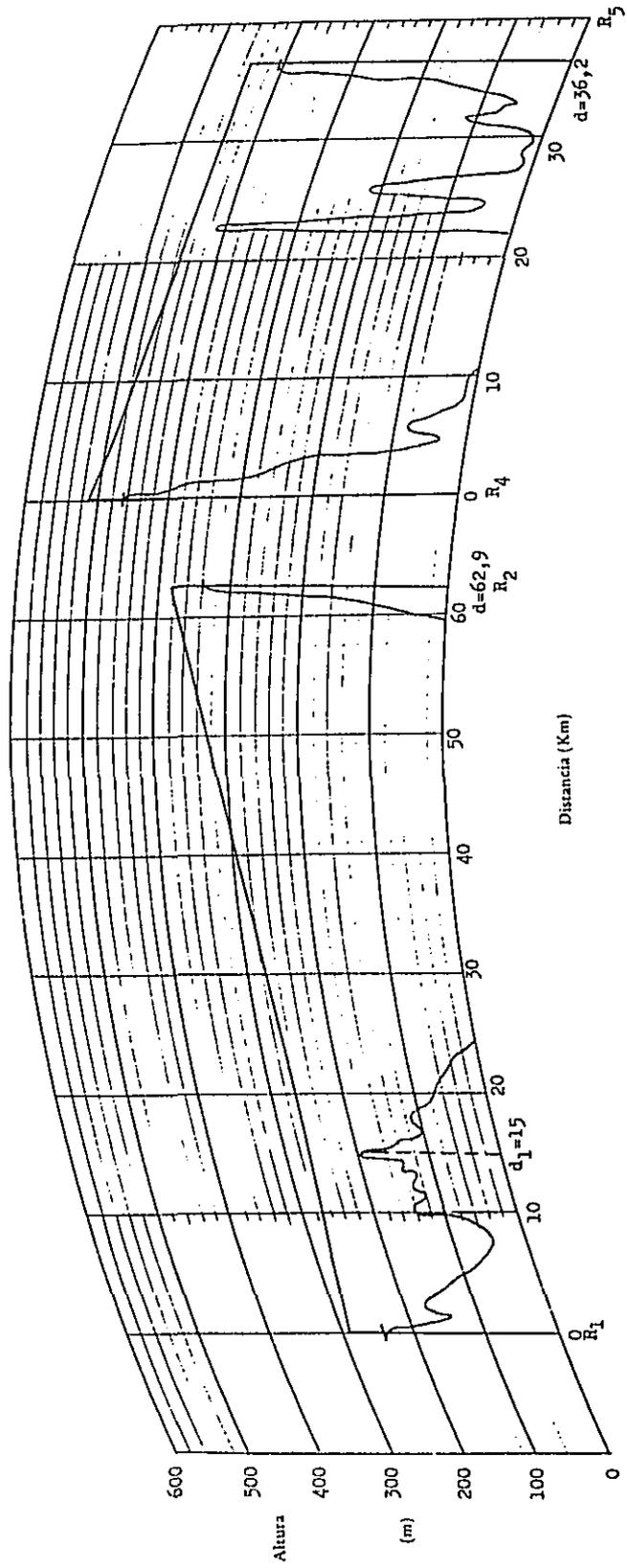


Tabla 4. Longitud, Latitud y Elevación de los emplazamientos propuestos para la ruta No. 2.

| Estación | Longitud (E) | Latitud (N) | Elevación (m) | Distancia de saltos (km) |
|------------------------------------|--------------|-------------|---------------|--------------------------|
| Aomori (T_1) | 140°45'35" | 40°49'15" | 3 | 23,9 |
| Yomogida (R_1) | 140°34'35" | 40°59'16" | 240 | |
| Shiriuchi (R_2) | 140°25'20" | 41°32'37" | 340 | 62,9 |
| Uzura (R_3) | 140°22'33" | 41°59'32" | 677 | 49,8 |
| Tomino (R_4) | 140°18'07" | 42°31'57" | 471 | 60,1 |
| Toyouura (R_5) | 140°44'00" | 42°35'39" | 410 | 36,2 |
| Nakayama-Toge (R_6) | 141°06'20" | 42°52'36" | 920 | 43,7 |
| Teine (R_7) | 141°11'43" | 43°04'29" | 1000 | 23,1 |
| Sapporo No. 2 (T_2) | 141°25'00" | 43°02'32" | 20,5 | 18,4 |
| Distancia total de los saltos (Km) | | | | 318,1 |

Fig. 6. Perfil de trayectos de radio ($K = 4/3$)



4-3 Diseño de la ruta de MO

4-3-1 Cálculaci3n de las alturas de antenas

Para lograr las alturas adecuadas en los emplazamiento, es necesario dibujar un perfil de todo el campo entre los emplazamientos propuestos y calcular la altura del peor obstáculo. Los perfiles de los trayectos de radio con $K = 4/3$ se muestran en la Fig. 6 como un ejemplo.

La altura de antena debe determinarse de manera que el margen de despeje entre la arista aguda del obstáculo y la línea de visibilidad directa sea mayor que el radio de la primera zona de Fresnel en este punto, para valores de $K = 4/3$ y de $2/3$ del radio de la primera zona de Fresnel para el caso de $K = 2/3$. Para seleccionar el tipo de torre, tienen que tenerse en cuenta las rutas paralelas, las rutas derivadas y la aplicaci3n de la diversidad de espacio.

Por otra parte, en los emplazamientos en áreas urbanas la altura de las torres está determinada considerando los planes futuros para los edificios altos alrededor del emplazamiento y la poblaci3n de la ciudad. Como un ejemplo del cálculo las alturas de torres se dan los siguientes.

En sistemas de MO de NTT, hay tres tipos de torres estandares de antena que tienen sus alturas de 35m, 40m, y 45m y normalmente se utilizan en estaciones repetidoras.

Suponiendo la altura de la torre en la estaci3n R₁ es 45m sobre el suelo, esa altura total (h_1) será 288 m sobre el nivel del mar. Porque el nivel del suelo sobre el nivel del mar es 240 m y el soporte de antena tiene la altura de 3m a partir de la plataforma. Otros parámetros se han obtenido por el perfil del trayecto en las formas siguientes:

Longitud del trayecto $d = 62,9$ Km

Altura del arista sobre el nivel del mar: $h_s = 200$ m

Distancia del emplazamiento R₁ a la arista: $d_1 = 15$ Km

Distancia del emplazamiento R₂ a la arista: $d_2 = 47,9$ Km

Teniendo en cuenta estos números, la altura necesaria (h_2) de antena en la estaci3n R₂ será la siguiente:

Al principio, el radio de la primera zona de Fresnel (h_0) en el punto de la arista del obstáculo se calcula en la forma siguiente:

$$h_0 = \sqrt{\frac{\lambda \cdot d_1 \cdot d_2}{d}} = 29,3 \text{ (m)}$$

De acuerdo a este valor, la altura de la antena de la estación R_2 se calcula en la forma siguiente:

$$h_{2(K=4/3)} > \frac{d}{d_1} (h_0 + h_s) - \frac{d_2}{d_1} h_1 + \frac{d d_2}{2K(K=4/3)a} = 219 \text{ (m)}$$

$$h_{2(K=2/3)} > h_{2(K=4/3)} - \frac{d}{3d_1} h_0 + \frac{d d_2}{2K(K=4/3)a} = 355,2 \text{ (m)}$$

La altura de la antena en la estación R_2 debe ser más alta que 355,2 m sobre el nivel del mar debido a la condición severa de $K = 2/3$. Debido a que la altura de la estación R_2 es 340 m, la altura necesaria de la antena debe ser más alta que 15,2 m sobre el nivel del suelo.

Tabla 5. Altura de antenas

| Estación | | T ₁ | R ₁ | | R ₂ | R ₃ | R ₄ | R ₅ | R ₆ | R ₇ | T ₂ |
|--|---|----------------|----------------|-----|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Elevación | m | 3 | 240 | | 340 | 677 | 471 | 410 | 920 | 1.000 | 20,5 |
| Altura de torres sobre el nivel del suelo | m | 57 | 23 | 45 | 40 | 40 | 40 | 40 | 35 | 20 | 70 |
| Altura de soportes de antena a partir de la plataforma | m | 5 | 3 | | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Altura de antenas sobre el nivel del mar | m | 65 | 266 | 288 | 383 | 720 | 514 | 453 | 958 | 1023 | 93,5 |

Nota: En la estación T₁, se usa la torre existente, en donde son adoptadas las antenas con reflector de bocina teniendo en cuenta interferencias.

4-3-2 Margen del despeje sobre el obstáculo

El margen de despeje sobre el obstáculo se verifica para $K = 4/3$ y $2/3$ por el uso de la ecuación (A-3). Como un ejemplo del examen del margen de despeje sobre el obstáculo, los resultados del cálculo de dos secciones R₁ - R₂ y R₄ - R₅ se indican en la tabla 6.

Tabla 6. Margen de despeje sobre el obstáculo en los trayectos de radio

| Estación | | R ₁ | R ₂ | R ₄ | R ₅ |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Distancia de cada estación al punto de la arista del obstáculo | km | 15 | 47,9 | 23,0 | 13,2 |
| Altura de aristas sobre el nivel del mar | m | 200 | | 420 | |
| Margen de despeje en el punto de aristas | Para $K = 4/3$ | m | 68,4 | 37,4 | |
| | Para $K = 2/3$ | m | 26,2 | 19,5 | |
| Radio de la primera zona de Fresnel en el punto de aristas | m | 29,3 | | 25,1 | |
| Dos tercios del radio de la primera zona de Fresnel en el punto de aristas | m | 19,6 | | 16,8 | |
| Diferencia entre el margen de despeje sobre el obstáculo ($K=4/3$) y el radio de la primera zona de Fresnel | m | 39,1 | | 12,3 | |
| Diferencia entre el margen de despeje sobre el obstáculo ($K=2/3$) y dos tercios del radio de la primera zona de Fresnel | m | 6,6 | | 2,7 | |

4-3-3 Examen de ondas reflejadas

Para el examen de ondas reflejadas deben considerarse tres factores típicos que son la atenuación de reflexión, la atenuación de arista de obstáculo y la atenuación debido a la directividad de antena.

Se describe un ejemplo del estudio de ondas reflejadas en la sección R₇ - T₂. El punto de la reflexión se determina con el uso del Apéndice 6 y el perfil del trayecto de radio se indica en la Fig. 7.

(a) Atenuación de la reflexión

Primero, los coeficiente c y m se calculan en siguiente la manera:

$$c = \frac{h_1 - h_2}{h_1 + h_2} = 0,855$$

$$m = \frac{1}{4 K_a} \cdot \frac{d^2}{h_1 + h_2} = 0,009$$

El parámetro se calcula como 0,85 a partir de la Fig. A-6 del Apéndice 6.

Segundo, la distancia d_1 entre el punto de reflexión y el emplazamiento propuesto

R7 es

$$d_1 = \frac{d}{2} (1 + b) = 17 \text{ (km)}$$

y la distancia d_2 entre el punto de reflexión y la estación T2 es

$$d_2 = d - d_1 = 1,4 \text{ (km)}$$

El punto de reflexión de esta sección estará 1,4 km desde la estación t2 y está en área urbana de Sapporo.

En consecuencia la atenuación de reflexión (L_r) es de 14 dB, de acuerdo a la tabla A-1 del Apéndice 6.

(b) Atenuación de ondas reflejadas debido a la directividad de la antena.

Los ángulos comprendidos entre las ondas directas y reflejadas se calculan por la ecuación A - 14 y la ecuación A - 15 en el Apéndice 7.

El ángulo (θ_1) en el emplazamiento R7 es de:

$$\theta_1 = \frac{h_1}{d_1} - \frac{h_1 - h_2}{d} - \frac{d_2}{2K_a} = 8,7 \text{ (mili-radian)} = 0,5 \text{ (grado)}$$

El ángulo (θ_2) en la estación T2 es de:

$$\theta_2 = \frac{h_2}{d_2} - \frac{h_2 - h_1}{d} - \frac{d_1}{2Ka} = 105,6 \text{ (mili-radian)} = 6,1 \text{ (grado)}$$

Las atenuaciones de la onda reflejada debido a la directividad de antena ($D\theta_1$) que se determina por la Fig. 8 son 1,5 dB ($D\theta_1$) para el ángulo de $0,5^\circ$ y 34 dB ($D\theta_2$) para $6,1^\circ$.

Fig. 7 Perfil de los trayectos de onda directa y de onda reflejada mencionando el punto de reflexión en la sección de R7 - T2

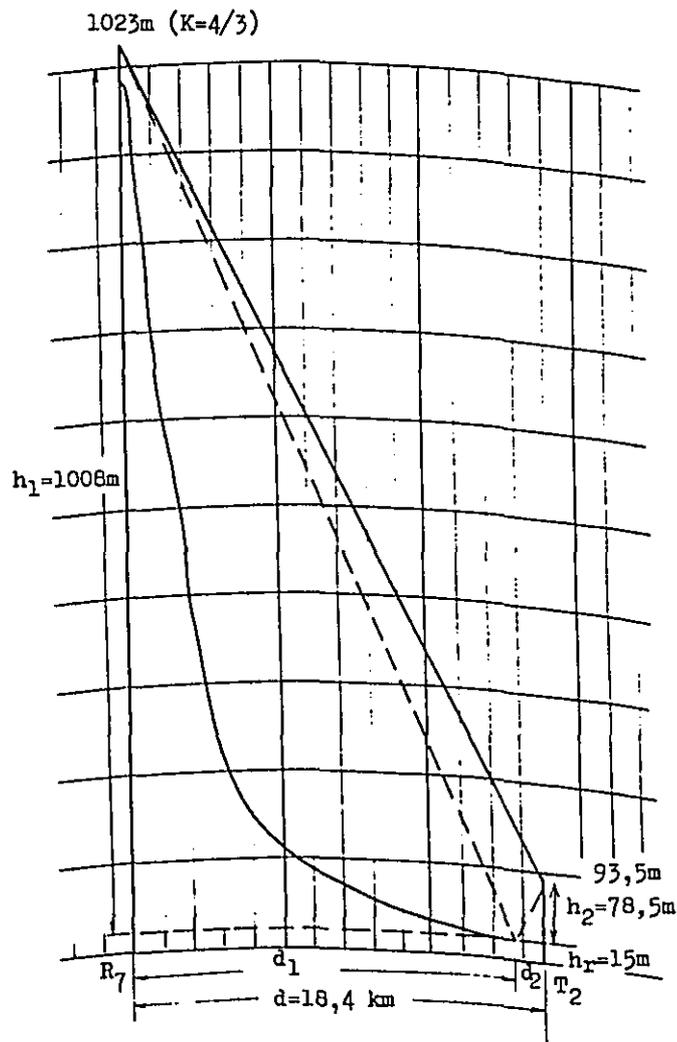
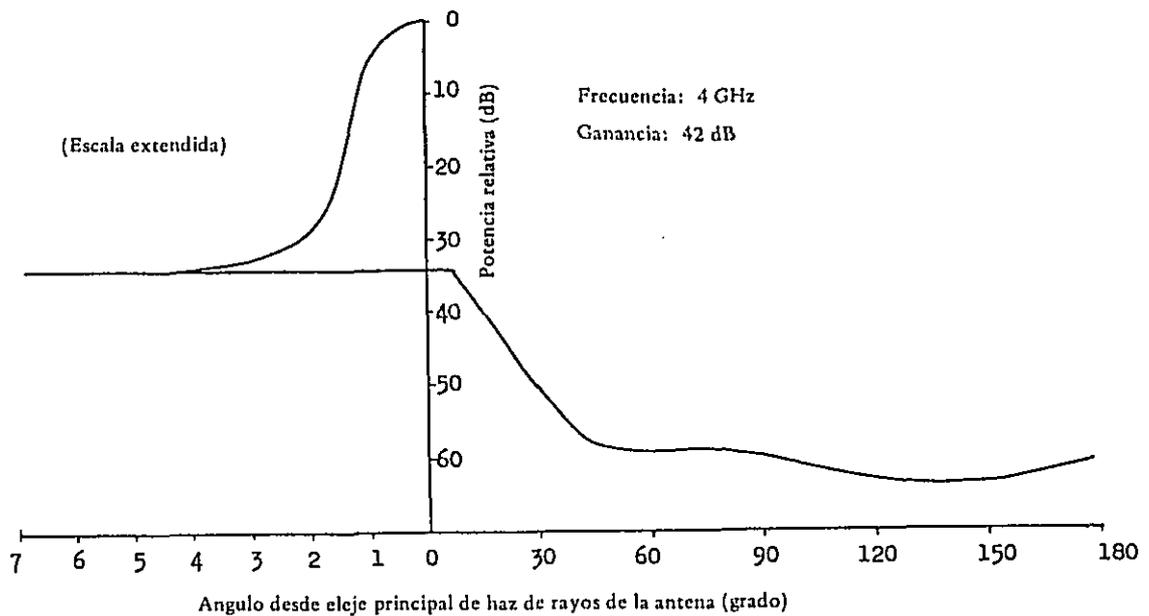


Fig. 8 Diagrama de radiación de la antena parabólica de 4 m²



Por lo que no hay obstáculo en el trayecto de la propagación entre R₇ - T₂ para las ondas reflejadas, la atenuación total de la onda reflejada es la suma de $D\theta_1$, $D\theta_2$ y L_r .

Por esta razón la relación de la onda deseada a la onda no deseada D/U se calcula en la forma siguiente:

$$D/U = D\theta_1 + D\theta_2 + L_r = 49,5 \text{ (dB)}$$

(c) Inclinación de antena

En la estación terminal T₁ se ha seleccionado la antena del tipo con reflector de bocina (horn reflector) que tiene los lóbulos laterales pequeños (sidelobes) e irradia potencia muy pequeña a la dirección de atrás, considerando la interferencia con las rutas existentes. Sin embargo, el ancho del haz de radiación en el plano vertical de la antena del tipo con reflector de bocina no es tan estrecha como la de la antena parabólica.

La atenuación, total de la onda reflejada en la sección de T₁ - R₁ es 6,6 dB calculado

en la misma forma ya mencionada.

La atenuación de la onda reflejada no es suficiente, pero la probabilidad de aparición del desvanecimiento puede no ser tan grande, porque el trayecto de la propagación de radio es corto. En este caso, no es preferible adoptar el sistema de diversidad de espacio que es tan costoso.

En consecuencia, existe una técnica especial, en la cual para este caso se inclinan las antenas en ambos emplazamientos en $0,3^\circ$ hacia arriba, para obtener el valor necesario de D/U. El descenso de la potencia de la señal de radio deseada debido a esta inclinación es menor que 1 dB.

La influencia dañosa por la desgradación de la discriminación de polarización en cruz no fue observada.

En consecuencia la atenuación global de la onda reflejada que se logró por dicha técnica es 10,5 dB en esta sección.

Las relaciones D/Us calculadas para todas las secciones se muestran en la tabla 7.

4-3-4 Determinación de la ganancia de antenas y ajuste de la pérdida de transmisión global

La antena debe seleccionarse de manera que la potencia de entrada del receptor sea del nivel normal.

Considerando dicha condición y la facilidad del mantenimiento se utilizaron a todas las estaciones excepto de la estación T1 antenas parabólicas con la misma ganancia de 42 dB.

En la sección que tiene trayectos cortos de propagación de radio, en donde la potencia de entrada del receptor es más fuerte que la de la sección normal, se ajusta la pérdida global de transmisión aplicando atenuadores de microondas, adoptado usualmente en el lado de transmisión para suprimir la interferencia a otras secciones.

Las secciones ajustadas y sus valores se indican en la tabla 8.

Tabla 7 Atenuación global de onda reflejada (D/U)

| Estación | Condición del punto de reflexión | Atenuación de reflexión (dB) | Atenuación de la directividad de antena (dB) | Atenuación de la arista de obstáculo (dB) | Atenuación global (dB) |
|----------------|----------------------------------|------------------------------|--|---|------------------------|
| T ₁ | Agua | 0 | 8,5 | 0 | 10,5 |
| R ₁ | | | 2,0 | | |
| R ₂ | Agua | 0 | 0,5 | 25,5 | 28,0 |
| | | | 2,0 | | |
| R ₃ | Montaña | 14 | 27,5 | 32,5 | 75,0 |
| | | | 1,0 | | |
| R ₄ | Agua | 0 | 1,0 | 30,7 | 50,7 |
| | | | 19,0 | | |
| R ₅ | Agua | 0 | 29,8 | 38,1 | 67,9 |
| | | | 0 | | |
| R ₆ | Montaña | 14 | 28,0 | 22,2 | 65,2 |
| | | | 1,0 | | |
| R ₇ | Montaña | 14 | 32,5 | 0 | 79,5 |
| | | | 33,0 | | |
| T ₂ | Area urbana | 14 | 1,5 | 0 | 49,5 |
| | | | 34,0 | | |

Tabla 8 Potencia de ruido térmico debido al cálculo

| Estación | | T ₁ | R ₁ | R ₂ | R ₃ | R ₄ | R ₅ | R ₆ | R ₇ | T ₂ |
|--|---------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Distancia del salto | km | 23,9 | 62,9 | 49,8 | 60,1 | 36,2 | 43,7 | 23,1 | 18,4 | |
| Atenuación de propagación de radio en el espacio libre | dB | 132,1 | 140,5 | 138,4 | 140,1 | 135,7 | 137,3 | 131,8 | 129,8 | |
| Valor de ajuste de la pérdida de transmisión | dB | 3 | -- | -- | -- | -- | -- | 6 | 6 | |
| Pérdida total en redes R.F. de separación y de combinación y en líneas de alimentación | dB | 10,5 | 10,4 | 10,3 | 10,3 | 10,1 | 10,1 | 9,5 | 10,3 | |
| Potencia de la entrada de receptor | dBm | -24,6 | -29,9 | -27,7 | -29,4 | -25,0 | -26,4 | -26,3 | -25,1 | |
| Ruido térmico | (S/N) _{ch} | dB | 76,3 | 71,0 | 73,2 | 71,5 | 75,9 | 74,5 | 74,6 | 75,8 |
| | Potencia de ruido | pW | 23,4 | 79,4 | 47,9 | 70,8 | 25,7 | 35,5 | 34,7 | 26,3 |
| Ruido total | pW | 343,7 | | | | | | | | |

4-3-5 Interferencia entre los sistemas de telecomunicaciones de satélites estacionarios y de las telecomunicaciones terrestres

Ya que los sistemas del satélite estacionario y de telecomunicación terrestre comparten las mismas bandas de frecuencias de 4 y 6 GHz, puede causarse alguna interferencia entre ellos a no ser que se tomen en cuenta consideraciones apropiadas.

Cuando se hace el diseño de los sistemas terrestres, la dirección del haz principal de rayo de la antena de cada transmisor tiene estar a por lo menos 2° fuera de la dirección geográfica de la órbita del satélite estacionario de acuerdo con los Regramentos de Radio. Este examen se efectua con $K = 4/3$.

Cuando se dan la latitud y el ángulo de elevación de la antena, el ángulo de azimut, al cual no debe dirigirse el haz de rayo de la antena, se muestra en la figura A-8 del Apéndice 9. Cuando el ángulo de azimut es mayor que 92° , no es necesario examinar esta interferencia.

Por otra parte la interferencia no será causada cuando los ángulos hacia abajo que se obtienen de la ecuación A - 10 ó A - 11 del Apéndice 7 para $K = 4/3$, son mayores que 5° hacia arriba a lo largo de la línea tangente, debido a que el haz de rayo de la antena está interceptado por la tierra.

Como un ejemplo de comprobar esta interferencia, se demuestra la sección R4 - R5. La dirección de trayecto de propagación de R5 a R4 es 79.2° desde el Sur real en azimut y 0.1° hacia - arriba y la latitud norte del emplazamiento R5 es 42.6° .

En consecuencia los ángulos límites son respectivamente determinados por la figura A - 8 del Apéndice 8 como 79.6° desde el límite inferior de 2° y 85.8° desde el límite superior de 2° .

Debido a que el ángulo de azimut en la dirección de R5 a R4 es 79.2° y fuera de la gama entre 79.6° y 85.8° , la señal de MO del emplazamiento R5 que se irradia hacia el emplazamiento R4 no tiene ninguna probabilidad de causar la interferencia al satélite estacionario.

Está confirmado que la dirección de la antena en todas las secciones de la ruta queden deslizado en 2° de la órbita del satélite estacionario.

4-4 Estimación de localidad del enlace de MO

4-4-1 Potencia de ruido y objetivo de la probabilidad de ocurrencia de ráfagas de ruido

El objetivo de ruido en la transmisión media de este proyecto es 3 pW por kilómetro (el valor ponderado) recomendado por la C.C.I.R.

Ya que la longitud total de la ruta propuesta es de 318,1 km, el valor objetivo de ruido puede determinarse como sigue:

$$\text{Valor objetivo de ruido ponderado} = 3 \text{ (pW/Km)} \times 318,1 \text{ (km)} = 954,3 \text{ (pW)}$$

Como el ruido en la transmisión media es calculado usualmente con el valor no ponderado, si se tiene en cuenta del factor de ponderación de 2,5 dB (1,78), el valor objetivo será

$$954.3 \text{ (pW)} \times 1.78 = 1698,7 \text{ (pW)}$$

En el ruido global previsto, se debe distribuir en ruido constante y en ruido dependiente.

El ruido constante consiste en el ruido térmico en el modulador y demodulador, el ruido de la distorsión por intermodulación en el equipo y el ruido de interferencia debido a ecos, cuyos tiempos de retardo de propagación son largos, etc.....

El ruido dependiente que está afectado por la propagación, consiste en el ruido térmico debido a la atenuación de trayecto, el ruido de interferencia y el ruido de distorsión por la propagación, cuya variación depende de las condiciones tal como el desvanecimiento. Considerando la transmisión de datos, el objetivo de probabilidad de ocurrencia de ráfagas de ruido para el circuito interurbano se calcula en base de la Recomendación G 222 del C.C.I.T.T., o sea 'La potencia no ponderada de ruido, medida o calculada con período de integración de 5 ms, no deberá exceder de 10^6 pW durante más del 0,001 % (10^{-5}) de cualquier mes.'

En consecuencia, el objetivo de probabilidad de ocurrencia de ráfagas de ruido para la longitud dada de L (km), será de:

$$\frac{L}{2500} \times 10^{-5} = 4L \times 10^{-9}$$

Ya que la longitud de esta ruta es de 318,1 Km, esta probabilidad será:

$$4 \times 318,1 \times 10^{-9} = 127,24 \times 10^{-8}$$

Si el valor calculado de la probabilidad global excede el valor arriba mencionado, se debe aplicar el sistema de diversidad de espacio en la sección que tiene la probabilidad más grande de ocurrencia de ráfagas de ruido.

4-4-2 Ruido constante

La ruta de Aomori (T₁) - Sapporo (T₂) tiene 8 pares de transmisor y receptor y un par de modulador y demodulador por cada dirección. El ruido constante se estima de base en los valores asignados a cada equipo como se indican en la tabla 3.

- a) Ruido térmico
(Modulador y demodulador de FM) +(Equipo auxiliar) = 30 + 45 = 75 (pW)
- b) Ruido de interferencia debido al eco en el alimentador

Puesto que se asigna 126 pW por 6 secciones de radio en el circuito de referencia, el ruido global de esta ruta de 8 secciones de radio se calcula como sigue:

$$\frac{126}{6} \times 8 = 168 \text{ (pW)}$$

- c) *Intermodulación/Ruido de distorción*

Esta ruta consiste en un par de transmisor y receptor, un par de modulador y demodulador, 7 repetidores y un par de equipo auxiliar. En consecuencia, el valor global de ruido de intermodulación es de más o menos 660 pW.

4-4-3 Ruido térmico

a) Ruido dependiente

La primera etapa es la calculación de la potencia normal de la señal de radio recibida (P_r), que se obtiene en la forma siguiente:

$$P_r \text{ (dBm)} = P_t \text{ (dBm)} + G_t \text{ (dB)} + G_r \text{ (dB)} - L \text{ (dB)} - L_f \text{ (dB)}$$

en donde

P_t : La potencia de salida del transmisor con relación a 1 mW.

G_t, G_r : La ganancia de antena del transmisor y receptor respectivamente

L : La atenuación de propagación de radio en el espacio libre.

L_f : La atenuación en el alimentador, la pérdida en los filtros de derivación en el canal de radio y etc.

La relación de la potencia normal de señal de radio recibida a la potencia de ruido en la entrada del receptor se calcula de la fórmula A - 1 en la Apéndice 2.

Para el sistema B los parámetros principales son los siguientes:

$$\text{Cifra de ruido: } F = 12 \text{ (dB)}$$

Ancho de banda de un canal de mensaje telefónico:

$$f_B = 3,1 \text{ (Km)}$$

Frecuencia del canal superior:

$$f = 4028 \text{ (KHz)}$$

En base de esos factores, la relación de $[S/N]$ ch (dB) del canal telefónico superior

en el punto de nivel relativo 0 dB queda simplificar como sigue:

$$[S/N]_{ch} = 100,9 + Pr. (dB)$$

El mejoramiento del ruido termico debido a los circuitos de pre-énfasis -- de-énfasis es 4 dB.

Esta cifra corresponde al margen de desvanecimiento de 4 dB. En consecuencia estos dos suplemento serán cancelados uno a otro. A base de la descripción citada, el cálculo de la potencia de ruido térmico en cada sección se indica en la tabla 8. La potencia grobal de ruido no ponderado es 343,7 pW.

b) Ruido de interferencia

Ya que hay alguna diferencia entre los ruidos de interferencia en los circuitos de ida y vuelta, una de ellas, la que tiene su valor superior de ruido debe estimarse como el ruido de interferencia en esta ruta.

La relación entre la relación de señal-a-ruido de interferencia (S/I) en el terminal de salida del demodulador y la relación de señal deseada-a-señal no deseada (D/U)_i es mostrada en las figuras A - 9 y A - 10 del Apéndice 10.

A partir de estas cifras y los datos empíricos de la selectividad de repetidor, se calcula la interferencia de co-canal como sigue:

$$(S/I)_{ch} = (D/U)_i + 20 (dB)$$

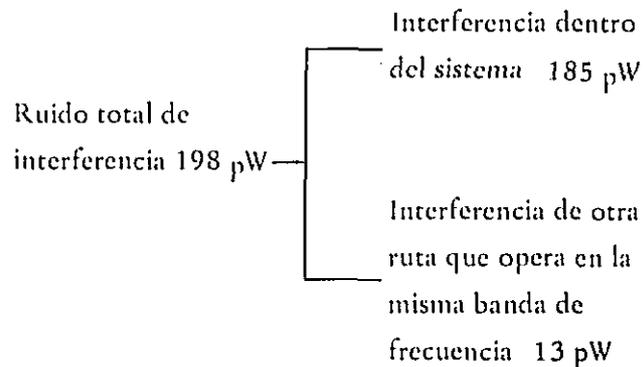
La ecuación empírico es válida mientras que los trayectos de ambas ondas de deseada y no deseada seán iguales.

Por otra parte, si los trayectos son diferentes, deberá tenerse en cuenta una deterioración de 5 dB debida al desvanecimiento diferencial. Por esta razón, la ecuación para los trayectos diferentes será como sigue:

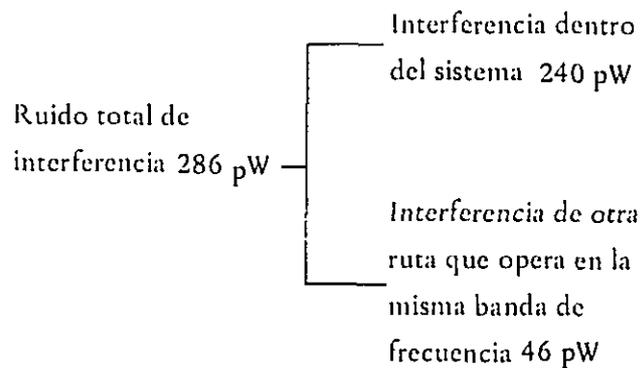
$$(S/I)_{ch} = (D/U)_i + 15 (dB)$$

En el sistema B, la interferencia entre los canales adyacentes tiene la influencia pequeña porque el mejoramiento de $(S/I)_{ch}$ a $(D/U)_i$ es grande obviamente, como se ve en la figura A - 10. Las potencias calculadas de interferencia global son como los siguientes:

- i) En la dirección de T₂ a T₁.



- ii) En la dirección de T₁ a T₂



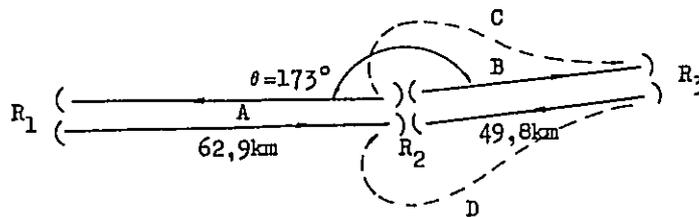
En el examen de la calidad de transmisión, el mayor de ellos, o sea 286 pW, se adopta como la potencia global del ruido de interferencia.

- c) Operación del silenciador (SQL)

Es importante suprimir el nivel de la señal de interferencia debajo del nivel silenciador (SQL) en el receptor.

En el examen práctico de la operación del silenciador (SQL) el nivel del silenciador (SQL) debe ser mantenido bajo un margen de 3 dB. Mientras pueden ser considerados muchos trayectos de interferencia, la interferencia de co-canal debida al acoplamiento de antenas de adelante a atrás (F/B) en la sección R₂ - R₃ queda ilustrada en la figura 9, como un ejemplo.

Fig. 9 Un ejemplo de interferencia en la misma ruta debido al acoplamiento de antenas de adelante a atrás



En la figura 9, las líneas interrumpidas C y D indican los trayectos de interferencia debido al acoplamiento de F/B entre las antenas de transmisión y recepción.

En visto de que se emplean el mismo tipo de antena y la misma polarización y que las potencias de salida de los transmisores son iguales, la relación $(D/U)_i$ es calculada con los ítems siguientes:

Atenuación debido a la directividad de antena: D_θ . La diferencia entre las pérdidas de transmisión de las ondas deseadas y no deseadas se hace de la diferencia entre las pérdidas de trayectos de espacio libre: $(L_{od} - L_{ou})$, y la diferencia entre las pérdidas de antenas-y-alimentadores: $(L_{fd} - L_{fu})$

Como el ángulo de dobléz es 173° , el D_θ es 61 dB de acuerdo a la Fig. 8. Basado en los resultados que se indican en la tabla 9, no ocurre la operación errónea del silenciador (SQL)

porque el nivel de la onda no deseada de interferencia es más o menos 10 dB inferior del nivel del silenciador (SQL).

Tabla 9 Cálculo del ruido de interferencia

| Estación interferida | | R ₂ | R ₃ | |
|--|------------|----------------|----------------|-------|
| Trayecto de onda deseada | | A | B | |
| Trayecto de onda no deseada | | D | C | |
| D ₀ | dB | 61 | 61 | |
| L _{ou} - L _{od} | dB | -2,1 | 0 | |
| L _{fu} - L _{fd} | dB | -0,15 | 0 | |
| (D/U) _i | dB | 58,75 | 61,0 | |
| (D/U) _i - (S/I) _{ch} : Cifra constante de conversión | dB | 15 | 20 | |
| (S/I) _{ch} | dB | 73,75 | 81,0 | |
| Ruido de interferencia | | pW | 42,2 | 7,9 |
| Potencia recibida | Deseada | dBm | -29,9 | -27,7 |
| | No deseada | dBm | -88,65 | -88,7 |
| El nivel menos 3 dB del nivel de silenciador (SQL) | | dBm | -78 | -78 |
| Margen | | dB | 10,65 | 10,7 |

d) Ruido de distorsión de propagación

La relación de la señal al ruido de distorsión de propagación en el peor canal de mensaje (S/I)_{ch} es calculada a partir de la relación de ondas de directa a reflejada (D/U)_r y el parámetro (S/D)_{ch} derivado de la diferencia de trayecto tal como se describe en el Apéndice 11.

Como un ejemplo, se calcula posteriormente el ruido de distorsión entre R7 y T2.

La atenuación efectiva de la onda reflejada con respecto a la directa es de 49,5 dB, como se muestra en la tabla 7. Aplicando el parámetro actual que se indica en la Figura 7, la altura efectiva de antena con respecto al punto de reflexión queda derivada por la fórmula A - 17 del Apéndice 8, como sigue:

La altura efectiva de antena en la estación R7

$$h_1' = h_1 - \frac{d_1^2}{2Ka} = 991 \text{ (m)}$$

La altura efectiva de antena en la estación T2

$$h_2' = h_2 - \frac{d_2^2}{2Ka} = 78,4 \text{ (m)}$$

Por lo tanto, la diferencia del trayecto S

será
$$S = \frac{h_1' h_2'}{d \times 1000} = 8,4 \text{ (m)}$$

El parámetro $(S/D)_{ch}$ es 41,5 dB para la diferencia del trayecto 8,4 m, a partir de la figura A - 11 del Apéndice 11.

En consecuencia

$$(S/I)_{ch} = (D/U)_r + (S/D)_{ch} = 91,0 \text{ dB} = 0,8 \text{ pW}$$

De la misma manera, el ruido global de distorsión de propagación que se calculó en todas las secciones es 7,7 pW.

4-4-4 Potencia de ruido total

En la tabla 10 se indica el ruido total que se ha calculado hasta el momento. La cifra de 1540,4 pW es menor que el valor objetivo de 1698,7 pW. Por esta razón el rendimiento de ruido total de la ruta es satisfactorio.

4-4-5 Probabilidad de ocurrencias de ráfagas de ruido

La probabilidad de ocurrencias de ráfagas de ruido que excede 10^6 pW (P_i) es derivada de la probabilidad de aparición del desvanecimiento de "Rayleigh" (P) y el ruido térmico en cada sección, tal como se describe en el Apéndice 12.

Por ejemplo, la probabilidad de ocurrencias de ráfagas de ruido en la sección R1 - R2, se indica en seguida:

Tabla 10 Potencia total de ruido

| Item | | | Potencia calculada |
|-------------------------------|--------------------------------------|------------------|--------------------|
| Potencia de ruido constante | Ruido térmico | | pW 75,0 |
| | Ruido de interferencia (alimentador) | | pW 168,0 |
| | Ruido de intermodulación | | pW 660,0 |
| Potencia de ruido dependiente | Ruido térmico | | pW 343,7 |
| | Ruido de interferencia | En la misma ruta | pW 240,0 |
| | | De otras rutas | pW 46,0 |
| | Distorsión de propagación | | pW 7,7 |
| Potencia total de ruido | | | pW 1540,4 |
| Valor del objetivo | | | pW 1698,7 |

$$h = \frac{h_1 + h_2}{2} = 335 \text{ (m)}$$

y el trayecto de radio pasa sobre el mar. Por esta razón la probabilidad de aparición del desvanecimiento de "Rayleigh" será de $4,1 \times 10^{-2}$ calculado a partir de las figuras A - 12 y A - 13 en el Apéndice 12. Ya que el ruido térmico es de 79,4 pW tal como se ve en la tabla 8, la probabilidad de ocurrencias de ráfagas de ruido P_i es calculada en la forma siguiente:

$$P_i = \alpha P \frac{N_o}{106} = 651,1 \times 10^{-8}$$

Los resultados calculados para todas las secciones se muestran en la tabla 11. La probabilidad de ocurrencia de ráfagas de ruido total para todas las secciones es de $1081,2 \times 10^{-8}$, cuyo valor es más grande que el valor objetivo de $127,24 \times 10^{-8}$.

La probabilidad de ráfagas de ruido será reducido generalmente a 1/5 con el uso de conmutación por ruido, pero aun cuando se tenga en cuenta este mejoramiento en la estimación, la probabilidad de ocurrencias de ráfagas de ruido total es más grande que la del valor objetivo.

En consecuencia debe ser aplicada la técnica de diversidad de espacio en la sección R1 - R2 que tiene la peor condición de propagación. Utilizando esta técnica, la probabilidad de ocurrencias de ráfagas de ruido en la sección es disminuida en 1/50.

Por esta razón, la probabilidad de ocurrencias de ráfagas de ruido es disminuida

hasta $88,6 \times 10^{-8}$ teniendo en cuenta el mejoramiento debido a la conmutación por ruido.

De esta manera, la planificación de la ruta queda también satisfecha, con respecto a la probabilidad de ocurrencias de ráfagas de ruido, gracias a la recepción de diversidad de espacio.

Tabla 11. Probabilidad de ocurrencias de ráfagas de ruido

| Item | | Estación | | | | | | | | | |
|---|--|-----------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|----------------|--|--------|
| | | T 1 | R 1 | R 2 | R 3 | R 4 | R 5 | R 6 | R 7 | T 2 | Total |
| Condición del trayecto de propagación | | --- | Sobre el mar | Sobre el mar | Area montañosa | Sobre el mar | Sobre el mar | Area montañosa | Area montañosa | Area montañosa | --- |
| Altura del trayecto de propagación (solamente sobre el mar) | | m | 166 | 335 | -- | 617 | 483 | -- | -- | -- | -- |
| Distancia de saltos | | km | 23,9 | 62,9 | 49,8 | 60,1 | 36,2 | 43,7 | 23,1 | 18,4 | 318,1 |
| Ruido térmico | | pW | 23,4 | 79,4 | 47,9 | 70,8 | 25,7 | 35,5 | 34,7 | 26,3 | 343,7 |
| Probabilidad de ocurrencias de desvanecimiento del tipo de 'Rayleigh' | | 10^{-4} | 18 | 410 | 19 | 260 | 49 | 12 | 1,2 | 1,3 | -- |
| Probabilidad de ocurrencias de ráfagas de ruido | En caso de que no se utiliza el sistema de conmutación por ruido, ni el sistema de diversidad de espacio | 10^{-8} | 8,4 | 651,1 | 18,2 | 368,2 | 25,2 | 8,5 | 0,8 | 0,8 | 1081,2 |
| | Solamente se utiliza el sistema de conmutación por ruido | 10^{-8} | 1,7 | 130,2 | 3,6 | 73,6 | 5,0 | 1,7 | 0,2 | 0,2 | 216,2 |
| | Solamente se utiliza el sistema de diversidad de espacio | 10^{-8} | -- | 13,0 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | 443,1 |
| | Se utilizan el sistema de conmutación por ruido y el sistema de diversidad de espacio | 10^{-8} | 1,7 | 2,6 | 3,6 | 73,6 | 5,0 | 1,7 | 0,2 | 0,2 | 88,6 |
| | | | | | | | | | | Valor limitado de la probabilidad de ocurrencias de ráfagas de ruido | 127,24 |

Notas: N.S.: Conmutación por ruido S.D.: Diversidad de espacio

4-5 Aplicación de diversidad de espacio

La aplicación de la diversidad de espacio fue decidido en la explicación referida en base al examen de la probabilidad de ocurrencias de ráfagas de ruido. El método del cálculo de la distancia entre las antenas principales y auxiliares, se describe en el Apéndice 12.

En la sección R₁ - R₂ en donde se propone la aplicación de la diversidad de espacio, la atenuación total de onda reflejada es de 28 dB. Por esta razón el espacio entre las dos antenas (Δh) será decidido por la figura A - 15.

Suponiendo que el coeficiente de correlación del espacio (ρ) es 0,5 en la banda de 4 GHz, el espacio entre dos antenas -- (Δh) debe ser mayor que 16,5 m porque el longitud del trayecto es 62,9 Km. Considerando el margen de desvanecimiento, o sea la diferencia entre el nivel de conmutación y la potencia normal de entrada del receptor, como de un valor de más o menos 41 dB, el factor de mejoramiento de más o menos 50 debido a la diversidad de espacio queda determinado a partir de la figura A - 14.

4-6 Rendimiento del sistema

Aunque siempre hay algunas soluciones alternativas en casos de selección de rutas de MO, la ruta más adecuada es finalmente determinada considerando la calidad de transmisión, el costo de instalación, la facilidad de mantenimiento etc.

Las característica por carga de ruido entre Aomori (T₁) y Sapporo No. 2. (T₂), que fue medida por las pruebas efectuadas por carga de ruido, se indica en la figura 10.

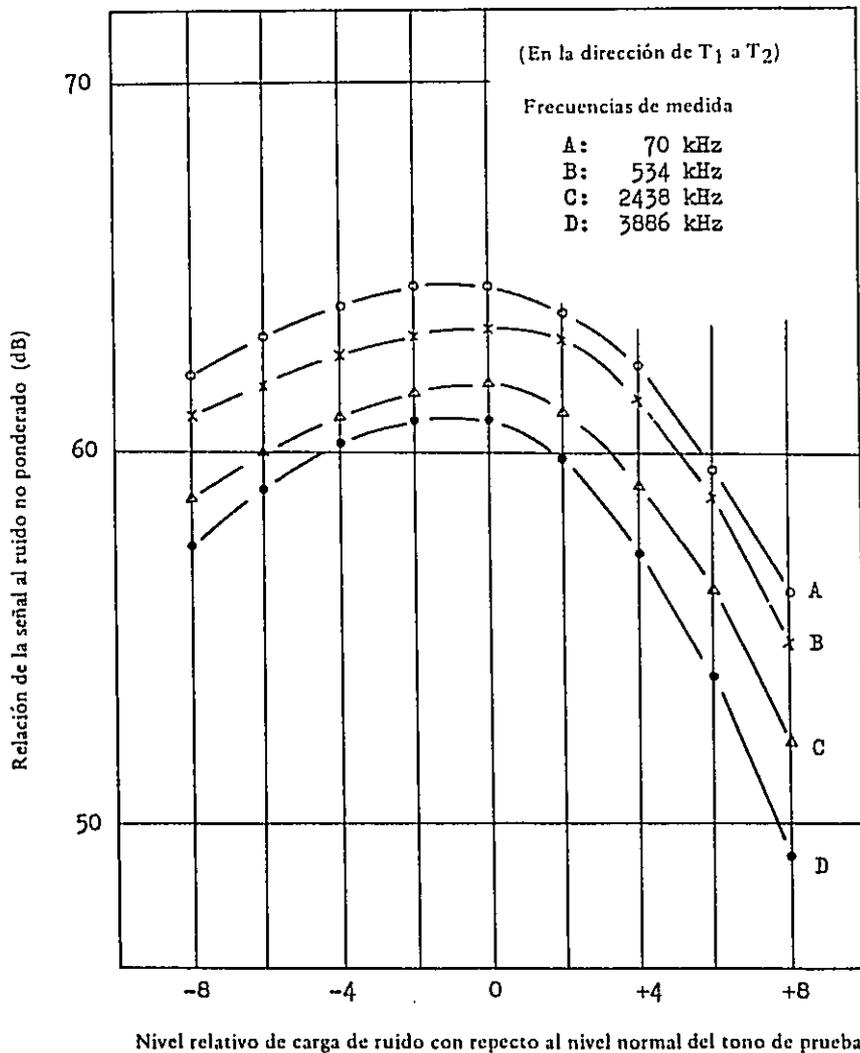
En estas pruebas por carga de ruido en condiciones normales, la relación S/N en el canal más alto de mensaje telefónico es de 61 dB (800 pW) en 8 saltos sin considerar circuitos de pre-énfasis y de-énfasis.

En consecuencia el ruido del circuito en el canal pésimo es menos que la cifra objetiva de 1698,7 pW y tiene el suficiente margen con respecto a este valor objetivo.

Las razones de la diferencia en las cifras calculadas parecen ser las siguientes:

- a) Hay solamente dos canales de radio incluyendo el sistema de reserva. Por esta razón la interferencia entre los sistemas es tan pequeña y puede ser despreciable.
- b) La interferencia debido al eco del alimentador es despreciable debido a que el valor del equilibrio de impedancias es mucho mejor que lo esperado.
- c) Los otros márgenes pertinentes pueden considerarse acumulados por las características sobresalientes de cada equipo.

Fig. 10. Característica por carga de ruido



APENDICE

La mayor parte de estos apéndices son extraídas

MICROWAVE COMMUNICATION

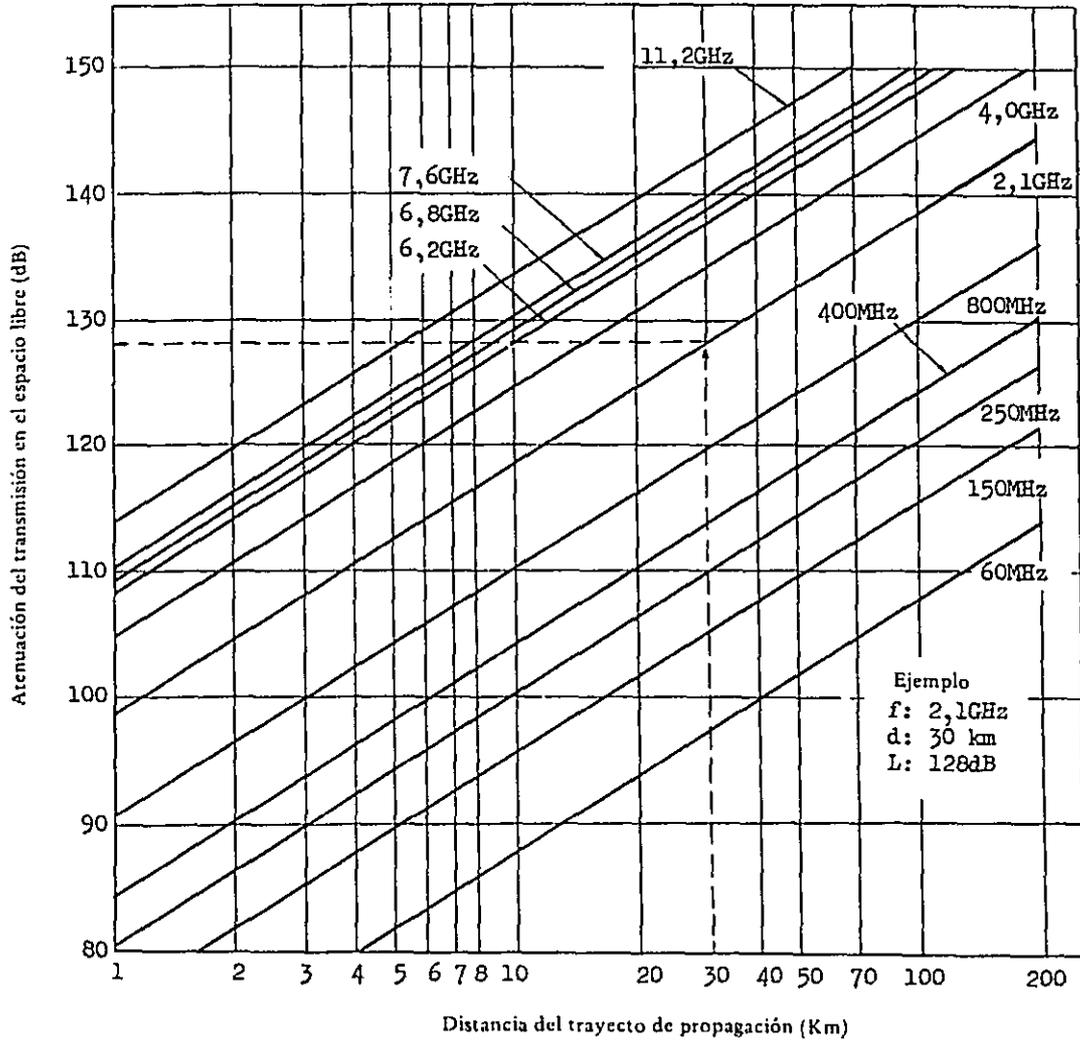
– System Design and New Equipment -

Editado por

Sr. Dr. S. Yonezawa

Apéndice 1. Atenuación del transmisión en el espacio libre

Fig. A-1. Atenuación del transmisión en el espacio libre



$$L = 32,4 + 20 \log f + 20 \log D \text{ (dB)}$$

donde

L: Atenuación del transmisión en el espacio libre

f: Frecuencia en MHz

d: Distancia de saltos en Km.

