

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**ESTUDIO TÉCNICO Y ECONÓMICO PARA EL
DESARROLLO DE UN SISTEMA COMUNITARIO DE
TELEVISIÓN PARA LUGARES DE MALA
RECEPCIÓN. CASO ESPECÍFICO: COMITÉ DEL
PUEBLO No. 1.**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

JORGE ENRIQUE PENAGOS PLAZAS

Quito, julio de 1998

Certifico que el presente trabajo de Tesis ha sido realizado en su totalidad por el señor: JORGE ENRIQUE PENAGOS PLAZAS.



Ing. MARIO CEVALLOS V.
DIRECTOR DE TESIS

DEDICATORIA

A mis padres, hermanos y todos mis seres queridos.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios Todopoderoso por su amparo.

Un justo agradecimiento a mi profesor y director de Tesis,
Ingeniero Mario Cevallos.

A todas las personas que con su conocimiento ayudaron a la
realización de este trabajo.

ÍNDICE

Introducción

CAPÍTULO 1: ASPECTOS GENERALES

1.1 Un lugar conflictivo	2
1.2 Por qué las reflexiones generan señales inutilizables ?	3
1.3 Niveles de recepción para una buena calidad de imagen	7
1.4 Distribución de los canales de televisión en el espectro de radiofrecuencia	13
1.5 Mediciones de campo	16
1.6 Niveles de recepción para una buena calidad de audio	23

CAPÍTULO 2: REPETIDOR PASIVO Y REPETIDOR REFORZADOR

2.1 Repetidor pasivo	26
2.2 Sistema de antenas del repetidor pasivo	28
2.3 Interconexión de las antenas	29
2.4 Evaluación de nivel final de recepción para el repetidor pasivo	30
2.5 Optimización del sistema repetidor	31
2.6 Sistema repetidor reforzador (Sistema booster)	33
2.7 Equipo amplificador	34
2.8 Sistema reforzador: implementación	36
2.9 Evaluación del nivel final de recepción para el repetidor activo	37

CAPÍTULO 3: REPETIDOR CON TRASLACIÓN DE FRECUENCIA

3.1 Repetidor activo con traslación de frecuencia	40
---	----

3.2 Selección de la antena de recepción	40
3.3 Sistema de distribución de los canales receptados	53
3.4 Acoplamiento entre antena receptora y equipo trasladador	55
3.5 Equipo trasladador	62
3.6 Composición del equipo repetidor	63
3.7 Descripción del diagrama de bloques	64
3.8 Especificaciones técnicas del equipo trasladador Itelco	65
3.8.1 Leyendas	67
3.9 Descripción de cada tarjeta	68
3.9.1 Convertidor RF/IF	69
3.9.1.1 Descripción funcional	71
3.9.1.2 Ajustes de la tarjeta RF/IF para las traslaciones propuestas	72
3.9.2 Oscilador local 1	74
3.9.3 Amplificador de FI	76
3.9.4 Convertidor IF/RF	79
3.9.5 Oscilador local 2	83
3.9.6 Amplificador excitador de RF	85
3.9.6.1 Descripción funcional	87
3.9.7 Amplificador final de potencia y medidas	88
3.10 Determinación de la potencia radiada efectiva (ERP)	91
3.11 Antena de transmisión	94
3.12 Potencia necesaria de salida	99
3.13 Sistema de transmisión	101
3.14 Sistema de transmisión independiente	101
3.15 Inclinación mecánica y orientación del sistema de transmisión	105

3.16 Predicción de cobertura	107
3.17 Resultados de la predicción de campo eléctrico	108
3.18 Equipos para repetidor activo, opción No.2	114
3.19 Sistema de recepción	114
3.20 Equipo trasladador	116
3.21 Equipo amplificador	119
3.22 Antenas transmisoras	121
3.22.1 Diseño de las antenas de transmisión	121
3.22.2 Acoplamiento de las antenas de transmisión a los equipos de repetición	124
3.22.3 Apilamiento de las antenas de transmisión	126
3.22.4 Ganancia del sistema de doble antena	128
3.23 Predicción de cobertura, opción No. 2	128

CAPÍTULO 4: ANÁLISIS ECONÓMICO

4.1 Introducción	131
4.2 Análisis de factibilidad, opción No. 1	131
4.2.1 Costo de equipos trasladadores Itelco	131
4.2.2 Costo de antenas de transmisión	131
4.2.3 Costo de cables y conectores de recepción y transmisión	132
4.2.4 Costo de accesorios	133
4.2.5 Costo total para la provisión de equipos, opción No.1	133
4.3 Análisis de factibilidad, opción No.2	134
4.3.1 Costo de equipos trasladadores Blonder Tongue	134
4.3.2 Costo de amplificadores de UHF	135
4.3.3 Costo de antenas de transmisión	136

4.3.4 Costo de cables y conectores de recepción y transmisión	136
4.3.5 Costo de accesorios	137
4.3.6. Costo total para la provisión de equipos y materiales, opciónNo.2	137

CAPÍTULO 5: RESULTADOS EXPERIMENTALES

5.1 Resultados experimentales	140
5.2 Descripción del sistema de traslación de VHF	140
5.2.1 Antena receptora	140
5.2.2 Equipo trasladador	141
5.2.2.1 Filtro pasabanda de entrada	141
5.2.2.2 Mezclador	142
5.2.2.3 Oscilador local	142
5.2.2.4 Pre-filtro en canal 12	143
5.2.2.5 Amplificador de canal 12	143
5.2.2.6 Filtro de salida	143
5.2.2.7 Antena de transmisión	144
5.3 Resultados obtenidos	144
Conclusiones y recomendaciones	148

Anexos

- Glosario y abreviaturas
- Ya Yagi analyzer
- TV channel assignments
- VHF amplifier
- Power conversion chart

- dB table
- 50 ohm, 7/8" foam dielectric, LFD5-50A
- 75 ohm, 1/2" foam dielectric, LDF4-75A
- Guía de montaje para el conector 7/16" ó L5PDM
- Especificaciones de divisores Blonder Tongue

Bibliografía

INTRODUCCIÓN

Desde la antigüedad la humanidad siempre ha tenido la necesidad de estar en permanente comunicación, para ello se ha valido de distintos métodos para lograrlo, siendo unos más rudimentarios que otros, pero llevando de una o de otra manera su cometido. Podemos hablar desde las más remotas formas de comunicación, como señales luminosas reflejando la luz solar, las señales de humo, las comunicaciones escritas y más adelante tratando de disminuir el tiempo empleado en éstas, se desarrollaron los medios de comunicación principalmente eléctricos y electrónicos, como la telegrafía y la telefonía. Actualmente tenemos sistemas de comunicación inalámbricos de radio y de televisión, los que hacen posible que nos podamos comunicar en pocos segundos con casi cualquier persona en cualquier parte del mundo.

La televisión al igual que la radio ha tenido un gran desarrollo en las dos últimas décadas, siendo tal la divulgación de estos sistemas, que prácticamente no existe familia alguna que no posea estos medios de comunicación y otros similares, teniendo por supuesto una integración a nivel mundial y un conocimiento rápido de muchos sucesos. Pero sucede que por una u otra circunstancia se presentan localidades y grupos de personas que se encuentran fuera del alcance total o parcial de estos medios de comunicación, por situaciones que serán analizadas más adelante, ocasionando falta de conocimiento de algunos eventos y en muchas ocasiones frustraciones al no poder enterarse de sucesos en el mismo instante que acontecen.

Por muchas de las causas anotadas anteriormente, se hace casi imprescindible que se realice un estudio para encontrar la o las formas que den solución para obtener señales de televisión en lugares donde o no llegan o llegan demasiado atenuadas o contaminadas las señales de TV.

Se plantea primero una solución a la repetición de canales en VHF, ya que son éstos los que dan mayor información.

CAPÍTULO 1

1.1 Un lugar conflictivo	2
1.2 Por qué las reflexiones generan señales inutilizables ?	3
1.3 Niveles de recepción para una buena calidad de imagen	7
1.4 Distribución de los canales de televisión en el espectro de radiofrecuencia	13
1.5 Mediciones de campo	16
1.6 Niveles de recepción para una buena calidad de audio	23

CAPÍTULO 1

1.1 UN LUGAR CONFLICTIVO

La orografía de nuestra ciudad y en general la del país es bastante irregular por hallarse ubicada en la Cordillera de los Andes.

Revisando la ciudad de Quito, se nota que es una ciudad que se ha extendido enormemente y que por encontrarse enclavada en un valle irregular, se presentan dificultades en muchos sectores para receptor señales de televisión en forma adecuada. Se ha constatado como esta realidad se presenta en lugares de la ciudad y del país, que en general se encuentran en lugares donde por diferentes razones las señales de TV no son aprovechables.

El Comité del Pueblo es un barrio del norte de Quito, que se halla ubicado hacia los bordes del valle donde se asienta Quito, donde se presenta este fenómeno.

Debido a las propiedades de las señales de televisión, en los rangos de VHF y con mayor acentuación en los rangos de UHF, es necesario que se den ciertas condiciones para que una señal que es radiada desde las antenas de un transmisor llegue a un receptor lejano y todas las características de audio y fundamentalmente video se presenten en la pantalla del receptor adecuadamente. Dos requisitos son básicos: que exista una señal directa entre el transmisor y el receptor, que el nivel de señal que llegue tenga un nivel mínimo. Si están dos condiciones no se reúnen, la señal receptada tendrá de seguro serias deficiencias o no se tendrá ninguna señal.

En la ciudad de Quito existen dos puntos desde los que se radian señales de televisión y de radio, para la parte norte y centro de la ciudad desde las laderas del cerro Pichincha y para el sur de Quito- de paso también para la ciudad de Santo Domingo, desde el cerro Atacazo.

Para el lugar de recepción en cuestión, se tiene a las laderas del Pichincha como el punto de interés de transmisión.

El sitio de transmisión tiene la siguiente situación geográfica:

ALTITUD: 3800m
LATITUD: 0° 9' 52" Sur
LONGITUD: 78° 30' 58" Oeste

Es necesario aclarar que los transmisores se hallan dispersos en un radio desde este punto, de unos 800 metros, y obviamente se tienen variaciones en altura, latitud y longitud, aunque estas variaciones son mínimas considerando lo alejado de los lugares de recepción.

La situación geográfica del lugar de recepción es la siguiente aproximadamente:

ALTITUD: 2800m
LATITUD: 0° 6' 45" Sur

LONGITUD: 78° 27' 43" Oeste

A partir de los datos anteriores, se obtiene la distancia en línea recta desde el punto de transmisión al punto de recepción que es de 8km.

No existe línea de vista desde el sector hacia el lugar de transmisión, produciéndose por un lado nivel de señal bajo, mientras que por otro lado se han encontrado múltiples reflexiones. En cuanto a las reflexiones, éstas se generan desde los varios cerros y montañas del sector norte de Quito, del sector circundante a la mitad del mundo y del sector de Ibarra y Cayambe.

En cuanto a los niveles de recepción medidos en estos sitios, se encontró que éstos tienen valores bastante altos- de alrededor de -50 dBm, pero esto se debe a la presencia de múltiples reflexiones, dando como resultado señales con interferencia de fase y por consiguiente no aprovechables.

Por todo lo anotado anteriormente, este trabajo se enfoca a el estudio para dar la o las alternativas de solución que mejor se adapten a este medio, considerando buenas soluciones técnicas y además económicas.

1.2 POR QUÉ LAS REFLEXIONES GENERAN SEÑALES INUTILIZABLES ?

Un principio básico para recepción de señal de televisión de buena calidad- y esto también es aplicable a cualquier tipo de información que se transmita vía radio, es que exista una señal directa entre el transmisor y el receptor.

Cuando se transmiten señales vía RF en el espacio libre, tenemos la posibilidad que al receptor lleguen dos o más señales, las mismas que llegan al receptor desfasadas, generando a la salida del demodulador una señal distorsionada. La distorsión puede ser de amplitud, fase o ambas. Consideremos que la señal transmitida lleva como información un tono, por facilidad de interpretación, y que después de los procesos de propagación dos señales alcanzan el receptor, entonces sucede que la salida del receptor no será la información original, sino que será una señal con distorsión de amplitud y fase pero no distorsión de frecuencia, tal como se muestra en la figura 1-1.

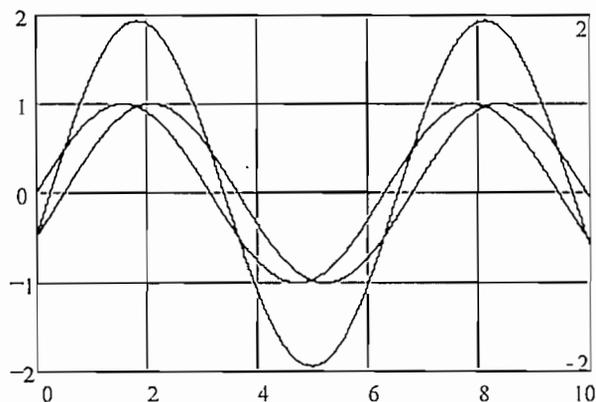


FIGURA 1-1. SEÑAL DISTORSIONADA POR EFECTO DE REFLEXIÓN

Esta figura muestra dos señales de amplitud unitaria desfasadas, debido a las dos señales entrantes al receptor, sucederá que ambas señales se combinarán para dar la señal de amplitud mayor, produciéndose aquí la distorsión de amplitud, mientras que la distorsión de fase se da en el pequeño retardo que tiene la señal de mayor amplitud respecto de la primera señal.

El efecto analizado no comprometerá la inteligibilidad del mensaje cuando se trate de señales audibles, pero en el caso de video- o datos, este pequeño retraso de una señal a otra ocasionará efectos totalmente adversos que harán inútil la señal obtenida. Este efecto será más apreciable cuanto mayor sea el número de señales reflejadas que alcancen el receptor.

Veamos cual es el efecto de las múltiples reflexiones en las señales de televisión. Igualmente consideremos dos señales que saliendo del transmisor, toman dos caminos diferentes para llegar al receptor, tal como se indica en la figura 1-2.

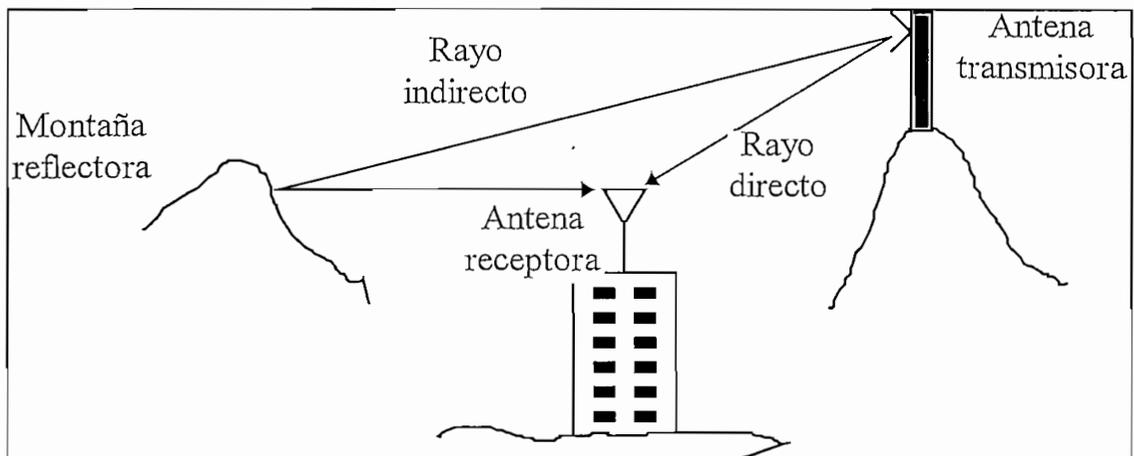


FIGURA 1-2 RECEPCIÓN DE MÚLTIPLES SEÑALES DEBIDO A REFLEXIÓN

Dependiendo de la frecuencia de la señal reflejada y del tipo de obstáculo, la señal reflejada puede llegar con fase opuesta con la señal directa haciendo que la señal resultante en el receptor sea nula, y en el caso de que exista reforzamiento de señales, se presentará notoriamente el efecto de “fantasmas”.

Se denominan “fantasmas” a las dobles, triples, etc. imágenes formadas en la pantalla del televisor alrededor de una imagen principal.

La distancia de una fuente de “fantasma” tal como un edificio y montañas puede ser determinada a partir de la imagen fantasma y la imagen normal formadas en la pantalla del televisor.

Si hay una distancia d (cm) entre las imágenes fantasma y normal, sobre una pantalla de ancho L (cm), como se muestra en la figura 1-3, la diferencia de distancia de propagación X (km) entre la onda directa y la onda reflejada es calculada usando la siguiente relación.

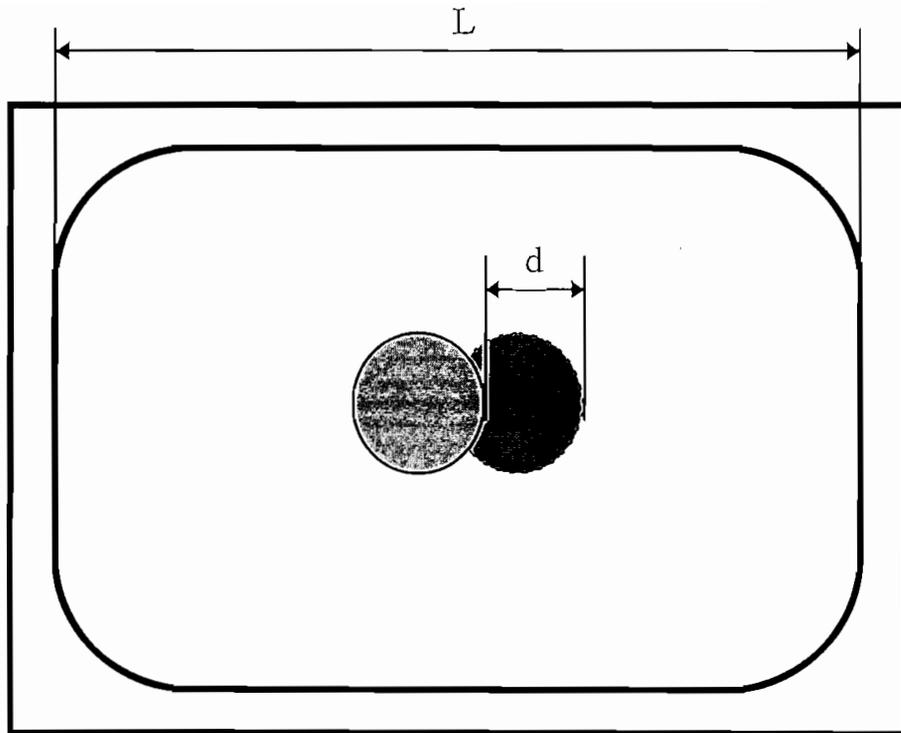


FIGURA 1-3 FORMACIÓN DE LAS IMÁGENES FANTASMA Y NORMAL EN LA PANTALLA

$$\begin{aligned}
 X &= t_s c \frac{d}{L} [m] \\
 X &= 53,5 \mu s \times 3 \times 10^8 \times \frac{d}{L} [m] \\
 X &= 16,05 \times \frac{d}{L} [km]
 \end{aligned}
 \tag{1-1}$$

donde: X = Diferencia de distancia entre la onda directa y reflejada

t_s = Tiempo efectivo de barrido horizontal (53,5 μ s)

c = Velocidad de la onda electromagnética (3×10^8 m/s)

La figura 1-4 ilustra un método que es usado para evaluar la diferencia de distancia de propagación entre las señales directa y reflejada, a partir de los datos obtenidos de la pantalla del televisor, una fuente fantasma puede ser localizada fácilmente a partir de la distancia X usando un mapa.

La longitud del hilo entre los dos alfileres debe tener la siguiente dimensión:

$$L_{\text{hilo}} = \frac{D_{\text{tx-rx}} + X}{G_{\text{mapa}}}
 \tag{1-2}$$

donde:

L_{hilo} = longitud del hilo entre los dos alfileres

$D_{\text{tx-rx}}$ = distancia entre el punto de transmisión y recepción

X = diferencia de distancia de propagación

G_{mapa} = grado de escala del mapa usado

La relación y disposición de todos los elementos para encontrar la fuente de señal fantasma se muestran en la figura 1-4.

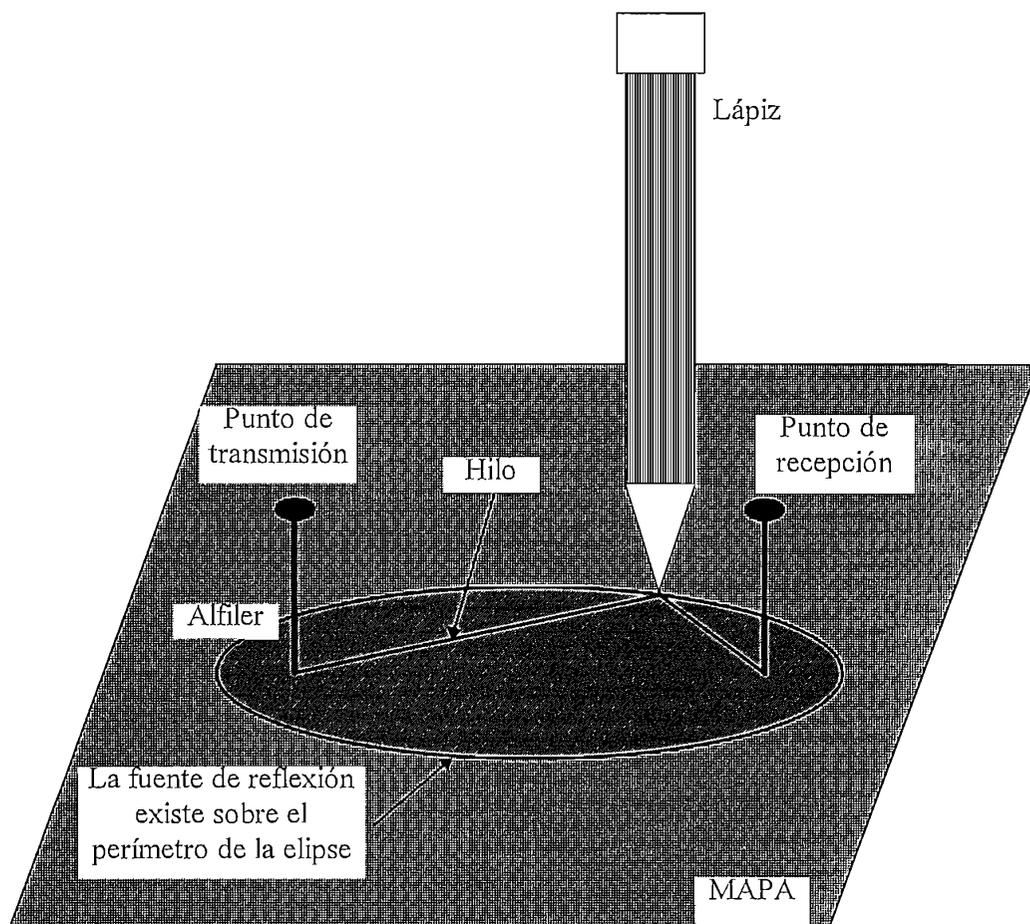


FIGURA 1-4 MÉTODO GRÁFICO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA FUENTE DE REFLEXIÓN SOBRE UN MAPA

Este método para la determinación de una fuente de reflexión es bastante útil cuando se tienen una o quizás dos señales reflejadas, pues al determinar las direcciones o puntos desde los cuales se producen éstas estamos en capacidad de eliminarlas por completo o llegar a atenuarlas considerablemente de modo que no sean notorias en la pantalla del televisor, esto se logra mediante el uso de una antena receptora con bastante directividad, y obviamente se orientará la antena de recepción al punto de señal directa.

Para el caso de tener tres o más señales reflejadas, resultará ineficaz la solución anotada arriba, pues ninguna antena práctica podrá seleccionar solamente una señal y se recibirán muchas señales haciendo visible el efecto de fantasmas en la pantalla del televisor.

1.3 NIVELES DE RECEPCIÓN PARA UNA BUENA CALIDAD DE IMAGEN

Según las recomendaciones de la TASO el nivel de recepción para obtener una señal de televisión de excelentes condiciones, debe estar 46 dB sobre el ruido presente, es decir que a la entrada del receptor debemos tener una relación señal a ruido (S/N) de 46 dB.

Veamos qué nivel de señal debemos esperar como mínimo para tener una señal de televisión de muy buena calidad a partir de este criterio:

“Cualquier objeto con una temperatura física sobre el cero absoluto ($0^\circ\text{K} = -273^\circ\text{C}$) radía energía. La cantidad de energía radiada es usualmente representada por un equivalente de temperatura T_B mejor conocido como *temperatura de brillo*, y es definida como:

$$T_B(\theta, \phi) = \varepsilon(\theta, \phi)T_m = (1 - |\Gamma|^2)T_m \quad (1-3)$$

donde

T_B = Temperatura de brillo (temperatura equivalente, en $^\circ\text{K}$)

ε = Emisividad (adimensional)

T_m = Temperatura molecular (en $^\circ\text{K}$)

$\Gamma(\theta, \phi)$ = Coeficiente de reflexión de la superficie por la polarización de la onda

dado que los valores de emisividad están entre 0 y 1 ($0 \leq \varepsilon \leq 1$), el máximo valor que la temperatura de brillo puede alcanzar es igual a la temperatura molecular. Usualmente la emisividad es una función de la frecuencia de operación, polarización de la energía emitida y la estructura molecular del objeto. Algunos de los mejores emisores naturales de la energía de frecuencias de micro-onda son a) la tierra con una temperatura equivalente de alrededor de 300°K y b) el cielo con una temperatura equivalente de alrededor de 5°K cuando se mira hacia el zenit y entre 100° y 150°K hacia el horizonte.

La temperatura de brillo emitida por las diferentes fuentes es interceptada por las antenas, y aparece en sus terminales como una temperatura de antena. La temperatura que aparece en los terminales de una antena está dada por:

$$T_A = \frac{\int_0^{2\pi} \int_0^\pi T_B(\theta, \phi) G(\theta, \phi) \sin\theta d\theta d\phi}{\int_0^{2\pi} \int_0^\pi G(\theta, \phi) \sin\theta d\theta d\phi} \quad (1-4)$$

donde: T_A = Temperatura de la antena (temperatura de ruido efectiva de la resistencia de radiación de la antena, en °K)

$G(\theta, \phi)$ = Patrón de ganancia de potencia de la antena

Considerando que no existe desadaptación de la antena y una línea de transmisión sin pérdidas entre la antena y el receptor, la potencia de ruido transferida hacia el receptor es dada por:

$$P_r = kT_A \Delta f \quad (1-5)$$

donde: P_r = Potencia de ruido en la antena (W)

k = Constante de Boltzmann ($1,38 \times 10^{-23}$ J/°K)

T_A = Temperatura de antena (°K)

Δf = Ancho de banda (Hz)

Si la línea de transmisión entre la antena y el receptor tiene pérdidas, la temperatura de antena T_A que es vista por el receptor- ecuación (1-5), debe ser modificada para incluir las pérdidas de la línea. Si una línea de transmisión de longitud l , temperatura física constante T_0 , a través de toda su longitud y una atenuación uniforme se usa para conectar una antena al receptor, como se muestra en la figura 1-5, la temperatura de antena efectiva en los terminales del receptor es dada por:

$$T_a = T_A e^{-2\alpha l} + T_0 (1 - e^{-2\alpha l}) \quad (1-7)$$

donde

T_a = Temperatura de antena en los terminales del receptor (°K)

T_A = Temperatura de antena en los terminales de antena

α = Coeficiente de atenuación de la línea de transmisión (Np/m)

l = Longitud de la línea de transmisión (m)

T_0 = Temperatura física de la línea de transmisión (°K)

La potencia de ruido de la antena- ecuación (1-5), debe también ser modificada y escrita como:

$$P_r = kT_a \Delta f \quad (1-8)$$

donde T_a es la temperatura de antena en la entrada del receptor, dada por la ecuación (1-4).

Si el propio receptor tiene una cierta temperatura de ruido T_r (debido al ruido térmico en los componentes del receptor, la potencia de ruido del sistema en los terminales del receptor es dada por:

$$P_s = k(T_a + T_r)\Delta f = kT_s\Delta f \quad (1-9)$$

donde

P_s = Potencia de ruido del sistema (en los terminales del receptor)

T_a = Temperatura de ruido en la antena (en los terminales del receptor)

T_r = Temperatura de ruido en el receptor (en los terminales del receptor)

$T_s = T_a + T_r$ = Temperatura de ruido del sistema efectiva (en los terminales del receptor)

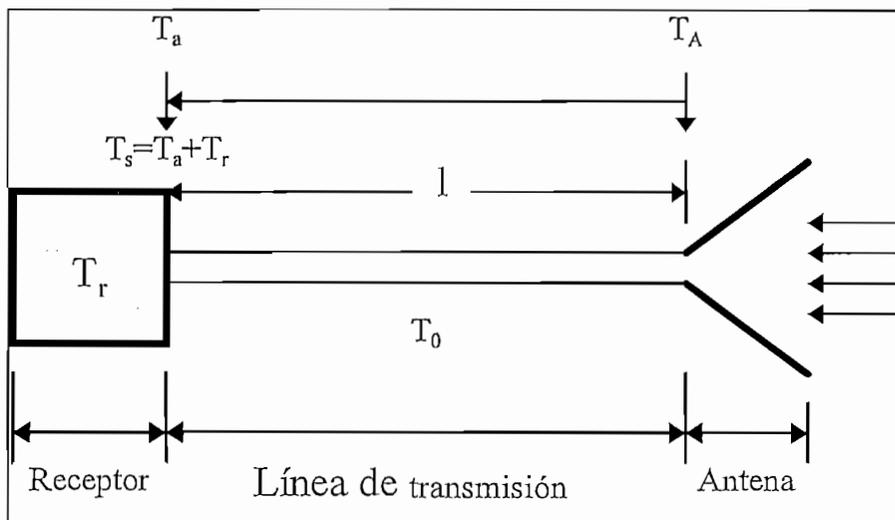


FIGURA 1-5 ESQUEMA DE EQUIVALENTES DE TEMPARATURA PARA UN RECEPTOR ALIMENTADO POR UNA ANTENA Y SU LÍNEA DE TRANSMISIÓN

La temperatura de ruido efectiva del sistema T_s de las antenas de radioastronomía y receptores varía de muy pocos grados, típicamente 10°K , a miles de grados Kelvin dependiendo del tipo de antena, receptor y frecuencia de operación.”

Veamos un caso práctico:

Consideremos una antena de recepción expuesta a las condiciones ambiente, donde tendremos una temperatura de unos 25°C , lo que nos da una temperatura de antena de $T_a = 273^\circ\text{K} + 25^\circ\text{K} = 298^\circ\text{K}$. Esta misma temperatura puede ser considerada para la línea de

transmisión, es decir, para la línea que llevará la señal captada por nuestra antena hasta la entrada del receptor.

De temperaturas tomadas en un varios receptores de televisión, tenemos un promedio de 50°C , de modo que la temperatura del receptor será $T_r=273^{\circ}\text{K}+50^{\circ}\text{K}=323^{\circ}\text{K}$. Esta temperatura fue tomada hacia la sección de entrada de los receptores, pues es en este lugar donde nos interesa la temperatura y no en otro. Cabe mencionar que existen lugares del receptor de televisión que alcanzan temperaturas algo más altas, como son las secciones de salida de los circuitos de deflexiones horizontal y vertical, pero que constructivamente se las ubica lo más alejadas posible de la sección de entrada.

Vamos a considerar que se desea alimentar una señal en canal 13, cuyo rango de frecuencias va desde los 210 MHz hasta los 216 MHz, desde una antena hasta un receptor con un cable coaxial RG-59 con una longitud de 5 metros. Con estos datos podemos obtener los datos adicionales que hacen falta:

atenuación del cable coaxial RG-59 a 216 MHz = $\alpha = 3,49$ dB por 30 m, de donde tenemos una atenuación de $\alpha = 0,1163$ dB/m ó $\alpha = 0,01339$ Néper/m. Se ha escogido dicho cable porque es el más común, además la frecuencia más alta de la banda de VHF de los canales de televisión y la atenuación promedio más alta de este cable, de este modo nos ubicamos en un punto de peores condiciones.

Ahora podemos obtener la temperatura de ruido efectiva del sistema:

$$T_s = T_A e^{-2\alpha l} + T_0(1 - e^{-2\alpha l}) + T_r$$

$$T_s = 298 e^{-2 \cdot 0,01339 \cdot 5} K + 298(1 - e^{-2 \cdot 0,01339 \cdot 5}) K + 323^{\circ} K$$

$$T_s = 260,6^{\circ} K + 37,4^{\circ} K + 323^{\circ} K$$

$$T_s = 621^{\circ} K$$

Finalmente, la potencia de ruido del sistema es:

$$P_s = kT_s \Delta f$$

$$P_s = 1,38 \times 10^{-23} \frac{J}{^{\circ}K} \times 621^{\circ} K \times 6 \times 10^6 \text{ Hz}$$

$$P_s = 5,14 \times 10^{-14} \text{ W}$$

Expresada dicha potencia en dBm, que es lo más regular que se usa, tenemos:

$$P_s(\text{dBm}) = 10 \log \frac{P_s}{1 \text{ mW}}$$

$$P_s(\text{dBm}) = 10 \log \frac{5,14 \times 10^{-14} \text{ W}}{1 \times 10^{-3} \text{ W}}$$

$$P_s(\text{dBm}) = -102,9 \text{ dBm}$$

Con el dato de nivel de potencia de ruido podemos calcular, el nivel de potencia de recepción adecuado para una excelente calidad de imagen.

$$P_{rx} = P_g(dBm) + S / N(dB)$$

$$P_{rx} = -102,9dBm + 46dB$$

$$P_{rx} = -56,9dBm$$

En el laboratorio se comprobaron estos resultados, mediante mediciones hechas con el siguiente equipo: generador de señales de televisión con patrones diversos de barras y colores, marca LEADER- también use señales del aire, un atenuador variable, un receptor de televisión ordinario y un medidor de campo, marca LEADER. Estos equipos se esquematizan en la figura 1-6:

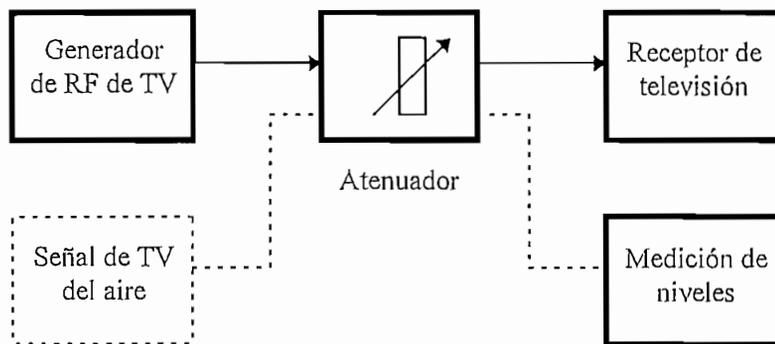


FIGURA 1-6 MEDICIÓN DE NIVELES PARA UNA BUENA CALIDAD DE IMAGEN

Los resultados obtenidos muestran la validez total de los cálculos anteriores, y estos son los que a continuación se presentan en la tabla 1-1.

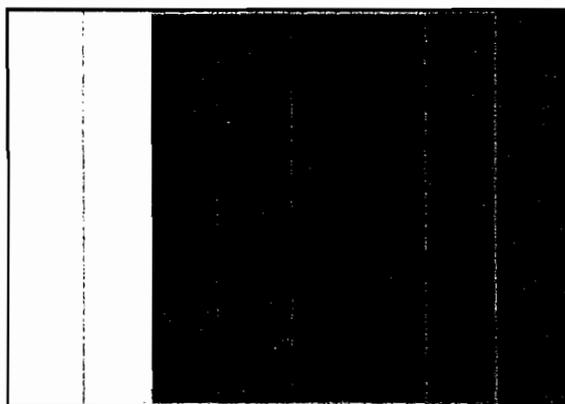
SEÑAL DE ENTRADA (dBm)	CALIDAD DE IMAGEN/SONIDO/COLOR CUALITATIVAMENTE
-82	Vídeo de calidad regular con llovizna, no presencia de color y ruido en el audio
-79	Vídeo de calidad regular con llovizna, no presencia de color y ruido en el audio
-76	Vídeo de calidad regular con llovizna, no presencia de color y ruido en el audio
-74	Vídeo de calidad regular con llovizna, no presencia de color y ruido en el audio
-71	Vídeo de buena calidad, ligera llovizna, audio de buena calidad
-68	Vídeo de buena calidad, ligera llovizna, audio de buena calidad
-65	Vídeo de buena calidad, ligera llovizna, audio de buena calidad
-62	Vídeo de buena calidad, ligera llovizna, audio de buena calidad
-59	Señal de excelente calidad tanto audio como vídeo
-56	Señal de excelente calidad tanto audio como vídeo
-53	Señal de excelente calidad tanto audio como vídeo
-50	Señal de excelente calidad tanto audio como vídeo
≥-47	Señal de excelente calidad tanto audio como vídeo

TABLA 1-1 PRUEBAS DE NIVELES DE RECEPCIÓN EN TELEVISIÓN VERSUS CALIDAD DE IMAGEN

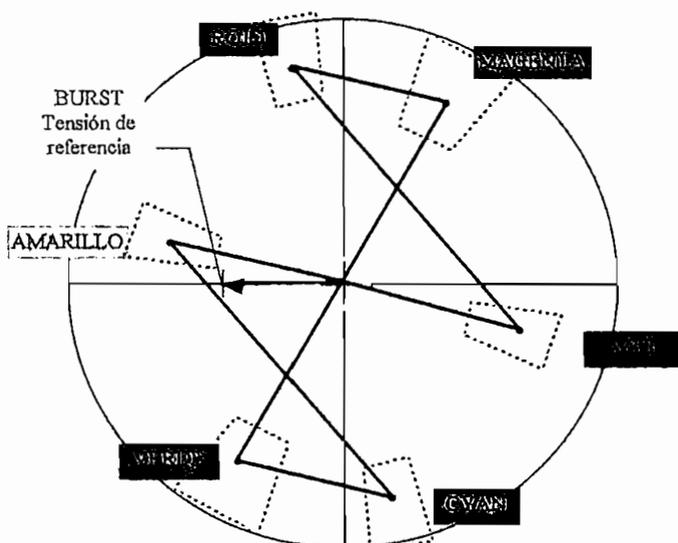
Para la evaluación de calidad de señal se toma en cuenta la presencia de color, se revisa su magnitud y fase a diferentes niveles de entrada, éstos se mantienen para todos los valores de señal mostrados anteriormente y más bien se pone atención a la impresión visual que presenta la pantalla del receptor de televisión- que es en fin lo que cualquier televidente aprecia de una señal.

Para la evaluación de la fase y magnitud de una señal de video, se lo hace por medio de un vectoroscopio, el mismo que muestra la magnitud y fase que deben presentar los colores del patrón. Con un video dinámico no se puede apreciar la magnitud y fase en forma cuantitativa sino se lo hace cualitativamente, es decir, para una señal dada se usa nuestro sentido de percepción visual comparando los colores que vemos en la pantalla del televisor con los que vemos en la realidad. Esto se lo hace sobretodo con el color que refleja la piel humana, ya que es la referencia más exacta de los colores. Por ejemplo, si percibe un color de piel con tonos verdes estamos seguros que existe un desfase.

Para un patrón de barras verticales convencional, tenemos que su diagrama de fase y amplitud es como se muestra a continuación en la figura 1-7.



(a) PATRÓN DE BARRAS VERTICALES ESTÁNDAR



(b) DIAGRAMA VECTORIAL DEL PATRÓN DE BARRAS ESTÁNDAR

FIGURA 1-7

Otros parámetros que podemos medir de una señal de video son el sincronismo, amplitudes de luminancia, amplitud del burst, amplitudes de crominancia. Todos estos datos pueden ser medidos por medio de un monitor de forma de onda.

El monitor de forma de onda es un instrumento muy parecido a un osciloscopio- de paso ciertas medidas de la señal de video pueden ser realizadas con la ayuda de un osciloscopio, medidas tales como amplitud de sincronismo y amplitud de la señal de luminancia. En fin el monitor de forma de onda es un instrumento que presenta una cuadrícula de 140 unidades IRE- que son en realidad equivalentes a un voltio pico a pico (1Vpp), y que representa el valor máximo que puede alcanzar una señal de video normalizada, de estas 140 unidades, tenemos 40 unidades para el sincronismo y 100 unidades para las variaciones de video.

1.4 DISTRIBUCIÓN DE LOS CANALES DE TELEVISIÓN EN EL ESPECTRO DE RADIOFRECUENCIA

Los canales de televisión, según las normativas de la FCC, se hallan distribuidos en canales de VHF y canales de UHF. Los canales de VHF se hallan a la vez subdivididos en canales bajos y canales altos.

A cada canal de televisión se le asignan 6 MHz de ancho de banda, dentro de los cuales se deben manejar las informaciones de video, tanto luminancia como crominancia, y de audio.

Los canales de VHF tienen la siguiente asignación de frecuencias:

CANAL	RANGO DE FRECUENCIAS	DESIGNACIÓN
2-6	54-88 MHz	CANALES BAJOS DE VHF
7-13	174-216 MHz	CANALES ALTOS DE VHF

En cuanto a los canales de UHF se tiene la siguiente distribución:

CANAL	RANGO DE FRECUENCIAS	DESIGNACIÓN
14-69	470-806 MHz	CANALES DE UHF

Tanto en VHF como en UHF, cada uno de los canales tiene una asignación de 6 MHz de ancho de banda, dentro de estos 6 MHz se distribuyen la portadora de video, la portadora de audio y la subportadora de color, cada una de las cuales tiene la misma distribución para cualquier canal de televisión.

La disposición de dichas portadoras, así como de las diferencias respecto a la portadora de video y otros datos son mostrados en la figura 1-8.

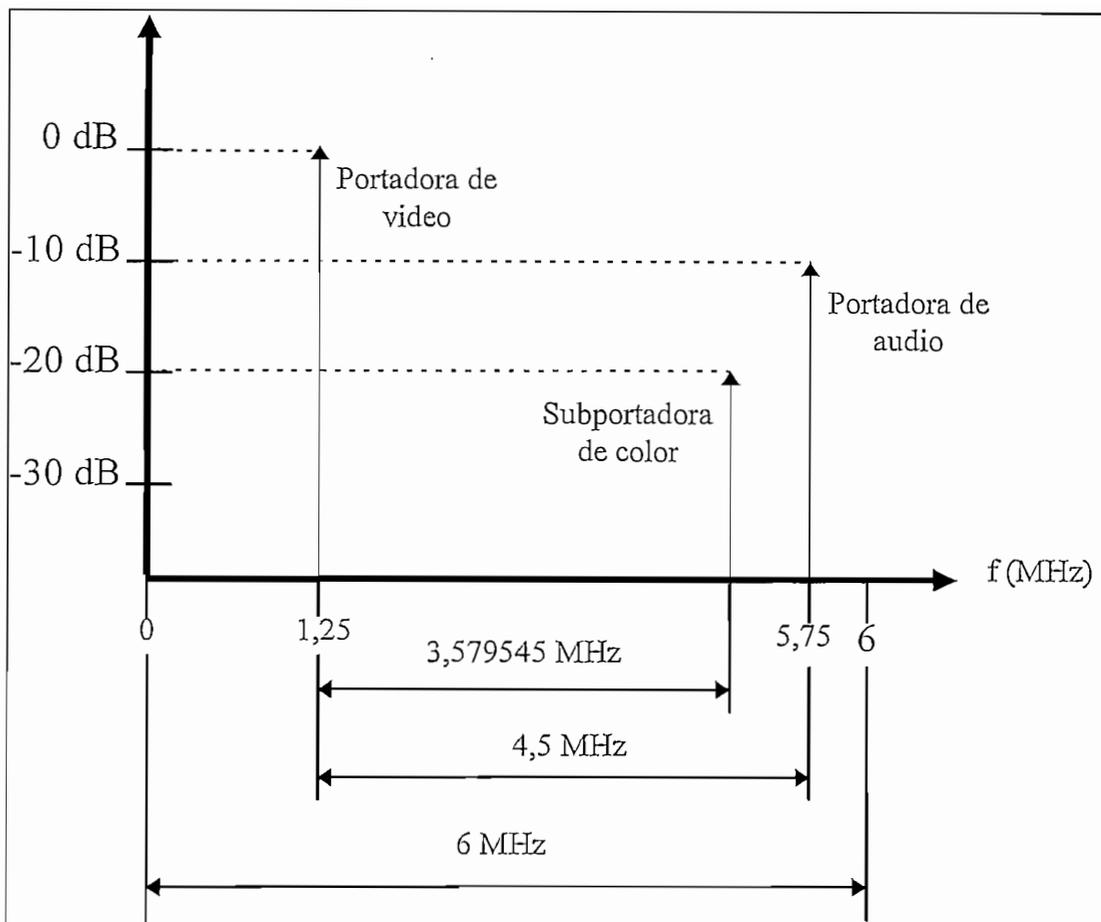


FIGURA 1-8 CANAL DE TELEVISIÓN EN RADIOFRECUENCIA

Como se nota del gráfico espectral anterior la portadora de audio se halla a diferente nivel de la portadora de video, este hecho no es un capricho o una arbitrariedad sino es un compromiso técnico pues de no ser así- pensemos que la portadora de audio se halla a -5 dBc, se presenta un fenómeno denominado intermodulación cuyos productos resultantes caen dentro de la banda de video del canal en cuestión- o en canales adyacentes, produciéndose anomalías en la pantalla como son líneas u ondulaciones. A la inversa se produce un fenómeno del “video” en el audio, de modo que para niveles altos de luminancia en el video se presentan fuertes ruidos que acompañan al audio.

Lo anterior también es aplicable a la subportadora de color- que se halla a -20 dBc, de modo que no se produzcan interacciones de o entre la luminancia, la crominancia y el audio.

Por varias razones a veces es necesario obtener una frecuencia intermedia de televisión- por ejemplo para eliminar la influencia de los canales adyacentes, y ésta se obtiene de la mezcla de la señal de un canal deseado con la señal del oscilador local- que de paso debe ser de frecuencia única y estable, dando como resultado una señal espectral “a la inversa” del obtenido en la sección de RF presentado anteriormente.

La figura 1-9 muestra la relación de las diferentes componentes de frecuencias portadoras en frecuencia intermedia (FI) de televisión.

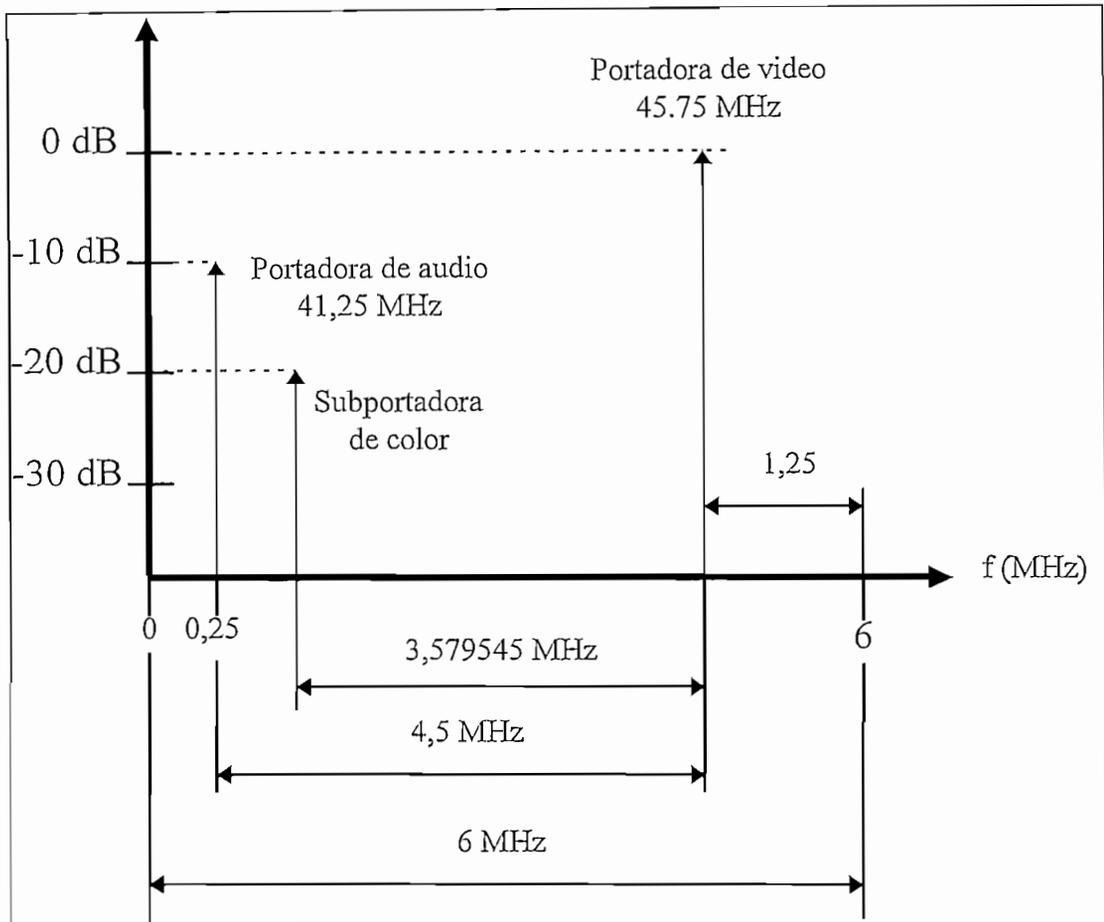


FIGURA 1-9 CANAL DE TELEVISIÓN EN FI

Se ha mencionado que la portadora de audio puede estar a -10 dBc, pero esto no significa que otra diferencia mayor no sea válida, así por ejemplo, si tenemos que la portadora de audio se halla a -15 dBc significará esto que el nivel de recepción será algo más bajo y que además será más difícil el fenómeno de intermodulación. Aunque el tener una mayor diferencia implica una menor cobertura- o alcance, de la portadora de audio o simplemente se tendrá más posibilidad de presencia de ruido en el audio al confundirse éste con el ruido espectral.

Lo mencionado anteriormente para la portadora de audio es también aplicable a la subportadora de color- la que como ya se dijo debe en lo posible estar a -20 dBc, aunque si la diferencia es mayor tendremos problemas de recepción de señal con color, pues al tener una señal muy baja en el receptor no será posible activar el circuito supresor de color - o también conocido como color killer, y la imagen se presentará en blanco y negro.

1.5 MEDICIONES DE CAMPO

Las mediciones de campo- ya sea en televisión o en FM, están orientadas a lograr varios objetivos. Estos incluyen: 1) determinación de los contornos de cobertura de un área particular en lugar de solamente realizar la predicción de cobertura; 2) la evaluación del rendimiento de sistemas de transmisión; 3) medición de la emisión de espúreas; y 4) estudios especiales para evaluar el efecto de factores tales como terreno y vegetación en la intensidad de campo. Estudios especiales que requieren mediciones de intensidad de campo también son usados con propósitos tales como reducciones de interferencias y decisiones para la localización de frecuencias.

En una localidad dada, las mediciones de intensidad de campo varían con el tiempo, lo cual limita la exactitud de las mediciones. Lo que es deseable es tener una medición promedio para varias condiciones. Las variaciones para distancias cortas son en muchas ocasiones despreciables, pero en distancias grandes se pueden tener grandes inconsistencias, particularmente cerca del radio horizonte.

Los factores que causan variaciones en la intensidad de campo eléctrico a más de las variaciones temporales son: tipo de terreno, estructuras construidas por el hombre, vegetación y condiciones climáticas.

Las mediciones no son una práctica común, aunque la FCC prefiere las mediciones antes que la predicción. Lo anterior es más válido aún cuando usando distintos métodos de predicción se obtienen resultados contrapuestos.

Muchos de los modelos de predicción no consideran las múltiples reflexiones y presencia de obstáculos, por lo que es difícil encontrar un modelo que se ajuste correctamente a cada caso.

Por todo lo anteriormente anotado, si se deciden las mediciones- antes que la predicción, se deben tener cuidados mínimos para realizar las mediciones o caso contrario se pueden obtener datos totalmente erróneos.

La FCC recomienda que las mediciones de campo se realicen con una antena a una altura de 30 pies (9 metros), pues esta altura es una altura promedio de las antenas usadas para recepción. Lo anterior es cierto para recepción fija y más aún para recepción de televisión, mientras que para FM móvil- que es el caso de los receptores en los automóviles, esta altura es de 1,5 metros como promedio. Además los contornos de cobertura de la FCC se deben determinar a esta altura.

La calidad de servicio esta relacionada con la intensidad de campo, por las consideraciones de sensibilidad del receptor y figura de ruido, ganancia de la antena de recepción, pérdidas en la línea de transmisión, y tolerabilidad de las relaciones señal a ruido. Los campos requeridos varían con la clase de servicio y la asignación de frecuencia.

La tabla 1-2 lista las intensidades de campo según los estándares de la FCC para diferentes grados de servicio o calidad.

RADIODIFUSION DE FM (Todos los canales)		
GRADO DE SERVICIO	$\mu\text{V/m}$	$\text{dB}\mu\text{V}$
Ciudad principal	3160	70
Ciudad urbana	1000	60

RADIODIFUSION DE TELEVISION (Estandares técnicos de la FCC)						
Tipo de servicio	CANALES 2 AL 6		CANALES 7 AL 13		CANALES 14 AL 69	
	$\mu\text{V/m}$	$\text{dB}\mu\text{V}$	$\mu\text{V/m}$	$\text{dB}\mu\text{V}$	$\mu\text{V/m}$	$\text{dB}\mu\text{V}$
Ciudad principal	5000	74	7000	77	10000	80
Grado A	2500	68	3500	71	5000	74
Grado B	225	47	650	56	1600	64
(Basado en datos TASO)						
Primario	250	48	1400	63	7500	75
Secundario	50	34	200	46	630	56
Precario	20	26	55	35	180	45

TABLA 1-2 INTENSIDADES DE CAMPO MEDIAS PARA VARIOS GRADOS DE SERVICIO EN AUSENCIA DE INTERFERENCIAS

La tabla anterior también incluye intensidades de campo estimadas requeridas en las diferentes bandas de televisión para proveer grados de servicio aceptables basados en la experiencia práctica de estaciones en operación encontrados por la Television Allocations Study Organization (TASO).

Los grados de servicio de televisión que se muestran en la tabla de arriba están en términos de una intensidad de campo medio, con una antena de recepción a nueve metros de altura sobre la tierra.

La presencia de árboles, edificios e irregularidades del terreno traen a menudo consigo variaciones en la intensidad de campo de una localidad a otra, aún dentro de pequeñas áreas.

Los resultados de los estudios de cobertura son presentados en contornos en mapas, mostrando líneas de intensidad de campo medias constantes, las cuales representan los límites exteriores de varios grados de servicio.

Las mediciones de campo en las bandas de VHF y UHF son ordinariamente medidas por la determinación de voltaje inducido en un dipolo de media longitud de onda. Las relaciones básicas para la determinación de intensidades de campo pueden ser expresadas de varias formas, así la potencia transferida entre dos dipolos separados en el espacio libre por una distancia d , es dada por:

$$\frac{P_r}{P_t} = 2 \times 1,643 \times \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2 \quad (1-10)$$

donde: P_r = Potencia recibida

P_t = Potencia transmitida

2x1,643 = Ganancia de los dipolos de transmisión y recepción

λ = longitud de onda en las mismas unidades de d

En términos de campo en el dipolo de recepción, la potencia en vatios entregada a la carga acoplada- de igual impedancia que el dipolo, en un campo de E V/m es:

$$P_r = \frac{E^2}{\eta} g_r \left(\frac{\lambda^2}{4\pi} \right) [\text{Vatios}] \quad (1-11)$$
$$P_r = (0,0186E\lambda)^2 [\text{Vatios}]$$

donde: E = Campo eléctrico circundante a la antena de recepción en V/m

η = Impedancia intrínseca del medio, $120\pi \Omega = 377 \Omega$ para el medio aire

g_r = Ganancia de la antena de recepción, 1,6430 para el dipolo de media longitud de onda

$\frac{\lambda^2}{4\pi}$ = Area efectiva de la antena de recepción

De esta relación podemos obtener el campo eléctrico, que es otra relación muy útil.

$$E = \frac{53,6972\sqrt{P_r}}{\lambda} \left[\frac{V}{m} \right] \quad (1-12)$$

Esta relación suele ser expresada en decibelios, la misma que es muy útil.

$$E_{dBmV} = dBm - 20 \log \frac{\lambda}{\pi} + 54,75 \quad (1-13)$$

donde: E_{dBmV} = Campo eléctrico expresado en decibelios respecto de 1mV

dBm = Equivalente en potencia de campo eléctrico en dB respecto a 1mW

También resulta muy útil la expresión de campo eléctrico en $\text{dB}\mu\text{V}$ - pues son estas las unidades usadas en muchos estándares de la FCC, al igual que otras que se muestran a continuación para sistemas de 50Ω y 75Ω .

Para un sistema de 50Ω , las relaciones entre estas unidades en decibelios son:

$$\text{dB}\mu\text{V} = \text{dBm} + 107 \quad (1-14)$$

$$\text{dBmV} = \text{dBm} + 47 \quad (1-15)$$

$$\text{dB}\mu\text{V} = \text{dBmV} + 60 \quad (1-16)$$

y para el sistema de 75Ω :

$$\text{dB}\mu\text{V} = \text{dBm} + 108,75 \quad (1-17)$$

$$\text{dBmV} = \text{dBm} + 48,75 \quad (1-18)$$

$$\text{dB}\mu\text{V} = \text{dBmV} + 60 \quad (1-19)$$

Una medición de campo tiene por objeto saber si la señal en determinado punto tiene las características adecuadas de intensidad para que pueda ser receptada sin problemas.

Para los casos que se desarrollarán- ya sea el de repetidor pasivo o activo, se ha escogido un punto de recepción-repetición a aproximadamente 1 km de los puntos de recepción finales. Este punto se ha escogido atendiendo a varios factores favorables, entre estos tenemos: línea de vista con las faldas del Pichincha, relativa elevación del lugar para una cobertura adecuada, facilidades de acceso a este lugar.

Se realizaron mediciones de campo (aunque más correctamente niveles de señal, pero en todo caso como se expone más adelante a partir de estos niveles es factible obtener las intensidades de campo), en el mencionado lugar en varias ocasiones, con los siguientes instrumentos: medidor de campo LEADER, dipolos de diferentes longitudes- tanto para la portadora de video como de audio, cable de bajada y balun para acoplamiento de los dipolos al medidor de campo.

