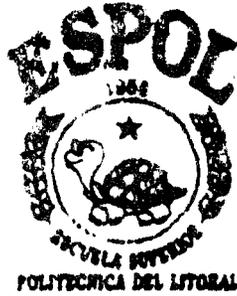


621.3885

ROT  
C-2



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y COMPUTACIÓN

“TRANSMISIÓN DE TELEVISIÓN OCASIONAL UTILIZANDO EL CANAL DE RESERVA DE PACIFICTEL Y ANDINATEL PARA LAS CIUDADES DE GUAYAQUIL, QUITO Y CUENCA”

PROYECTO DE TÓPICO DE GRADUACIÓN



\*D-19448\*

PRESENTADO POR:

ROGER ROJAS VARGAS  
ALFREDO SALAS BALDEÓN  
FRANCIS SILVA TORRES

GUAYAQUIL-ECUADOR  
1998

## AGRADECIMIENTO

Al Ing. Luis Alfredo Mariño, profesor de nuestro tópico, por darnos parte de sus conocimientos y por su apoyo para la realización de nuestro trabajo.

A todos los profesores de la ESPOL, que de una u otra forma han ayudado en nuestra formación como Ingenieros.

## DEDICATORIA

A MIS PADRES:

Por su gran esfuerzo por educarme,  
labor que concluye con la obtención  
de mi título.

A MIS HERMANOS:

Los cuales siempre han sido mi mo-  
delo ha seguir.

Roger Rojas Vargas

## DECLARACIÓN EXPRESA

“LA RESPONSABILIDAD POR LOS HECHOS, IDEAS Y DOCTRINAS EXPUESTOS EN ESTA TESIS, NOS CORRESPONDEN EXCLUSIVAMENTE; Y, EL PATRIMONIO INTELECTUAL DE LA MISMA, A LA ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la ESPOL).



ROGER ROJAS VARGAS



ALFREDO SALAS BALDEÓN

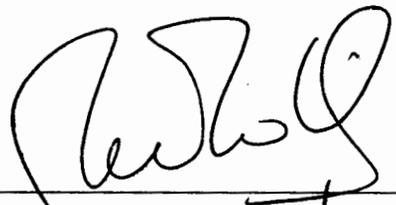


FRANCIS SILVA TORRES



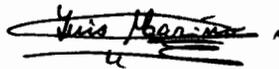
DR. FREDDY VILLOO

PRESIDENTE



ING. WASHINGTON MEDINA

MIEMBRO DEL TRIBUNAL



ING. LUIS ALFREDO MARIÑO

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

## RESUMEN

El objetivo del proyecto es dar servicios de contribución de vídeo utilizando el canal de reserva con el que cuenta Pacifictel y Andinatel.

El sistema está compuesto básicamente de codificadores de vídeo en los lugares en donde se origina la señal a transmitirse, un switch central para cada ciudad, para enrutar las señales a los distintos destinos y un sistema de administración para la programación de las transmisiones.

El medio de transmisión entre ciudades sería el canal de reserva de Pacifictel y Andinatel, el cual es completamente digital.

El estudio está hecho para las ciudades de Guayaquil, Quito y Cuenca, pero podría crecer con facilidad para dar cobertura nacional.

El Capítulo I, se encarga de recordar la teoría de la televisión y de las señales de vídeo. Se tocan los procesos de digitalización y compresión de vídeo, así como los estándares actuales para la transmisión de televisión.

En el Capítulo II, son descritos los conceptos de enlaces de microondas. Temas como el radio de Fresnel, atenuación en el espacio libre, ganancia de antena, desvanecimiento son tocados para dar soporte teórico al diseño del proyecto.

El Capítulo III, trata de principios de fibra óptica, es decir, los parámetros que deben ser tomados en cuenta al realizar un enlace de fibra.

El Capítulo IV, describe brevemente la red digital de microondas de Pacifictel y Andinatel.

El Capítulo V, se refiere al diseño propiamente dicho del proyecto. Describe los equipos que deben ser utilizados, así como los cálculos realizados para enlaces de microondas como de fibra, para llegar ya sea a los lugares fuente de noticia como a los estudios de televisión. Los datos tomados para los cálculos son basados en cartas topográficas así como en visitas en sitio a las ciudades de Guayaquil, Quito y Cuenca.

El Capítulo VI, describe ampliamente las características de los equipos, cables coaxiales, conectores, antenas y fibras utilizadas.

El Capítulo VII, detalla el proceso de instalación de todo lo necesario en el proyecto.

El Capítulo VIII, se refiere al mantenimiento que habría que realizar para mantener operando el sistema luego de ser instalado.

El Capítulo IX, realiza un análisis económico del proyecto, en el cual se describe como recuperar la inversión hecha con precios adecuados por los servicios que ofrece la red.

Finalmente, se tiene las Conclusiones y Recomendaciones en donde se enumeran las bondades del sistema, así como su posibilidad de crecimiento y fácil administración.

## ÍNDICE GENERAL

	<u>PAGS.</u>
RESUMEN.....	VIII
ÍNDICE GENERAL.....	X
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XVII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XXII
INTRODUCCIÓN.....	24
CAPÍTULO I	
CONCEPTOS BÁSICOS DE VÍDEO.....	26
1.1. HISTORIA DE LA TELEVISIÓN.....	26
1.1.1. Generalidades.....	26
1.1.2. Captación de imagen.....	28
1.1.3. Tubo de imagen.....	30
1.2. FUNDAMENTOS DE LAS SEÑALES DE TELEVISION.....	31
1.2.1. Barrido y blanqueo de imágenes.....	31
1.2.2. Consideraciones acerca del ancho de banda.....	40
1.2.3. El espectro de vídeo.....	41
1.2.4. Televisión de color compatible.....	44
1.2.5. Señales de multiplexión de crominancia y luminancia.....	45
1.2.6. El receptor de TV.....	47
1.2.7. Demultiplexión de crominancia y luminancia.....	49
1.3. ESTÁNDARES DE VÍDEO.....	51
1.3.1. NTSC (National Television System Committee).....	51
1.3.2. PAL (Phase Altermation by Line).....	52
1.3.3. SECAM (Séquentiel Couleur Avec Mémoire).....	53
1.4. DIGITALIZACIÓN DE SEÑALES DE VÍDEO.....	54
1.4.1. Ancho de banda.....	54
1.4.2. Muestreo.....	55

1.4.3. Cuantificación .....	55
1.5. FORMATOS DE COMPRESIÓN DE VÍDEO .....	57
1.5.1. Introducción a la compresión .....	57
1.5.2. JPEG .....	59
1.5.3. MPEG .....	60
1.5.3.1. ¿Cómo funciona MPEG? .....	60
1.5.4. Modulación DPCM .....	62
1.5.5. ABLe3 .....	64
1.6. REDES DE CONTRIBUCIÓN Y DISTRIBUCIÓN .....	65
1.7. REQUERIMIENTOS DE LOS TELEDIFUSORES .....	66
 CAPÍTULO II	
MEDIOS DE TRANSMISIÓN .....	69
2.1. FUNDAMENTOS DE ENLACES DE MICROONDAS .....	69
2.1.1. Análisis del enlace .....	69
2.1.2. Verificación de línea de vista .....	70
2.1.2.1. ZONA DE FRESNEL .....	70
2.1.2.2. CURVATURA DE LA TIERRA .....	72
2.1.2.3. CÁLCULO DE ALTURA MÍNIMA DE ANTENA .....	73
2.1.3. Determinación del margen de desvanecimiento .....	73
2.1.3.1. GANANCIA DEL SISTEMA .....	74
2.1.3.2. GANANCIA DE ANTENA .....	74
2.1.3.3. PÉRDIDA DE ESPACIO LIBRE .....	74
2.1.3.4. PÉRDIDA EN CABLE Y CONECTORES .....	76
2.1.4. Caída por desvanecimiento y disponibilidad .....	76
2.2. ENLACES DE FIBRA ÓPTICA .....	77
2.2.1. Fibra óptica monomodo y multimodo .....	77
2.2.2. Atenuación .....	80
2.2.3. Ancho de banda .....	81
2.2.4. Consideraciones para un enlace de fibra óptica .....	82

2.2.4.1. CÁLCULO DE POTENCIA.....	82
2.2.4.2. CÁLCULO DE ANCHO DE BANDA.....	84

### CAPÍTULO III

RED NACIONAL DE TRANSMISIÓN DIGITAL DE PACIFICTEL Y ANDINATEL.....	86
3.1. INTRODUCCIÓN.....	86
3.2. RUTA GUAYAQUIL-QUITO.....	87
3.3. RUTA QUITO-CUENCA.....	88
3.4. RUTA GUAYAQUIL-CUENCA.....	89

### CAPÍTULO IV

DISEÑO DEL PROYECTO.....	91
4.1. REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA.....	91
4.2. SELECCIÓN DE LAS LOCALIDADES ESTRATÉGICAS.....	93
4.3. ESQUEMATICO DEL DISEÑO.....	94
4.3.1. Esquemático de Guayaquil.....	95
4.3.2. Esquemático de Cuenca.....	98
4.3.2. Esquemático de Quito.....	100
4.4. ELECCION DEL MEDIO DE TRANSMISION.....	102
4.5. CÁLCULOS DE PROPAGACIÓN.....	104
4.5.1. Generalidades.....	104
4.5.2. Proyecto Quito.....	106
4.5.2.1. TRAMO PALACIO DE CARONDELET - PICHINCHA.....	106
4.5.2.2. TRAMO ESTADIO ATAHUALPA - PICHINCHA.....	112
4.5.2.3. TRAMO CONGRESO NACIONAL - PICHINCHA.....	118
4.5.2.4. TRAMO MUNICIPIO QUITO - PICHINCHA.....	124
4.5.2.5. TRAMO ECUAVISA QUITO - PICHINCHA.....	130
4.5.2.6. TRAMO TC TELEVISIÓN - PICHINCHA.....	135

4.5.2.7. TRAMO TELEAMAZONAS - PICHINCHA.....	140
4.5.2.8. TRAMO GAMAVISIÓN - PICHINCHA.....	145
4.5.2.9. TRAMO PICHINCHA - CENTRAL CENTRO ANDINATEL	150
4.5.3. Proyecto Cuenca.....	156
4.5.3.1. TRAMO ESTADIO ALEJANDRO SERRANO - CENTRAL PACIFICTEL CENTRO.....	156
4.5.3.2. TRAMO COLISEO MAYOR - CENTRAL PACIFICTEL CENTRO.....	162
4.5.3.3. TRAMO TELERAMA - CENTRAL PACIFICTEL CENTRO	168
4.5.4. Proyecto Guayaquil.....	174
4.5.4.1. TRAMO ESTADIO DE EMELEC - EL CARMEN.....	174
4.5.4.2. TRAMO TC TELEVISIÓN - EL CARMEN.....	180
4.5.4.3. TRAMO ESTADIO DE BARCELONA - CENTRAL CENTRO PACIFICTEL.....	186
4.5.4.4. TRAMO GAMAVISIÓN - EL CARMEN.....	192
4.5.4.5. TRAMO CENTRAL CENTRO PACIFICTEL - EL CARMEN	198
4.6. CÁLCULO DE FIBRA ÓPTICA.....	204
4.6.1. Generalidades.....	204
4.6.2. Proyecto Cuenca.....	205
4.6.2.1. TRAMO GOBERNACION DEL AZUAY - CENTRAL CENTRO PACIFICTEL.....	205
4.6.3. Proyecto Guayaquil.....	207
4.6.3.1. TRAMO ECUAVISA - EL CARMEN.....	207

## CAPÍTULO V

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS DEL PROYECTO.....	209
5.1. CODEC DE VÍDEO ABL DVT45 "GEMINI".....	209
5.1.1. Descripción.....	209
5.1.2. Características de diseño de vídeo.....	211
5.1.3. Características de diseño de audio.....	211

5.1.4. Especificaciones de conectores .....	212
5.1.5. Especificaciones eléctricas .....	212
5.1.6. Tarjeta codificadora .....	212
5.1.7. Tarjeta decodificadora .....	213
5.2. SWITCH ABL SW1616 "TRIDENT" .....	214
5.2.1. Descripción .....	214
5.2.2. Tarjetas del SW1616 .....	216
5.2.2.1. MÓDULO SBV2/4 .....	216
5.2.2.2. MÓDULO SB1.5 .....	216
5.2.2.3. MÓDULO SB2 .....	216
5.2.2.4. TARJETA SWITCH SB34 .....	217
5.2.2.5. TARJETA SWITCH SB45 .....	217
5.2.2.6. MÓDULO SB140 .....	217
5.2.2.7. MÓDULO CPUF .....	218
5.2.2.8. MÓDULO IFBC .....	218
5.2.2.9. MÓDULO DE INTERFACE DE ALARMAS3 .....	219
5.2.2.10. MÓDULO PS515 .....	219
5.3. MICROONDA DE 34 MBPS ATI FSK+ .....	219
5.3.1. Descripción .....	219
5.3.1. Unidad de radio frecuencia RFU .....	220
5.3.2. Unidad de Interface Digital DIU .....	222
5.3.3. Especificaciones técnicas de la ATI FSK+ 2GHz .....	222
5.4. SISTEMA DE MICROONDAS DE 140 MBPS Y 4X34 GT-140/GT-N34 DE SIEMENS .....	226
5.4.1. Características generales de los equipos de radio .....	226
5.4.2. Módem CMF 62/16 .....	227
5.4.2.1. DESCRIPCIÓN .....	227
5.4.2.2. COMPOSICIÓN DEL MÓDEM .....	227
5.4.2.3. CARACTERÍSTICAS DEL MÓDEM .....	234
5.4.3. Radio Transceptor CTR 216/4 .....	236

5.4.3.1. DESCRIPCIÓN.....	236
5.4.3.2. INSERCIÓN DEL EQUIPO EN LA RED.....	240
5.4.3.3. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA.....	246
5.4.3.4. CARACTERÍSTICAS DE INTERFACE.....	247
5.4.3.5. CARACTERÍSTICAS DE LA FUENTE DE PODER.....	248
5.4.3.6. CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES.....	249
5.4.3.7. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS.....	250
5.5. TERMINALES DE FIBRA DE 34 MBPS RAD.....	251
5.5.1. Características.....	251
5.5.2. Descripción.....	251
5.5.3. Aplicaciones.....	253
5.6. MULTIPLEXORES DTM-140 MBPS TELETTRA.....	253
5.6.1. Conexión a la red y generalidades del multiplexor DTM-140.....	253
5.6.2. Descripción general del funcionamiento.....	254
5.6.2.1. TRANSMISIÓN.....	255
5.6.2.1.1. Unidad de Tributario a 34 Mbps.....	256
5.6.2.1.2. Unidad Órganos Comunes a 140 Mps.....	257
5.6.2.1.3. Unidad de Interface Tx 140Mbps.....	258
5.6.2.2. RECEPCIÓN.....	258
5.6.2.2.1. Unidad de Interface Rx 140 Mbps.....	259
5.6.2.2.2. Unidad Órganos Comunes 140 Mbps.....	259
5.6.2.2.3. Unidad Tributaria 34 Mbps.....	260
5.6.2.3. ALIMENTACIÓN.....	261
5.7. ANTENAS ANDREW.....	261
5.7.1. Generalidades.....	261
5.7.2. Modelo KP4F-19A.....	262
5.7.3 Modelo PL6 - 37E.....	263
5.8. CABLES COAXIALES, FIBRA ÓPTICA Y CONECTORES ANDREW.....	264
5.8.1. Coaxial LDF4-50A HELIAX.....	264
5.8.2. Guía de Onda EWP34 HELIAX.....	265

5.8.3. Fibra óptica 241568-6.....	265
5.8.4. Conector Andrew N Macho L4PNM.....	267
5.8.5. Conector Andrew 134 DET.....	267
5.8.6. Conector ST.....	267
5.9. CONTROLADOR BÁSICO DEL SWITCH ABL BSC "ATLAS".....	268

## CAPÍTULO VI

INSTALACIÓN DEL PROYECTO.....	270
6.1. MEDICIÓN DE BER DEL CANAL DE RESERVA.....	270
6.2. PRUEBAS LOCALES DE RADIOS Y TERMINALES DE FIBRA.....	272
6.3. ENLACES DE RADIO.....	273
6.4. ENLACES DE FIBRA OPTICA.....	274
6.5. CODECS.....	275
6.5.1. Instalación del hardware.....	276
6.5.2. Instalación del software RCS.....	278
6.6. SWITCH SW1616 TRIDENT.....	279
6.7. MULTIPLEXOR DTM-140.....	282
6.7.1. Ensamblaje.....	282
6.7.2. Puesta en servicio del multiplexor.....	286
6.8. BSC ATLAS.....	289

## CAPÍTULO VII

MANTENIMIENTO DEL SISTEMA.....	291
--------------------------------	-----

## CAPÍTULO VIII

ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO.....	293
8.1. COSTO DEL PROYECTO.....	293
8.2. DETERMINACIÓN DE LAS TARIFAS DEL SERVICIO.....	295
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	299
APÉNDICES.....	301
BIBLIOGRAFÍA.....	314

## ÍNDICE DE FIGURAS

<u>Número</u>		<u>PAGS.</u>
1.1.	EFFECTO DEL NÚMERO DE ELEMENTOS DE IMAGEN SOBRE LA RESOLUCIÓN .....	33
1.2.	PATRÓN DE BARRIDO.....	33
1.3A.	SEÑAL DE DEFLEXIÓN HORIZONTAL.....	33
1.3B.	SEÑAL DE DEFLEXIÓN VERTICAL.....	34
1.4.	FUNCIÓN DE TRANSFERENCIA DE FILTRO RESIDUAL .....	35
1.5.	ESPECTROS DE LA SEÑAL MODULADORA Y DE LAS SEÑALES DBL, BLU, BLR CORRESPONDIENTES .....	36
1.6.	SEÑAL DE VÍDEO DE TV.....	37
1.7.	ESPECTROS DE SEÑAL DE TV.....	38
1.8.	TRANSMISOR DE TV.....	39
1.9.	RECEPTOR DE TV.....	39
1.10.	RECEPTOR SUPERHETERODINO .....	40
1.11.	MODELO PARA PROCESO DE BARRIDO UTILIZANDO CAMPOS DE IMÁGENES DOBLEMENTE PERIÓDICOS.....	42
1.12.	ESPECTRO DE LA SEÑAL DE VÍDEO MONOCROMÁTICA .....	43
1.13.	SEÑAL DE MULTIPLEXACIÓN DE LUMINANCIA Y CRO- MINANCIA.....	46
1.14	ESPECTROS DE LAS SEÑALES DE CROMINANCIA Y LU- MINANCIA.....	48
1.15.	INVERSIONES DE FASE TEMPORAL Y ESPACIAL DE SE- ÑALES DE CROMINANCIA.....	49
1.16.	RECEPTOR DE TV COLOR.....	50

1.17A.	CODIFICADOR DPCM .....	63
1.17 B.	DECODIFICADOR DPCM .....	63
1.18	ESQUEMA DEL ALGORITMO ABLE3 .....	65
1.19.	ESTRUCTURA PARA LA TRANSMISIÓN DE TV.....	66
2.1.	ESQUEMA DE UN SISTEMA DE FIBRA ÓPTICA.....	83
3.1.	RUTA GUAYAQUIL - QUITO .....	88
3.2.	RUTA QUITO - CUENCA.....	89
3.3.	RUTA GUAYAQUIL - CUENCA .....	90
4.1	ESQUEMA GUAYAQUIL.....	97
4.2.	ESQUEMA CUENCA.....	99
4.3.	ESQUEMA QUITO.....	101
4.4.	PALACIO DE CARONDELET.....	106
4.5.	PERFIL TOPOGRÁFICO CARONDELET- PICHINCHA.....	110
4.6.	ESTADIO OLÍMPICO ATAHUALPA.....	112
4.7.	PERFIL TOPOGRÁFICO ATAHUALPA-PICHINCHA.....	116
4.8.	CONGRESO NACIONAL.....	118
4.9.	PERFIL TOPOGRÁFICO CONGRESO - PICHINCHA.....	122
4.10.	MUNICIPIO DE QUITO .....	124
4.11.	PERFIL TOPOGRÁFICO MUNICIPIO QUITO-PICHINCHA.....	128
4.12.	ESTUDIO ECUAVISA QUITO .....	130
4.13.	PERFIL TOPOGRÁFICO ECUAVISA QUITO-PICHINCHA.....	133
4.14.	ESTUDIO TC TELEVISIÓN QUITO .....	135
4.15	PERFIL TOPOGRÁFICO TC QUITO-PICHINCHA.....	138
4.16.	ESTUDIOS DE TELEAMAZONAS QUITO .....	140
4.17.	PERFIL TOPOGRÁFICO TELEAMAZONAS QUITO-PICHINCHA.....	143
4.18.	ESTUDIO GAMAVISIÓN QUITO.....	145
4.19.	PERFIL TOPOGRÁFICO GAMAVISIÓN QUITO-PICHINCHA.....	148

4.20.	CENTRAL DE ANDINATEL QUITO CENTRO.....	150
4.21.	PERFIL TOPOGRÁFICO QUITO CENTRO-PICHINCHA.....	154
4.22.	ESTADIO ALEJANDRO SERRANO AGUILAR CUENCA.....	156
4.23.	PERFIL TOPOGRÁFICO ESTADIO-CUENCA CENTRO.....	160
4.24.	COLISEO MAYOR CUENCA.....	162
4.25.	PERFIL TOPOGRÁFICO COLISEO-CUENCA CENTRO.....	166
4.26.	CENTRAL DE PACIFICTEL CUENCA CENTRO.....	168
4.27.	TORRE DE CENTRAL CUENCA CENTRO.....	168
4.28.	PERFIL TOPOGRÁFICO TELERAMA-CUENCA CENTRO.....	172
4.29.	ESTADIO CAPWELL GUAYAQUIL.....	174
4.30.	PERFIL TOPOGRÁFICO CAPWELL-GUAYAQUIL CENTRO.....	178
4.31.	ESTUDIO TC TELEVISIÓN GUAYAQUIL.....	180
4.32.	PERFIL TOPOGRÁFICO TC GUAYAQUIL-EL CARMEN.....	184
4.33.	ESTADIO ISIDRO ROMERO CARBO GUAYAQUIL.....	186
4.34.	PERFIL TOPOGRÁFICO BARCELONA-GUAYAQUIL CENTRO...	190
4.35.	ESTUDIO GAMAVISIÓN GUAYAQUIL.....	192
4.36.	PERFIL TOPOGRÁFICO GAMAVISIÓN - EL CARMEN.....	196
4.37.	TORRE EL CARMEN GUAYAQUIL.....	198
4.38.	PERFIL TOPOGRÁFICO EL CARMEN-GUAYAQUIL CENTRO....	202
4.39.	GOBERNACIÓN DEL AZUAY.....	205
4.40.	ESTUDIO ECUAVISA GUAYAQUIL.....	207
5.1	RED DE VÍDEO.....	209
5.2.	DVT-45 "GEMINI".....	209
5.3.	ESQUEMAS DE LA TARJETA DECODIFICADORA Y CODIFI- CADORA.....	213
5.4.	SWITCH SW1616 "TRIDENT".....	214
5.5.	ACERCAMIENTO DEL SW1616.....	215
5.6.	SISTEMA DE RADIO ATI.....	220
5.7.	UNIDAD DE RADIO FRECUENCIA (RFU).....	221

5.8.	UNIDAD DE INTERFACE DIGITAL (DIU).....	222
5.9.	SISTEMA 140 MBPS: ESTACIÓN TERMINAL 2+1.....	228
5.10.	SISTEMA 4X34 MBPS: ESTACIÓN TERMINAL 2+1.....	229
5.11.	SISTEMA 4X34 MBPS: ESQUEMA DE BLOQUES DEL MÓ- DEM TERMINAL CMF 62/16 (SECCIÓN TX).....	232
5.12.	SISTEMA 140 MBPS: ESQUEMA DE BLOQUES DEL MÓ- DEM TERMINAL CMF 62/16 (SECCIÓN TX).....	233
5.13.	SISTEMA 4X34 MBPS: ESQUEMA DE BLOQUES DEL MÓ- DEM TERMINAL CMF 62/16 (SECCIÓN RX).....	233
5.14.	SISTEMA 140 MBPS: ESQUEMA DE BLOQUES DEL MÓ- DEM TERMINAL CMF 62/16 (SECCIÓN RX).....	234
5.15.	PLAN DE FRECUENCIA DE LA CCIR EN LA BANDA DE 4 GHZ..	237
5.16.	VISTA FRONTAL DE LA RADIO .....	239
5.17.	DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN SISTEMA DE RADIO DIGITAL .....	240
5.18.	DIAGRAMA DE BLOQUES DE UNA ESTACIÓN TERMINAL EN CONFIGURACIÓN DE RESPALDO CON DIVERSIDAD DE ESPACIO (DOS ANTENAS).....	244
5.19.	CONFIGURACIÓN TÍPICA PROTEGIDA 1+1 .....	244
5.20.	CONFIGURACIÓN TÍPICA N+1 PROTEGIDA .....	245
5.21.	CONFIGURACIÓN EN DIVERSIDAD DE ESPACIO CON COMBI- NADOR IF .....	246
5.22.	MÓDEM DE FIBRA FOM E3/T3 .....	251
5.23.	APLICACIONES DE FOM E3/T3 .....	253
5.24.	SOFTWARE BSC ATLAS .....	268
6.1.	BER VS. NIVEL DE CAMPO RECIBIDO.....	271
6.2.	CONEXIÓN DEL DVT45 A LA TOMA DE ENERGÍA .....	276
6.3.	ESQUEMA DE CONEXIÓN DE LOS MÓDULOS DE ENERGÍA Y DE LA TARJETA CONTROLADORA DEL DVT45 .....	276

6.4.	ESQUEMA DE CONEXIÓN DE LAS TARJETAS CODIFICADORA Y DECODIFICADORA DEL DVT45 .....	277
6.5.	ESQUEMA DE CONEXIÓN DE LAS ENTRADAS/SALIDAS DEL DVT45.....	278
6.6.	ESQUEMA DEL MONTAJE DEL DTM-140 .....	284
6.7.	ESQUEMA DE CONEXIÓN ENTRE SUBBASTIDOR Y BASTIDOR.....	285
6.8.	ESQUEMA DE CONEXIÓN DE LOS CONECTORES COAXIALES A LA REGLETA DEL BASTIDOR.....	286
6.9	ESQUEMA PRUEBA DE EFICIENCIA CON BUCLE Y TODOS LOS TRIBUTARIOS CONECTADOS .....	288

## ÍNDICE DE TABLAS

<u>Número</u>		<u>PÁGS.</u>
1.1.	CANALES DE TELEVISIÓN EN VHF Y SU DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA.....	44
1.2.	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL NTSC.....	52
1.3.	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PAL.....	53
1.4.	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SECAM.....	54
2.1.	ATENUACIÓN EN ESPACIO LIBRE VS. DISTANCIA.....	75
2.2.	CONFIABILIDAD DEL ENLACE.....	77
4.1.	LOCALIDADES ELEGIDAS EN GUAYAQUIL.....	93
4.2.	LOCALIDADES ELEGIDAS EN CUENCA.....	94
4.3.	LOCALIDADES ELEGIDAS EN QUITO.....	94
4.4.	MEDIOS DE TRANSMISIÓN EN GUAYAQUIL.....	103
4.5.	MEDIOS DE TRANSMISIÓN EN CUENCA.....	103
4.6.	MEDIOS DE TRANSMISIÓN EN QUITO.....	104
5.1.	CARACTERÍSTICAS DEL MÓDULO BANDA - BASE.....	230
5.2.	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DEL MÓDEM.....	235
5.3.	CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DEL MÓDEM.....	235
5.4.	DIMENSIONES DE LOS MÓDULOS.....	250
5.5.	UNIDADES DEL DTM-140.....	255
8.1.	COSTO DEL PROYECTO - GUAYAQUIL.....	294
8.2.	COSTO DEL PROYECTO - QUITO.....	294

8.3.	COSTO DEL PROYECTO - CUENCA.....	294
8.4.	COSTO DEL TOTAL DEL PROYECTO .....	295
8.5.	INGRESOS MENSUALES DE ACUERDO AL NÚMERO DE TELEVISORAS .....	296
8.6.	CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN.....	298

## INTRODUCCIÓN

La cantidad de dinero que invierte un canal de televisión al desplazar personal para cubrir eventos noticiosos ocasionales, suele significar un gran costo operativo. No sólo implica el desplazar personal, sino también equipamiento (unidades móviles de transmisión microondas, cámaras, etc.) necesario para realizar su trabajo. Además de esto, la red de microondas de casi todos los canales de televisión de nuestro país sigue siendo analógica y el cambio a digital, para así estar al día con los nuevos estándares, implica más dinero que no necesariamente se tiene para invertirlo.

El objetivo de nuestro proyecto es tratar de resolver este problema con equipos previamente instalados en los lugares donde suelen ocurrir eventos para así evitar el gasto de desplazamiento de equipos. El procesamiento de la señal de vídeo sería digital en todo su recorrido, utilizando para la transmisión entre ciudades a la Red Digital de Microondas de Andinatel y Pacifictel, mediante su canal de reserva.

Nuestro estudio está centrado a dar servicio a las ciudades de Guayaquil, Quito y Cuenca, pero por las bondades de los equipos utilizados y de la red ya existente de las telefónicas del país, se podría dar cobertura nacional.

El mercado potencial se puede definir por medio de la cantidad de empresas televisoras que eventualmente requieren de servicios de transporte de señal para eventos y noticias que son de interés para ellas. Por otro lado se debe definir la inversión para cubrir esta demanda y los puntos de interés que desean comercialmente los canales de televisión para transmitir dicha información.

Con estos puntos de vista, se puede ver que la potencialidad de servicios se ve impactada por la cantidad de horas de conexión que se puede ofrecer a varios canales de televisión, de manera que puedan operar con transmisión de eventos propios o compartidos, con una definición de alta calidad de imagen y sonido, de modo que puedan procesar la información, y así, incorporar sus propios comerciales y avisos noticiosos.

## CAPÍTULO I

### CONCEPTOS BÁSICOS DE VÍDEO

#### 1.1.- HISTORIA DE LA TELEVISIÓN

##### 1.1.1 Generalidades

La televisión puede definirse como la transmisión de imágenes a distancia. Esta realidad actual fue un sueño durante muchas generaciones y buena prueba de ello es que ya en 1884 Paúl Nipkow emitió su primera teoría relacionada con ello.

Es evidente que la transmisión de una imagen plantea problemas muchos más complejos que la de un sonido. En principio, parece lógico que para emitir correctamente una imagen se suministre información simultánea de todos y cada uno de los puntos que la integran, de forma análoga a como se realiza el proceso de visión óptica. Ante la posibilidad de conseguir un sistema perfecto, se ha ideado un todo que, basado en el suministro de información secuencial, conduce a resultados muy satisfactorios. Para ello ha sido necesario aprovechar la persistencia de imágenes en la retina del ojo humano, es decir, el hecho de que cuando la retina es excitada por una impresión luminosa, ésta no desaparece instantáneamente, sino que lo hace de forma progresiva, aunque durante un corto espacio de tiempo.

El concepto de suministro secuencial de información ha permitido que la transmisión de imágenes se pueda realizar explorando la escena mediante líneas prácticamente horizontales. En esencia, se trata de descomponer cada imagen captada por la lente de

la cámara en una serie de superficies elementales que se exploran mediante un haz electrónico que actúa de forma similar a como lo hace nuestra vista cuando se lee una página impresa.

El primer problema que se plantea es la nitidez de imagen aceptable. Para ello se estima que debe tomarse información, como mínimo de 400.000 puntos por cada imagen. Por otra parte, y con el fin de que con imágenes móviles exista una sensación de continuidad, se ha adoptado la norma de emitir 25 imágenes por segundo.

Conseguida la información secuencial de la imagen a transmitir y convertida esta información en una señal eléctrica, nuevamente debe transformarse en el receptor en una señal óptica. Para ello es necesario que la reproducción en tubo de imagen de todos y cada uno de los puntos de la escena se realice de forma ordenada, en el tiempo y en el espacio. Esto se consigue superponiendo a la señal de imagen otra referencia, llamada de sincronismo. El sincronismo horizontal se utiliza para efectuar un adecuado barrido de cada línea, así como para provocar la conmutación de una línea a la siguiente. El vertical sirve de referencia para realizar el desplazamiento vertical del haz electrónico e iniciar el retroceso del mismo cuando se ha llegado al límite inferior de la imagen.

Emitiendo 25 imágenes por segundo se consigue la sensación de continuidad en escenas móviles; pero en cambio, se observa un modesto parpadeo motivado por el hecho de que la impresión producida en el ojo por la intensidad luminosa de una imagen ha descendido considerablemente cuando se recibe la siguiente. Este mismo efecto se aprecia en una proyección cinematográfica cuando se proyectan 24 fotogramas por segundo, pero sin aumentar el número de líneas; para evitarlo, durante un barrido vertical se exploran las líneas pares y durante las siguientes las impares.

Para garantizar la recepción de una imagen es necesario enviar, por una parte, información de todos y cada uno de los puntos en que se descompone esta señal (señal

de imagen) y, por otra parte, las señales de referencia que permitan recomponer la imagen transmitida (señal de sincronismo). Ambas señales combinadas en una sola, componen la señal de vídeo.

Básicamente, el procedimiento de captación y transmisión de imágenes de televisión es similar en todos los países, pero hay sistemas con ciertas diferencias entre ellos motivadas por exigencias de explotación debidas a razones técnicas, económicas, etcétera.

Lógicamente, hubiera sido muy interesante conseguir el establecimiento de una norma única, ya que de esta manera se facilitaría el intercambio de programas, grabados o en directo, y un mismo receptor podría utilizarse en cualquier lugar del planeta. No obstante, existían ya, en principio, dificultades importantes entre las cuales destaca la distinta frecuencia en el suministro de energía eléctrica (50 Hz en Europa y 60 en USA).

### 1.1.2 Captación de imagen

En los inicios de la televisión se planteó la necesidad primordial de disponer de un sistema adecuado que permitiese el análisis de la secuencia a transmitir. Se propusieron numerosas soluciones mecánicas, algunas de ellas muy ingeniosas pero que adolecían, en general, de la elevada inercia de sus partes móviles y de un deficiente aprovechamiento de la iluminación. En la actualidad, todos los sistemas de captación son totalmente electrónicos. A título de ejemplo se enumeran los tubos de captación de imagen que más se han utilizado.

- El iconoscopio se basa en el principio de emisión fotoeléctrica; el barrido se realiza mediante un haz de electrones rápido; la imagen óptica se proyecta sobre un mosaico constituido por células fotoeléctricas elementales, cada una de las

cuales emiten un cierto número de electrones que originan una señal de imagen correspondiente.

- El orticón es un tubo de rendimiento elevadísimo: el mosaico fotosensible se barre mediante un haz de electrones lento.
- El vidicón es un tubo basado en la fotoconductividad de algunas sustancias, es decir, en la variación de la resistencia de un semiconductor en función de la luz incidente; sus dimensiones son muy reducidas (2,2 cm de diámetro y 13,3 cm de largo). La imagen óptica se proyecta sobre una placa semiconductor que, a su vez es explorada por el lado opuesto mediante un finísimo rayo de electrones. No es útil para la captación de imágenes en las que la iluminación de cada elemento cambia bruscamente, ya que parece un efecto de arrastre detrás de los objetos en movimiento. En cambio, la captación de imágenes, es excelente en los telecines, donde se utiliza con éxito en el análisis de las películas y en las instalaciones industriales, científicas y educativas.
- El plumbicón se basa en el mismo principio que el vidicón, pero en él la plancha fotoconductora - constituida por óxido de plomo- se halla formada por tres capas: la primera, en contacto con la placa colectora, está constituida por un semiconductor; la segunda, por óxido de plomo, y la tercera por otro semiconductor. De esta forma se origina un diodo que se halla polarizado inversamente durante su funcionamiento; debido a ello, la corriente a través de cada célula elemental, en ausencia de luz, es extraordinariamente baja y la sensibilidad del plumbicón, bajo estas características es muy elevada. El plumbicón es de respuesta más rápida que el vidicón, por lo que no presenta el efecto de arrastre; sus características mecánicas y físicas aconsejan su utilización en televisión profesional y, en especial, en cámaras de color.

### 1.1.3 Tubo de imagen

Al igual que para la captación de imagen, en la recepción se utilizaron medios mecánicos que adolecían de análogos defectos, es decir: escaso rendimiento lumínico y elevada inercia de las partes móviles. Pero el tubo de imagen desplazó los otros sistemas.

El tubo de imagen consiste en una ampolla de vidrio en cuyo interior se ha hecho el vacío; en el cuello se fija un cañón emisor de electrones y su parte frontal inferior está cubierta de una capa luminiscente para obtener un rendimiento, estabilidad y tipo de color preestablecido. También es muy importante que la luminiscencia originada por un barrido haya desaparecido prácticamente antes de que se realice el barrido siguiente, pues de lo contrario, al reproducir imágenes en movimiento rápido, se observaría un efecto de arrastre.

El funcionamiento del tubo de imagen es como sigue. Un haz de electrones originado en el cañón, debidamente concentrado y desviado, incide en el cañón, debidamente concentrado y desviado, incide a gran velocidad sobre un elemento de la pantalla provocando la iluminación del mismo. La concentración del haz se realiza mediante una lente electrónica y su intensidad se regula a través de un electrodo en función de la señal de vídeo recibida del emisor. El desplazamiento del haz, tanto en sentido horizontal como vertical, se realiza mediante campos electromagnéticos perpendiculares que en ambos casos; se hallan gobernados por los impulsos de sincronismo superpuestos a la señal de imagen.

## 1.2 FUNDAMENTOS DE LAS SEÑALES DE TELEVISION

### 1.2.1 Barrido y blanqueo de imágenes

En un sistema de audio la voz es transformada a señales eléctricas a través de un micrófono. Esta energía eléctrica es nuevamente convertida en sonido mediante un parlante. De manera similar, en una sistema de Televisión las ondas de luz (que forman una imagen) son detectados por una cámara de televisión y convertidas a energía eléctrica; más adelante se convierten en imágenes por medio de un tubo de rayos catódicos.

El corazón de una cámara de televisión es un tubo de rayos catódicos. La luz desde la escena visual impacta en el tubo de la misma manera que impacta en nuestros ojos. Diferentes objetos proporcionan diferentes intensidades de luz, un objeto oscuro envía menos intensidad lumínica a la cámara que objetos brillantes. El TRC (tubo de rayos catódicos) *genera un flujo de electrones que recorren la cara del tubo. El movimiento del flujo de electrones detecta la imagen en frente de la cámara y la convierte en una representación eléctrica de imagen. Un campo magnético es usado para mover el flujo electrónico que rastrea a través de la pantalla de la cámara una línea a la vez.*

Una imagen grabada por una cámara tiene una cantidad infinita de variaciones de luz que es captura por el TRC. Este los traslada a niveles muy diferentes de voltajes eléctricos que son generados, cada voltaje correspondiente a la cantidad de luz en la imagen. Estas variaciones eléctricas forman una señal analógica, que está constantemente cambiando, respondiendo a la cantidad que es detectada por el TRC.

Esta señal puede ser llevada a un tubo de imágenes (TV) para una reproducción de la imagen original. Un tubo de imágenes es otro TRC pero que cambia de acuerdo a la intensidad eléctrica entrante para producir una imagen de televisión. El cátodo del

tubo de imágenes genera un flujo de electrones que recorre la pantalla para reproducir la imagen. De la misma forma que la cámara, un campo magnético causa que el flujo recorra la cara de la pantalla de izquierda a derecha. Esta señal de vídeo es mucho más amplia que una señal de audio debido a que la cantidad de información a ser transmitida de una imagen es mucho mayor. (especialmente si las señales de vídeo transmiten color).

La transmisión a color está compuesta de tres colores primarios: rojo, azul y verde. Estos tres colores pueden recrear toda la información de color de cualquier imagen. La cámara de televisión contiene tubos que capturan la intensidad de cada color primario de una imagen. Esta información de color es llamada crominancia y con la información de luminancia requerida en una imagen blanco y negro será transmitida en forma de energía eléctrica a un tubo de imágenes.

El flujo de electrones debe recorrer la cara de la cámara y el tubo de imágenes de manera precisa y coordinada. Este proceso de barrido es llamado "barrido entrelíneas". El flujo se mueve de izquierda a derecha y de arriba abajo. Este es llamado rastreo horizontal. Actualmente este rastreo no es realizado en línea recta. El flujo de se mueve de izquierda a derecha en un ligero ángulo de inclinación. El rastreo toma lugar línea por línea.

En televisión el problema central es la transmisión de imágenes visuales mediante señales eléctricas. La imagen, o cuadro se puede considerar como un cuadrado subdividido en varios cuadrados pequeños que se conocen como elementos. Un gran número de elementos del cuadro en una imagen significa una reproducción más nítida (mejor resolución) en el receptor (figura 1.1).

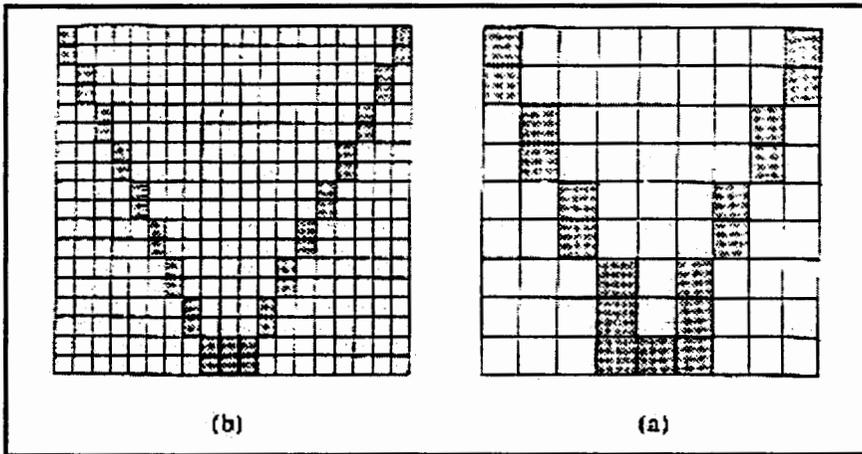


Fig. 1.1 Efecto del número de elementos de imagen sobre la resolución

La información de todo el cuadro se transmite mediante una señal eléctrica proporcional al nivel de brillantes a los elementos del cuadro, tomados en una cierta sucesión. Comenzamos desde el vértice superior izquierdo, con el elemento numero uno y exploramos la primera línea del elemento (figura 1.2); después, volvemos al inicio de la segunda línea, la exploramos y continuamos de esta forma hasta terminar con la última línea. La señal eléctrica así generada durante todo el intervalo de barrido contiene la información de la figura.

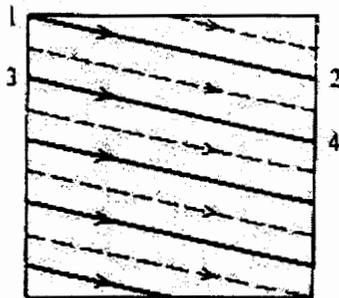


Fig. 1.2 Patrón de barrido

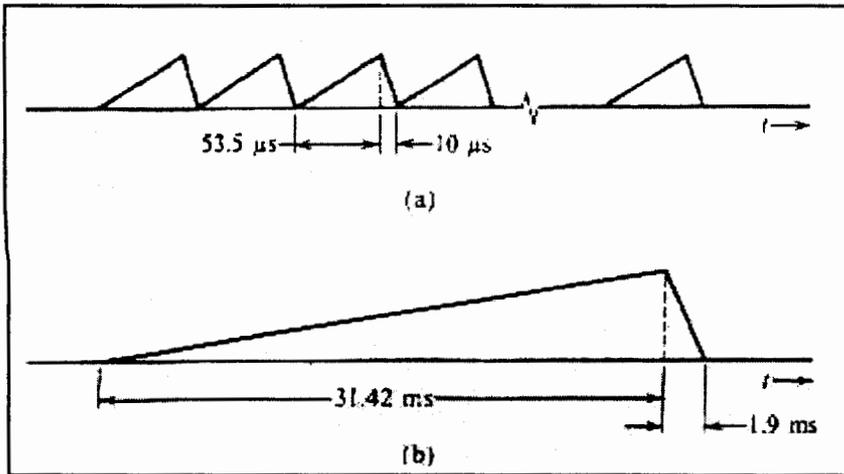


Fig. 1.3 a) Señal de deflexión horizontal b) Señal de deflexión vertical

La imagen se produce mediante el tubo de la cámara de televisión. Existe una variedad de tubos de cámara. El orticón de imagen es un ejemplo. En esta válvula el sistema óptico genera una imagen enfocada sobre un fotocátodo que produce una imagen cargada eléctricamente sobre otra superficie que se conoce como mosaico. Lo que esto significa es que todos los puntos de la superficie del mosaico adquieren carga eléctrica positiva proporcional a la brillantez de la imagen. Así, en lugar de una imagen de luz obtenemos una imagen de carga. Un cañón electrónico barre la superficie del mosaico con un haz de electrones en la forma que se muestra en la figura 1.2. El haz se controla mediante voltajes entre las placas de deflexión horizontal y vertical. A estas placas se aplican señales periódicas de diente de sierra (figura 1.3).

El haz barre la línea horizontal 1-2 en 53.5 microsegundos y rápidamente regresa en 10 microsegundos hacia la izquierda al punto 3 y barre la línea 3-4, y así sucesivamente. Sobre el mosaico donde existe una carga positiva alta (que corresponde a un nivel de brillantes más alto), se absorberá más electrones del haz, y el haz de retorno tendrá menos electrones, dando una corriente menor. Las áreas que corresponden a los elementos más oscuros (menor carga positiva) retornarán una gran

corriente. Las líneas de barrido no son perfectamente horizontales, sino que presentan una pequeña pendiente hacia abajo, ya que durante la deflexión horizontal, el haz recibe también una deflexión continua hacia abajo debido a una señal de deflexión vertical más lenta (figura 1.3b). Cuando todas las líneas horizontales han sido recorridas en 31.42 milisegundos, la señal de deflexión vertical va hacia cero, lo que significa que el haz regresa al punto uno otra vez y se encuentra en condiciones de iniciar el siguiente cuadro.

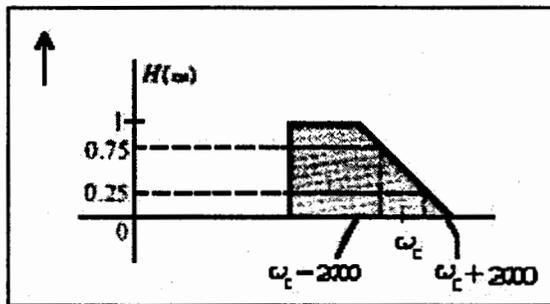


Fig. 1.4 Función de transferencia de filtro residual

El barrido es continuo a razón de 60 cuadro por segundo. La señal eléctrica que así se genera es una señal de vídeo que corresponde a la imagen visual. Esta señal, con algunas modificaciones modula en BLR a la portadora de vídeo de frecuencia  $f_c$  figura 1.4. Esta portadora se transmite con la portadora de audio modulada en frecuencia de frecuencia  $f_\alpha$ , que es 4.5 MHz más alta que la frecuencia de la portadora de vídeo  $f_c$ , esto es  $f_\alpha = f_c + 4.5 \text{ MHz}$ .

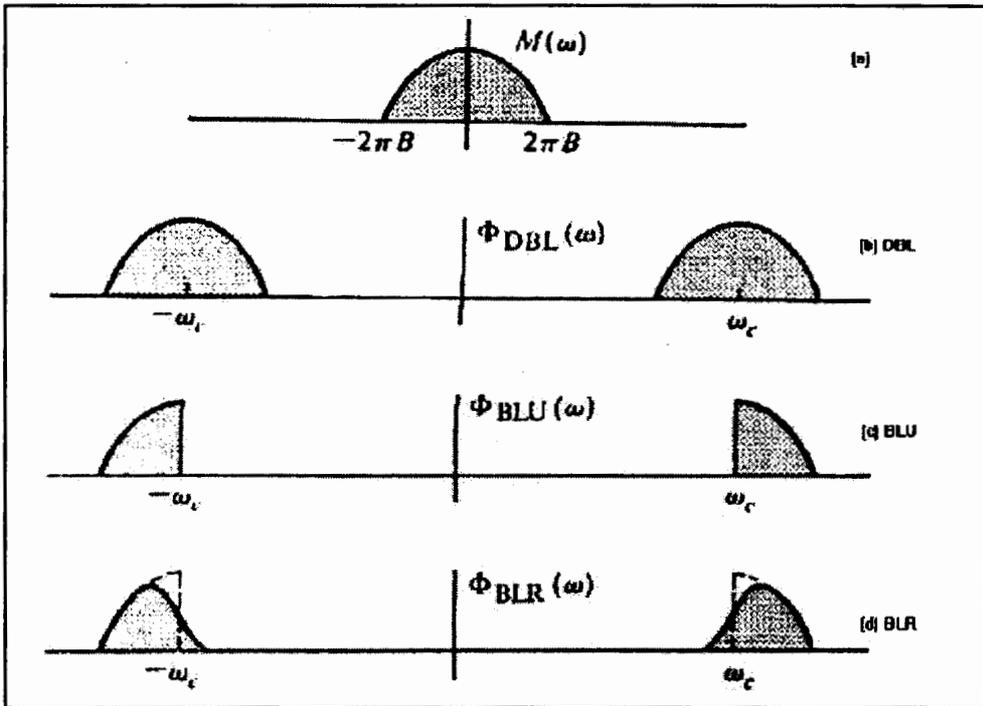


Fig. 1.5. Espectros de la señal moduladora y de las señales DBL, BLU, BLR correspondientes

El receptor es similar a un osciloscopio. Un cañón electrónico que tiene placas de deflexión horizontal y vertical genera un haz de electrones que barre la pantalla siguiendo exactamente el mismo patrón y en sincronización con el barrido en el transmisor. Cuando el haz electrónico regresa horizontalmente, después de completar cada línea horizontal, dejará un trazo indeseable de regreso sobre la pantalla. Para evitar esto se agrega un pulso de blanqueo (que se conoce como pulso de blanqueo horizontal) durante el intervalo de regreso (que ocurre al final de cada barrido horizontal). En forma similar se agrega un pulso de blanqueo vertical al fin de cada barrido vertical para eliminar el trazo vertical indeseable. Estos pulsos de blanqueo se agregan en el transmisor. Necesitamos también agregar información de sincronización en el transmisor. Esto se realiza agregando un pulso grande a cada pulso de blanqueo.