Apéndice 2. Relación de la señal al ruido térmico

La relación de la señal de tono de prueba con respecto al ruido térmico S/N en el sistema de relevadores de radio de FM del canal de mensaje telefónico es representada por la fórmula siguiente.

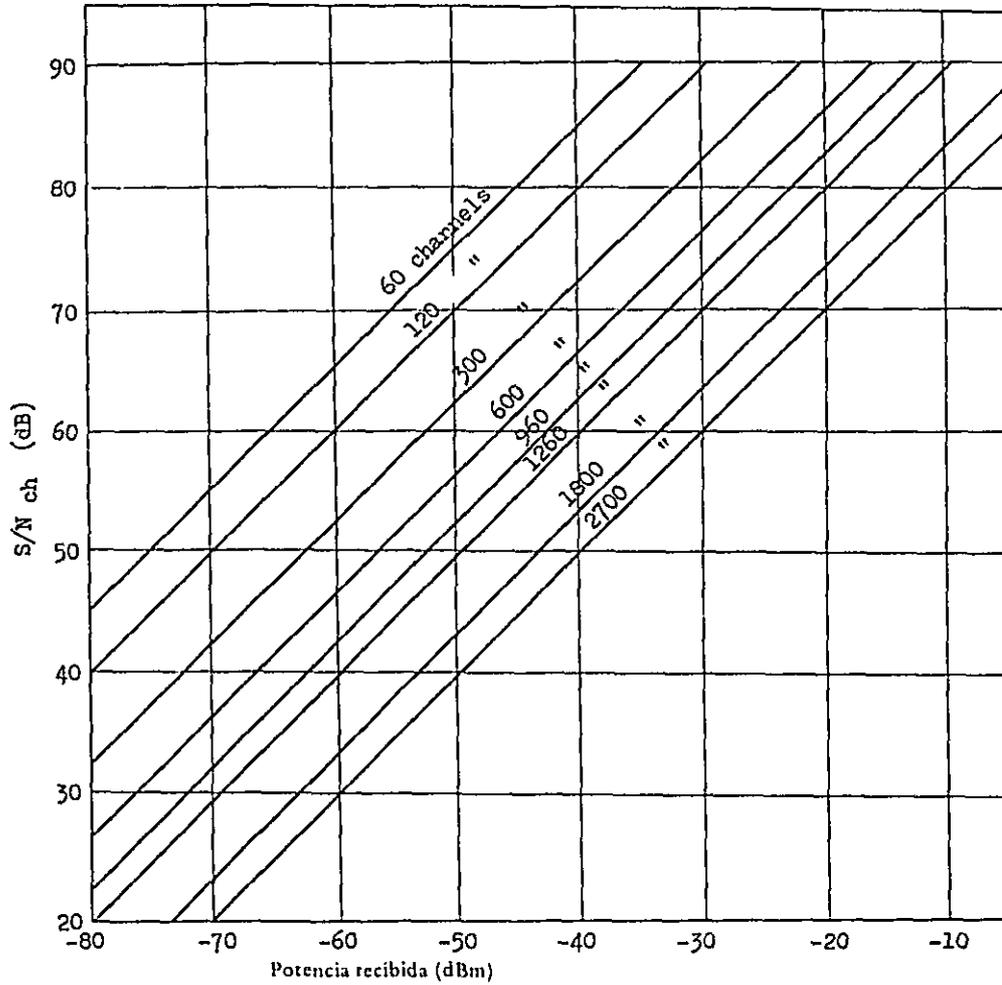
$$S/N = 10 \log \frac{P_r}{F k T f_B} \left(\frac{s_o}{f} \right)^2 \quad (A - 1)$$

en donde

- F: cifra de ruido del receptor de radio
- k: constante de Boltzman ($1,37 \times 10^{-23}$ joule/grade en Kelvin)
- T: temperatura en grados Kelvin (usualmente T ñ 293°)
- f_B : ancho de banda del canal de mensaje telefónico
- f: frecuencias de la bandabase del canal de mensaje
- s_o : desviación de frecuencia por el tono de prueba

La relación S/N corresponde al peor canal de mensaje telefónico, o sea del canal más alto, se indica como ejemplo en la figura A - 2.

Fig. A-2 La relación de la señal al ruido térmico en el canal de mensaje telefónico más alto sin considerar circuitos de pre-énfasis y de-énfasis (no ponderada)



$$S/N = 10 \log \frac{Pr}{FkTf_B} \left(\frac{s_0}{i}\right)^2 \quad (A - 1)$$

En donde

KT: -173,8 dBm

f_B : 3,1 kHz

F: 10,0 dB

| Capacidad del sistema | Frecuencia del canal de mensaje telefónico más alto (f) | Desviación de frecuencias (s_0) | Capacidad sistema | Frecuencia del canal de mensaje telefónico más alto (f) | Desviación de frecuencias (s_0) |
|-----------------------|---|-------------------------------------|-------------------|---|-------------------------------------|
| canales | kHz | kHz, rms | canales | kHz | kHz, rms |
| 60 | 300 | 200 | 960 | 4028 | 200 |
| 120 | 552 | 200 | 1260 | 5636 | 200 |
| 300 | 1300 | 200 | 1800 | 8204 | 140 |
| 600 | 2540 | 200 | 2700 | 12388 | 140 |

Apéndice 3. Leyes de adición del ruido

En el sentido estricto no es establecida la ley de adición para las características específicas. Algunas indicaciones se dan para obtener los objetivos de diseño del sistema de transmisión telefónica. Las especificaciones para los circuitos actuales debe ser consideradas cuidadosamente con referencia a la ley mencionada, porque la ley de adición no está demostrada en forma precisa para todos los casos.

A) Respuesta de la amplitud de bandabase / frecuencia.

Se dice usualmente que la característica de la amplitud de bandabase / frecuencia de todos los equipos o enlaces tiene misma tendencia en ambos terminales de banda de frecuencia.

Esto significa que las características de frecuencia son adicionales en Voltaje. Aun cuando se usan los circuitos de corrección en pico en parte de alta frecuencia, esta ley de suma de Voltaje se mantiene este criterio excepto el caso de que las frecuencias de corrección en pico son inestables.

La respuesta de frecuencia de cada enlace de bandabase es por esta razón sumada aritméticamente.

B) Ruido térmico

El ruido térmico dentro del canal de mensaje telefónico que es producido por cada sección de repetición, se supone que es un espectro plano o el ruido errático con la banda limitada por el canal de transmisión.

Por lo tanto, la potencia total de ruido debido a la sección de repetición es acumulativa como suma de potencias.

C) Fase de ruido de intermodulación

Según lo mencionado anteriormente, el ruido intermodulación es producido por combinaciones mutuas de los componentes de frecuencias que están incluidos dentro de la señal de múltiplex telefónico. La fase de los productos de acuerdo con el análisis teórico del mecanismo de su producción, puede ser agrupado en dos términos que se difieren mutuamente en 90 grados.

Con el objeto de abreviar, suponiendo que la señal que debe ser transmitida puede ser expresada en forma sinusoidal como un coseno X , la onda deformada es causada durante la transmisión será la simetría de orden impar o simetría de orden par según la causa de la distorsión.

Se puede decir que la primera contiene distorsión de armónicos pares $\cos nx$, y la segunda contiene distorsión de armónicos impares $\sin nx$.

En esta sección, esta primera se llama "distorsión de la misma fase" y la segunda se llama "distorsión de fase en cuadratura". La distorsión no lineal en el bandabase o el modulador/demodulador y la distorsión de amplitud en la sección de FM pertenecen a "la distorsión de la misma fase". La distorsión de la fase o de retardo (demora) en el bandabase o la sección de FM pertenecen a "la distorsión de la fase en cuadratura".

La relación aquí mencionada sobre fases en distorsiones viene a ser base importante de la ley de la adición de distorsión.

D) Adición de ruido de intermodulación en el enlace de bandabase.

Del mismo modo que se menciona en C), el ruido de intermodulación se divide en dos grupos. Los ruidos de intermodulación de mismo orden en el mismo grupo se adicionan como suma de Voltaje o mantienen linealidad de Voltaje.

Por otra parte, los ruidos de intermodulación de mismo orden que pertenece a los grupos separados se adicionan como suma de potencias o se suman las potencias.

Los ruidos de intermodulación que tienen diferente orden entre sí, se suman también como suma de potencias.

El ruido de intermodulación de segundo orden tiene la suma lineal de Voltaje, si se basa en el principio citado.

Por lo tanto, debido a que el ángulo de la inclinación no lineal, el retardo y la característica de GD (ganancia diferencial) es generalmente distribuida al azar y la ley de adición de la distorsión de segundo orden es considerada la suma en potencia.

E) Adición del ruido de intermodulación en los enlaces en cascada.

En las estaciones terminales intermedias de FDM conectadas con bandabase, la fase de cada canal de mensaje se hace irregular debido a los filtros en el modulador- demodulador de canal de múltiplex de mensaje telefónico. Por lo tanto, el ruido de intermodulación en los enlaces en cascada que se conectan a través del modulador-demodulador es adicionado la ley de suma en potencia.

En el caso de la conexión de grupo o de super-grupo (o grupo primario o grupo secundario), la fase se hace irregular por la adición arbitraria en la combinación de grupo o super-grupo de las terminales de FDM y la adición se hace por suma de potencias. Por el contrario, la conexión directa de espada a espada de modulador y demodulador de FM no tiene ningun efecto sobre la regularidad de fase en el canal de mensaje y se considera suma de Voltajes.

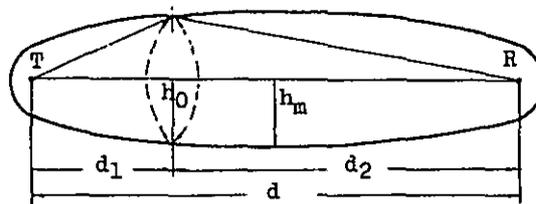
Apéndice 4. Primera zona de Fresnel

La primera zona de Fresnel significa un elipsoide rotatorio que es un lugar geométrico de la diferencia de distancia constante del largo de la longitud media de onda desde dos polos en los puntos de transmisión y recepción.

Se ilustra en la figura A - 3.

Como una condición necesaria del trayecto de microondas con visibilidad directa, ningún obstáculo debe estar dentro de esta zona. El radio de la primera zona h_0 en el punto arbitrario entre dos emplazamientos es expresado geoméricamente por la fórmula siguiente.

Fig. A - 3. Primera zona de Fresnel



$$h_0 = \sqrt{\frac{\lambda d_1 d_2}{d}} \text{ (m)} \quad (\text{A - 2})$$

En donde

- λ : longitud del onda (mm)
- d_1 : distancia del trayecto de extremo cercano (Km)
- d_2 : distancia del trayecto de extremo lejano (Km)
- d : distancia total (Km)

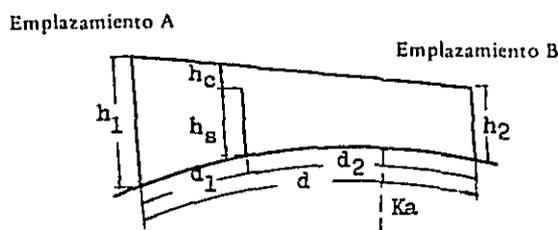
Apéndice 5. Margen de despeje sobre el obstáculo, atenuación por la arista del obstáculo y altura requerida de antena

En el perfil del trayecto de propagación de radio, un margen de despeje exacto sobre el obstáculo entre la línea central del trayecto de propagación de radio y la arista del obstáculo h_c es derivado desde la fórmula siguiente.

$$h_c = h_1 - \frac{d_1}{d} (h_1 - h_2) - \frac{d_1 d_2}{2Ka} - h_s \text{ (m)} \quad (\text{A - 3})$$

En donde K : coeficiente de radio efectivo del Tierra
 a : radio actual del Tierra $6,37 \times 10^6$ (m)

Fig. A - 4. Margen de despeje sobre el obstáculo en el trayecto de propagación de radio



Cuando la visibilidad directa o la primera zona de Fresnel está interrumpida por la arista del obstáculo, la pérdida de arista así llamada será sumada a la pérdida de propagación del espacio libre.

La pérdida de arista que es causada por un solo obstáculo en arista aguda puede ser convenientemente derivada desde el nomograma tal como se indica en la figura A - 5, la cual es obtenida en base a la teoría de difracción de ondas.

La estimación de pérdida de arista es utilizable no sólo para examinar la atenuación de onda directa sino para confirmar el efecto de pantalla por la onda reflejada en la superficie de la tierra, o la onda de sobre alcance.

En la práctica, un trayecto de radio es planificado para adecuarse a la condición de que el margen de despeje sobre el obstáculo debe exceder el valor del radio de la primera zona de Fresnel para $K = 4/3$, dos tercios de este radio para $K = 2/3$. En consecuencia, la altura requerida de antena sobre el nivel del mar h_1 puede ser dada por las fórmulas siguientes, en donde h_2 se mantiene fijo.

$$h_1 \text{ para } K = 4/3 \geq \frac{d}{d_2} (h_o + h_s) - \frac{d_1}{d_2} h_2 + \frac{1}{2Ka} d d_1$$

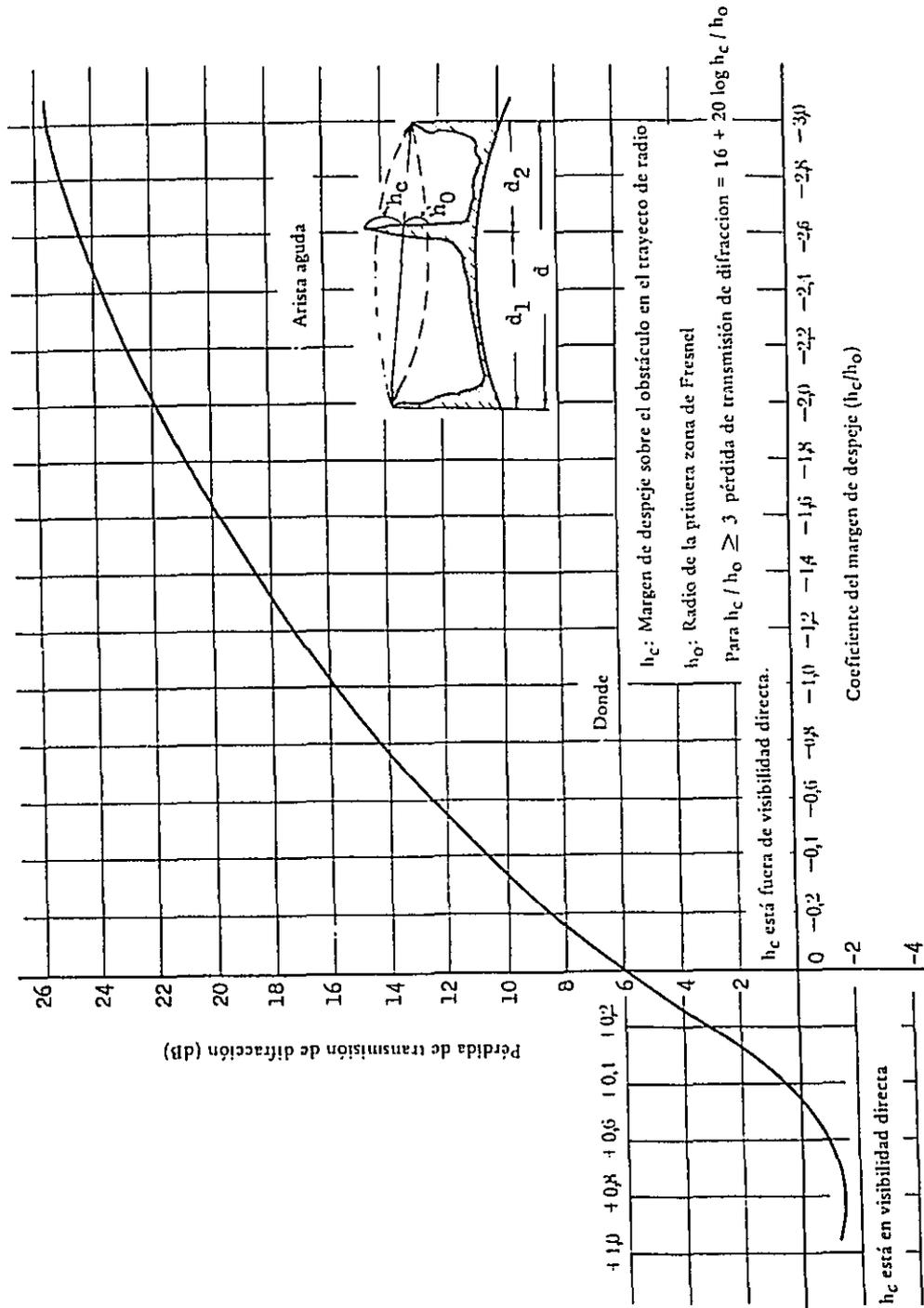
..... (A - 4)

$$h_1 \text{ para } K = 2/3 \geq \frac{d}{d_2} (h_o + h_s) - \frac{d_1}{d_2} h_2 + \frac{1}{2Ka} d d_1 - \frac{d}{3d_2} h_o$$

$$\geq h_1 \text{ para } K = 4/3 - \frac{d}{3d_2} h_o + \frac{1}{2K(K = 4/3)a} d d_1$$

..... (A - 5)

Fig. A - 5 Pérdida de transmisión de difracción debido a la arista aguda al espacio libre



Apéndice 6. Reflexión en el superficie de la tierra

Para evitar el desvanecimiento severo del tipo K o la distorsión de propagación, el trayecto de radio debe ser seleccionado de tal modo de que la onda reflejada quede debilitada al máximo posible. Para examinar el efecto de la reflexión de la onda de radio, es indispensable confirmar la condición geográfica en el punto de reflexión y determinar si la onda reflejada puede ser cortada por un obstáculo apropiado o no.

La localización del punto de reflexión, tal como se indica en la figura A - 6, es fácilmente obtenida por la introducción del parámetro conveniente b del nomograma en la figura A - 6. Primero, los coeficientes c y m se calculan a partir de las dimensiones del trayecto de radio por la fórmula siguiente, en donde h , d , y a están en metros.

$$c = \frac{h_1 - h_2}{h_1 + h_2} \quad (h_1 > h_2) \quad (A - 6)$$

$$m = \frac{d^2}{4Ka (h_1 + h_2)} \quad (A - 7)$$

Al seguida de aplican los coeficientes de arriba a la figura A-6, y el parámetro b puede ser leído. De esta manera, las distancias desde ambos emplazamientos al punto de reflexión son halladas por el cálculo de la fórmula siguiente.

$$d_1 = \frac{d}{2}(1 + b) \quad (A - 8)$$

$$d_2 = \frac{d}{2}(1 - b) \text{ o } d_2 = d - d_1 \quad (A - 9)$$

En caso de que haya una arista que desvíe la onda reflejada, el punto de reflexión antes referida tiene que ser calculado entre el punto de transmisión o recepción y el punto de arista por el método semejante al mencionado anteriormente.

El coeficiente de reflexión debido a las condiciones geográficas en el punto de reflexión es como el indicado en la tabla A - 1 basado solo en la experiencia. Desde el punto de vista de la selección del emplazamiento, es generalmente preferible que el coeficiente de reflexión efectiva sea menor que 0,3, o sea atenuar la onda reflejada en más de 10 dB comparando con la onda directa.

Tabla A - 1. Coeficiente de reflexión y atenuación de reflexión

| | Superficie de agua | | Zona fangosa | | Zona de campo | | Zona de ciudad o selva o montaña | |
|---------------|--------------------|-------------------------|--------------|-------------------------|---------------|-------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| | Coeficiente | Atenuación de reflexión | Coeficiente | Atenuación de reflexión | Coeficiente | Atenuación de reflexión | Coeficiente | Atenuación de reflexión |
| 2GHz Sistema | 1,0 | 0 dB | 0,8 | 2 dB | 0,6 | 4 dB | 0,3 | 10 dB |
| 4GHz Sistema | 1,0 | 0 | 0,8 | 2 | 0,5 | 6 | 0,2 | 14 |
| 6GHz Sistema | 1,0 | 0 | 0,8 | 2 | 0,5 | 6 | 0,2 | 14 |
| 11GHz Sistema | 1,0 | 0 | 0,8 | 2 | 0,4 | 8 | 0,16 | 16 |

Para atenuar la onda reflejada, las atenuaciones de arista y la directividad de antena debido al ángulo formado entre las ondas de directa y reflejadas, se ayudan mutuamente formando la atenuación de la reflexión.

Cuando la suma de estas atenuaciones dichas, llamada la atenuación efectiva de reflexión, es menos que 10 dB debe utilizarse antenas múltiples o sistemas de diversidad de espacio.

Fig. A - 6. Grafico del parámetro b para calcular el punto de reflexión

Compútese

$$c = \frac{h_1 - h_2}{h_1 + h_2} \quad (h_1 > h_2)$$

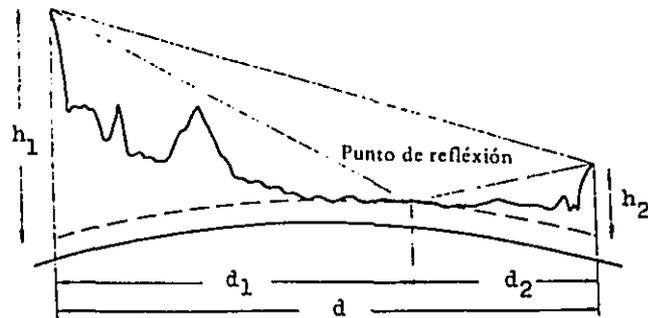
$$m = \frac{1}{4Ka} \cdot \frac{d^2}{h_1 + h_2}$$

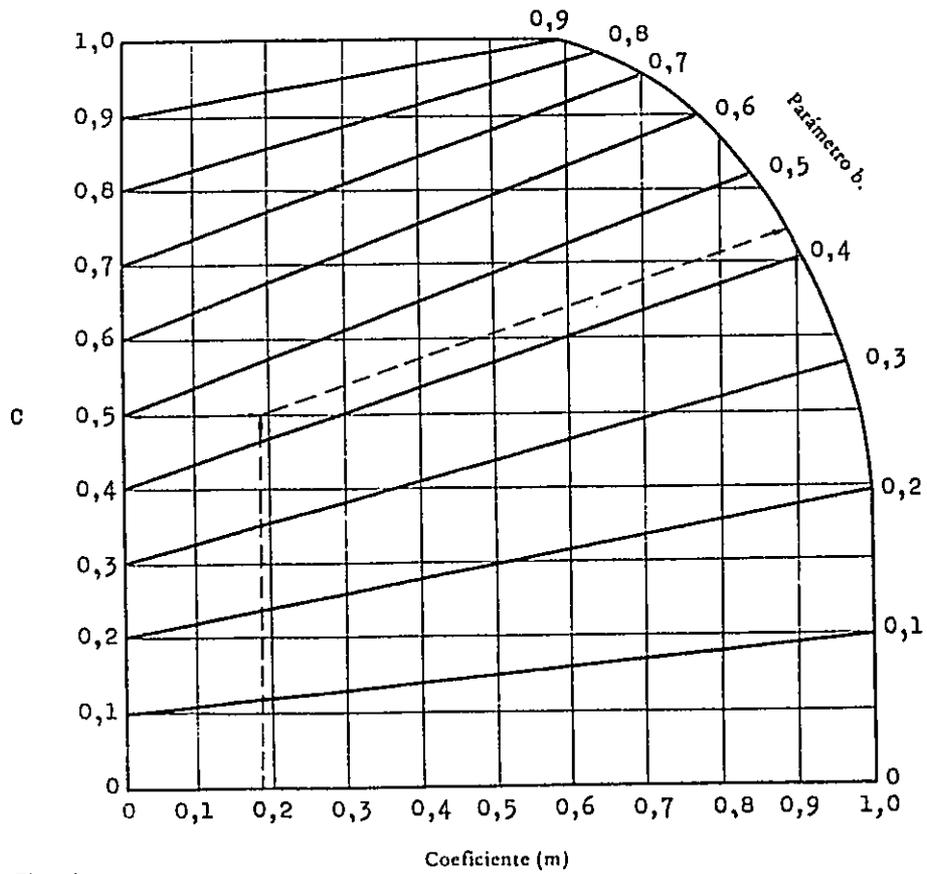
Lease el valor b en la Fig. A - 6. y calcúlese

$$d_1 = \frac{d}{2} (1 + b)$$

$$h_1 > h_2$$

$$d_2 = d - d_1$$





Ejemplo

$$d = 50 \text{ km} \quad h_1 = 300 \text{ m} \quad h_2 = 100 \text{ m} \quad K = 4/3$$

$$c = \frac{300 - 100}{300 + 100} = 0,5 \quad m = 0,0294 \times \frac{50^2}{300 + 100} = 0,184 \quad b = 0,43$$

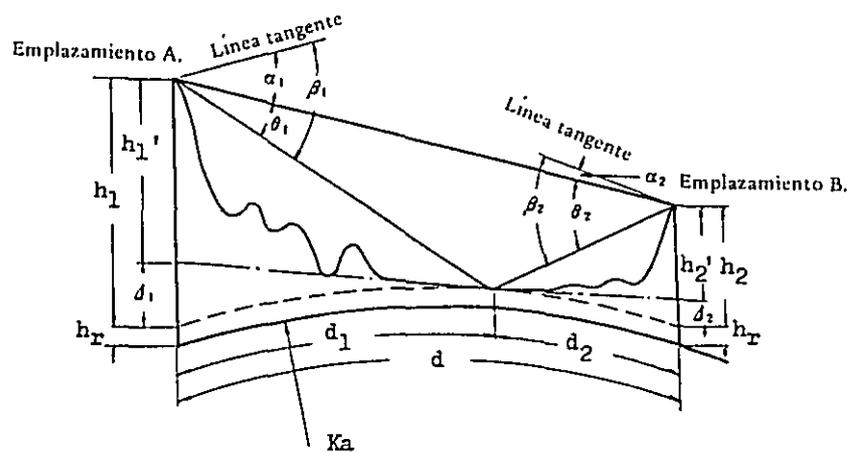
$$d_1 = \frac{50}{2} (1 + 0,43) = 35,8 \text{ km} \quad d_2 = 14,2 \text{ km}$$

Apendice 7. Angulos verticales de los trayectos de radio

Los cálculos de los ángulos de elevación, de declinación y las formadas entre los trayectos directos y reflejada de radio son algunas veces necesarias para la estimación de onda reflejada por la directividad de antena o el diseño de instalación del montaje de la antena.

Para el trayecto de radio en la figura A - 7., estos ángulos verticales pueden ser computados de acuerdo con la fórmula siguiente:

Fig. A-7 Angulos verticales de los trayectos de radio



Angulos verticales de la onda directa

$$\alpha_1 = - \left(\frac{h_1 - h_2}{d} + \frac{d}{2Ka} \right) \quad (A - 10)$$

$$\alpha_2 = - \left(\frac{h_2 - h_1}{d} + \frac{d}{2Ka} \right) \quad (A - 11)$$

Angulos verticales de la onda reflejada

$$\beta_1 = - \left(\frac{h_1}{d_1} + \frac{d_1}{2Ka} \right) \quad (A - 12)$$

$$\beta_2 = - \left(\frac{h_2}{d_2} + \frac{d_2}{2Ka} \right) \quad (A - 13)$$

Angulos incluidos entre las ondas directa y reflejada

$$\theta_1 = \frac{h_1}{d_1} - \frac{h_1 \cdot h_2}{d} - \frac{d_2}{2Ka} \quad (\text{A - 14})$$

$$\theta_2 = \frac{h_2}{d_2} - \frac{h_2 \cdot h_1}{d} - \frac{d_1}{2Ka} \quad (\text{A - 15})$$

En donde, α , β , y θ son en mili-radians, h es en metros y d y a son en kilómetros.

Apéndice 8. Altura efectiva de antena y diferencia del trayecto de radio

Los calculos son hechos por los métodos siguientes, aplicando las dimensiones del trayecto de radio que se indica en la figura antecedente A - 7.

a) Altura efectiva de antena: h_1' h_2'

$$\Delta_1 = \frac{d_1^2}{2Ka} \quad \Delta_2 = \frac{d_2^2}{2Ka} \quad (\text{m}) \quad (\text{A - 16})$$

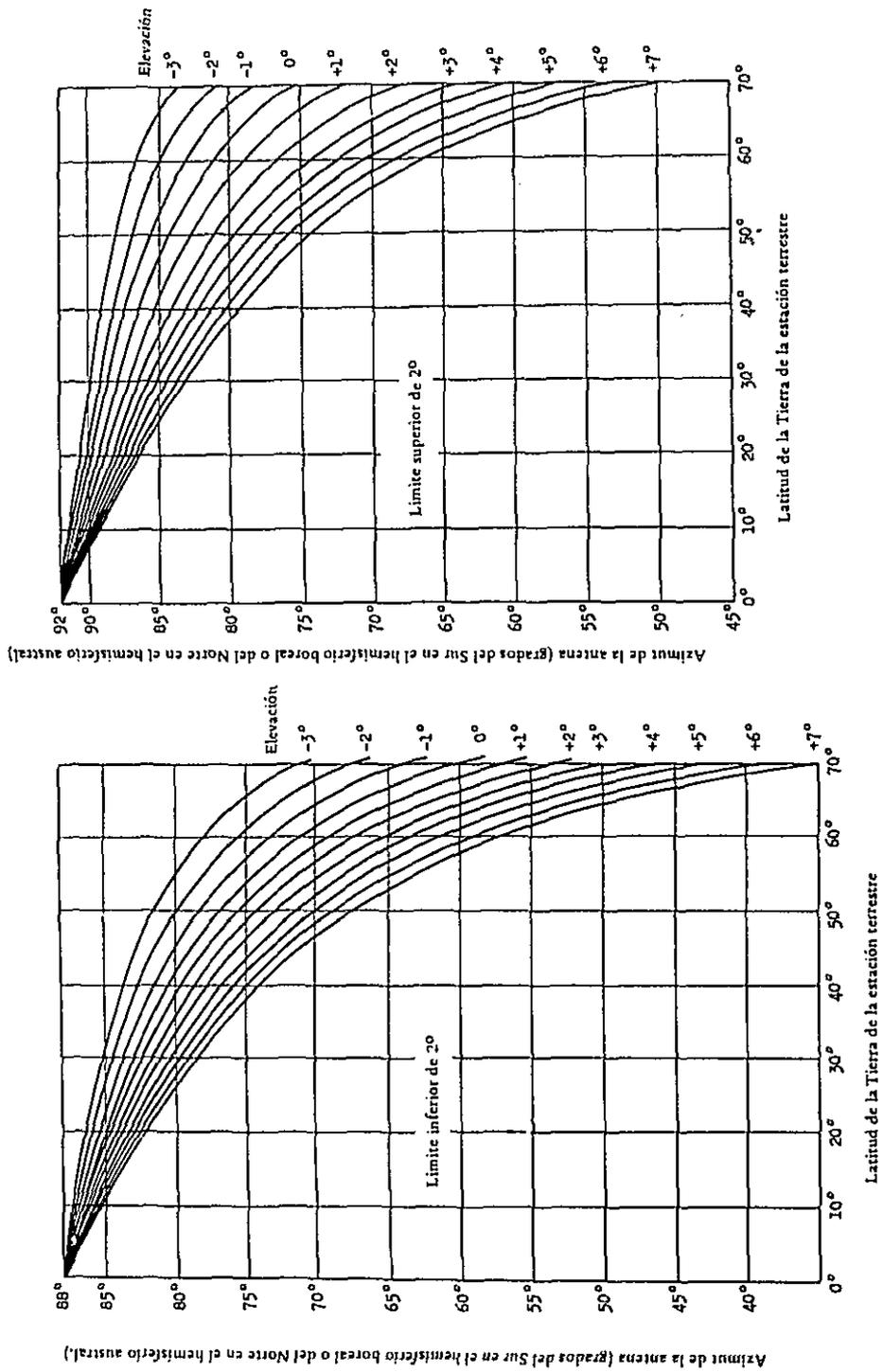
$$h_1' = h_1 - \Delta_1 \quad h_2' = h_2 - \Delta_2 \quad (\text{m}) \quad (\text{A - 17})$$

b) Diferencia del trayecto de radio : S

$$S = \frac{2 h_1' \cdot h_2'}{d} (\text{m}) \quad (\text{A - 18})$$

Apéndice 9. Dirección en azimut de la órbita de satélite estacionario

Fig. A-8. Dirección en azimut de la órbita de satélite estacionario



Apéndice 10. Ruidos de interferencia de espectro continuo

En un sistema que tiene el índice de modulación pequeño, la relación de señal / ruido de interferencia debido a la interferencia de co-canal (la diferencia de frecuencias dentro de unos cientos KHz) se aproxima a la relación de la señal deseada a no deseada más 16 dB. La relación entre la $S/I - D/U$ y la desviación de frecuencia efectiva normalizada es indicada en la figura A - 9. En caso de que el valor de $f_u - f_c$ no es pequeño, debe aplicarse la curva del factor de propagación que se indica en la figura A - 10.

Fig. A-9. Factor de reducción de interferencia contra la desviación efectiva de frecuencia normalizada en la interferencia de co-canal

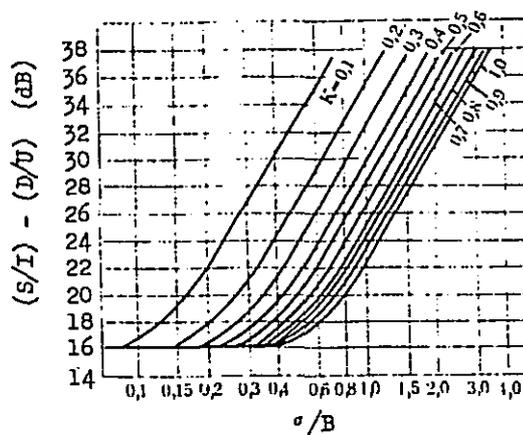
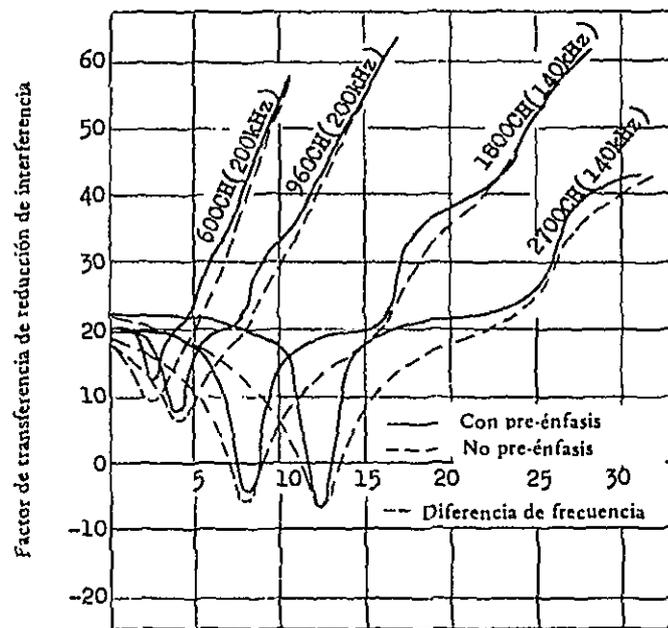


Fig. A-10 Factor de reducción de interferencia contra la diferencia entre frecuencias portadoras



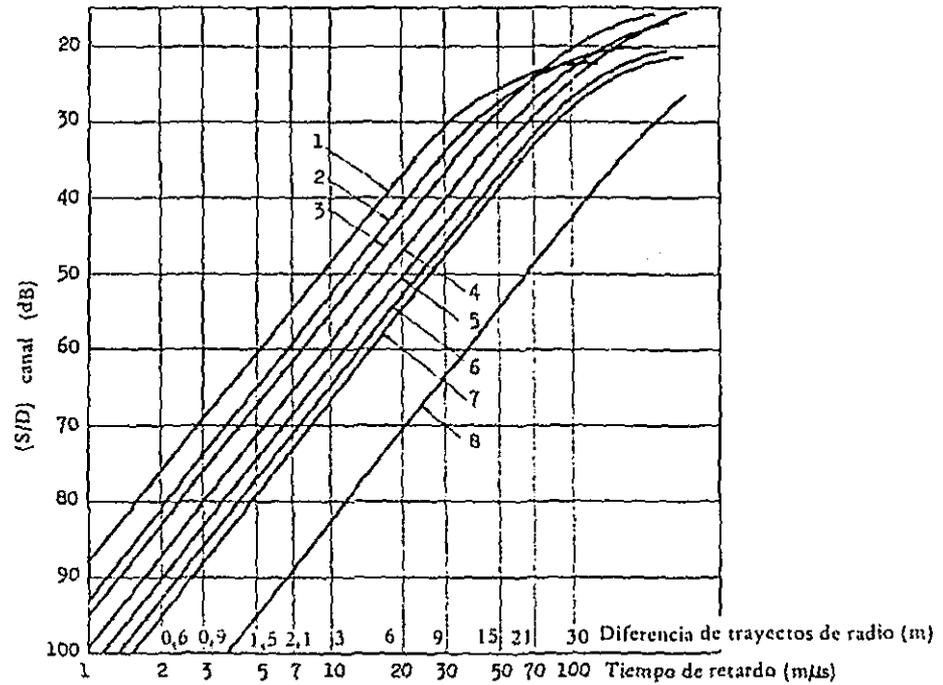
Apéndice 11 Ruido de distorsión de propagación

En un trayecto de radio en donde la onda reflejada no puede ser disminuida adecuadamente se produce la propagación que tiene los trayectos múltiples. Esto causa no sólo el desvanecimiento del tipo K sino índice de ruidos de distorsión de eco en el receptor de radio. Este ruido de distorsión y el ruido de distorsión de propagación se hacen significativo para el sistema super-múltiplex con la capacidad mayor de 1800 canales de mensaje telefónico, aunque el efecto en el desvanecimiento del tipo K debido a la onda reflejada es despreciable. Sobre la selección de emplazamiento del sistema de MO super-múltiplex, se debe tener cuidado para la eliminación de la onda reflejada en el superficie de la tierra debido a estas razones.

El valor del ruido de propagación puede ser estimado de la misma manera como el cálculo de ruido de distorsión de retardo por ecos, cuyos tiempos de retardo de propagación son cortos. Aplicando la atenuación efectiva asumida de la onda reflejada $(D/U)_r$ y el parámetro $(S/D)_{ch}$ desde la fórmula (A - 19) se obtiene el valor del ruido de distorsión de propagación en el peor canal de mensaje $(S/I)_{ch}$. El parámetro $(S/D)_{ch}$ es derivado del nomograma de la figura A - 11, sustituyendo la diferencia entre ambos longitudes de los trayectos o el tiempo de retardo de la onda reflejada.

$$(S/I)_{ch} = (D/U)_r + (S/D)_{ch} \text{ (dB)} \quad (A - 19)$$

Fig. A-11 S/D debido a distorsiones de propagación en el canal más alto de mensaje telefónico



| No. | Capacidad de sistemas | Desviación de frecuencia (KHz, rms) | No. | Capacidad de sistemas | Desviación de frecuencia (KHz, rms) |
|-----|-----------------------|-------------------------------------|-----|-----------------------|-------------------------------------|
| 1 | 2700 | 140 | 5 | 600 | 280 |
| 2 | 1800 | 140 | 6 | 600 | 200 |
| 3 | 1200 | 200 | 7 | 480 | 200 |
| 4 | 960 | 200 | 8 | 120 | 280 |

Apéndice 12. Ráfagas de ruido debido al desvanecimiento severo y aplicación de diversidad de espacio

1) Evaluación del tiempo de interrupción

Bajo las condiciones de desvanecimiento severo la distribución de probabilidad acumulativa de la señal de radio recibida en el trayecto de radio puede ser aproximada por la fórmula de 'Rayleigh', como un resultado de las pruebas de propagación.

Es decir durante el desvanecimiento severo, la probabilidad de que el nivel de señal sea menos que cierto nivel X se hace X/X_0 , o la probabilidad de que la potencia de ruido exceda un cierto valor N se hace N_0/N en donde el nivel de la señal o la potencia de ruido en las condiciones de espacio libre son X_0 y N_0 respectivamente. Por ejemplo, la probabilidad del desvanecimiento de 40 dB es 0,01 % aproximadamente, y la de 50 dB es 0,001 %.

Para el sistema de MO que constituye una parte del circuito telefónico internacional, el requerimiento está detallado en la Recomendación de C.C.I.R. 393, que dice que deberá satisfacer la condición de que la potencia de ruido no debe exceder ---- 1.000.000 pW no ponderada (con un tiempo de integración de 5 ms) durante más de 0,01% de cualquier mes.

Por otra parte, la probabilidad de aparición de este desvanecimiento de Rayleigh para el período largo de tiempo P es citada por la fórmula experimental siguiente (A-20) la cual está derivada del análisis de los resultados de algunas pruebas de propagación en el Japón.

$$P = Q (f/4)^{1,2} d^{3,5} \quad (A - 20)$$

Donde

$$Q = 2,1 \times 10^{-9} \quad \text{Sobre la área montañosa}$$

$$Q = 5,1 \times 10^{-9} \quad \text{Sobre la área plana}$$

$$Q = 1,9 \times 10^{-8} \times \frac{\sqrt{1/\bar{h}}}{0,05} \quad \text{Sobre el mar}$$

\bar{h} : Altura media del trayecto de propagación sobre el mar

f : Frecuencia de radio (GHz)

d : Distancia del salto de radio (Km)

Esta probabilidad P es obtenida de las figuras A - 12 y A - 13. La probabilidad de ocurrencia de ráfagas de ruido P_i , que es definida como la probabilidad del tiempo que excede 1.000.000 pW en cada salto, está expresada por

$$P_i = \alpha P X \frac{N_0}{1.000.000} \quad (A - 21)$$

Donde

α : Margen de seguridad, si la atenuación de reflexión efectiva está menos que 10 Db,

$\alpha = 1$, y más que 10 dB $\alpha = 2$.

N_0 : Potencia de ruido térmico en la condición del espacio libre.

P: Probabilidad del desvanecimiento de Rayleigh.

La probabilidad total de ocurrencias de ráfagas de ruido T es la suma de ellas en cada salto, o sea

$$T = \sum_{j=1}^N P_{ij} \quad (A - 22)$$

Cuando se tiene en cuenta el mejoramiento debido a la conmutación automática del canal de radio, cuya función se hace por el detector de ruido, que monitorea el aumento de ruido en la estación terminal, la probabilidad total de ocurrencias de ráfagas de ruido T' queda reducida por el factor de mejoramiento I.

$$T' = \frac{1}{I} T \quad (A - 23)$$

El valor de I es estimado como 3 a 5, según el coeficiente de correlación de frecuencia entre los canales en servicio y un canal de reserva.

Si el tiempo total de interrupción en el enlace que tiene algunos saltos, cuyo valor, que es la suma de ello en cada salto, excede el objetivo total, se deberá aplicar la diversidad de espacio en las secciones más desfavorables de propagación.

Después de recalcular el tiempo total de interrupción y compararlo con el valor

objetivo del enlace, la diversidad de espacio será aplicada sucesivamente a la segunda y las siguientes secciones desfavorables hasta que la probabilidad total de ocurrencia de ráfagas de ruido se haga menos que el valor objetivo.

2) Factor de mejoramiento debido a la diversidad de espacio.

El factor de mejoramiento, el cual es definido como la relación entre los tiempos de interrupción cuando la diversidad de espacio es aplicada o cuando no es aplicada, difiere debido a las condiciones de propagación.

a) Cuando la atenuación efectiva de reflexión es menos que 10 dB.

Con el sistema de diversidad de espacio parece que el tiempo de interrupción se mejora en un valor de 1/100 por diversos datos experimentales de campo.

b) Cuando la atenuación efectiva de reflexión es mayor que 10 dB.

El factor de mejoramiento se indica en la figura A - 14, por el cálculo de la correlación en el espacio entre las antenas principales y auxiliares, ρ , a través de la ecuación (A-24).

$$\rho = \exp \left[- 0,0021 \cdot \Delta h \cdot f \sqrt{0,4d + k^2 s^2 (1-k^2) \times 10^4} \right] \quad (\text{A} - 24)$$

En donde

d: Distancia del salto (KM)

s: Diferencia del trayecto entre la onda directa y la onda reflejada (m)

$$k: \sqrt{\frac{r^2}{r^2 + 1}}$$

r: Valor real del coeficiente de reflexión de voltaje.

$$r = 10^{\frac{(D/U) \text{ dB}}{20}}$$

D/U = Relación entre la potencia de onda directa y la potencia de onda reflejada.

f: Frecuencia de radio (GHz)

Δh : Espaciado de antenas

Generalmente, 50 es aplicado para el cálculo como el factor de mejoramiento.

3) Espaciado de antenas entre las antenas de principal y auxiliar.

El espaciado de antenas debe ser decidido, de acuerdo al nivel relativo de la onda reflejada.

a) Cuando la atenuación efectiva de reflexión es menos que 10 dB.

En principio, el espaciado entre dos antenas es igual al del medio paso en el diagrama de la ganancia en función de la altura para $K = 4/3$.

b) Cuando la atenuación efectiva de reflexión es más que 10 dB.

El espaciado entre las dos antenas (Δh) puede ser decidido de acuerdo a la figura A-15 tomando un coeficiente de correlación apropiada ρ .