El medidor de campo es marca LEADER, modelo 951. Este equipo es un instrumento muy moderno, diseñado para aplicaciones de televisión en VHF y UHF, así como para CATV y para mediciones de FM. Este instrumento puede ser empleado- mediante fijación desde el teclado del equipo que se realizan en pocos segundos, para cubrir los diferentes canales de televisión de cualquier parte del mundo. Los niveles de señal se indican por una barra gráfica y valores numéricos presentados en una gran pantalla de cristal líquido (LCD). Con un amplio rango frecuencias desde 46 MHz hasta 806 MHz, este instrumento puede medir el nivel de portadoras de FM, VHF, UHF y CATV.

Pueden seleccionarse diferentes relaciones de medida en decibelios, tales como dBm, dBmV, dB μ V.

La impedancia de entrada es de 75 Ω .

Este equipo usa el sistema de detección pico. Veamos en que consiste este sistema de detección.

En general, un medidor de campo convierte la señal de RF en una señal de FI, que luego es amplificada, luego detectada y opera un medidor de DC para indicar un nivel de voltaje. La medición de niveles de las señales de televisión son diferentes dependiendo del sistema de detección.

Existen dos sistemas de detección como se muestra en la figura 1-10. Sistemas de detección de valor promedio y sistemas de detección de valor pico.

Cuando una portadora no modulada es medida bajo un mismo sistema de indicación de voltaje, el medidor indica iguales valores para los sistemas de detección promedio y detección pico.

Cuando una señal real de RF de televisión es medida bajo el mismo sistema de indicación de voltaje, la medición del tipo valor pico tiene un valor de 6 dB más que la medición del tipo valor promedio.

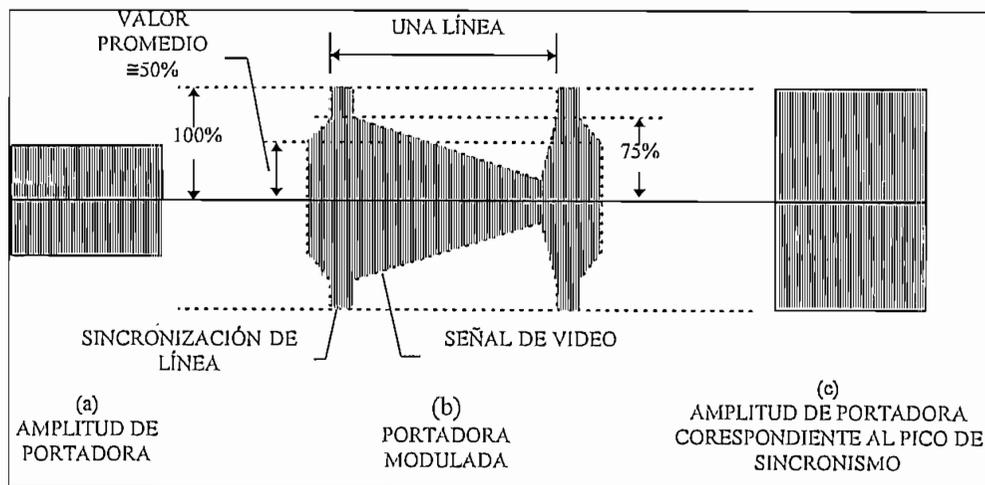


FIGURA 1-10 PORTADORA DE TV

En el sistema de detección de valor promedio, como se muestra en la figura 1-10 (a) el medidor indica el nivel de amplitud de portadora, correspondiente al valor promedio de la envolvente. Como la envolvente (señal de video) cambia de acuerdo a la imagen de televisión o a su brillo, la salida detectada cambiará de acuerdo a ésta.

En el sistema de detección de valor pico, como se presenta en la figura 1-10 (b), el medidor indica el nivel de amplitud de la portadora correspondiente al valor pico de

sincronización. Como la señal de sincronización es independiente de la señal de video la salida detectada no es influenciada por la imagen de televisión o su brillo.

Una vez entendido el sistema de medición usado pasamos a realizar las mediciones de campo en el lugar de recepción-repetición. Para esto se conectaron los equipos según el esquema que se muestra en la figura 1-11.

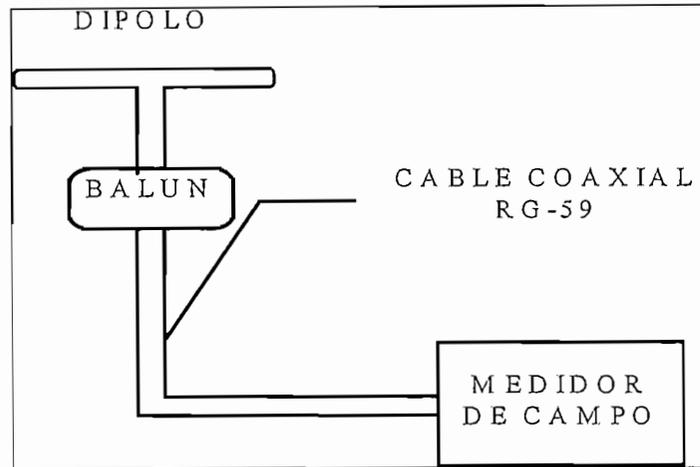


FIGURA 1-11 ESQUEMA DE EQUIPOS EMPLEADO PARA MEDICIÓN DE CAMPO ELÉCTRICO

Los niveles de señal obtenidos se ilustran en la tabla 1-3, las mediciones se expresan en dBm- que es una de las relaciones de medida del equipo, por la facilidad de manejo que presta dicha unidad para los cálculos posteriores y demás manipulaciones.

CANAL	P _v (MHz)	NIVEL(dBm)	P _a (MHz)	NIVEL(dBm)
2	55,25	-16,9	59,75	-27,0
4	67,25	-21,4	71,75	-32,3
5	77,25	-14,4	81,75	-25,3
8	181,25	-26,3	185,75	-35,2
10	193,25	-29,0	197,75	-41,2
13	211,25	-45,5	215,75	-57,7

TABLA 1-3 NIVELES DE RECEPCIÓN MEDIDOS EN EL PUNTO DE REPETICIÓN

En cuanto al nivel de recepción correspondiente a canal 13, éste es producto de dos señales, pues una de ellas corresponde al canal 13 de Quito, mientras la otra señal corresponde al canal 13 procedente de cerro Blanco, cerro donde se halla ubicado el transmisor de Teleamazonas en canal 13 para dar servicio a Ibarra y Otavalo.

Según el manual de este equipo, la intensidad de campo G_0 (dB/m) se obtiene mediante el siguiente cálculo, a partir de los datos arriba indicados.

$$G_0 = G_r - G_H - G_A (dB / m) \quad (1-20)$$

donde: G_0 = Intensidad de campo a ser medido (dB/m)

$$G_H = 20 \log(\lambda/\pi)$$

λ = longitud de onda a ser medido (m)

G_A = Ganancia de la antena usada (dB)
0 dB cuando un dipolo de media longitud de onda es usado.

Aplicando esta fórmula se pueden obtener las intensidades de campo para cada una de las portadoras, pero debemos tomar en cuenta que estos niveles de recepción son tomados sobre un sistema de 75Ω acoplado, de modo que el valor real de campo corresponde a 6 dB más- por estar en tensión.

La fórmula anterior nos es más que el campo eléctrico recibido por un dipolo expresado en decibelios. Por lo anotado la intensidad de campo expresada en dB μ V es:

$$G_{0(dB\mu V)} = G_{r(dBm)} - 20 \log \frac{\lambda}{\pi} + 108,75 dB + 6 dB \quad (1-21)$$

donde: $G_{0(dB\mu V)}$ = Intensidad de campo circundante a la antena de recepción en dB μ V

$G_{r(dBm)}$ = Nivel de señal medida con el instrumento en dBm

$20 \log(\lambda/\pi)$ = Término correspondiente al área efectiva de antena

El valor de 108,75 dB corresponde a la equivalencia de dBm con dB μ V para un sistema de 75Ω , ecuación (1-17)

El valor de 6 dB es necesario para obtener el campo circundante al dipolo de recepción cuando éste se halla acoplado al medidor, 75Ω de entrada.

Aplicando esta relación a los valores tabulados arriba, tenemos las intensidades de campo correspondientes a cada canal en dB μ V y en μ V/m como siguen en la tabla 1-4.

CANAL	Pv(MHz)	NIVEL(dB μ V)	E(μ V/m)	Pa(MHz)	NIVEL(dB μ V)	E(μ V/m)
2	55,25	93,10	45171,1	59,75	83,68	15271,0
4	67,25	90,30	32750,7	71,75	79,97	9962,1
5	77,25	98,51	84222,3	81,75	88,10	25410,7
8	181,25	94,02	50211,9	185,75	85,33	18469,6
10	193,25	91,87	39232,7	197,75	79,87	9854,7
13	211,25	76,15	6416,9	215,75	64,13	1608,7

TABLA 1-8 INTENSIDADES DE CAMPO EN EL PUNTO DE REPETICIÓN

De estos resultados se puede concluir que los niveles de señal recibidos en el sitio elegido para el lugar de “recepción-transmisión”, son perfectamente útiles y que estos niveles cumplen holgadamente los requerimientos máximos para la reproducción de una señal de televisión de excelente calidad.

Un hecho que es necesario sea tomado en cuenta es que, todas las señales de los canales tienen en promedio unos 10 dB de diferencia entre la portadora de video y la portadora de audio, cumpliéndose así otro de los estándares requeridos por la FCC para televisión.

Además de las mediciones de campo también se hizo un monitoreo en el lugar mencionado, con un receptor de televisión, encontrando señales de excelente calidad tanto en video como en audio para los canales de VHF.

1.6 NIVELES DE RECEPCIÓN PARA UNA BUENA CALIDAD DE AUDIO

Se ha revisado como una portadora de video debe tener un cierto nivel en el sitio de recepción para que se pueda obtener de ella una información de video de buena calidad, pues, también esto se aplica a una portadora de audio.

La información de audio que se envía acompañando a la señal de video, modula en frecuencia (FM) una portadora que se halla a 0,25 MHz del extremo alto de la banda de los 6 MHz asignados a cada canal de televisión, y con una desviación de frecuencia de ± 25 kHz.

Con estos datos podemos hacer un análisis sobre una señal de FM convencional y conocer sus estándares para una transmisión-recepción adecuada.

La condición de recepción ideal es una única señal de nivel lo más alto posible, esta condición también fue expuesta en la condición de recepción de una portadora de video. Si esta condición no se da, o se da parcialmente, es decir existen reflexiones y llegan varias señales desde un mismo transmisor hasta el receptor, sucederá que la recepción será pobre. Puede suceder que la fase de las señales que lleguen al receptor tengan fases tal que se cancelen, y no se tenga una intensidad de campo adecuada para una recepción útil.

Para recepción de FM con estereofonía, la FCC ha fijado los siguientes niveles:

- 34 dB μ V = 0,05 mV/m para áreas rurales
- 60 dB μ V = 1,00 mV/m para áreas suburbanas
- 70 dB μ V = 3,16mV/m para ciudad principal
- 82 dB μ V = 12,64 mV/m como nivel más alto útil

Todos estos niveles dan recepciones de señales FM estereofónicas de buena calidad, y si comparamos los niveles de portadora de audio prácticos- de las mediciones de nivel tomadas, tenemos la portadora de audio de canal 13 en 64,13 dB μ V- que es la más baja. Este nivel cubre dos de los grados de servicio mostrados anteriormente, y para el resto de

portadoras de audio- que llegan incluso hasta 88 dB μ V, superan ampliamente hasta el grado de servicio más alto.

En definitiva las mediciones de niveles de señal de los canales nacionales en este sitio resultan señales de muy buena calidad en cada uno de sus parámetros.

CAPÍTULO 2

2.1 Repetidor pasivo	26
2.2 Sistema de antenas del repetidor pasivo	28
2.3 Interconexión de las antenas	29
2.4 Evaluación de nivel final de recepción para el repetidor pasivo	30
2.5 Optimización del sistema repetidor	31
2.6 Sistema repetidor reforzador (Sistema booster)	33
2.7 Equipo amplificador	34
2.8 Sistema reforzador: implementación	36
2.9 Evaluación del nivel final de recepción para el repetidor activo	37

CAPÍTULO 2

2.1 REPETIDOR PASIVO

Hasta aquí se han analizado varios de los factores que son necesarios para obtener una buena señal de televisión- tanto en audio como en video, y ha llegado el momento de plantear soluciones para la repetición de una señal de televisión.

Un repetidor pasivo como lo indica su nombre no incluye equipo electrónico para su funcionamiento, sino que se vale del “amplificador perfecto”, denominando así a la antena, que es como en algunas ocasiones se le ha llamado por su similitud a un amplificador que sin ninguna alimentación y sin producir pérdidas, distorsión u otro fenómeno adverso produce en sus terminales un nivel de señal mayor al que puede captar un elemento simple como un dipolo.

Ya que nuestro único elemento “amplificador” lo constituye la antena debemos considerar que dicha antena deberá ser en lo posible el amplificador perfecto que se le atribuye, pues cualquier tipo de pérdida afectará adversamente a este sistema.

Es necesario mencionar que deben darse ciertas condicionantes para que el repetidor pasivo tenga su efectividad como sistema de repetición.

- Debe darse por ejemplo, que el nivel de la señal a repetir por este sistema, debe tener un alto valor en el punto de implementación del repetidor.
- La señal a repetir debe estar libre de interferencias, en lo posible. Existen sistemas que pueden usarse para eliminar una señal interfiriente, este sistema está formado por un arreglo de varias antenas, por lo general 2, 4 y 8 antenas conforman el arreglo, con determinadas separaciones, y un sistema de alimentación-combinación de los elementos del arreglo de modo que se obtenga un reforzamiento de la señal útil y un anulamiento máximo de la señal interfiriente.
- La zona a servir debe estar libre de interferencias en las frecuencias a repetir, o debe ser una zona de silencio o zona de sombra.
- Los puntos finales de recepción deben ser cercanos en lo posible al sistema de retransmisión.
- El sistema de recepción de usuario debe tener antenas de alta ganancia, y si fuese necesario se deberá implementar un preamplificador de antena, con una ganancia adecuada y bajos niveles de ruido a fin de no deteriorar la señal receptada.
- Existencia de línea de vista del punto de retransmisión con los puntos de recepción, pues, caso contrario tendríamos pérdidas adicionales que impedirán por completo una recepción adecuada.

Para el caso actual, la implementación de este tipo de repetidor no es una solución a tomar en cuenta, ya que parte de las condiciones anotadas arriba no se tienen. Así, por ejemplo, la zona en cuestión no es una zona libre de señales en las frecuencias a retransmitir.

Los niveles de señal en los diferentes canales son de alrededor de -50 dBm, niveles que hacen imposible la recepción de señales desde un repetidor pasivo, ya que los niveles que se tendrán desde el repetidor a los puntos de recepción tienen niveles inferiores.

En todo caso se muestra a continuación el diseño de un repetidor pasivo, para un sitio donde se cumplan los requisitos arriba mencionados.

Consideremos que se tienen los siguientes datos para la repetición de canal 5, mediante el uso de un repetidor pasivo:

- Nivel de recepción de la portadora de video de canal 5, en el punto de repetición: -20 dBm. Este nivel de recepción es tomado con un dipolo en canal 5, y la lectura de la portadora de video corresponde al nivel de sincronización de esta portadora.
- Distancia del punto de retransmisión al punto más lejano de recepción: 2 km
- Portadora de audio a 10 dB de la portadora de video
- Ángulo formado entre el transmisor, el punto de repetición y el punto final de recepción: 80°
- Doble antena de recepción y doble antena de transmisión, para el repetidor. Cada antena tiene una ganancia de 8 dBd.
- Antena de recepción de usuario de 8 dB.

2.2 SISTEMA DE ANTENAS DEL REPETIDOR PASIVO

La figura 2-1 ilustra la disposición de las antenas del repetidor, separación entre las mismas y modo de alimentación.

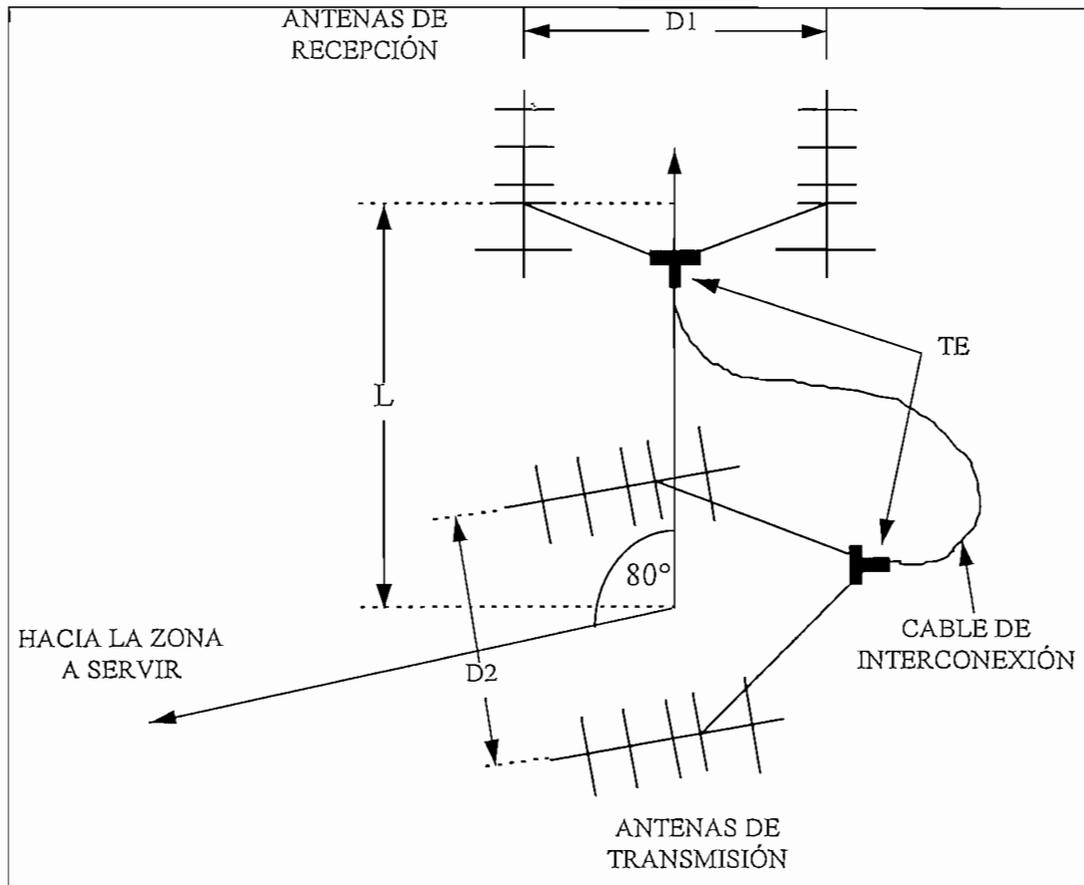


FIGURA 2-1 ESQUEMA QUE MUESTRA LA DISPOSICIÓN DE LAS ANTENAS DEL REPETIDOR PASIVO PARA CANAL 5

Las dos antenas de recepción deben estar a una distancia $D1$ de unos 3 metros, que corresponde a $3\lambda/4$, donde λ corresponde a la longitud de onda de la portadora de video de canal 5.

Si bien es cierto que esta distancia puede variar- ya sea por falta de espacio físico u otra razón, la distancia dada hace que la ganancia de las dos antenas sea máxima, para variaciones de $D1$ desde aproximadamente $3\lambda/4$ hasta 2λ la ganancia del arreglo de recepción es 11 dB, 8 dB de ganancia de la antena individual más 3 dB de ganancia por el arreglo. Lo anterior es cierto siempre y cuando las señales obtenidas de ambas antenas sean combinadas en fase.

2.3 INTERCONEXIÓN DE LAS ANTENAS

De las antenas de recepción deben tomarse dos cables de alimentación de longitudes idénticas hacia el combinador de cable que va a la T, obviamente estas longitudes deben ir de acuerdo a las necesidades físicas, pero una longitud de 1,80 m de cada cable será suficiente.

Si la impedancia de cada antena es de 50Ω , deberá emplearse un cable coaxial de 50Ω , hasta la entrada del combinador, puede usarse un cable RG-8U, el mismo que es de 50Ω y presenta bajas pérdidas- factor a tomarse en cuenta, a la frecuencia de canal 5. Este cable presenta una pérdida de aproximadamente 1,5 dB en 30 metros.

El combinador de cable tiene dos entradas que provienen de las antenas en 50Ω , mientras que en el extremo de salida de éste debemos tener dos impedancias de 100Ω en paralelo- en la T. Por tanto, debemos usar sendas líneas de $70,7 \Omega$, con una longitud de $\lambda/4$ para realizar el acoplamiento necesario. Un cable coaxial con impedancia característica próxima a $70,7 \Omega$ es el RG-11AU, con una impedancia característica de 75Ω y un factor de velocidad del 66%. Por tanto, los tramos de RG-11AU deberán tener 64,1 cm.

Para las dos antenas de transmisión, se aplica lo mencionado para las de recepción. Es decir, deberán estar separadas una distancia entre $3\lambda/4$ y 2λ y deben ser alimentadas en fase mediante un combinador o acoplador de $\lambda/4$.

Finalmente, debemos saber la longitud del cable de interconexión entre los dos arreglos. La longitud de este cable está relacionado con la separación entre los dos grupos de antenas, la constante de velocidad y si las antenas de transmisión están en la visual hacia el sitio del transmisor del canal a repetir.

Si no fuese este el caso, la longitud de dicho cable puede ser el necesario para unir los dos arreglos, pero debe tenerse en cuenta que a mayor longitud se tendrán mayores pérdidas. Este cable puede ser el cable RG-8AU o cualquier otro cable de 50Ω de bajas pérdidas.

Ahora que sí tenemos una influencia de la señal directa desde el transmisor sobre las antenas de transmisión del repetidor, debemos estrictamente saber si las antenas de transmisión captarán una señal que pueda ser perjudicial.

Como en este caso tenemos una incidencia de la señal original casi perpendicular sobre la antena y además que por tratarse de una antena altamente directiva, no se tomará ningún cuidado especial, pues una señal inducida en la antena de transmisión estará al menos 10 dB abajo de la señal principal, la misma que no molestará de modo alguno.

La figura 2-2 muestra las longitudes de los diferentes cables de conexión, así como también los cables que conforman el acoplador-combinador de $\lambda/4$, de la misma manera se muestran los tipos de cable usados.

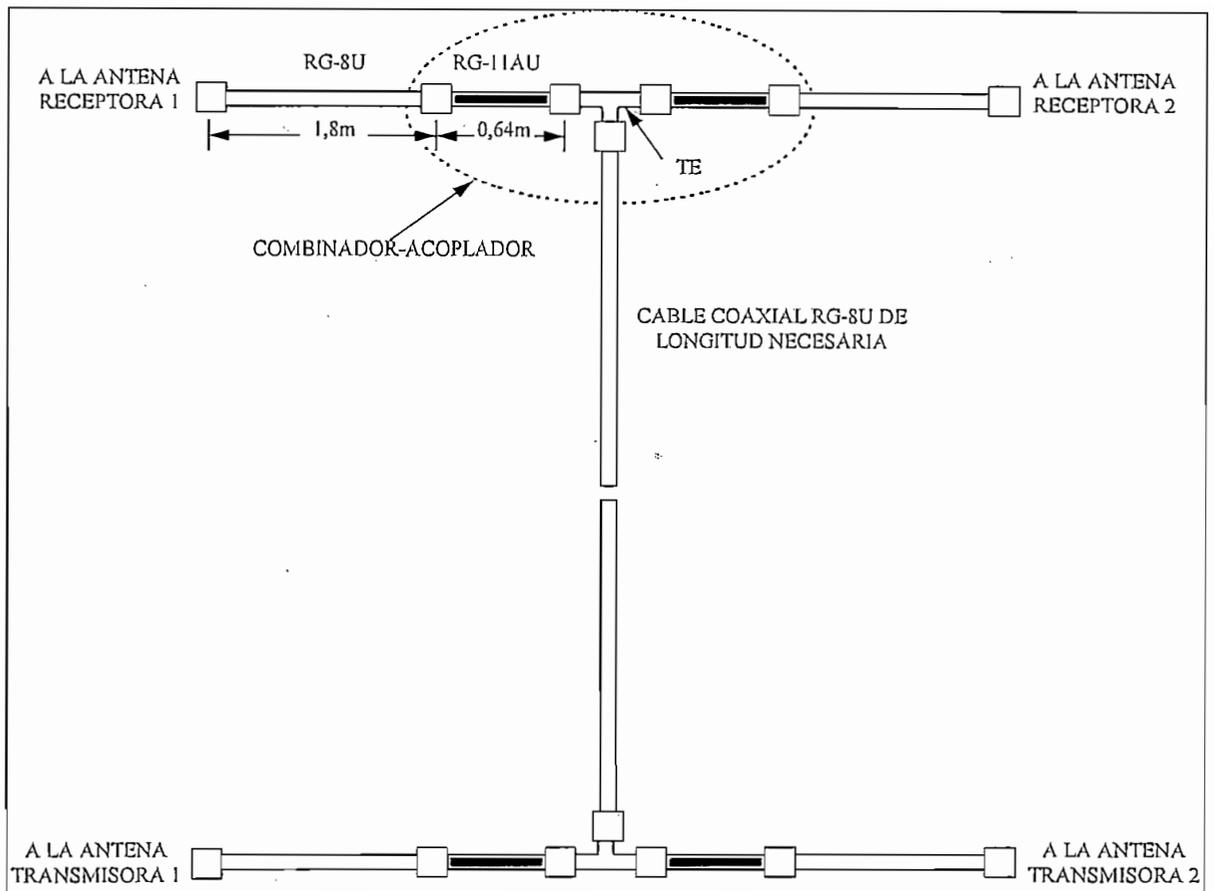


FIGURA 2-2 DIAGRAMA MOSTRANDO EL CABLEADO DE INTERCONEXIÓN PARA LAS ANTENAS DEL REPETIDOR PASIVO

2.4 EVALUACIÓN DE NIVEL FINAL DE RECEPCIÓN PARA EL REPETIDOR PASIVO

Ahora se puede determinar el nivel de señal que recibirá el usuario ubicado a 2 km desde el sitio del repetidor.

Las cuatro antenas nos dan una ganancia de 22 dB, considerando despreciables las pérdidas de los cables de interconexión.

Para la distancia de 2 km y la frecuencia de 77,25 MHz, que corresponde a la portadora de video del canal 5, las pérdidas de espacio libre serán de:

$$A_o = 92,4 + 20 \log(d) + 20 \log(f) \text{ dB}$$

$$A_o = 92,4 + 20 \log(2) + 20 \log(0,07525)$$

$$A_o = 76 \text{ dB}$$

Haciendo el balance de pérdidas, tenemos que el nivel de recepción en la antena del usuario será de:

$$P_{rx-usuario} = P_{rx} + G_{antena-repetidora} - A_o + G_{antena-usuario}$$

$$P_{rx-usuario} = -20dBm + 22dB - 76dB + 8dB$$

$$P_{rx-usuario} = -66dBm$$

Se puede obtener el campo eléctrico en el entorno de la antena del usuario, el misma que es:

$$E = \sqrt{\frac{480\pi^2 P_{rx}}{\lambda^2 G_{rx}}}$$

$$E = \sqrt{\frac{480\pi^2 \times 251pW}{3,88^2 \times 6,31}}$$

$$E = 112\mu V / m$$

$$E = 41dB\mu V$$

Este nivel de señal es útil, por lo que el usuario recibirá una señal aceptable, pudiendo ser necesaria la utilización de un preamplificador de antena o booster para otros sectores que reciban un nivel más bajo.

Revisando las intensidades de campo dadas por la TASO para canal 5, encontramos que este nivel supera los 34 dBμV para un servicio secundario, por lo que de esta manera aseguramos que si será posible obtener una señal de un grado aceptable.

En cuanto a la portadora de audio, ésta se hallaría a - 66 dBm - 10 dB = -76 dBm. Revisando los niveles para una recepción de FM, encontramos que 34 dBμV es el nivel para zonas rurales.

De los datos anteriores, la portadora de audio tiene un nivel de: 41 dBμV - 10db = 31 dBμV.

Como nota favorable a estos resultados se debe mencionar que con niveles de hasta -74 dBm de la portadora de video, se tiene una señal de televisión de excelente calidad.

2.5 OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA REPETIDOR

Para realizar el montaje definitivo y alineación de este sistema de antenas, debe procederse de la manera siguiente:

- En el punto de repetición y mediante el uso de un medidor de campo, debe encontrarse la dirección en que las antenas de recepción reciben el mayor nivel, debe además comprobarse que el arreglo efectivamente produzca un nivel 3 dB más alto al que se tendría de una sola antena, caso contrario deberán buscarse las causas y dar solución. Puede ser necesario un ajuste de la separación entre las antenas para lograr una optimización, aunque este ajuste debe ser en realidad mínimo si se ha construido correctamente el acoplador-combinador. Debe notarse que las mediciones de nivel de

recepción para el sistema propuesto, debe estar alrededor de -9 dBm, que corresponden a los -20 dBm receptados por el dipolo más 11 dB de ganancia del sistema de recepción.

- Una vez optimizada la recepción, deberá optimizarse la transmisión con ayuda de una segunda persona, la que deberá hallarse en el punto de repetición y en comunicación vía radio posiblemente con la primera, la que se hallará en el sector final de servicio. Con el medidor de campo se buscará un punto de mayor nivel de recepción, ya sea mediante el movimiento horizontal y vertical de las antenas de transmisión y recepción.

Si el caso de repetidor pasivo fuese implementado, será necesaria la construcción de una pequeña torre metálica, que alojará las diferentes antenas para cada uno de los canales que pudiesen repetirse.

Es fácil notar que para un canal más alto se recibirá un nivel más bajo, por lo que deberán hacerse los estudios específicos de las condiciones que se tengan en los casos y lugares donde un sistema del tipo descrito tenga cavida.

Se observa que este sistema tiene limitaciones, pero también es necesario tomar en cuenta la simplicidad del mismo. Un sistema reforzador- con un amplificador activo, y un sistema de antena con un casi seguro cambio de polarización dará mejores resultados tal como se expone a continuación.

2.6 SISTEMA REPETIDOR REFORZADOR (SISTEMA BOOSTER)

Un sistema de este tipo es tan solo una variante del repetidor pasivo descrito en las páginas precedentes, ya que el canal de entrada y el canal de salida son el mismo. La diferencia estriba en el hecho que aquí se usa un elemento activo a más de las antenas de recepción y transmisión.

Deben también cumplirse ciertas condicionantes para que pueda ser llevado a cabo con éxito este tipo de repetidor. En lo fundamental deberá cumplirse la condición de no interferencia, ya que los otros requisitos son salvados al tener una salida de potencia adecuada a las condiciones.

Hemos observado que el repetidor pasivo conlleva bajos niveles de recepción- para los casos en que puede llevarse a cabo, esta limitante ya no se presenta en el repetidor-reforzador, ya que el elemento activo o amplificador será diseñado ó dimensionado de acuerdo a las necesidades.

El problema principal del repetidor-reforzador se centra en la posibilidad de oscilación del sistema por tener una señal de entrada y salida en la misma frecuencia. Para evitar tal situación debe tenerse mucho cuidado en la disposición de las antenas de recepción y de transmisión, mediante separación, blindaje y cambio de polarización entre la antena de recepción y la transmisión.

El cambio de polarización consiste en emplear polarización de la antena de transmisión contraria a la polarización de la antena de recepción. Es prácticamente una regla el uso de polarización horizontal en las antenas de transmisión de los canales de televisión, y por tanto una antena receptora deberá tener dicha polarización.

El cambio de polarización consiste en usar polarización vertical para la o las antenas transmisora(s) del repetidor-reforzador con lo que se consigue un alto desacoplamiento- en teoría acoplamiento nulo, con la antena de recepción del repetidor-reforzador. Se entiende por desacoplamiento el que la antena receptora no capte señal alguna desde la antena transmisora.

Parte del blindaje entre las antenas se logra usando antenas del tipo corner reflector o también conocidas como diédricas, tanto en la recepción como en la transmisión, pues en estas antenas se tienen relaciones frente-atrás muy altas, obviamente se tendrán dificultades mecánicas para las antenas diédricas en canales bajos debido al enorme tamaño de dichas antenas, por lo que deberá llegarse a un compromiso entre la antena de recepción- mediante el uso posiblemente de una Yagi, y la de transmisión que finalmente si puede ser una antena diédrica.

El uso de este tipo de repetidor tiene algunas ventajas sobre el descrito anteriormente, por ejemplo, no es necesario que el nivel de recepción en el punto de repetición sea alto, pues, el sistema deberá recibir una señal adecuada, de modo que la circuitería electrónica funcione. Dicha circuitería debe tener un control de ganancia automático o AGC, para mantener la potencia de salida del equipo a un nivel prácticamente constante, evitando de esta manera

desvanecimientos de la señal e incluso saturación del equipo transmisor al recibir niveles altos.

2.7 EQUIPO AMPLIFICADOR

Revisando equipos amplificadores comerciales en distintos manuales, se ha elegido un amplificador para canal 5- de modo que pueda realizar una comparación para el mismo canal con respecto del repetidor pasivo, el que tiene las siguientes características.

El amplificador es de marca BLONDER TONGUE, modelo HMCA-b.

Este tipo de amplificador se caracteriza por tener bajo ruido, alta ganancia y un alto nivel de salida. Un control de ganancia automático, de amplio rango, provee una señal estable y de alta calidad, con baja distorsión y productos de intermodulación igualmente bajos.

Este amplificador emplea una trampa ajustable en la portadora de audio en la entrada, y una trampa de intermodulación para canal adyacente en la salida lo cual permite la operación en canales adyacentes a altos niveles sin la necesidad de una trampa de sonido externa o un filtrado adicional en la salida.

El diseño modular de este amplificador, consistente de tres secciones: un amplificador de entrada sintonizado en el canal deseado, un amplificador principal de banda ancha y un módulo de salida también sintonizado en el canal seleccionado con un duplexor-filtro para la combinación de canales alternantes en el sistema. Los tres módulos pueden ser removidos fácilmente para dar mantenimiento, reparación y/o cambios.

Los canales alternantes son canales adyacentes o canales con una separación entre canal de uno o más canales.

Las principales características técnicas de este equipo se listan a continuación:

ESPECIFICACIONES	HMCA-b
<u>RF</u>	
Rango de frecuencia (MHz)	54 - 300
Canales:	VHF,CATV
Nivel de salida (dBmV)	
Máximo:	77(a)
Para canal adyacente:	73(b)
Variación del nivel de salida (dB)	23
Ganancia (dB)	67

Figura de ruido @ ganancia total	7
Rango de AGC (dB)	40
Estabilidad del AGC (dB)	< 0,5 dB para 74 dBmV de salida
Planitud de la banda pasante (dB)	±0,75(c)
Rechazo del canal alternante (dB)	-30
Rango de variación de la trampa aural (dB)	0-10
Impedancia de todos los pórticos (Ω)	75
Pérdidas de retorno en la entrada (dB)	14
Pérdidas de retorno en la salida (dB)	13

GENERALES

Requerimientos de potencia	
Voltaje (VAC)	117,±10%
Frecuencia (Hz)	60
Fusible	¼ A
Rango de temperatura (°C)	-20 a + 65

MECÁNICAS

Dimensiones(WxHxD)	19,0"x1,75"x4,0" (483x44x102)mm
Peso	5,0 libras (2,27 kg)

CONECTORES (Panel frontal)

Entrada de RF	Tipo "F" hembra
Entrada a duplexar	Tipo "F" hembra
Salida duplexada	Tipo "F" hembra
Pórtico de prueba	Tipo "F" hembra

CONTROLES (Panel frontal) —

De nivel de salida	
De la trampa de portadora de audio	
De AGC (d)	

NOTAS:

- (a) para $\frac{1}{2}$ dB de compresión de sincronismo
- (b) batido de canal adyacente en - 55 dB
- (c) para 6 MHz de ancho de banda
- (d) control localizado en la parte posterior de la unidad

2.8 SISTEMA REFORZADOR: IMPLEMENTACIÓN

Hasta aquí se tienen prácticamente reunidos todos los elementos necesarios para llevar a cabo este tipo de repetidor.

Se ilustra en la figura 2-3, la disposición de los diferentes elementos de este reforzador.

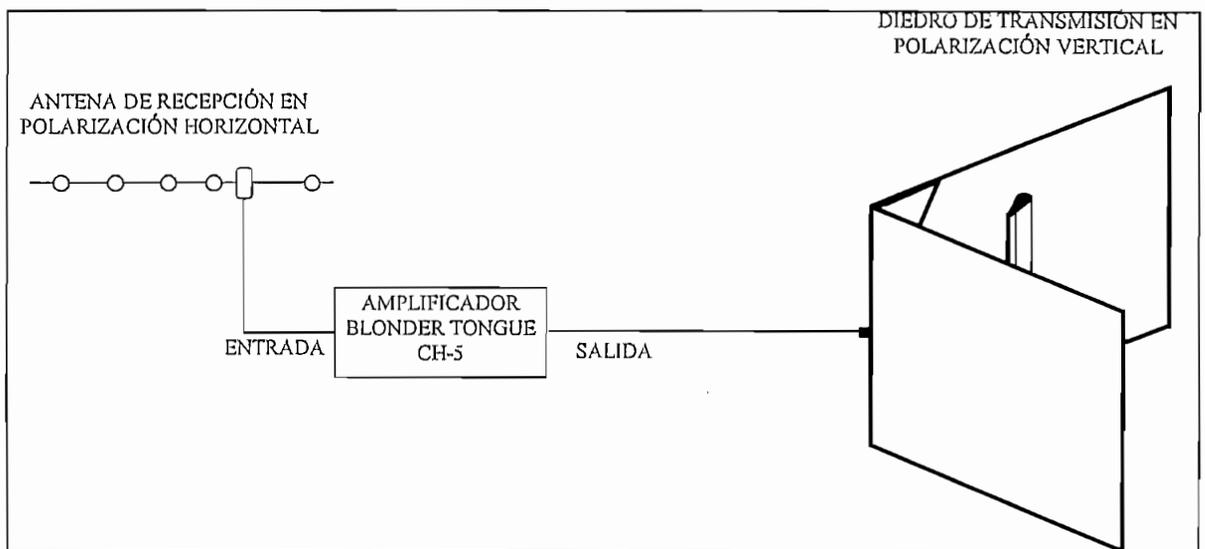


FIGURA 2-3 ELEMENTOS DEL REFORZADOR: ENTRADA CH-5 SALIDA, SALIDA CH-5

2.9 EVALUACIÓN DEL NIVEL FINAL DE RECEPCIÓN PARA EL REPETIDOR ACTIVO

Un pequeño análisis de nivel de señal recibido a una distancia de 2 km, con una antena de usuario de 8 dB- igual que en el caso anterior, y considerando un diedro de ganancia de 10 dB, nos lleva a lo siguiente.

$$\begin{aligned}P_{rx-usuario} &= P_{tx} + G_{tx} - A_0 + G_{rx} \\P_{rx-usuario} &= 77dBmV + 10dB - 76dB + 8dB \\P_{rx-usuario} &= 19dBmV \\P_{rx-usuario} &= -29,75dBm \\P_{rx-usuario} &= 1,06\mu W\end{aligned}$$

De aquí se puede evaluar el campo eléctrico circundante a la antena del usuario, de donde se verá la ventaja que tiene este tipo de repetidor- en cuanto a mayor nivel de señal, con respecto al repetidor pasivo.

$$\begin{aligned}E &= \sqrt{\frac{480\pi^2 P_{rx-usuario}}{\lambda^2 G_{rx-usuario}}} \\E &= \sqrt{\frac{480\pi^2 \times 1,06\mu W}{3,88^2 \times 10}} \\E &= 5,77mV / m \\E &= 75dB\mu V\end{aligned}$$

Como se puede notar rápidamente, el nivel de señal recibido es bastante alto, superando incluso el nivel más alto de campo dado por la FCC para canales bajos, esto simplemente nos lleva a tener un área de cobertura más grande que el obtenido con el repetidor pasivo.

Deberá también darse una inclinación mecánica al diedro de transmisión, de acuerdo a la diferencia de altura entre el sitio de recepción y el punto de repetición, teniendo presente que dicha inclinación deberá ser tal que no existan nulos sobre el área que se desea servir.

CAPÍTULO 3

3.1 Repetidor activo con traslación de frecuencia	40
3.2 Selección de la antena de recepción	40
3.3 Sistema de distribución de los canales receptados	53
3.4 Acoplamiento entre antena receptora y equipo trasladador	55
3.5 Equipo trasladador	62
3.6 Composición del equipo repetidor	63
3.7 Descripción del diagrama de bloques	64
3.8 Especificaciones técnicas del equipo trasladador Itelco	65
3.8.1 Leyendas	67
3.9 Descripción de cada tarjeta	68
3.9.1 Convertidor RF/IF	69
3.9.1.1 Descripción funcional	71
3.9.1.2 Ajustes de la tarjeta RF/IF para las traslaciones propuestas	72
3.9.2 Oscilador local 1	74
3.9.3 Amplificador de FI	76
3.9.4 Convertidor IF/RF	79
3.9.5 Oscilador local 2	83
3.9.6 Amplificador excitador de RF	85
3.9.6.1 Descripción funcional	87
3.9.7 Amplificador final de potencia y medidas	88
3.10 Determinación de la potencia radiada efectiva (ERP)	91
3.11 Antena de transmisión	94

3.12 Potencia necesaria de salida	99
3.13 Sistema de transmisión	101
3.14 Sistema de transmisión independiente	101
3.15 Inclinación mecánica y orientación del sistema de transmisión	105
3.16 Predicción de cobertura	107
3.17 Resultados de la predicción de campo eléctrico	108
3.18 Equipos para repetidor activo, opción No.2	114
3.19 Sistema de recepción	114
3.20 Equipo trasladador	116
3.21 Equipo amplificador	119
3.22 Antenas transmisoras	121
3.22.1 Diseño de las antenas de transmisión	121
3.22.2 Acoplamiento de las antenas de transmisión a los equipos de repetición	124
3.22.3 Apilamiento de las antenas de transmisión	126
3.22.4 Ganancia del sistema de doble antena	128
3.23 Predicción de cobertura, opción No. 2	128

CAPÍTULO 3

3.1 REPETIDOR ACTIVO CON TRASLACIÓN DE FRECUENCIA

Aquí se describen todos los elementos que serán usados para hacer una retransmisión de canales de TV.

Primero que todo, debemos entender qué es y por qué se realiza la traslación de frecuencia.

La traslación de frecuencia consiste en que una información que modula una determinada frecuencia portadora es tratada de modo que dicha información module una segunda frecuencia portadora, en otras palabras las informaciones de audio y video- para nuestro caso, que se hallan modulando las frecuencias de un canal dado son tratadas de manera que se las tenga en otro canal diferente al primero.

Este tipo de proceso es necesario para evitar interferencias y de esta manera recibir señales repetidas de manera correcta.

Las interferencias se pueden producir en el canal a ser trasladado, lo que debe ser evitado por completo.

Para llevar a cabo este proceso debemos receptor de la manera más fiel posible la señal original, luego mediante equipo electrónico se la tratará para generar las nuevas portadoras en el canal de salida deseado y finalmente debemos radiar esta señal en un área determinada.

Ahora se describen los diferentes elementos que intervienen en la mencionada traslación de canales de televisión.

3.2 SELECCIÓN DE LA ANTENA DE RECEPCIÓN

Para seleccionar una antena para recepción de televisión hay que tener en cuenta varias consideraciones, a fin de evitar de señales de mala calidad al elegir sin criterio técnico alguno una antena.

Una primera característica, y una de las más importantes, es la constancia de respuesta de frecuencia en la banda del canal o canales. Es decir, la ganancia de la antena no debe variar grandemente en 6 MHz asignados a cada canal.

Otro de los factores, es el de ganancia, la misma que debe ser preferentemente mayor para los canales de frecuencias mayores.

Además la antena debe tener una adaptación de impedancia razonablemente buena, en toda la banda, pues caso contrario se presentarían efectos de imágenes múltiples, a pesar de tener una señal de incidencia directa y sin reflexiones externas.

En lo posible la antena debe ser mecánicamente robusta, para soportar las inclemencias del tiempo. Este requisito debe tenerse muy presente para el caso actual, pues se busca una antena que pueda recibir todos los canales de VHF- con las características antes señaladas, y al producirse un fallo de ésta, tendremos el problema de dejar los cinco repetidores sin señal alguna.

Se ha elegido una antena Yagi-Uda, con características muy especiales, de modo que se cumplan los requisitos mencionados y otros más.

La antena es de 6 elementos, de constitución muy robusta, siendo una antena optimizada para reunir las mejores bondades en una sola antena. La robustez de esta antena se centra en su pequeño tamaño y la alta resistencia mecánica de los materiales propuestos para su construcción.

Los señores D. K. Chen y C. A. Chen fueron quienes optimizaron este arreglo de 6 elementos, de modo que la antena se comporta como una antena de "banda ancha", este trabajo fue publicado en septiembre de 1973, por la IEEE en su revista de dicho mes.

Cabe mencionar que posteriormente, dichas personas realizaron otras optimizaciones de arreglos similares, tal como maximización de ganancia, rellenos de nulos y otros.

Esta optimización mantiene constante las longitudes de los elementos, y se optimizan las separaciones entre elementos para obtener el mayor ancho de banda posible.

Para este diseño de banda ancha, se toma la frecuencia más alta de la banda para calcular la longitud de onda.

Los parámetros de esta optimización se resumen en la tabla 3-1:

$l_1 = 0,51\lambda$	$l_2 = 0,5\lambda$	$l_3 = l_4 = l_5 = l_6 = 0,43\lambda$	$r = 0,003369\lambda$			
	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	GAIN (dBd)
ARREGLO INICIAL	0,280 λ	0,310 λ	0,310 λ	0,310 λ	0,310 λ	10,92
ARREGLO OPTIMIZADO	0,250 λ	0,352 λ	0,355 λ	0,354 λ	0,373 λ	12,89

TABLA 3-1. DIMENSIONES EN LONGITUDES DE ONDA DE LA ANTENA DE RECEPCIÓN DE BANDA ANCHA

La figura 3-1 muestra la antena Yagi, mientras que la tabla 3-2 muestra las dimensiones físicas de este arreglo optimizado.

La banda para la cual se diseña esta antena va desde 54 MHz- canal 2, hasta 198 MHz- canal 10, de modo que la longitud de onda que se usa es a 198 MHz.

$$\lambda = \frac{300}{198} \text{ MHz}$$

$$\lambda = 1,5151m$$

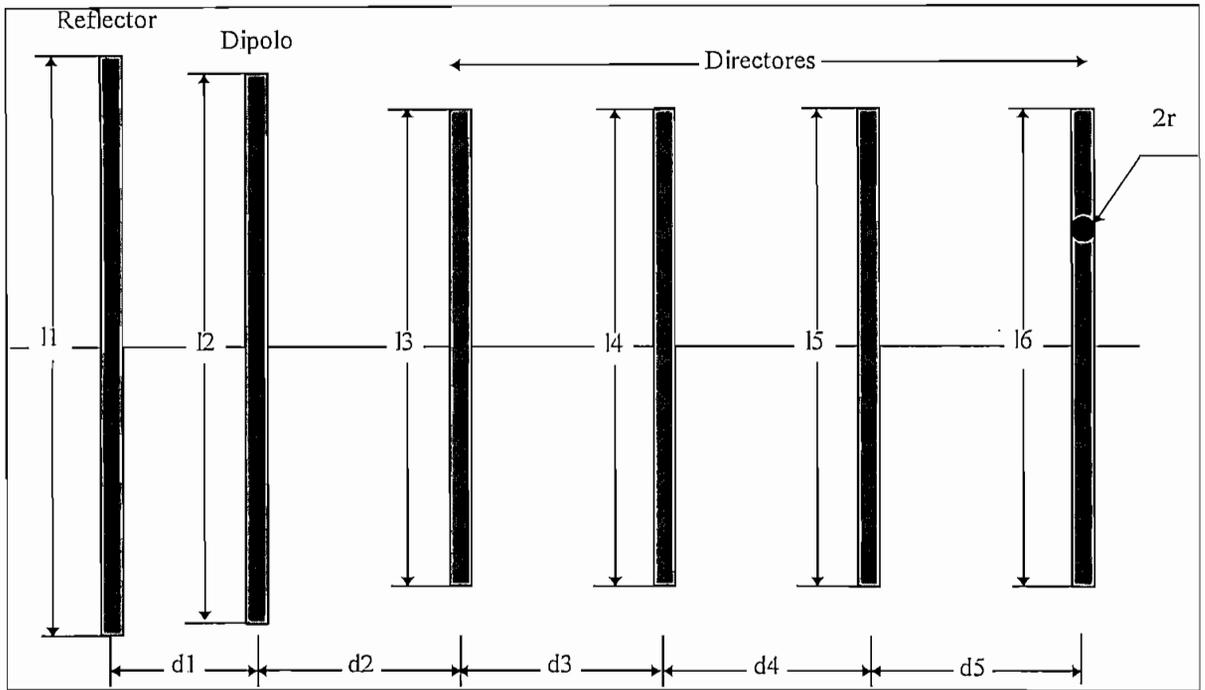


FIGURA 3-1 ANTENA DE RECEPCIÓN YAGI DE 6 ELEMENTOS

$l_1 = 0,7727\text{m}$ $l_2 = 0,7575\text{m}$ $l_3 = l_4 = l_5 = l_6 = 0,6515\text{m}$ $2r = 0,0254\text{m}$

	d1	d2	d3	d4	d5
ARREGLO OPTIMIZADO	0,3788m	0,5333m	0,5379m	0,5364m	0,5652m

TABLA 3-2 DIMENSIONES FÍSICAS DE LA ANTENA DE RECEPCIÓN

Veamos cómo esta antena cumple con los requisitos antes mencionados para las diferentes bandas de cada canal de VHF que se desean recibir, para su posterior traslación a otros canales.

En canal 2- desde 54 MHz hasta 60 MHz, la antena presenta las siguientes características, las que se resumen en las figuras 3-2 a 3-4.

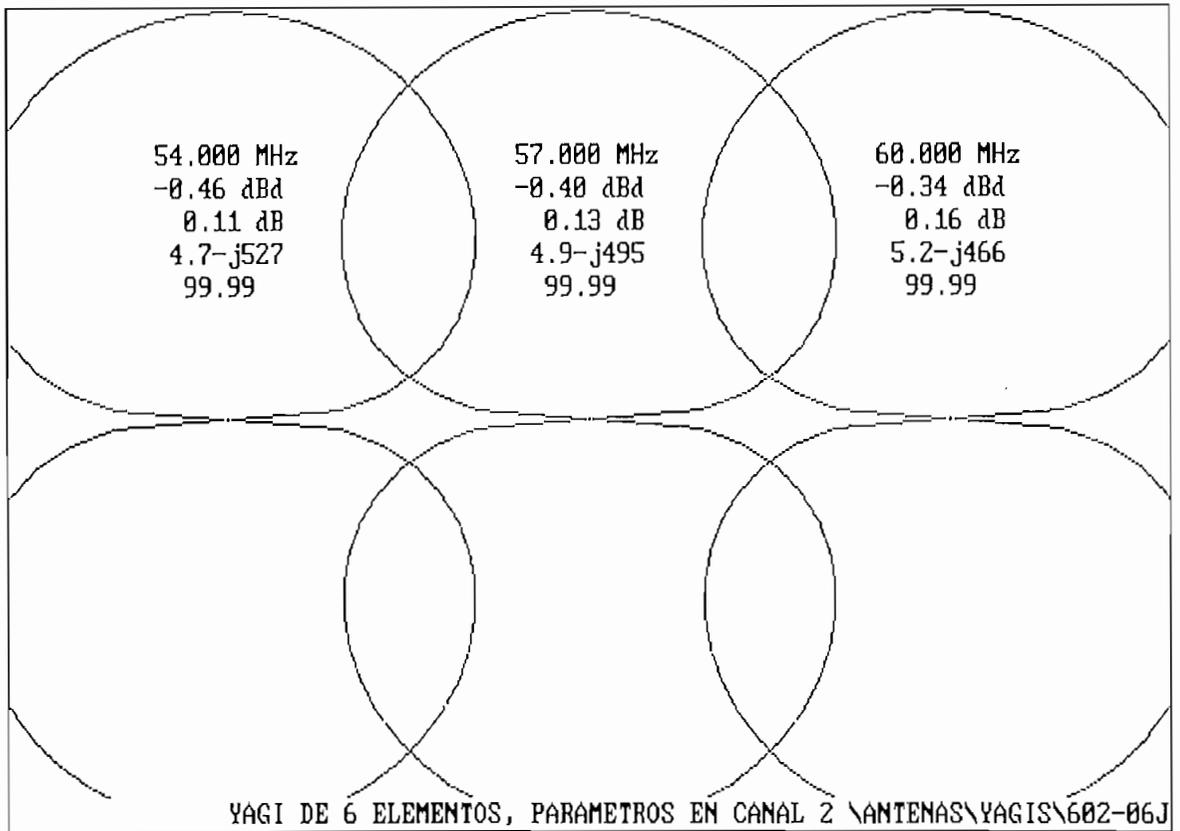


FIGURA 3-2 FRECUENCIA, GANANCIA, F/B, IMPEDANCIA Y RELACIÓN DE ONDA ESTACIONARIA PARA LA ANTENA YAGI-UDA DE 6 ELEMENTOS EN CANAL 2.

ADEMÁS PATRÓN DE CAMPO ELÉCTRICO EN TRES FRECUENCIAS DE LA BANDA

Veamos qué significan estos parámetros, el primer dato representa la frecuencia del extremo inferior del canal 2, a la cual esta antena tiene una ganancia de -0,46 dBd. Esto quiere decir, que esta antena tiene una ganancia ligeramente menor a la de un dipolo resonante ajustado a la frecuencia de 54 MHz, o que simplemente se trata de un error de cálculo del programa, ya que dicha antena también fue simulada en otro programa y las ganancias negativas que se obtienen aquí para los canales de VHF en la banda baja, no fueron obtenidas en la segunda simulación.

El siguiente dato representa la relación frente-atrás, con un valor de 0,11 dB significa que la antena responde casi como un dipolo ajustado a esta frecuencia.

El dato 4,7 - j527, representa la impedancia de la antena a esta frecuencia, y finalmente el valor 99,99 representa el valor de relación de onda estacionaria- ROE, con respecto a la impedancia que presenta la antena para la frecuencia de 198 MHz. Este dato no es de utilidad aquí.

A continuación se muestran los gráficos de variación de parámetros de la antena en la banda de canal 2, así como el patrón de campo eléctrico en la mitad de la banda de canal 2.

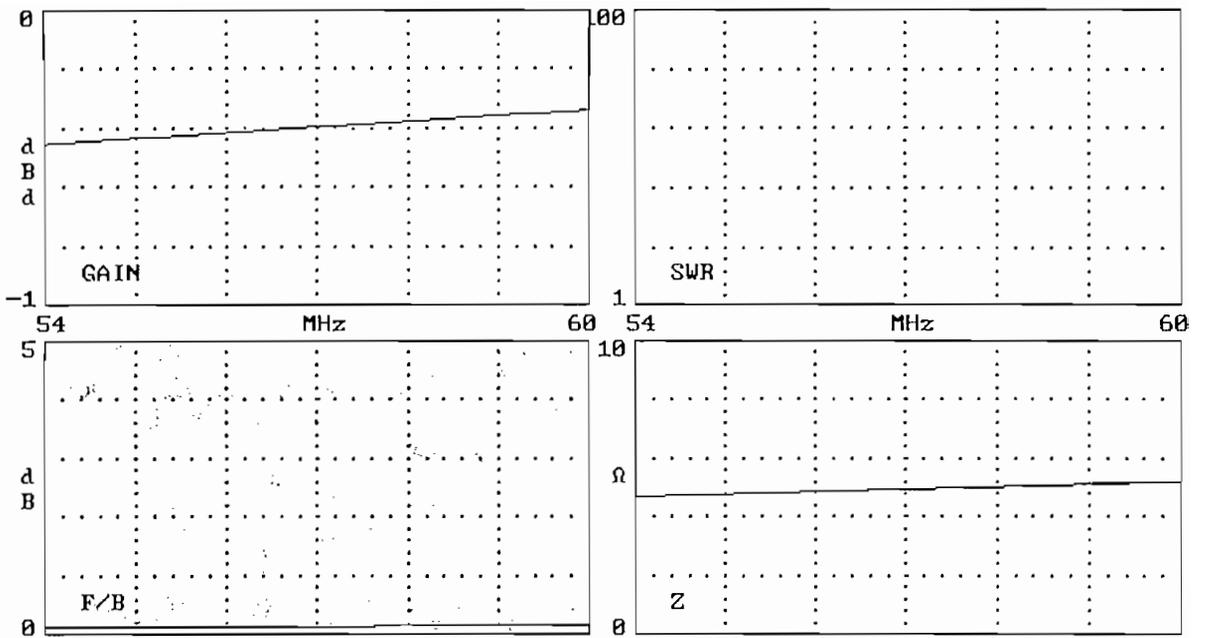


FIGURA 3-3 VARIACIÓN DE LA GANANCIA, RELACIÓN F/B, ROE Y Z DE LA ANTENA YAGI-UDA EN CANAL 2

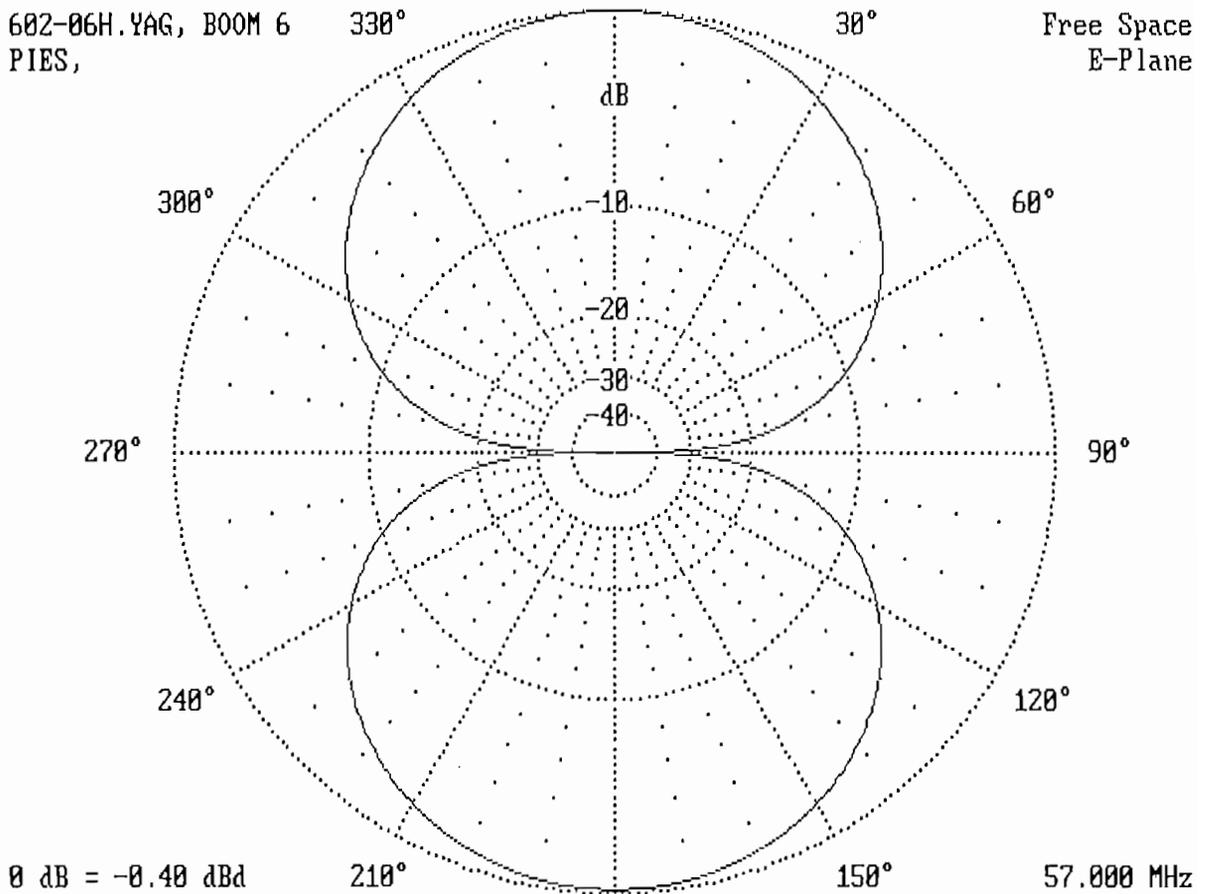


FIGURA 3-4 PATRÓN DE CAMPO ELÉCTRICO DE LA YAGI-UDA EN CANAL 2

Estos gráficos resumen lo siguiente, la ganancia de la antena es plana en toda la banda de canal 2- se puede apreciar de la gráfica que la ganancia varía en toda la banda menos de 0,2 dB, así como también la impedancia, la relación frente-atrás, de modo que la antena es adecuada para recibir una señal de televisión en canal 2.