En la figura 1.6 se muestra una señal típica de vídeo. Es evidente que a través de todo intervalo de regreso el pulso de blanqueo (a nivel negro) eliminará al trazo. En forma similar, se agregan pulsos de blanqueo vertical y de sincronización (que son muchos más anchos que los pulsos horizontales correspondientes) a la señal de vídeo al final de cada barrido vertical.

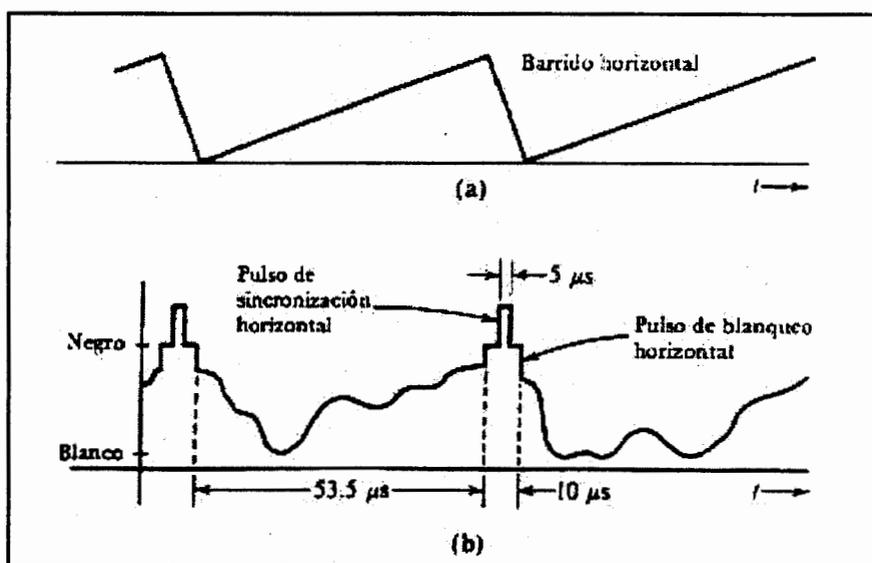


Fig. 1.6 Señal de vídeo de TV

La señal de vídeo es ahora BLR + P modulada (figura 1.7) y se transmite junto con la señal de audio modulada en frecuencia.

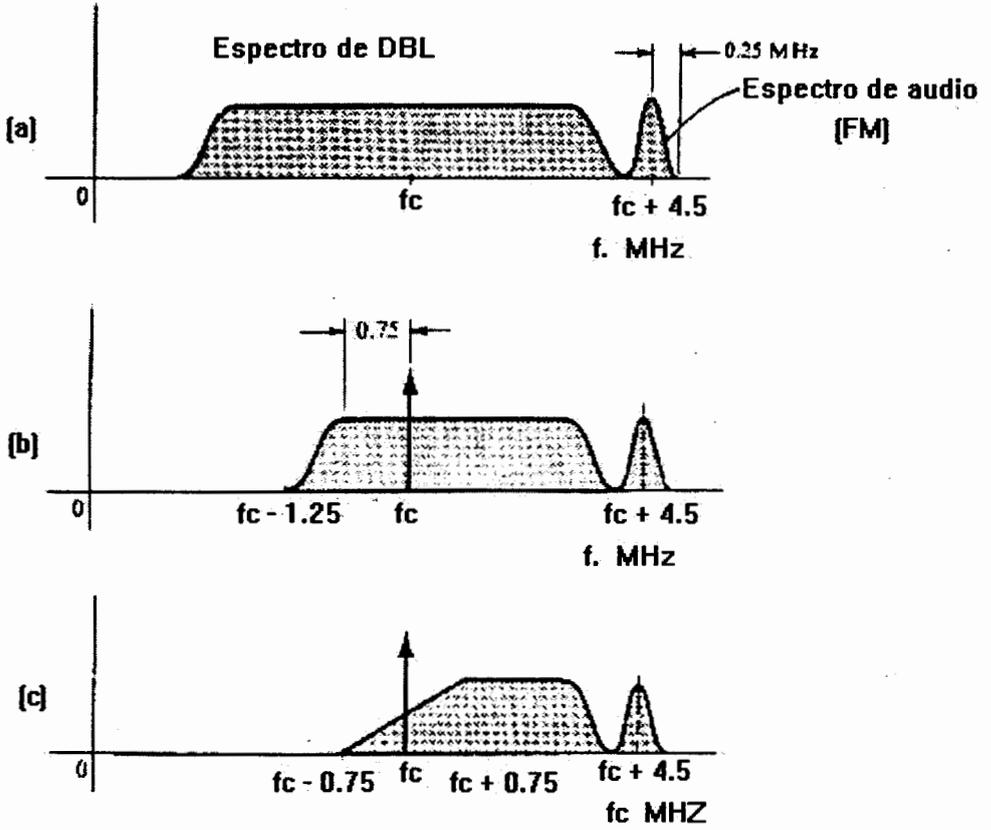


Fig. 1.7 Espectros de señal de TV. a) Señal DBL b) Señal transmitida c) Señal de salida del filtro residual del receptor

En la figura 1.8 se muestra el diagrama de bloques del transmisor.

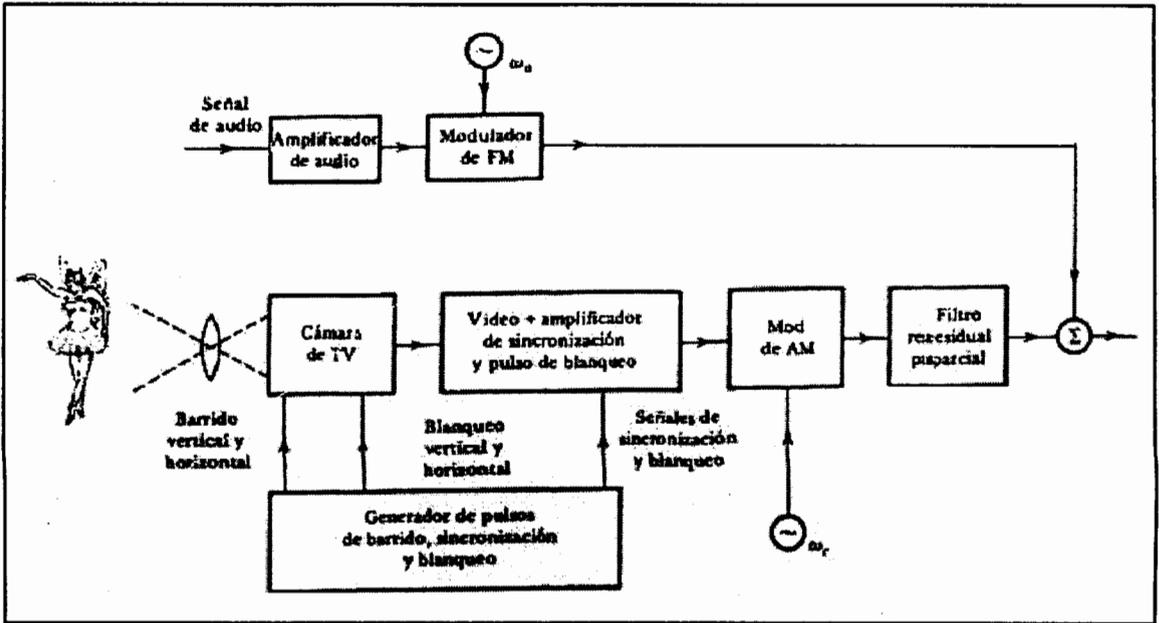


Fig. 1.8. Transmisor de TV

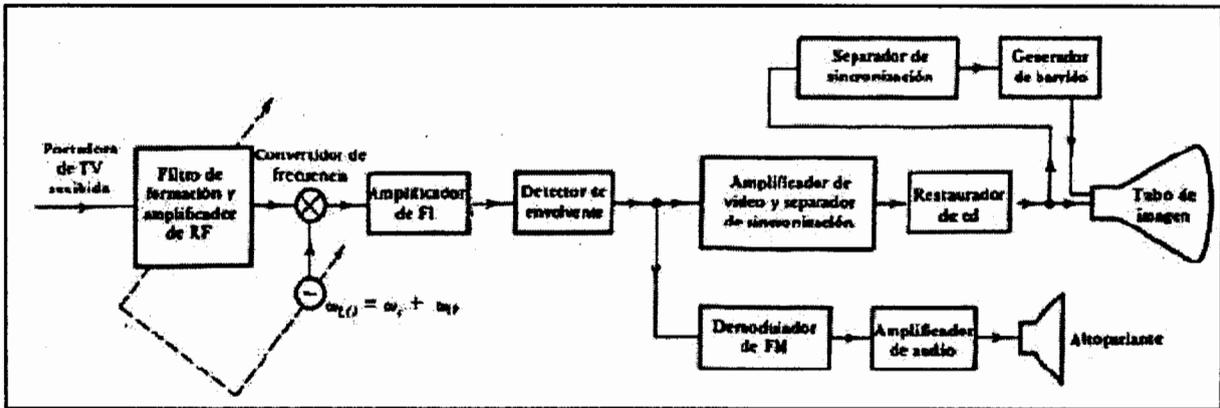


Fig. 1.9. Receptor de TV

El diagrama de bloques del receptor aparece en la figura 1.9 este es un receptor superheterodino y se utiliza por las mismas razones que se emplean los receptores de radio superheterodino (figura 1.10).

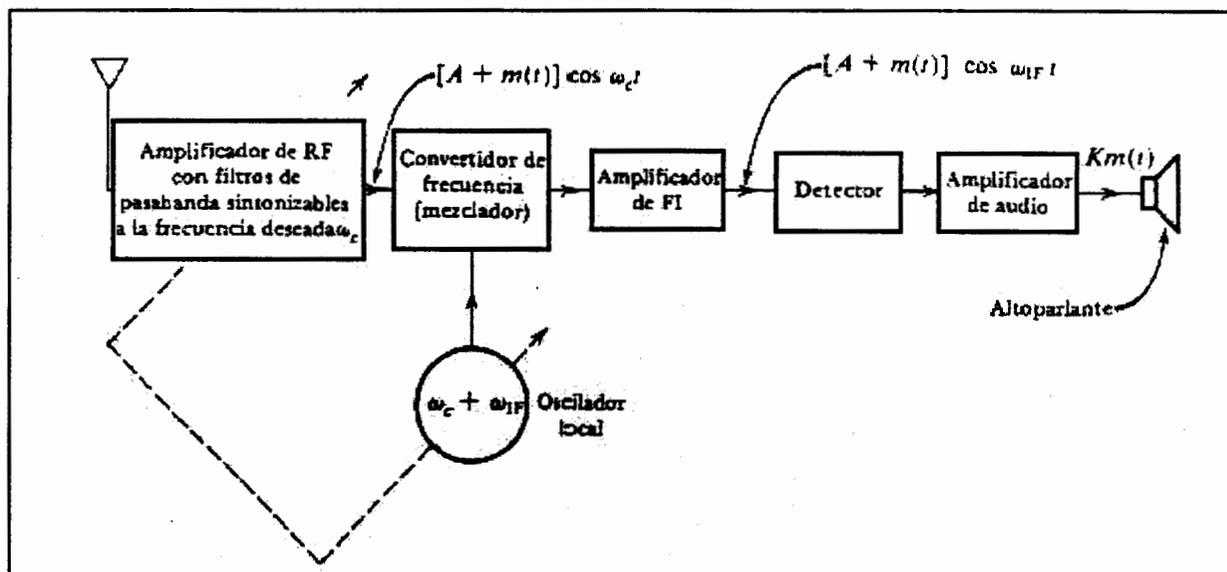


Fig. 1.10. Receptor Superheterodino

El convertidor traslada todo el espectro (tanto vídeo como audio, modulado en frecuencia) a la frecuencia IF. Esta señal ahora se amplifica y se detecta por el envolvente. La señal de audio tiene aún formas modulada en frecuencia con una portadora de 4.5 MHz. Se le separa y demodula, la señal de vídeo se amplifica los pulsos de sincronización se separan y se aplican a los generadores de barridos horizontal y vertical. La señal de vídeo se engancha a los pulsos de blanqueo y se aplica en seguida al tubo de imagen.

### 1.2.2 Consideraciones acerca del ancho de banda

El número de líneas horizontales que se usan en Estados Unidos es de 495 por cuadro. El tiempo que se requiere para el trazo vertical al final del barrido es equivalente al que se requiere para 30 líneas horizontales. En consecuencia se considera que cada cuadro tiene un total de 525 líneas (625 en Europa) fuera de las cuales solo 495 son activas. Las imágenes deben transmitirse en una rápida sucesión de cuadros con el fin de crear la ilusión de continuidad y evitar el parpadeo así como el movimiento

discontinuo que se ve en las viejas películas. Gracias a la propiedad de la retina de retener una imagen por un breve periodo aún después que el objeto se ha movido, es necesario transmitir unas 40 imágenes o cuadros por segundo. En la televisión se transmiten solo 30 cuadros por segundo con el fin de conservar el ancho de banda.

Para eliminar el efecto de parpadeo que ocasiona el bajo índice de cuadros, el barrido de las 495 líneas se efectúa en 2 patrones sucesivos. En el primer patrón de barrido (llamado primer campo), toda la imagen se explora usando solo 247.5 líneas (las líneas sólidas que aparecen en la figura 1.2). En el segundo patrón de barrido (o segundo campo), la imagen se explora otra vez usando 247.5 líneas entrelazadas con las líneas del primer campo (líneas de guiones en la figura 1.2). Los 2 campos juntos constituyen una imagen completa, o cuadro. Entonces, en realidad existen solo 30 cuadros completos por segundo, y un total equivalente de  $525 \times 525 \times 30 = 8.26 \times 10^6$  elementos de imagen por segundo (en realidad, la relación de la anchura de la imagen a su altura es de 4/3, en consecuencia el número de elementos de imágenes aumentará por un factor de 4/3; pero este factor casi se cancela debido a que el patrón de barrido no se alinea en forma perfecta con el patrón de cuadrícula de la figura 1.1 reduciéndose de esta forma la resolución por un factor de 0.70 denominado factor de Kent). Podemos estimar el ancho de banda de transmisión de una señal de vídeo si observamos que transmitir una señal de vídeo equivale a transmitir  $8.26 \times 10^6$  segmentos de información por segundo. En consecuencia el ancho de banda teórico que se requiere es la mitad de este, es decir 4.13 MHz.

### 1.2.3 El espectro de vídeo

Para comenzar, consideremos un caso simple de transmisión de una imagen fija. El proceso de exploración estudiado anteriormente equivale a explorar un arreglo de la misma imagen que se repite en ambas direcciones como se muestra en la figura 1.11.

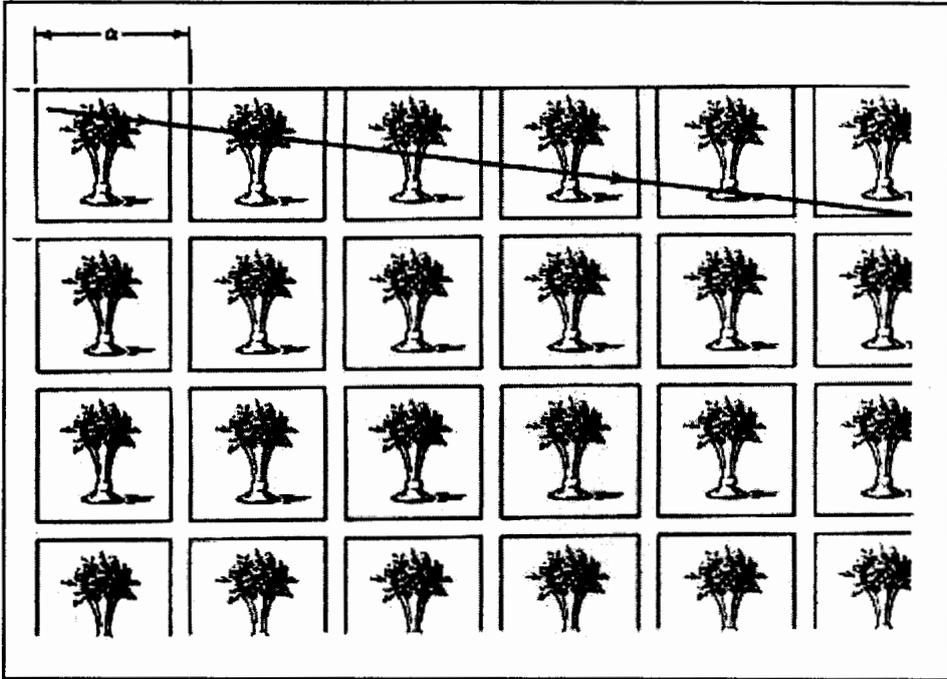


Fig. 1.11 Modelo para proceso de barrido utilizando campos de imágenes doblemente periódicos

El nivel de brillantes  $b$  de esta figura es una función de  $X$  (horizontal) y de  $Y$  (vertical) y puede expresarse como  $b(X,Y)$ . Ya que la figura se repite tanto en la dirección  $X$  como en la  $Y$ ,  $b(X,Y)$  es una función periódica tanto de  $X$  como de  $Y$ , con periodos de  $\alpha$  y  $\beta$  respectivamente. En consecuencia,  $b(X,Y)$  se puede representar mediante una serie de Fourier de 2 dimensiones con las frecuencias fundamentales  $2\pi/\alpha$  y  $2\pi/\beta$  respectivamente.

$$b(X,Y) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} \sum_{n=-\infty}^{\infty} B_{mn} \exp(j2\pi(mX/\alpha + nY/\beta))$$

Si el haz de exploración se mueve con una velocidad  $V_x$  y  $V_y$  en las direcciones  $X$  y  $Y$ , respectivamente, entonces  $X=V_x t$  y  $Y=V_y t$ , y la señal de vídeo  $e(t)$  es igual a:

$$e(t) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} \sum_{n=-\infty}^{\infty} B_{mn} \exp(j2\pi((mV_x/\alpha)t + (nV_y/\beta)t))$$

Pero  $\alpha/V_x$  es el tiempo que se requiere para explorar una línea horizontal, y  $\beta/V_x$  es el tiempo requerido para recorrer la imagen completa.

$$\alpha/V_x = 1/(30 \times 525) \quad \text{y} \quad \beta/V_x = 1/3 \quad \text{y}$$

$$e(t) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} \sum_{n=-\infty}^{\infty} B_{mn} \exp(j2\pi((15750m)t + (30n)t))$$

La señal de vídeo es periódica con las fundamentales  $f_h = 15.75$  KHz (frecuencia de barrido horizontal) y  $f_v = 30$  Hz. Las armónicas están espaciadas a intervalos de 15.75 KHz, y alrededor de cada armónica se agrupa un satélite de armónicas con separación de 30 Hz como se muestra en la figura 1.12.

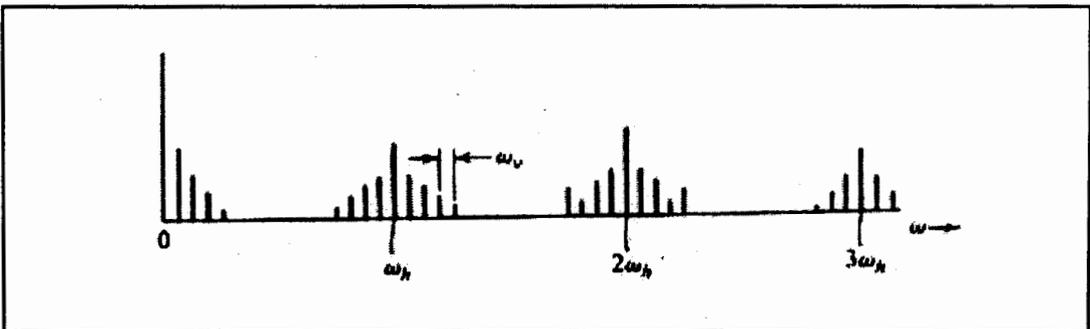


Fig. 1.12. Espectro de la señal de vídeo monocromática

Este espectro se derivó de la transmisión de una figura fija. Cuando ocurre movimiento o cambio de cuadro a cuadro, la función  $b(X,Y)$  no será periódica, y el espectro no será un espectro lineal sino que tendrá dispersión o manchas. Pero aún existe espacios vacíos entre las armónicas de  $f_h$  (15.75 KHz). Aprovechamos estos espacios para transmitir la información adicional de una señal de televisión a color a través del mismo ancho de banda

La FCC permite un ancho de banda de 6 MHz para la difusión de TV, con las posiciones de las frecuencias como se muestra a continuación:

Número de canal	Banda de frecuencia (MHz)
VHF 2, 3, 4	54 – 72
VHF 5, 6	76 – 88
VHF 7- 13	174 - 216
VHF 14 – 83	470 – 890

TABLA 1.1 Canales de televisión en VHF y su distribución de frecuencia

#### 1.2.4 Televisión de color compatible

Todos los colores pueden sintetizarse mediante la mezcla de los 3 colores básicos: azul, amarillo, rojo, en las cantidades correctas. En televisión en lugar de ellos se usa el azul, el verde (combinación de azul y amarillo) y el rojo, por la razón práctica de la disponibilidad de sustancias fosfóricas que brillan con estos colores cuando son excitadas por una haz electrónico.

En las cámaras de televisión de color, el sistema óptico resuelve la imagen en tres imágenes de colores primarios (rojo, verde y azul). Un juego de 3 tubos de cámara producen 3 señales de vídeo  $m_r(t)$ ,  $m_g(t)$ , y  $m_b(t)$  a partir de estas imágenes.

Podríamos transmitir las tres señales de vídeo y sintetizar la imagen de color en el receptor a partir de las 3 señales. Sin embargo esto da lugar a 2 dificultades. Requiere el triple de ancho de banda de la televisión monocromática y, en segundo lugar no es compatible con el sistema monocromático existente ya que una televisión monocromática recibirá sólo uno de los colores primarios.

Estos problemas se resuelven mediante el matizado de la señal. La información acerca de  $m_r(t)$ ,  $m_g(t)$ , y  $m_b(t)$  se puede transmitir mediante tres señales, cada una de las cuales es una combinación lineal de  $m_r(t)$ ,  $m_g(t)$ , y  $m_b(t)$  siempre que las tres combinaciones sean linealmente independiente. De este modo podemos transmitir las señales  $m_Y(t)$ ,  $m_I(t)$  y  $m_Q(t)$  dadas por:

$$m_Y(t) = 0.3m_r(t) + 0.59m_g(t) + 0.11m_b(t)$$

$$m_I(t) = 0.6m_r(t) - 0.28m_g(t) - 0.32m_b(t)$$

$$m_Q(t) = 0.21m_r(t) - 0.52m_g(t) + 0.31m_b(t)$$

Las señales  $m_r(t)$ ,  $m_g(t)$ , y  $m_b(t)$  están normalizadas a un valor máximo de 1 de manera que cada una de estas amplitudes de señal se encuentren en el rango de 0 a 1. En consecuencia  $m_Y(t)$  será siempre positiva, mientras que  $m_I(t)$  y  $m_Q(t)$  son bipolares. La señal  $m_Y(t)$  se conoce como la señal de luminancia ya que se ha encontrado que esta combinación particular de las tres señales de los colores primarios casi es igual a la luminancia de la señal de vídeo monocromática convencional. En consecuencia un aparato de blanco y negro necesita usar sólo esta señal para su operación.

Las señales  $m_I(t)$  y  $m_Q(t)$  se conocen como señales de crominancia. Podrían haberse elegido otras combinaciones en lugar de  $m_I(t)$  y  $m_Q(t)$ ; pero se eligieron esas combinaciones debido a que utilizan con eficiencia ciertas características de la visión humana.

### 1.2.5 Señales de multiplexión de crominancia y luminancia.

La señal de luminancia (señal Y) se transmite como una señal de vídeo monocromática que ocupa un ancho de banda de 4.2 MHz. Las señales de crominancia (señales I y Q) tienen también el mismo ancho de banda (4.2 MHz cada una). Sin embargo, pruebas subjetivas han demostrado que el ojo humano no percibe cambios en crominancia (tinte y saturación) sobre áreas pequeñas. Esto significa que podemos cortar componentes de alta frecuencia sin afectar la calidad de la imagen ya que el ojo no las habría percibido de cualquier manera. Esto permite limitar los anchos de banda de las señales I y Q a 1.6 y 0.6 MHz, respectivamente. La señal Q y la porción entre 0 y 0.6 de la señal I se envían mediante MAC, mientras que  $m_{IH}(t)$ , la porción de 0.6 a 1.6 MHz de la señal Y se envían mediante la BLI (fig. 1.13 y 1.14). La subportadora tiene frecuencia  $f_{cc}=3.583125$  MHz. De este modo la señal Q modulada es  $x_Q(t) = m_Q \text{sen}(\omega_{cc}t)$ .

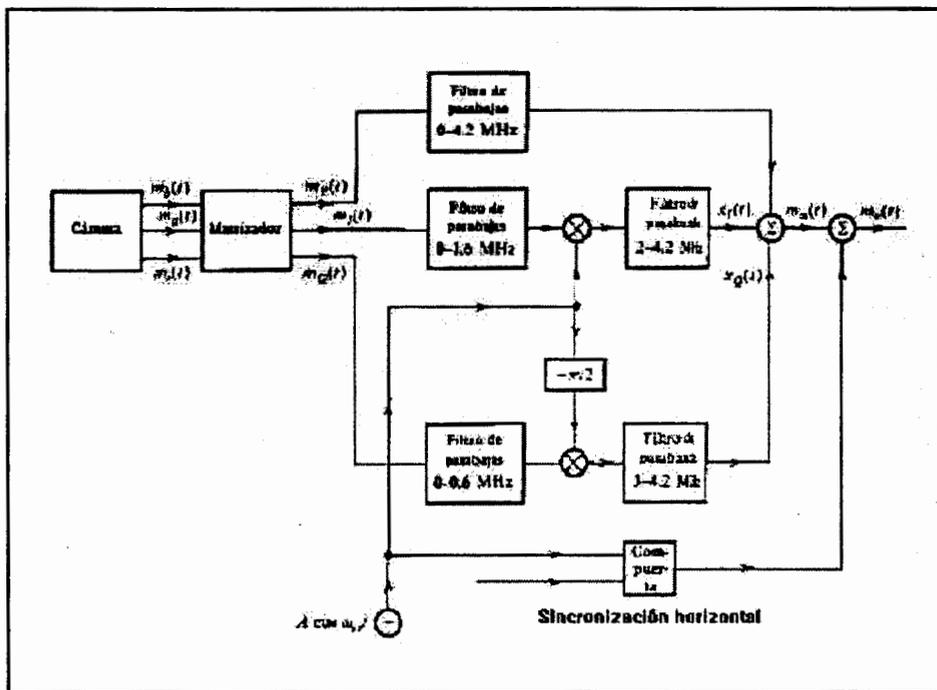


Fig. 1.13. Señal de multiplexión de luminancia y crominancia

La señal I modulada es:

$$x_I(t) = \underbrace{[m_I(t) - m_{IH}(t)] \cos(\omega_{cc}t)}_{\text{DSB(QAM)}} + \underbrace{m_{IH}(t) \cos(\omega_{cc}t) + m_{IHh}(t) \sin(\omega_{cc}t)}_{\text{LSB}}$$

$$= m_I(t) \cos(\omega_{cc}t) + m_{IHh}(t) \sin(\omega_{cc}t)$$

La señal multiplexada compuesta  $m_v(t)$  es:

$$m_v(t) = m_Y(t) + m_Q(t) \sin(\omega_{cc}t) + m_I(t) \cos(\omega_{cc}t) + m_{IHh}(t) \sin(\omega_{cc}t)$$

Además, una muestra de la subportadora (estallido de color) se agrega a la señal multiplexada anterior para sincronización de frecuencia y de fase de la subportadora generada localmente en el receptor. El estallido de color se agrega sobre el borde de salida del pulso de blanqueo horizontal. La señal de vídeo compuesta  $m_v(t)$  se envía ahora mediante sobre BLR+P.

### 1.2.6 El receptor de TV

Ya que el sistema de TV de color es compatible con los receptores monocromáticos, veamos que sucede si aplicamos la señal  $m_v(t)$  a un tubo de imagen monocromática. Puede parecer necesario eliminar las señales de crominancia  $m_v(t)$  antes de aplicarla al tubo de imagen. Afortunadamente esto no es necesario porque la interferencia de las señales de crominancia con la señal de luminancia, aunque presentes en la pantalla, es prácticamente invisible para el ojo humano. Esto sucede por el modo en que las señales de crominancia se entrelazan en el dominio de la frecuencia y debido a la persistencia de la visión humana que tiende a promediar la brillantez tanto a través del tiempo como del espacio.

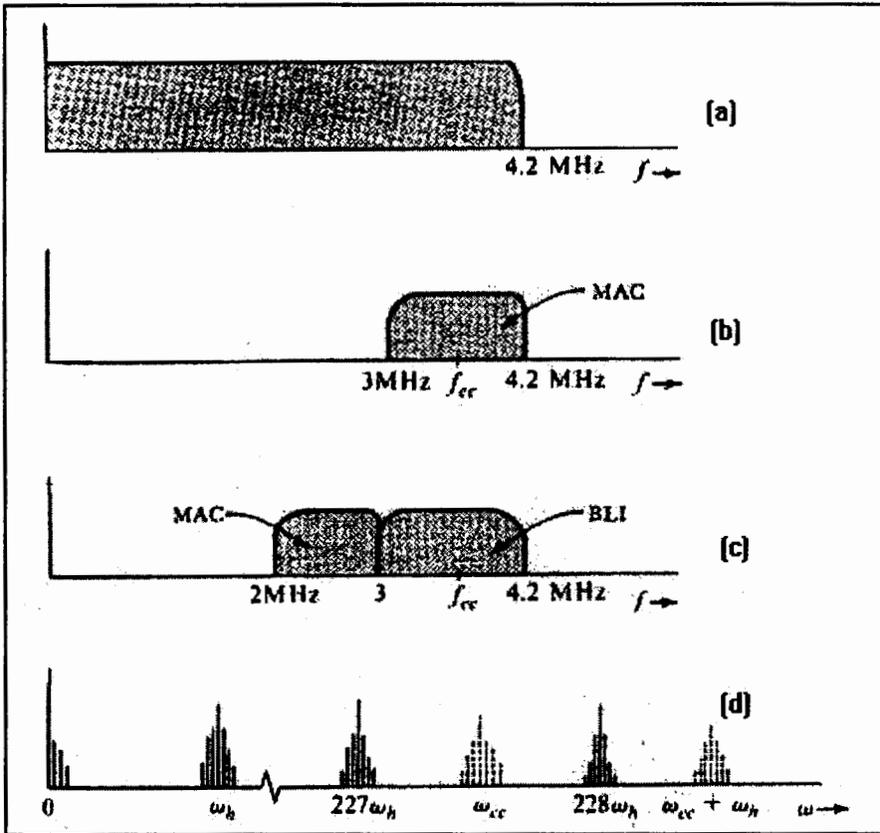


Fig. 1.14 a) Banda ocupada por  $m_y(t)$ . b) Banda ocupada por  $m_Q(t)$ . c) Banda ocupada por  $m_I(t)$ . d) Intercalación de los espectros de las señales de crominancia y luminancia.

La señal de crominancia está superpuesta a la señal de luminancia. La figura 1.15 muestra la naturaleza de las señales de crominancia. Recuerde que  $\omega_{cc} = 227.5\omega_h$ . Entonces, durante una línea horizontal habrá 227.5 ciclos de señal de crominancia. En consecuencia, la señal de crominancia cambia continuamente de positiva a negativa y viceversa en la dirección horizontal. Además ya que existen 227.5 ciclos en una línea, si una señal de crominancia se inicia con un ciclo positivo en el comienzo de una línea, terminará con un ciclo positivo al final de ella. La siguiente línea horizontal comenzará con un ciclo negativo de la señal de crominancia (figura 1.15). Por lo tanto, en cualquier cuadro dado, la señal de crominancia no sólo invierte su fase a lo largo de la dirección horizontal (X) sino también invierte su fase a lo largo de la dirección vertical (Y) (sobre la siguiente línea horizontal). Pero esto no es

todo. Durante un campo la señal de crominancia completa (227.5)(525) ciclos y regresa a una posición dada durante el siguiente campo con polaridad opuesta. Por lo tanto, las señales de crominancia invierte la fase en forma espacial (en las direcciones horizontal y vertical) tanto como en forma temporal a una posición dada. Gracias a que el ojo humano no es sensible a la variaciones rápidas del tiempo ni a las variaciones rápidas del espacio, puede notar sólo los promedios de tiempo y espacio. Esto hace a las señales de crominancia prácticamente invisible al ojo humano. De esta forma toma la señal de color es compatible con un receptor monocromático sin modificación alguna.

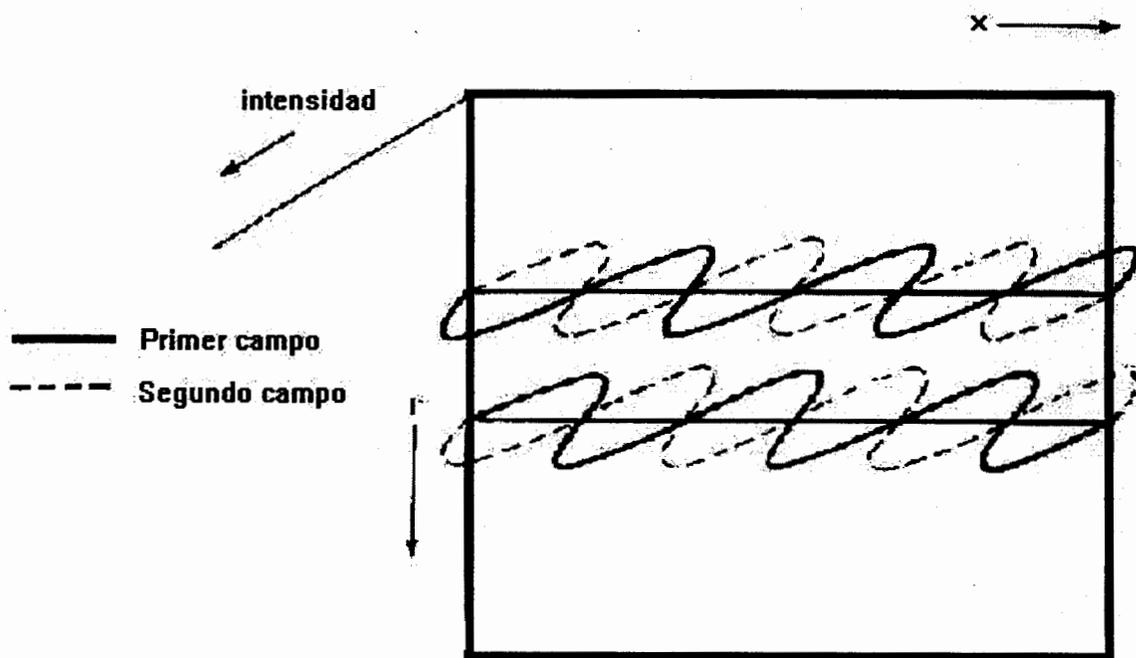


Fig. 1.15. Inversiones de fase temporal y espacial de señales de crominancia

### 1.2.7 Demultiplexión de crominancia y luminancia

En un receptor a color, la señal recibida es exactamente demodulada como en el caso monocromático. Esto da como resultado  $m_V(t)$ . Esta señal debe ahora ser demultiplexada para separar  $m_Y(t)$ ,  $m_I(t)$  y  $m_Q(t)$ . En la figura 1.16 se muestra el esquema de la demultiplexión.

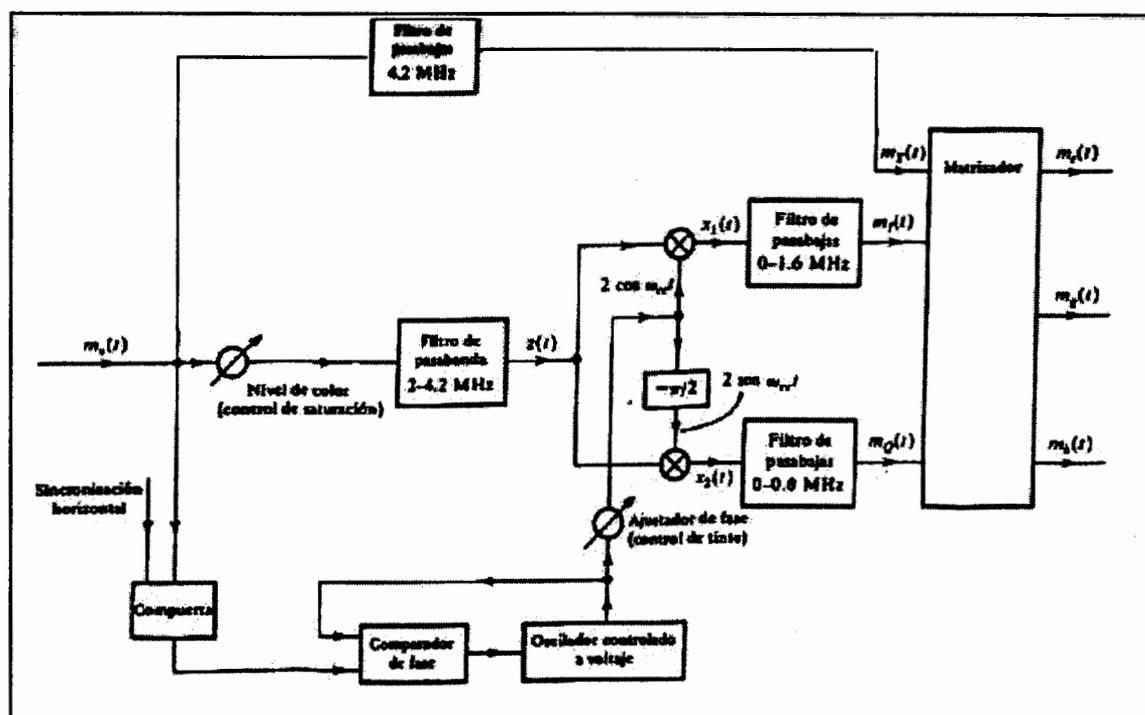


Fig. 1.16. Receptor de TV Color

La salida del filtro de 4.2 MHz contiene a  $m_Y(t)$ , así como a  $m_I(t)$  y  $m_Q(t)$  moduladas (fig. 1.14b y 1.14c). Sin embargo, debido al entrelazado de frecuencias, discutido anteriormente estas señales son prácticamente invisibles. Por lo tanto, las salidas del filtro de 4.2 MHz sirve a la función de  $m_Y(t)$ . En seguida se demodula  $m_v(t)$  utilizando las portadoras en cuadratura de fase. Para determinar las diferentes señales que aparecen en la figura 1.16, se observa que la señal  $z(t)$  en esa figura consta de  $m_I(t)$  y

$m_Q(t)$ , moduladas más la parte de  $m_Y(t)$  en la banda de 2 a 4.2 MHz. Vamos a representar esta componente de alta frecuencia de  $m_Y(t)$  mediante  $m_{YH}(t)$ .

Entonces:

$$z(t) = m_{YH}(t) + m_Q(t) \sin(\omega_{cc}t) + m_I(t) \cos(\omega_{cc}t) + m_{IH}(t) \sin(\omega_{cc}t)$$

De donde

$$X_1(t) = 2m_{YH}(t) \cos(\omega_{cc}t) + m_Q(t) \sin(2\omega_{cc}t) + m_I(t) [1 + \cos(\omega_{cc}t)] + m_{IH}(t) \sin(2\omega_{cc}t)$$

Los términos de doble frecuencia serán suprimidos por el filtro de pasa banda. Además, la señal  $2m_{YH}(t) \cos(\omega_{cc}t)$  será invisible por el efecto de entrelazado de las frecuencias. Esto se debe a que el espectro de esta señal es el espectro de  $m_Y(t)$  corrido a  $\omega_{cc} = 227.5\omega_h$ , y se hará invisible debido al entrelazado de frecuencias ya estudiado. En consecuencia, de 0 a 1.6 MHz da por resultado  $m_I(t)$ . En forma similar la salida del filtro de 0 a 0.6 MHz da por resultado  $m_Q(t)$ . Las tres señales  $m_Y(t)$ ,  $m_I(t)$  y  $m_Q(t)$  son entonces matricizadas para obtener  $m_r(t)$ ,  $m_g(t)$  y  $m_v(t)$ .

Para sincronizar la portadora de color  $\omega_{cc}$  generada localmente, separamos el estallido de color (figura 1.16) y la comparamos con la portadora generada localmente. La diferencia se aplica al oscilador controlado por voltaje que genera a la portadora local. La fase de esta portadora es ajustable. Este es el llamado control de tinte o de matiz.

### 1.3.- ESTÁNDARES DE VÍDEO

Existen en la actualidad tres estándares en el mundo para vídeo compuesta de color codificado: NTSC, PAL y SECAM.

### 1.3.1 NTSC (National Television System Committee)

Fue creado como estándar en USA en 1954. Este estándar se basa en el "National Television System Committee" de la EIA, la organización que define los formatos estándares adoptados por la FCC para difusión de TV. en los Estados Unidos. NTSC es también un estándar utilizado en Japón, Canadá, México y en otros países de América. NTSC es usualmente tomado para describir el sistema de TV. a color NTSC, o sus estándares de interconexión. NTSC corre sobre 525 líneas por segundo, la frecuencia de imagen (cuadro) por segundo es de 29.97. NTSC es también llamado "Vídeo Compuesta" porque toda la información de vídeo (sincronismo, luminancia y color) son combinados en una sola señal analógica. Cuando la difusión de color se convirtió en una posibilidad comercial, el estándar fue creado para permitir que las señales de TV. de color sean compatibles con la TV. existente de blanco y negro. La restricción de compatibilidad con la nueva tecnología resultó en un compromiso de la calidad de la imagen a color. La modulación de color es en QAM. Ancho nominal de la banda lateral principal 4.2 MHz. Ancho nominal de la banda lateral residual es 0.75 MHz.

SISTEMA	NTSC
LINEAS/CAMPO	525/60
FRECUENCIA HORIZONTAL	15.734 KHz
FRECUENCIA VERTICAL	60 Hz
FRECUENCIA DE SUBPORTADORA DE COLOR	3.579545 MHz
ANCHO DE BANDA DE VIDEO	4.2 MHz
PORTADORA DE SONIDO	4.5 MHz

TABLA 1.2 Especificaciones técnicas del NTSC

### 1.3.2 PAL (Phase Alteration by Line)

Fue implementado al comienzo de la década de los años 60. Este estándar se basa en el Phase Alteration by Line. Este estándar de difusión de vídeo es usado en Alemania, Gran Bretaña y en la mayoría de las naciones de Europa del Oeste (excepto Francia). Invertiendo la fase relativa de los componentes de la señal de color en las líneas de rastreo alternado, este sistema evita la distorsión de color que aparece en el NTSC. Utiliza QAM para modulación de color. Dicho de otro modo, PAL se parece al NTSC. Basado en sistemas de poder de 50 Hz, PAL muestra 625 líneas entrelazadas a 50 campos por segundo (25 tramas por segundo). PAL no es compatible con NTSC ni con SECAM, sin embargo la conversión entre los estándares es posible. Los productos de vídeo que se han usado en Europa requieren ser compatibles con PAL. Existen variaciones del sistema PAL: PAL B, G, H - PAL I - PAL D - PAL N - PAL M.

SISTEMA	PAL B,G,H	PAL Y	PAL D	PAL N	PAL M
LINEAS/CAMPO	625/50	625/50	625/50	625/50	525/60
FRECUENCIA HORIZONTAL	15.625 KHz	15.625 KHz	15.625 KHz	15.625 KHz	15.750 KHz
FRECUENCIA VERTICAL	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	60 Hz
FRECUENCIA DE SUBPORTADORA DE COLOR	4.433618 MHz	4.433618 MHz	4.433618 MHz	3.582056 MHz	3.575611 MHz
ANCHO DE BANDA DE VÍDEO	5 MHz	5.5 MHz	6 MHz	4.2 MHz	4.2 MHz
PORTADORA DE SONIDO	5.5 MHz	6 MHz	6.6 MHz	4.5 MHz	4.5 MHz

TABLA 1.3. Especificaciones técnicas del PAL

### 1.3.3 SECAM (Séquentiel Couleur Avec Mémoire)

Es la abreviación de "Séquentiel Couleur Avec Mémoire". Fue introducido en Francia a principio de los años 60. El sistema de color de línea secuencial usado en Francia, Rusia, Europa del Este y algunos países del Medio Este. Como el PAL, el SECAM es basado en sistemas de poder de 50 Hz, mostrando líneas de interlazados a 50 campos por segundo. La información de color es transmitida secuencialmente (R-Y seguida por B-Y, etc.) para cada línea e impartida por una subportadora de frecuencia modulada que evita la distorsión surgida durante la transmisión NTSC. SECAM no es compatible con NTSC ni con PAL, sin embargo la conversión entre los estándares es posible.

SISTEMA	SECAM B, G, H	SECAM D, K, K1, L
LINEAS/CAMPO	625/50	625/50
FRECUENCIA HORIZONTAL	15.625 KHz	15.625 KHz
FRECUENCIA VERTICAL	50 Hz	50 Hz
ANCHO DE BANDA DE VIDEO	5 MHz	6 MHz
PORTADORA DE SONIDO	5.5 MHz	6.5 MHz

TABLA 1.4 Especificaciones técnicas del SECAM

## 1.4 DIGITALIZACIÓN DE SEÑALES DE VIDEO.

### 1.4.1 Ancho de banda

Al principio las señales de televisión de blanco y negro requerían un ancho de banda de 10 MHz. Con la aparición de la TV. color este ancho de banda se incrementó a 40 MHz por el uso de las señales de luminancia y crominancia (verde, rojo y azul). Por el uso de estándares de vídeo (tales como NTSC, PALM, SECAM) este ancho de banda se redujo a 10 MHz. Usando la teoría de las probabilidades este ancho de

banda se reduce aún más, hasta llegar a 6 MHz: 4 MHz para luminancia y 2 MHz para el color.

Para tener una imagen de televisión aceptable se deben alcanzar a recorrer 30 cuadros por segundo con la técnica del entrelazado. Esto en codificación digital equivaldría a 30 tramas por segundos, lo equivale a una tasa de transmisión de 140 Mbps.

140 Mbps es un ancho de banda demasiado grande, por lo que se usa las técnicas de compresión de vídeo. Existen técnicas de compresión propietarias (es decir propias de cada fabricante) y otras que son estándares (es decir normadas por organismos internacionales). Esto es lo que permite la interconexión abierta entre equipos.

El proceso de digitalización de la señal de vídeos es prácticamente el mismo que el del audio digital, y consiste en dos procesos básicos: muestreo y cuantificación.

#### 1.4.2 Muestreo

El proceso es similar al de una película de cine, donde cada cuadro representa una parte de un movimiento fluido. La frecuencia de muestreo equivale a la velocidad de exposición de cada cuadro, determinando así la calidad de la grabación.

Si el muestreo es muy bajo, los cambios rápidos de la señal de entrada no serán grabados o registrados. Para la señal de audio, es común muestrear la señal al doble de la frecuencia más alta, un concepto desarrollado por Nyquist, científico de los laboratorios Bell.

Las frecuencias Nyquist utilizadas para el audio son: 32 KHZ para la transmisión del audio digital; 44.1 para el formato Compact Disc; y 48 KHZ para las grabadoras de audio profesionales.

Mediante la experimentación se obtuvieron los mejores resultados muestreando el vídeo a cuatro veces la señal más alta. Este proceso se conoce como 4x oversampling.

### 1.4.3 Cuantificación

En este proceso, cada muestreo individual es trasladado a valores discretos, mismos que significarán palabras digitales. El número de dígitos o bits de una palabra digital determina el número de diferentes niveles cuantificados. La representación matemática es  $2^x$ , en donde la x es el número de bits en cada palabra. El estándar para el cuantificado de audio es de palabras de 16 bits:  $2^{16} = 65,536$  niveles.

Para el vídeo se utilizan 256 niveles ( $2^8$ ). Cada color RGB es cuantificado en 8 bits, resultando (R8.G8.B8) = 16,000,000 de colores, suficientes para una alta calidad.

Así como para el vídeo analógico compuesto, existe el vídeo digital compuesto; para la señal analógica de vídeo en componentes, también hay un vídeo digital en componentes.

El estándar CCIR601 conocido como 4:2:2, es un estándar de muestreo para la señal de vídeo. El 4 es el oversampling de la señal de luminancia, y el par de 2's es el oversampling para cada señal de color B-Y y R-Y.

Las frecuencias resultantes serán: 13.5MHz: 6.75 MHz: 6.75MHz. El CCIR está diseñado para trabajar con palabras de 8 bits o de 10 bits y es compatible para los sistemas NTSC y PAL.

Al igual que en las otras formas de comunicación electrónica, en la ingeniería de vídeo se adoptan cada vez más las técnicas digitales. La transferencia a la forma digital ocurre en un convertidor analógico digital, en el cual la señal de vídeo

compuesta analógica es muestreada y la amplitud de cada muestra sucesiva se ajusta (es cuantificada) al límite superior o inferior del intervalo entre los niveles binarios.

La señal de color de vídeo compuesta NTSC es normalmente cuantificada en 256 niveles (8 bits). Cada amplitud de la muestra cuantificada es codificada mediante la Modulación de Código de Pulsos (PCM) en un número binario de 8 bits y la sucesión de estos números constituye una sucesión de bits que representa la señal de vídeo en forma digital. La forma analógica es recuperada en un convertidor digital analógico.

Las ventajas de técnica digital se consiguen a costa de que el ancho de banda ocupado por la señal digitalizada es substancialmente mayor. Así en la conversión típica del NTSC de 8 bits, con una velocidad de muestreo 3 veces mayor que la frecuencia de subportadora de crominancia de 3.579 MHz, es decir 10.74 MHz, la velocidad de bit es  $8 \times 10.74 = 85.9$  Mbps. Para evitar la interferencia, el teorema de Nyquist requiere que el ancho de banda no sea menor que la mitad de la frecuencia de bits, es decir 47.95 MHz. Se utilizan bits adicionales para la prueba de paridad y con fines de economía, por lo que el ancho de banda típica de la señal NTSC de 8 bits es aproximadamente 50 MHz.

