

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

" ESTUDIO Y DISEÑO DE UNA RED DE TELEVISIÓN
PARA EL SURORIENTE DEL PAÍS. "

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

CARLOS ALBERTO FLORES ESTRADA

QUITO, OCTUBRE 1998

DEDICATORIA

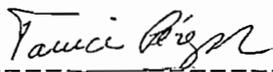
A mi esposa e hijos,
A mis padres y hermanos,
con mucho cariño.

AGRADECIMIENTO

A mi familia, a mis
profesores y especialmente
a mi Directora de Tesis,
Ing. Tania Pérez.

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo de Tesis ha sido elaborado en su totalidad por el Sr. Carlos Flores Estrada, bajo mi dirección.



Ing. Tania Pérez R.

DIRECTORA DE TESIS

INDICE

CAPITULO I

1. ESTUDIO Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ENLACES DE MICROONDAS.	.....1
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.	.....1
1.2 SELECCIÓN DE FRECUENCIAS DE LOS ENLACES DE MICROONDA.	.....2
1.3 SELECCIÓN DE ESTACIONES Y RUTAS DE ENLACE.	.....6
1.4 DATOS TÉCNICOS DE LOS ENLACES DE MICROONDAS.	....11
1.4.1 DATOS GEOGRÁFICOS DE LOS ENLACES.	....11
1.4.2 PERFILES DE LOS ENLACES DE MICROONDAS.	....22
1.4.3 CÁLCULO DE LOS ENLACES DE MICROONDAS.	....33
1.5 DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS DE MICROONDAS.	....51
1.6 ANTENAS DE LOS ENLACES DE MICROONDAS.	....56
1.6.1 ANTENAS PARABÓLICAS	....56
1.6.2 RADOMES	....61

CAPITULO II

2. ESTUDIO Y DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSMISORES Y SISTEMAS RADIANTES63
--	--------

2.1	DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LOS TRANSMISORES.	....64
2.2	DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN	....72
2.3	ANÁLISIS Y DISEÑO DE LOS SISTEMAS RADIANTES	....77
2.3.1	ÁREAS DE COBERTURA	....88
2.4	DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS DE TRANSMISIÓN VHF.	....92
2.5	DIAGRAMAS DE LAS INSTALACIONES.	....96
2.6	PROTECCIONES CONTRA TRANSIENTES Y DESCARGAS ELÉCTRICAS.	....96
2.7	MEDICIONES DE PARÁMETROS DE VÍDEO EN SISTEMAS DE MICROONDAS Y TRANSMISORES VHF Y UHF.	...103
2.7.1	PARÁMETROS A MEDIR	...107
2.7.1.1	Inserción de Ganancia.	...107
2.7.1.2	Distorsión del campo en tiempo.	...108
2.7.1.3	Distorsión de la forma de onda de la línea de tiempo.	...110
2.7.1.4	Distorsión de corto tiempo de la forma de onda.	...111
2.7.1.5	Desigualdad de ganancia entre Luminancia y Crominancia.	...112
2.7.1.6	Desigualdad de retardo entre luminancia y Crominancia.	...114

2.7.1.7	Distorsión de ganancia con respecto a la frecuencia.	...116
2.7.1.8	Distorsión por no linealidad de la luminancia.	...117
2.7.1.9	Distorsión de Crominancia por no linealidad de ganancia.	...119
2.7.1.10	Distorsión de Crominancia por no linealidad en la fase.	...121
2.7.1.11	Ganancia Diferencial.	...122
2.7.1.12	Fase diferencial.	...123
2.7.1.13	Intermodulación de Crominancia a luminancia.	...125
2.7.1.14	Ruido impulsivo.	...127
2.7.1.15	Ruido periódico.	...128

CAPITULO III

3.	ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD TÉCNICO - ECONÓMICA DE LA RED	...131
3.1	COSTOS DE EQUIPAMIENTO	...135
3.2	COSTOS DE INSTALACIÓN	...167

CAPITULO IV

4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	...169
----	---------------------------------	--------

INTRODUCCIÓN

Uno de los campos que más se ha desarrollado con los grandes avances de la tecnología en todo el mundo, ha sido el de los medios de comunicación. En nuestro país, en los grandes centros poblados se notan los avances en dicho campo, sin embargo no sucede así en las zonas rurales y más aún en las zonas fronterizas, especialmente en la región suroriental, donde si bien algunos canales de televisión nacionales tienen alguna o poca presencia en la mayoría de estas zonas, la señal no es de gran calidad debido a que los equipos allí instalados son solamente trasladadores de canal, es decir, llegan a través de una cadena a veces de hasta cinco saltos consecutivos de trasladadores de VHF y/o UHF, generalmente comenzando desde ciudades como Cuenca y Loja, hasta donde llega la señal vía microondas.

En las poblaciones del Suroriente, se ha difundido la presencia de señales de canales extranjeros vía satélite, lo cual distorsiona y no contribuye a fortalecer nuestra identidad cultural ni a favorecer la integración nacional, factores muy importantes para lograr un desarrollo armónico e integrado de todo el país; además esta difusión se la hace a través de sistemas "piratas" de

televisión por cable, cobrando valores excesivos por su uso, debido a la monopolización que existe en este medio.

La televisión es hoy el más importante medio masivo de información y consecuentemente el que más influencia tiene en todos los sectores de la población, por tanto es necesario e indispensable que las señales de los canales de televisión ecuatorianos tengan una gran presencia en todos estos sectores.

La presente tesis se orienta al estudio y diseño de una red completa de microondas y transmisores de VHF para enlazar los diferentes sitios de transmisión, con señales de vídeo y audio de calidad profesional y su irradiación hacia los usuarios y poblaciones de la región con buenas características , niveles adecuados y gran confiabilidad.

De ahí la importancia de este tema, que plantea una solución práctica que permitirá la posterior implementación de la mencionada red y que podría servir como modelo para posibles aplicaciones futuras en otros sectores donde tampoco reciben señales de televisión adecuadas de las cadenas existentes en el país.

CAPITULO I

1. ESTUDIO Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ENLACES DE MICROONDAS.

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

Cuando se requiere transmitir y cubrir cierta área con una señal de radiofrecuencia, en general, es necesario iniciar el análisis del terreno a irradiarse en base a cartas topográficas o mapas a escala, una escala adecuada es 1:250.000 ; tratando de elegir las mejores alternativas de entre la diferentes elevaciones y su cobertura, que cumplan con las metas mínimas propuestas. Otro de los factores muy importantes a considerar, debido al gran costo económico y de tiempo que implica, es el análisis de la infraestructura necesaria, como vías de acceso, energía eléctrica, torres, casetas (de existir previamente).

Seguidamente se eligen las rutas posibles que llevarían la señal desde la fuente hasta el sitio de transmisión, con la cantidad mínima posible de saltos y máxima confiabilidad. Con todo lo establecido, se continúa con la selección de los equipos a utilizarse, así como los diferentes accesorios como antenas, cables de transmisión, etc. Una vez que ya se han estudiado los puntos anteriores, se analiza el costo económico de las diferentes alternativas planteadas, tratando de

escoger la de menor costo, pero que no implique dejar de cumplir con los requerimientos mínimos en cuanto a calidad y confiabilidad del sistema.

Una vez determinada la ruta y el sitio de transmisión, en la práctica, es recomendable verificar en el terreno los datos obtenidos, y de ser posible, realizar unas pruebas tanto de cobertura como de los enlaces, usando generalmente equipos portátiles, que no necesariamente tienen que ser ni de las frecuencias ni de las potencias a emplearse en el proyecto, pero que nos darán una buena aproximación o idea de lo que ocurrirá una vez que el sistema haya sido implementado.

Para este proyecto no se ha considerado ni diversidad de espacio ni de frecuencia, debido a que esto elevaría los costos demasiado y hay que tomar en cuenta que este proyecto es solo de servicio y no se espera obtener rentabilidad alguna.

1.2 SELECCIÓN DE FRECUENCIAS DE LOS ENLACES DE MICROONDA.

Para poder transmitir una señal de Televisión al aire (VHF / UHF) de buena calidad, es indispensable ingresar a los transmisores con una señal de iguales características, por lo tanto se hace indispensable el uso de medios de enlace de alta calidad; para este proyecto se ha escogido enlazar los diferentes sitios de transmisión a

través de un sistema de microondas, que cumple con los requerimientos propuestos.

La selección de las frecuencias para la red de microondas, se la realiza en base al documento expedido por la SUPERINTENDENCIA DE TELECOMUNICACIONES, llamado " Observaciones al Plan Nacional de Distribución de Frecuencias " (Anexo 1); en el que se puede apreciar que existen bandas en 2 GHz, 7 GHz, 8 GHz, 10 GHz y 20 - 22 GHz., que están asignadas para enlaces de Televisión; así mismo se indica que la banda de 2 GHz está prácticamente saturada en las principales ciudades. Lo ideal sería tener los enlaces de microondas en la banda de 2 GHz, pero debido a la saturación y a que la tendencia de las comunicaciones actuales en los países desarrollados es usar esta banda para otro tipo de comunicaciones como PCS (Personal Communication System), MMDS (Multichannel-Multipoint Distribution System), se ha optado por la banda de 7 GHz, para evitar en el futuro el cambio de los equipos. La frecuencia específica para cada salto será la otorgada por la Superintendencia de Telecomunicaciones, dentro de la banda indicada.

La determinación teórica del ancho de banda a usarse en RF (B_T) es muy compleja (HERNANDO;1993;318-321), en la práctica se simplifica aplicando la regla de Carson (Caso general):

$$B_T = 2 (f_M + \Delta f_C)$$

donde:

f_M = Frecuencia máxima de la señal de banda base.

Δf_C = Excursión de la frecuencia de cresta, definida como la semidiferencia entre los valores máximo u mínimo de la frecuencia instantánea.

Para radioenlaces de T.V. que transmiten únicamente vídeo por modulación de frecuencia de la portadora, la anchura de banda es:

$$B_T = \Delta f_{cc} + 2 * f_v$$

donde Δf_{cc} es la excursión de frecuencia de cresta a cresta producida por la señal moduladora y f_v la frecuencia de vídeo máxima. La Rec. 276 del CCIR especifica:

$$\Delta f_{cc} = 8 \text{ MHz.}$$

$f_v = 4.5 \text{ MHz}$, para la norma M (525 líneas, usada en nuestro país),
luego resulta :

$$B_T = 17 \text{ MHz}$$

Cuando a más de la señal de vídeo, se tienen portadoras de audio, el ancho de banda formado por la señal múltiplex se da por:

$$B_T = \Delta f_{cmm} + 2 * f_{mm}$$

donde:

Δf_{cmm} : Excursión de frecuencia cresta a cresta producida por la señal múltiplex

f_{mm} : Frecuencia máxima de la señal múltiplex.

Como el índice de modulación de las subportadoras de audio es pequeño, pueden hacerse las siguientes aproximaciones:

1. $\Delta f_{cmm} \cong \Delta f_{cc}$

2. $f_{mm} \cong f_{sm}$

donde Δf_{cc} es la excursión de cresta a cresta producida por la señal de vídeo y f_{sm} es la frecuencia de la subportadora más alta en el espectro múltiplex, entonces:

$$B_T = \Delta f_{cc} + 2 * f_{sm}$$

Como ejemplo, si se tienen dos subportadoras a 7.02 MHz y 7.5 MHz, se tendrá:

$$B_T = 8 + 2 * 7.5 = 23 \text{ MHz}$$

1.3 SELECCIÓN DE ESTACIONES Y RUTAS DE ENLACE.

El proyecto tratará que cubrir la mayor cantidad posible de poblaciones del Sur Oriente ecuatoriano, para lo cual se propone instalar transmisores con potencias suficientes como para tener los niveles de señal requeridos dentro de las zonas de servicio, los sistemas radiantes serán diseñados de acuerdo con las condiciones geográficas de las áreas con posibilidad de cobertura.

En base a todas las consideraciones mencionadas anteriormente, se han seleccionado nueve sitios de transmisión y cuatro rutas de enlaces de microondas.

Un resumen de las estaciones transmisoras con las principales poblaciones cubiertas se muestra en la Tabla 1 .

Para determinar las rutas, se ha tratado de aprovechar los puntos en los que ya hay alguna infraestructura de algunos redes de televisión nacionales, para de esta manera evitar demasiados costos en lo que se refiere a la construcción de casetas, torres, red de energía eléctrica. Las rutas seleccionadas son:

RUTA 1: Pilizurco - LLigua - Calvario -
Huacamayos - Mirador

RUTA 2: Buerán - Patacocha - C. Bosco - Cutucú -
Kílamo

RUTA 3: Buerán - Matanga - Guayusa

RUTA 4: Ventanas - Consuelo - Santa Bárbara

Se ha verificado que en los saltos propuestos haya línea de vista, así como también que se tenga la primera zona de Fresnel libre, para asegurar confiabilidad en los enlaces.

Se toma como inicio de las rutas de los enlaces de microondas propuestos, a los cerros Buerán y Ventanas, a donde ya existen enlaces de microondas de algunas redes de televisión nacionales. Las cuatro rutas planteadas se describen en las Tablas 2, 3, 4 y 5.

En las dos rutas que parten desde el cerro Buerán, para optimizar costos se usará un solo transmisor de microondas, cuya potencia de salida será dividida a través de un acoplador de -3 dB y enviadas sus dos salidas a cada una de las rutas.

En la figura 1 se tiene un diagrama general de las rutas y estaciones transmisoras.

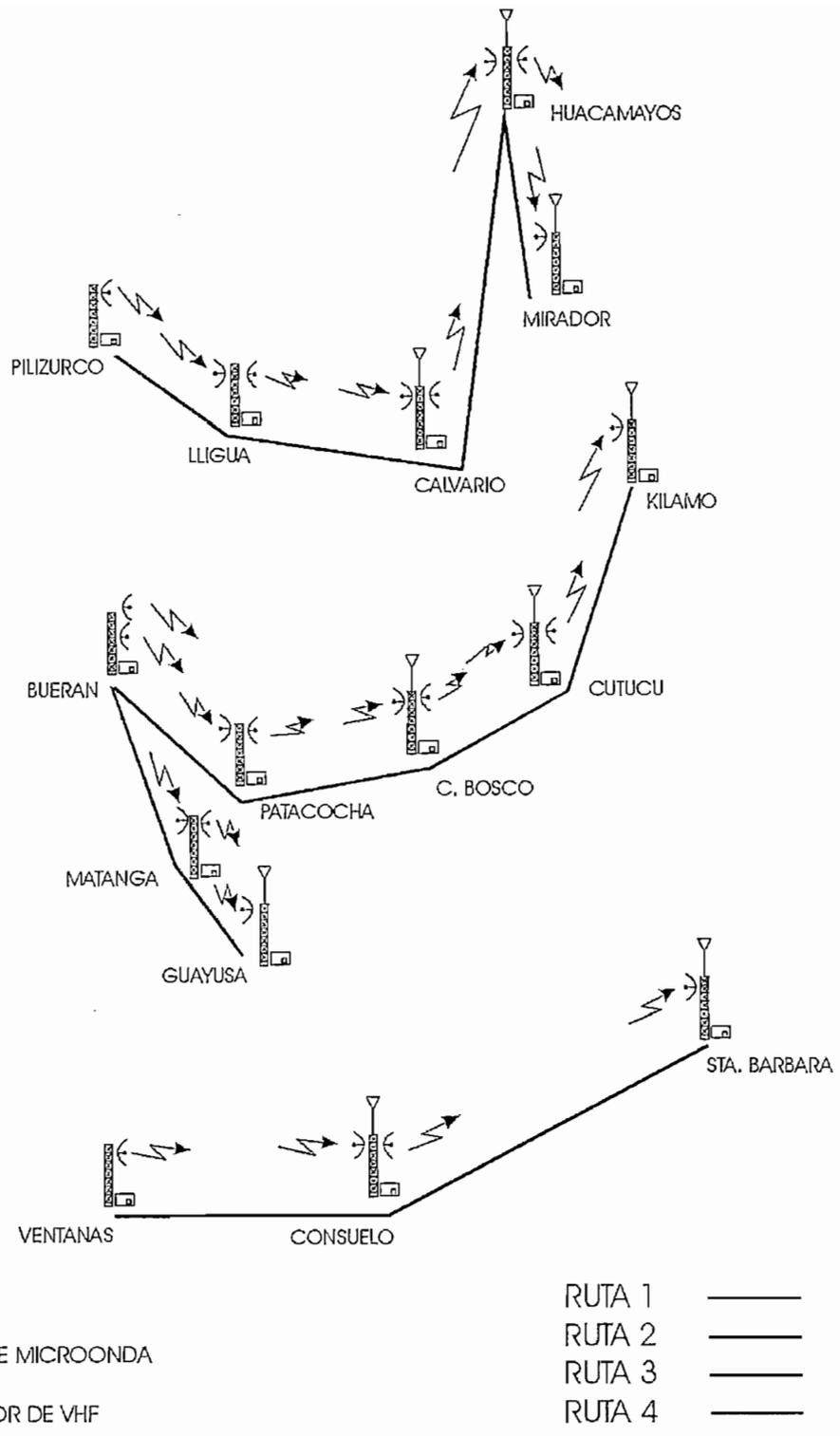


FIGURA 1 . ESTACIONES DE ENLACE Y TRANSMISIÓN.

Tabla 1 . Estaciones transmisoras

Estación	Poblaciones a cubrir
Calvario	Puyo, Arajuno, Tarqui, Huamboya, Shell, Cumandá, Mera, Canelos, Fátima, Pumona, Palora, Sangay, Tnte. Hugo Ortiz, Sarayacu.
Huacamayos	Archidona, Puerto Napo, San Pablo, Cosanga, Cotundo, Ahuano.
Mirador	Tena, Archidona, Pano,
Kílamo	San Isidro, Chiguaza, Sevilla Don Bosco, Macas, Sucúa, Huambi, General Proaño, Sinaí, Río Blanco, Asuncion.
Cutucu	Logroño, Huambi, Méndez, Patuca, Yunganza, Chinimbini, Tayuza, El Acho, Copal.
C. Bosco	San Juan Bosco, Leonidas Plaza, Indanza, pan de Azúcar, San Antonio.
Guayusa	Gualaquiza, Bomboíza, Nuevo Tarqui, El Ideal, Chinguianda, Las Peñas.
Consuelo	Imbana, Sabanilla, Zamora, El Limón, Jimbilla, Timbana, Las Palmas, La Paz, Tutapali, 28 de Mayo.
Santa Bárbara	Paquisha, Zumbi, Yantzaza, El Progreso, El Carmelo, Nueva Esperanza, Chicaña, Mayaycu, Guadalupe.

Tabla 2. Ruta 1 de enlaces de microondas

RUTA 1:	
SITIO DE TRANSMISIÓN	SITIO DE RECEPCIÓN
Pilizurco	LLigua
LLigua	Calvario
Calvario	Huacamayos
Huacamayos	Mirador

Tabla 3. Ruta 2 de enlaces de microondas

RUTA 2:	
SITIO DE TRANSMISIÓN	SITIO DE RECEPCIÓN
Buerán	Patacocha
Patacocha	C. Bosco
C. Bosco	Cutucú
Cutucú	Kílamo

Tabla 4. Ruta 3 de enlaces de microondas

RUTA 3:	
SITIO DE TRANSMISIÓN	SITIO DE RECEPCIÓN
Buerán	Matanga
Matanga	Guayusa

Tabla 5. Ruta 4 de enlaces de microondas

RUTA 4 :	
SITIO DE TRANSMISIÓN	SITIO DE RECEPCIÓN
Ventanas	Consuelo
Consuelo	Sta. Bárbara

1.4 DATOS TÉCNICOS DE LOS ENLACES DE MICROONDAS.

En esta sección se describen los datos y parámetros de los enlaces de microondas y la configuración de las distintas rutas.

1.4.1 DATOS GEOGRÁFICOS DE LOS ENLACES.

En la tabla 6 se tienen los datos de longitud, latitud y altura de las estaciones. En las tablas 7, 8, 9 y 10 se tiene la información de la altura de la estación, así como el azimuth, inclinación de antena y distancia de los enlaces en las diferentes rutas.

En las figuras 2, 3, 4, 5, 6 y 7 se tienen los esquemas de las rutas y azimuth de los enlaces. En cada estación se puntualizan las potencias de transmisión así como las frecuencias de los enlaces y niveles de recepción.

Tabla 6. Longitud, latitud y altura de las estaciones

ESTACIÓN	Longitud	Latitud	Altura
Pilizurco	78°39'44" W	01°09'08" S	4154 m.
Lligua	78°27'38" W	01°22'41" S	3175 m.
Calvario	77°55'45" W	01°31'22" S	1180 m.
Huacamayos	77°50'27" W	00°37'21" S	2280 m.
Mirador	77°47'55" W	00°59'33" S	629 m.
Buerán	78°55'49" W	02°37'22" S	3818 m.
Patacocha	78°39'08" W	03°00'24" S	3800 m.
Bosco	78°28'48" W	02°58'14" S	1800 m.
Cutucú	78°12'57" W	02°45'38" S	1140 m.
Kílamo	78°08'37" W	02°19'11" S	1460 m.
Matanga	78°47'16" W	03°10'58" S	3419 m.
Guayusa	78°33'32" W	03°23'49" S	1200 m.
Ventanas	79°16'15" W	03°58'45" S	2680 m.
Consuelo	79°02'10" W	03°58'55" S	3086 m.
Sta. Bárbara	78°43'32" W	03°52'38" S	1460 m.

Tabla 7. Alturas, azimuth, inclinación de
antena y distancias de la ruta 1

Parámetro/Enlace	Pilizurco - Lligua		Lligua - Calvario	
	Altura de terreno (m.)	4154	3175	3175	1180
Altura.. con antenas (m.)	4164	3185	3185	1200
Inclinación de la antena (°)	-1.73	1.73	-1.80	1.80
Azimuth del Haz (°)	136	134	134	314
Distancia del enlace (Km.)	32.5		63	

Tabla 7. Continuación...

Parámetro/Enlace	Calvario - Huacamayos		Huacamayos - Mirador	
	Altura de terreno (m.)	1180	2280	2280	629
Altura con antenas (m.)	1200	2295	2295	644
Inclinación de la antena (°)	-.62	0.62	-2.4	2.4
Azimuth del Haz (°)	4	184	171	351
Distancia del enlace (Km.)	102		39.5	

Tabla 8. Alturas, azimuth, inclinación de antena y distancias de la ruta 2

Parámetro/Enlace	Buerán - Patacocha		Patacocha - C. Bosco	
	Altura de terreno (m.)	3818	3800	3800	1800
Altura con antenas (m.)	3833	3808	3806	1808
Inclinación de la antena (°)	-0.03	0.03	-5.07	5.07
Azimuth del Haz (°)	145	325	35	215
Distancia del enlace (Km.)	52.5		22.5	

Tabla 8. Continuación...

Parámetro/Enlace	C. Bosco - Cutucu		Cutucu - Kilamo	
	Altura de terreno (m.)	1800	1140	1140	1460
Altura con antenas (m.)	1815	1155	1155	1475
Inclinación de la antena (°)	-1.0	1.0	0.36	-0.36
Azimuth del Haz (°)	50	230	8	188
Distancia del enlace (Km.)	38		51.5	

Tabla 9. Alturas, azimuth, inclinación de antena y distancias de la ruta 3

Parámetro/Enlace	Buerán - Matanga		Matanga - Guayusa	
	Altura de terreno (m.)	3818	3419	3419	1200
Altura con antenas (m.)	3833	3427	3425	1208
Inclinación de la antena (°)	-0.39	0.39	-3.38	3.38
Azimuth del Haz (°)	105	285	166	346
Distancia del enlace (Km.)	60		37.5	

Tabla 10. Alturas, azimuth, inclinación de antena y distancias de la ruta 4

Parámetro/Enlace	Ventanas - Consuelo		Consuelo - Santa Bárbara	
	Altura de terreno (m.)	2680	3086	3086	1460
Altura con antenas (m.)	2692	3098	3098	1470
Inclinación de la antena (°)	0.93	-0.93	-2.62	2.62
Azimuth del Haz (°)	90	270	72	252
Distancia del enlace (Km.)	25		35.5	

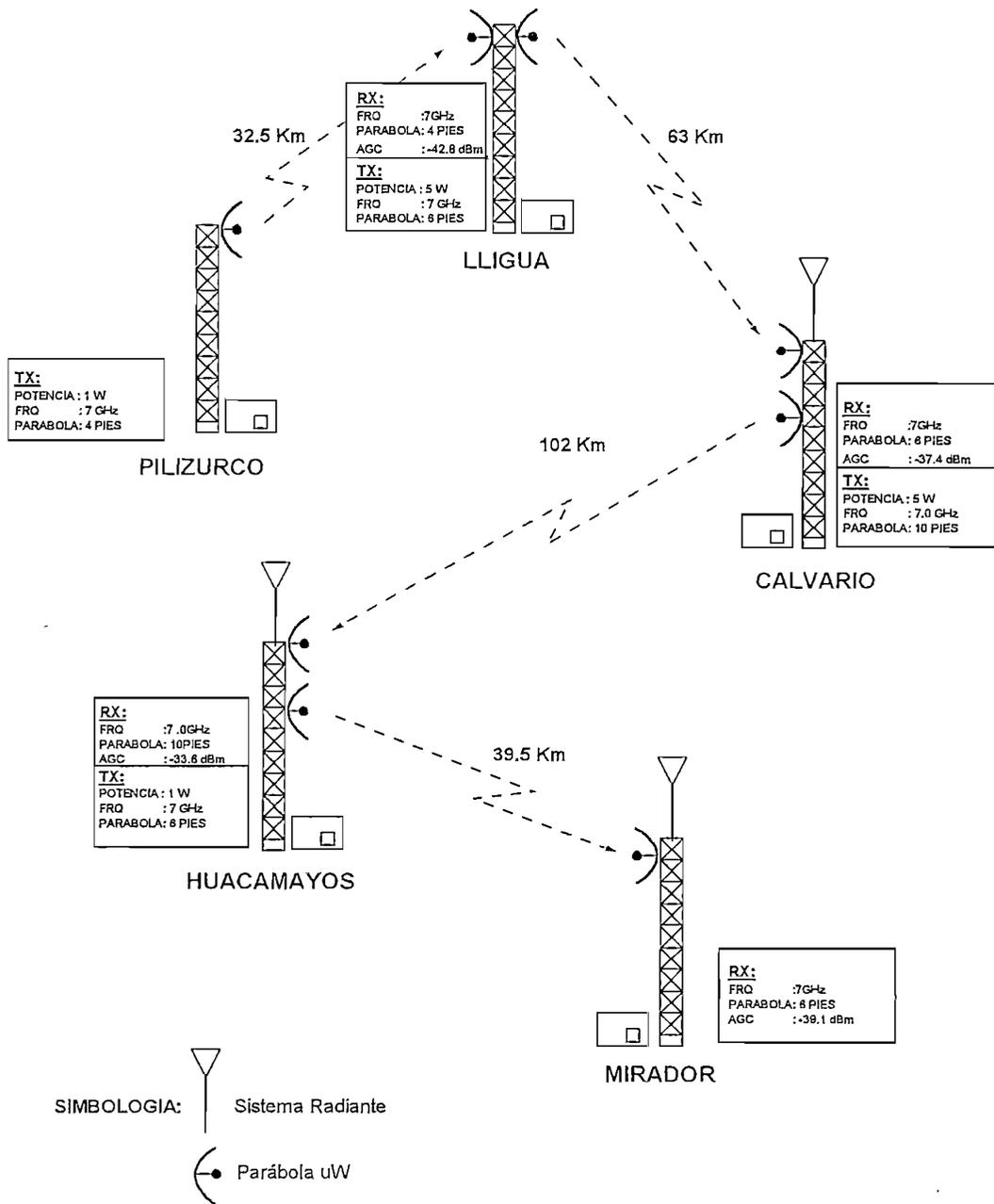


FIGURA 2. RUTA DE ENLACES 1

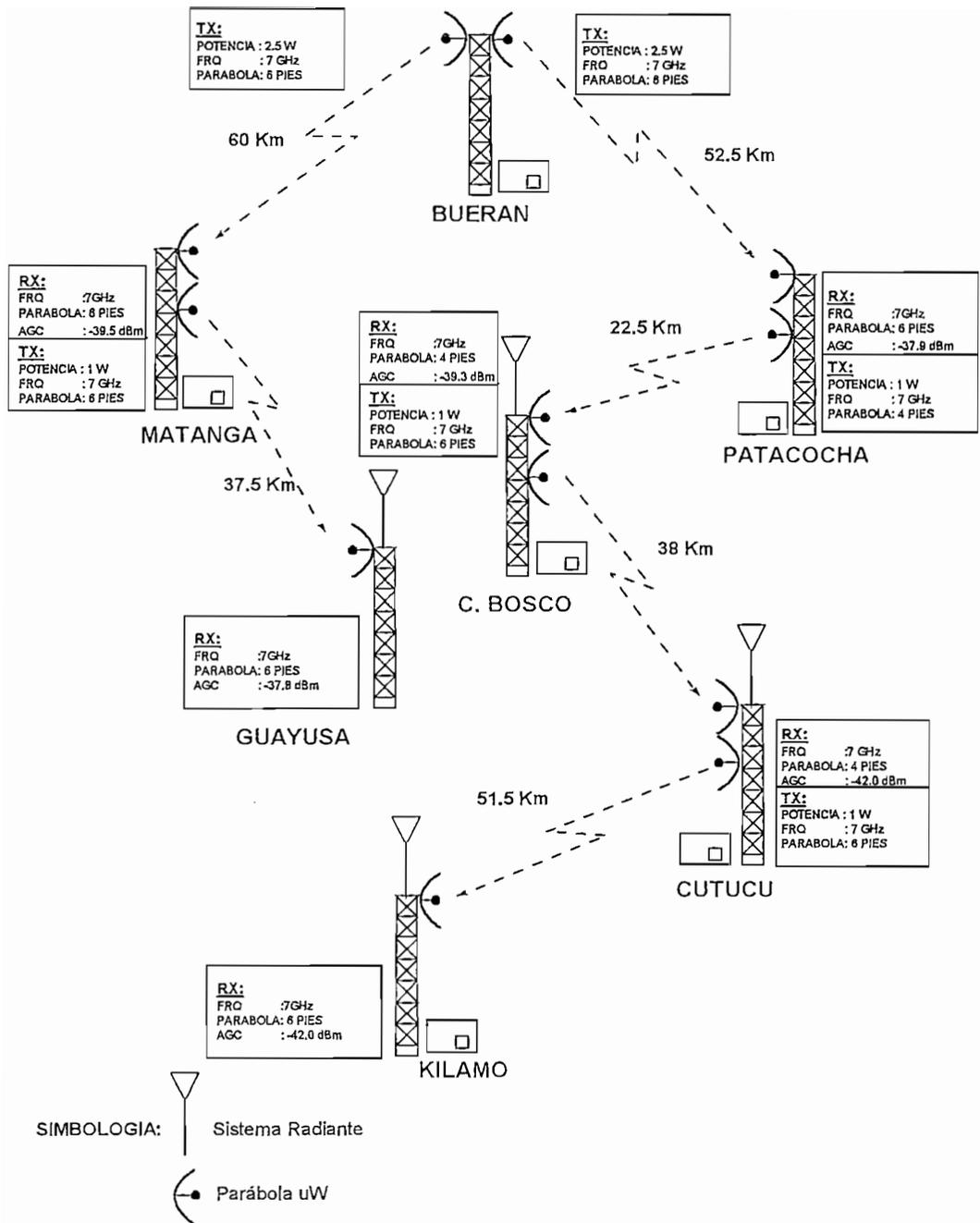


FIGURA 3. RUTAS DE ENLACES 2 Y 3

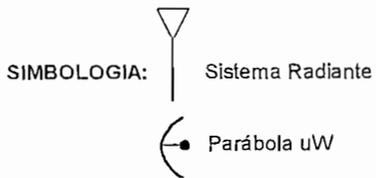
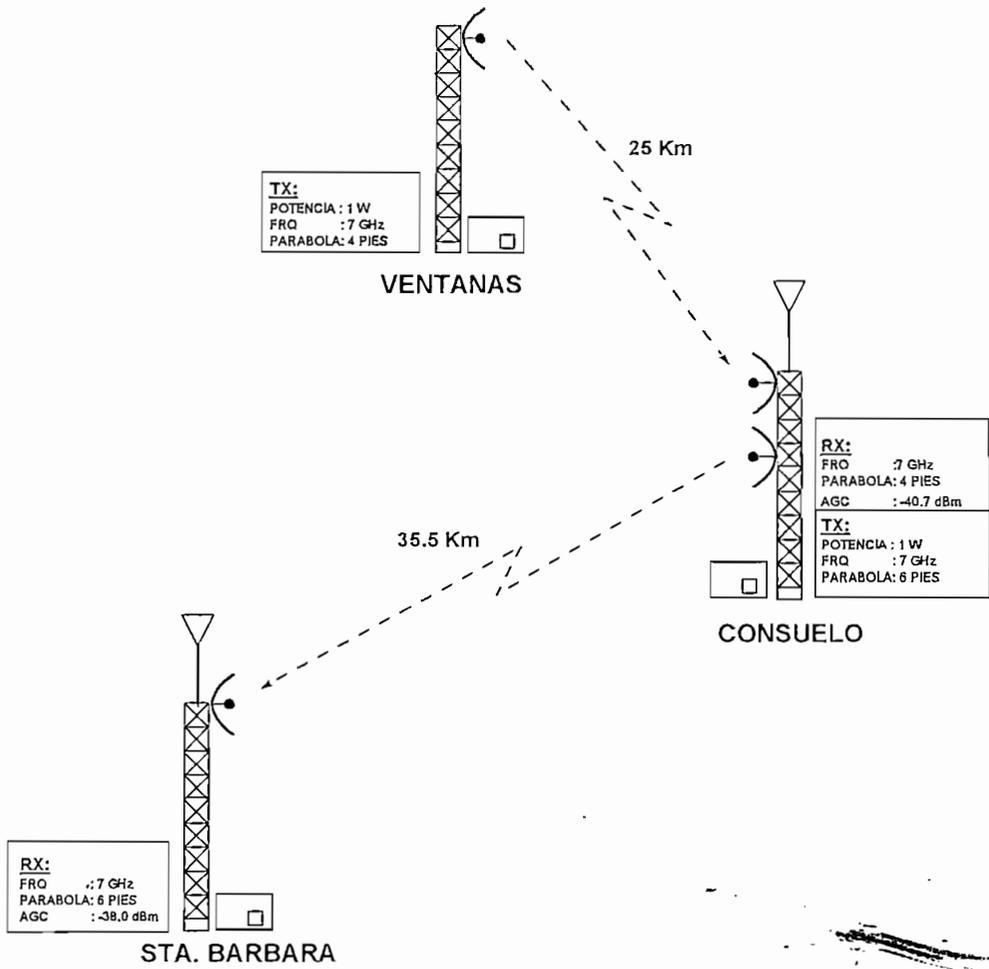