Fig. A-12 Probabilidad de ocurrencias de desvanecimiento de Reyleigh

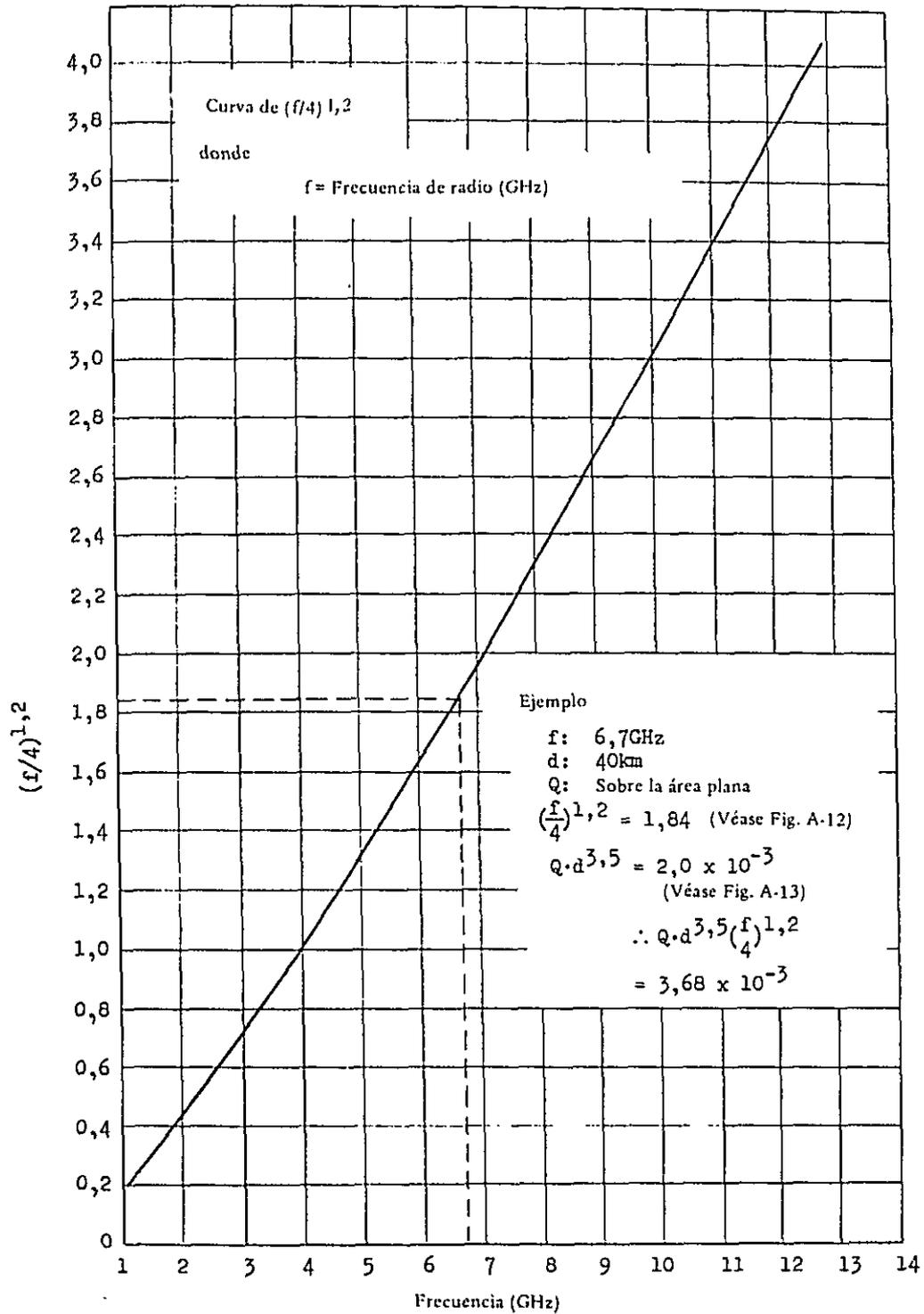


Fig. A-13(a) Probabilidad de ocurrencias de desvanecimiento de Rayleigh

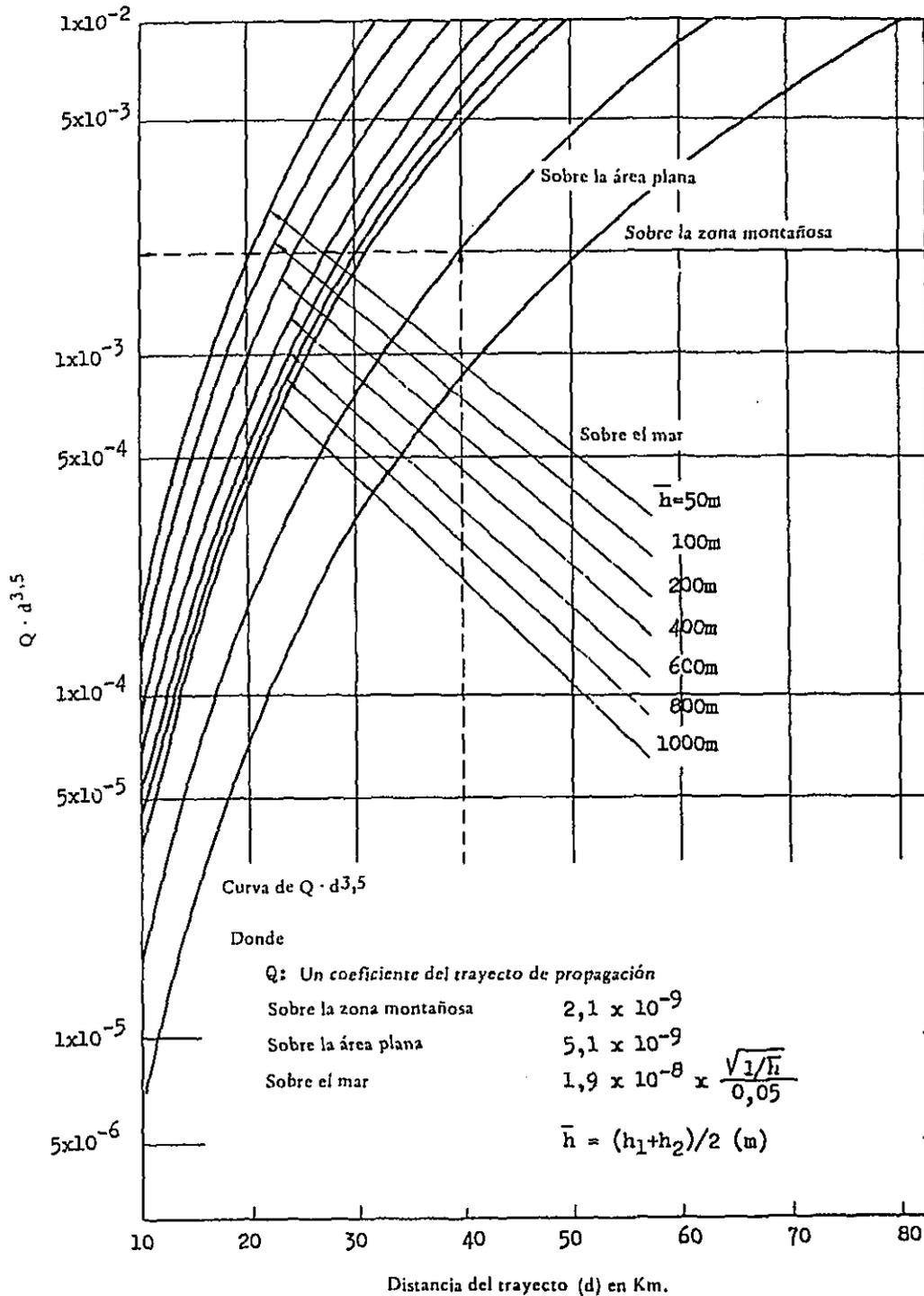


Fig. A-13(b) Probabilidad de ocurrencias de desvanecimiento de Rayleigh

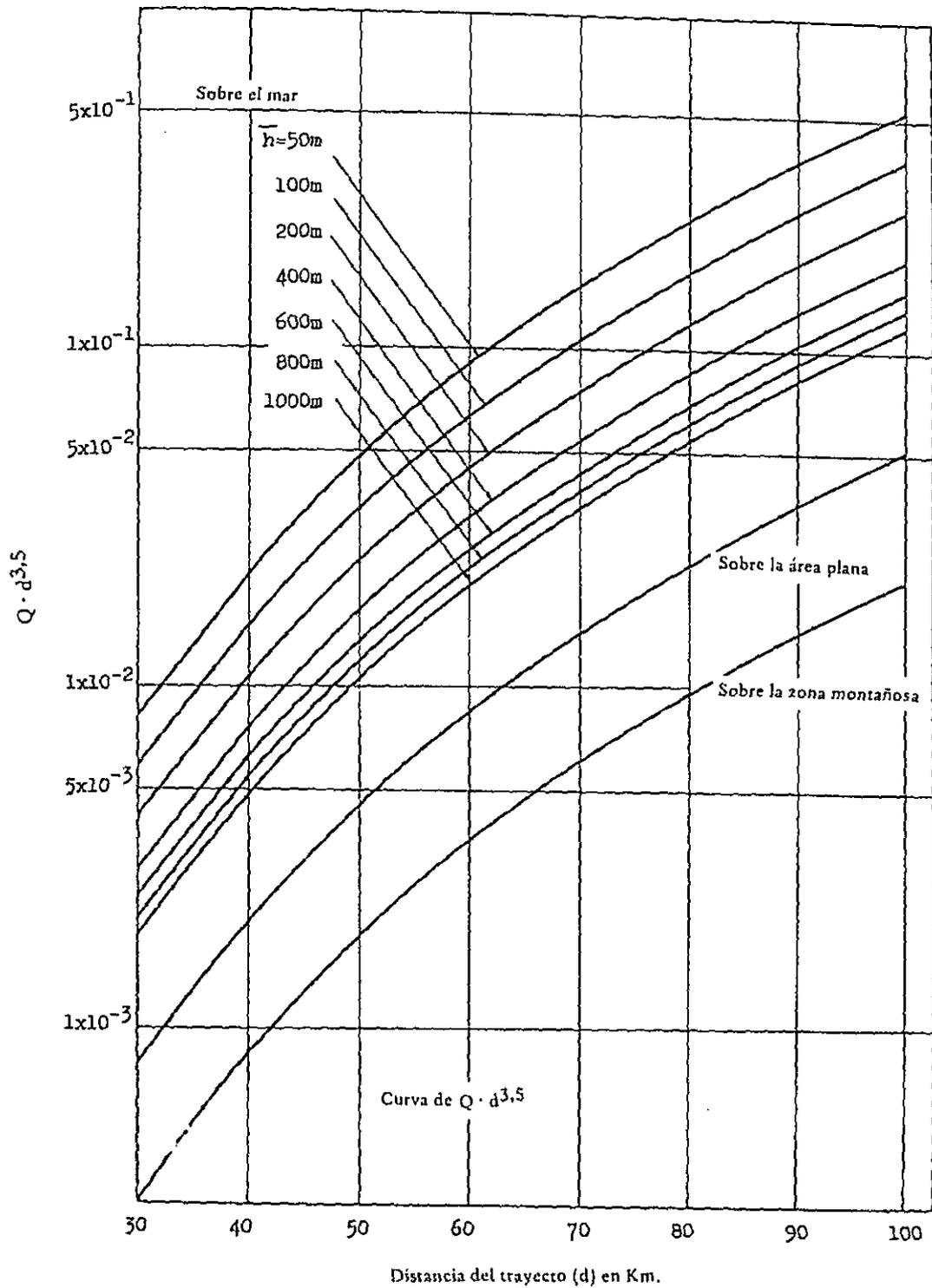


Fig. A-14 Factor de mejoramiento

El margen de desvanecimiento significa la diferencia entre el nivel normal de entrada en el receptor y el nivel de desvanecimiento correspondiente al nivel de conmutación para proteger el canal.

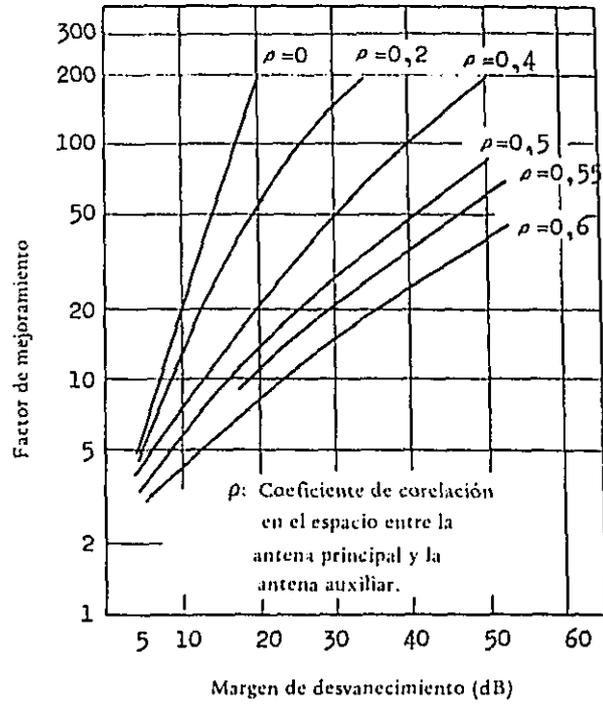
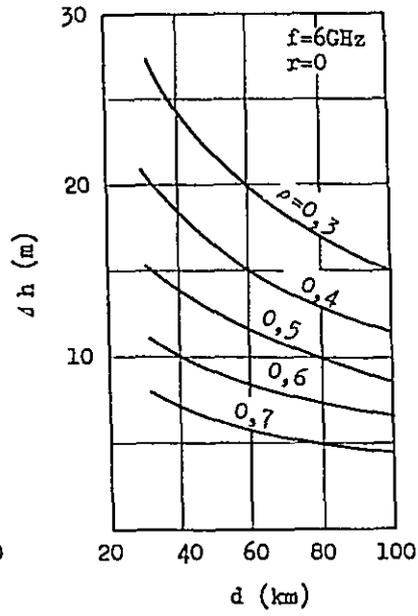
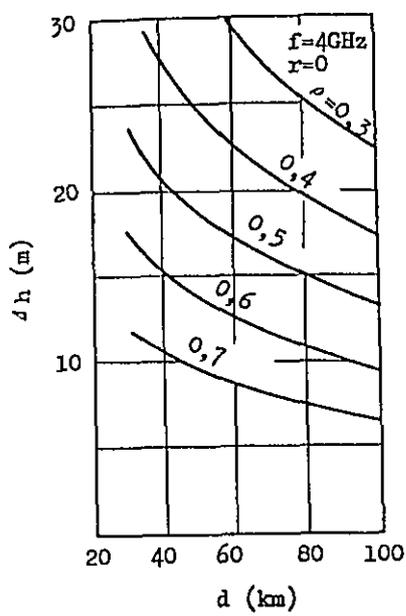


Fig. A-15 Relaciones entre la longitud del trayecto y la distancia de dos antenas que se colocan en verticalidad



- Δh : Distancia entre dos antenas (m)
- ρ : Coeficiente de correlación en el espacio
- r : Valor real de la atenuación de reflexión en voltaje.
- d : Distancia del salto (Km)

M-2

DISEÑO PRACTICO DE SISTEMAS DE MICROONDAS (2)

CONTENIDO

| | | |
|-----------|--|--------|
| SECCION 1 | Sumario de diseño de sistemas de microondas | M-2-1 |
| SECCION 2 | Ejemplo del diseño del sistema de relés por microondas | M-2-11 |
| SECCION 3 | Parámetros del sistema SF-B5 | M-2-27 |

SECCION 1 SUMARIO DE DISEÑO DE SISTEMAS DE MICROONDAS

Parte 1.1 CONDICIONES PRELIMINARES AL DISEÑO DE SISTEMA

1.1.1 Calidad Requerida de la Línea de Enlace y Selección del Sistema Adecuado de Microondas

Las siguientes materias se deben decidir previamente al diseño de sistema:

| | |
|---------------------------------------|--------------------------------------|
| Jerarquía de la línea de enlace | Calidad del enlace |
| Número de canales | Capacidad del transmisión del enlace |

A base de estas condiciones, se decide la banda de frecuencia y también se puede decidir el sistema de microondas a utilizar.

1) Jerarquía de la línea de enlace

La potencia del ruido y la probabilidad de aparición de interrupción por ruido se deciden de acuerdo a la jerarquía de la línea de enlace. Estos objetivos de acuerdo a la clase de enlace se muestran como sigue:

| | | | | |
|-------|---------|-------------------------|-----------|-------|
| RC-RC | 4L (pw) | $4L \times 10^{-7}$ (%) | Objetivos | CCITT |
| RC-DC | 2.000 | 2×10^{-4} | Objetivos | NTT |
| DC-TC | 5.000 | 5×10^{-4} | Objetivos | NTT |
| TC-EO | 2.000 | 2×10^{-4} | Objetivos | NTT |

Ejemplo 1

Los Objetivos de la potencia de ruido del enlace RC-DC: 2.000 pw

Objetivos de la potencia de ruido del equipo terminal múltiplex: 500 pw

Por lo tanto, el objetivo de potencia de ruido del enlace de radio

– relés por microondas se calcula del modo siguiente: $2.000 - 500 = 1.500$ (pw)

Ejemplo 2

La distancia del enlace final superior RC-DC; 150 km

Distancia de diseño inicial del enlace: 100 km

En este caso, el objetivo de la potencia de ruido de este tramo se calcula del modo siguiente: $100 / 150 \times 1.500 = 1.000$ (pw)

2) Número de canales requeridos

El sistema adecuado de microondas se decide de acuerdo al número estimado de canales requeridos hasta 15 años después de entrada en servicio del enlace. La aplicación normal del sistema de microondas se muestra en el párrafo 1.1.2 del texto.

En el caso de que muchos de los sistemas de microondas satisfacen igualmente los requisitos antes indicados, el sistema adecuado de microondas se decide teniendo en cuenta las facilidades existentes, tendencias de servicios futuros, y las interferencias con otras rutas.

1.1.2 Características de Sistemas de Microondas

- * Transmisión de señal telefónica a larga distancia:
bandas de 4, 5 y 6 Ghz
- * Transmisión de señal telefónica a corta distancia:
bandas de 2, 11 y 15 Ghz
- * Transmisión de señal de televisión: bandas de 4 y 11 Ghz

(nota: La banda de 11 Ghz se aplica únicamente para sistemas de corta distancia.)

(1) Bandas de 4, 5 y 6 Ghz

- * La condición de transmisión es muy estable.
- * Alta capacidad.
- * Las bandas de 4, 5 y 6 Ghz se pueden hacer uso común antenas con reflectores de bocina.

(2) Banda de 2 Ghz

- * La distancia de un salto puede ser relativamente larga.
 La probabilidad de aparición de desvanecimientos es menor.
 La atenuación debido a lluvia es insignificante.
- * No aplicable para muy altas capacidades.
- * Mayor interferencia debido a poca directividad de la antena.

(3) Bandas de 11 y 15 Ghz

- * Alta capacidad.
- * Menor interferencia debido a la alta directividad de la antena.
- * La distancia de un salto es menor.

(4) Sistema de 2 Ghz de la pequeña capacidad

- * El sistema es más económico para circuitos telefónicos de menos de 600 canales.
- * El consumo de potencia es bajo.

(5) Sistema del PCM de 2 Ghz

- * Interferencia menor.
- * Fácil conexión con sistemas PCM metálicos.

1.1.3 Composición del Enlace

Debido a que todos los equipos se diseñan en base a los circuitos ficticios de referencia, la composición del enlace se debe satisfacer también los requisitos del circuito ficticio de referencia.

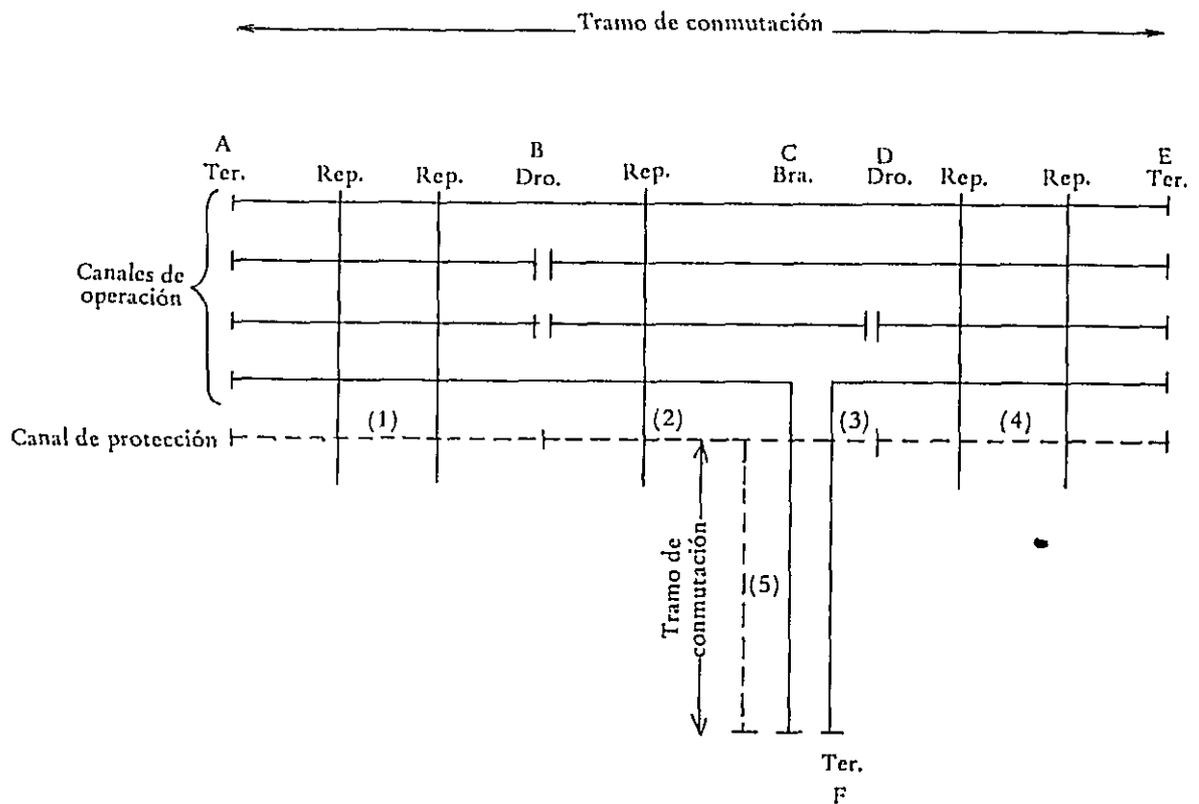
Según la recomendación G.431 del CCITT, el circuito ficticio de referencia de 2.500 km de longitud, se divide en 9 de secciones homogéneas de más o menos 280 km de longitud.

Es práctica normal que una sección homogénea se divide en 6 secciones de repetición,

de casi 50 km de longitud.

La potencia de ruido del modulador y demodulador se incrementa por cada modulación y demodulación, y es difícil que la potencia del ruido del enlace sea menos que su objetivo, si las acciones la modulación y demodulación se repiten en enlaces cortos.

Ejemplo de la Composición del Enlace.



- Ter. : Estación terminal
- Rep. : Estación repetidora
- Dro. : Estación de extracción de canales
- Bra. : Estación de bifurcación

Parte 1.2 SELECCION DE LA UBICACION

1.2.1 Puntos que deben considerarse en la Selección de la Ubicación de las Estaciones planeadas

Es un trabajo importante en el diseño de la ruta de enlace de microondas la selección de las ubicaciones de las estaciones repetidoras incluyendo las estaciones terminales. La ubicación de las estaciones repetidoras determina la trayectoria de la onda radioeléctrica, e influye en la potencia del ruido y en la probabilidad de aparición de interrupciones debido a desvanecimientos en el enlace de microondas.

El sitio de la estación repetidora se decide no sólo en vista de las características de transmisión sino también por las facilidades de las instalaciones, mantenimientos y proyectos futuros.

Los puntos de vista técnicos que deben considerarse en selección de la ubicación se muestran en los siguientes ítems.

(1) Número de las Secciones de Repetición

- * La distancia del salto es largo: Aumento de potencia de ruido y de la probabilidad de aparición de interrupción.
- * La distancia del salto es corto: Antieconómico.

(2) Estudio de Selección y Coincidencia de Frecuencias

- * Las estaciones repetidoras en una misma ciudad usan las mismas frecuencias de transmisión y repetición a fin de evitar interferencias.
- * El número de secciones de repetición entre dos ciudades deben unificarse ya sean en número impar o número par.

Ejemplo:

Número de las estaciones repetidoras entre Tokio y Osaka es impar.

| | |
|------------------------------------|-------------------|
| Ruta No. 1 de Tokio–Nagoya–Osaka | 9 saltos |
| Ruta No. 2 de Tokio–Nagoya–Osaka | 9 saltos |
| Ruta No. 3 de Tokio–Nagoya–Osaka | 9 saltos |
| Ruta No. 1 de Tokio–Kanazawa–Osaka | 11 saltos (6 Ghz) |
| Ruta No. 1 de Tokio–Kanazawa–Osaka | 15 saltos (4 Ghz) |
| Ruta No. 2 de Tokio–Kanazawa–Osaka | 15 saltos (6 Ghz) |
| Ruta No. 2 de Tokio–Kanazawa–Osaka | 17 saltos (4 Ghz) |

(3) Distancia de un Salto

- * La distancia de salto debe mantener en lo posible la distancia normal. (equilibrio de ruidos térmicos o ruidos de interferencia en cada salto)
- * Limitación de la distancia de un salto debido a lluvia (11 Ghz).

(4) Angulo de Cambio de Dirección

- * Angulo de doblez debe hacerse lo más grande posible:
Acoplamiento de F/B (frente a espalda)
- * El ángulo de doblez debe estar adecuadamente en zigzag:
Sobrealcance

(5) Condición Estable de Transmisión

- * Despeje en el punto del obstáculo:
 $K = 4/3$ y $K = 2/3$
- * Trayectoria de la onda sobre montañas, ciudades etc.:
Desvanecimientos
- * Altura del obstáculo: para evitar ondas reflejadas

(6) Interferencia

- * Otras rutas de microondas.
- * Sistema de la comunicación vía satélite.
- * Estaciones de radar y otras estaciones radioeléctricas.

- * Sobrealcances en la misma ruta.

(7) Proyectos Futuros

Selección de lugares de estaciones que puedan ser utilizados para muchos servicios.

(8) Otros

- * Trayectoria de la onda a través de ciudad: Edificios altos
- * Trayectoria de la onda sobre mar: Tomar medidas para evitar desvanecimientos

Teniendo en cuenta los puntos antedichos, se escogen los mejores lugares para las estaciones repetidoras y se lleva a cabo el diseño del sistema.

1.2.2 Procedimiento de la Selección de Localización de Estaciones

(1) Dibujar el Perfil de la Trayectoria

- * $K = 4 / 3$
- * $K = 2 / 3$

(2) La Zona de Fresnel: h_0

(3) El Despeje en el Punto del Obstáculo

- * El despeje en el punto del obstáculo: h_c
- * Altura de las antenas: h_1, h_2

$$\begin{aligned} \text{(condiciones)} \quad & h_c / h_0 \geq 1 \quad (K = 4/3) \\ & h_c / h_0 \geq 2/3 \quad (K = 2/3) \end{aligned}$$

(4) Onda Reflejada

- * Punto de reflexión

- * Angulos compuestos por las ondas directa y reflejada entre los puntos A y B: θ_1, θ_2
- * Atenuaciones de la onda reflejada
- * Diferencia de las trayectorias entre la onda directa y la onda reflejada: S

(5) Angulo del Azimuth

(6) Estudio de la Localización en Sitio

A base de los estudios de las materias antedichas hecho en el escritorio, se efectuan estudios en sitio en los lugares planeados para la estación debiendo hacerse dos o tres visitas de acuerdo a la necesidad.

- * Primer estudio de la localización en sitio
El lugar, Caminos y Carreteras, y Alimentación de energía eléctrica comercial.
(Dos o tres rutas propuestas se escogen entre las muchas otras rutas que se seleccionan por medio del trabajo en escritorio.)
- * Segundo estudio de la localización en sitio
Prueba del espejo o prueba del globo de sonda.
Estudio de la trayectoria de la onda.
Estudio en sitio del terreno del lugar.
- * Tercer estudio de la localización en sitio
Estudio más detallado en caso de necesidad.
- * Prueba de propagación
Cuando sea necesario.

Parte 1.3 DISEÑO DEL SISTEMA

1.3.1 Potencia del Ruido

(1) Método del Cálculo

- * Valor no ponderado y valor ponderado.
Rec. P.53 CCITT

(2) Objetivos

- * Rec. G.222 del CCITT
- * Rec. 393-2 ó 395-1 del CCIR

(3) Ruido Térmico de los Equipos de la Estación Repetidora

- * Potencia en la entrada del receptor.
- * Ruido térmico

(4) Ruido de Distorsión

(5) Ruido de Interferencia

- * Acoplamiento de frente-a-lado: debido a misma ruta y de otras rutas
- * Acoplamiento de frente-a-espalda: debido a ruta de bifurcación
- * Sobrealcance: debido a misma ruta, otras rutas y rutas de bifurcación
- * Ruidos de interferencia

(6) Ruidos de Distorsión por Propagación

- * Puntos de reflexión

(7) Operación de Squelch (Silenciamiento)

- * Ondas de interferencia

(8) Ajuste de Pérdida de Transmisión

- * Potencia máxima permisible a la entrada del receptor.

1.3.2 Probabilidad de Aparición de Interrupción o Roturas

(1) Objetivos

- * Rec. G.222 del CCITT
- * Rec. 393-2 ó 395-1 del CCIR

(2) Probabilidad de la Aparición de Desvanecimientos del Tipo Rayleigh

- * La fórmula empírica

(3) Medidas contra el Desvanecimiento

- * Técnica de diversidad del espacio
- * Sistema de la antena múltiple

(4) Atenuación debido a la Lluvia

- * Banda de frecuencia de más de 11 Ghz

1.3.3 Interferencias Especiales

(1) Sistema de la Comunicación vía Satélite

- * Protección para la órbita de satélites geoestacionarios
- * La Recomendación 406-3 del CCIR

(2) Radares

(3) Reflexión desde Construcciones

SECCION 2 EJEMPLO DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE RELES POR MICROONDAS

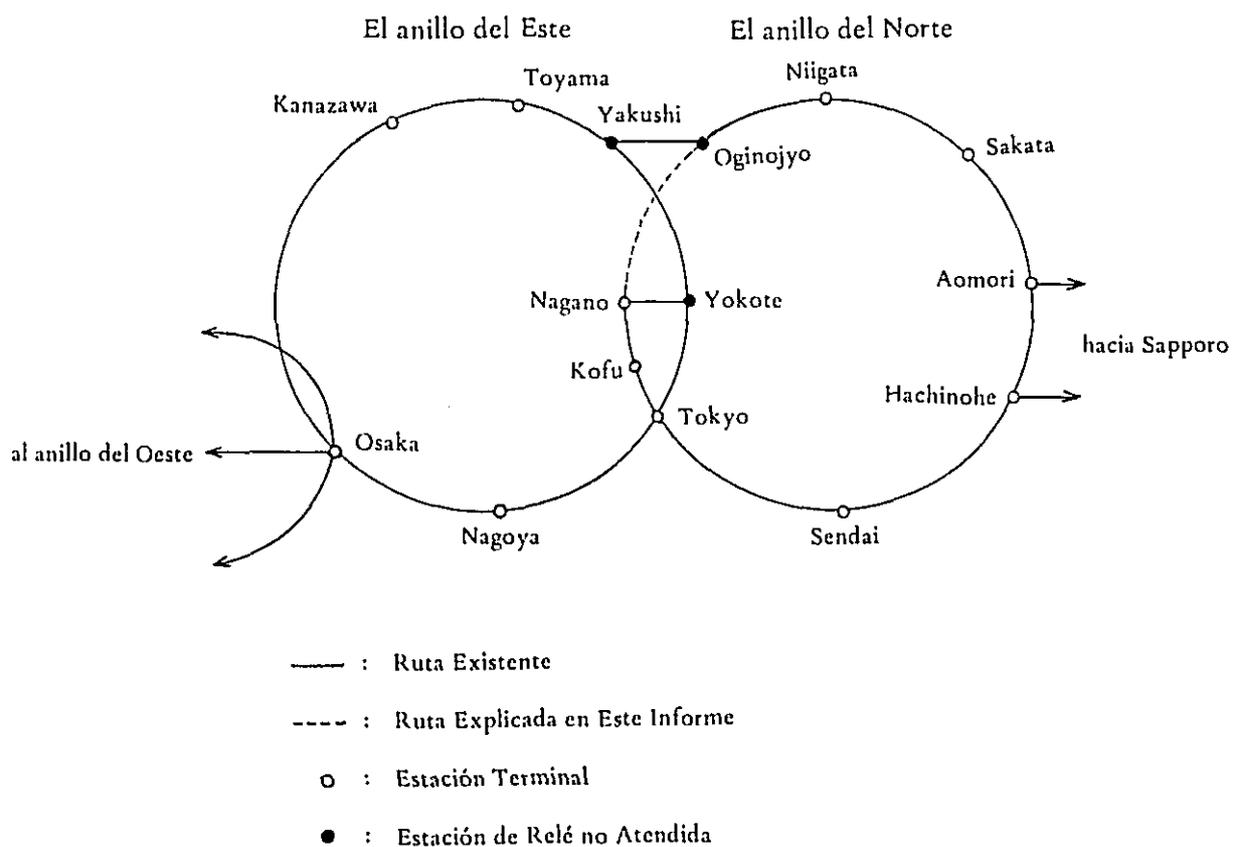
(Banda de 4 Ghz, Sistema del SF-B5)

Ruta: NAGANO – NIIGATA

2.1 GENERALIDADES

Hay tres anillos en la red existente de televisión en el Japón. Pero, el anillo del Este y el otro anillo del Norte no se separan completamente, y se usan en común la misma ruta, Tokio – Yokote – Yakushi. Por lo tanto, todos estos anillos quedarán afectados por las fallas de estas estaciones en casos de desastre regional.

Por esta razón, se preparará una nueva ruta de transmisión de televisión entre las ciudades de Nagano y Niigata, y esta ruta (Tokio – Kofu – Nagano – Niigata) se independizará de la ruta existente (Tokio – Yokote – Yakushi) para evitar fallas simultáneas de estos anillos.



2.2 CONDICIONES DE ESTA RUTA

- (1) Para independizar completamente estos anillos, no deben usarse las estaciones repetidoras existentes, Yokote y Yakushi, y las estaciones nuevas deben construirse tan lejos como sea posible de dos estaciones existentes para evitar interrupción simultánea de ambas rutas a causa de desastre como terremotos etc.
- (2) Es deseable usar la ruta existente de Oginojyo – Niigata.
- (3) La ruta Nagano – Yokote se usará para conexión entre el anillo del Este y el anillo del Norte en caso de accidente.
- (4) El número de saltos entre la ciudad Nagano y Niigata tiene que ser número par para la combinación de frecuencias.

2.3 CONCLUSION

Las dos estaciones repetidoras nuevas se localizarán entre las estaciones repetidoras de Nagano y de Oginojyo.

2.4 PROGRESO DE LA SELECCION DE RUTA

2.4.1 Estudio en Oficina

Se habían propuesto cuatro rutas para conectar Nagano con Niigata.

- (A) Nagano – Uenotaira – Shiroyama – Oginojyo – Niigata
- (B) Nagano – Uenotaira – Nashinokidaira – Oginojyo – Niigata
- (C) Nagano – Sakanaka – Akakura – Naoetsu – Yoneyama – Oginojyo – Niigata
- (D) Nagano – Uenotaira – Mashugata – Mt. Yamamoto – Nagaoka – Yahiko – Niigata

2.4.2 Resultado del Investigación y Estudio en Sitio

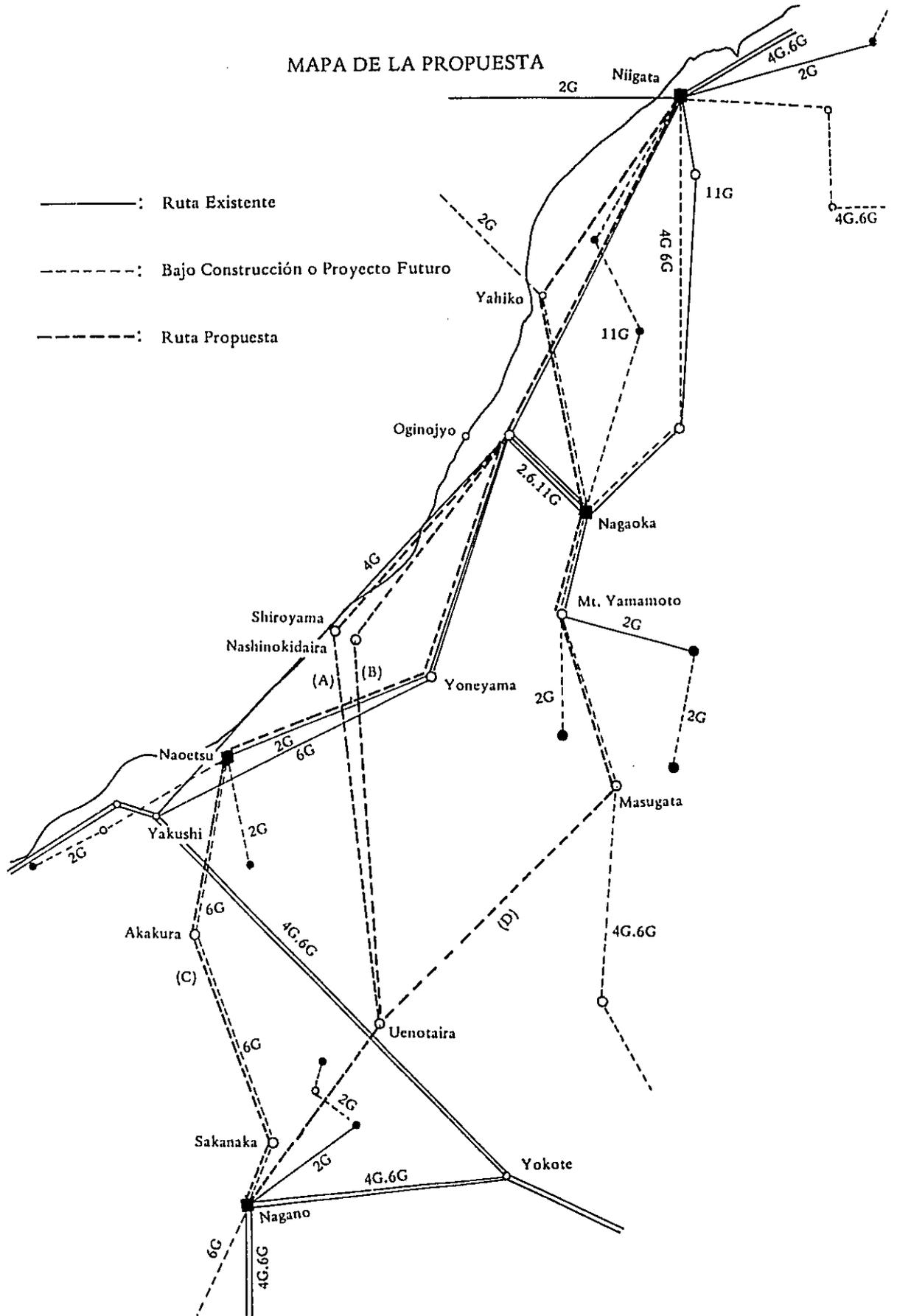
- (A) 1) Era la ruta más favorable en el estudio en oficina.

- 2) En el sitio de Shiroyama es muy difícil construir el camino de acceso. Porque, el sitio está en la cumbre de fuerte pendiente y existe peligro de derrumbamiento de tierra.
- (B)
- 1) Ambos lugares están en zona de fuerte nevada. Sin embargo, el lugar de Uenotaira es un lugar de esparcimiento (esquí) y otro sitio de Nashinokidaira está muy cerca de la aldea.
 - 2) El número de estaciones repetidoras es menor que (C) y (D).
 - 3) Las distancias de cada salto están balanceadas.
 - 4) Están bastante lejos de las estaciones existentes del anillo del Este.
- (C)
- 1) Hay solamente 5,3 km de distancia entre Yakushi y Naoetsu. Luego, esta ruta no será útil para evitar un accidente en casos de terremotos.
 - 2) El número de estaciones es mayor.
- (D)
- 1) Habrá interferencia con el proyecto futuro que conecta Tokio, Maebashi, Nagaoka y Niigata.
 - 2) El número de las estaciones repetidoras es mucho.

2.4.3 Conclusión

La ruta (B) es la mejor de todas.

MAPA DE LA PROPUESTA



2.5 EJERCICIOS DEL DISEÑO DE SISTEMA DE MICROONDAS

1. Averiguar el sitio propuesto por medio de mapas y cartas.

* Los sitios propuestos se expresan en la tabla de página siguiente.

2. Dibujar el perfil de trayectoria con $K = 4/3$ en cada tramo y luego, con $K = 2/3$.

3. Examen de alturas de antenas requeridas.

4. Examen del despeje en el punto del obstáculo.

5. Examen de las ondas reflejadas.

6. Examen de la interferencia con los sistemas de comunicaciones de satélites estacionarios.

7. Decisión de la antena a utilizar.

8. Cálculo del valor del objetivo.

9. Cálculo del ruido térmico.

10. Cálculo del ruido de interferencia de la misma ruta.

11. (Cálculo del ruido de interferencia desde otras rutas)

12. Cálculo de los ruidos de intermodulación.

13. Cálculo de los ruidos de distorsión por propagación.

14. Examen de la probabilidad de aparición de interrupción.

15. Diseño de diversidad de espacio.

16. Conclusión.

* Los Sitios Propuestos

| Estación | Longitud (Este) | Latitud (Norte) |
|---------------------|-----------------|-----------------|
| (T1) Nagano | 138°11'16" | 36°38'28" |
| (R1) Uenotaira | 138°29'00" | 36°54'06" |
| (R2) Nashinokidaira | 138°27'38" | 37°17'22" |
| (R3) Oginojyo | 138°44'14" | 37°29'46" |
| (T2) Niigata | 139°03'19" | 37°55'08" |

* Altura del Antena y Longitud de Guías de Onda en cada Estación

| Estación | Elevación (m) | Altura de la Torre sobre el Suelo (m) *1 | Altura del Soporte (m) +2 | Altura de la Antena sobre el Mar (m) | Longitud de la Guía de Onda (m) *3 |
|----------|---------------|--|---------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| T1 | 363 | 75 (30) | 3 | 441 | 65 |
| R1 | 1.450 | 25 (10) | 3 | 1.478 | 30 |
| R2 | 422 | 25 (10) | 3 | 450 | 30 |
| R3 | 320 | 25 (10) | 3 | 348 | 30 |
| T2 | 2 | 75 (30) | 3 | 80 | 65 |

*1 Número de interior de paréntesis curvo (x) significa altura de edificio sobre la tierra.

Ejemplo: Altura de la torre sobre la tierra 75 m =
 Altura del edificio sobre la tierra 30 m +
 Altura de la torre sobre el techo 45 m

*2 Altura del soporte para antenas parabólicas de 4 m de diámetro.

*3 Se utilizan guías de onda rectangulares como alimentador.

RUTA EXISTENTE
(que se debe considerar la interferencia)

* Polarización, Frecuencia

- N: normal
- S: slot
- R: derecha
- L: izquierda
- V: vertical
- H: horizontal

■ : estación de frecuencia f_1
● : estación de frecuencia f_2

○ : estación de frecuencia f_2

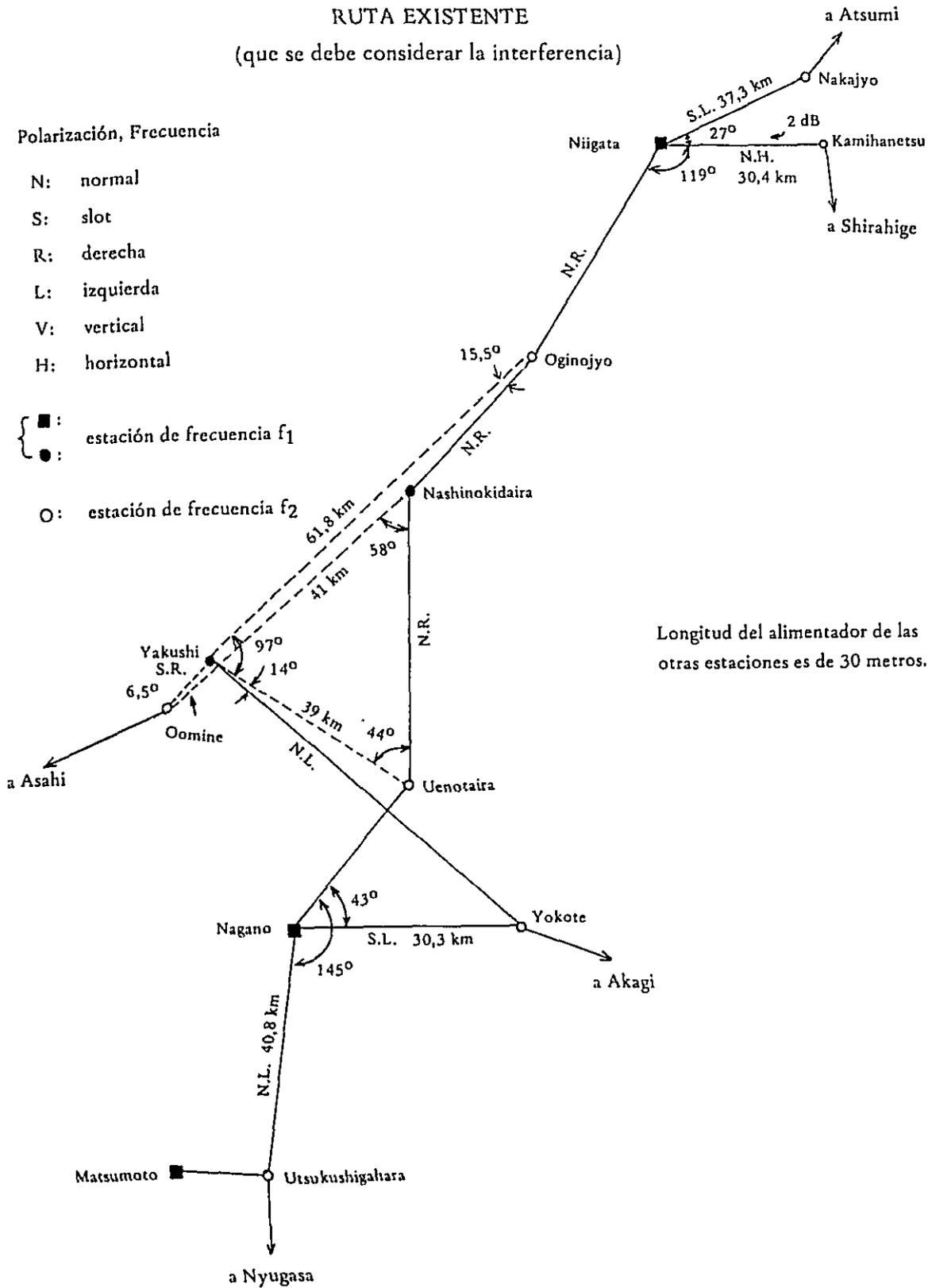


Tabla 1 Resumen

| Concepto | | Artículo |
|---|---|----------|
| Banda de Frecuencia | | |
| Tipo del Sistema | | |
| Número de Saltos | | |
| Distancia Total | | |
| Arreglo de la Frecuencia | | |
| Polarización | | |
| Salto Aplicado con Diversidad de Espacio | | |
| Salto Aplicado con Ajuste de Potencia del Tx. | | |
| Cantidades Totales de Transmisión | Ruido | |
| | Probabilidad de Aparición de Interrupción | |
| Interferencia | Satélite Estacionario | |
| | Estación Terrestre | |
| | Radar | |
| | Otros Enlaces Terrestres | |
| Estación de Bifurcación de Canales en el Futuro | | |

RUTA

- T1: Nagano
- R1: Uenotaira
- R2: Nashinokidaira
- R3: Oginoyjo
- T2: Niigata

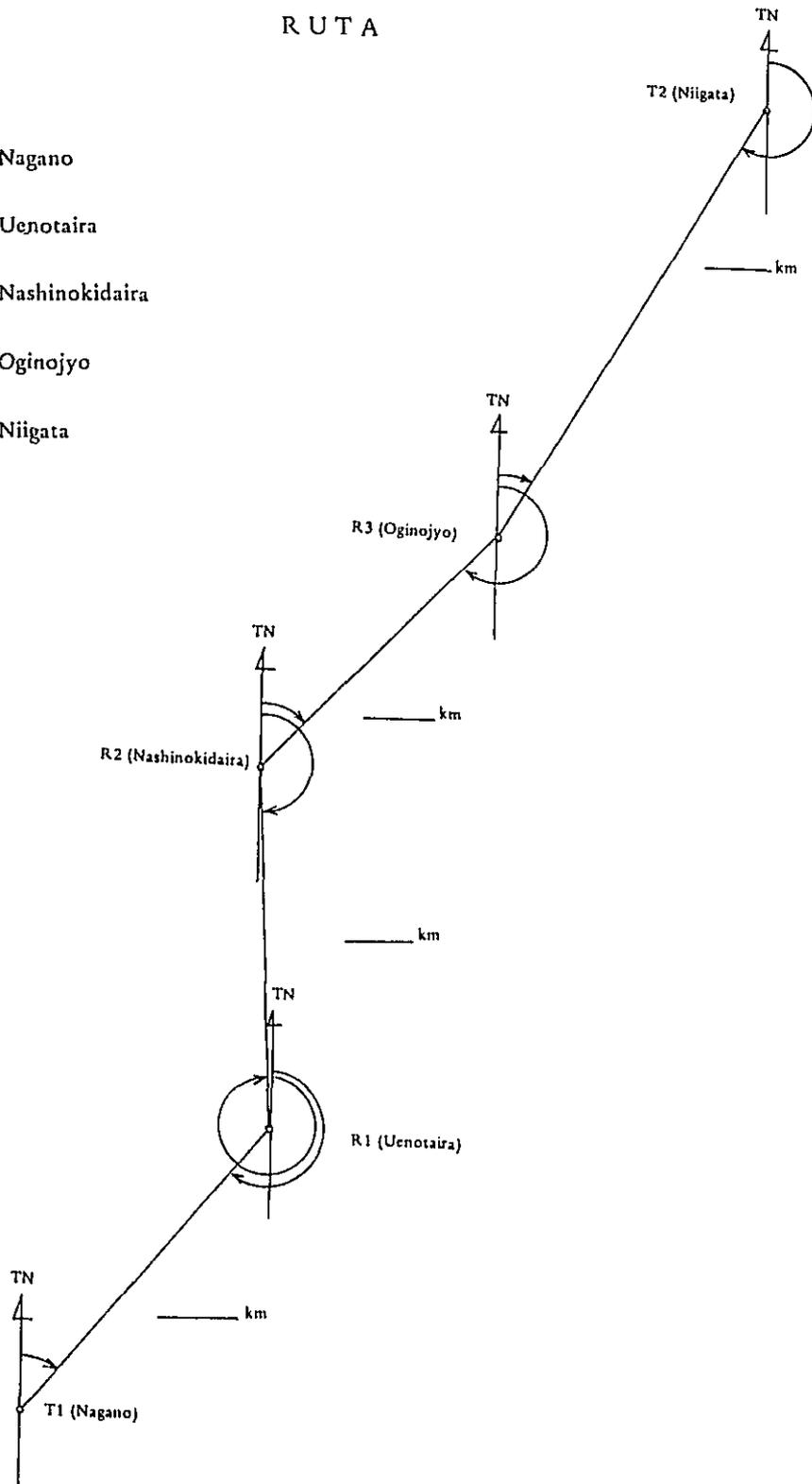


Tabla 2 Características de Propagación

con $K = 4/3$, (): con $K = 2/3$

| Concepto | | Estación | | | | | | | |
|----------------------------------|---|-------------------------------|-----|-----|-----|-----|--|--|--|
| Despeje en el Punto de Obstáculo | Altura de Antena sobre el Nivel del Mar | m | | | | | | | |
| | Distancia de al Trayectoria | km | | | | | | | |
| | Distancia hasta la Altura de Obstáculo | km | | | | | | | |
| | Altura del Obstáculo sobre el Nivel del Mar | m | | | | | | | |
| | Despeje en el Punto de Obstáculo (1) | m | () | () | () | () | | | |
| | Radio del Fresnel en el Punto de Obstáculo (2) | m | | | | | | | |
| | Diferencia entre (1) y (2) | m | () | () | () | () | | | |
| | Nota | | | | | | | | |
| Onda Reflejada | Punto de Reflexión | Distancia desde la Estación | km | | | | | | |
| | | Altura sobre el Nivel del Mar | m | | | | | | |
| | | Condición | | | | | | | |
| | | Pérdida de Reflexión | dB | | | | | | |
| | Angulo Incluido (entre onda directa y reflejada) | deg | | | | | | | |
| | Tipo de Antena | | | | | | | | |
| | Pérdida por Directividad | dB | | | | | | | |
| | Distancia entre Punto de la Reflexión y la Altura del Obstáculo | km | | | | | | | |
| | Altura del Obstáculo | m | | | | | | | |
| | Pérdida por la Altura del Obstáculo | dB | | | | | | | |
| | Pérdida Total | dB | | | | | | | |
| | Diferencia de Longitudes de las Trayectorias | m | | | | | | | |
| | Nota | | | | | | | | |

Tabla 3 Decisión de la Antena a Utilizar

| Concepto | | Estación | | | | | | | |
|--------------------------------------|--|---------------------------------|----------|-----|----|--|--|--|--|
| | | | | | | | | | |
| Para la Potencia Normal de Recepción | Potencia Normal de Recepción (Prs) | | | dBm | | | | | |
| | Espacio Libre | Distancia (d) | | km | | | | | |
| | | $20 \log d$ | | dB | | | | | |
| | | $20 \log 4 \pi / \lambda$ | | dB | | | | | |
| | | Pérdida (Γ_o) | | dB | | | | | |
| | Pérdida de Alimentador | Circular | Longitud | | m | | | | |
| | | | Pérdida | | dB | | | | |
| | | Rectangular | Longitud | | m | | | | |
| | | | Pérdida | | dB | | | | |
| | | Pérdida de Filtro de Derivación | | | dB | | | | |
| | | Otras Pérdidas | | | dB | | | | |
| | | Total (Lf) | | | dB | | | | |
| | Potencia de Transmisión (Pt) | | | dBm | | | | | |
| | Ganancia Requerida (Gts + Grs) | | | dB | | | | | |
| Para la Potencia Máxima de Entrada | Potencia Máxima Permisible de Recepción | | | dBm | | | | | |
| | Ganancia Máxima Permisible (Gts + Grs) max | | | dB | | | | | |
| Antena a Utilizar | Tipo (código) | | | | | | | | |
| | Ganancia | | | dB | | | | | |
| Nota | | | | | | | | | |

Tabla 4 Cálculo del Ruido

| Concepto | | | Valor |
|-------------------|--------------------------------------|------------------|-------|
| Ruido Constante | Ruido Térmico | | pW |
| | Ruido de Interferencia (Alimentador) | | pW |
| | Ruido de Intermodulación | | pW |
| Ruido Dependiente | Ruido Térmico | | pW |
| | Interferencia | En la Misma Ruta | pW |
| | | De Otras Rutas | pW |
| | Distorsión por Propagación | | pW |
| Ruido Total | | | pW |
| Objetivos | | | pW |
| Decisión | | | |

Tabla 5 Ruido Térmico

| Concepto | | Estación | | | | | | | | |
|--|---------------------------------------|----------------|----|-----------------------------|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | | | | | |
| Espacio Libre | Distancia | km | | | | | | | | |
| | $20 \log d$ | dB | | | | | | | | |
| | $20 \log 4 \pi / \lambda$ | dB | | | | | | | | |
| | Pérdida | dB | | | | | | | | |
| Ajuste de la Potencia de Transmisión Tx. | | dB | | | | | | | | |
| Alimentador | Circular | Longitud | m | | | | | | | |
| | | Pérdida | dB | | | | | | | |
| | Rectangular | Longitud | m | | | | | | | |
| | | Pérdida | dB | | | | | | | |
| | Filtro de Derivación y Otras Pérdidas | | dB | | | | | | | |
| | Total | | dB | | | | | | | |
| Antena | Tipo | | | | | | | | | |
| | Ganancia | dB | | | | | | | | |
| Reflector | Tipo | m ² | | | | | | | | |
| | Ganancia | dB | | | | | | | | |
| Potencia de Transmisión | | dBm | | | | | | | | |
| Potencia de Recepción | | dBm | | | | | | | | |
| Ruido Térmico | Constante de Conversión de S/N | | | | | | | | | |
| | S/N | dB | | | | | | | | |
| | N | pW | | | | | | | | |
| | Valor Suplementario * | | dB | _____dB - _____dB = _____dB | | | | | | |
| | Total | | pW | | | | | | | |

* Deterioración debido a Desvanecimiento Simultáneo Mejoramiento debido a Enfasis.