El uso de filtros con características en peine y de la Modulación Diferencial por Código de Pulsos (DPCM) permite el uso de menores anchos de banda, es decir, frecuencia de muestreos inferiores a las requeridas por el teorema de Nyquist.

## 1.5.- FORMATOS DE COMPRESIÓN DE VÍDEO.

### 1.5.1 Introducción a la compresión

La compresión, es la reducción de la tasa de bits y la reducción de los datos, que básicamente es lo mismo. En esencia la misma información es transportada utilizando una pequeña cantidad o velocidad de datos. En términos de audio el

término compresión tradicionalmente implica un proceso en el cual el rango dinámico del sonido es reducido. En términos digitales compresión significa que la tasa de bits es reducida idealmente dejando la dinámica de la señal sin cambios.

Hay dos razones fundamentales por las que las técnicas de compresión son usadas:

- a. Para hacer posibles ciertos procesos que sin compresión serían impracticables.
- b. Para desarrollar los procesos de una manera más económica.

En un sistema digital PCM la tasa de bits es el producto de la tasa de muestreo y del número de bits en cada muestra, y este producto generalmente es constante. Sin embargo la tasa de información de una señal real varía. La diferencia de la tasa de información y de la tasa de datos es conocida como REDUNDANCIA. Los sistemas de información son diseñados para eliminar esta redundancia. Una manera con la cual se puede lograr esto es el explotar las predicciones estadísticas en las señales. La mayoría de las señales tienen un cierto grado de predictibilidad. Una onda sinusoidal es altamente predecible porque todos los ciclos son iguales. De acuerdo a la teoría de Shannon, cualquier señal que es totalmente predecible no porta información. En el caso de una onda sinusoidal esto es obvio, porque esta solo representa una frecuencia única sin ancho de banda.

Las señales de vídeo existen en las cuatro dimensiones: alto, largo, ancho y el eje del tiempo. La compresión puede ser aplicada en cualquiera o en todas las cuatro dimensiones. La compresión de vídeo es generalmente dividida en dos categorías básicas: cuando las imágenes individuales son comprimidas sin referencia a otra imagen, el eje del tiempo no entra en el proceso, el cual por lo tanto es descrito como compresión Intra-Codec. Es una ventaja del vídeo Intra-Codec que no existe ninguna restricción para la edición la cual puede ser llevada a cabo fuera de secuencia de las imágenes. La edición puede llevarse a cabo en los datos comprimidos directamente si es que es necesario. Como el Intra-Codec trata cada imagen independientemente

puede emplear ciertas técnicas desarrolladas para la compresión de imágenes permanente. El estándar de compresión ISO JPEG (Joint Photographic Experts Group) cae en esta categoría.

Grandes factores de compresión pueden ser obtenidos tomando en cuenta la redundancia de una imagen a la siguiente. Esto involucra el eje del tiempo y el proceso es conocido como compresión Inter-Codec. El estándar de compresión ISO MPEG (Moving Picture Experts Group) pertenece a esta categoría. Ya que una imagen individual solo existe en términos de las diferencias de una imagen previa, la edición debe ser llevada a cabo con cautela; claramente la edición no puede ser arbitrariamente hecha en los datos comprimidos ya que si una imagen previa es removida por la edición, los datos de diferencia serán insuficientes para recrear la figura actual.

El objetivo de la compresión de vídeo es reducir la información para su transmisión. El ojo humano no es igualmente sensitivo a varias características de una imagen: es más sensitivo a la intensidad que al color; y es menos sensitivo a los cambios rápidos.

### 1.5.2 JPEG

Es un estándar ISO aprobado en 1992 para la compresión de imágenes fijas con y sin pérdida de información. Inicialmente, el estándar se desarrolló para facilitar la transmisión y el almacenamiento de archivos de imágenes estáticas. Una imagen de alta resolución y de alta calidad fácilmente puede necesitar 75 Mbytes o más de espacio en disco. En la actualidad, las industrias de la impresión, diseño gráfico, publicidad, etc., son las que más utilizan este estándar.

La aplicación directa de JPEG al vídeo digital es M-JPEG. Con M-JPEG cada fotograma se codifica individualmente con JPEG. Las ventajas de utilización de M-JPEG son obvias. Por un lado puede aprovechar la gran cantidad de circuitos

codificadores y decodificadores creados para JPEG. Por otro lado, al codificarse individualmente cada fotograma, el acceso aleatorio a cada uno de ellos resulta sumamente sencillo.

Un inconveniente de M-JPEG es que no utiliza la redundancia existente entre fotogramas para conseguir mayores ratios de compresión, al contrario que MPEG.

La principal aplicación de M-JPEG es la edición no lineal de vídeo, con acceso aleatorio a los fotogramas y de bajo coste.

### 1.5.3 MPEG

Los comienzos de este formato tiene sus orígenes en el formato JPEG (Joining Photographic Experts Group), desarrollado por la ISO. Conociendo que el vídeo es solo un gran número de imágenes estáticas en secuencia, el formato tomó algunas de las propiedades de la compresión de audio y se comenzó con el desarrollo del JPEG (Actualmente llamado MPEG)

Se gana una alta calidad de vídeo, si el formato se lo realiza correctamente; sin embargo, se paga un alto precio en términos de tasa de datos y almacenamiento.

Como ejemplo, archivar imágenes en formato JPEG de alta calidad, se necesitará una velocidad de 16 a 40 Mbps. La razón de tales velocidades es que cada frame es capturado en su integridad y comprimido, almacenado, y después transmitido.

En respuesta de esto, un segundo formato, desarrollado por la misma ISO, surgió (MPEG). Este desarrollo trato de encontrar la manera de reducir la cantidad de data requerida para almacenar digitalmente vídeo capturado.

En su estudio, el grupo de la ISO evaluó vídeo clips y se vio la manera en que los frames estaban organizados. Se determinó que una porción significativa de información se encontraba repetida de frame a frame. Apoyados en esta redundancia, se desarrolló un sistema para captura y compresión de solamente las piezas de información con los frames que cambian de frame a frame o de campo a campo.

#### 1.5.3.1 ¿Cómo funciona MPEG?

MPEG utiliza las similitudes entre frames en una secuencia de movimiento para comprimir la imagen. Por ejemplo, en el caso de una secuencia de movimiento, puede existir un cuadro de fondo que no cambia, esta parte de la información en el formato MPEG no son copiados una y otra vez, esto es traducido en mas espacio en memoria. MPEG puede archivar un radio de compresión cerca del 100 a 1. Sin embargo la imagen no debe sobrepasar lo 720 x 576 pixeles, y la velocidad de datos no puede ser tan grande que 1.89 Mbps.

También, toma de 2 a 10 veces más potencia de procesamiento comprimir una imagen con MPEG asimétricos que descomprimirla.

La secuencia de la imagen, es la clave del entendimiento de la compresión de vídeo en movimiento. Cada secuencia esta dividida en grupos de cuadros. Estos grupos contienen frames que pueden ser codificados en tres maneras diferentes:

- Frame-P o predictivo

Los cuadros son codificados anticipando al frame actual, basado en el frame anterior. Los frames del cuadro son divididos en bloques de 16 x 16 pixeles. Cada bloque es comparado con otro bloque de pixeles en una posición idéntica dentro del frame anterior. El frame-P asume que todos los pixeles en un bloque se mueven juntos, y no

son considerados pixeles individuales. Solo las diferencias entre un pixel en el frame actual y el anterior serán codificadas.

- Frame-I o intraframe

Los cuadros contienen información explícita acerca de cada pixel de la imagen con referencia en el anterior y siguiente frame. Esto es usado para mejorar los cambios de las escenas y eliminar la acumulación de errores. Codificación Frame-I debería ser usado lo más ahorrrativo como sea posible, a causa de los requerimientos de la velocidad de transmisión 24 - 32 Mbps, en oposición a 3 - 8 Mbps de la otra clase frames.

- Frame-B

La codificación frame-B renombra el frame actual como el frame siguiente y el segundo más reciente es entonces llamado frame actual. Se hace una estimación en el cuadro de fondo de la imagen sobre áreas que quedan sin cobertura cuando una objeto se mueve, y una predicción de movimiento-compensada ayuda a predecir donde un objeto se encontrará a base del frame prioritario.

El comité MPEG ha definido 2 formatos: MPEG-1 y MPEG-2 direccionados a mercados y aplicaciones separadas.

Con MPEG-1, el productor de vídeo puede especificar el número de Frames-I que serán entrelazados con Frame-P y Frames-B, y recibirán control en el paso entre la compresión y la calidad de imagen.

MPEG-2 Equipo principal de vídeo conforma hacia el estudio estándar para televisión digital CCIR 601. Frames-B requieren mas circuitos de memoria integrada de lo que los clientes estarían de acuerdo a pagar. Pero equipos sencillos que no tienen frame-B

hacen que los fabricantes puedan producir un HDTV o un avanzado sistema de cable menos costosa. Los estándares MPEG-1 y MPEG-2 fueron creados para incrementar la compatibilidad entre las computadoras y televisión.

#### 1.5.4 Modulación DPCM

Los sistemas PCM usan un código digital bastante directo para la transmisión de información. Existen sistemas alternos PCM con rasgos lo suficientemente distinto para justificar una notación especial; entre ellos se encuentra DPCM.

En la transmisión de mensajes que tienen valores de muestra repetidos, la transmisión representa un desperdicio de capacidad de comunicación porque hay muy poco contenido de información en los valores repetidos. Una forma de superar esta situación es enviar solo las diferencias, codificadas digitalmente, entre valores de muestra sucesivos. Esto se conoce como la Modulación Diferencial de Código de Pulso, abreviada DPCM. La DPCM es ventajosa por ejemplo en la transmisión de información de imágenes muestreadas, porque una porción apreciable del código asignado a cada nivel describe simplemente el nivel de fondo promedio. Es decir que una imagen cuantificada en 6 bits (es decir, 64 niveles de brillantes por elemento de imagen) puede transmitirse con comparable fidelidad con la DPCM de 4 bits. En la fig. 1.17 se muestra un codificador y decodificador de DPCM en diagramas de bloques.

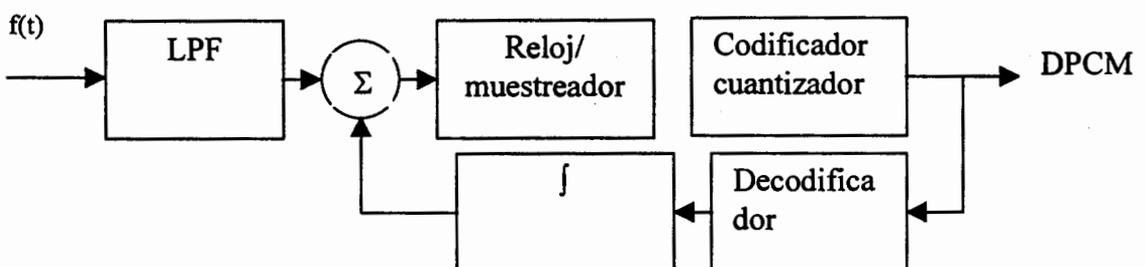


Fig. 1.17 a. Codificador DPCM

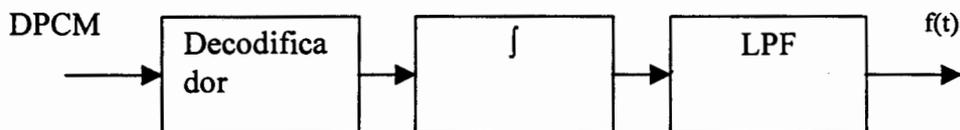


Fig. 1.17 b. Decodificador DPCM

Entre las desventajas de la DPCM está el hecho de que si se comete un error, se mantiene una polaridad incorrecta hasta que se corrige. Además, estos sistemas adolecen de una posible sobrecarga de rapidez de crecimiento debido a las operaciones de diferenciación y truncamiento. Por ejemplo, si dos muestras adyacentes de imagen difieren en más de  $\pm 7$  niveles (en el código de 4 bits uno se reserva para el signo), el sistema podrá enviar  $\pm 7$  y la sobrecarga resultante podría provocar un error en la reconstrucción. Este problema puede reducirse anteponiendo un filtro lineal (un filtro RC) al codificador para limitar la máxima rapidez de elevación o caída de la onda (por supuesto esto también reduce la resolución de la imagen reconstruida). Es posible detectar la sobrecarga y variar el filtrado cuando aparece. Más aún puede hacerse el procedimiento ajustable en función de los datos de entrada.

Desde una perspectiva más amplia, el propósito de la trayectoria de alimentación del codificador DPCM es hacer una predicción del siguiente valor de muestra. El sentido de esto es que si el sistema puede hacer una buena predicción del siguiente valor muestreado, no hace falta que el codificador envíe tanta información (es decir, el codificador ha eliminado alguna redundancia en los datos). Se ha concentrado considerable investigación en mejorar los algoritmos de predicción.

Se ha usado con éxito sistemas lineales de predicción que emplean líneas de retraso derivadas con ganancia ajustable de las derivaciones para reducir redundancia de los datos antes de la transmisión, pero a costa de cierta complejidad adicional.

A continuación se describirá el algoritmo propietario con el cual trabajan los codecs ABL, los cuales serían usados en el proyecto.

### 1.5.5 ABLe3

Los codecs de la familia de los VTX, que operan en tasas de transmisión de 22 Mbps a 45 Mbps, usan el algoritmo ABLe3. El vídeo en primer lugar, es digitalizado utilizando un convertidor analógico a digital de alta calidad con una precisión de 10 bits. La información de blanqueo es extraída de la señal y es comprimida. El vídeo activo es pasado por un codificador que incluye 14 elementos predictores de DPCM. Luego ambas señales son combinadas.

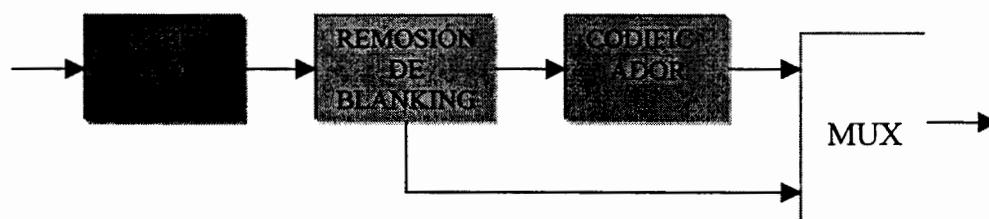


Fig. 1.18 Esquema del algoritmo ABLe3

## 1.6 REDES DE CONTRIBUCIÓN Y DISTRIBUCIÓN.

Las difusoras de radio y televisión tienen diversos tipos de requerimientos los cuales hasta ahora han sido satisfechos usando varias configuraciones de redes y equipamientos. Los estándares de vídeo son establecidos para mejorar; y serán un ingrediente significativo para los requerimientos futuros de los difusores. Futuras demandas serán hechas en términos de nuevas estructuras de red y facilidades de administración.

Hay numerosas fuentes de información que pueden proveer una contribución para la producción de programas de Tv. La programación producida por los difusores es

recibida por los televidentes por una red de distribución. Los sistemas de transmisión son utilizados para proveer los enlaces vitales en la cadena de la señal de Tv mostrada en la figura 1.19.

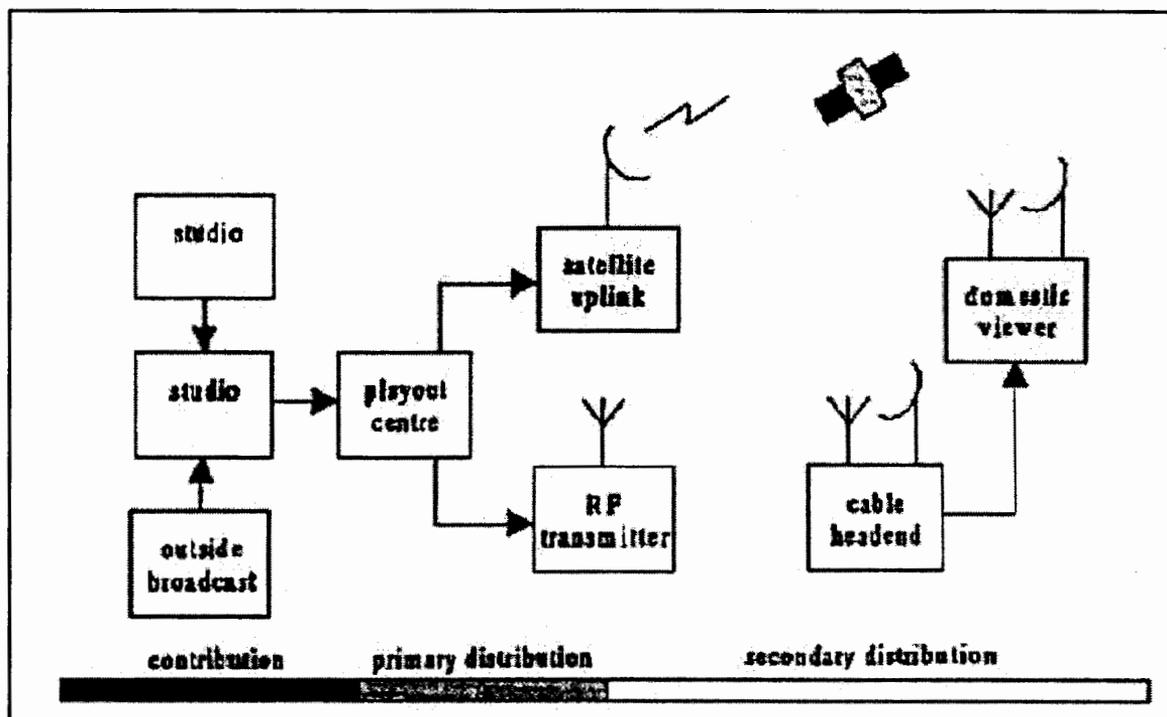


Fig. 1.19. Estructura para la transmisión de TV.

Los enlaces de contribución deben proveer la más alta calidad de señal de vídeo porque pueden aplicársele a la señal recibida procesamientos y ediciones futuras, tales como: inserción de propagandas, cámara lenta, etc.

Los enlaces de distribución primarios portan la señal que no requiere procesamiento futuro. Hasta hace poco la mayoría de estos enlaces usaban microondas terrestres y sistemas de transmisión de cable coaxial transportando señales analógicas PAL. Los enlaces ahora son provistos por satélite o fibra óptica usando transmisión digital. La distribución secundaria provee al televidente. Con los satélites volviéndose populares y el cable siendo usado para distribución secundaria, de este u otras fuentes, la

introducción de distribución secundaria utilizando métodos digitales va tomando lugar en los próximos años.

### 1.7 REQUERIMIENTOS DE LOS TELEDIFUSORES.

Los difusores tienen particulares requerimientos debido al complejo y natural cambio de sus negocios. Las arquitecturas de red deben ser capaces de soportar configuraciones punto - punto y punto - multipunto. Una red puede necesitar ser configurada en milisegundos de tal manera que la nueva fuente de programas pueda difundirse a todos los sitios de transmisión o también que el material localmente producido pueda ser insertado en una programación a nivel nacional.

La calidad es un factor significativo en la entrega de servicios de Tv. La calidad de imagen es determinada por el estándar de señal de vídeo y el tipo de codificación de vídeo, y además la tasa de datos empleada. Errores aleatorios y en ráfagas ocurren a diversos momentos en varios medios (radio, fibra) y pasos específicos deben ser tomados para detectar, o corregir estos errores para prevenir la corrupción de la señal de Tv. Otro aspecto importante en la calidad de transmisión es la pérdida de servicio por fallas de equipos o del medio. Para reducir la probabilidad de estas catastróficas fallas, se debe proveer de redundancias de equipos y de rutas de transmisión de protección. Procesos automáticos deben ser implementados para efectuar una conmutación al respaldo en el caso de fallas, detectadas por equipos de monitoreo automático.

Los requerimientos de las interfaces de vídeo desde los años anteriores han ido de análogo a digital. Esto significa que los proveedores de redes han tenido que adaptarse a una creciente variedad de interfaces para sus codecs. La compresión de vídeo complica aún más la situación, ya que solo se aplica a una señal activa de vídeo. Muchas de las señales de TV. de hoy incorporan señales de datos y/o sonidos en los periodos de "blanking" del vídeo. Esto generalmente no puede ser sujeto a

compresión, dificultándose así el uso de codecs. Con la introducción de formatos de estudio que incluyen compresión, la red se ve obligada a transportar datos a una variedad de tasas que antes no existían.

La transmisión digital ofrece un gran número de ventajas por encima de los métodos analógicos. Los efectos de la atenuación pueden ser contrarrestados con regeneradores ofreciendo un grado independencia de longitud. También es posible realizar una manipulación compleja de señales digitales, incluyendo compresión, multiplexación y corrección de errores.

## CAPÍTULO II

### MEDIOS DE TRANSMISIÓN

#### 2.1 FUNDAMENTOS DE ENLACES DE MICROONDAS

##### 2.1.1 Análisis del enlace

Un análisis del enlace debe ser desarrollado para determinar lo siguiente:

- 1.- Si un enlace en particular puede proveer el nivel deseado de eficiencia;
- 2.- Que tipo de antenas y de cables deben ser utilizados para obtener la eficiencia deseada;
- 3.- Para asegurar la eficiencia proyectada del sistema, se prestar especial atención en verificar la Línea de Vista, calcular el margen de desvanecimiento y determinar la disponibilidad del enlace. Las siguientes tres secciones discuten cada uno de estos puntos.

El análisis del enlace envuelve tres pasos:

- 1.- Determinar la altura a la que las antenas deben ser instaladas para proveer una clara línea de vista entre las antenas.

2.- Determinar si las varias ganancias y pérdidas de potencias de enlace proveen un margen de desvanecimiento adecuado.

3.- Determinar si el margen de desvanecimiento es lo suficientemente grande para producir el nivel deseado de disponibilidad.

Estos cálculos deberán ser repetidos mientras varíen el nivel de potencia de las radios, la ganancia de las antenas, las pérdidas en el cable y la altura de las torres para obtener la disponibilidad deseada al menor costo. Si los cálculos no proporcionan la disponibilidad deseada, como posible soluciones se incluyen incrementar el nivel de la potencia de salida de las radios, incrementar el tamaño de la antena o reducir la pérdida en el cable. Si pérdidas adicionales deben ser eliminadas para alcanzar la disponibilidad deseada, es generalmente menos costoso seleccionar un mejor cable RF y luego pensar en analizar la posibilidad de una antena mayor.

### 2.1.2 Verificación de línea de vista

Cuando realizamos los cálculos de línea de vista, debemos tomar en cuenta la Zona de Fresnel, la curvatura de la tierra y la altura de cualquier obstáculo entre las antenas.

#### 2.1.2.1 ZONA DE FRESNEL

Un obstáculo que no bloquea el enlace pero está cerca de la ruta directa de propagación entre las antenas y que puede causar degradación. No deberá haber ningún obstáculo bloqueando la superficie elipsoidal (Zona de Fresnel) que rodea la línea directa entre las dos antenas.

El objetivo es mantener el 60 % de la parte inferior de la Zona de Fresnel sin obstáculos para prevenir eco o multi-rutas. El 60 % de la parte inferior de la Zona de Fresnel es una ampliación del radio en la mitad del camino. Esta zona inferior así

como también la línea de centro de radio entre las antenas debe estar libre de todo obstáculo para mejores resultados. La fórmula para calcular la primera Zona de Fresnel es:

$$F1 = 17.3 \sqrt{\frac{d1d2}{f.D}}$$

donde:

F1 = radio de la primera Zona de Fresnel en pies;

d1 = distancia desde la primera antena en millas;

d2 = distancia desde la segunda antena en millas;

D = longitud de la ruta en millas; y

f = frecuencia en GHz.

Por lo tanto 0.6 F es igual a F1 x 0.6

Si usamos el sistema métrico decimal, la fórmula es:

$$F1 = 72.1 \sqrt{\frac{d1d2}{f.D}}$$

donde:

F1 = radio de la primera Zona de Fresnel en metros;

d1 = distancia desde la primera antena en Kilómetros;

d2 = distancia desde la segunda antena en kilómetros;

D = longitud de la ruta en kilómetros; y

f = frecuencia en GHz.

### 2.1.2.2 CURVATURA DE LA TIERRA

Este factor es considerado por la curvatura de la Tierra y la refracción atmosférica. Típicamente, en transmisiones de menos de 16 Km esta curvatura puede ser ignorada.

La claridad por la curvatura de la tierra puede ser calculado para varios factores K, usando la fórmula:

$$h = d1.d2 / (1.5 K)$$

K es el radio equivalente de la Tierra bajo condiciones atmosféricas normales,  $K = 4/3$ , por lo tanto:

$$h = d1.d2 / 2$$

donde:

h = cambios en distancia vertical desde una línea horizontal (en pies).

d1 = distancia desde la primera antena (en millas).

d2 = distancia desde la segunda antena (en millas).

Si usamos el sistema métrico la fórmula para la curvatura de la Tierra es:

$$h = d1.d2 / 12.75 K$$

donde: h está en metros y d1 y d2 están en Km.

### 2.1.2.3 CÁLCULO DE ALTURA MÍNIMA DE ANTENA

La altura mínima de una antena para obtener línea de vista directa está determinada por la suma de la altura de cualquier obstáculo en el 60 % de la Zona de Fresnel más la curvatura de la Tierra en ese mismo punto. Este cálculo debería ser hecho para cada obstáculo significativo a lo largo del camino. La claridad para el terreno puede ser determinada con mapas topográficos detallados (la altura de árboles y/o edificios necesitan ser consideradas). Alternativamente el camino puede ser examinado en una ruta directa.

### 2.1.3 Determinación del margen de desvanecimiento

Para obtener una comunicación óptima el enlace de radio debe tener un nivel de señal en recepción que protegerá al enlace en contra de la reducción de señal debida al desvanecimiento por multitrayectoria y otros efectos anómalos de propagación. Este factor es llamado Margen de Desvanecimiento. El Margen de Desvanecimiento es una medida de cuanto atenuación de señal el sistema puede soportar sin caer de un nivel mínimo de BER (tasa de bits errados). Un margen de desvanecimiento mayor que 15 dB es considerado adecuado, ya que cualquier valor por mayor proveerá mayor protección contra el desvanecimiento.

El margen de desvanecimiento es calculado usando la siguiente fórmula:

$$\text{Margen de Desvanecimiento} = GS + GA - LC - LP$$

GS = total de la ganancia del sistema;

GA = total de la ganancia de antena;

LC = total de pérdidas por conectores y cables; y

LP = total de pérdida por espacio libre.

Más margen de desvanecimiento puede ser obtenido incrementando el nivel de potencia de salida de la radio, incrementando la ganancia de antena, usando cables de baja pérdida, o acortando la distancia entre las antenas.

### 2.1.3.1 GANANCIA DEL SISTEMA

La ganancia del sistema es la mínima eficiencia estándar para cualquier enlace de radio. Es una medida en la salida de la radio sin incluir la ganancia de la antena.

El cálculo de la ganancia de sistema está determinado por la siguiente fórmula:

Ganancia de Sistema = Potencia de Transmisión - Sensibilidad del Receptor

### 2.1.3.2 GANANCIA DE ANTENA

La ganancia de la antena indica la habilidad de la antena para concentrar la energía de la radio en una haz angosta y está medido en dBi. Ambas antenas en el enlace contribuyen a la ganancia de antena de todo el sistema.

### 2.1.3.3 PÉRDIDA DE ESPACIO LIBRE

El factor de más grande atenuación es la Pérdida de Potencia cuando la señal viaja a través del espacio. La pérdida de enlace está determinada por la distancia entre las radios, como se muestra en la tabla 2.1 (se ha tomado por ejemplo la frecuencia de 4 GHz). La pérdida del enlace es ligeramente mayor cuando el ancho de banda es amplio.

DISTANCIA (mi)	DISTANCIA (km)	PERDIDAS DE ENLACE (dB)
1	1.6	104
2	3.2	110
3	4.8	114
4	6.4	116
5	8.0	118
6	9.6	120
7	11.2	121
8	12.8	122
9	14.4	123
10	16.0	124
15	24.0	128
20	32.0	130
25	40.0	132
30	48.0	134

TABLA 2.1 Atenuación en espacio libre vs. distancia

La fórmula para el cálculo de la atenuación por pérdida en el espacio libre es:

$$PL(\text{dB}) = C + 20 \log_{10} F + 20 \log_{10} D$$

donde:

C = 96,6 si D está en millas, y 92.45 si está en Km.

F = frecuencia en GHz.

D = distancia entre las antenas.

### 2.1.3.4 PÉRDIDA EN CABLE Y CONECTORES

La antena direccional está conectado al radio con un cable coaxial. Las pérdidas en el cable en 2.4 GHz como por ejemplo, pueden ser muy insignificantes y son lineales (en dB) en relación a la longitud del cable de RF utilizado.

### 2.1.4 Caída por desvanecimiento y disponibilidad

La fórmula para el cálculo de la no disponibilidad U de una trayectoria (dado a desvanecimiento multitrayectoria) es:

$$U = a \times b \times 2.5 \times 10^{-6} \times f \times D^3 \times 10^{-(F/10)}$$

donde:

a = factor de clima (0,1 es igual seco, 0,25 es igual temperado, 0,5 es igual caliente y húmedo).

b = factor de terreno (0,25 es igual montañoso, 1 es igual promedio, 4 es igual planicie).

f = frecuencia en GHz.

D = longitud de la trayectoria en millas.

F = Margen de Desvanecimiento en dB.

Si D está en Km, entonces la fórmula es:

$$U = a \times b \times 6 \times 10^{-7} \times f \times D^3 \times 10^{-(F/10)}$$

La fórmula para el cálculo de la disponibilidad, A de un enlace es:

$$A = (1-U) \times 100 \%$$

donde U es igual a no disponibilidad.

Confiabilidad	Segundos caída por día	de Aplicación
99.9 %	86 segundos	Típica
99.99 %	8.6 segundos	Alta eficiencia
99.999 %	0.86 segundos	Críticas

TÁBLA 2.2 Confiabilidad del enlace

## 2.2 ENLACES DE FIBRA ÓPTICA

La fibra óptica es una guía dieléctrica formada por dos cilindros coaxiales de vidrio. El cilindro interno (núcleo) está constituido por un material que tiene un índice de refracción mayor que el que del cilindro exterior (envoltura). Debido a esta estructura, se produce el fenómeno de reflexión total en la pared del núcleo y en consecuencia, la energía luminosa se mantiene confinada y se propaga a lo largo de ella.

### 2.2.1 Fibra óptica monomodo y multimodo

Las ondas luminosas permitidas para propagarse en un conductor de fibra óptica se denominan MODOS (ondas naturales o fundamentales).

Si en un conductor de fibra óptica se considera al índice de refracción "n" en función del radio "r", se tiene el perfil de refracción de ese conductor, describiéndose así la variación radial del índice de refracción del conductor de fibra óptica desde el eje del núcleo hacia la periferia del recubrimiento.

La propagación de los modos en el conductor de fibra óptica depende de la forma de este perfil de índices de refracción.

En la práctica interesan los índices exponenciales:

$$n^2(r) = n_1^2 [1 - 2 \Lambda (r/a)^g] \quad \text{para } r < a \text{ en el núcleo.}$$

$$n^2(r) = n_2^2 = \text{cte.} \quad \text{para } r \geq a \text{ en el recubrimiento.}$$

$n_1$  = índice de refracción en el eje conductor de fibra óptica;

$\Lambda$  = diferencia normalizada de índice de refracción;

$r$  = distancia desde el eje del conductor de fibra óptica en  $\mu\text{m}$ ;

$a$  = radio del núcleo en  $\mu\text{m}$ ;

$g$  = exponente de perfil;

$n_2$  = índice de refracción de recubrimiento.

La diferencia normalizada de índice de refracción se relaciona con la apertura numérica AN o los índices de refracción por la ecuación:

$$A = AN / 2n_1^2$$

$$= (n_1^2 - n_2^2) / 2n_1^2$$

Cuando  $g$  tiende a infinito tenemos el caso de perfil escalonado, en el cual el índice de refracción es constante en el núcleo. En todos los demás casos, el índice de refracción  $n(r)$  en el núcleo se incrementa en forma gradual desde el valor  $n_2$  en el recubrimiento hasta  $n_1$  en el eje del conductor de fibra óptica. En virtud de este tipo de variación se denomina a estos perfiles también perfiles graduales. Esta denominación se ha adoptado especialmente para el perfil parabólico ( $g = 2$ ) ya que los conductores de fibra óptica con esta clase de perfil presentan muy buenas características técnicas para la conducción de la luz.

Otro valor importante son los llamados parámetros  $V$  que son función del radio  $a$ , de la apertura numérica  $AN$  del núcleo y de la longitud de onda o del índice de longitud de onda  $K$  de la luz. El parámetro  $V$  es dimensional:

$$V = (2 \pi a AN) / \lambda$$

$$= K a AN$$

donde:

$a$  = radio del núcleo;

$\lambda$  = longitud de onda;

$AN$  = apertura numérica; y

$K$  = índice de longitud de onda.

El número  $N$  de los modos conducidos en el núcleo depende de este parámetro con aproximadamente la siguiente relación para un perfil exponencial de exponente  $g$ :

$$N \cong (V^2 / 2) g / (g+2)$$

El número de modos del perfil escalonado cuando  $g \rightarrow \infty$ :

$$N \cong V^2 / 2$$

el número de modos del perfil gradual ( $g = 2$ ) es aproximadamente:

$$N \cong V^2 / 4$$

Un conductor óptico con varios modos se denomina conductor de fibra multimodo.

Cuando un conductor de fibra óptica propaga en su núcleo un solo modo, el modo fundamental, se denomina fibra óptica multimodo.

### 2.2.2 Atenuación

La atenuación de un conductor de fibra óptica es la magnitud de las pérdidas luminosas, que depende entre otros factores de la longitud de onda de la luz acoplada.

Al medir la atenuación de un conductor de fibra óptica, en estado estacionario, en función de la longitud de onda, se verifica que la potencia luminosa  $P$  decrece en forma exponencial con la longitud del conector, es decir:

$$P(l) = P_0 \times 10^{-\alpha l}$$

donde:

$P_0$  = Es la potencia luminosa que se acopla al comienzo del conductor de fibra óptica;

$P(l)$  = Es la potencia luminosa existente en el conductor al cabo de la longitud  $l$  (dada en Km); y

$\alpha$  = Es el coeficiente de atenuación por unidad de longitud (dado en dB x Km).

La atenuación en fibra óptica es causada principalmente por los fenómenos físicos como son:

- Pérdidas por absorción.- Esta relacionado con la resonancia intrínsecas del material de la fibra, las impurezas y por los efectos atómicos. Este fenómeno causa una conversión de la luz a energía termal.

- Pérdidas por fugas.- Esta relacionado por las pérdidas sufridas por la radiación en todas las direcciones a través de la fibra. Este fenómeno decrece proporcionalmente a la longitud de onda. Estas fugas son causadas por:

- Fluctuaciones intrínsecas del índice de refracción
- Variaciones en la densidad y composición de la fibra.

### 2.2.3 Ancho de banda

El ancho de banda es uno de los dos parámetros que define las características de transmisión de un conductor de fibra óptica el cual constituye una medida de su comportamiento dispersivo.

Un pulso que se propaga a lo largo del conductor incrementa su duración a causa de la dispersión. Si este efecto se traslada al campo de la frecuencia, el conductor de fibra óptica se comporta como un filtro pasabajos.

Por lo anterior se entiende el hecho que en un conductor de fibra óptica a medida que aumenta la frecuencia de modulación decrece la amplitud de una onda luminosa hasta quedar anulada. El conductor deja pues pasar señales con bajas frecuencias y atenúa aquellas a medida que aumentan estas.

Si graficamos para cada frecuencia de modulación el valor de amplitud obtenido normalizado para el valor de amplitud a frecuencia cero, se obtiene una curva acampanada en donde se ve el efecto pasabajo del conductor de fibra.

La frecuencia de modulación para la cual el valor normalizado de la función de transferencia es igual a 0,5 se denomina "ancho de banda" del conductor de fibra óptica. Dicho de otro modo, el ancho de banda es aquella frecuencia de modulación a la cual la amplitud de la potencia luminosa comparada con el valor que tiene a frecuencia nula, decae ópticamente en un cincuenta por ciento, es decir 3 dB.

El ancho de banda de una fibra depende de un fenómeno llamado dispersión. La dispersión causa deformación y ensanchamiento de los pulsos de luz al ser transmitido en una fibra.

Existen dos tipos de dispersión: modal y debido al material. La dispersión modal es propia de las fibras multimodo ya que en este tipo de fibra la luz se propaga en miles

de modos lo que conlleva a que cada rayo de luz recorra diferentes distancias y por lo tanto tengan tiempos distintos de recorrido, lo cual se refleja en el ensanchamiento del pulso luminoso. Esto no sucede en las fibras monomodo ya que en ellas sólo existe un único modo de propagación, por lo que la dispersión no afecta a este tipo de fibra y dando como resultado un gran ancho de banda para la transmisión.

La dispersión debida al material es originada por el índice de refracción  $n$  de un material en función de la longitud de onda. Este factor es dominante en las fibras monomodos y depende de la anchura espectral de la fuente luminosa empleada y de los rayos de luz de diferentes longitudes de ondas que se propaguen a diferentes velocidades.

#### 2.2.4 Consideraciones para un enlace de fibra óptica

El análisis para un enlace de fibra óptica puede ser dividido en dos partes: cálculo de potencias y cálculo de ancho de banda.

##### 2.2.4.1 CÁLCULO DE POTENCIA

Esta parte se encarga de hacer un balance entre las pérdidas obtenidas en el enlace, la potencia emitida por el transmisor, la mínima potencia necesaria en el receptor óptico (sensibilidad) y el margen deseado.

Las pérdidas debidas al enlace proceden de los conectores utilizados, los empalmes requeridos y la atenuación propia de la fibra en función de la distancia de cable utilizado.

Todos estos valores usualmente son expresados en dB para las pérdidas y en dBm para las potencias, lo cual vuelve al cálculo un proceso de sumas y restas.

Se denomina margen, a la potencia en exceso por sobre el nivel de sensibilidad con la cual se llega al receptor óptico.

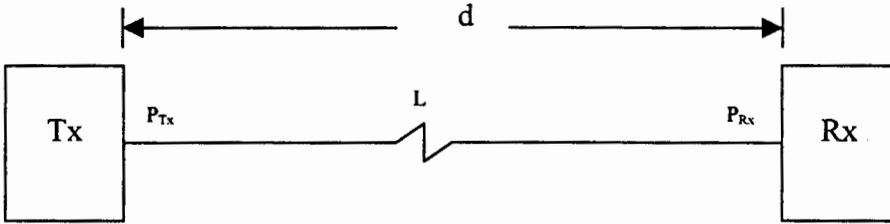


Fig. 2.1. Esquema de un sistema de fibra óptica

Considérese el gráfico anterior:

Sea  $P_{Tx}$  la potencia del transmisor y  $L$  las pérdidas por la distancia de fibra utilizada más las pérdidas por los empalmes necesarios y los conectores requeridos, entonces:

$$L = \alpha d + N_e L_e + N_c L_c$$

Donde:

$\alpha$  es la atenuación de la fibra óptica utilizada expresada en dB/Km a una determinada longitud de onda;

$d$  es la distancia entre el transmisor y el receptor;

$N_e$  es el número de empalmes necesarios en el enlace;

$L_e$  es la atenuación típica del empalme dada en dB;

$N_c$  es el número de conectores requeridos en el sistema;

$L_c$  es la atenuación típica del conector dada en dB.

Entonces la potencia de llegada al receptor  $P_{Rx}$  sería:

$$P_{Rx} = P_{Tx} - L.$$

Sea  $P_{\text{mín. Rx}}$  la potencia mínima necesaria en el receptor (sensibilidad), entonces:

Se denomina Margen (M) a:

$$M = P_{Rx} - P_{\text{mín. Rx}}.$$

#### 2.2.4.2 CÁLCULO DE ANCHO DE BANDA

La otra característica determinante para un enlace de fibra óptica es el ancho de **banda** necesaria para transmitir la señal deseada.

Las fibras ópticas poseen un valor nominal de ancho de banda óptico expresado en dB/Km. La conversión entre el ancho de banda óptico y eléctrico obedece a la siguiente fórmula:

$$BW_{\text{óptico}} = 1.41 BW_{\text{eléctrico}}$$

El ancho de banda eléctrico total es obtenido de las sumas de los anchos de **banda** individuales de cada componente:

$$1/(BW)^2 = 1/(BW_r)^2 + 1/(BW_c)^2 + 1/(BW_t)^2$$

donde  $BW_r$ ,  $BW_c$ ,  $BW_t$  son los anchos de banda eléctricos del receptor, cable y transmisor respectivamente.

Para sistemas digitales el ancho de banda del sistema dependerá de la velocidad de datos R (bps) y el formato de código utilizado:

$$BW_{\text{requerido}} = R / K$$

Donde K es igual a 1.4 para formato NRZ y 1 para RZ.

Entonces el ancho de banda total eléctrico del sistema debe ser mayor o igual al ancho de banda requerido.

## CAPÍTULO III

### RED NACIONAL DE TRANSMISIÓN DIGITAL DE PACIFICTEL Y ANDINATEL

#### 3.1 INTRODUCCIÓN

La Red Nacional de Transmisión Digital de Pacifictel y Andinatel se encarga de transportar las señales provenientes de telefonía y datos de las distintas ciudades del país a su destino final en otras ciudades. La red puede ser dividida en dos partes: multiplexación y transmisión.

En la multiplexación, la telefonía previamente digitalizada (PCM) y los datos son combinados o multiplexados en el tiempo (TDM), constituyendo los diferentes niveles o jerarquías. El sistema de múltiplex de nuestro país maneja el estándar europeo, el cual define 4 jerarquías.

La primera jerarquía maneja o multiplexa 30 canales de 64 Kbps más dos canales adicionales para señalización y alineación para un flujo total de 2,048 Mbps. Esta trama es denominada E1.

La siguiente jerarquía multiplexa 4 flujos E1 para un total de 8.448 Kbps. A esto se denomina E2. Esta jerarquía no se posee en nuestro país. Existen multiplexores de 16 flujos E1 que dan origen a la siguiente jerarquía llamada E3 (34368 Kbps), la cual también puede multiplexar 4 flujos E2.

La última jerarquía multiplexa 4 flujos E3 para un total de 139.264 Kbps. A esta jerarquía se la denomina E4.

La parte de transmisiones, se encarga de llevar las señales ya multiplexadas, usualmente de jerarquías E3 o E4, de central a central o de ciudad a ciudad. Normalmente se usa fibra óptica entre centrales y microondas digitales entre ciudades.

Nuestro proyecto usa como medio de transmisión entre ciudades el canal de reserva de la red de microondas digitales de las telefónicas del país. Se entiende por canal de reserva al equipo de radio en una ruta de microondas, el cual está de respaldo del sistema principal. En caso de falla, entra a operar inmediatamente y todo el tráfico se enruta a esta radio. Eso implica que existe una lógica de conmutación que maneja el sistema de respaldo. Ambas radios, la principal y la de reserva alimentan a la misma antena.

### 3.2 RUTA GUAYAQUIL-QUITO

La ruta Guayaquil - Quito, es actualmente un sistema de microondas de 140 Mbps, con reserva de igual valor. Cada radio se compone de una parte IF también llamada módem, y una parte RF.

Para que la señal llegue desde Guayaquil a Quito, se tienen repetidoras intermedias en lugares estratégicos, donde también se reparte el flujo a otras ciudades.

Los saltos son los siguientes:

- Central Guayaquil Centro - Cerro El Carmen (Fibra Óptica)
- El Carmen - Santa Ana
- Santa Ana - Babahoyo

- Babahoyo - Paylón
- Paylón - Quevedo
- Quevedo - Bijagual
- Bijagual - El Carmen de Manabí
- El Carmen de Manabí - Bombolí
- Bombolí - Atacazo
- Atacazo - Central Quito Centro

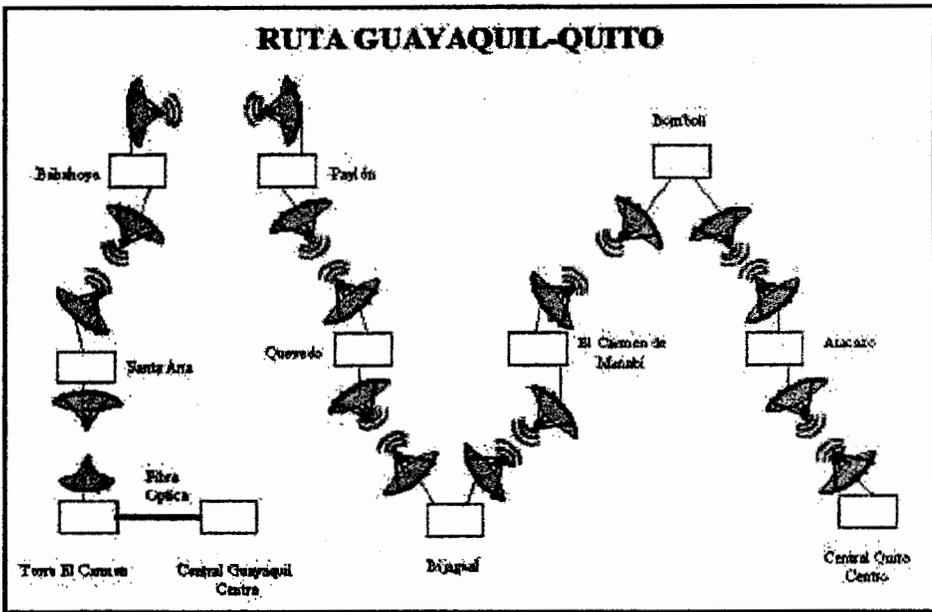


Fig. 3.1. Ruta Guayaquil - Quito

### 3.3 RUTA QUITO-CUENCA

Esta ruta también posee radios de 140 Mbps con reserva de esta misma velocidad.

Los saltos son los siguientes:

- Central Quito Centro - Atacazo
- Atacazo - Guango
- Guango - La Mira

- La Mira - Carshau
- Carshau - Buerán
- Buerán - Central Cuenca Centro

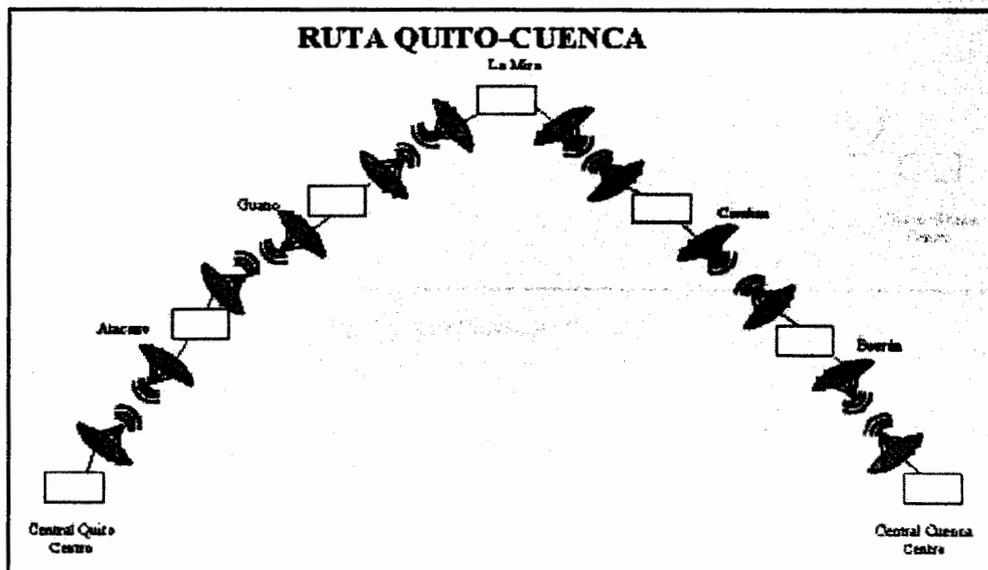


Fig. 3.2. Ruta Quito - Cuenca

### 3.4 RUTA GUAYAQUIL-CUENCA

Los saltos para esta ruta son los siguientes:

- Central Guayaquil Centro - Carshau
- Carshau - Buerán
- Buerán - Central Cuenca Centro

Esta ruta también posee radios de 140 Mbps y reserva de la misma velocidad.

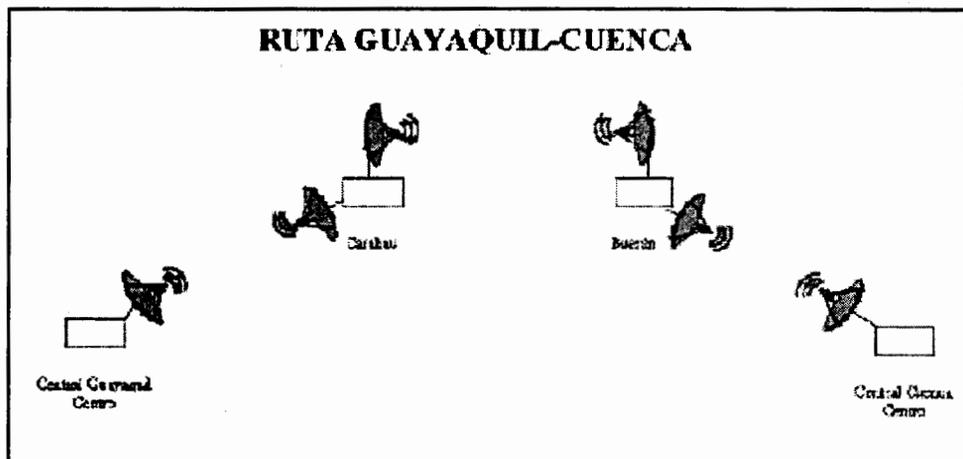


Fig. 3.3. Ruta Guayaquil - Cuenca

## CAPÍTULO IV

### DISEÑO DEL PROYECTO

#### 4.1 REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA

Esquemáticamente, nuestro proyecto puede ser visto como un delta con ramificaciones en cada uno de sus vértices. Las ramificaciones son los lugares fuente de información, tales como municipios, gobernaciones, estadios, etc. También forman parte de esas ramificaciones los estudios de televisión.