FIGURA 4. RUTA DE ENLACE 4

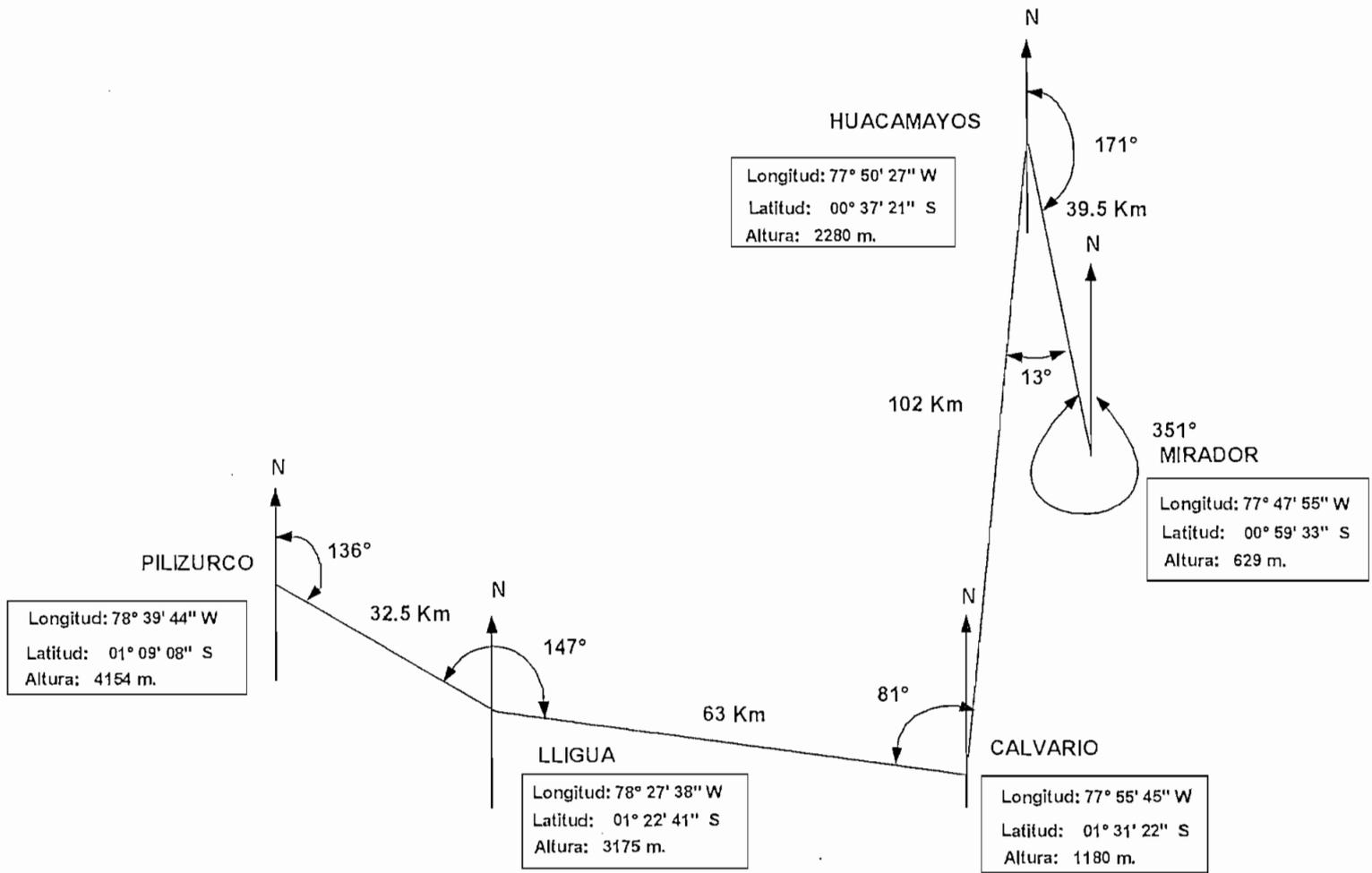


FIGURA 5. AZIMUTH ENLACES RUTA 1

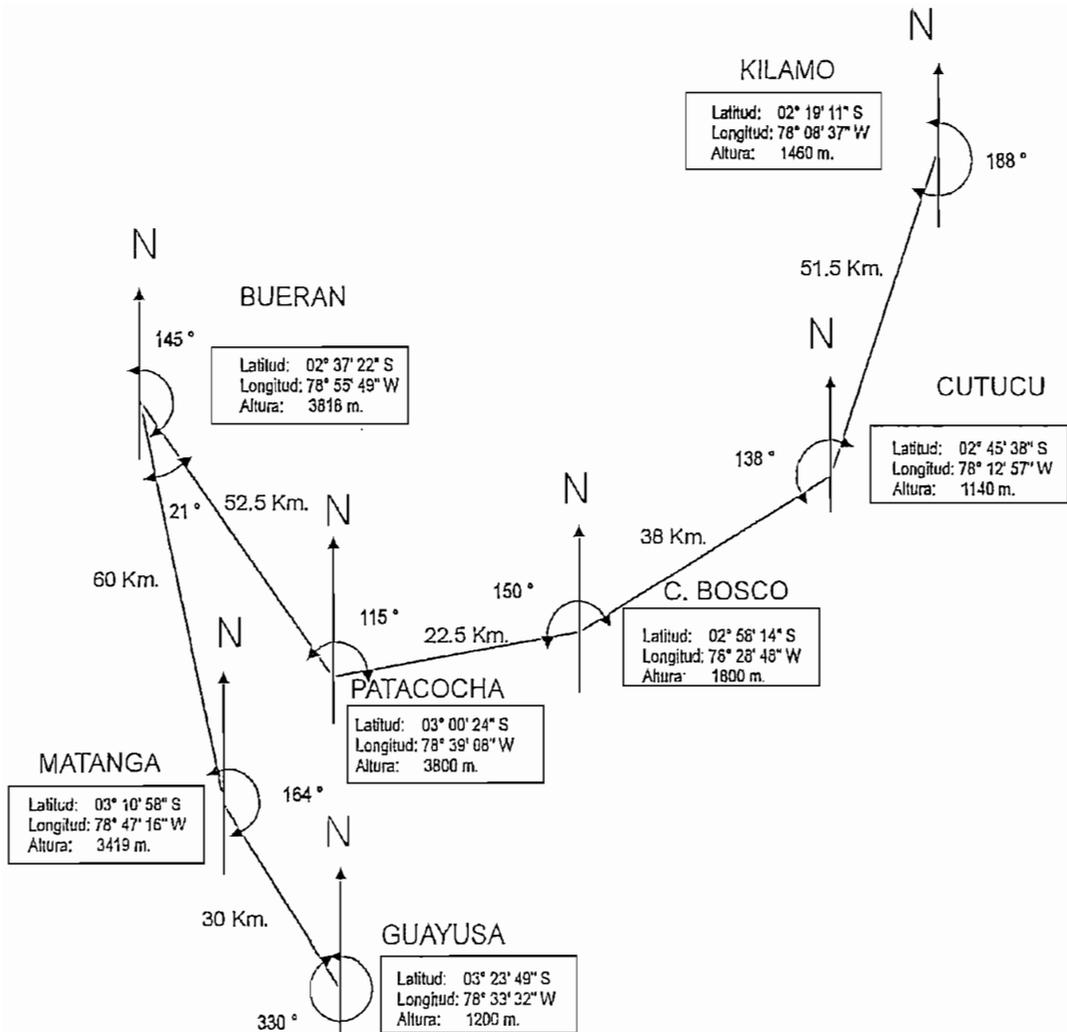


FIGURA 6. AZIMUTH ENLACES RUTAS 2 Y 3

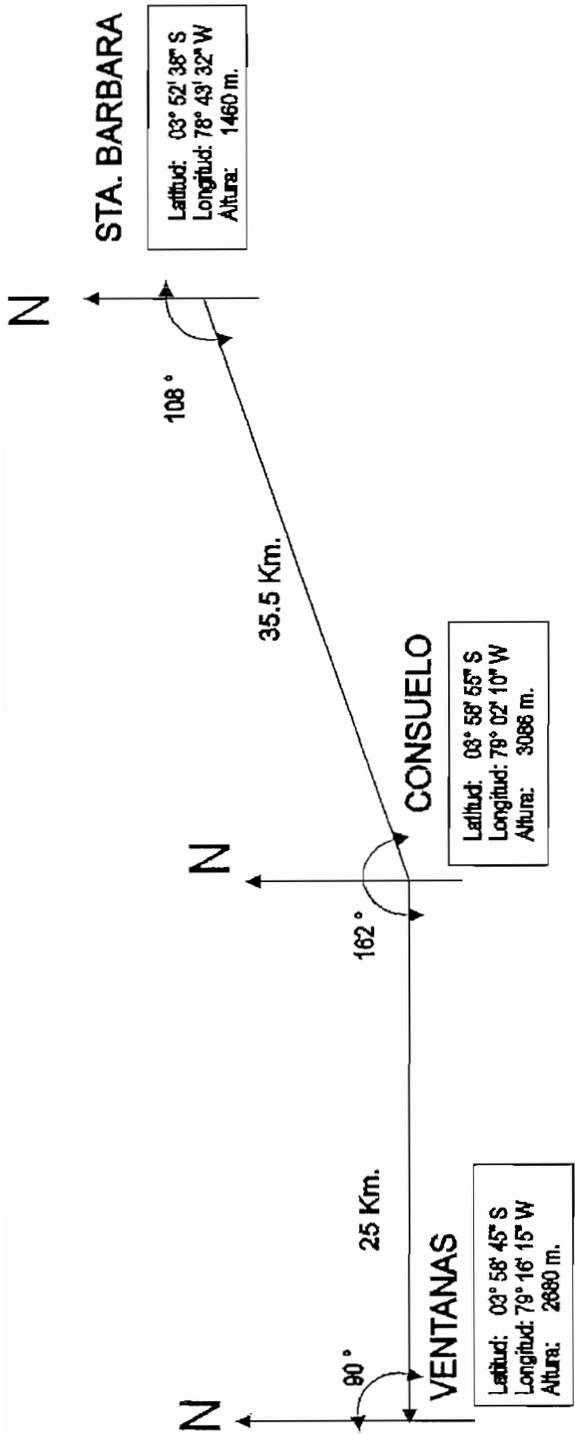


FIGURA 7 AZIMUTH ENLACES RUTA 4

1.4.2 PERFILES DE LOS ENLACES DE MICROONDAS.

Para la graficación de los perfiles de los enlaces se parte de tomar las lecturas de las cartas topográficas a escala 1:50.000, además estas lecturas se mostrarán tomando en cuenta la curvatura de la tierra y con las zonas de Fresnel.

Como es conocido, la superficie de la tierra no es plana, por lo tanto se debe tomar en cuenta este factor cuando se quiere trazar el perfil real de un enlace, ya que esto varía el radio - horizonte, que es la distancia máxima alcanzable por una señal de radio transmitida por una antena .

El *horizonte geométrico* es la recta que une a un punto ubicado a una cierta altura sobre la superficie terrestre con un punto de tangencia sobre dicha superficie. Bajo condiciones normales de propagación, el índice de refracción de la atmósfera decrece con la altura, lo que hace que las ondas de radio cercanas a la superficie de la tierra viajen más lentamente que a altitudes más grandes (REFERENCE DATA;1989;cap33-13). Esta variación de la velocidad como una función de la altura resulta en una curvatura de la onda de radio ; esto puede ser representado como una modificación del radio terrestre, siendo éste comúnmente conocido como el *radio efectivo terrestre*. La relación entre el radio efectivo terrestre y el verdadero radio se conoce como el

factor k . Los valores de k pueden variar entre 0.6 a 5.0 dependiendo del clima considerado. Para climas medios el valor promedio de k es 1.33 y en la mayoría de trabajos se considera un valor de $4/3$ como tierra modelo para usarlo en los cálculos. La distancia corregida tomando en cuenta este factor k es lo que se llama horizonte óptico o radio - horizonte.

En base a la figura 8 se deducirá la fórmula de la corrección de altura por curvatura de la tierra:

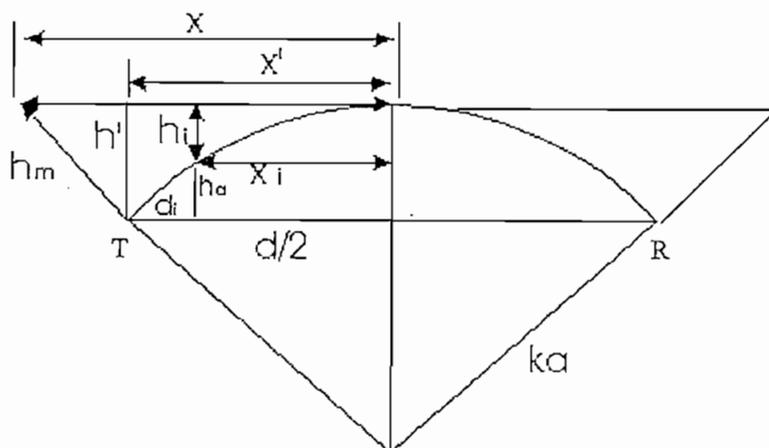


FIGURA 8. ABULTAMIENTO TERRESTRE

$TR = d =$ distancia del enlace.

$a =$ radio terrestre = 6370 Km.

$k =$ factor de corrección del radio terrestre, por difracción de la onda de radio.

$k*a =$ radio efectivo terrestre.

$h_m =$ altura de la antena de transmisión.

$x =$ distancia desde el transmisor al punto medio del enlace

$h_a =$ abultamiento terrestre.

d_i = distancia desde el transmisor a cualquier punto i .

Se considera dos puntos sobre la superficie de la tierra, llamados T y R, entonces al unir los dos puntos se forma la cuerda T-R, h_a es el abultamiento de la tierra por efecto de su curvatura; x_i es la distancia entre el centro de T-R hasta cualquier punto i .

En el punto medio de TR se tiene el máximo h_a que es igual a h' .

$$(ka)^2 + x^2 = (ka + h_m)^2$$

$$(ka)^2 + x^2 = (ka)^2 + 2ka h_m + h_m^2$$

Si $h_m \ll ka$; entonces : $h_m \cong h'$; $x \cong x' \cong d/2$

$$x^2 = 2ka h_m$$

$$h_m = \frac{x^2}{2ka}$$

$$h_m = \frac{\left(\frac{d}{2}\right)^2}{2ka}$$

Lo mismo se cumple para h_i :

$$h_i = \frac{x_i^2}{2ka}$$

$$h_i = \frac{\left(\frac{d}{2} - d_i\right)^2}{2ka} \quad ;$$

entonces

$$h_a = h_m - h_i$$

$$h_a = \frac{\left(\frac{d}{2}\right)^2}{2ka} - \frac{\left(\frac{d}{2} - d_i\right)^2}{2ka}$$

donde $a = 6370 \text{ Km.}$;

entonces :

$$h_a (m) = \frac{\left(d_{(Km)}\right)^2}{50,96 k} - \frac{\left(\frac{d_{(Km)}}{2} - d_{i(Km)}\right)^2}{12,74 k}$$

$k = 4/3$, factor para atmósfera standard.

Para el caso de propagación por línea de vista, se puede tener, por condiciones geográficas, alguna obstrucción, como se muestra en la figura 9 a y b; para evaluar la eficiencia de la propagación en los dos casos, se hace necesario considerar el concepto de **ZONA FRESNEL** (HORE;1980;B-27).

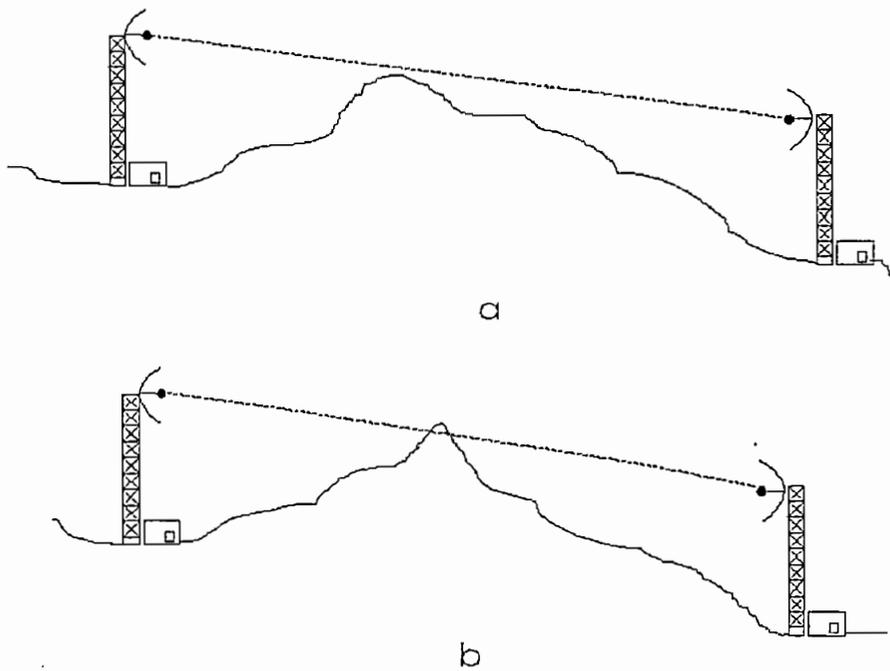


FIGURA 9: a Enlace sin obstrucción
b Enlace con obstrucción

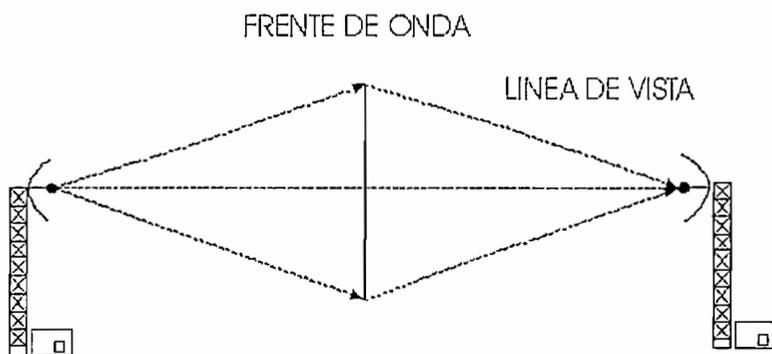


FIGURA 10 FRETE DE ONDA

Según el principio de HUYGENS, cada punto a donde llega una onda, puede considerarse una fuente secundaria de irradiación, y todos estos puntos forman un plano o frente de onda, las irradiaciones de todos estos puntos contribuyen al campo obtenido en el punto receptor, como se ve en la figura 10.

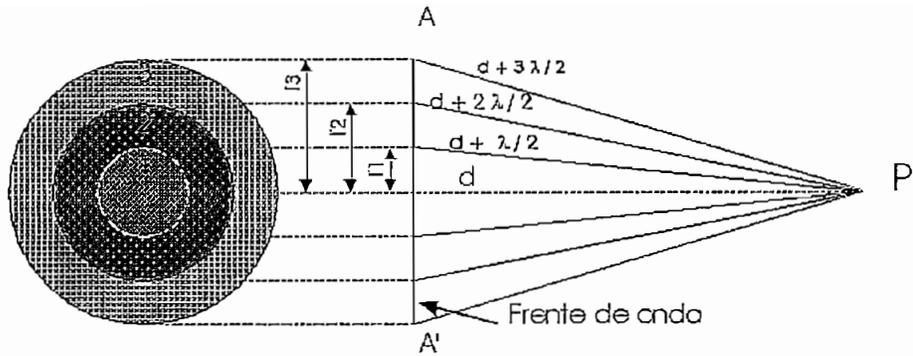


FIGURA 11. ZONAS DE FRESNEL

Es conveniente dividir el frente de onda en pequeñas zonas, de tal manera que si la distancia entre el frente de onda y el punto P es d , las distancias entre estos puntos y los bordes de las siguientes zonas serán $d + m (\lambda/2)$, donde $m = 1, 2, 3 \dots$, tal como se aprecia en la figura 11; cada una de estas zonas son las llamadas **zonas de Fresnel** 1^{ra}, 2^{da}, 3^{ra}, ... De esta manera el campo en punto P será la suma de las contribuciones de todas estas zonas con su respectivo atraso de fase de 180° . Se puede considerar que la **primera zona contribuye con la mayor parte de energía**, mientras que las otras tienden a cancelarse, por la diferencia de fase mencionada. Entonces se concluye que para tener un enlace por línea de vista altamente confiable es necesario tener al menos libre la primera zona de Fresnel.

Ahora se deducirá la fórmula para el cálculo de la primera zona de Fresnel:

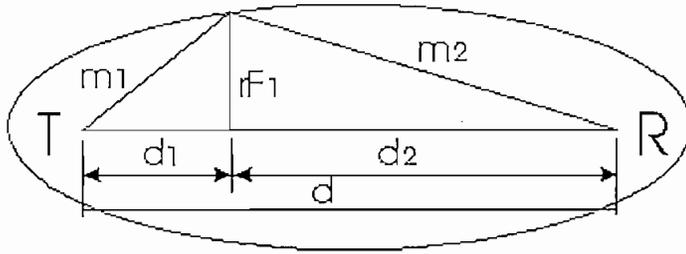


FIGURA 12 PRIMERA ZONA DE FRESNEL

De la figura 12, se tiene:

rF_1 = radio de la primera zona de Fresnel para cualquier punto.

d = distancia entre transmisor y receptor

d_1, d_2 = distancia desde cualquier punto al transmisor y receptor, respectivamente.

$$m_1 + m_2 = d + \lambda/2$$

$$m_1 + m_2 - (d_1 + d_2) = \lambda/2$$

$$m_1 = (d_1^2 + rF_1^2)^{1/2}$$

$$m_1 = d_1 \left[1 + \left(\frac{rF_1}{d_1} \right)^2 \right]^{1/2}$$

Si $rF_1 \ll d_1$

$$m_1 \approx d_1 \left[1 + \frac{1}{2} \left(\frac{rF_1}{d_1} \right)^2 \right]$$

Con el mismo razonamiento se deduce m_2

$$m_2 \approx d_2 \left[1 + \frac{1}{2} \left(\frac{rF_2}{d_2} \right)^2 \right]$$

$$d_1 \left[1 + \frac{1}{2} \left(\frac{rF_1}{d_1} \right)^2 \right] + d_2 \left[1 + \frac{1}{2} \left(\frac{rF_2}{d_2} \right)^2 \right] - (d_1 + d_2) = \lambda/2$$

$$\frac{rF_1^2}{2d_1} + \frac{rF_2^2}{2d_2} = \lambda/2$$

$$rF_1^2 = \lambda \frac{(d_1 d_2)}{d_1 + d_2} = \lambda \frac{(d_1 d_2)}{d}$$

$$rF_1 = \left(\frac{\lambda}{d} d_1 d_2 \right)^{1/2}$$

Con estas fórmulas se calcularán y trazarán los perfiles y primera zona de Fresnel de los enlaces de microondas propuestos.

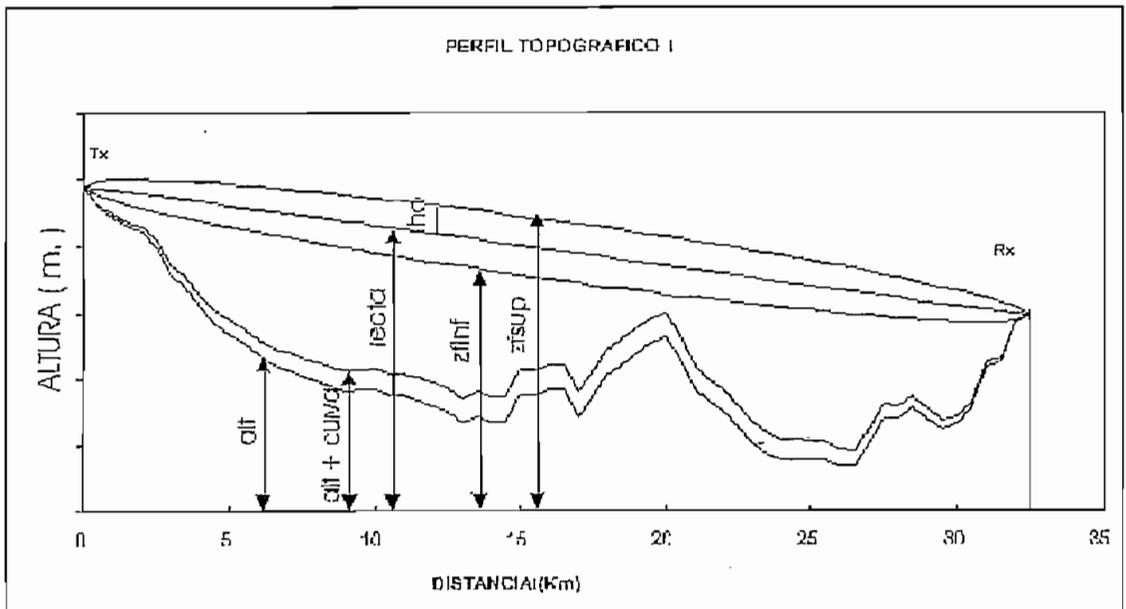


FIGURA 13 PERFIL TOPOGRAFICO

En la figura 13 se muestra un perfil en el que se definen los siguientes parámetros:

alt = altura del terreno en cada punto

alt+curva = altura del terreno más la curvatura de la tierra incluyendo factor de corrección

recta = lugar geométrico de la recta de línea de vista entre el transmisor y el receptor.

ho = radio de la primera zona de Fresnel.

ZFSUP = lugar geométrico del radio de la primera zona de Fresnel sobre la recta de línea de vista.

ZFSUP = lugar geométrico del radio de la primera zona de Fresnel bajo la recta de línea de vista.

En la tabla 11 se presentan los datos calculados como ejemplo para el enlace MATANGA - GUAYUSA y en la figura 14 se tiene el perfil de dicho enlace; en él se puede apreciar que la primera zona de Fresnel está libre de obstáculos, garantizándose la eficiencia del enlace.

En el anexo 2 se presentan los datos y perfiles topográficos respectivos de los demás enlaces.

TABLA 11. DATOS DEL PERFIL MATANGA - GUAYUSA

ENLACE: MATANGA - GUAYUSA						
DMAX:	37,5 Km	ALT1:	3419	mts		
FREC:	7000 Mhz	ALT2:	1200	mts		
dist	alt	curva	recta	ho	ZFSUP	ZFINF
0	3419	3419	3419	0	3419	3419
2,5	3000	3005,151	3271,067	10	3281,067	3261,067
5	2600	2609,566	3123,133	13,6277	3136,761	3109,506
7,5	2200	2213,246	2975,2	16,03567	2991,236	2959,164
10	2200	2216,189	2827,267	17,72811	2844,995	2809,539
12,5	1800	1818,397	2679,333	18,89822	2698,232	2660,435
15	1800	1819,869	2531,4	19,63961	2551,04	2511,76
17,5	1400	1420,604	2383,467	20	2403,467	2363,467
20	1400	1420,604	2235,533	20	2255,533	2215,533
22,5	1400	1419,869	2087,6	19,63961	2107,24	2067,96
25	1400	1418,397	1939,667	18,89822	1958,565	1920,768
27,5	1400	1416,189	1791,733	17,72811	1809,461	1774,005
30	1400	1413,246	1643,8	16,03567	1659,836	1627,764
32,5	1000	1009,566	1495,867	13,6277	1509,494	1482,239
35	1000	1005,151	1347,933	10	1357,933	1337,933
37,5	1200	1200	1200	0	1200	1200

PERFIL TOPOGRAFICO MATANGA - GUAYUSA

K = 4/3 FREC = 7 GHz

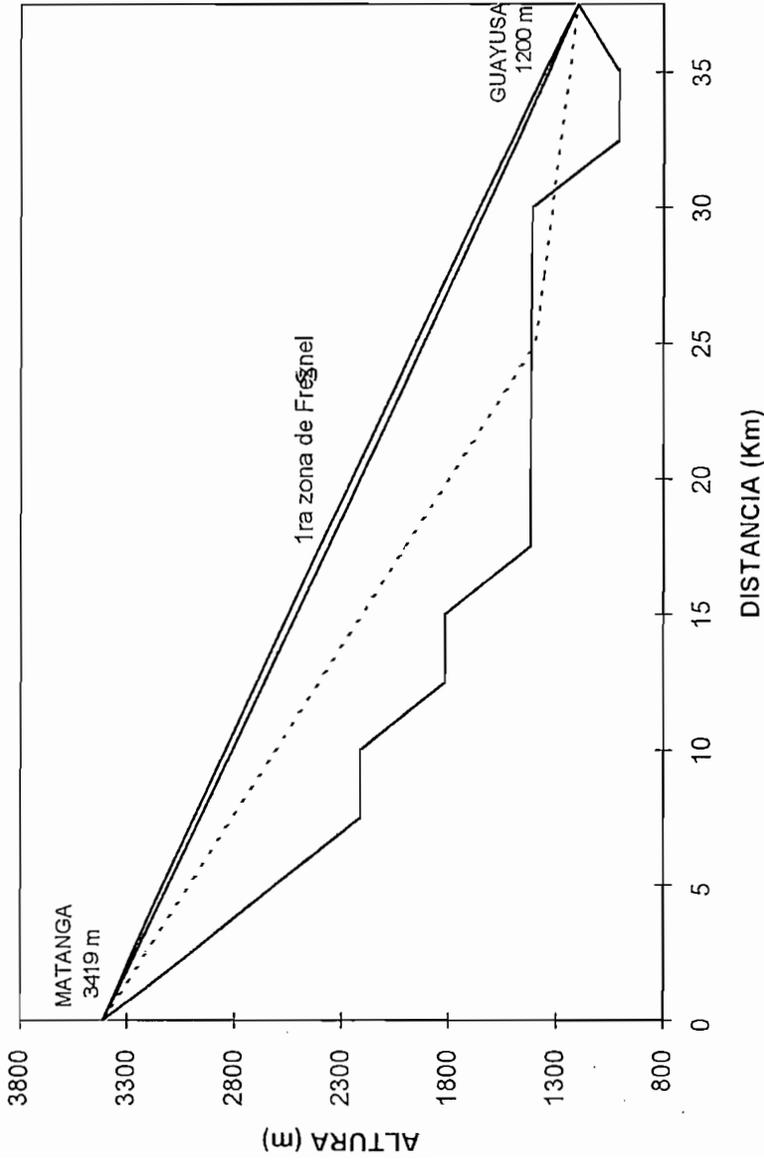


FIGURA 14 . PERFIL DEL ENLACE MATANGA - GUAYUSA

1.4.3 CÁLCULO DE LOS ENLACES DE MICROONDAS.

Para cuantificar la potencia de señal recibida en un determinado punto, se va a usar el método de la pérdida en la trayectoria de la red, que se define como la atenuación total que sufre la señal desde el transmisor hasta el receptor.

En primer lugar se considera una fuente de radiación que no tiene ninguna direccionalidad, que radia en todas direcciones; es decir una fuente isotrópica, en el espacio libre, para lo cual se parte de la figura 15.

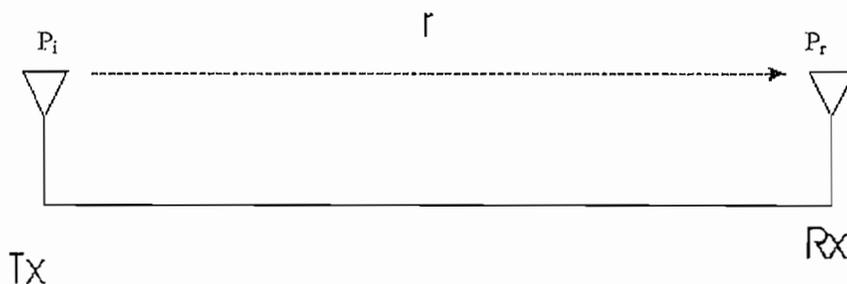


FIGURA 15. DIAGRAMA DE ENLACE EN ESPACIO LIBRE

En donde:

P_i = Potencia transmitida en antena isotrópica.

P_r = Potencia recibida.

r = distancia entre antenas

Si se considera una superficie esférica de radio r , se define el flujo de potencia de Poynting

(KRAUS;1950;13), S , como la densidad de potencia por área, a una distancia r del transmisor como:

$$S = \frac{P_i}{4 \pi r^2}$$

Si se tiene una antena de recepción dentro del campo de una onda electromagnética, la potencia recibida en los terminales de la antena es igual al área efectiva (A_r) de la antena multiplicada por la densidad de potencia S .

$$P_r = A_r S$$

de donde se deduce que:

$$P_r = A_r \frac{P_i}{4 \pi r^2}$$

$$\frac{P_r}{P_i} = \frac{A_r}{4 \pi r^2}$$

Se ha demostrado que el área efectiva de un radiador isotrópico (A_i) está dada por:

$$A_i = \lambda^2 / (4 \pi)$$

mientras que para cualquier antena se cumple:

$$A = G \lambda^2 / (4 \pi)$$

donde:

G = Ganancia de la antena.