Tabla 6A Ruido de Interferencia y Verificación de Operación del Squelch (silenciamiento)

| Concepto | | Categoría de Interferencia | | | | | | | |
|---------------------------------------|---|----------------------------|-----|---|---|---|---|---|---|
| | | U-D | MHz | | | | | | |
| Trayectoria de la Onda No-deseada (U) | | | | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ |
| Trayectoria de la Onda Deseada (D) | | | | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ |
| Diferencia de Frecuencia | | U-D | MHz | | | | | | |
| Polarización | | U | | | | | | | |
| | | D | | | | | | | |
| Tipo de Antena | | UT | | | | | | | |
| | | UT | | | | | | | |
| | | DR | | | | | | | |
| Angulo horizontal de la Antena | | UT | deg | | | | | | |
| | | DR | deg | | | | | | |
| Distancia | | U | km | | | | | | |
| | | D | km | | | | | | |
| Directividad de la Antena | | UT | dB | | | | | | |
| | | DR | dB | | | | | | |
| Diferencia | Pérdida de Espacio Libre | U-D | dB | | | | | | |
| | Ganancia del Reflector | D-U | dB | | | | | | |
| | Pérdida de Alimentador de Tx. | U-D | dB | | | | | | |
| | Potencia de Tx. | D-U | dB | | | | | | |
| | Ganancia de Antena de Tx. | D-U | dB | | | | | | |
| | Pérdida por Altura del Obstáculo | U-D | dB | | | | | | |
| | Ajuste de Potencia de Transmisión de Tx. | U-D | dB | | | | | | |
| Onda deseada / Onda no-deseada (D/U) | | | dB | | | | | | |
| Ruido | Constante de Conversión de D/U – S/I | | dB | | | | | | |
| | Señal / Interferencia (S/I) | | dB | | | | | | |
| | Ruido | | pW | | | | | | |
| | Total | | pW | | | | | | |
| Squelch | Nivel de Recepción | D | dBm | | | | | | |
| | | U | dBm | | | | | | |
| | Selectividad por Diferencia de Frecuencia | | dB | | | | | | |
| | Nivel del Squelch – 3 dB | | dB | | | | | | |
| Margen | | dB | | | | | | | |

Tabla 6B Ruido de Interferencia y Verificación de Operación del Squelch (silenciamiento)

| Concepto | | Categoría de Interferencia | | | | | |
|---------------------------------------|---|----------------------------|-----|-----|---|---|---|
| | | U-D | MHz | | | | |
| Trayectoria de la Onda No-deseada (U) | | | | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ |
| Trayectoria de la Onda Deseada (D) | | | | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ |
| Diferencia de Frecuencia | | U-D | MHz | | | | |
| Polarización | | U | | | | | |
| | | D | | | | | |
| Tipo de Antena | | UT | | | | | |
| | | UT | | | | | |
| | | DR | | | | | |
| Angulo horizontal de la Antena | | UT | deg | | | | |
| | | DR | deg | | | | |
| Distancia | | U | km | | | | |
| | | D | km | | | | |
| Directividad de la Antena | | UT | dB | | | | |
| | | DR | dB | | | | |
| Diferencia | Pérdida de Espacio Libre | | U-D | dB | | | |
| | Ganancia del Reflector | | D-U | dB | | | |
| | Pérdida de Alimentador de Tx. | | U-D | dB | | | |
| | Potencia de Tx. | | D-U | dB | | | |
| | Ganancia de Antena de Tx. | | D-U | dB | | | |
| | Pérdida por Altura del Obstáculo | | U-D | dB | | | |
| | Ajuste de Potencia de Transmisión de Tx. | | U-D | dB | | | |
| Onda deseada / Onda no-deseada (D/U) | | | dB | | | | |
| Ruido | Constante de Conversión de D/U - S/I | | dB | | | | |
| | Señal / Interferencia (S/I) | | dB | | | | |
| | Ruido | | pW | | | | |
| | Total | | pW | | | | |
| Squelch | Nivel de Recepción | | D | dBm | | | |
| | | | U | dBm | | | |
| | Selectividad por Diferencia de Frecuencia | | | dB | | | |
| | Nivel del Squelch - 3 dB | | | dB | | | |
| Margen | | | dB | | | | |

Tabla 7 Ruido de Distorsión por Propagación

| Tramo (Salto) | Pérdida por Reflexión Efectiva | Tiempo de Retardo de la Onda Reflejada | (S/D) al Tiempo de Retardo | Ruido de Distorsión por Propagación | |
|---------------|--------------------------------|--|----------------------------|-------------------------------------|----|
| | dB | nS | dB | dB | pW |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| Total | | | | pW | |

Tabla 8 Probabilidad de Aparición de Interrupción por Ruido

| Tramo de Conmutación | | Frecuencia | | | | GHz |
|---|--|------------------|--|--|--|-----|
| | | | | | | |
| Concepto | Estación | | | | | |
| | Clasificación de Trayectoria de Propagación | | | | | |
| Altura promedio de Trayectoria de Propagación (sólo en trayectoria sobre el Mar) | m | | | | | |
| Distancia del Salto | km | | | | | |
| Longitud del Tramo de Conmutación | km | | | | | |
| Ruido térmico | pW | | | | | |
| Probabilidad de Aparición de Desvanecimientos del Tipo Rayleigh (P) | $\times 10^{-4}$ | | | | | |
| Probabilidad de Aparición de Interrupción (Pi) | $\times 10^{-8}$ | | | | | |
| Probabilidad total de Aparición de Interrupción (ΣP_i) | $\times 10^{-8}$ | | | | | |
| Idem (considerando la conmutación por ruido) | $\times 10^{-8}$ | | | | | |
| Con Aplicación de Diversidad de Espacio | Factor de la Mejora | | | | | |
| | Probabilidad de Aparición de Interrupción | $\times 10^{-8}$ | | | | |
| | Probabilidad total de Aparición de Interrupción | $\times 10^{-8}$ | | | | |
| | Idem (considerando a la conmutación por ruido) | $\times 10^{-8}$ | | | | |
| Valor objetivo | $\times 10^{-8}$ | | | | | |
| Decisión | | | | | | |

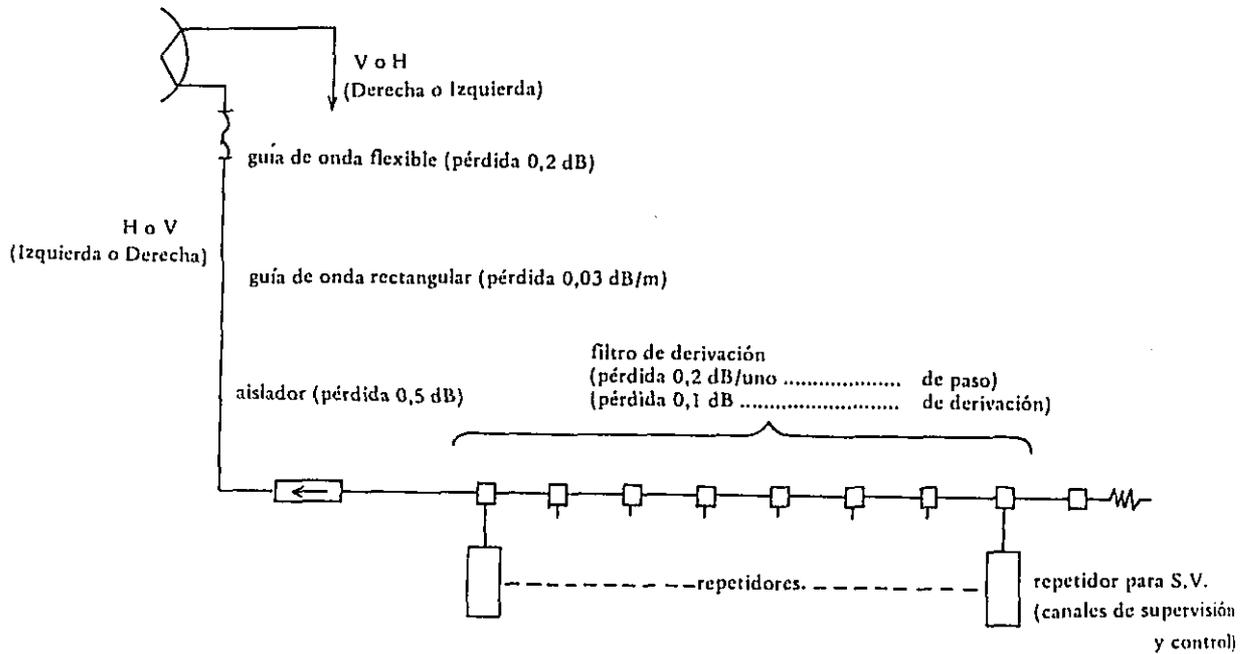
SECCION 3 PARAMETROS DEL SISTEMA SF-B5

| | | |
|-----|---|---|
| 1) | Canal de R.F. en la banda de 4 GHz | 6 + 1 y 4 canales de supervisión y control |
| 2) | Capacidad por un canal de R.F. | 960 canales telefónicos o un canal TV a color |
| 3) | Distancia normal de un salto | 50 km |
| 4) | Ganancia de antena: | |
| | 4 m ϕ de parabólico | 42 dB |
| | reflector de bocina | 42 dB |
| 5) | Potencia normal de entrada | -26,7 dBm |
| | Potencia máxima de entrada | -18,0 dBm |
| 6) | Potencia de salida del transmisor | 37,0 dBm |
| 7) | Desviación de frecuencia del tono de prueba | 200 kHz r.m.s. |
| 8) | Figura de ruido | 12 dB |
| 9) | Nivel de Squelch | -75 dBm |
| 10) | Nivel de conmutación (piloto y ruido) | -71 dBm |
| 11) | Pérdida de alimentador: | |
| | rectangular | 0,03 dB/m |
| | circular | 0,02 dB/m |

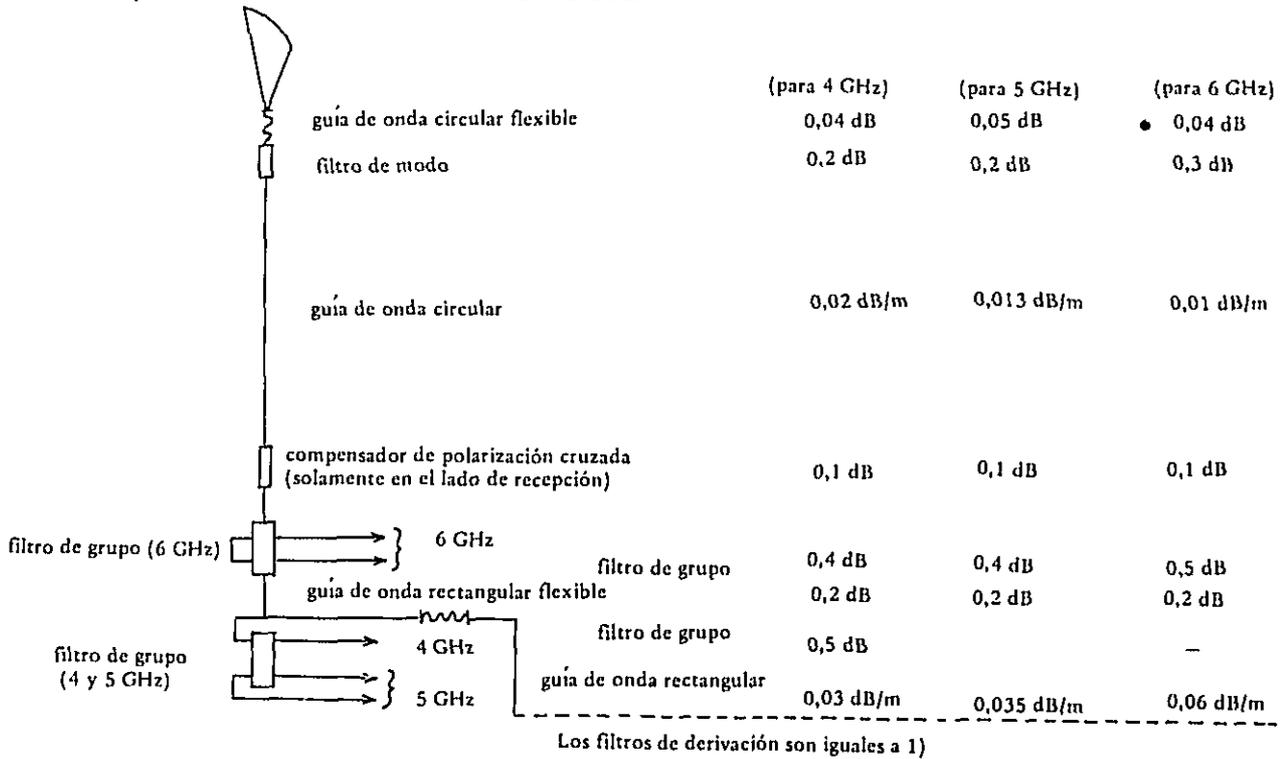
| | | |
|-----|----------------------------------|--------|
| 12) | Pérdida de filtro de derivación: | |
| | de paso | 0,2 dB |
| | de derivación | 1,0 dB |
| 13) | Pérdida del aislador | 0,5 dB |
| 14) | Pérdida de guía de onda flexible | 0,2 dB |

Composición del Alimentador :

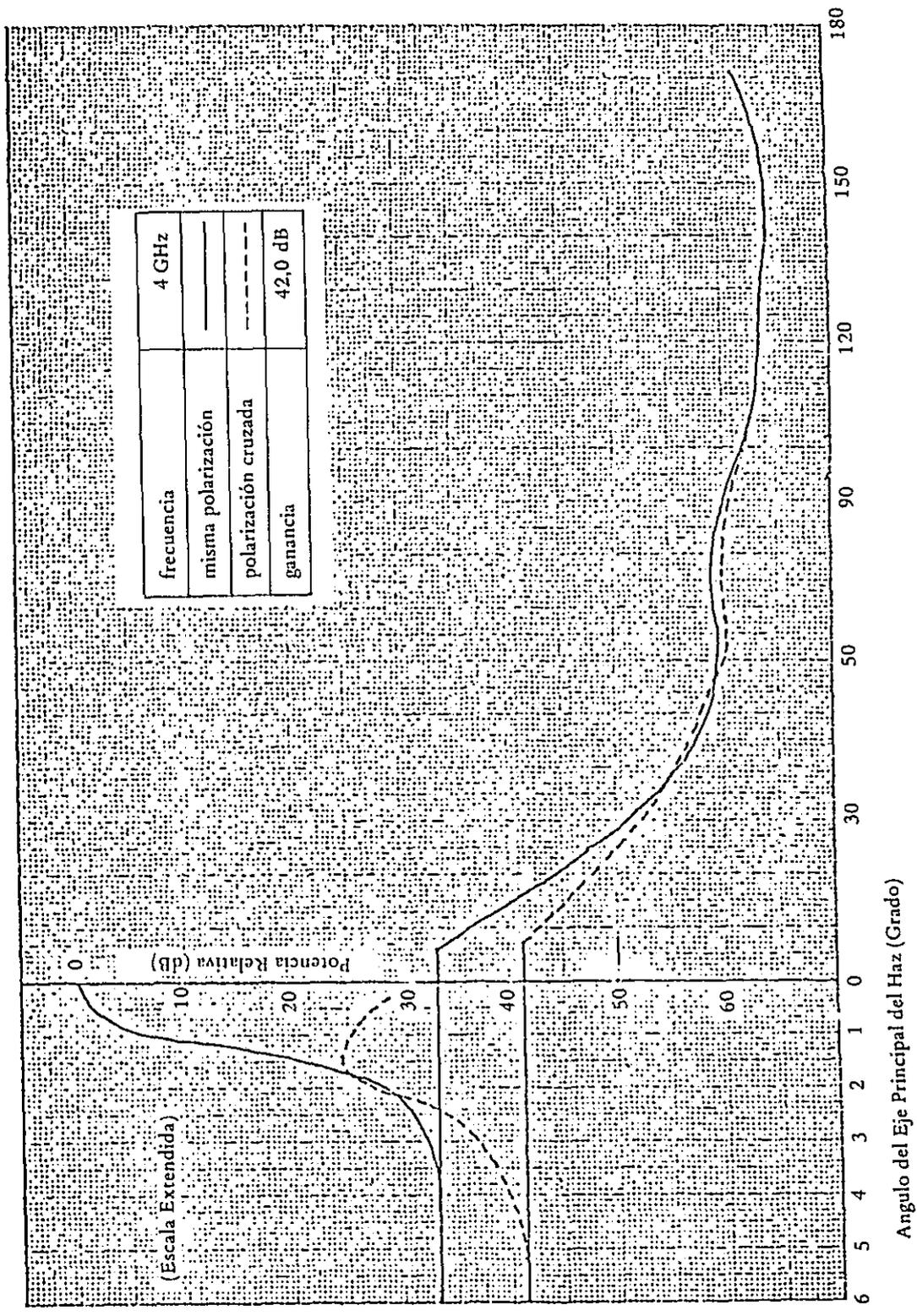
1) Usando antenas parabólicas (en banda de 4 GHz)



2) Usando antena de reflector de bocina



El Patrón de Radiación de la Antena Parabólica de 4 m ϕ de Diámetro
(IU-7LR, NTT)



M-3

MEDICION DE MICROONDAS (I)

(PRINCIPIO DE MEDICION)

CONTENIDO

| | | |
|--|--|--------|
| 1. | Generalidades | M-3-1 |
| 2. | Principio de medición | M-3-2 |
| 2.1 | Medidor de potencia de Barretter | M-3-2 |
| 2.2 | Medidor de ondas de cavidad | M-3-2 |
| 2.3 | Contador digital de frecuencia | M-3-4 |
| 2.4 | Equipo de medición de características de amplitud | M-3-5 |
| 2.5 | Equipo de medición de linealidad | M-3-7 |
| | (1) Mediciones de linealidad del modulador y demodulador | M-3-8 |
| | (2) Medición de característica de retardo de grupo | M-3-15 |
| | (3) Medición de ganancia diferencial | M-3-19 |
| 2.6 | Equipo de medición de desviación de frecuencia | M-3-21 |
| 2.7 | Equipo de medición de ruido de intermodulación (carga de ruido blanco) | M-3-22 |
| 2.8 | Equipo de medición de sistema de TV (televisión) a color | M-3-25 |
| | (1) Medición de DG (ganancia diferencial) y DP (fase diferencial) | M-3-25 |
| | (2) Medición de nivel de señal de Burst (3,579545 MHz) | M-3-25 |
| | (3) Medición de la forma de onda | M-3-26 |
| Apéndice | | |
| Fig. A-1 | Diagrama de bloques del ME-62A ₁ | M-3-29 |
| Fig. A-2 | Diagrama de bloques del ME-42A | M-3-30 |
| Fig. A-3 | Diagrama de bloques del WJ-011 (Transmisor) | M-3-31 |
| Fig. A-4 | Diagrama de bloques del WJ-011 (Receptor) | M-3-32 |
| Fig. A-5 | Diagrama de bloques del WJ-007 (Transmisor) | M-3-33 |
| Fig. A-6 | Diagrama de bloques del WJ-007 (Receptor) | M-3-34 |
| Fig. A-7 | Diagrama de bloques del WJ-008 (Transmisor) | M-3-35 |
| Fig. A-8 | Diagrama de bloques del WJ-008 (Receptor) | M-3-36 |
| Fig. A-9 | Diagrama de bloques del generador de puntos y barras de color | M-3-37 |
| Términos abreviados | | M-3-38 |
| Términos relacionados a las figuras en los apuntes | | M-3-42 |

1. Generalidades

Para el mantenimiento y la construcción de los sistemas de relevador por microondas, son necesarios varios tipos del equipo medidor.

Los ítems de mediciones típicas y los equipos necesarios de medición están mostrados en la tabla 1.

Tabla 1. Ítems y equipos de medición

| Ítems de Medición | | Equipo de medición | Sistema de Utilización | Funciones y Unidades de Construcción |
|--|-----------------------------------|---------------------|----------------------------|--|
| Transmisor y Receptor | o Potencia Transmisora | WJ-310S | 4 GHz | Exhibición SG de Barrido de MO Medidor de Nivel de MO y IF Unidad de PAC Adaptador para VSWR |
| | o AGC, SQ* | ME-62A ₁ | 6 GHz | |
| | o Amplitud de μ -IF | | | |
| | o V.S.W.R. | | | |
| | o Frecuencia de MO | WE-302 WE-3602 | 4 GHz 6 GHz | (Tipo de Cavidad) |
| | o Potencia de Transmisor | WP-301 | 4, 6, 11 GHz | |
| Prueba de Modulador, Demodulador y Sistema | o Linealidad de MOD, DEM | ME-42A | Distancia Larga | Exhibición Unidad Receptora Unidad Emisora Unidad Detectora de Fase |
| | o Retardo de Grupo | | | |
| | o Ganancia Diferencial | | | |
| | o Sensibilidad de MOD, DEM | WJ-315 | Sistema de 70 MHz | Video Freq OSC Video Freq LM Exhibición de Desviación de IF |
| | o Desviación de IF | | | |
| Prueba de Sistema | o Carga de Ruido | WJ-011** | Todo Sistema de TP | Unidad de R Unidad de T Unidad de Filtro de T |
| | o Frecuencia de Amplitud de Video | WJ-008 | Todo Sistema | Unidad de R Unidad de T |
| | o DG, DP* | WJ-007** | Sistema de TV | Unidad de R Unidad de T |
| | o Nivel de Burst | | | |
| | o Forma de Onda | | | |
| | o Frecuencia de Amplitud de Video | WJ-012 | Todo Sistema | Video OSC Video LM ATT Conmutador Filtro |
| | o S/N de Sistema de TV | | | |
| o Frecuencia de Amplitud de Video | WJ-008** | Todo Sistema | Unidad de T Unidad de R | |
| o Monitor de TV | AM-8 | Sistema de TV | | |

2. Principio de medición

2.1 Medición de potencia de Barretter

Un medidor de potencia de Barretter en puente balanceado se considera como el método más práctico de la medición de potencia, usado en las estaciones de microondas.

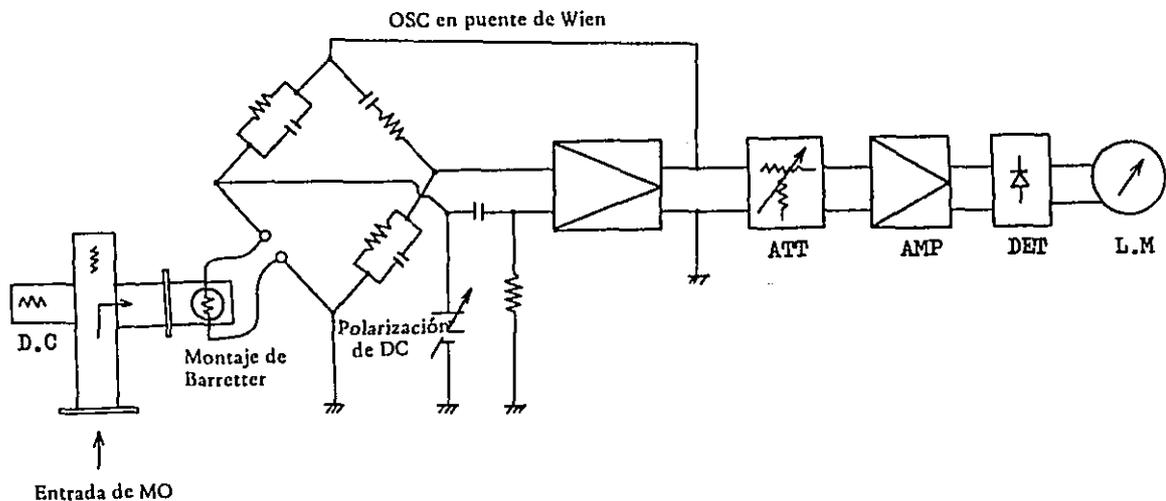
Un Barretter es de un alambre fino de platino instalado entre dos terminales, y se usa para la medición de potencia aprovechando el hecho de que la resistencia de un Barretter varía con la potencia aplicada por elevación de temperatura.

La longitud del alambre de platino es de 2,5 mm y su diámetro es de 1μ .

El Barretter tiene el mérito de que la igualación de impedancia es buena sobre la región de banda ancha de microondas, por lo tanto, la característica de frecuencia de sensibilidad es excelente, pero su sensibilidad es pobre.

Para realizar una medición de potencia alta exactitud con este método se requiere tener estabilidad de circuito y eficiencia del montaje.

Fig. 1 Diagrama de bloques del medidor de potencia balanceado



2.2 Medidor de ondas de cavidad

La estructura del medidor de ondas de cavidad se muestra en la Fig. 2.

Este medidor opera en el modo TE₁₁₁ (modo transversal eléctrico) y puede ser usado para la medición de las frecuencias de la región de microondas.

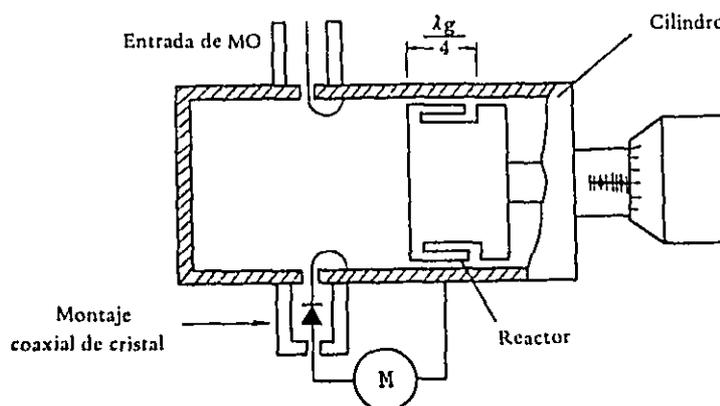
El diámetro interior del cilindro debe ser determinado teniendo en cuenta la relación de sintonía de la frecuencia dentro del rango de la medición, para evitar la aparición de modo de espurias complicadas. El valor calculado de Q del resonador de plata sin carga es de 20.000 - 22.000.

Debido a que la cavidad se excita a través del cable coaxial 5D - 2V, el circuito de acomplamiento de la entrada se hace formando un lazo directo desde el conector de 5D - 2V y se acopla al componente magnético en la dirección del eje de la cavidad, Hz. El circuito de detector también se capta en el eje Hz con un lazo que usa un montaje coaxial de cristal como carga.

Hay dos mecanismos de escala de lectura directa que está proporcionada para el uso en el bastidor de prueba y está graduada en 1 MHz como escala unitaria.

La figura 1 muestra un diagrama de bloques de un medidor de potencia balanceado. Este medidor de potencia consiste en un oscilador de RC (resistencia y capacidad) de baja frecuencia, un circuito de control de polarización de DC, una fuente estabilizada de potencia y un montaje del Barretter. En el medidor de potencia, un puente de Wien, que incluye un Barretter en uno de los brazos, forma una parte del circuito del oscilador de RC.

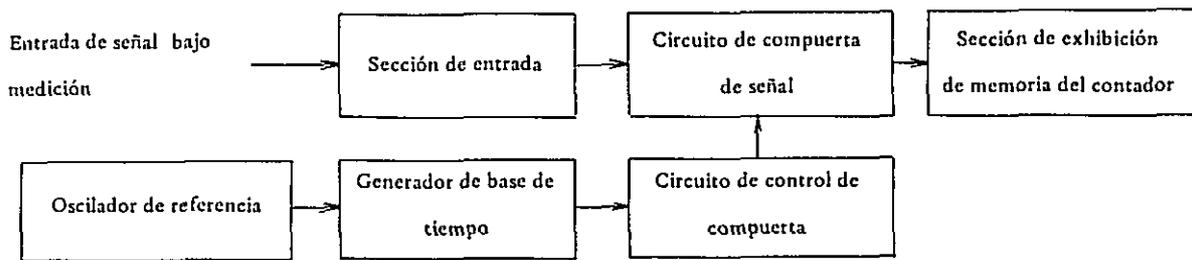
Fig. 2 Medidor de ondas de cavidad



Una corriente directa (DC), y una corriente de 150 kHz disminuye automáticamente para mantener la resistencia del Barreter constante. Entonces, la potencia de microondas se indica directamente por medio de la disminución de la potencia de 150 kHz. Mediante cambio de la corriente directa (DC) de polarización es posible la medición para tres rangos (+10 dBm, +5 dBm, 0 dBm).

2.3 Contador digital de frecuencia

Fig. 3 Principio de la medición



Como se muestra en la figura 3, las mediciones de frecuencia se llevan a cabo contando el número de pulsos de la señal bajo medición dentro del intervalo exacto de tiempo.

Después de que la señal bajo medición haya sido amplificada, su forma de onda se convierte a un pulso y se aplica al circuito de compuerta de la salida.

La compuerta principal del circuito de compuerta de la señal se abre y se cierra por medio de la salida del circuito de control de la compuerta, la cual opera conforme a la señal que viene del oscilador de referencia.

El pulso de señal bajo medición pasará solamente durante el tiempo en que la compuerta está abierta.

Entonces, este pulso se aplica a la sección de exhibición de memoria del contador. Esta sección cuenta y exhibe varios pulsos.

El tiempo abierta para la compuerta puede ser seleccionado a 10 ms, 0.1s, 1s, y 10s por medio del interruptor 'FUNCTION' (función).

2.4 Equipo de medición de características de amplitud

La medición de características de amplitud del repetidor se ejecuta usando un oscilador de barrido de microondas y una exhibición sobre una pantalla del tubo de rayos catódicos (CRT). Es difícil aumentar la exactitud de esta medición, porque la frecuencia de entrada es diferente de la frecuencia de salida, por lo tanto, el transmisor y el receptor del equipo de medición debe tener características planas independientemente.

La desviación de salida del oscilador de barrido sobre la banda de 30 MHz es inferior a 0,5 dB.

Un rectificador de cristal se ha usado anteriormente como detector. Este rectificador tiene alta sensibilidad y su construcción es simple, pero la característica de sensibilidad de la frecuencia es relativamente grande y la desviación es aproximadamente de 0,3 dB/30 MHz.

Además, el efecto de línea larga causa fluctuaciones de la potencia transmisora, si existe falta de igualación en ambos extremos del cable conectado entre el repetidor y el equipo de medición. El total de estos errores alcanza de 0,8 a 1 dB.

Sin embargo, con el aumento de la capacidad del multiplexaje de los sistemas del relevador de microondas, se exige mayor exactitud de la medición. Con este objeto, se han hecho los procedimientos siguientes.

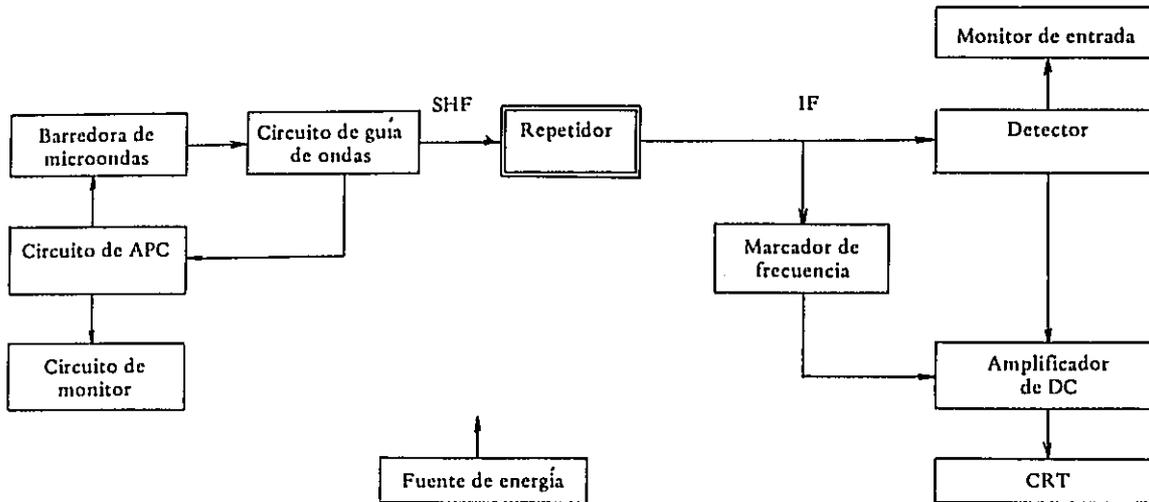
- (1) Usar un Barretter como detector;
- (2) Aplicar control automático de potencia (APC) en el oscilador de barrido;

Con este procedimiento, la respuesta de frecuencia de detección llega a ser tan plana como de 0,005 dB/±15 MHz y la señal es tan plana como de 0,03 dB/±15 MHz.

El Barretter tiene una respuesta de frecuencia pobre debido a la constante de tiempo relativamente largo, pero usando el Barretter en un circuito balanceado puede mejorar su respuesta en aproximadamente 500 Hz.

Un Barretter se usa como detector para APC y una ganancia del circuito de más de 25 dB es disponible usando una construcción especial en el circuito.

Fig. 4 Diagrama de bloques de medición de característica de amplitud



La señal detectada por el detector se introduce al amplificador de DC. En el amplificador de DC, es conveniente mantener la posición de línea de base fija, cuando se lee la característica de amplitud sobre la pantalla del CRT con las escalas de dB.

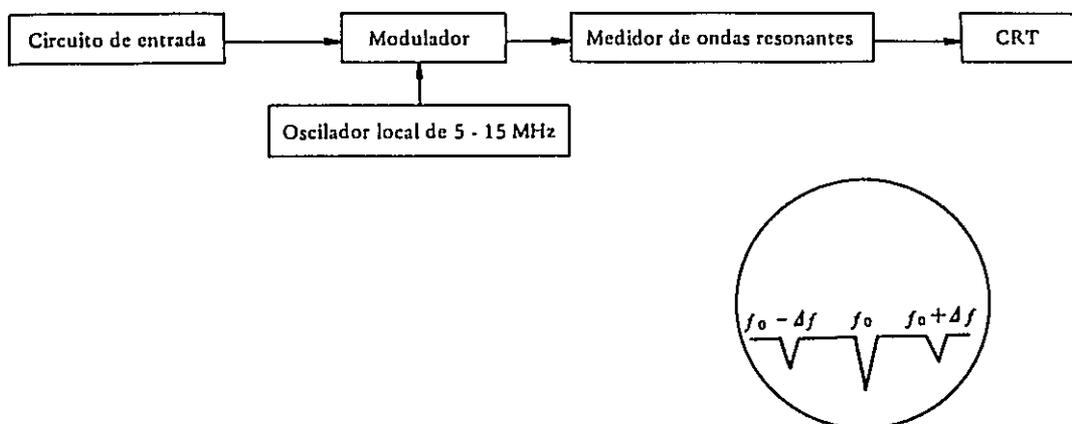
Para obtener un marcador de frecuencia, una parte de la señal de barrido de entrada se introduce al medidor de ondas resonantes, luego el pulso detectado a través del resonador se aplica al amplificador vertical, quedando sobrepuesto en la pantalla del CRT.

Variando la frecuencia resonante del medidor de ondas se puede medir la frecuencia de cualquier punto sobre la pantalla para observar el rango de barrido, se debe ver los marcadores de diferencias constantes de frecuencia a ambos lados del marcador principal.

Con este objeto, como se muestra en la figura 5, la salida del circuito de entrada se modula en amplitud por el oscilador local cuya frecuencia es Δf , luego la onda resultante que tiene dos bandas laterales es introducida al medidor de ondas resonantes, se obtienen los marcadores laterales que tienen el intervalo de frecuencia (Δf) desde el marcador principal.

Este intervalo se puede establecer voluntariamente variando la frecuencia de oscilador local.

Fig. 5 Circuito generador de marcadores laterales



2.5 Equipo de medición de linealidad

El equipo de medición 'ME-42A' mide las características del circuito de FM del receptor de microondas.

Este circuito tiene una frecuencia intermedia (IF) de 70 MHz y las características del equipo asociado.

o Linealidad de características del modulador y demodulador;

- 1) Linealidad del modulador
- 2) Linealidad del demodulador
- 3) Linealidad total del modulador/demodulador

o Características de retardo de grupo;

- 1) Característica de retardo de grupo del amplificador de IF.
- 2) Característica de retardo de grupo del sistema de IF a IF.

3) Característica de retardo de grupo del modulador/sistema/demodulador.

o Características de ganancia diferencial;

- 1) Característica de ganancia diferencial del amplificador de IF.
- 2) Característica de ganancia diferencial del sistema de IF a IF.
- 3) Característica de ganancia diferencial del modulador/sistema/demodulador.

(1) Mediciones de linealidad del modulador y del demodulador

1) Medición de linealidad del modulador

La característica del modulador bajo medición es tal como se muestra en la figura 6. En este caso, la característica diferencial en la frecuencia 'f₂' se define como la fórmula siguiente con la sensibilidad del modulador usado como referencia en una frecuencia 'f₁'.

$$\frac{\left. \frac{df}{dV} \right|_{V=V_2} - \left. \frac{df}{dV} \right|_{V=V_1}}{\left. \frac{df}{dV} \right|_{V=V_1}} \dots\dots\dots (1)$$

Cuando un voltaje sinusoidal con una amplitud de ΔV₁(p-p) que se centra en el voltaje de entrada 'V₁' se ha aplicado a este modulador, una onda de FM aparece en el terminal con la desviación de frecuencia 'Δf₁(p-p)' que se centra sobre la frecuencia fijada 'f₁'.

Por lo tanto, usando 'Δ V₁' suficientemente pequeño, se hace posible la fórmula siguiente:

$$\frac{\Delta f_1}{\Delta V_1} \approx \left. \frac{df}{dV} \right|_{V = V_1} \dots\dots\dots (2)$$

Es posible expresar aproximadamente el valor diferencial de la curva característica de modulación en la frecuencia 'f₁' por medio del $\frac{\Delta f_1}{\Delta V_1}$.

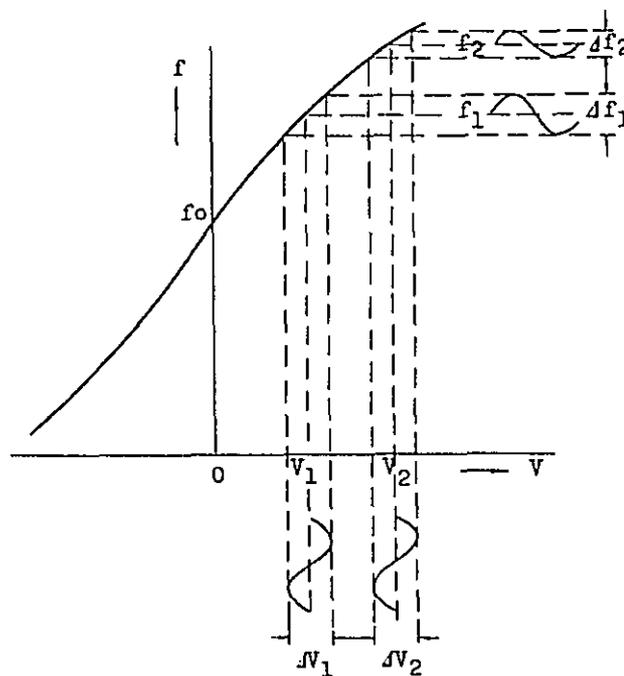
Igualmente, el valor diferencial de la frecuencia 'f₂' puede ser obtenido en forma aproximada por medio del $\frac{\Delta f_2}{\Delta V_2}$, por lo tanto, mientras se quedan constantes los valores de

variaciones del pequeño voltaje ' ΔV_1 ' y ' ΔV_2 ', se ha determinado de que ' Δf_1 ' y ' Δf_2 ' muestran los valores, los cuales son proporcionales a los valores diferenciales de la curva característica de modulación en cada punto.

Entonces, para medir continuamente estos valores diferenciales con respecto a cada punto de la frecuencia, se barre lentamente el valor de polarización del voltaje de entrada en un rango ancho.

En este equipo, se usa 200 kHz para la señal diferencial y 50 (ó 60) Hz para la señal de barrido de repetición, con la operación relacionada a los mostrados en la figura 7.

Fig. 6 Principio de medición de característica de modulación y linealidad



Cuando la señal sobrepuesta de 50 (ó 60) Hz y 200 kHz, como se muestra en la figura 7 (b), se aplica al modulador que tiene una característica de modulación como se muestra en la figura 7 (a), es posible obtener la onda de FM tal como se muestra en la figura 7 (c). Esta onda de FM se ha barrido con 50 (ó 60) Hz y además se ha modulado en frecuencia con 200 kHz.

La desviación de frecuencia con 200 kHz es proporcional al valor diferencial de la

curva característica de modulación relevante. Por lo tanto, cuando esta onda de FM se demodula por un demodulador que tiene una linealidad ideal a través del filtro, se extrae solamente el componente de 200 kHz y removiendo el componente de 50 (ó 60) Hz, se puede obtener la señal que es modulada en amplitud tal como se muestra en la figura 7 (d).

Si se amplifica y se detecta esta señal, es posible obtener el voltaje con la forma de onda tal como se muestra en la figura 8(a).

Este voltaje muestra el valor relativo de la curva característica de modulación en cada frecuencia.

Para calibrar esta desviación (rango de 10% ; por ejemplo), la conmutación alterna se debe hacer entre 100 y 90% de este voltaje por medio del relé de repetición de 25 (ó 30) Hz. En este caso, esta forma de onda del voltaje llega a ser tal como se muestra en la figura 8 (b).

La forma de onda de la figura 8 (b) se amplifica y se aplica al eje del CRT y su eje horizontal se barre con 50 (ó 60) Hz, borrando así la línea de retorno, y aparece en la pantalla del CRT una imagen tal como se muestra por la línea gruesa de la figura 9.

Por lo tanto, la característica diferencial en el punto 'B' con respecto al punto 'A' se puede obtener en la manera tal como se muestra en la figura 9.

La característica diferencial de modulación medida por el ME-42A se muestra en la figura 10. La señal compuesta de una amplitud pequeña de la señal de 200 kHz y 50 (ó 60) Hz se envía desde la unidad receptora y se aplica al terminal de entrada de video del modulador bajo medición.

En este caso, la desviación de frecuencia debida al componente de 200 kHz debe ser establecida en aproximadamente desde 200 kHz (p-p) hasta 300 kHz (p-p), mientras un ancho de barrido del componente de 50 (ó 60) Hz se aplica a la banda requerida.

La salida del modulador bajo medición se aplica al demodulador en la unidad receptora y el componente de 200 kHz de la salida demodulada se amplifica y se detecta; luego se deja a pasar a través del circuito de calibración de %, y se aplica al CRT, obteniéndose así la linealidad a partir de la forma de onda en la figura 9.