Ya que nuestra red es completamente digital, se necesitan codificadores de audio y vídeo en cada uno de los puntos remotos, los cuales transforman la naturaleza analógica de estas señales en digitales.

La tecnología que vamos a usar es la de los equipos ABL. Estos realizan la codificación y compresión de audio y vídeo a tasas de 34 Mbps. Más adelante se describirá en detalle las características técnicas de estos equipos.

Siendo la velocidad de los codecs de 34 Mbps, se necesitan medios de transmisión que se acoplen a esta tasa. Dependiendo de la factibilidad de línea de vista y de la distancia de estos puntos hasta el switch, se podría elegir en transmitir vía microondas o vía fibra óptica, por lo que se requiere ya sea radios microondas de 34 Mbps o terminales de fibra de 34 Mbps.

No es necesario una gran ganancia de antena, puesto que los enlaces serían cortos (usualmente de 1 a 10 Km). Además, se piensa trabajar en la banda baja de microondas (2 GHz), lo cual hace que las pérdidas por espacio libre sean menores.

En el caso de ser usada fibra óptica, se usaría del tipo monomodo ya que la capacidad que se transmite justifica tener un cable que soporte un gran ancho de banda. Además, queda el soporte a aumentar el número de codecs en cada lugar.

Cada switch recibirían la señal proveniente de las radios o de los terminales de fibra y mediante software se programaría hacia donde se quiere enviar la información. En el caso de requerirse que viaje a otra ciudad, se necesitaría introducirla en un enlace de 34 Mbps. Como ya se mencionó anteriormente, la reserva de Pacifictel y Andinatel es de 140 Mbps, por lo que se requeriría un multiplexor de 4x34Mbps a 140 Mbps para acoplarnos al canal. Esto da soporte a que se pueda transmitir simultáneamente cuatro eventos hacia otra ciudad.

El software de administración reposaría en una computadora la cual puede residir en cualquier parte del país y mediante enlaces de modems hacia los switches de Guayaquil, Quito y Cuenca se tendría control de cada uno de ellos.

Al estar previamente instalados los equipos necesarios en los lugares remotos, basta que el canal que alquila dichos equipos sólo lleve cámaras y micrófonos. La ruta hacia los respectivos estudios, es resuelta por nuestro sistema.

Además, al tenerse enlaces con los estudios hasta el switch, nuestro proyecto puede actuar como un sistema de respaldo cuando el sistema analógico de los canales de televisión falle.

#### 4.2 SELECCIÓN DE LAS LOCALIDADES ESTRATÉGICAS.

Denominamos localidades estratégicas a los sitios o ubicaciones urbanas donde se pueden originar noticias importantes en forma ocasional. En esta clasificación debemos considerar los establecimientos de las entidades públicas más representativas de cada una de las ciudades (municipios, gobernaciones, prefecturas), los establecimientos de grandes concentraciones populares (estadios, coliseos, grandes teatros) y no pueden faltar los estudios de los canales de TV que contraten el servicio, ya que estos son típicamente fuente de flashes informativos, espacios políticos y otras formas ocasionales de información.

A continuación detallaremos las localidades estratégicas seleccionadas en cada ciudad y sus respectivas ubicaciones:

LOCALIDADES ESTRATÉGICAS EN GUAYAQUIL	DIRECCIONES
ECUAVISA	CERRO DE EL CARMEN
ESTADIO CAPWELL	AV. QUITO Y SAN MARTÍN
ESTADIO MONUMENTAL	AV. MARGINAL DEL SALADO (BELLAVISTA)
GAMAVISIÓN	MALECÓN Y LOJA (JUNTO AL BARRIO LAS PEÑAS)
GOBERNACIÓN	MALECÓN Y AGUIRRE
MUNICIPALIDAD	MALECÓN Y 10 DE AGOSTO
TELEAMAZONAS	CERRO DE EL CARMEN
TC TELEVISIÓN	AV. DE LAS AMERICAS (FRENTE AL AEROPUERTO)

TABLA 4.1 Localidades elegidas en Guayaquil

<b>LOCALIDADES ESTRATEGICAS EN CUENCA</b>		<b>DIRECCIONES</b>
COLISEO MAYOR		AV. UNIDAD NACIONAL Y AV. 12 DE ABRIL
ESTADIO ALEJANDRO SERRANO		AV. DEL ESTADIO Y J. PERALTA
ETV TELERAMA		AV. GIL RAMÍREZ DAVALOS 532
GOBERNACIÓN		SIMON BOLIVAR Y LUIS CORDERO
MUNICIPALIDAD		MARISCAL SUCRE Y BENIGNO MALO

TABLA 4.2 Localidades elegidas en Cuenca

<b>LOCALIDADES ESTRATÉGICAS EN QUITO</b>		<b>DIRECCIONES</b>
CONGRESO NACIONAL		AV. 6 DE DICIEMBRE Y PIEDRAHITA
ESTADIO OLÍMPICO ATAHUALPA		AV. NACIONES UNIDAS Y AV. 6 DE DICIEMBRE
ECUAVISA		JOSE CARBO Y JOSÉ BOSMEDIANO
GAMAVISIÓN		ELOY ALFARO Y GRANADOS
MUNICIPALIDAD		VENEZUELA Y EUGENIO ESPEJO
PALACIO DE CARONDELET		GARCÍA MORENO Y CHILE
TELEAMAZONAS		GRANJA CENTENO Y AMERICA
TC TELEVISIÓN		RUIZ DE CASTILLA Y MURGIÓN

TABLA 4.3 Localidades elegidas en Quito

### 4.3 ESQUEMATICO DEL DISEÑO

En cada una de las localidades estratégicas seleccionadas, se instalará un CODEC DVT45 de la marca ABL que es un codificador - decodificador de audio y vídeo que digitalizará las señales para su posterior edición, enrutamiento y tratamiento.

Además cada ciudad se instalará un switch SW1616 de la marca ABL, en una ubicación estratégica para facilitar el acceso desde cada localidad escogida. El SW1616 direccionará cada una de las señales hacia el multiplexor correspondiente para luego ingresar estos flujos al sistema de reserva.

#### 4.3.1 Esquemático de Guayaquil

En el caso de la ciudad de Guayaquil, la ubicación del switch SW1616 será la Torre del Carmen de Pacifictel asentada en el Cerro del Carmen. Aquí las señales provenientes de cada una de las localidades accederán al switch vía microondas, por fibra óptica o por cable coaxial.

Para los enlaces de microondas se utilizarán los radios FSK+ de la marca ATI, que transmiten a 2,1 GHz y 34 Mbps. Si utilizamos fibra óptica recurriremos a los terminales FOM E3 de la marca RAD que transmiten a 34 Mbps, con una longitud de onda de 1300 nm y que para nuestra aplicación trabajarán sobre fibra óptica monomodo.

Se usará cable coaxial cuando la distancia entre puertos G.703 sea inferior a los 800 m según dicta dicho estándar.

Una vez que los DVT45 envíen las señales codificadas al SW1616, las respectivas señales serán enrutadas por el switch. Dependiendo de la ciudad de destino, cada señal ingresará a un multiplexor 34/140 direccionado a Quito o a un multiplexor 34/140 direccionado a Cuenca. Estos multiplexores son los DTM-140 de Telettra y en la Torre del Carmen accederán directamente al sistema de microondas de reserva de la red nacional de transmisión digital.

En Guayaquil existe la situación peculiar de que el acceso al sistema de reserva hacia Quito está en El Carmen y el acceso al sistema de reserva hacia Cuenca está en Central Centro ubicada en Aguirre y Pedro Carbo. Esto obliga a que exista un enlace de microondas entre Central Centro y la Torre del Carmen para los puertos del switch que se dirijan a Cuenca. Por otro lado, a falta de línea de vista con la Torre del Carmen, algunas localidades como el Estadio Isidro Romero, la Municipalidad y la Gobernación, también se enlazarán a la Central Centro.

Para el Municipio y la Gobernación, se ha elegido que la señal de los codecs se dirijan a Central Centro usando cable coaxial directamente. Para el Estadio Isidro Romero Carbo, se diseñó un radioenlace de 34 Mbps con Central Centro. En Central Centro se instalaría un sistema de radio Siemens GT-N34 2+0, con la Torre del Carmen. Siendo un sistema que manejaría en total 8 flujos E3, tres se conectan al Municipio, Gobernación y a la radio del Estadio de Barcelona respectivamente; luego, los otros cuatro puertos son pasados por un multiplexor DTM-140 Mbps Telettra para ingresar a la reserva de Cuenca. Eso implica que en El Carmen se conectan 7 puertos del switch a la radio Siemens 2+0 4x34 Mbps hacia Central Centro.

Una vez que los DVT45 se enlacen con el SW1616 las respectivas señales serán enrutadas por el switch, que dependiendo de la ciudad de destino de cada señal, las ingresará a un multiplexor 34/140 direccionado a Quito o al circuito que lleva a la reserva de Cuenca.

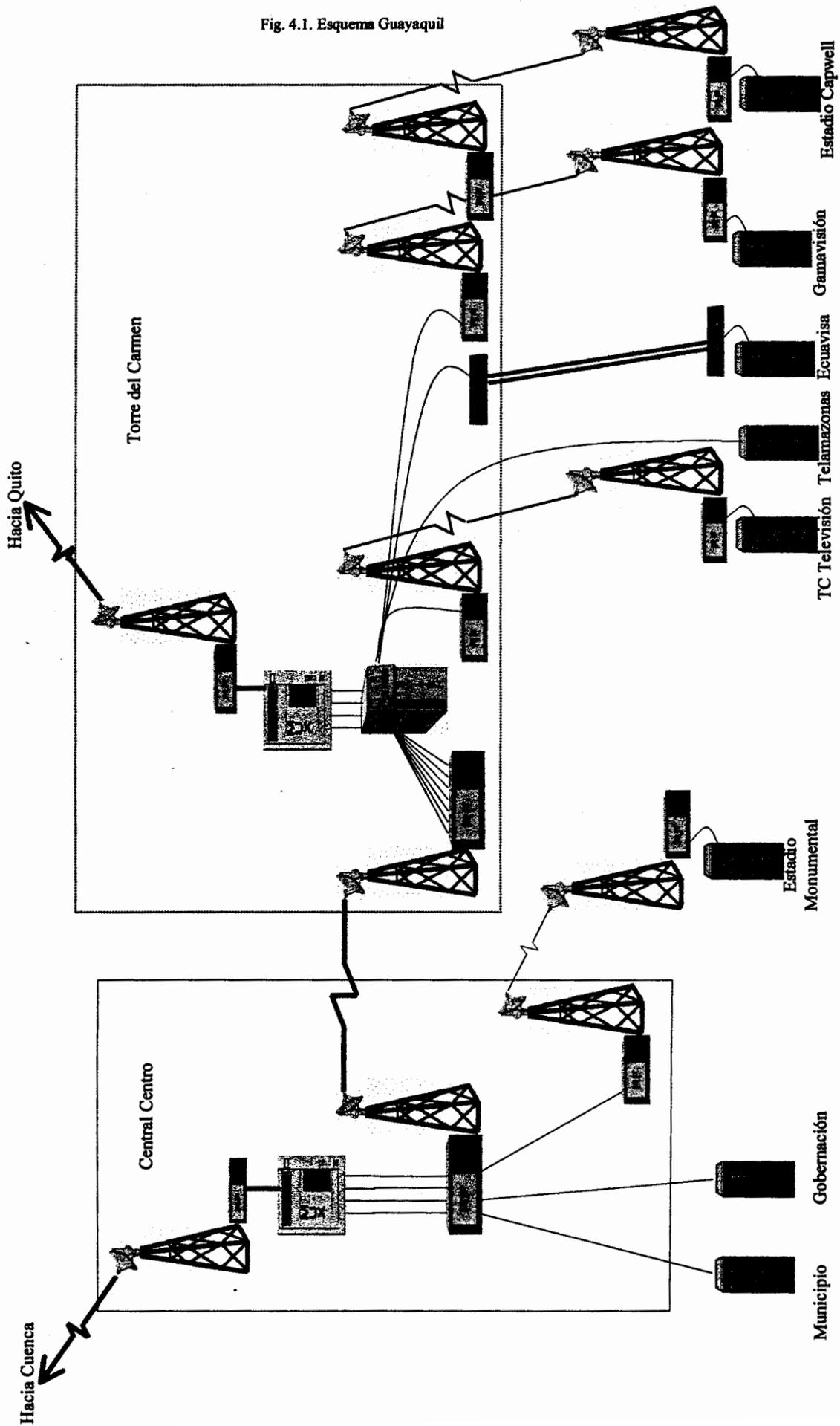


Fig. 4.1. Esquema Guayaquil

### 4.3.2 Esquemático de Cuenca

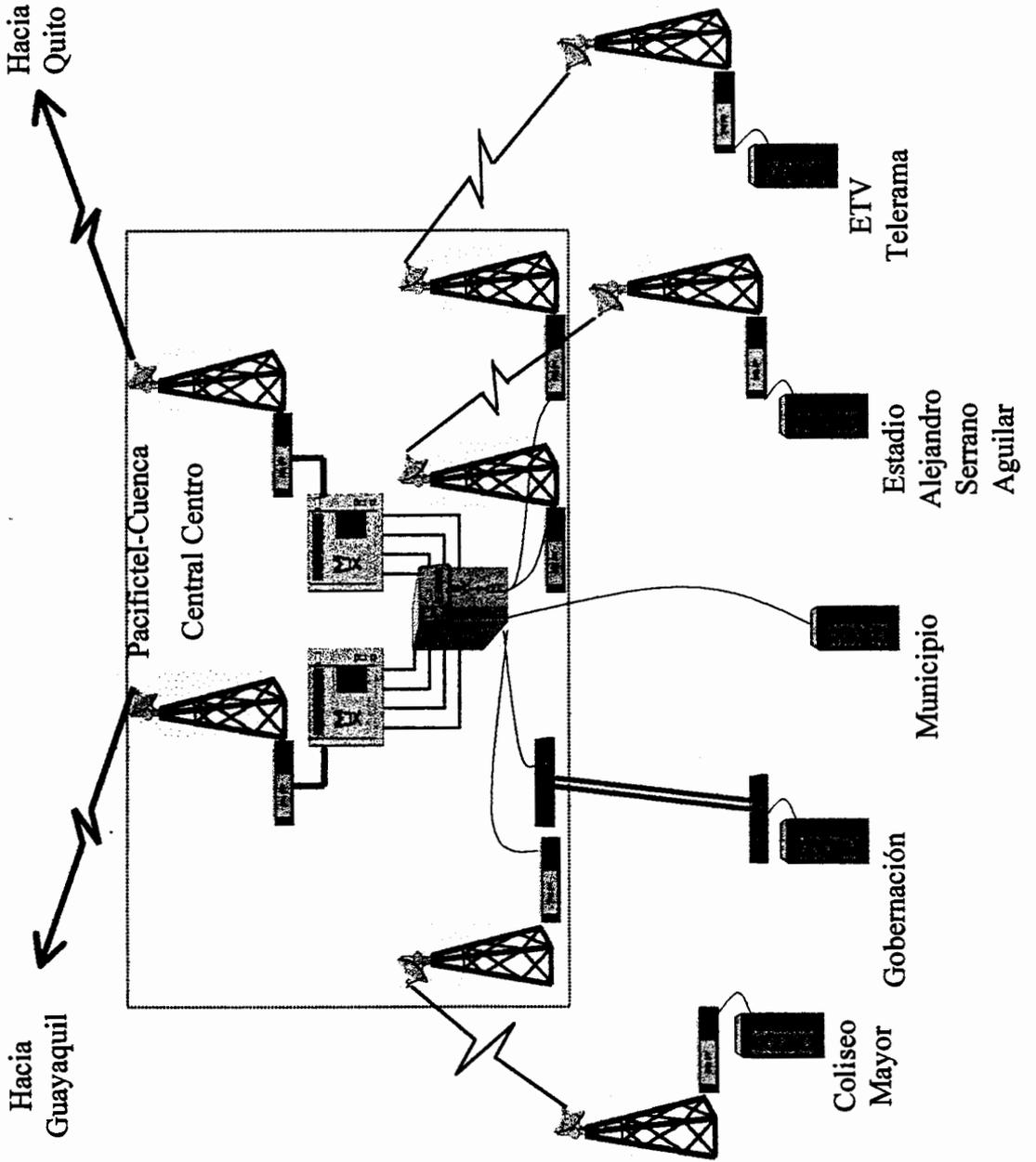
En la ciudad de Cuenca el switch SW1616 estará instalado en la Central Centro de Pacifictel que está ubicada en las calles Benigno Malo y Presidente Córdoba. Aquí las señales provenientes desde los codecs de cada una de las localidades accederán al switch vía microondas, por fibra óptica o por cable coaxial (para localidades muy cercanas al switch). Para los enlaces de microondas se utilizarán los radios FSK+; y si utilizamos fibra óptica recurriremos a los terminales FOM E3 sobre fibra óptica monomodo.

En esta ciudad el switch enrutará cada señal, a un multiplexor DTM-140 direccionado a Guayaquil o a un multiplexor DTM-140 direccionado a Quito. Estos multiplexores accederán directamente al sistema de microondas de reserva de la red nacional de transmisión digital.

En Cuenca no tenemos el inconveniente de la falta de línea de vista entre las localidades estratégicas más lejanas y el sitio donde está instalado el switch SW1616. Por este motivo los enlaces de microondas implementados, no necesitan repetidoras.

Fig. 4.2. Esquema Cuenca

**CUENCA**



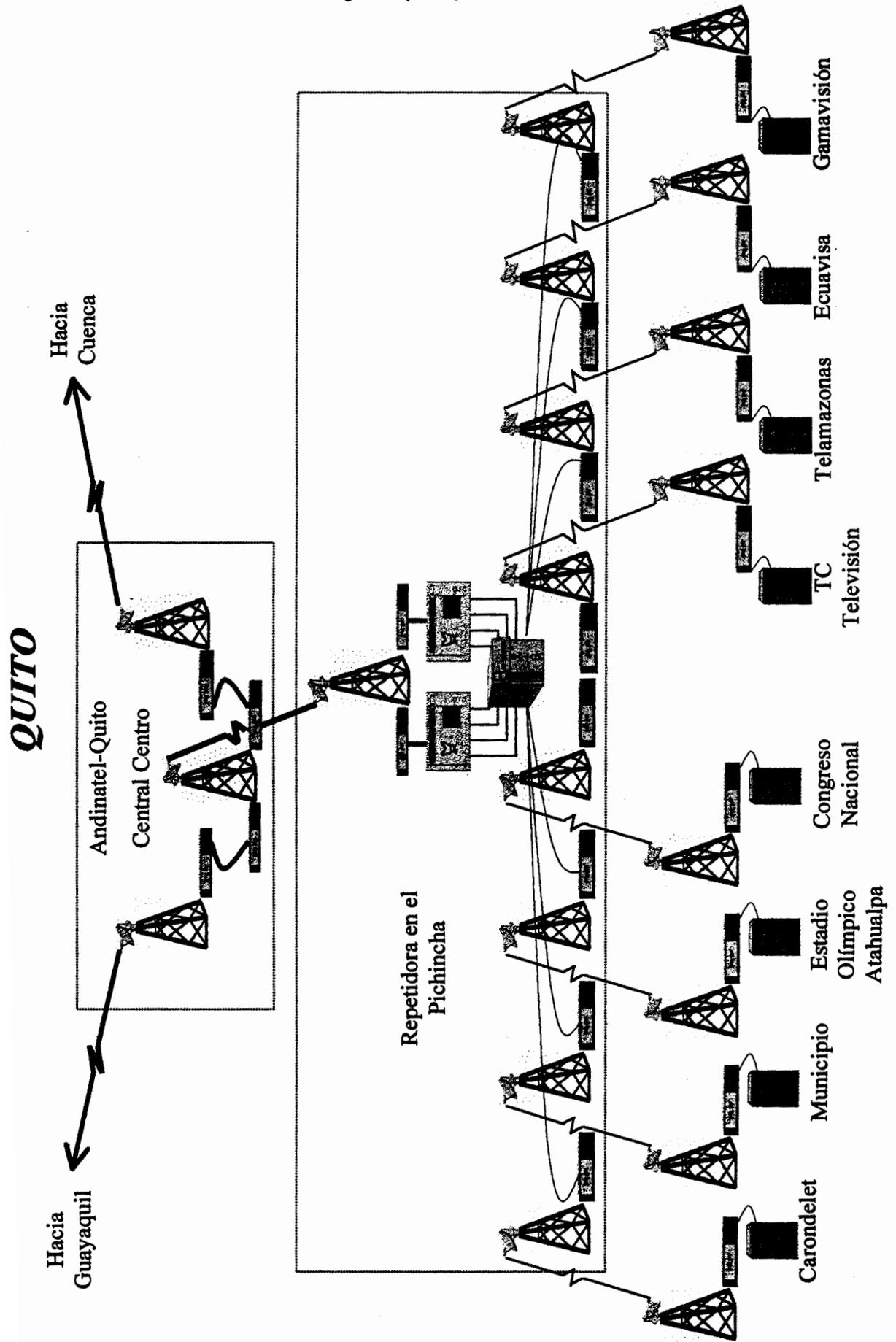
### 4.3.3 Esquemático de Quito

En el caso de la ciudad de Quito, se nos presenta el inconveniente de la falta de línea de vista entre la mayoría de las localidades estratégicas y la Central Centro de Andinatel. Por esta razón el switch SW1616 estará ubicado en una estación asentada en el Pichincha, a la que accederán los codecs de las localidades estratégicas mediante enlaces de microondas implementados con radios FSK+.

En la estación del Pichincha las señales provenientes de cada una de las localidades estratégicas serán enrutadas por el switch a un multiplexor DTM-140 direccionado a Guayaquil o a un multiplexor DTM-140 direccionado a Cuenca.

Para ingresar al sistema de microondas de reserva de la red nacional de transmisión digital, debemos enlazar vía microondas los flujos de los multiplexores DTM-140 desde la estación en el Pichincha a la Central Centro de Quito ubicada en las calles Benalcázar y Mejía. Para este enlace utilizamos radios GT-140 de la marca SIEMENS con una configuración 2 + 0, es decir que los dos flujos de 140 Mbps se enviarán por una sola antena hacia la Central Centro y aquí es donde realmente ingresarán al sistema de reserva hacia Guayaquil o hacia Cuenca.

Fig. 4.3. Esquema Quito



#### 4.4 ELECCIÓN DEL MEDIO DE TRANSMISIÓN

El medio de transmisión se seleccionó de acuerdo a la distancia de cada una de las localidades estratégicas hacia el lugar donde se instalará el switch y a la factibilidad de línea de vista. Para distancias superiores a los 0.7 km utilizaremos radios de 34 Mbps para implementar enlaces de microondas. Utilizaremos enlaces de fibra óptica para distancias superiores a los 0,3 km e inferiores a los 0,7 km; por supuesto necesitaremos modems de fibra óptica de 34 Mbps.

Para distancias inferiores a los 300 m, la recomendación ITU G.703 permite la interconexión de equipos a nivel de E3 directamente con cable coaxial. Es por eso que para ciertos lugares se conectaría el codec directamente al switch con cable coaxial.

A continuación presentamos las distancias entre las localidades estratégicas y la ubicación del switch. En el caso de la ciudad de Guayaquil algunas localidades accesan al switch enlazándose previamente con la Central Centro, por los motivos señalados en la sección 4.3.1; para estos casos especificaremos las distancias de estos enlaces.

De acuerdo a la distancia, presentamos también el medio de transmisión seleccionado:

Localidades Estratégicas en Guayaquil	Distancia hacia la Central Centro en km	Distancia hacia la Torre del Carmen en km	Medio de transmisión seleccionado
Ecuavisa	-----	0,70	fibra óptica
Estadio Capwell	-----	2,75	microondas
Estadio Isidro Romero	4,95	-----	microondas
Gamavisión	-----	0,85	microondas
Gobernación	0,28	-----	coaxial
Municipalidad	0,30	-----	coaxial
Teleamazonas	-----	0,20	coaxial
TC Televisión	-----	3,70	microondas

TABLA 4.4 Medios de transmisión en Guayaquil

Localidades Estratégicas en Cuenca	Distancia hacia la ubicación del switch (Central Centro) en km	Medio de transmisión seleccionado
Coliseo Mayor	1,87	microondas
Estadio Alejandro Serrano	0,87	microondas
ETV Telerama	2,90	microondas
Gobernación	0,50	fibra óptica
Municipalidad	0,08	coaxial

TABLA 4.5 Medios de transmisión en Cuenca

Localidades Estratégicas en Quito	Distancia hacia la ubicación del switch (el Pichincha) en km	Medio de transmisión seleccionado
Congreso Nacional	5,30	Microondas
Estadio Olímpico Atahualpa	6,10	Microondas
Ecuavisa	6,50	Microondas
Gamavisión	7,86	Microondas
Municipalidad	4,95	Microondas
Palacio de Carondelet	4,80	Microondas
Teleamazonas	4,80	Microondas
TC Televisión	5,10	Microondas

TABLA 4.6 Medios de transmisión en Quito

## 4.5 CÁLCULOS DE PROPAGACIÓN

### 4.5.1 Generalidades

A continuación se detallará los cálculos de propagación efectuados en los radioenlaces entre los diferentes lugares escogidos como generadores de eventos noticiosos ocasionales y el lugar donde se encuentra nuestro switch concentrador de señales. Así mismo se informará de los datos tomados en cuenta para realizar estos cálculos, los mismos fueron tomados de la hoja técnica de cada elemento.

Debido a que los radioenlaces son entre distancias relativamente cortas y el haz no pasa por ningún lago o terrenos planos los cuales representen una pérdida por desvanecimiento o multitrayectoria, no se utilizó ninguna clase de diversidad para protección del enlace.

Para encontrar las pérdidas totales en los enlaces se ha considerado como constantes las pérdidas por conectores, pérdidas por lluvias, pérdidas por branching y finalmente por desalineamiento de antena, cuyos valores se los ha adoptado de acuerdo a la realidad.

Se utilizaron para los cálculos las siguientes constantes: el factor de curvatura, normalizado a  $4/3$ , radio de la tierra (6.370 Km) y se tomará en cuenta sólo la primera zona de Fresnel.

A excepción del radio enlace que habría entre Pichincha y Central Centro en el proyecto Quito y el tramo entre Central Centro y torre EL Carmen en el proyecto Guayaquil, cuyos equipos serán especificados después, en todos los radios enlaces se utilizaron los siguientes equipos con sus respectivas características:

El equipo de radio utilizado es de la marca ATI, (Advanced Techcom, INC) modelo ATI FSK + 2 GHz (E3), que de entre sus características más importantes están la potencia de transmisión que es de 33 dBm y su umbral de recepción que es de -81 dBm. La frecuencia de operación del equipo es de 2,1 GHz.

Las antenas son de la marca Andrew, el modelo es KP4-21, que es una antena de rejillas de 1,2 metros de diámetro, cuya ganancia es de 26,4 dBi a banda media.

La guía de onda utilizada es cable coaxial marca Andrew, modelo LDF4 -50A Helix, que es un cable coaxial de  $\frac{1}{2}$  pulgada de diámetro e impedancia de 50  $\Omega$ , su medida de atenuación es de 11,3 dB por cada 100 metros en los 2,1 GHz que es a la frecuencia a la cual estamos trabajando.

Para el enlace de radio para comunicar la estación Pichincha y la Central Centro de Andinatel y el tramo Central Centro - torre El Carmen, se necesitaría utilizar una radio de 140 Mbps Siemens GT-140 en configuración 2+0 cuyas características son:

29,5 dBm de potencia de transmisión y su umbral de recepción es de -70,5 dBm, la guía de onda utilizada es de marca Andrew modelo EWP34 Heliac, que es una guía de onda de 2 pulgadas que presenta una atenuación de 2,11 dB/100 en los 4,1 GHz en que se encuentra el radioenlace.

Con todos estos datos se ha procedido a efectuar los cálculos de propagación de cada uno de los radioenlaces muestreando 29 puntos en trayectoria directa entre los dos puntos.

#### 4.5.2 Proyecto Quito

##### 4.5.2.1 TRAMO PALACIO DE CARONDELET - PICHINCHA

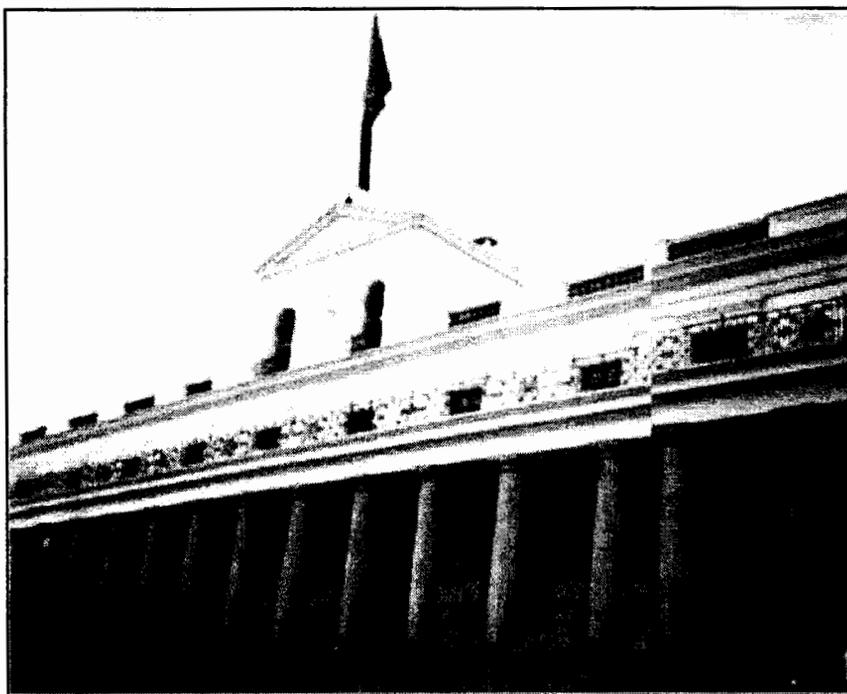


Fig. 4.4. Palacio de Carondelet

La distancia de este tramo comprende 4,8 Km. Para lograr línea de vista, se necesitaría instalar una torre de 12 metros en el palacio y una torre de 24 m en el Pichincha. La torre para la antena en el palacio de Carondelet será ubicada en la parte trasera del edificio específicamente sobre una losa de un parqueadero trasero, a su vez el Codec DVT45 estaría ubicado en el salón principal, teniendo la posibilidad de otra ubicación gracias a la longitud del cable que lo conecta con la radio.

Se ha utilizado 18 metros de cable coaxial para llegar desde el transmisor de radio hasta la antena en el palacio y en la estación Pichincha se ha estimado que se necesitarían 32 metros de conductor.

Para el cálculo de la disponibilidad del enlace, es decir segundos de caída por día, las constantes a y b escogidas son: a es 0,25 correspondiendo a la constante de terreno tipo montañoso y b es 0,25 correspondiendo a la constante de clima seco.

Los resultados de los cálculos se muestran a continuación:

## ESPECIFICACIONES DEL RADIOENLACE

Tramo: **CARONDELET  
PICHINCHA**

Descripción	Siglas	Unidad	Cantidad
Longitud del tramo	Li	Km	4.80
Altitud del Gráfico	hgraf	m	2,800.00
Factor de Curvatura	K		1.33
Puntos de Muestreo	Pm		29.00
Radio de la Tierra	a	Km	6,370.00

Grafico de Zona de Fresnel:			
Descripción		Unidad	Cantidad
Frecuencia de Operación	Fo	GHz	2.10
Zona de Fresnel Número	n		1.00

Altura de las Antenas			
Descripción		Unidad	Cantidad
Altura de la Antena 1		m	10.00
Altura de la Antena 2		m	24.00

**ZONA DE FRESNEL**

Zona de Fresnel No: 1

Tramo  
CARONDELET - PICHINCHA**DATOS**

Frecuencia	GHz	2.10
Li	Km	4.80
n		1
Alt.Ant(h1)	m	10.00
Alt.Ant(h2)	m	24.00

Lambda (m)	142.8571
HA (m)	27
HB (m)	1,005
Dx (Km)	0
Pendiente m	206.67

Nº Div	Lx (Km)	x Lx/Li	Hn(x) Radio	Línea de Vista	1era zona superior	1era zona inferior	Margen de Apertura
0	0.00	0.00	0.00	2,837.00	2,837.00	2,837.00	10.00
1	0.17	0.03	2.86	2,871.10	2,873.96	2,868.24	38.20
2	0.33	0.07	3.97	2,905.20	2,909.17	2,901.23	70.14
3	0.50	0.10	4.77	2,939.30	2,944.07	2,934.53	104.40
4	0.66	0.14	5.40	2,973.40	2,978.80	2,968.00	141.83
5	0.83	0.17	5.92	3,007.50	3,013.42	3,001.58	181.39
6	0.99	0.21	6.35	3,041.60	3,047.95	3,035.25	225.03
7	1.16	0.24	6.71	3,075.70	3,082.41	3,068.99	245.74
8	1.32	0.28	7.01	3,109.80	3,116.81	3,102.79	294.52
9	1.49	0.31	7.25	3,143.90	3,151.15	3,136.65	312.36
10	1.65	0.34	7.45	3,178.00	3,185.45	3,170.55	370.24
11	1.82	0.38	7.61	3,212.10	3,219.71	3,204.49	386.17
12	1.98	0.41	7.73	3,246.20	3,253.93	3,238.47	412.15
13	2.15	0.45	7.80	3,280.30	3,288.10	3,272.50	442.16
14	2.31	0.48	7.84	3,314.40	3,322.24	3,306.56	471.22
15	2.48	0.52	7.84	3,348.50	3,356.34	3,340.66	502.32
16	2.64	0.55	7.81	3,382.60	3,390.41	3,374.79	485.46
17	2.81	0.58	7.73	3,416.70	3,424.43	3,408.97	512.64
18	2.97	0.62	7.62	3,450.80	3,458.42	3,443.18	484.86
19	3.14	0.65	7.47	3,484.90	3,492.37	3,477.43	421.12
20	3.30	0.69	7.27	3,519.00	3,526.27	3,511.73	510.43
21	3.47	0.72	7.03	3,553.10	3,560.13	3,546.07	347.80
22	3.63	0.76	6.74	3,587.20	3,593.94	3,580.46	323.21
23	3.80	0.79	6.38	3,621.30	3,627.68	3,614.92	602.69
24	3.96	0.83	5.96	3,655.40	3,661.36	3,649.44	480.24
25	4.13	0.86	5.46	3,689.50	3,694.96	3,684.04	387.88
26	4.29	0.89	4.84	3,723.60	3,728.44	3,718.76	239.64
27	4.46	0.93	4.05	3,757.70	3,761.75	3,753.65	164.56
28	4.62	0.96	2.98	3,791.80	3,794.78	3,788.82	34.77
29	4.79	1.00	0.88	3,825.90	3,826.78	3,825.02	20.02

CARONDELET - PICHINCHA

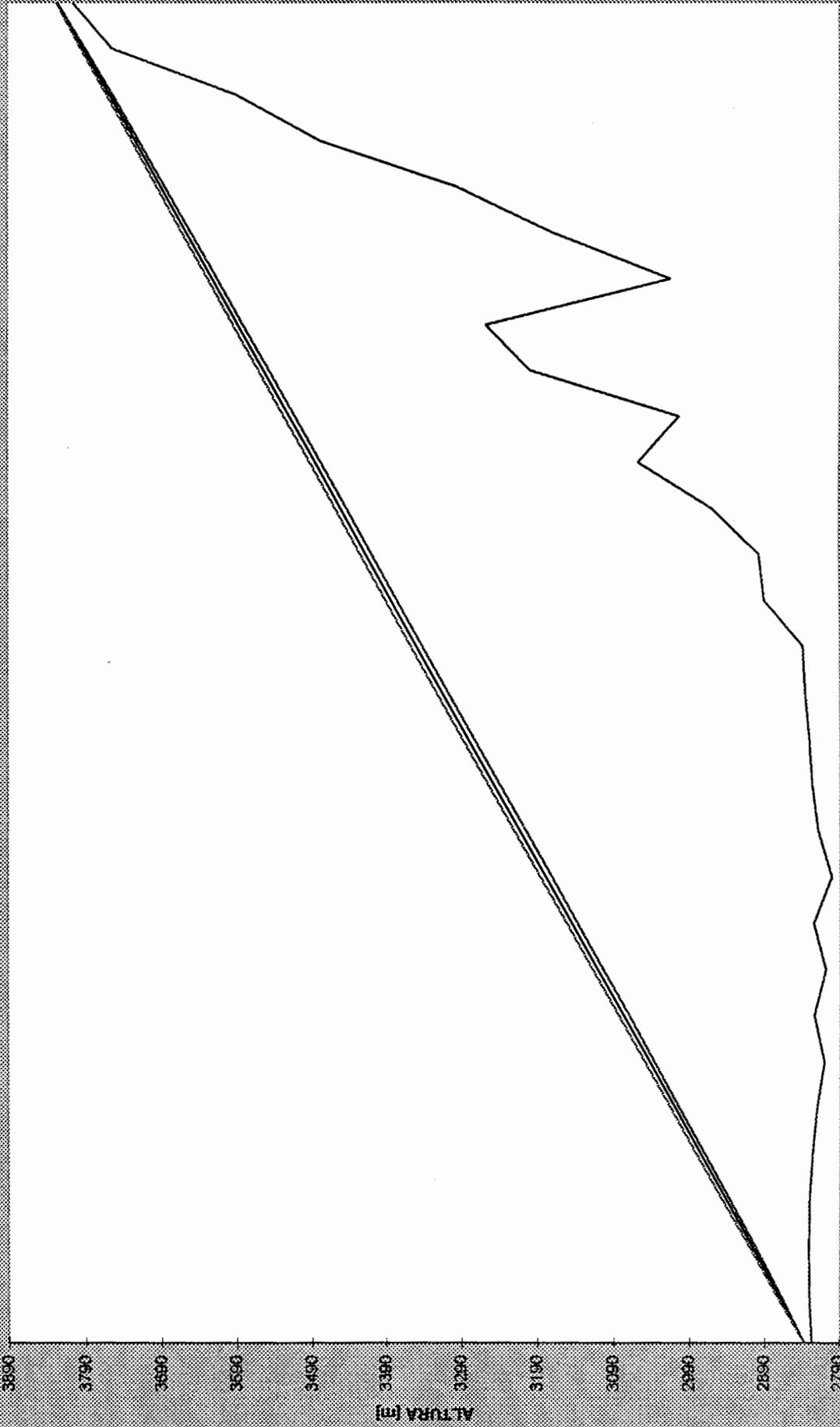


Fig. 4.5. Perfil Topografico Carondelet -Pichincha

<b>GANANCIAS</b>	
DISTANCIA (Km)	4.8
FRECUENCIA DE OPERACIÓN (GHz)	2.10
POTENCIA DE TX (W)	2.00
POTENCIA DE TX (dBm)	33.00
GANANCIA ANTENA TX (dBi)	26.4
GANANCIA ANTENA RX (dBi)	26.4
<b>TOTAL GANANCIAS (dB)</b>	<b>85.80</b>

<b>PÉRDIDAS</b>	
METROS CABLE COAXIAL EN TX	18
ATENUACION CABLE COAXIAL (dB/100m) EN TX	11.3
METROS CABLE COAXIAL EN RX	32
ATENUACION CABLE COAXIAL (dB/100m) EN RX	11.3
PÉRDIDA POR CABLE COAXIAL (dB)	5.65
PÉRDIDAS EN CONECTORES (dB)	0.2
PÉRDIDAS POR LLUVIA (dB)	2.00
PÉRDIDAS EN ESPACIO LIBRE (dB)	112.5
PÉRDIDA POR DESALINEAMIENTO (dB)	2.00
PÉRDIDAS POR BRANCHING (dB)	1.00
<b>TOTAL PÉRDIDAS (dB)</b>	<b>123.34</b>

<b>POTENCIA RECIBIDA (dBm)</b>	<b>-37.54</b>
<b>UMBRAL DE RECEPCIÓN (dBm)</b>	<b>-81</b>
<b>MARGEN DE DESVANECIMIENTO (dB)</b>	<b>43.46</b>

<b>CONSTANTES</b>	
<b>TERRENO</b> a: 4 liso (desierto, agua)	
1 semi-liso (costa), terreno promedio	
0,25 rugoso (sierra), , montañoso	
<b>CLIMA</b> b: 4 desierto, cambios bruscos de temperatura	
2 costa (húmedo)	
1 templado	
0,25 seco	
0.5 humedo y calido	
<b>a =</b>	0.25
<b>b =</b>	0.25
<b>CONFIABILIDAD (%)</b>	99.99999996
<b>SEGUNDOS DE CAÍDA POR DÍA</b>	3.39383E-05

## 4.5.2.2 TRAMO ESTADIO ATAHUALPA - PICHINCHA

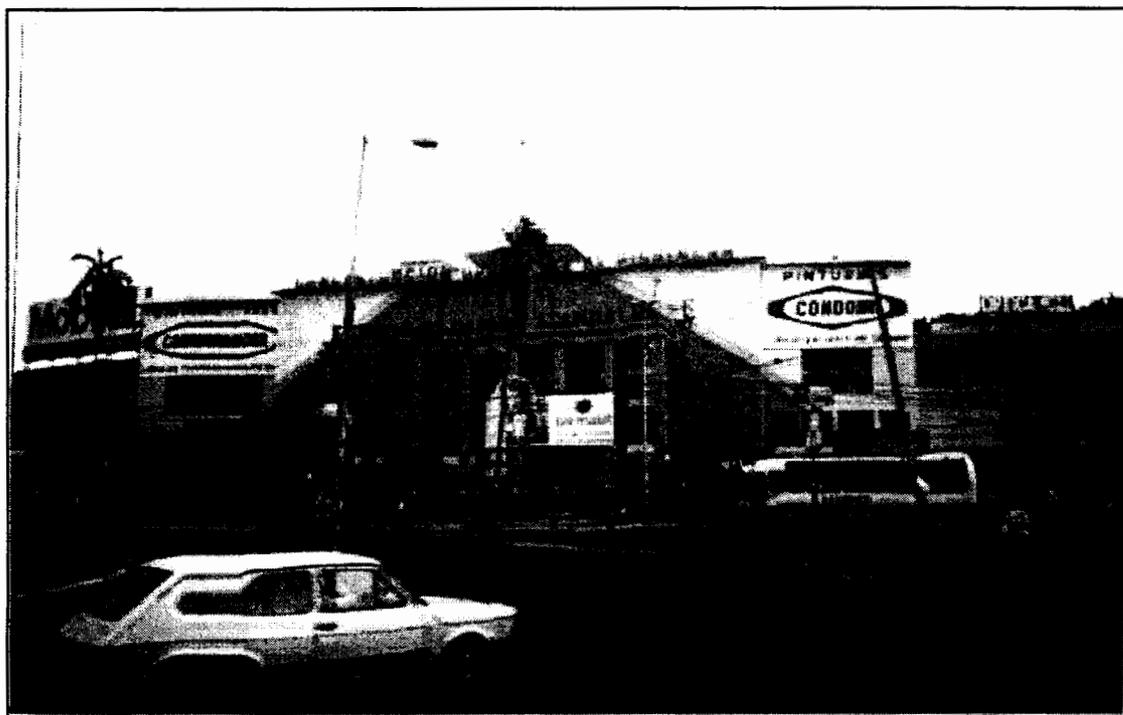


Fig. 4.6. Estadio Olímpico Atahualpa

La distancia de este tramo comprende 6,1 Km. Para lograr línea de vista, se necesitaría instalar una torre 8 metros en el Estadio y la altura de la antena en el Pichincha debería estar a 27 metros de altura. Debido a que en la parte superior del estadio no existe una superficie lo suficientemente resistente y gracias al pequeño tamaño de la antena así como su peso, se decidió que lo conveniente es ubicar un mástil de acero en vez de la estructura metálica para soportar la antena. Este mástil sería ubicado en la terraza de estadio a la altura de su puerta principal, es decir la que da a la avenida Naciones Unidas. La ubicación del Codec DVT45 así como también del equipo de radio ATI, es una cabina de prensa, las cuales se encuentran a unos seis metros del mástil.

Se ha utilizado 14 metros de cable coaxial para llegar desde el transmisor hasta la antena en el Estadio y en la estación Pichincha se ha estimado que se necesitarían 38 metros de conductor para completar el enlace.

Para el cálculo de la disponibilidad del enlace, las constantes a y b escogidas son: a es 0,25 correspondiendo a la constante de terreno tipo montañoso y b es 0,25 correspondiendo a la constante de clima seco.