λ = Longitud de onda para una frecuencia dada.

entonces:

$$\frac{P_r}{P_i} = \frac{G_r \lambda^2}{4 \pi r^2}$$

$$\frac{P_r}{P_i} = G_r \left(\frac{\lambda}{4 \pi r} \right)^2$$

si se considera que la antena transmisora también tiene ganancia, se tiene que:

$$P_r = P_t G_t G_r \left(\frac{\lambda}{4 \pi r} \right)^2$$

Expresando esto en unidades logarítmicas, nos queda:

$$P_{r(dBm)} = P_{t(dBm)} + G_{t(dB)} + G_{r(dB)} + 10 \log \left(\left(\frac{\lambda}{4 \pi r} \right)^2 \right)$$

$$P_{r(dBm)} = P_{t(dBm)} + G_{t(dB)} + G_{r(dB)} - 32.5 - 20 \log F_{(MHz)} - 20 \log r_{(Km.)}$$

$$L_f (dB) = 32.5 + 20 \log F_{(MHz)} + 20 \log r_{(Km.)}$$

$$P_{r(dBm)} = P_{t(dBm)} + G_{t(dB)} + G_{r(dB)} - L_f (dB)$$

donde:

$$L_f (dB) = \text{pérdidas de espacio libre}$$

F = Frecuencia de operación, en MHz.

r = Distancia del salto o enlace, en Km.

Para frecuencias inferiores a 1 GHz, se especifica la señal de recepción en términos de la intensidad de campo eléctrico E en $\mu\text{V}/\text{m}$ o dBu, donde:

$$E_{\text{ (dBu)}} = 20 \log (E_{\text{ (\mu V/m)}}) ,$$

ya que a estas frecuencias se suele emplear en recepción antenas lineales, en las cuales el voltaje inducido por la onda es igual al producto de la intensidad del campo incidente por la longitud efectiva de la antena.

Por encima de 1 GHz, se especifica la señal recibida en términos de la potencia recibida (dBW o dBm) o densidad de flujo de potencia (dBW/m² o dBm/m²), ya que son más comunes las antenas de apertura o superficie, en las que se obtiene la potencia de recepción como el producto de la densidad de flujo de potencia por la superficie eficaz de la antena.

La pérdida o atenuación de espacio libre (L_f) se define como la dispersión de la potencia radiada en el espacio libre.

Si se aplica la deducción anterior a las condiciones normales de un sistema, es necesario tomar en cuenta la atenuación total del salto, es decir se debe incluir a más de la atenuación en el espacio libre las atenuaciones ocasionadas por

pérdidas en los cables de transmisión, absorción atmosférica, etc., entonces la potencia de la señal recibida se define como :

$$P_r = P_t + G_t + G_r - L$$

donde:

P_r = Potencia recibida en dBm

P_t = Potencia transmitida en dBm.

L = Atenuación o pérdida total del salto o enlace, en dB.

G_t = Ganancia de la antena de transmisión, en dB.

G_r = Ganancia de la antena de recepción, en dB.

La atenuación total del salto L puede ser subdividida en:

$$L = L_f + L_u + L_r + L_o + L_a + L_l$$

: donde:

L_f = Atenuación de espacio libre, expresada en dB.

L_u = Pérdida en las uniones, expresada en dB.

L_r = Pérdida en el radome de las parábolas, expresada en dB.

L_o = Pérdidas por obstrucción, expresada en dB.

L_a = Pérdida por absorción atmosférica, expresada en dB.

L_1 = Pérdidas en las líneas de transmisión,
expresada en dB.

Las pérdidas en las uniones se deben a imperfecciones entre las uniones de los diferentes tramos de las líneas de transmisión.

Las pérdidas en el radome de las parábolas se producen por la absorción de la radiofrecuencia en el material de que está hecho, al no ser un dieléctrico perfecto.

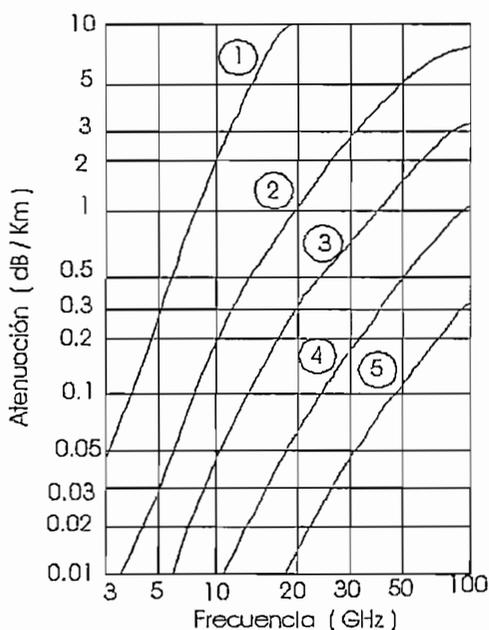
Las pérdidas por obstrucción se producen al no haber línea de vista entre transmisor y receptor o al no estar libre completamente la primera zona de Fresnel.

Los sistemas de radio experimentan pérdidas por absorción atmosférica, las que se acentúan a partir de 1 GHz (NAB;1992;309). Este tipo de atenuación es dependiente de tres factores:

- 1.- La cantidad de lluvia que cae o la densidad de la nubosidad o neblinas.
- 2.- La frecuencia de la onda de radio, y
- 3.- La longitud del salto que está dentro de la zona de lluvia o neblina.

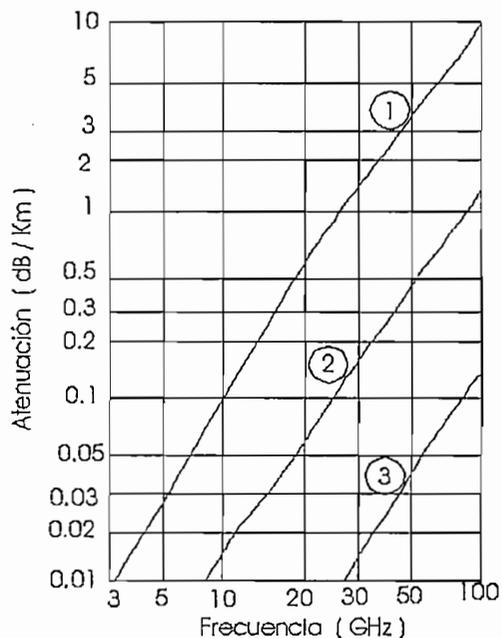
La cantidad de lluvia varía bastante de una región a otra, valores típicos de cantidad de lluvia y densidad de neblina, así como la atenuación producida se muestran en las curvas de las figuras 16 y 17. Estas curvas son experimentales y dadas

por la CCIR. Adicionalmente el vapor de agua y el oxígeno presentes en el aire, también causan atenuaciones a las ondas de radio, pero son muy bajas comparadas a las producidas por la lluvia, por lo que en la práctica son despreciadas. Sin embargo, en los sistemas de radio que trabajan a muy altas frecuencias (sobre los 30 GHz), se debe tomar muy en cuenta este tipo de atenuación porque toma valores muy significativos.



- 1.- Lluvia muy fuerte: 100 mm/hora
- 2.- Lluvia fuerte: 16 mm/hora
- 3.- Lluvia. med. fuerte: 4 mm/hora
- 4.- Lluvia ligera 1 mm/ hora
- 5.- Lluvia med ligera: 0.25 mm/ hora

FIGURA 16. CURVAS DE ATENUACIÓN POR LLUVIA



- 1.- Nubes o neblinas muy densas: 2.3 g/m³
- 2.- Nubes o neblinas med. densas: 0.32 g/m³
- 3.- Nubes o neblinas ligeras: 0.032 g/m³

FIGURA 17. CURVAS DE ATENUACIÓN POR NIEBLA

De las figuras 16 y 17, para los cálculos se ha tomado el valor de atenuación de 0.05 dB/ Km., para todo el salto, es decir considerando nubosidad muy densa o lluvia fuerte distribuidas en todo el salto, lo que no es muy probable, pero dará una mayor confiabilidad por sobredimensionamiento de este factor de atenuación.

$$L_a = \gamma D \text{ (dB)}$$

γ = Coeficiente de absorción, en dB / Km.

D = Distancia del salto o enlace, en Km.

γ = 0.05 dB / Km. para 7 GHz.

Las pérdidas en las líneas de transmisión vienen en tablas dadas por cada fabricante y para los diferentes tipos de cable y frecuencias.

Si existe una superficie plana bajo el trayecto de propagación, se produce una onda reflejada, cuya intensidad de campo se expresa por:

$$E = E_0 [1 + R e^{j\Delta} + (1 - R) A e^{j\Delta} + \dots]$$

donde:

E_0 = Intensidad de campo eléctrico en el espacio libre

R = Coeficiente de reflexión del suelo.

Δ = Diferencia de fase debida a la diferencia de longitud del trayecto entre la onda directa y la reflejada.

A = Constante de atenuación de la onda superficial.

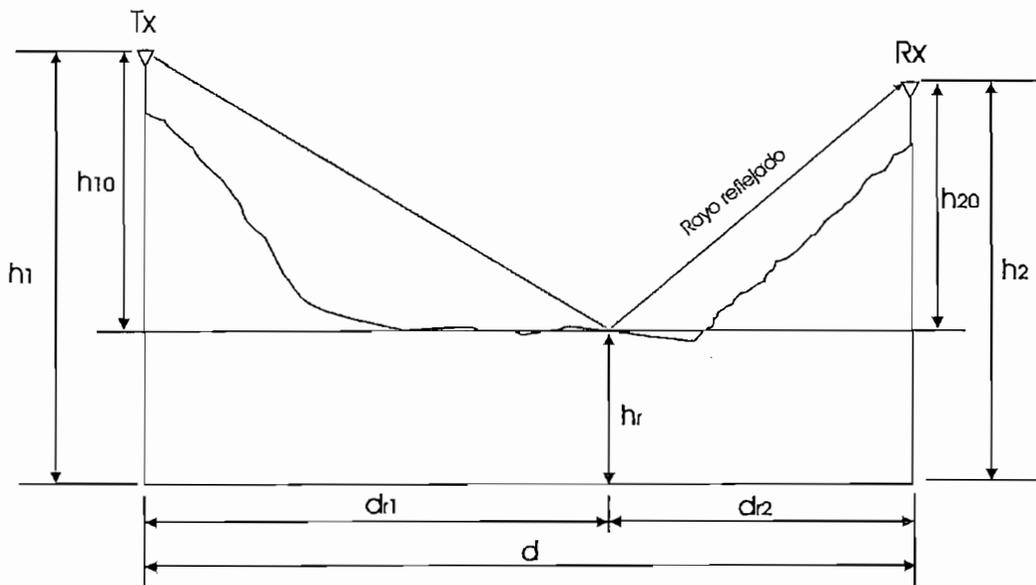


FIGURA 18. DIAGRAMA DE LA TRAYECTORIA DEL PUNTO DE REFLEXIÓN

Para el cálculo del punto de reflexión se parte de la figura 18, donde:

h_1 = altura de la antena de transmisión

h_2 = altura de la antena de recepción

h_r = altura del sitio de reflexión.

Primero se fija un supuesto sitio de reflexión h_r luego se calcula:

$$h_{10} = h_1 - h_r \quad (m)$$

$$h_{20} = h_2 - h_r \quad (m)$$

h_{10}, h_{20} : alturas de la antena de transmisión y recepción sobre el nivel del punto de reflexión (m).

A continuación se calculan los siguientes parámetros:

$$C = \frac{h_{10} - h_{20}}{h_{10} + h_{20}}$$

$$m = \frac{1}{2} \frac{1}{2ka} \left(\frac{d^2}{h_{10} + h_{20}} \right)$$

en donde :

d = distancia del salto en Km.

a partir de los parámetros C y m se obtiene el parámetro b (El valor de b debe tomar el mismo signo de C) del monograma de la figura 19, con lo cual se aplican las fórmulas:

$$d_{r1} = \frac{d}{2}(1+b)$$

$$d_{r2} = \frac{d}{2}(1-b)$$

en donde:

d_{r1} = distancia desde el punto de transmisión hasta el punto de reflexión.

d_{r2} = distancia desde el punto de reflexión hasta el punto de recepción.

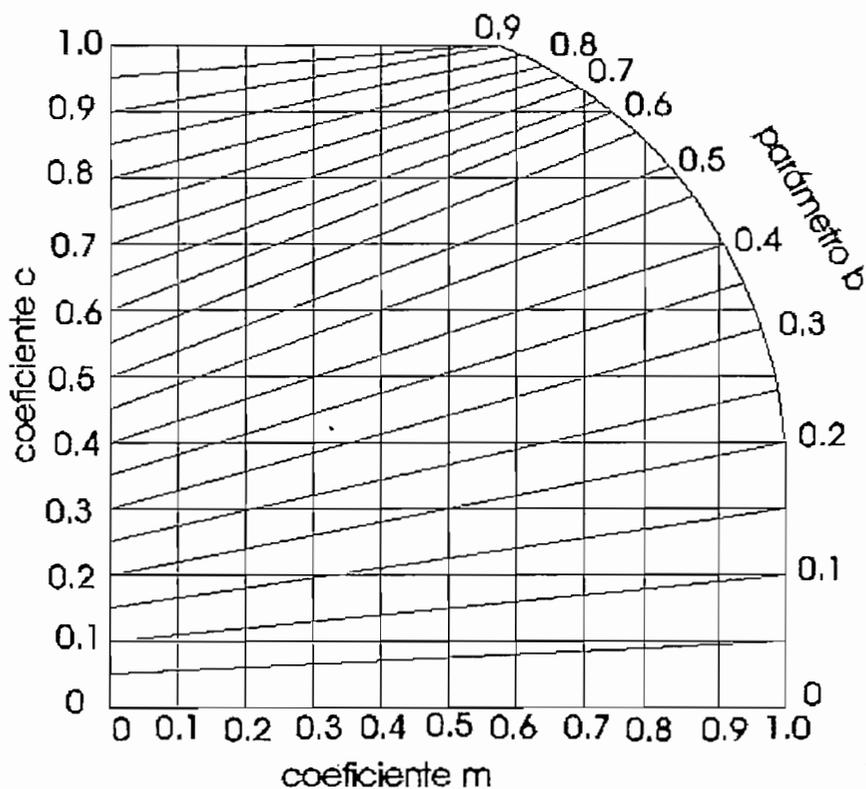


FIGURA 19. MONOGRAMA PARA EL CÁLCULO DEL PUNTO DE REFLEXIÓN

Se compara la altura del punto de reflexión de los datos del perfil obtenidos de las cartas topográficas, con la altura asumida (h_r) del punto de reflexión, si existe alguna diferencia, se repite el proceso cambiando la supuesta altura hasta que no haya diferencia. Una vez obtenido el punto de reflexión, se analiza el perfil para verificar si existe obstrucción del rayo reflejado.

De acuerdo a las fórmulas, tenemos a continuación en la tabla 12 los valores obtenidos de posibles puntos de reflexión para los diferentes saltos o enlaces.

Tabla 12. Posibles puntos de reflexión de los enlaces propuestos.

POSIBLE PUNTO DE REFLEXIÓN ENLACE PILIZURCO - LLIGUA			
h1 =	4154 m.	d=	32,5 Km.
h2 =	3175 m.		
hr =	2560 m.		
C =	0,07864085		
m =	0,00249743	b=	0,08
d1 =	17,55 Km.		
d2 =	14,95 Km.		
POSIBLE PUNTO DE REFLEXIÓN ENLACE LLIGUA - CALVARIO			
h1 =	3175 m.	d=	63 Km.
h2 =	1160 m.		
hr =	1120 m.		
C =	0,30646388		
m =	0,01776835	b=	0,3
d1 =	40,95 Km.		
d2 =	22,05 Km.		
POSIBLE PUNTO DE REFLEXIÓN ENLACE CALVARIO - HUACAMAYOS			
h1 =	1180 m.	d=	102 Km.
h2 =	2280 m.		
hr =	520 m.		
C =	-0,24444444		
m =	0,06805338	b=	-0,24
d1 =	38,76 Km.		
d2 =	63,24 Km.		
POSIBLE PUNTO DE REFLEXIÓN ENLACE HUACAMAYOS - MIRADOR			
h1 =	2280 m.	d=	39,5 Km.
h2 =	629 m.		
hr =	680 m.		
C =	0,38674163		
m =	0,01075796	b=	0,38
d1 =	27,255 Km.		
d2 =	12,245 Km.		

Tabla 12 . Continuación...

POSIBLE PUNTO DE REFLEXIÓN ENLACE BUERAN - PATACOCCHA		
h1 =	3818 m.	d= 52,5 Km.
h2 =	3800 m.	
hr =	2600 m.	
C =	0,00140428	
m =	0,00632937	b= 0
d1 =	26,25 Km.	
d2 =	26,25 Km.	
POSIBLE PUNTO DE REFLEXIÓN ENLACE PATACOCCHA - C. BOSCO		
h1 =	3800 m.	d= 22,5 Km.
h2 =	1800 m.	
hr =	2600 m.	
C =	0,18518519	
m =	0,00137976	b= 0,18
d1 =	13,275 Km.	
d2 =	9,225 Km.	
POSIBLE PUNTO DE REFLEXIÓN ENLACE C. BOSCO - CUTUCU		
h1 =	1800 m.	d= 38 Km.
h2 =	1140 m.	
hr =	1160 m.	
C =	0,12547529	
m =	0,00808059	b= 0,13
d1 =	21,47 Km.	
d2 =	16,53 Km.	
POSIBLE PUNTO DE REFLEXIÓN ENLACE CUTUCU - KILAMO		
h1 =	1140 m.	d= 51,5 Km.
h2 =	1460 m.	
hr =	720 m.	
C =	-0,07920792	
m =	0,01932391	b= -0,08
d1 =	23,69 Km.	
d2 =	27,81 Km.	
POSIBLE PUNTO DE REFLEXIÓN ENLACE BUERAN - MATANGA		
h1 =	3818 m.	d= 60 Km.
h2 =	3419 m.	
hr =	2900 m.	
C =	0,0306052	
m =	0,00812806	b= 0,03
d1 =	30,9 Km.	
d2 =	29,1 Km.	
POSIBLE PUNTO DE REFLEXIÓN ENLACE MATANGA - GUAYUSA		
h1 =	3419 m.	d= 37,5 Km.
h2 =	1200 m.	
hr =	1400 m.	
C =	0,29909691	
m =	0,00557929	b= 0,3
d1 =	24,375 Km.	
d2 =	13,125 Km.	

Tabla 12 . Continuación...

POSIBLE PUNTO DE REFLEXIÓN ENLACE VENTANAS - CONSUELO			
h1 =	2680 m.	d=	25 Km.
h2 =	3086 m.		
hr =	2320 m.		
C =	-0,03901595		
m =	0,0017679	b=	-0,04
d1 =	12 Km.		
d2 =	13 Km.		
POSIBLE PUNTO DE REFLEXIÓN ENLACE CONSUELO - STA. BARBARA			
h1 =	3086 m.	d=	35,5 Km.
h2 =	1460 m.		
hr =	920 m.		
C =	0,25461948		
m =	0,00580884	b=	0,25
d1 =	22,1875 Km.		
d2 =	13,3125 Km.		

La potencia de reflexión por suelo plano se calcula mediante el monograma indicado en la figura 20.

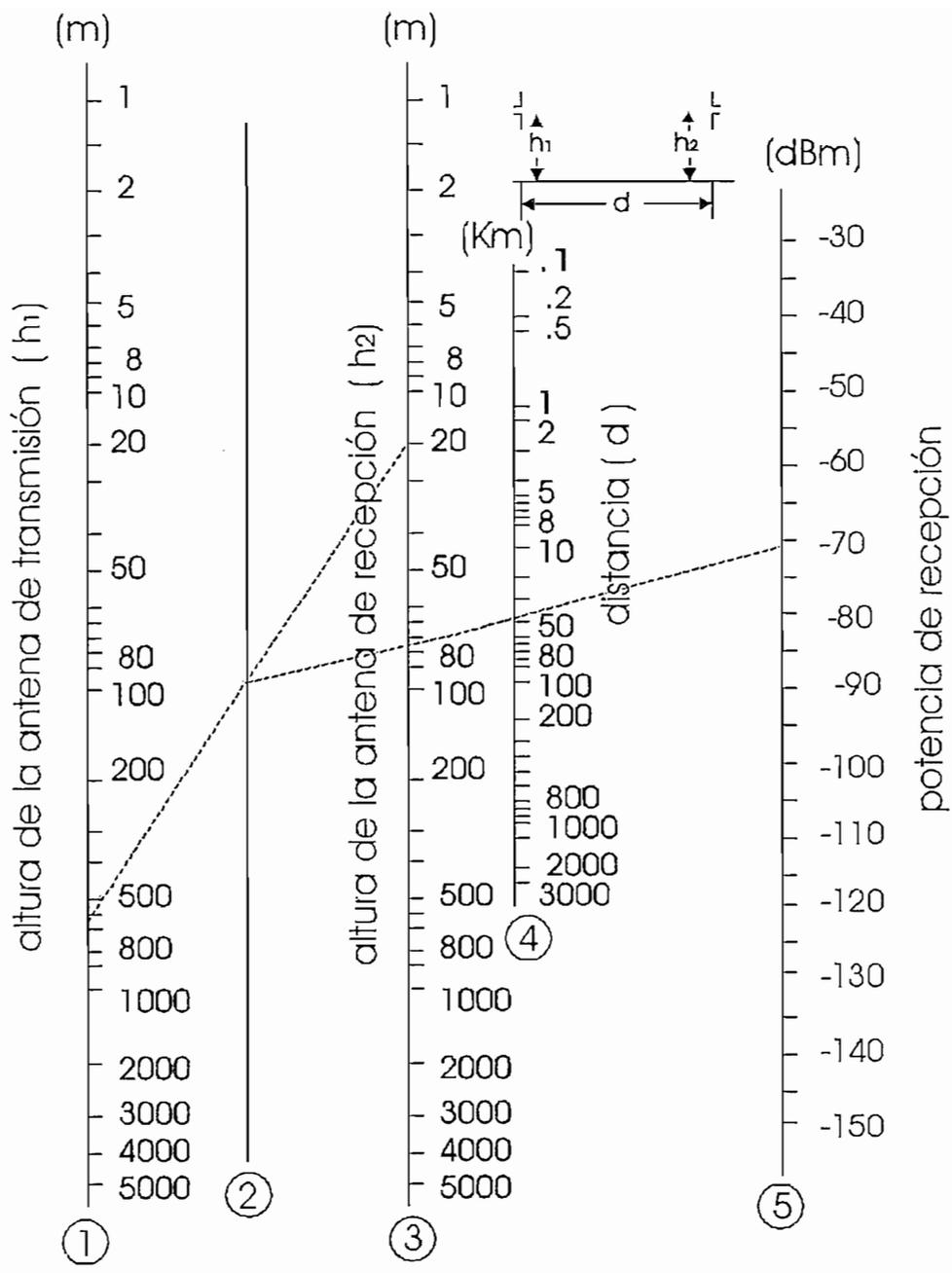


FIGURA 20 . POTENCIA DE RECEPCIÓN SOBRE SUELO PLANO
 Potencia radiada 1 W, antenas dipolo de media longitud de onda

Se traza una línea entre las escalas (1) y (3), que tienen las alturas de las antenas de transmisión y recepción respectivamente, se obtienen un punto de intersección de esta recta con la escala (2), se traza una línea que une este punto con un punto de la escala (4) que muestra la distancia entre las antenas. Prolongando esta línea hacia la escala (5), obtenemos un punto de intersección, que indica la potencia de recepción. El valor obtenido mediante este monograma es válido solamente en el caso de que resulte inferior al valor de la potencia obtenida con la propagación de espacio libre, en caso contrario se toma el valor relacionado con la propagación de espacio libre. Es de anotar que el valor dado por el monograma se basa en una potencia de transmisión de 1 W. y con antenas dipolo de media longitud de onda.

Para casi todos los saltos, la trayectoria del rayo reflejado está obstruida o no existe, como se puede ver en el ejemplo de la figura 14 (línea punteada); el nivel de la señal reflejada será tan bajo en la antena de recepción que no causará ningún efecto sobre el nivel de señal recibido por onda directa, por tanto se desprecia la atenuación por rayo reflejado. En el único salto que existe esta posibilidad es en el salto C. Bosco - Cutucú. La potencia recibida según el monograma del gráfico 19 es de alrededor de -72 dBm y a través de espacio libre con 1 W y antenas de media longitud de onda es de -106.7 dBm :

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

$$L_f(\text{dB}) = 32.5 + 20 \log F_{(\text{MHz})} + 20 \log r_{(\text{Km.})}$$

donde:

$$F_{(\text{MHz})} = 7000 \text{ MHz}$$

$$r_{(\text{Km})} = 38 \text{ Km}$$

$$P_t(\text{dBm}) = 30 \text{ dBm}$$

$$G_t(\text{dB}) = 2.15(\text{dB}) ; \text{ dipolo media longitud de onda.}$$

$$G_r(\text{dB}) = 2.15(\text{dB}) ; \text{ dipolo media longitud de onda.}$$

entonces

$$P_r(\text{dBm}) = -106.7(\text{dBm})$$

por lo que se desprecia la atenuación por onda reflejada para este salto.

La confiabilidad (C) está dada por :

$$C(\%) = (1 - 2.5 \times 10^{-9} a b F_{(\text{MHz})} (D_{(\text{Km.})})^3 10^{-(md / 10)}) \cdot 100$$

donde:

a y b son factores empíricos relativos a la rugosidad del terreno.

a = 4 para terreno bastante plano, incluyendo agua, 1 para terreno promedio con alguna rugosidad, 0.25 para terreno montañoso, muy

rugoso o áreas muy secas; como el presente caso.

$b = 0,5$ para zonas costeras o áreas similares y húmedas, 0.25 para áreas interiores, 0.125 para terreno montañoso o áreas muy secas, como el presente caso.

$md =$ Margen de desvanecimiento

$md = P_r - U_r$; donde :

$P_r =$ Potencia recibida

$U_r =$ Umbral del receptor

El tiempo fuera de operación por año (T_f), en segundos, está dado por :

$$T_f = \left(1 - \frac{C}{100}\right) * 365 * 24 * 60 * 60 \text{ (s)}$$

En el anexo 3 se presentan los cálculos respectivos para todos los enlaces.

1.5 DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS DE MICROONDAS.

Luego del análisis entre algunas marcas de equipos y tomando en cuenta la relación costo / calidad de los mismos, se ha optado sugerir para este proyecto la adquisición de equipos marca ITELCO / DOLPH., siendo necesario hacer una descripción de los mismos, ya que los parámetros de rendimiento de los equipos de microondas son fundamentales para el buen desempeño de la red.

Los equipos de microondas seleccionados para el presente estudio son de la serie MRTX cuyas características básicas son las siguientes :

- Todas las unidades cumplen con los requerimientos del CCIR y EIA
- Alta sensibilidad de los receptores debido a que poseen preamplificadores con Fets de GaAs, lo que permite que los receptores tengan un muy bajo nivel de umbral.
- Oscilador local sintetizado con PLL
- Amplificadores de estado sólido de banda ancha.
- Equipo compacto altamente integrado.

Como de indicó anteriormente, se ha escogido trabajar en frecuencias alrededor de la banda de 7 GHz . A continuación, en la Tabla 13 tenemos los

parámetros principales de los equipos de microondas seleccionados:

Tabla 13 Parámetros principales de los equipos de microondas.

MODELO	RANGO DE FRECUENCIA [GHz]	POTENCIA DE SALIDA [dBm]	FIGURA DE RUIDO [dB]	UMBRAL [dBm]	S/N [dB]
Tansmisores Mod: MTX7B30S/MTX7B70S	6.4 a 7.1	30 / 37	-	-	71
Receptor Mod: MRX7BA0S	6.4 a 7.1	-	4	- 85	71

En las figuras 21 y 22 se tienen los diagramas de bloque de un transmisor y un receptor de microondas, respectivamente.

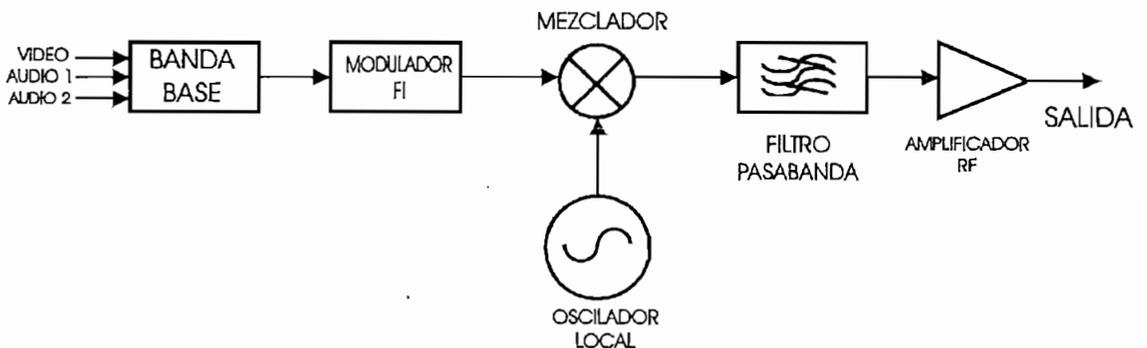


FIGURA 21. DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN TRANSMISOR DE MICROONDAS.

El equipo es capaz de transmitir un canal de vídeo de 525 líneas NTSC o 625 líneas PAL/SECAM; incluye dos canales de audio modulado en FM (Standard), pudiendo llegar a máximo cuatro canales (opcional

). La entrada de vídeo compuesto hacia el transmisor es de 1 V-pico-pico y es conectada hacia el amplificador de banda base. Las entradas de audio de programa ingresan a un modulador de subportadoras, donde son modulados en FM y conectados hacia el amplificador de banda base. Este amplificador hace un preénfasis de la señal de vídeo, combina el vídeo con las subportadoras FM y amplifica la señal combinada.

Esta señal modula en FM la FI (Frecuencia Intermedia) de 70 MHz (que es standard para equipos de microondas), la cual es mezclada con la señal del oscilador local (LO) para producir la frecuencia del canal deseado después del filtrado para eliminar la frecuencia imagen.

Es necesario indicar que este transmisor es del tipo heterodino, ya que también existen transmisores de microondas en los que la banda base (vídeo + subportadoras de audio) modula directamente al oscilador de RF.

La señal del oscilador local de 2 GHz es producida por un oscilador sintetizado, la estabilidad de frecuencia de canal es obtenida a través de un lazo de enganche de fase referido a un cristal. Con el fin de obtener frecuencias sobre los 2 GHz, se usa un multiplicador y mezclador; la señal de frecuencia de canal es producida por un conversor a altos de la siguiente manera:

$$F_c = F_I + L_O$$

donde :

F_c = Frecuencia de canal

F_I = Frecuencia intermedia (70 MHz)

L_O = Oscilador local.

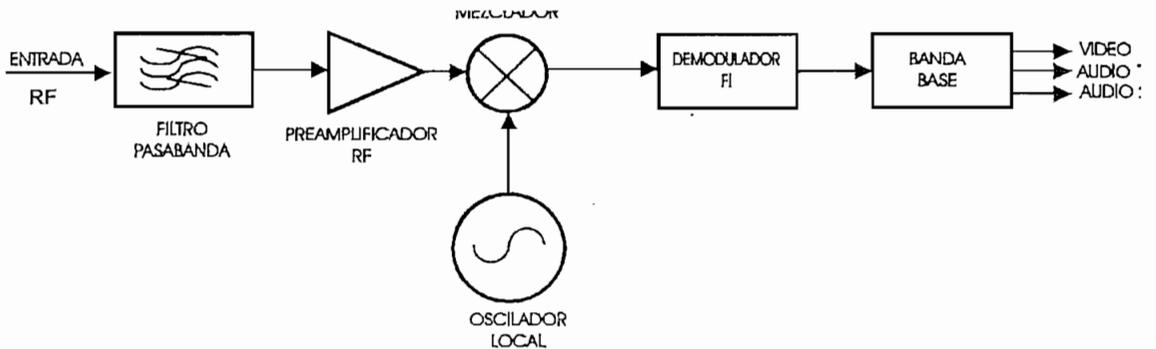


FIGURA 22. DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN RECEPTOR DE MICROONDAS.

El equipo receptor de la serie MRX filtra, amplifica, y demodula una señal FM para proveer una salida de vídeo compuesto y un máximo de cuatro canales de audio FM. La salida de vídeo es una señal de 1 voltio pico-pico.

La señal de portadora recibida desde la antena es aplicada a través de un filtro preselector hacia el convertidor a bajos, el cual tiene un amplificador de bajo ruido en la entrada para mejorar la figura de ruido. La señal de ingreso es mezclada con la señal del oscilador local para producir una frecuencia intermedia de 70 MHz.

La señal de 70 MHz es aplicada hacia el amplificador de FI, que incluye filtrado, circuito de AGC, discriminador, y amplificador de banda base. La salida de vídeo es de 1 Vp-p . La salida es enrutada para el demodulador de subportadoras. Cada salida de audio del demodulador es de + 7 dBm.

Los equipos trabajan con energía monofásica de 110/220 VCA, y también con 12 o 24 VDC, lo que permitirá adicionar bancos de baterías para respaldo de operación de los equipos de microondas cuando haya cortes del fluido eléctrico.

1.6 ANTENAS DE LOS ENLACES DE MICROONDAS.

1.6.1 ANTENAS PARABÓLICAS

Para los enlaces de microondas se usarán antenas parabólicas; ya que son las que poseen más alta ganancia y directividad, que son los parámetros fundamentales requeridos para cumplir con los niveles de recepción necesarios para tener una señal de buena calidad, sin ruido y confiable

La ganancia para una antena parabólica está dada por:

$$G = \frac{4 \pi A_e}{\lambda^2}$$

donde :

A_e = Área efectiva de la antena.

λ = Longitud de onda en el espacio libre, a la frecuencia de operación.