Fig. 7 Principio de medición de linealidad del modulador usando la técnica de frecuencia de barrido

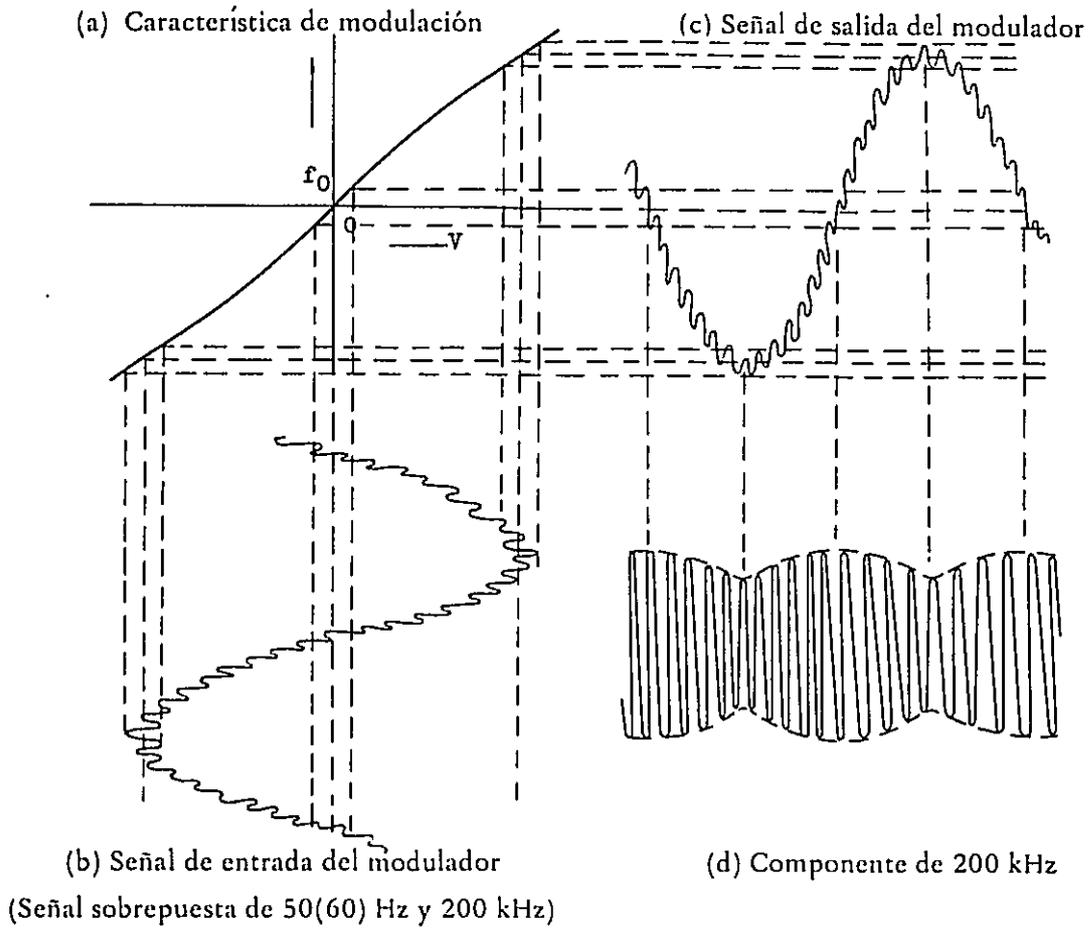


Fig. 8 Forma de onda de la Fig. 7 (d) detectada

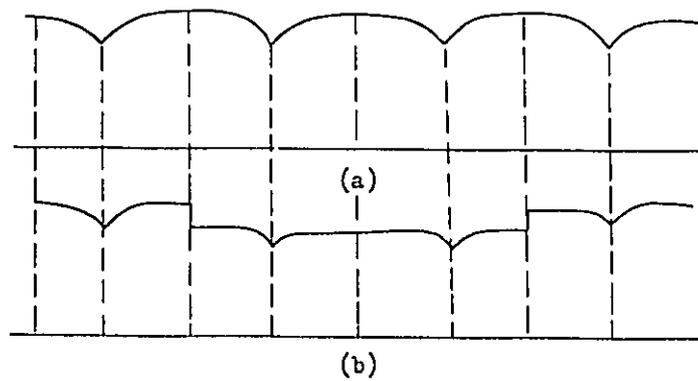


Fig. 10 Medición de linealidad del modulador

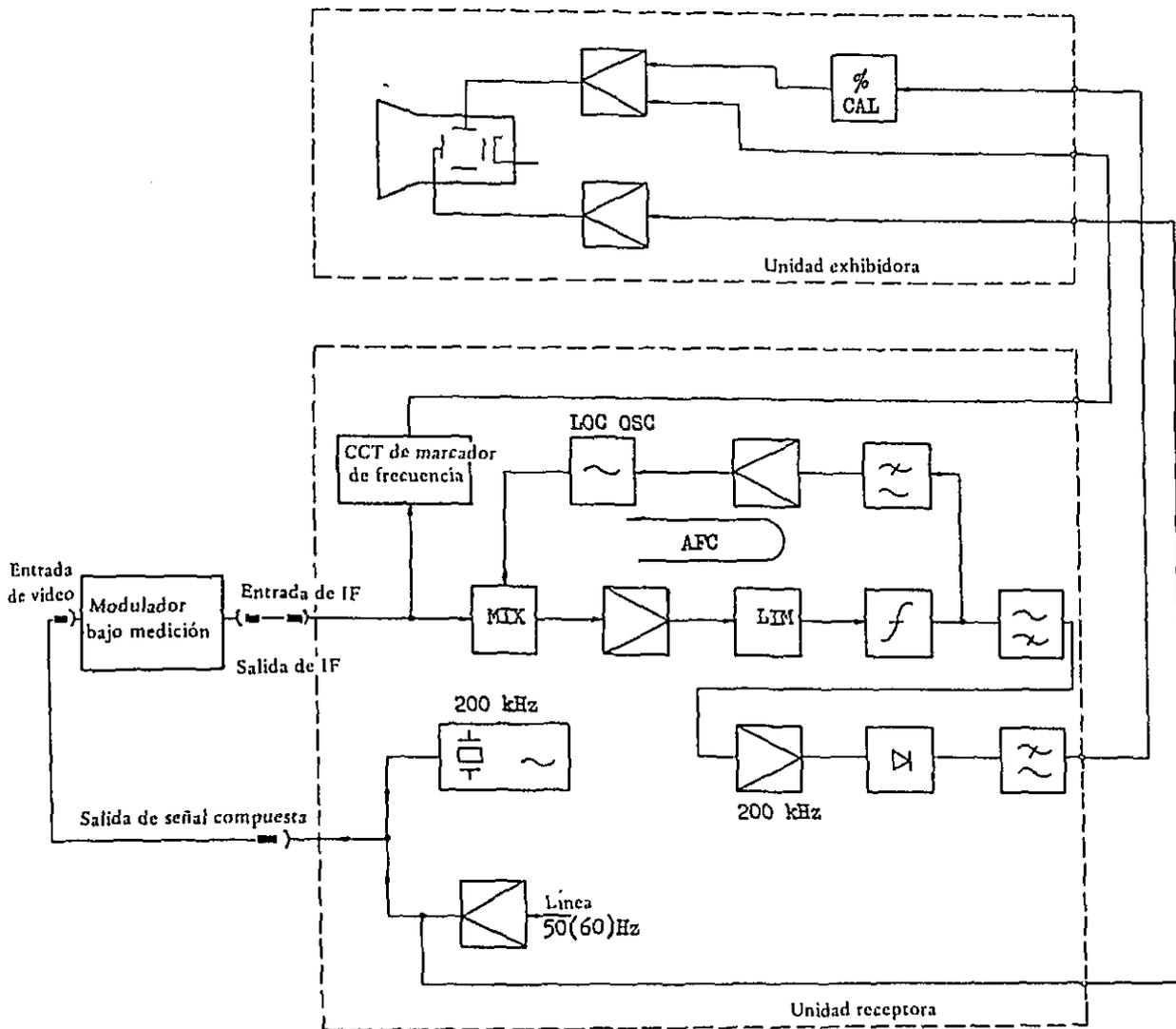
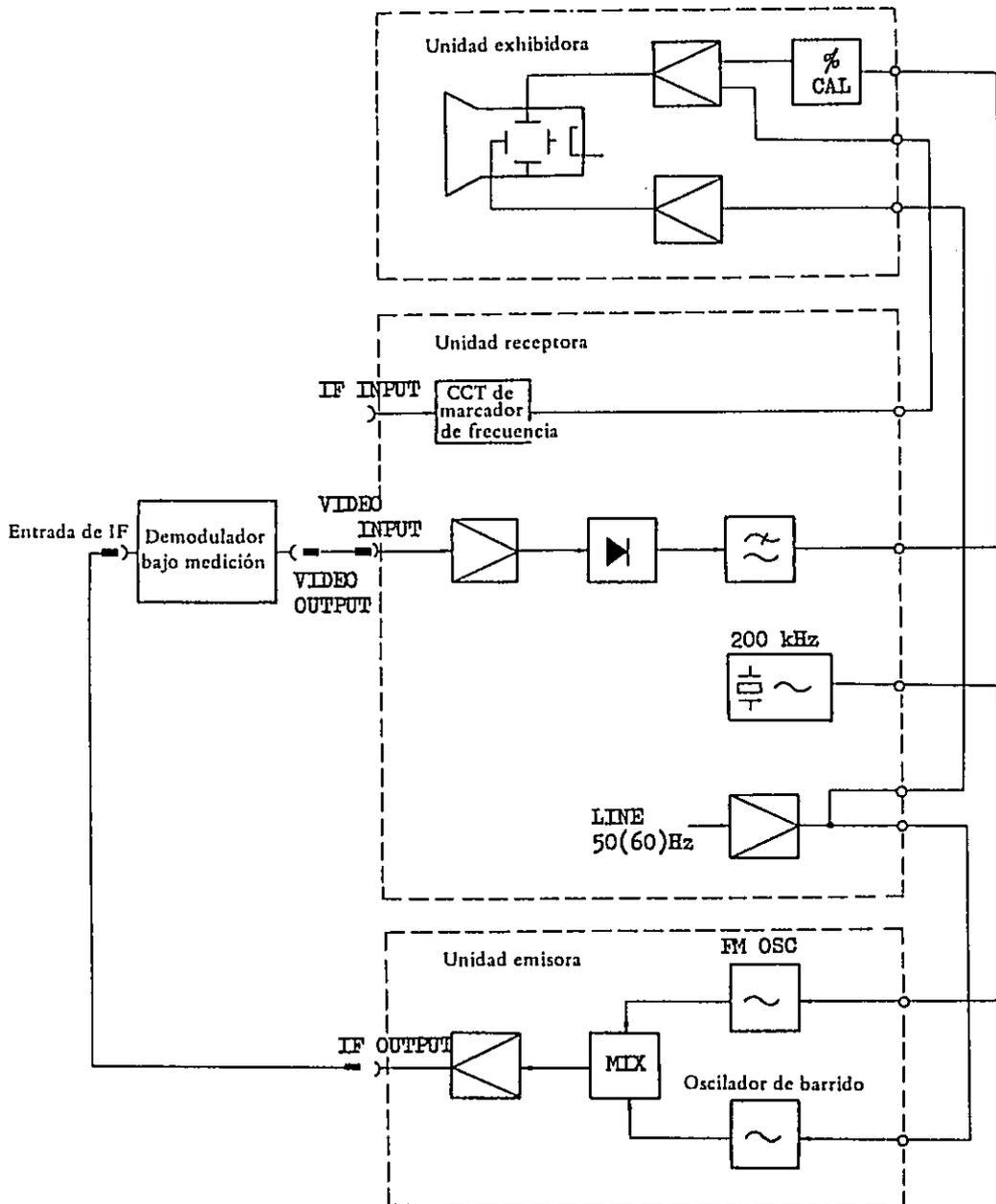


Fig. 11 Medición de linealidad del demodulador



(2) Medición de característica de retardo de grupo

La técnica de la frecuencia de barrido se usa en este equipo. Sin embargo, la frecuencia de barrido en sí no se le toma en cuenta; pero la frecuencia angular de la onda portadora se expresa en ω y la frecuencia angular de la señal de modulación en ρ . Y también, se representa la característica de amplitud y de fase de la línea de transmisión de FM bajo medición como $\rho(\omega)$ y $\theta(\omega)$ para las características asociadas con la onda portadora; y como $\rho(\omega \pm \rho)$ y $\theta(\omega \pm \rho)$ para las características asociadas con la primera banda lateral izquierda y derecha, tal como se muestra en la figura 12, la característica de amplitud y de fase de la señal demodulada de FM que ha pasado a través de la línea de transmisión, se obtienen respectivamente desde la fórmula siguiente;

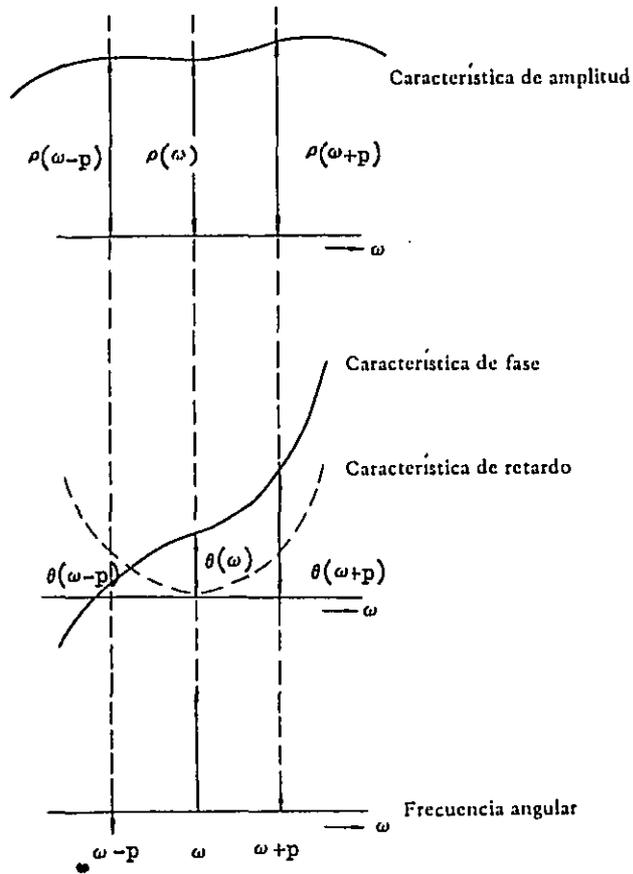
$$A(\omega) \approx \left\{ \frac{\rho(\omega + \rho)}{\rho(\omega)} + \frac{\rho(\omega - \rho)}{\rho(\omega)} \right\} \cos \frac{1}{2} [|\theta(\omega + \rho) - \theta(\omega)| + |\theta(\omega - \rho) - \theta(\omega)|] \dots\dots\dots (2)$$

$$\phi(\omega) \approx \frac{\theta(\omega + \rho) - \theta(\omega - \rho)}{2} + \frac{\rho(\omega + \rho) - \rho(\omega - \rho)}{\rho(\omega + \rho) - \rho(\omega - \rho)} \left\{ \frac{\theta(\omega + \rho) + \theta(\omega - \rho)}{2} - \theta(\omega) \right\} \dots\dots\dots (3)$$

Como se ve claramente de esta fórmula (3), la característica de fase del video se puede dividir en dos, uno que es el componente impar simétrico de la característica de fase de la línea de transmisión de FM (término 1) y el otro (término 2) que es proporcional a la multiplicación del componente par simétrico de la característica de fase y el componente impar simétrico de las características de amplitud. Generalmente, para una característica de fase de la línea de transmisión bien ajustada, se considera que el componente impar simétrico es grande, y el componente par simétrico de la característica de amplitud es también grande, por lo tanto, el término 2 es muy pequeño y se considera que la fórmula (3) se determina depende íntegramente del término 1. Por consiguiente, la fórmula (3) se puede aproximar tal como:

$$\phi(\omega) \approx \frac{\theta(\omega + \rho) - \theta(\omega - \rho)}{2} \dots\dots\dots (4)$$

Fig. 12



$$i(\omega) = \left. \frac{d\theta(\omega)}{d\omega} \right|_{\omega=\omega} - \left. \frac{d\theta(\omega)}{d\omega} \right|_{\omega=\omega_0} \approx \frac{\theta(\omega+p) - \theta(\omega-p)}{2p} - \frac{\theta(\omega_0+p) - \theta(\omega_0-p)}{2p} \dots (5)$$

Por otra parte, la característica de retardo de grupo de la frecuencia portadora ' ω ' de la línea de transmisión de FM puede ser expresada tal como en la fórmula siguiente, con la característica de retardo de grupo en una frecuencia portadora, usada como referencia:

Por lo tanto, como se ve claramente en las fórmulas (4) y (5), la característica de retardo de grupo de la línea de transmisión de FM puede ser medida en la manera siguiente.

O sea, la frecuencia angular de modulación de la señal de medición mencionada anteriormente se queda de un valor suficientemente pequeño; la señal de FM con la frecuencia angular portadora barrida por la banda requerida se aplica a la línea de transmisión bajo medición; y su salida se demodula y se mide la diferencia de fase de la señal de modulación ' ρ ' obtenida como resultado.

Esta diferencia se convierta en tiempo, y así se puede obtener la característica de retardo de grupo.

La figura 13 muestra la medición de la característica de retardo de este equipo. Primero, la señal de salida de 1F de la unidad receptora se modula en frecuencia con 200 kHz (índice de modulación $m_f = 0,5$ a $0,75$) y se barre con 50 (ó 60) Hz en la banda de 70 ± 12 MHz, y luego se transmite al sistema de medición.

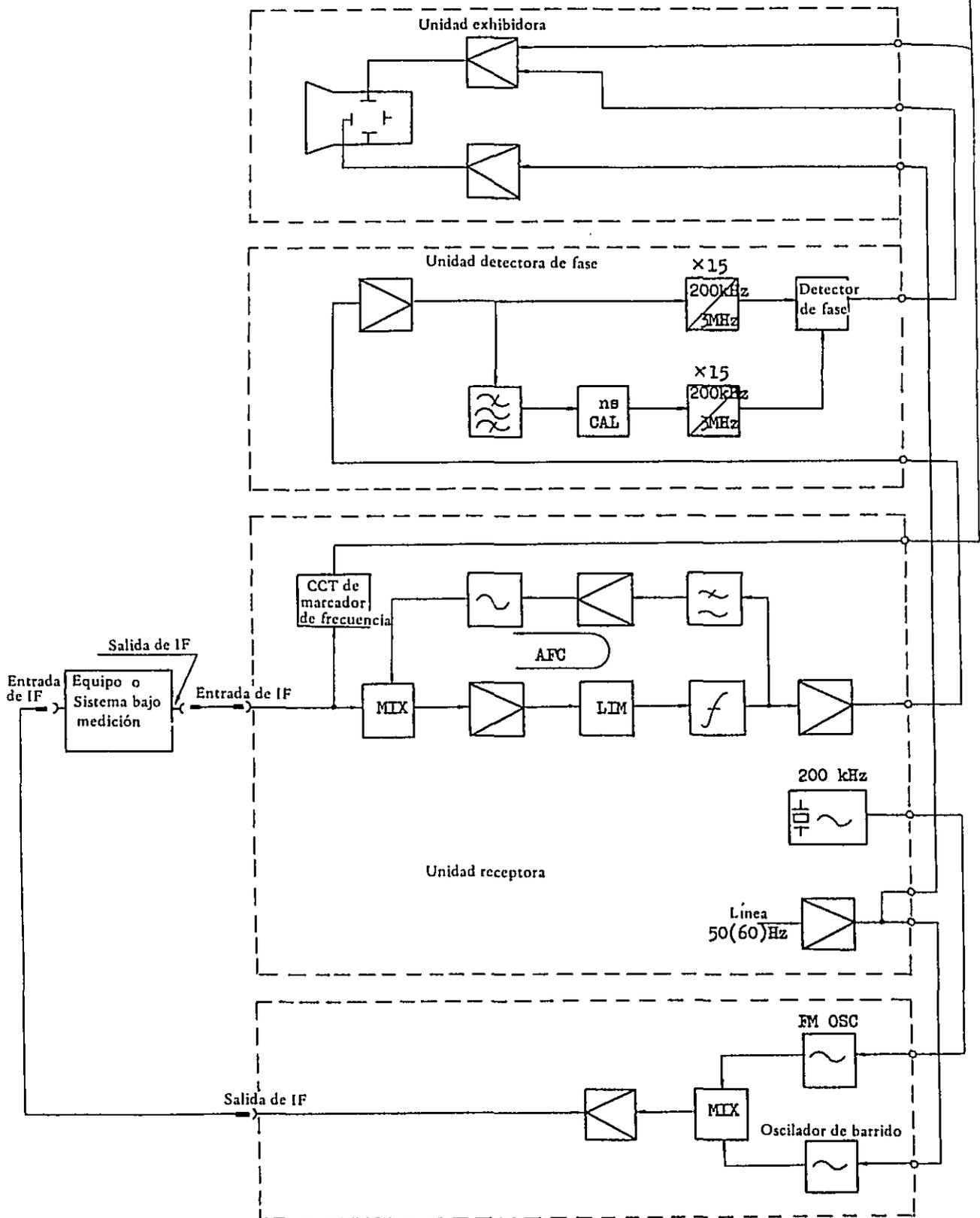
La salida de este sistema de medición se recibe en la unidad receptora y se amplifica; se limita en amplitud y se demodula por el discriminador de frecuencia.

Esta señal resultante de 200 kHz de la salida de modulación se detecta por la unidad detectora de fase y luego se aplica al amplificador del eje vertical de la unidad exhibidora.

Cuando la señal de 50 (ó 60) Hz, la cual se sincroniza con el barrido de la onda portadora, se ha aplicado al amplificador del eje horizontal, la característica de retardo de grupo aparece en el CRT.

La calibración del tiempo de retardo, insertada en el circuito de la señal de referencia de 200 kHz de la unidad detectora de fase, se efectúa por el desfasador de referencia de 10_{ns} , el cual consiste de un capacitor y una resistencia que se abre y se cierra por el relé de arranque por 25 (ó 30) Hz.

Fig. 13 Medición de la característica de retardo de grupo



(3) Medición de la ganancia diferencial

El principio de medición de la ganancia diferencial (DG) que se emplea en este equipo es muy similar al de la medición de la característica de retardo mencionada en (2).

La diferencia de la medición de DG y la medición de la característica de retardo consiste en que la frecuencia de modulación no es 200 kHz, pero es 2 MHz, y también en que se detecta la variación de amplitud en lugar de la variación de fase de la señal de demodulación de 2 MHz y se le indica sobre el CRT.

La fórmula (2) indica que en el sistema de transmisión de FM afecta la amplitud de la señal de modulación 'ρ' de la onda FM. Por otra parte, debido a que la ganancia diferencial de la sección de FM es la razón por cual varía la amplitud de la señal de modulación según característica de la línea de transmisión, con respecto a cada frecuencia de la onda portadora; si la amplitud de la señal de modulación en la frecuencia portadora 'ω₀' es normal, de la fórmula (2), el valor de DG (ω) es:

$$DG(\omega) = \frac{A(\omega) - A(\omega_0)}{A(\omega_0)} \dots\dots\dots (6)$$

La figura 14 muestra la medición de DG en este equipo.

La señal de IF con la característica mínima de DG se ha modulado en frecuencia con 2 MHz con un índice de modulación de 0,5 a 0,75 aproximadamente y se barre dentro del rango de 58 a 82 MHz por 50 (ó 60) Hz. Esta señal se aplica al sistema de medición.

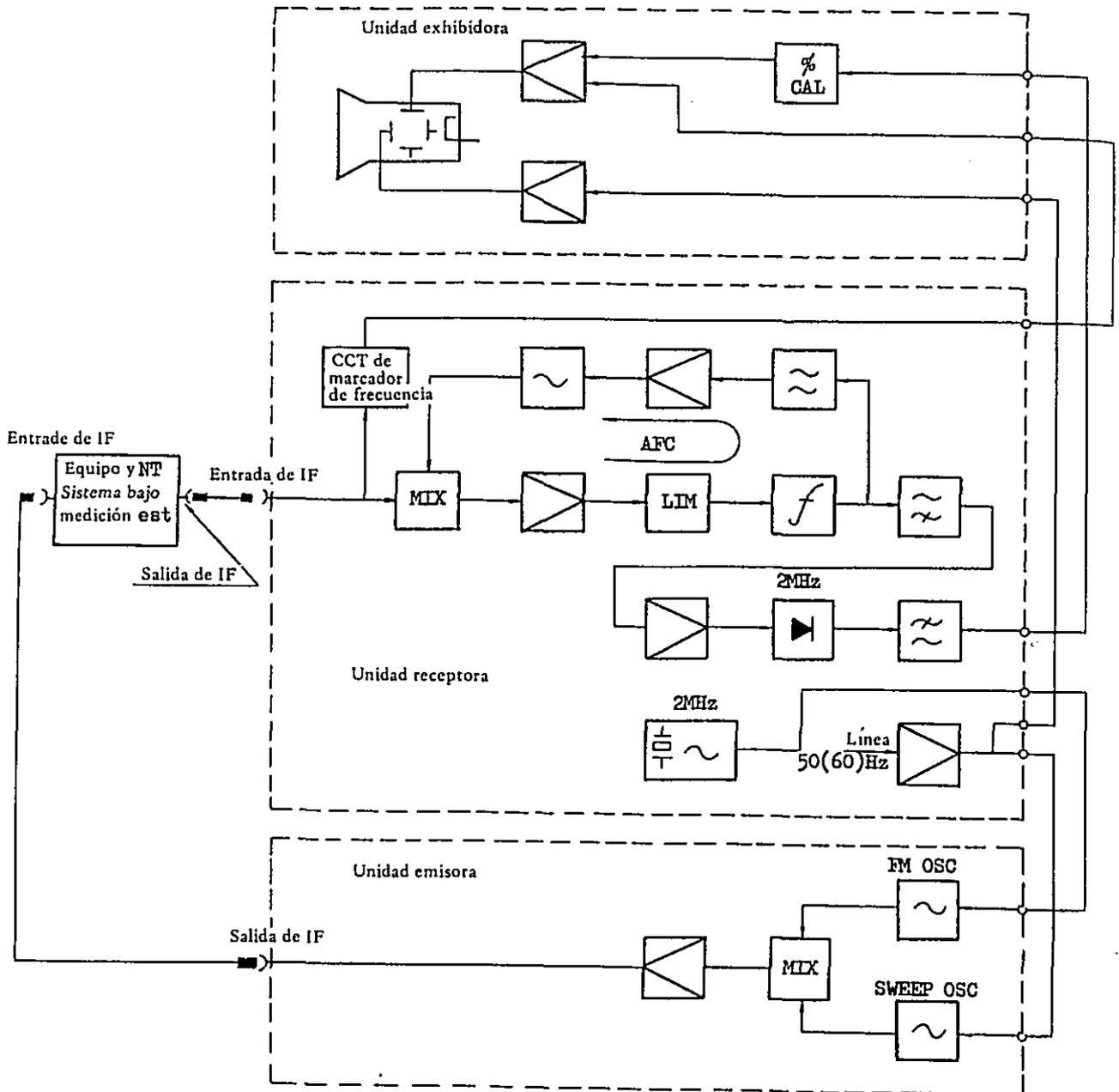
La señal de IF que se ha transmitido a través del sistema de medición se demodula por el amplificador/demodulador, el cual usa el sistema de AFC (control automático de frecuencia) de la unidad receptora. Así, no se afecta mucho por la característica interna de DG.

La señal de 2 MHz de la salida del demodulador se amplifica y se detecta, y pasa a través del calibrador de % de la unidad exhibidora, antes de que es aplique al amplificador del eje vertical del CRT.

El voltaje de 50 (ó 60) Hz, que se ha sincronizado con el ciclo de barrido de la señal

de IF, se aplica al amplificador del eje horizontal. Por medio de la operación anterior, la característica de DG aparece en el CRT.

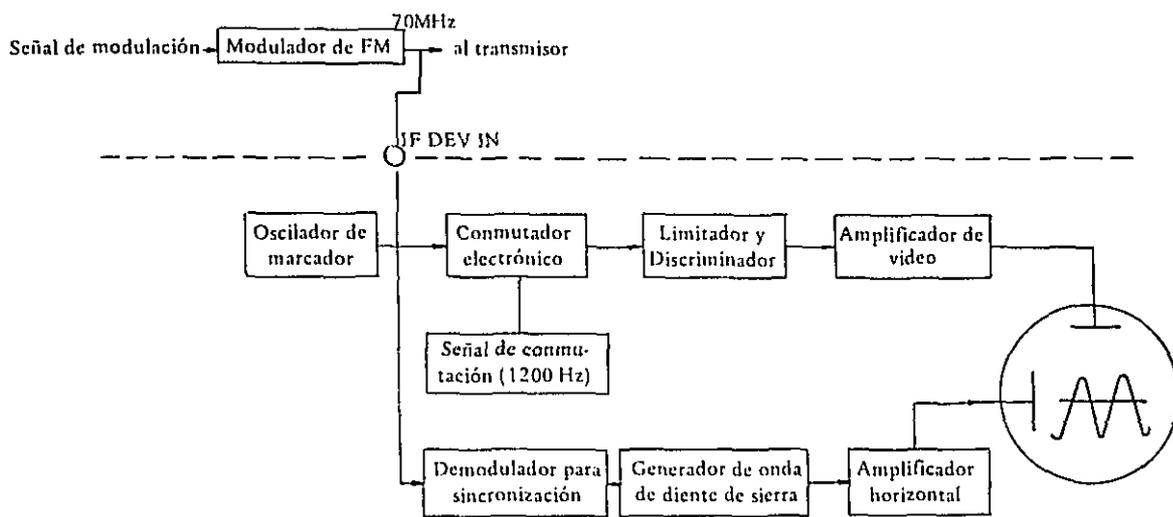
Fig. 14 Medición de la característica de ganancia diferencial



La amplitud de la señal que se mide es proporcional a la desviación de frecuencia, y la línea debida a la señal de marcador sirve como marca de frecuencia por movimiento de arriba o bajo de acuerdo a la frecuencia.

Por lo tanto, las frecuencias en cualquier punto del patrón y la desviación de frecuencia se pueden medir en la pantalla del CRT por variación del marcador de frecuencia.

Fig. 15 Diagrama de bloques de la medición de desviación



2.6 Equipo de medición de la desviación de frecuencia

Un método de medición de la desviación de frecuencia es medir el voltaje de salida obtenido demodulando la señal de FM por medio del discriminador cuya sensibilidad está previamente calibrada. Sin embargo, este método tiene la desventaja de que la sensibilidad del discriminador debe ser estable, y además es imposible la medición rápida.

Con el objeto de satisfacer los requerimientos de exactitud y de velocidad en la medición, se le proporcionan dos terminales de entrada al demodulador.

La onda de FM que se mide se aplica a uno de los terminales y la onda de marcador cuya frecuencia es conocida se aplica al otro. Luego, estas dos ondas se conmutan en el período adecuado (aprox. 1200 Hz) tal como se muestra en la figura 15.

Como el voltaje de salida correspondiente de la frecuencia instantánea se obtiene

desde el demodulador, la forma de onda de la salida del demodulador es tal como la onda demodulada de la señal de FM (usualmente; onda de AC) y de la señal del marcador (usualmente; onda de DC) aparecen alternamente a la velocidad de la frecuencia de conmutación.

Esta señal demodulada se amplifica por el amplificador de video y se aplica a la placa de deflexión vertical del CRT, mientras el barrido horizontal se ejecuta por la onda de diente de sierra sincronizada a la señal.

Un patrón de la señal que se mide y la línea debida a la señal de marcador son superpuestas en la pantalla del CRT, tal como se muestra en la figura 15.

La modulación en los enlaces de microondas se lleva a cabo principalmente en la banda de microondas y la onda modulada se traslada a la frecuencia intermedia (70 MHz) para conexión al transmisor. Por consiguiente, el demodulador en el equipo de medición está compuesto del circuito de IF.

La conmutación entre la onda de FM que se mide y la onda de marcador se hace electrónicamente por medio de la alta frecuencia de conmutación.

2.7 Equipo de medición de ruido de intermodulación (carga de ruido blanco)

Debido a que el carácter de las señales de telefonía múlticanal es parecido a las características del ruido blanco.

La señal de ruido blanco se usa en lugar de la señal de voz para medir el ruido de intermodulación en el equipo.

Esta medición se llama la prueba de carga de ruido.

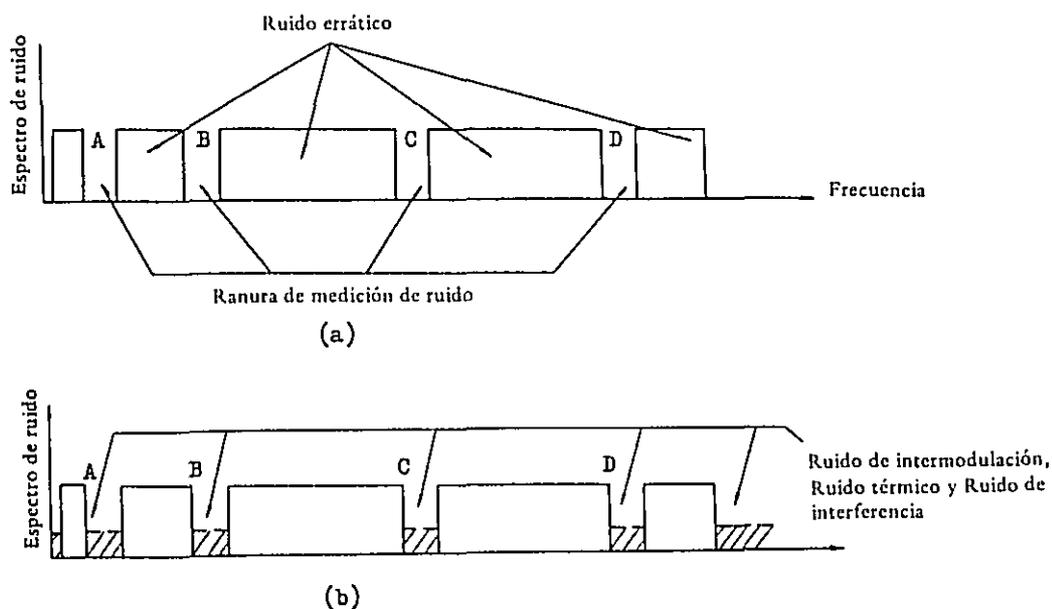
Para la operación del equipo, se genera un ruido en la banda correspondiente a la señal múlticanal tal como se muestra en la figura 16 (a), se transmite la señal al sistema al que se le ha eliminado el ruido cerca de la frecuencia de medición.

Al extremo receptor del sistema se mide el ruido de intermodulación, que ha caído a la ranura de medición al pasar a través del sistema de transmisión bajo medición, tal como se

muestra en la figura 16 (b), extraído del filtro de pasa banda.

Se han determinado en las recomendaciones de CCIR (Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones) las características del nivel de carga de ruido, la banda de frecuencia de medición, el filtro de eliminación de banda (BEF) de transmisión y el filtro de pasa banda (BPF) de recepción.

Fig. 16 Principio de medición de la prueba de carga de ruido



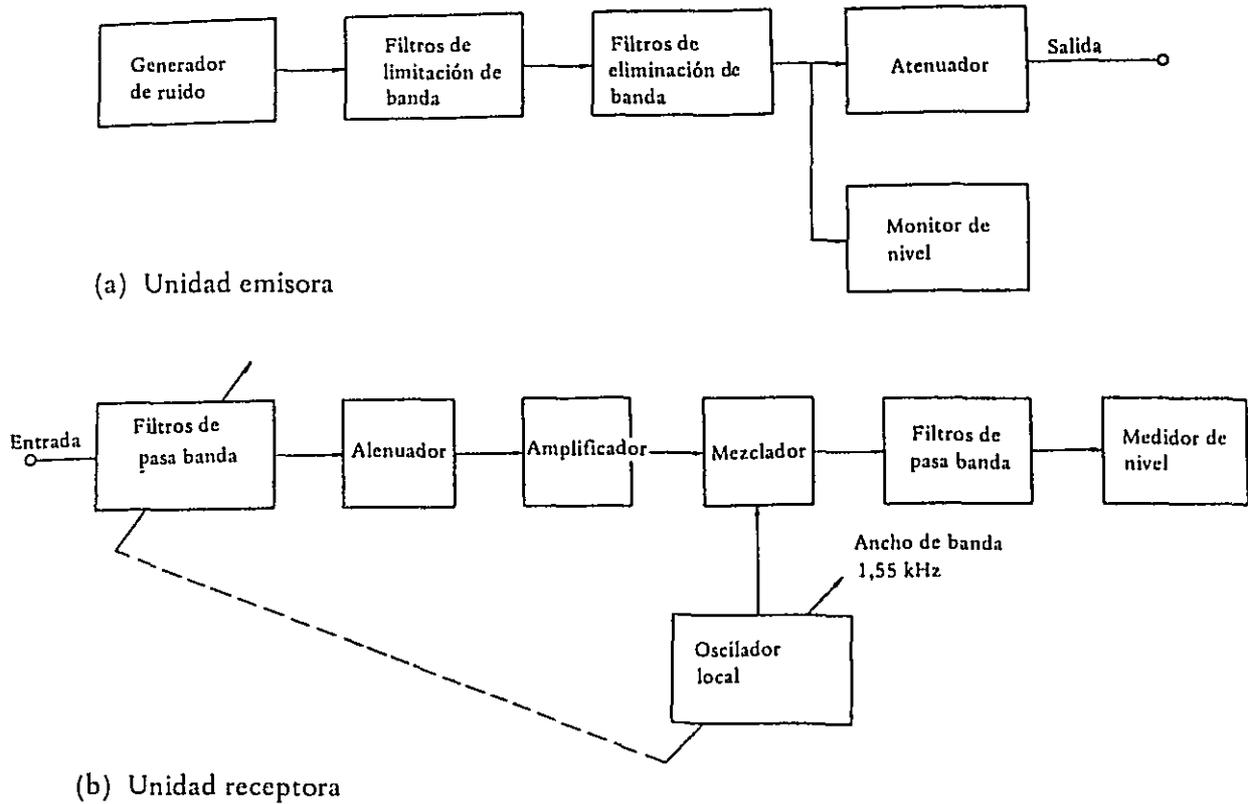
La función de la unidad emisora es de amplificación de la señal de ruido generado por el diodo de ruido.

La señal de ruido de banda ancha producida por el diodo de ruido se aplica a través de los filtros de limitación de banda, y a los filtros de limitación de banda, y a los filtros de eliminación de banda.

Se hace la transmisión desde los terminales de salida.

En la unidad receptora se reciben las señales de ruido, a través de los filtros de pasa banda, alrededor de la frecuencia de medición en el sistema de medición.

Fig. 17 Diagrama de bloques de la medición de carga de ruido



La conversión de la señal a una frecuencia de audio se hace por un procedimiento heterodino, que incluye la limitación de banda de frecuencia de audio, la detección cuadrática y la indicación de la potencia de ruido.

El nivel de la carga de ruido se muestra como sigue;

$$\begin{aligned} &\text{Nivel de carga de ruido para más de 240 canales} \\ &= (\text{Nivel de tono de prueba}) - 15 + 10 \log_{10} N \text{ (dBm)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{Nivel de carga de ruido para menos de 120 canales} \\ &= (\text{Nivel de tono de prueba}) - 1 + 4 \log_{10} N \text{ (dBm)} \end{aligned}$$

donde: NCapacidad de canal

2.8 Equipo de medición de sistema de TV (televisión) a color

Este equipo de medición se usa para medir las características de funcionamiento completo del circuito del relevador de video de una banda de frecuencia nominal de 4,3 MHz, del circuito del relevador de televisión a color y de sus equipos vinculados.

También, este equipo se puede usar para el diseño y el ajuste del relevador.

(1) Medición de DG (ganancia diferencial) y DP (fase diferencial)

Como se muestra en la figura 18 hasta 20, en la unidad emisora, se ponen al sistema bajo medición tres tipos de formas de onda cuadradas compuestas con amplitud (APL) de 50%, 25% y 75% con ciclo completo de 4H, conmutada por medio del interruptor.

A la unidad receptora se puede observar unas variaciones en la amplitud o en la fase de la pequeña onda sinusoidal de 3,58 MHz, que se sobrepone a la señal de onda de diente de sierra.

Es decir, en la unidad receptora se extrae por el filtro de pasa banda (BPF) solamente la señal de 3,58 MHz fuera de la señal transmitida desde el sistema bajo medición, y la amplitud de la señal se compara con la amplitud fija, de modo que sea detectada la desviación resultante, o sea la ganancia diferencial. Y además, esta señal se hace pasar a través del filtro de cristal para producir una onda de señal normal (amplitud fija y fase fija).

Luego, esta señal se aplica al detector de fase juntos con la frecuencia de la señal, así se detecta la diferencia de fase, o sea la fase diferencial.

La ganancia diferencial y la fase diferencial se permiten pasar a través del circuito de compresión de banda y del circuito de amplificador vertical y luego se aplica al CRT para observarlos y para mejorar la relación de señal a ruido (S/N).

(2) Medición del nivel de la señal de Burst (3,579545 MHz)

También en esta medición, una forma de onda como se ve en la figura 18 se transmite desde la unidad emisora.

En la unidad receptora, se mide el nivel de la señal de Burst por medio de comparación con el nivel de la señal de blanco medio normal. En este caso, la señal de barrido se aplica a la base de tiempo del CRT.

Esta señal es sincronizada con la forma de onda para sincronización para permitir la visión directa y la observación.

(3) Medición de la forma de onda

En esta medición, las formas de onda mostradas en la figura 18 y 21 se alimenta desde la unidad emisora.

La forma de onda mostrada en la figura 21 consiste de las señales horizontales de sincronización, pedestal y de blanco completo. La señal de blanco completo es conmutada a 60 Hz.

La forma de onda mostrada en la figura 18 se usa para la medición por medio de observación directa de la característica del tiempo de establecimiento de la señal de blanco medio (característica de la banda de alta frecuencia) y la distorsión de la forma de onda de exploración horizontal llamada la pendiente de línea 'Line Slope' (característica de la banda media).

La forma de onda mostrada en la figura 21 se usa para la medición de la pendiente de cuadro 'Frame Slope' por medio de observación de la distorsión de la forma de onda en exploración vertical (característica de la banda de baja frecuencia).

En este tiempo, la señal sincronizada de barrido se aplica a la base de tiempo del CRT para que sea posible la observación directa.

Fig. 18 (APL 50%)

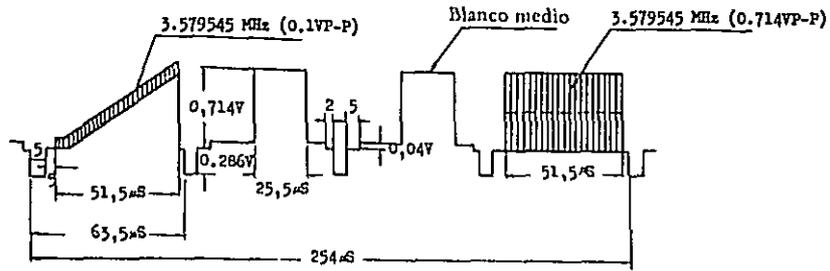


Fig. 19 (APL 25%)



Fig. 20 (APL 75%)

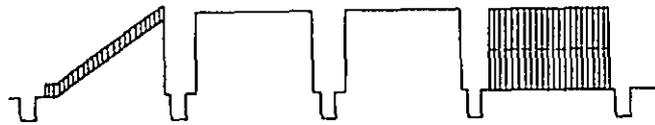
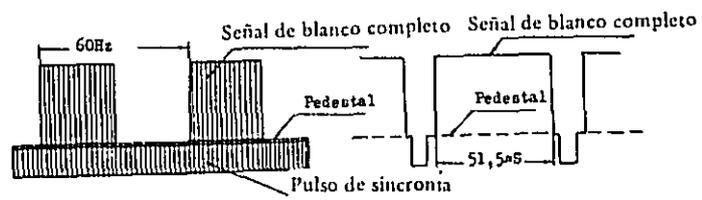


Fig. 21



APENDICE

Fig. A-1 Diagrama de bloques del ME-62A1

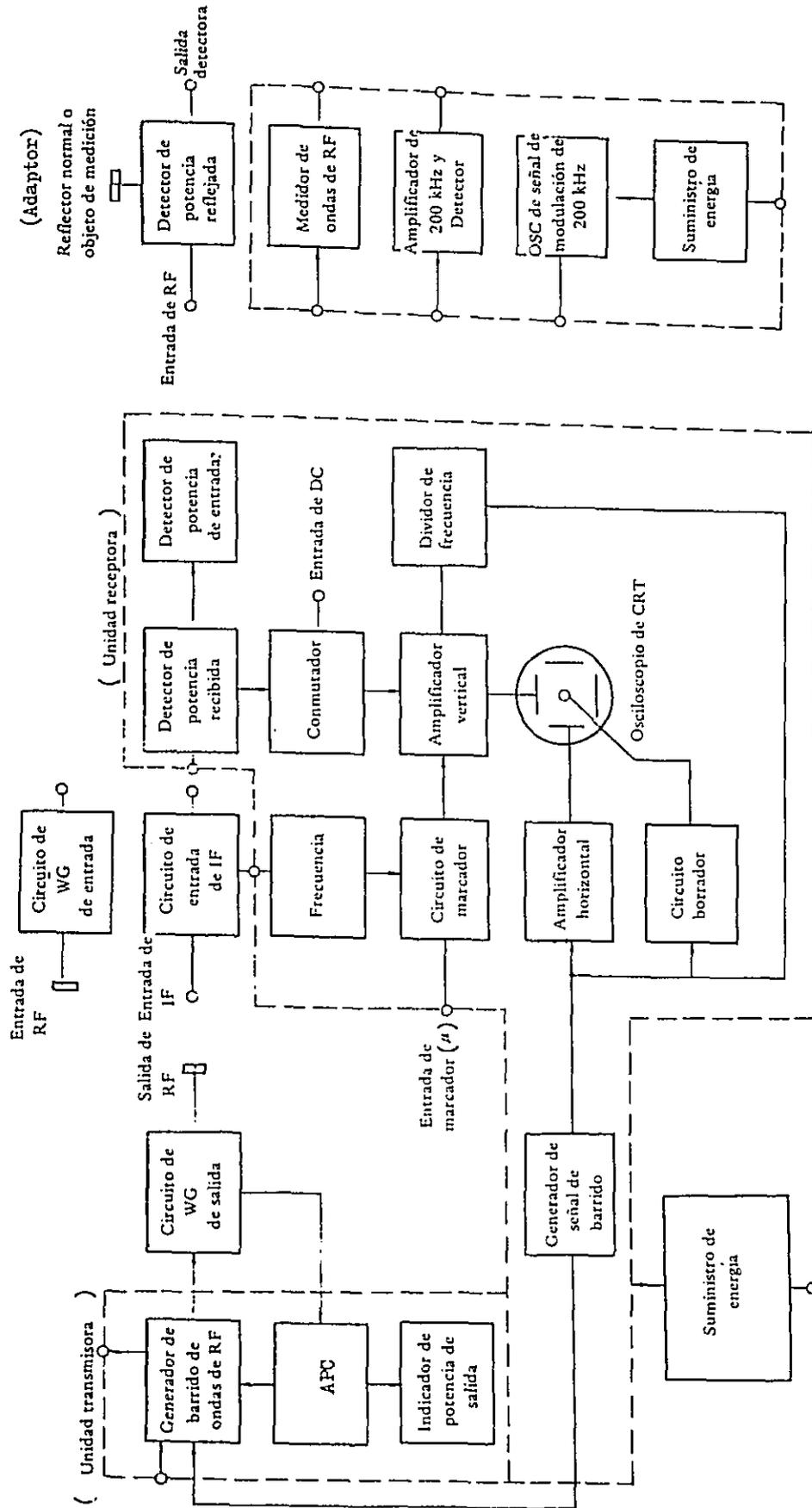


Fig. A-2 Diagrama de bloques del ME-42A

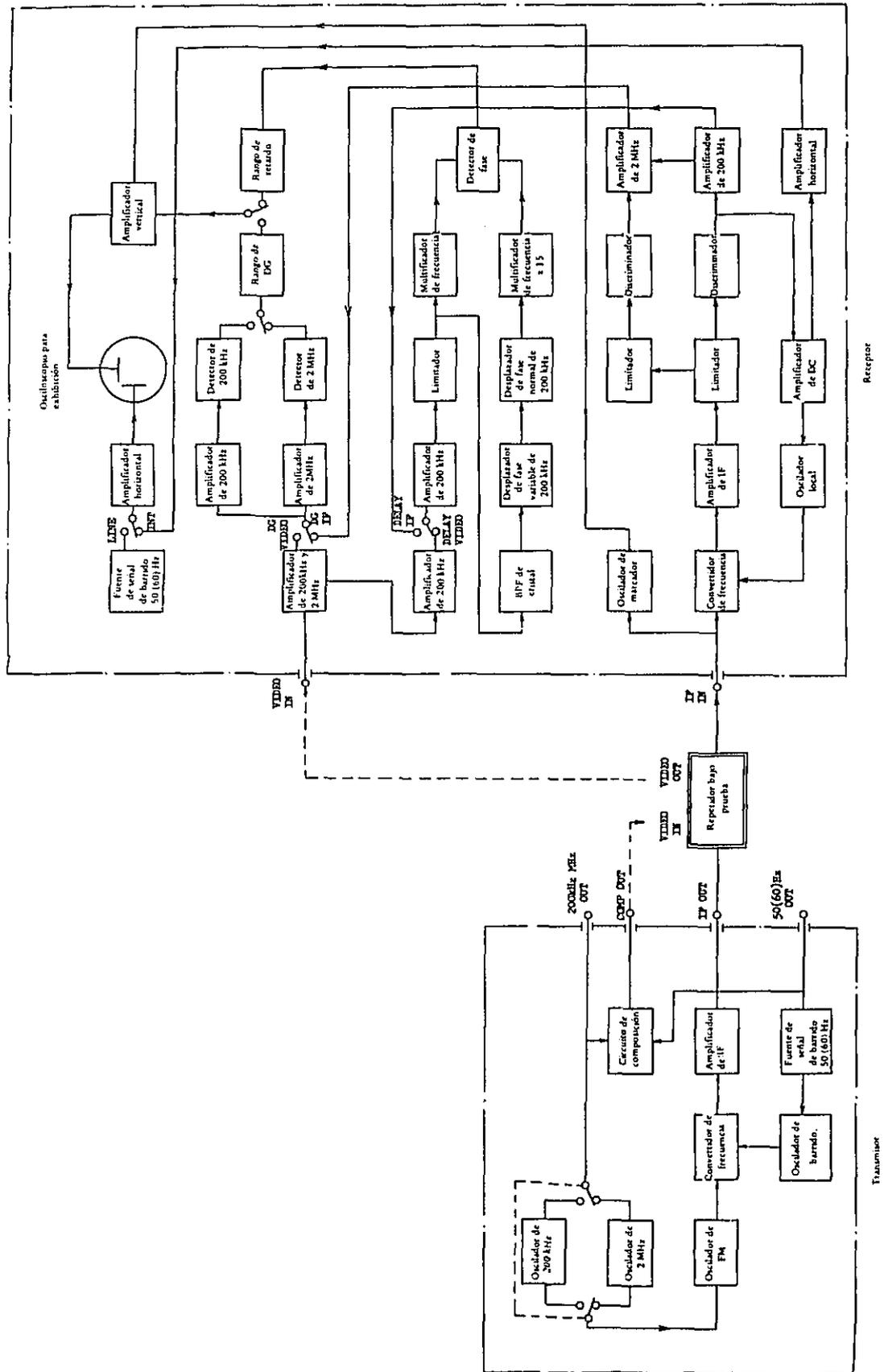


Fig. A-3 Diagrama de bloques del WJ-011 (Transmisor)

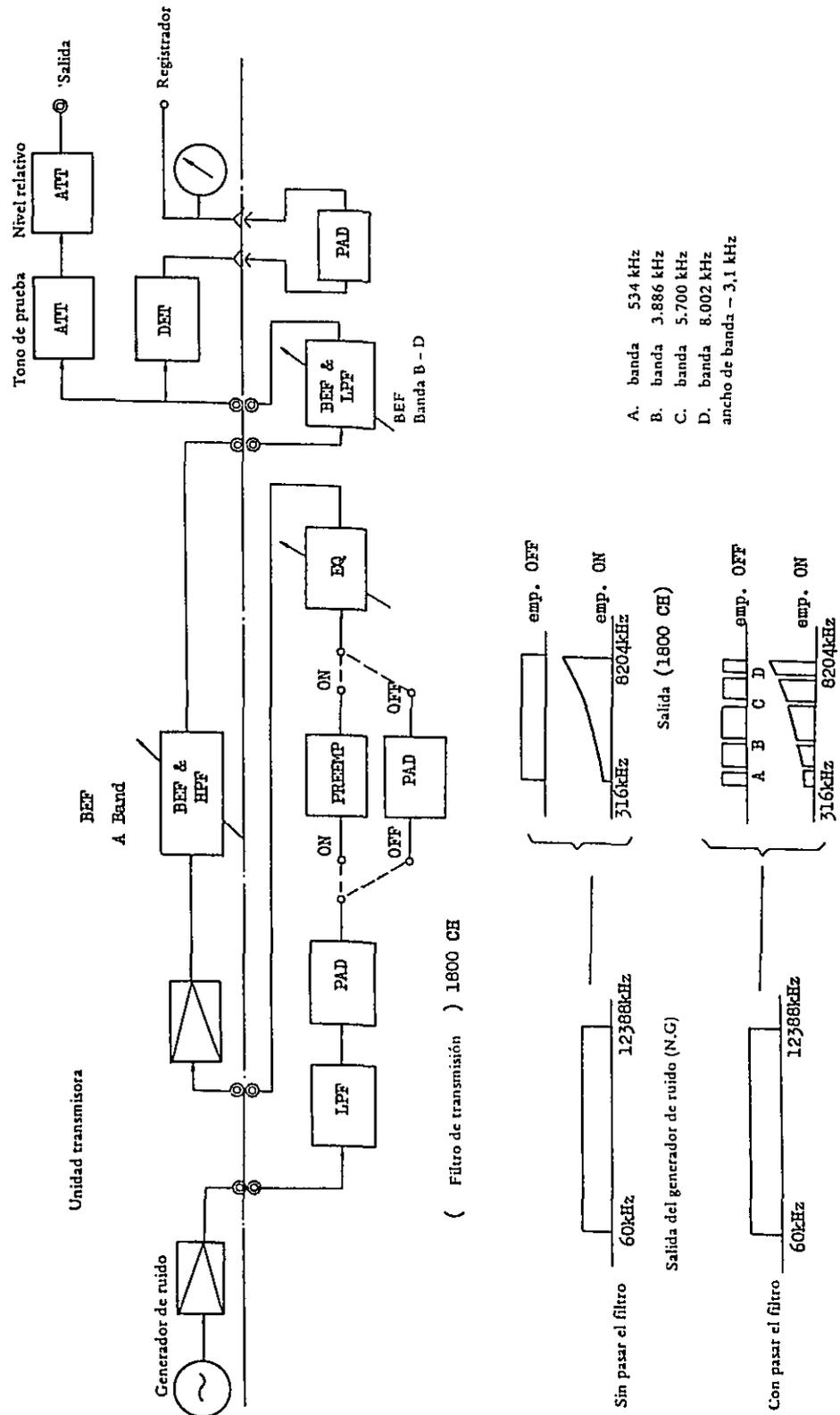


Fig. A-4 Diagrama de bloques del WJ-011 (Receptor)

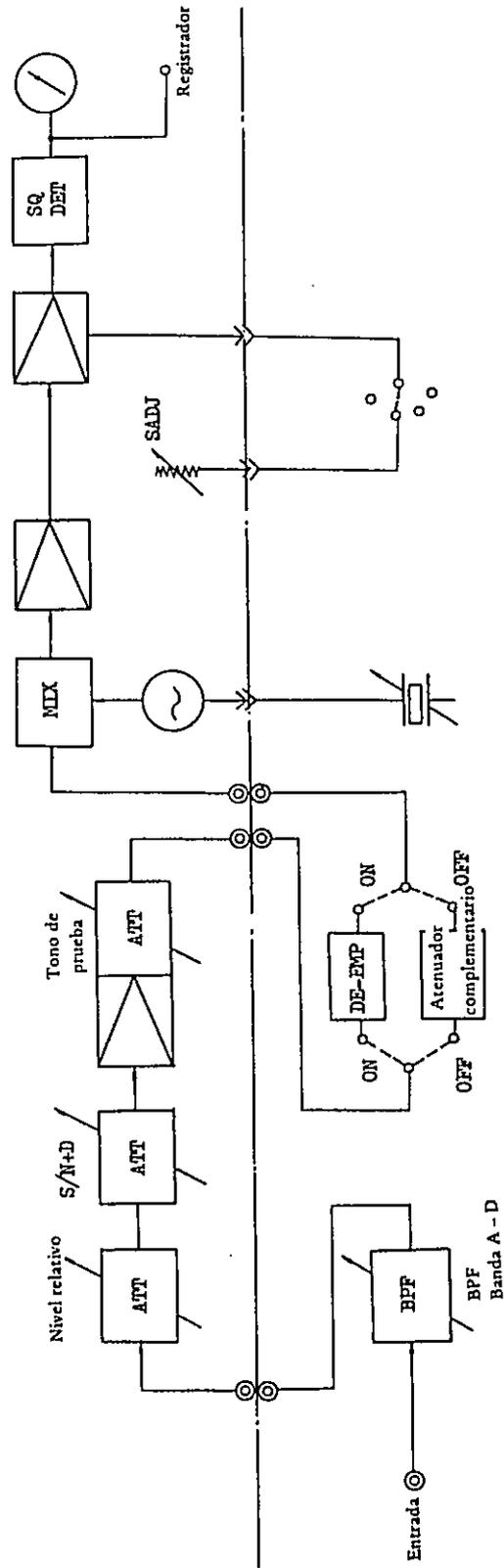


Fig. A-5 Diagrama de bloques del WJ-007 (Transmisor)