Los resultados de los cálculos se muestran a continuación:

## ESPECIFICACIONES DEL RADIOENLACE

Tramo: **ESTADIO ATAHUALPA  
PICHINCHA**

Descripción	Siglas	Unidad	Cantidad
Longitud del tramo	Li	Km	6.10
Altitud del Gráfico	hgraf	m	2,800.00
Factor de Curvatura	K		1.33
Puntos de Muestreo	Pm		29.00
Radio de la Tierra	a	Km	6,370.00

### Gráfico de Zona de Fresnel:

Descripción		Unidad	Cantidad
Frecuencia de Operación	Fo	GHz	2.10
Zona de Fresnel Número	n		1.00

### Altura de las Antenas

Descripción		Unidad	Cantidad
Altura de la Antena 1		m	8.00
Altura de la Antena 2		m	27.00

**ZONA DE FRESNEL**

Tramo

Zona de Fresnel No: 1

ESTADIO ATAHUALPA - PICHINCHA

**DATOS**

Frecuencia	GHz	2.10
Li	Km	6.10
n		1
Alt.Ant(h1)	m	8.00
Alt.Ant(h2)	m	27.00

Lambda (m)	142.8571
HA (m)	29
HB (m)	1,005
Dx (Km)	0
Pendiente m	163.11

Nº Div	Lx (Km)	x Lx/Li	Hn(x) Radio	Línea de Vista	1era zona superior	1era zona inferior	Margen de Apertura
0	0.00	0.00	0.00	2,837.00	2,837.00	2,837.00	8.00
1	0.21	0.03	3.23	2,871.25	2,874.48	2,868.03	64.96
2	0.42	0.07	4.48	2,905.51	2,909.99	2,901.03	85.89
3	0.63	0.10	5.38	2,939.76	2,945.15	2,934.38	123.18
4	0.84	0.14	6.10	2,974.02	2,980.11	2,967.92	161.66
5	1.05	0.17	6.68	3,008.27	3,014.95	3,001.59	186.28
6	1.26	0.21	7.16	3,042.52	3,049.69	3,035.36	206.00
7	1.47	0.24	7.57	3,076.78	3,084.34	3,069.21	226.81
8	1.68	0.28	7.90	3,111.03	3,118.94	3,103.13	246.69
9	1.89	0.31	8.18	3,145.29	3,153.47	3,137.11	272.64
10	2.10	0.34	8.41	3,179.54	3,187.95	3,171.14	294.64
11	2.31	0.38	8.58	3,213.80	3,222.38	3,205.21	319.70
12	2.52	0.41	8.71	3,248.05	3,256.76	3,239.34	349.81
13	2.73	0.45	8.80	3,282.30	3,291.10	3,273.51	374.97
14	2.94	0.48	8.84	3,316.56	3,325.40	3,307.72	402.17
15	3.15	0.52	8.84	3,350.81	3,359.65	3,341.97	429.42
16	3.36	0.55	8.80	3,385.07	3,393.87	3,376.27	421.72
17	3.57	0.59	8.72	3,419.32	3,428.04	3,410.60	514.07
18	3.78	0.62	8.59	3,453.57	3,462.16	3,444.99	486.47
19	3.99	0.65	8.41	3,487.83	3,496.24	3,479.41	422.92
20	4.20	0.69	8.19	3,522.08	3,530.27	3,513.89	512.42
21	4.41	0.72	7.92	3,556.34	3,564.25	3,548.42	349.98
22	4.62	0.76	7.58	3,590.59	3,598.17	3,583.01	325.60
23	4.83	0.79	7.18	3,624.84	3,632.03	3,617.66	605.30
24	5.04	0.83	6.70	3,659.10	3,665.80	3,652.40	483.08
25	5.25	0.86	6.13	3,693.35	3,699.48	3,687.23	390.96
26	5.46	0.90	5.42	3,727.61	3,733.03	3,722.19	242.98
27	5.67	0.93	4.53	3,761.86	3,766.39	3,757.33	168.19
28	5.88	0.96	3.30	3,796.11	3,799.41	3,792.82	38.74
29	6.09	1.00	0.72	3,830.37	3,831.08	3,829.65	24.65

E. ATAHUALPA - PICHINCHA

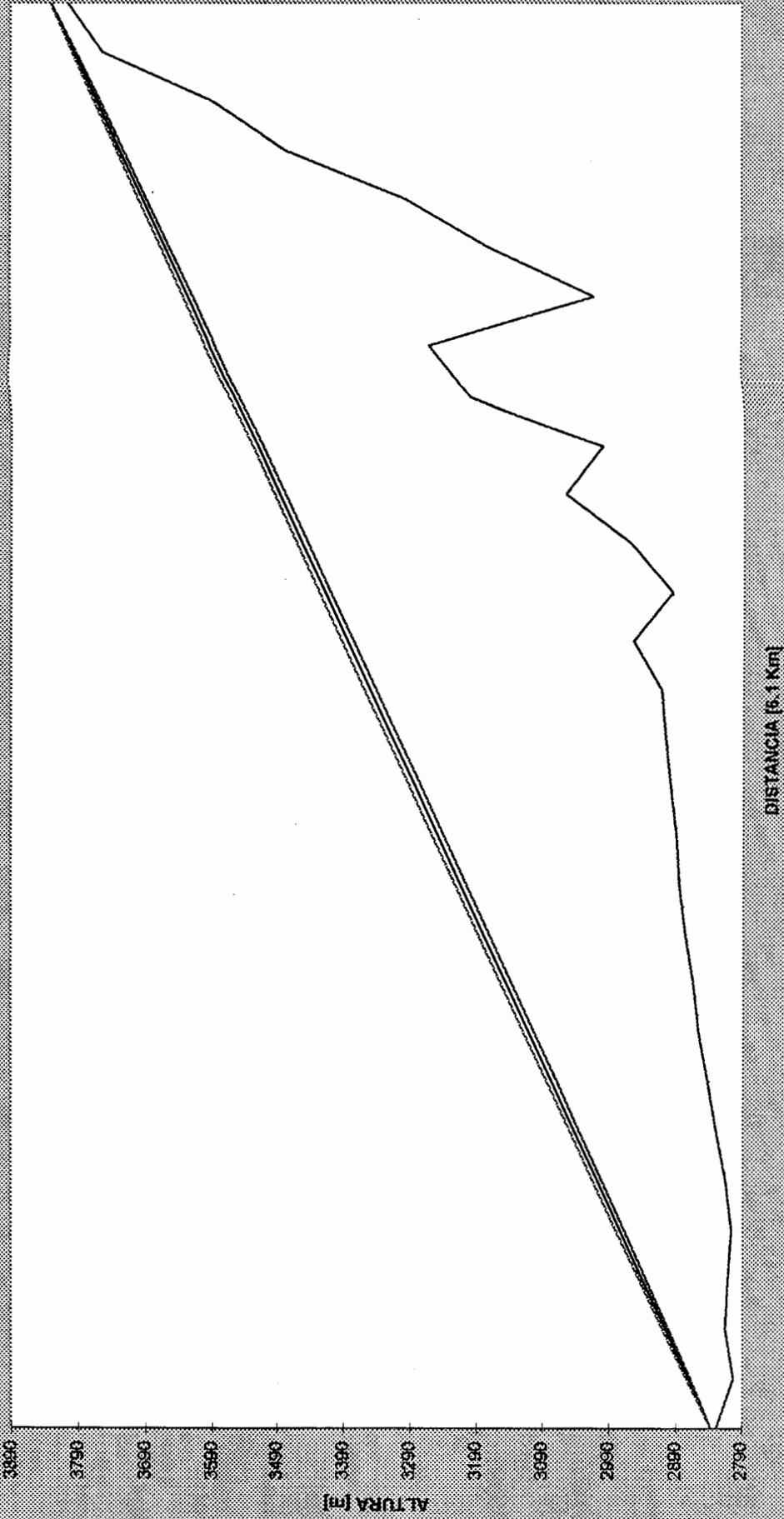


Fig. 4.7 Perfil Topografico Atahualpa - Pichincha

GANANCIAS	
DISTANCIA (Km)	6.1
FRECUENCIA DE OPERACIÓN (GHz)	2.10
POTENCIA DE TX (W)	2.00
POTENCIA DE TX (dBm)	33.00
GANANCIA ANTENA TX (dBi)	26.4
GANANCIA ANTENA RX (dBi)	26.4
<b>TOTAL GANANCIAS (dB)</b>	<b>85.80</b>

PÉRDIDAS	
METROS CABLE COAXIAL EN TX	14
ATENUACION CABLE COAXIAL (dB/100m) EN TX	11.3
METROS CABLE COAXIAL EN RX	38
ATENUACION CABLE COAXIAL (dB/100m) EN RX	11.3
PÉRDIDA POR CABLE COAXIAL (dB)	5.88
PÉRDIDAS EN CONECTORES (dB)	0.2
PÉRDIDAS POR LLUVIA (dB)	2.00
PÉRDIDAS EN ESPACIO LIBRE (dB)	114.6
PÉRDIDA POR DESALINEAMIENTO (dB)	2.00
PÉRDIDAS POR BRANCHING (dB)	1.00
<b>TOTAL PERDIDAS (dB)</b>	<b>125.66</b>

<b>POTENCIA RECIBIDA (dBm)</b>	<b>-39.86</b>
<b>UMBRAL DE RECEPCIÓN (dBm)</b>	<b>-81</b>
<b>MARGEN DE DESVANECIMIENTO(dB)</b>	<b>41.14</b>

CONSTANTES	
<b>TERRENO a:</b> 4 liso (desierto, agua)	
1 semi-liso (costa), terreno promedio	
0,25 rugoso (sierra), montañoso	
<b>CLIMA b:</b> 4 desierto, cambios bruscos de temperatura	
2 costa (húmedo)	
1 templado	
0,25 seco	
0,5 humedo y calido	
<b>a =</b>	<b>0.25</b>
<b>b =</b>	<b>0.25</b>
<b>CONFIABILIDAD (%)</b>	<b>99.99999986</b>
<b>SEGUNDOS DE CAIDA POR DIA</b>	<b>0.000118858</b>

#### 4.5.2.3 TRAMO CONGRESO NACIONAL - PICHINCHA

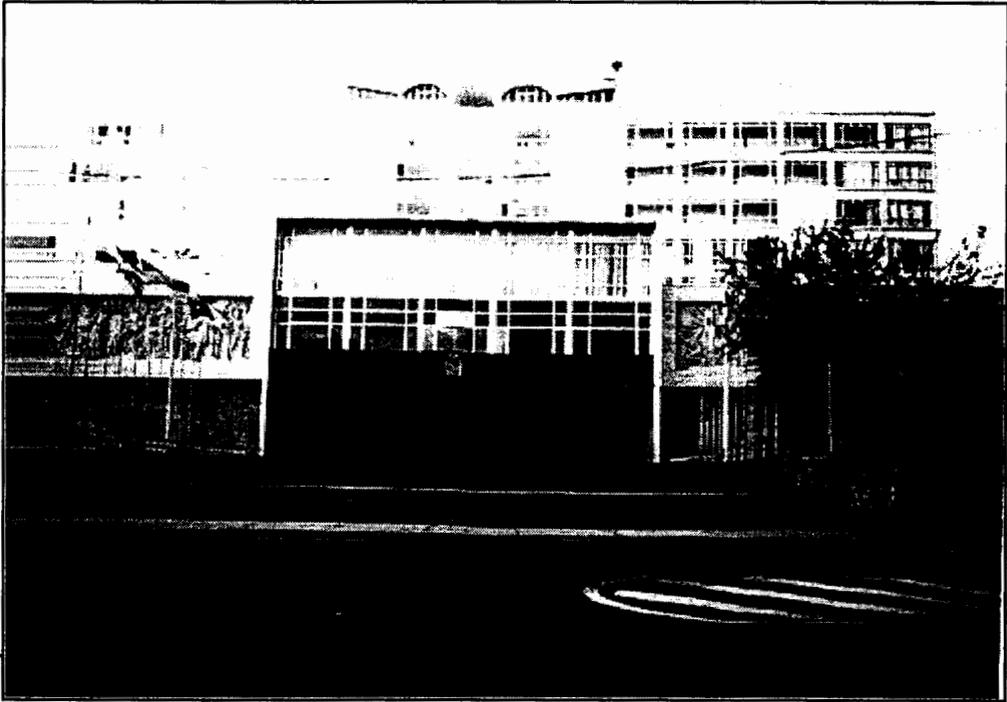


Fig. 4.8. Congreso Nacional

La distancia de este tramo comprende 5,3 Km. Para lograr línea de vista, se necesitaría instalar una torre de 12 metros en el edificio del Congreso Nacional y la antena ubicada en el Pichincha debería tener 22 m de altura. La torre en el edificio del Congreso Nacional sería ubicada en la terraza ya que en este edificio si existe losa. El equipo de radio estaría ubicado a aproximadamente 5 metros de la torre en un cuarto de servicio, en este mismo lugar estaría ubicado el codificador, teniendo la posibilidad de movimiento dependiendo de la longitud del cable de conexión a la radio.

Se han estimado utilizar 17 metros de cable coaxial para llegar desde el transmisor hasta la antena en el edificio del Congreso y en la estación Pichincha se ha estimado que se necesitarían 25 metros de conductor.

Para el cálculo de la disponibilidad del enlace, es decir segundos de caída por día, las constantes a y b escogidas son: a es 0,25 correspondiendo a la constante de terreno tipo montañoso y b es 0,25 correspondiendo a la constante de clima seco.

Los resultados de los cálculos se muestran a continuación:

## ESPECIFICACIONES DEL RADIOENLACE

Tramo: **CONGRESO NACIONAL  
PICHINCHA**

Descripción	Siglas	Unidad	Cantidad
Longitud del tramo	Li	Km	5.30
Altitud del Gráfico	hgraf	m	2,800.00
Factor de Curvatura	K		1.33
Puntos de Muestreo	Pm		29.00
Radio de la Tierra	a	Km	6,370.00

Gráfico de Zona de Fresnel:			
Descripción		Unidad	Cantidad
Frecuencia de Operación	Fo	GHz	2.10
Zona de Fresnel Número	n		1.00

Altura de las Antenas			
Descripción		Unidad	Cantidad
Altura de la Antena 1		m	10.00
Altura de la Antena 2		m	22.00

**ZONA DE FRESNEL**

Tramo

Zona de Fresnel No: 1

CONGRESO NACIONAL - PICHINCHA

**DATOS**

Frecuencia	GHz	2.10
Li	Km	5.30
n		1
Alt.Ant(h1)	m	10.00
Alt.Ant(h2)	m	22.00

Lambda (m)	142.8571
HA (m)	17
HB (m)	1,005
Dx (Km)	0
Pendiente m	188.68

Nº Div	Lx (Km)	x Lx/Li	Hn(x) Radio	Linea de Vista	1era zona superior	1era zona inferior	Margen de Apertura
0	0.00	0.00	0.00	2,827.00	2,827.00	2,827.00	10.00
1	0.18	0.03	3.00	2,861.34	2,864.34	2,858.34	49.28
2	0.36	0.07	4.17	2,895.68	2,899.85	2,891.51	56.40
3	0.55	0.10	5.01	2,930.02	2,935.03	2,925.01	113.85
4	0.73	0.14	5.68	2,964.36	2,970.03	2,958.68	152.49
5	0.91	0.17	6.22	2,998.70	3,004.92	2,992.48	177.24
6	1.09	0.21	6.67	3,033.04	3,039.71	3,026.37	197.10
7	1.27	0.24	7.05	3,067.38	3,074.42	3,060.33	218.03
8	1.46	0.27	7.36	3,101.72	3,109.08	3,094.36	238.03
9	1.64	0.31	7.62	3,136.06	3,143.68	3,128.44	264.08
10	1.82	0.34	7.83	3,170.40	3,178.23	3,162.57	286.19
11	2.00	0.38	7.99	3,204.74	3,212.73	3,196.74	311.35
12	2.18	0.41	8.12	3,239.08	3,247.19	3,230.96	341.56
13	2.37	0.45	8.20	3,273.42	3,281.61	3,265.22	366.81
14	2.55	0.48	8.24	3,307.75	3,315.99	3,299.52	394.10
15	2.73	0.52	8.24	3,342.09	3,350.34	3,333.85	421.44
16	2.91	0.55	8.20	3,376.43	3,384.64	3,368.23	413.82
17	3.09	0.58	8.13	3,410.77	3,418.90	3,402.65	506.24
18	3.28	0.62	8.01	3,445.11	3,453.12	3,437.10	478.71
19	3.46	0.65	7.85	3,479.45	3,487.31	3,471.60	415.23
20	3.64	0.69	7.65	3,513.79	3,521.44	3,506.14	504.79
21	3.82	0.72	7.39	3,548.13	3,555.53	3,540.74	342.40
22	4.00	0.76	7.09	3,582.47	3,589.56	3,575.38	318.08
23	4.19	0.79	6.72	3,616.81	3,623.53	3,610.09	597.82
24	4.37	0.82	6.28	3,651.15	3,657.43	3,644.87	475.63
25	4.55	0.86	5.75	3,685.49	3,691.24	3,679.74	383.54
26	4.73	0.89	5.10	3,719.83	3,724.93	3,714.73	235.57
27	4.91	0.93	4.29	3,754.17	3,758.45	3,749.88	160.77
28	5.10	0.96	3.17	3,788.51	3,791.68	3,785.34	31.28
29	5.28	1.00	1.06	3,822.85	3,823.91	3,821.79	16.78

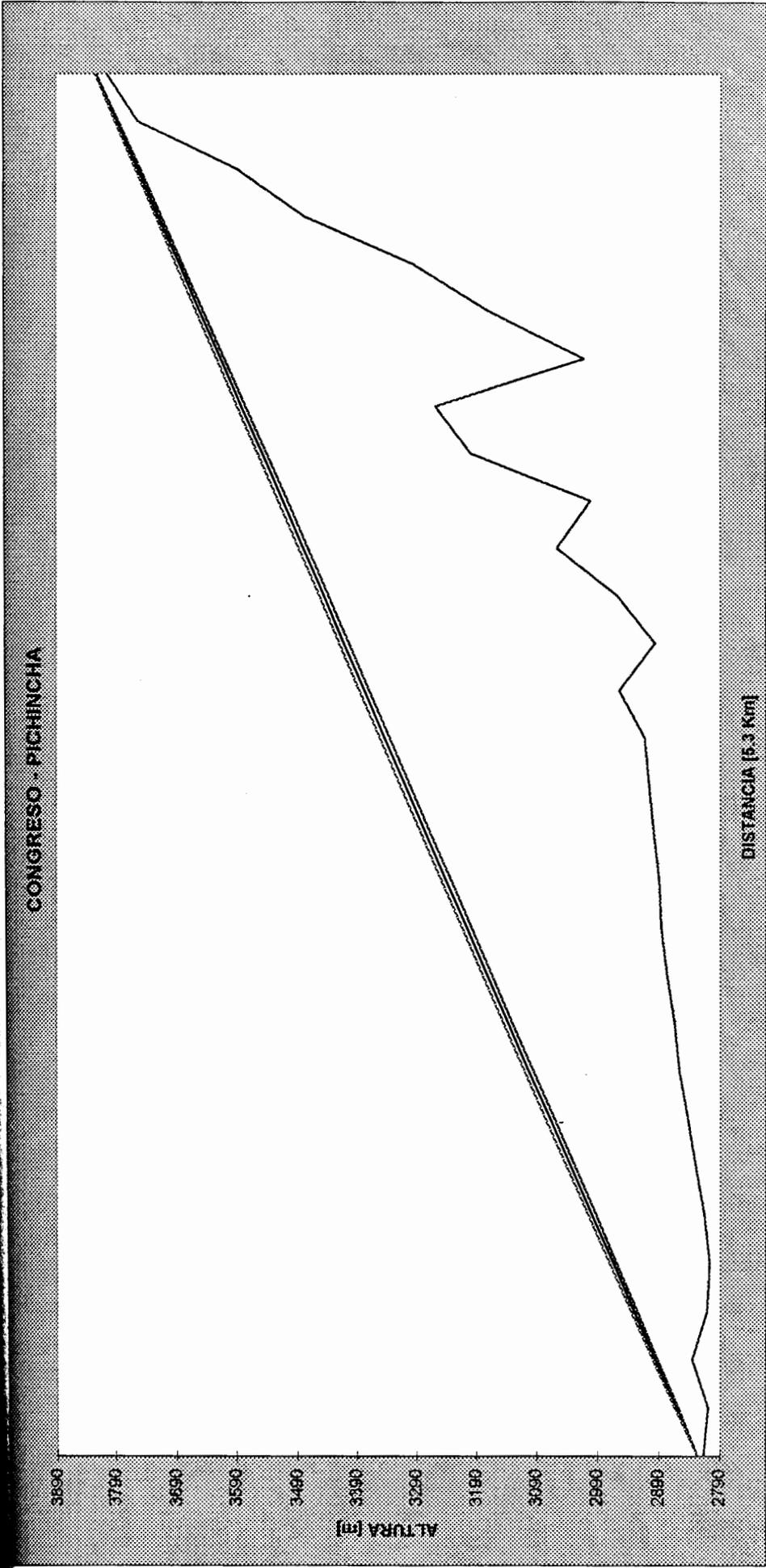


Fig. 4.9 Perfil Topográfico Congreso - Pichincha

GANANCIAS	
DISTANCIA (Km)	5.3
FRECUENCIA DE OPERACIÓN (GHz)	2.10
POTENCIA DE TX (W)	2.00
POTENCIA DE TX (dBm)	33.00
GANANCIA ANTENA TX (dBi)	26.4
GANANCIA ANTENA RX (dBi)	26.4
<b>TOTAL GANANCIAS (dB)</b>	<b>85.80</b>

PERDIDAS	
METROS CABLE COAXIAL EN TX	17
ATENUACION CABLE COAXIAL (dB/100m) EN TX	11.3
METROS CABLE COAXIAL EN RX	25
ATENUACION CABLE COAXIAL (dB/100m) EN RX	11.3
PÉRDIDA POR CABLE COAXIAL (dB)	4.75
PÉRDIDAS EN CONECTORES (dB)	0.2
PÉRDIDAS POR LLUVIA (dB)	2.00
PÉRDIDAS EN ESPACIO LIBRE (dB)	113.3
PÉRDIDA POR DESALINEAMIENTO (dB)	2.00
PÉRDIDAS POR BRANCHING (dB)	1.00
<b>TOTAL PERDIDAS (dB)</b>	<b>123.29</b>

POTENCIA RECIBIDA (dBm)	-37.49
UMBRAL DE RECEPCIÓN (dBm)	-81
<b>MARGEN DE DESVANECIMIENTO(dB)</b>	<b>43.51</b>

CONSTANTES	
<b>TERRENO</b> a: 4 liso (desierto, agua)	
1 semi-liso (costa), terreno promedio	
0,25 rugoso (sierra), ,montañoso	
<b>CLIMA</b> b: 4 desierto, cambios bruscos de temperatura	
2 costa (húmedo)	
1 templado	
0,25 seco	
0.5 humedo y calido	
a =	0.25
b =	0.25
<b>CONFIABILIDAD (%)</b>	<b>99.99999995</b>
<b>SEGUNDOS DE CAÍDA POR DÍA</b>	<b>4.51408E-05</b>

#### 4.5.2.4 TRAMO MUNICIPIO QUITO - PICHINCHA

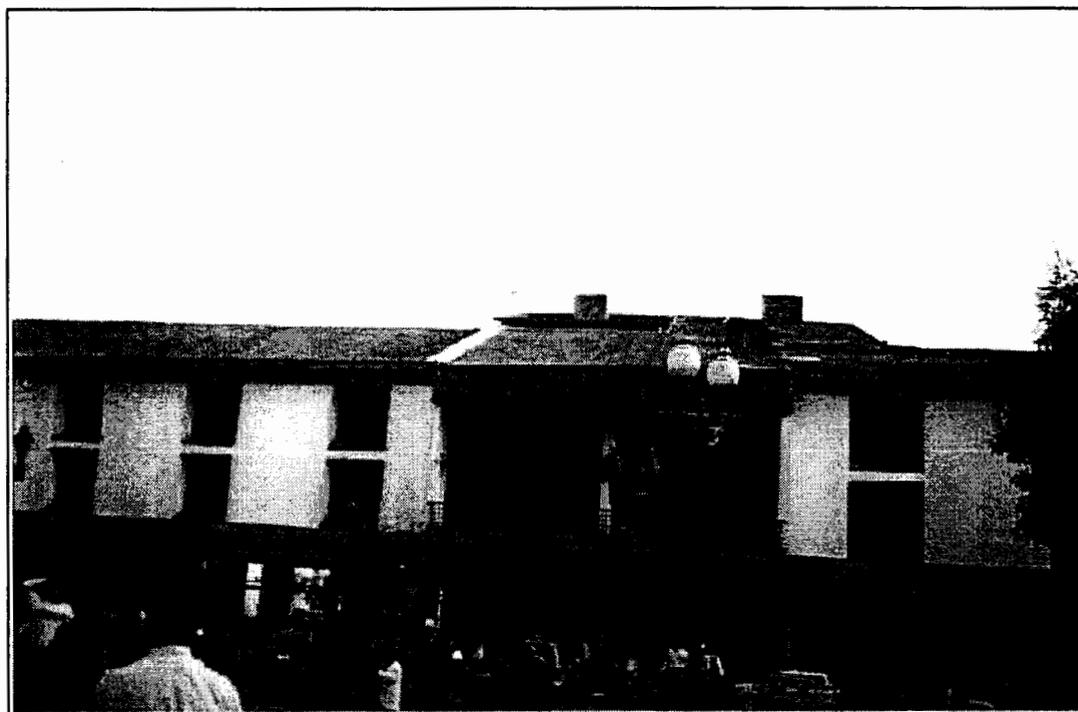


Fig. 4.10. Municipio de Quito

La distancia de este tramo comprende 4,95 Km. Para lograr línea de vista, se necesitaría instalar una torre de 15 metros en el edificio de la Municipalidad del Distrito Metropolitano de Quito y en la estación Pichincha, la antena debería ser ubicada a 16 metros de altura. La torre en la Municipalidad sería ubicada en el parqueadero interior, y el equipo de radio en un cuarto de equipos ubicado a aproximadamente a 13 metros de la torre, el codec estaría ubicado en el salón de actos, el cual se encuentra a 15 metros del lugar donde se encontraría la radio.

Se ha estimado que se necesitarían 28 metros de cable coaxial para el montaje del equipo de radio en la Municipalidad de Quito y 24 metros de conductor en la estación Pichincha.

Para el cálculo de la disponibilidad del enlace, las constantes a y b escogidas son: a es 0,25 correspondiendo a la constante de terreno tipo montañoso y b es 0,25 correspondiendo a la constante de clima seco.

Los resultados de los cálculos se muestran a continuación:

MUNICIPIO QUITO  
SECRETARÍA

## ESPECIFICACIONES DEL RADIOENLACE

Tramo: **MUNICIPIO QUITO  
PICHINCHA**

Descripción	Siglas	Unidad	Cantidad
Longitud del tramo	Li	Km	4.95
Altitud del Gráfico	hgraf	m	2,800.00
Factor de Curvatura	K		1.33
Puntos de Muestreo	Pm		29.00
Radio de la Tierra	a	Km	6,370.00

Gráfico de Zona de Fresnel:			
Descripción		Unidad	Cantidad
Frecuencia de Operación	Fo	GHz	2.10
Zona de Fresnel Número	n		1.00

Altura de las Antenas			
Descripción		Unidad	Cantidad
Altura de la Antena 1		m	15.00
Altura de la Antena 2		m	16.00

**ZONA DE FRESNEL**

Tramo

Zona de Fresnel No: 1

MUNICIPIO QUITO - PICHINCHA

**DATOS**

Frecuencia	GHz	2.10
Li	Km	4.95
n		1
Alt.Ant(h1)	m	15.00
Alt.Ant(h2)	m	16.00

Lambda (m)	142.8571
HA (m)	15
HB (m)	1,005
Dx (Km)	0
Pendiente m	200.20

Nº Div	Lx (Km)	x Lx/Li	Hn(x) Radio	Linea de Vista	1era zona superior	1era zona inferior	Margen de Apertura
0	0.00	0.00	0.00	2,830.00	2,830.00	2,830.00	15.00
1	0.17	0.03	2.90	2,864.03	2,866.94	2,861.13	61.08
2	0.34	0.07	4.03	2,898.07	2,902.10	2,894.04	58.95
3	0.51	0.10	4.84	2,932.10	2,936.95	2,927.26	78.13
4	0.68	0.14	5.49	2,966.14	2,971.62	2,960.65	154.48
5	0.85	0.17	6.01	3,000.17	3,006.18	2,994.16	178.96
6	1.02	0.21	6.45	3,034.21	3,040.65	3,027.76	198.52
7	1.19	0.24	6.81	3,068.24	3,075.05	3,061.43	219.17
8	1.36	0.27	7.11	3,102.27	3,109.39	3,095.16	238.87
9	1.53	0.31	7.36	3,136.31	3,143.67	3,128.94	264.64
10	1.70	0.34	7.57	3,170.34	3,177.91	3,162.78	286.45
11	1.87	0.38	7.73	3,204.38	3,212.10	3,196.65	311.31
12	2.04	0.41	7.84	3,238.41	3,246.26	3,230.57	341.22
13	2.21	0.45	7.92	3,272.45	3,280.37	3,264.52	366.17
14	2.38	0.48	7.96	3,306.48	3,314.44	3,298.52	393.16
15	2.55	0.52	7.96	3,340.52	3,348.48	3,332.55	420.19
16	2.72	0.55	7.93	3,374.55	3,382.48	3,366.62	412.26
17	2.89	0.58	7.86	3,408.58	3,416.44	3,400.73	504.38
18	3.06	0.62	7.74	3,442.62	3,450.36	3,434.88	476.54
19	3.23	0.65	7.59	3,476.65	3,484.24	3,469.06	412.74
20	3.40	0.69	7.39	3,510.69	3,518.08	3,503.30	501.99
21	3.57	0.72	7.15	3,544.72	3,551.87	3,537.58	339.29
22	3.74	0.76	6.85	3,578.76	3,585.60	3,571.91	314.64
23	3.91	0.79	6.49	3,612.79	3,619.28	3,606.30	317.06
24	4.08	0.82	6.07	3,646.82	3,652.89	3,640.76	441.55
25	4.25	0.86	5.55	3,680.86	3,686.41	3,675.31	379.13
26	4.42	0.89	4.93	3,714.89	3,719.82	3,709.97	230.83
27	4.59	0.93	4.14	3,748.93	3,753.07	3,744.79	155.69
28	4.76	0.96	3.06	3,782.96	3,786.02	3,779.90	25.85
29	4.93	1.00	1.01	3,817.00	3,818.01	3,815.99	10.98

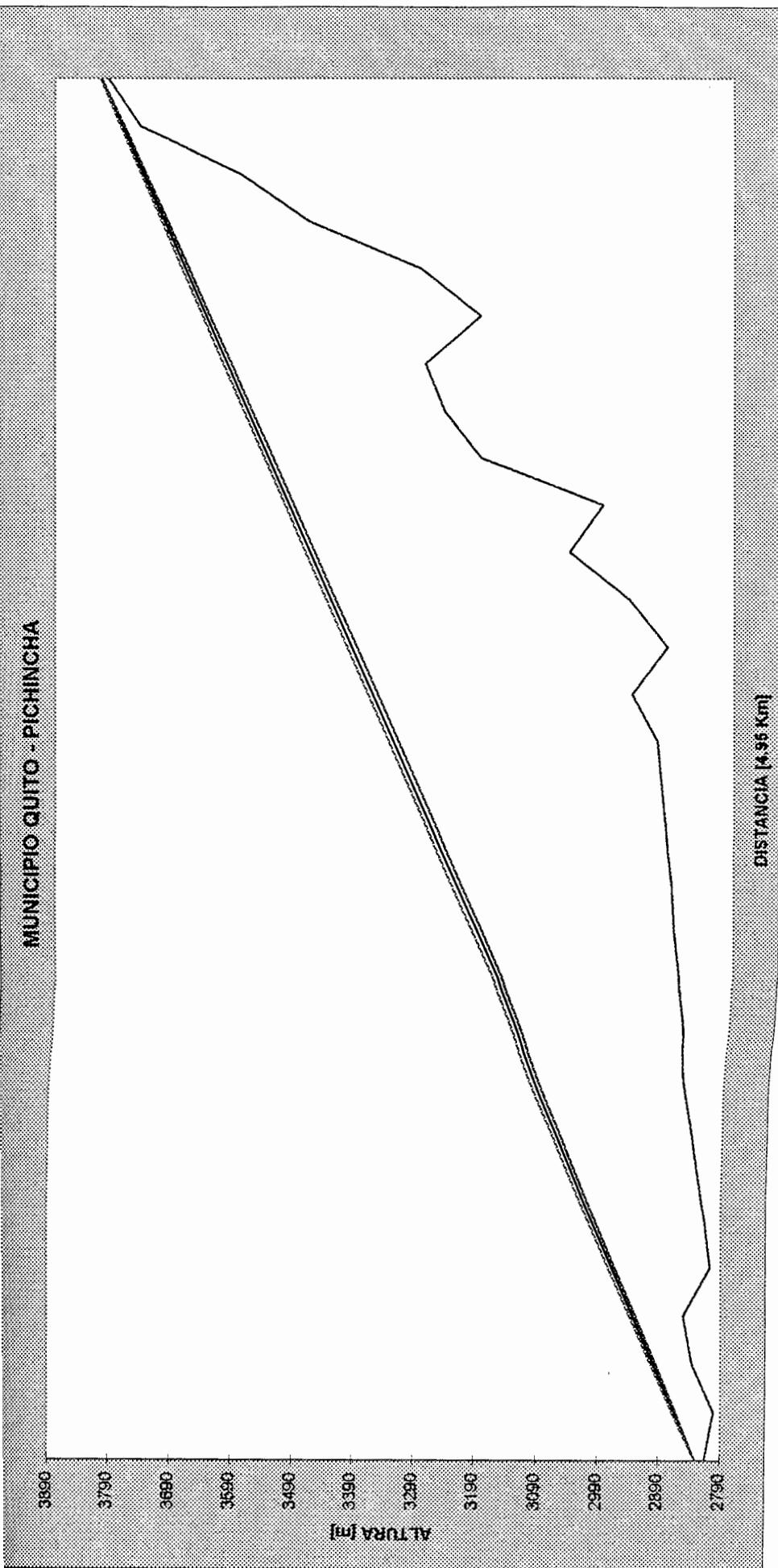


Fig. 4.11. Perfil Topográfico Municipio Quito - Pichincha

GANANCIAS	
DISTANCIA (Km)	4.95
FRECUENCIA DE OPERACIÓN (GHz)	2.10
POTENCIA DE TX (W)	2.00
POTENCIA DE TX (dBm)	33.00
GANANCIA ANTENA TX (dBi)	26.4
GANANCIA ANTENA RX (dBi)	26.4
<b>TOTAL GANANCIAS (dB)</b>	<b>85.80</b>

PÉRDIDAS	
METROS CABLE COAXIAL EN TX	28
ATENUACION CABLE COAXIAL (dB/100m) EN TX	11.3
METROS CABLE COAXIAL EN RX	24
ATENUACION CABLE COAXIAL (dB/100m) EN RX	11.3
PÉRDIDA POR CABLE COAXIAL (dB)	5.88
PÉRDIDAS EN CONECTORES (dB)	0.2
PÉRDIDAS POR LLUVIA (dB)	2.00
PÉRDIDAS EN ESPACIO LIBRE (dB)	112.8
PÉRDIDA POR DESALINEAMIENTO (dB)	2.00
PÉRDIDAS POR BRANCHING (dB)	1.00
<b>TOTAL PÉRDIDAS (dB)</b>	<b>123.83</b>

POTENCIA RECIBIDA (dBm)	-38.03
UMBRAL DE RECEPCIÓN (dBm)	-81
<b>MARGEN DE DESVANECIMIENTO (dB)</b>	<b>42.97</b>

CONSTANTES	
<b>TERRENO</b> a: 4 liso (desierto, agua)	
1 semi-liso (costa), terreno promedio	
0,25 rugoso (sierra), ,montañoso	
<b>CLIMA</b> b: 4 desierto, cambios bruscos de temperatura	
2 costa (húmedo)	
1 templado	
0,25 seco	
0.5 humedo y calido	
a =	0.25
b =	0.25
<b>CONFIABILIDAD (%)</b>	<b>99.99999995</b>
<b>SEGUNDOS DE CAIDA POR DÍA</b>	<b>4.1621E-05</b>

#### 4.5.2.5 TRAMO ECUAVISA QUITO - PICHINCHA

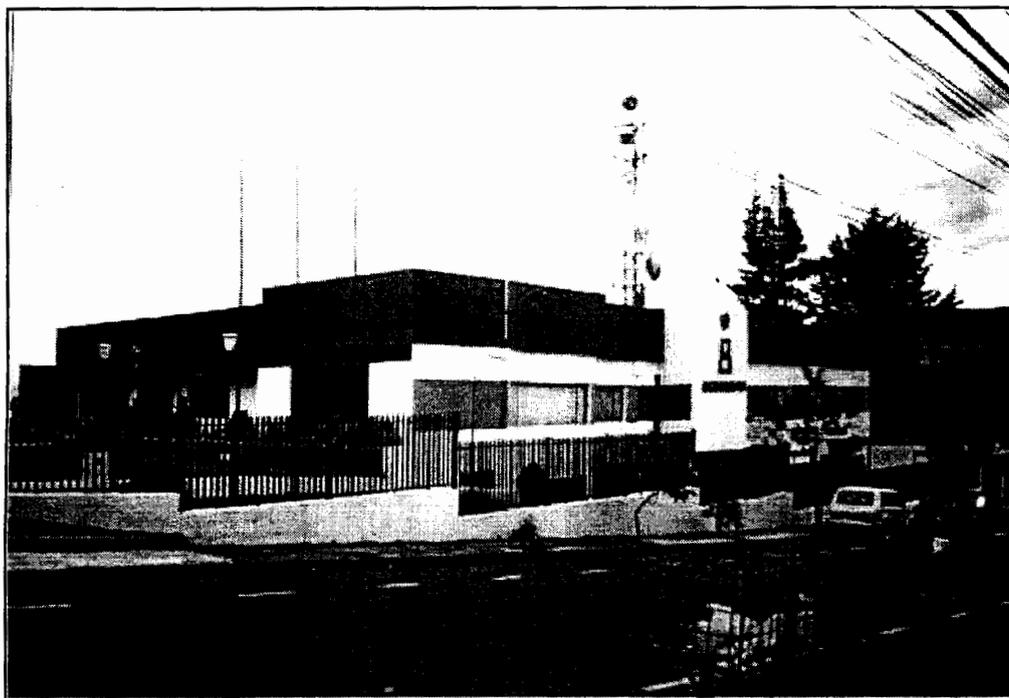


Fig. 4.12. Estudio Ecuavisa Quito

La distancia de este tramo comprende 6,5 Km. Para lograr línea de vista, se necesitaría instalar una torre de 15 metros en el estudio de televisión de Ecuavisa y en la estación Pichincha, la antena debería ser ubicada a 20 metros de altura.

Se ha estimado que se necesitarían 23 metros de cable coaxial del lado del edificio de Ecuavisa y 34 metros de conductor en la estación Pichincha.

Para el cálculo de la disponibilidad del enlace, las constantes a y b escogidas son: a es 0,25 correspondiendo a la constante de terreno tipo montañoso y b es 0,25 correspondiendo a la constante de clima seco.

Los resultados de los cálculos se muestran a continuación:

## ESPECIFICACIONES DEL RADIOENLACE

Tramo: **ECUAVISA QUITO  
PICHINCHA**

Descripción	Siglas	Unidad	Cantidad
Longitud del tramo	Li	Km	6.50
Altitud del Gráfico	hgraf	m	2,800.00
Factor de Curvatura	K		1.33
Puntos de Muestreo	Pm		29.00
Radio de la Tierra	a	Km	6,370.00

Gráfico de Zona de Fresnel:			
Descripción		Unidad	Cantidad
Frecuencia de Operación	Fo	GHz	2.10
Zona de Fresnel Número	n		1.00

Altura de las Antenas			
Descripción		Unidad	Cantidad
Altura de la Antena 1		m	15.00
Altura de la Antena 2		m	20.00

**ZONA DE FRESNEL**

Tramo

Zona de Fresnel No: 1

ECUAVISA QUITO - PICHINCHA

**DATOS**

Frecuencia	GHz	2.10
Li	Km	6.50
n		1
Alt.Ant(h1)	m	15.00
Alt.Ant(h2)	m	20.00

Lambda (m)	142.8571
HA (m)	10
HB (m)	1,005
Dx (Km)	0
Pendiente m	153.85

Nº Div	Lx (Km)	x Lx/Li	Hn(x) Radio	Linea de Vista	1era zona superior	1era zona inferior	Margen de Apertura
0	0.00	0.00	0.00	2,825.00	2,825.00	2,825.00	15.00
1	0.22	0.03	3.33	2,859.46	2,862.79	2,856.13	51.05
2	0.45	0.07	4.63	2,893.92	2,898.55	2,889.30	86.14
3	0.67	0.10	5.56	2,928.38	2,933.94	2,922.82	73.59
4	0.90	0.14	6.30	2,962.85	2,969.14	2,956.55	150.26
5	1.12	0.17	6.90	2,997.31	3,004.20	2,990.41	175.06
6	1.34	0.21	7.40	3,031.77	3,039.17	3,024.37	194.97
7	1.57	0.24	7.81	3,066.23	3,074.04	3,058.42	215.96
8	1.79	0.28	8.16	3,100.69	3,108.85	3,092.53	236.04
9	2.02	0.31	8.45	3,135.15	3,143.60	3,126.71	262.17
10	2.24	0.34	8.68	3,169.62	3,178.29	3,160.94	284.38
11	2.46	0.38	8.86	3,204.08	3,212.94	3,195.22	275.63
12	2.69	0.41	8.99	3,238.54	3,247.53	3,229.55	283.94
13	2.91	0.45	9.08	3,273.00	3,282.08	3,263.92	265.30
14	3.14	0.48	9.13	3,307.46	3,316.59	3,298.34	290.72
15	3.36	0.52	9.13	3,341.92	3,351.05	3,332.80	347.18
16	3.58	0.55	9.08	3,376.38	3,385.47	3,367.30	354.69
17	3.81	0.59	9.00	3,410.85	3,419.84	3,401.85	392.25
18	4.03	0.62	8.86	3,445.31	3,454.17	3,436.45	450.86
19	4.26	0.65	8.68	3,479.77	3,488.45	3,471.09	414.52
20	4.48	0.69	8.45	3,514.23	3,522.68	3,505.78	504.25
21	4.70	0.72	8.17	3,548.69	3,556.86	3,540.53	342.03
22	4.93	0.76	7.82	3,583.15	3,590.97	3,575.33	317.88
23	5.15	0.79	7.40	3,617.62	3,625.02	3,610.21	320.80
24	5.38	0.83	6.91	3,652.08	3,658.98	3,645.17	445.82
25	5.60	0.86	6.31	3,686.54	3,692.85	3,680.23	383.93
26	5.82	0.90	5.57	3,721.00	3,726.57	3,715.43	236.19
27	6.05	0.93	4.65	3,755.46	3,760.11	3,750.82	161.66
28	6.27	0.96	3.36	3,789.92	3,793.28	3,786.56	32.48
29	6.50	1.00	0.45	3,824.38	3,824.84	3,823.93	18.93

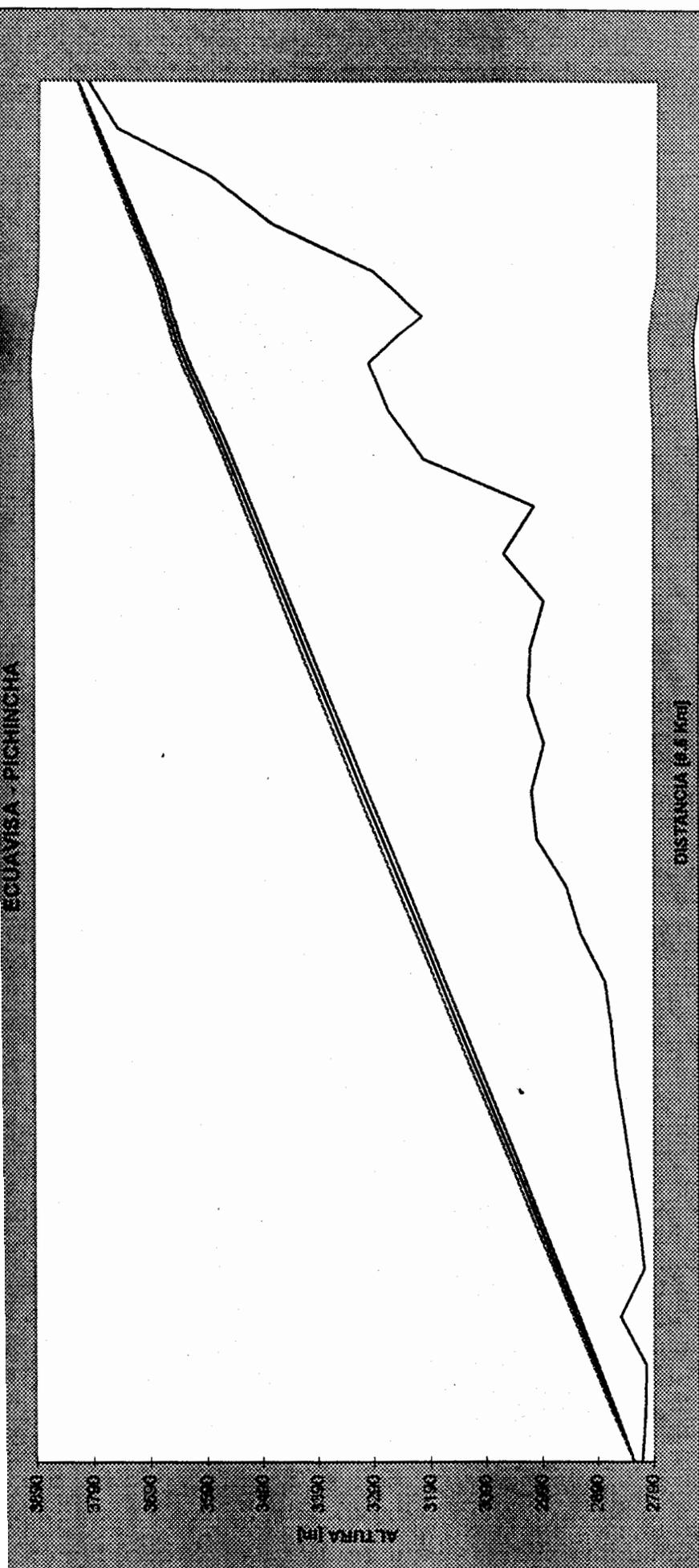


Fig. 4.13. Perfil Topográfico Ecuavisa Quito - Pichincha

GANANCIAS	
DISTANCIA (Km)	6.5
FRECUENCIA DE OPERACIÓN (GHz)	2.10
POTENCIA DE TX (W)	2.00
POTENCIA DE TX (dBm)	33.00
GANANCIA ANTENA TX (dBi)	26.4
GANANCIA ANTENA RX (dBi)	26.4
<b>TOTAL GANANCIAS (dB)</b>	<b>85.80</b>

PÉRDIDAS	
METROS CABLE COAXIAL EN TX	23
ATENUACION CABLE COAXIAL (dB/100m) EN TX	11.3
METROS CABLE COAXIAL EN RX	34
ATENUACION CABLE COAXIAL (dB/100m) EN RX	11.3
PÉRDIDA POR CABLE COAXIAL (dB)	6.44
PÉRDIDAS EN CONECTORES (dB)	0.2
PÉRDIDAS POR LLUVIA (dB)	2.00
PÉRDIDAS EN ESPACIO LIBRE (dB)	115.1
PÉRDIDA POR DESALINEAMIENTO (dB)	2.00
PÉRDIDAS POR BRANCHING (dB)	1.00
<b>TOTAL PÉRDIDAS (dB)</b>	<b>126.79</b>

POTENCIA RECIBIDA (dBm)	-40.99
UMBRAL DE RECEPCION (dBm)	-81
<b>MARGEN DE DESVANECIMIENTO (dB)</b>	<b>40.01</b>

CONSTANTES	
<b>TERRENO</b> a: 4 liso (desierto, agua)	
1 semi-liso (costa), terreno promedio	
0,25 rugoso (sierra), , montañoso	
<b>CLIMA</b> b: 4 desierto, cambios bruscos de temperatura	
2 costa (húmedo)	
1 templado	
0,25 seco	
0.5 humedo y calido	
	<b>a = 0.25</b>
	<b>b = 0.25</b>
<b>CONFIABILIDAD (%)</b>	<b>99.9999978</b>
<b>SEGUNDOS DE CAIDA POR DÍA</b>	<b>0.000186352</b>

#### 4.5.2.6 TRAMO TC TELEVISIÓN - PICHINCHA



Fig. 4.14. Estudio TC Televisión Quito

La distancia de este tramo comprende 5,10 Km. Para lograr línea de vista, se necesitaría instalar una torre de 21 metros en el edificio de TC Televisión y en la estación Pichincha, la antena debería ser ubicada a 14 metros de Altura.

Se ha estimado que se necesitarían 32 metros de cable coaxial para el montaje del equipo de radio en TC Televisión y 24 metros de conductor en la estación Pichincha.

Para el cálculo de la disponibilidad del enlace, las constantes a y b escogidas son: a es 0,25 correspondiendo a la constante de terreno tipo montañoso y b es 0,25 correspondiendo a la constante de clima seco.