Reemplazando para el caso de una parábola el área efectiva que corresponde a un círculo:

$$A_e = \pi r^2 = \pi d^2 / 4, \text{ donde:}$$

r = radio de la antena parabólica

d = diámetro de la antena parabólica, y

λ = Velocidad de la luz/Frecuencia = $300 / F$ (MHz)
, y tomando en cuenta un factor de eficiencia η
de 0.55 que es típico para antenas parabólicas
pequeñas, se llega a obtener:

$$G = \frac{0.55 \pi^2 F^2 d^2}{(300)^2 (3.28)^2} ;$$

Donde F en MHz y d en pies ;que expresado en dB
queda:

$$G_{(dB)} = -52.5 + 20 \log F_{(MHz)} + 20 \log d_{(pies)}$$

Los cálculos se han hecho tomando esta fórmula,
que en todo caso, da un valor ligeramente menor
que el indicado por el fabricante, pero se lo ha
tomado para dar una mayor confiabilidad al sistema
implementado.

Se ha escogido trabajar con antenas parabólicas
ANDREW, que son las más conocidas en este medio y
garantizan su calidad y rendimiento. En las Tablas
14, 15, 16 y 17 se detallan las características
técnicas de las antenas, como diámetros,
ganancias, ancho del lóbulos de radiación entre
puntos de -3 dB, relación F/B (relación Adelante /
Atrás), atenuación por polarización cruzada y el
azimuth de máxima radiación para cada uno de los
saltos a implementarse.

Tabla 14. Características de las antenas de la ruta 1

Parámetro/Enlace	Pilizurco - Lligua		Lligua - Calvario	
	Banda de frecuencia	6.425 - 7.125 GHz		6.425 - 7.125 GHz
TIPO	PL4-65D	PL4-65D	PL6-65D	PL6-65D
Diámetro de la antena	4	4	6	6
Ganancia (dB)	36.3	36.3	39.8	39.8
Ancho del lóbulo principal entre puntos de -3 dB	2.5 ⁰	2.5 ⁰	1.7 ⁰	1.7 ⁰
Azimuth de máxima radiación.	136 ⁰	134 ⁰	134 ⁰	314 ⁰
Relación F/B (dB)	43	43	47	47
Atenuación por polarización cruzada. (dB)	30	30	30	30

Parámetro/Enlace	Calvario - Huacamayos		Huacamayos - Mirador	
	Banda de frecuencia	6.425 - 7.125 GHz		6.425 - 7.125 GHz
TIPO	PL10-65D	PL10-65D	PL6-65D	PL6-65D
Diámetro de la antena (ft)	10	10	6	6
Ganancia (dB)	44.3	44.3	39.8	39.8
Ancho del lóbulo principal entre puntos de -3 dB	0.9 ⁰	0.9 ⁰	1.7 ⁰	1.7 ⁰
Azimuth de máxima radiación.	4 ⁰	184 ⁰	171 ⁰	351 ⁰
Relación F/B (dB)	52	52	47	47
Atenuación por polarización cruzada. (dB)	30	30	30	30

Tabla 15. Características de las antenas de la ruta 2

Parámetro/Enlace	Buerán - Patacocha		Patacocha - C. Bosco	
	PL6-65D	PL6-65D	PL4-65D	PL4-65D
Banda de frecuencia	6.425 - 7.125 GHz		6.425 - 7.125 GHz	
TIPO	PL6-65D	PL6-65D	PL4-65D	PL4-65D
Diámetro de la antena	6	6	4	4
Ganancia	39.8	39.8	36.3	36.3
Ancho del lóbulo principal entre puntos de -3 dB	1.7 ⁰	1.7 ⁰	2.5 ⁰	2.5 ⁰
Azimuth de máxima radiación.	145 °	325 °	35 °	215 °
Relación F/B	47	47	43	43
Atenuación por polarización cruzada.	30	30	30	30

Parámetro/Enlace	C. Bosco - Cutucú		Cutucú - Kílamo	
	PL6-65D	PL4-65D	PL6-65D	PL6-65D
Banda de frecuencia	6.425 - 7.125 GHz		6.425 - 7.125 GHz	
TIPO	PL6-65D	PL4-65D	PL6-65D	PL6-65D
Diámetro de la antena (ft)	6	4	6	6
Ganancia (dB)	39.8	36.3	39.8	39.8
Ancho del lóbulo principal entre puntos de -3 dB	1.7 ⁰	2.5 ⁰	1.7 ⁰	1.7 ⁰
Azimuth de máxima radiación.	50 °	230 °	8 °	188 °
Relación F/B	47	43	47	47
Atenuación por polarización cruzada.	30	30	30	30

Tabla 16. Características de las antenas de la ruta 3

Parámetro/Enlace	Buerán - Matanga		Matanga - Guayusa	
Banda de frecuencia	6.425 - 7.125 GHz		6.425 - 7.125 GHz	
TIPO	PL6-65D	PL6-65D	PL6-65D	PL6-65D
Diámetro de la antena (ft)	6	6	6	6
Ganancia (dB)	39.8	39.8	39.8	39.8
Ancho del lóbulo principal entre puntos de -3 dB	1.7 ⁰	1.7 ⁰	1.7 ⁰	1.7 ⁰
Azimuth de máxima radiación.	165°	285°	166°	346°
Relación F/B	47	47	47	47
Atenuación por polarización cruzada.	30	30	30	30

Tabla 17. Características de las antenas de la ruta 4

Parámetro/Enlace	Ventanas - Consuelo		Consuelo - Sta. Bárbara	
Banda de frecuencia	6.425 - 7.125 GHz		6.425 - 7.125 GHz	
TIPO	PL4-65D	PL4-65D	PL6-65D	PL6-65D
Diámetro de la antena	4	4	6	6
Ganancia (dB)	36.3	36.3	39.8	39.8
Ancho del lóbulo principal entre puntos de -3 dB	2.5 ⁰	2.5 ⁰	1.7 ⁰	1.7 ⁰
Azimuth de máxima radiación.	90 °	270 °	72 °	252 °
Relación F/B	43	43	47	47
Atenuación por polarización cruzada.	30	30	30	30

1.6.2 RADOMES

Adicionalmente se usará radomes en las antenas, que son dieléctricos de espesor despreciable comparados a la longitud de onda y cuya función es cubrir la antena. Entre las ventajas que proporciona, se puede enumerar :

- Proteger los alimentadores (feeders) de las antenas. Evita la atenuación de la señal por acumulación de hielo, nieve y polvo asegurando un mejor rendimiento y tiempo de vida de la parábola.
- Reducir la resistencia al viento, lo que permite tener una estructura de torre de menor costo.
- Proveer un rendimiento garantizado a las especificaciones indicadas.

Hay básicamente dos tipos de radome usados en antenas de comunicaciones: Planar flexible y el Moldeado; se ha seleccionado el tipo moldeado, que presenta una superficie esférica opuesta a la concavidad de la antena y una menor resistencia o carga al viento, por su perfil más aerodinámico.

En la Tabla 18 se dan los valores de atenuación por radome:

Tabla 18. Atenuación por radome.

Diámetro (ft)	ATENUACIÓN (dB)		
	2 GHz	6 GHz	8 GHz
4	0.1	0.4	0.7
6	0.1	0.5	0.9
8	0.1	0.6	1.0
10	0.2	0.9	1.3

En el anexo 4 se presentan las características de los cables o líneas de transmisión y antenas parabólicas suministradas por el fabricante ANDREW.

CAPITULO II

2. ESTUDIO Y DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSMISORES Y SISTEMAS RADIANTES

En este capítulo se hace un estudio de los transmisores y sistemas radiantes, necesarios para llegar con la señal de televisión hasta los receptores de los usuarios finales. Dependiendo del área a cubrir, se usan transmisores de potencias relativamente altas y sistemas radiantes con patrones de radiación horizontales generalmente anchos.

Es necesario aclarar dos conceptos básicos cuando se habla de radiodifusión (HERNANDO; 1993; 39):

1. *Zona de cobertura de un transmisor radioeléctrico.* Es la zona en la cual, la intensidad de campo producida por el transmisor en cuestión es mayor o igual que un umbral determinado. En el caso de que haya fluctuaciones en el nivel de la señal, debe especificarse el porcentaje de tiempo en el cual se cumple esa condición. La zona de cobertura puede ser puntual, sectorial o aproximadamente circular.

Puede también variar del día a la noche o en función de otros factores.

2. Zona de servicio. La zona de servicio es aquella para la cual la emisión goza de un cierto nivel de protección frente a señales interferentes; esto es, se garantiza al explotador del servicio una determinada relación de protección para sus recepciones. El concepto de zona de servicio de una radiocomunicación tiene una connotación administrativa.

2.1 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LOS TRANSMISORES.

En el standard que sigue nuestro país, se tiene tres bandas para la radiodifusión de televisión: Banda VHF baja (Canales 2 al 6) , Banda VHF alta (Canales 7 al 13) y la banda UHF (Canales 14 al 69); se usa modulación en amplitud de banda lateral vestigial para el vídeo y en FM para el audio.

El Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones (**CCIR**) y La Unión Europea de Radiodifusión (**UER**), en lo que respecta a radiodifusión y televisión, emplea la siguiente designación para las bandas atribuidas a estos servicios:

Banda I	41 - 68	MHz.
Banda II	87.5 - 108	MHz.
Banda III	162 - 230	MHz.
Banda IV	470 - 582	MHz.
Banda V	582 - 960	MHz.
Banda VI	12 GHz. (Radiodifusión por satélite)	

En la tabla 19 se muestran las frecuencias correspondientes de los canales de la banda VHF , que son de interés para el presente proyecto.

Tabla 19. Frecuencias de los canales VHF Bandas I y III

CANAL	FRECUENCIA (MHz)	Frecuencia portadora de vídeo. (MHz)	Frecuencia portadora de audio. (MHz)
2	54 - 60	55.25	59.75
3	60 - 66	61.25	65.75
4	66 - 72	67.25	71.75
5	76 - 82	77.25	81.75
6	82 - 88	81.25	87.75
7	174 - 180	175.25	179.75
8	180 - 186	181.25	185.75
9	186 - 192	187.25	191.75
10	192 - 198	193.25	197.75
11	198 - 204	199.25	203.75
12	204 - 210	205.25	209.75
13	210 - 216	211.25	215.75

FI	41 - 47	45.75	41.25
----	---------	-------	-------

Al final de la tabla se tiene la Frecuencia Intermedia (FI) standarizada en la industria de la televisión para nuestro medio.

La portadora de vídeo es modulada en amplitud negativa (es decir niveles más altos de vídeo correspondientes al blanco producen una disminución en la amplitud de la portadora y viceversa) . La portadora de audio se ubica a 4.5 MHz por arriba de la portadora de vídeo y con una diferencia de potencia de menos 10 dB. Cuando se habla de la potencia de un transmisor de televisión, siempre se habla de su potencia pico , que corresponde a la que se produce durante el pulso de sincronismo, por lo que se dice también *potencia pico de sincronismo*.

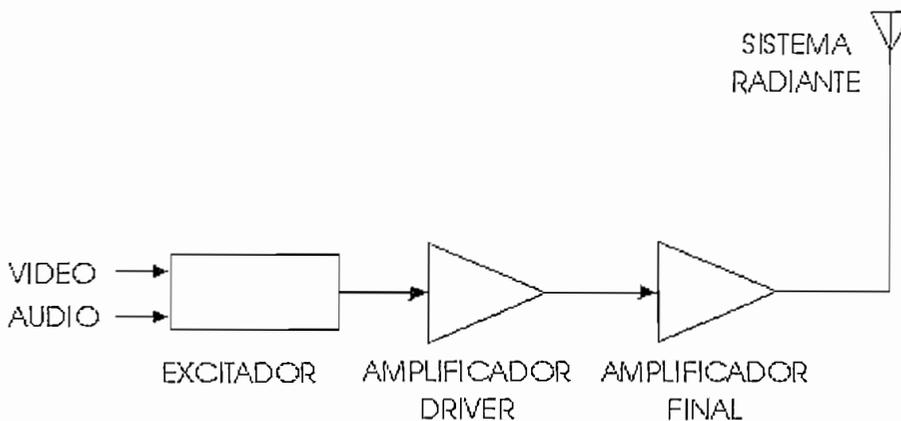


FIGURA 23. ESQUEMA GENERAL DE UN TRANSMISOR DE TV

Como se ve en la figura 23, un transmisor de televisión en general se compone de un excitador, una etapa amplificadora intermedia (Driver) , una etapa amplificadora final y un sistema de antenas.

Dependiendo de la potencia del transmisor, se pueden obviar las etapas amplificadoras.

Existen dos tipos básicos de excitadores: vídeo y audio combinados y vídeo y audio separados. En el segundo caso se amplifica la portadora de audio por separado y se usa un duplexor para sumar las potencias de vídeo y audio antes de enviarlas a la antena.

El excitador de vídeo tiene el propósito de recibir la señal de vídeo en banda base, procesarla y convertirla en una señal modulada en amplitud con banda lateral vestigial.

Como ya se mencionó anteriormente, al ser la frecuencia intermedia un standard en la industria de la televisión, parte del procesamiento se realiza con la señal de vídeo o a la frecuencia de FI . En la figura 24 se muestra un diagrama básico de un excitador de vídeo y audio.

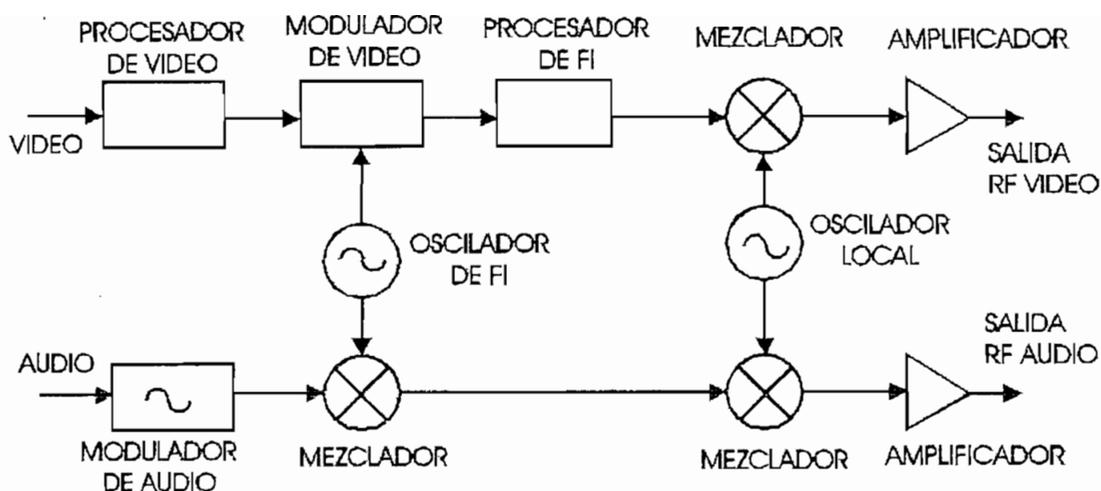


FIGURA 24. ESQUEMA DE UN EXCITADOR DE VÍDEO Y AUDIO

Las principales funciones del procesador de vídeo son:

- Obtener la adecuada relación vídeo - sincronismo
- Proveer completo control sobre el nivel de vídeo.
- Prevenir sobremodulación
- Restauración de DC.
- Corrección de la respuesta de frecuencia de la señal aplicada al transmisor.

Cuando un transmisor es ajustado para máxima eficiencia, su característica de transferencia no es ideal, a menudo la señal de vídeo es predistorsionada en la dirección opuesta a los errores en amplitud y fase producidos por la curva

no lineal de transferencia (NAB; 1992; 500); unas curvas típicas se muestran en la figura 25.

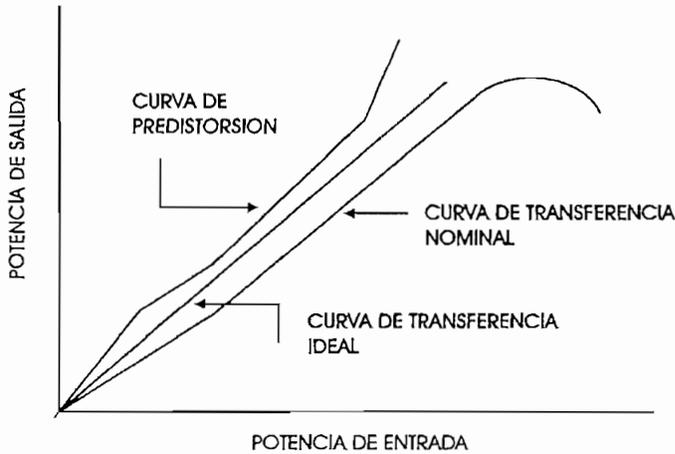


FIGURA 25. CURVAS TÍPICAS DE TRANSFERENCIA Y PREDISTORSIÓN

Es muy común usar la precorrección para compensar algunos tipos de distorsión del transmisor. La precorrección generalmente incluye compensación de ganancia diferencial, fase diferencial y retardo de grupo.

Las no linealidades en la luminancia están presentes cuando hay un cambio en la ganancia de la luminancia con diferentes niveles de brillo.

Las no linealidades en la ganancia de croma para diferentes niveles de luminancia ocasionan un cambio en la saturación de los colores llamado *Ganancia Diferencial*.

Las no linealidades en la fase del croma a diferentes niveles de luminancia causan un cambio en la tonalidad (hue) de los colores llamado ***Fase Diferencial***.

Las distorsiones de la forma de onda pueden ser causados por retardo de grupo inherente en los amplificadores de RF y filtros sintonizados de RF. La distorsión de retardo de grupo es el retardo no uniforme de diferentes frecuencias sobre el ancho de banda de la señal de televisión. Los perjuicios causados por el retardo de grupo se manifiestan en la imagen como corrimientos de color y halos en los bordes.

La restauración de DC (Clamping) es muy importante porque la información de brillo de la imagen (Luminancia) está contenida en la componente DC de la señal de vídeo. Si una señal de vídeo es aplicada a varios circuitos acoplados capacitivamente, el voltaje DC tiende a variar de acuerdo a como los capacitores se cargan y descargan.

La limitación de pico de blanco, se usa para prevenir "apagados" de la portadora de RF , como se muestra en la figura 26; este problema origina fallas en los receptores de televisión, que al detectar la no presencia de señal el control de AGC automáticamente incrementa al máximo la

ganancia de los circuitos y al no haber señal, se amplifica ruido, que es escuchado como un zumbido en los parlantes.

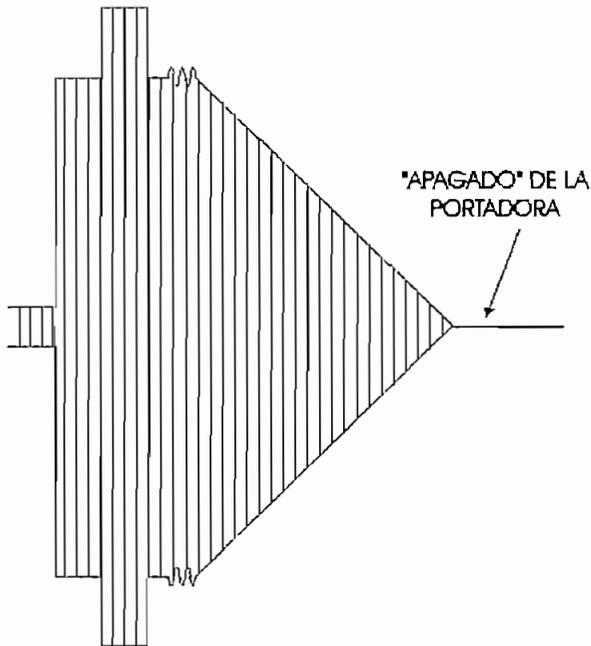


FIGURA 26. "APAGADO" DE LA SEÑAL DE RF.

La señal de audio monofónica se pasa a través de un circuito de preénfasis y luego modula en FM a una portadora de 4.5 MHz ; en el caso de amplificación combinada, esta portadora se mezcla con el oscilador de FI, luego se suma con la FI del vídeo, a continuación se mezcla con la frecuencia del oscilador local y se obtiene la RF deseada. En el caso de amplificación separada, la portadora de FI de audio no se suma al FI de vídeo sino que se mezcla con el oscilador local, se obtiene la RF de audio y se amplifica por separado.

2.2 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

Las líneas de transmisión transmiten o guían la energía de RF de un punto a otro. Es necesario hacerlo con la máxima eficiencia, manteniendo las pérdidas por calentamiento y radiación tan pequeñas como sea posible.

En radiodifusión, se usan principalmente tres tipos de líneas de transmisión:

1. Línea coaxial semiflexible, que tiene dos conductores concéntricos y transmiten en modo transversal electromagnético (TEM).
2. Línea coaxial rígida, con dos conductores concéntricos, que también transmite en modo TEM.
3. Líneas de transmisión que incorporan un simple conductor hueco (guía de onda) , en el cual el campo eléctrico (E) o el campo magnético (H) (o ambos) tienen componentes en la dirección de propagación. Un ejemplo se muestra en la figura 27 donde el campo E en la guía de onda tiene componentes solo en el sentido transversal a la dirección de propagación (Modo Transversal Eléctrico o TE) .

En la figura 27 se muestran las configuraciones de campo E y H en una línea coaxial y una guía de onda.

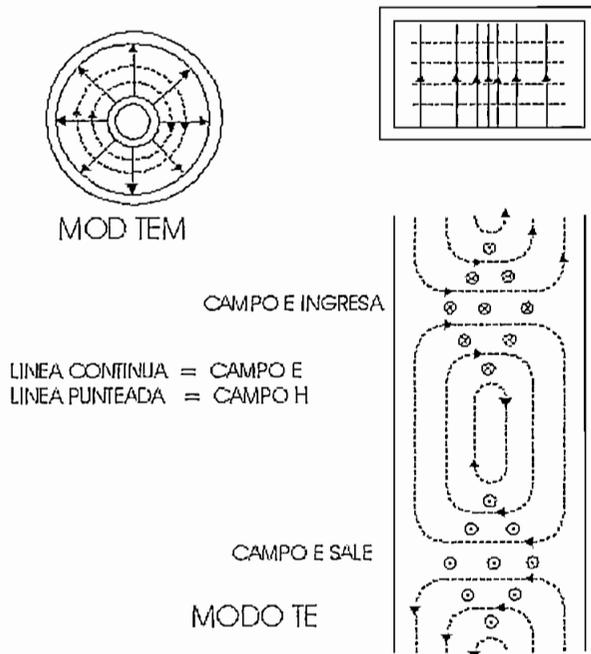


FIGURA 27. CONFIGURACIONES DE CAMPO E Y H EN UNA LÍNEA COAXIAL Y UNA GUÍA DE ONDA.

Los criterios para la selección de la línea de transmisión son:

- Banda de frecuencia de operación.
- Potencia de transmisión.
- Atenuación de la línea de transmisión.

La frecuencia de operación de una línea de transmisión es usualmente una función de su diámetro. En líneas coaxiales semi-flexibles y

rígidas se tienen diámetros típicos entre 1/4 " y 9 ", son comúnmente usadas en las bandas de AM, TV (VHF y UHF), FM. Las guías de onda se usan en frecuencias de UHF y microondas.

En VHF y UHF se usa generalmente cable coaxial semiflexible, que es el más barato, mientras que para microondas se usa guía de onda, aunque también estas últimas se usan para potencias altas de UHF.

Uno de los factores limitantes en la potencia de las líneas de transmisión, es el calor generado por la circulación de corriente en la superficie de los conductores, causado por la resistividad del material conductor. El calor generado en el conductor interior, debe ser transferido por convección, radiación y conducción al conductor externo, de donde es transferido al medio ambiente por convección y radiación.

En aplicaciones de radiodifusión , es importante la cantidad de calor que puede soportar el dieléctrico que sostiene al conductor central; si el dieléctrico comienza a deformarse, la posición del conductor central cambia, lo que produce también un cambio en la impedancia característica de la línea, ocasionando un desacoplamiento que degradará el rendimiento del sistema debido a la alta potencia reflejada.

La guía de onda , al no tener conductor central ni material dieléctrico de soporte, puede manejar potencias más altas.

Comparando diámetros equivalentes, la línea de transmisión semi-flexible tiene la más alta atenuación, debido a que por su construcción corrugada contiene más cobre por unidad de longitud, adicionalmente se necesita más material dieléctrico que en una línea rígida para mantener el conductor central en el sitio correcto. La guía de onda, al no tener conductor central ni dieléctrico interior, presenta la más baja atenuación de los tres tipos , pero tiene costos más altos .

Las ventajas de usar cable coaxial semiflexible son:

- No se necesitan hacer tantas conexiones como en una línea rígida, ya que vienen en longitudes largas.
- Facilidad de instalación, ya que la longitud exacta no es crítica.
- Al ser flexible. no presenta problemas por expansión o contracción debido a los cambios de temperatura.
- Presenta un largo tiempo de vida útil, al estar revestido de un protector de polietileno.

El cable coaxial viene con dos tipos básicos de dieléctrico: espuma y aire. El dieléctrico de espuma es de polietileno, mientras que con dieléctrico aire se usa una espiral separadora de polietileno . Al ser el aire un mejor dieléctrico, este tipo de cable tiene menor atenuación que el de espuma y también puede manejar potencias más altas. La desventaja del dieléctrico aire es que la línea necesita ser presurizada con gas seco.

La impedancia de una línea coaxial con un material dieléctrico interior está dado por:

$$Z_c = \frac{60}{\sqrt{\epsilon'}} \ln \frac{D}{d}$$

donde:

Z_c = Impedancia característica, en ohmios.

ϵ' = Constante dieléctrica relativa del material dieléctrico respecto al aire.

D = Diámetro interior del conductor externo.

d = Diámetro exterior del conductor interno.

2.3 ANÁLISIS Y DISEÑO DE LOS SISTEMAS RADIANTES

A continuación se indican algunos conceptos y criterios fundamentales respecto a sistemas radiantes:

El Sistema Radiante es el encargado de irradiar la potencia generada en el transmisor para que llegue hasta los receptores de los usuarios. Un sistema radiante es fundamentalmente una antena o arreglo de antenas, cuyos parámetros más importantes se enuncian a continuación (NAB; 1992; 273):

ERP (Effective Radiated Power) o **potencia radiada efectiva** se define como el producto de la potencia que ingresa a la antena y la ganancia de antena.

Lóbulo horizontal o diagrama de radiación horizontal es un gráfico de la intensidad de campo radiado en el espacio libre versus el ángulo de azimuth, para un plano horizontal específico.

Un sistema radiante es **omnidireccional** cuando se tiene un lóbulo horizontal que indica que se radía con igual intensidad en todas direcciones. En la práctica se considera omnidireccional a un sistema

que tiene variaciones de hasta ± 3 dB con respecto a un nivel promedio.

Uno de los requerimientos básicos para el servicio de radiodifusión es que el campo radiado en el espacio libre no debe ser influenciado por la proximidad de la tierra, de forma tal que vaya a crear un campo no uniforme sobre la apertura de la antena, que es la sección o área cercana a la antena por donde se radia o se concentra la mayor cantidad de potencia.

La **ganancia de una antena** se define como la relación entre su máxima potencia radiada y la máxima potencia radiada por un dipolo horizontal delgado de media longitud de onda, sin pérdidas y que recibe la misma potencia en su entrada; esto se expresa en dBd (dB con respecto al dipolo).

Generalmente, se acostumbra expresar la ganancia de las antenas en dBd para frecuencias inferiores a 1 GHz y dBi (dB con respecto a la antena isotrópica) para las antenas que operan por encima de esta banda.

La ganancia de la antena depende de varios factores, entre los que se cuentan: la cantidad de potencia concentrada en la dirección de máxima radiación, pérdidas que incluyen las óhmicas y

otras pérdidas tales como la energía radiada a otras polarizaciones que la deseada.

La ganancia requerida para una antena de radiodifusión de televisión (T.V. Broadcast) depende de la potencia a ser transmitida, la intensidad de campo así como también de la topografía del terreno y la distribución de la población en el área a cubrir.

La máxima potencia radiada efectiva (ERP) permitida por la FCC es :

Canal 2 a 6	100 KW
Canal 7 a 13	316 KW
Canal 14 a 69	5000 KW

Como regla general, para obtener una ERP dada resulta más barato escoger una combinación de un transmisor de menor potencia y un sistema radiante de alta ganancia, porque normalmente el costo por potencia de los transmisores es mucho más elevado que el costo por ganancia de antenas.

El sistema radiante debe tener un patrón de radiación ancho en el plano horizontal y estrecho en el plano vertical.

En algunos casos es necesario inclinar el haz vertical, especialmente si la altura relativa de

la antena es tal que una parte sustancial de la energía está siendo radiada sobre el horizonte.

La inclinación eléctrica del haz reduce ligeramente la ganancia del sistema radiante, pero el incremento del nivel de señal en ciertas regiones, puede ser más importante que la pequeña pérdida en la ganancia de potencia radiada.

La inclinación se consigue retrasando en fase la potencia de alimentación en los elementos superiores del arreglo.

Para el desarrollo de las fórmulas para el cálculo de la inclinación electrónica se parte de la figura 28.

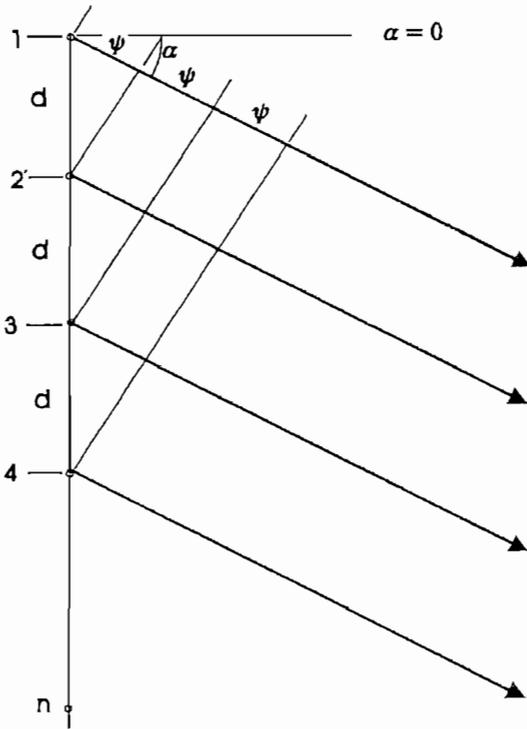


FIGURA 28. ARREGLO DE n FUENTES PUNTUALES ISOTRÓPICAS

Se considera que se tiene n fuentes puntuales isotrópicas, a una distancia d una de otra, de igual magnitud (unitaria) y alimentadas con una diferencia de fase igual a δ entre fuentes adyacentes, entonces el campo lejano en la dirección α (ángulo de inclinación) será el obtenido a través de todas las contribuciones de cada una de las fuentes:

$$E = 1 + e^{j\psi} + e^{j2\psi} + \dots + e^{j(n-1)\psi} \quad (2-1)$$

donde ψ es la diferencia total de fases entre dos fuentes adyacentes y está dada por:

$$\psi = d \cdot \sin \alpha + \delta$$

Si se multiplica (2-1) por $e^{j\psi}$, queda:

$$E e^{j\psi} = e^{j\psi} + e^{j2\psi} + e^{j3\psi} \dots + e^{jn\psi} \quad (2-2)$$

Restando (2-2) de (2-1) y dividiendo por $1 - e^{j\psi}$, queda:

$$E = \frac{1 - e^{jn\psi}}{1 - e^{j\psi}}$$

que puede ser reescrito como:

$$E = \frac{e^{j\frac{n\psi}{2}} \left(e^{j\frac{n\psi}{2}} - e^{-j\frac{n\psi}{2}} \right)}{e^{j\frac{\psi}{2}} \left(e^{j\frac{\psi}{2}} - e^{-j\frac{\psi}{2}} \right)}$$

de donde:

$$E = e^{j\xi} \frac{\operatorname{sen} \left(\frac{n\psi}{2} \right)}{\operatorname{sen} \left(\frac{\psi}{2} \right)} = \frac{\operatorname{sen} \left(\frac{n\psi}{2} \right)}{\operatorname{sen} \left(\frac{\psi}{2} \right)} \angle \xi \quad (2-3)$$

donde ξ es la fase total referida a la fuente 1 y está dada por:

$$\xi = \frac{n-1}{2} \psi$$

Si la fase es referida al punto central del arreglo; (2-3) queda como:

$$E = \frac{\text{sen} \left(n \frac{\psi}{2} \right)}{\text{sen} \left(\frac{\psi}{2} \right)}$$

Esta es una función que tiene máximos y mínimos.

El valor E máximo se obtiene cuando ψ tiende a cero, es decir que $E_{\text{máx}} = n$ en el límite.

Entonces, si se quiere obtener el máximo valor de E a un ángulo de inclinación dado α , se debe cumplir que:

$$\psi = d * \text{sen } \alpha + \delta = 0$$

entonces:

$$\delta = - d * \text{sen } \alpha$$

Se deduce el Δl equivalente de acuerdo al cable usado:

$$\Delta l = d_{(m)} * (V_c\%/100) * \text{sen } \alpha$$

en donde:

Δl = diferencia de longitud del cable de alimentación entre antenas adyacentes.

$d_{(m)}$ = distancia entre antenas, expresado en m.

$V_c\%$ = Velocidad de propagación en el cable con respecto a la velocidad de propagación en el aire, expresado en %.

Adicionalmente, en algunos casos es necesario hacer un "relleno de nulos", para evitar zonas de bajo nivel de señal en lugares cercanos al sitio de transmisión. Generalmente se cambia un poco las fases de alimentación del arreglo, partiendo del cálculo indicado anteriormente para la inclinación.

Es importante tener un bajo *VSWR* (*Voltage Standing Wave Ratio*) o *R.O.E* (*Relación de onda estacionaria*) en la línea de alimentación del sistema radiante, para tener un buen acoplamiento, pues caso contrario, la energía reflejada regresa hacia el transmisor, donde causa el sobrecalentamiento de sus componentes, además es re-reflejada hacia la antena y radiada. Esto aparece en los receptores como una segunda imagen o "fantasma" en la imagen de T.V.