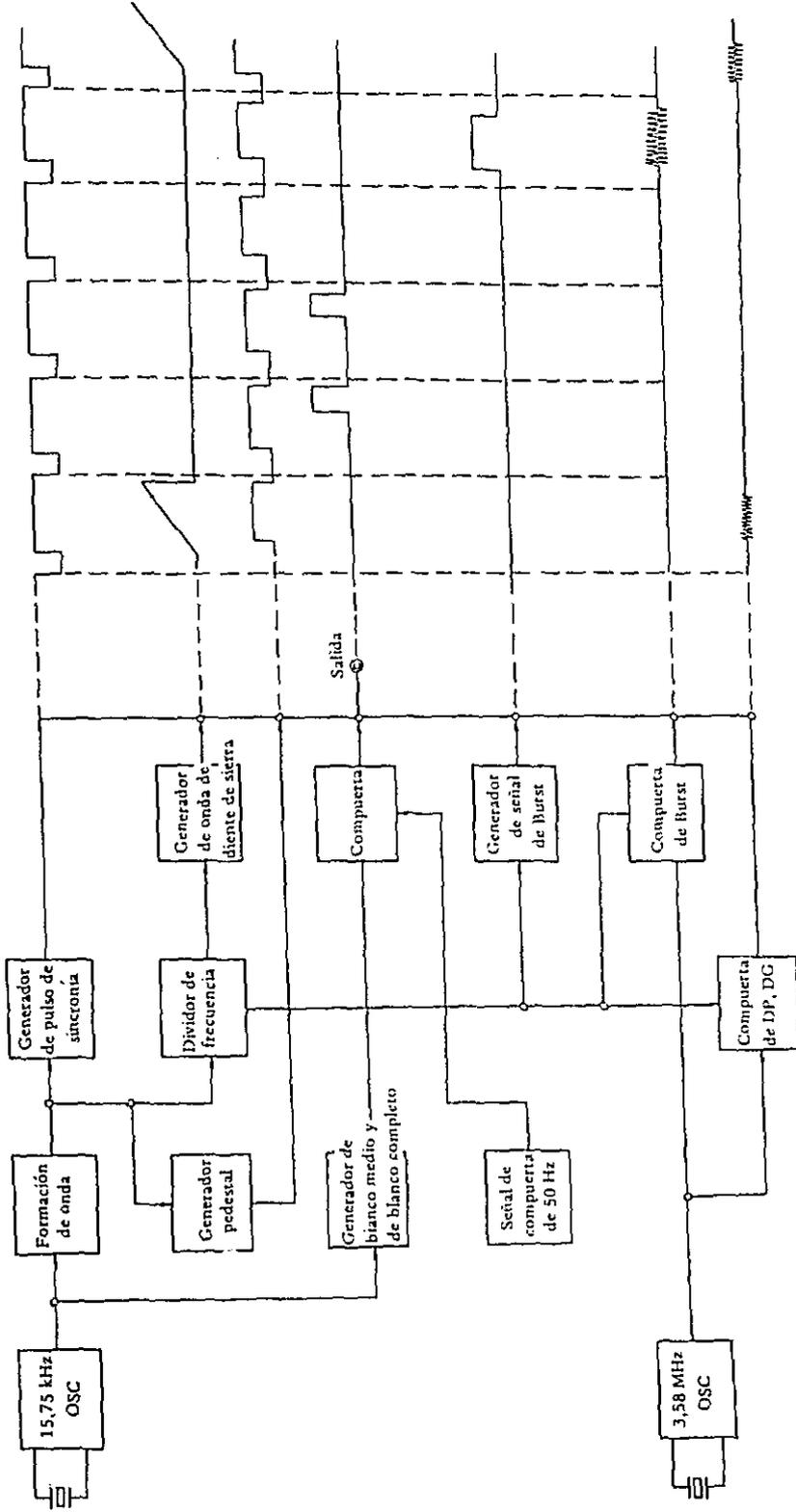


Fig. A-6 Diagrama de bloques del WJ-007 (Receptor)

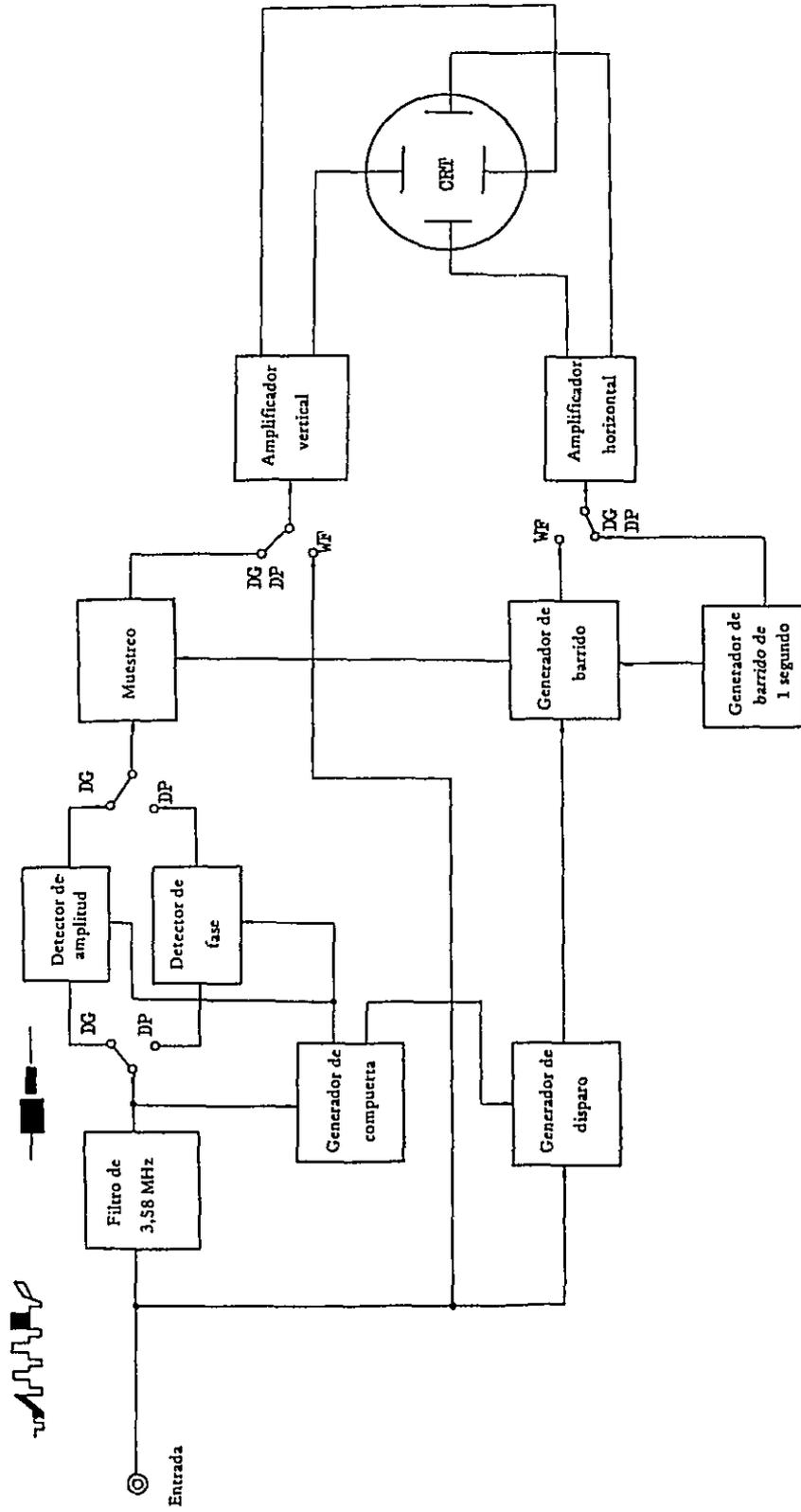


Fig. 7 Diagrama de bloques del WJ-008 (Transmisor)

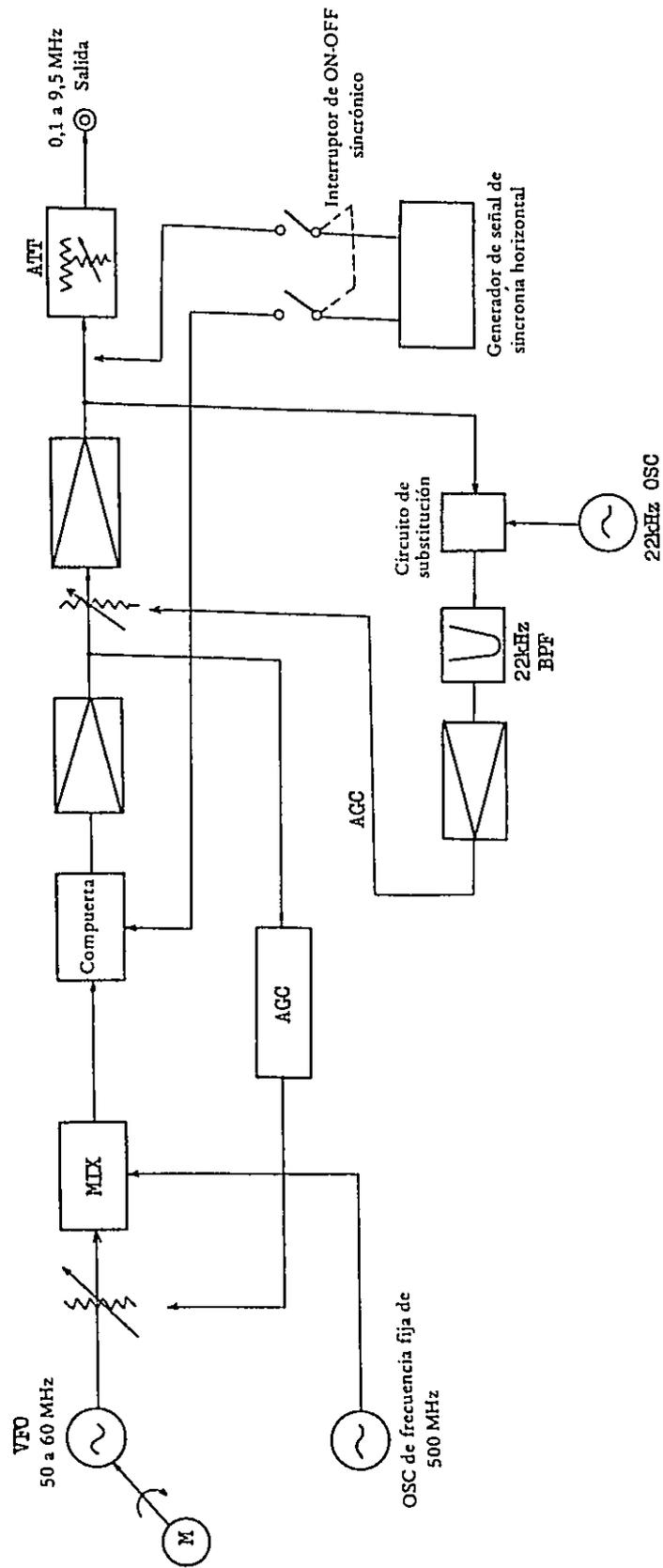


Fig. 8 Diagrama de bloques del WJ-008 (Receptor)

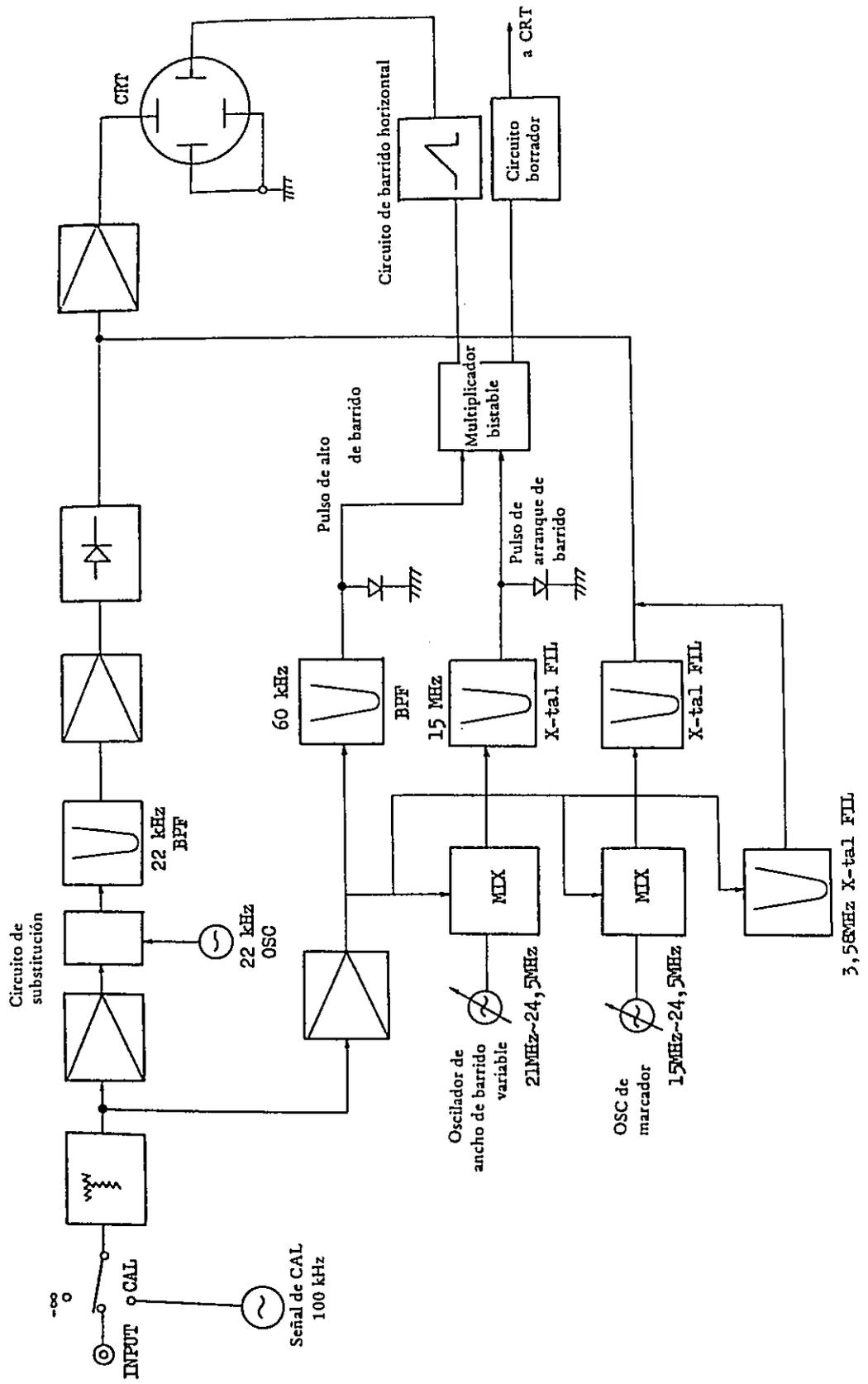
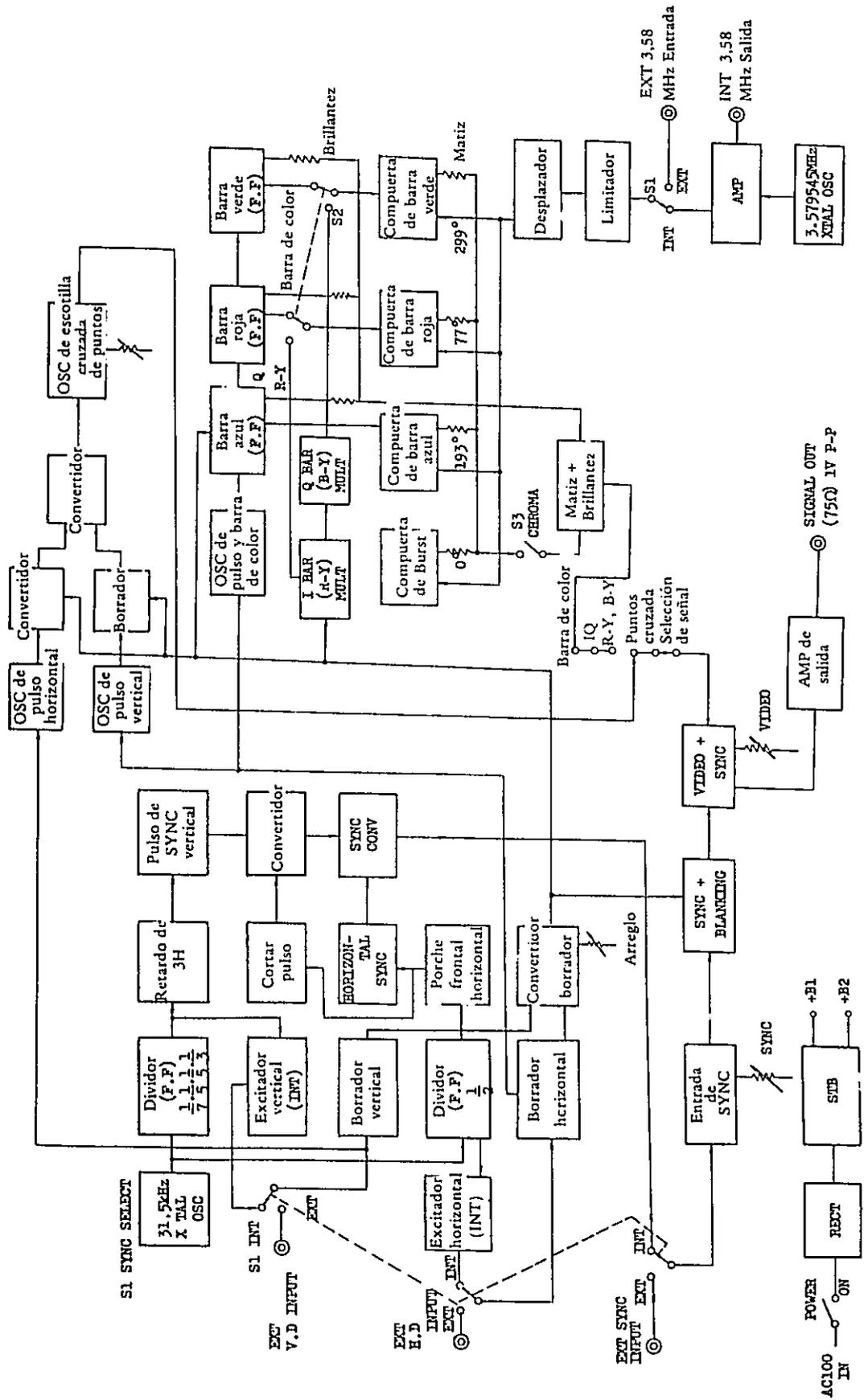


Fig. A-9 Diagrama de bloques del generador de puntos y barra de color



TERMINOS ABREVIADOS

| | | |
|---------|----------------------------------|-----------------------------|
| A C | Corriente Alterna | Alternative Current |
| A D J | Ajuste | Adjustment |
| A F C | Control Automático de Frecuencia | Automatic Frequency Control |
| A G C | Control Automático de Ganancia | Automatic Gain Control |
| A L M | Alarma | Alarm |
| A M P | Amplificador | Amplifier |
| A P C | Control Automático de Potencia | Automatic Power Control |
| A P L | Amplitud | Amplitude |
| A T T | Atenuador | Attenuator |
| A U X | Auxiliar | Auxiliary |
| B A R | Barretter | Barretter |
| B B | Banda base | Baseband |
| B E F | Filtro de Eliminación de Banda | Band elimination filter |
| B P T | Filtro de Pasa Banda | Band Pass Filter |
| B R | Derivación | Branch |
| C A L | Calibración | Calibration |
| C C T | Circuito | Circuit |
| C H | Canal | Channel |
| CHROMA | Cromatismo | Chromatism |
| C O M B | Combinación | Combination |
| C O M P | Comparación | Comparison |
| C O N T | Control | Control |
| C O N V | Convertidor | Converter |
| C R | Capacitor y Resistencia | Capacitor and Resister |
| C R T | Tubo de Rayos Catódicos | Cathode Ray Tube |
| C W | Onda Portadora | Carrier Wave |
| D.C. | Acoplador Direccional | Directional Coupler |
| D C | Corriente Directa | Direct Current |
| DE EMP | De-énfasis | De-emphasis |
| | De-acentuación | |
| D E M | Demodulador | Demodulator |
| D E V | Desviación | Deviation |

| | | |
|---------|---------------------------------|-----------------------------|
| DET | Detector | Detector |
| DG | Ganancia Diferencial | Differential Gain |
| DISCRI | Discriminador | Discriminator |
| DP | Fase Diferencial | Differential Phase |
| EMPH | Énfasis, Acentuación | Emphasis |
| ENV | Envolvente | Envelope |
| EXP | Extender, Expandir | Expand |
| EQL | Ecuilizador, Igualador | Equalizer |
| EXT | Externo | External |
| FIL | Filtro | Filter |
| FM | Modulación de Frecuencia | Frequency Modulation |
| FREQ | Frecuencia | Frequency |
| H.D | Deflexión Horizontal | Horizontal Deflection |
| HF | Alta Frecuencia | High Frequency |
| HOR | Horizontal | Horizontal |
| HV | Alta Voltaje | High Voltage |
| HYB | Híbrido | Hybrid |
| IF | Frecuencia Intermedia | Intermediate Frequency |
| IN | Entrada | Input |
| INT | Interno | Internal |
| LEV | Nivel | Level |
| LF | Baja Frecuencia | Low Frequency |
| LFC | Control de Frecuencia Local | Local Frequency Control |
| LIM | Limitador | Limiter |
| LM | Medidor de Nivel | Level Meter |
| LO, LOC | Local | Local |
| LPC | Control de Potencia Local | Local Power Control |
| LV | Baja Voltaje | Low Voltage |
| MO | Microondas | Microwave |
| MAINT | Mantenimiento | Maintenance |
| max | máximo | maximum |
| MI F | Frecuencia Intermedia Principal | Main Intermediate Frequency |
| min | mínimo | minimum |
| MIX | Mezclador | Mixer |
| MOD | Modulador | Modulator |

| | | |
|----------|--|------------------------------------|
| MON | Monitor | Monitor |
| MT | Montaje | Mount |
| OPR | Operación | Operation |
| OSC | Oscilador | Oscillator |
| OUT | Salida | Output |
| P.D | Detector de Piloto | Pilot Detector |
| PIL | Piloto | Pilot |
| POW | Potencia | Power |
| PWR) | | |
| PRE-AMP | Pre-amplificador | Pre-amplifier |
| PKE-EMPH | Pre-énfasis, Pre-acentuación | Pre-emphasis |
| PS | Suministro de Energía | Power Supply |
| R | Receptor, Recepción | Receiver, Reception |
| REC | Receptor | Receiver |
| RECT | Rectificador | Rectifier |
| RESP | Respuesta | Response |
| REP | Repetidor | Repeater |
| RESIST | Resistencia | Resistance |
| RF | Radiofrecuencia | Radio frequency |
| RL | Relé | Relay |
| RX | Receptor | Receiver |
| SEP | Separador | Separator |
| SG | Generador de señal | Signal Generator |
| SP | de reserva | Spare |
| SPAR) | | |
| STD | Normal | Standard |
| STB | Estabilizador | Stabilizer |
| SQL | Silenciador | Squelch |
| S/N + D | Relación de Señal a Ruido + Distorsión | Signal to Noise + Distortion Ratio |
| SW | Interruptor | Switch |
| SYNC | Sincronización, Sincronía | Synchronization |
| SYS | Sistema | System |
| SHF | Superalta Frecuencia | Superhigh Frequency |
| T | Transmisor, Transmisión | Transmitter, Transmission |
| TWT | Tubo de onda de viaje | Travel Wave Tube |
| | Tubo de onda progresiva | |

| | | |
|------|---|-------------------------------|
| TE | Transversal Eléctrico | Transverse Electric |
| TERM | Terminador | Terminator |
| TV | Televisión | Television |
| TX | Transmisor | Transmitter |
| VARI | Variable | Variable |
| VBC | Difusión de Voz | Voice Broadcasting |
| V.D | Deflección Vertical | Vertical Deflection |
| VERT | Vertical | Vertical |
| VOLT | Voltaje | Voltage |
| WG | Guía de Ondas | Wave Guide |
| VSWR | Relación de Ondas Estacionarias de Voltaje | Voltage Standing Wave Ratio |
| VFO | Oscilador de Frecuencia Vertical | Vertical Frequency Oscillator |

TERMINOS RELACIONADOS A LAS FIGURAS EN LOS APUNTES

| | | | |
|-----------------------|---------------------------------|-------------------------|---|
| Amplifier. | .Amplificador | Amplitude. | .Amplitud |
| Angle. | .Angulo | Anode. | .Anodo |
| Attenuator | .Atenuador | Band | .Banda |
| Balance | .Balanceado | Bar | .Barra |
| Bandwidth. | .Ancho de banda | Band pass | .Pasa banda |
| Baseband. | .Banda base | Branch. | .Derivación |
| Bias | .Polarización | Board | .Cuadro |
| Blue. | .Azul | Buffer | .Amortiguación |
| Brightness | .Brillantez | Characteristic. | .Característica |
| Calibration | .Calibración | Center. | .Centro, Central |
| Cavity | .Cavidad | Choke | .Reactor |
| Check | .Checar, Verificar | Circuit. | .Circuito |
| Chopping. | .Supresión | Composition | .Composición |
| Collector | .Colector | Converter | .Convertidor |
| Condition | .Condición | Crosshatch. | .Escotilla cruzada |
| Counter. | .Contador | Cut | .Cortar |
| Crystal. | .Cristal | Delay. | .Retardo |
| Cylinder | .Cilindre | Detection | .Detección |
| De-emphasis | .De-énfasis, De- acentuación | Diode | .Diodo |
| Depth | .Profundido | Discriminator | .Discriminador |
| Deviation. | .Desviación | Display | .Exhibición |
| Disc. | .Disco | Equalizer. | .Equilibrador, Iguala- dor, Ecuallizador |
| Divider | .Divisor | Fine. | .Fino |
| Dot | .Puntos | Formation. | .Formación |
| Elimination | .Eliminación | Frequency. | .Frecuencia |
| Expand | .Expandir, Extender | Full Scale | .Escala Completa |
| Filter. | .Filtro | Fuse | .Fusible |
| Fixed. | .Fijado | | |
| Frame Slope | .Pendiente de Cuadro | | |
| Front Porch. | .Pórtico Anterior | | |
| Full White | .Blanco Completo | | |

| | | | |
|---------------------------|--|--------------------------|---|
| Function | Función | Generator | Generador |
| Gain | Ganancia | Green | Verde |
| Gate | Compuerta | Hue | Matiz |
| Helix | Hélice | Initiator | Iniciador |
| Indicator | Indicador | | |
| Input | Entrada | Level | Nivel |
| Left | Izquierdo | Line | Línea |
| Limiter | Limitador | Loop | Lazo |
| Line Slope | Pendiente de Línea | Marker | Marcador |
| Main | Principal | Measurement | Medición |
| Mesured | Medido | Microwave | Microondas |
| Meter | Medidor | Modulation | Modulación |
| Mixer | Mezclador | Multiplier | Multiplicador |
| Mount | Montaje | | |
| Mop-up | Limpiar | Noise | Ruido |
| Network | Red | Noise Test Low | Prueba de ruido en la posición desequili- brada |
| Noise Test High | Prueba de Ruido en la posición equilibrada | Off | Abrir, Desconectar Apagar |
| On | Cerrar, Conectar, Encender | Object | Objeto |
| Overshoot | Sobremodulación | Oscilloscope | Osciloscopio |
| Oscillator | Oscilador | | |
| Output | Salida | Post Amplifier | Amplificador Posterior |
| Phase | Fase | Power | Potencia |
| Point | Apuntar | Pulse | Pulso |
| Pre-emphasis | Pre-énfasis | | |
| Push | Presionar | Received | Recibido |
| Range | Rango | Record | Registrar |
| Receiving | Recepción | Reflected | Reflejado |
| Red | Rojo | Relative Level | Nivel Relativo |
| Reject | Con Pasar el Filtro | | |
| Relay Station | Estación Relevadora | Rise | Establecimiento |
| Repeater | Repetidor | Saw-tooth Wave | Onda de Dientes de Sierra |
| Sampling | Muestreo | | |

| | | | |
|----------------------------|--------------------|----------------------|-----------------------------|
| Scale | .Escala | Select | .Seleccionar |
| Setting. | .Localización | Shutter | .Obturador |
| Shift | .Desplazamiento | Shifter. | .Desplazador |
| Side Marker. | .Marcador Lateral | Signal | .Señal |
| Slope. | .Pendiente | Sound | .Sonido |
| Source. | .Fuente | Standard | .Normal |
| Start | .Arranque | Station | .Estación |
| Stop | .Alto | | |
| Terminal Station | .Estación Terminal | Test Point | .Punto de prueba |
| Tone | .Tono | Tuning. | .Sintonización, Sintonía |
| | | | |
| Unit. | .Unidad | | |
| Width | .Ancho | Wave | .Ondas |
| Zero | .Cero | | |

M-4

MEDICION DE MICROONDAS (II)

(SISTEMA DE TELEFONICA)

CONTENIDO

| | | |
|----------|---|--------|
| 1. | Generalidades del sistema | M-4-1 |
| 2. | Prueba del equipo | M-4-3 |
| 2.1 | Sección de receptor de TR-6G. | M-4-3 |
| 2.1.1 | Operación | M-4-3 |
| 2.1.2 | Prueba de la característica de AGC y SQL. | M-4-3 |
| 2.1.3 | Prueba de la característica de amplitud (MO-IF) | M-4-7 |
| 2.2 | Sección del transmisor de TR-6G. | M-4-8 |
| 2.2.1 | Operación | M-4-8 |
| 2.2.2 | Medición de la potencia de salida del transmisor | M-4-9 |
| 2.2.3 | Calibración del medidor de salida del transmisor | M-4-10 |
| 2.2.4 | Medición de la frecuencia local del transmisor. | M-4-11 |
| 2.2.5 | Medición de la potencia local del transmisor | M-4-11 |
| 2.3 | Medidor y demodulador de FM de MD-1.800V | M-4-12 |
| 2.3.1 | Prueba de la característica diferencial del MOD. | M-4-12 |
| 2.3.2 | Prueba de la característica diferencial del DEM. | M-4-13 |
| 2.3.3 | Medición del nivel de salida de IF (70 MHz) | M-4-15 |
| 2.3.4 | Prueba de la característica de AFC | M-4-16 |
| 3. | Prueba del circuito de telefonía múltiple | M-4-17 |
| 3.1 | Calibración del nivel | M-4-17 |
| 3.2 | Prueba de la característica de frecuencia de amplitud | M-4-18 |
| 3.3 | Prueba de la característica de retardo | M-4-20 |
| 3.4 | Prueba de la característica de DG | M-4-22 |
| 3.5 | Prueba por carga de ruido | M-4-23 |
| | | |
| Apéndice | | |
| Fig. A-1 | Diagrama de bloques del transmisor-receptor (TR-6G) | M-4-29 |
| Fig. A-2 | Diagrama de bloques del modulador (MD-1.800V) | M-4-30 |
| Fig. A-3 | Diagrama de bloques del demodulador (MD-1.800V) | M-4-31 |

1. Generalidades del sistema

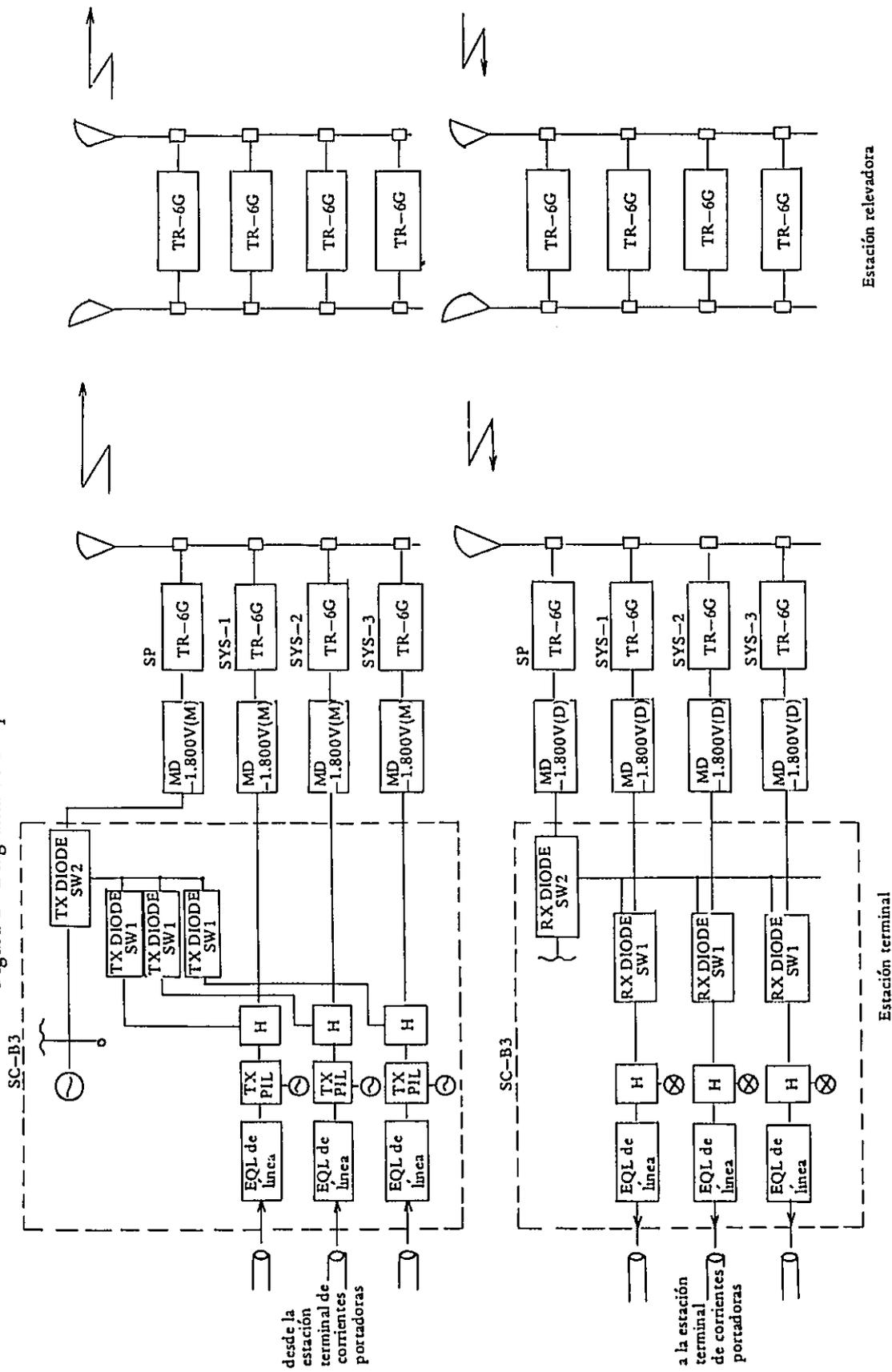
Para la transmisión a larga distancia de los 1.800 canales telefónicos se usa generalmente el sistema de banda de 6 GHz.

La Tabla 1 muestra las especificaciones del equipo principal que se usa en este sistema, y la Figura 1 muestra la composición del sistema de 6 GHz.

Tabla 1 Especificaciones del equipo principal

| | |
|-----------------------------------|-----------------------------|
| Banda de frecuencia | 5,925 – 6,425 MHz |
| Número de sistema | 7 (normal) + 1 (de reserva) |
| Longitud de trayectoria normal | 50 km |
| Sistema de relevador | Heterodino |
| Desviación | 140 kHz r.m.s. |
| Capacidad de canal | 1.800 CH (por sistema) |
| Suministro de energía | -21 V DC |
| Potencia de salida del transmisor | 11 (W) 40,4 (dBm) |
| Oscilador local | Xtal osc (x 54) |
| Frecuencia de IF | 7 MHz |
| Ancho de banda receptora | ± 12 MHz |
| Nivel de entrada normal | -21,0 (dBm) |
| Cífra de ruido | dentro de 12 (dB) |
| Modulador | FM por el diodo |

Figura 1 Diagrama de bloques del sistema de 6 GHz



2. Prueba del equipo

2.1 Sección del receptor "TR-6G"

2.1.1 Operación

- (1) Se pone el interruptor "MAIN SW" en el cuadro conmutador en la posición "ON".
- (2) Se verifica el voltaje de -21 V DC usando el multímetro integrado.
- (3) Se pone el interruptor "LV SW" en la posición "ON".
- (4) Se verifica el voltaje de -18 V DC usando el multímetro integrado.
- (5) Se pone cada interruptor en el panel de control de alarma a las siguientes posiciones.

| | |
|--------------|-----------|
| "AGC" | a "ON" |
| "MAINT" | a "MAINT" |
| "70 MHz OSC" | a "ON" |
- (6) Con el interruptor del medidor del panel de control de alarma, verificar los valores de corriente en las posiciones de "LO PWR", "R MIX 1" y "R MIX 2".

Nota: Esta posición demuestra que el oscilador local y el oscilador de desplazamiento están operando normalmente.
- (7) Se pone el interruptor del medidor en el panel de control de alarma a la posición "R MIX 1" o "R MIX 2".

Se pone el control "LEVEL CONT" a "10°" en el panel del oscilador de desplazamiento.

Se ajusta la lectura del medidor "R MIX 1" o "R MIX 2" al máximo con el control "TUNING".

Se ajusta la lectura del medidor "R MIX 1" a 2,5 mA con el control "LEV CONT".

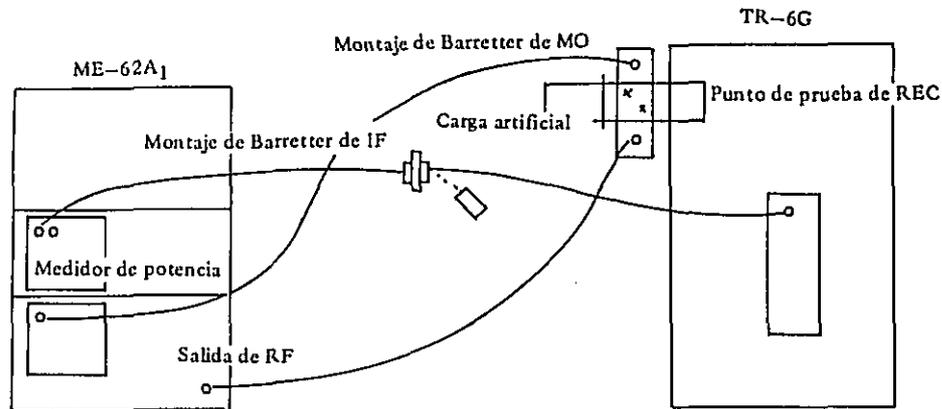
Se verifica que las corrientes de "R MIX 1" y "R MIX 2" estén bien balanceadas dentro del límite de 0,5 mA.

2.1.2 Prueba de la característica de AGC y SQL

- a. Equipo de medición ME-62A1
- b. Método de medición

- (1) Se conecta el ME-62A1, al equipo repetidor tal como se muestra en la Figura 2.

Figura 2



(2) Preparación del ME-62A1

(a) Se ponen los interruptores tal como se indican a continuación.

(Sección de exhibición)

“VERT RANGE” a “EXPAND”

“HOR SELECT” a “LINE”

(Sección del generador de señal de MO)

“RF SIGNAL” a “OFF”

(Medidor de potencia)

“RANGE” a “+5 dBm”

“IF-RF” a “IF”

(b) Se termina el montaje “IF BARRETTTER MOUNT” con el terminación de 75Ω , luego, se pone en ON el interruptor “POWER SW” del medidor de potencia.

(c) Se ajusta el medidor de “ZERO ADJ” localizado en el medidor de potencia.

(d) Se pone el dial de frecuencia del medidor de onda de cavidad a la frecuencia de recepción del repetidor.

(e) Se pone el conmutador “RF SIGNAL” a “CW” en la parte del SG de microondas.

(f) Se pone el dial “FREQUENCY” de la parte de SG de microondas a la frecuencia aproximada de recepción.

(g) Se ajusta el “MARKER GAIN” para que el marcador quede a una altura adecuada.

(h) Se ajusta el dial “FREQUENCY” en la parte de SG de microondas, para fijar la línea brillante a la posición en el tubo de rayos catódicos (CRT), y en esta forma la indicación del dial expresa la frecuencia de recepción del repetidor.

- (i) Se pone el control "RANGE" localizado en el "APC MONITOR" a 0 dBm.
- (j) Se pone el "RF SIGNAL" a "OFF", se presiona el botón "PUSH METER ON" y se ajusta el "ZERO ADJ".
- (k) Se pone el "RF SIGNAL" a "CW" y se ajusta el dial de "LEVEL" para que la indicación del medidor de "APC MONITOR" llegue a ser de -5 dBm. Luego, se pone la línea del cursor a "-5" sobre el dial.

(Calibración de la potencia de salida de la parte de SG de microondas)

Nota: I. El ajuste de cero debe ser realizado con el montaje "IF BARRETTTER MOUNT" con terminación de 75Ω .

II. El ajuste de cero debe ser verificado muchas veces durante medición y debe ser verificado cada vez que se cambia el rango del "POWER METER RANGE". La potencia de salida de SG de microondas se puede leer directamente en el medidor de "APC MONITOR" cuando la potencia es más de -5 dBm. Sin embargo, cuando la potencia de salida es menos de -5 dBm, se debe leer en el dial de "LEVEL" que está calibrado.

(3) Ajuste de las características de AGC y SQL

(AGC) Control automático de ganancia

- (a) Se pone el nivel de entrada de RF a -58 dBm.
- (b) Se ajusta el control "IF GAIN" localizado en el panel de "ALM CONT" para que el nivel de salida de IF llegue a ser aproximadamente de +2 dBm a +3 dBm.
- (c) Se ajusta el control "AGC CONT" para que el nivel de salida de IF sea de +4 dBm mientras el nivel de entrada de RF es de -18 dBm.
- (d) Se repiten los ajustes (a), (c) y se verifica que la característica satisfaga la especificación.

(SQL) Silenciador

- (a) Se pone el nivel de entrada de RF a -65 dBm.
- (b) Se ajusta el control "SQL ADJ" lentamente y se verifica que las lámparas cambien de verde a rojo.

(4) Procedimiento de medición

- (a) Se mide y se registra el nivel de salida de IF mientras la potencia de recepción se

cambia de -18 dBm a -58 dBm.

- (b) Se registra los niveles de la potencia de recepción que enciende o apaga la lámpara del "RX ALM".
- (c) La potencia recibida se calcula del modo siguiente:

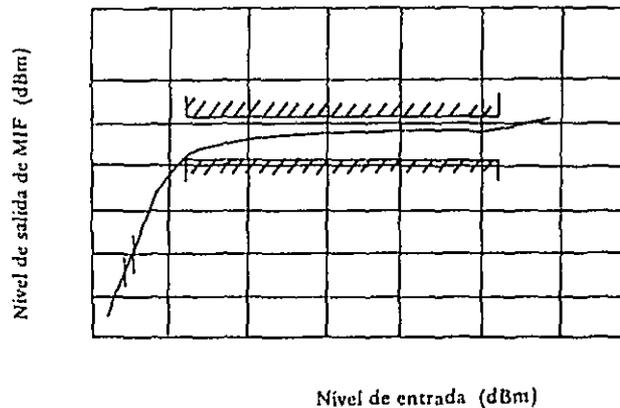
$$\begin{aligned} & \text{Potencia recibida} \\ = & \text{(Nivel del SG de microondas (dBm))} - \text{(Pérdida de acoplamiento del acoplador direccional (dB))} \end{aligned}$$

(5) Especificación

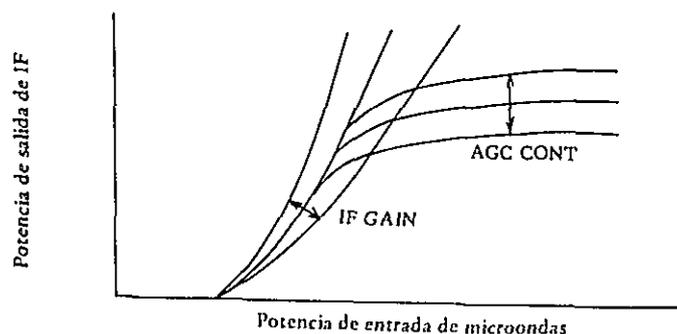
AGC: El nivel de salida debe estar entre $+4$ dBm y $+2$ dBm para un nivel de entrada entre -18 dBm y -58 dBm.

SQL: El silenciador debe operar y restablecer entre los niveles de entrada de -64 dBm a -67 dBm.

(6) Datos



- Nota: I. "SQL ON" significa el punto en el cual las lámparas de RX cambian de verde a rojo cuando se disminuye el nivel de entrada de RF desde -60 dBm.
- "SQL OFF" significa el punto en el cual las lámparas de RX cambian de rojo a verde cuando se aumenta el nivel de entrada de RF desde -70 dBm. Ambos puntos deben estar entre -64 dBm y -67 dBm.
- II. La relación entre el ajuste de "IF GAIN" y "AGC CONT" se muestran en seguida.



2.1.3 Prueba de la característica de amplitud (MO-IF)

- a. Equipo de medición ME-62A₁
- b. Método de medición igual al párrafo 2.1.1
- c. Procedimiento de medición
(Receptor)
 - (a) Se pone el interruptor "AGC" a "OFF".
 - (b) Fijando la potencia recibida a -24 dBm, se ajusta el "IF GAIN" para que la potencia de salida de IF sea de 0 dBm. En este caso, la potencia de salida de IF se mide con el medidor de potencia de IF en el ME-62A₁
 (ME-62A₁)
 - (c) Se ponen los interruptores en la forma siguiente;

| | |
|-----------------------|---------------|
| "VERT RANGE" | a "EXPAND" |
| (Sección de SG de MO) | |
| "HOR SELECT" | a "LINE" |
| "RF SIGNAL" | a "SWEEP INT" |
| (Medidor de potencia) | |
| "RANGE" | a "+5 dBm" |
| "IF-RF" | a "IF" |
 - (d) Se pone el "CAVITY WAVE METER" a la frecuencia central y a " ± 15 MHz".
 - (e) Se ajusta la frecuencia central y el ancho del barrido con los diales de "SWEEP WIDTH" y de "FREQUENCY".
 - (f) Poner en OFF el conmutador "BLANKING" y se ajusta la fase del marcador

valores del "T MIX 1" y "T MIX 2" lleguen a ser de +4 dBm.

- (2) Se conecta el medidor de potencia al "TWT IN" y se ajusta el "T LO ATT (Y 32)" en el circuito del oscilador local para que el nivel de entrada del TWT llegue a ser de +4 dBm.
- (3) Se pone el "WHENELT ADJ" al voltaje especificado en la tabla anexa al TWT.
- (4) Se pone la carga artificial de alta potencia al "TEST POINT T".
- (5) Se verifica que los ajustes de "ANODE COARSE" y de "FINE" estén puestos a 0° respectivamente.
- (6) Se verifica que los ajustes de "HELIX COARSE" y de "FINE" estén respectivamente a 0°.
- (7) Se pone a ON el interruptor de "HELIX" en el panel de rectificador de ánodo, y después de 10 segundos, se pone a ON el interruptor de "ANODE".
- (8) Se pone el ajuste de "HELIX" al voltaje especificado en la tabla anexa al TWT.
- (9) Se ajusta el control de "ANODE" para que la potencia de salida llegue a ser de 11 W (40,5 dBm).

Este valor se obtiene de la corriente de monitor de salida del transmisor de la tabla anexa al TWT.

- (10) Se ajusta la potencia de salida al máximo con el ajuste de "HELIX", y se ajusta la potencia de salida a 11 W (40,5 dBm) con el ajuste de "ANODE".
- (11) Se ajusta el "WHENELT" para que la corriente de "HELIX" sea mínima. Así, la potencia de salida queda ajustada a la potencia especificada en el modo superior del TWT.

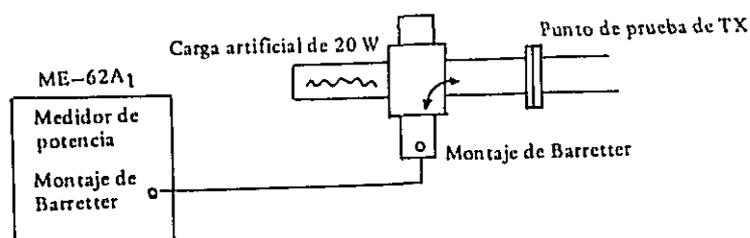
2.2.2 Medición de la potencia de salida del transmisor

a. Equipo de medición ME-62A₁

b. Método de medición

Se conecta el ME-62A₁ al TR-6G tal como se muestra en la Figura 3.

Figura 3



- c. La potencia de salida se calcula del modo siguiente;

$$\begin{aligned} & \text{Potencia de salida (dBm)} \\ & = \text{(Lectura del medidor de nivel (dBm))} + \text{(Pérdida de acoplamiento del acoplador direccional (dB))} \end{aligned}$$

- d. Especificación

La potencia de salida debe ser mayor de 40,5 dB (11 W).

- e. Datos

dBm

2.2.3 Calibración del medidor de salida del transmisor

- a. Equipo de medición ME-62A₁

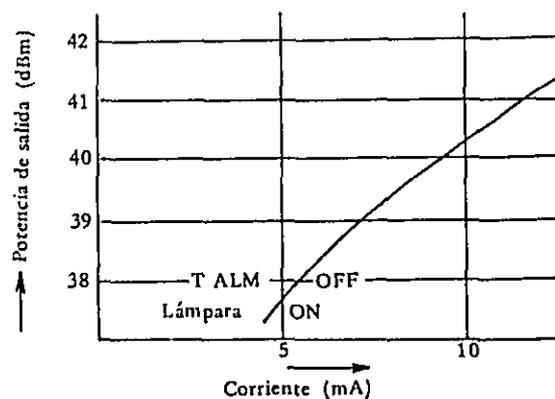
- b. Método de medición

- (1) Se conecta el ME-62A₁ al TR-6G tal como se muestra en la Figura 3.
- (2) Se ajusta el "T PWR" para que la lámpara de "T ALM" se enciende cuando la potencia de salida disminuye a 5,5 W (+37,5 dBm).
- (3) Leer la potencia de salida y la corriente del multímetro mientras se cambian los ajustes de "ANODE COARSE" y de "FINE", que hacen variar el voltaje del ánodo.