Los resultados de los cálculos se muestran a continuación:

## ESPECIFICACIONES DEL RADIOENLACE

Tramo: **TC TELEVISION  
PICHINCHA**

Descripción	Siglas	Unidad	Cantidad
Longitud del tramo	Li	Km	5.10
Altitud del Gráfico	hgraf	m	2,800.00
Factor de Curvatura	K		1.33
Puntos de Muestreo	Pm		29.00
Radio de la Tierra	a	Km	6,370.00

Gráfico de Zona de Fresnel:			
Descripción		Unidad	Cantidad
Frecuencia de Operación	Fo	GHz	2.10
Zona de Fresnel Número	n		1.00

Altura de las Antenas			
Descripción		Unidad	Cantidad
Altura de la Antena 1		m	20.00
Altura de la Antena 2		m	14.00

**ZONA DE FRESNEL**

Tramo

Zona de Fresnel No: 1

TC TELEVISION - PICHINCHA

**DATOS**

Frecuencia	GHz	2.10
Li	Km	5.10
n		1
Alt.Ant(h1)	m	20.00
Alt.Ant(h2)	m	14.00

Lambda (m)	142.8571
HA (m)	30
HB (m)	1,005
Dx (Km)	0
Pendiente m	190.00

Nº Div	Lx (Km)	x Lx/Li	Hn(x) Radio	Linea de Vista	1era zona superior	1era zona inferior	Margen de Apertura
0	0.00	0.00	0.00	2,850.00	2,850.00	2,850.00	20.00
1	0.18	0.03	2.94	2,883.25	2,886.19	2,880.31	35.25
2	0.35	0.07	4.09	2,916.50	2,920.59	2,912.41	84.31
3	0.53	0.10	4.92	2,949.75	2,954.67	2,944.83	106.69
4	0.70	0.14	5.57	2,983.00	2,988.57	2,977.43	128.25
5	0.88	0.17	6.10	3,016.25	3,022.35	3,010.15	141.93
6	1.05	0.21	6.54	3,049.50	3,056.04	3,042.96	207.71
7	1.23	0.24	6.91	3,082.75	3,089.66	3,075.84	255.56
8	1.40	0.27	7.22	3,116.00	3,123.22	3,108.78	302.48
9	1.58	0.31	7.47	3,149.25	3,156.72	3,141.78	330.45
10	1.75	0.34	7.68	3,182.50	3,190.18	3,174.82	345.48
11	1.93	0.38	7.84	3,215.75	3,223.59	3,207.91	359.55
12	2.10	0.41	7.96	3,249.00	3,256.96	3,241.04	381.67
13	2.28	0.45	8.04	3,282.25	3,290.29	3,274.21	384.83
14	2.45	0.48	8.08	3,315.50	3,323.58	3,307.42	397.04
15	2.63	0.51	8.08	3,348.75	3,356.83	3,340.67	355.28
16	2.80	0.55	8.05	3,382.00	3,390.05	3,373.95	361.57
17	2.98	0.58	7.97	3,415.25	3,423.22	3,407.28	397.90
18	3.15	0.62	7.86	3,448.50	3,456.36	3,440.64	455.28
19	3.33	0.65	7.71	3,481.75	3,489.46	3,474.04	417.70
20	3.50	0.69	7.51	3,515.00	3,522.51	3,507.49	506.16
21	3.68	0.72	7.26	3,548.25	3,555.51	3,540.99	342.68
22	3.85	0.75	6.96	3,581.50	3,588.46	3,574.54	317.26
23	4.03	0.79	6.60	3,614.75	3,621.35	3,608.15	318.90
24	4.20	0.82	6.17	3,648.00	3,654.17	3,641.83	328.61
25	4.38	0.86	5.65	3,681.25	3,686.90	3,675.60	379.41
26	4.55	0.89	5.02	3,714.50	3,719.52	3,709.48	230.34
27	4.73	0.93	4.22	3,747.75	3,751.97	3,743.53	154.42
28	4.90	0.96	3.14	3,781.00	3,784.14	3,777.86	23.80
29	5.08	1.00	1.13	3,814.25	3,815.38	3,813.12	8.11

TC TELEVISION - PICHINCHA

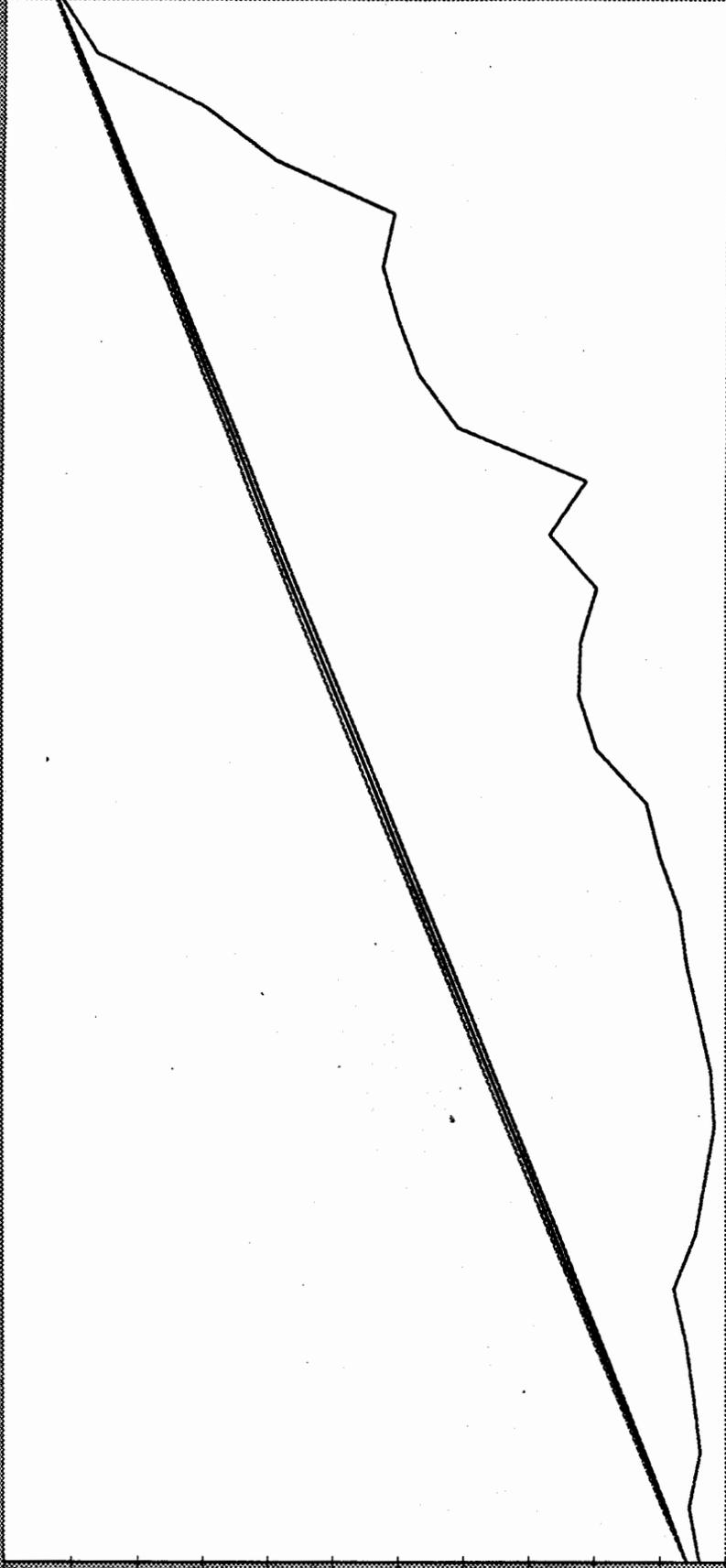


Fig. 4.15 Perfil Topográfico  
TC Quito - Pichincha

GANANCIAS	
DISTANCIA (Km)	5.1
FRECUENCIA DE OPERACIÓN (GHz)	2.10
POTENCIA DE TX (W)	2.00
POTENCIA DE TX (dBm)	33.00
GANANCIA ANTENA TX (dBi)	26.4
GANANCIA ANTENA RX (dBi)	26.4
TOTAL GANANCIAS (dB)	85.80

PÉRDIDAS	
METROS CABLE COAXIAL EN TX	32
ATENUACION CABLE COAXIAL (dB/100m) EN TX	11.3
METROS CABLE COAXIAL EN RX	24
ATENUACION CABLE COAXIAL (dB/100m) EN RX	11.3
PÉRDIDA POR CABLE COAXIAL (dB)	6.33
PÉRDIDAS EN CONECTORES (dB)	0.2
PÉRDIDAS POR LLUVIA (dB)	2.00
PÉRDIDAS EN ESPACIO LIBRE (dB)	113.0
PÉRDIDA POR DESALINEAMIENTO (dB)	2.00
PÉRDIDAS POR BRANCHING (dB)	1.00
TOTAL PÉRDIDAS (dB)	124.53

POTENCIA RECIBIDA (dBm)	-38.73
UMBRAL DE RECEPCIÓN (dBm)	-81
MARGEN DE DESVANECIMIENTO (dB)	42.27

CONSTANTES	
<b>TERRENO</b> a: 4 liso (desierto, agua)	
1 semi-liso (costa), terreno promedio	
0,25 rugoso (sierra), ,montañoso	
<b>CLIMA</b> b: 4 desierto, cambios bruscos de temperatura	
2 costa (húmedo)	
1 templado	
0,25 seco	
0,5 húmedo y calido	
a =	0.25
b =	0.25
CONFIABILIDAD (%)	99.99999994
SEGUNDOS DE CAÍDA POR DÍA	5.35286E-05

#### 4.5.2.7 TRAMO TELEAMAZONAS - PICHINCHA

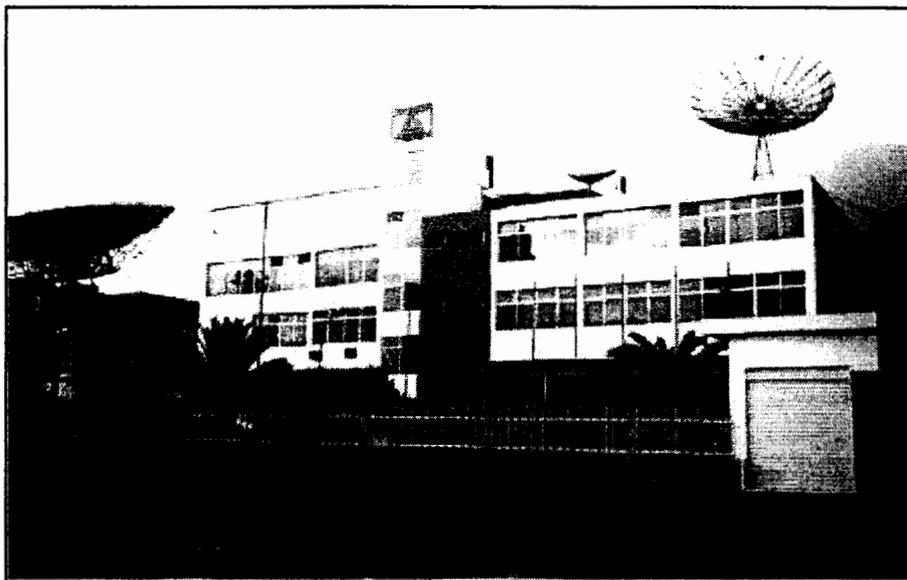


Fig. 4.16. Estudios de Teleamazonas Quito

La distancia de este tramo comprende 4,8 Km. Para lograr línea de vista, se necesitaría instalar una torre de 9 metros en el edificio de Teleamazonas Quito y en la estación Pichincha, la antena debería ser ubicada a 20 metros de altura. En el edificio de Teleamazonas ya existe una torre de aproximadamente 15 metros, inclusive ya existe un radio enlace hacia el volcán Pichincha, por lo que la antena necesaria para nuestro proyecto sería ubicada en dicha torre a una altura de 8 metros. El equipo de radio así mismo estaría ubicado en el cuarto de radios del mismo canal a aproximadamente 10 metros y el codificador en los estudios de edición.

Se ha estimado que se necesitarían 20 metros de cable coaxial para el montaje del equipo de radio en Teleamazonas y 29 metros de conductor en la estación Pichincha.

Para el cálculo de la disponibilidad del enlace, las constantes a y b escogidas son: a es 0,25 correspondiendo a la constante de terreno tipo montañoso y b es 0,25 correspondiendo a la constante de clima seco. Los resultados de los cálculos se muestran a continuación:

## ESPECIFICACIONES DEL RADIOENLACE

Tramo: **TELEAMAZONAS  
PICHINCHA**

Descripción	Siglas	Unidad	Cantidad
Longitud del tramo	Li	Km	4.80
Altitud del Gráfico	hgraf	m	2,800.00
Factor de Curvatura	K		1.33
Puntos de Muestreo	Pm		29.00
Radio de la Tierra	a	Km	6,370.00

Gráfico de Zona de Fresnel:			
Descripción		Unidad	Cantidad
Frecuencia de Operación	Fo	GHz	2.10
Zona de Fresnel Número	n		1.00

Altura de las Antenas			
Descripción		Unidad	Cantidad
Altura de la Antena 1		m	8.00
Altura de la Antena 2		m	20.00

**ZONA DE FRESNEL**

Tramo

Zona de Fresnel No: 1

TELEAMAZONAS - PICHINCHA

**DATOS**

Frecuencia	GHz	2.10
Li	Km	4.80
n		1
Alt.Ant(h1)	m	8.00
Alt.Ant(h2)	m	20.00

Lambda (m)	142.8571
HA (m)	9
HB (m)	1,005
Dx (Km)	0
Pendiente m	210.00

Nº Div	Lx (Km)	x Lx/Li	Hn(x) Radio	Línea de Vista	1era zona superior	1era zona inferior	Margen de Apertura
0	0.00	0.00	0.00	2,817.00	2,817.00	2,817.00	8.00
1	0.17	0.03	2.86	2,851.76	2,854.62	2,848.89	3.85
2	0.33	0.07	3.98	2,886.51	2,890.49	2,882.53	54.45
3	0.50	0.10	4.78	2,921.27	2,926.04	2,916.49	78.36
4	0.66	0.14	5.41	2,956.02	2,961.43	2,950.61	101.45
5	0.83	0.17	5.93	2,990.78	2,996.70	2,984.85	116.65
6	0.99	0.21	6.36	3,025.53	3031.89	3,019.17	183.95
7	1.16	0.24	6.72	3,060.29	3,067.00	3,053.57	242.32
8	1.32	0.28	7.01	3,095.04	3,102.05	3,088.03	258.76
9	1.49	0.31	7.26	3,129.80	3,137.05	3,122.54	311.24
10	1.66	0.34	7.46	3,164.55	3,172.01	3,157.09	327.78
11	1.82	0.38	7.61	3,199.31	3,206.92	3,191.69	343.37
12	1.99	0.41	7.73	3,234.06	3,241.79	3,226.33	367.00
13	2.15	0.45	7.80	3,268.82	3,276.62	3,261.01	371.68
14	2.32	0.48	7.84	3,303.57	3,311.41	3,295.73	385.39
15	2.48	0.52	7.84	3,338.33	3,346.17	3,330.48	345.14
16	2.65	0.55	7.80	3,373.08	3,380.88	3,365.28	352.94
17	2.81	0.59	7.73	3,407.84	3,415.56	3,400.11	390.78
18	2.98	0.62	7.61	3,442.59	3,450.20	3,434.98	449.66
19	3.14	0.66	7.46	3,477.35	3,484.80	3,469.89	413.58
20	3.31	0.69	7.26	3,512.10	3,519.36	3,504.84	503.55
21	3.48	0.72	7.01	3,546.86	3,553.87	3,539.84	341.57
22	3.64	0.76	6.72	3,581.61	3,588.33	3,574.89	317.65
23	3.81	0.79	6.36	3,616.37	3,622.72	3,610.01	320.78
24	3.97	0.83	5.93	3,651.12	3,657.05	3,645.19	332.00
25	4.14	0.86	5.41	3,685.88	3,691.29	3,680.46	384.30
26	4.30	0.90	4.78	3,720.63	3,725.41	3,715.85	236.72
27	4.47	0.93	3.98	3,755.39	3,759.36	3,751.41	162.32
28	4.63	0.97	2.87	3,790.14	3,793.01	3,787.27	33.23
29	4.80	1.00	0.16	3,824.90	3,825.06	3,824.73	19.73

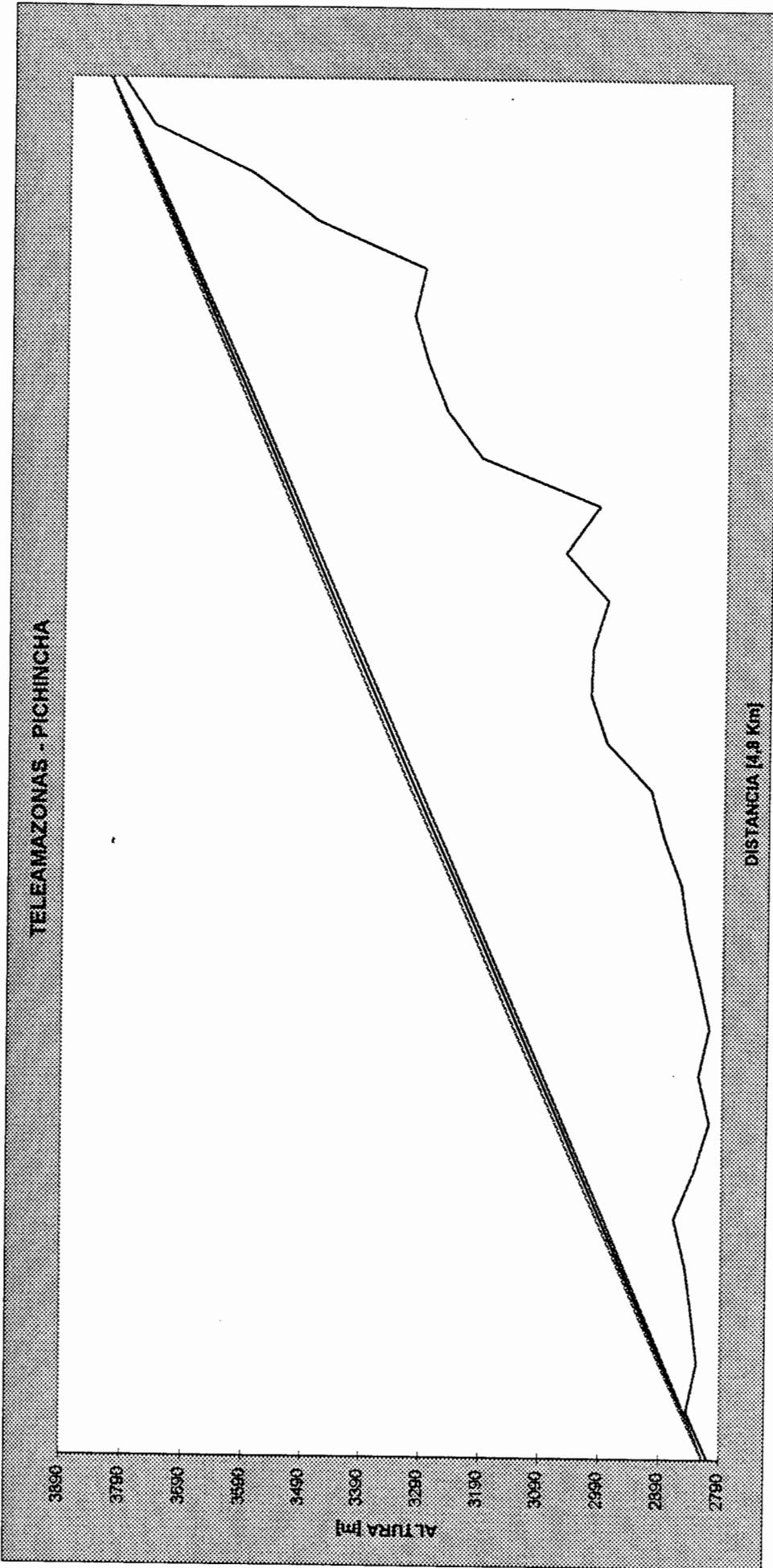


Fig 4.17. Perfil Topográfico Teleamazonas Quito - Pichincha

GANANCIAS	
DISTANCIA (Km)	4.8
FRECUENCIA DE OPERACIÓN (GHz)	2.10
POTENCIA DE TX (W)	2.00
POTENCIA DE TX (dBm)	33.00
GANANCIA ANTENA TX (dBi)	26.4
GANANCIA ANTENA RX (dBi)	26.4
<b>TOTAL GANANCIAS (dB)</b>	<b>85.80</b>

PÉRDIDAS	
METROS CABLE COAXIAL EN TX	20
ATENUACION CABLE COAXIAL (dB/100m) EN TX	11.3
METROS CABLE COAXIAL EN RX	29
ATENUACION CABLE COAXIAL (dB/100m) EN RX	11.3
PÉRDIDA POR CABLE COAXIAL (dB)	5.54
PÉRDIDAS EN CONECTORES (dB)	0.2
PÉRDIDAS POR LLUVIA (dB)	2.00
PÉRDIDAS EN ESPACIO LIBRE (dB)	112.5
PÉRDIDA POR DESALINEAMIENTO (dB)	2.00
PÉRDIDAS POR BRANCHING (dB)	1.00
<b>TOTAL PÉRDIDAS (dB)</b>	<b>123.26</b>

POTENCIA RECIBIDA (dBm)	-37.46
UMBRAL DE RECEPCIÓN (dBm)	-81
<b>MARGEN DE DESVANECIMIENTO (dB)</b>	<b>43.54</b>

CONSTANTES	
<b>TERRENO</b> a: 4 liso (desierto, agua)	
1 semi-liso (costa), terreno promedio	
0,25 rugoso (sierra), , montañoso	
<b>CLIMA</b> b: 4 desierto, cambios bruscos de temperatura	
2 costa (húmedo)	
1 templado	
0,25 seco	
0,5 humedo y calido	
a =	0.25
b =	0.25
<b>CONFIABILIDAD (%)</b>	<b>99.99999996</b>
<b>SEGUNDOS DE CAÍDA POR DÍA</b>	<b>3.32674E-05</b>

#### 4.5.2.8 TRAMO GAMAVISIÓN - PICHINCHA



Fig. 4.18. Estudio Gamavisión Quito

La distancia de este tramo comprende 7,86 Km. Para lograr línea de vista, se necesitaría instalar una torre de 10 metros en el edificio de Gamavisión y en la estación Pichincha, la antena debería ser ubicada a 18 metros de Altura.

Se ha estimado que se necesitarían 20 metros de cable coaxial para el montaje del equipo de radio en Gamavisión y 26 metros de conductor en la estación Pichincha.

Para el cálculo de la disponibilidad del enlace, las constantes a y b escogidas son: a es 0,25 correspondiendo a la constante de terreno tipo montañoso y b es 0,25 correspondiendo a la constante de clima seco.

Los resultados de los cálculos se muestran a continuación:

## ESPECIFICACIONES DEL RADIOENLACE

Tramo: **GAMAVISION  
PICHINCHA**

Descripción	Siglas	Unidad	Cantidad
Longitud del tramo	Li	Km	7.86
Altitud del Gráfico	hgraf	m	2,800.00
Factor de Curvatura	K		1.33
Puntos de Muestreo	Pm		29.00
Radio de la Tierra	a	Km	6,370.00

Gráfico de Zona de Fresnel:			
Descripción		Unidad	Cantidad
Frecuencia de Operación	Fo	GHz	2.10
Zona de Fresnel Número	n		1.00

Altura de las Antenas			
Descripción		Unidad	Cantidad
Altura de la Antena 1		m	10.00
Altura de la Antena 2		m	18.00

**ZONA DE FRESNEL**

Zona de Fresnel No: 1

Tramo

GAMAVISION - PICHINCHA

**DATOS**

Frecuencia	GHz	2.10
Li	Km	7.86
n		1
Alt.Ant(h1)	m	10.00
Alt.Ant(h2)	m	18.00

Lambda (m)	142.8571
HA (m)	15
HB (m)	1,005
Dx (Km)	0
Pendiente m	126.97

Nº Div	Lx (Km)	x Lx/Li	Hn(x) Radio	Línea de Vista	1era zona superior	1era zona inferior	Margen de Apertura
0	0.00	0.00	0.00	2,825.00	2,825.00	2,825.00	10.00
1	0.27	0.03	3.66	2,859.41	2,863.07	2,855.75	35.62
2	0.54	0.07	5.09	2,893.82	2,898.91	2,888.73	71.50
3	0.81	0.10	6.12	2,928.23	2,934.34	2,922.11	95.78
4	1.08	0.14	6.92	2,962.64	2,969.56	2,955.71	150.28
5	1.36	0.17	7.59	2,997.05	3,004.63	2,989.46	174.94
6	1.63	0.21	8.13	3,031.46	3,039.59	3,023.32	197.73
7	1.90	0.24	8.59	3,065.87	3,074.46	3,057.27	245.61
8	2.17	0.28	8.98	3,100.28	3,109.25	3,091.30	261.57
9	2.44	0.31	9.29	3,134.68	3,143.97	3,125.39	309.62
10	2.71	0.34	9.54	3,169.09	3,178.64	3,159.55	323.73
11	2.98	0.38	9.74	3,203.50	3,213.25	3,193.76	344.90
12	3.25	0.41	9.89	3,237.91	3,247.80	3,228.02	368.14
13	3.52	0.45	9.99	3,272.32	3,282.31	3,262.34	372.44
14	3.79	0.48	10.03	3,306.73	3,316.77	3,296.70	385.79
15	4.07	0.52	10.03	3,341.14	3,351.18	3,331.11	345.20
16	4.34	0.55	9.99	3,375.55	3,385.54	3,365.56	352.66
17	4.61	0.59	9.89	3,409.96	3,419.85	3,400.07	390.19
18	4.88	0.62	9.74	3,444.37	3,454.11	3,434.63	448.77
19	5.15	0.66	9.55	3,478.78	3,488.32	3,469.23	412.41
20	5.42	0.69	9.29	3,513.19	3,522.48	3,503.90	502.12
21	5.69	0.72	8.98	3,547.60	3,556.57	3,538.62	339.90
22	5.96	0.76	8.59	3,582.01	3,590.60	3,573.41	315.75
23	6.23	0.79	8.14	3,616.42	3,624.55	3,608.28	318.68
24	6.50	0.83	7.59	3,650.83	3,658.41	3,643.24	329.72
25	6.78	0.86	6.93	3,685.24	3,692.16	3,678.31	381.88
26	7.05	0.90	6.12	3,719.64	3,725.76	3,713.53	234.19
27	7.32	0.93	5.09	3,754.05	3,759.15	3,748.96	159.73
28	7.59	0.97	3.67	3,788.46	3,792.13	3,784.79	30.67
29	7.86	1.00	0.23	3,822.87	3,823.10	3,822.65	17.65

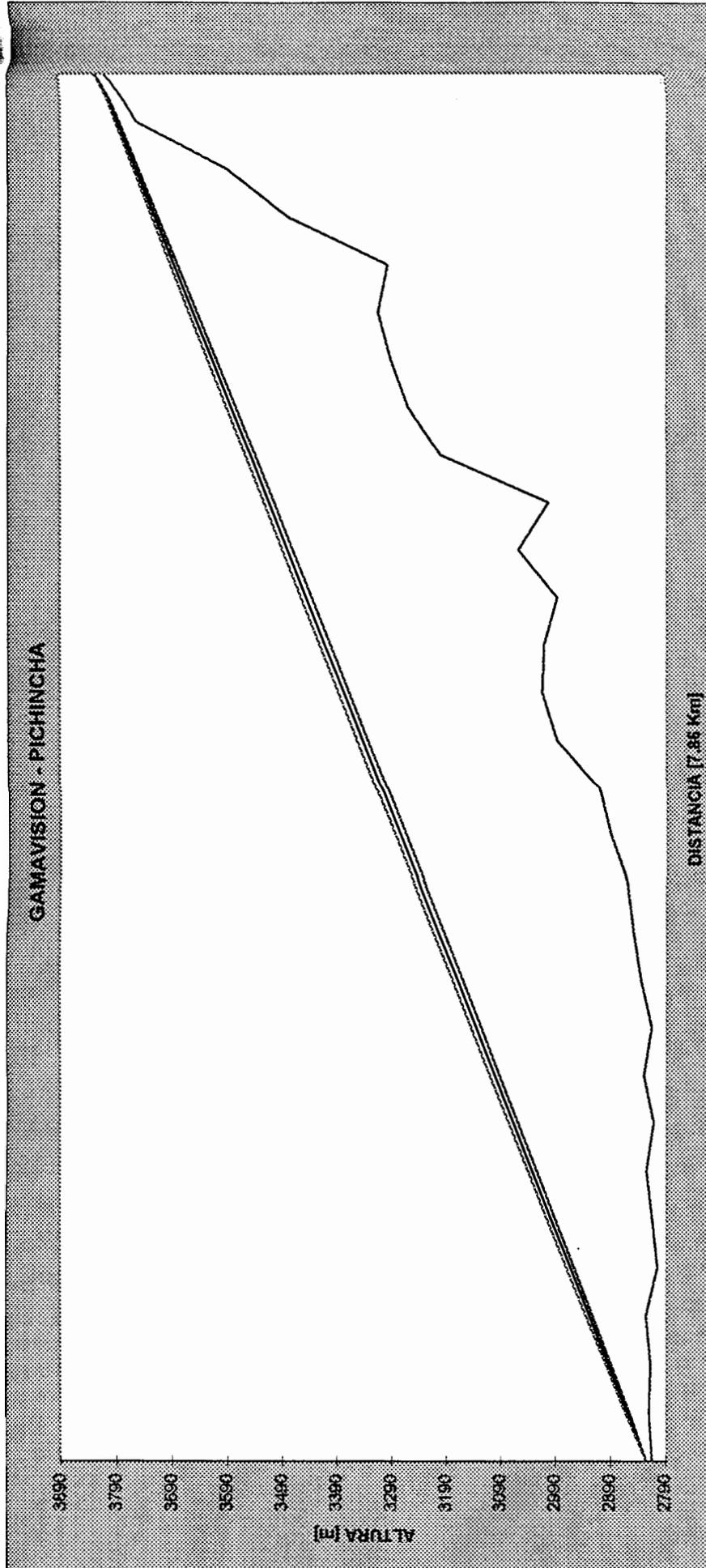


Fig. 4.19. Perfil Topográfico Gamavision Quito - Pichincha

GANANCIAS	
DISTANCIA (Km)	7.86
FRECUENCIA DE OPERACIÓN (GHz)	2.10
POTENCIA DE TX (W)	2.00
POTENCIA DE TX (dBm)	33.00
GANANCIA ANTENA TX (dBi)	26.4
GANANCIA ANTENA RX (dBi)	26.4
<b>TOTAL GANANCIAS (dB)</b>	<b>85.80</b>

PÉRDIDAS	
METROS CABLE COAXIAL EN TX	20
ATENUACION CABLE COAXIAL (dB/100m) EN TX	11.3
METROS CABLE COAXIAL EN RX	26
ATENUACION CABLE COAXIAL (dB/100m) EN RX	11.3
PÉRDIDA POR CABLE COAXIAL (dB)	5.20
PÉRDIDAS EN CONECTORES (dB)	0.2
PÉRDIDAS POR LLUVIA (dB)	2.00
PÉRDIDAS EN ESPACIO LIBRE (dB)	116.8
PÉRDIDA POR DESALINEAMIENTO (dB)	2.00
PÉRDIDAS POR BRANCHING (dB)	1.00
<b>TOTAL PÉRDIDAS (dB)</b>	<b>127.20</b>

POTENCIA RECIBIDA (dBm)	-41.40
UMBRAL DE RECEPCIÓN (dBm)	-81
<b>MARGEN DE DESVANECIMIENTO(dB)</b>	<b>39.60</b>

CONSTANTES	
<b>TERRENO</b> a: 4 liso (desierto, agua)	
1 semi-liso (costa), terreno promedio	
0,25 rugoso (sierra), ,montañoso	
<b>CLIMA</b> b: 4 desierto, cambios bruscos de temperatura	
2 costa (húmedo)	
1 templado	
0,25 seco	
0,5 humedo y calido	
a =	0.25
b =	0.25
<b>CONFIABILIDAD (%)</b>	<b>99.99999958</b>
<b>SEGUNDOS DE CAIDA POR DIA</b>	<b>0.000362247</b>

#### 4.5.2.9 TRAMO PICHINCHA - CENTRAL CENTRO ANDINATEL

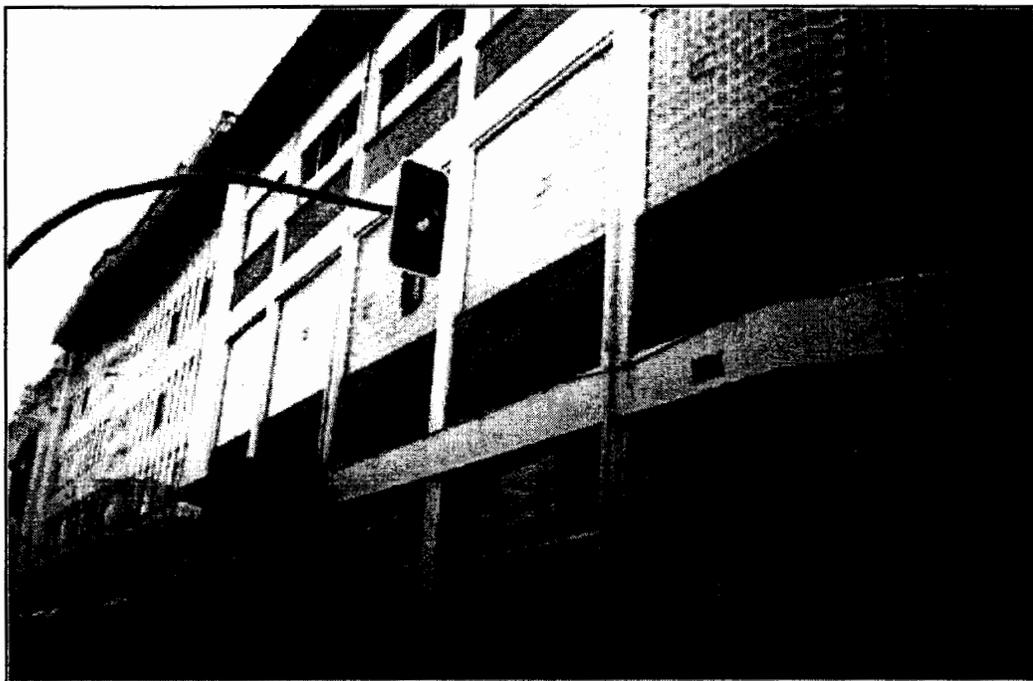


Fig. 4.20 Central de Andinatel Quito Centro

La distancia de este tramo comprende 4,65 Km. Para lograr línea de vista, se ha calculado que la altura de antena en la central centro de Andinatel debería ser 15 metros mientras que en la estación Pichincha , la antena debería ser ubicada a 30 metros de altura.

Este radioenlace es especial ya que no se utilizará cable coaxial sino guía de onda elíptica como se mencionó anteriormente, por lo cual se ha estimado el uso de 21 metros de guía de onda en la Central centro de Andinatel y aproximadamente 38 metros de la misma en la estación Pichincha.

Finalmente en el cálculo de la disponibilidad del enlace, las constantes a y b escogidas son: a es 0,25 correspondiendo a la constante de terreno tipo montañoso y b es 0,25 correspondiendo a la constante de clima seco.

Los resultados de los cálculos se muestran a continuación:

## ESPECIFICACIONES DEL RADIOENLACE

Tramo: **PICHINCHA  
CENTRAL CENTRO**

Descripción	Siglas	Unidad	Cantidad
Longitud del tramo	Li	Km	4.65
Altitud del Gráfico	hgraf	m	2,800.00
Factor de Curvatura	K		1.33
Puntos de Muestreo	Pm		29.00
Radio de la Tierra	a	Km	6,370.00

### Gráfico de Zona de Fresnel:

Descripción		Unidad	Cantidad
Frecuencia de Operación	Fo	GHz	4.10
Zona de Fresnel Número	n		1.00

### Altura de las Antenas

Descripción		Unidad	Cantidad
Altura de la Antena 1		m	15.00
Altura de la Antena 2		m	30.00

**ZONA DE FRESNEL**

Tramo

Zona de Fresnel No: 1

PICHINCHA - CENTRAL CENTRO

**DATOS**

Frecuencia	GHz	4.10
	Km	4.65
		1
Alt.Ant(h1)	m	15.00
Alt.Ant(h2)	m	30.00

Lambda (m)	73.17073
HA (m)	13
HB (m)	1,005
Dx (Km)	0
Pendiente m	216.56

Nº Div	Lx (Km)	x Lx/Li	Hn(x) Radio	Linea de Vista	1era zona superior	1era zona inferior	Margen de Apertura
0	0.00	0.00	0.00	2,828.00	2,828.00	2,828.00	15.00
1	0.16	0.03	2.02	2,862.71	2,864.73	2,860.70	35.66
2	0.32	0.07	2.80	2,897.43	2,900.23	2,894.63	63.55
3	0.48	0.10	3.37	2,932.14	2,935.51	2,928.78	98.66
4	0.64	0.14	3.81	2,966.86	2,970.67	2,963.05	143.90
5	0.80	0.17	4.18	3,001.57	3,005.75	2,997.40	159.22
6	0.96	0.21	4.48	3,036.29	3040.76	3,031.81	182.60
7	1.12	0.24	4.73	3,071.00	3,075.73	3,066.27	237.04
8	1.28	0.28	4.94	3,105.72	3,110.66	3,100.78	289.52
9	1.44	0.31	5.11	3,140.43	3,145.54	3,135.32	283.04
10	1.60	0.34	5.25	3,175.14	3,180.40	3,169.89	338.60
11	1.76	0.38	5.36	3,209.86	3,215.22	3,204.50	398.20
12	1.92	0.41	5.44	3,244.57	3,250.02	3,239.13	389.82
13	2.08	0.45	5.50	3,279.29	3,284.78	3,273.79	384.48
14	2.24	0.48	5.52	3,314.00	3,319.53	3,308.48	473.16
15	2.40	0.52	5.52	3,348.72	3,354.24	3,343.19	504.87
16	2.56	0.55	5.50	3,383.43	3,388.93	3,377.93	488.62
17	2.73	0.59	5.44	3,418.15	3,423.59	3,412.70	516.39
18	2.89	0.62	5.36	3,452.86	3,458.22	3,447.50	489.20
19	3.05	0.65	5.25	3,487.57	3,492.83	3,482.32	426.03
20	3.21	0.69	5.11	3,522.29	3,527.40	3,517.17	515.90
21	3.37	0.72	4.94	3,557.00	3,561.94	3,552.06	353.81
22	3.53	0.76	4.73	3,591.72	3,596.45	3,586.99	329.75
23	3.69	0.79	4.48	3,626.43	3,630.91	3,621.95	609.74
24	3.85	0.83	4.18	3,661.15	3,665.32	3,656.97	487.79
25	4.01	0.86	3.81	3,695.86	3,699.68	3,692.05	395.89
26	4.17	0.90	3.37	3,730.58	3,733.95	3,727.21	248.09
27	4.33	0.93	2.81	3,765.29	3,768.10	3,762.48	173.40
28	4.49	0.97	2.02	3,800.00	3,802.03	3,797.98	43.94
29	4.65	1.00	0.18	3,834.72	3,834.90	3,834.53	29.53

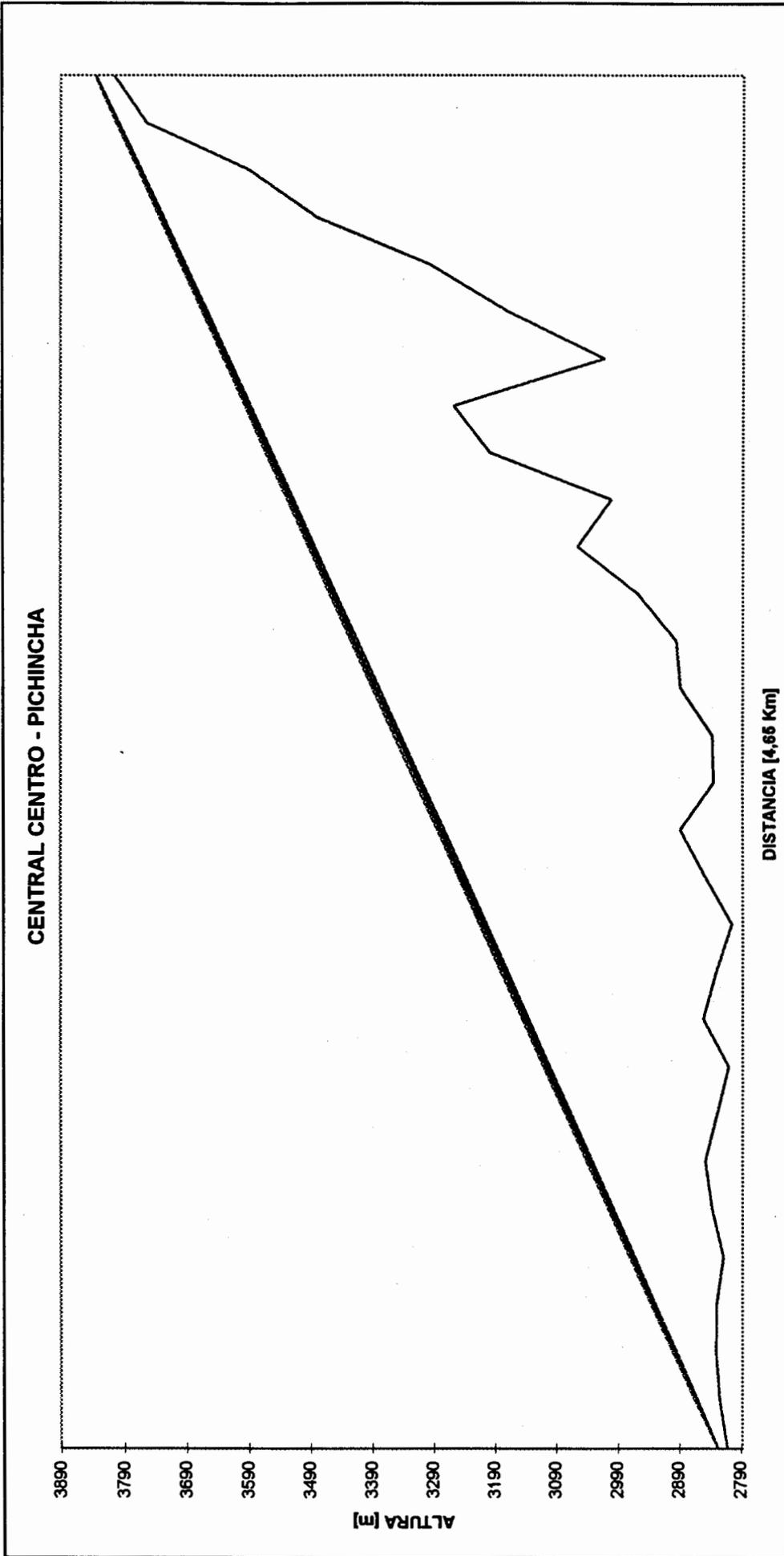


Fig. 4.21. Perfil Topográfico Quito Centro - Pichincha

GANANCIAS	
DISTANCIA (Km)	4.65
FRECUENCIA DE OPERACIÓN (GHz)	4.10
POTENCIA DE TX (W)	1.89
POTENCIA DE TX (dBm)	29.50
GANANCIA ANTENA TX (dBi)	35
GANANCIA ANTENA RX (dBi)	35
<b>TOTAL GANANCIAS</b>	<b>99.50</b>

PÉRDIDAS	
METROS GUIA DE ONDA EN TX	21
ATENUACION GUIA DE ONDA (dB/100m) EN TX	2.11
METROS GUIA DE ONDA EN RX	38
ATENUACION GUIA DE ONDA (dB/100m) EN RX	2.11
PÉRDIDA POR GUIA DE ONDA (dB)	1.24
PÉRDIDAS EN CONECTORES (dB)	1.2
PÉRDIDAS POR LLUVIA (dB)	2.00
PÉRDIDAS EN ESPACIO LIBRE (dB)	118.1
PÉRDIDA POR DESALINEAMIENTO (dB)	2.00
PÉRDIDAS POR BRANCHING (dB)	1.00
<b>TOTAL PÉRDIDAS</b>	<b>125.50</b>

<b>POTENCIA RECIBIDA (dBm)</b>	<b>-26.00</b>
<b>UMBRAL DE RECEPCIÓN</b>	<b>-81</b>
<b>MARGEN DE DESVANECIMIENTO(dB)</b>	<b>55.00</b>

CONSTANTES	
<b>TERRENO</b> a: 4 liso (desierto, agua)	
1 semi-liso (costa), terreno promedio	
0,25 rugoso (sierra), ,montañoso	
<b>CLIMA</b> b: 4 desierto, cambios bruscos de temperatura	
2 costa (húmedo)	
1 templado	
0,25 seco	
0.5 humedo y calido	
a =	0.25
b =	0.25
<b>CONFIABILIDAD (%)</b>	<b>100</b>
<b>SEGUNDOS DE CAIDA POR DÍA</b>	<b>4.22093E-06</b>

### 4.5.3 Proyecto Cuenca

#### 4.5.3.1 TRAMO ESTADIO ALEJANDRO SERRANO - CENTRAL PACIFICTEL CENTRO



Fig. 4.22. Estadio Alejandro Serrano Aguilar Cuenca

La distancia de este tramo comprende 0,88 Km. Para lograr línea de vista, se necesitaría instalar una torre de 10 metros en el estadio Alejandro Serrano y en la Central Centro, la antena debería ser ubicada a 23 metros de altura sobre la terraza del edificio.

La torre ubicada en el estadio, estaría instalada al lado derecho de las graderías principales, específicamente encima del cuarto donde se encuentran los equipos de control de energía eléctrica, ya que la parte superior de este cuarto es de concreto el cual presenta la suficiente resistencia para resistir el peso de la torre.

Para el cálculo de la disponibilidad del enlace, las constantes a y b escogidas son: a es 0.25 correspondiendo a la constante de terreno tipo montañoso y b es 1 correspondiendo a la constante de clima templado.

Los resultados de los cálculos se muestran a continuación:

## ESPECIFICACIONES DEL RADIOENLACE

Tramo: **ESTADIO ALEJANDRO A  
CENTRAL CENTRO**

Descripción	Siglas	Unidad	Cantidad
Longitud del tramo	Li	Km	0.88
Altitud del Gráfico	hgraf	m	2,535.00
Factor de Curvatura	K		1.33
Puntos de Muestreo	Pm		29.00
Radio de la Tierra	a	Km	6,370.00

Gráfico de Zona de Fresnel:			
Descripción		Unidad	Cantidad
Frecuencia de Operación	Fo	GHz	2.10
Zona de Fresnel Número	n		1.00

Altura de las Antenas			
Descripción		Unidad	Cantidad
Altura de la Antena 1		m	10.00
Altura de la Antena 2		m	23.00

**ZONA DE FRESNEL**

Tramo

Zona de Fresnel No: 1

ESTADIO ALEJANDRO AGUILAR - CEN

**DATOS**

Frecuencia	GHz	2.10
Li	Km	0.88
n		1
Alt.Ant(h1)	m	10.00
Alt.Ant(h2)	m	23.00

Lambda (m)	142.8571
HA (m)	10
HB (m)	56
Dx (Km)	2535
Pendiente m	67.05

N° Div	Lx (Km)	x Lx/Li	Hn(x) Radio	Línea de Vista	1era zona superior	1era zona inferior	Margen de Apertura
0	0.00	0.00	0.00	20.00	20.00	20.00	10.00
1	0.03	0.03	1.23	22.03	23.26	20.81	17.80
2	0.06	0.07	1.70	24.06	25.76	22.36	18.36
3	0.09	0.10	2.05	26.09	28.14	24.05	6.05
4	0.12	0.14	2.32	28.13	30.44	25.81	20.80
5	0.15	0.17	2.54	30.16	32.69	27.62	14.61
6	0.18	0.21	2.72	32.19	34.91	29.47	20.46
7	0.21	0.24	2.87	34.22	37.09	31.35	18.34
8	0.24	0.28	3.00	36.25	39.25	33.25	27.24
9	0.27	0.31	3.11	38.28	41.39	35.18	34.17
10	0.30	0.34	3.19	40.31	43.51	37.12	29.11
11	0.33	0.38	3.26	42.35	45.61	39.09	20.08
12	0.36	0.41	3.31	44.38	47.69	41.07	21.06
13	0.39	0.45	3.34	46.41	49.75	43.07	35.06
14	0.42	0.48	3.36	48.44	51.80	45.08	31.07
15	0.45	0.52	3.36	50.47	53.83	47.11	37.10
16	0.48	0.55	3.34	52.50	55.85	49.16	41.15
17	0.52	0.59	3.31	54.54	57.85	51.22	35.21
18	0.55	0.62	3.26	56.57	59.83	53.30	35.29
19	0.58	0.65	3.20	58.60	61.79	55.40	43.39
20	0.61	0.69	3.11	60.63	63.74	57.52	53.51
21	0.64	0.72	3.01	62.66	65.67	59.65	57.65
22	0.67	0.76	2.88	64.69	67.57	61.81	59.80
23	0.70	0.79	2.73	66.72	69.45	64.00	34.99
24	0.73	0.83	2.55	68.76	71.30	66.21	15.20
25	0.76	0.86	2.33	70.79	73.11	68.46	12.46
26	0.79	0.90	2.06	72.82	74.88	70.76	22.76
27	0.82	0.93	1.72	74.85	76.57	73.13	21.13
28	0.85	0.96	1.25	76.88	78.13	75.63	26.63
29	0.88	1.00	0.26	78.91	79.17	78.65	22.65

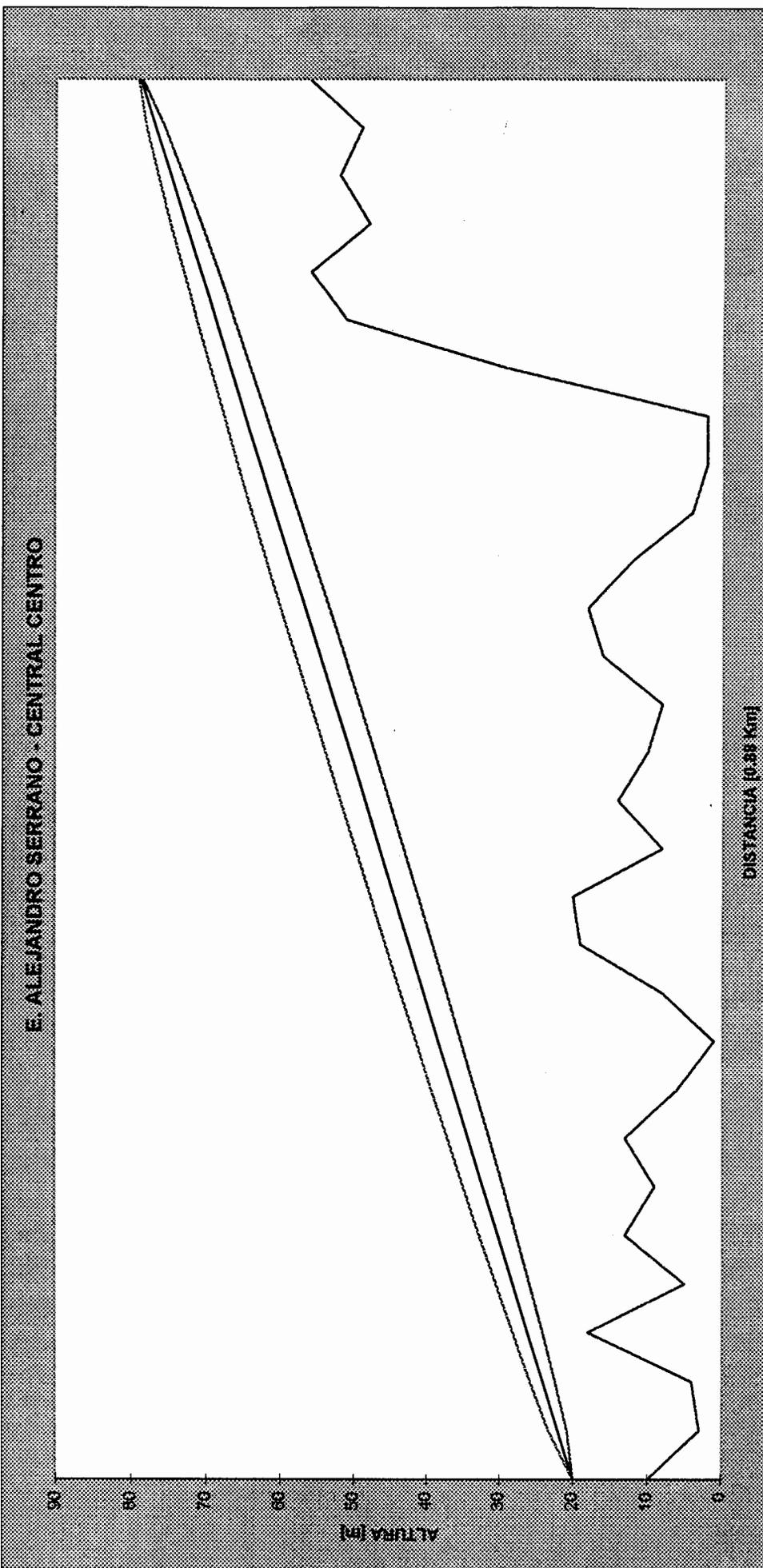


Fig. 4.23. Perfil Topografico Estadio - Cuenca Centro

GANANCIAS	
DISTANCIA (Km)	0.88
FRECUENCIA DE OPERACIÓN (GHz)	2.10
POTENCIA DE TX (W)	2.00
POTENCIA DE TX (dBm)	33.00
GANANCIA ANTENA TX (dBi)	26.4
GANANCIA ANTENA RX (dBi)	26.4
<b>TOTAL GANANCIAS (dB)</b>	<b>85.80</b>

PÉRDIDAS	
METROS CABLE COAXIAL EN TX	18
ATENUACION CABLE COAXIAL (dB/100m) EN TX	11.3
METROS CABLE COAXIAL EN RX	32
ATENUACION CABLE COAXIAL (dB/100m) EN RX	11.3
PÉRDIDA POR CABLE COAXIAL (dB)	5.65
PÉRDIDAS EN CONECTORES (dB)	0.2
PÉRDIDAS POR LLUVIA (dB)	2.00
PÉRDIDAS EN ESPACIO LIBRE (dB)	97.8
PÉRDIDA POR DESALINEAMIENTO (dB)	2.00
PÉRDIDAS POR BRANCHING (dB)	1.00
<b>TOTAL PÉRDIDAS (dB)</b>	<b>108.62</b>

POTENCIA RECIBIDA (dBm)	-22.82
UMBRAL DE RECEPCION (dBm)	-81
<b>MARGEN DE DESVANECIMIENTO(dB)</b>	<b>58.18</b>

CONSTANTES	
<b>TERRENO</b> a: 4 liso (desierto, agua)	
1 semi-liso (costa), terreno promedio	
0,25 rugoso (sierra), ,montañoso	
<b>CLIMA</b> b: 4 desierto, cambios bruscos de temperatura	
2 costa (húmedo)	
1 templado	
0,25 seco	
0,5 humedo	
a =	0.25
b =	1
<b>CONFIABILIDAD (%)</b>	<b>100</b>
<b>SEGUNDOS DE CAIDA POR DIA</b>	<b>2.8211E-08</b>

#### 4.5.3.2 TRAMO COLISEO MAYOR - CENTRAL PACIFICTEL CENTRO



Fig. 4.24. Coliseo Mayor Cuenca

La distancia de este tramo comprende 1,87 Km. Para lograr línea de vista, se necesitaría instalar una torre de 48 metros en la explanada del coliseo de Mayor y en la Central Centro, la antena debería ser ubicada a 25 metros de altura sobre la terraza del edificio.