En un mapa del Ecuador a escala 1:500.000, se ubica el sitio del transmisor y se hace un

análisis del lóbulo de radiación requerido para cubrir las zonas y poblaciones a las que se desea llegar con la señal.

Para los sistemas radiantes, se ha tomado la información del fabricante RYMSA, que tiene un producto de muy buena calidad y un costo razonable. Los arreglos están configurados por paneles de doble dipolo y una pantalla reflectora, sus características lo hacen idóneo como unidad básica de apilamiento para la formación de sistemas radiantes, todas estas antenas son de bajo R.O.E. (Relación de onda estacionaria)

Con el programa de cálculo de los lóbulos de radiación se van probando diferentes parámetros en el arreglo de antenas hasta obtener el patrón de radiación deseado. Se hace un cálculo de la potencia mínima requerida para cubrir con el nivel de señal propuesto a las poblaciones principales y se procede entonces a determinar la potencia del transmisor. Para esto se toma en cuenta las distancias de las poblaciones así como también la topografía del área circundante al transmisor, así no es aconsejable por ejemplo, poner un transmisor de mucha potencia en un sector que va a estar limitado por montañas, pues aparte de que va a ser muy difícil llegar a los sectores de sombra, más bien se producirían reflexiones que van a

deteriorar la señal en los lugares con línea de vista.

En la tabla 20 se muestran las potencias y características de los transmisores y sistemas radiantes a instalarse en los diferentes sitios propuestos en este trabajo.

Tabla 20. Transmisores y Sistemas Radiantes

Sitio de transmisión	Potencia de salida	Canal	Ganancia de antenas	Configuración del sistema radiante	Poblaciones principales a cubrir
Cerro Calvario	1 KW	4	9.02 dB	Omnidireccional	Puyo, Shell
Cerro Huacamayos	200 W	9	11.9 dB	Unidireccional	Cosanga, Archidona
Cerro Mirador	250 W	2	8.53 dB	Bidireccional	Tena, Archidona
Cerro Bosco	100 W	9	5.05 dB	Bidireccional	Indanza, Leonidas Plaza
Cerro Guayusa	200 W	2	5.53 dB	Bidireccional	Gualaquiza
Cerro Cutucú	1 KW	11	7.39 dB	Unidireccional	Patuca, Logroño
Cerro Kilamo	500 W	13	10.08 dB	Bidireccional	Macas, Sucúa
Cerro Consuelo	100 W	11	5.74 dB	Bidireccional	Zamora, Sabanilla
Santa Bárbara	100 W	13	4.52 dB	Bidireccional	Yantzaza, Paquisha

2.3.1 ÁREAS DE COBERTURA

Existen varios métodos empíricos para el cálculo de la intensidad de campo, se basan en curvas y ábacos de propagación normalizadas y requieren el conocimiento del perfil del terreno entre el transmisor y el receptor. Son muy útiles cuando se tienen enlaces punto a punto. Cuando se trata de comunicaciones zonales, de punto a zona, existe generalmente, una gran variabilidad de los trayectos de propagación, por lo que se vuelve difícil la modelización de los obstáculos. Estos procedimientos se basan en métodos experimentales y estadísticos obtenidos en amplias campañas de mediciones y una posterior correlación de las medidas con características descriptivas del medio de propagación.

Estos métodos están ampliamente difundidos y proporcionan una estimación rápida de la pérdida básica de propagación o de la intensidad de campo en cualquier punto en torno a un transmisor. Son de utilización sencilla y rápida, pero, su exactitud no es la mejor (HERNANDO; 1993; 39). La media cuadrática del error entre el valor estimado por uno de estos métodos y el valor medido puede ser del orden de **10 a 14 dB**. Si fuere necesario se pueden realizar los correctivos correspondientes,

hasta ajustar el sistema a las condiciones requeridas.

Se ha usado las curvas de la FCC para la determinación de los niveles de campo eléctrico radiado.

Según la FCC, en primer lugar se determina la **altura efectiva** de la antena transmisora sobre el terreno promedio, el que se calcula trazando ocho radiales a 0° , 45° , 90° , 135° , 180° , 225° , 270° y 335° ; se toman los datos de la altura del terreno a 2, 4, 6, 8 y 10 millas desde el centro de radiación y se divide para el número de lecturas (40), este dato es la altura del terreno promedio, la altura de antena sobre terreno promedio se obtiene sumando la altura de antena con la del centro de radiación y restando la altura del terreno promedio; luego en las curvas de predicción de cobertura de la FCC (Ver anexo 5) se realizan las lecturas respectivas del campo, que están dadas para 1 KW de potencia radiada efectiva, luego se ajusta esto de acuerdo a la potencia del transmisor, pérdidas en transmisión (duplexores, uniones, líneas de transmisión) y la ganancia de la antena para su respectivo azimuth.

Debido a la complejidad topográfica del terreno en donde se ubica el proyecto, se aplicará el método

de la Recomendación 370 del CCIR , que se acopla mejor a esta topografía al calcular la altura efectiva individualmente para cada radial, mas aún si se toma en cuenta que no todos los sistemas radiantes proyectados son omnidireccionales. Según este método la **altura efectiva** se define como la altura real de la antena sobre el nivel medio del terreno entre 3 y 15 Km. Luego se procede con las curvas de la FCC como se indicó en el párrafo anterior.

En la tabla 21 se muestran los niveles de señal requeridos para los grados de servicio propuestos en ausencia de señal interferente.

Tabla 21. Intensidad de campo medio requerido en el receptor para grados de servicio A y B en ausencia de señales interferentes.

Grado de servicio	Canal 2-6		Canal 7-13		Canal 14-83	
	$\mu\text{V}/\text{m}$	$\text{dB}\mu$	$\mu\text{V}/\text{m}$	$\text{dB}\mu$	$\mu\text{V}/\text{m}$	$\text{dB}\mu$
Grado A	2500	68	3500	71	5000	74
Grado B	225	47	650	56	1600	64

Los grados de servicio se determinan por consideraciones de sensibilidad del receptor y figura de ruido. El nivel de campo requerido varía con el grado de servicio y con la frecuencia.

En el anexo 5 se muestran las curvas de predicción de cobertura de la FCC, los datos del arreglo de antenas para cada sistema radiante, los diagramas de radiación, curvas de la FCC de propagación, perfiles de los radiales a cada 45° y las áreas de cobertura grafizadas sobre mapas del Ecuador en la escala de 1:500.000 para los sitios de transmisión VHF propuestos en el presente proyecto.

2.4 DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS DE TRANSMISIÓN VHF.

Todos los transmisores se han elegido de fabricación ITELCO, los excitadores de esta línea generan la señal de RF precorregida. El oscilador local es sintetizado. Un filtro SAW (Surface acoustic wave) de alto rendimiento provee la banda lateral vestigial. Un avanzado circuito de precorrección de banda ancha incluye corrección de ICPM (Inter Carrier Phase Modulation) , fase diferencial, ganancia, linealidad y bajos productos de intermodulación. Todas las funciones del excitador son implementadas sobre tarjetas plug-in. Un simple excitador en conjunto con un apropiado filtro Notch puede ser usado como un transmisor de baja potencia. Los niveles de potencia de salida nominales del excitador son dos: 10 y 20 Wps. La etapa de amplificación final se logra mediante amplificadores de estado sólido de banda ancha disponibles en diversas versiones dependiendo de la potencia de salida nominal y la banda. Un filtro pasabajos atenúa los productos no deseados a la salida del amplificador de salida. Se utilizan también acopladores direccionales para control de potencia directa y reflejada. Un diagrama de un excitador ITELCO se muestra en la figura 29.

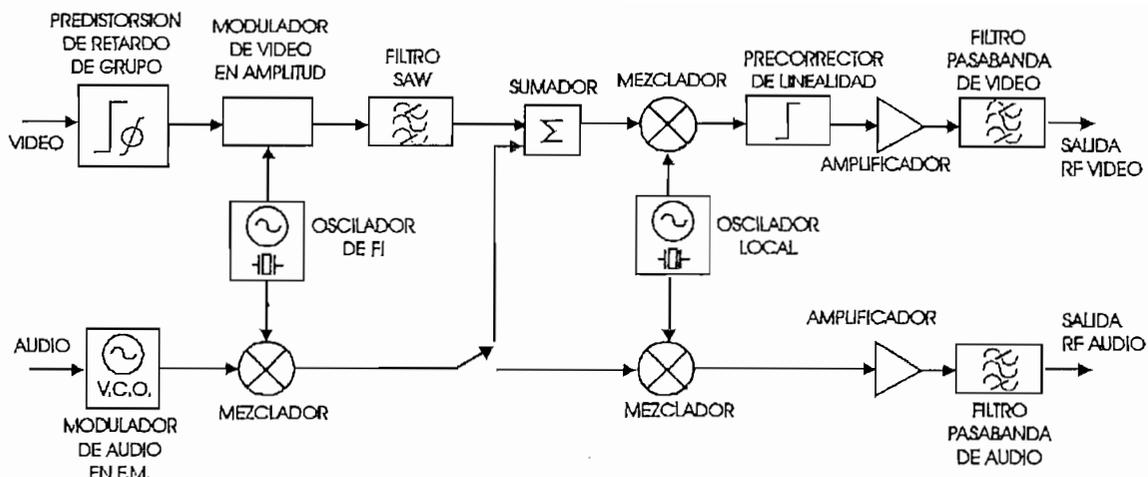


FIGURA 29. DIAGRAMA DE UN EXCITADOR ITELCO

Los módulos amplificadores de potencia son plug-in de banda ancha, y no requieren sintonía. Dichos módulos utilizan múltiples transistores push-pull de alta potencia (BJT), que provee muy alta ganancia y eficiencia. El sistema de enfriamiento es por aire, dispone de un disipador doble de alta eficiencia, el cual mantiene las junturas del transistor a temperaturas bajas logrando un alto MTBF (Mean Time Between Failure(s) : Tiempo medio entre falla(s)).

Un filtro de salida de RF compacto combina las características de un filtro pasabanda y notch, provee excelente desempeño espectral (intermodulación fuera de banda de $\geq 60\text{dBc}$ (dB carrier : dB con respecto a la portadora)).

El transmisor está diseñado para una fácil operación, el display del panel frontal y LEDs

proveen una lectura instantánea de todas las mediciones.

Debido a su alta eficiencia, el transmisor genera poco calor, como consecuencia requiere de menos enfriamiento. El enfriamiento es realizado por un sistema de aire optimizado que incorpora un confiable ventilador interno, está diseñado para operación confiable hasta los 50 °C de temperatura. Ventiladores adicionales son provistos para el excitador y la unidad de distribución principal. El sistema de enfriamiento produce bajo ruido acústico.

El excitador y módulo de potencia tienen sus propias fuentes de poder. Para asegurar operación estable las fuentes de poder pueden manejar variaciones de + 10% / -15%. Todas las fuentes de poder están protegidas contra sobrevoltaje, sobret temperatura y sobrecorriente. La fuente es tipo switch y excede el 90% de eficiencia, lo que nos permite un bajo consumo de energía. El módulo amplificador de potencia tiene protección contra sobret temperatura, sobrecorriente, exceso de salida y alta potencia reflejada

El diseño es tolerante a fallas e incorpora componentes de larga vida en todas las áreas críticas para asegurar alto grado de confiabilidad al aire. El transmisor puede soportar más de 6 KV

de transientes. lo cual asegura alta resistencia a rayos y otras descargas.

Los transmisores se alimentan con energía monofásica, de 110 / 220 V . Debido a la inestabilidad de la energía que se tienen en todo el país, se considera necesario instalar en todos los puntos reguladores de voltaje para una operación confiable .

2.5 DIAGRAMAS DE LAS INSTALACIONES.

Para que la Superintendencia de Telecomunicaciones apruebe el proyecto es necesario presentar con el estudio los diagramas de las instalaciones , los mismos que se encuentran en el anexo 6.

2.6 PROTECCIONES CONTRA TRANSIENTES Y DESCARGAS ELÉCTRICAS.

Los rayos son el principal enemigo de las estaciones de comunicaciones, las torres y todos los equipos electrónicos. Adicionalmente a los rayos directos, los equipos son altamente sensibles a los daños por fluctuaciones y transientes de voltaje, que pueden llegar a través de la línea de alimentación, aunque el rayo haya caído lejos de las instalaciones; también estos transientes pueden ser generados por el uso de otros equipos o aparatos conectados a la línea de alimentación.

En la actualidad se usan sistemas que tratan de evitar que los rayos caigan directamente en las instalaciones, estos son los llamados Sistemas de Arreglo de Disipación (DAS Dissipation Array System), su funcionamiento se basa en la reducción continua de la diferencia de potencial entre el suelo y la nube cargada, a niveles

inferiores al potencial de formación del rayo (CARPENTER; 1994; 1).

Es necesario hacer una ligera descripción de la formación del rayo: bajo condiciones de tormenta, las variaciones de temperatura y presión en la atmósfera llevan a la formación de nubes cúmulo-nimbus, que pueden alcanzar en su núcleo más de 15.000 metros. Una nube, para ser capaz de provocar un rayo necesita tener un espesor mínimo de 3-4 Km. Mientras más altura tenga la nube, más probabilidad existe de que pueda provocar un rayo.

En el centro de la nube existen corrientes ascendentes cuyas velocidades exceden los 120 Km./hr., que causan la separación de las cargas eléctricas. Es conocido en estudios de caídas de agua, que las partículas finas (como neblina) adquieren carga eléctrica positiva y las partículas más grandes adquieren carga negativa. Las corrientes ascendentes separan las cargas llevando las partículas finas o positivas a la parte superior de la nube, mientras que las pesadas partículas negativas permanecen en la parte baja. El aire circundante sirve como un aislador hasta que el campo eléctrico crece tanto que en la tierra cubierta por la nube se comienza a producir una carga similar pero de polaridad opuesta. Esta zona a menudo es denominada sombra de tormenta. Este proceso se aprecia en la figura

30. El rayo se produce cuando el potencial llega a ser tan alto que logra romper la capacidad dieléctrica del aire entre la nube y la tierra.

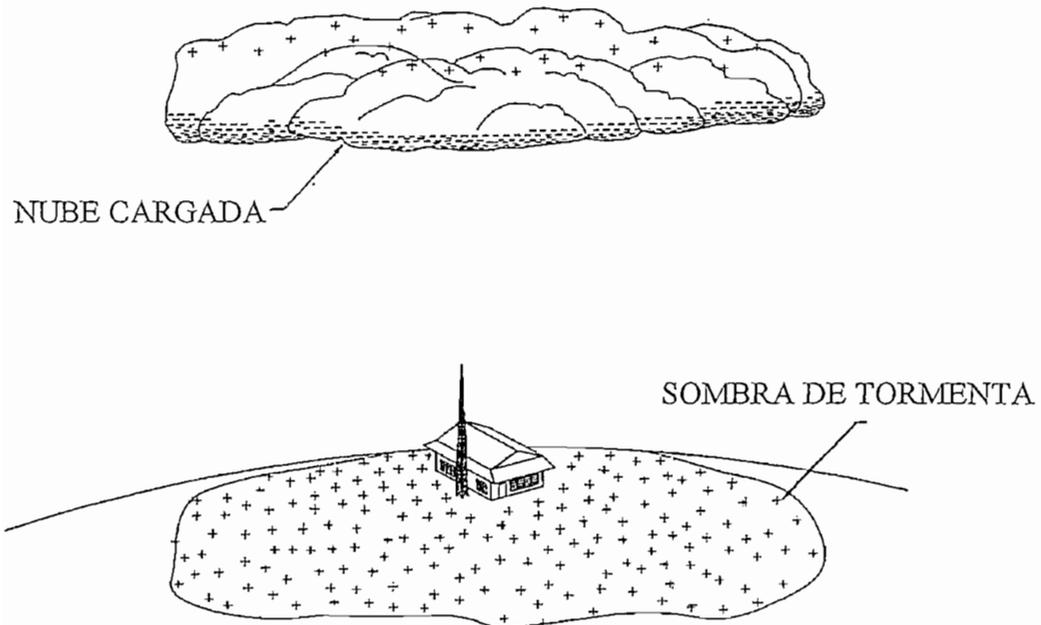


FIGURA 30. PROCESO DE FORMACIÓN DEL RAYO.

Una punta afilada dentro de un fuerte campo electrostático emitirá electrones mediante la ionización de las moléculas adyacentes; se ha encontrado que aproximadamente a partir de un campo de 10.000 V/m se produce una corriente iónica que crece exponencialmente con el incremento del campo. Este fenómeno es conocido como **descarga en punta**; esto se demuestra mediante lo que los científicos denominan disipación natural: la ionización producida por árboles, hierba, torres, vallas y otra estructuras pueden

disipar por encima del 95 % de la energía total generada sin que se produzca la formación del rayo.

Los sistemas de arreglo de disipación, basan su operación en el principio de descarga en punta, mediante la utilización de miles de puntas que producen iones simultáneamente sobre una área extensa, impidiendo que se llegue a potenciales capaces de producir un rayo, adicionalmente, se produce un fenómeno llamado carga espacial, cuando las moléculas de aire ionizadas formadas por la descarga en punta tienden a formar una nube, como se muestra en la figura 31. Se ha demostrado que la presencia de esta carga espacial reduce considerablemente el valor del campo electrostático entre la nube y la tierra. En la figura 32 se muestra uno de estos disipadores.

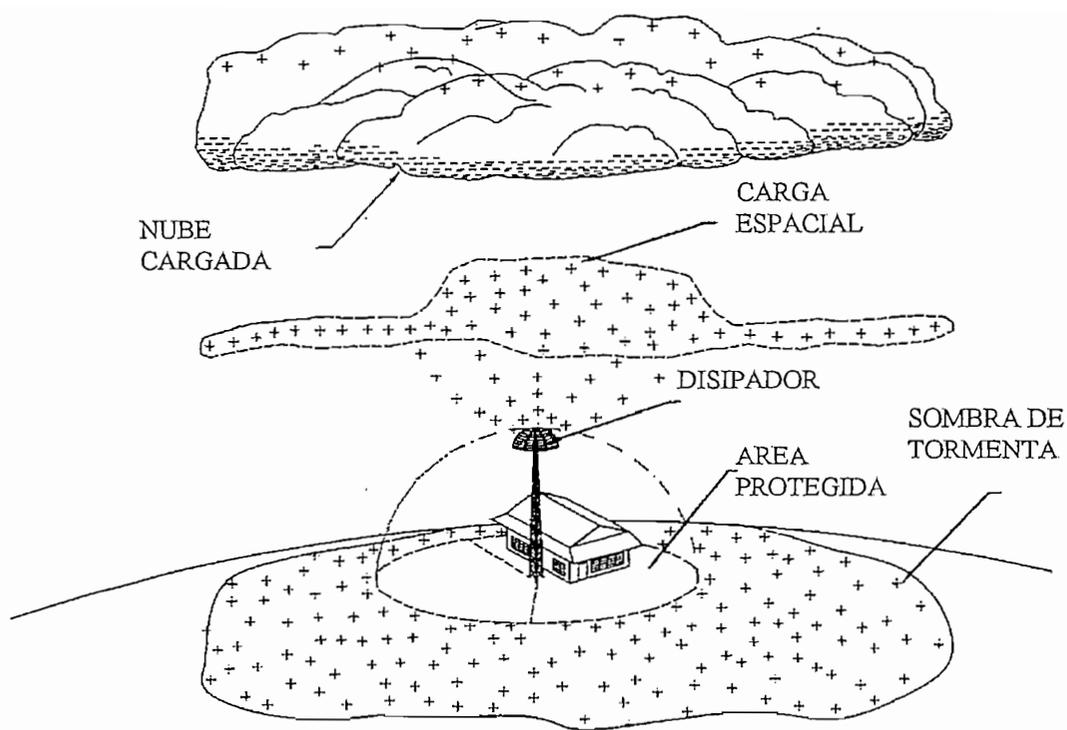


FIGURA 31. SISTEMA DE ARREGLO DE DISIPACIÓN

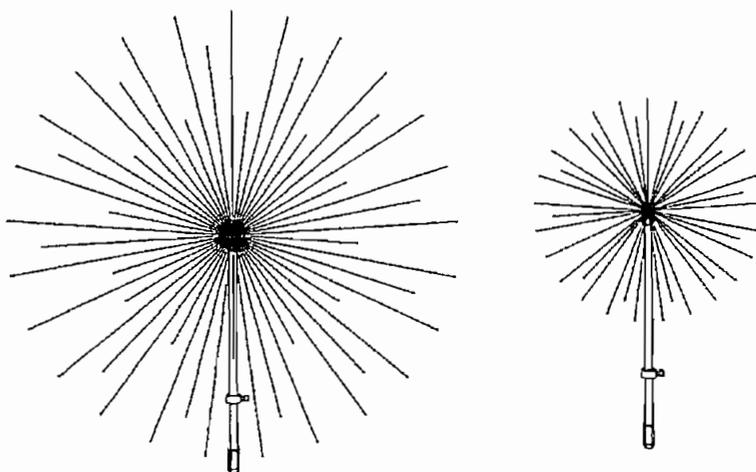


FIGURA 32. IONIZADOR SPLINE BALL

Los puntos fundamentales para una buena protección de los equipos son los siguientes:

- Tratar de que , si cae el rayo, lo haga en puntos diseñados específicamente para este propósito.
- Llevar la descarga a tierra a través de un conductor hecho para este fin
- Disipar la energía del rayo en la tierra con un mínimo incremento del potencial de tierra , lo cual se logra con un sistema de tierra de baja impedancia.
- Eliminar lazos de tierra, creando tierras equipotenciales bajo las condiciones de caída de un rayo, evitando la circulación de corrientes peligrosas entre equipos.
- Proteger los equipos colocando supresores de fluctuaciones y transientes en las líneas de alimentación.
- Colocar supresores de transientes también en las líneas de transmisión.

Para la preparación de una tierra de baja impedancia se usan compuestos químicos fabricados con este objetivo, como sulfato de magnesio (sal de Epsom), sulfato de cobre, nitrato de potasio; siendo este recurso más efectivo que colocar un sistema de tierra extenso (Con más puntos de contacto a tierra) . De no tener acceso a estos compuestos, una buena medida es preparar el

terreno mezclando la tierra con carbón molido y sal común.

Todo el sistema se hace generalmente de cobre o bronce, sus uniones deben ser hechas con estos metales o sus aleaciones, no mezclando materiales disímiles, pues esto produciría corrosión electrolítica y la consiguiente pérdida del buen contacto eléctrico.

Otra de las recomendaciones importantes es que el cable de bajada no debe tener en lo posible curvaturas, pues esto aumenta la posibilidad de que al caer el rayo se produzcan derivaciones del mismo, tomando rutas no diseñadas para el efecto.

Como puntos de contacto a tierra se usan varillas de cobre o también planchas de bronce, siendo este sistema el más recomendado, porque da una mayor área de contacto y consiguientemente un menor resistencia de tierra.

2.7 MEDICIONES DE PARÁMETROS DE VÍDEO EN SISTEMAS DE MICROONDAS Y TRANSMISORES VHF Y UHF. (NAB ;1192; 617) .

Para medir el desempeño de un enlace de microondas o transmisor de vídeo, es preciso ingresar a los equipos con señales de prueba. Antes de iniciar con la descripción de las mismas, es necesario recordar la terminología usada en la forma de onda del vídeo, para lo cual se muestra la figura 33.

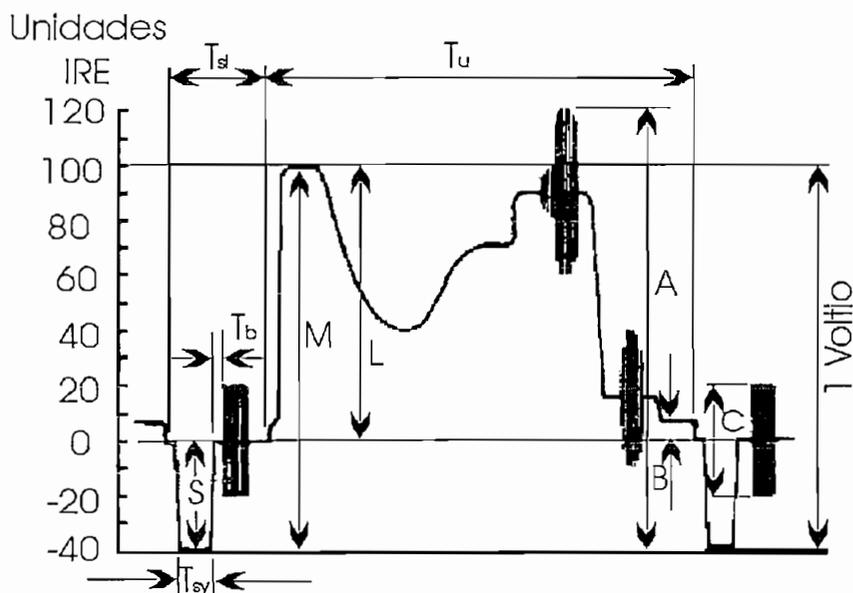


FIGURA 33. SEÑAL DE VÍDEO COMPUESTA STANDARD.

- A = Amplitud pico - pico de la señal compuesta.
- B = Diferencia entre en nivel de negro y nivel de borrado.
- C = Amplitud pico - pico de la señal de burst.
- L = Valor nominal de la señal de luminancia.

M = Amplitud pico - pico de la señal monocroma de vídeo.

S = Amplitud de la señal de sincronismo.

T_b = Duración del breezeway

T_{sl} = Duración del período de borrado.

T_{sy} = Duración del pulso de sincronismo.

T_u = Duración del período activo de línea.

La amplitud nominal pico - pico de la señal de vídeo monocroma es de un voltio pico, tomándose 0.286 V para el sincronismo y los restantes 0.714 V para el vídeo; que corresponden a 40 y 100 unidades IRE (Institute of Radio Engineers, hoy IEEE) respectivamente, como se ve en la figura 34. Entonces *una unidad IRE corresponde a 1/100 del rango de luminancia.*

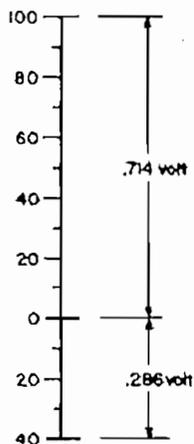


FIGURA 34. LA ESCALA DE UNIDADES IRE

Dos de las señales de prueba que son requeridas para llevar a cabo las varias medidas descritas más adelante son:

A. La " Señal de prueba compuesta " : mostrada en la figura 35, la cual consiste de una "línea de barra " , " pulso 2T", un "pulso de crominancia" y "señal de escalera de cinco pasos".

B. La Señal de prueba combinación : mostrada en la figura 36 la cual consiste de un "bandera blanca", un "multiburst", y una "Señal de tres niveles de crominancia".

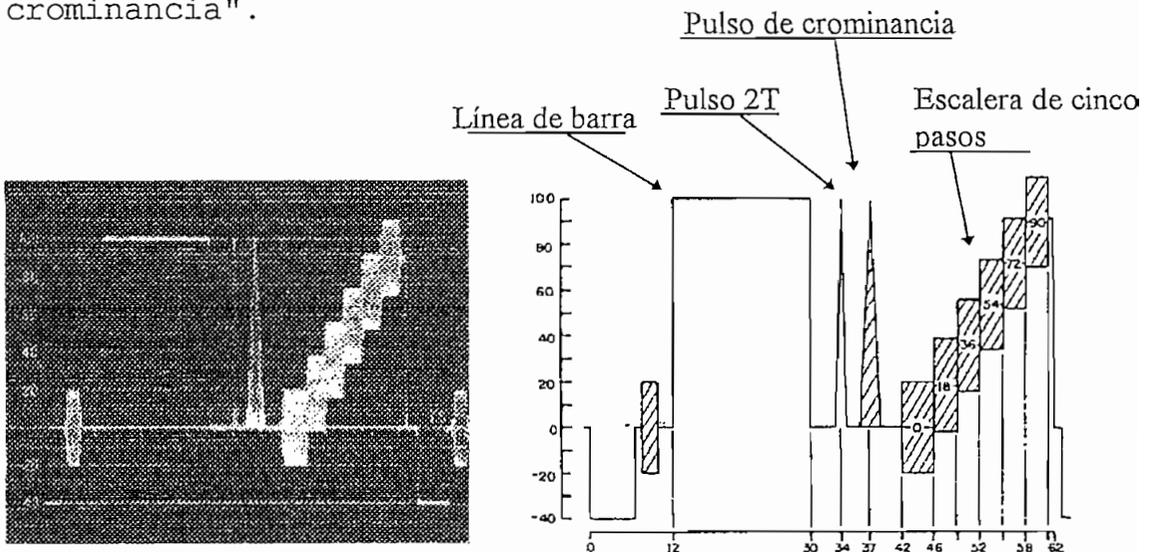


FIGURA 35. SEÑAL DE PRUEBA COMPUESTA

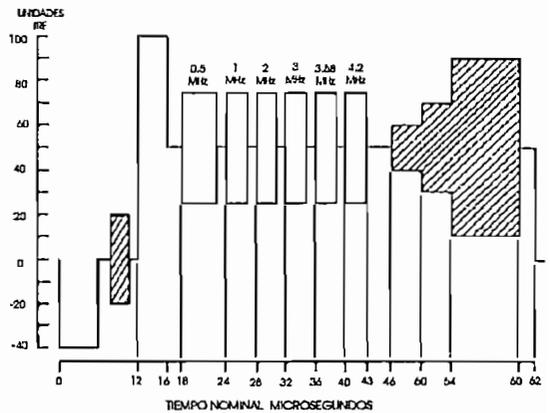


FIGURA 36. SEÑAL DE PRUEBA COMBINACIÓN.

Para poder evaluar los transmisores con programación, se insertan en la señal de vídeo los VITS (Vertical Interval Test Signals : Señales de prueba del intervalo vertical), que como su nombre lo indica, son señales de prueba insertadas en el intervalo vertical de vídeo.

Cuando se usa VITS para las mediciones, la " Señal de prueba compuesta " debe ser insertada sobre la línea 17, campo 1 y la " Señal de prueba combinación " debe ser insertada en la línea 17, campo 2.

El *nivel de cuadro promedio de vídeo* (APL : Average Picture Level) se define como el nivel promedio durante el tiempo de barrido activo excluyendo las señales de sincronismo y borrado, que es integrado sobre un período de un frame ($1/29.94$ S o 33.4 ms).

Los objetivos de desempeño a cumplir se aplican a los niveles de cuadro promedio de vídeo (APL)

dentro del rango del 10 % al 90 % . Este es un importante punto a considerar cuando hacemos mediciones con VITS, particularmente durante períodos de transmisión de programas, en donde no se tiene control sobre el APL, en este caso muchos de los parámetros de medición pueden ser afectados.

2.7.1 PARÁMETROS A MEDIR

2.7.1.1 Inserción de Ganancia: es la diferencia en unidades *IRE*, entre la amplitud pico - pico de la señal de prueba inyectada a la entrada del sistema y la amplitud nominal de la señal de prueba a la salida del mismo. Para su medición, se utiliza la porción "línea de barra" de la señal compuesta , tal como se ve en la figura 37.

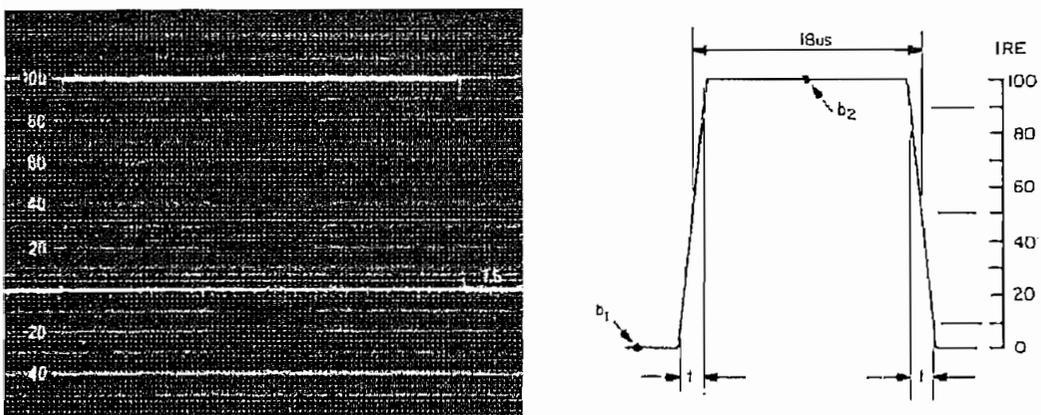
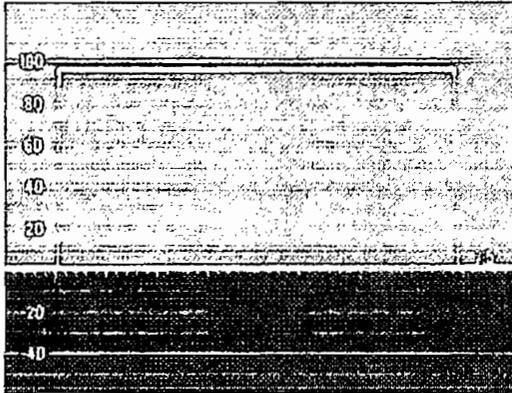


FIGURA 37. SEÑAL DE PRUEBA DE LÍNEA DE BARRA

En la figura 38 se muestra un ejemplo de inserción de ganancia negativa



La inserción de ganancia es de -3 unidades

FIGURA 38. EJEMPLO DE INSERCIÓN DE GANANCIA NEGATIVA

Objetivos: la diferencia no debe exceder ± 3 unidades IRE

2.7.1.2 **Distorsión del campo en tiempo.** Es el cambio en la forma de la parte superior de la señal cuando se inyecta a la entrada una señal de prueba de "cuadro blanco" de 100 IRE de amplitud, medida a la salida en un período de un campo. Para su medición, una señal de "cuadro blanco" es usada, la magnitud de la distorsión se obtiene midiendo en unidades IRE el cambio en la amplitud pico - pico de la parte superior de la barra, con la amplitud de la barra central ajustada a 100 IRE, tal como se muestra en la figura 39.