Lo que se ha mencionado para canal 2, en cuanto a ganancia constante en cada canal, impedancia de la antena y relación frente-atrás, es válido para canal 4 y canal 5 como lo muestran las gráficas 3-5 a 3-10.

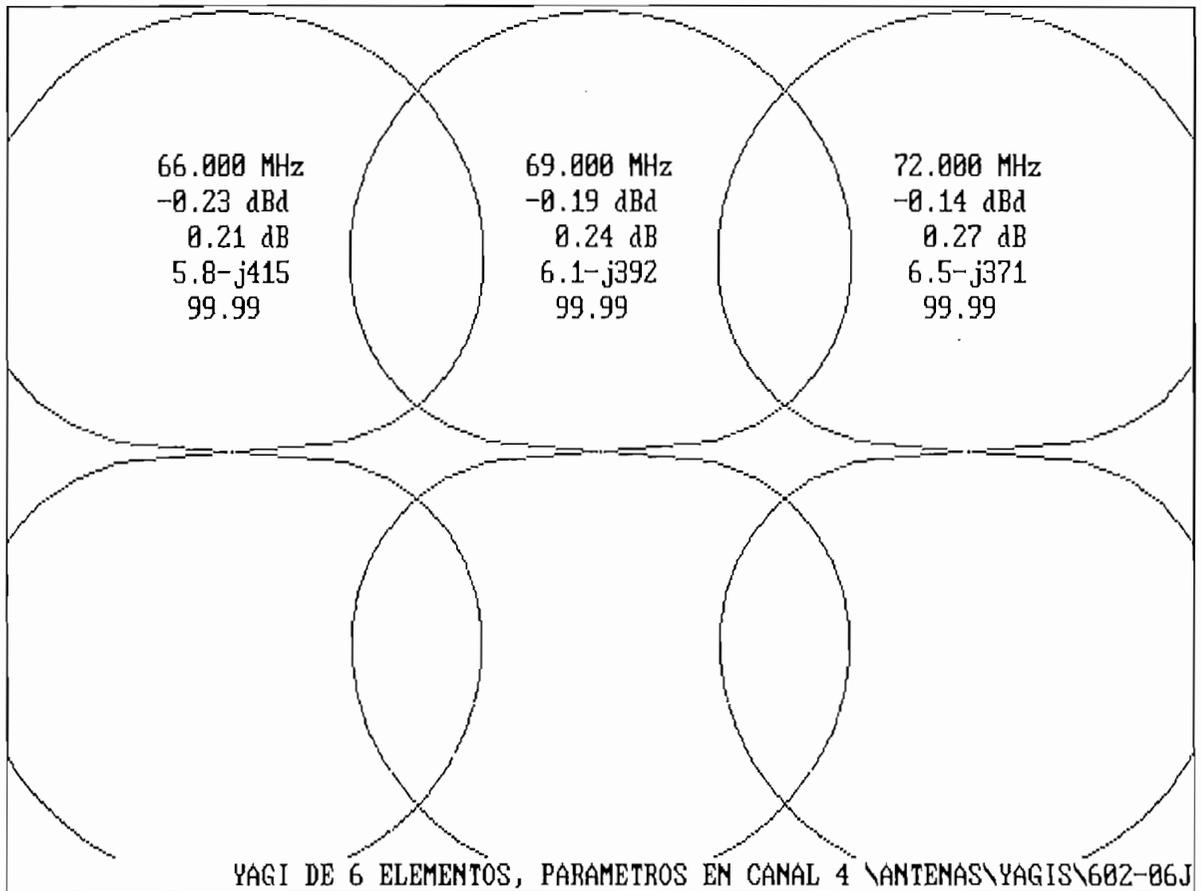


FIGURA 3-5 FRECUENCIA, GANANCIA, F/B, IMPEDANCIA Y RELACIÓN DE ONDA ESTACIONARIA PARA LA ANTENA YAGI-UDA DE 6 ELEMENTOS EN CANAL 4.

ADEMÁS PATRÓN DE CAMPO ELÉCTRICO EN TRES FRECUENCIAS DE LA BANDA

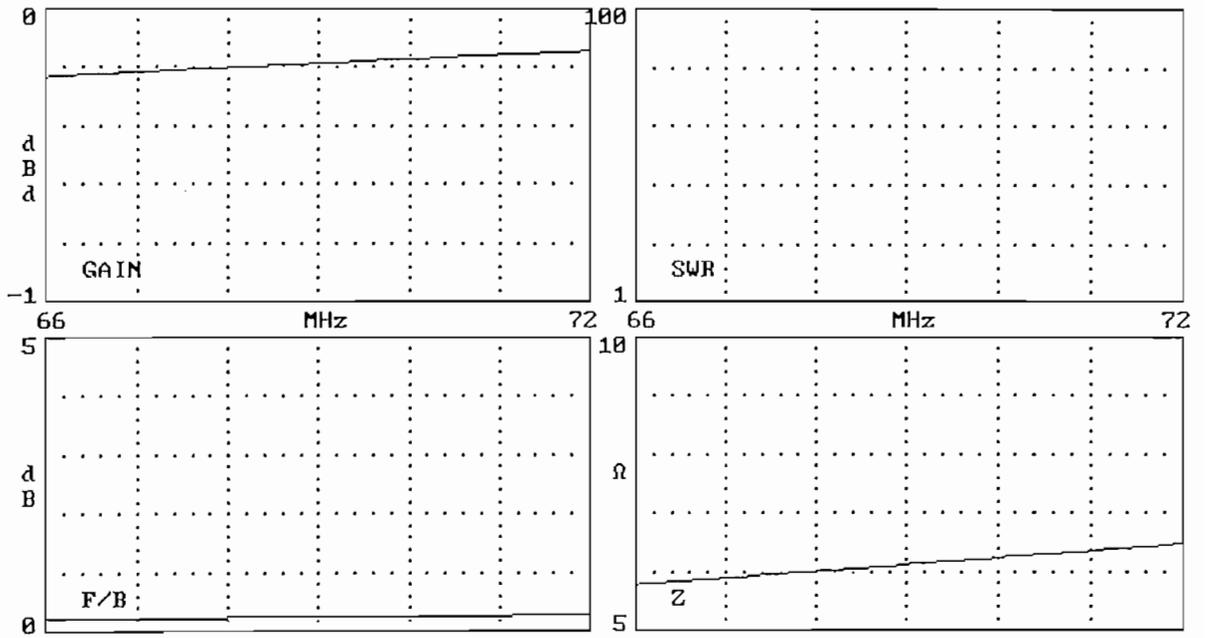


FIGURA 3-6 VARIACIÓN DE LA GANANCIA, RELACIÓN F/B, ROE Y Z DE LA ANTENA YAGI-UDA EN CANAL 4

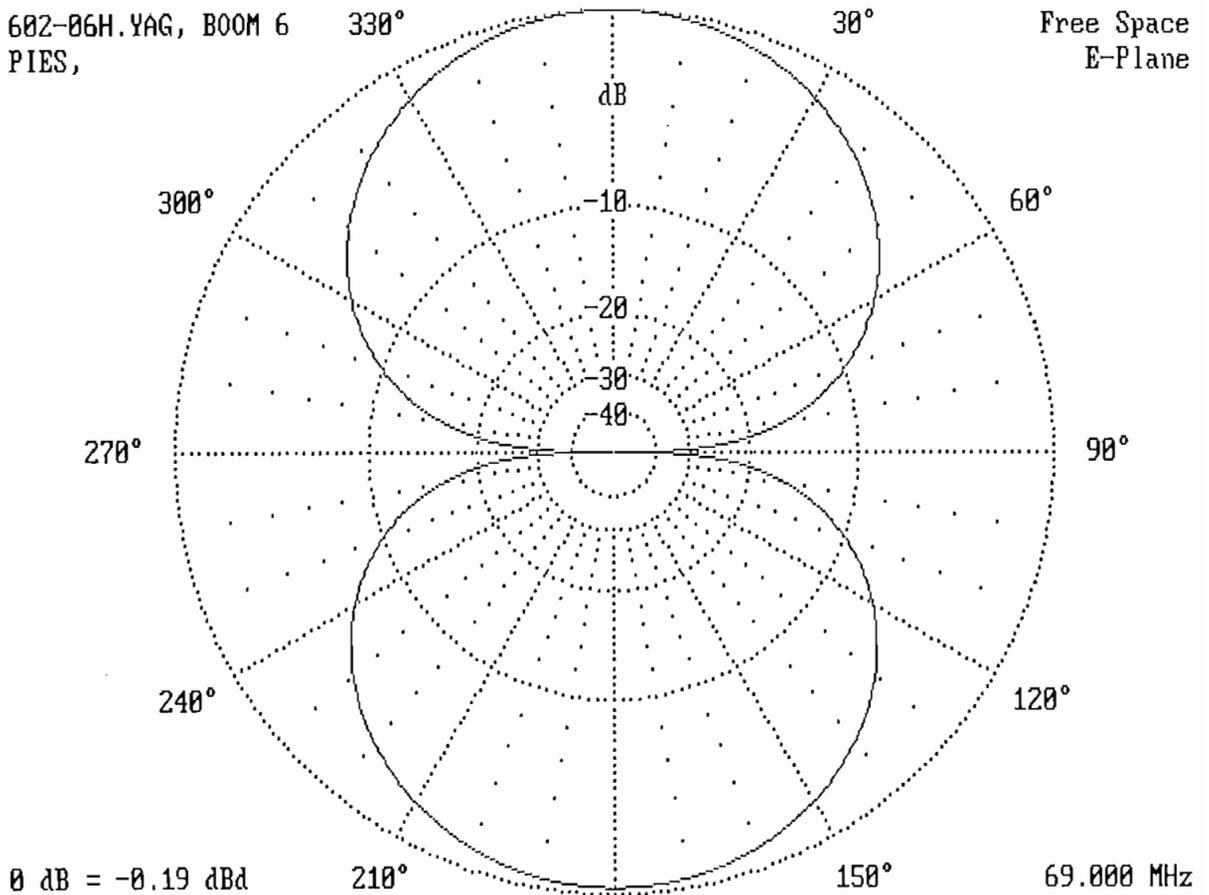


FIGURA 3-7 PATRÓN DE CAMPO ELÉCTRICO DE LA YAGI-UDA EN CANAL 4

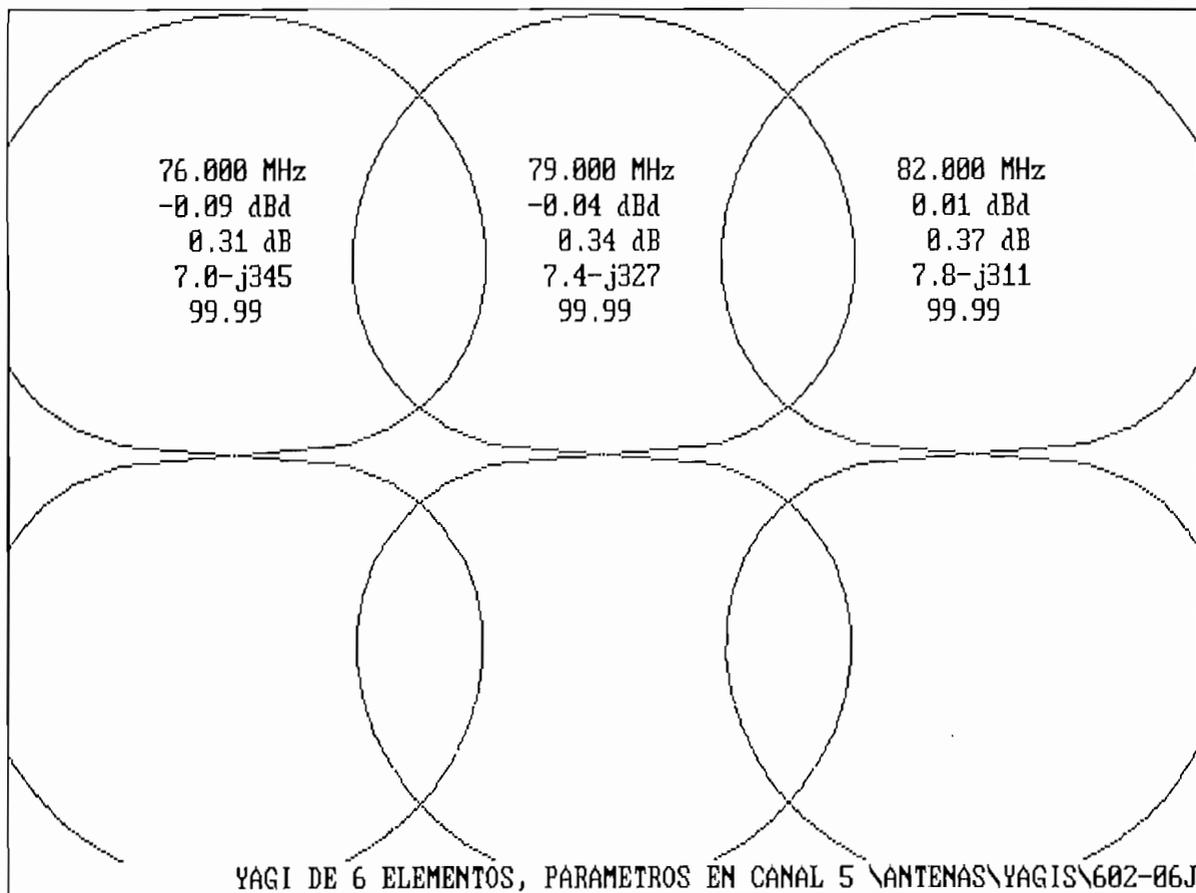


FIGURA 3-8 FRECUENCIA, GANANCIA, F/B, IMPEDANCIA Y RELACIÓN DE ONDA ESTACIONARIA PARA LA ANTENA YAGI-UDA DE 6 ELEMENTOS EN CANAL 5.

ADEMÁS PATRÓN DE CAMPO ELÉCTRICO EN TRES FRECUENCIAS DE LA BANDA

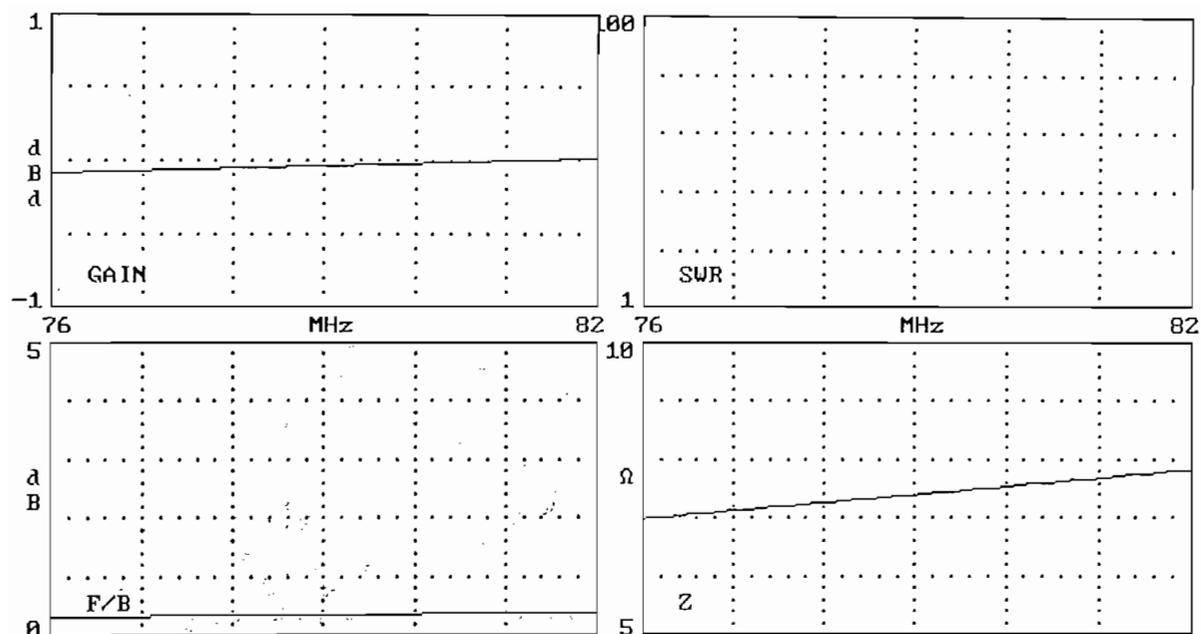


FIGURA 3-9 VARIACIÓN DE LA GANANCIA, RELACIÓN F/B, ROE Y Z DE LA ANTENA YAGI-UDA EN CANAL 5

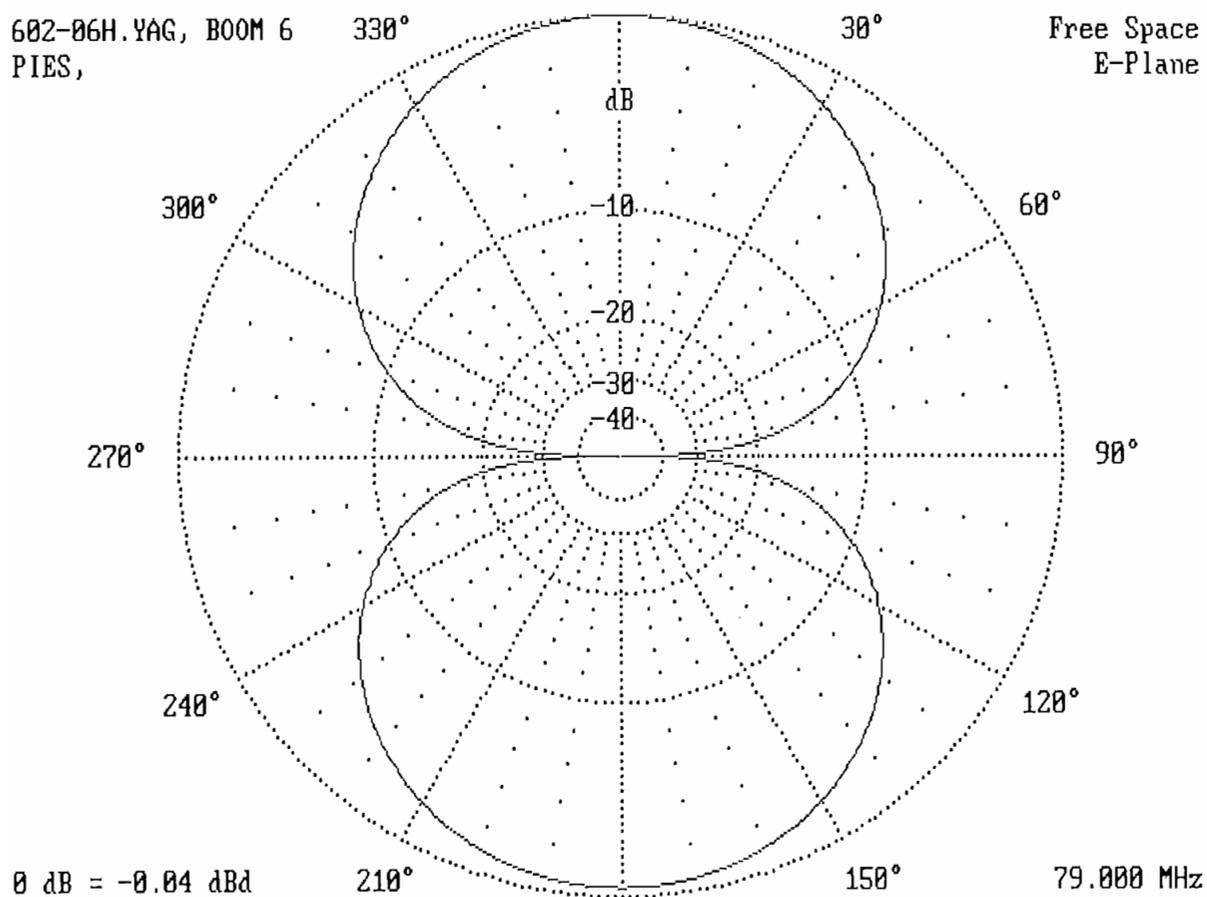


FIGURA 3-10 PATRÓN DE CAMPO ELÉCTRICO DE LA YAGI-UDA EN CANAL 5

Como muestran los resultados, la antena se comporta fundamentalmente como un dipolo para cada una de las frecuencias de los canales 2, 4 y 5. Ahora veamos cómo se comporta en los canales 8 y 10. Para ello a continuación se muestran los tres tipos de gráficos anteriormente mostrados para los canales bajos de VHF, en las figuras 3-11 a 3-16.

En cuanto al canal 8, la antena presenta el comportamiento que se muestra a continuación, ver figuras 3-11 a 3-13

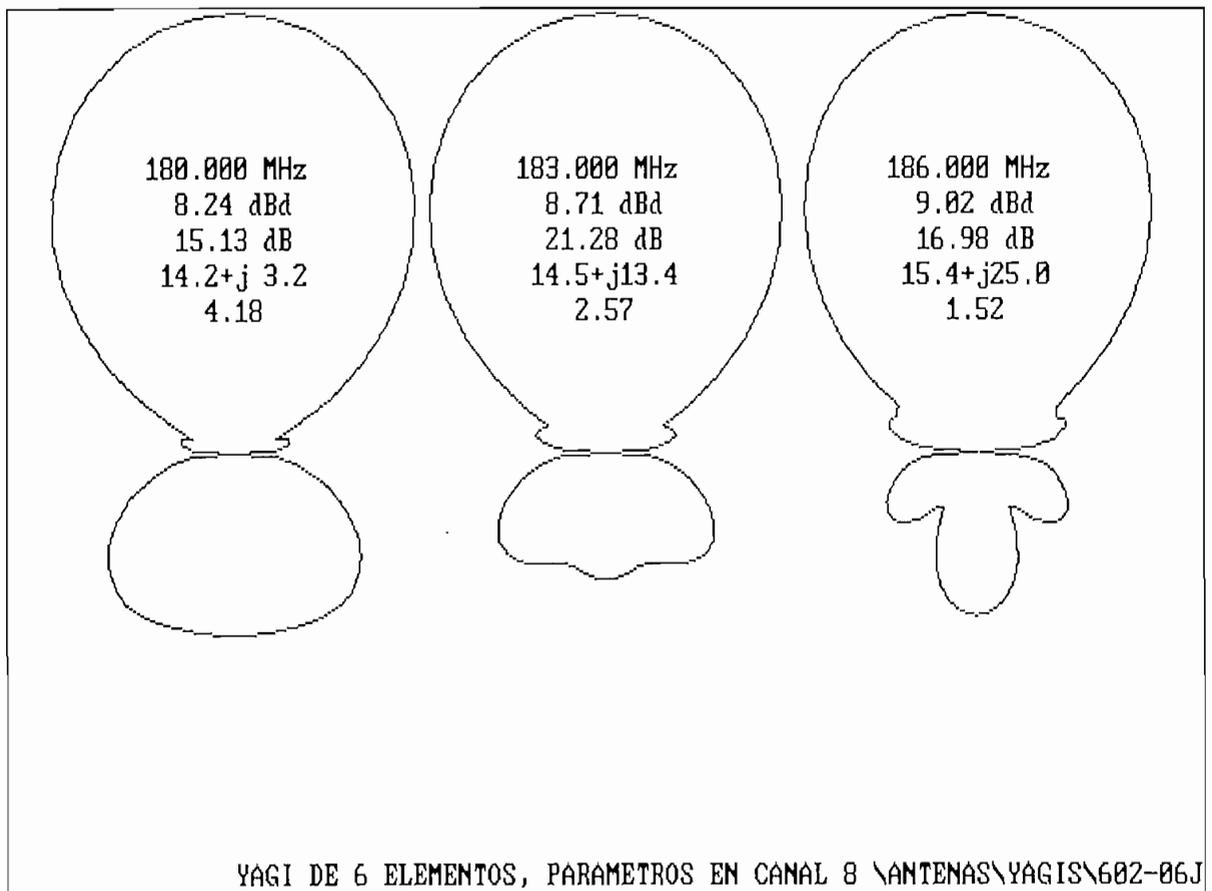


FIGURA 3-11 FRECUENCIA, GANANCIA, F/B, IMPEDANCIA Y RELACIÓN DE ONDA ESTACIONARIA PARA LA ANTENA YAGI-UDA DE 6 ELEMENTOS EN CANAL 8.
ADEMÁS PATRÓN DE CAMPO ELÉCTRICO EN TRES FRECUENCIAS DE LA BANDA

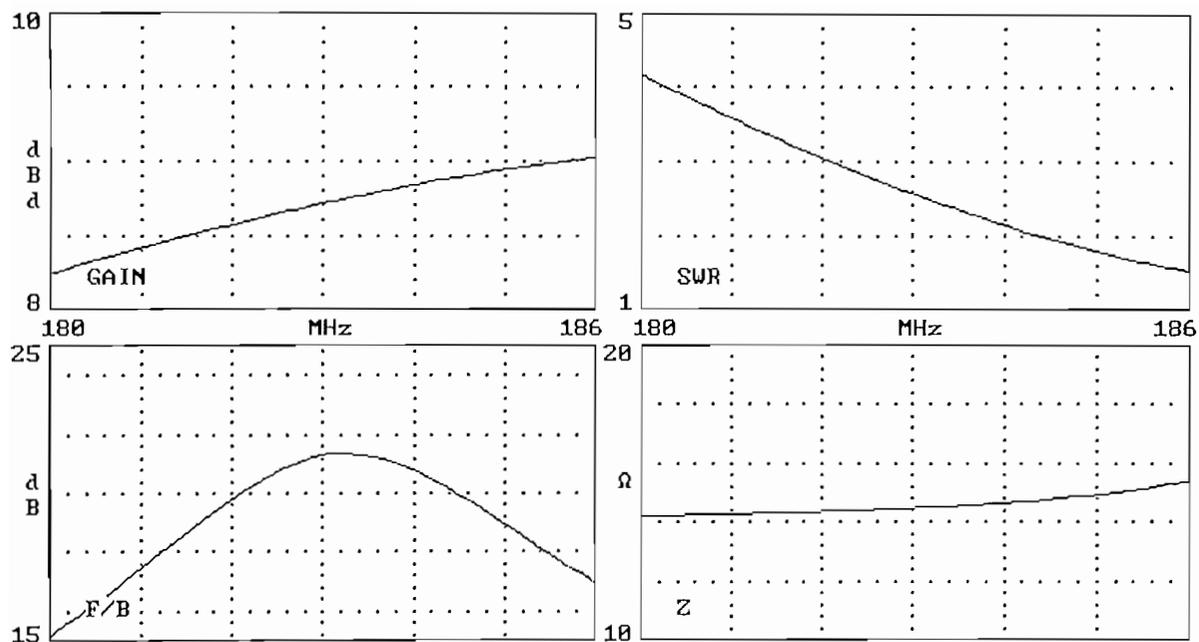


FIGURA 3-12 VARIACIÓN DE LA GANANCIA, RELACIÓN F/B, ROE Y Z DE LA ANTENA YAGI-UDA EN CANAL 8

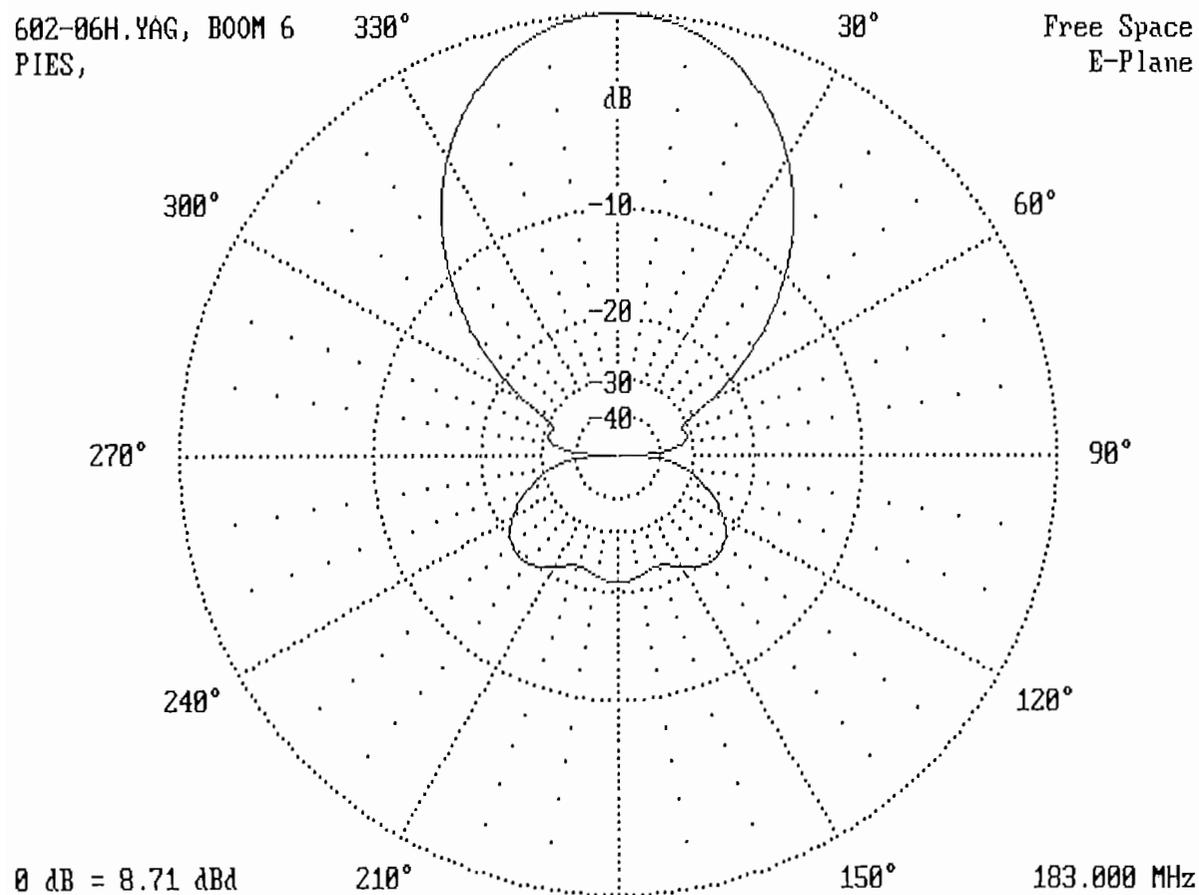


FIGURA 3-13 PATRÓN DE CAMPO ELÉCTRICO DE LA YAGI-UDA EN CANAL 8

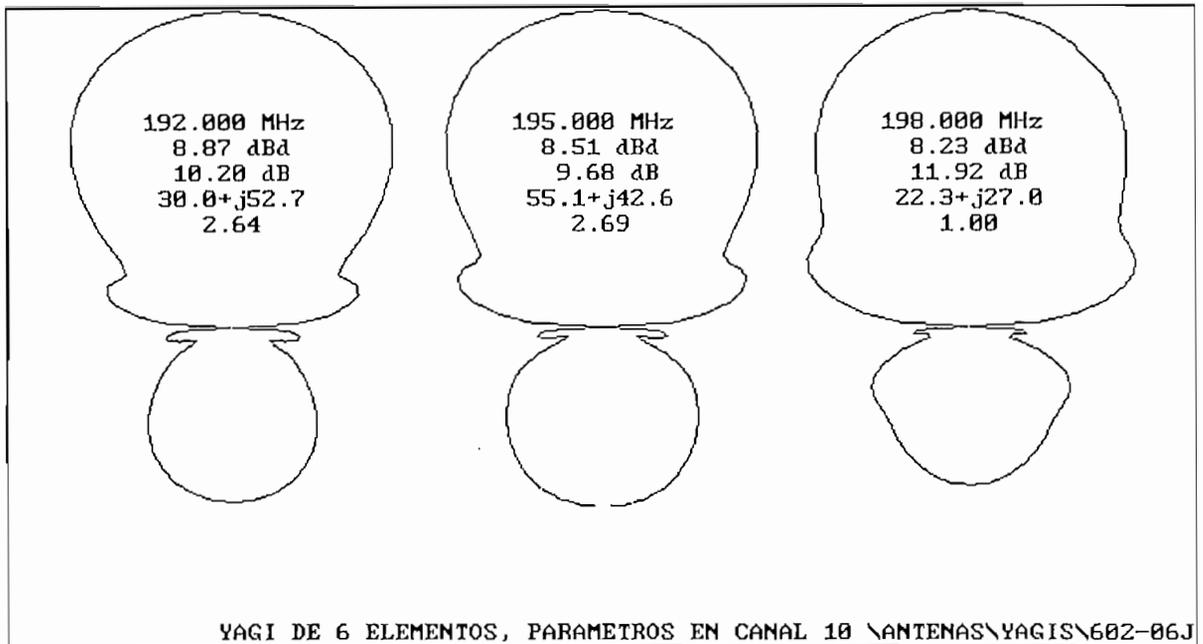


FIGURA 3-14 FRECUENCIA, GANANCIA, F/B, IMPEDANCIA Y RELACIÓN DE ONDA ESTACIONARIA PARA LA ANTENA YAGI-UDA DE 6 ELEMENTOS EN CANAL 10.
ADEMÁS PATRÓN DE CAMPO ELÉCTRICO EN TRES FRECUENCIAS DE LA BANDA

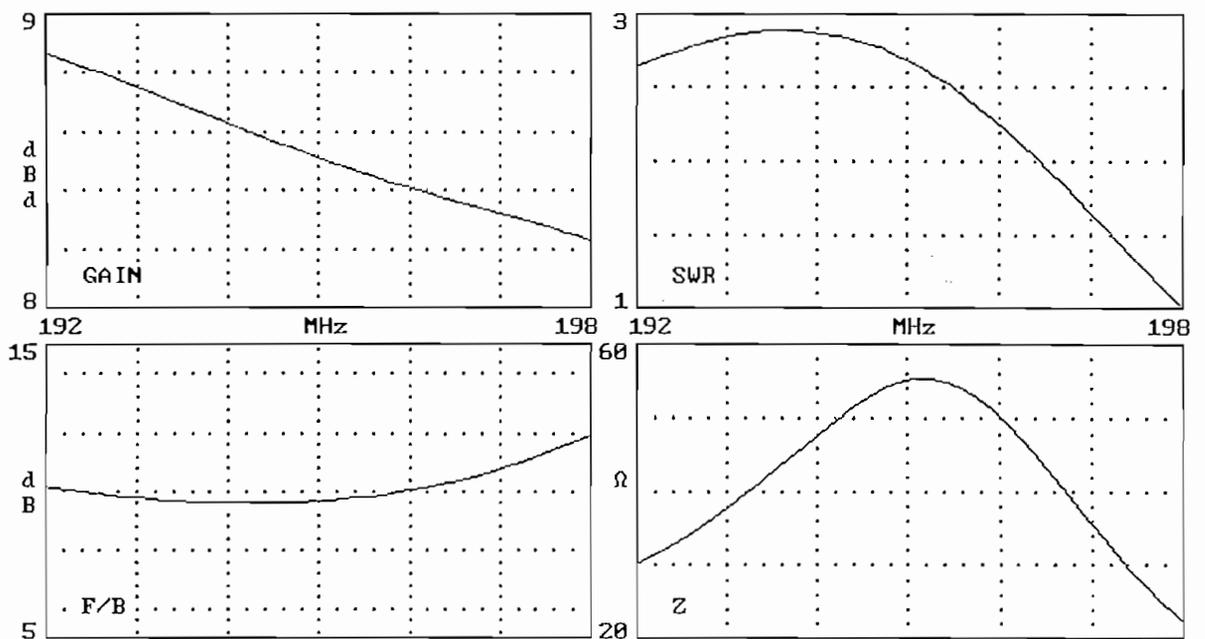


FIGURA 3-15 VARIACIÓN DE LA GANANCIA, RELACIÓN F/B, ROE Y Z DE LA ANTENA YAGI-UDA EN CANAL 10

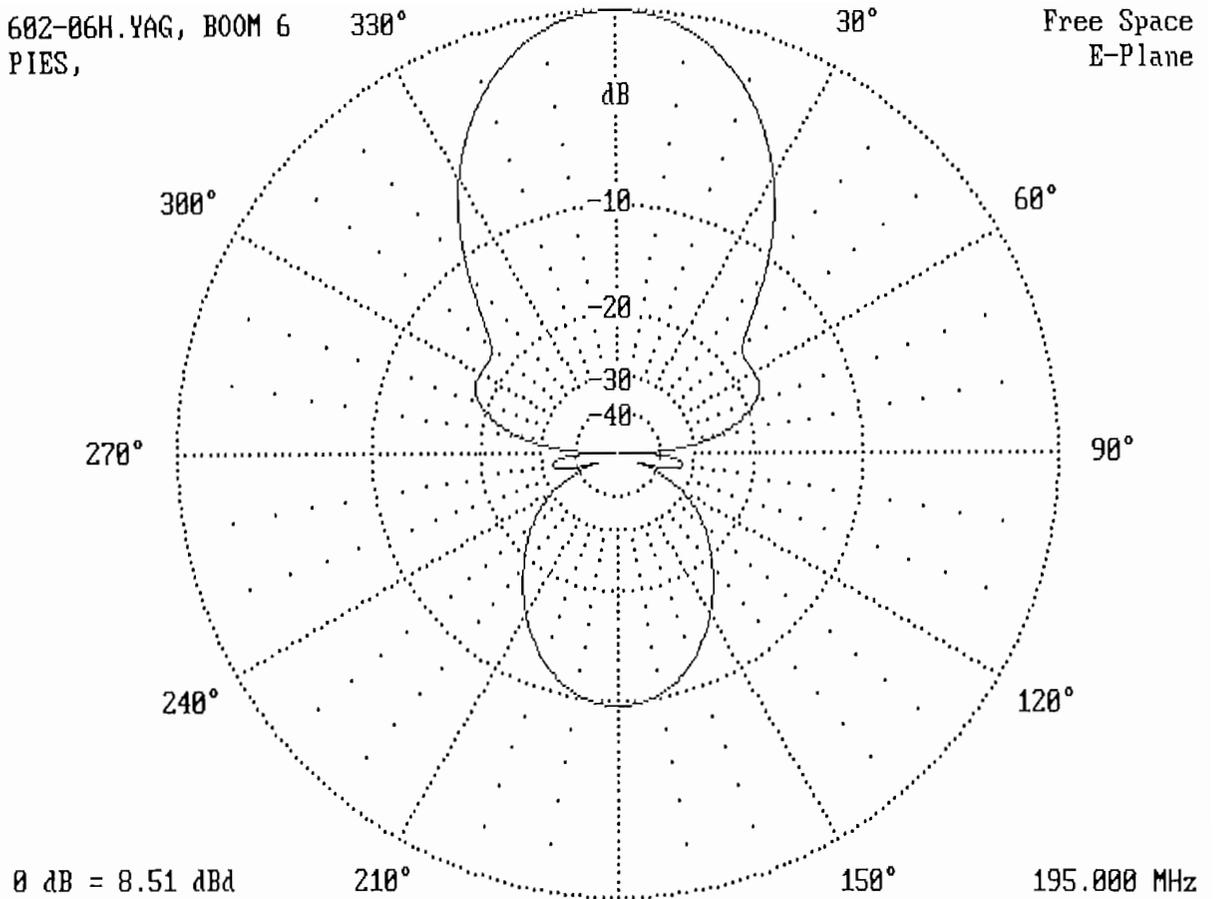


FIGURA 3-16 PATRÓN DE CAMPO ELÉCTRICO DE LA YAGI-UDA EN CANAL 10

La antena considerada presenta en los canales 8 y 10 una variación de aproximadamente 0,5 dB en la banda de su correspondiente canal, cosa que resulta muy buena por cierto. Los otros parámetros tienen valores muy adecuados para hacer de esta antena una elección adecuada, como elemento de recepción multicanal. Resulta cierto el hecho de que hay una diferencia de alrededor de 9 dB entre la ganancia en los canales bajos con relación a los canales altos, pero también es cierto que los niveles de recepción son mayores para los canales bajos con respecto a los canales altos, además debemos tener una mayor ganancia en los canales altos debido a que existen mayores pérdidas de espacio libre para las frecuencias más altas.

No se ha tomado en cuenta el canal 13 de Quito- Teletrece, pues, éste es interferido fuertemente por el canal 13 de Ibarra- que corresponde a la retransmisión de Telemazonas para Ibarra, Cotacachi y Otavalo, de modo que la señal de Teletrece es inservible para propósitos de retransmisión, incluso mediante el uso de antenas altamente directivas.

3.3 SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE LOS CANALES RECEPTADOS

Este sistema se ha planteado de modo que una sola antena provea de señales de recepción a los cinco equipos retransmisores, por eso dicha antena fue diseñada para tal propósito.

El hecho de usar una sola antena lleva implícitas varias razones a más de las citadas anteriormente, como son: menor espacio físico ocupado, menor cantidad de cables- al suponer varias antenas de recepción, menos cantidad de antenas, etc.

También se puede formular la siguiente pregunta: **por qué no se usa una antena log-periódica?**, y la respuesta es que básicamente una antena log-periódica para banda baja de televisión hasta canales de banda alta resulta físicamente muy grande, mayor dificultad en construcción y por su enorme tamaño- algunos de sus elementos alcanzan longitudes de más tres metros, lo que genera grandes esfuerzos mecánicos de los elementos pudiendo destruirse fácilmente. Además una antena de este tipo como única ventaja es que la ganancia en canales bajos es unos 3 ó 4 dB más que la que tenemos con la antena actual, por lo que en mi opinión no se amerita usar una antena de tal tipo.

El sistema de distribución se lo realiza en base a distribuidores-combinadores de RF, también llamados en el medio "splitters". El sistema propuesto, está formado de dos divisores de dos salidas y uno de cuatro salidas, de modo que todo el sistema de distribución sea capaz de entregar 6 señales, 5 que servirán para alimentar los equipos de traslación y una sexta salida que puede ser usada como monitora o como de reserva.

La figura 3-17 ilustra la forma de interconexión de estos elementos a la antena de recepción.

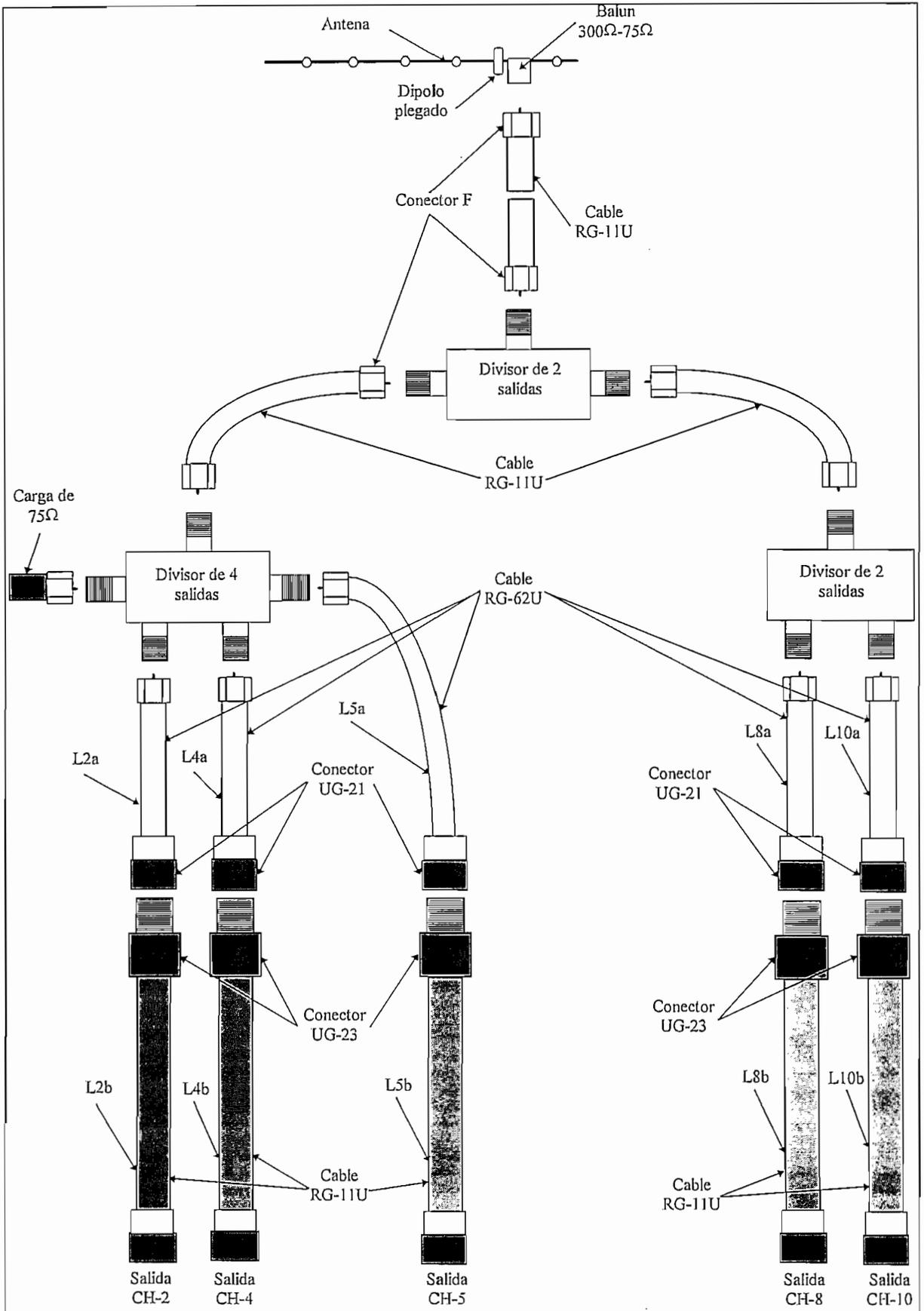


FIGURA 3-17 SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN E IGUALACIÓN DE IMPEDANCIAS EN RECEPCIÓN

En la figura 3-17 constan todas las partes usadas para realizar la distribución de los cinco canales en recepción.

Veamos de qué consta este sistema:

El primer componente es la antena Yagi-Uda de 6 elementos, la misma que ya fue analizada anteriormente. Realiza la función de recibir todos los canales a retransmitir.

Como siguiente componente tenemos un balun, de 300Ω a 75Ω , éste tiene dos misiones: acoplar la antena de recepción al cable de bajada y realizar la transformación del sistema balanceado de la antena al sistema desbalanceado del cable coaxial.

Viene ahora el cable coaxial RG-11U, cuya impedancia es de 75Ω , y tiene como función la de llevar las señales hacia el sistema repartidor con una impedancia de también 75Ω .

El primer distribuidor- divisor ó splitter, entrega dos señales en sus salidas- de 75Ω , con una pérdida de 3 dB.

Por un lado se alimenta a un divisor de 4 salidas- de 75Ω también, de donde se toman las señales independientes de los canales 2, 4 y 5. La pérdida del divisor es de 8 dB. La cuarta salida puede ser usada como monitora o como de reserva- stand by. Debe estar conectada a una carga de 75Ω cuando no esté en uso, de modo que se desacople el sistema.

Por el otro lado se alimenta un divisor de 2 salidas, con pérdidas de 3 dB cada salida. De aquí se toman las alimentaciones para los canales 8 y 10.

La forma de división empleada se basa en presentar menores pérdidas en los canales altos, ya que primero tenemos niveles de recepción más bajos y además el cable presenta una pérdida mayor a estas frecuencias.

3.4 ACOPLAMIENTO ENTRE ANTENA RECEPTORA Y EQUIPO TRASLADOR

De todas las salidas del sistema de recepción-distribución se tienen dos tramos de cable hacia el equipo traslador. Esto es necesario para realizar un acoplamiento de impedancias, de los 75Ω de salida de los divisores a los 50Ω de entrada de los repetidores.

Ambos segmentos de cable, no son más que transformadores de $\lambda/4$ a las frecuencias correspondientes de cada canal, tal como se justifica a continuación.

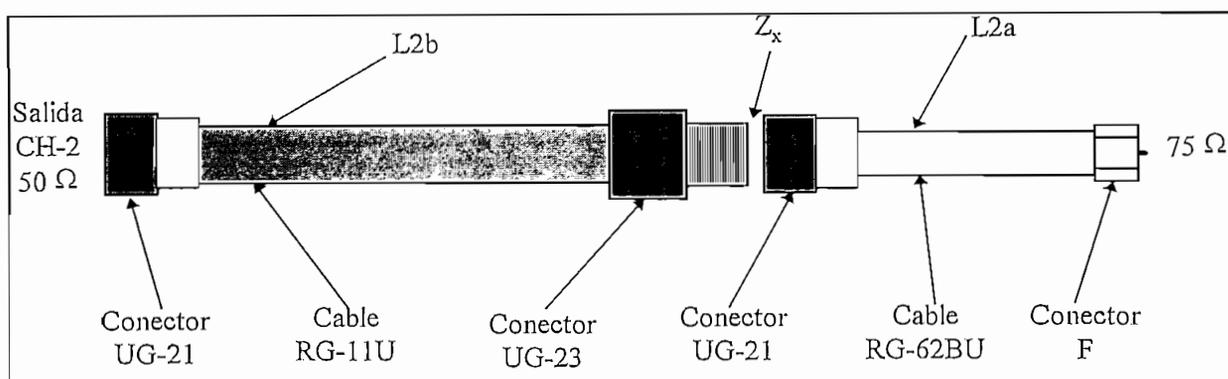
Los cables son seleccionados de modo que cumplan con los requisitos de impedancia característica y puedan acoplar mediante los acopladores de $\lambda/4$.

El cable RG-11U y el cable RG-62BU han sido seleccionados, los mismos que presentan las siguientes características importantes, ver tabla 3-3.

CABLE	$Z_0(\Omega)$	% VELOCIDAD	ATENÚACION EN 30 m (dB)				
			57MHz	69MHz	79MHz	183MHz	195MHz
RG-11U	75	66	1,6	1,7	2,0	3,0	3,2
RG-62BU	93	86	2,2	2,5	2,7	4,7	3,8

TABLA 3-3 CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE LOS CABLES USADOS EN RECEPCIÓN

Consideremos el caso del canal 2 como ejemplo, luego los datos correspondientes a los demás canales serán tabulados.



SECCIONES DE $\lambda/4$ PARA ACOPLAR 75 Ω -SALIDA SPLITTER, A 50 Ω - ENTRADA TRASLADOR

Llamando Z_a y Z_b a las correspondientes impedancias de los segmentos de línea $L2a$ y $L2b$.

Deben cumplirse las siguientes dos relaciones de impedancia:

$$Z_a = \sqrt{75Z_x}$$

$$Z_b = \sqrt{50Z_x}$$

donde Z_x es la impedancia en la unión de los dos segmentos de $\lambda/4$, figura 3-18.

Solucionado el sistema, obtengo que el valor de $Z_x = 114,1 \Omega$ me da impedancias de:

$$Z_a = 92,5 \Omega$$

$$Z_b = 75,5 \Omega$$

que corresponden a las impedancias aproximadas de los cables RG-62BU, cuya impedancia es de 93 Ω , y RG-11U, cuya impedancia es de 75 Ω .

Ahora se hace necesario calcular las longitudes de los correspondientes segmentos.

$$L2a = N \cdot \frac{\lambda_2}{4} \cdot K_{V_{RG-62BU}}$$

$$L2a = N \cdot \frac{300}{4} \cdot 0,86m$$

$$L2a = N \cdot 1,1316m$$

donde N es un número impar, que será elegido de acuerdo a la longitud necesaria de cable, teniendo en cuenta que también debe sumarse la longitud del otro segmento de cable.

$$L2b = M \cdot \frac{\lambda_2}{4} \cdot K_{V_{RG-11U}}$$

$$L2b = M \cdot \frac{300}{4} \cdot 0,66m$$

$$L2b = M \cdot 0,8684m$$

donde M es un número impar, que también debe ser elegido de acuerdo a las necesidades. Si el cable de bajada de recepción llega hasta cerca de los equipos, será suficiente que M y N valgan 3 como máximo.

Las longitudes de los cables deben tomar en cuenta al conector, aunque a estas frecuencias no será un factor crítico el no hacer esta consideración.

Las longitudes de estos cables y los demás se tabulan a continuación en la tabla 3-4

CANAL	MID BAND FREC	$\lambda_m/4$	
		L2a(RG-62BU)	L2b(RG-11U)
2	57MHz	N·1,1316m	M·0,8684m
4	69MHz	N·0,9348m	M·0,7174m
5	79MHz	N·0,8165m	M·0,6266m
8	183MHz	N·0,3525m	M·0,2705m
10	195MHz	N·0,3308m	M·0,2538m

TABLA 3-4 LONGITUDES DE CABLE PARA ACOPLADORES DE $\lambda/4$

Se puede formular la pregunta: **es adecuado el uso de un transformador de $\lambda/4$ para el ancho de banda de 6 MHz ?**, y la respuesta es que sí. Como se verá del análisis a continuación, esta aseveración resulta cierta.

Sabemos que la relación de onda estacionaria S , en la entrada de una sección de $\lambda/4$ variará a un valor distinto de 1- al menos en teoría, conforme varíe la frecuencia alrededor de la frecuencia central a la que acopla el transformador de $\lambda/4$.

Considerando que el segmento de transformación no introduce pérdidas- que en realidad son mínimas y pueden ser despreciadas, tenemos que la respuesta de frecuencia del acoplador de $\lambda/4$ puede ser calculada como se muestra en la figura 3-19, además se gráfica la pérdida que se introduce por el uso del acoplador, al variar la frecuencia alrededor de la frecuencia central.

$Z_L := 114.1$ ohmios ... impedancia de carga del acoplador de un cuarto de onda

$Z_0 := 75$ ohmios ... impedancia de la línea acopladora

$R_g := 50$ ohmios ... impedancia del generador

$$j := \sqrt{-1}$$

$x := 0.9, 0.91.. 1.1$... relación de frecuencia de entrada ala frecuencia central

$$Z_{in}(x) := Z_0 \cdot \frac{Z_L + j \cdot Z_0 \cdot \tan\left(\frac{\pi}{2} \cdot x\right)}{Z_0 + j \cdot Z_L \cdot \tan\left(\frac{\pi}{2} \cdot x\right)}$$

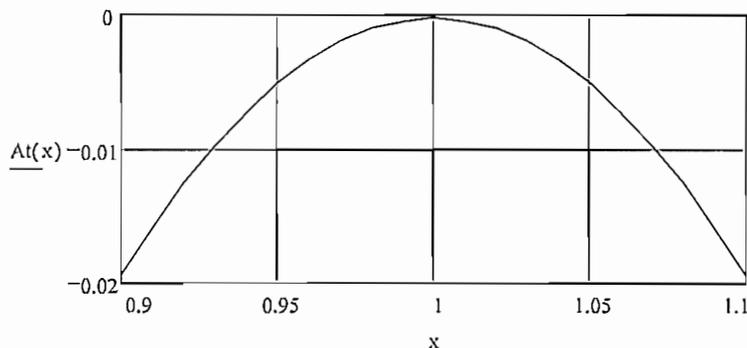
... impedancia de una línea de transmisión sin pérdidas, de una longitud de un cuarto de onda

$$\rho(x) := \frac{Z_{in}(x) - R_g}{Z_{in}(x) + R_g}$$

... coeficiente de reflexión en la entrada del acoplador de un cuarto de onda

$$A_t(x) := 10 \cdot \log\left[1 - (|\rho(x)|)^2\right]$$

... pérdida en dB por variación de frecuencia en el acoplador de cuarto de onda



ANCHO DE BANDA RELATIVO DE UNA SECCIÓN DE ACOPLAMIENTO DE UN CUARTO DE ONDA
FIGURA 3-19

Este último gráfico es muy claro, y muestra que no hay pérdidas apreciables- menos de 0,5 % de la potencia incidente, para cualquier acoplador de $\lambda/4$, a pesar de la variación amplia de frecuencia alrededor de la frecuencia central. Como se nota del gráfico, para una variación del $\pm 10\%$ de la frecuencia central, tenemos una pérdida pequeña, y esta pérdida baja se mantiene aun para variaciones de frecuencia de hasta el $\pm 50\%$.

Revisemos ahora el acoplamiento de la antena al cable coaxial de recepción. Para esto es necesario conocer la impedancia de la antena, las impedancias dadas anteriormente- en la simulación de la antena, corresponden al dipolo simple, pero se usa un dipolo doblado con lo cual la impedancia de la antena es otra es otra.

La influencia de la impedancia de la antena en cuanto a la impedancia de la línea de transmisión de alimentación, se refleja **solamente** en un menor nivel de señal alimentada al equipo, los cálculos mostrados a continuación dan muestra de este hecho.

Analizaremos el caso del canal 2, luego se mostrarán todos los resultados en forma de tabla. Tomaré el caso extremo cuando la impedancia de la antena con dipolo simple es de $4,7 - j 527 \Omega$.

Al usar un dipolo plegado, tendremos que la antena tendrá una impedancia de:

$$Z_{Yagi-Uda} = 4 \cdot 73 - (4,7 - j527) \Omega$$

$$Z_{Yagi-Uda} = 287,3 + j527 \Omega$$

$$Z_{Yagi-Uda} = 600,2 [61,4^\circ] \Omega$$

Y usando el balun obtenemos la impedancia de:

$$Z_{unbal} = \frac{287,3 + j527}{4} \Omega$$

$$Z_{unbal} = 71,83 + j131,7 \Omega$$

Las impedancias que presenta la antena con dipolo plegado para los diferentes canales se muestran en la tabla 3-5 y en las frecuencias de mitad de banda de cada canal.