Como ya se dijo, la torre debe ser ubicada necesariamente en la explanada del coliseo Mayor, ya que no existe en su estructura un lugar propicio para su instalación y la cubierta del coliseo no es lo suficientemente compacta para resistir el peso de la torre.

El equipo de radio sería ubicado en un cuarto de servicio localizado en la planta baja al costado derecho de los camerinos de los atletas a aproximadamente 15 metros de la torre. El Codificador sería instalado en una suite de prensa en la parte más alta de las graderías del coliseo.

Se necesitarían 65 metros de cable coaxial para el montaje del equipo de radio del lado del coliseo Mayor y 32 metros de conductor en la Central Centro desde el transmisor de radio ubicado en el cuarto de equipos y la antena.

Para el cálculo de la disponibilidad del enlace, las constantes  $a$  y  $b$  escogidas son:  $a$  es 0.25 correspondiendo a la constante de terreno tipo montañoso y  $b$  es 1 correspondiendo a la constante de clima templado.

Los resultados de los cálculos se muestran a continuación:

## ESPECIFICACIONES DEL RADIOENLACE

Tramo: **COLISEO MAYOR  
CENTRAL CENTRO**

Descripción	Siglas	Unidad	Cantidad
Longitud del tramo	Li	Km	1.87
Altitud del Gráfico	hgraf	m	2,535.00
Factor de Curvatura	K		1.33
Puntos de Muestreo	Pm		29.00
Radio de la Tierra	a	Km	6,370.00

Gráfico de Zona de Fresnel:			
Descripción		Unidad	Cantidad
Frecuencia de Operación	Fo	GHz	2.10
Zona de Fresnel Número	n		1.00

Altura de las Antenas			
Descripción		Unidad	Cantidad
Altura de la Antena 1		m	48.00
Altura de la Antena 2		m	25.00

**ZONA DE FRESNEL**

Tramo

Zona de Fresnel No: 1

COLISEO MAYOR - CENTRAL CENTRO

**DATOS**

Frecuencia	GHz	2.10
Li	Km	1.87
n		1
Alt.Ant(h1)	m	48.00
Alt.Ant(h2)	m	25.00

Lambda (m)	142.8571
HA (m)	2
HB (m)	39
Dx (Km)	0
Pendiente m	7.49

Nº Div	Lx (Km)	x Lx/Li	Hn(x) Radio	Línea de Vista	1era zona superior	1era zona inferior	Margen de Apertura
0	0.00	0.00	0.00	2,585.00	2,585.00	2,585.00	48.00
1	0.06	0.03	1.78	2,585.48	2,587.26	2,583.70	24.69
2	0.13	0.07	2.47	2,585.96	2,588.43	2,583.48	20.47
3	0.19	0.10	2.97	2,586.44	2,589.41	2,583.46	13.45
4	0.26	0.14	3.37	2,586.92	2,590.28	2,583.55	46.53
5	0.32	0.17	3.69	2,587.40	2,591.08	2,583.71	47.68
6	0.38	0.21	3.96	2,587.87	2,591.83	2,583.92	42.88
7	0.45	0.24	4.18	2,588.35	2,592.53	2,584.17	31.14
8	0.51	0.27	4.37	2,588.83	2,593.20	2,584.47	45.42
9	0.58	0.31	4.52	2,589.31	2,593.83	2,584.79	49.75
10	0.64	0.34	4.65	2,589.79	2,594.44	2,585.14	13.10
11	0.70	0.38	4.75	2,590.27	2,595.02	2,585.52	11.48
12	0.77	0.41	4.82	2,590.75	2,595.57	2,585.93	9.88
13	0.83	0.44	4.87	2,591.23	2,596.10	2,586.36	22.31
14	0.90	0.48	4.89	2,591.71	2,596.60	2,586.81	15.76
15	0.96	0.51	4.90	2,592.19	2,597.08	2,587.29	10.24
16	1.02	0.55	4.88	2,592.67	2,597.54	2,587.79	21.74
17	1.09	0.58	4.83	2,593.15	2,597.98	2,588.31	24.26
18	1.15	0.62	4.76	2,593.62	2,598.39	2,588.86	17.81
19	1.22	0.65	4.67	2,594.10	2,598.77	2,589.43	22.39
20	1.28	0.68	4.55	2,594.58	2,599.13	2,590.03	16.99
21	1.34	0.72	4.40	2,595.06	2,599.47	2,590.66	31.62
22	1.41	0.75	4.22	2,595.54	2,599.77	2,591.32	37.28
23	1.47	0.79	4.01	2,596.02	2,600.03	2,592.01	20.98
24	1.54	0.82	3.75	2,596.50	2,600.25	2,592.75	25.72
25	1.60	0.86	3.44	2,596.98	2,600.42	2,593.54	26.51
26	1.66	0.89	3.07	2,597.46	2,600.52	2,594.39	35.37
27	1.73	0.92	2.59	2,597.94	2,600.53	2,595.34	3.33
28	1.79	0.96	1.96	2,598.42	2,600.37	2,596.46	15.45
29	1.86	0.99	0.84	2,598.90	2,599.74	2,598.05	24.05

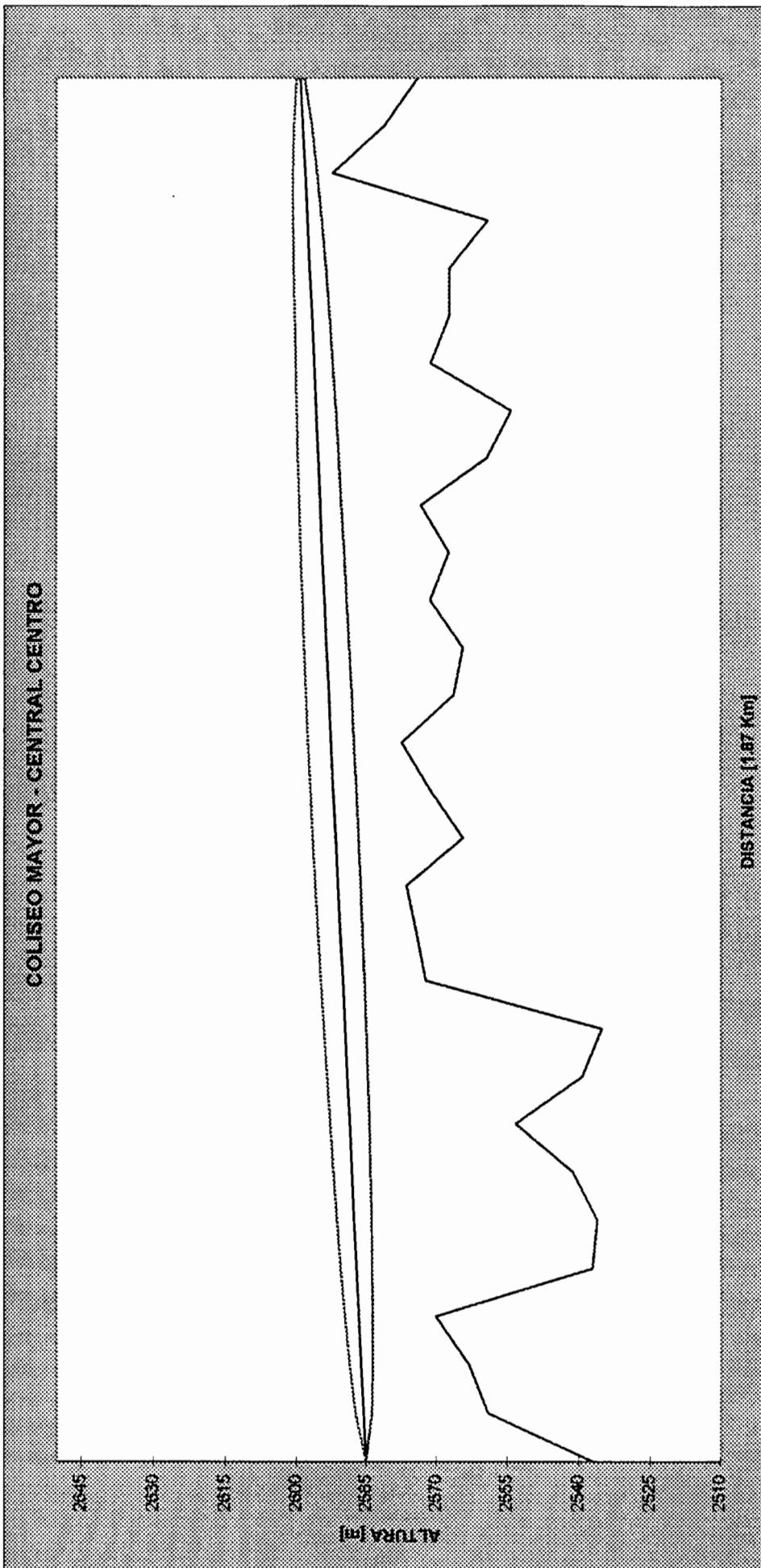


Fig. 4.25. Perfil Topográfico Coliseo - Cuenca Centro

<b>GANANCIAS</b>	
DISTANCIA (Km)	1.87
FRECUENCIA DE OPERACIÓN (GHz)	2.10
POTENCIA DE TX (W)	2.00
POTENCIA DE TX (dBm)	33.00
GANANCIA ANTENA TX (dBi)	26.4
GANANCIA ANTENA RX (dBi)	26.4
<b>TOTAL GANANCIAS (dB)</b>	<b>85.80</b>

<b>PERDIDAS</b>	
METROS CABLE COAXIAL EN TX	65
ATENUACION CABLE COAXIAL (dB/100m) EN TX	11.3
METROS CABLE COAXIAL EN RX	32
ATENUACION CABLE COAXIAL (dB/100m) EN RX	11.3
PÉRDIDA POR CABLE COAXIAL (dB)	10.96
PÉRDIDAS EN CONECTORES (dB)	0.2
PÉRDIDAS POR LLUVIA (dB)	2.00
PÉRDIDAS EN ESPACIO LIBRE (dB)	104.3
PÉRDIDA POR DESALINEAMIENTO (dB)	2.00
PÉRDIDAS POR BRANCHING (dB)	1.00
<b>TOTAL PERDIDAS (dB)</b>	<b>120.43</b>

<b>POTENCIA RECIBIDA (dBm)</b>	<b>-34.63</b>
<b>UMBRAL DE RECEPCIÓN (dBm)</b>	<b>-81</b>
<b>MARGEN DE DESVANECIMIENTO(dB)</b>	<b>46.37</b>

<b>CONSTANTES</b>	
<b>TERRENO a:</b> 4 liso (desierto, agua)	
1 semi-liso (costa), terreno promedio	
0,25 rugoso (sierra), ,montañoso	
<b>CLIMA b:</b> 4 desierto, cambios bruscos de temperatura	
2 costa (húmedo)	
1 templado	
0,25 seco	
0.5 humedo y calido	
a =	0.25
b =	1
<b>CONFIABILIDAD (%)</b>	<b>100</b>
<b>SEGUNDOS DE CAÍDA POR DÍA</b>	<b>4.10246E-06</b>

## 4.5.3.3 TRAMO TELERAMA - CENTRAL PACIFICTEL CENTRO



Fig. 4.26. Central de Pacifictel Cuenca Centro

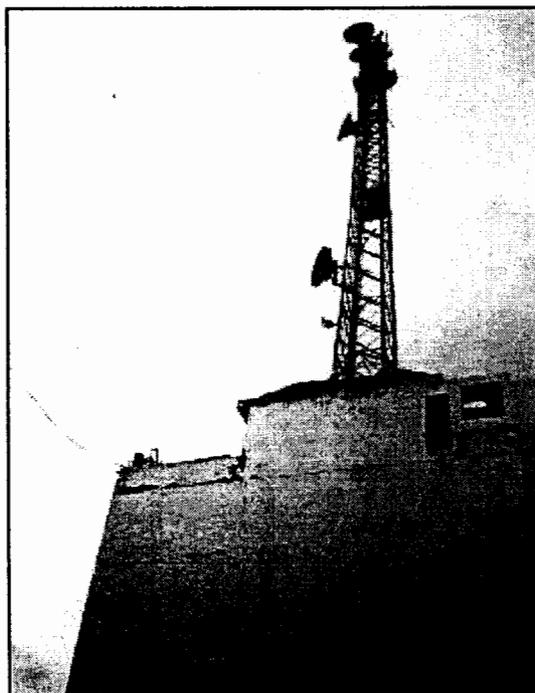


Fig. 4.27. Torre de Central Cuenca Centro

La distancia de este tramo comprende 2,4 Km. Para lograr línea de vista, se necesitaría instalar una torre de 30 metros en el edificio del canal de televisión Telerama y en la Central Centro, la antena debería ser ubicada a 20 metros de altura sobre la terraza del edificio.

Telerama cuenta con una torre de aproximadamente 45 metros que la utiliza para un enlace de radio con el cerro Turi, en donde se encuentran sus antenas de broadcast, con estos argumentos podemos ubicar nuestra antena en la misma torre a la altura prevista con lo cual nos enlazaríamos con el switch en Central Centro.

El equipo de radio, así como el equipo DVT45 serían instalados en un rack independiente en el cuarto de equipos del canal, el cual se encuentra a aproximadamente 10 metros de la torre.

Se ha estimado el uso de 40 metros de cable coaxial para el montaje del equipo de radio en Telerama y 32 metros de conductor en la Central Centro desde el transmisor de radio ubicado en el cuarto de equipos y la antena.

Para el cálculo de la disponibilidad del enlace, las constantes  $a$  y  $b$  escogidas son:  $a$  es 0.25 correspondiendo a la constante de terreno tipo montañoso y  $b$  es 1 correspondiendo a la constante de clima templado.

Los resultados de los cálculos se muestran a continuación:

## ESPECIFICACIONES DEL RADIOENLACE

Tramo: **TELERAMA  
CENTRAL CENTRO**

Descripción	Siglas	Unidad	Cantidad
Longitud del tramo	Li	Km	2.40
Altitud del Gráfico	hgraf	m	2,535.00
Factor de Curvatura	K		1.33
Puntos de Muestreo	Pm		29.00
Radio de la Tierra	a	Km	6,370.00

Gráfico de Zona de Fresnel:			
Descripción		Unidad	Cantidad
Frecuencia de Operación	Fo	GHz	2.10
Zona de Fresnel Número	n		1.00

Altura de las Antenas			
Descripción		Unidad	Cantidad
Altura de la Antena 1		m	30.00
Altura de la Antena 2		m	20.00

**ZONA DE FRESNEL**

Tramo

Zona de Fresnel No: 1

TELERAMA - CENTRAL CENTRO

**DATOS**

Frecuencia	GHz	2.10
Li	Km	2.40
n		1
Alt.Ant(h1)	m	30.00
Alt.Ant(h2)	m	20.00

Lambda (m)	142.8571
HA (m)	4
HB (m)	17
Dx (Km)	0
Pendiente m	1.25

Nº Div	Lx (Km)	x Lx/Li	Hn(x) Radio	Línea de Vista	1era zona superior	1era zona inferior	Margen de Apertura
0	0.00	0.00	0.00	2,569.00	2,569.00	2,569.00	30.00
1	0.08	0.03	2.02	2,569.10	2,571.13	2,567.08	25.07
2	0.17	0.07	2.81	2,569.21	2,572.02	2,566.40	29.37
3	0.25	0.10	3.38	2,569.31	2,572.69	2,565.93	22.90
4	0.33	0.14	3.83	2,569.41	2,573.24	2,565.59	20.55
5	0.41	0.17	4.19	2,569.52	2,573.71	2,565.33	27.28
6	0.50	0.21	4.49	2,569.62	2574.11	2,565.13	28.07
7	0.58	0.24	4.75	2,569.72	2,574.47	2,564.98	29.91
8	0.66	0.28	4.96	2,569.83	2,574.79	2,564.87	24.80
9	0.74	0.31	5.13	2,569.93	2,575.06	2,564.80	25.73
10	0.83	0.34	5.27	2,570.03	2,575.31	2,564.76	25.68
11	0.91	0.38	5.38	2,570.14	2,575.52	2,564.75	23.67
12	0.99	0.41	5.46	2,570.24	2,575.71	2,564.78	27.69
13	1.08	0.45	5.52	2,570.34	2,575.86	2,564.83	18.74
14	1.16	0.48	5.54	2,570.45	2,575.99	2,564.90	12.82
15	1.24	0.52	5.55	2,570.55	2,576.10	2,565.01	27.92
16	1.32	0.55	5.52	2,570.65	2,576.17	2,565.13	21.05
17	1.41	0.59	5.47	2,570.76	2,576.22	2,565.29	15.21
18	1.49	0.62	5.39	2,570.86	2,576.25	2,565.48	24.40
19	1.57	0.65	5.28	2,570.96	2,576.24	2,565.69	12.61
20	1.65	0.69	5.14	2,571.07	2,576.20	2,565.93	6.86
21	1.74	0.72	4.96	2,571.17	2,576.13	2,566.21	21.14
22	1.82	0.76	4.75	2,571.27	2,576.03	2,566.52	22.46
23	1.90	0.79	4.50	2,571.38	2,575.88	2,566.88	27.82
24	1.98	0.83	4.20	2,571.48	2,575.68	2,567.28	32.24
25	2.07	0.86	3.83	2,571.58	2,575.42	2,567.75	17.71
26	2.15	0.90	3.39	2,571.69	2,575.08	2,568.30	25.27
27	2.23	0.93	2.82	2,571.79	2,574.62	2,568.97	23.94
28	2.32	0.96	2.04	2,571.89	2,573.94	2,569.85	15.84
29	2.40	1.00	0.30	2,572.00	2,572.29	2,571.70	19.70

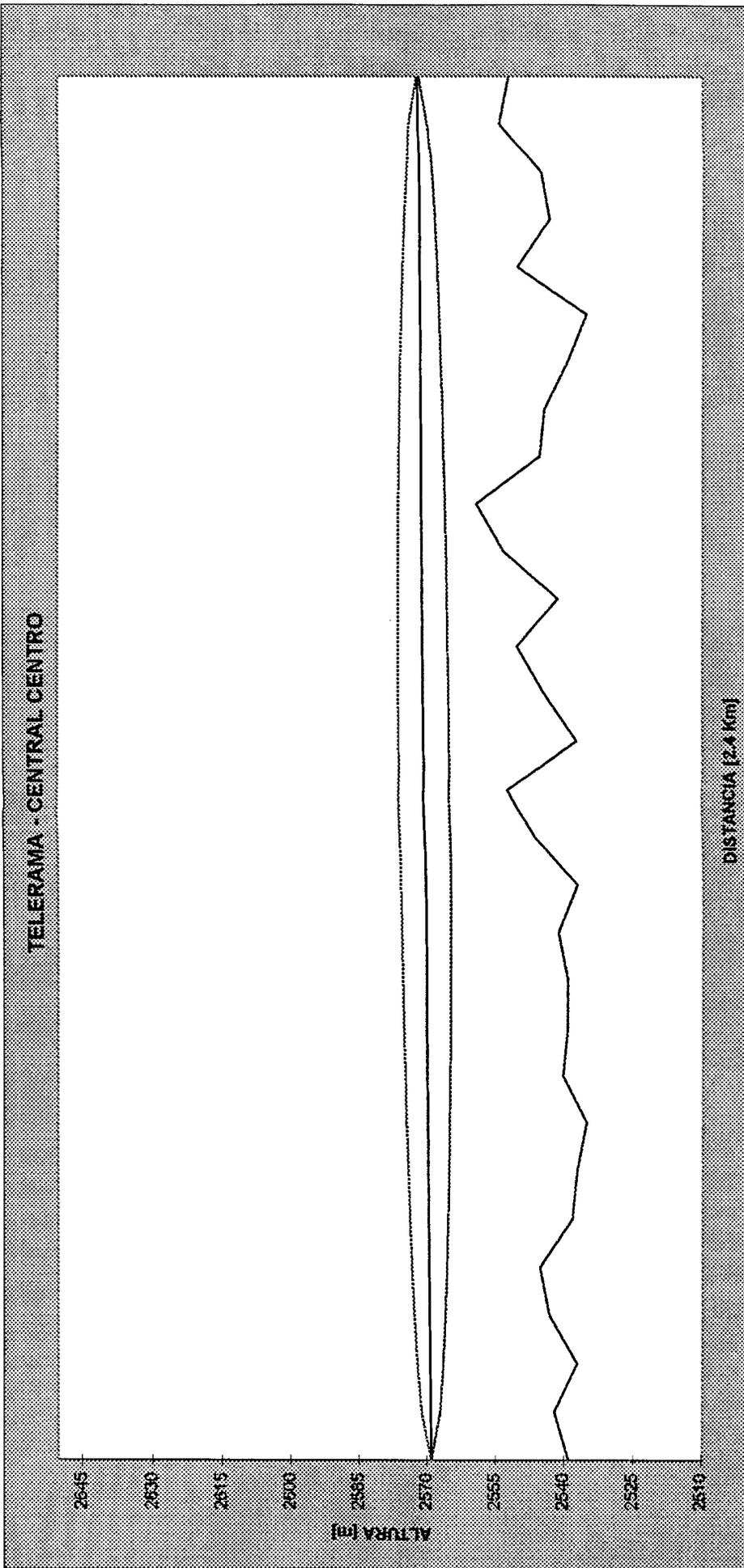


Fig. 4.28. Perfil Topográfico Telerama - Cuenca Centro

GANANCIAS	
DISTANCIA (Km)	2.4
FRECUENCIA DE OPERACIÓN (GHz)	2.10
POTENCIA DE TX (W)	2.00
POTENCIA DE TX (dBm)	33.00
GANANCIA ANTENA TX (dBi)	26.4
GANANCIA ANTENA RX (dBi)	26.4
<b>TOTAL GANANCIAS (dB)</b>	<b>85.80</b>

PÉRDIDAS	
METROS CABLE COAXIAL EN TX	40
ATENUACION CABLE COAXIAL (dB/100m) EN TX	11.3
METROS CABLE COAXIAL EN RX	32
ATENUACION CABLE COAXIAL (dB/100m) EN RX	11.3
PÉRDIDA POR CABLE COAXIAL (dB)	8.14
PÉRDIDAS EN CONECTORES (dB)	0.2
PÉRDIDAS POR LLUVIA (dB)	2.00
PÉRDIDAS EN ESPACIO LIBRE (dB)	106.5
PÉRDIDA POR DESALINEAMIENTO (dB)	2.00
PÉRDIDAS POR BRANCHING (dB)	1.00
<b>TOTAL PÉRDIDAS (dB)</b>	<b>119.83</b>

POTENCIA RECIBIDA (dBm)	-34.03
UMBRAL DE RECEPCIÓN (dBm)	-81
<b>MARGEN DE DESVANECIMIENTO (dB)</b>	<b>46.97</b>

CONSTANTES	
<b>TERRENO</b> a: 4 liso (desierto, agua)	
1 semi-liso (costa), terreno promedio	
0,25 rugoso (sierra), ,montañoso	
<b>CLIMA</b> b: 4 desierto, cambios bruscos de temperatura	
2 costa (húmedo)	
1 templado	
0,25 seco	
0.5 humedo y calido	
a =	0.25
b =	1
<b>CONFIABILIDAD (%)</b>	<b>99.99999999</b>
<b>SEGUNDOS DE CAIDA POR DÍA</b>	<b>7.5562E-06</b>

#### 4.5.4 Proyecto Guayaquil

##### 4.5.4.1 TRAMO ESTADIO DE EMELEC - EL CARMEN



Fig. 4.29. Estadio Capwell Guayaquil

La distancia de este tramo comprende 2,75 Km. Para lograr línea de vista, se necesitaría instalar una torre de 12 metros en el estadio de EMELEC y , la antena en la torre de Pacifictel de El Carmen debería ser ubicada a 33 metros de altura.

La estructura metálica de la torre sería instalada a un costado del estadio, específicamente en la esquina de Pío Montúfar y General Gómez; el equipo de radio estaría ubicado en una oficina administrativa adyacente a la torre dentro del mismo estadio, la cual se encuentra a 10 metros de la torre. El codificador estaría ubicado en una suit de prensa en el tercer piso de las suits.

Se ha estimado el uso de 20 metros de cable coaxial para el montaje del equipo de radio en el estadio y 38 metros de conductor en la Torre de El Carmen desde el transmisor de radio ubicado en el cuarto de equipos y la antena.

Para el cálculo de la disponibilidad del enlace, las constantes a y b escogidas son: a es 1 correspondiendo a la constante de terreno tipo semi liso y b es 2 correspondiendo a la constante de clima húmedo.

Los resultados de los cálculos se muestran a continuación:

## ESPECIFICACIONES DEL RADIOENLACE

Tramo: **ESTADIO EMELEC  
EL CARMEN**

Descripción	Siglas	Unidad	Cantidad
Longitud del tramo	Li	Km	2.75
Altitud del Gráfico	hgraf	m	0.00
Factor de Curvatura	K		1.33
Puntos de Muestreo	Pm		29.00
Radio de la Tierra	a	Km	6,370.00

Gráfico de Zona de Fresnel:			
Descripción		Unidad	Cantidad
Frecuencia de Operación	Fo	GHz	2.10
Zona de Fresnel Número	n		1.00

Altura de las Antenas			
Descripción		Unidad	Cantidad
Altura de la Antena 1		m	10.00
Altura de la Antena 2		m	33.00

**ZONA DE FRESNEL**

Tramo

Zona de Fresnel No: 1

ESTADIO EMELEC - EL CARMEN

**DATOS**

Frecuencia	GHz	2.10
Li	Km	2.75
n		1
Alt.Ant(h1)	m	10.00
Alt.Ant(h2)	m	33.00

Lambda (m)	142.8571
HA (m)	28
HB (m)	148
Dx (Km)	0
Pendiente m	52.00

Nº Div	Lx (Km)	x Lx/Li	Hn(x) Radio	Linea de Vista	1era zona superior	1era zona inferior	Margen de Apertura
0	0.00	0.00	0.00	38.00	38.00	38.00	10.00
1	0.09	0.03	2.17	42.93	45.10	40.76	35.75
2	0.19	0.07	3.01	47.86	50.87	44.85	44.82
3	0.28	0.10	3.62	52.79	56.41	49.17	41.13
4	0.38	0.14	4.10	57.72	61.81	53.62	51.57
5	0.47	0.17	4.49	62.65	67.13	58.16	47.10
6	0.57	0.21	4.81	67.58	72.39	62.77	57.69
7	0.66	0.24	5.08	72.51	77.59	67.42	63.34
8	0.76	0.28	5.31	77.44	82.75	72.13	63.04
9	0.85	0.31	5.49	82.37	87.86	76.87	69.78
10	0.95	0.34	5.65	87.30	92.94	81.65	75.55
11	1.04	0.38	5.76	92.23	97.99	86.46	27.36
12	1.14	0.41	5.85	97.16	103.01	91.31	83.20
13	1.23	0.45	5.91	102.08	107.99	96.18	24.07
14	1.33	0.48	5.94	107.01	112.95	101.08	93.97
15	1.42	0.52	5.94	111.94	117.88	106.01	77.90
16	1.52	0.55	5.91	116.87	122.78	110.97	65.86
17	1.61	0.59	5.85	121.80	127.65	115.95	100.84
18	1.71	0.62	5.76	126.73	132.50	120.97	102.86
19	1.80	0.65	5.65	131.66	137.31	126.02	121.92
20	1.90	0.69	5.50	136.59	142.09	131.10	125.00
21	1.99	0.72	5.31	141.52	146.83	136.21	117.12
22	2.09	0.76	5.08	146.45	151.54	141.37	114.29
23	2.18	0.79	4.81	151.38	156.19	146.57	142.49
24	2.28	0.83	4.49	156.31	160.80	151.82	145.76
25	2.37	0.86	4.10	161.24	165.34	157.14	147.09
26	2.46	0.90	3.62	166.17	169.79	162.55	127.51
27	2.56	0.93	3.02	171.10	174.11	168.08	89.06
28	2.65	0.97	2.18	176.03	178.20	173.85	77.84
29	2.75	1.00	0.20	180.96	181.16	180.76	32.76

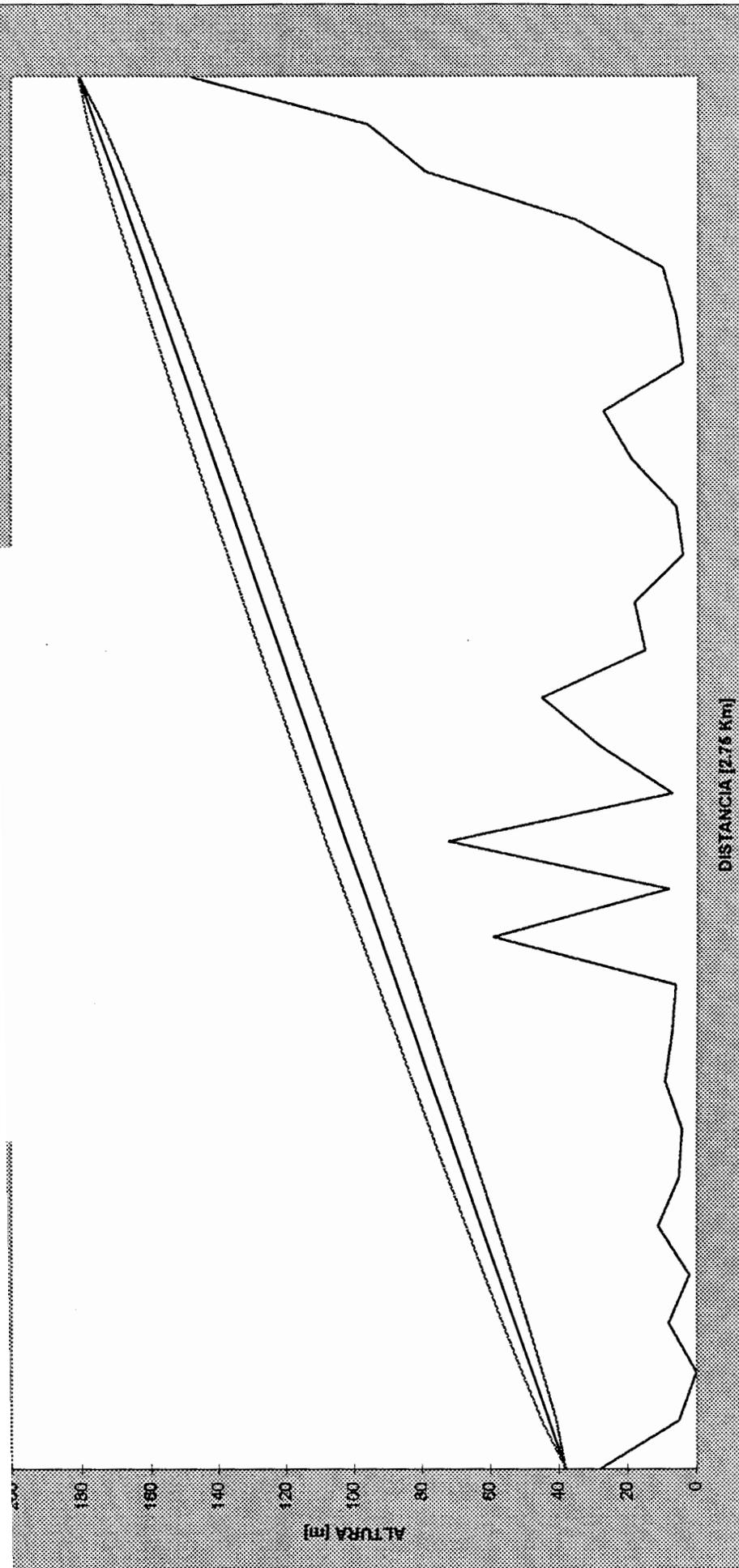


Fig. 4.30. Perfil Topografico Capwell - El Carmen

GANANCIAS	
DISTANCIA (Km)	2.75
FRECUENCIA DE OPERACIÓN (GHz)	2.10
POTENCIA DE TX (W)	2.00
POTENCIA DE TX (dBm)	33.00
GANANCIA ANTENA TX (dBi)	26.4
GANANCIA ANTENA RX (dBi)	26.4
<b>TOTAL GANANCIAS (dB)</b>	<b>85.80</b>

PÉRDIDAS	
METROS CABLE COAXIAL EN TX	20
ATENUACION CABLE COAXIAL (dB/100m) EN TX	11.3
METROS CABLE COAXIAL EN RX	38
ATENUACION CABLE COAXIAL (dB/100m) EN RX	11.3
PÉRDIDA POR CABLE COAXIAL (dB)	6.55
PÉRDIDAS EN CONECTORES (dB)	0.2
PÉRDIDAS POR LLUVIA (dB)	2.00
PÉRDIDAS EN ESPACIO LIBRE (dB)	107.7
PÉRDIDA POR DESALINEAMIENTO (dB)	2.00
PÉRDIDAS POR BRANCHING (dB)	1.00
<b>TOTAL PERDIDAS (dB)</b>	<b>119.43</b>

<b>POTENCIA RECIBIDA (dBm)</b>	<b>-33.63</b>
<b>UMBRAL DE RECEPCIÓN (dBm)</b>	<b>-81</b>
<b>MARGEN DE DESVANECIMIENTO (dB)</b>	<b>47.37</b>

CONSTANTES	
<b>TERRENO a:</b> 4 liso (desierto, agua)	
1 semi-liso (costa), terreno promedio	
0,25 rugoso (sierra), montañoso	
<b>CLIMA b:</b> 4 desierto, cambios bruscos de temperatura	
2 costa (húmedo)	
1 templado	
0,25 seco	
0,5 húmedo y calido	
a =	1
b =	2
<b>CONFIABILIDAD (%)</b>	<b>99.9999999</b>
<b>SEGUNDOS DE CAIDA POR DÍA</b>	<b>8.30164E-05</b>

#### 4.5.4.2 TRAMO TC TELEVISIÓN - EL CARMEN



Fig. 4.31 Estudio TC Televisión Guayaquil

La distancia de este tramo comprende 3,7 Km. Para lograr línea de vista, se necesitaría instalar una torre de 10 metros en los estudios de TC televisión , la antena en la torre de Pacifictel en El Carmen debería ser ubicada a 25 metros de altura.

Por su condición de canal de televisión TC televisión, tiene una torre ya instalada en la terraza de su edificio en la avenidas de la Américas, la misma que es utilizada para enlaces con varios puntos; aprovechando esta condición podríamos ubicar la antena Andrew a una altura de 10 metros para conseguir el enlace. Los equipos de radios estarían ubicados en el área de radios del mismo canal, a aproximadamente 15 metros de la base de la torre. El codificador DVT45 se ubicaría en el estudio de edición y grabación.

Se necesitarían aproximadamente 25 metros de cable coaxial para el montaje del equipo de radio en TC televisión y 34 metros de conductor en la Torre de El Carmen. Con el margen de desvanecimiento obtenido se comprueba que el radio enlace es posible con los datos descritos.

Para el cálculo de la disponibilidad del enlace, las constantes a y b escogidas son: a es 1 correspondiendo a la constante de terreno tipo semi liso y b es 2 correspondiendo a la constante de clima húmedo.

Los resultados de los cálculos se muestran a continuación:

## ESPECIFICACIONES DEL RADIOENLACE

Tramo: **TC TELEVISION  
EL CARMEN**

Descripción	Siglas	Unidad	Cantidad
Longitud del tramo	Li	Km	3.70
Altitud del Gráfico	hgraf	m	0.00
Factor de Curvatura	K		1.33
Puntos de Muestreo	Pm		29.00
Radio de la Tierra	a	Km	6,370.00

Gráfico de Zona de Fresnel:			
Descripción		Unidad	Cantidad
Frecuencia de Operación	Fo	GHz	2.10
Zona de Fresnel Número	n		1.00

Altura de las Antenas			
Descripción		Unidad	Cantidad
Altura de la Antena 1		m	10.00
Altura de la Antena 2		m	25.00

**ZONA DE FRESNEL**

Tramo

Zona de Fresnel No: 1

TC TELEVISION - EL CARMEN

**DATOS**

Frecuencia	GHz	2.10
Li	Km	3.70
n		1
Alt.Ant(h1)	m	10.00
Alt.Ant(h2)	m	25.00

Lambda (m)	142.8571
HA (m)	25
HB (m)	148
Dx (Km)	0
Pendiente m	37.30

Nº Div	Lx (Km)	x Lx/Li	Hn(x) Radio	Línea de Vista	1era zona superior	1era zona inferior	Margen de Apertura
0	0.00	0.00	0.00	35.00	35.00	35.00	10.00
1	0.13	0.03	2.51	39.74	42.25	37.23	35.20
2	0.25	0.07	3.48	44.47	47.96	40.99	25.94
3	0.38	0.10	4.19	49.21	53.40	45.02	17.95
4	0.51	0.14	4.74	53.95	58.69	49.21	9.11
5	0.64	0.17	5.20	58.68	63.88	53.49	33.37
6	0.76	0.21	5.57	63.42	68.99	57.85	43.72
7	0.89	0.24	5.89	68.16	74.04	62.27	57.12
8	1.02	0.27	6.15	72.89	79.04	66.74	51.58
9	1.14	0.31	6.37	77.63	84.00	71.26	34.09
10	1.27	0.34	6.54	82.37	88.91	75.83	56.64
11	1.40	0.38	6.68	87.10	93.78	80.43	75.24
12	1.52	0.41	6.78	91.84	98.62	85.06	71.86
13	1.65	0.45	6.85	96.58	103.43	89.73	57.53
14	1.78	0.48	6.88	101.31	108.20	94.43	80.23
15	1.91	0.51	6.89	106.05	112.94	99.17	88.96
16	2.03	0.55	6.86	110.79	117.64	103.93	97.73
17	2.16	0.58	6.79	115.52	122.32	108.73	98.54
18	2.29	0.62	6.69	120.26	126.96	113.57	107.38
19	2.41	0.65	6.56	125.00	131.56	118.44	110.25
20	2.54	0.69	6.39	129.74	136.13	123.34	108.17
21	2.67	0.72	6.18	134.47	140.65	128.29	126.13
22	2.79	0.76	5.92	139.21	145.13	133.28	109.14
23	2.92	0.79	5.62	143.95	149.56	138.33	133.19
24	3.05	0.82	5.25	148.68	153.93	143.43	133.32
25	3.18	0.86	4.81	153.42	158.23	148.61	134.51
26	3.30	0.89	4.27	158.16	162.42	153.89	104.81
27	3.43	0.93	3.59	162.89	166.48	159.30	80.25
28	3.56	0.96	2.66	167.63	170.29	164.96	68.93
29	3.68	1.00	0.93	172.37	173.30	171.43	23.43

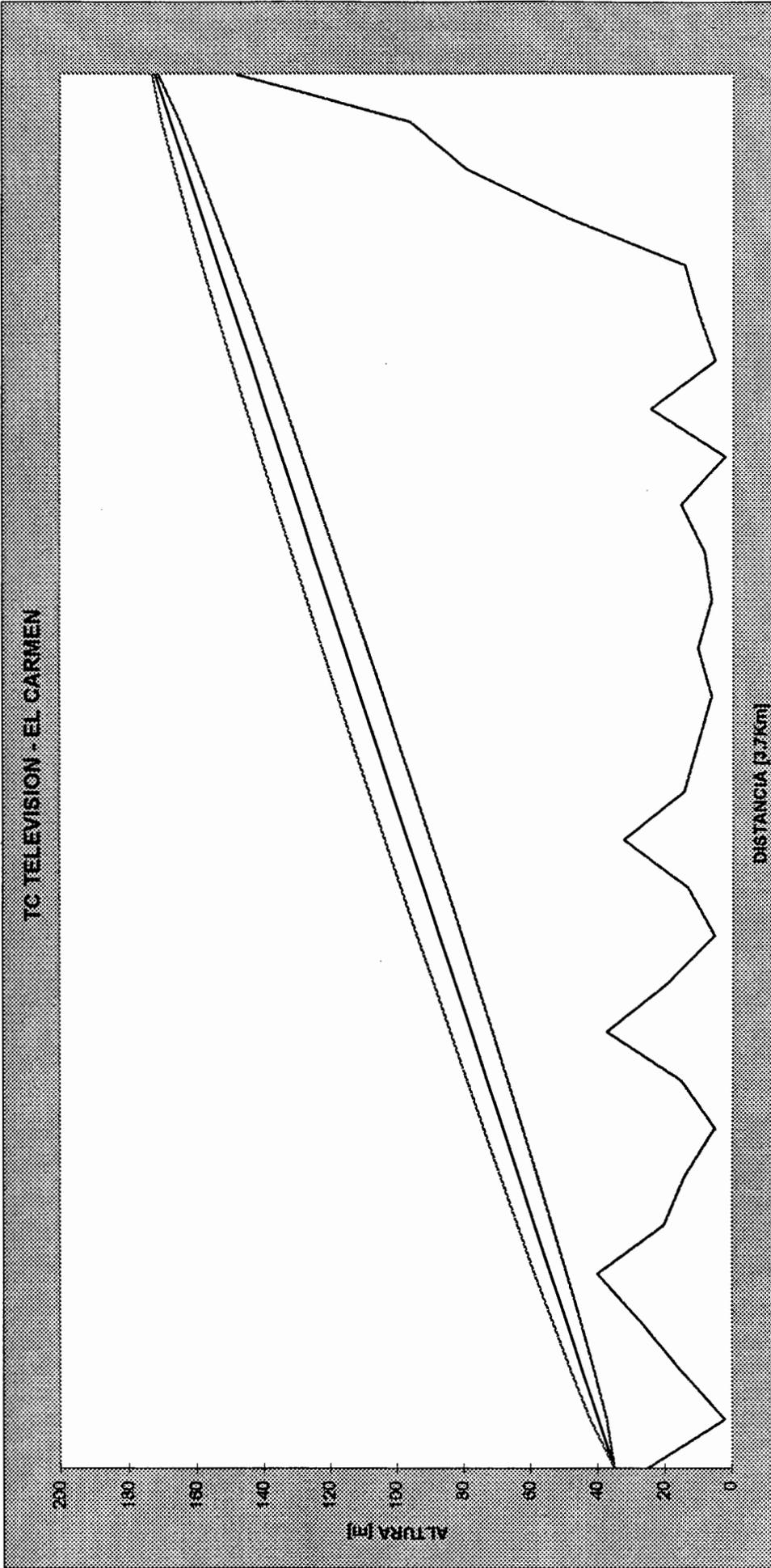


Fig. 4.32. Perfil Topográfico TC Guayaquil - El Carmen

GANANCIAS	
DISTANCIA (Km)	3.7
FRECUENCIA DE OPERACIÓN (GHz)	2.10
POTENCIA DE TX (W)	2.00
POTENCIA DE TX (dBm)	33.00
GANANCIA ANTENA TX (dBi)	26.4
GANANCIA ANTENA RX (dBi)	26.4
<b>TOTAL GANANCIAS (dB)</b>	<b>85.80</b>

PÉRDIDAS	
METROS CABLE COAXIAL EN TX	25
ATENUACION CABLE COAXIAL (dB/100m) EN TX	11.3
METROS CABLE COAXIAL EN RX	34
ATENUACION CABLE COAXIAL (dB/100m) EN RX	11.3
PÉRDIDA POR CABLE COAXIAL (dB)	6.67
PÉRDIDAS EN CONECTORES (dB)	0.2
PÉRDIDAS POR LLUVIA (dB)	2.00
PÉRDIDAS EN ESPACIO LIBRE (dB)	110.2
PÉRDIDA POR DESALINEAMIENTO (dB)	2.00
PÉRDIDAS POR BRANCHING (dB)	1.00
<b>TOTAL PÉRDIDAS (dB)</b>	<b>122.09</b>

POTENCIA RECIBIDA (dBm)	-36.29
UMBRAL DE RECEPCIÓN (dBm)	-81
<b>MARGEN DE DESVANECIMIENTO(dB)</b>	<b>44.71</b>

CONSTANTES	
<b>TERRENO</b> a: 4 liso (desierto, agua)	
1 semi-liso (costa), terreno promedio	
0,25 rugoso (sierra), ,montañoso	
<b>CLIMA</b> b: 4 desierto, cambios bruscos de temperatura	
2 costa (húmedo)	
1 templado	
0,25 seco	
0,5 humedo y calido	
a =	1
b =	2
<b>CONFIABILIDAD (%)</b>	<b>99.99999957</b>
<b>SEGUNDOS DE CAIDA POR DÍA</b>	<b>0.000372444</b>

#### 4.5.4.3 TRAMO ESTADIO DE BARCELONA - CENTRAL CENTRO PACIFICTEL



Fig. 4.33. Estadio Isidro Romero Carbo Guayaquil

La distancia de este tramo comprende 4,95 Km. Para lograr línea de vista, se necesitaría instalar una torre de 15 metros en el estadio de Barcelona, la antena en la torre encima del edificio de Central Centro de Pacifictel debería ser ubicada a 35 metros de altura para que su altura al nivel del suelo sea de aproximadamente 65 metros, ya que se ha calculado que el edificio mide 30 metros.

La torre en el estadio de Barcelona sería ubicada al costado derecho de la entrada de General y Preferencia Sur, en una pequeña explanada de concreto desocupada, y desde donde se tiene obtiene la línea de vista con la torre de Central Centro. La radio así como el codificador estarían ubicados en una suit de prensa perteneciente a al área de Suits ESTE a 30 metros de la torre.

Se ha estimado el uso de 45 metros de cable coaxial para el montaje del equipo de radio en el estadio y 43 metros de conductor en la Central Centro.

Para el cálculo de la disponibilidad del enlace, las constantes a y b escogidas son: a es 1 correspondiendo a la constante de terreno tipo semi liso y b es 2 correspondiendo a la constante de clima húmedo.