- c. Especificación

La lámpara de "T ALM" se debe a 5,5 W (+37,5 dBm).

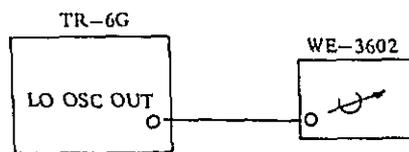
- d. Datos



2.2.4 Medición de la frecuencia local del transmisor

- a. Equipo de medición WE-3602
(Medidor de ondas de cavidad para la región de 6 GHz)
- b. Método de medición
 - (1) Se conecta el WE-3602 a la salida del oscilador local con un cordón coaxial de 5D2W tal como se muestra en la Figura 4.

Figura 4



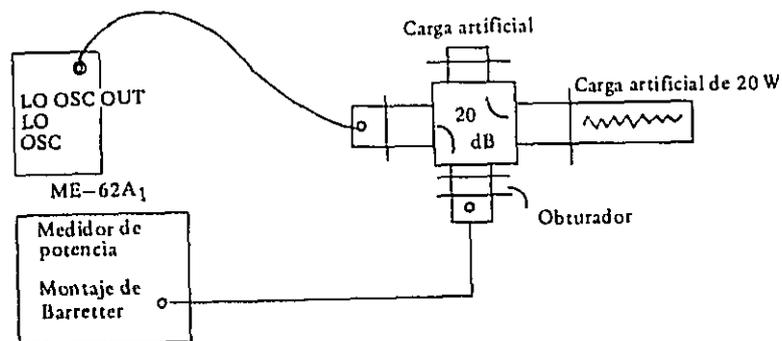
- c. Especificación
Desviación de frecuencia $\pm 1,8$ MHz
- d. Datos

| | | |
|--------------------------|-------|-----|
| Frecuencia nominal | | MHz |
| Frecuencia medida | | MHz |
| Diferencia de frecuencia | \pm | MHz |

2.2.5 Medición de la potencia local de salida del transmisor

- a. Equipo de medición ME-62A1
- b. Conexión

Figura 5



- c. Especificación
La potencia de salida debe ser mayor que 23 dBm.
- d. Datos

dBm

2.3 Medidor y demodulador de FM de MD-1.800V

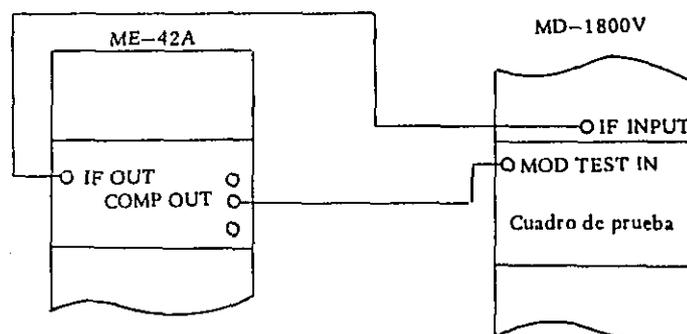
2.3.1 Prueba de la característica diferencial del MOD

- a. Equipo de medición ME-42A
- b. Método de medición

(1) Preparación

(A) Se conecta el ME-42A al MD-1800V tal como se muestra en la Figura 6.

Figura 6



- (B) Se ponen los interruptores a la siguiente posición.
"AFC SW ON-OFF" en el panel de AFC "OFF"
- (C) Se ponen los interruptores y los diales siguientes en la sección del receptor del ME-42A del modo siguiente;

| | |
|------------------|-------------------|
| "DISPLAY SELECT" | a "DG IF 200 kHz" |
| "IF MARKER" | a "70 MHz" |
| "SIDE MARKER" | a "10 MHz" |

"LEVEL CHECK"

a "DG VIDEO"

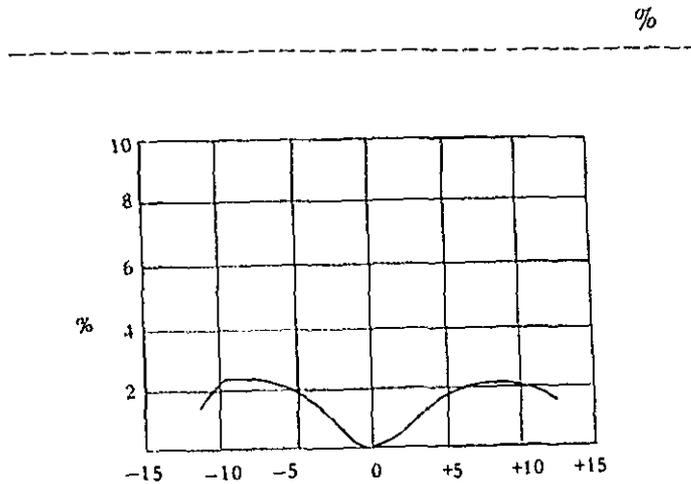
(2) Procedimiento de medición

- (A) Se pone el "MARKER SELECT" a "IF + Δ " y se ajusta el "50 Hz LEVEL" para que el ancho de barrido llegue a ser de ± 10 MHz.
En este caso, se ajusta el "200 kHz LEVEL" para que la corriente monitor del "LEVEL" indique cerca de 0,5 rad.
- (B) Se pone el "VERT RANGE" de la sección de exhibición a 10% y el interruptor "CAL" en ON.
- (C) Se pone el "AFC" en ON y se registran las características dibujando la curva.
- (D) Se ajustan las características mediante el "L 202" en el panel del modulador.

c. Especificación

± 10 MHz dentro de 3%

d. Datos

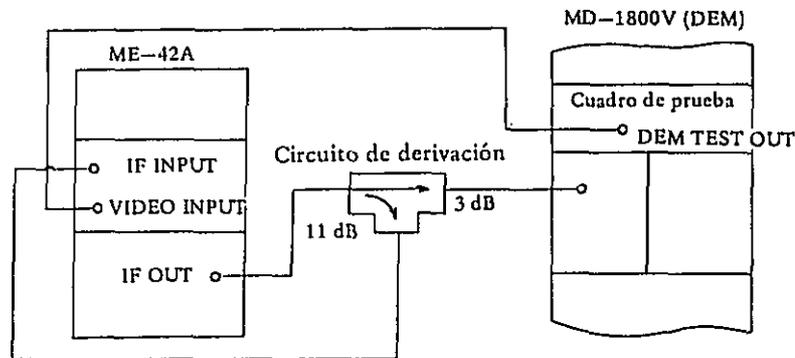


2.3.2 Prueba de la característica diferencial del DEM

- a. Equipo de medición
- b. Método de medición

- (1) Preparación
- (A) Se conecta el ME-42A al MOD-1800V tal como se muestra en la Figura 7.

Figura 7



- (B) Se pone el interruptor "OPR-TEST" en el panel del demodulador en "TEST".
- (C) Se ponen los interruptores y los diales siguientes en la sección del receptor del ME-42A del modo siguiente;

| | |
|------------------|----------------------|
| "DISPLAY SELECT" | a "DG VIDEO 200 kHz" |
| "MARKER" | a "IF $\pm \Delta$ " |
| "IF MARKER" | a "70 MHz" |
| "SIDE MARKER" | a "10 MHz" |
| "LEVEL CHECK" | a "DG VIDEO" |

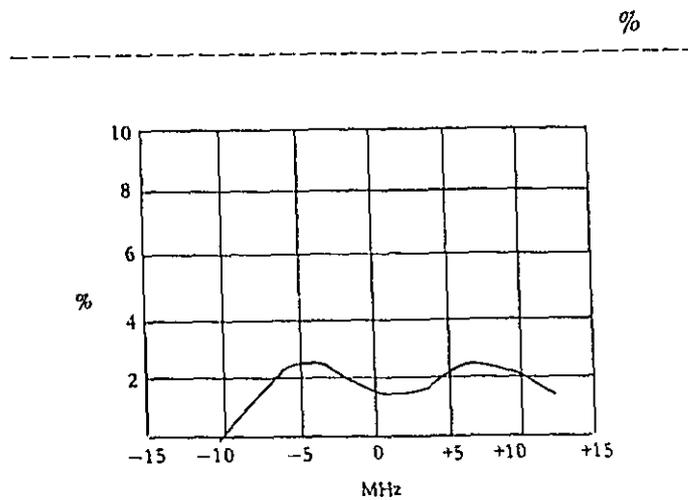
- (2) Procedimiento de medición
- (A) Se gira el "VERT GAIN" completamente en el sentido contrario de las agujas del reloj y se ajustan la frecuencia y el ancho del barrido con los controles "SWEEP CENTER" y "SWEEP WIDTH".
- (B) Se ajusta el "LEVEL (200 kHz)" con el control "FM DEPTH" localizado en la sección transmisora para que la corriente monitor del "LEVEL" indique cerca de 0,5 rad.
- (C) Se pone en OFF el interruptor "BLANKING" y se pone la fase del marcador con el "HOR PHASE" para que las curvas queden sobrepuestas una sobre la otra.
- Luego, se pone en ON el "BLANKING".

- (D) Se pone el "VERT RANGE" de la sección exhibidora a "10%" y se pone en ON el "CAL". Luego, se gira el dial de "VERT GAIN" en el sentido de las agujas de reloj hasta que las curvas de característica aparezcan en la pantalla del CRT.
- (E) Se ajustan las características mediante el "CV 701" en el panel del demodulador.

c. Especificación

± 10 MHz dentro de 3%

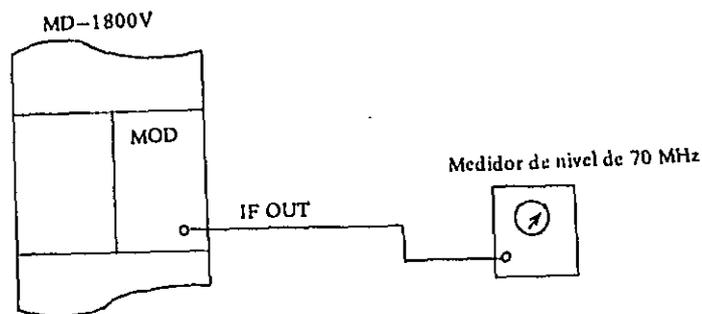
d. Datos



2.3.3 Medición del nivel de salida de IF 70 MHz

- a. Equipo de medición Medidor de nivel de IF
- b. Conexión

Figura 8



- c. Ajuste
Se ajusta el "IF LEVEL" en el panel de FM MOD para que el nivel de salida de IF llegue a ser de +4 dBm.
- d. Especificación +4 dBm
- e. Datos

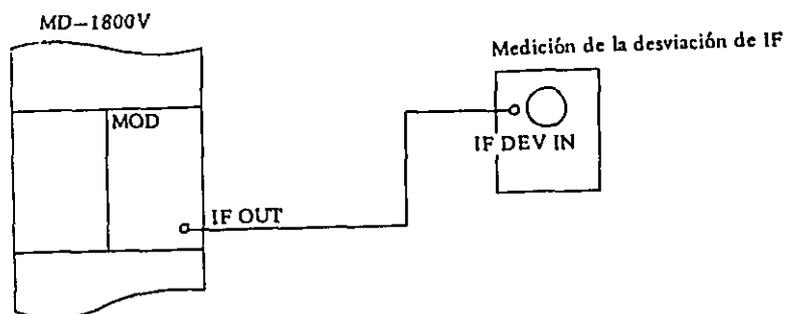
dBm

2.3.4 Prueba de la característica de AFC

- a. Equipo de medición WJ-315
- b. Método de medición

(1) Se conecta tal como se muestra en la Figura 9.

Figura 9



- (2) Procedimiento de medición
 - (A) Se pone el "OPR TEST" en el panel de FM MOD a "TEST".
 - (B) Se pone en OFF el conmutador "AFC SW" y se cambia la frecuencia a más de 8 MHz ajustando el "OSC BIAS" del panel de FM MOD.
 - (C) Se pone el "AFC SW" en ON y se verifica que la frecuencia quede establecida a $70 \text{ MHz} \pm 100 \text{ kHz}$.

Y además, se verifica que la lámpara de alarma no se apague.

Nota: Cuando las características no se igualan a las especificaciones, se verifica el panel de AFC, y si es necesario se le reemplaza con uno nuevo.

c. Especificación

La frecuencia de salida debe estar dentro de $70 \text{ MHz} \pm 100 \text{ kHz}$. El rango de respuesta es mayor que $\pm 8 \text{ MHz}$.

d. Datos

| Items | Valor medido |
|------------------------------|--------------|
| Rango de la respuesta de AFC | MHz |
| Frecuencia de salida | MHz |

3. Prueba del circuito de telefonía múltiplex

3.1 Calibración del nivel

a. Equipo de medición

WJ-315

Medidor de nivel de 70 MHz

b. Método de medición

(1) Preparación

(A) Se conectan los medidores tal como se muestra en la Figura 10.

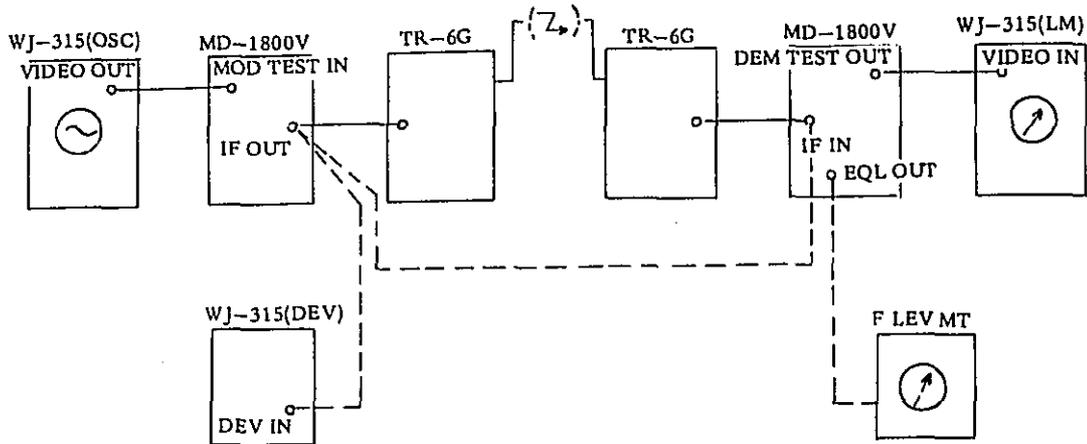
(2) Método de medición

(A) Se conecta el eslabón de U al "TEST" en el cuadro de prueba.

(B) Se aplica la señal de 300 kHz de +2 dBm (-24 dBm/CH) al "MOD TEST IN" del MD-1800V desde el WJ-315 (OSC).

(C) Se ajusta el "IF LEV" para que el "IF OUT" del panel de FM MOD llegue a ser de +4 dBm.

Figura 10



- (D) Se ajuste el "GAIN CONT" del panel de MOP-UP EQL para que el "OUT" del panel de FM MOD (en el MD-1800V) llegue a ser de +4 dBm.
- (E) Se ajusta el "LEV ADJ" en el panel de VARI ATT para que el nivel del "DEM TEST OUT" (en el MD-1800V) llegue a ser de +2 dBm. (-24 dBm/CH)
- (F) Se restablece el eslabón U a la posición "NORMAL".

c. Datos

| | |
|----------------|-----|
| MOD IF DIV | MHz |
| MOD IF LEV | dBm |
| #1 EQL OUT LEV | dBm |
| #2 EQL OUT LEV | dBm |
| DEM TEST OUT | dBm |

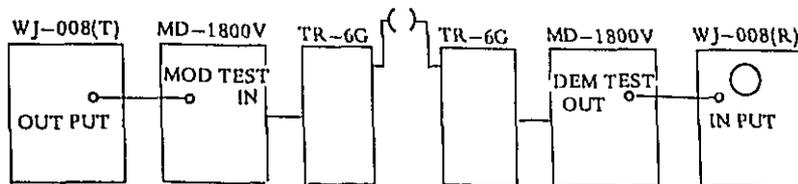
3.2 Prueba de la característica de frecuencia de amplitud

- a. Equipo de medición ME-62A1
- b. Método de medición

(1) Preparación

- (A) Se conectan los equipos tal como se muestran en la Figura 11.

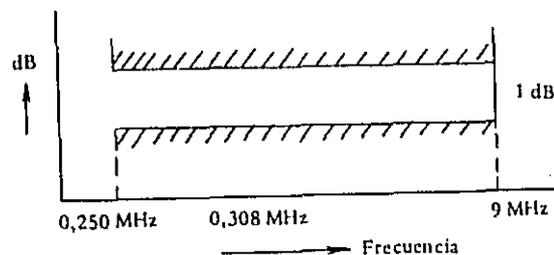
Figura 11



(2) Procedimiento de medición

- (A) Se ajusta el nivel de salida del WJ-008 a -5 dBm y se conecta el terminal transmisor del WJ-008 (T) al terminal receptor del WJ-008 (R).
- (B) Se ajustan los controles de "HRZ GAIN", " \leftrightarrow " y "MARKER DIAL" en el WJ-008 (R) para que las lecturas de 3,5 MHz y 9 MHz coincidan con el valor marcado en el dial.
- (C) Se aplica una señal al "MOD TEST IN".
- (D) Se verifica que el nivel de salida del "DEM TEST OUT" esté en -5 dBm $\pm 0,5$ dB a 308 kHz.

c. Especificación



d. Datos

Se registran las características de la curva de la pantalla.

3.3 Prueba de la característica de retardo

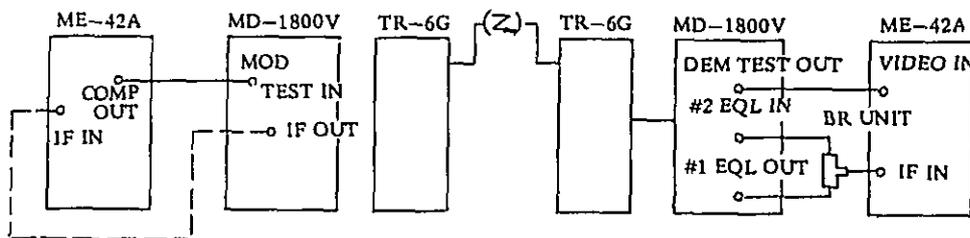
a. Equipo de medición ME-42A

b. Método de medición

(1) Preparación

Se conectan los equipos tal como se muestran en la Figura 12.

Figura 12



(2) Lado transmisor

(A) Preparación del ME-42A

Se ponen los interruptores y los diales del modo siguiente:

(Sección receptora)

| | |
|------------------|----------------------|
| "MARKER SELECT" | a "IF $\pm \Delta$ " |
| "IF MARKER" | a "70 MHz" |
| "SIDE MARKER" | a " ± 10 MHz" |
| "LEVEL CHECK" | a "DELAY VIDEO" |
| "DISPLAY SELECT" | a "DELAY IF" |

(Sección exhibidora)

| | |
|--------------|---------|
| "HOR SELECT" | a "INT" |
|--------------|---------|

(B) Procedimiento de medición

- Se ajusta el "200 kHz LEVEL" del ME-42A para que el nivel de 200 kHz indique cerca de 0,5 rad.
- Se ajusta el "50 kHz LEVEL" para que el ancho del barrido sea de 70 MHz \pm 10 MHz.
- Se conecta el "IF OUT" al transmisor tal como se muestra con la

línea sólida en la Figura 12.

(3) Lado receptor

(A) Preparación del ME-42A

Se ponen los interruptores y los diales del modo siguiente;

(Sección receptora)

| | |
|------------------|----------------------|
| "MARKER SELECT" | a "IF $\pm \Delta$ " |
| "IF MARKER" | a "70 MHz" |
| "SIDE MARKER" | a " ± 10 MHz" |
| "LEVEL CHECK" | a "DELAY VIDEO" |
| "DISPLAY SELECT" | a "DELAY VIDEO" |

(Sección exhibidora)

| | |
|--------------|---------|
| "HOR SELECT" | a "INT" |
|--------------|---------|

(Sección de fase)

| | |
|---------------|------------------|
| "DELAY RANGE" | a " ± 10 ns" |
|---------------|------------------|

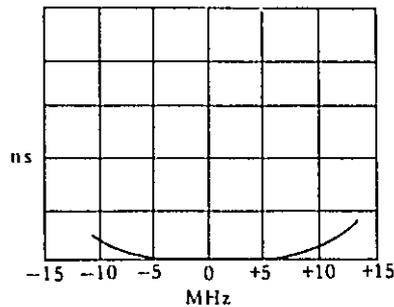
(B) Procedimiento de medición

- Se ajusta el "PHASE ADJ" para que el valor indicado en el medidor de "PHASE" llegue a ser de 0.
- Se pone el "CAL" para calibrar la forma de onda con el ajuste de "DELAY GAIN".
- Se acomoda la línea de fondo de la forma de onda a la línea de 0 ns y se la registra dibujando la curva.

c. Especificaciones

La forma de onda de retardo debe estar en buena condición entre ± 10 MHz.

d. Datos



3.4 Prueba de la característica de DG

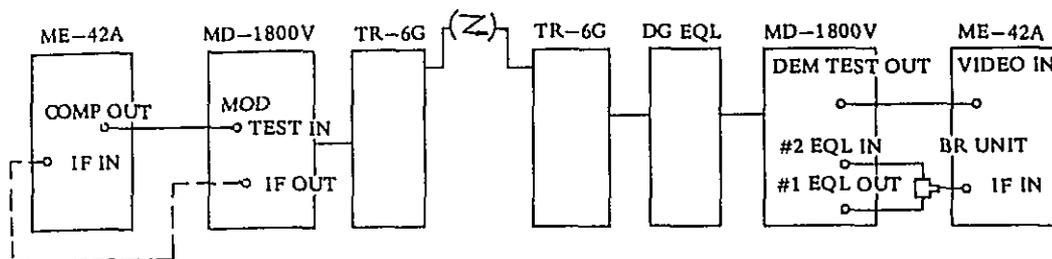
a. Equipo de medición ME-42A

b. Método de medición

(1) Preparación

(A) Se conectan los equipos tal como se muestran en la Figura 13.

Figura 13



(2) Lado transmisor

(A) Se ponen los interruptores y los diales del modo siguiente;

(Sección receptora)

| | |
|------------------|------------------------|
| "MARKER SELECT" | a "IF \pm Δ " |
| "IF MARKER" | a "70 MHz" |
| "SIDE MARKER" | a " \pm 10 MHz" |
| "LEVEL CHECK" | a "DG VIDEO" |
| "DISPLAY SELECT" | a "DG IF 2 MHz" |

(Sección exhibidora)

| | |
|--------------|---------|
| "HOR SELECT" | a "INT" |
|--------------|---------|

(B) Procedimiento de Medición

(a) Se ajusta el ME-42A para que el nivel de 2 MHz indique cerca de 0,5 rad.

(b) Se ajusta el "50 Hz LEVEL" para que el ancho de banda llegue a ser de 70 MHz \pm 10 MHz.

(3) Lado receptor

(A) Preparación del ME-42A

Se ponen los interruptores y los diales del modo siguiente;

(Sección receptora)

| | |
|-----------------|----------------------|
| "MARKER SELECT" | a "IF $\pm \Delta$ " |
| "IF MARKER" | a "70 MHz" |
| "SIDE MARKER" | a " ± 10 MHz" |
| "LEVEL CHECK" | a "DG VIDEO" |
| "DISPLAY CHECK" | a "DG VIDEO 2 MHz" |

(Sección exhibidora)

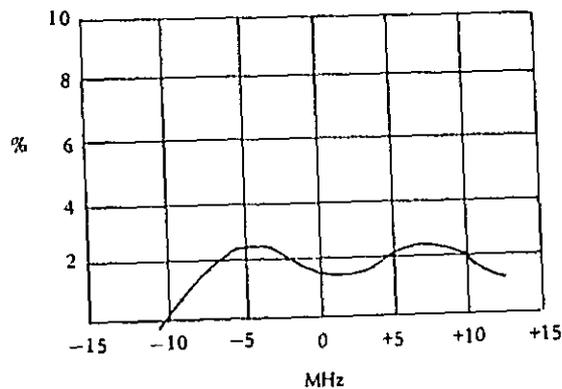
| | |
|--------------|---------|
| "HOR SELECT" | a "INT" |
| "VERT RANGE" | a "10%" |

(B) Procedimiento de medición

- Se ajusta el "VIDEO GAIN" para que el nivel de 2 MHz indique cerca de 0,5 rad.
- Se pone en ON el "CAL" y se calibran las formas de onda ajustando el "VERT GAIN" y se las registra dibujando la curva.

c. Especificación

La forma de onda de DG debe estar entre ± 10 MHz.



3.5 Prueba de carga de ruido

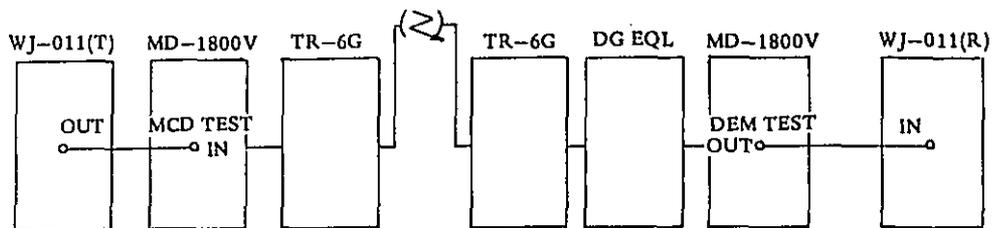
a. Equipo de medición

b. Método de medición

(1) Preparación para la medición

(A) Se conectan los equipos tal como se muestran en la Figura 14.

Figura 14



(2) Lado transmisor

(A) Preparación del WJ-011

Se conectan los interruptores y los diales del modo siguiente;

(Sección transmisora)

“TEST TONE” a “-24 dBm”

“RELATIVE LEVEL” a “0 dB”

“PRE-EMPHASIS” a “ON”

“THROU-REJECT” a “THROU”

“LEV” de tal modo que el valor indicado en el medidor coincida con la línea negra

(3) Lado receptor

(A) Preparación del WJ-011

Se pone los interruptores y los diales del modo siguiente;

(Sección receptora)

“TEST TONE” a “-24 dBm”

“RELATIVE LEV” a “0 dB”

“S / N + D” a “30 dB” (Dial izquierdo)

a “0 dB” (Dial derecho)

“S - S / N + D” a “S”

“DE-EMPHASIS” a “ON”

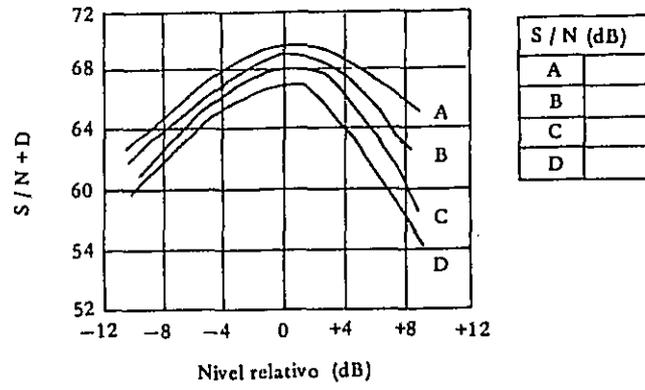
"BAND SELECT" a "A"

- (4) Procedimiento de medición
 - (A) Lado receptor
 - (a) Se ajusta el "S ADJ" correspondiente a la banda "A" para que el valor indicado coincida con la línea central.
 - (b) Se cambia el "BAND SELECT" de la sección receptora de "A" a "D" y ajustando el "S ADJ" en forma correspondiente a cada banda, tal como se muestra en el procedimiento (a).
 - (B) Lado transmisor
 - (c) Se pone el "THROU-REJECT" de la sección transmisora a "REJECT".
 - (C) Lado receptor
 - (d) Se cambia el "S - S / N + D" al "S / N + D".
 - (e) Se ajusta el dial "S / N + D" para cada banda de tal modo que el valor indicado en el medidor coincida con la línea central.
En este caso, el valor en el dial muestra S / N + D al nivel relativo de 0 dB.
 - (f) Se hace variar el "RELATIVE LEVEL" en orden de -8 dB a +8 dB, manteniendo contacto con el lado transmisor, y se registra cada valor de S / N + D.
 - (g) Se pone el "RELATIVE LEV" a 0 dB y el "THROU-REJECT" a "TERM".
 - (h) Cambiando la banda desde "A" a "D", se leen los valores indicados en el dial.
Este muestra el valor de S / N para cada banda.

c. Especificaciones

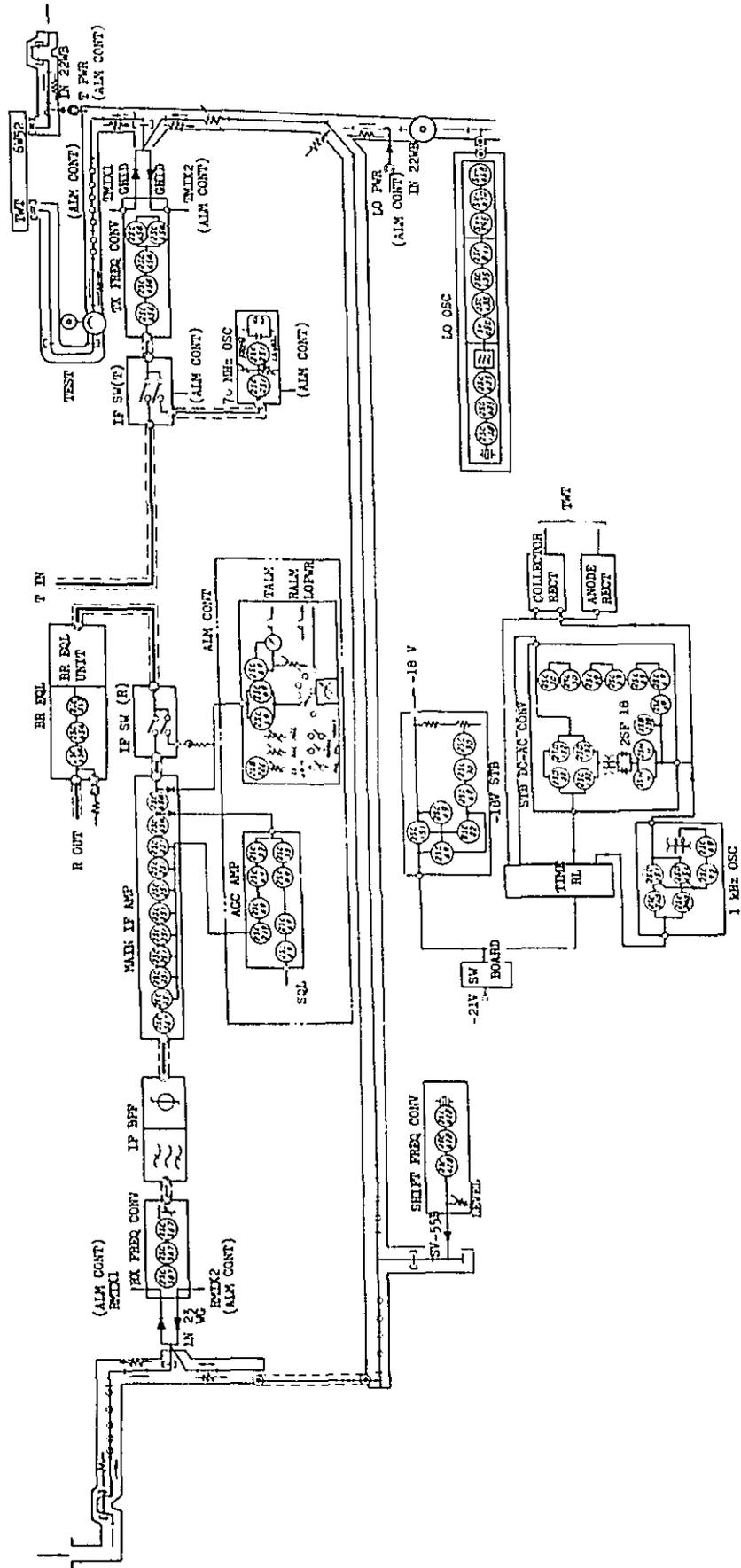
| | |
|-----------|-------------------------|
| S / N + D | |
| | 65,5 dB (para un salto) |
| S / N | |
| | 70,5 dB (para un salto) |

d. Datos



A P E N D I C E

Figura A-1 Diagrama de bloques del transmisor-receptor (TR-6G)



M-5

MEDICION DE MICROONDAS (III)

(SISTEMA DE TELEVISION)

CONTENIDO

| | | |
|-------|---|--------|
| 1. | Generalidades del sistema | M-5-1 |
| 2. | Prueba del equipo | M-5-3 |
| 2.1 | Transmisor-receptor (TR-4G) | M-5-3 |
| 2.1.1 | Operación | M-5-3 |
| 2.1.2 | Medición de la potencia de salida del transmisor | M-5-4 |
| 2.1.3 | Medición de la frecuencia local | M-5-5 |
| 2.1.4 | Prueba de la característica de operación del silenciador (sección transmisora) (SQL) | M-5-6 |
| 2.1.5 | Prueba de la característica de AGC | M-5-7 |
| 2.1.6 | Prueba de la característica de operación del silenciador (sección receptor) (SQL) | M-5-10 |
| 2.1.7 | Característica de amplitud del receptor ($MO(\mu)-1F$) | M-5-11 |
| 2.2 | Modulador y demodulador de FM (MD-960) | M-5-14 |
| 2.2.1 | Operación | M-5-14 |
| 2.2.2 | Prueba de la característica de AFC | M-5-15 |
| 2.2.3 | Prueba de la característica diferencial del MOD | M-5-16 |
| 2.2.4 | Prueba de la característica diferencial del DEM | M-5-17 |
| 3. | Prueba del circuito de televisión | M-5-19 |
| 3.1 | Calibración | M-5-19 |
| 3.2 | Medición de la relación de señal a ruido térmico | M-5-20 |
| 3.3 | Prueba de la característica de frecuencia de amplitud del vídeo | M-5-21 |
| 3.4 | Prueba de la característica de transmisión del pulso | M-5-22 |
| 3.4.1 | Medición de la relación de señal a ruido térmico | M-5-22 |
| 3.4.2 | Pendiente de línea | M-5-24 |
| 3.4.3 | Pendiente de cuadro | M-5-25 |
| 3.5 | Prueba de la característica de DG, DP | M-5-25 |

APENDICE

| | | |
|----------|---|--------|
| Fig. A-1 | Diagrama de bloques del transmisor-receptor (TR-4G) | M-5-29 |
| Fig. A-2 | Diagrama de bloques del modulador de FM (MD-960) | M-5-31 |
| Fig. A-3 | Diagrama de bloques del demodulador de FM (MD-960) | M-5-33 |
| Fig. A-4 | Diagrama de bloques del combinador de vídeo-sonido (ZA-8M(C)) | M-5-35 |
| Fig. A-5 | Diagrama de bloques del separador de vídeo-sonido (ZA-8M(S)) | M-5-36 |

1. Generalidades del sistema

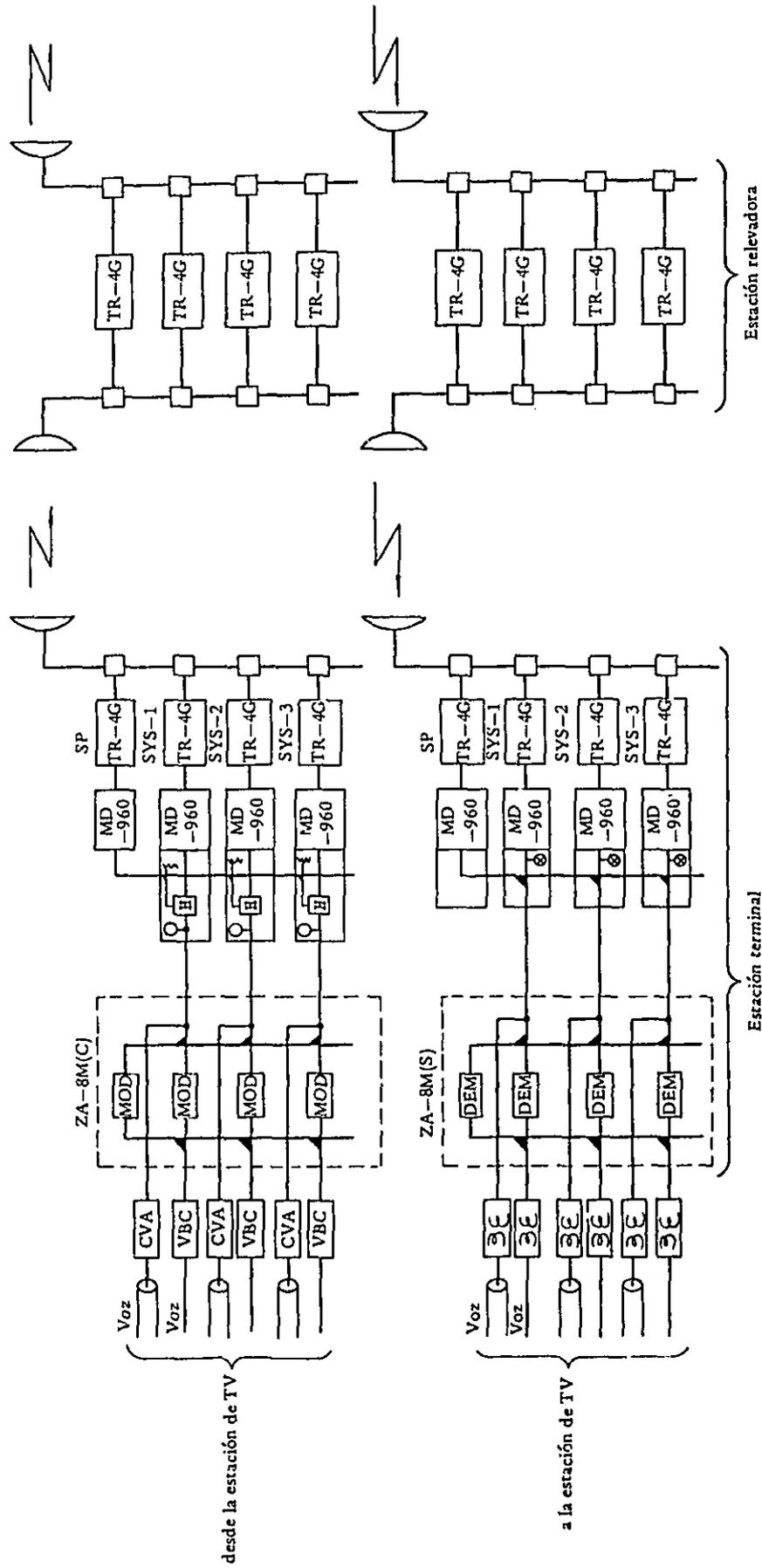
Para la transmisión de 960 canales telefónicos y una señal de televisión a color a larga distancia, se usa comúnmente el sistema de 4 GHz.

La tabla 1 muestra las especificaciones del equipo principal que se usa en este sistema y la Figura 1 muestra la composición del sistema de 4 GHz.

Tabla 1 Especificaciones del equipo principal

| | |
|-----------------------------------|--|
| Banda de frecuencia | 3.600 – 4.200 MHz |
| Número de sistema | 6 (normal) + 1 (de reserva) |
| Longitud de trayectoria estándar | 50 km |
| Sistema de relevador | Heterodino |
| Desviación | 8 MHz P – P / V P – P (sin pre-énfasis) |
| Capacidad de canal | 960 CH ó 1 color TV (por sistema) |
| Suministro de energía | –48 V DC |
| Potencia de salida del transmisor | 5 (W), 37 (dBm) |
| Oscilador local | TWT |
| Frecuencia de IF | 70 MHz |
| Ancho de banda receptora | ± 25 MHz (sin filtro) |
| Nivel de entrada normal | –28,5 (dBm) |
| Cifra de ruido | dentro de 13,5 |
| Modulador | FM por el diodo |
| Subportadora de voz | 6,5 MHz y 7,65 MHz |
| Modulación de voz | FM |

Figura 1 Diagrama de bloques del sistema de TV (4 GHz)



2. Prueba del equipo

2.1 Transmisor-receptor (TR-4G)

2.1.1 Operación

- (1) Se giran el conmutador de "MAINT-NORMAL" y el conmutador de "70 MHz OSC" a "ON" en el panel de control de alarma.
- (2) Después de poner el interruptor de "POWER ON-OFF" en el "LEFT SW BOARD" a "ON", se verifica que el voltaje aplicado sea de un valor normal (DC; $-54 \sim -44$ V) en el terminal de medición del voltaje.

Luego, se verifica que se enciendan las lámparas rojas (RX ALM y TX ALM) en la parte superior del bastidor.

- (3) Después de poner el interruptor de "ON-OFF" del panel de "DC-AC CONV" a "ON", se verifica que cada voltaje aplicado sea del valor normal;

| | | |
|----------|-----------------|-------------------|
| ALM CONT | LV STB | -18 V |
| HV RECT | +30 V | NOMINAL \pm 2 V |
| | +20 V \pm 2 V | |
| | -18 V \pm 2 V | |

- (4) Después de verificar que los ajustes de "ANODE COARSE" y de "HELIX COARSE" del panel rectificador de alto voltaje estén puestos respectivamente a "1°", se pone el interruptor de "POWER" a "HELIX ON".

Después de ponerse el interruptor de "DC-AC CONV" para cerrar el circuito de la fuente de alta potencia opera el relé térmico por aproximadamente 90 segundos.

Y se suministra el voltaje de hélice al TWT.

- (5) Después de verificar que el voltaje de hélice queda suministrado, se pone el interruptor de "POWER" a "ANODE ON".

En este momento se le suministra un voltaje al colector del TWT.

- (6) Se verifica que cada uno de los siguientes voltajes y corrientes sean del valor normal; (HV RECT)

| | | |
|---------------|-------|------------------|
| COLLECTOR CUR | | Menos de 35 mA |
| LFC | | 115 \pm 5 V |
| HELIX VOLT | | Menos de 2.700 V |
| HELIX CUR | | Menos de 0,2 mA |

- (7) Se ajustan los controles de "HELIX" y "ANODE" del panel rectificador de alto

voltaje para que la potencia de salida sea de 5,5 W (37,4 dBm) según la curva de calibración del TWT.

Si el TWT está operando normalmente la potencia de salida llega a ser de 5 W cuando la corriente de colector está a menos de 35 mA. Si la corriente de hélice es mayor que 1,5 mA, el TWT debe ser renovado.

- (8) Se pone el interruptor "MAINT-NORMAL" y el interruptor de "70 MHz OSC" a "ON" en el panel de control de alarma.

Si el transmisor y el receptor están operando normalmente y la potencia de recepción es normal, se apagan las lámparas rojas en la parte superior del bastidor y se encienden las lámparas verdes.

2.1.2 Medición de la potencia de salida del transmisor

a. Equipos de medición

WJ-111 Oscilador de la señal de IF

WJ-310S

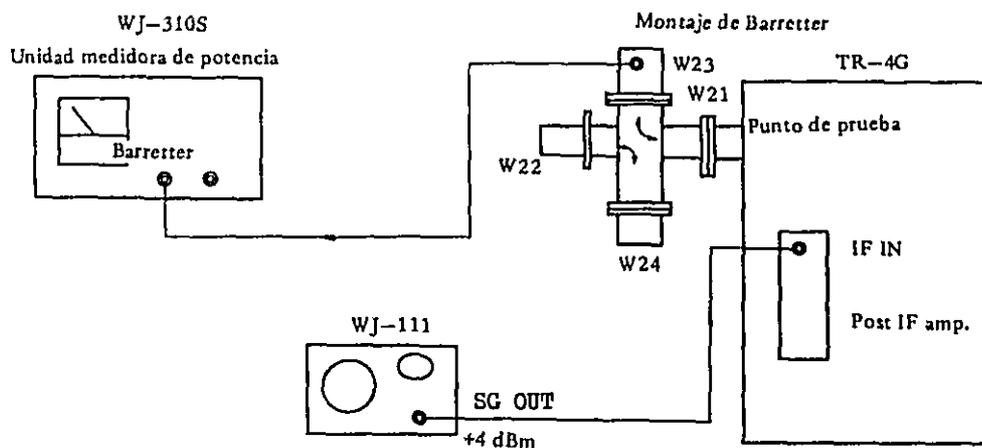
Acoplador direccional

Montaje de Barretter

b. Método de medición

- (1) Circuito de medición

Figura 2



- (2) Se ponen los interruptores de "SQL ON-OFF" y de "70 MHz ON-OFF" a "OFF" en el panel de control de alarma.
- (3) Se pone el interruptor de "ANODE ON" del panel de "HV RECT 1" a "OFF".
- (4) Se aplica 70 MHz (CW) de +4 dB al terminal de "POST IF IN".
- (5) Se pone el interruptor de "POWER ON-OFF" a "ON" en la unidad medidora de la potencia del WJ-310S.
- (6) Se pone el control de "RANGE" a "+10 dBm" y se ajusta el punto de cero con el control de "BALANCE FINE".
- (7) Se pone el interruptor de "ANODE ON" en el panel de "HV RECT" a "ON".
- (8) Se calcula la potencia de salida del transmisor en la forma siguiente;

$$\begin{aligned} &\text{Potencia de salida (dBm)} \\ &= (\text{Lectura del medidor de nivel}) \\ &+ (\text{Valor de "RANGE"}) \\ &+ (\text{Pérdida de acoplamiento del acoplador direccional}) \end{aligned}$$

c. Especificación

La potencia de salida debe estar entre 37 dBm y 37,4 dBm.

d. Datos

| Potencia de salida | Ic (mA) | Especificación |
|--------------------|---------|-----------------|
| | | 37,0 – 37,4 dBm |

2.1.3 Medición de frecuencia local

a. Equipos de medición

WE-302A Medidor de ondas de cavidad para la región de 4 GHz

b. Método de medición

Se conecta el WE-302A a J-23 con un cordón coaxial de 5D2W.

c. Especificación
No se especifica.

d. Datos

| | |
|-------------------------------|-----|
| Frecuencia de cavidad nominal | MHz |
| Frecuencia medida | MHz |
| Desviación | MHz |

2.1.4 Prueba de la característica de operación del silenciador
(sección transmisor) (SQL)

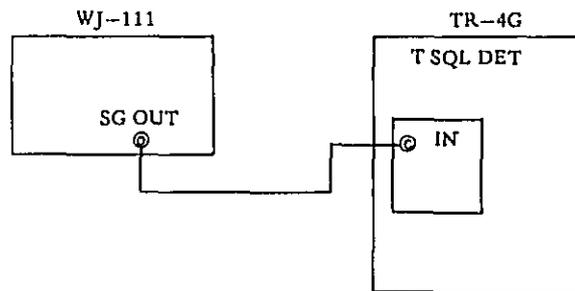
a. Equipo de medición

WJ-111 Oscilador de la señal de IF
Detector de IF

b. Método de medición

(1) Circuito de medición

Figura 3



- (2) Se aplica la señal de 70 MHz de +4 dBm al terminal de "T SQL DET IN".
- (3) Se mide el nivel de operación y el nivel de restablecimiento disminuyendo y aumentando el nivel de señal.

c. Especificaciones

El silenciador debe operar cuando el nivel de la señal de IF de la entrada sea de -5 dBm, y debe restablecerse cuando dicho nivel sea de -5 dB \sim -4 dB.

d. Datos

| Nivel de operación del SQL | Nivel de restablecimiento del SQL | SQL ADJ |
|----------------------------|-----------------------------------|---------|
| | | |

2.1.5 Prueba de la característica de AGC

a. Equipos de medición

- WJ-310S Oscilador de la señal de 4 GHz
 Detector de IF
- WE-302A Medidor de la onda de cavidad para la región de 4 GHz

b. Método de medición

(1) Circuito de medición

Refiérase a la Figura 4.

(2) Preparación para la medición

(Lado del WJ-310S)

(A) Se ajusta el cursor de la unidad generadora de barrido de microondas para que su posición sea menor que la posición del cursor fijo equivalente a la pérdida de cordón (5 dB).

(B) Se ponen los interruptores en la forma siguiente;

“ μ SIGNAL” “OFF”

(Unidad generadora de barrido de MO)

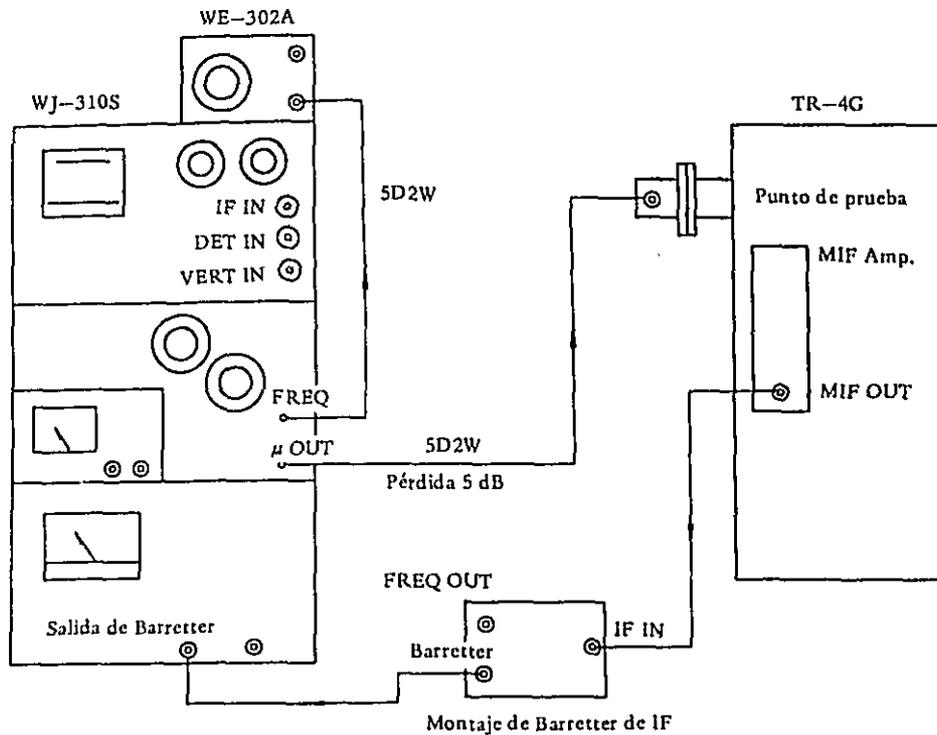
“RANGE” “+5 dBm”

(Unidad medidora de la potencia)

(Lado receptor)

(A) Se pone el interruptor de “AGC” a “ON”, el de “SQL” a “OFF” y el de “GAIN CONT” a “10⁰”.