	CANAL 2	CANAL 4	CANAL 5	CANAL 8	CANAL 10
f(MHz)	57	69	79	183	195
Z _{unbal} (Ω)	71,78+j123,8	71,48+j98	71,15+j81,8	69,38-j3,35	59,2-j13,18

TABLA 3-5 IMPEDANCIA DE LA ANTENA DE RECEPCIÓN PARA LOS DIFERENTES CANALES

La antena de recepción que alimenta la entrada de los equipos de traslación, es un generador sobre una carga de 75Ω , tal como se muestra en la figura 3-20.

Considerando que el generador entrega un voltaje V, éste entregará máxima potencia a la carga cuando la impedancia de la antena sea netamente resistiva, y será:

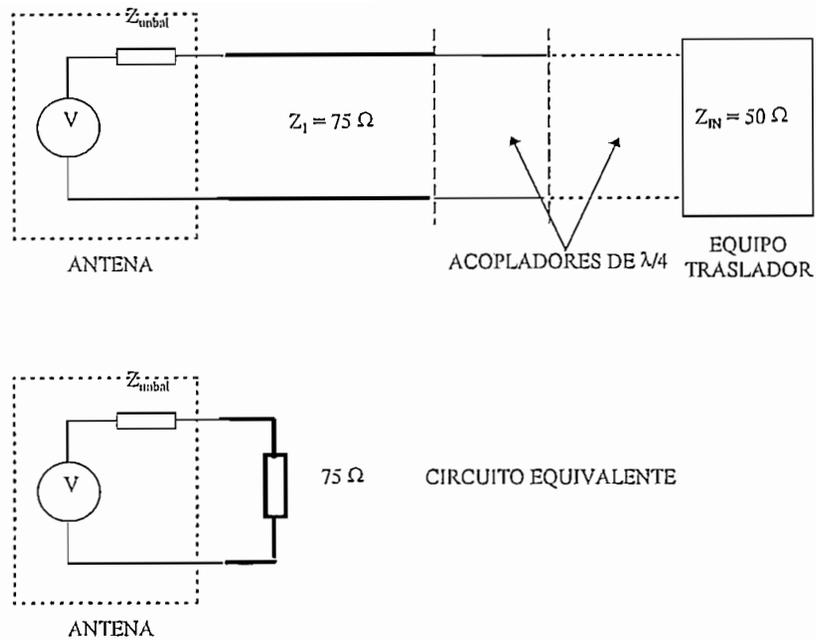


FIGURA 3-20 CIRCUITO ELÉCTRICO EQUIVALENTE DE ANTENA DE RECEPCIÓN Y EQUIPO DE TRASLACIÓN

$$P_{máx} = \frac{\left(\frac{75V}{75 + 71,83}\right)^2}{75}$$

$$P_{máx} = 3,48 \times 10^{-3} V^2$$

Ahora considerando que el generador-antena tiene la impedancia de $Z_{unbal} = 71,83 + j131,7 \Omega$ para canal 2, podemos calcular cuántos decibelios abajo estará la señal que se envía hacia el equipo traslador.

Calculando la corriente por la carga de 75Ω , tenemos:

$$|I| = \frac{V}{\sqrt{(75 + 71,83)^2 + 131,7^2}} = \frac{V}{197,2}$$

por tanto la potencia incidente será:

$$P_{INC} = \left(\frac{V}{197,2}\right)^2 \cdot 75 = 1,93 \times 10^{-3} V^2$$

de donde se obtiene cuántos decibelios menos tendrá la señal incidente respecto del caso de máximo acoplamiento, como sucede para el caso de las mediciones de campo donde cada medición se realizó con un dipolo ajustado a la frecuencia a medir:

$$X_{dB} = 10 \log \frac{1,93 \times 10^{-3} V^2}{3,48 \times 10^{-3} V^2}$$

$$X_{dB} = -2,56 dB$$

En resumen, con la antena propuesta el nivel de recepción para canal 2 será:

$$P_{INCH2} = -16,9 - 0,4 - 2,56 - 11 dBm$$

$$P_{INCH2} = -30,86 dBm$$

La potencia de recepción de entrada para canal 2 es igual al nivel obtenido en la medición de campo (-16,9 dBm), menos la diferencia de ganancia entre el dipolo y la antena de recepción (-0,4 dB), y menos la pérdida por no transferencia de máxima potencia (-2,56 dB) y menos las pérdidas de inserción de los dos divisores (-11 dB). El cable de recepción también introduce una pérdida de 0,8 dB para 15 metros, por lo que el nivel final de señal será de -31,7 dBm.

Empleando este mismo método se determinan las potencias de recepción para los demás canales y se muestran a continuación.

CANAL	NIVEL DE RECEPCIÓN FINAL(dBm)
2	-31,7 dBm
4	-35,0 dBm
5	-27,7 dBm
8	-26,6 dBm
10	-28,5 dBm

Por último se puede decir que estos niveles son totalmente adecuados para que los equipos repetidores realicen su función.

3.5 EQUIPO TRASLADOR

El equipo que ahora se analizará, es un trasladador de VHF a UHF, de estado sólido y modular, el mismo que procesa señales de televisión según los estándares de la FCC.

Es necesaria la traslación de canales, pues, en la banda de VHF, no se dispone de canal alguno para la retransmisión, tal como ya se citó anteriormente.

Se sugieren canales de UHF, los que no interferirán a los actuales, por varias razones: asignación de canales vacantes en ciudades vecinas y además por la baja potencia que se usará para dichas transmisiones.

El equipo se ha elegido por varias razones, entre las que destaca la modularidad, hecho que resulta extremadamente beneficioso a la hora del diagnóstico de fallas, además resultando fácil su reparación.

El equipo descrito, variará uno del otro en tan solo el canal de entrada y el canal de salida, pues funcionalmente resultan ser idénticos, incluso varias de sus tarjetas- modularidad, pueden ser intercambiadas a efectos de verificaciones y pruebas a la hora de fallas.

El equipo escogido es de fabricación italiana, marca ITELCO.

Existen versiones de audio y video separado como de audio y video combinado, ambas versiones son íntegramente modulares, presentando la facilidad de cambio o adición de tarjetas con el objeto de reparación o mejoras, cubriendo diferentes necesidades.

Se usan técnicas avanzadas en la construcción de dichos equipos, como la presencia de amplificadores de banda ancha en todas sus etapas.

Estos trasladadores están montados en bastidores estándares de 19 pulgadas. El equipo es alimentado con una fuente de conmutación de alta eficiencia, localizada en la parte posterior del equipo y puede ser removida fácilmente e independientemente.

La etapa de salida está basada en amplificadores de estado sólido de banda ancha, con un nivel de salida de 2Wps. Le sigue un filtro, el que atenúa los productos indeseables generados en la etapa amplificadora. Existen acopladores direccionales para controlar la potencia directa y la potencia reflejada.

Finalmente, se utiliza un medidor multifunción para monitoreo de los principales parámetros de funcionamiento del equipo.

El equipo también posee, un control remoto, lo que permite su control automático a distancia.

3.6 COMPOSICIÓN DEL EQUIPO REPETIDOR

Como ya se mencionó este equipo tiene una diversidad de módulos, los mismos que son los que a continuación se mencionan:

- Un convertidor de RF a FI,
- Un oscilador local,
- Un amplificador de FI
- Un convertidor de FI a RF,
- Un segundo oscilador local,
- Un amplificador de RF y
- Una etapa final de potencia más el sistema de mediciones.

La figura 3-21 ilustra la disposición de cada una de estas tarjetas, que componen este repetidor.

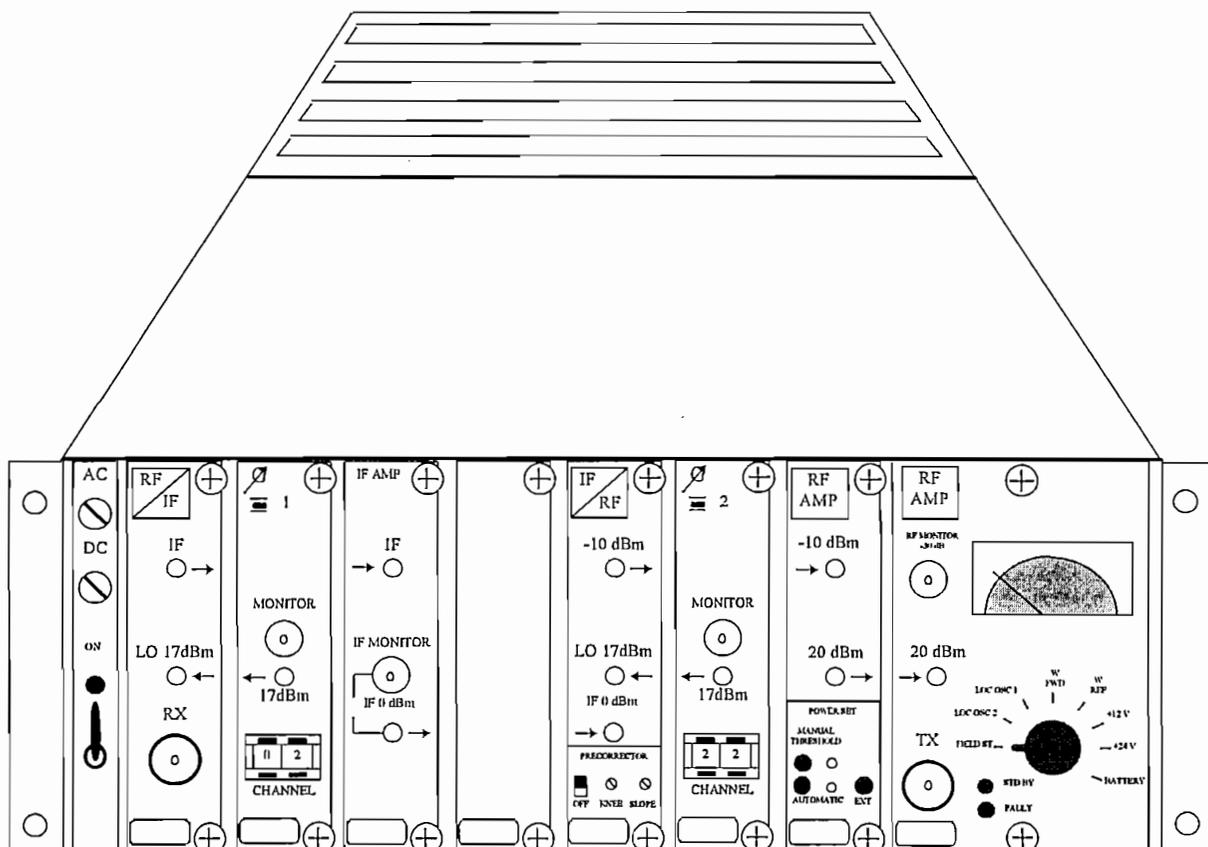


FIGURA 3-21 EQUIPO REPETIDOR ITELCO: ENTRADA CANAL 2 , SALIDA CANAL 22

3.7 DESCRIPCIÓN DEL DIAGRAMA DE BLOQUES

El diagrama de bloques de la figura 3-22 muestra los principios de funcionamiento del traslador.

La señal recibida por la antena (0,1 mVrms a 20 mVrms, ó de -67 dBm a -21 dBm) es alimentada a la entrada "RX" del convertidor RF/FI. Aquí la señal es primeramente filtrada por un filtro pasabanda de entrada. La señal recibida es luego enviada al mezclador, donde es combinada con la señal procedente del oscilador local y convertida en FI.

El oscilador local 1 es del tipo a PLL. El canal de entrada es seleccionado directamente por un par de interruptores colocados en el frente del equipo. La base de tiempo de referencia es generada por un oscilador de cuarzo.

La señal de FI es alimentada al amplificador de FI. Aquí la señal es filtrada por un filtro SAW (Surface Acoustic Wave). Este filtro tiene la ventaja de introducir un retraso de grupo muy limitado, una excelente selectividad con un pequeño tamaño. Luego la señal sigue a un amplificador de ganancia variable (controlado por un circuito de AGC) y un divisor híbrido, entrega dos niveles de valor 0 dBm, una puede ser usada como monitor de FI, mientras la otra será convertida en RF de salida.

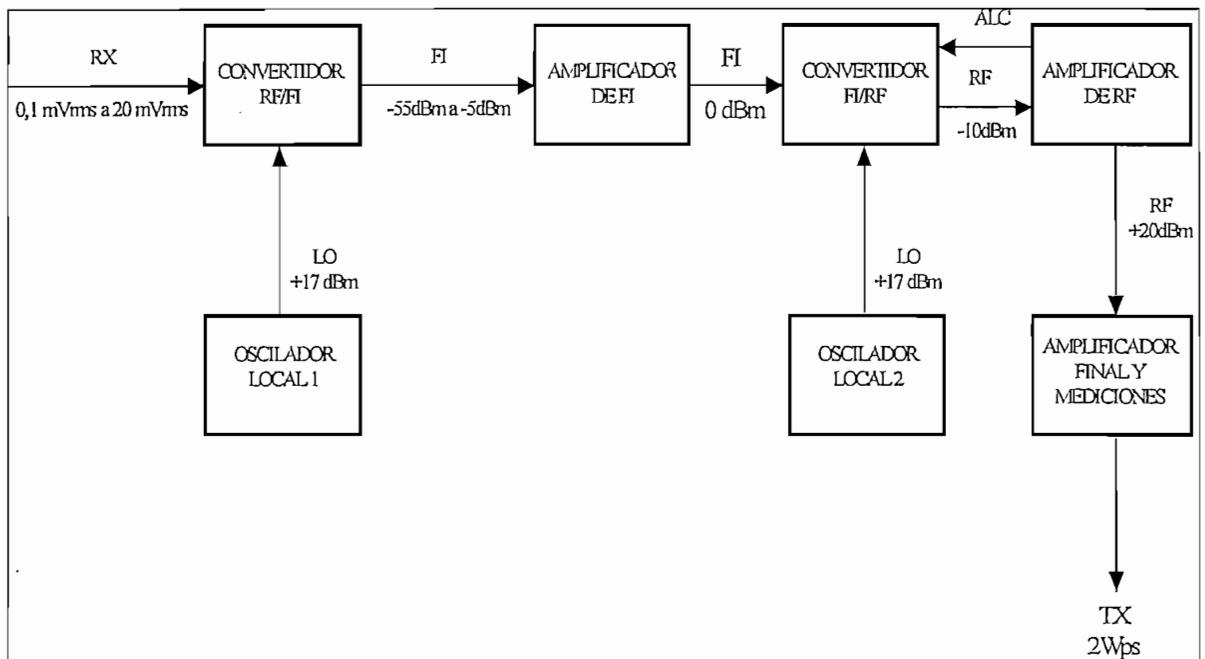


FIGURA 3-22 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL TRASLADOR ITELCO

El convertidor de FI/RF contiene un circuito precorrector, el cual da la corrección deseada a la señal de FI, justamente a las distorsiones no lineales generadas por las etapas amplificadoras de potencia.

El precorrector es precedido por un amplificador cuya ganancia es regulada por el circuito de control de nivel automático (ALC), colocado en la etapa excitadora de RF.

La señal de salida de FI es alimentada a un segundo mezclador. Un filtro sintonizado pasabanda a continuación atenúa la frecuencia imagen y la del oscilador local a más de 60 dB.

La señal de salida de RF del convertidor FI/RF se alimenta al amplificador excitador de RF, el cual suministra una señal de +20 dBm para excitar la etapa final. El amplificador driver de RF es del tipo de banda ancha. En el amplificador de RF se halla el circuito que genera el voltaje de control para variar la ganancia de la etapa de potencia colocada en el convertidor de FI/RF. El nivel de potencia de salida es fijado por un ajuste en el panel frontal del equipo.

El amplificador de potencia de RF está ubicado dentro de la tarjeta de POWER AMPLIFIER AND MEASUREMENTS. Obviamente esta etapa final, también es del tipo banda ancha. Finalmente, un filtro sintonizado en la banda del canal de salida atenúa los productos indeseables generados por la etapa final. También existen un acopladores direccionales, los que son usados para control de la potencia directa y reflejada, y para monitoreo de la señal de salida.

3.8 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL EQUIPO TRASLADOR ITELCO

SECCIÓN RECEPTORA

Frecuencia de entrada	VHF: banda I (54 MHz-88 MHz) VHF: banda III (174 MHz- 216 MHz)
Selección de frecuencia de entrada	frecuencia sintetizada con selección directa
Nivel de entrada	100 μ Vrms a 20 mVrms (-67 dBm a -21 dBm)
Impedancia de entrada	50 Ω , desbalanceada
Conector de entrada	Tipo N, hembra
Figura de ruido, con 2 mVrms de entrada	< 4,5 dB
Relación S/N, con 2 mVrms en entrada	> 52 dB

Frecuencia intermedia según estándar FCC: PC = 45,75 MHz

SECCIÓN DE TRANSMISIÓN

Frecuencia de salida UHF: banda IV y V (470 MHz-806 MHz)
Selección de frecuencia de salida Frecuencia sintetizada con selección directa

Estabilidad de frecuencia ± 5 ppm de 0 a 40°C

Impedancia de salida 50 Ω , desbalanceada

Conector de salida Tipo N, hembra

Potencia nominal de salida 2 Wps

Productos de intermodulación
a potencia nominal, tres tonos de
prueba PC = -8 dB
SC = -10 dB
CC = -16 dB
< -54 dB sin precorrector
< -60 dB con precorrector

Atenuación de armónicos > 60 dB

Retraso de grupo ± 35 ns, desde 250 Hz hasta 5 MHz

Ganancia diferencial < 3%, con modulación de 10% hasta 75%

Fase diferencial < 3°, con modulación de 10% hasta 75%

Sistema de enfriamiento Convección natural

Temperatura ambiente -10°C a 40°C

Humedad relativa 95%

Dimensiones	frente estándar de 19", 4 unidades
Peso	22 kg
Consumo	90 VA

3.8.1 LEYENDAS

Esta tabla se refiere a la figura 3-21, la cual muestra el panel frontal del equipo trasladador. La tabla muestra las etiquetas y da una breve explicación de la función de los controles, señales, etc.

<u>ETIQUETA</u>	<u>FUNCIÓN</u>
IF	Salida del convertidor RF/IF, en conector SMB
MONITOR	Salida monitora del oscilador local, nivel de +7 dBm, en conector BNC, aplicable a los osciladores 1 y 2
17 dBm	Salida del oscilador local, nivel +17 dBm, en conector SMB, aplicable a oscilador 1 y 2
IF	Salida y entrada correspondientemente de la señal de FI, conector SMB
IF 0 dBm	Entrada de frecuencia intermedia en el convertidor IF/RF, nivel 0 dBm, conector SMB
LO 17 dBm	Entrada del oscilador local con nivel de +17 dBm, conector SMB, aplicable a los convertidores de RF/IF y IF/RF
- 10 dBm	Salida de RF del convertidor, y entrada del amplificador de RF, conector SMB
20 dBm	Salida del amplificador excitador de RF, entrada de la etapa final de potencia, nivel 20 dBm, conector SMB
FAULT	Esta alarma indica sobrecorriente o sobretensión

STD BY	Indica la interrupción del amplificador de potencia y la fuente del amplificador de potencia de RF, causada por una recepción de señal de menos de $100\mu\text{V}$, siempre y cuando el interruptor ENERGY SAVING esté en posición ON
TX EXT	Salida de RF del amplificador de potencia Indica la presencia de una señal externa para el control de la potencia de salida
MANUAL THRESHOLD	Este es un potenciómetro de ajuste del umbral de la potencia de salida, a este umbral un circuito limitador mantiene la potencia de salida a 1 dB sobre la potencia nominal
AUTOMATIC	Este potenciómetro ajusta la potencia de salida
CHANNEL	Este grupo de interruptores selecciona el canal de entrada y el canal de salida respectivamente
SLOPE	Varía la característica de transferencia entrada/salida del precorrector
KNEE	Varía la característica de transferencia entrada/salida del precorrector
RX	Entrada del convertidor RF/IF, $100\mu\text{V}_{\text{rms}}$ a 20mV_{rms}
DC	Fusible de DC
AC	Fusible de AC
RF MONITOR -30 dB	Muestra de RF, a -30 dB respecto del nivel de salida de transmisión, conector BNC

3.9 DESCRIPCIÓN DE CADA TARJETA

A continuación se hace una descripción de cada una de las tarjetas a un nivel más detallado, sin necesidad de una profundidad extrema, sino una descripción de modo que se conozca más la función concreta y correcta de cada una de ellas.

3.9.1 CONVERTIDOR RF/IF

La señal interceptada por la antena de recepción es conectada a un filtro pasabanda-banda I ó banda III, y luego es convertida en FI, que luego es enviada al frente de la tarjeta.

A continuación se listan las características técnicas principales del convertidor RF/IF.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL CONVERTIDOR RF/IF

Rango de frecuencia:	banda I: 54 MHz a 88 MHz (canales 2 al 6) banda III: 170 MHz a 216 MHz (canales 7 al 13)
Voltaje de entrada:	0,1 mVrms a 20 mVrms sobre 50Ω , (-67 dBm a -21 dBm)
Impedancia de entrada:	50Ω (conector N hembra)
Pérdidas de retorno en la entrada:	$> 20\text{ dB}$ ($0,75\text{ MHz} \leq f \leq 5,75\text{ MHz}$)
Figura de ruido en la entrada, con 2 mVrms de señal:	$< 4,5\text{ dB}$
Selectividad de entrada:	$\geq 20\text{ dB}$ en $f \geq +16\text{ MHz}$ y $f \leq -11\text{ MHz}$
Umbral de corte automático:	variable entre 0,1 mVrms y 5 mVrms
Fuente de alimentación:	+12,5V que se obtienen por medio del conector multipin en la base de la tarjeta

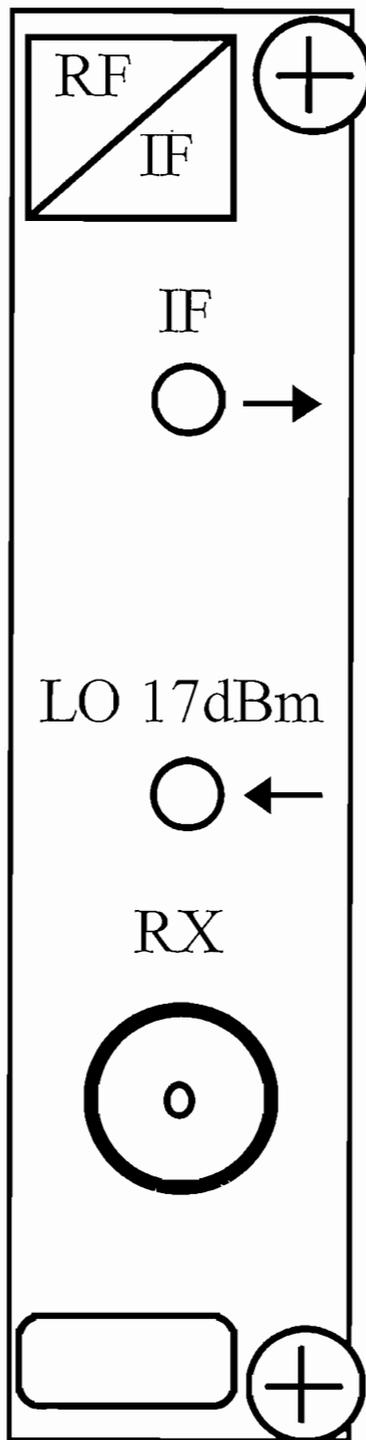


FIGURA 3-23 VISTA FRONTAL DE LA TARJETA CONVERTIDORA RF/IF

3.9.1.1 DESCRIPCIÓN FUNCIONAL

A continuación se provee alguna información de la construcción de esta tarjeta, la misma que se halla dividida en las siguientes partes funcionales:

- filtro preselector
- preamplificador
- filtro pasabanda
- mezclador
- filtro de salida en FI

La figura 3-24 muestra la disposición de dichas partes en el diagrama funcional de la tarjeta RF/IF.

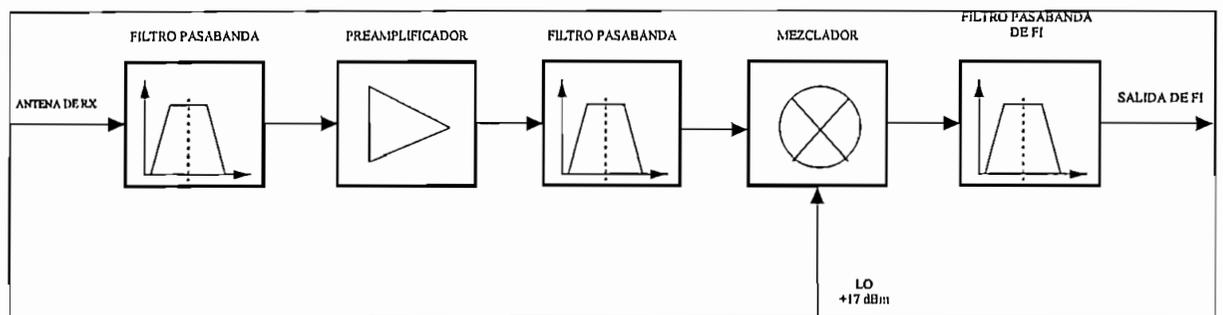


FIGURA 3-24 DIAGRAMA DE BLOQUES FUNCIONAL DE LA TARJETA RF/IF

El convertidor RF/IF realiza la conversión de la señal de RF recibida por la antena emitida por un transmisor lejano, en una señal de FI.

Como se observa del diagrama de bloques funcional anterior, la señal recibida por la antena se filtra, se amplifica y se envía a la entrada del mezclador.

Dentro del mezclador, el batido de la señal de RF con la señal procedente del oscilador local 1- oscilador de recepción, produce la frecuencia intermedia.

El mezclador es del tipo balanceado- a base de diodos.

El filtro de entrada puede ser sintonizado en cualquier canal de banda I ó banda III- según se use una tarjeta RF/IF de banda I ó banda III, trabajo que puede ser realizado mediante el uso de un analizador de redes, o un barredor y analizador de espectros.

3.9.1.2 AJUSTES DE LA TARJETA RF/IF PARA LAS TRASLACIONES PROPUESTAS

Propongo que se realicen las siguientes traslaciones de los canales VHF a UHF:

CANAL ORIGINAL EN VHF	CANAL TRASLADADO EN UHF
2	22
4	24
5	16
8	18
10	20

Las traslaciones propuestas de los canales de VHF a UHF atienden a varias razones técnicas:

- canal trasladado numéricamente parecido al original, con el objeto de familiaridad del televidente
- canales trasladados disponibles
- canales bajos de UHF para evitar mayores pérdidas en cables, espacio libre, etc.

Por lo tanto con los datos anteriores, los filtros de entrada de cada uno de los equipos trasladadores deben estar centrados a la frecuencia central de banda de cada canal y tener un ancho de 6 MHz con una respuesta plana en toda la banda de cada canal.

En la figura 3-25 se ilustra la banda pasante aproximada que debe tener el filtro de entrada del trasladador para recibir canal 2.

Como ya se mencionó esta es la respuesta que deben tener los filtros de entrada, para los diferentes canales de VHF, para los demás canales tan solamente cambia la frecuencia central del gráfico anterior, según cada canal.

El filtro de salida de FI, debe tener una respuesta similar pero con la frecuencia central en 44 MHz, manteniendo los 6 MHz de ancho de banda y la planitud en este rango, aunque si existe una ondulación de dicha curva, ésta debe ser menor a 0,5 dB- según los requerimientos del constructor, y en general debe ser pequeña de modo de no traer problemas posteriores en el procesamiento de la señal.

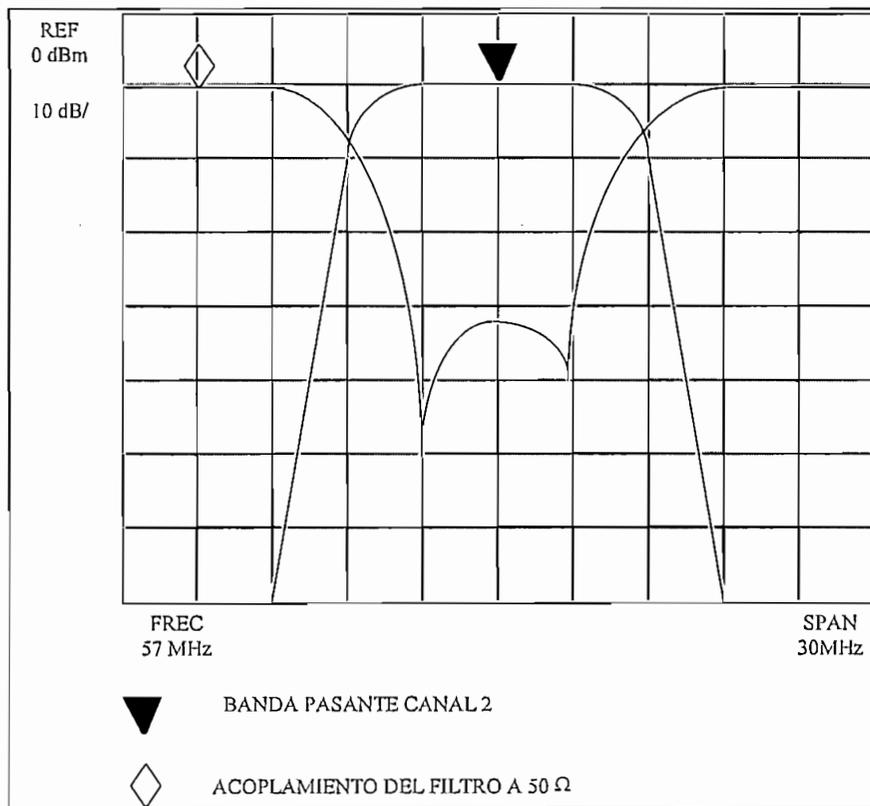


FIGURA 3-25 RESPUESTA DE FRECUENCIA Y ACOPLAMIENTO A 50 Ω APROXIMADOS DE UN FILTRO EN CANAL 2

3.9.2 OSCILADOR LOCAL 1

Es esta tarjeta la que genera una frecuencia de cierto valor y cierto nivel, los que deben ser adecuados para realizar la mezcla y obtener la FI.

El valor de frecuencia del oscilador local 1, es simplemente la suma de la frecuencia de la portadora del canal a trasladar y el valor de la frecuencia intermedia, por ejemplo, el oscilador local para canal 2 deberá tener la frecuencia de:

$$\begin{aligned}f_{osc-loc} &= PV + FI \\f_{osc-loc} &= 55,25 MHz + 45,75 MHz \\f_{osc-loc} &= 101,0 MHz\end{aligned}$$

donde: PV = frecuencia portadora de video del canal receptado
FI = frecuencia intermedia de video

El nivel de oscilador de +17 dBm, es necesario según las especificaciones del mezclador, dadas por el fabricante: MINICIRCUITS.

Las características técnicas del oscilador local 1 son las que a continuación se resumen.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL OSCILADOR LOCAL 1

Frecuencia de operación:	banda I: 101 MHz a 127 MHz banda III: 221 MHz a 257 MHz
Control de frecuencia:	a base de PLL
Selección de frecuencia:	directa desde los interruptores numéricos frontales
Salidas:	en conector SMB hacia la convertora (+17 dBm), monitor en conector BNC (+7 dBm)
Armónicos:	≤ 15 dB
Alarmas:	indicador de desenganche con led

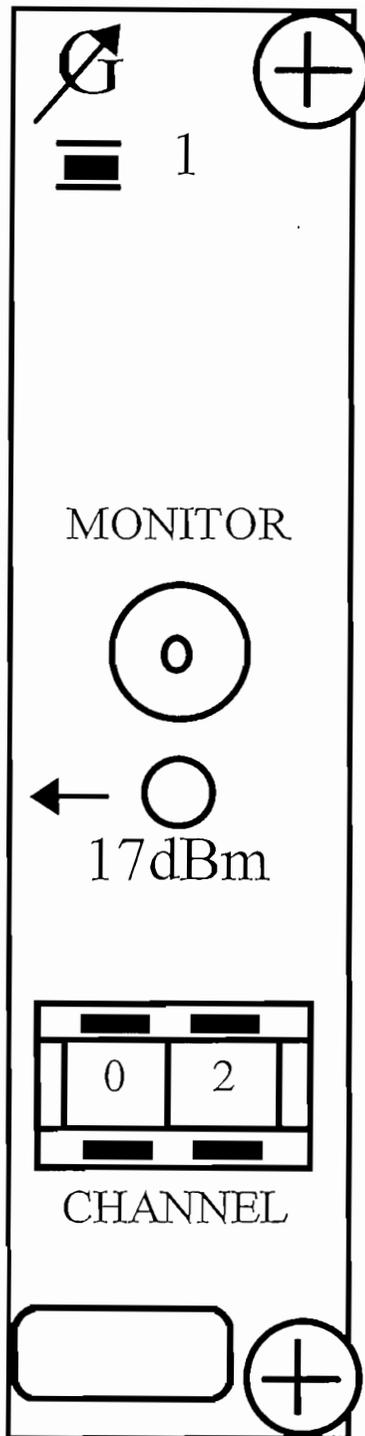


FIGURA 3-26 VISTA FRONTAL DE LA TARJETA OSCILADOR LOCAL 1

3.9.3 AMPLIFICADOR DE FI

La señal de FI que se obtiene del convertidor de RF/IF, pasa a esta tarjeta para ser amplificada y otros tratamientos que se mencionan a continuación.

En la figura 3-27 se muestra el diagrama de bloques del amplificador de FI.

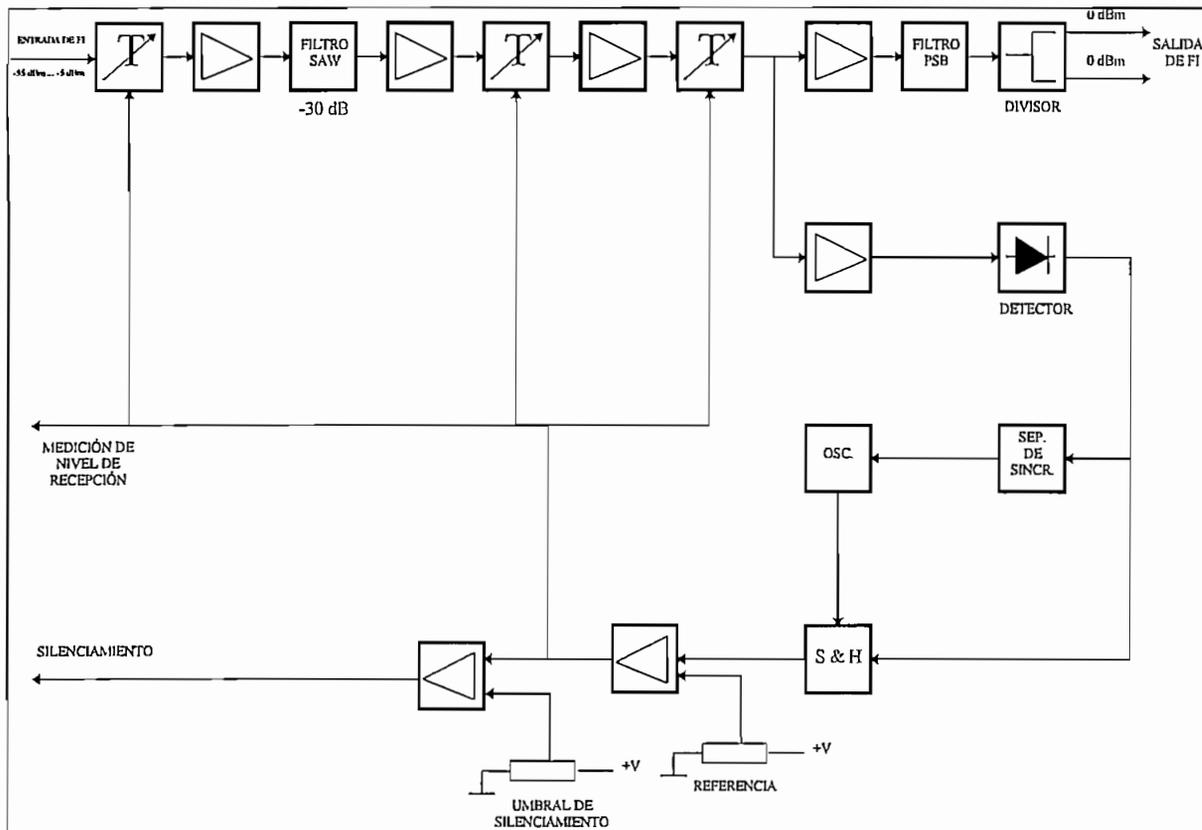


FIGURA 3-27 DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA TARJETA AMPLIFICADORA DE FI

La ganancia total del amplificador de FI se regula variando, vía control de voltaje de DC, la atenuación introducida por tres atenuadores de impedancia constante, los cuales usan diodos PIN. El voltaje de control es suministrado por el circuito de AGC. La señal de FI de entrada debe estar dentro de los límites -55 dBm y -5 dBm, para este rango de valores, el AGC regula la salida de FI a 0 dBm.

Un AGC de muestreo es usado. El muestreo ocurre en coincidencia de los pulsos de sincronización.

El voltaje de control generado por el AGC también es usado por el medidor, colocado en el panel frontal, para medir el nivel de señal recibido, y por el circuito de silenciamiento, el cual interrumpe la alimentación a la etapa excitadora del amplificador de RF y de la etapa de potencia si la señal recibida cae bajo $100\mu\text{V}$.

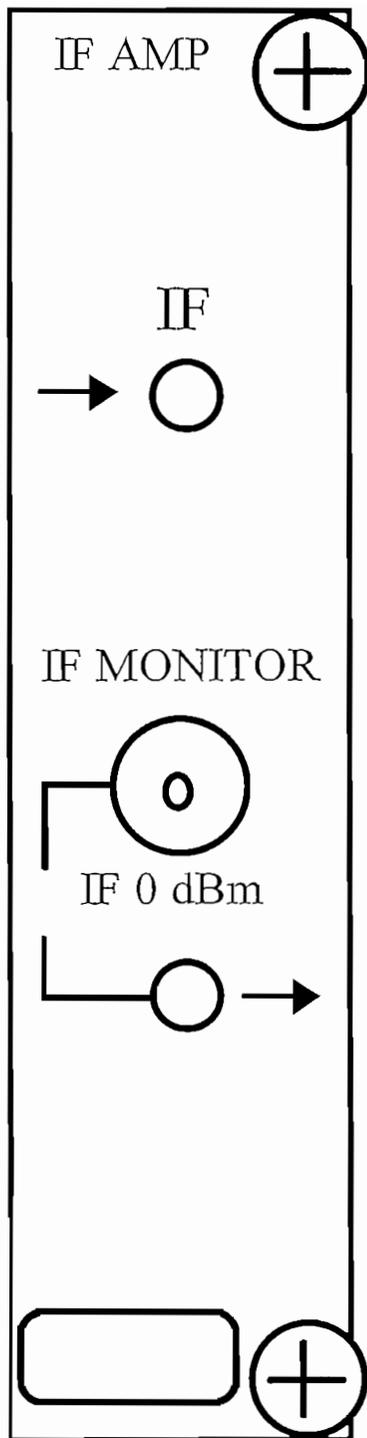


FIGURA 3-28 VISTA FRONTAL DE LA TARJETA AMPLIFICADORA DE FI

La salida monitora permite verificar la presencia de FI, sin la necesidad de sacar de operación el equipo, y en algún caso podría servir como una salida de FI de reserva. Puede ser usada hacia el convertidor de IF/RF, o puede ser usada conjuntamente con una tarjeta demoduladora- la que puede ser insertada en la cavidad vacante del equipo. Esta tarjeta tiene salidas de dos video y una de audio.

Los conectores de entrada y salida de la etapa amplificadora de FI son conectores SMB, mientras que el conector del monitor de FI es BNC.

Como se mencionó anteriormente, la salida BNC puede ser usada eventualmente como etapa previa al convertidor de IF/RF en caso de daño de la salida principal, para ello es necesario el uso de un adaptador BNC-SMB.

3.9.4 CONVERTIDOR IF/RF

El convertidor IF/RF convierte las frecuencias de las portadoras de video y audio de frecuencia intermedia a la frecuencia de RF en el canal de salida.

Desde el punto de vista estructural, este convertidor está compuesto de una etapa amplificadora con regulación de ganancia automática, un circuito precorrector el cual compensa el error de linealidad de las etapas amplificadoras siguientes, de modo que los productos de intermodulación son reducidos, un mezclador para convertir la señal de FI a la señal de RF en el canal de salida y finalmente un filtro de salida el cual debe estar sintonizado en la frecuencia del canal de salida. Las pérdidas de inserción de este filtro son como máximo 0,5 dB.

En la figura 3-29 se muestran los principios de funcionamiento de esta tarjeta.

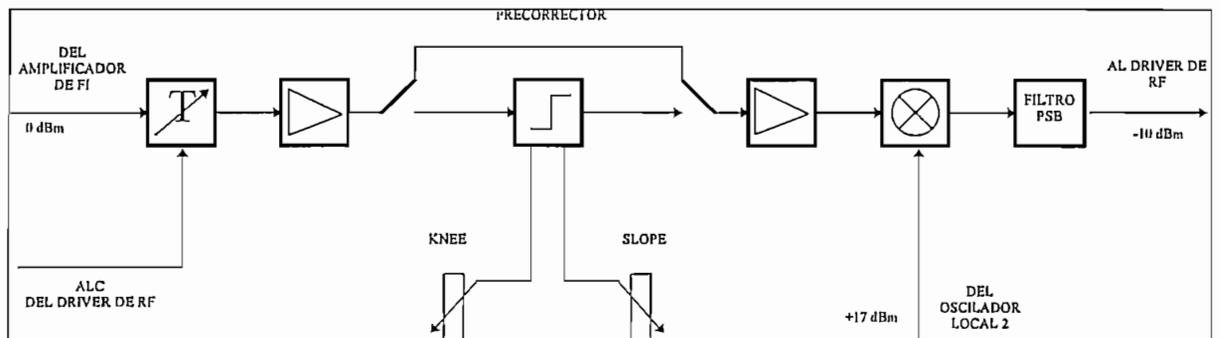


FIGURA 3-29 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL CONVERTIDOR IF/RF

La señal de FI (0 dBm) es aplicada a un primer amplificador por medio de un atenuador de impedancia constante, el cual usa diodos PIN.

La ganancia de esta etapa es regulada por el voltaje del ALC el cual controla el nivel de salida, este voltaje es generado por un circuito que se halla en el excitador de RF.

La señal de FI es luego aplicada al circuito precorrector, cuya característica de transferencia de entrada/salida $V(\text{out}) = F(V_{\text{in}})$ (no linealidad) puede ser regulada para compensar los errores de linealidad de las sucesivas etapas amplificadoras y por lo tanto reducir los productos de intermodulación.

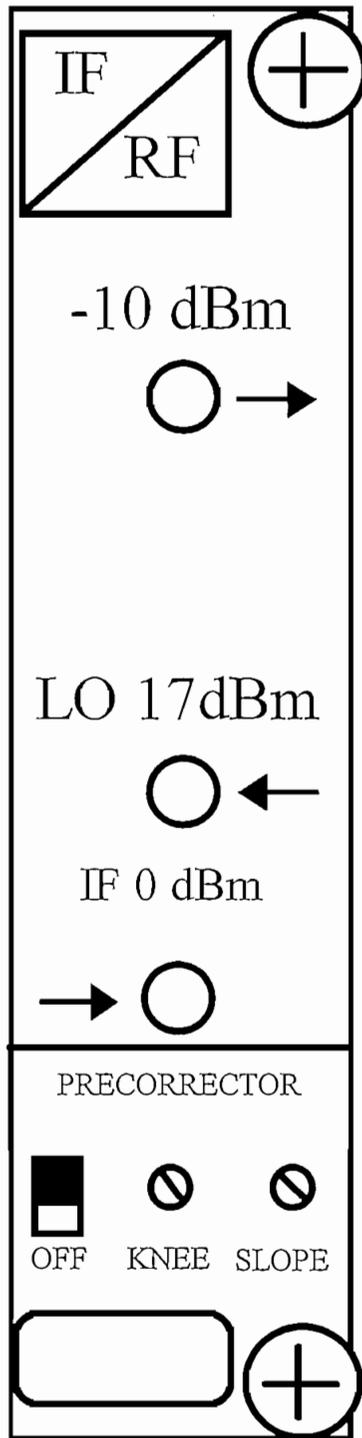


FIGURA 3-30 VISTA FRONTAL DE LA TARJETA CONVERTIDORA DE IF/RF

Los efectos del control de pendiente (SLOPE), se muestran en la figura 3-31.

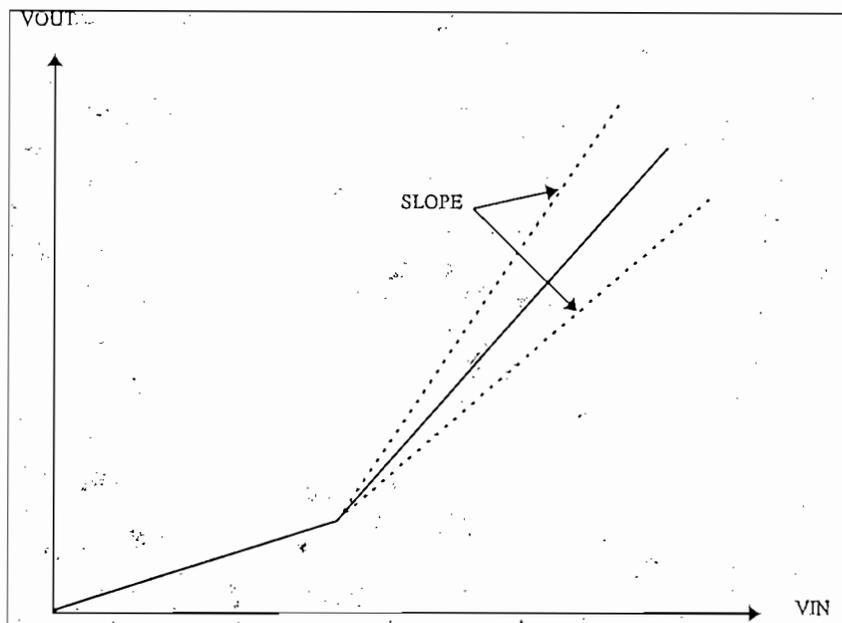
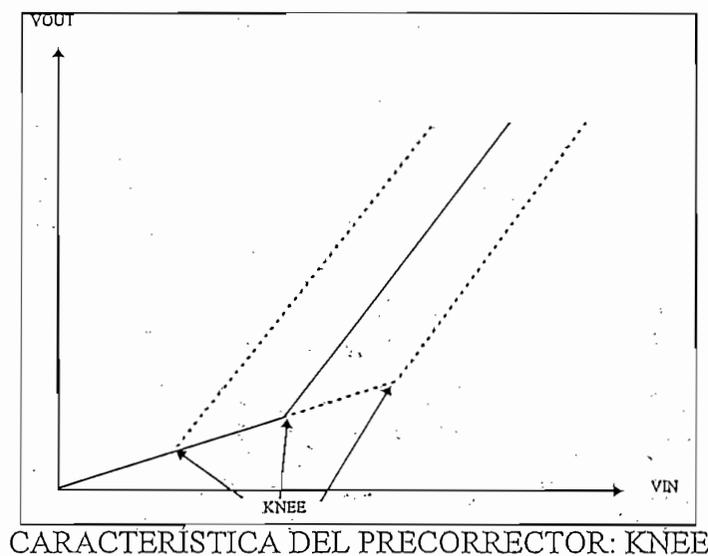


FIGURA 3-31 CARACTERÍSTICA DEL PRECORRECTOR: PENDIENTE

El control SLOPE, varía la polarización de un diodo PIN, el cual se usa como un resistor variable, de modo que la segunda sección de la curva de transferencia puede ser ajustada.

Ahora se muestra el efecto del control KNEE, figura 3-32.



CARACTERÍSTICA DEL PRECORRECTOR: KNEE

El control KNEE, varía la polarización de dos diodos a fin de mover la rodilla o quiebre de la curva, que separa las dos secciones de la curva de transferencia.

Para evitar variaciones con la temperatura de la característica de transferencia del precorrector, un circuito de control mantiene la temperatura de los diodos constante.

La salida de FI del precorrector es amplificada y enviada al mezclador, donde es convertida a la frecuencia del canal de salida.

Un filtro pasabanda con un filtro notch en la frecuencia del oscilador local, atenúa la frecuencia imagen y la señal residual del oscilador local al menos 60 dB.

La señal de salida de RF, con un nivel de -10 dBm, es enviada al amplificador excitador de RF.

3.9.5 OSCILADOR LOCAL 2

La misión del oscilador local 2, es generar una señal que sirve para obtener por heterodinaje, la señal del canal de salida.

El valor de frecuencia del oscilador local 2, es la suma de la frecuencia de la portadora del canal a la salida y el valor de la frecuencia intermedia, así el oscilador local 2, deberá tener la siguiente frecuencia para a partir de FI obtener una salida en canal 22:

$$\begin{aligned}f_{osc-loc} &= PV_{out} + FI \\f_{osc-loc} &= 519,25 \text{ MHz} + 45,75 \text{ MHz} \\f_{osc-loc} &= 565,0 \text{ MHz}\end{aligned}$$

donde: PV_{out} = frecuencia portadora de video del canal de salida
FI = frecuencia intermedia de video

Las características técnicas del oscilador local 2, son básicamente similares a las del oscilador local 1, con la diferencia de la banda de frecuencia de operación

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL OSCILADOR LOCAL 2

Frecuencia de operación:	banda IV-V: 517 MHz a 847 MHz
Control de frecuencia:	a base de PLL
Selección de frecuencia:	directa desde los interruptores numéricos frontales
Salidas:	en conector SMB hacia la convertora (+17 dBm), monitor en conector BNC (+7 dBm)
Armónicos:	≤ 15 dB
Alarmas:	indicador de desenganche con led

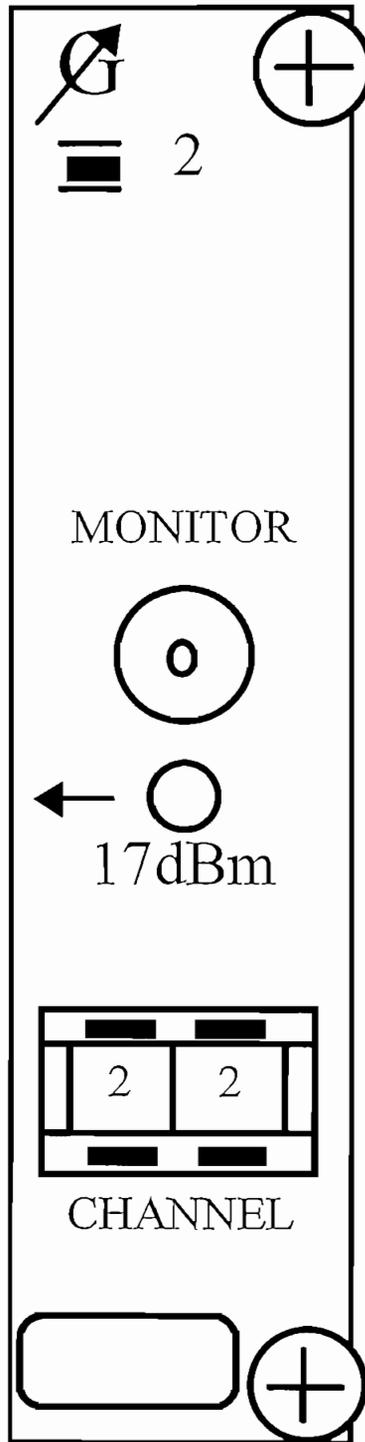


FIGURA 3-33 VISTA FRONTAL DEL OSCILADOR LOCAL 2: PARA SALIDA EN
 CANAL 22

3.9.6 AMPLIFICADOR EXCITADOR DE RF

El amplificador excitador de RF realiza la primera amplificación de potencia de la señal de RF, a fin de obtener un nivel de 20 dBm, necesario para excitar el amplificador de salida de 2Wps.

Adicionalmente, un circuito de control de nivel (ALC) controla un atenuador de diodos PIN, instalado en la entrada del convertidor IF/RF.

Las principales características técnicas del amplificador excitador de RF se mencionan a continuación.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL EXCITADOR DE RF

Nivel de entrada:	-10 dBm
Nivel de salida:	+20 dBm
Impedancia de entrada:	50 Ω , conector SMB macho
Impedancia de salida:	50 Ω , conector SMB macho
Rango de frecuencia:	banda IV-V: 470 MHz a 806 MHz

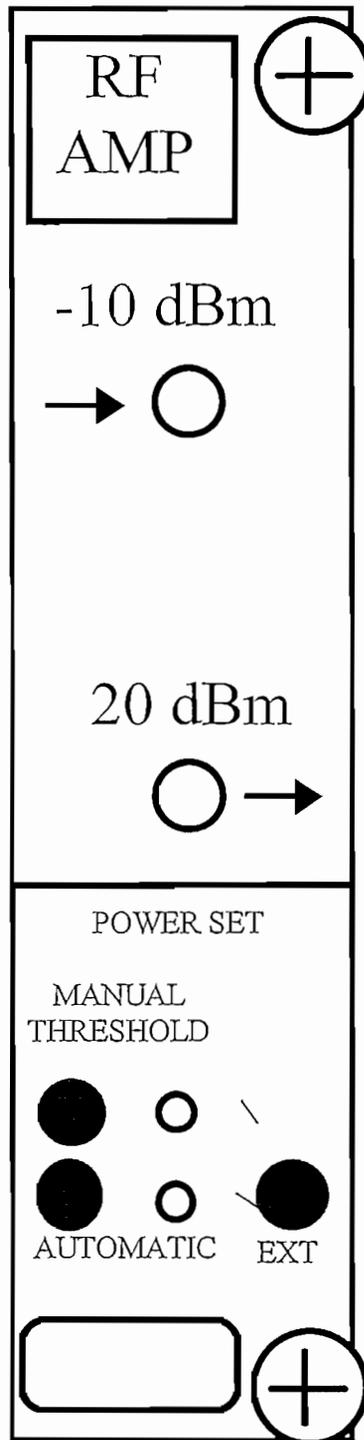


FIGURA 3-34 VISTA FRONTAL DE LA TARJETA AMPLIFICADORA EXCITADORA DE RF

3.9.6.1 DESCRIPCIÓN FUNCIONAL

La figura 3-35 muestra el diagrama de bloques del amplificador excitador de RF.

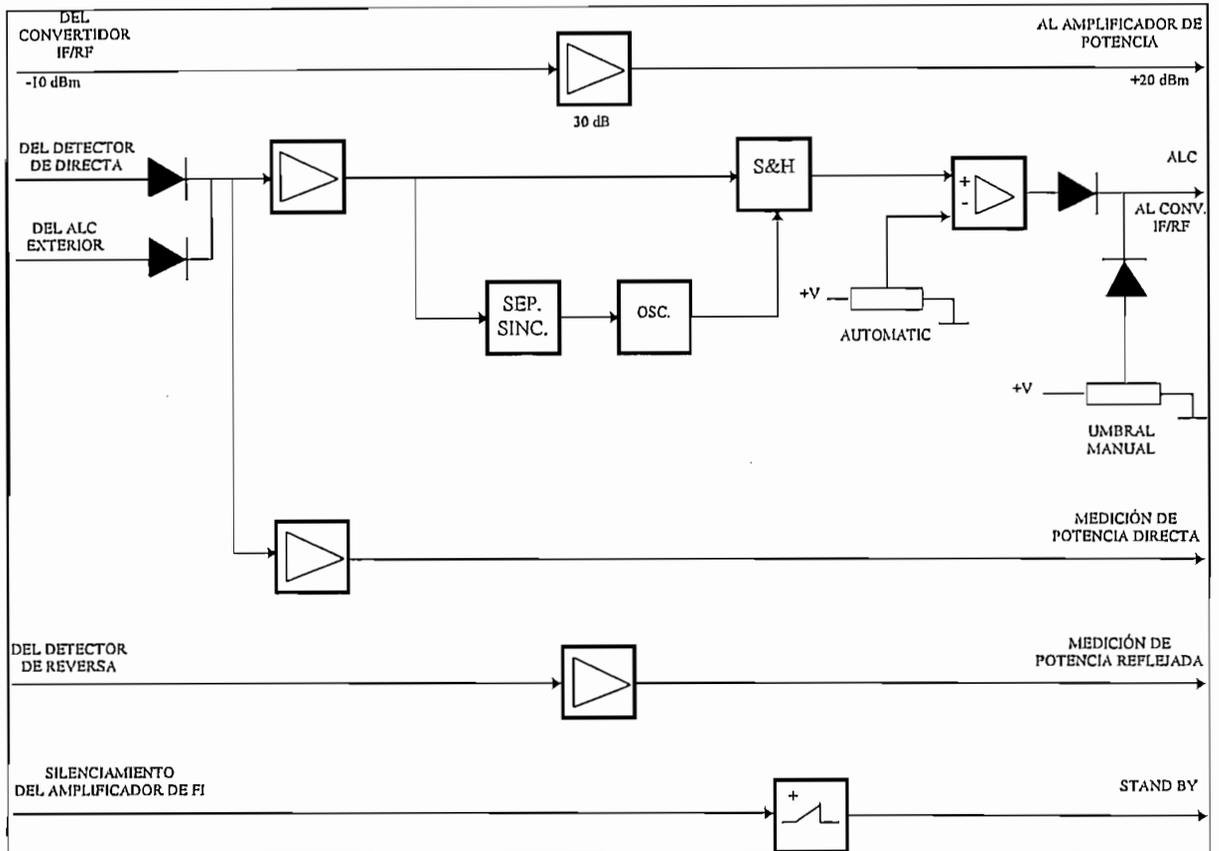


FIGURA 3-35 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL AMPLIFICADOR EXCITADOR DE RF

La señal de RF de -10 dBm, la cual viene del convertidor IF/RF se alimenta a un amplificador de banda ancha, cuya ganancia es 30 dB. La salida de RF de +20 dBm excita a la etapa final de potencia.

El circuito que controla automáticamente el nivel de salida del equipo, es del tipo de muestreo y genera el voltaje de ALC, el cual controla la ganancia del convertidor IF/RF.

El control AUTOMATIC fija la potencia de salida del equipo. El control MANUAL THRESHOLD, fija un umbral de seguridad de la etapa de salida, por ejemplo, 1 dB más alto que el valor de potencia nominal. De esta manera valores excesivos de potencia de salida, debido por ejemplo a la falla en el circuito de ALC, son evitados.