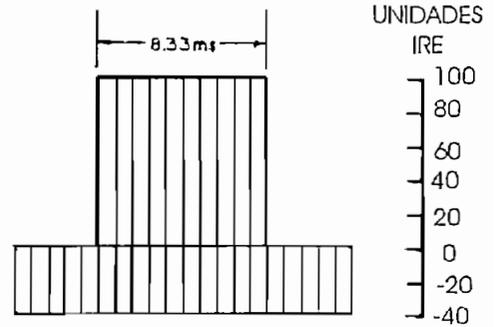
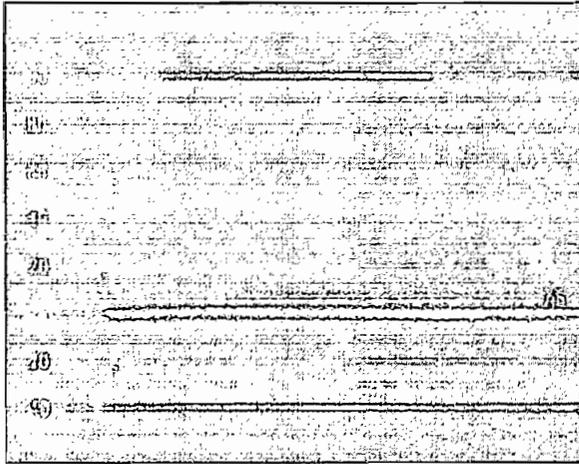
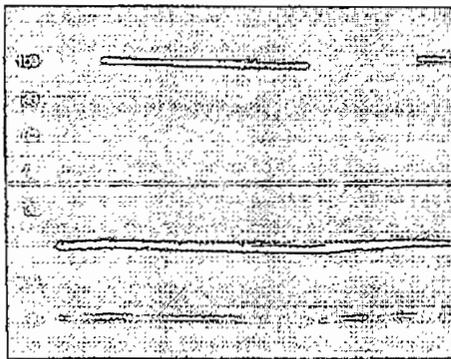


FIGURA 39. SEÑAL DE PRUEBA DE BARRA DE CAMPO O CUADRO BLANCO

En la figura 40 se muestra un ejemplo de distorsión de campo en tiempo.



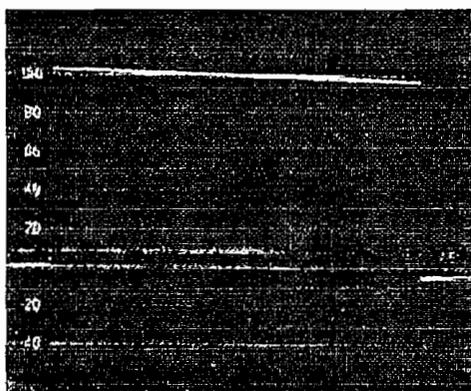
La distorsión es de 3 unidades (+1, -2)

FIGURA 40. EJEMPLO DE DISTORSIÓN DE CAMPO EN TIEMPO.

Objetivos: la excursión pico - pico de la barra superior no debe exceder 4 unidades IRE.

2.7.1.3 Distorsión de la forma de onda de la línea de tiempo. Cuando una señal de prueba de televisión teniendo un período de una línea y de amplitud de referencia de un blanco es inyectada a la entrada del sistema, la distorsión mencionada es el cambio en la forma de la parte superior de la señal de prueba a la salida. Para la medición la porción la "línea de barra" (mostrada en la figura 37) de la " Señal de prueba compuesta " es usada. La magnitud de la distorsión se obtiene mediante la medición en unidades IRE del cambio de la amplitud pico - pico de la parte superior de la barra con la amplitud del centro ajustada para 100 IRE.

En la figura 41 se muestra un ejemplo de distorsión de la línea de tiempo.



La distorsión de la línea de tiempo es 4 IRE (+2, -2)

FIGURA 41. EJEMPLO DE DISTORSIÓN DE LA LÍNEA DE TIEMPO.

Objetivos: la excursión pico - pico de la barra superior no debe exceder 4 unidades IRE.

2.7.1.4 **Distorsión de corto tiempo de la forma de onda.** Si un pulso corto o una función de paso rápido de amplitud de referencia de un blanco y de forma definida es aplicada a la entrada del sistema, dicha distorsión se define como la desviación del pulso o paso de su forma original. Se usa la porción "línea de barra" y pulso 2T de la " Señal de prueba compuesta " para medir esta distorsión, como se muestra en la figura 42. La amplitud de la señal pulso 2T es medida en unidades IRE, teniendo previamente ajustada la amplitud de la señal de prueba "línea de barra " exactamente a 100 unidades IRE. La variación pico - pico en los intervalos de 1 uS., de ambos lados (precediendo y siguiendo) la transición T-step (subida y caída) son medidos con la amplitud de la "señal de prueba de barra" ajustada a 100 IRE, también son medidas entre el blanking y un punto aproximadamente a 2 uS. desde el borde de la barra. La medición es la mayor pico - pico obtenida.

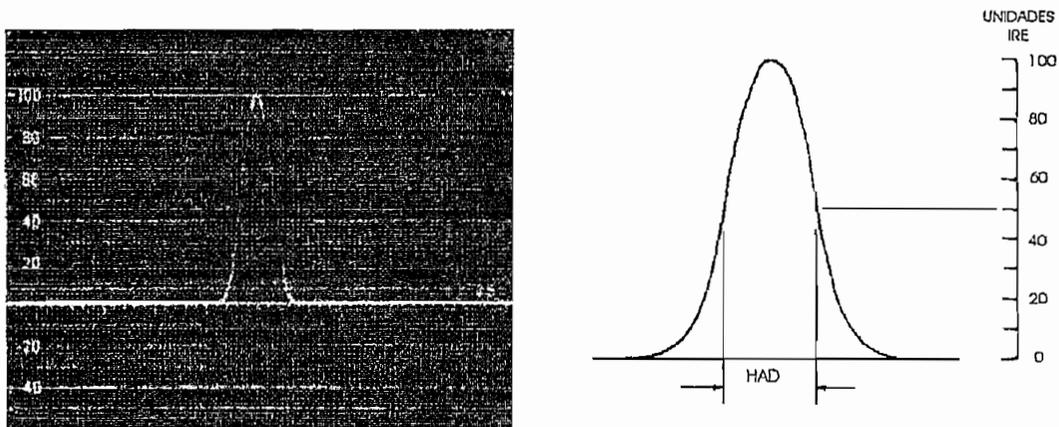


FIGURA 42. SEÑAL DE PRUEBA DE PULSO 2T

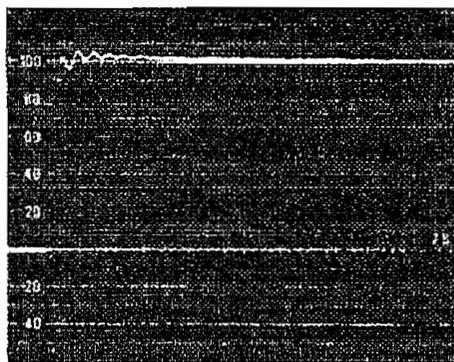
En las figuras 43 a y b se muestra un ejemplo de Distorsión de corto tiempo.

La amplitud del pulso 2T es 92 unidades IRE

Las variaciones de amplitud siguientes a la transición T-paso son de 10 unidades pico-pico



A



B

FIGURA 43. EJEMPLO DE DISTORSIÓN DE CORTO TIEMPO .

Objetivos:

- La amplitud del pulso 2T debe ser 100 ± 6 IRE
- Las variaciones pico - pico precedida o seguida de la transición T-step no debe exceder 10 IRE.

2.7.1.5 Desigualdad de ganancia entre Luminancia y Crominancia. Es el cambio en amplitud de los componentes de color relativo a los componentes de luminancia de la señal recibida. La porción " pulso de crominancia " de la " Señal de prueba compuesta " se usa para medir este parámetro. La amplitud de la señal de prueba es medida en unidades IRE, teniendo

previamente ajustada la amplitud de la señal de prueba de barra exactamente en 100 unidades IRE. Este método para realizar esta medición es inválido en presencia de distorsión armónica.

La medición se muestra en la figura 44

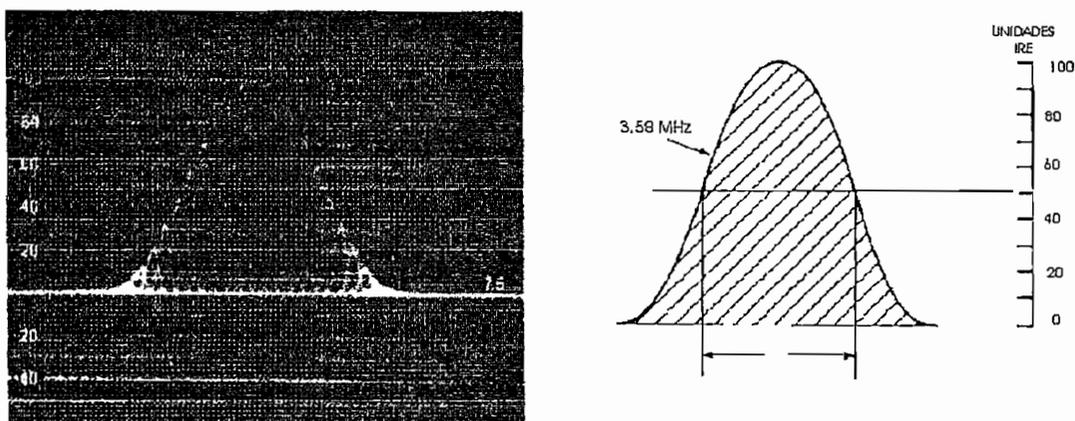
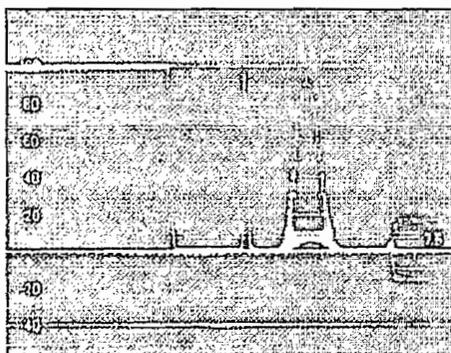


FIGURA 44. SEÑAL DE PRUEBA DE PULSO DE CROMINANCIA.

En la figura 45 se muestra un ejemplo de desigualdad de ganancia entre Luminancia y Crominancia.



La amplitud del pulso de crominancia es 94 unidades IRE

FIGURA 45. UN EJEMPLO DE DESIGUALDAD DE GANANCIA LUMINANCIA - CROMINANCIA.

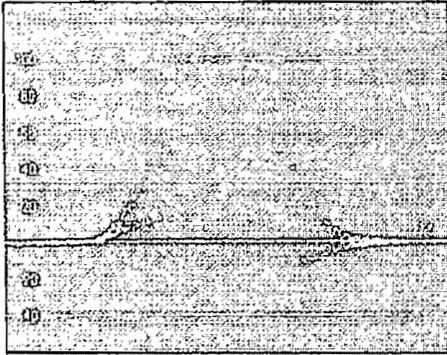
Objetivo: la amplitud del pulso de Crominancia debe ser 100 ± 3 IRE.

2.7.1.6 Desigualdad de retardo entre luminancia y Crominancia. Cuando se aplica una señal de prueba con componentes de crominancia y luminancia definidos , la desigualdad de retardo crominancia - luminancia se define como el cambio en relación al tiempo del componente de Crominancia relativo al componente de luminancia de la señal de prueba. La porción pulso de Crominancia de la " Señal de prueba compuesta " es usada.

Si los componentes de Crominancia de la señal de prueba empiezan con un lóbulo yendo hacia positivo entonces existe un retardo de croma y si empieza como negativo existe adelanto, se puede calcular en base a la siguiente fórmula:

$$CLDI(RCT)_{ns} = 20\sqrt{Y_1 * Y_2} \quad , \text{ ver figura 47.}$$

En la figura 46 se muestra un ejemplo de desigualdad de retardo entre luminancia y crominancia.



CLDI (RCT) es 240 nanosegundos

FIGURA 46. UN EJEMPLO DE DESIGUALDAD DE RETARDO ENTRE LUMINANCIA Y CROMINANCIA.

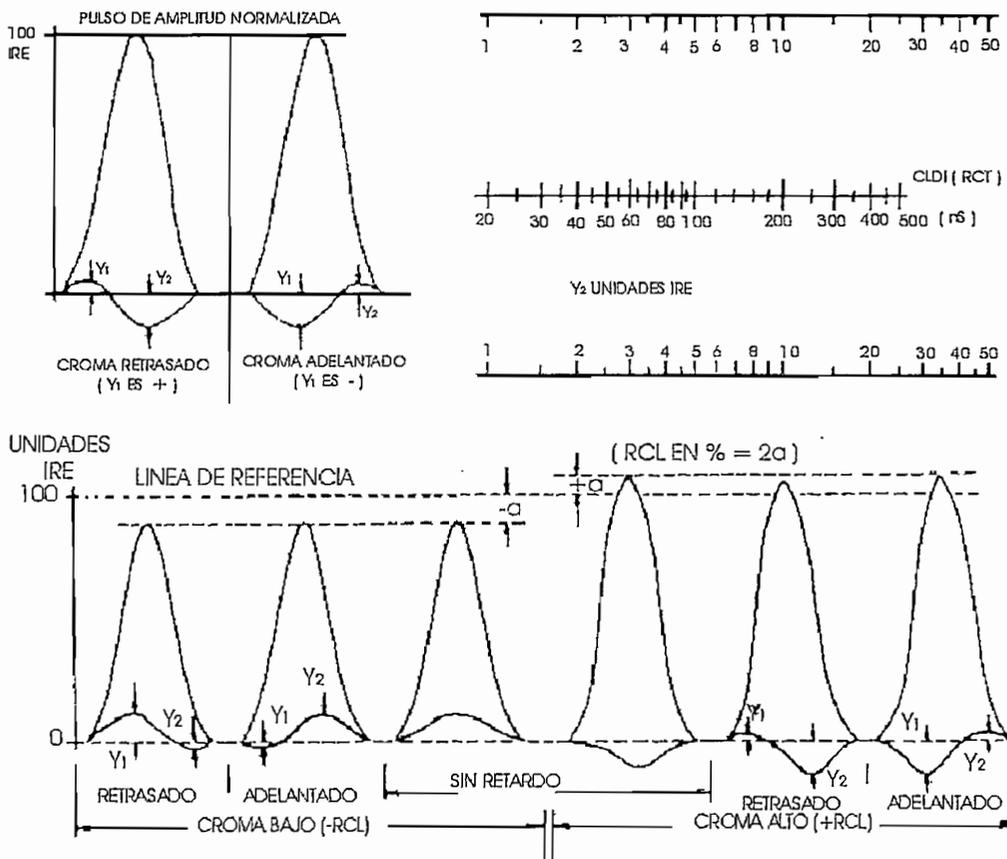


FIGURA 47. CONVENCION PARA LA MEDIDA DE LA GANANCIA CROMINANCIA - LUMINANCIA

Objetivo: la desigualdad de retardo no debe ser mayor a 75 ns.

2.7.1.7 Distorsión de ganancia con respecto a la frecuencia. Es la variación de la ganancia de las diferentes frecuencias dentro de la banda de frecuencias de televisión. La porción multiburst de la Señal de prueba combinación es usada en el rango de 500 KHz hasta 4.2 MHz, la amplitud de la bandera blanca debe ser ajustada exactamente a 100 IRE y entonces la amplitud pico - pico de cada frecuencia de burst debe ser medida, como se indica en la figura 48.

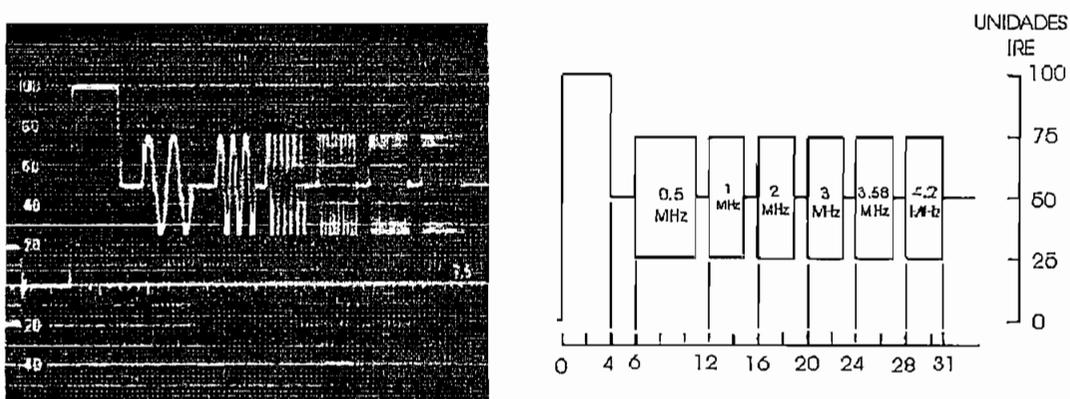
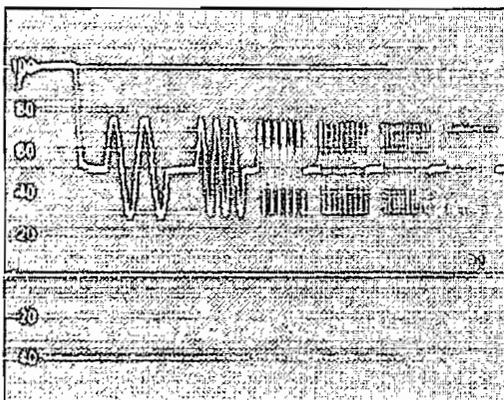


FIGURA 48. LA SEÑAL DE PRUEBA MULTIBURST

En la figura 49 se muestra un ejemplo de distorsión de ganancia con respecto a la frecuencia.



Las amplitudes de burst varían desde 50 unidades IRE en el burst de 500 KHz hasta 42 unidades IRE en el burst de 4.2 MHz .

FIGURA 49. UN EJEMPLO DE DISTORSIÓN DE GANANCIA CON RESPECTO A LA FRECUENCIA.

Objetivo: con la amplitud de la bandera blanca ajustada a 100 IRE.

- Todas las amplitudes de las frecuencias burst deben ser $50 + 3, -5$ IRE
- La amplitud del burst de color debería ser 40 ± 4 IRE

2.7.1.8 Distorsión por no linealidad de la luminancia. Para un particular valor de nivel de cuadro promedio (APL), la distorsión de no linealidad de la luminancia es definida como la desviación de la proporcionalidad entre la amplitud de una pequeña función de paso unitario a la entrada del sistema y la correspondiente amplitud de la señal a la salida, a medida que el nivel del paso es variado desde el nivel de blanking hasta el nivel de blanco. La porción de la "escalera modulada de

cinco pasos" de la " Señal de prueba compuesta " es usada (Figura 50). La amplitud de la señal de prueba debe ser perfectamente ajustada a la entrada del sistema en medición. La señal de prueba es pasada por un circuito diferenciador. La ganancia del monitor de forma de onda debe ser incrementada hasta el punto donde la amplitud del pulso más grande sea 100 IRE, y la amplitud del pulso más pequeño es medido, como se indica en la figura 51. Esta es la distorsión de no linealidad de luminancia para 50 APL, el procedimiento se debe repetir para 10 % y 50 % APL.

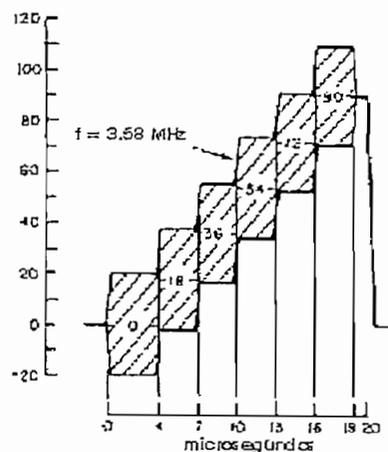
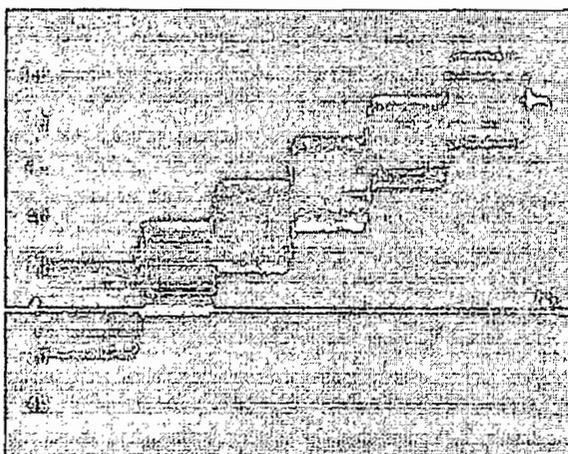
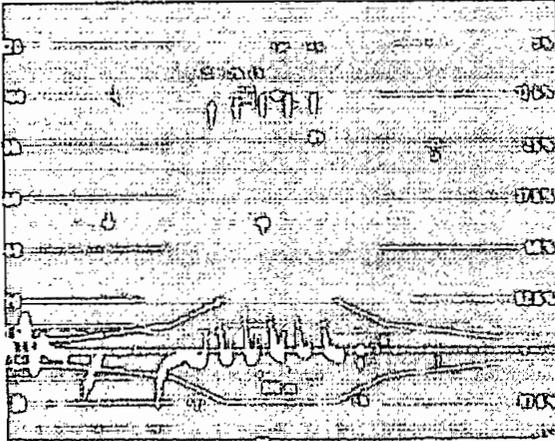


FIGURA 50. SEÑAL DE PRUEBA ESCALERA DE CINCO PASOS MODULADA.

En la figura 51 se muestra un ejemplo de distorsión por no linealidad de luminancia.



La distorsión por no linealidad de luminancia es de 4 unidades IRE.

FIGURA 51. UN EJEMPLO DE DISTORSIÓN POR NO LINEALIDAD DE LUMINANCIA.

Objetivo: con la amplitud del pulso más grande ajustado a 100 IRE, tanto para 10 % , 50 % y 90 % de APL no debe ser más grande que 10 unidades IRE.

2.7.1.9 Distorsión de Crominancia por no linealidad de ganancia. Para valores fijos de nivel de luminancia y APL, la distorsión en la señal de Crominancia por no linealidad de su ganancia es definida como la desviación de proporcionalidad entre la amplitud de la portadora de Crominancia a la entrada del sistema en medida y la amplitud correspondiente a la salida, a medida que la amplitud de la subportadora es variada desde un valor mínimo especificado a un valor máximo especificado. La porción " Señal de tres niveles de crominancia " de la "Señal de prueba combinación" es usada. La señal de prueba es pasada por un filtro pasa altos. La ganancia del monitor de forma de onda

es ajustado hasta el punto donde la amplitud de la subportadora de la mitad es exactamente 40 IRE y entonces la amplitud de las subportadoras de niveles más grande y más pequeña son medidas, como se indica en la figura 52.

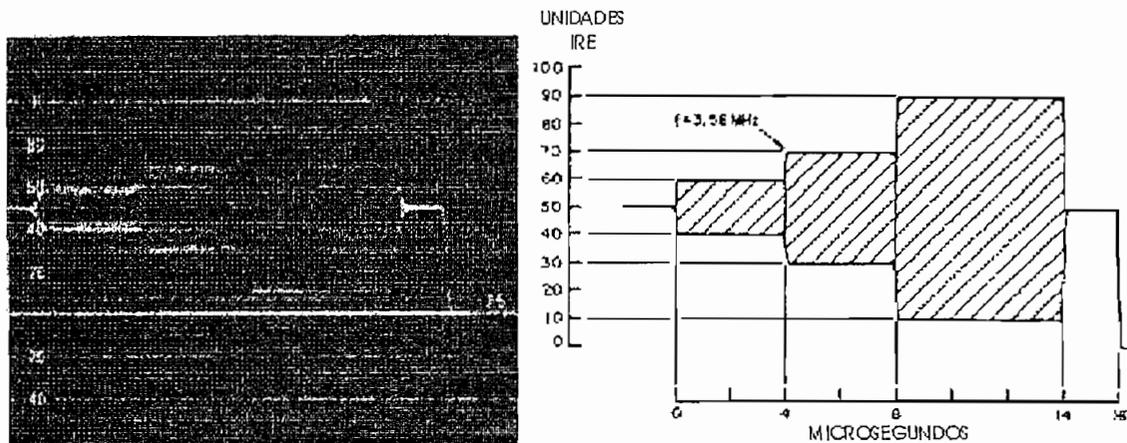
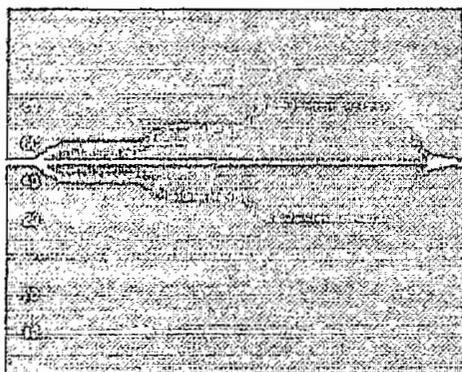


FIGURA 52. SEÑAL DE PRUEBA DE TRES NIVELES DE CROMINANCIA

En la figura 53 se muestra un ejemplo de distorsión de crominancia por no linealidad de ganancia.



El burst más grande es de 64 unidades IRE.

FIGURA 53. EJEMPLO DE DISTORSIÓN DE CROMINANCIA POR NO LINEALIDAD DE GANANCIA.

Objetivos:

- La amplitud de la subportadora más pequeña debe ser 20 ± 2 IRE.
- La amplitud de la subportadora más grande debe ser 80 ± 8 IRE

2.7.1.10 Distorsión de Crominancia por no linealidad en la fase. Para valores fijos de niveles de señal de luminancia y nivel de cuadro promedio, la distorsión de Crominancia por no linealidad de fase es definida como la variación en fase de la subportadora de Crominancia a la salida a medida que la amplitud de la subportadora es variada desde un valor específico a un valor máximo especificado. "La porción de tres niveles de crominancia" es usada, la señal de prueba a la salida debe ser medida usando un vectorescopio, bajo condiciones de distorsión Cero la fase de cada nivel de los tres niveles de Crominancia debe ser -90° . La medición se muestra en la figura 54.



FIGURA 54. DISTORSIÓN DE CROMINANCIA POR NO LINEALIDAD EN LA FASE MOSTRANDO CERO DISTORSIÓN

En la figura 55 se muestra un ejemplo de distorsión de crominancia por no linealidad en la fase.



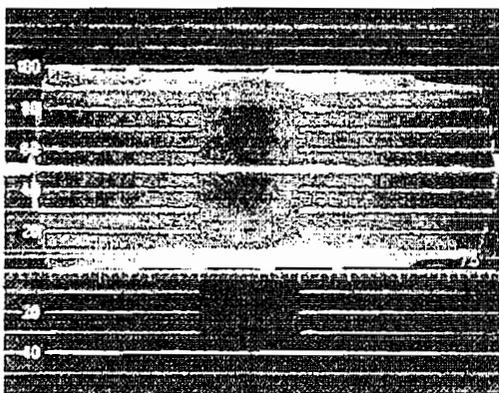
La distorsión de crominancia por no linealidad en la fase es de 5° .

FIGURA 55. EJEMPLO DE DISTORSIÓN DE CROMINANCIA POR NO LINEALIDAD EN LA FASE.

Objetivos : la variación de fase pico - pico de los tres niveles de Crominancia de la señal de prueba no debe exceder 5° .

2.7.1.11 Ganancia Diferencial. Si una subportadora de Crominancia de amplitud constante superpuesta sobre una señal de luminancia es aplicada a la entrada del sistema en comprobación, la ganancia diferencial es definida como el cambio en amplitud de la subportadora a la salida conforme varía la luminancia desde blanking a nivel de blanco. "La porción de escalera modulada de cinco pasos" es usada. La señal de prueba debe ser alimentada al monitor de forma de onda a través de un filtro pasa altos, la ganancia del monitor de forma de onda es

ajustado hasta que la subportadora más alta tenga una amplitud pico - pico de 100 IRE. La diferencia entre la amplitud más alta y más baja de la subportadora es la distorsión de ganancia diferencial al 50 % APL, la medida debe ser repetida para 10 % y 90 % APL. La medición se muestra en la figura 56



La ganancia diferencial es de 16 %.

FIGURA 56. EJEMPLO DE DISTORSIÓN POR GANANCIA DIFERENCIAL

Objetivo: para 10 % , 50 % y 90 % APL la ganancia diferencial no debería exceder 15 % (15 unidades IRE)

2.7.1.12 Fase diferencial. Si una subportadora de Crominancia de amplitud constante sin modulación de fase, superpuesta sobre una señal de luminancia, es aplicada a la entrada del sistema en comprobación, la fase diferencial se define como el cambio en la fase de la subportadora a la salida conforme varía la luminancia desde blanking hasta el nivel de

blanco. La "porción escalera modulada de cinco pasos" de la " Señal de prueba compuesta " es usada. La señal de prueba debe ser alimentada a través de un filtro pasa altos o directamente a un vectorescopio. La distorsión de fase diferencial es medida por el cambio pico - pico en la fase de la subportadora a 50 % APL. La misma medida se debe repetir para 10 % y 90 % APL. La medición se muestra en la figura 57.

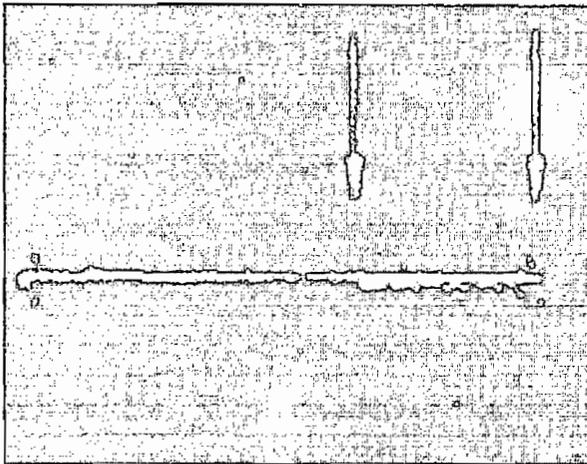


FIGURA 57. DISTORSIÓN POR FASE DIFERENCIAL, MOSTRANDO CERO DISTORSIÓN (ENTRE FLECHAS)

En la figura 58 se muestra un ejemplo de distorsión por fase diferencial.

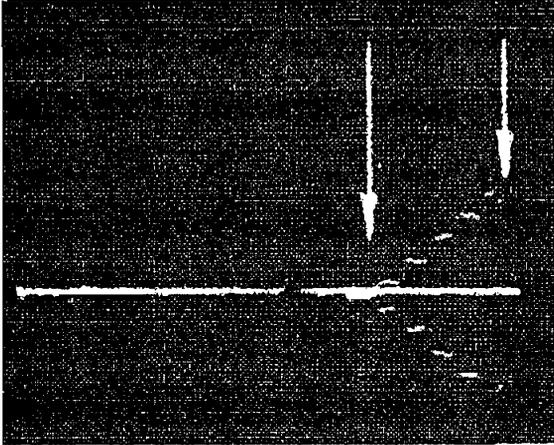


FIGURA 58. EJEMPLO DE DISTORSIÓN POR FASE DIFERENCIAL (ENTRE FLECHAS)

Objetivo : para 10 % , 50 % y 90 % la fase diferencial no debe exceder 5°.

2.7.1.13 Intermodulación de Crominancia a luminancia. Si una señal de luminancia de amplitud constante es aplicada a la entrada de un sistema de televisión. La intermodulación es definida como la variación de la amplitud de la luminancia en la salida resultante de la superposición de una señal de Crominancia de amplitud específica sobre la señal de luminancia. " La porción de tres niveles de crominancia" de la Señal de prueba combinación es usada (Figura 59), la señal de prueba es pasada a través de un filtro pasa bajos; la intermodulación de la Crominancia a la luminancia es la máxima amplitud de salida en IRE del pedestal de la luminancia filtrada, la cual no contiene la subportadora superpuesta, con el pedestal ajustado a

exactamente 50 unidades IRE, como se muestra en la figura 60.

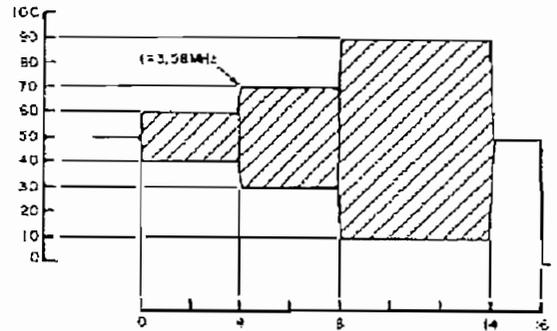
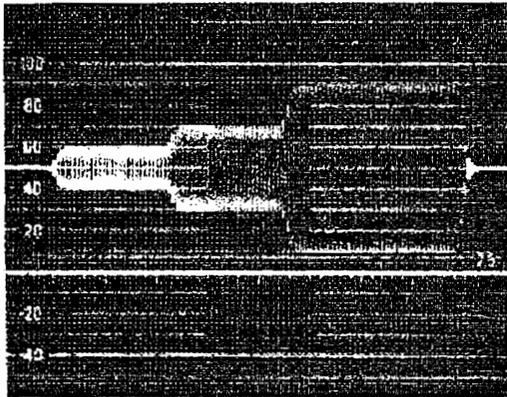


FIGURA 59. SEÑAL DE PRUEBA DE TRES NIVELES DE CROMINANCIA

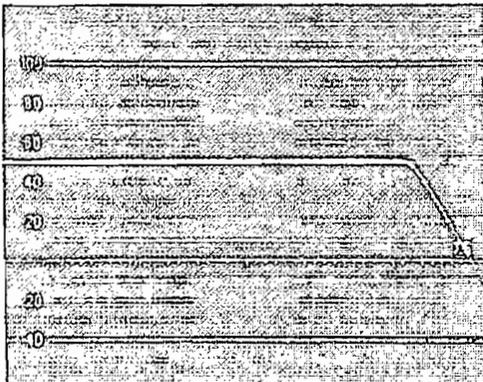
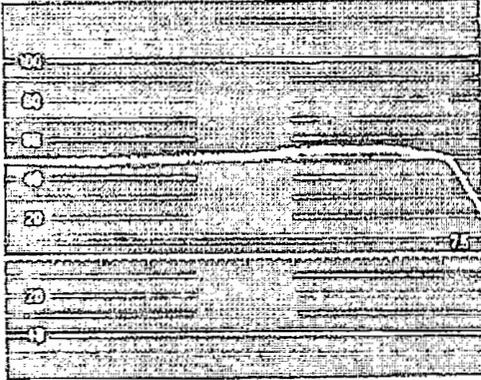


FIGURA 60 . MONITOR MOSTRANDO CERO INTERMODULACIÓN DE CROMINANCIA A LUMINANCIA.