Figura 4



- (B) Se verifica que el valor promedio de las corrientes de "R-MIX 1" y "R-MIX 2" sean de 1,25 mA.
- (3) Medición
- (A) Se pone el interruptor de "POWER" a "ON" en cada unidad del WJ-310S.
- (B) Se pone el interruptor de "μ SIGNAL" a "CW" y se ajusta el dial de "FREQUENCY" para que la frecuencia coincida con la del equipo repetidor usando el medidor de onda de cavidad "WE-302A" para la región de 4 GHz.
- (C) Se mide y se registra el nivel de salida de IF cambiando la potencia recibida de -22 dBm a -62 dBm.

c. Especificaciones

Los niveles de salida deben estar entre los valores de 5,5 dBm y 3,0 dBm para los niveles de entrada entre -22 dBm y -62 dBm.

d. Datos

Figura 5

| Condición de medición | | |
|-----------------------|-----|-----|
| GAIN CONT | | |
| AGC ADJ | | |
| SQL ADJ | | |
| SQL | ON | dBm |
| | OFF | dBm |

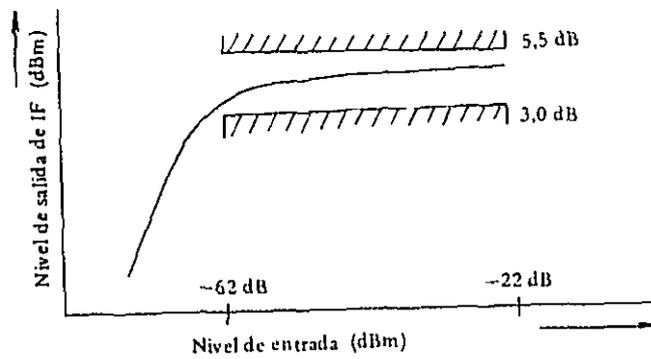
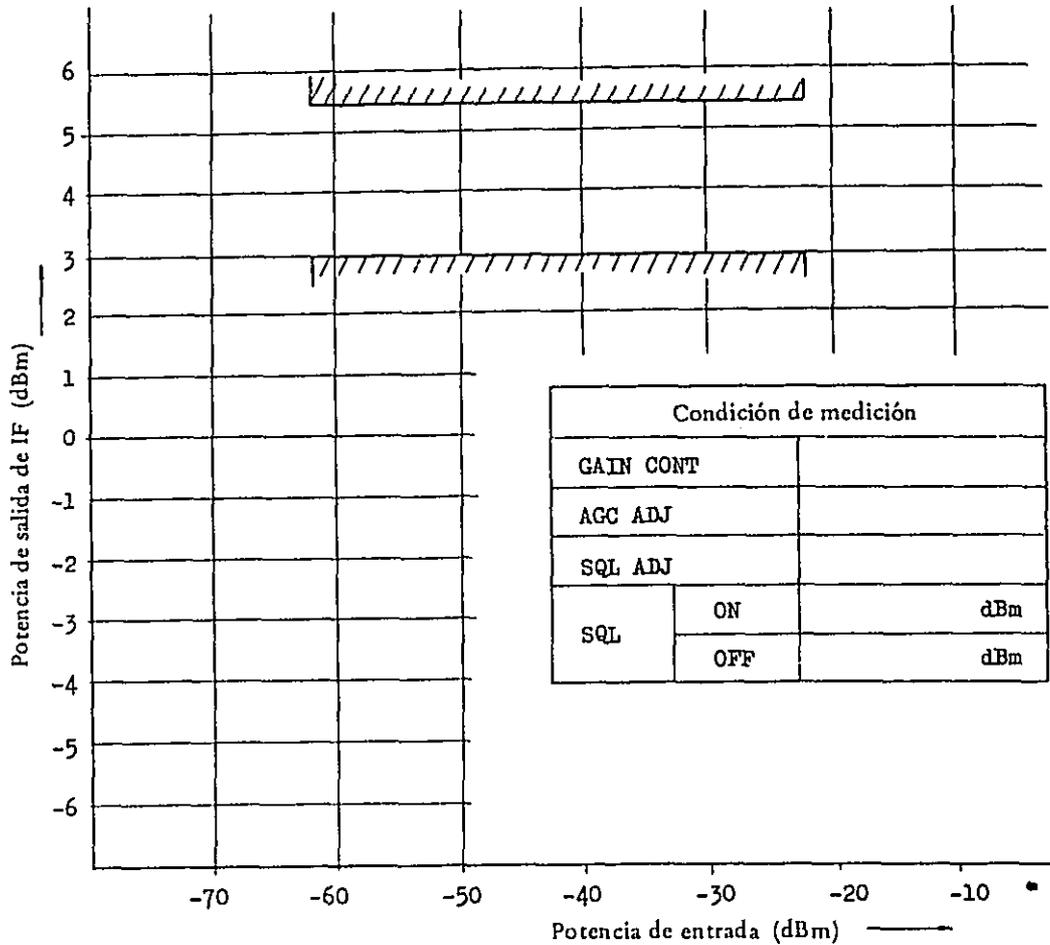


Figura 6 Característica del AGC



2.1.6 Prueba de la característica de operación del silenciador (sección receptor) (SQL)

a. Equipo de mediciónWJ-310S

b. Método de medición

(1) Circuito de medición

Refiérase a la Figura 4.

(2) Preparación para la medición

(Lado del WJ-310S)

Refiérase al párrafo 2.1.5 b.

(Lado receptor)

(A) Se pone el interruptor de "SQL" en el panel de control de alarma a "ON".

(B) Las otras posiciones son las mismas que en la prueba del AGC.

(3) Medición

Se miden los puntos de operación y de restablecimiento variando el nivel de entrada de microondas.

c. Especificación

El silenciador debe operar y restablecer para los niveles de entrada de los valores entre -71 dBm y -75 dBm.

d. Datos

Se deben registrar junto con los datos de las características del AGC.

2.1.7 Característica de la amplitud del receptor ($MO(\mu)-IF$)

a. Equipos de medición

WJ-310S Oscilador de la señal de 4 GHz
Detector de IF

WE-302A Medidor de onda de cavidad para la región de 4 GHz.

b. Método de medición

(1) Circuito de medición

Refiérase a la Figura 7.

(2) Preparación de la medición

(A) WJ-310S

Se ponen cada uno de los interruptores del modo siguiente;

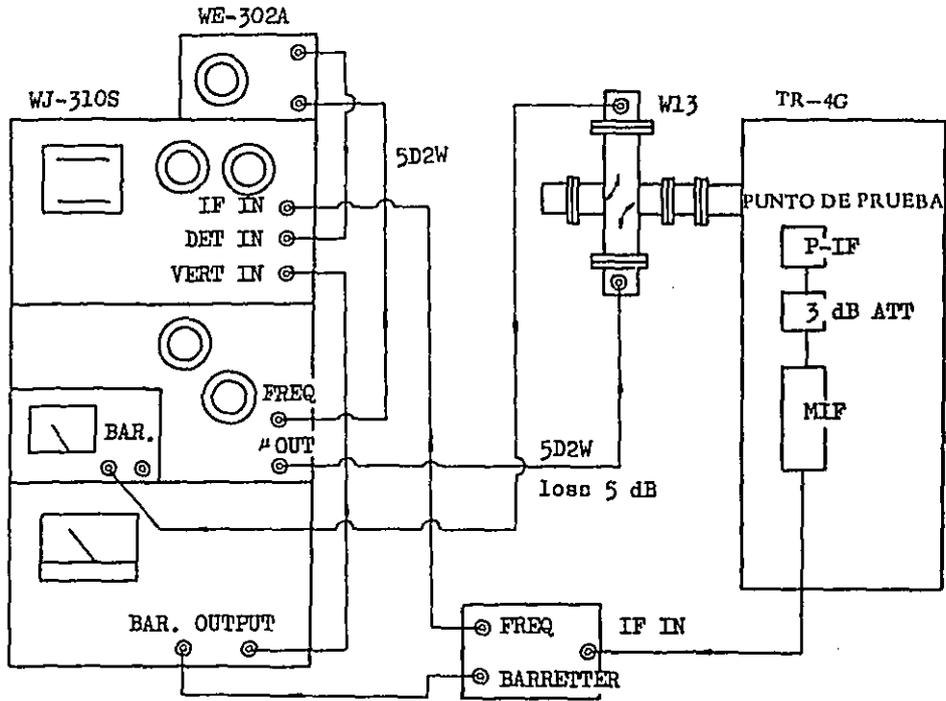
(Unidad exhibidora)

"SCALE SELECT" "ENV"

"HOR SELECT" "LINE"

"MARKER SELECT" "IF"

Figura 7



MONTAJE DE BARRETTTER DE IF

- "IF MARKER CENTER FREQ" "70 MHz"
- "IF MARKER SIDE" "10 MHz"
- (Unidad generadora de barrido de microondas)
- "μ SIGNAL" "OFF"
- (Unidad de APC)
- "RANGE" "+5 dBm"
- (Unidad medidora de la potencia)
- "RANGE" "+5 dBm"
- "ENV (EXP CAL)-EXP" "ENV"

(B) Receptor

- (a) Se cambia el filtro de pasa banda (BPF) de IF por el atenuador (ATT) de 3 dB y se pone el interruptor de "AGC" a "OFF".
- (b) Se verifica si los valores promedios de las corrientes del "R-MIX 1" o del "R-MIX 2" sean de 1,25 mA.

(3) Medición

- (A) Se ponen los interruptores de "POWER" a "ON" en el WJ-310A.
- (B) Se regula el ajuste de "BALANCE" de la unidad de APC para que la indicación del medidor de nivel coincida con "0".

Nota: El ajuste de cero debe ser confirmado frecuentemente durante medición, y debe ser confirmado cada vez que se cambia el conmutador de "RANGE".

- (C) Se regula el ajuste de "BALANCE" de la unidad medidora de la potencia para que la indicación del medidor de nivel coincida con "0".
- (D) Se ajusta el control de la unidad exhibidora para que la posición de la forma de onda coincida con la línea de fondo en la pantalla del CRT.
- (E) Se pone el interruptor de " μ SIGNAL" a "CW" y se ajusta el dial "FREQUENCY" para que la frecuencia de señal coincida con la del equipo repetidor, usando el medidor de ondas de cavidad "WE-302A" para la región de 4 GHz.
- (F) Se pone el interruptor de " μ SIGNAL" a "SWEEP" y se ajusta el nivel de entrada del receptor a -32 dBm, con el dial de "LEVEL" del WJ-310S.
- (G) Se ajusta el nivel de salida de IF del receptor con el "GAIN CONT" del panel de control de alarma para que el nivel de salida del MIF llegue a ser de 0 dBm.
- (H) Se ajustan la frecuencia central y el ancho del barrido con los controles de "FREQUENCY" y de "SWEEP WIDTH".
- (I) Se pone en OFF el conmutador "BLANKING" y se ajusta la fase del marcador con el "PHASE" para que quede sobrepuesta uno encima del otro. Después de esta operación se pone el "BLANKING" en "ON".
- (J) Se pone el interruptor de "CHOPPING" de la unidad exhibidora a "ON". (Dos formas de onda aparecen en la pantalla del CRT.)
- (K) Se ajusta el control de "VERT GAIN" para que la curva envolvente exhibida en la pantalla coincida con el nivel indicado de la unidad medidora de potencia.
- (L) La forma de onda representada en la pantalla después del procedimiento arriba mencionado representa las características de amplitud del receptor.

Nota: Método de medición de "EXP"

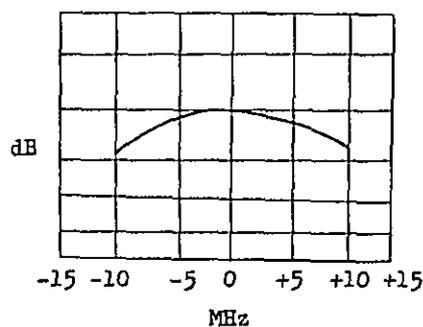
- a) Se ajusta el control de "VERT GAIN" para la posición de la curva envolvente exhibida en la pantalla coincida con la línea de 0 dB (Línea de CAL).

b) Se pone el "SCALE SELECT" de la unidad medidora de la potencia a "EXP".

c. Especificación

La distorsión de amplitud debe estar dentro de 0,4 dB para ± 10 MHz. (Sin el filtro de pasa banda de IF.)

d. Datos



2.2 Modulador y demodulador de FM (MD-960)

2.2.1 Operación

a. Modulador

- (1) Se pone el interruptor de "NORMAL MAINT" al lado de "MAINT".
- (2) Se conecta el interruptor de "AFC SW" en el panel de "AFC" a "OFF".
- (3) Se pone el "MAIN SW" en la unidad moduladora del panel de "SW BOARD" a "ON".
- (4) Se verifica que el voltaje de entrada sea de $-19 \text{ V} \sim -25 \text{ V}$, y se enciende una lámpara azul del bastidor.
- (5) Se pone el interruptor de "DC-AC CONV" en el panel de "MOD PS" a "ON".
- (6) Se verifica que el voltaje de salida de " -18 V STB " sea de $-18 \text{ V} \pm 0,5 \text{ V}$.
- (7) Se pone el interruptor de "AFC SW" en el panel de "AFC" a "ON", y se verifica que el voltaje de "70 GHz CHECK" sea de 0 V aproximadamente.

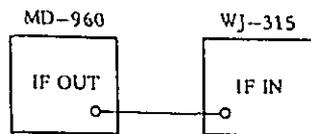
b. Demodulador

- (1) Se pone el "MAIN SW" en la unidad demoduladora a "ON".
- (2) Se verifica que el voltaje de salida de "-18 V STB" sea de $-18\text{ V} \pm 0,5\text{ V}$.

2.2.2 Prueba de la característica de AFC

a. Equipo de medición WJ-315

Figura 8



b. Método de medición

- (1) Se hace la conexión entre el "IF OUT" del panel de "FM MOD" y el terminal de "IF IN" del WJ-315 con un cordón.
- (2) Se pone el interruptor de "OPR-TEST" del bastidor a "TEST".
- (3) Se pone el interruptor de "AFC SW" del panel de "AFC" a "OFF" cambiando la frecuencia a más de $\pm 8\text{ MHz}$ con el "OSC BIAS" en el panel de "FM MOD".
- (4) Se pone el interruptor de "AFC SW" a "ON" y se verifica que la frecuencia esté dentro de $70\text{ MHz} \pm 10\text{ kHz}$.
- (5) Se pone el interruptor de "AFC SW" a "OFF", y se ajusta la frecuencia de salida a "70 MHz" con el "OSC BIAS" en el panel de "FM MOD".
- (6) Se pone el interruptor de "AFC SW" a "ON" y se verifica que la frecuencia de salida esté dentro de $70\text{ MHz} \pm 100\text{ kHz}$.

c. Especificación

La frecuencia de salida debe ser de $70\text{ MHz} \pm 100\text{ kHz}$.

d. Datos

| Condición de medición | | |
|---------------------------|---|-----|
| Frecuencia de salida | | MHz |
| Frecuencia de corrimiento | + | MHz |
| | - | MHz |

2.2.3 Prueba de la característica diferencial del MOD

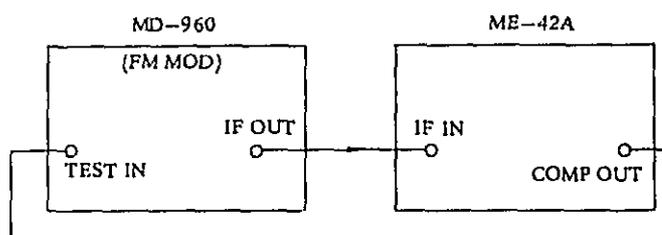
a. Equipo de medición

ME-42A Equipo de medición de la linealidad

b. Método de medición

(1) Circuito de medición

Figura 9



(2) Preparación para la medición

- (A) Se pone el interruptor de "OPR-TEST" en el panel de "FM MOD" a "TEST".
- (B) Se pone el interruptor de "AFC SW" en el panel de "AFC" a "OFF".
- (C) Se ponen los interruptores y los diales en el ME-42A en la forma siguiente;

| | |
|------------------|-------------------|
| "DISPLAY SELECT" | a "DG IF 200 kHz" |
| "IF MARKER" | a "70 MHz" |
| "SIDE MARKER" | a "6 MHz" |
| "LEVEL CHECK" | a "DG VIDEO" |

(3) Procedimiento de medición

- (A) Se ajusta la frecuencia central con el "OSC BIAS" en el panel de "FM MOD" y se ajusta el "50 Hz LEVEL" para que el ancho de barrido llegue a ser de ± 6 MHz.
En este caso, se ajusta el "200 kHz LEVEL" para que la corriente monitorea del "NIVEL" indique cerca de 0,5 rad.
- (B) Se pone el interruptor "BLANKING" a "OFF" y se pone la fase del marcador con el "HOR PHASE" para que quede sobrepuesta uno encima del otro.
- (C) Se pone el interruptor de "VERT RANGE" en la sección exhibidora a

"10%" y se pone el "CAL" en "ON".

Luego, se gira el dial de "VERT GAIN" en el sentido de las agujas de reloj hasta que aparezcan las indicaciones de características en el CRT.

(D) Se pone el interruptor de "AFC SW" a "ON".

Las curvas características se ajustan mediante el "L 202" en el panel de modulador.

Se registran las características dibujando las curvas.

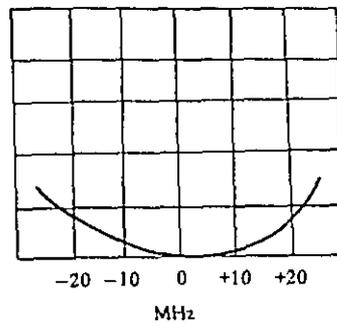
c. Especificación

± 2 MHz dentro de 1%

± 6 MHz dentro de 3%

d. Datos

± 2 MHz % ± 6 MHz %



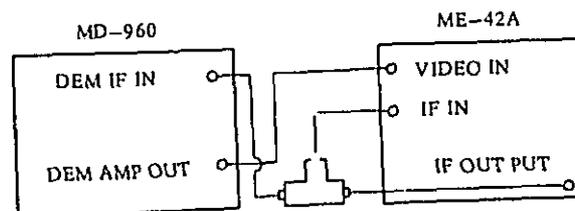
2.2.4 Prueba de la característica diferencial del DEM

a. Equipo de medición ME-42A

b. Método de medición

(1) Circuito de medición

Figura 10



- (2) Preparación para la medición
- (A) Se pone el interruptor de "OPR TEST" a "TEST".
 - (B) Se reemplaza el "TV DE EMPH" con "ATT"
 - (C) Se ponen los interruptores y los diales en el ME-42A como sigue;

| | | |
|------------------|---|--------------------|
| "DISPLAY SELECT" | a | "DG VIDEO 200 kHz" |
| "IF MARKER" | a | "70 MHz" |
| "SIDE MARKER" | a | "60 MHz" |
| "LEVEL CHECK" | a | "DG VIDEO" |
- (3) Procedimiento de medición
- (A) Se gira completamente el "VERT GAIN" en el sentido de las agujas de reloj y se ajusta la frecuencia central y el ancho del barrido con el "SWEEP CENTER" y "SWEEP WIDTH".
 - (B) Se ajusta el "LEVEL (200 kHz)" con el "FM DEPTH" situado en la sección transmisora para que la corriente monitora del "LEVEL" indique cerca de 0,5 rad.
 - (C) Se pone en OFF el "BLANKING" y se arregla la fase del marcador con el "HOR PHASE" para que quede sobrepuesta uno encima del otro. Luego, se pone el "BLANKING" a "ON".
 - (D) Se arregla el "VERT GAIN" en la sección exhibidora a "10%" y se pone el "CAL" en ON. Luego, se gira el dial de "VERT GAIN" en el sentido de las agujas de reloj hasta que aparezcan las indicaciones de las curvas características en la pantalla del CRT.
 - (E) Se ajusta la característica mediante el "CV 701" y "LV 701" en el panel del demodulador.

c. Especificación

| | |
|-------------|--------------|
| ± 2 MHz | dentro de 1% |
| ± 6 MHz | dentro de 3% |

d. Datos

| | |
|-------------|---|
| ± 2 MHz | % |
| ± 6 MHz | % |

3. Prueba del circuito de televisión

3.1 Calibración

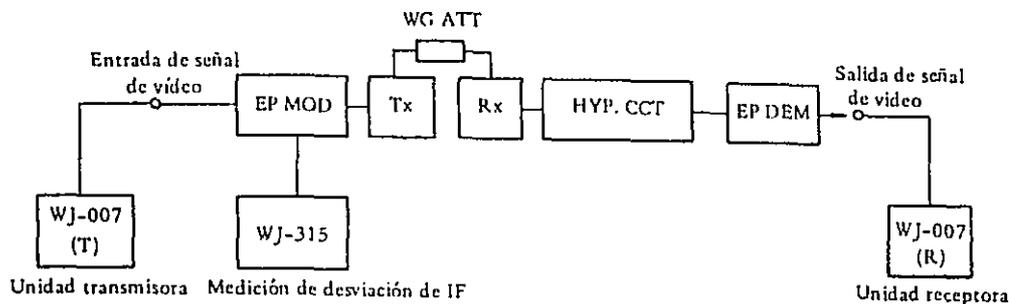
a. Equipos de medición

- WJ-007 Generador de la señal compuesta de prueba
WJ-315 Equipo de medición de la desviación de frecuencia

b. Método de medición

- (1) Diagrama de bloques del sistema a medirse

Figura 11



- (2) La señal de prueba compuesta debe ser transmitida desde el terminal de salida de la unidad transmisora del WJ-007 (T).

Nota: Para la señal de prueba, el nivel del blanco de la señal de imagen debe ser de 0,7 V (p-p), y el nivel de cresta de la señal de sincronía debe ser de 0,3 V (p-p).

- (3) La desviación de frecuencia debe ser medida en el modulador (MD). El "LEV ADJ" en el "MOD AMP" debe ser ajustado para que la desviación de frecuencia de la cresta de sincronía a la cresta del blanco de la señal de luminancia sea de 8 MHz (p-p). (Sin pasar por el pre-énfasis.)
- (4) El "LEV ADJ" en el "DEM AMP" debe ser ajustado para que la salida sea de 1,0 V (P-P). (Sin pasar por el de-énfasis.)

c. Especificación

| | |
|------------------|-------------|
| Nivel de entrada | 1,0 V (p-p) |
| Nivel de salida | 1,0 V (p-p) |

3.2 Medición de la relación de señal a ruido térmico

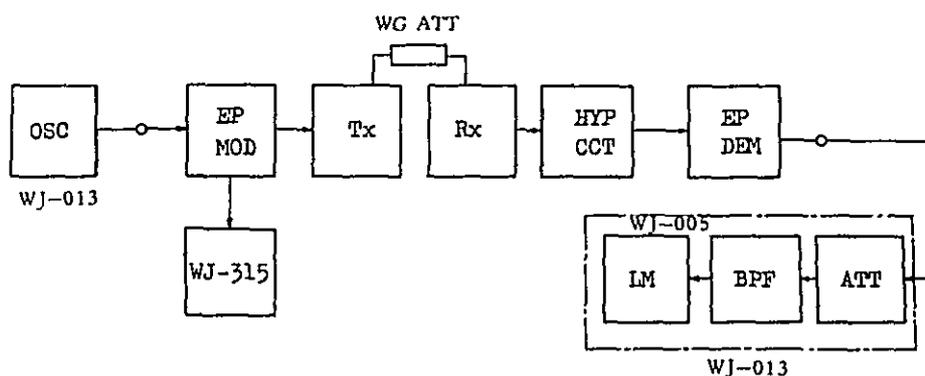
a. Equipos de medición

- WJ-012 Oscilador de la señal de banda base
 WJ-013 Medidor del nivel de la señal de banda base
 y equipos de medición del ruido

b. Método de medición

(1) Circuito de medición

Figura 12

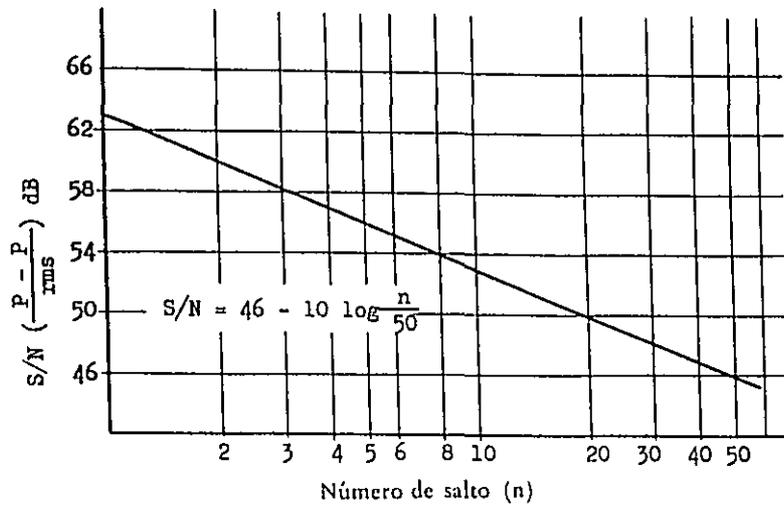


- (2) La señal de 100 kHz de -1 dBm (Desviación de frecuencia: 5,6 MHz (p-p)) debe ser transmitida desde el terminal transmisor.
- (3) El atenuador "ATT" de cerca de 60 dB debe ser insertado en el terminal receptor y en este caso la indicación del atenuador debe ser de A dB.
- (4) Debe ser ajustado el medidor de nivel (LM) en el terminal receptor, para que el puntero indique 0 dB.
- (5) Luego, debe ser cortada la señal transmisora desde el terminal transmisor.
- (6) Debe ser ajustado el atenuador (ATT) en el terminal receptor para que el medidor de nivel indique 0 dB cuando el atenuador indique B dB.
- (7) El valor de S/N en este momento es de $"A - B + 9"$ dB (p-p)/(rms).

Nota: Se debe tener mucho cuidado para que no haya ningún ruido desde el circuito de medición y que no se ocurra ningún error por causa de saturación.

c. Especificación

Figura 13



3.3 Prueba de la característica de frecuencia de amplitud del video

a. Equipos de medición

WJ-012

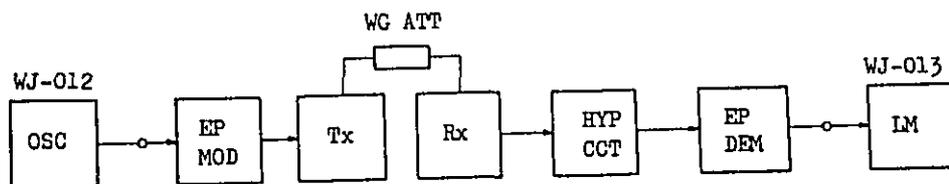
WJ-013

WJ-315

b. Método de medición

(1) Circuito de medición

Figura 14

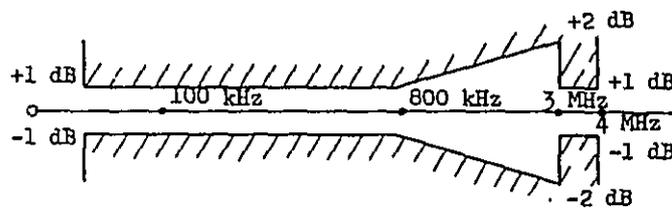


- (2) La señal de 100 kHz de 1 dBm debe ser transmitida desde el terminal transmisor, en este caso, la desviación de frecuencia debe ser cerca de 5,6 MHz (p-p).
- (3) En el terminal receptor se puede leer el nivel de salida con el medidor de nivel "LM".
- (4) Medir el nivel de recepción para cada frecuencia en el terminal receptor deslizando la señal de frecuencia en el terminal transmisor en sucesión a partir de 30 Hz, 60 Hz, 120 Hz, 300 Hz, 1 kHz, 3 kHz, 10 kHz, 30 kHz, 50 kHz, 100 kHz, 300 kHz, 500 kHz, 1 MHz, 3 MHz, 4 MHz, 5 MHz, 6 MHz, 7 MHz, 8 MHz, 9 MHz, a 10 MHz.

c. Especificación

La desviación relativa para 100 kHz debe estar dentro de los límites del diagrama de la Figura 15.

Figura 15



3.4 Prueba de la característica de transmisión del pulso

3.4.1 Medición de la relación de señal a ruido térmico

a. Equipos de medición

WJ-007

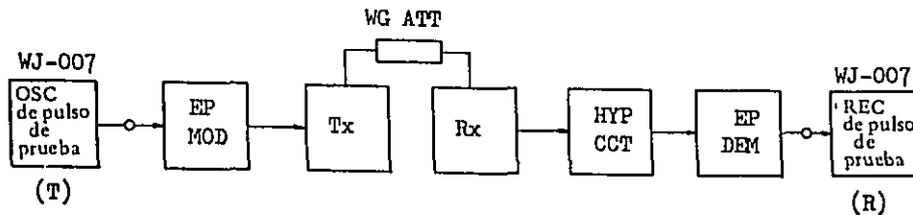
WJ-315

b. Método de medición

(1) Circuito de medición

Refiérase a la Figura 16.

Figura 16



- (2) En el terminal transmisor, se pone el control de "FUNCTION SW" en el WJ-007 (T) a "LINE SLOPE".
- (3) La señal desde el WJ-007 (T) se ajusta para que una señal sincrónica de 0,3 V (p-p) y una señal de imagen de 0,7 V (p-p) sean transmitidas desde el terminal transmisor.
- (4) En el terminal receptor, se pone el control de "DISPLAY SW" del WJ-007 (R) a "RISE TIME", y se mide la forma de onda de establecimiento de la señal de pulso representada en la pantalla del CRT.

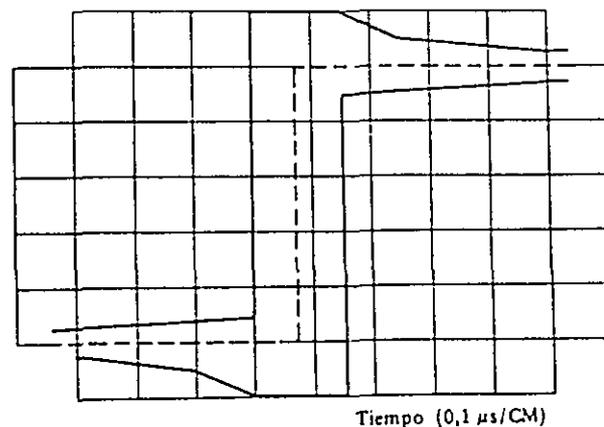
c. Especificación

Tiempo de establecimiento menos de 0,15 μ s

Sobreoscilación "OVERSHOOT"

La sobreoscilación debe ser dentro de los límites del diagrama de la Figura 17.

Figura 17



d. Datos

Usando el papel registrado se hace una copia de la forma de onda representada en la pantalla.

3.4.2 Pendiente de línea

a. Equipo de medición

WJ-007

b. Método de medición

(1) Circuito de medición

Refiérase a la Figura 16.

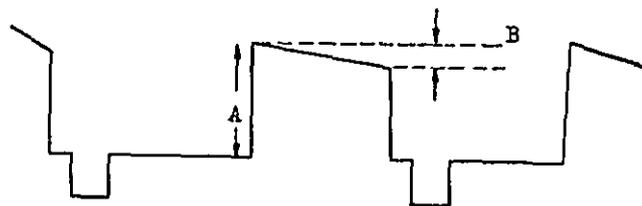
(2) En el terminal transmisor, la señal de transmisión es la misma que en el caso de la medición de distorsión en la banda de alta frecuencia.

(3) En el terminal receptor, se pone el control de "DISPLAY SW" del WJ-007 (R) a "LINE SLOPE" y se mide la forma de onda del nivel de vídeo.

c. Especificación

$$B / A \times 100 < 2,5\%$$

Figura 18



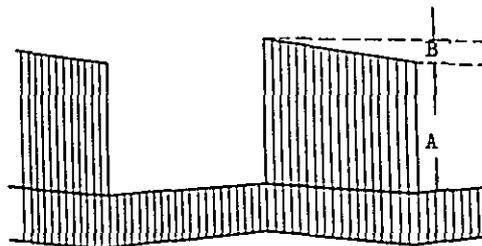
d. Datos

Usando el papel registrador, se hace una copia de la forma de onda representada en la pantalla.

3.4.3 Pendiente de cuadro

- a. Equipo de medición WJ-007
- b. Método de medición
 - (1) Circuito de medición
Refiérase a la Figura 16.
 - (2) En la terminal transmisor, se pone el control de "FUNCTION SW" del WJ-007 (T) a "FRAME SLOPE".
Debe ser transmitida la señal de la parte de barra blanca interrumpida intermitentemente a 60 Hz desde el terminal transmisor.
 - (3) En el terminal receptor, se pone el control de "SELECT SW" del WJ-007 (R) a "FRAME SLOPE" y se mide la pendiente de cuadro.
- c. Especificación
$$B / A \times 100 < 4\%$$

Figura 19



- d. Datos
Usando el papel registrador, se hace una copia de la forma de onda representada en la pantalla.

3.5 Prueba de la característica de DG, DP

- a. Equipo de mediciónWJ-007

b. Método de medición

(1) Circuito de medición

Refiérase a la Figura 16.

(2) Se ponen los interruptores a las posiciones siguientes del WJ-007.

(En el terminal transmisor)

“FUNCTION” a “DG, DP”

(En el terminal receptor)

“INPUT SELECT” a “THROUGH”

“DISPLAY SELECT” a “DG o DP”

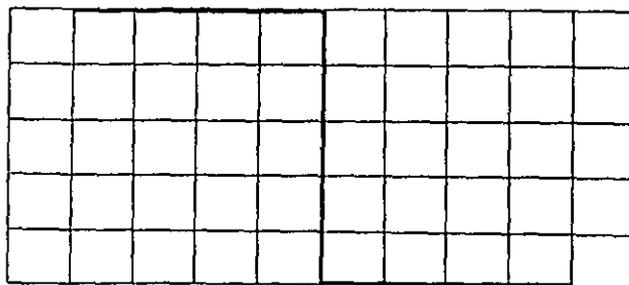
“FULL SCALE SELECT” a “CAL”

(3) Se ajusta la ganancia vertical con el “VERT GAIN DG” o el “VERT GAIN DP” para que la forma de onda llegue a ser de escala completa.

(Figura 20)

(4) Se pone el interruptor de “FULL SCALE SELECT” a “20”, “10”, “5”, “2”. DG o DP debe ser medido de esta manera.

Figura 20



A P E N D I C E

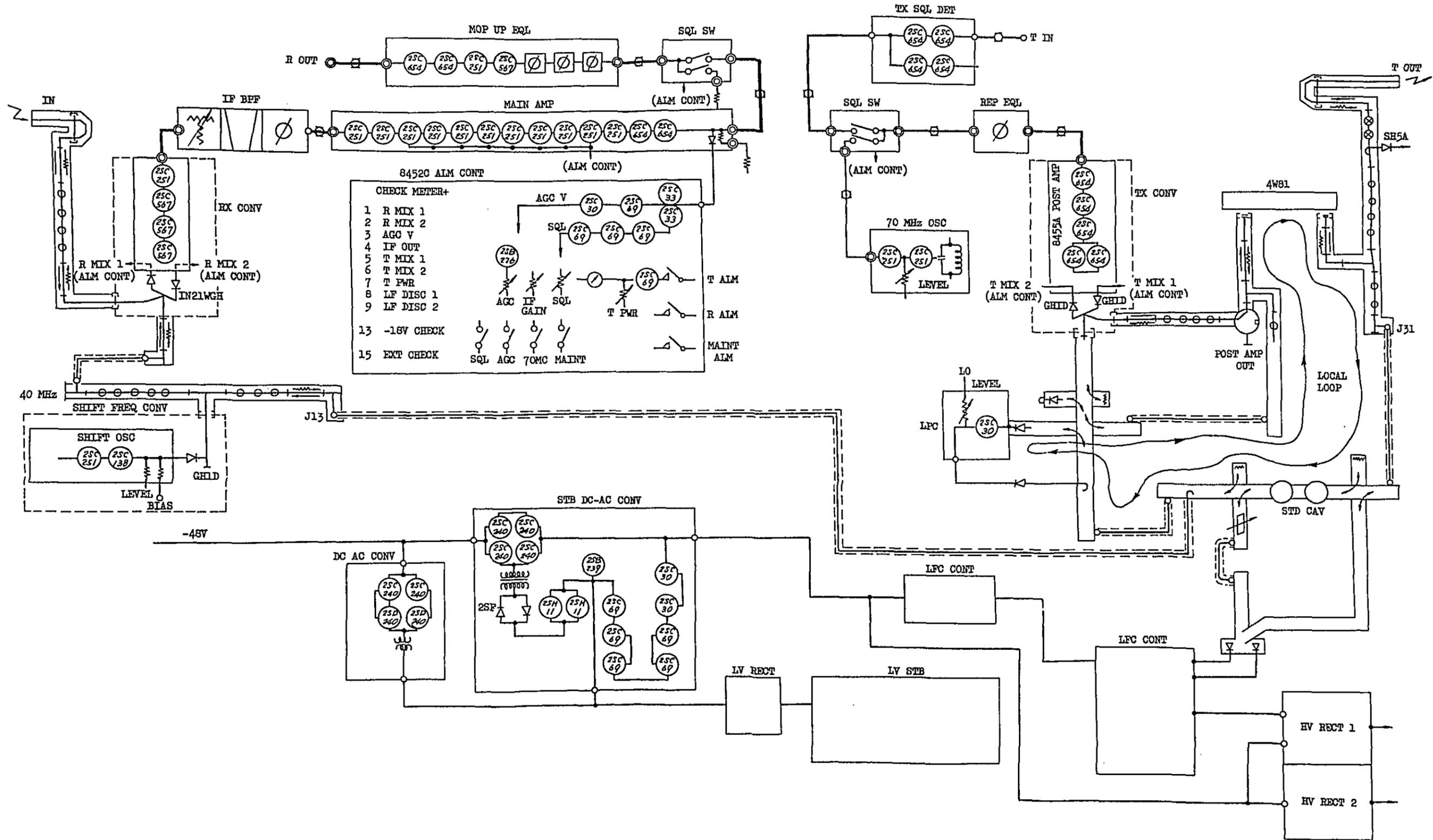


Figura A-1 Diagrama de bloques del transmisor-receptor (TR-4G)

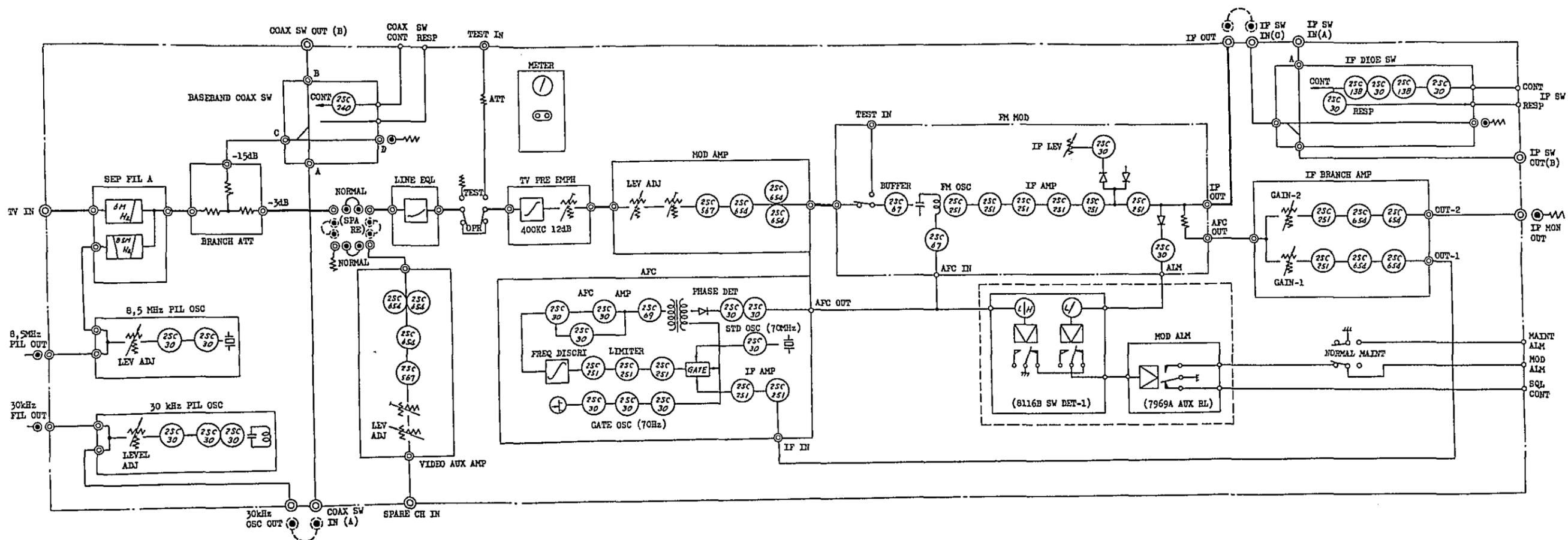


Figura A-2 Diagrama de bloques del modulador de FM (MD-960)

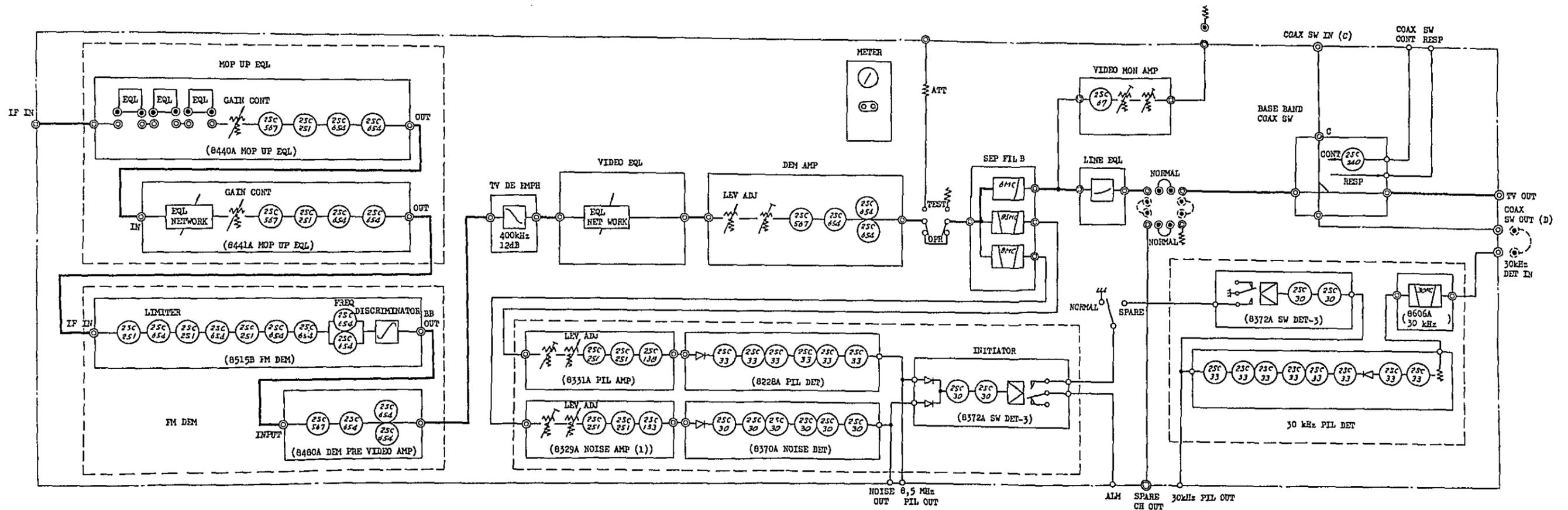


Figura A-3 Diagrama de bloques del demodulador de FM (MD-960)

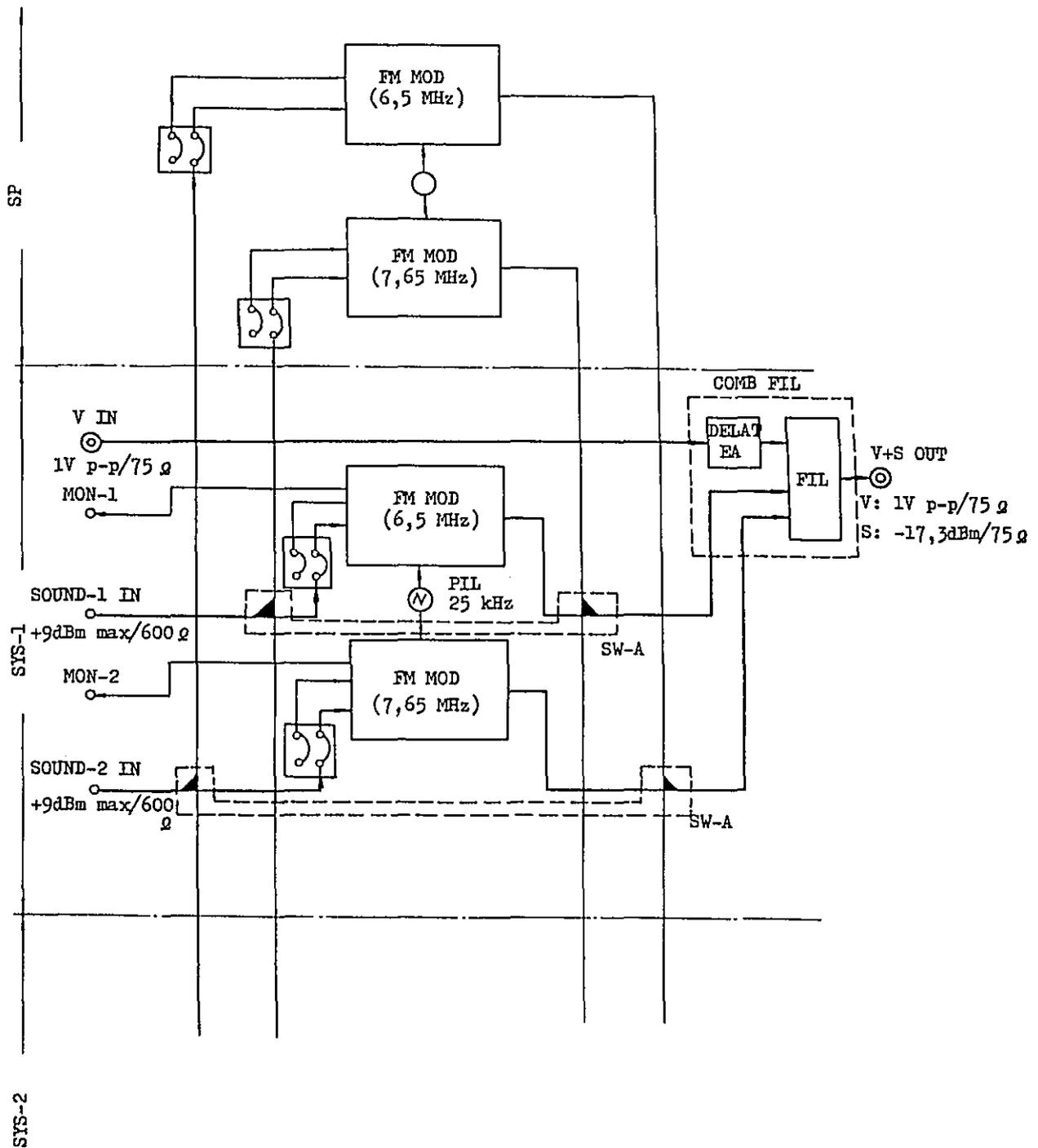


Figura A-4 Diagrama de bloques del combinador de video-sonido (ZA-8M(C))

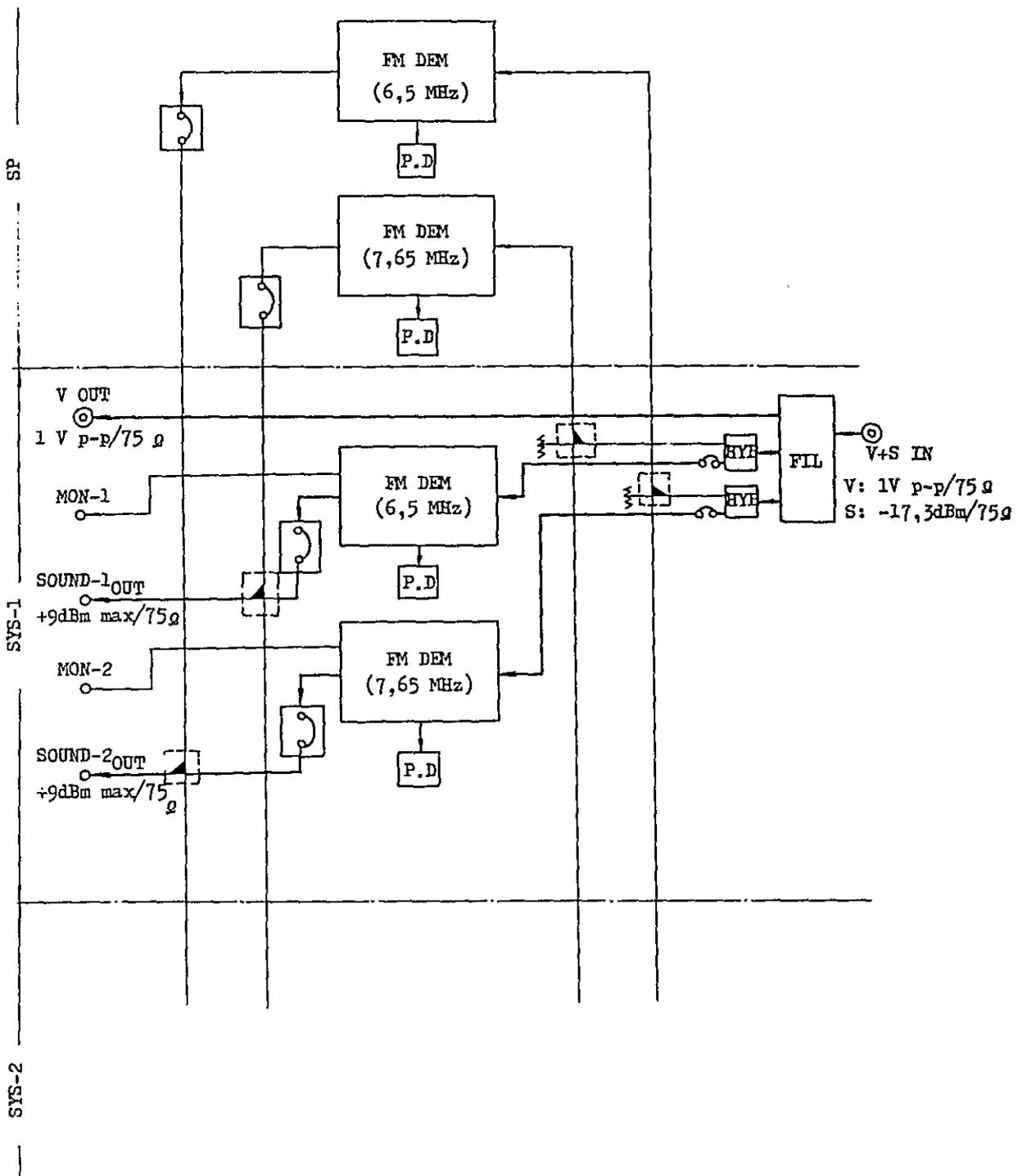


Figura A-5 Diagrama de bloques del separador de vídeo-sonido (ZA-8M(S))