Los dos voltajes que son proporcionales a la potencia de salida y a la reflejada, son enviados a dos amplificadores en el medidor multifunción para ser medidos.

3.9.7 AMPLIFICADOR FINAL DE POTENCIA Y MEDIDAS

El último paso de la señal es por el amplificador de potencia de RF, donde se obtiene la potencia nominal de salida del equipo traslador, es un amplificador de banda ancha que cubre toda la banda IV y banda V.

La figura 3-36 muestra el diagrama de bloques que conforman a la etapa final de potencia.

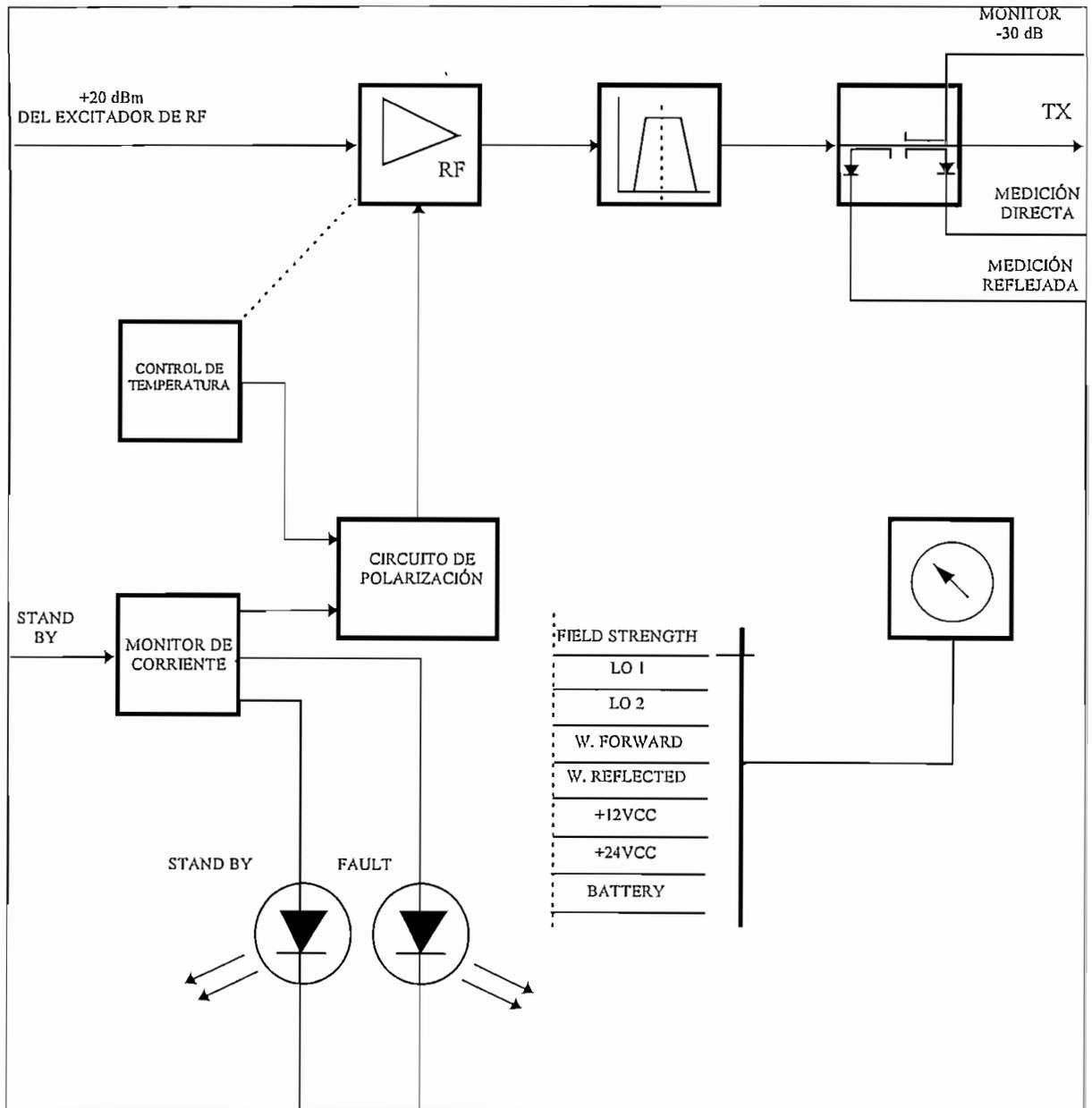


FIGURA 3-36 DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA ETAPA FINAL DE POTENCIA

La señal de +20 dBm que proviene del excitador de RF, ingresa a este amplificador para proveer una salida de 2Wps.

El amplificador final está seguido de un filtro pasabanda, sintonizado a la frecuencia del canal de salida, con una respuesta de frecuencia como la mostrada a continuación en la figura 3-37.

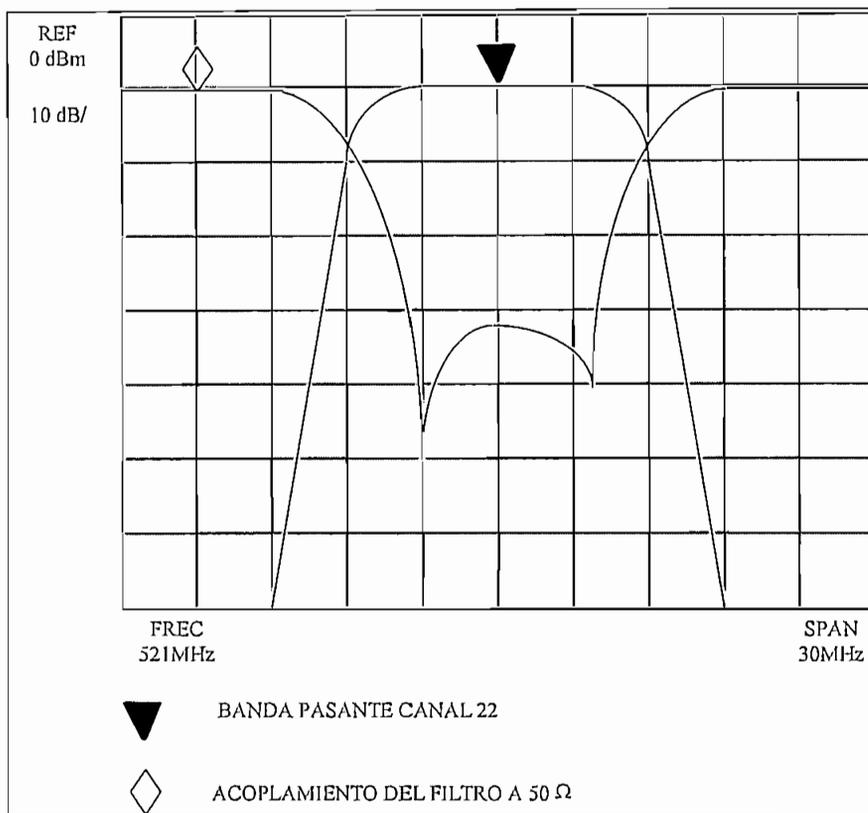


FIGURA 3-37 RESPUESTA DEL FILTRO DE SALIDA DE LA ETAPA DE POTENCIA, CANAL 22

Para los demás canales la respuesta de frecuencia del filtro pasabanda de salida es similar al mostrado en la figura anterior, la diferencia estriba en que la frecuencia central es diferente, manteniéndose aproximadamente el ancho de banda y planitud, así como también el acoplamiento.

Después del filtro de salida existen tres acopladores direccionales, dos de los cuales son usados para rectificar sus voltajes y usados para medir la potencia directa y reflejada, el tercer acoplador direccional es la salida de monitor de -30 dB.

Los transistores del amplificador de salida trabajan en clase A, y son polarizados desde un circuito exclusivamente de polarización.

Si uno de los transistores de salida varía su corriente hacia arriba o hacia abajo en un 10% del valor nominal de corriente, un circuito de protección interrumpe momentáneamente la alimentación de los transistores y envía una señal de falla por medio del LED de FAULT.

Si la temperatura del disipador de esta etapa alcanza 75°C, la fuente de poder corta el suministro a dicha etapa hasta que la temperatura disminuya, y lo indica por medio del LED de FAULT.

El medidor multifunción nos muestra los principales parámetros de operación del traslator, nivel de señal de recepción en dBm, enclavamiento de los osciladores 1 y 2, potencia directa y reflejada, fuentes de 12V y 24V, y por último la tensión de batería si es el caso.

Una vista física de esta etapa, es mostrada en la figura 3-38, en donde se pueden apreciar todas las características antes señaladas de esta tarjeta.

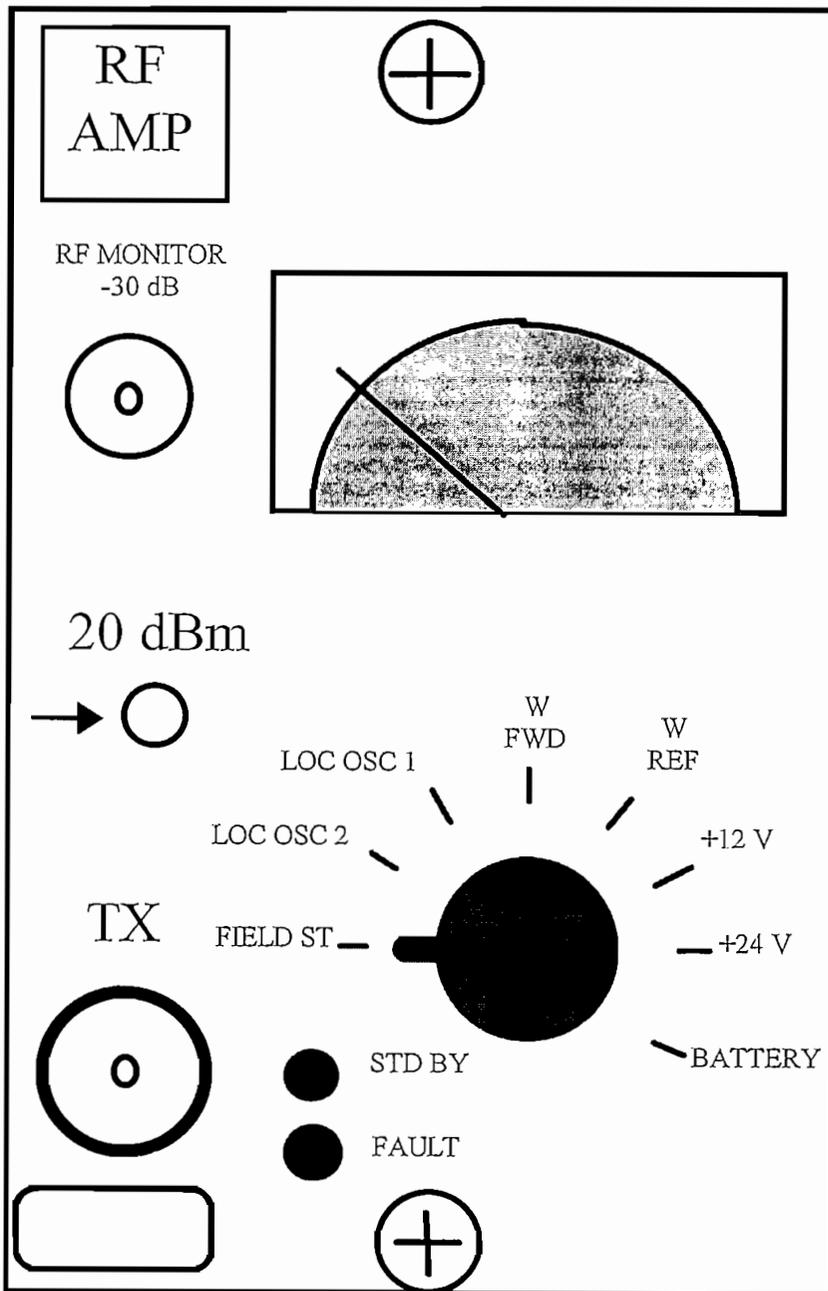


FIGURA 3-38 VISTA FRONTAL DE LA ETAPA FINAL DE POTENCIA Y MEDIDAS

Este tipo de equipos tiene la ventaja que si se requiere de mayor potencia de salida, basta cambiar la etapa final, la misma que físicamente es igual a la mostrada anteriormente.

Si fuese necesario disponer de una potencia mayor- aquí no es necesario, ITELCO, presenta versiones de dicha etapa con potencias de 10 Wps y 20 Wps, obviamente la etapa de excitación de 100 mW de salida se mantiene para las diferentes versiones. Adicionalmente, las etapas de potencia de 10 Wps y 20 Wps poseen un sistema de ventilación por disipar mayor potencia, dicho ventilador es encendido cada vez que la temperatura del radiador de los transistores de potencia, supera los 75°C.

3.10 DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA RADIADA EFECTIVA (ERP)

La potencia radiada efectiva (ERP), es el producto de la potencia pico de sincronismo, en vatios, que se entrega a la antena de transmisión por la ganancia de la antena de transmisión.

Obviamente varias combinaciones de potencia y ganancia de antena nos darán un mismo valor de ERP, pero debemos llegar a un compromiso entre ganancia y potencia. Pues, podríamos pensar en una antena de transmisión altamente directiva y una salida de potencia del equipo transmisor baja, pero llegaríamos a obtener una pequeña área de cobertura- cosa que no interesa, y el caso contrario también resulta inconveniente, pues ganaríamos mayor cobertura con una antena de baja ganancia, pero con el gran inconveniente de tener una potencia de salida de nuestro equipo más alta, esto redundaría en costos de equipo y consumo de energía.

Para la determinación de la ERP necesaria, debemos primero establecer y conocer ciertos parámetros como son:

- nivel de recepción adecuado
- diferencia de altura entre el sitio de transmisión y el de recepción
- distancia a la cual se deben tener ciertos contornos de campo

El nivel de recepción adecuado para un canal de UHF- canales 14 al 69, es de 80 dB μ V como contorno para una ciudad principal, 74 dB μ V para un servicio de grado A.

La FCC indica que dos contornos son los que dan una idea de la cobertura de un transmisor, y son los contornos de grado A y grado B.

Recurriendo al mapa del sector, encontramos una diferencia de altura de 200 m, entre el sitio de transmisión y el sector central de la comunidad a servir.

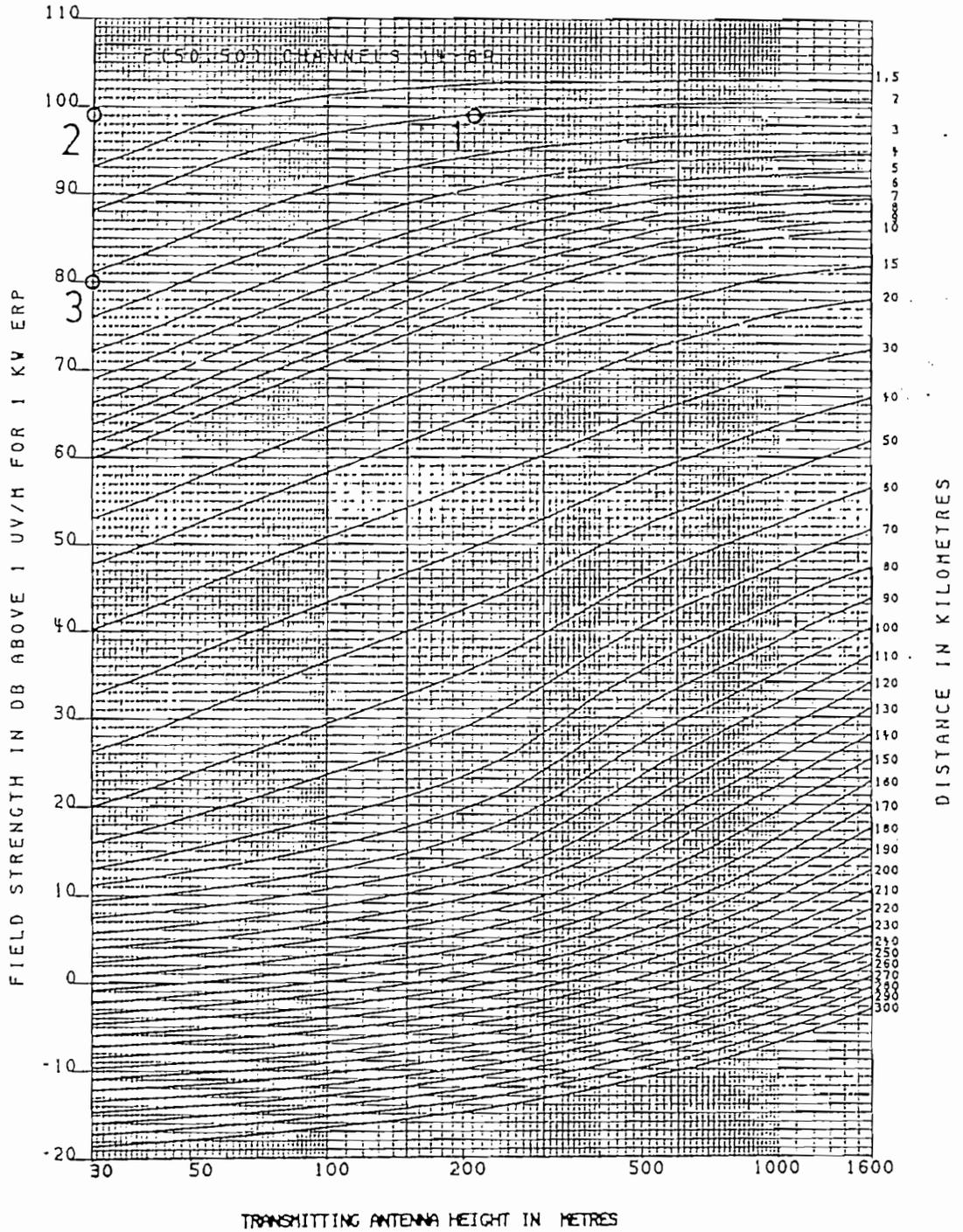
Usando este mismo mapa, encontramos que el punto más distante al que deseamos servir, se halla a una distancia de unos 2 km.

Con los datos anteriores y usando la carta de la FCC- carta que también se adjunta a continuación en CARTA 1, observamos en ésta que: para una altura de 200 m del punto de transmisión y una distancia de 2 km entre el punto transmisor y el receptor, se obtiene un nivel de señal de 99 dB μ V para una ERP de 1 kW. Ahora es necesario determinar, la ERP que producirá un nivel de 80 dB μ V, para esto se debe disminuir la ERP en 19 dB respecto de 1kW.

Una ERP de -19 dBk, corresponde a 12,5 W, y es esta potencia radiada efectiva la que se debe obtener con la antena de transmisión y la potencia de salida del transmisor.

•

FEDERAL COMMUNICATIONS COMMISSION RULES - PART 73



FCC 73.699 Figure 10b

ESTIMATED FIELD STRENGTH EXCEEDED AT 50 PERCENT
OF THE POTENTIAL RECEIVER LOCATIONS FOR AT LEAST 50 PERCENT
OF THE TIME AT A RECEIVING ANTENNA HEIGHT OF 9 METERS

3.11 ANTENA DE TRANSMISIÓN

La antena de transmisión es un panel de UHF, marca RYMSA, tal como se describe a continuación.

El panel AT15-240 está formado por un apilamiento de cuatro dipolos dobles, provisto de un reflector y protegido por un radomo de fibra de vidrio.

Características generales:

- Polarización horizontal
- Alta directividad
- Gran capacidad de potencia
- Excelente protección contra el hielo, la corrosión y la carga al viento debido a la forma corrugada de su radomo
- Posibilidad de ser usado como antena directiva individual, o formando parte de un sistema radiante configurado, ya sea apilado o planar.

ESPECIFICACIONES ELÉCTRICAS Y MECÁNICAS

Margen de frecuencia	(MHz)	470-860
Impedancia	(Ohmios)	50
Potencia máxima	(kW)	4,0
Polarización		horizontal
ROE típica		mejor que 1,15
Ganancia	(dBi)	13,5

Relación de lóbulos principales a secundarios	(dB)	mayor que 12
Desfasaje		exterior
Conectores		7/16 hembra hasta 1 kW 13/30 hembra hasta 4 kW
Dimensiones		según se muestran en la figura 3-38
Peso	(kg)	10
Máxima velocidad del viento	(km/h)	230
Carga al viento (200 km/h)	(N)	750 frontal 350 lateral
Relación delante-atrás	(dB)	mayor que 14
Material		
Dipolos		aluminio fundido
Reflector		acero galvanizado en caliente
Radomo		Poliéster reforzado con fibra de vidrio
Protección contra descargas		conexión directa a tierra

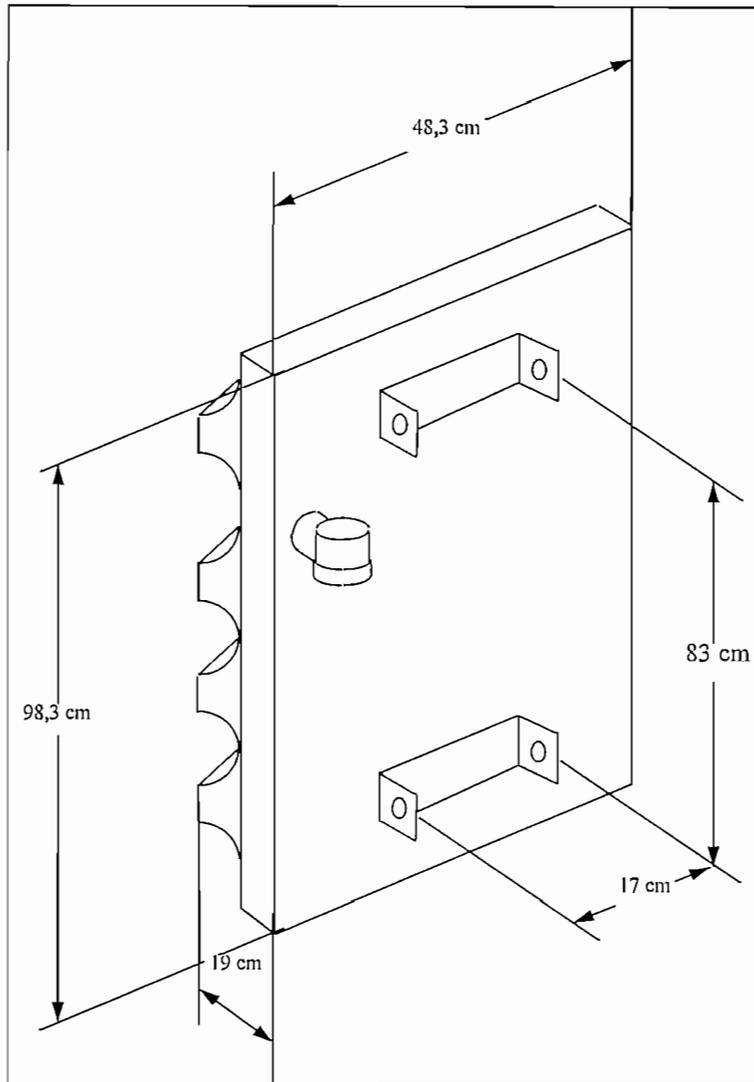


FIGURA 3-38 DIMENSIONES DEL PANEL DE UHF

A continuación constan los patrones de radiación, se muestran los patrones de campo eléctrico y campo magnético. Los patrones mostrados son en la mitad de la banda, alrededor de 600 MHz, y para las demás frecuencias los patrones varían pocos grados en cuanto a su ancho de lóbulo de -3 dB.

También se muestran las fórmulas que gobiernan los campos eléctrico y magnético del arreglo global, el método empleado en esta determinación es el de multiplicación de patrones.

Lo anotado anteriormente se obtuvo mediante el empleo de un programa de cálculo matemático denominado MATHCAD, y sus resultados son mostrados en las siguientes páginas.

PROGRAMA PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE RADIACIÓN DE ARREGLOS DE ANTENAS: MÉTODO DE MULTIPLICACIÓN DE PATRONES

DETERMINACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DEL ARREGLO EN EL PLANO ELÉCTRICO

- $\lambda := 1$... longitud de onda
- $\beta := \frac{2 \cdot \pi}{\lambda}$... constante de fase
- $d := \frac{\lambda}{2}$... separación entre elementos del arreglo
- $N := 4$... número de elementos del arreglo
- $\theta := \frac{\pi}{2}$... ángulo de elevación, dipolos paralelos al eje x
- $\phi := -\frac{\pi}{2} + 0.001, -\frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{36} \dots \frac{\pi}{2}$... variación del ángulo azimutal
- $\alpha := 0$... fase de la corriente de excitación de los elementos del arreglo

$$E(\phi, \theta) := \left| \frac{\cos\left(\frac{\pi}{2} \cdot \cos(\phi)\right)}{\sin(\phi)} \cdot \frac{\sin\left[\frac{N \cdot ((\beta \cdot d \cdot \sin(\phi) \cdot \cos(\theta) + \alpha))}{2}\right]}{N \cdot \sin\left(\frac{\beta \cdot d \cdot \sin(\phi) \cdot \cos(\theta) + \alpha}{2}\right)} \right|$$

... campo del arreglo de N elementos separados la distancia d.
El arreglo es producto del patrón de campo de un dipolo por el factor del arreglo
Notar que no se toma en cuenta todavía el efecto del plano reflector

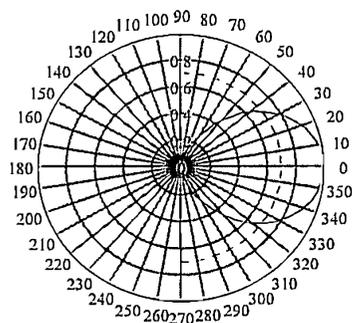
$$E_{pr}(\phi) := \left| \cos\left[\frac{\pi}{2} \cdot \left(\cos\left(\phi + \frac{\pi}{2}\right) - 1\right)\right] \right|$$

... factor de multiplicación debido al plano reflector

$$E_{total}(\phi, \theta) := E(\phi, \theta) \cdot E_{pr}(\phi)$$

... campo espacial del arreglo de N dipolos, separados la distancia d, con plano reflector separado un cuarto de longitud de onda, y alimentados en fase y con iguales potencias

PLANO ELÉCTRICO Ó PLANO HORIZONTAL



DETERMINACIÓN DEL ANCHO DEL LÓBULO

$$\phi := \frac{\pi}{4}$$

$$r := \text{root}\left(E_{total}\left(\phi + \frac{\pi}{2}, \theta\right) - 0.707, \phi\right) \quad r = 36.37 \cdot \text{deg}$$

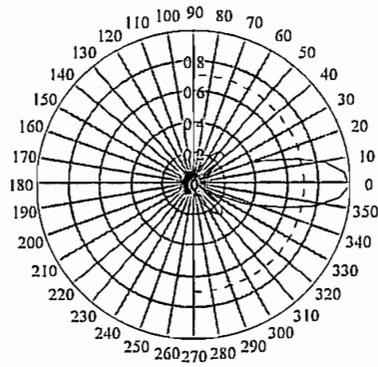
$$\text{ANCHO DEL LÓBULO PLANO ELÉCTRICO (-3 dB)} = 2 \cdot r = 72.75 \cdot \text{deg}$$

DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL ARREGLO EN EL PLANO MAGNÉTICO

$\phi := \frac{\pi}{2}$... ángulo azimutal, dipolos paralelos al eje x

$\theta := -\frac{\pi}{2} + 0.001 \cdot \frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{36} \dots \frac{\pi}{2}$... variación del ángulo de elevación

PLANO VERTICAL Ó PLANO MAGNÉTICO



DETERMINACIÓN DEL ANCHO DE LÓBULO

$\theta := \frac{\pi}{18}$
 $r := \text{root} \left(E_{\text{total}} \left(\phi, \theta + \frac{\pi}{2} \right) - 0.707, \theta \right) \quad r = 13.16 \text{ deg}$

ANCHO DEL LÓBULO DEL PLANO MAGNÉTICO (-3dB) = $2 \cdot r = 26.33 \text{ deg}$

3.12 POTENCIA NECESARIA DE SALIDA

Determinada la ERP, la misma que tiene un valor de 12,5 W, con la ganancia de la antena de transmisión de 13,5 dBi, podemos determinar la potencia de transmisión necesaria para dar cobertura con un nivel de 80 dB μ V a la zona en cuestión.

La ganancia que nos interesa ahora es la ganancia sobre el dipolo elemental, de modo que la ganancia de nuestra antena de transmisión es:

$$G_{panel} = 13,5 - 2,15dB$$

$$G_{panel} = 11,35dBd$$

La ganancia de nuestro panel sobre el dipolo, se obtiene restando la ganancia que tiene un dipolo elemental a la ganancia de nuestro panel. La ganancia de 2,15 dB, es la ganancia de 1,643 del dipolo expresada en decibelios.

Ahora se puede determinar la potencia de salida del equipo:

$$P_{sal} = \frac{ERP}{G_{panel}}$$

$$P_{sal} = \frac{12,5W}{11,35}$$

$$P_{sal} = 1,1Wps$$

La salida del equipo repetidor en UHF debe ser de 1,1 Wps, es decir, que la potencia de salida del nuestro equipo para brindar un nivel de 80dB μ V sobre el área a servir, a la distancia de 2 km aproximadamente.

La potencia de salida está expresada en vatios pico de sincronismo, ya que el nivel de sincronización es al que se hace referencia en todas las menciones en cuanto a nivel de recepción dada por la FCC, además el nivel de sincronización es el único valor de la señal de RF que se mantiene constante ante cualquier variación de video y/o audio.

La relación de potencia de sincronismo a la potencia efectiva es de 1,68 y para una señal de video de negro, obviamente con la presencia de sincronismo. En otras palabras la potencia eficaz de salida debe ser:

$$P_{rms} = \frac{P_{sal}}{1,68}$$

$$P_{rms} = 0,65W_{rms}$$

Con este dato vemos como se justifica que la potencia de salida del trasladador, características dadas anteriormente durante el análisis de este equipo, sea de 2 Wps.

Aunque en la determinación de la ERP, se obtiene una potencia de 1,1 Wps como potencia necesaria para realizar la cobertura del sector bajo estudio, debemos analizar realmente los contornos de cobertura sobre el sector para de esta manera determinar más exactamente la cobertura de nuestros equipos repetidores, pues el uso de la carta de la FCC es solamente una guía y no es la manera definitiva de predecir una cobertura.

3.13 SISTEMA DE TRANSMISIÓN

El sistema de transmisión es el encargado de conducir y convertir la energía proporcionada por la salida transmisora en energía electromagnética que se extenderá por el espacio libre hasta los receptores de los usuarios.

Teóricamente y prácticamente pueden implementarse varios tipos de sistemas de transmisión, pero con ventajas de uno respecto a otro, lo que llevará a un sistema compromiso entre condiciones técnicas y económicas.

Uno de los sistemas puede usar un sistema radiante independiente para cada transmisor, mientras que otro puede usar un solo sistema radiante- refiriéndose como sistema radiante al grupo de antenas de transmisión. El segundo tipo de sistema de transmisión se denomina multiplexado de canales, este sistema es muy similar al descrito y analizado en el sistema de recepción propuesto anteriormente, obviamente con las salvedades del caso.

3.14 SISTEMA DE TRANSMISIÓN INDEPENDIENTE

Este sistema resulta sumamente sencillo, pues a la salida de cada transmisor irá conectado un cable- de capacidad de potencia adecuada y bajas pérdidas, hacia el sistema radiante y eso es todo.

Revisando las características de cables coaxiales de 50 Ω , he elegido el cable coaxial LDF5-50A, cuyas características se listan a continuación.

CABLE DE DIELECTRICO DE ESPUMA 7/8"		
ATENUACION dB/100 PIES		
CANAL	FRECUENCIA	LDF5-50A
16	483,25	0,868
18	495,25	0,880
20	507,25	0,892
22	519,25	0,903
24	531,25	0,915

TABLA 3-6 ATENUACIÓN DE CABLE 7/8 Ó LDF5-50A

Una estimación de 15 metros de cable de transmisión, nos llevan a obtener en promedio de pérdidas de potencia en el cable de transmisión de 0,446 dB.

$$A_{cable} = 0,446dB / 15m$$

El cable ha sido escogido del tipo de espuma, ya que no requiere presurización- como en el caso de dieléctrico de aire.

Los conectores escogidos para el cable son:

- conector L5NM, que es un conector tipo N-macho para cable 7/8". Su fabricante es la casa ANDREW, este conector va del lado del equipo transmisor
- conector L5PDM, conector macho para cable 7/8". Casa fabricante ANDREW, va del lado de la antena

En la figura 3-40 se muestra la disposición de las diferentes partes, desde antena de recepción hasta la antena de retransmisión para el sistema total de los 5 canales, con sistemas radiantes independientes.

Son varias las observaciones que hay que realizar respecto de este gráfico.

Se nota que los paneles de transmisión de UHF tienen cierta inclinación mecánica, esto se hace con objeto de cubrir la zona en cuestión, sin necesidad de hacer una inclinación electrónica.

Como se observa, los paneles de transmisión de los canales bajos se hallan en la parte inferior y los de los canales altos en la parte superior, esto se hace con vistas a tener señales parejas en cuanto a nivel, pues las señales de los canales bajos sufren menores pérdidas de espacio libre con respecto a las señales de canales altos.

Otro factor a tomar en cuenta, es la separación entre cada uno de los paneles de UHF, pues si esta distancia no es la adecuada pueden acoplarse entre sí y producir fenómenos indeseables, de modo que un panel debe estar separado del otro un múltiplo impar de $\lambda/4$ a la frecuencia más baja. Para el caso, esta frecuencia corresponde a la frecuencia de 482 MHz, de donde $\lambda/4 = 31$ cm.

La figura 3-39, muestra la separación que debe existir entre paneles consecutivos si los mismos son montados sobre un mismo soporte.

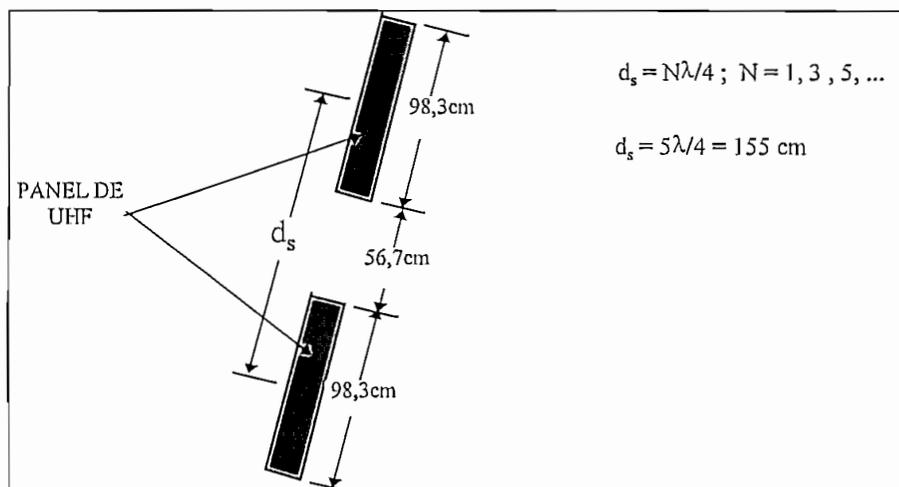


FIGURA 3-39 SEPARACIÓN MECÁNICA ENTRE LOS PANELES DE TRANSMISIÓN

Si se montaran todos los paneles de transmisión en un solo soporte, éste debe tener unos 7 metros libres, más 2 metros que servirán para su fijación en una base de hormigón de características adecuadas.

Este tubo debe ser lo suficientemente resistente a los momentos flectores producidos por las antenas y a las cargas de los vientos, considerando además que en una eventual revisión- e incluso durante la instalación, dicho mástil deberá soportar el peso de al menos una persona. Con todas estas consideraciones se puede elegir un tubo acero galvanizado de 4” como soporte adecuado. También debe tomarse en cuenta que el tubo debe ser tapado en su parte superior para evitar el ingreso de agua, que a futuro lleve a destrucción del tubo. Deben soldarse peldaños a este tubo para el acceso de instalación y/o reparación del sistema de antenas.

El sistema de recepción está conformado conforme se describió anteriormente, en resumen compuesto de una antena de recepción y divisores de señal para cada entrada de los equipos trasladadores.

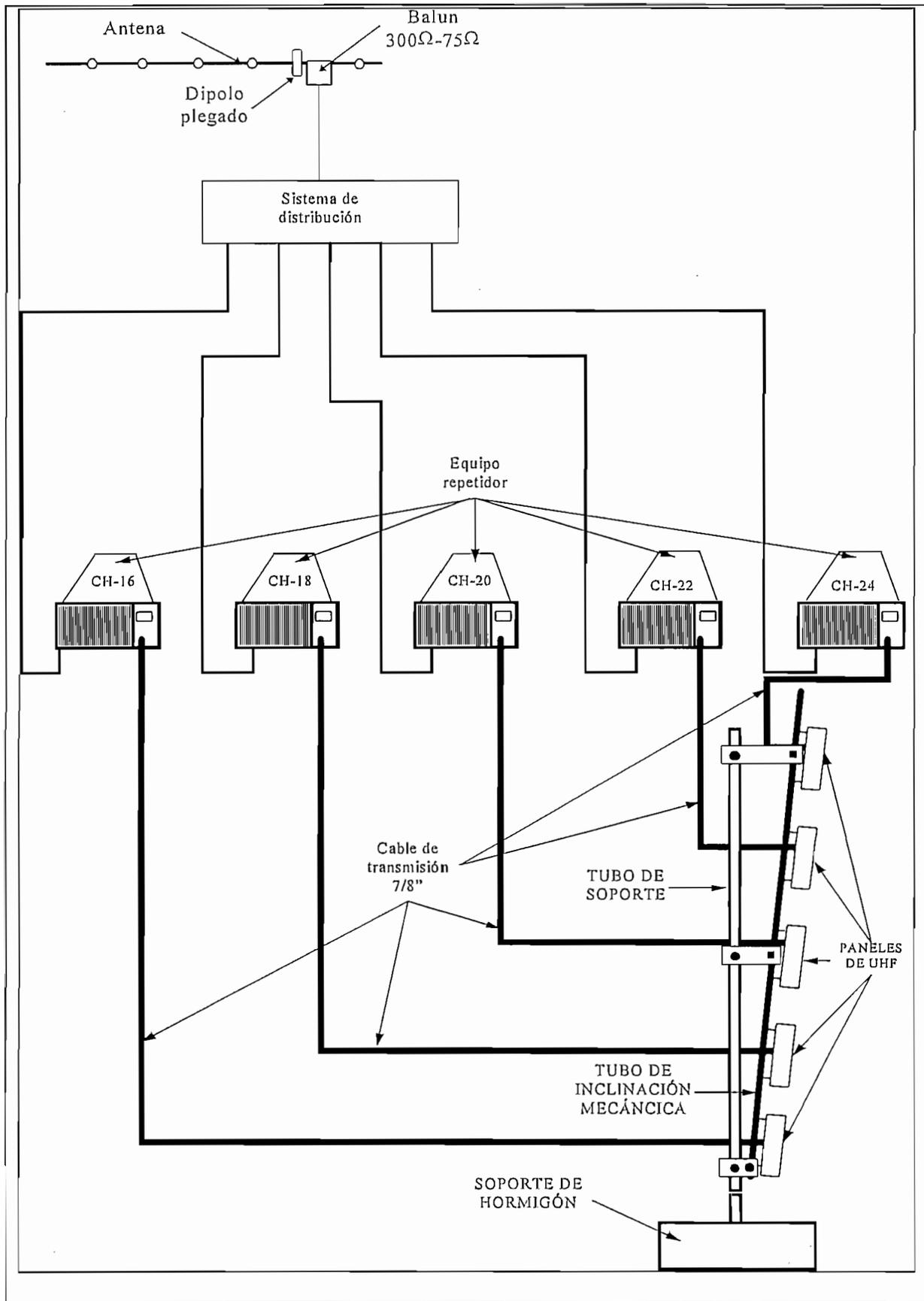


FIGURA 3-40 ESQUEMA QUE MUESTRA LAS PARTES DEL SISTEMA REPETIDOR CON SISTEMA RADIANTE INDEPENDIENTE

3.15 INCLINACIÓN MECÁNICA Y ORIENTACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN

El patrón de radiación de un sistema de antenas puede ser inclinado- entendiéndose por inclinación del patrón de radiación al cambio de la dirección de máxima radiación respecto generalmente del horizonte- ya sea por medios mecánicos ó medios eléctricos ó por una combinación de los dos.

Aquí se usa la inclinación mecánica, pues no es necesario otro tipo de inclinación, siendo además este tipo de inclinación bastante sencilla de llevar a cabo.

La inclinación mecánica atiende al siguiente razonamiento: la finalidad de dar inclinación al rayo electromagnético es la de obtener la mayor o la mejor cobertura sobre una determinada área.

Para el caso de mayor cobertura, se busca que el rayo electromagnético tenga posibilidad de llegar a zonas más allá de la línea de vista, obviamente si lo permite la geografía del sector circundante a la ubicación del transmisor, aquí esto no se persigue ni tampoco tendría razón de ser por dos factores: baja potencia del equipo transmisor e irregularidad del sector.

En el segundo caso, es decir, en el que se busca mejor cobertura, debemos inclinar el rayo electromagnético de modo que toda la potencia llegue hacia las zonas bajas, esto se logra haciendo que la dirección de mínima radiación o nulo quede hacia el horizonte. Por esta razón, las antenas de transmisión mostradas en el gráfico de las partes del sistema de transmisión independiente, tienen una inclinación mecánica.

El ángulo de inclinación respecto de la vertical de los paneles de UHF se muestra en la figura 3-41.

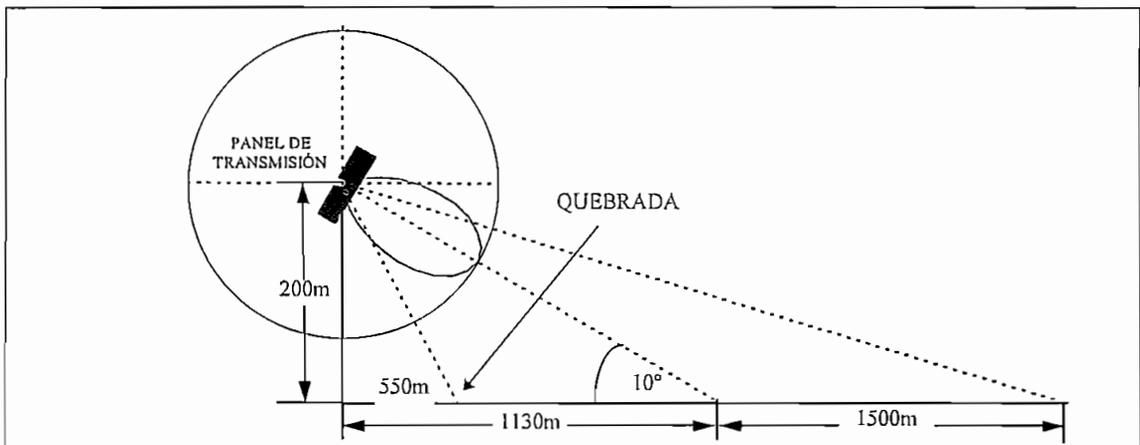


FIGURA 3-41 DIAGRAMA QUE MUESTRA LA INCLINACIÓN MECÁNICA DE LOS PANELES DE TRANSMISIÓN

Haciendo coincidir la dirección del mínimo vertical con la horizontal- que es alrededor de 10° , vemos que la dirección de máxima radiación apunta a 1,13 km aproximadamente del sitio de transmisión, esta misma ubicación es aproximadamente en el centro del sector a servir.

Además y uno de los factores importantes en la determinación de la inclinación vertical mecánica, es el hecho de que el nulo vertical debe quedar ubicado en una zona donde no existan televidentes, y esto realmente sucede para la inclinación mecánica citada, pues el nulo queda en la dirección de la quebrada.

Además de la inclinación mecánica de los paneles, éstos deberán tener una orientación determinada, la misma que corresponde a un azimut de 110° .

Con la inclinación mecánica y orientación mencionada para los paneles de transmisión, ahora tenemos los datos completos para determinar los contornos de cobertura.

Para lograr una cobertura total del área en cuestión es necesario tan solo variar unos 8° hacia uno y otro lado de la dirección de máxima radiación.

Los siguientes cálculos son obtenidos a partir de los datos proporcionados anteriormente y usando además fórmulas exactas para los patrones de campo de los paneles de UHF.

El análisis y predicción de cobertura es totalmente válido para cualquiera de los cinco canales retransmitidos, ya sea que se use un sistema de transmisión independiente por canal o que se utilice un sistema de transmisión de un solo panel en el que se han combinado todos los canales de transmisión, siempre y cuando los elementos usados de por medio no tengan pérdidas de inserción elevadas sino de unas pocas décimas de dB.

3.16 PREDICCIÓN DE COBERTURA

Los contornos de cobertura usados para realizar la predicción de cobertura de un determinado transmisor son los de grado A y grado B, definidos por la FCC.

Para recepción de canales de UHF, canales 14 al 69, los contornos de grado A y grado B son los que se muestran a continuación.

CANALES	GRADO A	CAMPO EQUIVALENTE	GRADO B	CAMPO EQUIVALENTE
14-69	74 dB μ V	5012 μ V/m	64 dB μ V	1585 μ V/m

Para la determinación del campo eléctrico deben tomarse en cuenta varios factores, así:

- potencia efectivamente radiada (ERP)
- ganancia de la antena en las diferentes direcciones
- pérdidas de espacio libre
- campo eléctrico a 9 metros sobre el nivel del piso

La ERP es la potencia final que llega a la antena, la salida nominal es 2Wps, que corresponde a +33 dBm.

Restando las pérdidas de cable de transmisión tenemos:

$$\begin{aligned}ERP &= P_{TXnom} - A_{cable} \\ERP &= 33dBm - 0,446dB \\ERP &= 32,554dBm \\ERP &= 1800mW\end{aligned}$$

Esta es la potencia real que llega a la antena de transmisión para que sea radiada al espacio libre.

La ganancia de la antena de transmisión varía según la dirección que se tome respecto de la dirección de máxima radiación, esta ganancia se ve afectada por la variación de los ángulos azimutal y de elevación, en los cálculos que se muestran posteriormente se toma en cuenta dicha variación de ángulos.

3.17 RESULTADOS DE LA PREDICCIÓN DE CAMPO ELÉCTRICO

A continuación se muestran los programas usados para obtener el campo eléctrico generado por los sistemas transmisores propuestos.

DETERMINACIÓN DEL CONTORNO DE CAMPO DE 10 mV/m PARA EL SISTEMA DE TRANSMISIÓN EN UHF : CANALES 16, 18, 20, 22 Y 24

$\lambda := 1$	... longitud de onda
$\beta := \frac{2 \cdot \pi}{\lambda}$	... constante de fase
$d := \frac{\lambda}{2}$	... separación entre elementos del arreglo
$N := 4$	... número de elementos del arreglo
$\theta := \frac{\pi}{2} + 5.5049 \cdot \text{deg}$	... ángulo de elevación, equivalente a 5,5049° de la dirección máxima
$\phi := 0.000001, \frac{\pi}{36} .. \frac{\pi}{2}$	... variación del ángulo azimutal, dipolos paralelos al eje x
$\alpha := 0$	... fase de la corriente de excitación de los elementos del arreglo
$E(\phi, \theta) := \left| \frac{\cos\left(\frac{\pi}{2} \cdot \cos(\phi)\right) \sin\left[\frac{N \cdot ((\beta \cdot d \cdot \sin(\phi) \cdot \cos(\theta) + \alpha))}{2}\right]}{\sin(\phi) \cdot N \cdot \sin\left(\frac{\beta \cdot d \cdot \sin(\phi) \cdot \cos(\theta) + \alpha}{2}\right)} \right|$	<p>... campo del arreglo de N elementos separados la distancia d. El arreglo es producto del patrón de campo de un dipolo por el factor del arreglo Notar que no se toma en cuenta todavía el efecto del plano reflector</p>
$Epr(\phi) := \left| \cos\left[\frac{\pi}{2} \cdot \left(\cos\left(\phi + \frac{\pi}{2}\right) - 1\right)\right] \right|$	... factor de multiplicación debido al plano reflector
$E_{total}(\phi, \theta) := E(\phi, \theta) \cdot Epr(\phi)$	... campo espacial del arreglo de N dipolos, separados la distancia d, con plano reflector separado un cuarto de longitud de onda, y alimentados en fase y con iguales potencias
$Gain(\phi, \theta) := 11.35 + 20 \cdot \log(E_{total}(\phi, \theta))$	... ganancia del panel en dBd, para variaciones de ángulo de elevación y ángulo azimutal
$Gtx(\phi, \theta) := 10 \left(\frac{Gain(\phi, \theta)}{10} \right)$	... ganancia del panel en veces, para variaciones del ángulo de elevación y ángulo azimutal
$Ptx := 1.8$	... potencia radiada efectivamente, en vatios pico de sincronismo, Wps
$EcgA := 0.010$	... campo eléctrico para contorno principal, en V/m
$d80dBuV(\phi, \theta) := \frac{\sqrt{30 \cdot Ptx \cdot Gtx(\phi, \theta)}}{EcgA}$	... distancia de la antena de transmisión al contorno de isocampo, en metros
$\phi \text{ grados}(\phi) := 90 - \frac{180 \cdot \phi}{\pi}$	

DETERMINACIÓN DEL CONTORNO DE CAMPO DE 5 mV/m PARA EL SISTEMA DE TRANSMISIÓN EN UHF :CANALES 16, 18, 20, 22 Y 24

$\lambda := 1$	... longitud de onda
$\beta := \frac{2 \cdot \pi}{\lambda}$	... constante de fase
$d := \frac{\lambda}{2}$	... separación entre elementos del arreglo
$N := 4$	... número de elementos del arreglo
$\theta := \frac{\pi}{2} + 7.65 \cdot \text{deg}$	... ángulo de elevación, equivalente a 7,65° de la dirección máxima
$\phi := 0.000001, \frac{\pi}{36} .. \frac{\pi}{2}$	... variación del ángulo azimutal, dipolos paralelos al eje x
$\alpha := 0$	... fase de la corriente de excitación de los elementos del arreglo
$E(\phi, \theta) := \left| \frac{\cos\left(\frac{\pi}{2} \cdot \cos(\phi)\right)}{\sin(\phi)} \cdot \frac{\sin\left[\frac{N \cdot ((\beta \cdot d \cdot \sin(\phi) \cdot \cos(\theta) + \alpha))}{2}\right]}{N \cdot \sin\left(\frac{\beta \cdot d \cdot \sin(\phi) \cdot \cos(\theta) + \alpha}{2}\right)} \right|$	<p>... campo del arreglo de N elementos separados la distancia d. El arreglo es producto del patrón de campo de un dipolo por el factor del arreglo Notar que no se toma en cuenta todavía el efecto del plano reflector</p>
$Epr(\phi) := \left| \cos\left[\frac{\pi}{2} \cdot \left(\cos\left(\phi + \frac{\pi}{2}\right) - 1\right)\right] \right|$	... factor de multiplicación debido al plano reflector
$Etotal(\phi, \theta) := E(\phi, \theta) \cdot Epr(\phi)$	... campo espacial del arreglo de N dipolos, separados la distancia d, con plano reflector separado un cuarto de longitud de onda, y alimentados en fase y con iguales potencias
$Gain(\phi, \theta) := 11.35 + 20 \cdot \log(Etotal(\phi, \theta))$	... ganancia del panel en dBd, para variaciones de ángulo de elevación y ángulo azimutal
$Gtx(\phi, \theta) := 10 \left(\frac{Gain(\phi, \theta)}{10} \right)$	... ganancia del panel en veces, para variaciones del ángulo de elevación y ángulo azimutal
$Ptx := 1.8$	... potencia radiada efectivamente, en vatios pico de sincronismo, Wps
$EcgA := 0.005$	... campo eléctrico para contorno grado A, en V/m
$d74dBuV(\phi, \theta) := \frac{\sqrt{30 \cdot Ptx \cdot Gtx(\phi, \theta)}}{EcgA}$	... distancia de la antena de transmisión al contorno de isocampo, en metros
$\phi \text{ grados}(\phi) := 90 - \frac{180 \cdot \phi}{\pi}$	

DESVIACION DE DIRECCION DE MAXIMA RADIACION (°)	DISTANCIA AL ISOCAMPO DE 10 mV/m ó 80 dB μ V EN METROS	DISTANCIA AL ISOCAMPO DE 5 mV/m ó 74 dB μ V EN METROS
0°	2562.8	4853.1
5°	2549.6	4830.2
10°	2509.8	4760.9
15°	2442.9	4643.7
20°	2348.5	4476.8
25°	2226.1	4258.2
30°	2076.3	3987.5
35°	1900.5	3665.9
40°	1701.5	3297.6
45°	1484.2	2890.1
50°	1254.7	2454.6
55°	1020.5	2005.6
60°	750.6	1560.4
65°	574.5	1138.1
70°	381.7	758.6
75°	221.1	440.5
80°	100.3	200.3
85°	25.4	50.7
90°	0	0

TABLA 3-7 RESULTADOS DEL CÁLCULO DE DISTANCIA DE ISOCAMPOS DE 10 mV/m Y 5 mV/m, PARA LOS SISTEMAS DE TRANSMISIÓN EN CANALES 16, 18, 20, 22 Y 24

Los resultados mostrados arriba en la tabla 3-7, corresponden a los contornos de isocampo de 10 mV/m y 5 mV/m, en otras palabras se muestran las distancias desde el punto de transmisión hasta los puntos de recepción donde el campo eléctrico tiene igual magnitud para diferentes ángulos desde la dirección de máxima radiación.

A continuación se resume la forma de los cálculos que constan en las dos páginas anteriores, para la determinación de los contornos de isocampo.

Se ha determinado primero el ángulo de elevación ($5,5049^\circ$) desde la dirección de máxima radiación, de modo se obtenga en el extremo del sector a cubrir una intensidad de campo de 10 mV/m.

Luego mediante la evaluación de campo normalizado de nuestro panel de transmisión, obtengo la ganancia del mismo en las diferentes direcciones ($G_{tx}(\phi, \theta)$).

Con los datos de potencia a radiar (1,8 Wps) y el valor de campo eléctrico (10 mV/m) se obtienen las distancias del contorno de isocampo. Todo esto se aplica a la obtención de las distancias del contorno de isocampo de 5 mV/m.

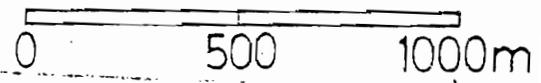
Finalmente, estos datos son trasladados sobre los mapas del sector para observar los lugares que recibirán una señal de uno u otro nivel. El mapa N. 1 es una porción del mapa de la ciudad de Quito, con escala 1:15.000, publicado por el Instituto Geográfico Militar en abril de 1988, este mapa contiene bastantes detalles del lugar a servir.

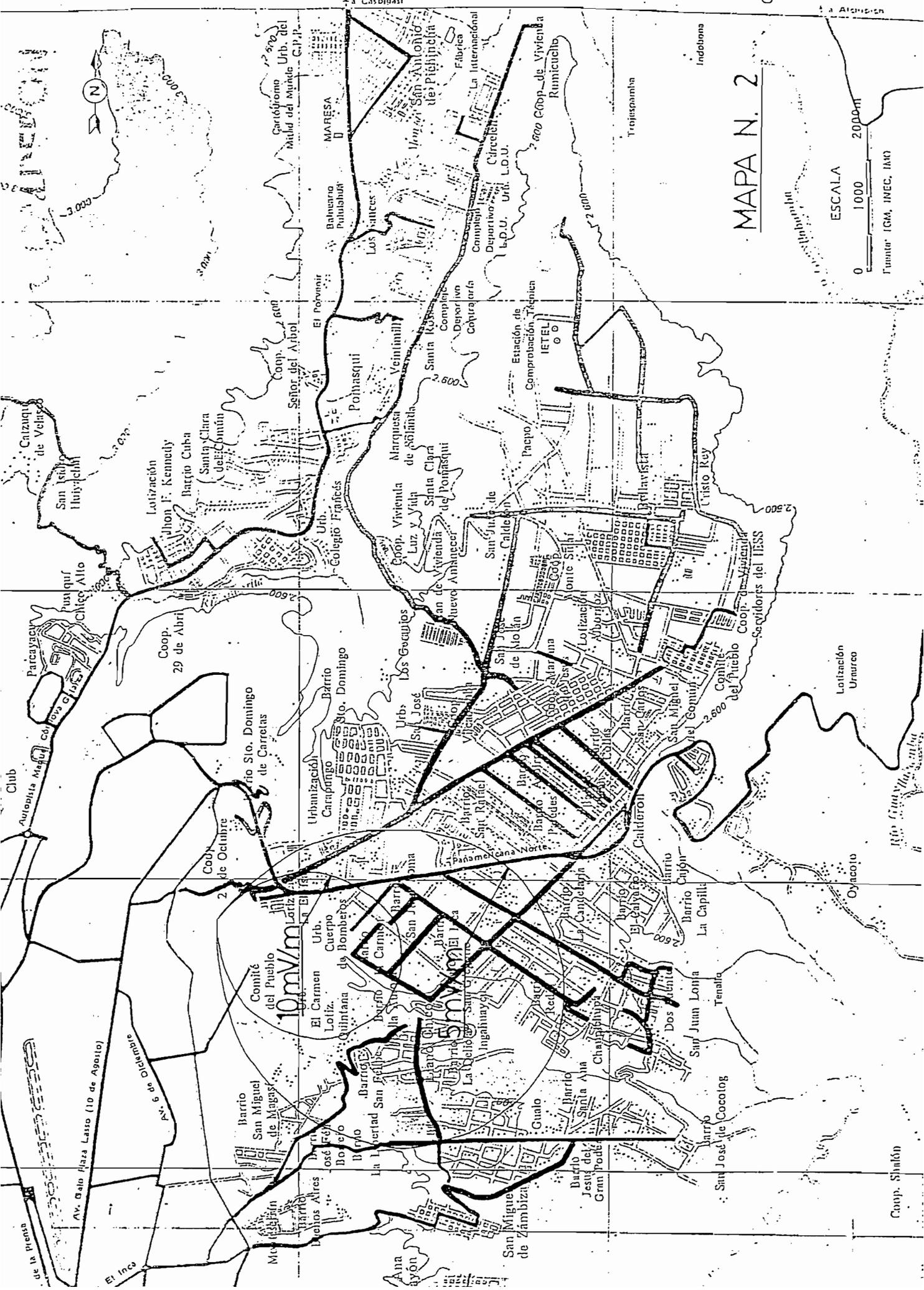
Un segundo mapa, mapa No. 2, contiene los dos contornos definidos, aunque por tratarse de un mapa de mayor escala, no contiene muchos detalles. Este segundo mapa es una fracción del mapa de la “Guía de la provinvia de Pichincha”, de Nelson Gómez.

De estos contornos se observa una cobertura con señal óptima para los sectores de los barrios de “La Bota” y un sector del “Comité del Pueblo”.