En la figura 61 se muestra un ejemplo de intermodulación de crominancia a luminancia.



La intermodulación de crominancia a luminancia es de +4 unidades IRE

FIGURA 61. MONITOR MOSTRANDO INTERMODULACIÓN DE CROMINANCIA A LUMINANCIA

Objetivo : el componente de luminancia no debe desplazarse más de 3 unidades IRE desde los 50 IRE de referencia.

2.7.1.14 Ruido impulsivo. Es definido como la proporción expresada en decibelios de la amplitud nominal de la señal de luminancia (100 IRE unidades) a la amplitud pico - pico del ruido. La "señal de prueba campo plano" es usada, la amplitud de la señal de prueba debe ser ajustado exactamente 100 unidades IRE a la salida y la forma de onda es entonces examinada muy de cerca para determinar la existencia de interferencia de ruido impulsivo, el mismo que es entonces medido en unidades IRE, como se muestra en la figura 62.

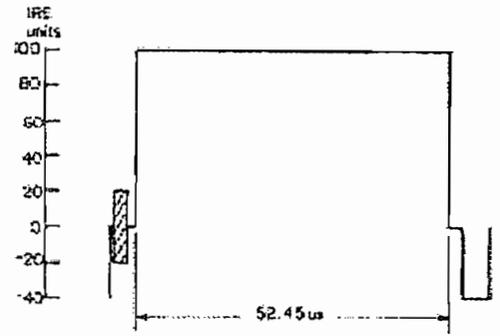
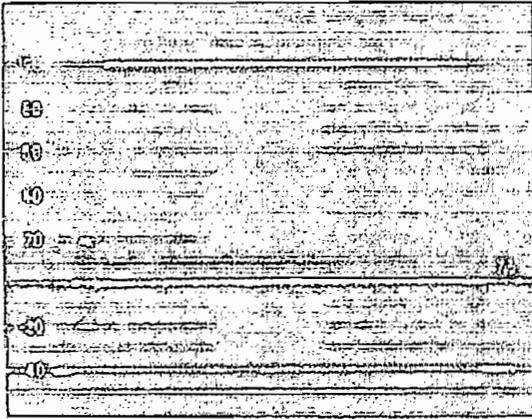
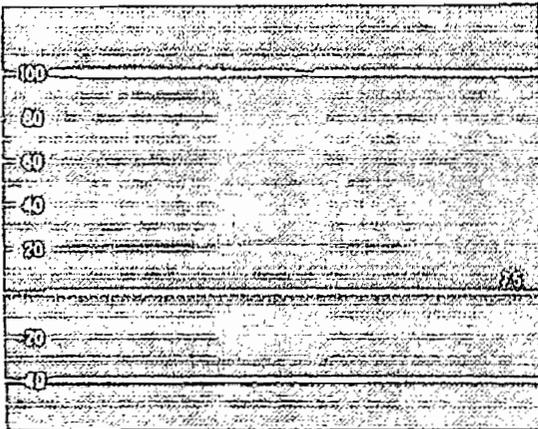


FIGURA 62. SEÑAL DE PRUEBA 100 % CAMPO PLANO.

En la figura 63 se muestra un ejemplo de ruido impulsivo.



El ruido impulsivo es de 12 unidades IRE pico-pico.

FIGURA 63. UN EJEMPLO DE RUIDO IMPULSIVO.

Objetivo: el ruido impulsivo no debe ser mayor a 7 IRE (23 dB)

$$\text{Señal a ruido impulsivo} = 20 \log \frac{100 \text{ unidades IRE}}{\text{amplitud pico - pico de ruido impulsivo}}$$

2.7.1.15 Ruido periódico. La proporción de señal a ruido periódico es definida como la proporción en

decibelios de la amplitud nominal de la señal de luminancia (100 unidades IRE) a la amplitud pico - pico del ruido. Diferentes objetivos de desempeño son algunas veces especificados para ruidos periódicos (frecuencia simple) entre 1 KHz y el límite de frecuencia superior del vídeo y para hum (ruido de 60 Hz) de fuentes de poder, incluyendo armónicos de bajo orden. "La señal plana de prueba" es usada, la amplitud de la señal de prueba debe ser exactamente ajustada en la salida a 100 IRE y la forma de onda mostrada debe ser examinada para determinar si ruido periódico esta presente, la amplitud pico - pico en IRE unidades de ruido periódico el cual es de naturaleza de baja frecuencia (fuentes de poder) debe ser medido separadamente del ruido periódico en el rango de frecuencias nominales de 1 KHz a 4.2 MHz.

$$\text{Señal a ruido periodico} = 20 \log \frac{100 \text{ unidades IRE}}{\text{amplitud pico - pico de ruido periodico}}$$

En la figura 64 se muestran dos ejemplos de ruido periódico.

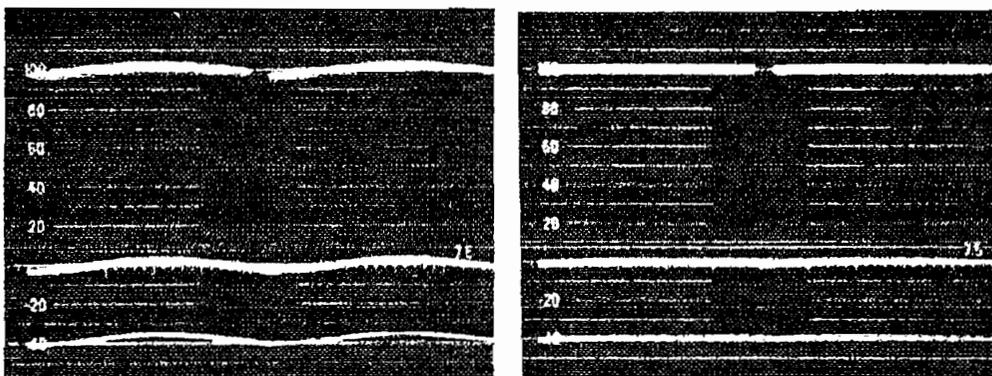


FIGURA 64. EJEMPLOS DE RUIDO PERIÓDICO.

Objetivo :

- Bajo de 1 KHz (incluyendo hum de fuentes de poder y armónicos de bajo orden) debe ser mayor o igual a 50 dB.
- Entre 1 KHz y 4.2 MHz debe ser mayor o igual a 50 dB.

CAPITULO III

3. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD TÉCNICO - ECONÓMICA DE LA RED

Mediante este proyecto se pretende cubrir gran parte de las provincias de NAPO, PASTAZA, MORONA SANTIAGO y ZAMORA CHINCHIPE, por lo tanto es necesario indicar al menos de forma aproximada la población existente en dichas provincias, que serían las directamente beneficiadas con la implementación del sistema. Para esto se ha tomado los datos de proyección de población para el país, según provincias, período 1.990 - 2.000, elaborado por el INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS (INEC), basado en el V CENSO DE POBLACIÓN Y IV DE VIVIENDA 1990. El documento indicado se muestra en la tabla 22. Entonces la población cubierta por el proyecto es de aproximadamente 531.839 habitantes; incluyendo la población de los sectores no delimitados.

Este proyecto es de contenido social, pues por las condiciones socioeconómicas de los habitantes de la zona, no se espera que produzca utilidad alguna, tomando en cuenta que la rentabilidad en Televisión proviene fundamentalmente de la publicidad comercial. Por tal motivo se espera que alguna institución estatal financie el proyecto, teniéndose como antecedente la financiación dada por PETROECUADOR para la implementación de dos

redes de microondas y la instalación de dos transmisores de 12.5 KW para dar servicio a las ciudades de Lago Agrio , El Coca y alrededores; con las señales de Teleamazonas y Gamavisión, en el año de 1.996.

TABLA 22. PROYECCIÓN DE POBLACIÓN TOTAL POR AÑOS CALENDARIO SEGÚN PROVINCIAS

Período 1.990 - 2.000

PROVINCIAS	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
TOTAL	10264137	10501529	10740799	10980972	11221070	11460117	11698496	11936858	12174628	12411232	12646095
AZUAY	529177	538895	548709	558570	568426	578229	588014	597798	607552	617247	626857
BOLÍVAR	166957	168605	170284	171976	173667	175342	177025	178706	180379	182035	183665
CAÑAR	194529	196753	199013	201289	203563	205818	208079	210340	212590	214820	217020
CARCHI	146343	148410	150503	152609	154713	156803	158893	160983	163065	165132	167175
COTOPAXI	289774	291099	292476	293878	295276	296647	298046	299443	300824	302177	303489
CHIMBORAZO	378111	383006	387970	392966	397959	402914	407876	412836	417776	422676	427517
EL ORO	441025	452884	464823	476802	488777	500707	512587	524466	536319	548121	559846
ESMERALDAS	327931	336748	345624	354530	363433	372303	381135	389967	398780	407555	416272
GUAYAS	2689745	2762501	2835751	2909240	2982715	3055907	3128791	3201672	3274395	3346804	3418741
IMBABURA	286155	290483	294864	299270	303673	308047	312420	316793	321149	325475	329755
LOJA	392877	396435	400066	403729	407389	411010	414652	418292	421911	425490	429010
LOS RÍOS	553479	564367	575356	586393	597425	608402	619353	630303	641221	652078	662844
MANABÍ	1076966	1095947	1115126	1134397	1153660	1172814	1191941	1211064	1230127	1249073	1267844
MORONA SANTIAGO	104737	108598	112477	116367	120255	124133	127989	131845	135695	139531	143348

NAPO	114380	118930	123502	128084	132665	137234	141776	146319	150854	155375	159874
PASTAZA	46095	47696	49305	50918	52531	54139	55739	57339	58936	60527	62110
PICHINCHA	1893744	1950923	2008449	2066145	2123829	2181315	2238527	2295739	2352838	2409712	2466245
TUNGURAHUA	383460	389776	396162	402581	408997	415375	421746	428116	434465	440771	447017
ZAMORA CHINCHIPE	73383	76369	79369	82375	85381	88379	91359	94339	97315	100281	103233
GALÁPAGOS	10207	10812	11418	12025	12633	13239	13976	14713	15450	16184	16917
SUCUMBÍOS	90220	95685	101167	106658	112149	117629	123070	128512	133948	139371	144774
ZONAS NO DELIMITADAS	76607	74842	78385	80170	81954	83731	85502	87273	89039	90797	92542

3.1 COSTOS DE EQUIPAMIENTO

A continuación se tiene un desglose de los costos de equipos y accesorios necesarios para la implementación del presente proyecto. Se mencionan algunos términos que es necesario explicarlos:

- Conector 163DE ; Conector 163DC, son conectores que se usan en los extremos de la guía de onda, para interconectar el un extremo con la parábola y el otro con el equipo de microondas.
- Flex twist , es un tramo corto(2 y 3 pies standard) de guía de onda superflexible con conectores soldados a sus extremos, que se usa generalmente para acoplar la guía de onda al equipo, evitando hacer curvaturas de radio corto que podrían dañar o "aplastar" la guía de onda, con la consiguiente pérdida de sus características de transmisión.
- Presurizador, es un compresor pequeño que introduce aire seco a presión dentro del cable de transmisión, para evitar que ingrese humedad que perjudicaría el funcionamiento del sistema.
- Pressure Windows, es un accesorio que se coloca como una placa intermedia en la unión de dos tramos de guía de onda, tiene un orificio de la forma de la guía de onda usada y cubierta con un material sintético que deja pasar la señal de radiofrecuencia y sella herméticamente la guía para que no se escape al aire a presión.
- Hanger Kit., es una lámina de acero inoxidable que abraza a la línea de transmisión.

- Round Member, es un anillo de acero inoxidable que permite sujetar el Hanger Kit a la estructura de la torre, cuando sus elementos son de tubo circular.
- Feed Thru , Wall/Roof, es un aditamento que se usa para sellar los orificios hechos en las paredes por donde pasan las líneas de transmisión.
- Threaded Rod, es un perno roscado que permite la sujeción de la línea de transmisión a un cierta distancia del techo.
- Grounding Kit, es un elemento que permite conectar el conductor exterior de la línea de transmisión con la torre o sistema de tierra, se aconseja colocarlos en el extremo superior del cable de transmisión, a intervalos de 60 m., y otro a la entrada del cable a las caseta..
- Angle Adaptor , es una mordaza que permite sujetar el Hanger Kit a los elementos de la torre, cuando éstos son de ángulo.

Se ha estimado conveniente incluir al final un Kit de repuestos para este proyecto, que minimicen el tiempo que esté fuera del aire una estación, en caso de la avería de uno de los equipos.

Los equipos necesarios para la implementación práctica del proyecto y que deberán ser adquiridos son los siguientes:

RUTA 1

CERRO PILIZURCO:

La Ruta 1 se inicia en esta estación, en donde ya se dispone de audio y vídeo de las redes existentes de los canales de TV nacionales, por lo tanto es necesario implementar un sistema de transmisión VHF de microondas para llevar la señal a los otros puntos de la ruta.

SISTEMA DE MICROONDAS:

CANT.	DESCRIPCION	VALOR USD
1	Transmisor de microondas, marca ITELCO MOD: MTX7B30S/1W, Banda 5.9-7.1 GHz, incluye modulador de un video y dos canales de audio 120 Vac - 24 Vdc	11.500,00
1	Parábola ANDREW 4 pies MOD: PL4-65D	1.680,00
1	Radom 4 pies ANDREW MOD: R4E	560,00
20 m.	Guía de onda ANDREW MOD: EW63	1.040,00
1	Conector ANDREW 163DE	270,00
1	Conector ANDREW 163DC	270,00
1	Flex twist ANDREW MOD: F137PA0240B	450,00
1	Presurizador ANDREW MOD: 40525A	760,00
1	Pressure Windows ANDREW MOD:55000A-137	45,00
1	Kit de accesorios ANDREW para guía de onda EW63, constituido por: 2 Hanger Kit 2 Round Member 2 Feed Thru 1 Threaded Rod 1 Grounding Kit	440,00

1	Sistema de respaldo (24 Vdc) para los equipos de microondas/ autonomía de 48 horas / incluye baterías, cargador y rack de montaje	2.850,00
1	Rack metálico para montaje de equipos	280,00
1	Herraje para montaje de parábola en torre	220,00
1	Lote de cables de interconexión	80,00
TOTAL PILIZURCO:		20.445,00

CERRO LLIGUA:

Esta estación sirve solamente como enlace de microondas, por lo tanto es necesario implementar un sistema de recepción y transmisión de microondas para llevar la señal a los otros puntos de la ruta.

SISTEMA DE MICROONDAS:

CANT.	DESCRIPCIÓN	VALOR USD
1	Receptor de microondas, marca ITELCO MOD: MRX7BA0S, Banda 5.9-7.1 GHz, incluye demodulador de un vídeo y dos canales de audio 120 Vac - 24 Vdc	8.900,00
1	Transmisor de microondas, marca ITELCO MOD: MTX7B70S/5W, Banda 5.9-7.1 GHz, (enlace en IF) 120 Vac - 24 Vdc	11.300,00
1	Parábola ANDREW 4 pies MOD: PL4-65D	1.680,00
1	Parábola ANDREW 6 pies MOD: PL6-65D	2.000,00
1	Radom 4 pies ANDREW MOD: R4E	560,00
1	Radom 6 pies ANDREW MOD: R6E	780,00
40 m.	Guía de onda ANDREW MOD: EW63	2.080,00
2	Conector ANDREW 163DE	540,00

2	Conector ANDREW 163DC	540,00
2	Flex twist ANDREW MOD: F137PA0240B	900,00
1	Presurizador ANDREW MOD: 40525A	760,00
2	Pressure Windows ANDREW MOD:55000A-137	90,00
1	Kit de accesorios ANDREW para guía de onda EW63, constituido por: 2 Hanger Kit 2 Round Member 2 Feed Thru 1 Threaded Rod 1 Grounding Kit	440,00
1	Sistema de respaldo (24 Vdc) para los equipos de microondas/ autonomía de 48 horas / incluye baterías, cargador y rack de montaje	2.850,00
1	Rack metálico para montaje de equipos	280,00
1	Regulador de Voltaje SOLA de 1 KVA	880,00
2	Herraje para montaje de parábola en torre	440,00
1	Lote de cables de interconexión	80,00
1	Sistema de tierra y protección de rayos y transientes	7.000,00
TOTAL LLIGUA :		42.100,00

CERRO CALVARIO:

Esta estación sirve de enlace de microondas y como sitio de transmisión VHF, por lo tanto es necesario implementar un sistema de recepción y transmisión de microondas para llevar la señal a los otros puntos de la ruta y un sistema de transmisión VHF para cubrir la ciudad del Puyo y alrededores.

SISTEMA DE MICROONDAS:

CANT	DESCRIPCION	VALOR USD
1	Receptor de microondas, marca ITELCO MOD: MRX7BA0S, Banda 5.9-7.1 GHz, incluye demodulador de un vídeo y dos canales de audio 120 Vac - 24 Vdc	8.900,00
1	Transmisor de microondas, marca ITELCO MOD: MTX7B70S/5W, Banda 5.9-7.1 GHz, (enlace en IF) 120 Vac - 24 Vdc	11.300,00
1	Parábola ANDREW 6 pies MOD: PL6-65D	2.000,00
1	Parábola ANDREW 10 pies MOD: PL10-65D	4.350,00
1	Radom 6 pies ANDREW MOD: R6E	780,00
1	Radom 10 pies ANDREW MOD: R10G	1.800,00
40 m.	Guía de onda ANDREW MOD: EW63	2.080,00
2	Conector ANDREW 163DE	540,00
2	Conector ANDREW 163DC	540,00
2	Flex twist ANDREW MOD: F137PA0240B	900,00
1	Presurizador ANDREW MOD: 40525A	760,00
2	Pressure Windows ANDREW MOD:55000A-137	90,00
1	Kit de accesorios ANDREW para guía de onda EW63, constituido por: 2 Hanger Kit 2 Round Member 2 Feed Thru 1 Threaded Rod 1 Grounding Kit	440,00
1	Sistema de respaldo (24 Vdc) para los equipos de microondas/ autonomía de 48 horas / incluye baterías, cargador y rack de montaje	2.850,00
1	Rack metálico para montaje de equipos	280,00
2	Herraje para montaje de parábola en torre	440,00
1	Lote de cables de interconexión	80,00

1	Sistema de tierra y protección de rayos y transientes	3.000,00
SUBTOTAL 1 CALVARIO:		41.130,00

SISTEMA DE TRANSMISIÓN VHF:

CANT	DESCRIPCIÓN	VALOR USD
1	Transmisor ITELCO, MODELO T113SB con amplificación audio/vídeo separado 1 KW CH4, totalmente en estado sólido diplexer incluido, constituido con 5 módulos V142, monofásico 220 Vac.	53.900,00
1	Sistema radiante RYMSA, Banda I, constituido por 16 paneles AT 11-220	55.000,00
40 m.	Cable coaxial ANDREW 7/8" MOD: LDF5-50A	730,00
2	Conector ANDREW L45R	220,00
1	Kit de accesorios ANDREW para cable coaxial 7/8", constituido por: 5 Hanger Kit 2 Angle Adaptor Kit 2 Feed Thru 1 Threaded Rod 2 Grounding Kit	590,00
1	Regulador de Voltaje SOLA de 5 KVA	3.360,00
SUBTOTAL 2 CALVARIO:		113.800,00

<u>SUBTOTALES:</u>	USD
SISTEMA DE MICROONDAS:	41.130,00
SISTEMA DE TRANSMISIÓN VHF: ...	113.800,00
TOTAL CALVARIO:	154.930,00

CERRO HUACAMAYOS:

Esta estación sirve de enlace de microondas y como sitio de transmisión VHF, por lo tanto es necesario implementar un sistema de recepción y transmisión de microondas para llevar la señal a los otros puntos de la red y un sistema de transmisión VHF para cubrir Archidona, Cosanga y alrededores.

SISTEMA DE MICROONDAS:

CANT.	DESCRIPCIÓN	VALOR USD
1	Receptor de microondas, marca ITELCO MOD: MRX7BA0S, Banda 5.9-7.1 GHz, incluye demodulador de un vídeo y dos canales de audio 120 Vac - 24 Vdc	8.900,00
1	Transmisor de microondas, marca ITELCO MOD: MTX7B30S/1W, Banda 5.9-7.1 GHz, (enlace en IF) 120 Vac - 24 Vdc	9.800,00
1	Parábola ANDREW 10 pies MOD: PL10-65D	4.350,00
1	Parábola ANDREW 6 pies MOD: PL6-65D	2.000,00
1	Radom 6 pies ANDREW MOD: R6E	780,00
1	Radom 10 pies ANDREW MOD: R10G	1.800,00
50 m.	Guía de onda ANDREW MOD: EW63	2.600,00
2	Conector ANDREW 163DE	540,00
2	Conector ANDREW 163DC	540,00
2	Flex twist ANDREW MOD: F137PA0240B	900,00
1	Presurizador ANDREW MOD: 40525A	760,00
2	Pressure Windows ANDREW MOD:55000A-137	90,00
1	Kit de accesorios ANDREW para guía de onda EW63, constituido por:	440,00

	2 Hanger Kit 2 Round Member 2 Feed Thru 1 Threaded Rod 1 Grounding Kit	
1	Sistema de respaldo (24 Vdc) para los equipos de microondas/ autonomía de 48 horas / incluye baterías, cargador y rack de montaje	2.850,00
1	Rack metálico para montaje de equipos	280,00
2	Herraje para montaje de parábola en torre	440,00
1	Lote de cables de interconexión	80,00
1	Sistema de tierra y protección de rayos y transientes	3.000,00
SUBTOTAL 1 HUACAMAYOS:		40.150,00

SISTEMA DE TRANSMISIÓN VHF:

CANT.	DESCRIPCIÓN	VALOR USD
1	Transmisor ITELCO, MODELO T332 con amplificación audio/vídeo combinado 200 W CH9, totalmente en estado sólido, monofásico 220 Vac.	23.320,00
1	Sistema radiante RYMSA, banda III, constituido por 5 paneles AT 13-220	8.200,00
40 m.	Cable coaxial ANDREW 7/8" MOD: LDF5-50A	730,00
1	Conector ANDREW MOD: L45W	30,00
1	Conector ANDREW MOD: L45R	110,00
1	Kit de accesorios ANDREW para cable coaxial 7/8", constituido por: 5 Hanger Kit 2 Angle Adaptor Kit 2 Feed Thru 1 Threaded Rod 2 Grounding Kit	590,00
1	Regulador de Voltaje SOLA de 1.5 KVA	1.200,00
SUBTOTAL 2 HUACAMAYOS:		34.180,00

<u>SUBTOTALES :</u>	USD
SISTEMA DE MICROONDAS:	40.150,00
SISTEMA DE TRANSMISIÓN VHF:	34.180,00
TOTAL HUACAMAYOS:	74.330,00

CERRO MIRADOR:

Esta estación sirve de sitio terminal de microondas y como sitio de transmisión VHF, por lo tanto es necesario implementar un sistema de recepción de microondas y un sistema de transmisión VHF para cubrir la ciudad de Tena y alrededores.

SISTEMA DE MICROONDAS:

CANT	DESCRIPCIÓN	VALOR USD
1	Receptor de microondas, marca ITELCO MOD: MRX7BA0S, Banda 5.9-7.1 GHz, incluye demodulador de un vídeo y dos canales de audio 120 Vac - 24 Vdc	8.900,00
1	Parábola ANDREW 6 pies MOD: PL6-65D	2.000,00
1	Radom 6 pies ANDREW MOD: R6E	780,00
20 m.	Guía de onda ANDREW MOD: EW63	1.040,00
1	Conector ANDREW 163DE	270,00
1	Conector ANDREW 163DC	270,00
1	Flex twist ANDREW MOD: F137PA0240B	450,00
1	Presurizador ANDREW MOD: 40525A	760,00
1	Pressure Windows ANDREW MOD: 55000A-137	45,00

1	Kit de accesorios ANDREW para guía de onda EW63, constituido por: 2 Hanger Kit 2 Round Member 2 Feed Thru 1 Threaded Rod 1 Grounding Kit	440,00
1	Rack metálico para montaje de equipos	280,00
1	Herraje para montaje de parábola en torre	220,00
1	Lote de cables de interconexión	80,00
1	Sistema de tierra y protección de rayos y transientes	3.000,00
SUBTOTAL 1 MIRADOR:		18.535,00

SISTEMA DE TRANSMISIÓN VHF:

CANT	DESCRIPCIÓN	VALOR USD
1	Transmisor ITELCO, MODELO T142 con amplificación audio/vídeo combinado 250 W CH2, totalmente en estado sólido, monofásico 220 Vac.	22.400,00
1	Sistema radiante RYMSA, banda I, constituido por 4 paneles AT 11-220	13.750,00
30 m.	Cable coaxial ANDREW 7/8" MOD: LDF5-50A	547,50
1	Conector ANDREW MOD: L45W	30,00
1	Conector ANDREW MOD: L45R	110,00
1	Kit de accesorios ANDREW para cable coaxial 7/8", constituido por: 5 Hanger Kit 2 Angle Adaptor Kit 2 Feed Thru 1 Threaded Rod 2 Grounding Kit	590,00
1	Regulador de Voltaje SOLA de 1 KVA	1.200,00
SUBTOTAL 2 MIRADOR:		38.627,50

<u>SUBTOTALES:</u>	USD
SISTEMA DE MICROONDAS:	18.535,00
SISTEMA DE TRANSMISIÓN VHF: ..	38.627,50
TOTAL MIRADOR:	57.162,50

<u>TOTALES RUTA 1:</u>	USD
CERRO PILIZURCO:	20.445,00
CERRO LLIGUA:	42.100,00
CERRO CALVARIO:	154.930,00
CERRO HUACAMAYOS:	74.330,00
CERRO MIRADOR:	57.162,50
TOTAL RUTA 1:	348.967,50

RUTA 2

CERRO BUERÁN:

La Ruta 2 se inicia en esta estación, en donde ya se dispone de audio y vídeo de las redes existentes de los canales de TV nacionales, por lo tanto es necesario implementar un sistema de transmisión VHF de microondas para llevar la señal a los otros puntos de la red. Al ser este punto inicio también de la ruta 3, se ha estimado conveniente colocar un solo transmisor de microondas y usar un divisor de potencia para llevar la señal a las dos rutas.

SISTEMA DE MICROONDAS:

CANT.	DESCRIPCIÓN	VALOR USD
1	Transmisor de microondas, marca ITELCO MOD: MTX7B70S/5W, Banda 5.9-7.1 GHz, incluye modulador de un vídeo y dos canales de audio 120 Vac - 24 Vdc	13.200,00
1	Two Way Power Divider ANDREW MOD 62835-64	580,00
1	Parábola ANDREW 6 pies MOD: PL6-65D	2.000,00
1	Radom 6 pies ANDREW MOD: R6E	780,00
25 m.	Guía de onda ANDREW MOD: EW63	1.300,00
1	Conector ANDREW 163DE	270,00
1	Conector ANDREW 163DC	270,00
1	Flex twist ANDREW MOD: F137PA0240B	450,00
1	Presurizador ANDREW MOD: 40525A	760,00
1	Pressure Windows ANDREW MOD:55000A-137	45,00
1	Kit de accesorios ANDREW para guía de onda EW63, constituido por: 2 Hanger Kit 2 Round Member 2 Feed Thru 1 Threaded Rod 1 Grounding Kit	440,00
1	Sistema de respaldo (24 Vdc) para los equipos de microondas/ autonomía de 48 horas / incluye baterías, cargador y rack de montaje	2.850,00
1	Rack metálico para montaje de equipos	280,00
1	Herraje para montaje de parábola en torre	220,00
1	Lote de cables de interconexión	80,00
TOTAL BUERÁN:		23.525,00

CERRO PATACUCHA:

Esta estación sirve de enlace de microondas, por lo tanto es necesario implementar un sistema de recepción y transmisión de microondas para llevar la señal a los otros puntos de la red.

SISTEMA DE MICROONDAS:

CANT.	DESCRIPCIÓN	VALOR USD
1	Receptor de microondas, marca ITELCO MOD: MRX7BA0S, Banda 5.9-7.1 GHz, incluye demodulador de un vídeo y dos canales de audio 120 Vac - 24 Vdc	8.900,00
1	Transmisor de microondas, marca ITELCO MOD: MTX7B30S/1W, Banda 5.9-7.1 GHz, (enlace en IF) 120 Vac - 24 Vdc	9.800,00
1	Parábola ANDREW 4 pies MOD: PL4-65D	1.680,00
1	Parábola ANDREW 6 pies MOD: PL6-65D	2.000,00
1	Radom 4 pies ANDREW MOD: R4E	560,00
1	Radom 6 pies ANDREW MOD: R6E	780,00
20 m.	Guía de onda ANDREW MOD: EW63	2.080,00
2	Conector ANDREW 163DE	540,00
2	Conector ANDREW 163DC	540,00
2	Flex twist ANDREW MOD: F137PA0240B	900,00
1	Presurizador ANDREW MOD: 40525A	760,00
2	Pressure Windows ANDREW MOD:55000A-137	90,00
1	Kit de accesorios ANDREW para guía de onda EW63, constituido por: 2 Hanger Kit 2 Round Member 2 Feed Thru 1 Threaded Rod 1 Grounding Kit	440,00

1	Sistema de respaldo (24 Vdc) para los equipos de microondas/ autonomía de 48 horas / incluye baterías, cargador y rack de montaje	2.850,00
1	Rack metálico para montaje de equipos	280,00
1	Regulador de Voltaje SOLA de 1 KVA	880,00
1	Lote de cables de interconexión	80,00
1	Sistema de tierra y protección de rayos y transientes	3.000,00
TOTAL PATACOCHA :		36.160,00

CERRO BOSCO:

Esta estación sirve de enlace de microondas y como sitio de transmisión VHF, por lo tanto es necesario implementar un sistema de recepción y transmisión de microondas para llevar la señal a los otros puntos de la red y un sistema de transmisión VHF para cubrir Indanza, Leonidas Plaza y alrededores.

SISTEMA DE MICROONDAS:

CANT.	DESCRIPCIÓN	VALOR USD
1	Receptor de microondas, marca ITELCO MOD: MRX7BA0S, Banda 5.9-7.1 GHz, incluye demodulador de un vídeo y dos canales de audio 120 Vac - 24 Vdc	8.900,00
1	Transmisor de microondas, marca ITELCO MOD: MTX7B30S/1W, Banda 5.9-7.1 GHz, incluye modulador de un vídeo y dos canales de audio 120 Vac - 24 Vdc	11.500,00

1	Parábola ANDREW 4 pies MOD: PL4-65D	1.680,00
1	Parábola ANDREW 6 pies MOD: PL6-65D	2.000,00
1	Radom 4 pies ANDREW MOD: R4E	560,00
1	Radom 6 pies ANDREW MOD: R6E	780,00
40 m.	Guía de onda ANDREW MOD: EW63	2.080,00
2	Conector ANDREW 163DE	540,00
2	Conector ANDREW 163DC	540,00
2	Flex twist ANDREW MOD: F137PA0240B	900,00
1	Presurizador ANDREW MOD: 40525A	760,00
2	Pressure Windows ANDREW MOD:55000A-137	90,00
1	Kit de accesorios ANDREW para guía de onda EW63, constituido por: 2 Hanger Kit 2 Round Member 2 Feed Thru 1 Threaded Rod 1 Grounding Kit	440,00
1	Sistema de respaldo (24 Vdc) para los equipos de microondas/ autonomía de 48 horas / incluye baterías, cargador y rack de montaje	2.850,00
1	Rack metálico para montaje de equipos	280,00
2	Herraje para montaje de parábola en torre	440,00
1	Lote de cables de interconexión	80,00
1	Sistema de tierra y protección de rayos y transientes	3.000,00
SUBTOTAL 1 C. BOSCO:		37.420,00

SISTEMA DE TRANSMISIÓN VHF:

CANT	DESCRIPCIÓN	VALOR USD
1	Transmisor ITELCO, MODELO T312SA con amplificación audio/vídeo combinado 100 W CH9, totalmente en estado sólido, monofásico 220 Vac.	14.600,00

1	Sistema radiante RYMSA, banda III, constituido por 2 paneles AT 13-220	3.280,00
25 m.	Cable coaxial ANDREW 7/8" MOD: LDF5-50A	456,25
1	Conector ANDREW MOD: L45W	30,00
1	Conector ANDREW MOD: L45R	110,00
1	Kit de accesorios ANDREW para cable coaxial 7/8", constituido por: 5 Hanger Kit 2 Angle Adaptor Kit 2 Feed Thru 1 Threaded Rod 2 Grounding Kit	590,00
1	Regulador de Voltaje SOLA de 1 KVA	880,00
SUBTOTAL 2 C. BOSCO:		19.946,25

<u>SUBTOTALES:</u>	USD
SISTEMA DE MICROONDAS:	37.420,00
SISTEMA DE TRANSMISIÓN VHF: ...	19.946,25
TOTAL C. BOSCO:	57.366,25

CERRO CUTUCU:

Esta estación sirve de enlace de microondas y como sitio de transmisión VHF, por lo tanto es necesario implementar un sistema de recepción y transmisión de microondas para llevar la señal a los otros puntos de la red y un sistema de transmisión VHF para cubrir Patuca, Logroño y alrededores.