MAPA N. 1





MAPA N. 2

ESCALA

0 1000 2000m

Fuente: IGM, INEC, IAKO

de la Prensa
El Inca
Av. Galo Plaza Lasso (10 de Agosto)
Av. 5 de Octubre

Club

Parque
Chico Alto

San José
Huyaychani

Cañazul
de Velasco

Barrio
San Miguel
de Magas

Comité
del Pueblo
El Carmen
Lotiz.

Coop.
29 de Abril

Latización
Jhon F. Kennedy
Barrio Cuba
(Santa Clara
del Común)

Coop. del Señor de Atole
MARESA II
Balmucio
Pulibaur

Barrio
San José
de los
Carmes

Comité
del Pueblo
Quintana
Lotiz.

Coop. 29 de Abril

Latización
Jhon F. Kennedy
Barrio Cuba
(Santa Clara
del Común)

Coop. del Señor de Atole
MARESA II
Balmucio
Pulibaur

Barrio
San José
de los
Carmes

Comité
del Pueblo
Quintana
Lotiz.

Coop. 29 de Abril

Latización
Jhon F. Kennedy
Barrio Cuba
(Santa Clara
del Común)

Coop. del Señor de Atole
MARESA II
Balmucio
Pulibaur

Barrio
San José
de los
Carmes

Comité
del Pueblo
Quintana
Lotiz.

Coop. 29 de Abril

Latización
Jhon F. Kennedy
Barrio Cuba
(Santa Clara
del Común)

Coop. del Señor de Atole
MARESA II
Balmucio
Pulibaur

Barrio
San José
de los
Carmes

Comité
del Pueblo
Quintana
Lotiz.

Coop. 29 de Abril

Latización
Jhon F. Kennedy
Barrio Cuba
(Santa Clara
del Común)

Coop. del Señor de Atole
MARESA II
Balmucio
Pulibaur

Barrio
San José
de los
Carmes

Comité
del Pueblo
Quintana
Lotiz.

Coop. 29 de Abril

Latización
Jhon F. Kennedy
Barrio Cuba
(Santa Clara
del Común)

Coop. del Señor de Atole
MARESA II
Balmucio
Pulibaur

Barrio
San José
de los
Carmes

Comité
del Pueblo
Quintana
Lotiz.

Coop. 29 de Abril

Latización
Jhon F. Kennedy
Barrio Cuba
(Santa Clara
del Común)

Coop. del Señor de Atole
MARESA II
Balmucio
Pulibaur

Barrio
San José
de los
Carmes

Comité
del Pueblo
Quintana
Lotiz.

Coop. 29 de Abril

Latización
Jhon F. Kennedy
Barrio Cuba
(Santa Clara
del Común)

Coop. del Señor de Atole
MARESA II
Balmucio
Pulibaur

Barrio
San José
de los
Carmes

Comité
del Pueblo
Quintana
Lotiz.

Coop. 29 de Abril

Latización
Jhon F. Kennedy
Barrio Cuba
(Santa Clara
del Común)

Coop. del Señor de Atole
MARESA II
Balmucio
Pulibaur

3.18 EQUIPOS PARA REPETIDOR ACTIVO, OPCIÓN No. 2

Los equipos de traslación descritos anteriormente, son la muestra de equipos de televisión tipo profesionales pero con el inconveniente de su alto costo, como se verá más adelante. Por tanto, es necesario buscar una opción de equipos más económica y que cumpla con el propósito buscado en la mejor manera posible.

Se propone, tal como se observa más adelante, el uso de trasladadores para cada canal, seguidos de sendos amplificadores con control de ganancia automático, y un sistema de transmisión compuesto de antenas tipo Yagi.

Los trasladadores son de traslación directa, es decir, se usa una sola mezcla para obtener la frecuencia en el canal de salida, para ello se usa un oscilador local que se mezcla con la señal del canal original.

El amplificador de salida, es una unidad que sigue al trasladador con un control de ganancia automático de modo que el nivel de salida se mantenga constante independiente de las variaciones del nivel de entrada, además cada amplificador posee un filtro pasabanda sintonizado en el canal de salida para atenuar los productos generados fuera del canal de salida.

El sistema de repetición-traslación mediante el uso de estos equipos es fundamentalmente igual al primero, por lo que su análisis será más breve.

3.19 SISTEMA DE RECEPCIÓN

El sistema de recepción planteado anteriormente es fundamentalmente el mismo para este segundo caso, no siendo necesario el sistema de acoplamiento de impedancias entre el sistema repartidor y las entradas de los equipos de repetición, pues éstos son de una entrada de 75Ω .

Este sistema está conformado por una antena Yagi-Uda de recepción de banda ancha, más un sistema de divisores. De esta manera se obtienen seis salidas, cinco de las cuales alimentan los equipos trasladadores, y la sexta queda de reserva y/o monitoreo.

El uso de varios divisores asegura la provisión de señales de varios canales, a pesar de la falla de uno u otro divisor, es decir, si llegará a fallar uno de los divisores, tendríamos la posibilidad de seguir repartiendo señales- al menos tres, a los equipos de traslación. No siendo este el caso de usar un divisor de 8 salidas por ejemplo, pues si éste fallase, podríamos alimentar tan solo una señal.

De esta manera se obtiene alguna redundancia de elementos, sobre la posibilidad de una falla que dañase un divisor de señal.

En todo caso el sistema de recepción-distribución quedaría conformado como se muestra en la figura 3-42.

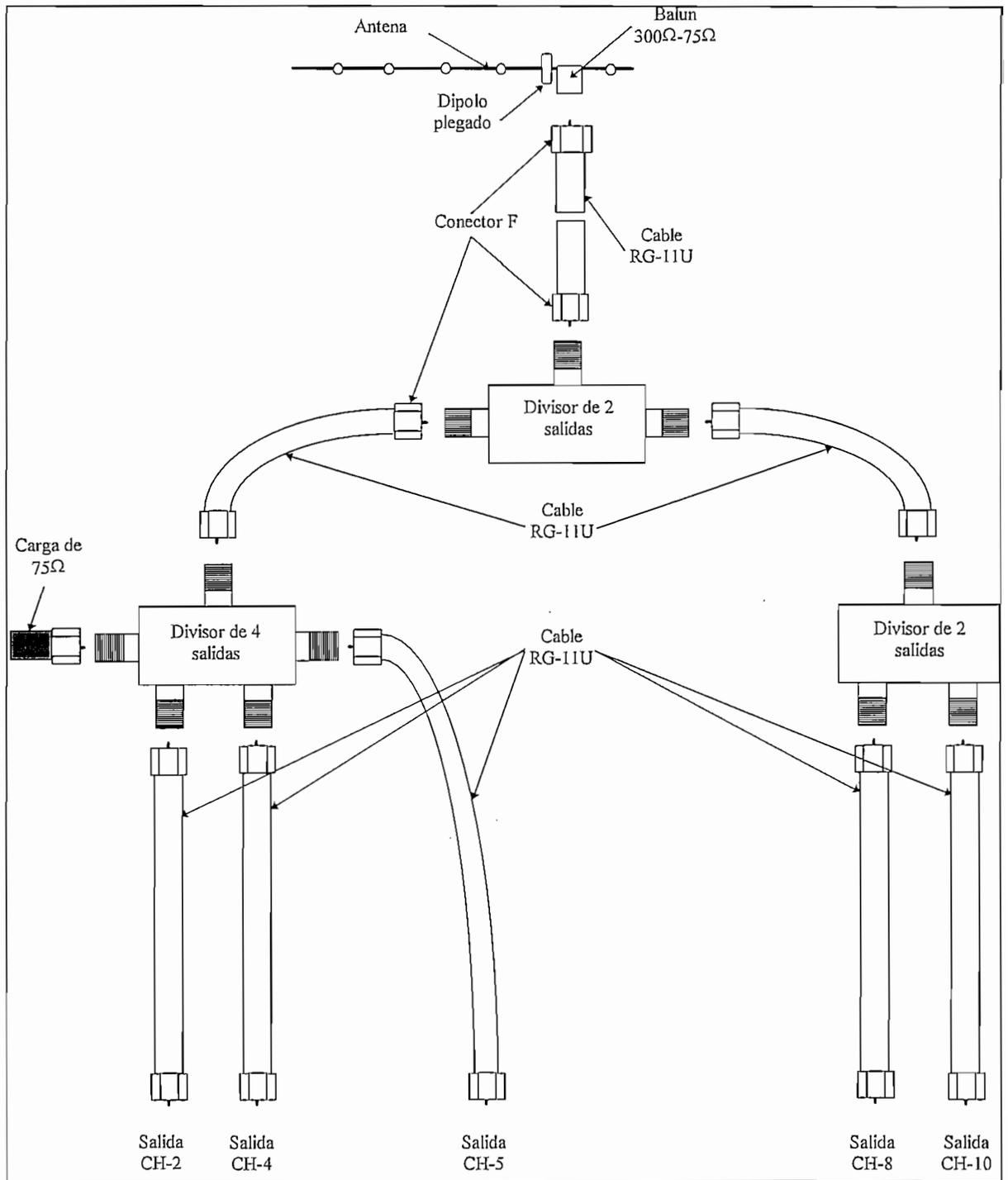


FIGURA 3-42 SISTEMA DE RECEPCIÓN-DISTRIBUCIÓN EN 75 Ω

Como se usa la antena Yagi-Uda de banda ancha antes mencionada, la relación de onda estacionaria sigue siendo igual que en el caso del uso de acopladores de $\lambda/4$.

3.20 EQUIPO TRASLADOR

Los equipos de traslación deben cambiar los canales según se muestra a continuación en la tabla 3-8.

CANAL ORIGINAL EN VHF	CANAL TRASLADADO EN UHF
2	22
4	24
5	16
8	18
10	20

TABLA 3-8 CANALES DE ENTRADA Y SALIDA EN LA REPETICIÓN ACTIVA

Estas traslaciones son las mismas propuestas para el uso con equipos Itelco, recordando algunas de las razones de su elección.

- Canales libres
- Canales similares a los originales, para facilitar familiaridad
- Pérdidas menores que en canales de UHF más altos

Estos datos deben ser remitidos a fábrica para realizar en los equipos solicitados los ajustes correspondientes en oscilador local y filtros de entrada y salida.

El equipo seleccionado para la opción No. 2 es de marca Blonder Tongue, modelo MCX-V/U, cuyas características se describen a continuación.

Estas unidades están diseñadas para convertir un solo canal de VHF en cualquier canal de UHF, menos las conversiones prohibidas. Estos convertidores se caracterizan por el uso de un oscilador controlado por cristal.

La serie de equipos MCX de Blonder Tongue se caracteriza por una circuitería de conversión única para cambios o traslaciones de canales sin doble conversión o trampas y filtros externos. Algunas conversiones de canales son prohibidas y requieren procesos de doble conversión usados en los procesadores heterodinos Blonder Tongue- recordar que este tipo de conversión es usada en los equipos Itelco. Estos conversores usan un diseño de mezclador balanceado y oscilador de cristal altamente estable, permitiendo la operación en canales adyacentes.

Estos trasladadores poseen un alto rechazo a las frecuencias imágenes. Están contenidos dentro de una carcasa de aluminio de 1,75" de alto y un frente estándar de 19". Un cable de alimentación de 18" de longitud y una salida de AC son provistas en todos los modelos, permitiendo fácil interconexión entre las diferentes unidades sin extensiones extras.

A continuación se tabulan las más importantes especificaciones de este equipo trasladador.

ESPECIFICACIONES

MCX-V/U

RF

Rango de frecuencia (MHz)

Entrada :

50-300

Salida:

470-806

Planitud (dB):

0,5

Nivel de señal de entrada (dBmV)

Mínimo (a):

-4,5

Recomendado (b):

+22

Estabilidad de frecuencia máxima (kHz):

±25

Selectividad a ±9 MHz (dB):

-26

Espúreas en la salida (dB):

-60 (c)

Rechazo a frecuencia imagen (dB):

-55

Modulación de ruido (dB):

-70

Impedancia en todos los pórticos (Ω):

75

Pérdidas de retorno (dB)

Entrada:

16

Salida:

18

GENERAL

Requerimientos de potencia

Voltaje (VAC):

117, ±10%

Frecuencia (Hz):

60

Fusible:

1/8 A

Rango de temperatura (°C):

-20 a + 50

MECÁNICAS

Dimensiones (WxHxD):

19"x1,75"x5,13"
(483x44x130)mm

Peso:

5 libras
(2,27 kg)

CONECTORES(Panel frontal)

Entrada de RF: Tipo "F" hembra

Salida RF: Tipo "F" hembra

NOTAS:

(a) para imagen Grado 1 de la TASO (imagen excelente si $S/N = 46$ dB)

(b) en canal con intermodulación a -55 dB

(c) con una salida aproximadamente a +35 dBmV

3.21 EQUIPO AMPLIFICADOR

Es necesario el uso de un pequeño amplificador a continuación del equipo trasladador, pues, este último tiene una salida baja para los propósitos buscados, el amplificador es perfectamente compatible con el trasladador descrito anteriormente.

Se ha seleccionado el amplificador de marca Blonder Tongue, modelo HMCA-U, el mismo que es un amplificador de canales de UHF, de alto nivel de salida, baja figura de ruido, con control automático de ganancia y otras más que se describen luego.

Estos amplificadores están diseñados para amplificar y estabilizar el nivel de señal de un solo canal de UHF. Poseen bajo nivel de ruido, alta ganancia con relativo alto nivel de salida. Un control de AGC de amplio rango dinámico provee una señal estable de alta calidad, con baja distorsión y bajos productos de intermodulación.

El diseño modular usado en estos amplificadores, consistente de tres secciones: un amplificador de entrada sintonizado- en el canal de entrada, un amplificador principal de banda ancha y un módulo de salida también sintonizado- en el canal de salida, con un duplexor filtro direccional para la combinación de canales alternantes en un sistema. Los tres módulos pueden ser removidos y/o cambiados según las necesidades. El amplificador se halla contenido dentro de un chasis de acero, el mismo que es apto para montaje en bastidores estándares de 19" de frente.

Al igual que el trasladador, este equipo posee un cable de alimentación de 18" de longitud y una salida de AC para permitir la interconexión entre equipos.

A continuación se listan los diferentes aspectos y características de este amplificador.

ESPECIFICACIONES	HMCA-U
<u>RF</u>	
Rango de frecuencia (MHz):	470-806
Canales:	UHF
Nivel de salida (dBmV) Máximo:	73(a)
Rango del nivel de salida (dB)	19
Ganancia (dB):	63
Figura de ruido a ganancia total:	7,5
Rango de AGC (dB):	30
Rigidez o ventana de AGC (dB):	<0,4(70)(b)

Planitud pasabanda (dB):	±0,5(c)
Rechazo al canal alternante (dB):	-30(d)
Impedancia en todos los puertos (Ω):	75
Pérdidas de retorno en la entrada (dB):	13
Pérdidas de retorno en la salida (dB):	10

GENERAL

Requerimientos de potencia	
Voltaje (VAC):	117, ± 10%
Frecuencia (Hz):	60
Fusible:	3/8 A
Rango de temperatura (°C):	-20 a +65

MECÁNICAS

Dimensiones (WxHxD):	19"x1,75"x6,13" (483x44x156)mm
Peso	7 libras (3,18 kg)

CONECTORES (Panel frontal)

Entrada de RF	Tipo "F" hembra
Entrada a duplexar	Tipo "F" hembra
Salida duplexada	Tipo "F" hembra
Pórtico de prueba	Tipo "F" hembra

CONTROLES (Panel frontal)

De nivel de salida
De AGC (d)

NOTAS:

(a) para una compresión de sincronismo de ½ dB

(b) cambio del nivel de salida para un correspondiente cambio del nivel de entrada, para el nivel de salida indicado

(c) para un ancho de banda de 6 MHz

(d) a ±9 MHz del centro del canal

3.22 ANTENAS TRANSMISORAS

Debido al alto costo que tienen los paneles de UHF, una opción más económica es usar antenas Yagi como elementos de transmisión, esto redundará en un costo mucho menor con un desempeño muy similar al panel de UHF descrito anteriormente.

Obviamente el diseño de la antena Yagi debe tener una ganancia muy próxima a la que poseen los paneles de UHF para realizar la función similar que se mencionó. Habrá desde luego un cambio de los contornos de campo debido a la distinta configuración de radiación que presenta la antena Yagi respecto del panel de UHF, esto se verá claramente más adelante.

3.22 1 DISEÑO DE LAS ANTENAS DE TRANSMISIÓN

Las figuras 3-43 a 3-47 contienen datos sobre las antenas de transmisión, estos datos corresponden a antenas Yagi diseñadas y simuladas para la banda de cada canal. Estas figuras contienen las longitudes de todos los elementos de la antena, así como sus separaciones, también se incluye el patrón de campo eléctrico en los extremos de frecuencia de la banda de canal. Se muestra además la ganancia de la antena (11,17 dBd), la relación frente atrás (23,02 dB), la impedancia de la antena con dipolo simple ($16,2 - j18,5 \Omega$) y la relación de onda estacionaria de la antena (1,10) para la frecuencia de 482 MHz- que son los datos tomados como ejemplo. Las longitudes dadas de los diferentes elementos corresponden a las longitudes desde el boom o soporte hasta su extremo, vale decir que el elemento tendrá una longitud total del doble que muestran los datos de los diferentes gráficos. Todos los elementos deben ser construidos con tubos de aluminio de 3/8".

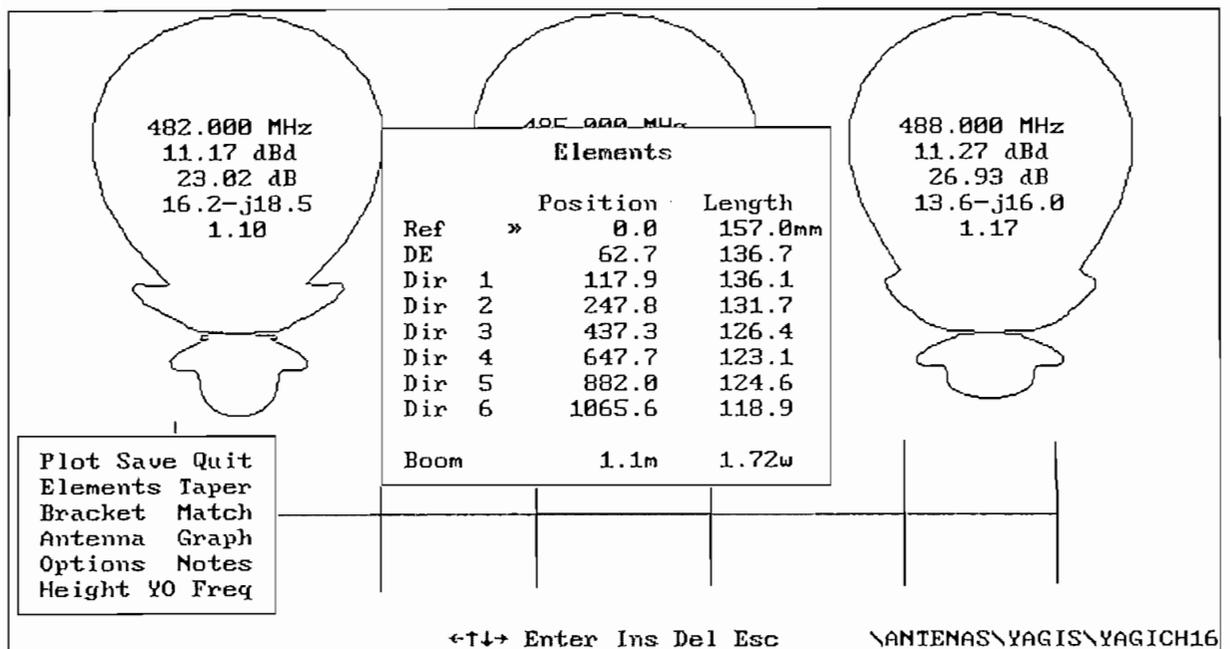


FIGURA 3-43 DATOS DE DISEÑO Y SIMULACIÓN DE ANTENA DE TRANSMISIÓN YAGI PARA CANAL 16

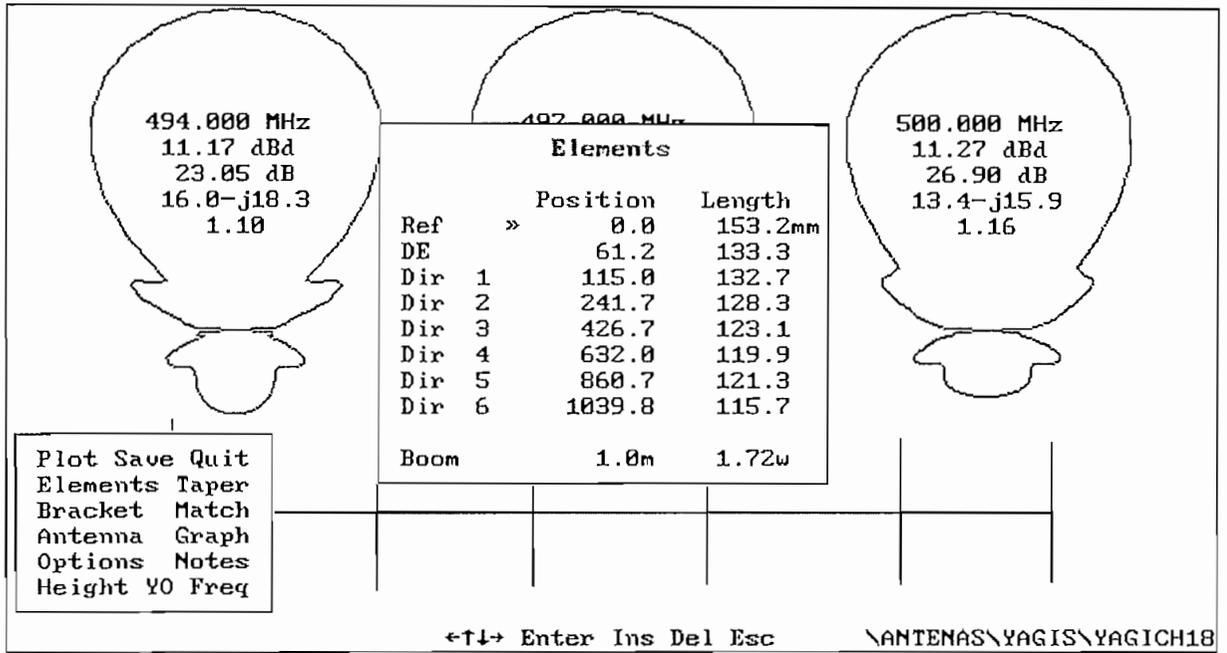


FIGURA 3-44 DATOS DE DISEÑO Y SIMULACIÓN DE ANTENA DE TRANSMISIÓN YAGI PARA CANAL 18

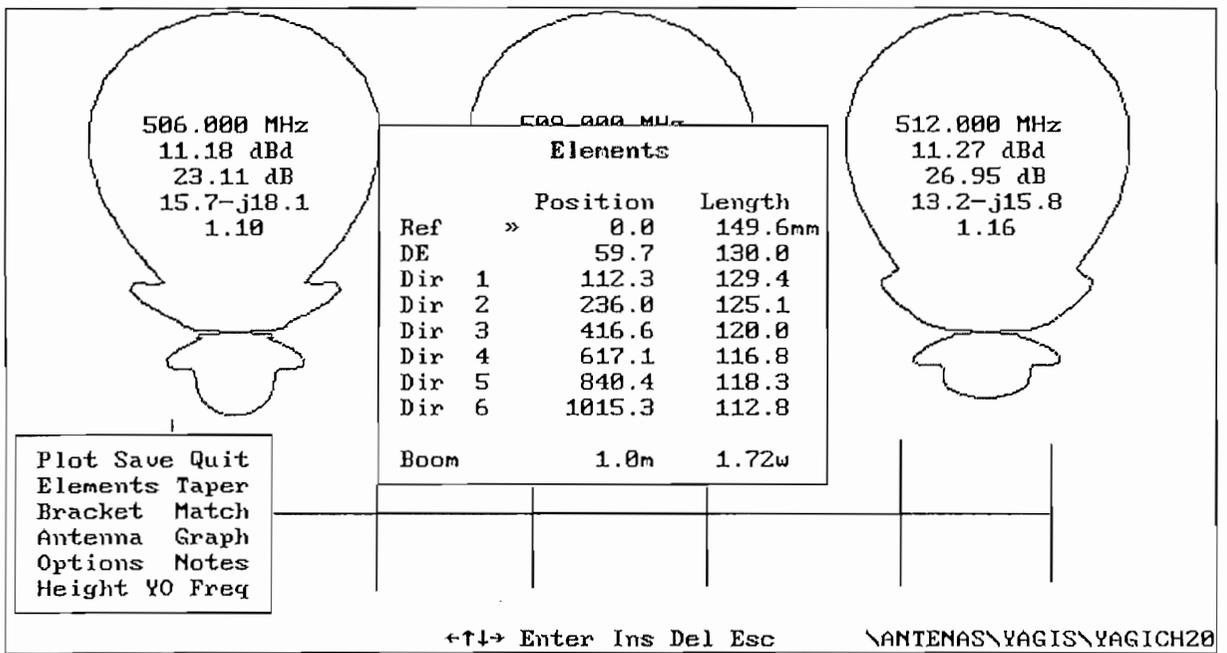


FIGURA 3-45 DATOS DE DISEÑO Y SIMULACIÓN DE ANTENA DE TRANSMISIÓN YAGI PARA CANAL 20

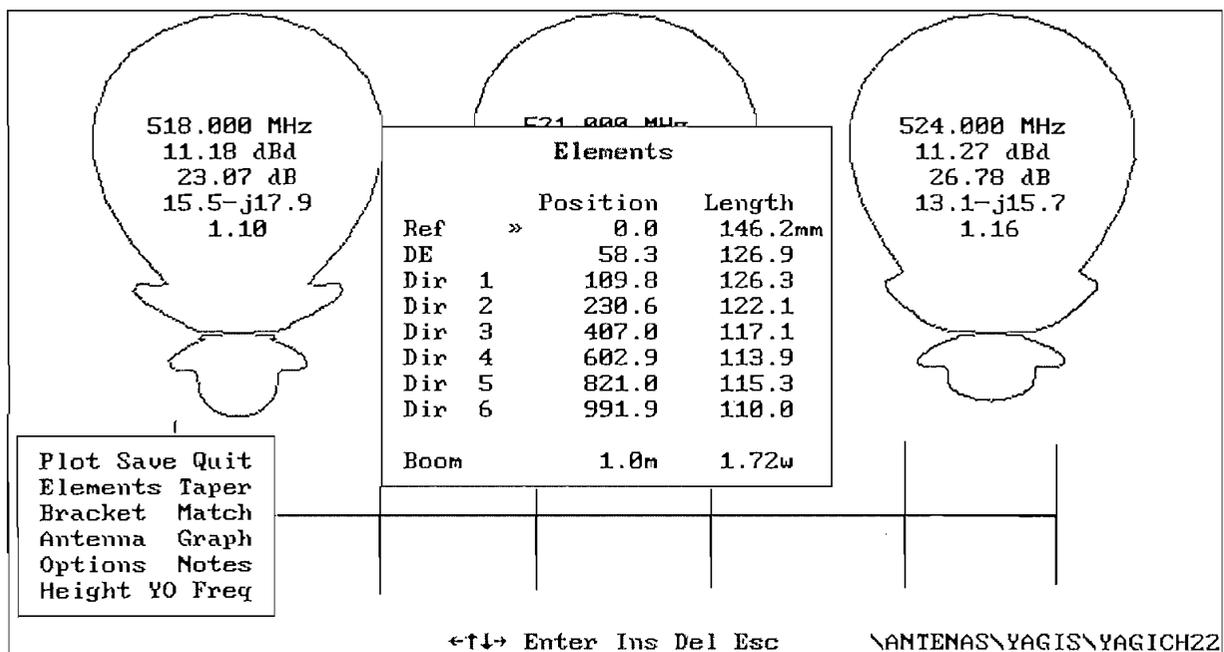


FIGURA 3-46 DATOS DE DISEÑO Y SIMULACIÓN DE ANTENA DE TRANSMISIÓN YAGI PARA CANAL 22

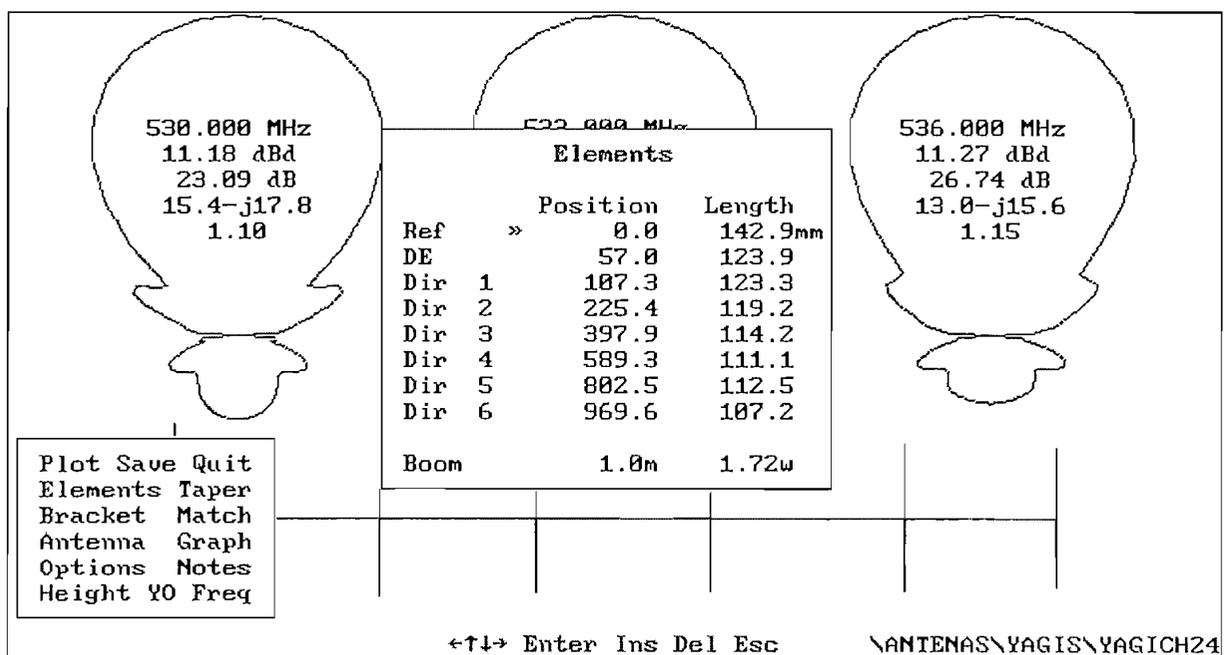


FIGURA 3-47 DATOS DE DISEÑO Y SIMULACIÓN DE ANTENA DE TRANSMISIÓN YAGI PARA CANAL 24

3.22.2 ACOPLAMIENTO DE LAS ANTENAS DE TRANSMISIÓN A LOS EQUIPOS DE REPETICIÓN

La salida de los equipos de transmisión tiene una impedancia de 75Ω , mientras que las antenas según los datos de la simulación tienen impedancias de alrededor de $15 -j15 \Omega$, de manera que deberá buscarse un sistema que realice un buen acoplamiento entre las antenas y la salida de los equipos.

Todo lo mencionado anteriormente queda solucionado usando un dipolo plegado como elemento de excitación de la antena y un balun de cable coaxial. A continuación y como ejemplo se exponen los cálculos de la longitud de cable para el balun y la obtención de la relación de onda estacionaria de la antena, siendo esta última cifra muy decisiva de la validez del sistema de acoplamiento propuesto.

Como es sabido la longitud del cable del balun corresponde a la mitad de la longitud de onda de trabajo, para el ejemplo a tratarse se tomará la frecuencia de mitad de banda del canal 16, es decir: 485 MHz.

Por tanto, la longitud de onda será:

$$\lambda_{CH16} = \frac{300}{485} m$$
$$\lambda_{CH16} = 61,8 cm$$

Ahora para determinar la longitud de cable que se usará para el balun, es necesario conocer el cable a usar, para el cable RG-11/U tenemos que sus principales características son: factor de velocidad de 66% y una impedancia de 75Ω .

Por tanto, el cable del balun debe tener una longitud de :

$$L_{balun-CH16} = \frac{\lambda_{CH16}}{2} * 0,66$$
$$L_{balun-CH16} = \frac{61,8 cm}{2} * 0,66$$
$$L_{balun-CH16} = 20,4 cm$$

Ahora se puede determinar la relación de onda estacionaria que tendrá la antena de transmisión usando el balun calculado ante la entrada de 75Ω de nuestro equipo repetidor. La impedancia que presenta la antena- con dipolo simple, a la frecuencia de 482 MHz- ver figura 3-43, es de $16,2 -j18,5 \Omega$.

Al emplear un balun plegado como elemento excitador de la antena, ésta tendrá una impedancia de:

$$Z_{antena} = 4 \cdot 73 - 16,2 + j18,5 \Omega$$
$$Z_{antena} = 275,8 + j18,5 \Omega$$

Y mediante el balun la impedancia de antena se transformará en:

$$Z_{des-antena} = \frac{275,8 + j18,5}{4} \Omega$$

$$Z_{des-antena} = 68,95 + j4,63 \Omega$$

Sobre un sistema de 75 Ω , tendremos que el coeficiente de reflexión tiene un valor de:

$$\rho = \frac{Z_{des-antena} - 75}{Z_{des-antena} + 75}$$

$$\rho = \frac{68,95 + j4,63 - 75}{68,95 + j4,63 + 75}$$

$$\rho = 0,053[140,7^\circ]$$

Finalmente, la relación de onda estacionaria es:

$$S = \frac{1 + |\rho|}{1 - |\rho|}$$

$$S = \frac{1 + 0,053}{1 - 0,053}$$

$$S = 1,11$$

Este valor de relación de onda estacionaria es muy adecuado para un sistema de transmisión, pues tan solo un 0,28% de la potencia incidente es reflejada hacia el equipo transmisor, que para efectos prácticos se toma al sistema como acoplado.

Se tabulan a continuación los diferentes valores de relación de onda estacionaria que presentan las antenas descritas anteriormente para transmisión- ver tabla 3-9.

CANAL	16	18	20	22	24
$S_{m\acute{a}x}$	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26
$\%P_{ref}$	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21

TABLA 3-9 RELACIÓN DE ONDA ESTACIONARIA DE LAS ANTENAS DE TRANSMISIÓN SOBRE UN SISTEMA DE 75 Ω

Los valores tabulados corresponden a la relación de onda estacionaria máxima, y como se nota ésta es la misma para todas las antenas, teniendo además un porcentaje de potencia reflejada por desacoplamiento de 1,21%, que sigue siendo muy baja.

En cuanto al cable de transmisión, se ha seleccionado un cable de bajas pérdidas y aquí con mayor razón debe ser usado un tipo de cable así, pues esta segunda opción tiene equipos de menor potencia de salida. El cable es de 1/2", de 75 Ω y cuyas características más relevantes se anotan en la tabla 3-10.

CABLE DE DIELECTRICO DE ESPUMA DE 1/2" IMPEDANCIA 75 Ω		
ATENUACIÓN dB/100 METROS		
FRECUENCIA	%VEL	DESIGNACIÓN: LDF4-75A
500MHz	88	4,8

TABLA 3-10 CARACTERÍSTICAS DEL CABLE DE 1/2" Ó LDF4-75A

Para una longitud de 10 metros de cable de transmisión, la atenuación es de 0,48 dB/10m. No debería emplearse una mayor longitud de este cable para evitar pérdidas de potencia en el mismo.

En cuanto a los conectores usados para este cable, se debe usar un conector tipo N macho (L4NM), en ambos extremos, teniendo que incluir en la construcción del balun de la antena transmisora un conector N hembra (UG-22), además debe tenerse un adaptador N hembra a F macho para la conexión del cable de transmisión a la salida del equipo repetidor, pues no existe un conector tipo F para cable de 1/2".

3.22.3 APILAMIENTO DE LAS ANTENAS DE TRANSMISIÓN

Se ha tomado la opción de apilar las antenas de transmisión para incrementar la ganancia del sistema de transmisión, al tener una potencia baja en los equipos.

Resulta cierto que al incrementar la ganancia de la antena de transmisión, los lóbulos de radiación se estrechan reduciendo la zona de cobertura, pero también es cierto que la zona a servir es pequeña y alargada, lo que en cierta forma es muy conveniente para realizar una aplicación como la que se propone.

El apilamiento de dos antenas de transmisión iguales, produce un incremento en la ganancia de 3 dB, esto al menos en teoría, pues en la práctica resulta ser un poco menor.

El espaciamiento óptimo entre las antenas ha sido determinado analíticamente por H. W. Kaspar- que es un radioaficionado norteamericano. Otro radioaficionado, también norteamericano, C. Greenblum realizó experiencias con estos apilamientos y encontró que para espaciamientos entre $3\lambda/4$ y 2λ el incremento de la ganancia del sistema era de 3 dB aproximadamente, manteniéndose prácticamente constante para los citados espaciamientos.

Las antenas deben ser alimentadas en fase, de modo que también debe existir un sistema que realice esta función. Un simple sistema divisor-acoplador de $\lambda/4$ realiza esta función además de realizar la adaptación de impedancias.

Para realizar el divisor-acoplador, se usa cable RG-8/U, cuya impedancia nominal es de 52 Ω y un factor de velocidad de 0,66.

La figura 3-48 muestra las dimensiones del divisor-acoplador para las antenas Yagi de transmisión.

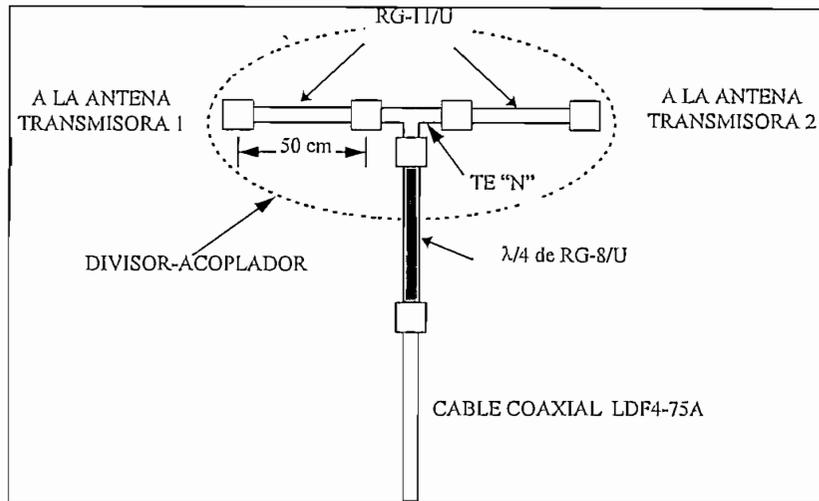


FIGURA 3-48 DIVISOR-ACOPLADOR PARA LAS ANTENAS DE TRANSMISIÓN DE CH16

Este divisor-acoplador está conformado por cable coaxial de 50 Ω, por una “T” tipo N, conectores N para las correspondientes conexiones y el cable de bajada.

Las longitudes de los tramos de cable RG-11/U deben ser iguales y además deben tener la longitud adecuada para la conexión a las dos antenas. Esta separación para las dos antenas se ha escogido de una longitud de onda, aproximadamente 60 cm. De modo que una longitud de cables RG-11/U adecuada es de 50 cm.

La impedancia nominal del tramo de λ/4 es de 52 Ω, impedancia necesaria para el acoplamiento de la impedancia de 75 Ω del cable de bajada con 37,5 Ω- dos antenas de 75 Ω en paralelo, y cuyo valor se obtiene así:

$$Z_{\lambda/4} = \sqrt{75 \cdot 37,5} \Omega$$

$$Z_{\lambda/4} = 53 \Omega$$

Obviamente estas impedancias no son iguales pero el valor requerido de 53 Ω es muy cercana a los 52 Ω del cable comercialmente disponible.

La tabla 3-11 contiene las diferentes longitudes de los cables RG-8/U de los acopladores de λ/4 para cada uno de los sistemas transmisores de doble antena.

CANAL	FRECUENCIA(MHz)	λ/4 (RG-8/U)
16	482-488	10,2 cm
18	494-500	9,9 cm
20	506-512	9,7 cm
22	518-524	9,5 cm
24	530-536	9,3 cm

TABLA 3-11 LONGITUDES DE LOS SEGMENTOS ACOPLADORES DE λ/4

3.22.4 GANANCIA DEL SISTEMA DE DOBLE ANTENA

Ya se anotó que el uso de doble antena de transmisión produce un incremento en la ganancia ligeramente menor a 3 dB, por tanto se toma la ganancia de este sistema alrededor de 14 dB, ya que la ganancia de una antena es 11,2 dB.

Los anchos de los lóbulos de una de estas antenas son 40° para el plano eléctrico y de 46° para el plano magnético, de donde el sistema de doble antena deberá tener anchos de lóbulos de 40° para el plano eléctrico y 23° para el plano magnético, estos anchos de lóbulos se consideran para la predicción de cobertura.

3.23 PREDICCIÓN DE COBERTURA, OPCIÓN No. 2

Al determinar los contornos principales de campo que se generan mediante el empleo de los equipos y antenas de transmisión descritos anteriormente, se puede concluir si esta opción es válida desde el punto de vista técnico.

La determinación de estos contornos es básicamente igual a la forma empleada para la opción No. 1- con equipos Itelco y paneles de UHF.

El nivel de salida de nuestro equipo amplificador es de 73 dBmV sobre una impedancia de 75 Ω , de donde la potencia de salida es 266 mW.

Debe recordarse que el uso de cable de transmisión introduce pérdidas, esta pérdida es de 10% para 10 metros- 0,48 dB/10 m, por tanto la potencia efectiva a radiar es 240 mW.

Empleando el mismo programa descrito para la determinación de la cobertura en la opción No.1 con ciertas correcciones para obtener los anchos de lóbulos dados para el sistema de doble antena, e ingresando la nueva potencia efectiva a radiar se obtiene de forma aproximada la cobertura que nos genera esta segunda opción, los contornos de isocampo de 10 mV/m y 5 mV/m son mostrados en el mapa No. 3.

Comparando los contornos del mapa No. 3 con los dados en el mapa No. 1 y mapa No. 2 se nota rápidamente que la zona de cobertura se ve reducida, pero siendo completamente útil para dar servicio a la zona en cuestión.



A CALDERÓN

25

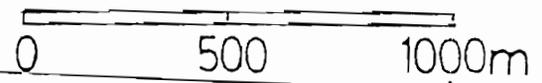
26

27

28



MAPA N. 3



CAPÍTULO 4

4.1	Introducción	131
4.2	Análisis de factibilidad, opción No. 1	131
4.2.1	Costo de equipos trasladadores Itelco	131
4.2.2	Costo de antenas de transmisión	131
4.2.3	Costo de cables y conectores de recepción y transmisión	132
4.2.4	Costo de accesorios	133
4.2.5	Costo total para la provisión de equipos, opción No.1	133
4.3	Análisis de factibilidad, opción No.2	134
4.3.1	Costo de equipos trasladadores Blonder Tongue	134
4.3.2	Costo de amplificadores de UHF	135
4.3.3	Costo de antenas de transmisión	136
4.3.4	Costo de cables y conectores de recepción y transmisión	136
4.3.5	Costo de accesorios	137
4.3.6.	Costo total para la provisión de equipos y materiales, opciónNo.2	137

CAPÍTULO 4

4.1 INTRODUCCIÓN

Este capítulo está dedicado más que todo a un análisis de factibilidad antes que propiamente a un análisis económico, pues en este punto ya se tienen dos soluciones técnicas y es necesario conocer sus limitaciones económicas para llevar a la práctica una u otra alternativa.

La forma de provisión de medios económicos puede hacerse directamente con la colaboración de todos los individuos del sector a servir.

4.2 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD, OPCIÓN No. 1

Esta primera opción cubre la obtención de los equipos trasladadores, antenas de recepción y transmisión, cables de recepción y transmisión, y finalmente accesorios.

4.2.1 COSTO DE EQUIPOS TRASLADORES ITELCO

Son necesarios cinco (5) equipos trasladadores, con las siguientes características técnicas básicas y costos anotados:

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	MODELO	COSTO
1	Traslador de TV ITELCO norma NTSC, IN CH 2, OUT CH 22, $P_{out} = 2$ Wps, 110VAC, 60 Hz	L631	USD 12.500
1	Traslador de TV ITELCO norma NTSC, IN CH 4, OUT CH 24, $P_{out} = 2$ Wps, 110VAC	L631	USD 12.500
1	Traslador de TV ITELCO norma NTSC, IN CH 5, OUT CH 16, $P_{out} = 2$ Wps, 110VAC	L631	USD 12.500
1	Traslador de TV ITELCO norma NTSC, IN CH 8, OUT CH 18, $P_{out} = 2$ Wps, 110VAC	L631	USD 12.500
1	Traslador de TV ITELCO norma NTSC, IN CH 10, OUT CH 20, $P_{out} = 2$ Wps, 110VAC	L631	USD 12.500

COSTO TOTAL DE EQUIPOS PUESTOS EN EL PAIS:	USD 62.500
---	-------------------

4.2.2 COSTO DE ANTENAS DE TRANSMISIÓN

Las antenas de transmisión son paneles de UHF marca RYMSA, cuyas características básicas y costos se muestran a continuación:

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	MODELO	COSTO
5	Panel de UHF marca RYMSA, banda 470-806 MHz, Ganancia = 13,25 dBi, F/B > 14 dB, Impedancia 50 Ω, conector 7/16	AT15-240	USD 4.375

COSTO TOTAL DE PANELES DE UHF A USD 875 CADA UNO: USD 4.375

4.2.3 COSTO DE CABLES Y CONECTORES DE RECEPCIÓN Y TRANSMISIÓN

La cantidad de cables tanto para recepción y transmisión se muestra a continuación así como su costo:

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
75	Metros de cable coaxial LDF5-50A de 50 Ω	USD 21,0	USD 1.575,0
15	Metros de cable coaxial RG-11/U	USD 2,5	USD 37,5
12	Metros de cable coaxial RG-62BU	USD 1,5	USD 18,0
11	Conectores "F" macho	USD 0,5	USD 5,5
10	Conectores "N" macho ó UG-21 para cable RG-62BU	USD 7,0	USD 70,0
5	Conectores "N" hembra ó UG-23 para cable RG-11U	USD 7,0	USD 35,0
5	Conectores "N" macho para cable 7/8" ó L5NM	USD 77,0	USD 385,0
5	Conectores "N" hembra para cable 7/8" ó L5PDM	USD 65,0	USD 325,0

COSTO TOTAL DE CABLES Y CONECTORES PARA RX Y TX: USD 2.451,0

4.2.4 COSTO DE ACCESORIOS

Se listan todos los accesorios necesarios para la instalación y funcionamiento del sistema repetidor así como sus costos:

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
2	Divisor simétrico marca Blonder Tongue, modelo CRS-2, pérdidas de inserción 3,5 dB(5-500 MHz), dos salidas desbalanceadas conector tipo "F"	USD 5,5	USD 11,0
1	Divisor simétrico marca Blonder Tongue, modelo CRS-4, pérdidas de inserción 7,5 dB(5-500 MHz), cuatro salidas desbalanceadas conector tipo "F"	USD 8,0	USD 8,0
1	Carga resistiva de 75 Ω , conector tipo "F"	USD 1,5	USD 1,5
1	Antena Yagi de recepción, construcción nacional según datos proporcionados por diseño, ver tabla 3-2	USD 25,0	USD 25,0
1	Tubo de hierro galvanizado de 9m de longitud, diámetro 4 ", con parrilla metálica de 7m x 0,4m, para montaje de antenas de transmisión	USD 55,0	USD 55,0
1	Bastidor o armario metálico para montaje de equipos con instalación eléctrica y sistema de tierra.	USD 70,0	USD 70,0
5	Juegos de accesorios de sujeción para cable 7/8" (15m)	USD 10,0	USD 50,0
1	Tubo de hierro galvanizado de 3m de longitud, diámetro 2 ", para antena de recepción	USD 10,0	USD 10,0

COSTO TOTAL DE ACCESORIOS: USD 230,5

4.2.5 COSTO TOTAL PARA LA PROVISIÓN DE EQUIPOS , OPCIÓN No. 1

El costo total de estos equipos y el resto de sus accesorios de instalación, se hace en dólares, estos costos tienen en cuenta los transportes y desaduanización. El costo total de estos equipos asciende a SESENTA Y NUEVE MIL QUINIENTOS CINCUENTA Y SEIS DÓLARES CON 50 CENTAVOS (USD 69.556,5).

La vigencia de estos precios es hasta fin de año, con pequeños incrementos o incluso con precios menores, sobretodo en lo que son cables y conectores.

Como se observa, esta opción resulta bastante costosa, aunque debe tenerse en cuenta que estos equipos son técnicamente de alta calidad.

4.3 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD, OPCIÓN No. 2

Esta opción cubre la obtención de los equipos trasladadores, amplificadores, antenas de recepción y transmisión, cables de recepción y transmisión, y finalmente accesorios.

4.3.1 COSTO DE EQUIPOS TRASLADORES BLONDER TONGUE

Aquí también son necesarios cinco (5) equipos trasladadores, con las siguientes características técnicas básicas y costos anotados:

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	MODELO	COSTO
1	Traslador de TV BLONDER TONGUE norma NTSC, IN CH 2, OUT CH 22, 117VAC, 60 Hz	MCX-V/U	USD 500
1	Traslador de TV BLONDER TONGUE norma NTSC, IN CH 4, OUT CH 24, 117VAC, 60 Hz	MCX-V/U	USD 500
1	Traslador de TV BLONDER TONGUE norma NTSC, IN CH 5, OUT CH 16, 117VAC, 60 Hz	MCX-V/U	USD 500
1	Traslador de TV BLONDER TONGUE norma NTSC, IN CH 8, OUT CH 18, 117VAC, 60 Hz	MCX-V/U	USD 500
1	Traslador de TV BLONDER TONGUE norma NTSC, IN CH 10, OUT CH 20, 117VAC, 60 Hz	MCX-V/U	USD 500

COSTO TOTAL DE TRASLADORES PUESTOS EN EL PAIS	USD 2.500
--	------------------

4.3.2 COSTO DE AMPLIFICADORES DE UHF

Los amplificadores de salida de UHF son listados a continuación con sus costos y características básicas.

CANTIDAD	DESCRIPCION	MODELO	COSTO
1	Amplificador de TV BLONDER TONGUE norma NTSC, CH 16, $P_{out} = 266$ mWps, 117VAC, 60 Hz	HMCA-U	USD 450
1	Amplificador de TV BLONDER TONGUE norma NTSC, CH 18, $P_{out} = 266$ mWps, 117VAC, 60 Hz	HMCA-U	USD 450
1	Amplificador de TV BLONDER TONGUE norma NTSC, CH 20, $P_{out} = 266$ mWps, 117VAC, 60 Hz	HMCA-U	USD 450
1	Amplificador de TV BLONDER TONGUE norma NTSC, CH 22, $P_{out} = 266$ mWps, 117VAC, 60 Hz	HMCA-U	USD 450
1	Amplificador de TV BLONDER TONGUE norma NTSC, CH 24, $P_{out} = 266$ mWps, 117VAC, 60 Hz	HMCA-U	USD 450

COSTO TOTAL DE AMPLIFICADORES PUESTOS EN EL PAIS: USD 2.250

4.3.3 COSTO DE ANTENAS DE TRANSMISIÓN

Las antenas de transmisión son antenas Yagi de construcción nacional, cuyas características básicas de construcción son descritas en el capítulo 3, en las figuras 3-43 a 3-47, y sus costos se muestran a continuación:

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO
2	Antena Yagi para canal 16, ganancia 11 dB, relación F/A = 23 dB, 8 elementos, impedancia de entrada 50 Ω , conector N hembra	USD 40
2	Antena Yagi para canal 18, ganancia 11 dB, relación F/A = 23 dB, 8 elementos, impedancia de entrada 50 Ω , conector N hembra	USD 40
2	Antena Yagi para canal 20, ganancia 11 dB, relación F/A = 23 dB, 8 elementos, impedancia de entrada 50 Ω , conector N hembra	USD 40
2	Antena Yagi para canal 22, ganancia 11 dB, relación F/A = 23 dB, 8 elementos, impedancia de entrada 50 Ω , conector N hembra	USD 40
2	Antena Yagi para canal 24, ganancia 11 dB, relación F/A = 23 dB, 8 elementos, impedancia de entrada 50 Ω , conector N hembra	USD 40

COSTO TOTAL DE LAS ANTENAS DE TRANSMISIÓN: USD 200,0

4.3.4 COSTO DE CABLES Y CONECTORES DE RECEPCIÓN Y TRANSMISIÓN

La cantidad de cables tanto para recepción y transmisión se muestra a continuación así como su costo:

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
50	Metros de cable coaxial LDF4-75A de 75 Ω	USD 8,0	USD 400,0
20	Metros de cable coaxial RG-11/U	USD 2,5	USD 50,0
1	Metros de cable coaxial RG-8/U	USD 1,5	USD 1,5
16	Conectores "F" macho	USD 0,5	USD 8,0
30	Conectores "N" macho ó UG-21 para cable RG-11/U y RG-8/U	USD 7,0	USD 210,0
5	Conectores "N" hembra ó UG-23 para cable RG-11U	USD 7,0	USD 15,0

COSTO TOTAL DE CABLES Y CONECTORES PARA RX Y TX: USD 684,5

4.3.5 COSTO DE ACCESORIOS

Se listan todos los accesorios necesarios para la instalación y funcionamiento del sistema repetidor así como sus costos:

CANTIDAD	DESCRIPCION	COSTO UNILARIO	COSTO TOTAL
2	Divisor simétrico marca Blonder Tongue, modelo CRS-2, pérdidas de inserción 3,5 dB(5-500 MHz), dos salidas desbalanceadas conector tipo "F"	USD 5,5	USD 11,0
1	Divisor simétrico marca Blonder Tongue, modelo CRS-4, pérdidas de inserción 7,5 dB(5-500 MHz), cuatro salidas desbalanceadas conector tipo "F"	USD 8,0	USD 8,0
1	Carga resistiva de 75 Ω, conector tipo "F"	USD 1,5	USD 1,5
1	Antena Yagi de recepción, construcción nacional según datos proporcionados por diseño, ver tabla 3-2	USD 25,0	USD 25,0
1	Tubo de hierro galvanizado de 9m de longitud, diámetro 4 ", con parrilla metálica de 7m x 0,4m, para montaje de antenas de transmisión	USD 55,0	USD 55,0
1	Bastidor o armario metálico para montaje de equipos con instalación eléctrica y sistema de tierra.	USD 70,0	USD 70,0
5	Juegos de accesorios de sujeción para cable 1/2" (10m)	USD 10,0	USD 50,0
1	Tubo de hierro galvanizado de 3m de longitud, diámetro 2 ", para antena de recepción	USD 10,0	USD 10,0

COSTO TOTAL DE ACCESORIOS:	USD 230,5
-----------------------------------	------------------

4.3.6 COSTO TOTAL PARA LA PROVISIÓN DE EQUIPOS Y MATERIALES, OPCIÓN No. 2

El costo total de los equipos y el resto de sus accesorios de instalación para la segunda opción tiene fundamentalmente las mismas condiciones que los equipos y accesorios para la opción No.1. Esta opción tiene un costo de CINCO MIL OCHOCIENTOS SESENTA Y CINCO DÓLARES (USD 5.865,0)

De los costos totales de las dos opciones técnicas antes descritas, resulta muy claro que la segunda opción es más fácil de llevar a la práctica, y de hecho será la situación económica la que determinará la realización práctica de uno de los sistemas descritos.

Si las condiciones económicas determinan que sea la segunda opción la que se lleve a la práctica, se deberá tener en cuenta que la cobertura será más pequeña que la dada por la opción No. 1, tal como lo indican las predicciones de campo eléctrico.

Además el tener señales de cinco canales en buenas condiciones, evidentemente no con la calidad total que tendrán las señales originales, será mucho mejor que el no tener ninguna señal como actualmente sucede.

CAPÍTULO 5

5.1 Resultados experimentales	140
5.2 Descripción del sistema de traslación de VHF	140
5.2.1 Antena receptora	140
5.2.2 Equipo trasladador	141
5.2.2.1 Filtro pasabanda de entrada	141
5.2.2.2 Mezclador	142
5.2.2.3 Oscilador local	142
5.2.2.4 Pre-filtro en canal 12	143
5.2.2.5 Amplificador de canal 12	143
5.2.2.6 Filtro de salida	143
5.2.2.7 Antena de transmisión	144
5.3 Resultados obtenidos	144

CAPÍTULO 5

5.1 RESULTADOS EXPERIMENTALES

Para comprobar el cumplimiento de los cálculos hechos en el capítulo 3, sería necesario tener al menos todos los elementos para la repetición de un canal, pero esto resulta prácticamente imposible, fundamentalmente por los costos.

Una forma de obtener unos resultados que nos den muestra y cumplimiento de todo lo diseñado hasta cierto punto es mediante otro equipo traslador que armé, aunque este equipo hace traslación en VHF se aplican todos los principios anotados.

5.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TRASLACIÓN DE VHF

Tal como ya se mencionó este sistema de repetición es fundamentalmente idéntico a cualquiera de los sistemas diseñados para repetir un canal de VHF en uno de UHF.

Este sistema se halla compuesto de una antena receptora, un equipo traslador y un sistema de transmisión.

Para llevar a cabo este repetidor primero fue necesario elegir qué canal iba a ser trasladado, y a qué canal iba a ser trasladado. Fue elegido como canal de entrada el canal 4, y evidentemente el canal de salida debería corresponder a un canal no ocupado en el sector a servir, éste es el canal 12.

No fue posible realizar la traslación del canal de VHF a uno de UHF por la no disponibilidad de elementos y componentes para oscilador de UHF y amplificadores de UHF.

5.2.1 ANTENA RECEPTORA

Debido al alto nivel de recepción en el punto de repetición, esta antena fue construida solamente con un dipolo para canal 4.

Este elemento fue construido con tubo de aluminio de 1,5 cm de diámetro, y una longitud de 2,17 m, es decir, un dipolo en el centro de la banda de canal 4.

Los niveles de recepción obtenidos con este dipolo fueron los siguientes, para la portadora de video (67,25 MHz) un nivel de -16 dBm y para la portadora de audio un nivel de -26 dBm. Es necesario aclarar que estos niveles de potencia difieren de los obtenidos y anotados en las mediciones de campo, sección 1.5 en tabla 1-3, ya que Teleamazonas cambió de transmisor al aire para Quito.

5.2.2 EQUIPO TRASLADOR

Este equipo debe ser capaz de recibir una señal en canal 4, proporcionada desde el dipolo de recepción, y entregar una salida en canal 12 con un nivel de potencia de algunos milivatios, para que pueda ser transmitida y alcance a tener una cobertura apreciable.

La figura 5-1 muestra el diagrama de bloques que conforman este equipo repetidor, los mismos que fueron obtenidos de equipos de deshechos y otros mediante construcciones.

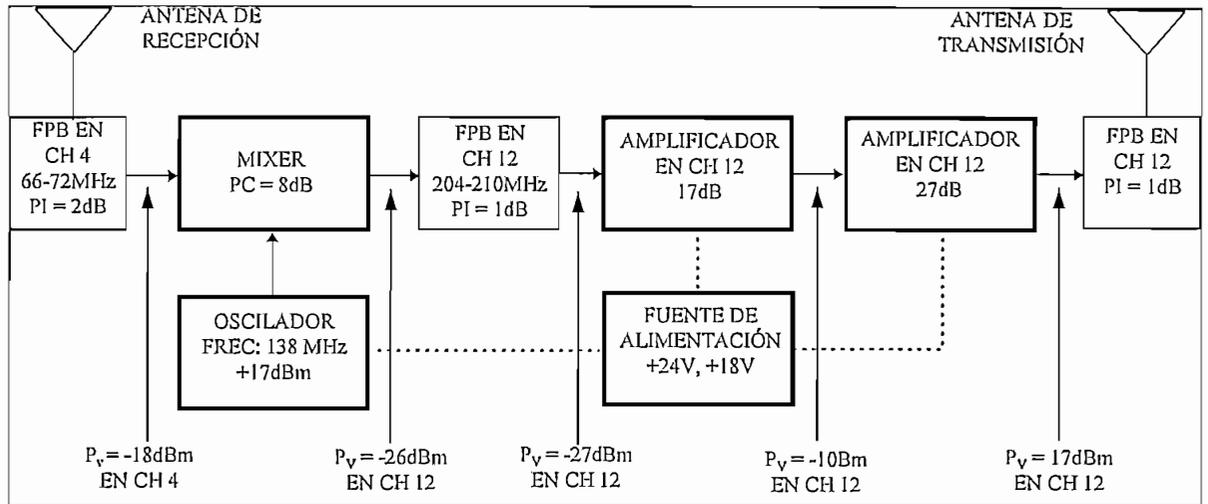


FIGURA 5-1 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL TRASLADOR ENTRADA CH 4, SALIDA CH 12

Este diagrama incluye los diferentes bloques que conforman el traslador, sus niveles de entrada y salida y otros datos importantes de cada bloque.

5.2.2.1 FILTRO PASABANDA DE ENTRADA

Este filtro fue recuperado de un equipo viejo, y ajustado de manera que la banda pasante quedara centrada en canal 4.

Es un componente pasivo, formado de circuitos LC. Introduce una pequeña pérdida, que es de 2 dB.

Posee varios capacitores variables sobre los que se actúa de manera que se logre la respuesta de frecuencia deseada. Para este ajuste se emplea un barredor y analizador de espectros. Las pérdidas de inserción ($PI = 2\text{dB}$) se obtienen al realizar el barrido y ajuste de dicho filtro, en donde la señal de salida tiene 2 dB menos que la señal de entrada.

5.2.2.2 MEZCLADOR

El mezclador o mixer es un mezclador balanceado, de la casa Minicircuits, modelo TFM2. Sus características más importantes son las siguientes:

MEZCLADOR	TFM2
RF IN (MHz)	DC-1000
RF IN _{máx} (dBm)	-10
OL IN (dBm)	+17
IF OUT (MHz)	5-1000
PC (dB)	8

Esta tabla resume las características del mezclador, en otras palabras la señal de RF de entrada puede ir hasta 1 GHz con un nivel máximo de -10 dBm, el nivel del oscilador local debe ser de +17dBm, produciendo una frecuencia intermedia entre 5MHz y 1GHz con una pérdida de conversión de 8 dB.

La salida de frecuencia intermedia del mezclador, puede ser tomada con la diferencia o suma de las frecuencias de entrada de RF y OL, para el caso presente las frecuencias de salida de canal 12 ($P_v = 205,25\text{MHz}$ y $P_a = 209,75\text{MHz}$), son obtenidas al sumar la frecuencia del oscilador local (138MHz) con las portadoras de canal 4 ($P_v = 67,25\text{MHz}$ y $P_a = 71,75\text{MHz}$), el nivel de salida de este mezclador es de -26 dBm para la portadora de canal 12.

5.2.2.3 OSCILADOR LOCAL

La misión de este oscilador es proporcionar la frecuencia de 138 MHz con un nivel de 17 dBm de manera que se pueda realizar la mezcla en el mezclador TFM2.

Este oscilador fue construido con un diseño totalmente sencillo. Es fundamentalmente un oscilador Colpitts sintonizado a 138 MHz, sin ninguna realimentación y por tanto los componentes empleados, sobretodo capacitores y transistor son de alta calidad para evitar en lo posible la deriva de frecuencia.

Este oscilador fue chequeado después de varios días de funcionamiento y sus características variaron muy poco con respecto a las que se mencionan, la deriva de frecuencia fue tan solamente de 200 kHz, mientras que el nivel se mantuvo en +17 dBm.

Esta deriva de frecuencia es compensada por el circuito de AFC de cualquier televisor, y además en pruebas de mayor deriva- hechas a propósito, se observó que aún con 1 MHz de desviación del oscilador local (137 a 139 MHz) los televisores funcionaban correctamente. Esto por supuesto es aceptable para las pruebas realizadas, pero debe tenerse en cuenta que para una instalación definitiva la estabilidad de frecuencia debe ser muy alta, pues si es verdad que un receptor puede recibir una señal con una desviación de 200 kHz ó más, también es cierto que se van a generar interferencias en los canales vecinos, cosa que no se debe dar.

5.2.2.4 PRE-FILTRO EN CANAL 12

Ya se mencionó que a la salida del mezclador se tienen varias frecuencias como resultado de la mezcla de las dos señales de entrada al mismo, por esta razón debe usarse un filtro que atenúe las frecuencias no deseadas.

El pre-filtro en canal 12 realiza esta función, y este filtro fue reciclado de otro equipo viejo, también fue necesario realizar ajustes para sintonizarlo en la banda de canal 12 y además para poder determinar las pérdidas de inserción del mismo.

Al igual que el filtro de entrada, éste se halla conformado de circuitos LC, con accesos a sus capacitores variables para los correspondientes ajustes.

Como muestra el diagrama de bloques del trasladador, las pérdidas de inserción de este pre-filtro son de 1 decibelio.

5.2.2.5 AMPLIFICADOR DE CANAL 12

Este amplificador se halla compuesto de dos bloques amplificadores, uno con una ganancia de 17 dB mientras que el otro tiene una ganancia de unos 27 dB.

El primer amplificador es un amplificador transistorizado para bajo nivel de salida, por eso se halla primero, su nivel de salida es de -10 dBm para la portadora de video de canal 12.

El segundo amplificador, está constituido por un circuito integrado de banda ancha, éste es el circuito integrado CA2600. (Ver anexos)

El circuito amplificador CA2600 posee una ganancia de unos 27 dB para un rango bastante amplio de VHF, cubriendo las dos bandas de televisión en VHF, vale decir, canales 2 al 13.

Tiene una impedancia de salida de 50 Ω .

La señal de -10 dBm se aplica a este amplificador, que da una salida de aproximadamente de 50 mW ó 17 dBm.

5.2.2.6 FILTRO DE SALIDA

La señal antes de ser alimentada a la antena de transmisión, pasa por un filtro pasabanda en canal 12, el que elimina frecuencias fuera de canal 12 producidas en el amplificador de canal 12, ya sea en el primer amplificador o en segundo. Se pueden generar frecuencias en los canales adyacentes, estos productos se generan por la alinealidad de cualquier de los dos amplificadores.

5.2.2.7 ANTENA DE TRANSMISIÓN

Esta antena de transmisión es una antena Yagi, de 8 elementos, con una ganancia de 10 dB y una impedancia de alimentación de aproximadamente 50Ω .

La antena fue simulada con el programa YA ANALYZER, programa que también ha sido empleado para las diferentes simulaciones de antenas empleadas y descritas en este trabajo.

Se emplea un balun de cable, para transformar los aproximados 200Ω que presenta esta antena en los terminales del dipolo plegado. El cable empleado para el balun es RG-8.

Para cable de transmisión se emplearon 8 metros de cable RG-8, con sus correspondientes adaptaciones de conectores, pues, el amplificador final posee un conector de salida SMB, mientras el cable de transmisión posee un conector del tipo N- UG-21.

5.3 RESULTADOS OBTENIDOS

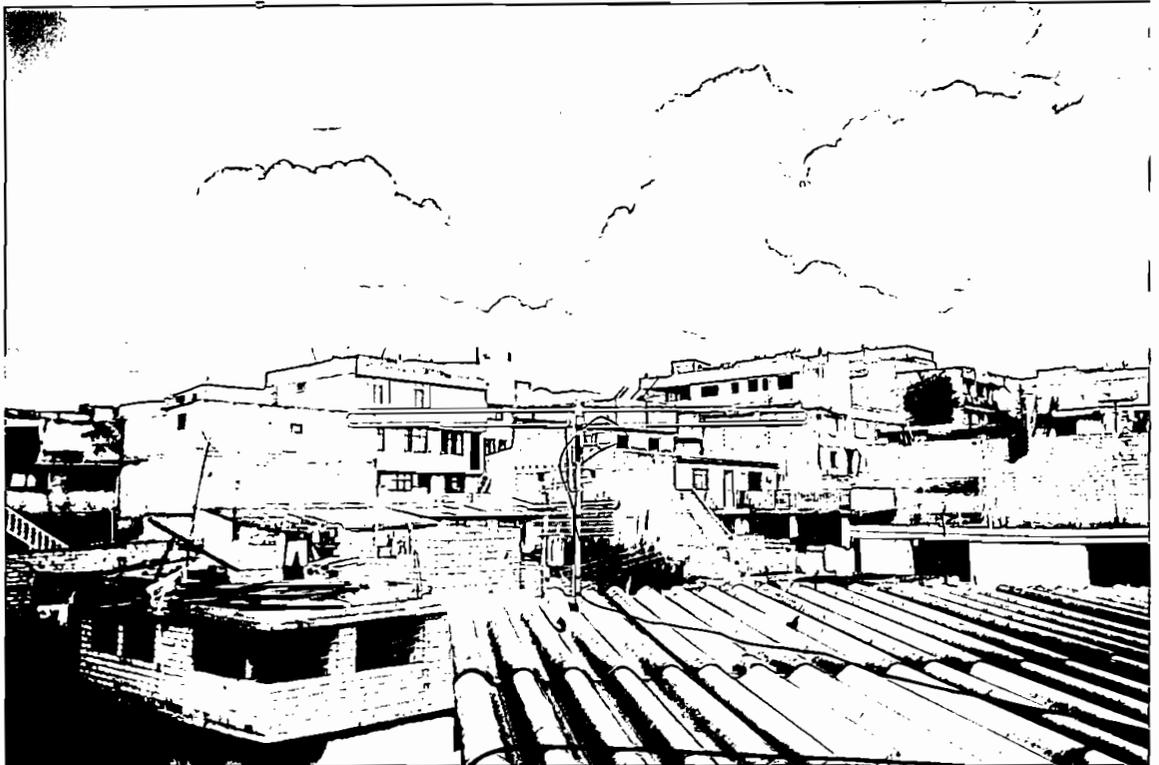
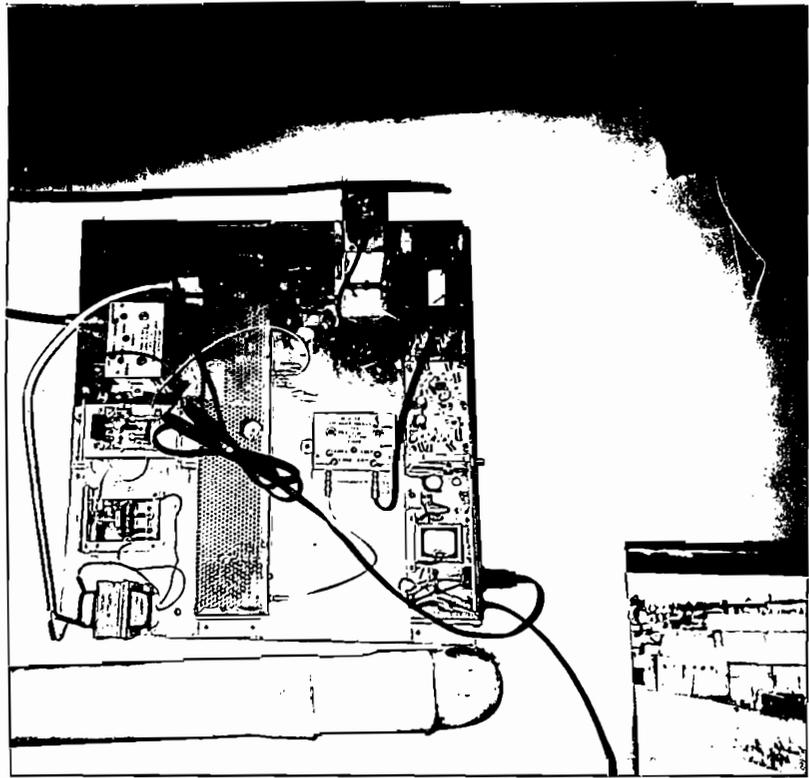
Una vez instalado el equipo descrito anteriormente, al igual que sus antenas de recepción y transmisión en el sitio de repetición descrito, se realizó un recorrido y se constató que dicho repetidor funciona bastante bien.

Para este monitoreo se empleó un televisor color, marca Sony modelo KV-9TP50, con alimentación a batería, y la antena monopolo del televisor.

La cobertura fue de alrededor de unos 500 m desde el punto de transmisión a los puntos de recepción con línea de vista.

Para estos puntos la señal de Teleamazonas repetida en canal 12, presentó las siguientes características: imagen de buena calidad y con color estable, audio claro y nivel comparable al original, en resumen la señal se la puede calificar con una calidad de un 85%, ya que por deficiencias del equipo, la señal de video presenta algunos puntos brillantes y el audio de vez en cuando presenta un pequeño ruido.

Las siguientes fotos, ilustran la conformación del equipo trasladador, instalación de las antenas de recepción y transmisión, y finalmente dos fotós de las señales en canal 4 y en canal 12.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Como se anota en el primer capítulo del presente trabajo, son necesarias varias condiciones para que una señal de televisión pueda ser receptada en un punto distante del transmisor. Estas condiciones incluyen fundamentalmente la línea de vista, el nivel de recepción adecuado y la no presencia de señales reflejadas.
- En muchos lugares estas condiciones no se cumplen satisfactoriamente, lo cual hace de estos lugares puntos inapropiados para una recepción buena de una señal de televisión, estos lugares tienen casi en común la falta de línea de vista con el sitio de transmisión, sumada a interferencia por trayectos múltiples.
- En muchos de los lugares con dificultades de recepción adecuada se tiene el fenómeno de múltiples señales, lo que da los conocidos “fantasmas “ en la pantalla del televisor o en otras palabras una serie de imágenes superpuestas- debidas al desfase en el tiempo de unas con otras.
- En un principio este estudio estaba orientado a un pequeño sector del Comité del Pueblo, pero el estudio final cubre perfectamente la zona inicial y aún más. Los sectores finalmente servidos comprenderán completamente al barrio de “ La Bota ” y a un sector del Comité del Pueblo. Estos dos sectores carecen de la línea de vista con el sitio de transmisión para la ciudad de Quito y presentando además la recepción por trayectos múltiples. Estos dos sectores se hallan ubicados en una ladera y en una depresión de unos 250 metros. La población estimada de estos sectores es de aproximadamente 10.000 personas.
- En ciertos lugares existirá la posibilidad de una recepción de una señal de televisión adecuada a pesar de la no existencia de línea de vista con el punto de transmisión, lo cual se debe a la difracción del frente de ondas con un obstáculo tipo “ cuchilla “, que en definitiva será el cambio de dirección del frente de ondas por este obstáculo. También es seguro que no deberán existir obstáculos naturales o artificiales que hagan incidir otras señales, lo que haría imposible la recepción de una adecuada señal.
- En los lugares favorecidos por el fenómeno de difracción, se observará una pequeña cobertura de la zona carente de línea de vista, pues la señal sufre fuertes atenuaciones después de ser difractada.
- Existen varias opciones de proveer de señales de televisión confiables a estos lugares, dentro de las que tenemos las de traslación como una de las más usadas.
- La traslación de frecuencia consiste en llevar la información de un canal a otro canal. Las traslaciones pueden hacerse de un canal de VHF a otro de VHF, de un canal de VHF a uno de UHF, de un canal de UHF a uno de VHF y de un canal de UHF a otro de UHF. Lógicamente el canal de salida no deberá interferir al canal original ni a ninguno de los otros canales que se hallen en la zona principal de servicio.
- En caso de una posible interferencia se deberá ajustar el equipo interferente dentro de los parámetros del canal asignado.

- Para la provisión de los medios económicos se recomienda la participación de la población del lugar, pues de esta manera se lograría la realización práctica de este estudio. Si la población estimada de los lugares a servir asciende aproximadamente a unas 10.000 personas, la implementación de este sistema se facilitaría.

- Con las predicciones de campo hechas en las dos opciones descritas en el capítulo 3, se nota que las estimaciones de servicio iniciales se quedan cortas, pues este sistema daría servicio a muchas más personas que las tomadas en cuenta al plantearse el estudio.

- Este estudio sería perfectamente aplicable a otros lugares con las mismas deficiencias de señales de televisión, bastaría únicamente ubicar un sitio adecuado de recepción-repetición y buscar la manera de la provisión de medios económicos, que evidentemente sería mediante la intervención directa de los moradores de los lugares servir. Se entiende como lugar adecuado de recepción-repetición aquel que tenga fácil acceso, energía eléctrica, seguridades de equipos, niveles de recepción adecuados, etc.

ANEXOS

- Glosario y abreviaturas
- Ya Yagi analyzer
- TV channel assignments
- VHF amplifier
- Power conversion chart
- dB table
- 50 ohm, 7/8" foam dielectric, LFD5-50A
- 75 ohm, 1/2" foam dielectric, LDF4-75A
- Guía de montaje para el conector 7/16" ó L5PDM
- Especificaciones de divisores Blonder Tongue

GLOSARIO Y ABREVIATURAS

dB(Decibelio)

Término usado para expresar la relación que existe entre dos magnitudes eléctricas, tales como potencia, voltaje y corriente, de un sistema dado.

El decibelio esta definido como: $dB = 10 \log \frac{P_0}{P_i}$; para potencias

donde P_0 y P_i son potencias de salida y entrada respectivamente

$$dB = 20 \log \frac{V_0}{V_i} = 20 \log \frac{I_0}{I_i}; \text{ para voltajes y corrientes}$$

donde V_0, I_0, V_i, I_i son los voltajes y corrientes de salida entrada respectivamente .

y

Lo anterior es cierto cuando las impedancias de entrada y salida son iguales. En caso de tener diferentes impedancias el dB viene dado por:

$$dB = 20 \log \frac{V_0}{V_i} + 10 \log \frac{R_i}{R_0}$$

donde R_i y R_0 son la impedancias de entrada y salida respectivamente.

dBc(Decibelios respecto de portadora, dBcarrier)

Término usado para indicar la relación que existe de cualquier portadora secundaria o subportadora a la portadora principal, en lo que se refiere a televisión la portadora de video- por ser la de mayor valor, es la portadora usada de referencia.

DISTORSIÓN GANANCIA/FRECUENCIA

La distorsión de ganancia/frecuencia es la variación de la ganancia de señal o pérdida como una función de la frecuencia. La variación de ganancia es expresada como el máximo incremento y decremento en la amplitud de video con respecto a la amplitud en una frecuencia de referencia dada. La deformación de una señal de prueba multiburst respecto de las 60 unidades IRE, representa la cantidad de distorsión presente.

DISTORSIÓN POR MODULACIÓN DE PORTADORA VISUAL EN PORTADORA AURAL

Es definida como la modulación de amplitud indeseable impresa en la portadora aural causada por la señal modulante de video, cuando ambas señales son simultáneamente pasadas por el transmisor.

EMISIONES ESPÚREAS

Las emisiones espúreas son definidas como las emisiones indeseables que ocurren en el pórtilo de salida de un transmisor, en otras frecuencias que no sean definidas como productos de intermodulación.

ESPÚREAS

Ver emisiones espúreas.

IF(Intermediate Frequency)

También se le conoce como *FI: Frecuencia Intermedia*.

Cierta frecuencia que resulta de la mezcla o heterodinaje de dos frecuencias. Esta frecuencia puede ser el resultado de sumar o restar dos frecuencias, pero por varios criterios técnicos se prefiere la diferencia de dichas frecuencias, como por ejemplo que la diferencia tiene un menor valor de frecuencia, el mismo que es más fácilmente tratable- amplificación, componentes. En cuanto a televisión se tienen varias FIs, la de 41,25 MHz para la portadora de audio, la de 45,75 MHz para la portadora de video y la de 4,5 MHz para la FI de sonido. Esta última FI se obtiene de la diferencia de las frecuencias portadoras de FI de audio y video. Cabe indicar que las frecuencias de 41,25 MHz y 45,75 MHz comparten la misma circuitería hasta llegar al detector de video- esto en el receptor, de donde se obtiene la FI de sonido de 4,5 MHz, la misma que tiene su propia circuitería para el procesamiento de la misma hasta su posterior detección.

INTERMODULACIÓN

Ver productos de intermodulación.

IRE

Ver unidades IRE.

FCC(Federal Communications Committee)

Organismo norteamericano que dicta y rige leyes y recomendaciones sobre telecomunicaciones.

MODULACIÓN DE FASE INCIDENTAL

La modulación de fase incidental es definida como cualquier cambio indeseable en la fase de la portadora de video como un resultado de la señal modulante de video. Normalmente se expresa en grados.

NÉPER(Np)

Al igual que el decibelio(dB), el Néper nos da la relación entre el nivel de potencia de entrada y salida de un sistema dado.

El Néper esta definido como:
$$Np = \ln \frac{V_o}{V_i}$$

La equivalencia Néperes a decibelios es: $1Np = 8,686 \text{ dB}$.

PÉRDIDA DE RETORNO EN LA CARGA

La pérdida de retorno en la carga es definida como la relación, expresada en decibelios, de la potencia de RF aplicada en los terminales de entrada de una carga- antena, a la potencia reflejada de los terminales de entrada de dicha carga.

POTENCIA AURAL DE SALIDA

La potencia de salida de la portadora aural no debe ser menor al 10% ni mayor al 20% de la potencia pico de salida en video.

POTENCIA PICO

La potencia de salida pico de un transmisor de televisión es definida como la potencia de salida pico de la portadora visual, la cual es el promedio durante la duración de una línea.

PRODUCTOS DE INTERMODULACIÓN

Los productos de intermodulación son definidos como las frecuencias portadoras indeseables que aparecen en el pódico de salida de un transmisor, producidos por la interacción de las portadoras visual y aural y la subportadora de color. Sus frecuencias son normalmente definidas por la relación:

$$F = af_1 \pm bf_2 \pm cf_3$$

donde a, b y c son enteros y f_1 , f_2 y f_3 son las frecuencias portadoras de video, audio y color.

c

Existen 6 productos predominantes: en ± 920 kHz, $\pm 2,66$ MHz, $+ 5,42$ MHz y $7,16$ MHz, con respecto a la portadora de video.

RESPUESTA AMPLITUD/FRECUENCIA

La respuesta amplitud/frecuencia de un transmisor es definida como la relación entre la amplitud y la frecuencia de una señal de banda lateral para frecuencias dentro de los límites de ancho de banda del canal de salida, siendo la señal de banda lateral producida por la entrada de una señal sinusoidal de amplitud constante y frecuencia variable en la presencia de la portadora visual.

RESPUESTA RETRASO DE GRUPO/FRECUENCIA

La respuesta retraso de grupo/frecuencia de un transmisor es definida como la relación entre la variación del retraso de grupo y la frecuencia de la señal de banda lateral para frecuencias dentro de los límites del ancho de banda del canal de salida, siendo la señal de banda lateral producida por una señal de entrada sinusoidal de amplitud constante y frecuencia variable.

RF(Radio Frecuencia)

Se designa en general a cualquier señal de radio, cuyo valor de frecuencia esté sobre los 30 kHz hasta el rango de las micro-ondas.

TIPO DE EMISIÓN

La designación de emisión se refiere a la manera en la cual las portadoras aural y visual son transmitidas. El transmisor visual deberá emplear modulación negativa **A5C** (modulación de amplitud con banda lateral vestigial) y el transmisor aural deberá emplear modulación **F3** (modulación de frecuencia).

TOLERANCIA DE FRECUENCIA

La tolerancia de frecuencia es definida como la desviación máxima permisible de la frecuencia característica de una emisión de su frecuencia asignada. La tolerancia de frecuencia es normalmente expresada en partes en 10^6 Hz.

UHF(Ultra High Frequency)

Rango de frecuencias de radio que va desde los 300 MHz hasta 3000 MHz. El modo predominante de propagación de estas frecuencias es el de línea de vista.

UNIDADES IRE

Una unidad IRE es la centésima parte del valor de luminancia de una señal de televisión, que está entre el borrado (0 IRE) y la referencia de blanco (100 IRE). 100 IRE representa la porción de video (0,714 V) de la señal compuesta (1,0 V). La porción de sincronización de la señal compuesta es de 40 IRE (0,286 V).

El término unidad IRE fue desarrollado por el Institute of Radio Engineers antes de que la organización formara parte del Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE).

VHF(Very High Frequency)

Rango de frecuencias de radio que va desde los 30 MHz hasta los 300 MHz. El modo predominante de propagación de estas frecuencias es el de línea de vista.

---- YA YAGI ANALYZER -----

YA.EXE is a simple but accurate program for analyzing Yagi-Uda antenna designs on your PC.

YA analyzes Yagis hundreds of times faster than NEC- or MININEC-based antenna-modeling programs. YA uses an analysis algorithm that is more complex than the W2PV Yagi model, simpler than the MININEC model, and more accurate than either. YA is calibrated to NEC, the high-accuracy Numerical Electromagnetics Code from the Lawrence Livermore National Laboratory. YA and NEC typically are within 0.05 dB for forward gain, a dB or two for F/B, and a couple ohms for input impedance. Radiation patterns calculated by YA and NEC are virtually identical for most designs.

---- RUNNING YA -----

If you have an EGA or VGA display, you can execute YA directly. For an HGC or CGA, first do the following:

HGC Load the HERCULES.EXE graphics driver. To do this, type HERCULES at the DOS prompt. Since this must be done just once per boot, it's often convenient to load HERCULES from AUTOEXEC.BAT.

CGA Load GRAFTABL and GRAPHICS. You can load them from AUTOEXEC.BAT. These DOS utilities provide additional CGA fonts and let you print CGA graphics screens.

YA stores information for Yagi designs in individual files. Yagi files contain element dimensions, analysis frequencies, and other information. You specify the name of a Yagi file when you start YA. After YA loads the file, you can examine or modify the design. You can save the current design in a file at any time. Yagi files use the extension .YAG.

If you know which Yagi file you want, give the filename on the YA command line, for example, YA PV4 (the extension isn't needed). Otherwise, type YA and Yagi files in the current directory will be listed. To list Yagi files in a different directory, specify the directory name on the command line.

Select a file by moving the lightbar with the arrow keys, PgUp, PgDn, Home, or End. Press Enter to select the highlighted file. Alternatively, you can enter a filename by typing it. As you type, the lightbar moves to the first filename that matches the characters entered. Press Enter whenever the desired file is highlighted.

Select "Other" to enter a file or directory name not listed. If you enter a directory containing Yagi files, YA lists them and you can select one.

Press Esc to hide the Main Menu to view the whole screen. Press Esc to return to the Main Menu from a submenu. You can also return by pressing the command key a second time (but not from Save). This feature is handy when making a quick check.

You can terminate data entry and return to the Main Menu with one keystroke by pressing Esc instead of Enter. If you do this, whenever you return to the submenu the cursor will be positioned at the item last entered. This makes it easy to change a parameter repeatedly to experiment with its effect.

You can exit most submenus (not Save or Notes) by pressing a valid command key. YA will execute the command immediately, bypassing the Main Menu. This is a quick way to go from one submenu to another. Whenever you press a command key during data entry, YA accepts the data and then executes the new command.

Use an arrow key with numerical input to enter data and simultaneously move the cursor up, down, right, or left to another item. Use the spacebar to enter data without advancing to another item. This is particularly useful with the Match Menu and Bracket Menu to change a parameter value repeatedly to experiment with its effect.

To reduce screen clutter, YA does not label the numbers within Yagi patterns. They have the following meaning:

Frequency
Forward Gain
Front-to-Rear Ratio
Input Impedance
Standing-Wave Ratio
Elevation Angle

YA defaults to a generalized definition of front-to-back ratio described in the next section. YA displays elevation angle only for Yagis over ground.

The notation 12.7-j15.4 means a resistance of 12.7 ohms in series with a reactance of -15.4 ohms. Z stands for impedance. The letter w appended to boomlength means wavelengths. The path and name of the current Yagi file appear in the lower-right screen corner.

Although YA doesn't require a math coprocessor, it will run up to twenty times faster when one is present. YA may run up to three times faster if you disable your memory manager.

---- F/B AND F/R -----

YA uses a generalized notion of front-to-back ratio as a measure of pattern quality. Conventional F/B is the ratio of forward power (at 0 degrees) to power radiated in the opposite direction (at 180 degrees). YA's generalized F/B is the ratio of forward power to the peak power in the region 90 to 180 degrees to the rear of the antenna. This pattern-quality measure is called front-to-rear ratio. The F/R backlobe region is the rear half-plane for azimuth patterns and free-space elevation patterns. For elevation patterns of Yagis over ground, the backlobe region begins at the rear horizon and extends to the zenith. In general, the F/R figure differs in each analysis plane.

Yagi designs maximizing conventional F/B may have large backlobes at angles other than 180 degrees. These backlobes can cause unwanted signal pickup, but F/R takes them into account. YA uses F/R by default. Use the Options Menu to select conventional F/B.

---- FREQUENCY MENU -----

YA models Yagi designs at a spot frequency or over a frequency band. You specify a single analysis frequency for spot-frequency designs, and low, middle, and high frequencies for designs covering a band. YA models Yagis to 2 GHz.

You can add, change, or delete analysis frequencies with the Frequency Menu. You must use one or three frequencies--YA doesn't allow two. To change to a spot-frequency design, enter zero for the low or high frequency.

---- HEIGHT MENU -----

Use the Height Menu to specify antenna height above ground. YA orients Yagis for horizontal polarization when modeling over ground. Set height to zero to model a Yagi in free space. YA computes forward gain, F/R, and the azimuth pattern at the elevation angle specified.

YA takes into account mutual impedances between Yagi elements and their ground images. This lets you see the effect of ground proximity on azimuth patterns and input impedance. However, YA models perfectly conducting ground, not real earth with finite conductivity and dielectric constant. Yagis over real earth may have several dB less gain overhead and up to 1 dB less gain near the horizon than the figures YA computes. Elevation-pattern nulls may be less deep. Nevertheless, you can use YA to make accurate relative comparisons among Yagi designs over ground.

---- ELEMENTS MENU -----

Use the Elements Menu to change element positions and lengths. YA displays element half-length, the distance from the center of the boom to element tip. For tapered elements YA displays the lengths of electrically equivalent untapered elements. These are not physical lengths and should not be used for antenna construction. Use the Taper Menu to inspect and change physical lengths of tapered elements.

YA can model Yagis with up to 17 elements. Use the Ins and Del keys to add or delete elements. Press Del to delete the element at the cursor. Press Ins to add an element below the cursor. When you add or delete an inner element, YA respaces elements to avoid bunching or gaps. When you add or delete an end element, YA does not respace and the boomlength changes.

---- TAPER MENU -----

Fast Yagi-modeling algorithms represent each element as a thin cylinder of constant diameter. A tapering algorithm is necessary to convert elements of tapered telescoping tubing to untapered cylindrical equivalents. For practical purposes, tapered and untapered elements are electrically equivalent when their self-impedances are equal. Tapered elements are always physically longer than their untapered equivalents. Tapering must be accurately modeled to realistically characterize HF Yagis.

YA uses a modified version of the tapering algorithm developed by James Lawson, W2PV, from the ARRL book "Yagi Antenna Design." The modified algorithm yields untapered equivalents with self-impedances much closer to those of the tapered originals. It also better predicts the real-world performance of Yagis with heavily tapered elements.

YA can model Yagis with up to eight taper sections. Use the Taper Menu to change the diameter or length of any section. For any length change except to the tip section itself, YA readjusts tip length to maintain an electrically equivalent design. Use the Ins and Del keys to add or delete taper sections. You can enter a taper length of zero for elements that don't use a particular tubing diameter.

---- BRACKET MENU -----

A conductive element-to-boom mounting bracket increases element effective diameter at the bracket. The amount of increase depends on the size and shape of the bracket. YA uses the equations of D. Jaggard to model flat, rectangular mounting plates and Hy-Gain element clamps. For details of the method, see the ARRL book "Physical Design of Yagi Antennas" by Dave Leeson, W6QHS.

Use the Bracket Menu to define or modify a mounting bracket. Select bracket type with the tab key. After you enter bracket dimensions, YA calculates the length and diameter of an equivalent taper section. The length of the section is the half-length of the bracket. Its diameter is electrically equivalent to the element and bracket combined.

When you return to the Main Menu, YA updates all elements of the current design with the new taper section. Whenever the length of the existing first taper section is less than 5% of the element half-length, YA assumes that the section already represents a mounting bracket. YA will modify the section instead of adding a new one.

If you enter zero for a bracket dimension so that YA lists "None" for the equivalent taper, when you return to the Main Menu YA removes the first taper section if it represents a mounting bracket (length less than 5% of the element half-length).

If the Yagi uses mounting brackets of more than one size, calculate equivalent taper sections with the Bracket Menu and add them by hand to individual elements with the Taper Menu. (YA uses reflector tapering to calculate the numbers displayed in the Bracket Menu. You may need to temporarily modify the taper schedule of this element to do calculations for other elements.) Use a taper length of zero for elements that don't use a particular taper diameter.

To avoid disrupting a complex taper schedule entered by hand, YA will not update the taper schedule when you leave the Bracket Menu if the length of the first taper section is zero for any element. It also won't update if some elements have mounting brackets and others do not.

The length of a mounting bracket is its dimension along the element. Enter the total length (both sides of the boom). The width of a bracket is its dimension perpendicular to the element. The thickness of a Hy-Gain clamp is the total thickness of the flat part.

It's important to take element mounting into account when modeling Yagis. Large mounting brackets may significantly alter antenna characteristics. In extreme cases they can move a desired response completely outside a band. Small brackets can upset a carefully optimized pattern at a spot frequency. However, mounting methods that use compact hardware no larger than the element diameter generally require no correction.

---- BOOM COMPENSATION -----

When an element is close to or passes through a conductive boom, its electrical length changes. YA does not model this boom effect, but you can use the information in this section to compensate manually. All correction values apply to

element half-lengths. Apply the corrections by increasing calculated element lengths when constructing a Yagi. Conversely, to model boom effects you must shorten measured element lengths.

For elements mounted on flat plates in contact with a boom, W2PV found that element half-lengths should be corrected by 3% of the boom diameter. He states that this small effect diminishes rapidly as the element is spaced away from the boom, even by a small distance.

For noninsulated through-the-boom mounting, measurements by Guenter Hoch, DL6WU, were curve-fit by Ian White, G3SEK, to yield the following boom-correction formula:

$$C = (12.5975 - 114.5 * B) * B * B$$

C is the element half-length correction and B is boom diameter, both in wavelengths. * means multiply. For example, a 0.01-wavelength-diameter boom requires element half-lengths to be corrected by 0.00115 wavelength. The experimental data underlying this formula came from booms with diameters smaller than 0.055 wavelength; the formula isn't valid for larger booms. G3SEK says that the correction required for insulated through-the-boom mounting is close to 50% of C.

---- ELEMENT CONDUCTIVITY -----

YA accounts for ohmic losses in Yagis due to imperfect element conductivity and skin effect. These losses usually are small for tubing elements at HF, but they can be significant for rod elements at VHF/UHF. YA assumes 6061-T6 aluminum-alloy conductors for all models. 6061-T6 material has a volume resistivity 23% higher than that of 6063-T832 alloy and 51% higher than that of pure aluminum.

---- TWO-ELEMENT YAGIS -----

YA expects every Yagi to have a reflector element. You can model two-element Yagis with a driven element and director by placing a dummy reflector a great distance behind the two active elements. This arrangement will satisfy YA while having negligible effect on the response of the two-element array.

---- MATCH MENU -----

The Match Menu lets you design a variety of matching networks. Use the tab key to select one of the following network types:

1. Perfect Match

The perfect match is an idealized matching network. Because it's always perfectly matched at one frequency, it's very handy. You can set this frequency in the Match Menu. SWR is always 1 at the match frequency. YA uses the complex conjugate of antenna input impedance at the match frequency as the SWR reference impedance at all frequencies. This effectively models a perfectly broadband matching network. Therefore, SWR variation using the perfect matching network reveals the inherent impedance-bandwidth properties of the antenna.

2. Hairpin Match

The hairpin match is an L-network using distributed reactances. The driven element is shortened from its resonant length to raise the equivalent parallel input resistance to that of the feedline. The hairpin acts as a shunt inductance to cancel the capacitive reactance of the shortened driven element. Hairpin matches are commonly fed with coax through a balun. YA models the hairpin as a transmission line of parallel rods.

You specify rod diameter, rod length, and center-to-center rod spacing. You can also specify balun-lead length. Enter the length of one lead from the axis of the balun to the element-attachment point. YA assumes the leads use #12 wire. At HF, YA models the leads as fanning out from a spacing of 1.5" at the balun to the hairpin-rod spacing at the element. For frequencies above 30 MHz, YA assumes the leads fan out from 0.15". This lead spacing is typical of 3/8"-diameter coax (presumably loaded with a few ferrite beads).

You can specify the shunt capacitance between driven-element halves. This is particularly useful with Hy-Gain element clamps. Use 26.5 pF for 20-meter clamps and 9.5 pF for 15- and 10-meter clamps.

Hy-Gain calls their version of the hairpin match a Beta match. It uses two rods which straddle the boom and a shorting strap that connects all three together. The presence of the boom has a negligible effect on hairpin inductance, so a Beta match is electrically equivalent to a conventional hairpin match.

NOTE: When using a hairpin match, measure driven-element half-length from the point where the feedline and hairpin attach to the element, not from the center of the boom.

3. Gamma Match

YA uses equations developed by Harold Tolles, W7ITB, to model gamma matches. You specify gamma-rod diameter, rod length, center-to-center spacing from the driven element, and

series capacitance. To model lead inductance, specify the lead length from the gamma rod to the coax connector. YA assumes the lead uses #12 wire. When the lead runs parallel to the driven element, include its length as part of the gamma rod rather than specifying it separately.

4. T Match

A T match is a balanced gamma match. Rod length and capacitance values apply for each side of the driven element. Some T matches are fed with 50-ohm coax through a 4:1 balun. Enter a feed impedance of 200 ohms for these systems (which often have negligible lead length). You can also feed a T match with wire leads from a 1:1 balun. YA makes the same assumptions about these balun leads as it does for a hairpin match. YA assumes the distance between T-match rod ends is half their distance to the driven element. To model a T match without capacitors, enter a high capacitance value. To model a folded dipole, extend the T-match rod to the end of the element.

Gamma- and T-match rods increase the effective diameter of the inner part of a driven element. Because YA does not model this effect, you may need to compensate by increasing driven-element length when constructing a Yagi.

YA uses a velocity factor of 0.975 for the transmission lines formed by gamma- or T-match rod and driven element, hairpin rods, and balun leads. For driven-element diameter, YA uses a weighted logarithmic average of the diameters of the taper sections spanned by gamma- or T-match rods (diameters are weighted by taper-section length). YA draws rod length to scale on the Yagi sketch, but not rod spacing.

Matching-network performance depends critically on a number of physical parameters that are difficult to measure and to model accurately. Calculated and actual matches may differ due to input-impedance modeling error, series- or shunt-capacitance estimation error, lead-spacing variation, proximity of other antennas or guy wires, etc. When constructing a Yagi, always make the matching network adjustable!

---- SAVE MENU -----

Use the Save command to save the current Yagi design. You can specify path and filename. If you enter the name of a Yagi file that already exists, YA asks permission before overwriting it. For fast periodic saves, press Enter to overwrite the last file saved (YA doesn't ask permission). When no file has been saved, YA saves the design in SAVE.YAG. YA does not save matching networks or mounting-bracket dimensions.

In case you forget to save a design, YA automatically saves the current design in the file OUT.YAG whenever you exit

the program. You can recover the design by specifying OUT.YAG as an input file.

---- ALGORITHM LIMITATIONS -----

YA closely predicts actual antenna performance as long as you accurately characterize element tapering and mounting and you follow the guidelines in this section.

YA is calibrated to NEC, the Numerical Electromagnetics Code. MININEC-based antenna-analysis programs may give different results. The MININEC algorithm has an inherent frequency-offset error. MININEC gives results similar to those of YA and NEC but at a frequency up to 2% higher, depending on element diameter.

YA closely tracks NEC for element diameters up to 0.01 wavelength (0.27" at 432 MHz). Yagis with thicker elements may exhibit some frequency offset from calculated designs, although YA gives reasonable agreement with NEC for diameters up to about 0.04 wavelength.

YA uses a narrowband modeling algorithm. Accuracy may degrade at frequencies more than about 5% away from the central design frequency.

YA models with input impedances of a few ohms are not likely to be accurate. At these impedance levels element currents are very large and fields nearly cancel. This condition greatly magnifies small model inaccuracies. Low-impedance Yagis should be avoided for practical reasons as well. Dimensions become critical, skin effect can cause considerable loss, impedance matching becomes difficult, and bandwidth is severely restricted.

Input-impedance accuracy decreases for maximum-gain or long-boom designs. YA is typically a couple ohms high for maximum-gain designs with impedances under 10 ohms. YA is typically a few ohms low for designs with a dozen or more elements and impedances in the 20- to 30-ohm range.

Modeling accuracy may degrade for elements spaced closer than about 0.05 wavelength. In practice, HF elements spaced this close may move enough in the wind to affect the response of critical designs. YA may exhibit a frequency offset of several percent for designs with element half-lengths shorter than about 0.18 wavelength. Element lengths this short are unusual and normally aren't used in designs of 17 or fewer elements.

To prevent gross modeling errors, YA won't let you enter element half-lengths shorter than 0.15 wavelength or longer than 0.3 wavelength. It won't let you position elements closer than 0.03 wavelength. Finally, it won't let you enter taper diameters greater than 0.05 wavelength.

---- NOTEPAD -----

You can enter, edit, and display design notes with the Notes command. YA displays the Yagi title at the top of the notepad and you can edit it, too. The title and notes are saved in all output files.

The notepad editor automatically wraps words within a paragraph. A blank line or a line with leading space begins a new paragraph. Use the arrow keys, Home, End, PgUp, and PgDn to move the cursor. Use Del or Backspace to delete characters and Alt-D to delete a line. Use PrtSc to print the notepad screen.

---- GRAPHS -----

YA graphs forward gain, F/R, SWR, and impedance curves versus frequency. Regular command keys are active while viewing graphs. For example, you can press M and G to alternate between the Match Menu and graphs when adjusting a matching network. F5 changes screen colors, while PrtSc prints the screen.

YA scales graphs automatically. The F/R or F/B curve reflects the backlobe region selected in the Options Menu. The impedance curve graphs input resistance.

---- PATTERNS -----

YA displays patterns using the standard ARRL log-dB polar scale. Half-scale is about 12 dB down and quarter-scale is about 24 dB down. You can directly compare YA patterns with those in ARRL publications since both use the same scale. To reduce screen clutter, YA draws pattern sketches without grids or scale markings. The sketches have 5-degree resolution.

Use the Plot command to generate high-resolution patterns with grids, scale markings, and annotation. YA calculates these patterns at the middle analysis frequency with 1-degree resolution. The Plot command generates a plot file and then displays it. YA saves patterns in files so that you can review and compare them later. A plot file uses the Yagi filename and the extension .PLT. If you plot, change antenna geometry, and press P again, YA overwrites the plot file with new patterns. But if you press Alt-P, YA generates a new plot file. Each new file has an incrementing digit appended to its name. Use Alt-P to avoid overwriting plot files generated earlier in a session. (For both P and Alt-P, YA writes a plot file only when the pattern has changed.)

You can review a plot from DOS by typing YA PLOT. This bypasses the analysis part of YA and lists plot files in the current directory. Specify a directory name to list plot files in a different directory. You can specify the name of a plot file, for example, YA PLOT PV4, to display a pattern immediately.

Use the O key to overlay two patterns. YA displays filenames instead of plot titles for overlays. YA coordinates overlay annotation with patterns by color for EGA/VGA systems.

YA identifies free-space patterns as E-Plane or H-Plane. It uses the annotations Azimuth or Elevation for over-ground patterns.

Dots in the sparse radial lines are spaced 2 dB apart. Dots in the outer two circles are spaced 1 and 2 degrees apart. These calibrations allow you to read directivity values from plots with good accuracy.

YA plots are perfectly circular on monitors with standard 4:3 aspect ratio. Adjust your monitor's vertical-height control to correct elliptical plots.

---- OPTIONS MENU -----

The Options Menu lets you control some additional aspects of YA.

The E-plane is the plane containing Yagi elements. Select this plane to analyze the azimuth pattern of a Yagi over ground. The H-plane is the plane perpendicular to the elements. Select this plane to analyze the elevation pattern of a Yagi over ground.

YA displays gain figures in dBi by default. Gain in dBi is antenna response compared with that of an isotropic radiator in free space. An isotropic antenna radiates uniformly in all directions. Select dBd to compare antenna response with that broadside to a free-space, half-wave dipole. Gain figures are 2.15 dB lower when expressed in dBd.

YA uses a backlobe region of 90 to 180 degrees for the pattern-quality figure by default (F/R). For conventional F/B, select a backlobe region of 180 degrees.

YA defaults to a 24-pin printer. Select Laser for DeskJet printers. YA does not print color images.

YA uses units of inches by default. Select mm to use millimeters. YA reads Yagi files defined either way and converts file dimensions to the units currently selected.

You can save all settings in the Options Menu (and all screen colors for EGA/VGA systems) with the Save Options command. This creates or modifies the YA.INI initialization file. If this file is present when YA begins execution, it sets all options and colors accordingly. Use this feature to customize YA. Delete YA.INI to use default options and colors.

---- CHANGING SCREEN COLORS -----

Press F5 to change screen colors for EGA and VGA systems. Use the left-arrow and right-arrow keys to select a screen item (an item blinks once when selected). Then use the up-arrow and down-arrow keys to cycle forward and backward among the 64 available colors. Press S to save color codes in the YA.INI file. Use F5 to change colors for any screen. YA saves colors for all screens whenever it saves those for one.

---- PRINTING THE SCREEN -----

YA prints screen images on most printers (but not PostScript printers). For EGA, VGA, and HGC systems, use the Options Menu to specify and save printer type. For CGA systems, load the DOS GRAPHICS program before starting YA. See your DOS manual to specify printer type when using GRAPHICS. Press PrtSc to print any screen.

INDEX

#12 wire 7
5% of the element half-length 5
6061-T6 6
6063-T832 6

Accuracy 1, 9
Algorithm Limitations 9
Alt-D 10
Alt-P 10
Aluminum 6
Always make the matching network adjustable! 8
Arrow keys 1, 10
AUTOEXEC.BAT 1
Azimuth 11

Backlobe region 3
Backspace 10
Balun 8
Balun-lead length 7
Blink 12
Boom Compensation 5
Boom-correction formula 6
Bracket Menu 5

CGA 1, 12
Color 10, 11
Command line 1
Conductivity 3, 6
Conventional F/B 3
Current directory 1

DBd 11
DBi 11
Del 4, 10
Dielectric constant 3
Directory 1, 10
DL6WU 6
Driven-element diameter 8
Dummy reflector 6

E-Plane 11
Effective diameter 8
EGA 1, 11, 12
Elements Menu 4
Elevation 11
Elevation angle 3
End 1, 10
Enter 1, 2, 8
Esc 2

F/B 3
F/R 3
F5 10, 12

Folded dipole 8
Forward gain 1
Free space 3
Frequencies above 30 MHz 7
Frequency band 3
Frequency-offset error 9

G3SEK 6
Gamma match 7
GRAFTABL 1
GRAPHICS 1, 12
Graphs 10
Ground 3

H-Plane 11
Hairpin match 7
Height Menu 3
HERCULES.EXE graphics driver 1
HGC 1, 12
Hide the Main Menu 2
High-resolution patterns 10
Highlighted file 1
Hoch 6
Home 1, 10
Hy-Gain element clamps 7

Idealized matching network 7
Impedance 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10
Initialization file 11
Ins 4
Insulated through-the-boom mounting 6
Isotropic antenna 11

Jaggard 4

Lawrence Livermore National Laboratory 1
Lawson 4
Lead length 8
Leeson 4
Lightbar 1
Logarithmic average 8

Main Menu 2
Match frequency 7
Match Menu 6
Math coprocessor 2
Memory manager 2
MININEC 1, 9
Mounting bracket 4
Mutual impedance 3

NEC 1, 9
Notes 10
Numerical Electromagnetics Code 1, 9

Options Menu 11
Other 2
OUT.YAG 8
Overlays 11

Peak power 3
Perfect match 7
PgDn 1, 10
PgUp 1, 10
Plot file 10
PLT 10
Polar scale 10
Polarization 3
Printer 11, 12
PrtSc 10, 12

Quick check 2

Respaces elements 4
Return to the Main Menu 2
Rod diameter 7
Rod length 7
Rod spacing 7

Save Menu 8
SAVE.YAG 8
Self-impedance 4
Shunt capacitance 7
Skin effect 9
Spacebar 2
Spot frequency 3
Submenu 2
SWR 7
SWR reference impedance 7

T match 8
Tab key 5, 6
Taper Menu 4
Tapering algorithm 4
Terminate data entry 2
Through-the-boom mounting 6
Tolles 7
Two-element Yagis 6

Velocity factor 8
VGA 1, 11, 12

W2PV 1, 4, 6
W6QHS 4
W7ITB 7
White 6

YA PLOT 10
YA.INI 11, 12
Yagi files 1
Yagi title 10

Z 2

TV CHANNEL ASSIGNMENTS WITH VIDEO-AUDIO-COLOR CARRIER FREQUENCIES

CHANNEL NO.	FREQUENCY RANGE MHz	PICTURE CARRIER MHz	COLOR SUB-CARRIER	SOUND CARRIER MHz
VHF LOW BAND CHANNELS				
2	54-60	55.25	58.83	59.75
3	60-66	61.25	64.83	65.75
4	66-72	67.25	70.83	71.75
5	76-82	77.25	80.83	81.75
6	82-88	83.25	86.83	87.75
FM	88-108	—	—	—
VHF HIGH BAND CHANNELS				
7	174-180	175.25	178.83	179.75
8	180-186	181.25	184.83	185.75
9	186-192	187.25	190.83	191.75
10	192-198	193.25	196.83	197.75
11	198-204	199.25	202.83	203.75
12	204-210	205.25	208.83	209.75
13	210-216	211.25	214.83	215.75
UHF CHANNELS				
14	470-476	471.25	474.83	475.75
15	476-482	477.25	480.83	481.75
16	482-488	483.25	486.83	487.75
17	488-494	489.25	492.83	493.75
18	494-500	495.25	498.83	499.75
19	500-506	501.25	504.83	505.75
20	506-512	507.25	510.83	511.75
21	512-518	513.25	516.83	517.75
22	518-524	519.25	522.83	523.75
23	524-530	525.25	528.83	529.75
24	530-536	531.25	534.83	535.75
25	536-542	537.25	540.83	541.75
26	542-548	543.25	546.83	547.75
27	548-554	549.25	552.83	553.75
28	554-560	555.25	558.83	559.75
29	560-566	561.25	564.83	565.75
30	566-572	567.25	570.83	571.75
31	572-578	573.25	576.83	577.75
32	578-584	579.25	582.83	583.75
33	584-590	585.25	588.83	589.75
34	590-596	591.25	594.83	595.75
35	596-602	597.25	600.83	601.75
36	602-608	603.25	606.83	607.75
37	608-614	609.25	612.83	613.75
38	614-620	615.25	618.83	619.75
39	620-626	621.25	624.83	625.75
40	626-632	627.25	630.83	631.75
41	632-638	633.25	636.83	637.75
42	638-644	639.25	642.83	643.75
43	644-650	645.25	648.83	649.75
44	650-656	651.25	654.83	655.75
45	656-662	657.25	660.83	661.75
46	662-668	663.25	666.83	667.75
47	668-674	669.25	672.83	673.75
48	674-680	675.25	678.83	679.75
49	680-686	681.25	684.83	685.75
50	686-692	687.25	690.83	691.75
51	692-698	693.25	696.83	697.75
52	698-704	699.25	702.83	703.75
53	704-710	705.25	708.83	709.75
54	710-716	711.25	714.83	715.75
55	716-722	717.25	720.83	721.75
56	722-728	723.25	726.83	727.75
57	728-734	729.25	732.83	733.75

TV CHANNEL ASSIGNMENTS WITH VIDEO-AUDIO-COLOR CARRIER FREQUENCIES

CHANNEL NO.	FREQUENCY RANGE MHz	PICTURE CARRIER MHz	COLOR SUB-CARRIER	SOUND CARRIER MHz
UHF CHANNELS (Continued)				
58	734-740	735.25	738.83	739.75
59	740-746	741.25	744.83	745.75
60	746-752	747.25	750.83	751.75
61	752-758	753.25	756.83	757.75
62	758-764	759.25	762.83	763.75
63	764-770	765.25	768.83	769.75
64	770-776	771.25	774.83	775.75
65	776-782	777.25	780.83	781.75
66	782-788	783.25	786.83	787.75
67	788-794	789.25	792.83	793.75
68	794-800	795.25	798.83	799.75
69	800-806	801.25	804.83	805.75
70	806-812	807.25	810.83	811.75
UHF TRANSLATOR CHANNELS				
71	812-818	813.25	816.83	817.75
72	818-824	819.25	822.83	823.75
73	824-830	825.25	828.83	829.75
74	830-836	831.25	834.83	835.75
75	836-842	837.25	840.83	841.75
76	842-848	843.25	846.83	847.75
77	848-854	849.25	852.83	853.75
78	854-860	855.25	858.83	859.75
79	860-866	861.25	864.83	865.75
80	866-872	867.25	870.83	871.75
81	872-878	873.25	876.83	877.75
82	878-884	879.25	882.83	883.75
83	884-890	888.25	888.83	889.75
RCI SUB CHANNELS				
01	11-17	15.75	12.17	11.25
02	17-23	21.75	18.17	17.25
03	23-29	27.75	24.17	23.25
04	29-35	33.75	30.17	29.25
05	35-41	39.75	36.17	35.25
CATV MID BAND CHANNELS				
A	120-126	121.25	124.83	125.75
B	126-132	127.25	130.83	131.75
C	132-138	133.25	136.83	137.75
D	138-144	139.25	142.83	143.75
E	144-150	145.25	148.83	149.75
F	150-156	151.25	154.83	155.75
G	156-162	157.25	160.83	161.75
H	162-168	163.25	166.83	167.75
I	168-174	169.25	172.83	173.75
CATV SUPERBAND CHANNELS				
J	216-222	217.25	220.83	221.75
K	222-228	223.25	226.83	227.75
L	228-234	229.25	232.83	233.75
M	234-240	235.25	238.83	239.75
N	240-246	241.25	244.83	245.75
O	246-252	247.25	250.83	251.75
P	252-258	253.25	256.83	257.75
Q	258-264	259.25	262.83	263.75
R	264-270	265.25	268.83	269.75
S	270-276	271.25	274.83	275.75
T	276-282	277.25	280.83	281.75
U	282-288	283.25	286.83	287.75
V	288-294	289.25	292.83	293.75
W	294-300	295.25	298.83	299.75

VHF AMPLIFIER
TYPE 407/514

A/ ELECTRICAL CHARACTERISTICS

1. Frequency of operation : 40 to 250 MHz
2. Input impedance : 50 Ω
Return loss : ≤ -17.5 dB
3. Output impedance : 50 Ω
Return loss : ≤ -14 dB
4. Average gain at 125 MHz : 30 dB ± 2 dB
- 1 dB
5. Amplitude/frequency response : See curve
6. Output power for intermodulation : 200 mW
-60 dB
(Three tone test : -8, -10, -16 dB)
7. Cross modulation at 200 mW : ≤ 10 %
8. Supply voltage : 28 V ± 0.2 V
9. Current : 290 mA

B/ MECHANICAL CHARACTERISTICS

- Height : 90 mm
Width : 70 mm
Length : 32 mm
Weight : 350 g

VHF AMPLIFIER

TYPE 407/514

427/514

437/514

Diagram : 169 128
Component list : 514 - 57
Layout diagram : 514 120
Characteristics : CT (A) 514 - 57

I - CONNECTIONS

PM(a) 1 - Earth
 2 - + 28 V
 3 - Earth
 4 - Earth
 5 - + 28 V
 6 - Detected RF output

P(a) 50- Ω socket : VHF Input
P(b) 50 Ω socket : VHF Output

II - DESCRIPTION

This wideband VHF amplifier comprises one wideband hybrid circuit in input and output matching are made by strip line and resistors.

III - CHARACTERISTICS

See CT (A) 514 - 57

The module is made with a printed circuit board which is fitted on a heatsink of a sub-assembly.

IV - ADJUSTMENTS

(Achieved with the module fitted with the heatsink)

IV.1 - Setting-up

Check with an ohmmeter that no short-circuit exists between pins^o 2 - 5 and earth.

- Connect a 50 Ω load to both the input and the output of the unit.
- Apply 28 V between pins 2 - 5 (+) and 3 - 4 (-) of PM(a) from a power supply which output current is limited to 0.4 A.
- Check that the total current is 290 mA by connecting a 100 μ A - 2600 Ω meter at the terminals of test points TP1, TP2 (F.S.D = 1 A).

IV.2 - Adjustments

The RF circuit is checked using a wideband wobblateur covering the frequency range 40 to 250 MHz and a device such as a directional coupler or matched bridge. This equipment provides the display of :

- the frequency response
- the input and output matching
- the gain

This module do not require any adjustment.

V - REPLACEMENT OF THE HYBRID CIRCUIT

Using a desoldering tool desolder the circuit pins then unscrew the two screws fixing it to the heatsink and remove the faulty circuit.