SISTEMA DE MICROONDAS:

CANT.	DESCRIPCIÓN	VALOR USD
1	Receptor de microondas, marca ITELCO MOD: MRX7BA0S, Banda 5.9-7.1 GHz, incluye demodulador de un vídeo y dos canales de audio 120 Vac - 24 Vdc	8.900,00
1	Transmisor de microondas, marca ITELCO MOD: MTX7B30S/1W, Banda 5.9-7.1 GHz, incluye modulador de un vídeo y dos canales de audio 120 Vac - 24 Vdc	11.500,00
1	Parábola ANDREW 4 pies MOD: PL4-65D	1.680,00
1	Parábola ANDREW 6 pies MOD: PL6-65D	2.000,00
1	Radom 4 pies ANDREW MOD: R4E	560,00
1	Radom 6 pies ANDREW MOD: R6E	780,00
20 m.	Guía de onda ANDREW MOD: EW63	2.080,00
2	Conector ANDREW 163DE	540,00
2	Conector ANDREW 163DC	540,00
2	Flex twist ANDREW MOD: F137PA0240B	900,00
1	Presurizador ANDREW MOD: 40525A	760,00
2	Pressure Windows ANDREW MOD:55000A-137	90,00
1	Kit de accesorios ANDREW para guía de onda EW63, constituido por: 2 Hanger Kit 2 Round Member 2 Feed Thru 1 Threaded Rod 1 Grounding Kit	440,00
1	Sistema de respaldo (24 Vdc) para los equipos de microondas/ autonomía de 48 horas / incluye baterías, cargador y rack de montaje	2.850,00
1	Rack metálico para montaje de equipos	280,00
2	Herraje para montaje de parábola en torre	440,00
1	Lote de cables de interconexión	80,00

1	Sistema de tierra y protección de rayos y transientes	3.000,00
SUBTOTAL 1 CUTUCU:		37.420,00

SISTEMA DE TRANSMISIÓN VHF:

CANT.	DESCRIPCIÓN	VALOR USD
1	Transmisor ITELCO, MODELO T313SB con amplificación audio/vídeo separado 1 KW CH11, totalmente en estado sólido, monofásico 220 Vac.	71.460,00
1	Sistema radiante RYMSA, banda III, constituido por 1 paneles AT 13-220	1.640,00
35 m.	Cable coaxial ANDREW 7/8" MOD: LDF5-50A	638,75
2	Conector ANDREW L45R	220,00
1	Kit de accesorios ANDREW para cable coaxial 7/8", constituido por: 5 Hanger Kit 2 Angle Adaptor Kit 2 Feed Thru 1 Threaded Rod 2 Grounding Kit	590,00
1	Regulador de Voltaje SOLA de 5 KVA	3.360,00
SUBTOTAL 2 CUTUCU:		77.908,75

<u>SUBTOTALES:</u>	USD
SISTEMA DE MICROONDAS:	37.420,00
SISTEMA DE TRANSMISIÓN VHF: ...	77.908,75
TOTAL CUTUCU:	115.328,75

CERRO KÍLAMO:

Esta estación sirve de sitio terminal de microondas y como sitio de transmisión VHF, por lo

tanto es necesario implementar un sistema de recepción y transmisión de microondas para llevar la señal a los otros puntos de la red y un sistema de transmisión VHF para cubrir la ciudad de Macas, Sucúa y alrededores.

SISTEMA DE MICROONDAS:

CANT.	DESCRIPCIÓN	VALOR USD
1	Receptor de microondas, marca ITELCO MOD: MRX7BA0S, Banda 5.9-7.1 GHz, incluye demodulador de un vídeo y dos canales de audio 120 Vac - 24 Vdc	8.900,00
1	Parábola ANDREW 6 pies MOD: PL6-65D	2.000,00
1	Radom 6 pies ANDREW MOD: R6E	780,00
40 m.	Guía de onda ANDREW MOD: EW63	2.080,00
1	Conector ANDREW 163DE	270,00
1	Conector ANDREW 163DC	270,00
1	Flex twist ANDREW MOD: F137PA0240B	450,00
1	Presurizador ANDREW MOD: 40525A	760,00
1	Pressure Windows ANDREW MOD:55000A-137	45,00
1	Kit de accesorios ANDREW para guía de onda EW63, constituido por: 2 Hanger Kit 2 Round Member 2 Feed Thru 1 Threaded Rod 1 Grounding Kit	440,00
1	Rack metálico para montaje de equipos	280,00
1	Herraje para montaje de parábola en torre	220,00
1	Lote de cables de interconexión	80,00
1	Sistema de tierra y protección de rayos y transientes	3.000,00
SUBTOTAL 1 KÍLAMO:		19.575,00

SISTEMA DE TRANSMISIÓN VHF:

CANT.	DESCRIPCIÓN	VALOR USD
1	Transmisor ITELCO, MODELO T382SA con amplificación audio/vídeo combinado 500 W CH13, totalmente en estado sólido, monofásico 220 Vac.	53.380,00
1	Sistema radiante RYMSA, banda III, constituido por 5 paneles AT 13-220	8.200,00
35 m.	Cable coaxial ANDREW 7/8" MOD: LDF5-50A	638,75
2	Conector ANDREW MOD: L 45R	220,00
1	Kit de accesorios ANDREW para cable coaxial 7/8", constituido por: 5 Hanger Kit 2 Angle Adaptor Kit 2 Feed Thru 1 Threaded Rod 2 Grounding Kit	590,00
1	Regulador de Voltaje SOLA de 3 KVA	2.160,00
SUBTOTAL 2 KÍLAMO:		65.188,75

<u>SUBTOTALES:</u>	USD
SISTEMA DE MICROONDAS:	19.575,00
SISTEMA DE TRANSMISIÓN VHF: ...	65.188,75
TOTAL KÍLAMO:	84.763,75

<u>TOTALES RUTA 2:</u>	USD
CERRO BUERÁN:	23.525,00
CERRO PATACOA:	36.160,00
CERRO BOSCO:	57.366,25
CERRO CUTUCU:	115.328,75
CERRO KÍLAMO:	84.763,75
TOTAL RUTA 2:	317.143,75

RUTA 3

CERRO BUERÁN:

La Ruta 3 se inicia en esta estación, y como se indicó en la ruta 2, solo se usará el sistema de transmisión de microondas para llevar la señal a los otros puntos de la red. No se incluye el transmisor de microondas, que es el mismo anotado en la ruta anterior.

SISTEMA DE MICROONDAS:

CANT.	DESCRIPCIÓN	VALOR USD
1	Parábola ANDREW 6 pies MOD: PL6-65D	2.000,00
1	Radom 6 pies ANDREW MOD: R6E	780,00
20 m.	Guía de onda ANDREW MOD: EW63	1.040,00
1	Conector ANDREW 163DE	270,00
1	Conector ANDREW 163DC	270,00
1	Flex twist ANDREW MOD: F137PA0240B	450,00
1	Pressure Windows ANDREW MOD:55000A-137	45,00
1	Kit de accesorios ANDREW para guía de onda EW63, constituido por: 2 Hanger Kit 2 Round Member 2 Feed Thru 1 Threaded Rod 1 Grounding Kit	440,00
1	Herraje para montaje de parábola en torre	220,00
TOTAL BUERÁN:		5.515,00

CERRO MATANGA:

Esta estación sirve de enlace de microondas, por lo tanto es necesario implementar un sistema de recepción y transmisión de microondas para llevar la señal a los otros puntos de la red.

SISTEMA DE MICROONDAS:

CANT.	DESCRIPCION	VALOR USD
1	Receptor de microondas, marca ITELCO MOD: MRX7BA0S, Banda 5.9-7.1 GHz, incluye demodulador de un vídeo y dos canales de audio 120 Vac - 24 Vdc	8.900,00
1	Transmisor de microondas, marca ITELCO MOD: MTX7B30S/1W, Banda 5.9-7.1 GHz, incluye modulador de un vídeo y dos canales de audio 120 Vac - 24 Vdc	11.500,00
2	Parábola ANDREW 6 pies MOD: PL6-65D	4.000,00
2	Radom 6 pies ANDREW MOD: R6E	1.560,00
40 m.	Guía de onda ANDREW MOD: EW63	2.080,00
2	Conector ANDREW 163DE	540,00
2	Conector ANDREW 163DC	540,00
2	Flex twist ANDREW MOD: F137PA0240B	900,00
1	Presurizador ANDREW MOD: 40525A	760,00
2	Pressure Windows ANDREW MOD:55000A-137	90,00
1	Kit de accesorios ANDREW para guía de onda EW63, constituido por: 2 Hanger Kit 2 Round Member 2 Feed Thru 1 Threaded Rod 1 Grounding Kit	440,00

1	Sistema de respaldo (24 Vdc) para los equipos de microondas/ autonomía de 48 horas / incluye baterías, cargador y rack de montaje	2.850,00
1	Rack metálico para montaje de equipos	280,00
1	Regulador de Voltaje SOLA de 1 KVA	880,00
1	Lote de cables de interconexión	80,00
1	Sistema de tierra y protección de rayos y transientes	3.000,00
TOTAL MATANGA :		38.400,00

CERRO GUAYUSA:

Esta estación sirve de sitio terminal de microondas y como sitio de transmisión VHF, por lo tanto es necesario implementar un sistema de recepción de microondas y un sistema de transmisión VHF para cubrir Gualaquiza y alrededores.

SISTEMA DE MICROONDAS:

CANT.	DESCRIPCIÓN	VALOR USD
1	Receptor de microondas, marca ITELCO MOD: MRX7BA0S, Banda 5.9-7.1 GHz, incluye demodulador de un vídeo y dos canales de audio 120 Vac - 24 Vdc	8.900,00
1	Parábola ANDREW 6 pies MOD: PL6-65D	2.000,00
1	Radom 6 pies ANDREW MOD: R6E	780,00
20 m.	Guía de onda ANDREW MOD: EW63	1.040,00
1	Conector ANDREW 163DE	270,00
1	Conector ANDREW 163DC	270,00
1	Flex twist ANDREW MOD: F137PA0240B	450,00
1	Presurizador ANDREW MOD: 40525A	760,00

1	Pressure Windows ANDREW MOD:55000A-137	45,00
1	Kit de accesorios ANDREW para guía de onda EW63, constituido por: 2 Hanger Kit 2 Round Member 2 Feed Thru 1 Threaded Rod 1 Grounding Kit	440,00
1	Rack metálico para montaje de equipos	280,00
1	Herraje para montaje de parábola en torre	220,00
1	Lote de cables de interconexión	80,00
1	Sistema de tierra y protección de rayos y transientes	3.000,00
SUBTOTAL 1 GUAYUSA:		18.535,00

SISTEMA DE TRANSMISIÓN VHF:

CANT.	DESCRIPCIÓN	VALOR USD
1	Transmisor ITELCO, MODELO T142SA con amplificación audio/vídeo combinado 250 W CH2, totalmente en estado sólido, monofásico 220 Vac.	22.400,00
1	Sistema radiante RYMSA, banda I, constituido por 2 paneles AT 11- 220	6.875,00
30 m.	Cable coaxial ANDREW 7/8" MOD: LDF5-50A	547,50
1	Conector ANDREW MOD: L45W	30,00
1	Conector ANDREW MOD: L45R	110,00
1	Kit de accesorios ANDREW para cable coaxial 7/8", constituido por: 5 Hanger Kit 2 Angle Adaptor Kit 2 Feed Thru 1 Threaded Rod 2 Grounding Kit	590,00
1	Regulador de Voltaje SOLA de 3 KVA	2.160,00
SUBTOTAL 2 GUAYUSA:		32.712,50

<u>SUBTOTALES:</u>	USD
SISTEMA DE MICROONDAS:	18.535,00
SISTEMA DE TRANSMISIÓN VHF:	32.712,50
TOTAL GUAYUSA:	51.247,50

<u>TOTALES RUTA 3:</u>	USD
CERRO BUERÁN:	5.515,00
CERRO MATANGA:	38.400,00
CERRO GUAYUSA:	51.247,50
TOTAL RUTA 3:	95.162,50

RUTA 4

CERRO VENTANAS:

La Ruta 4 se inicia en esta estación, en donde se dispone de audio y vídeo de las redes existentes de los canales de TV nacionales, por lo tanto es necesario implementar un sistema de transmisión de microondas para llevar la señal a los otros puntos de la red.

SISTEMA DE MICROONDAS:

<u>CANT.</u>	<u>DESCRIPCIÓN</u>	<u>VALOR</u> <u>USD</u>
1	Transmisor de microondas, marca ITELCO MOD: MTX7B30S/1W, Banda 5.9-7.1 GHz, incluye modulador de un vídeo y dos canales de audio 120 Vac - 24 Vdc	11.500,00
1	Parábola ANDREW 4 pies MOD: PL4-65D	1.680,00
1	Radom 4 pies ANDREW MOD: R4E	560,00

20 m.	Guía de onda ANDREW MOD: EW63	1.040,00
1	Conector ANDREW 163DE	270,00
1	Conector ANDREW 163DC	270,00
1	Flex twist ANDREW MOD: F137PA0240B	450,00
1	Presurizador ANDREW MOD: 40525A	760,00
1	Pressure Windows ANDREW MOD:55000A-137	45,00
1	Kit de accesorios ANDREW para guía de onda EW63, constituido por: 2 Hanger Kit 2 Round Member 2 Feed Thru 1 Threaded Rod 1 Grounding Kit	440,00
1	Sistema de respaldo (24 Vdc) para los equipos de microondas/ autonomía de 48 horas / incluye baterías, cargador y rack de montaje	2.850,00
1	Rack metálico para montaje de equipos	280,00
1	Herraje para montaje de parábola en torre	220,00
1	Lote de cables de interconexión	80,00
TOTAL VENTANAS:		20.445,00

CERRO CONSUELO:

Esta estación sirve de enlace de microondas y como sitio de transmisión VHF, por lo tanto es necesario implementar un sistema de recepción y transmisión de microondas para llevar la señal a los otros puntos de la red y un sistema de transmisión VHF para cubrir Zamora y alrededores.

SISTEMA DE MICROONDAS:

CANT.	DESCRIPCIÓN	VALOR USD
1	Receptor de microondas, marca ITELCO MOD: MRX7BA0S, Banda 5.9-7.1 GHz, incluye demodulador de un vídeo y dos canales de audio 120 Vac - 24 Vdc	8.900,00
1	Transmisor de microondas, marca ITELCO MOD: MTX7B30S/1W, Banda 5.9-7.1 GHz, incluye modulador de un vídeo y dos canales de audio 120 Vac - 24 Vdc	11.500,00
1	Parábola ANDREW 6 pies MOD: PL6-65D	2.000,00
1	Parábola ANDREW 4 pies MOD: PL4-65D	1.680,00
1	Radom 6 pies ANDREW MOD: R6E	780,00
1	Radom 4 pies ANDREW MOD: R4E	560,00
40 m.	Guía de onda ANDREW MOD: EW63	2.080,00
2	Conector ANDREW 163DE	540,00
2	Conector ANDREW 163DC	540,00
2	Flex twist ANDREW MOD: F137PA0240B	900,00
1	Presurizador ANDREW MOD: 40525A	760,00
2	Pressure Windows ANDREW MOD:55000A-137	90,00
1	Kit de accesorios ANDREW para guía de onda EW63, constituido por: 2 Hanger Kit 2 Round Member 2 Feed Thru 1 Threaded Rod 1 Grounding Kit	440,00
1	Sistema de respaldo (24 Vdc) para los equipos de microondas/ autonomía de 48 horas / incluye baterías, cargador y rack de montaje	2.850,00
1	Rack metálico para montaje de equipos	280,00
2	Herraje para montaje de parábola en torre	440,00
1	Lote de cables de interconexión	80,00

1	Sistema de tierra y protección de rayos y transientes	3.000,00
SUBTOTAL 1 CONSUELO:		37.420,00

SISTEMA DE TRANSMISIÓN VHF:

CANT	DESCRIPCIÓN	VALOR USD
1	Transmisor ITELCO, MODELO T312SA con amplificación audio/vídeo combinado 100 W CH11, totalmente en estado sólido, monofásico 220 Vac.	14.600,00
1	Sistema radiante RYMSA, banda III, constituido por 2 paneles AT 13-220	3.280,00
25 m.	Cable coaxial ANDREW 7/8" MOD: LDF5-50A	456,25
1	Conector ANDREW MOD: L45W	30,00
1	Conector ANDREW MOD: L45R	110,00
1	Kit de accesorios ANDREW para cable coaxial 7/8", constituido por: 5 Hanger Kit 2 Angle Adaptor Kit 2 Feed Thru 1 Threaded Rod 2 Grounding Kit	590,00
1	Regulador de Voltaje SOLA de 1.5 KVA	1.200,00
SUBTOTAL 2 CONSUELO:		20.266,25

SUBTOTALES:	USD
SISTEMA DE MICROONDAS:	37.420,00
SISTEMA DE TRANSMISIÓN VHF:.....	20.266,25
TOTAL CONSUELO:	57.686,25

CERRO STA. BÁRBARA:

Esta estación sirve de sitio terminal de microondas y como sitio de transmisión VHF, por lo tanto es necesario implementar un sistema de recepción de microondas y un sistema de transmisión VHF para cubrir Yantzaza, Paquisha y alrededores.

SISTEMA DE MICROONDAS:

CANT.	DESCRIPCIÓN	VALOR USD
1	Receptor de microondas, marca ITELCO MOD: MRX7BA0S, Banda 5.9-7.1 GHz, incluye demodulador de un vídeo y dos canales de audio 120 Vac - 24 Vdc	8.900,00
1	Parábola ANDREW 6 pies MOD: PL6-65D	2.000,00
1	Radom 6 pies ANDREW MOD: R6E	780,00
20 m.	Guía de onda ANDREW MOD: EW63	1.040,00
1	Conector ANDREW 163DE	270,00
1	Conector ANDREW 163DC	270,00
1	Flex twist ANDREW MOD: F137PA0240B	450,00
1	Presurizador ANDREW MOD: 40525A	760,00
1	Pressure Windows ANDREW MOD:55000A-137	45,00
1	Kit de accesorios ANDREW para guía de onda EW63, constituido por: 2 Hanger Kit 2 Round Member 2 Feed Thru 1 Threaded Rod 1 Grounding Kit	440,00
1	Rack metálico para montaje de equipos	280,00
1	Herraje para montaje de parábola en torre	220,00
1	Lote de cables de interconexión	80,00

1	Sistema de tierra y protección de rayos y transientes	3.000,00
SUBTOTAL 1 STA. BARBARA:		18.535,00

SISTEMA DE TRANSMISIÓN VHF:

CANT.	DESCRIPCIÓN	VALOR USD
1	Transmisor ITELCO, MODELO T311SA con amplificación audio/vídeo combinado 20 W CH13, totalmente en estado sólido, monofásico 220 Vac.	8.500,00
1	Sistema radiante RYMSA, banda III, constituido por 2 paneles AT 13-220	3.280,00
30 m.	Cable coaxial ANDREW 7/8" MOD: LDF5-50A	547,50
1	Conector ANDREW MOD: L45W	30,00
1	Conector ANDREW MOD: L45R	110,00
1	Kit de accesorios ANDREW para cable coaxial 7/8", constituido por: 5 Hanger Kit 2 Angle Adaptor Kit 2 Feed Thru 1 Threaded Rod 2 Grounding Kit	590,00
1	Regulador de Voltaje SOLA de 1.5 KVA	1.200,00
SUBTOTAL 2 STA. BARBARA:		14.257,50

<u>SUBTOTALES:</u>	USD
SISTEMA DE MICROONDAS:	18.535,00
SISTEMA DE TRANSMISIÓN VHF:	14.257,50
TOTAL STA. BARBARA:	32.792,50

<u>TOTALES RUTA 4:</u>	USD
CERRO VENTANAS:	20.445,00
CERRO CONSUELO:	57.686,25
CERRO SANTA BARBARA:	32.792,50
TOTAL RUTA 4:	110.923,75

KIT DE REPUESTOS:

CANT.	DESCRIPCIÓN	VALOR USD
1	Transmisor de microondas ITELCO completo, 5 w / 7 GHz	
1	Receptor de microondas ITELCO completo / 7 GHz	
1	Excitador ITELCO, BI modelo: T111	
1	IF / RF converter BIII	
1	Oscilador local / BIII	
1	RF amplifier / BIII	
1	RF power amplifier / BIII	
1	Power amplifier ITELCO modelo: V142 (250 W BANDA I)	
1	Power amplifier ITELCO modelo: V352D (300W BANDAIII)	45.000,00
TOTAL KIT DE REPUESTOS:		45.000,00

TOTAL EQUIPOS :

<u>TOTALES RUTAS:</u>	USD
RUTA 1:	348.967,50
RUTA 2:	317.143,75
RUTA 3:	95.162,50
RUTA 4:	110.923,75
KIT DE REPUESTOS:	45.000,00
TOTAL COSTO EQUIPOS: USD 917.197,50	

A esto se añadirá un 10 % estimado por costos de transporte y pago de impuestos internacionales. No se incluirá impuestos de importación ya que se espera que los organismos estatales correspondientes concedan la exoneración debido a que se trata un proyecto de beneficio social.

TOTAL EQUIPOS :USD	917.197,50
TRANSPORTE E IMPUESTO INTERNACIONALES	91.719,75
TOTAL EQUIPOS USD:1'008.917,25	

3.2 COSTOS DE INSTALACIÓN

Para la instalación se ha previsto un tiempo aproximado de tres meses, con un equipo conformado por seis personas, que se movilizarán en dos vehículos. Los costos estimados serán:

Sueldos del personal USD	7.000,00
Viáticos USD	4.800,00
Vehículos USD	3.000,00
Accesorios extras USD	1.000,00
TOTAL INSTALACIÓN USD:	15.800,00

TOTALES :	USD
TOTAL EQUIPOS:	1'008.917,25
TOTAL INSTALACIÓN:	15.800,00
GRAN TOTAL PROYECTO: USD 1'024.717,25	

CAPITULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Las poblaciones del oriente ecuatoriano, en general, se han caracterizado por su escaso desarrollo debido al poco apoyo o importancia que le han dado los poderes centrales, a pesar de que es una de las zonas que más aportan en los ingresos fiscales, a través de la producción del petróleo. Además es una zona con gran potencial agrícola, ganadero y especialmente turístico pero al no contar con los medios adecuados para su desarrollo, su población tiende a emigrar hacia las grandes ciudades buscando mejorar su nivel de vida, agravando aún más los problemas sociales conocidos de las grandes urbes. Por estas razones, proyectos como el mostrado en el presente trabajo deben recibir todo el apoyo necesario por parte del estado o de sus organismos competentes, para de alguna manera incentivar e impulsar el desarrollo en estas regiones.

La industria de la Televisión obtiene básicamente sus recursos de la publicidad comercial, que está orientada hacia los sectores que tienen poder adquisitivo, es decir las clases media y alta, que se concentran en los grandes centros urbanos, por

tanto las zonas rurales tienen poca o ninguna importancia en el mercado de la publicidad; este es el motivo fundamental por el que las cadenas o redes de Televisión o no llegan a estos sectores o llegan con señales de mala calidad.

Es una práctica muy común, en el sector rural, que si quiere ser servido por una señal de televisión, los Municipios involucrados inviertan en los costos de los equipos, inversión que como se comprenderá no puede ser muy alta y repercute obviamente en la calidad de los equipos y consiguientemente en la calidad de señal. De acuerdo a las leyes de radiodifusión, los únicos dueños de los equipos y frecuencias pueden ser los dueños de la señal, en este caso las redes de televisión nacionales, entonces se firma un contrato mediante el cual los equipos pasan a pertenecer a la red de televisión y ésta "devuelve" el costo a través de publicidad de tipo turístico de la zona involucrada durante un período que varía entre 1 y 2 años, lo que generalmente nunca llega a cumplirse.

En este proyecto, como en todo sistema, se presenta la contradicción entre calidad de transmisión y costo, por lo que hay que llegar a un punto de equilibrio que permita reducir al mínimo el costo de implementación del sistema pero sin sacrificar la calidad de señal. Al ser un proyecto de contenido social y al no esperarse ningún rédito económico, se tratará de optimizar

los recursos al máximo. Así, en ninguno de los enlaces se ha colocado sistemas redundantes ni mejoras de la confiabilidad por diversidad de espacio y/o frecuencia, debido a que los costos se elevarían demasiado, por la misma razón tampoco se ha considerado colocar sistemas complejos y sofisticados de protección de rayos y transientes, muy costosos y que se justifican por ejemplo cuando se trasmite señales digitales de datos u otra índole, donde no se pueden tener ningún tipo de cortes en el flujo de la información. Adicionalmente, se deberá gestionar la exoneración de impuestos a las importaciones de los equipos para el presente proyecto.

La región oriental se caracteriza por la presencia de bastantes montañas, lo que dificulta el tener grandes zonas de cobertura implementando sistemas de gran potencia, que sería lo ideal debido a factores técnico - económicos, y más bien existe la necesidad de colocar un gran número de repetidoras de potencias relativamente bajas para poder cubrir zonas pequeñas con señales de buena calidad.

Uno de los elementos principales a tomar en cuenta en la selección de los lugares donde se ubicarán las repetidoras, es la obtención de la información geográfica para facilitar la planificación del sistema o red planteada.

Además se deben también tener en cuenta los siguientes factores:

- La calidad de la señal recibida por los usuarios de la zona debe ser satisfactoria,
- Los costos de operación y de instalación deben ser mínimos.
- Los sitios elegidos deben brindar facilidades en cuanto a acceso para construcción y mantenimiento.
- Se debe disponer de una red de energía eléctrica cercana.

En el presente trabajo, no en todos los sitios se pueden cumplir todos los factores mencionados en lo que respecta a infraestructura, especialmente a lo que se refiere al acceso; pero se los ha escogido porque algunas redes de Televisión nacionales poseen casetas y torres, lo que evitaría el costo de inversión en este rubro.

Los equipos seleccionados ofrecen un compromiso de costo no muy elevado pero con suficiente confiabilidad, lo cual es muy importante si se toma en cuenta que las vías de acceso a la región oriental no son las más adecuadas.

Para todos los sitios se ha considerado la instalación de reguladores de voltaje, que son necesario sobretodo en nuestro país porque la energía eléctrica es muy inestable y los componentes electrónicos, especialmente los transistores de potencia de radiofrecuencia son muy sensibles a las variaciones bruscas de voltaje.

Adicionalmente, es necesario indicar al fabricante que los equipos deben trabajar a alturas de hasta 4000 m. en nuestro país, siendo indispensable colocar sistemas de enfriamiento más eficaces , con flujos de aire mayores que los usados a nivel del mar, como normalmente son los standares de los fabricantes.

Uno de los problemas más comunes de ruido en las señales de televisión es la inducción de 60 Hz sumados a la señal. En el vídeo se nota por la aparición de unas franjas horizontales con diferentes grados de brillantez, mientras que en el audio se nota como un zumbido de baja frecuencia sumado al audio de programa. Este tipo de ruido se produce por malas conexiones, por "lazos de tierra", que permiten la circulación de corriente a través de la tierra que une dos equipos debido a la diferencia de potencial de tierra entre los mismos. También se produce cuando las líneas de audio o vídeo se encuentran físicamente muy cercanas a las líneas de la red eléctrica, lo que hay que evitar. Se debe usar

cables de conexión de vídeo y audio apantallados, es decir que tengan una malla conductora recubriendo a los conductores interiores.

Se debe ingresar a los equipos con los niveles de señal adecuados, pues una señal muy grande produce distorsiones por la saturación de alguna etapa de amplificación, mientras que una señal de muy baja amplitud obliga a incrementar la ganancia de las etapas finales, amplificándose también el ruido presente que puede llegar a ser comparable con la señal deseada.

Otro de los problemas típicos se suele producir cuando se coloca cables de impedancia incorrecta, especialmente en vídeo, que usa 75 ohmios. Generalmente en vídeo se usa conectores BNC pero en el mercado local es difícil encontrarlos para impedancia de 75 ohmios.

Para evitar posibles problemas de interferencias, es indispensable el escogimiento adecuado de las frecuencias de enlace; se recomienda planificar la red haciendo una reutilización de frecuencias, es decir, usar la misma frecuencia de enlace después de un salto, esto permitirá tener la posibilidad de intercambiar equipos en ciertos saltos si se llegan a producir problemas en uno de ellos, facilitándose el mantenimiento y reduciendo el tiempo de reparación del equipo dañado.

Durante la instalación es necesario mantener los materiales en áreas cubiertas y protegidas hasta el momento del montaje.

Los cables traen en sus extremos unas tapas de protección, que no deben ser removidas sino en el momento en que se va a realizar la conexión y cuidando de que no se lo haga en presencia de humedad.

El montaje del sistema radiante debe tratar de hacerse durante buen clima, para evitar la penetración de humedad tanto en cables como en conectores.

Limpiar , si es necesario con solvente o alcohol, las superficies de contacto. No usar elementos abrasivos.

Nunca exceder el nivel de curvaturas máximas de los cable semi-flexibles, indicadas por el fabricante, pues se corre el riesgo de aplastar el cable y variar la impedancia causando problemas por desacoplamiento.

Colocar los anillos de goma ligeramente embadurnados de grasa de silicona para sellado hermético.

Asegurar que entre los elementos interiores de las conexiones haya un buen contacto.

Verificar que los dos lados de los conectores hagan contacto uniformemente en toda su superficie.

Antes de aplicar potencia total al sistema radiante, primero se debe aplicar 1/4 de potencia durante unas dos horas, luego de lo cual se revisa los puntos de conexión para determinar si no existe sobrecalentamiento, se repite la operación para media potencia y luego con 100 % de la potencia de transmisión.

Si ocurre sobrecalentamiento, ello significa que hay una pérdida de contacto entre los elementos interno de la conexión, debiéndose entonces desmontar y conectar perfectamente dicha unión.

Cada antena o elemento del sistema radiante tiene su posición y no deben ser invertidos, pues se podrían provocar problemas por desfase de la señal que distorsionarían completamente los lóbulos de radiación requeridos.

Los presurizadores se recomienda que deben tener una capacidad mínima de 300 litros/hora, además debe constatarse que no hayan fugas de aire y así evitar el ingreso de humedad.

Las conexiones exteriores se protegen con cinta autofundente , que sellan herméticamente las uniones de los cables de transmisión y se protege dichas uniones con tubos termoencogibles.

Los cables de transmisión deben ser sujetados firmemente a la torre y conducidos adecuadamente a través de escalerillas, evitando que el cable quede demasiado tenso, dando la flexibilidad necesaria para que no se produzcan daños en el mismo por la expansión y contracción causados por los cambios de temperatura.

BIBLIOGRAFIA:

1. AMERICAN RADIO RELAY LEAGUE ; **The ARRL Handbook for Radio Amateurs**; 1994; American Radio Relay League ; USA; 75 ed.
2. ANDREW; **CATALOG 37**; 1997; Andrew Corporation ; USA
3. CARPENTER, Roy B y Yinggang TU. ; **An empirical approach to dissipation array systems design.** ; 1994; LEC (Lightning Eliminators & Consultants); Colorado; 16 pp.
4. CARPENTER, Roy B. y Peter A CARPENTER; **Protection from incoming power line voltage anomalies** ; 1994; LEC (Lightning Eliminators & Consultants); Colorado; 2 Ed. ; 33 pp.
5. CARPENTER, Roy B. ; **A new look at lightning Protection for power trasmission & distribution systems** ; 1993; LEC (Lightning Eliminators & Consultants); Colorado; 22 pp.
6. CARPENTER, Roy B. ; **Designing for a Low Resistance Earth Interface (Grounding)** ; 1990; LEC (Lightning Eliminators & Consultants); Colorado; 33 pp.
7. CARPENTER, Roy B. ; **Lightning Protection for flammables** ; 1989; LEC (Lightning Eliminators & Consultants); Colorado; 2 Ed.; 13 pp.
8. CEVALLOS, Mario. **Apuntes de la materia de Propagación.** Escuela Politécnica Nacional. Facultad de Ingeniería Eléctrica.
9. COEL; **Instruction Handbook** ; Coel
10. CROCKETT, E. y otros; **Reference Data for Engineers: Radio, Electronics, Computer and Communications**; 1989; Howard W. Sams & Company; USA; 5^{ta} Ed.

11. GARCIA, Aurelio ; **Linhas de Transmissão, Antenas e Propacao**; 1988; Linear Equipamentos Eletrônicos Ltda.; São Paulo
12. HERNANDO, José M.; **Transmisión por radio**; 1993; Centro de Estudios Ramón Areces; España; 641 pp.
13. HOENEISEN, Bruce ; **Técnica de radiodifusión para el radiodifusor** ; CIESPAL
14. HORE, Kanti ; **Apuntes de la materia de propagación de ondas de radio** ; 1980; E.P.N.; 2 Ed.; poligrafiado
15. JAMPRO ; **Product Literature**; JAMPRO ; USA
16. JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY; **Radiocomunicación en las bandas de VHF y UHF**; poligrafiado.
17. JASIK, Henry ; **Antenna Engineering Handbook** ; McGraw Hill; USA; 1^{era} Ed.
18. KRAUS, John D.; **Antennas**; 1950; McGraw Hill; USA; 553 pp.
19. LABORATOIRE GENERAL DES TELECOMMUNICATIONS ; **Utilisation des Antennes** ; París
20. LEC ; **Lightning Strike Protection** ; 1993; LEC (Lightning Eliminators & Consultants); Colorado; 2 Ed.; 32 pp.
21. NAB , National Association of Broadcasters; **Engineering Handbook** ; 1992; National Association of Broadcasters; USA; 8^{va} Ed.
22. PEÑAFIEL, Pablo. **Apuntes de la materia de Antenas**. Escuela Politécnica Nacional. Facultad de Ingeniería Eléctrica.
23. RAMO, S , J. WHINNERY y T. VAN DUZER; **Field and waves in communication electronics** ; 1965; John Wiley & Sons, Inc.; USA; 754 pp.

24. WARREN, L. ; Developing patterns to match
desired UHF television coverage ; JAMPRO ;
USA; 4 pp.