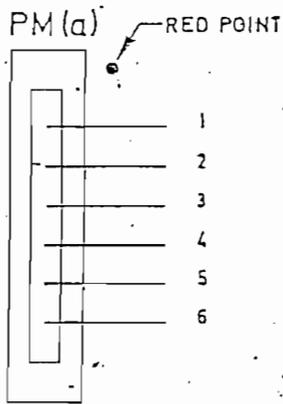
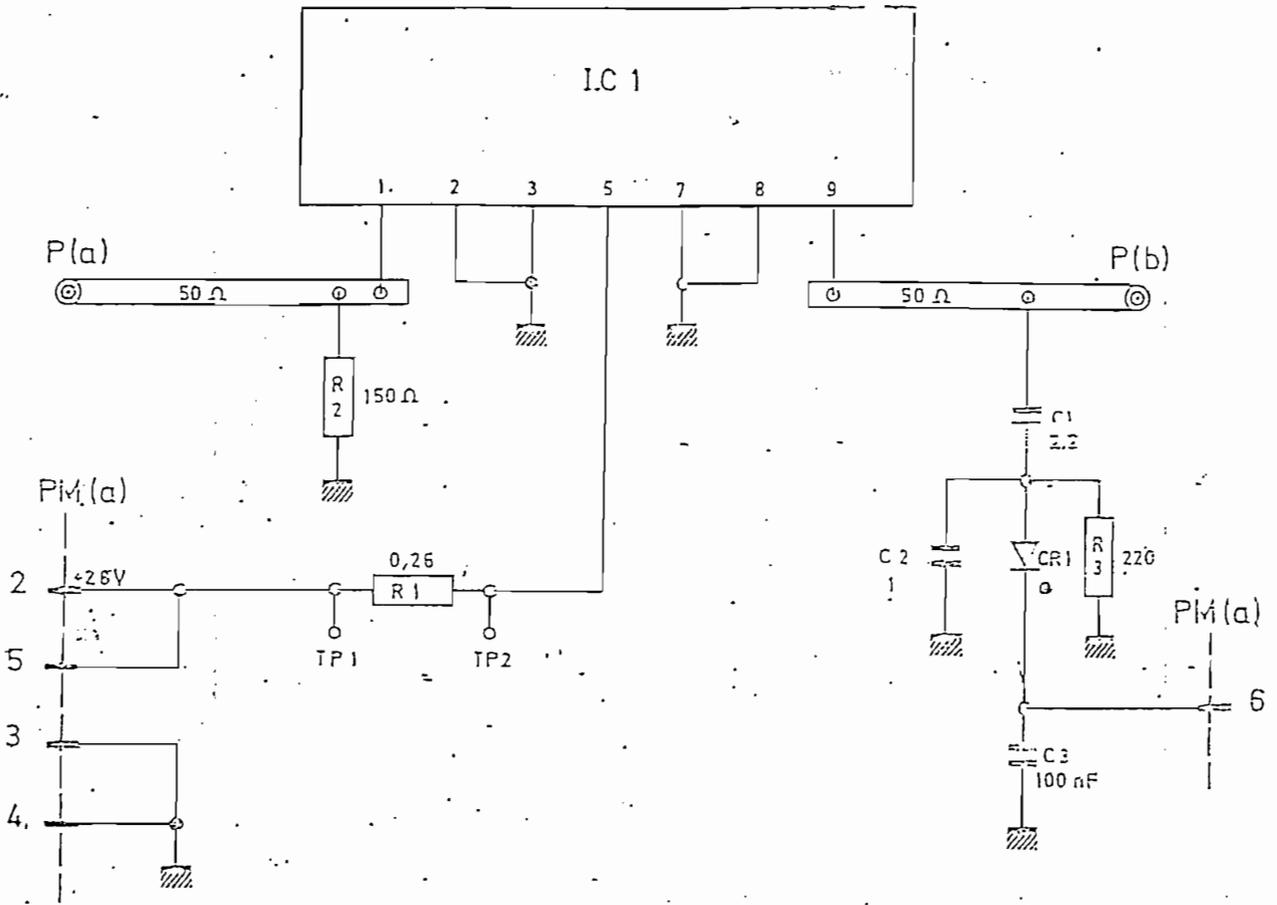
Holding the replacement circuit in position tighten the two screws then solder the pins onto the printed board.

Carry out the setting up procedure (cf IV.1).

Check the operation of the circuit.

R1	Résistance BSP 3 W 0,28 Ω + 2%	1	91 451 610	PREC. SAME	
R2	Résistance RC 2T 150 Ω + 5%	1	99 028 116	UTE/CCT	
C2	Condensateur ajustable C 050 3 E 5 1 à 3,5 pF (point orange)	1	91 358 957	R T C	orange
C1	Condensateur C 650 - 09 - 228 2,2 pF + 0,25 500 V	1	91 318 152	R T C	
C3	Condensateur CNC6 E 0,1 µF + 20% 63 V	1	99 100 379	UTE/CCT	
CR1	Diode HP 5082 - 2800	1	91 298 613	H. P.	
CR2	Diode SFD 106	1	91 247 113	TH. CSF	
IC1	Circuit CA 2650 ou Circuit CA 2270 ou Circuit CA 2350 A	1 1 1	91 465 531 91 465 525 91 465 527	T R W T R W T R W	T. 407/ T. 427/ T. 437/
P(a)	Connecteur KMC 13	1	99 025 972	UTE/CCT	
P(b)	Connecteur KMC 13	1	99 025 972	UTE/CCT	
PM(a)	Connecteur 6 broches	1	X X X X	COMATEL	
TP1	Prise de test 5046 Rouge.	1	91 280 923	A T I	
TP2	Prise de test 5046 Noire	1	91 317 003	A T I	
Schéma 169 128					
Nomenclature mécanique (Voir N° de Types)					

A	13535	Y. P.	07.5.80	D	14800	MR	04		
B	13878	Y. P.	20.6.80						
C	14089	K. L.	15.3.80						
indice	N° Diff.	Description	Viz	Date	indice	N° Diff.	Description	Viz	D
AMPLIFICATEUR VHF					Édité par L.O.				



TYPE	I.C. 1	GAIN MOYEN A 50 MHz
407-514	CA 2650	33,5 DB
427-514	CA 2270	17 DB
437-514	CA 2350	22 DB

AMPLIFICATEUR V.H.F

dB TABLE

dB	VOLTAGE OR CURRENT RATIO	POWER RATIO	dB	VOLTAGE OR CURRENT RATIO	POWER RATIO
0.0	1.000	1.000	26.	19.95	398.1
0.1	1.012	1.023	27.	22.39	501.2
0.2	1.023	1.047	28.	25.12	631.0
0.3	1.035	1.072	29.	28.18	794.3
0.4	1.047	1.096	30.	31.62	1000.0
0.5	1.059	1.122	31.	35.48	1259.0
0.6	1.072	1.148	32.	39.81	1585.0
0.8	1.096	1.202	33.	44.67	1995.0
1.0	1.122	1.259	34.	50.12	2512.0
1.5	1.189	1.413	35.	56.23	3162.0
2.0	1.259	1.585	36.	63.10	3981.0
2.5	1.334	1.778	37.	70.79	5012.0
3.0	1.413	1.995	38.	79.43	6310.0
4.0	1.585	2.512	39.	89.13	7943.0
5.0	1.778	3.162	40.	100.00	10000.
6.0	1.995	3.981	41.	112.20	12590.
7.0	2.239	5.012	42.	125.90	15850.
8.0	2.512	6.310	43.	141.30	19950.
9.0	2.818	7.943	44.	158.50	25120.
10.0	3.162	10.000	45.	177.80	31620.
11.0	3.548	12.590	46.	199.50	39810.
12.	3.981	15.850	47.	223.90	50120.
13.	4.467	19.950	48.	251.20	63100.
14.	5.012	25.120	49.	281.80	79430.
15.	5.623	31.620	50.	316.20	100000.0
16.	6.310	39.810	51.	354.80	125900.0
17.	7.079	50.120	52.	398.10	158500.0
18.	7.943	63.100	53.	446.70	199500.0
19.	8.913	79.43	54.	501.20	251200.0
20.	10.000	100.00	55.	562.30	316200.0
21.	11.220	125.90	56.	631.00	398100.0
22.	12.590	158.50	57.	707.90	501200.0
23.	14.130	199.50	58.	794.30	631000.0
24.	15.850	251.20	59.	891.30	794300.0
25.	17.780	316.20	60.	1000.00	1000000.

Power Conversion Chart

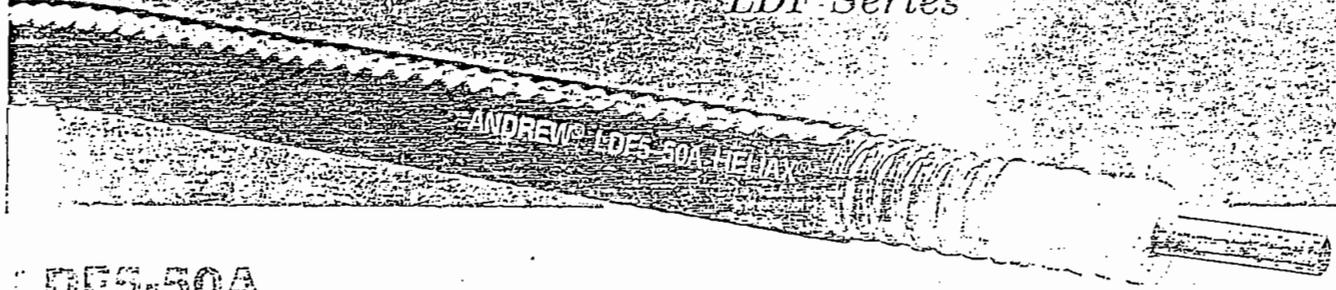
Frequently when working with several types of equipment it is necessary to convert from one form of power measurement to another. The accompanying chart will make these conversions easier.

Power dbm	Power Watts	Microvolts		Power dbmv	Power dbm	Power Watts	Microvolts		Power dbmv
		50 Ohms	75 Ohms				50 Ohms	75 Ohms	
-108.75	13.33 fw	0.82	1.00	-60	-48.75	13.33 nw	816.45	1000	0
-107.75	16.78 fw	0.92	1.12	-59	-47.75	16.78 nw	916.38	1122	1
-106.75	21.13 fw	1.03	1.26	-58	-46.75	21.13 nw	1022	1259	2
-105.75	26.60 fw	1.15	1.41	-57	-45.75	26.60 nw	1153	1413	3
-104.75	33.49 fw	1.29	1.58	-56	-44.75	33.49 nw	1294	1585	4
-103.75	42.16 fw	1.45	1.78	-55	-43.75	42.16 nw	1452	1778	5
-102.75	53.08 fw	1.63	2.00	-54	-42.75	53.08 nw	1629	1995	6
-101.75	66.82 fw	1.83	2.24	-53	-41.75	66.82 nw	1823	2239	7
-100.75	84.12 fw	2.05	2.51	-52	-40.75	84.12 nw	2051	2512	8
-99.75	105.90 fw	2.30	2.82	-51	-39.75	105.90 nw	2301	2818	9
-98.75	133.32 fw	2.58	3.16	-50	-38.75	133.32 nw	2582	3162	10
-97.75	167.84 fw	2.90	3.55	-49	-37.75	167.84 nw	2897	3549	11
-96.75	211.30 fw	3.25	3.98	-48	-36.75	211.30 nw	3250	3981	12
-95.75	266.01 fw	3.65	4.47	-47	-35.75	266.01 nw	3647	4467	13
-94.75	334.89 fw	4.09	5.01	-46	-34.75	334.89 nw	4092	5012	14
-93.75	421.60 fw	4.59	5.62	-45	-33.75	421.60 nw	4591	5623	15
-92.75	530.76 fw	5.15	6.31	-44	-32.75	530.76 nw	5152	6310	16
-91.75	668.19 fw	5.78	7.08	-43	-31.75	668.19 nw	5780	7079	17
-90.75	841.20 fw	6.49	7.94	-42	-30.75	841.20 nw	6485	7943	18
-89.75	1.06 pw	7.28	8.91	-41	-29.75	1.06 uw	7277	8913	19
-88.75	1.33 pw	8.16	10.00	-40	-28.75	1.33 uw	8165	10000	20
-87.75	1.69 pw	9.16	11.22	-39	-27.75	1.69 uw	9161	11220	21
-86.75	2.11 pw	10.23	12.59	-38	-26.75	2.11 uw	10279	12589	22
-85.75	2.66 pw	11.53	14.13	-37	-25.75	2.66 uw	11533	14125	23
-84.75	3.35 pw	12.94	15.85	-36	-24.75	3.35 uw	12940	15849	24
-83.75	4.22 pw	14.52	17.78	-35	-23.75	4.22 uw	14519	17783	25
-82.75	5.31 pw	16.29	19.95	-34	-22.75	5.31 uw	16291	19953	26
-81.75	6.68 pw	18.28	22.39	-33	-21.75	6.68 uw	18278	22387	27
-80.75	8.41 pw	20.51	25.12	-32	-20.75	8.41 uw	20509	25119	28
-79.75	10.59 pw	23.01	28.18	-31	-19.75	10.59 uw	23011	28184	29
-78.75	13.33 pw	25.82	31.62	-30	-18.75	13.33 uw	25819	31623	30
-77.75	16.78 pw	28.97	35.48	-29	-17.75	16.78 uw	28939	35491	31
-76.75	21.13 pw	32.50	39.81	-28	-16.75	21.13 uw	32504	39811	32
-75.75	26.60 pw	36.47	44.67	-27	-15.75	26.60 uw	36470	44663	33
-74.75	33.49 pw	40.92	50.12	-26	-14.75	33.49 uw	40920	50119	34
-73.75	42.16 pw	45.91	56.23	-25	-13.75	42.16 uw	45913	56234	35
-72.75	53.08 pw	51.52	63.10	-24	-12.75	53.08 uw	51515	63095	36
-71.75	66.82 pw	57.80	70.79	-23	-11.75	66.82 uw	57801	70795	37
-70.75	84.12 pw	64.85	79.43	-22	-10.75	84.12 uw	64854	79433	38
-69.75	105.90 pw	72.77	89.13	-21	-9.75	105.90 uw	72767	89125	39
-68.75	133.32 pw	81.55	100.00	-20	-8.75	133.32 uw	81646	100000	40
-67.75	167.84 pw	91.61	112.20	-19	-7.75	167.84 uw	91603	112202	41
-66.75	211.30 pw	102.79	125.89	-18	-6.75	211.30 uw	102785	125893	42
-65.75	266.01 pw	115.33	141.25	-17	-5.75	266.01 uw	115328	141254	43
-64.75	334.89 pw	129.40	158.49	-16	-4.75	334.89 uw	129400	158489	44
-63.75	421.60 pw	145.19	177.83	-15	-3.75	421.60 uw	145182	177828	45
-62.75	530.76 pw	162.91	199.53	-14	-2.75	530.76 uw	162905	199526	46
-61.75	668.19 pw	182.78	223.87	-13	-1.75	668.19 uw	182723	223872	47
-60.75	841.20 pw	205.09	251.19	-12	-0.75	841.20 uw	205086	251189	48
-59.75	1.06 mw	230.11	281.84	-11	0.00	1.00 mw	223607	273873	48.75
-58.75	1.33 mw	258.19	316.23	-10	0.25	1.06 mw	230110	281833	49
-57.75	1.68 mw	289.69	354.81	-9	1.25	1.23 mw	258187	316228	50
-56.75	2.11 mw	325.04	398.11	-8	2.25	1.68 mw	289691	354913	51
-55.75	2.66 mw	364.70	446.68	-7	3.25	2.11 mw	325039	398107	52
-54.75	3.35 mw	409.20	501.19	-6	4.25	2.66 mw	364699	446684	53
-53.75	4.22 mw	459.13	562.34	-5	5.25	3.35 mw	409199	501187	54
-52.75	5.31 mw	515.15	630.96	-4	6.25	4.22 mw	459129	562341	55
-51.75	6.68 mw	578.01	707.95	-3	7.25	5.31 mw	515152	630957	56
-50.75	8.41 mw	648.54	794.33	-2	8.25	6.68 mw	578010	707946	57
-49.75	10.59 mw	727.67	891.25	-1	9.25	8.41 mw	648537	794328	58
-48.75	13.33 mw	816.46	1000	0	10.25	10.59 mw	727671	891251	59
					11.25	13.33 mw	816460	1000000	60

0 dbm = 1 mw across 50 Ohms
 0 dbmv = 1000 uv across 75 Ohms
 1 femtowatt (fw) = 1×10^{-15} Watt
 1 picowatt (pw) = 1×10^{-12} Watt

1 nanowatt (nw) = 1×10^{-9} Watt
 1 microwatt (uw) = 1×10^{-6} Watt
 1 milliwatt (mw) = 1×10^{-3} Watt

50-ohm
7/8" Foam Dielectric,
LDF Series



LDF5-50A

Cable Ordering Information

Description	Type No.
Standard Cable	
7/8" Standard Cable, Standard Jacket	LDF5-50A
Fire Retardant Cable	
7/8" Fire Retardant Jacket (CATVR)	LDF5RN-50A
Low VSWR and Specialized Cables	
7/8" Low VSWR, specify operating band	LDF5P-50A-(**)
Cable for Cellular, standard jacket 824-960 MHz, 1.10 VSWR, max.	LDF5P-50A-9A
Cable for Cellular, fire retardant jacket, (CATVR) 824-894 MHz, 1.20 VSWR, max.	41690-75
Qualified to MIL-C-28830/4	232071-2
Phase Stabilized and Phase Measured Cable	See page 585

** Insert suffix number from "Low VSWR Specifications" table.

Characteristics

Electrical	
Impedance, ohms	50 ± 1
Maximum Frequency, GHz	5.0
Velocity, percent	89
Peak Power Rating, kW	91
dc Resistance, ohms/1000 ft (1000 m)	
Inner	0.32 (1.05)
Outer	0.32 (1.05)
dc Breakdown, volts	6000
Jacket Spark, volts RMS	8000
Capacitance, pF/ft (m)	22.8 (75.0)
Inductance, µH/ft (m)	0.057 (0.187)

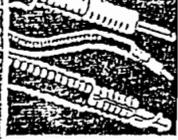
Mechanical	
Outer Conductor	Copper
Inner Conductor	Copper
Diameter over Jacket, in (mm)	1.09 (28)
Diameter over Copper Outer Conductor, in (mm)	0.98 (24.9)
Diameter Inner Conductor, in (mm)	0.355 (4.0)
Nominal Inside Transverse Dimensions, cm	2.11
Minimum Bending Radius, in (mm)	10 (250)
Number of Bends, minimum (typical)	15 (50)
Bending Moment, lb-ft (N·m)	12 (16.3)
Cable Weight, lb/ft (kg/m)	0.33 (0.49)
Tensile Strength, lb (kg)	325 (147)
Flat Plate Crush Strength, lb/in (kg/mm)	80 (1.4)

* A 75-ohm 7/8" diameter cable is available. Contact Andrew for further information.

Attenuation and Average Power

Frequency, MHz	Attenuation, dB/100ft	Attenuation, dB/100m	Average Power, W
0.5	0.025	0.0804	91.0
1	0.035	0.115	78.9
1.5	0.043	0.141	64.3
2	0.050	0.164	55.6
10	0.112	0.367	24.6
20	0.160	0.525	17.3
30	0.197	0.646	14.0
50	0.257	0.843	10.7
88	0.345	1.13	8.01
100	0.369	1.21	7.49
105	0.384	1.26	7.19
150	0.458	1.50	6.04
174	0.496	1.63	5.58
200	0.535	1.76	5.18
300	0.666	2.18	4.15
400	0.781	2.56	3.55
450	0.834	2.74	3.32
500	0.883	2.90	3.13
512	0.896	2.94	3.09
600	0.979	3.21	2.83
700	1.07	3.50	2.59
800	1.15	3.78	2.40
824	1.17	3.85	2.36
894	1.23	4.03	2.25
960	1.28	4.20	2.16
1000	1.31	4.30	2.11
1250	1.49	4.90	1.85
1500	1.66	5.45	1.66
1700	1.79	5.87	1.54
2000	1.97	6.46	1.40
2300	2.15	7.05	1.29
3000	2.53	8.31	1.09
4000	3.03	9.94	0.914
5000	3.50	11.5	0.792

Standard Conditions:
For Attenuation, VSWR 1.0 ambient temperature 24°C (75°F).
For Average Power, VSWR 1.0, ambient temperature 40°C (104°F), inner conductor temperature 100°C (212°F), no solar loading.

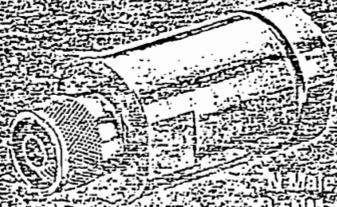


HELIAX[®] Coaxial Cables

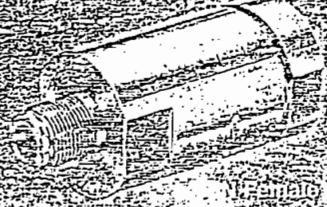


7-16 DIN Female
L45PD-FRG

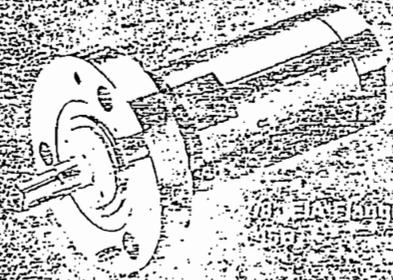
7-16 DIN Male
L45PD-MF



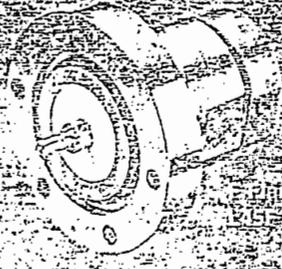
N Male
L5NM



N Female
L5NF



7/8" EIA Flange
L45R



Panel Mount
L5PDF-PM



Ring Flare
L5PDF-RC†

Connectors

Interface	Description	Type Number	Previous type Number	Inner Contact Attachment	Outer Contact Attachment	Plating Code	Max. Length in (mm)	Max. Dia. in (mm)
N Male		L5NM	L45W	Self-Tapping	Self-Flare	BB	2.8 (71)	1.4 (36)
N Male		L5PNM†	L45PW	Self-Tapping	Self-Flare	SG	2.8 (71)	1.4 (36)
N Male	Hex Head	L5PNM-H		Self-Tapping	Self-Flare	SG	3.0 (76)	1.35 (34.3)
N Female		L5NF	L45N	Self-Tapping	Self-Flare	BB	2.8 (71)	1.4 (36)
N Female		L5PNF†	L454PN	Self-Tapping	Self-Flare	SG	2.8 (71)	1.4 (36)
7-16 DIN Male		L5PDM†	L45ADM	Self-Tapping	Self-Flare	SS	2.6 (66)	1.4 (36)
7-16 DIN Male	Right Angle	L5PDR†	L45ADM-RA	Self-Tapping	Self-Flare	SS	3.3/2.5 (85/64)	1.4 (36)
7-16 DIN Female		L5PDF†	L45PDF	Self-Tapping	Self-Flare	SS	2.7 (69)	1.4 (36)
7-16 DIN Female	Bulkhead	L5PDF-BH	L45ADF-BH	Self-Tapping	Self-Flare	SS	2.7 (69)	1.9 (47)
7-16 DIN Female	Panel Mount	L5PDF-PM		Self-Tapping	Self-Flare	SS	2.7 (69)	1.35 (34.3)
7-16 DIN Female	Ring Flare	L5PDF-RC†		Captivated	Ring-Flare	SS	2.9 (74)	1.36 (34.3)
7/8" EIA Flange		L45R		Self-Tapping	Self-Flare	BB	3.3 (84)	2.25 (57)
7/8" EIA Flange	Right Angle	124800-1		Self-Tapping	Self-Flare	BB	3.9/1.3 (99/33)	2.25 (57)
F Flange Male		L45F		Self-Tapping	Self-Flare	BB	1.8 (46)	2.25 (57)
F Flange Female		48041		Self-Tapping	Self-Flare	BB		
UHF Male		L45P		Self-Tapping	Self-Flare	BS	2.7 (69)	1.4 (36)
UHF Female		L45U		Self-Tapping	Self-Flare	BS	2.7 (69)	1.4 (36)
LC Male		L45M		Self-Tapping	Self-Flare	BB	3.7 (94)	1.4 (36)
LC Female		L45L		Self-Tapping	Self-Flare	BB	3.4 (86)	1.4 (36)
HN Male		L45J		Self-Tapping	Self-Flare	BB	3.0 (76)	1.4 (36)
End Terminal		L45T		Self-Tapping	Self-Flare	BB	4.9 (124)	1.4 (36)
Splice		L45Z		Self-Tapping	Self-Flare	BB	3.3 (84)	1.5 (38)

† See page 570 for bulk packs.

Plating Codes: BB - Brass Body and Pin, BS - Brass Body and Silver Plated Pin, SG - Silver Plated Body and Gold Plated Pin, SS - Silver Plated Body and Pin

Connector Accessories

	Type Number
Connector Pin-Paks, five replacement pins	
For L5NM	43158-5
For L5PNM, L5PNM-H	241495
For L5NF	43157-2
For L5PNF	241092
For L5PDM	114105
For L5PDF and L5PDF-BH	114105-2
Connector Reattachment Kit for L45 Series	34767A-28
Bulkhead Adapter, for N or UHF Females	26016-2

HELIX[®] Coaxial Cables

75-ohm
1/2" Foam Dielectric,
LDF Series

ANDREW[®] LDF4-75A HELIX[®]

LDF4-75A

Cable Ordering Information

Description	Ordering Code
Standard Cable	
1/2" Standard cable	LDF4-75A
Fire Retardant Cables	G
1/2" Fire Retardant Jacket (CATVX)	LDF4RN-75A
1/2" Fire Retardant Jacket (CATVR)	LDF4RN-75A

Characteristics

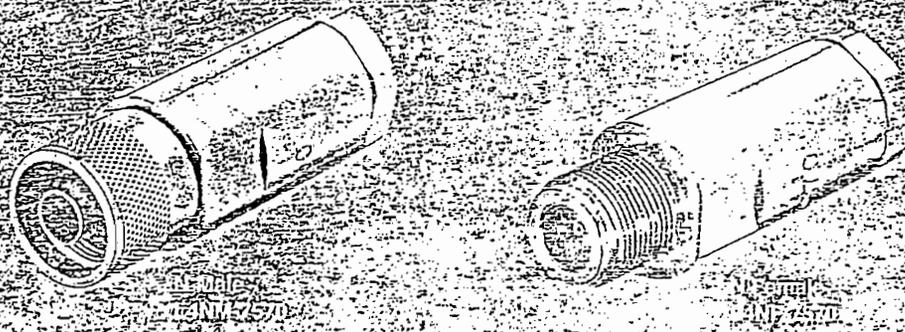
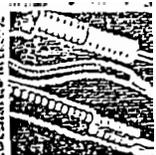
Electrical	
Impedance, ohms	75 ± 3
Maximum Frequency, GHz	10
Velocity, percent	88
Peak Power Rating, kW	26
dc Resistance, ohms/1000 ft (1000 m)	
Inner	1.15 (3.77)
Outer	0.58 (1.90)
dc Breakdown, volts	4000
Jacket Spark, volts RMS	8000
Capacitance, pF/ft (m)	15.4 (50.5)
Inductance, μH/ft (m)	0.087 (0.284)

Mechanical	
Outer Conductor	Copper
Inner Conductor	Copper-Clad Aluminum
Diameter over Jacket, in (mm)	0.63 (16)
Diameter over Copper Outer Conductor, in (mm)	0.55 (14)
Minimum Bending Radius, in (mm)	5 (125)
Number of Bends, minimum (typical)	15 (40)
Bending Moment, lb-ft (N·m)	2.8 (3.8)
Cable Weight, lb/ft (kg/m)	0.14 (0.21)
Tensile Strength, lb (kg)	200 (90.7)
Flat Plate Crush Strength, lb/in (kg/mm)	110 (2.0)

Attenuation and Average Power

Frequency, MHz	Attenuation, dB/1000ft	Attenuation, dB/1000m	Average Power, W
0.5	0.042	0.139	24.6
1	0.060	0.197	17.3
1.5	0.074	0.241	14.0
2	0.085	0.279	12.2
10	0.192	0.630	5.39
20	0.273	0.895	3.80
30	0.335	1.10	3.09
50	0.435	1.43	2.38
93	0.583	1.91	1.77
100	0.623	2.04	1.67
108	0.649	2.13	1.60
150	0.770	2.53	1.35
174	0.833	2.73	1.24
200	0.896	2.94	1.15
300	1.11	3.65	0.932
400	1.30	4.25	0.799
450	1.38	4.53	0.751
500	1.46	4.80	0.707
512	1.48	4.86	0.699
600	1.62	5.30	0.641
700	1.76	5.76	0.590
800	1.89	6.20	0.546
824	1.92	6.31	0.538
894	2.01	6.60	0.515
960	2.09	6.86	0.495
1000	2.14	7.02	0.484
1250	2.43	7.96	0.427
1500	2.69	8.82	0.385
1700	2.89	9.48	0.359
2000	3.17	10.4	0.327
2300	3.44	11.3	0.300
3000	4.03	13.2	0.256
4000	4.77	15.7	0.217
5000	5.47	17.9	0.190
6000	6.14	20.1	0.169
8000	7.35	24.1	0.140
10000	8.46	27.8	0.122

Standard Conditions:
For Attenuation, VSWR 1.0, ambient temperature 24°C (75°F).
For average power, VSWR 1.0 ambient temperature 40°C (104°F), inner conductor temperature 100°C (212°F), no solar loading.



Connectors

Part Number	Description	Type Number	Reference	Inner Contact Attachment	Outer Contact Attachment	Plating Code	Maximum Length in (mm)	Maximum Diameter in (mm)
N Male	50 Ohm Mating Pin	L4NM-7550	L44W-75	Solder	Self Flare	BB	2.5 (64)	0.91 (23.1)
N Male	50 Ohm Mating Pin	L4NM-7550-H	-	Solder	Self Flare	BB	2.5 (64)	0.94 (23.8)
N Male	70 Ohm Mating Pin	L4NM-7570	L44W-70	Solder	Self Flare	BB	2.5 (64)	0.91 (23.1)
N Male	70 Ohm Mating Pin	L4NM-7570-H	-	Solder	Self Flare	BB	2.5 (64)	0.94 (23.8)
N Male	50 Ohm Mating Pin, Right Angle	L4NR-7550	206161	Solder	Self Flare	NB	3.2/1.5 (81/38)	0.95 (24.1)
N Female	50 Ohm Mating Pin	L4NF-7550	L44N-75	Solder	Self Flare	BB	2.5 (64)	0.91 (23.1)
N Female	70 Ohm Mating Pin	L4NF-7570	L44N-70	Solder	Self Flare	BB	2.3 (58)	0.91 (23.1)
UHF Male		L44P-75	-	Solder	Self Flare	BB	2.3 (58)	0.91 (23.1)
UHF Female		L44U-75	-	Solder	Self Flare	BB	2.3 (58)	0.91 (23.1)
CATV Equipment Housing		48070	-	-	Self Flare	BB	2.0 (50)	0.91 (23.1)
Splice		L44Z-75	-	Solder	Self Flare	BB	3.2 (81)	1.1 (27.9)

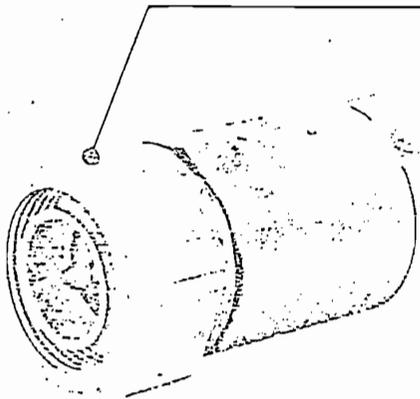
Plating Codes: BB - Brass Body and Pin, NB - Nickel Plated Body and Brass Pin

7/16 DIN **Connector Attachment**
for HELIAX® LDF5-50A Coaxial Cable

7/16 DIN **Acoplamiento de Conectores**
para Cable Coaxial HELIAX LDF5-50A

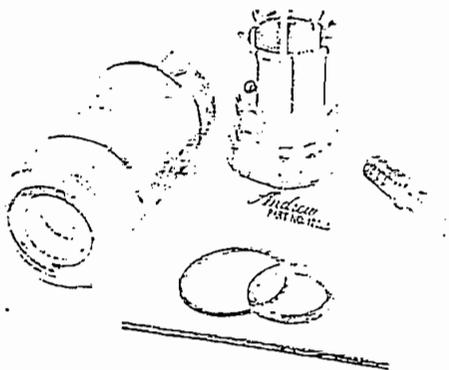
7/16 DIN **Montage des Connecteurs**
Pour Câbles Coaxiaux HELIAX LDF5-50A

7/16 DIN **Stecker montage**
für HELIAX-Koaxialkabel LDF5-50A

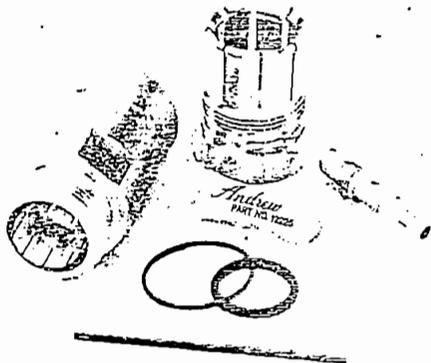


Coupling torque:
Par de acoplamiento:
Couple de serrage:
Anschlußdrehmoment:
11-17 N·m
(8-12 ft-lb)

7/16 DIN male
7/16 DIN macho
7/16 DIN mâle
7/16 DIN Stecker



7/16 DIN female
7/16 DIN hembra
7/16 DIN femelle
7/16 DIN Kuppler



Tools and Materials Required for Assembly

Knife
Flat file
Brush
Wrenches: two 32 mm (1-1/4")
Fine-toothed hacksaw

Herramientas y Materiales Requeridos para el Montaje

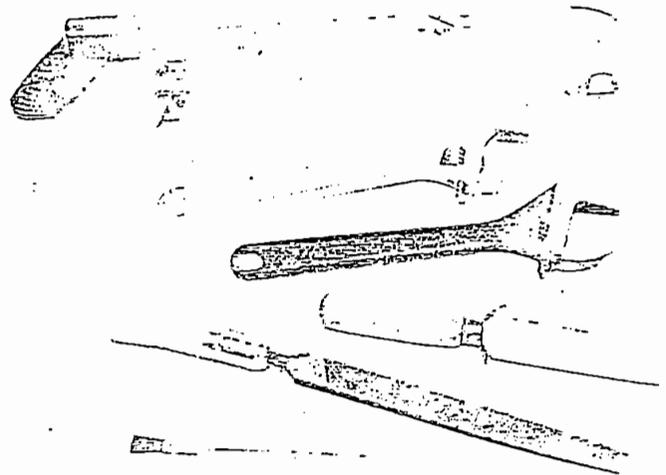
Cuchilla
Lima plana
Cepillo
Llaves de tuercas: dos de 32 mm
(1-1/4")
Segueta de dientes finos

Outillage et Matériel Préconisés

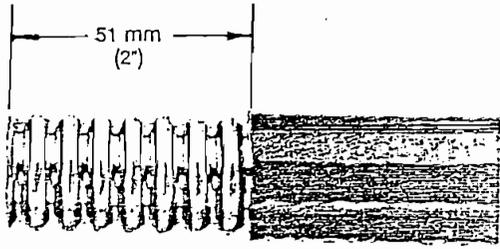
Couteau
Lime plate
Brosse
Clefs plates de 32 mm (1-1/4")
Scie à métaux à denture fine

Benötigte Werkzeuge und Zubehör

Messer
Flachfeile
Pinsel
Schraubenschlüssel 32 mm (1-1/4")
Feine Metallsäge

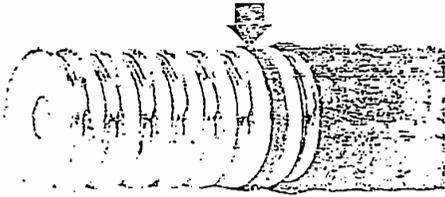


1



Remove burrs
 Ouitar virutas
 Ebavurer
 Entgraten

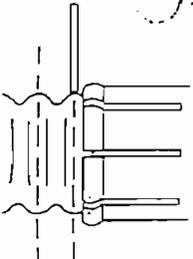
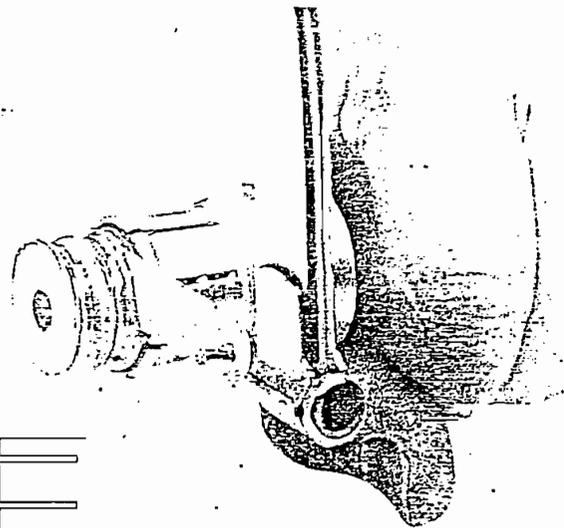
2



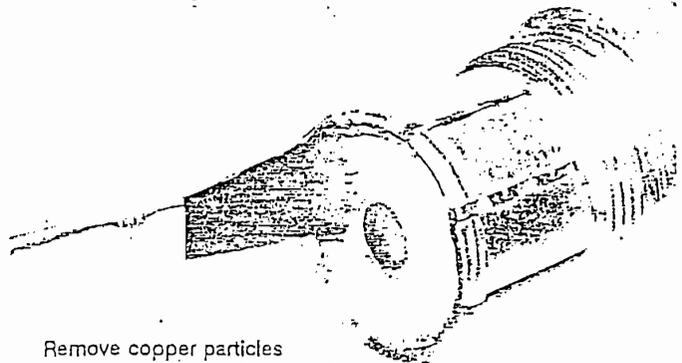
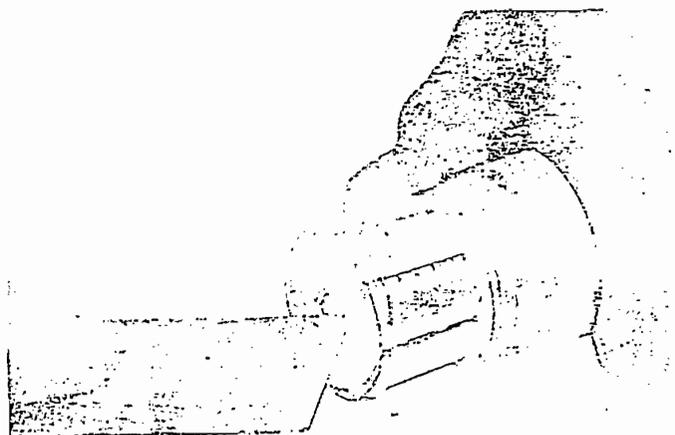
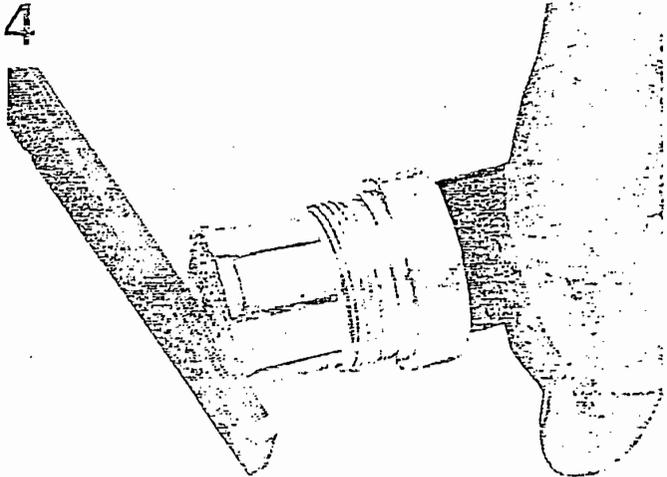
Andrew
 PART #C. 12222



3

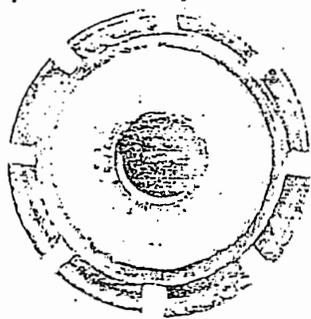
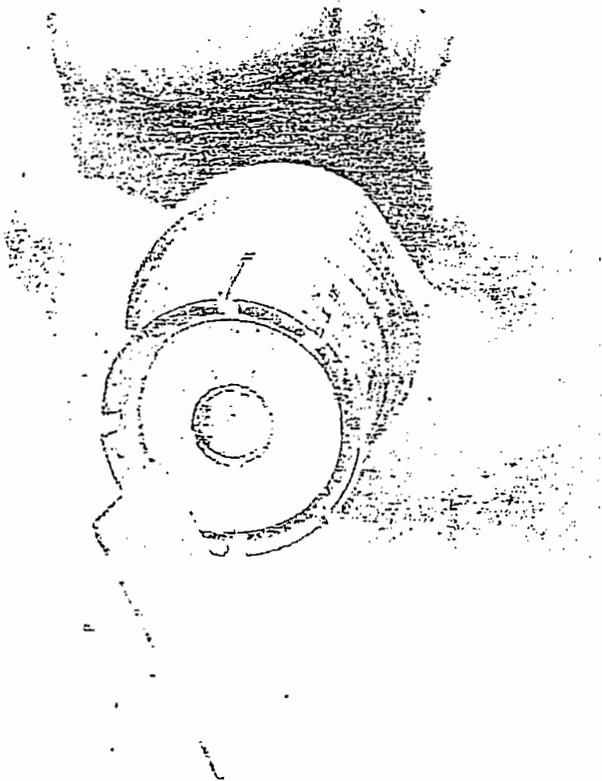


4



Remove copper particles
 Remueva las partículas de cobre
 Ebavurer et enlever les copeaux
 Kupferpartikel entfernen

5



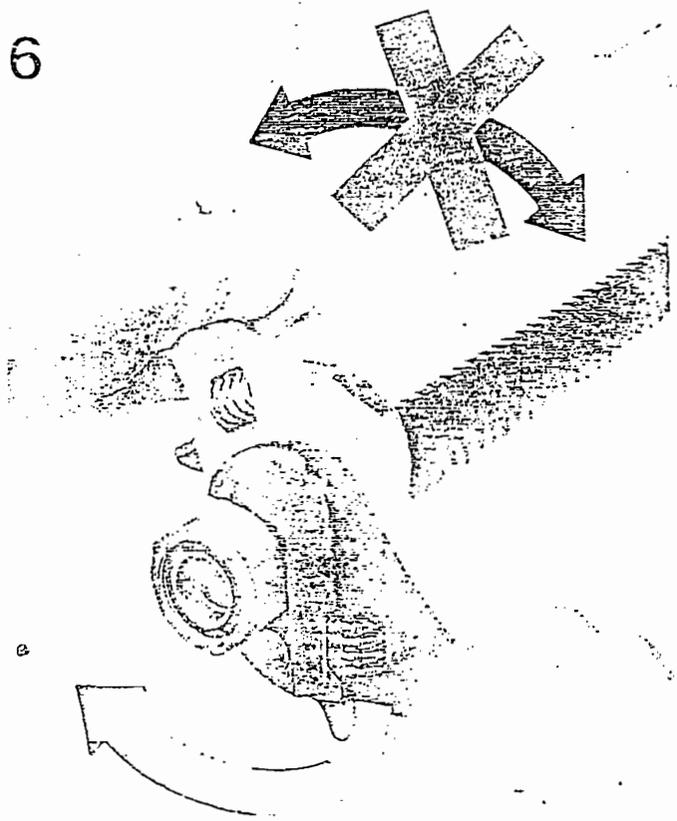
Separate foam from outer conductor

Separar espuma del conductor exterior

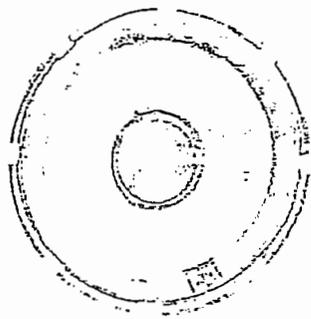
Ecarter la mousse du conducteur extérieur

Schaumkern vom Außenleiter ablösen

6



23 ± 2.7 N·m
(17 ± 2 ft·lb)

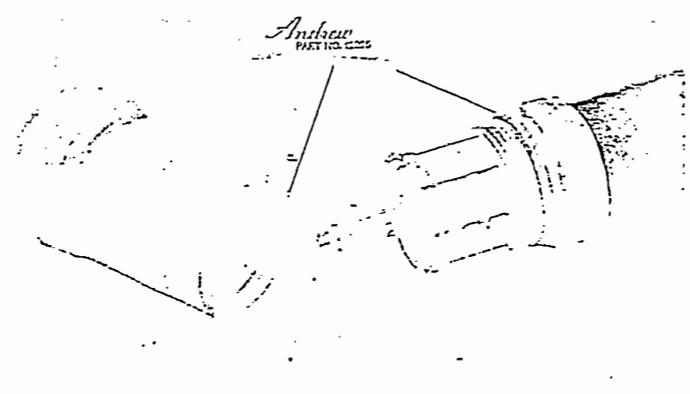
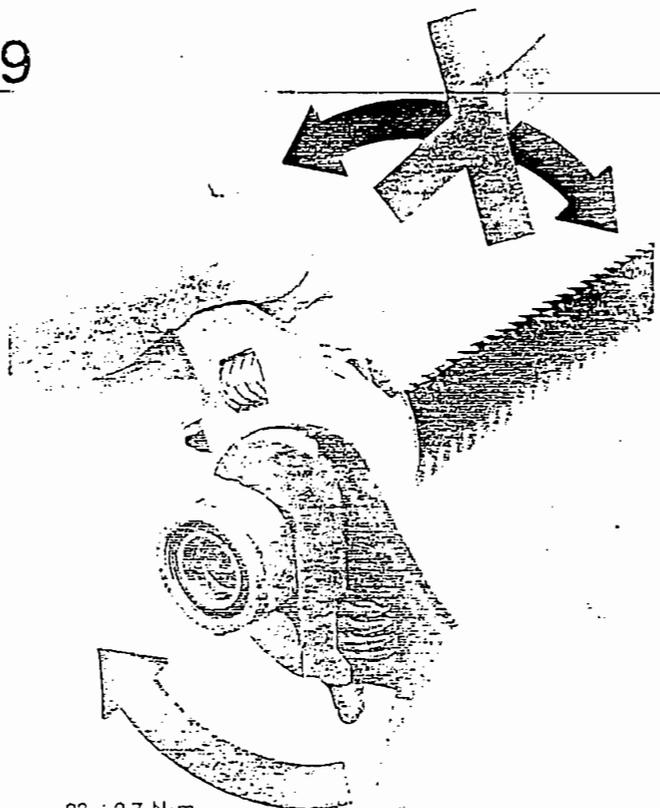
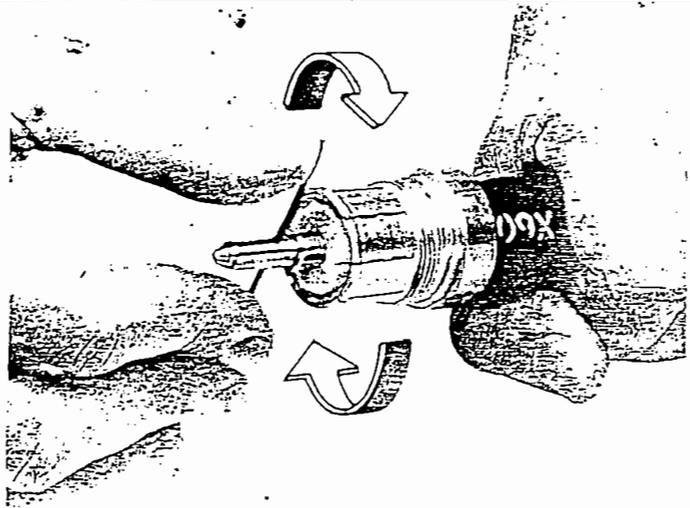


Outer conductor correctly flared

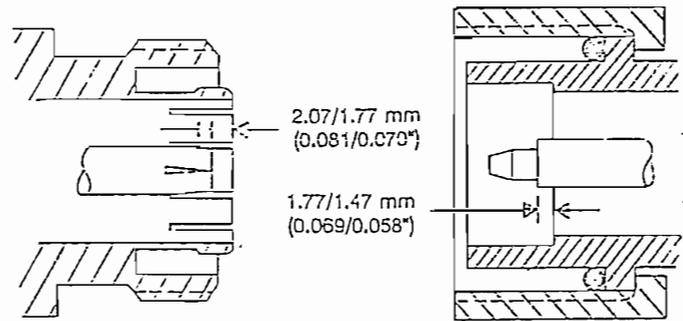
Conductor exterior correctamente abocinado

Conducteur extérieur correctement épanoui

Richtig gebördelter Außenleiter



23 ± 2.7 N·m
(17 ± 2 ft·lb)



Notice

The installation, maintenance, or removal of antenna systems requires qualified, experienced personnel. Andrew installation instructions have been written for such personnel. Antenna systems should be inspected once a year by qualified personnel to verify proper installation, maintenance, and condition of equipment.

Andrew disclaims any liability or responsibility for the results of improper or unsafe installation practices.

Advertencia

Se requiere que la instalación, el mantenimiento o el retiro de los sistemas de antenas sea efectuado por personal calificado y con experiencia. Las instrucciones de instalación de Andrew se han escrito pensando en esta clase de personal. Se deben inspeccionar los sistemas de antenas una vez al año utilizando personal calificado a fin de verificar si la instalación, el mantenimiento y la condición del equipo son adecuados.

Andrew no asume ninguna responsabilidad ni obligación resultante de las prácticas de instalación incorrectas o inseguras.

Note

L'installation, la maintenance et la dépose des systèmes d'antennes doivent être effectuées par des techniciens qualifiés. Les instructions de montage Andrew ont été prévues pour un tel personnel. Les systèmes d'antennes doivent être inspectés tous les ans par des techniciens qualifiés afin de vérifier l'installation, la maintenance et l'état des équipements.

Andrew décline toute responsabilité dans le cas de non respect de ces instructions.

Anmerkung

Die Installation, Wartung oder Abnahme eines Antennensystems erfordert qualifiziertes und geschultes Personal, für das auch die Andrew Montageanweisungen geschrieben worden sind. Antennensysteme sollten jährlich von qualifiziertem Personal überprüft werden, um die einwandfreie Montage, Wartung und den Zustand der Systemkomponenten sicherzustellen.

Andrew lehnt jede Haftung oder Verantwortung für Schäden ab, die aufgrund unsachgemäßer Installation resultieren.





INDOOR SPLITTERS

INDOOR SPLITTERS

FEATURES

SUV SERIES

- Performance to 1000 MHz
- 2, 3, 4 and 8 Way Models
- Die Cast Housing
- RF Shielding
- Mounting Tabs & Grounding Blocks

CRS, CRSP, CVS SERIES

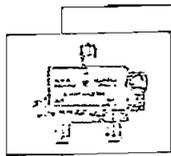
- Superior Performance to 1000 MHz
- 2, 3, 4 and 8 Way Models
- Die Cast Housing
- Inline and L Style Models
- RF Shielding Mounting Tabs & Grounding Blocks
- Extra Power Resistor Protection

XRS SERIES

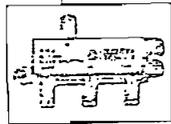
- Performance to 1000 MHz
- 2, 3, 4 and 8 Way Models
- Die Cast Housing
- RF Shielding
- Mounting Tabs & Grounding Blocks

MS SERIES

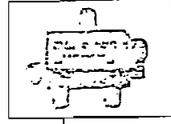
- Performance to 890 MHz
- 2 and 4 Way Models
- Made in the USA



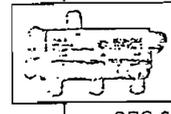
SUV-2



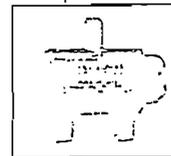
SUV-3



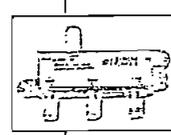
CRS-2



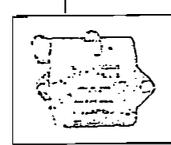
CRS-3



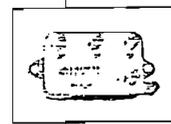
CRSP-2



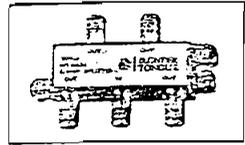
CRSP-3



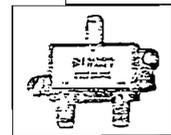
CVS-2



CVS-3



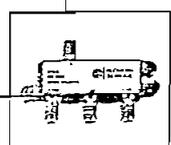
SUV-4



XRS-2

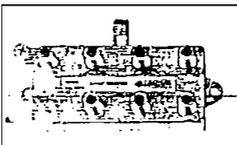


SUV-8

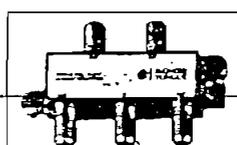


XRS-3

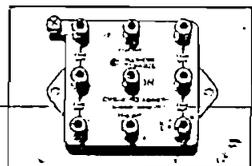
		Specifications			
Model	Part No.	Ports	Frequency Range	Insertion Loss	
SUV-2	4002	2	10-1000	4.0 (10 - 470 MHz); 5.0 (900-1000 MHz) 4.5 (470 - 900 MHz)	
SUV-3	4003	3	10-1000	(10 - 50 MHz) 5.5 (1 Port), 7.0 (2 Ports) (50 - 470 MHz) 4.5 (1 Port), 7.5 (2 Ports) (470 - 900 MHz) 5.0 (1 Port), 8.5 (2 Ports) (900-1000 MHz) 5.5 (1 Port), 9.0 (2 Ports)	
SUV-4	4004	4	10-1000	7.5 (0 - 470 MHz); 10.0 (900-1000 MHz) 9.0 (470 - 900 MHz)	
SUV-8	4013	8	10-1000	10.5 (10 - 470 MHz); 13.0 (900-1000 MHz) 12.0 (470 - 900 MHz)	
CRS-2	4032	2	5-750	3.5 (5 - 500 MHz) Max.; 4.5 (600-750 MHz) Max. 4.0 (500 - 600 MHz) Max.	
CRS-3	4033	3	5-750	5.2 (5 - 500 MHz) Max.; 6.0 (600-750 MHz) Max. 5.5 (500 - 600 MHz) Max.	
CRS-4	4034	4	5-750	7.2 (5 - 500 MHz) Max.; 8.5 (600-750 MHz) Max. 8.0 (500 - 600 MHz) Max.	
CRS-8	4038	8	5-750	12.0 (5 - 450 MHz) Max.; 14.0 (600-750 MHz) Max. 13.5 (450 - 600 MHz) Max.	
CRSP-2	4072	2	5-750	3.5 (5 - 500 MHz) Max.; 4.5 (600-750 MHz) Max. 4.0 (500 - 600 MHz) Max.	
CRSP-3	4073	3	5-750	3.5(1x) 6.5(2x) (5-500 MHz) Max. 4.0(1x) 7.0(2x) (500 - 600 MHz) Max. 4.5 (1x) 7.5 (2x) (600-750 MHz) Max.	
CRSP-4	4074	4	5-750	6.5 (5 - 500 MHz) Max. ; 7.5 (600-750 MHz) Max. 7.0 (500 - 600 MHz) Max.	
CVS-2	4082	2	5-750	3.5 (5 - 500 MHz) Max.; 4.5 (600-750 MHz) Max. 4.0 (500 - 600 MHz) Max.	
CVS-3	4083	3	5-750	5.2 (5-500 MHz) Max.; 6.0 (600-750 MHz) Max. 5.5 (500 - 600 MHz) Max.	
CVS-4	4084	4	5-750	7.2 (5-500 MHz) Max.; 8.5 (600-750 MHz) Max. 8.0 (500 - 600 MHz) Max.	
CVS-8	4088	8	5-750	12.0 (5 - 450 MHz) Max.; 14.0 (600-750 MHz) Max. 13.5 (450 - 600 MHz) Max.	
XRS-2	3472	2	5-1000	3.4 (5-500 MHz) 3.6 (500-860 MHz) 3.9 (860-1000 MHz)	
XRS-3	3473	3	5-1000	3.5 (5-500 MHz) 3.7 (500-750 MHz) 4.2 (750-1000 MHz)	
XRS-4	3474	4	5-1000	6.9 (5-500 MHz) 7.3 (500-860 MHz) 7.6 (860-1000 MHz)	
XRS-8	3478	8	5-1000	10.0 (5-500 MHz) 11.0 (500-860 MHz) 12.0 (860-1000 MHz)	
MS-2U/V	3435	2	12-890	3.5 (12 - 470 MHz) 4.0 (470 - 890 MHz)	
MS-4U/V	3436	4	12-890	7.5 (12 - 470 MHz) 8.5 (470 - 890 MHz)	



XRS-4



XRS-8



CVS-8

BIBLIOGRAFÍA

AFHA, *electrónica+ radio+tv, Televisión III*, Ediciones AFHA Internacional, S. A., Barcelona, 1976.

Balanis Constantine, *Antenna theory, analysis and design*, John Wiley & Sons, Inc., Arizona, 1982.

Berral Montero I., *Instalación de antenas de TV*, Paraninfo, Madrid, 1996.

Blonder Tongue Laboratories, Inc., *Full line catalog*, Old bridge, NJ, 1996.

Carr, Joseph, *Secrets of RF circuit design*, TAB Books, Blue Ridge Summit, 1991.

FCC, *Federal Communications Commission Rules*, Rockville, Maryland, 1992. Part 73 y part 74.

Gómez, Nelson, *Guía de la provincia de Pichincha, área metropolitana de Quito*, Quito, 1995

Itelco, *TV Tranposer, L631 TV transposer: Technical manual*, Orvieto, Italia, 1995.

Kaufman M., y Seidman A.: *Manual para ingenieros y técnicos en electrónica*, McGraw Hill, Méjico, 1982.

Kraus, John D., *Antennas*, McGraw Hill, Estados Unidos de América, 1988.

Laboratoire General des Telecommunications, *Utilisation des antennes, emission réception de 40 à 1000 MHz*, Paris, 1969.

Leader electronics corp.: *TV signal level meter: Instruction manual*, Japón, 1983.

Lee J. C., *Method of evaluating TV transmitter performance*, CBC- Radio-Canada, 1985.

Magellan, Systems Corporation, *GPS NAV 5000DLX: User guide*, San Dimas, California, 1994.

National Association of Broadcasters, *Engineering handbook, eighth edition*, Washington D. C., 1992.

Radio Society of Great Britain, *Radio Communication Handbook, fifth edition*, Gran Brataña, 1977.

Siewers, H., *Video test signals tutorial*, CBC - Radio-Canada, 1982.

The American Radio Relay League, *The ARRL antenna book*, Newington, 1984.

The American Radio Relay League, *The ARRL handbook*, Newington, 1994.

Weaver, L. E., *Medidas en la transmisión de señales de video*, Ediciones técnicas Rede, S. A., Barcelona, 1988.