Los resultados de los cálculos se muestran a continuación:

## ESPECIFICACIONES DEL RADIOENLACE

Tramo: **ESTADIO BARCELONA  
EL CARMEN**

Descripción	Siglas	Unidad	Cantidad
Longitud del tramo	Li	Km	4.75
Altitud del Gráfico	hgraf	m	0.00
Factor de Curvatura	K		1.33
Puntos de Muestreo	Pm		29.00
Radio de la Tierra	a	Km	6,370.00

Gráfico de Zona de Fresnel:			
Descripción		Unidad	Cantidad
Frecuencia de Operación	Fo	GHz	2.10
Zona de Fresnel Número	n		1.00

Altura de las Antenas			
Descripción		Unidad	Cantidad
Altura de la Antena 1		m	53.00
Altura de la Antena 2		m	35.00

**ZONA DE FRESNEL**

Tramo

Zona de Fresnel No: 1

ESTADIO BARCELONA - EL CARMEN

**DATOS**

Frecuencia	GHz	2.10
Li	Km	4.75
n		1
Alt.Ant(h1)	m	53.00
Alt.Ant(h2)	m	35.00

Lambda (m)	142.8571
HA (m)	40
HB (m)	148
Dx (Km)	0
Pendiente m	18.95

Nº Div	Lx (Km)	x Lx/Li	Hn(x) Radio	Línea de Vista	1era zona superior	1era zona inferior	Margen de Apertura
0	0.00	0.00	0.00	93.00	93.00	93.00	53.00
1	0.16	0.03	2.84	96.09	98.93	93.25	7.20
2	0.33	0.07	3.95	99.18	103.12	95.23	2.15
3	0.49	0.10	4.74	102.27	107.01	97.52	57.40
4	0.65	0.14	5.37	105.35	110.73	99.98	64.82
5	0.82	0.17	5.89	108.44	114.33	102.56	54.37
6	0.98	0.21	6.31	111.53	117.84	105.22	46.00
7	1.14	0.24	6.67	114.62	121.29	107.95	78.71
8	1.30	0.27	6.97	117.71	124.67	110.74	75.48
9	1.47	0.31	7.21	120.80	128.01	113.58	76.30
10	1.63	0.34	7.41	123.88	131.30	116.47	97.17
11	1.79	0.38	7.57	126.97	134.54	119.41	90.09
12	1.96	0.41	7.68	130.06	137.74	122.38	104.06
13	2.12	0.45	7.76	133.15	140.91	125.39	93.06
14	2.28	0.48	7.80	136.24	144.04	128.44	114.11
15	2.45	0.51	7.80	139.33	147.13	131.52	121.19
16	2.61	0.55	7.77	142.41	150.18	134.65	128.32
17	2.77	0.58	7.70	145.50	153.20	137.81	127.48
18	2.93	0.62	7.59	148.59	156.18	141.01	134.69
19	3.10	0.65	7.44	151.68	159.12	144.24	135.94
20	3.26	0.69	7.24	154.77	162.01	147.53	132.24
21	3.42	0.72	7.00	157.86	164.86	150.85	148.59
22	3.59	0.75	6.71	160.95	167.66	154.23	144.99
23	3.75	0.79	6.37	164.03	170.40	157.67	152.45
24	3.91	0.82	5.95	167.12	173.07	161.17	150.98
25	4.08	0.86	5.45	170.21	175.66	164.76	150.60
26	4.24	0.89	4.84	173.30	178.14	168.46	119.33
27	4.40	0.93	4.07	176.39	180.46	172.31	93.22
28	4.56	0.96	3.03	179.48	182.50	176.45	80.40
29	4.73	1.00	1.08	182.56	183.65	181.48	33.47

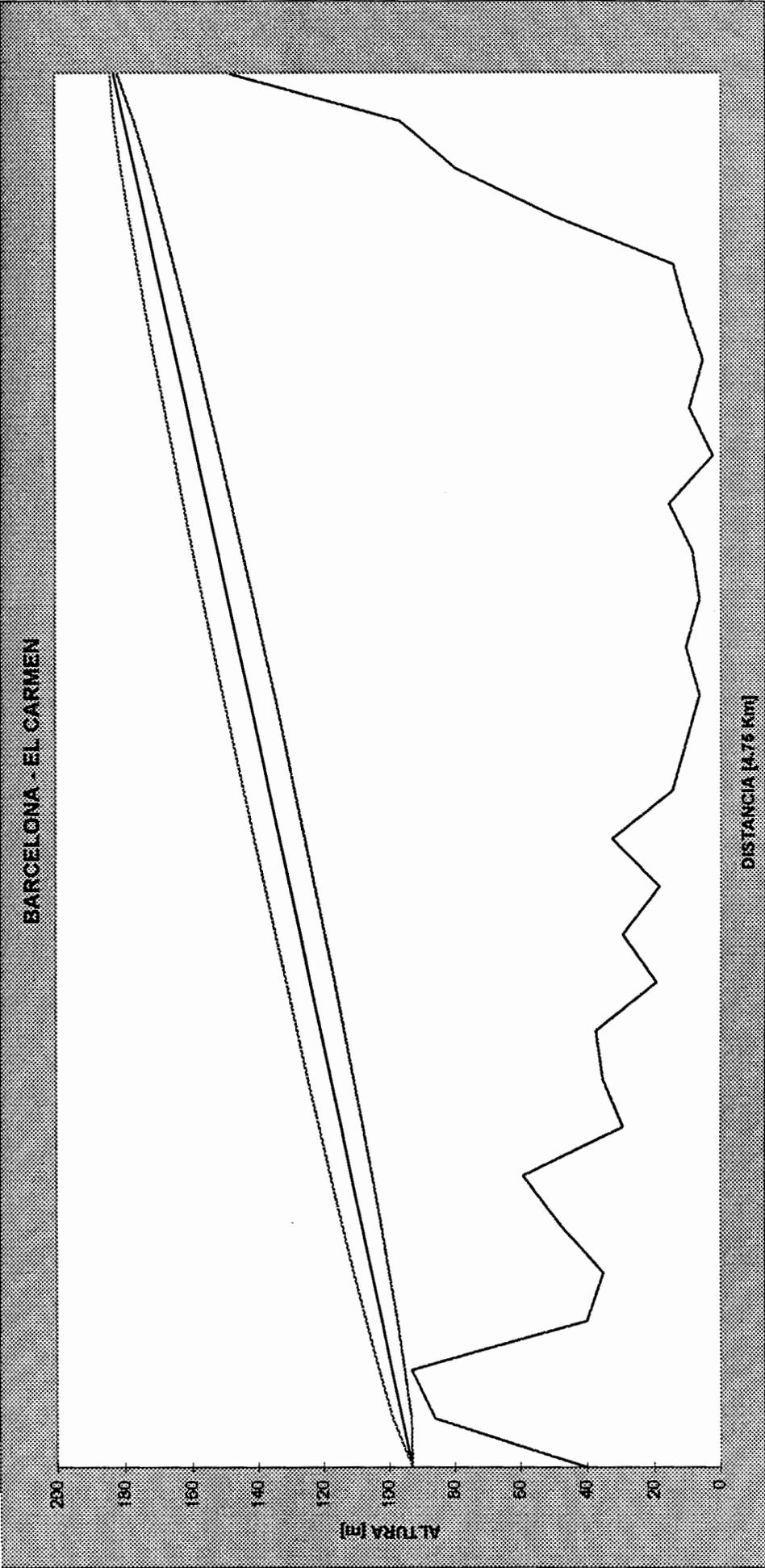


Fig. 4.34. Perfil Topográfico Barcelona - El Carmen

GANANCIAS	
DISTANCIA (Km)	4.75
FRECUENCIA DE OPERACIÓN (GHz)	2.10
POTENCIA DE TX (W)	2.00
POTENCIA DE TX (dBm)	33.00
GANANCIA ANTENA TX (dBi)	26.4
GANANCIA ANTENA RX (dBi)	26.4
<b>TOTAL GANANCIAS (dB)</b>	<b>85.80</b>

PÉRDIDAS	
METROS CABLE COAXIAL EN TX	76
ATENUACION CABLE COAXIAL (dB/100m) EN TX	11.3
METROS CABLE COAXIAL EN RX	43
ATENUACION CABLE COAXIAL (dB/100m) EN RX	11.3
PÉRDIDA POR CABLE COAXIAL (dB)	13.45
PÉRDIDAS EN CONECTORES (dB)	0.2
PÉRDIDAS POR LLUVIA (dB)	2.00
PÉRDIDAS EN ESPACIO LIBRE (dB)	112.4
PÉRDIDA POR DESALINEAMIENTO (dB)	2.00
PÉRDIDAS POR BRANCHING (dB)	1.00
<b>TOTAL PÉRDIDAS (dB)</b>	<b>131.03</b>

POTENCIA RECIBIDA (dBm)	-45.23
UMBRAL DE RECEPCIÓN (dBm)	-81
<b>MARGEN DE DESVANECIMIENTO(dB)</b>	<b>35.77</b>

CONSTANTES	
<b>TERRENO</b> a: 4 liso (desierto, agua)	
1 semi-liso (costa), terreno promedio	
0,25 rugoso (sierra), ,montañoso	
<b>CLIMA</b> b: 4 desierto, cambios bruscos de temperatura	
2 costa (húmedo)	
1 templado	
0,25 seco	
0,5 humedo y calido	
a =	1
b =	2
<b>CONFIABILIDAD (%)</b>	<b>99.99999284</b>
<b>SEGUNDOS DE CAÍDA POR DÍA</b>	<b>0.006184504</b>

#### 4.5.4.4 TRAMO GAMAVISIÓN - EL CARMEN

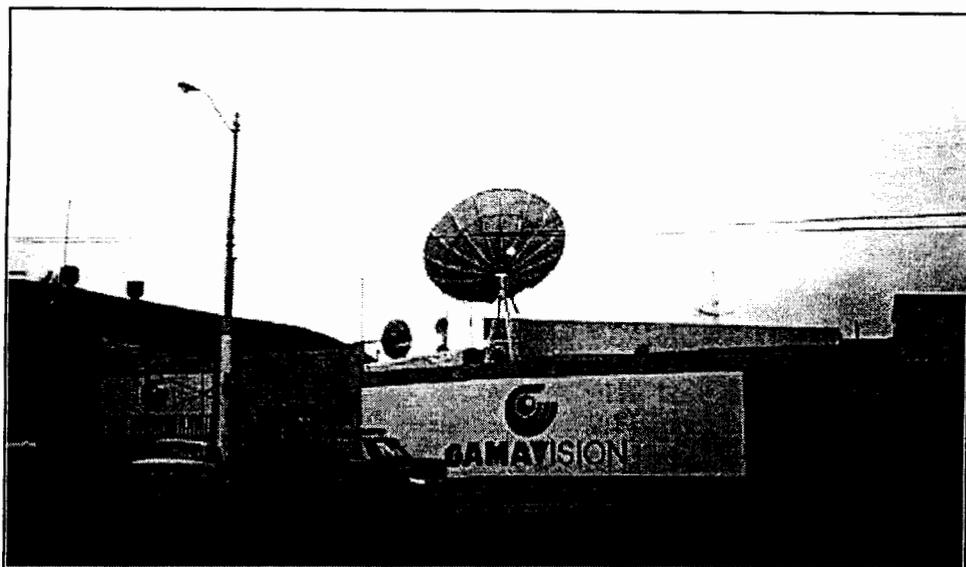


Fig. 4.35. Estudio Gamavisión Guayaquil

La distancia de este tramo comprende 0,85 Km. Para lograr línea de vista, se necesitaría instalar una torre de 9 metros en los estudios de Gamavisión, y la antena en la torre de El Carmen estaría ubicada a una altura de 15 metros.

Gamavisión cuenta con un radio enlace con el cerro de El Carmen, particularmente con sus antenas de broadcast, lo que aprovecharíamos para ubicar en la misma torre la antena necesaria para efectuar el enlace con la Torre de Pacifictel en donde se ubicaría el switch. La radio así como el codificador se encontrarían en los estudios de control y edición del canal, los cuales se encuentran a 16 metros de la base de la torre.

Se ha estimado el uso de 25 metros de cable coaxial para el montaje del equipo de radio ubicado en Gamavisión y 28 metros de conductor en la Torre de El Carmen.

Para el cálculo de la disponibilidad del enlace, las constantes a y b escogidas son: a es 1 correspondiendo a la constante de terreno tipo semi liso y b es 2 correspondiendo a la constante de clima húmedo.

Los resultados de los cálculos se muestran a continuación:

## ESPECIFICACIONES DEL RADIOENLACE

Tramo: **GAMAVISION  
EL CARMEN**

Descripción	Siglas	Unidad	Cantidad
Longitud del tramo	Li	Km	0.85
Altitud del Gráfico	hgraf	m	0.00
Factor de Curvatura	K		1.33
Puntos de Muestreo	Pm		29.00
Radio de la Tierra	a	Km	6,370.00

Grafico de Zona de Fresnel:			
Descripción		Unidad	Cantidad
Frecuencia de Operación	Fo	GHz	2.10
Zona de Fresnel Número	n		1.00

Altura de las Antenas			
Descripción		Unidad	Cantidad
Altura de la Antena 1		m	9.00
Altura de la Antena 2		m	15.00

**ZONA DE FRESNEL**

Tramo

Zona de Fresnel No: 1

GAMAVISION - EL CARMEN

**DATOS**

Frecuencia	GHz	2.10
Li	Km	0.85
n		1
Alt.Ant(h1)	m	9.00
Alt.Ant(h2)	m	15.00

Lambda (m)	142.8571
HA (m)	8
HB (m)	148
Dx (Km)	0
Pendiente m	171.76

Nº Div	Lx (Km)	x Lx/Li	Hn(x) Radio	Linea de Vista	1era zona superior	1era zona inferior	Margen de Apertura
0	0.00	0.00	0.00	17.00	17.00	17.00	9.00
1	0.03	0.03	1.20	22.03	23.24	20.83	20.83
2	0.06	0.07	1.67	27.07	28.74	25.39	25.39
3	0.09	0.10	2.01	32.10	34.11	30.09	29.08
4	0.12	0.14	2.28	37.13	39.41	34.85	32.85
5	0.15	0.17	2.49	42.16	44.66	39.67	35.66
6	0.18	0.21	2.67	47.20	49.87	44.52	29.51
7	0.21	0.24	2.83	52.23	55.05	49.40	20.40
8	0.23	0.28	2.95	57.26	60.21	54.31	16.30
9	0.26	0.31	3.05	62.29	65.35	59.24	34.23
10	0.29	0.34	3.14	67.33	70.47	64.19	29.18
11	0.32	0.38	3.20	72.36	75.56	69.16	20.15
12	0.35	0.41	3.25	77.39	80.64	74.14	40.13
13	0.38	0.45	3.28	82.43	85.71	79.14	64.13
14	0.41	0.48	3.30	87.46	90.76	84.16	72.15
15	0.44	0.52	3.30	92.49	95.79	89.19	73.18
16	0.47	0.55	3.28	97.52	100.81	94.24	80.23
17	0.50	0.59	3.25	102.56	105.81	99.30	82.29
18	0.53	0.62	3.20	107.59	110.79	104.38	82.37
19	0.56	0.65	3.14	112.62	115.76	109.48	80.47
20	0.59	0.69	3.06	117.65	120.71	114.60	84.59
21	0.62	0.72	2.95	122.69	125.64	119.73	80.73
22	0.64	0.76	2.83	127.72	130.55	124.89	66.88
23	0.67	0.79	2.68	132.75	135.43	130.08	65.07
24	0.70	0.83	2.50	137.78	140.28	135.29	61.28
25	0.73	0.86	2.28	142.82	145.10	140.54	61.53
26	0.76	0.90	2.01	147.85	149.86	145.84	70.83
27	0.79	0.93	1.68	152.88	154.56	151.21	72.20
28	0.82	0.97	1.21	157.92	159.13	156.71	60.70
29	0.85	1.00	0.12	162.95	163.07	162.82	14.82

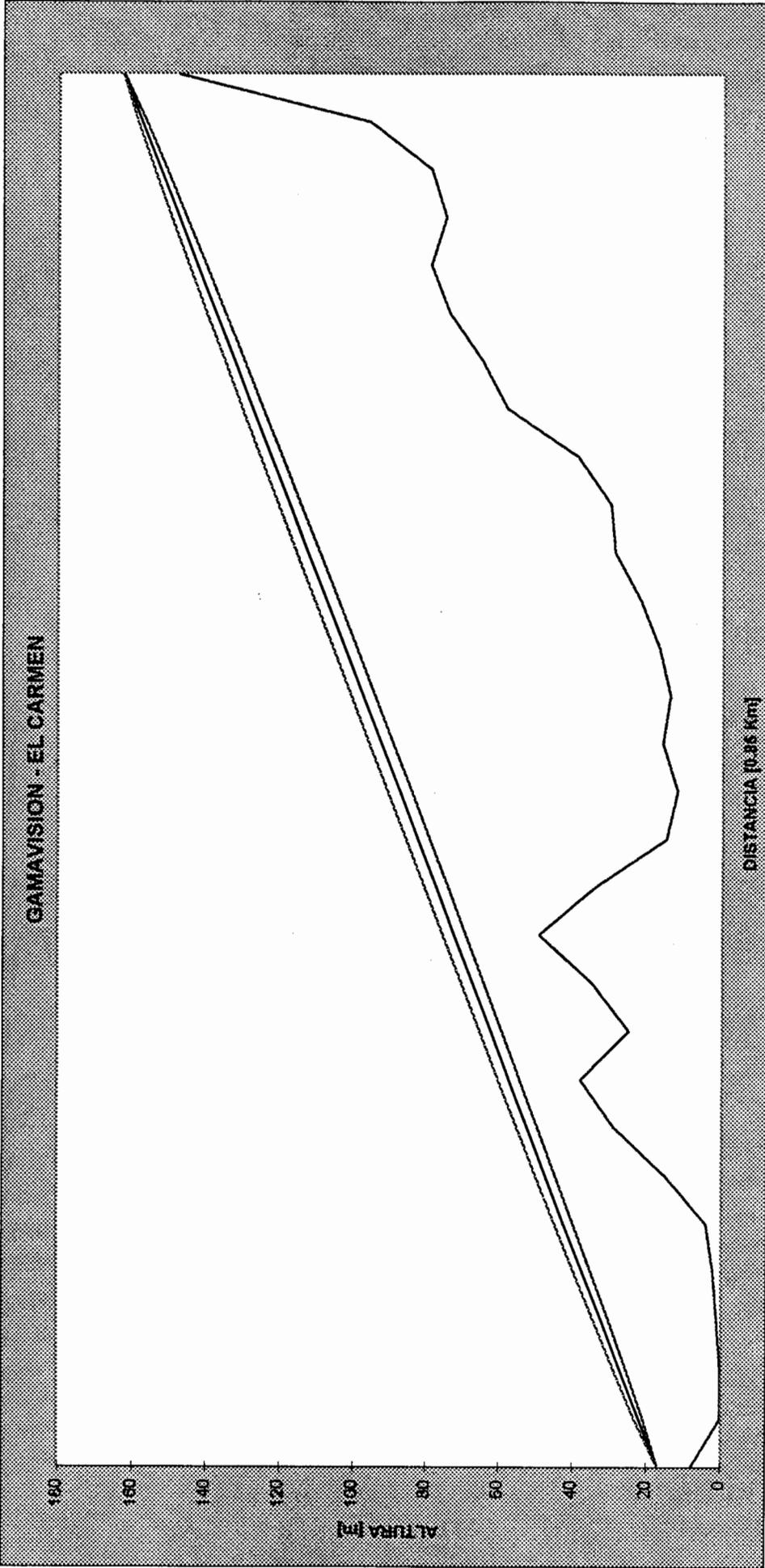


Fig 4.36. Perfil Topográfico Gamavision - El Carmen

GANANCIAS	
DISTANCIA (Km)	0.85
FRECUENCIA DE OPERACIÓN (GHz)	2.10
POTENCIA DE TX (W)	2.00
POTENCIA DE TX (dBm)	33.00
GANANCIA ANTENA TX (dBi)	26.4
GANANCIA ANTENA RX (dBi)	26.4
<b>TOTAL GANANCIAS (dB)</b>	<b>85.80</b>

PÉRDIDAS	
METROS CABLE COAXIAL EN TX	25
ATENUACION CABLE COAXIAL (dB/100m) EN TX	11.3
METROS CABLE COAXIAL EN RX	28
ATENUACION CABLE COAXIAL (dB/100m) EN RX	11.3
PÉRDIDA POR CABLE COAXIAL (dB)	5.99
PÉRDIDAS EN CONECTORES (dB)	0.2
PÉRDIDAS POR LLUVIA (dB)	2.00
PÉRDIDAS EN ESPACIO LIBRE (dB)	97.5
PÉRDIDA POR DESALINEAMIENTO (dB)	2.00
PÉRDIDAS POR BRANCHING (dB)	1.00
<b>TOTAL PÉRDIDAS (dB)</b>	<b>108.67</b>

POTENCIA RECIBIDA (dBm)	-22.87
UMBRAL DE RECEPCIÓN (dB)	-81
<b>MARGEN DE DESVANECIMIENTO(dB)</b>	<b>58.13</b>

CONSTANTES	
<b>TERRENO</b> a: 4 liso (desierto, agua)	
1 semi-liso (costa), terreno promedio	
0,25 rugoso (sierra), montañoso	
<b>CLIMA</b> b: 4 desierto, cambios bruscos de temperatura	
2 costa (húmedo)	
1 templado	
0,25 seco	
0,5 humedo y calido	
a =	1
b =	2
<b>CONFIABILIDAD (%)</b>	<b>100</b>
<b>SEGUNDOS DE CAIDA POR DÍA</b>	<b>2.05612E-07</b>

#### 4.5.4.5 TRAMO CENTRAL CENTRO PACIFICTEL - EL CARMEN

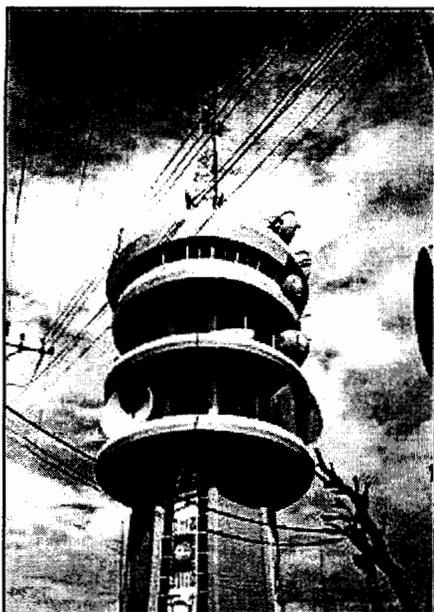


Fig. 4.37. Torre El Carmen Guayaquil

La distancia de este tramo comprende 1,8 Km. Para lograr línea de vista, se necesitaría instalar una torre de 45 metros en la Central centro de Pacifictel, y la antena en la torre de El Carmen estaría ubicada a una altura de 19 metros.

El edificio de la Central Centro de Pacifictel cuenta en su terraza con una torre de aproximadamente 60 metros de altura, con la cual quedaría solucionado el problema de la instalación de la torre sugerida, por lo que se utilizaría dicha torre para ubicación de la antena en la altura requerida. Los equipos de multiplexación de señal serían ubicados en el cuarto de equipo que se encuentra justamente en la base la torre, y donde casualmente se encuentra el radio de reserva de la ruta hacia Cuenca.

Se ha estimado el uso de 60 metros de guía de onda para el montaje del equipo de radio ubicado en la Central Centro y 28 metros del mismo conductor en la Torre de El Carmen.

Para el cálculo de la disponibilidad del enlace, las constantes a y b escogidas son: a es 1 correspondiendo a la constante de terreno tipo semi liso y b es 2 correspondiendo a la constante de clima húmedo.

Los resultados de los cálculos se muestran a continuación:

## ESPECIFICACIONES DEL RADIOENLACE

Tramo: **CENTRAL CENTRO  
EL CARMEN**

Descripción	Siglas	Unidad	Cantidad
Longitud del tramo	Li	Km	1.80
Altitud del Gráfico	hgraf	m	0.00
Factor de Curvatura	K		1.33
Puntos de Muestreo	Pm		29.00
Radio de la Tierra	a	Km	6,370.00

### Grafico de Zona de Fresnel:

Descripción		Unidad	Cantidad
Frecuencia de Operación	Fo	GHz	4.10
Zona de Fresnel Número	n		1.00

### Altura de las Antenas

Descripción		Unidad	Cantidad
Altura de la Antena 1		m	45.00
Altura de la Antena 2		m	19.00

**ZONA DE FRESNEL**

Tramo

Zona de Fresnel No: 1

CENTRAL CENTRO - EL CARMEN

**DATOS**

Frecuencia	GHz	4.10
Li	Km	1.80
n		1
Alt.Ant(h1)	m	45.00
Alt.Ant(h2)	m	19.00

Lambda (m)	73.17073
HA (m)	30
HB (m)	148
Dx (Km)	0
Pendiente m	51.11

Nº Div	Lx (Km)	x Lx/Li	Hn(x) Radio	Línea de Vista	1era zona superior	1era zona inferior	Margen de Apertura
0	0.00	0.00	0.00	75.00	75.00	75.00	45.00
1	0.06	0.03	1.25	78.17	79.42	76.91	11.91
2	0.12	0.07	1.74	81.34	83.08	79.60	21.58
3	0.19	0.10	2.09	84.51	86.60	82.41	39.40
4	0.25	0.14	2.37	87.68	90.05	85.31	65.28
5	0.31	0.17	2.60	90.84	93.44	88.25	29.22
6	0.37	0.21	2.78	94.01	96.80	91.23	29.20
7	0.43	0.24	2.94	97.18	100.12	94.24	40.21
8	0.50	0.28	3.07	100.35	103.42	97.28	57.24
9	0.56	0.31	3.18	103.52	106.70	100.34	94.30
10	0.62	0.34	3.27	106.69	109.96	103.42	84.38
11	0.68	0.38	3.34	109.86	113.19	106.52	68.48
12	0.74	0.41	3.39	113.03	116.41	109.64	63.59
13	0.81	0.45	3.42	116.20	119.62	112.78	50.73
14	0.87	0.48	3.44	119.36	122.80	115.93	39.88
15	0.93	0.52	3.44	122.53	125.97	119.10	50.05
16	0.99	0.55	3.42	125.70	129.12	122.28	44.23
17	1.05	0.59	3.39	128.87	132.26	125.48	62.44
18	1.12	0.62	3.34	132.04	135.38	128.70	108.66
19	1.18	0.65	3.27	135.21	138.48	131.94	112.90
20	1.24	0.69	3.18	138.38	141.56	135.19	117.15
21	1.30	0.72	3.08	141.55	144.62	138.47	119.43
22	1.36	0.76	2.95	144.72	147.66	141.77	82.73
23	1.43	0.79	2.79	147.88	150.67	145.09	69.06
24	1.49	0.83	2.60	151.05	153.66	148.45	59.42
25	1.55	0.86	2.38	154.22	156.60	151.84	58.82
26	1.61	0.90	2.10	157.39	159.49	155.29	90.27
27	1.67	0.93	1.75	160.56	162.31	158.81	79.79
28	1.74	0.96	1.27	163.73	165.00	162.46	66.45
29	1.80	1.00	0.23	166.90	167.13	166.67	18.67

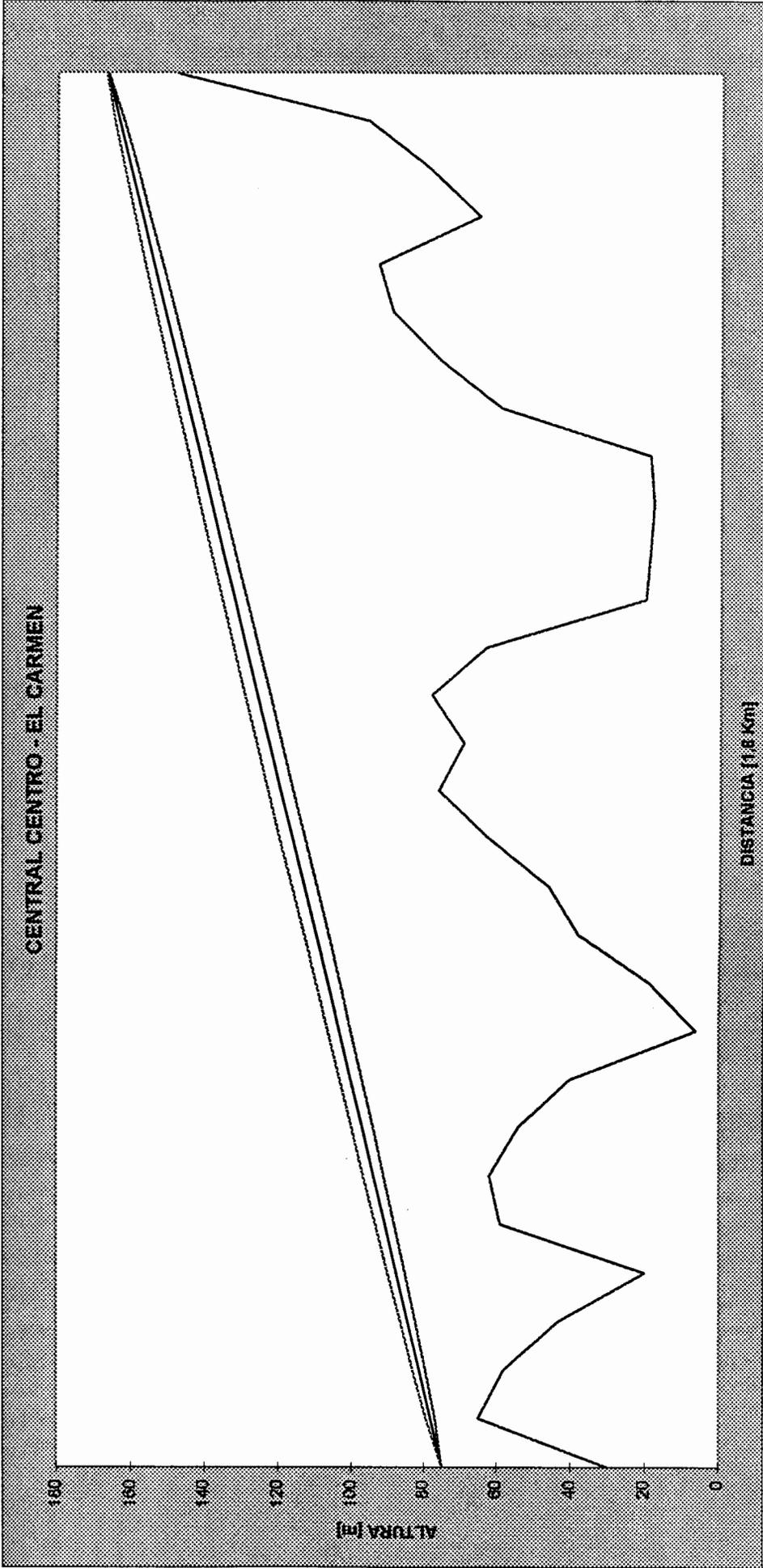


Fig. 4.38. Perfil Topográfico Guayaquil Centro - El Carmen

GANANCIAS	
DISTANCIA (Km)	1.8
FRECUENCIA DE OPERACIÓN (GHz)	4.10
POTENCIA DE TX (W)	1.89
POTENCIA DE TX (dBm)	29.50
GANANCIA ANTENA TX (dBi)	35
GANANCIA ANTENA RX (dBi)	35
<b>TOTAL GANANCIAS (dB)</b>	<b>99.50</b>

PÉRDIDAS	
METROS GUIA DE ONDA EN TX	60
ATENUACION GUIA DE ONDA (dB/100m) EN TX	2.11
METROS GUIA DE ONDA EN RX	28
ATENUACION GUIA DE ONDA (dB/100m) EN RX	2.11
PÉRDIDA POR CABLE COAXIAL (dB)	1.86
PÉRDIDAS EN CONECTORES (dB)	1.2
PÉRDIDAS POR LLUVIA (dB)	2.00
PÉRDIDAS EN ESPACIO LIBRE (dB)	109.8
PÉRDIDA POR DESALINEAMIENTO (dB)	2.00
PÉRDIDAS POR BRANCHING (dB)	1.00
<b>TOTAL PÉRDIDAS (dB)</b>	<b>117.86</b>

POTENCIA RECIBIDA (dBm)	-18.36
UMBRAL DE RECEPCIÓN (dB)	-81
<b>MARGEN DE DESVANECIMIENTO(dB)</b>	<b>62.64</b>

CONSTANTES	
<b>TERRENO</b> a: 4 liso (desierto, agua)	
1 semi-liso (costa), terreno promedio	
0,25 rugoso (sierra), montañoso	
<b>CLIMA</b> b: 4 desierto, cambios bruscos de temperatura	
2 costa (húmedo)	
1 templado	
0,25 seco	
0,5 humedo y calido	
a =	1
b =	2
<b>CONFIABILIDAD (%)</b>	<b>100</b>
<b>SEGUNDOS DE CAIDA POR DIA</b>	<b>1.34934E-06</b>

## 4.6 CÁLCULO DE FIBRA ÓPTICA

### 4.6.1 Generalidades

En los tramos en donde se utilizará fibra óptica, que será debido a la conveniencia en la instalación del cableado y principalmente a la corta distancia existente en el Codificador de vídeo ABL y el Switch Concentrador de señales, se instalará los siguientes equipos y se empleará los siguientes datos para el cálculo:

El equipo de comunicaciones será un MODEM de fibra óptica de marca RAD, modelo FOM E3, el cual es capaz de transmitir datos en la jerarquía E3. Su potencia de transmisión es de -12 dBm y el Umbral de recepción es de - 40 dBm.

La fibra óptica utilizada es de la marca Andrew, cuyo numero de parte es el 241568-6, la cual es una fibra óptica monomodo con seis fibras, con pérdidas de 0,45 dB/Km en la ventana de los 1.300 nm, que es la longitud de onda del diodo láser a la cual trabajan estos equipos.

## 4.6.2 Proyecto Cuenca

### 4.6.2.1 TRAMO GOBERNACION DEL AZUAY - CENTRAL CENTRO PACIFICTEL

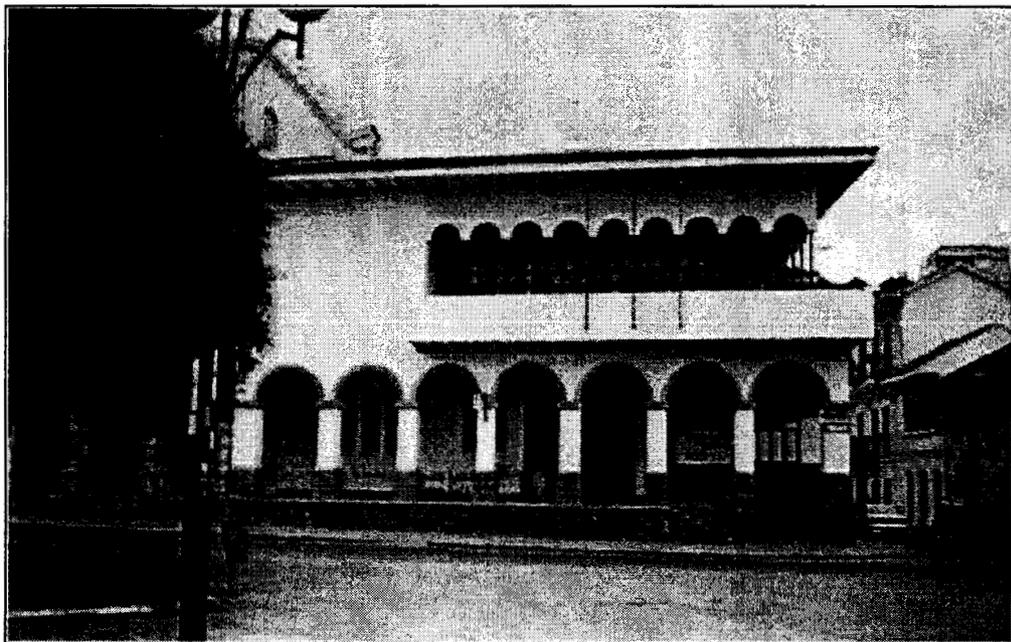


Fig. 4.39. Gobernación del Azuay

Se ha estimado utilizar aproximadamente 0,5 Km de fibra óptica entre la Gobernación del Azuay y la Central centro de Pacifictel. Los resultados obtenidos utilizando esta cantidad de fibra óptica, nos demuestra que el enlace es posible, ya que se ha obtenido un margen de 27,175 (dB).

El codificador ubicado en el edificio de la gobernación, sería ubicado en un cuarto de servicio en el mezzanine del edificio, y dependiendo del lugar en que se produzca eventos noticiosos, se los cubrirá con cables largos de los equipos de cámaras y micrófonos.

Ya que se la disponibilidad del cable de fibra es de rollos de 3 Km, no existirían empalmes realizados, y el tendido de la fibra se lo realizaría por la misma canalización de los pares de cobre pertenecientes a ETAPA (Empresa Municipal de Alcantarillado y Telefónica de Cuenca) para la red telefónica.

Los resultados de los cálculos efectuados en este tramos se muestran a continuación:

## CÁLCULOS PARA ENLACE DE FIBRA ÓPTICA

### TRAMO: GOBERNACION DEL AZUAY - CENTRAL CENTRO

<b>LONGITUD DEL TRAMO (Km)</b>	0.5
<b>LONGITUD DE ONDA (nm)</b>	1300
<b>POTENCIA DE TRANSMISIÓN (dBm)</b>	-12
<b>UMBRAL DE RECEPCIÓN (dBm)</b>	-40
<b>NÚMERO DE EMPALMES</b>	0
<b>PÉRDIDAS POR CADA EMPALMES (dB)</b>	0.2
<b>PÉRDIDAS TOTALES POR EMPALMES (dB)</b>	0
<b>ATENUACIÓN DEL CABLE DE FIBRA (dB/Km)</b>	0.45
<b>PÉRDIDA TOTAL POR CABLE DE FIBRA (dB)</b>	0.225
<b>PÉRDIDAS POR CONECTORES (dB)</b>	0.4

<b>POTENCIA DE RECEPCIÓN (dBm)</b>	-12.625
<b>MARGEN (dB)</b>	27.375

### 4.6.3 Proyecto Guayaquil

#### 4.6.3.1 TRAMO ECUAVISA - EL CARMEN



Fig. 4.40. Estudio Ecuavisa Guayaquil

Para enlazar el codificador ubicado en Ecuavisa Guayaquil y el Switch que se encontrará en la torre de El Carmen de Pacifictel, se necesitarán aproximadamente 700 metros de fibra óptica.

Cabe mencionar que el modelo de fibra óptica utilizado esta disponible en rollos de 3 Km, por lo cual evidencia la no existencia de empalmes. Así también el tendido de los cables de fibra se lo realizaría subterráneamente aprovechando la canalización existente del tendido de cables de cobre.

El codificador que está en Ecuavisa se encuentra ubicado específicamente en el estudio de edición y producción del mismo canal.

Los resultados obtenidos en los cálculos para este tramos se muestran a continuación:

## CÁLCULOS PARA ENLACE DE FIBRA ÓPTICA

TRAMO: ECUAVISA - TORRE EL CARMEN

LONGITUD DEL TRAMO (Km)	0.7
LONGITUD DE ONDA (nm)	1300
POTENCIA DE TRANSMISIÓN (dBm)	-12
UMBRAL DE RECEPCIÓN (dBm)	-40
NÚMERO DE EMPALMES	0
PÉRDIDAS POR CADA EMPALMES (dB)	0.2
PÉRDIDAS TOTALES POR EMPALMES (dB)	0
ATENUACION DEL CABLE DE FIBRA (dB/Km)	0.45
PÉRDIDA TOTAL POR CABLE DE FIBRA (dB)	0.315
PÉRDIDAS POR CONECTORES (dB)	0.4

POTENCIA DE RECEPCIÓN (dBm)	-12.715
MARGEN (dB)	27.285

## CAPÍTULO V

### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS DEL PROYECTO.

#### 5.1 CODEC DE VÍDEO ABL DVT45 "GEMINI"

##### 5.1.1 Descripción

La figura 5.1 muestra la configuración típica de una red de vídeo.

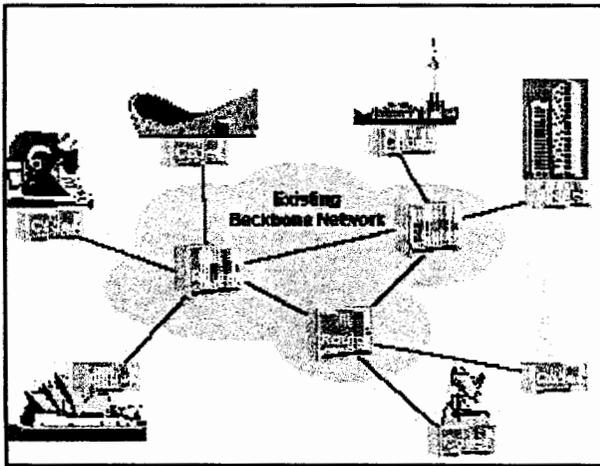


Fig. 5.1 Red de vídeo

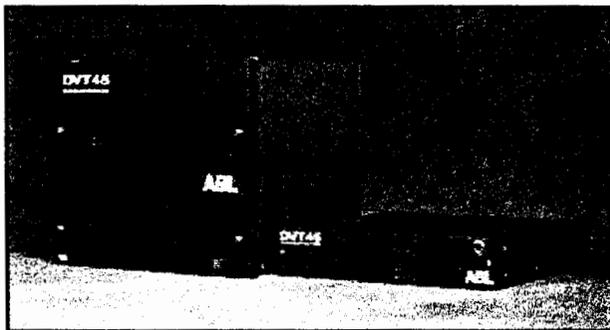


Fig. 5.2. DVT-45 "Gemini"

El equipo DVT 45 es un codificador de broadcast de alta calidad para audio y vídeo, cuyas aplicaciones de transmisiones operan bajo redes de estándares DS3, E3, SONET, SDH y redes ATM.

Su característica principal es que permite la distribución multicanal de televisión (TV) a distribuidores de televisión por cable (CATV), redes de contribución/distribución, televisión comercial, estudios remotos y centros de aprendizaje interactivos a distancia.

El codificador DVT45 es capaz de comprimir hasta 2 señales de vídeo completas con calidad de broadcast.

La compresión llega a 3 señales de audio por cada canal de vídeo con capacidad para transmisiones monocal, audio estéreo, más un canal secundario de audio programado (SAP) manteniendo la calidad óptima.

Su funcionamiento se basa en la tecnología de compresión de vídeo de tercera generación VLSI propia de ABL, llamada ABLe-3 que reposa en un algoritmo de predicción con 14 elementos de codificación DPCM especialmente optimizado para compresión a tasas en el rango de 16 a 44 Mbps. Está diseñado para entregar vídeo punto a punto y multipunto sobre redes de fibra óptica, satelitales y de microondas.

ABLe-3 entrega una alta calidad de vídeo a bajos costos, comparándola con tecnologías alternativas de compresión tal como MPEG2.

Una característica interesante que presenta este equipo es su cualidad de manipulación en caliente, es decir, la añadidura, remoción o cambio de cualquier tarjeta del codec, sin requerirse apagar el equipo. Posee además una fuente redundante de poder que entrará en funcionamiento automáticamente en caso de fallo de la principal.

El DVT45 presenta tres tipos de modelos: la versión tarjeta simple, la versión en chasis montable en bastidor para dos tarjetas y la versión en chasis montable en bastidor para doce tarjetas.

### 5.1.2 Características de diseño de vídeo

- Número de canales por portadoras de DS3 ó E3 = 1 ó 2 (elección por software) 2 x 22 Mbps o 2 x 17 Mbps / 1 x 45 Mbps o 1 x 34 Mbps.
- Estándares de formato de Televisión = NTSC / PAL
- Resolución de Codificación = 10 Bits
- Impedancia de Entrada/Salida = 75 Ohmios desbalanceados.

### 5.1.3 Características de diseño de audio

- Número de canales por portadora E3 ó DS3 = 3 por canal de vídeo de 22 Mbps
  - = 3 por canal de vídeo de 17 Mbps
  - = 4 por canal de vídeo de 45 Mbps
  - = 4 por canal de vídeo de 34 Mbps
- Compresión = APT-X a 128 Kbps por canal de audio.
- Ancho de banda de audio = 20 Hz - 15 KHz
- Impedancia = 600 Ohmios, balanceados

#### 5.1.4 Especificaciones de conectores

- Vídeo en banda base = BNC
- Audio analógico = Screws (tornillos)
- Interfaces de línea DS3 = BNC
- Interface de línea E3 = BNC
- Control remoto del Codec = RS-485 (DB9)
- Interface Craft = RS-232 (DB25)

#### 5.1.5 Especificaciones eléctricas

- Fuente de poder para chasis de 12 ranuras: -40 V DC, -60 V DC, más conexión a tierra; consumo de energía menor de 620 Watts.
- Fuente de poder para chasis de 2 ranuras: 120/230-240 V AC.; consumo de energía menor de 165 Watts.
- Calibre del cable para conectores de la unidad de fuente de poder: min. 16 AWG a max. 10 AWG.

#### 5.1.6 Tarjeta codificadora

- La tarjeta codificadora del Gemini codifica cada entrada de vídeo ya sea a 22 ó 17 Mbps. Dos entradas de vídeo son implementadas en una tarjeta sencilla, la cual multiplexa los 22 Mbps o los 17 Mbps para formar un solo flujo de 45 Mbps (DS3) o 34 Mbps (E3).
- El vídeo NTSC/PAL que viene de las fuentes analógicas es primeramente digitalizado con un convertidor analógico digital de 10 bits y circuitería de filtrado. Para asegurar una compresión óptima, la señal digital resultante es separadas en dos flujos: uno para vídeo activo y otro para la información de blanqueo.

- El vídeo activo es comprimido usando DPCM de predicción de 14 elementos propio de ABL diseñado para mantener la calidad en el broadcast.
- La información de blanqueo es digitalizada y comprimida separadamente usando algoritmos diseñados especialmente.
- Los seis canales de audio analógicos de 15 KHz son digitalizados usando un convertidor A/D de 16 bits. El muestreo resultante de la señal de audio es llevado a procesadores de señales digitales (DSPs) programados para ejecutar la compresión APT-X a 128 Kbps por cada canal, para un total de 768 Kbps.

### 5.1.7 Tarjeta decodificadora

- En el lado del decodificador el proceso es invertido, es decir la trama comprimida digital de vídeo y audio es convertida de vuelta a su formato analógico. Dos decodificadores son implementados en una tarjeta sencilla la cual demultiplexa dos señales de 22 Mbps o dos señales de 17 Mbps provenientes de un flujo de 45 Mbps o 34 Mbps.

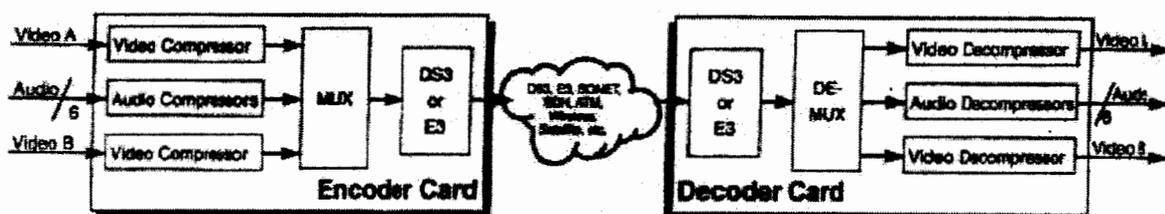


Fig. 5.3. Esquemas de la tarjeta decodificadora y codificadora

## 5.2 SWITCH ABL SW1616 "TRIDENT"

### 5.2.1 Descripción

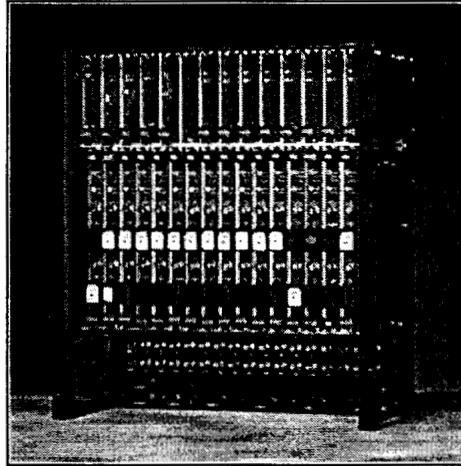


Fig. 5.4. Switch SW1616 "Trident"

El switch SW1616 es usado para rutear tráfico de vídeo, audio y datos. Este switch hace posible cualquier tipo de conexión: unidireccional, punto a punto y multipunto, multipunto en secuencia, y broadcast. Cuando es combinado con los codecs de audio y vídeo de ABL, el SW1616 soporta aplicaciones de vídeo intenso, tales como: difusión de TV., vigilancia remota y educación a distancia.

El switch SW1616 puede ser visto como una matriz de 16 puertos de entrada y puertos de salidas, diseñada para redes conmutadas de distribución. Este producto está especialmente diseñado para trabajar en conjunto con los codecs de ABL.

Presenta la opción de monitoreo de BER con la capacidad de detectar instantáneamente cualquier degradación en la red y activar automáticamente procedimientos de enrutamientos.

Diferentes tarjetas de interface pueden ser instaladas en el mismo switch permitiendo simultáneamente soporte de varias tasas de datos y formatos.

El SW1616 puede conmutar las siguientes señales vía sus módulos de interfase opcional:

- Vídeo analógico (NTSC, PAL, SECAM).
- Hasta 4 señales analógicas de audio.
- T1 (1.445 Mbps) eléctrico.
- E1 (2.048 Mbps) eléctrico.
- E3 (34.138 Mbps) eléctrico.
- T3 (44.736 Mbps) eléctrico.
- E4 (139.264 Mbps) eléctrico y óptico.

El SW1616 tiene las siguientes características:

- Entradas de conexión de poder de -48 V DC.
- Fuentes de poder internas redundantes (opcionales).
- Puertos de comunicación RS232 redundantes (opcionales)
- Posee un módulo de alarma el cual monitorea una amplia variedad de características: condición de la entrada de poder, condición del voltaje de la fuente de poder, sobrecalentamiento del rack, etc. El SW1616 es totalmente administrable, local o remotamente.

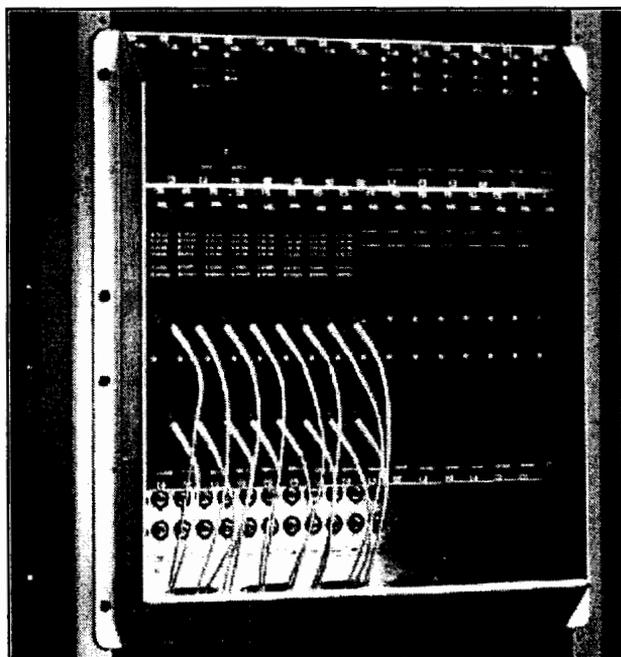


Fig. 5.5. Acercamiento del SW1616

## 5.2.2 Tarjetas del SW1616

### 5.2.2.1 MÓDULO SBV2/4

- Es una tarjeta que soporta señales de vídeo bidireccionales NTSC o PAL y 2/4 señales bidireccionales de audio.
- Tiene alarma de detección de señales de vídeo tanto local como por el Administrador de la Red (BSC).
- Posee alarma de detección de señales de audio local y son intercambiables en caliente.

### 5.2.2.2 MÓDULO SB1.5

- Utiliza codificación de señal AMI de 1.544 Mbps.
- Se resincroniza recuperando el reloj de la señal digital.
- Utiliza circuitería de supresión de jitter.

### 5.2.2.3 MÓDULO SB2

- Utiliza codificación HDB3 de 2.048 Mbps según la recomendación G.703 de la CCITT.
- Se resincroniza recuperando el reloj de la señal digital.
- Utiliza circuitería de supresión de jitter.

#### 5.2.2.4 TARJETA SWITCH SB34

- Posee entrada y salida a 34.368 Mbps con codificación HDB3 según la recomendación G.703 de la CCITT.
- Es capaz de regenerar el reloj de la señal digital y resincronizarse con supresión de jitter.

#### 5.2.2.5 TARJETA SWITCH SB45

- Puertos de entrada y de salida de 44.736 Mbps con codificación de señal B3ZS o HDB3 según la recomendación G.703 de la CCITT.
- Es capaz de regenera el reloj de la señal digital y resincronizarse con supresión de jitter.

#### 5.2.2.6 MÓDULO SB140

Este módulo posee:

- Puertos de entrada de 139.264 Mbps con codificación CMI por la recomendación G.703, G.823 de la CCITT.
- Interface eléctrica con opción de cambiarla a óptica (1310 nm).
- Medidor BER incorporado.
- Recuperación de reloj con supresión de jitter
- Puntos de monitoreo eléctrico CMI
- AIS y detector de tramas en la señal de entrada

- Generación de AIS en la salida cuando la señal se va.

#### 5.2.2.7 MÓDULO CPUF

- UNIDAD CENTRAL DE PROCESO

- Se comunica con los módulos de datos, audio y vídeo de switch.
- Controla y procesa las alarmas.
- Posee la inteface con el controlador (administrador) RS-232.

- LED RUN

- Este LED amarillo cuando parpadea indica la operación normal del módulo

- FAIL LED

- Este LED rojo cuando permanece prendido indica falla del hardware

- RESET

- Permite al usuario resetear al CPU

#### 5.2.2.8 MÓDULO IFBC

- Provee el camino de control entre el CPU, las tarjetas de conmutación y la de alarmas
- LEDS MAYOR/MENOR (rojos) para alarmas mayores/menores
- LED ACTIVIDAD (amarillo), cuando está prendido indica que el IFB es el maestro.
- LED STANDBY (amarillo), cuando está prendido indica que el IFB no tiene control sobre las tarjetas de conmutación.

- LED FALLA DE CPU (rojo), indica problemas en el CPU.
- LED REC ATTN (verde), cuando está prendido indica que este botón ha sido presionado.

#### 5.2.2.9 MÓDULO DE INTERFACE DE ALARMAS3

El módulo de alarmas tiene tres propósitos:

- Monitorea las fuentes de poder
- Monitorea el estado el ventilador
- Interface entre el CPU y el IFB

#### 5.2.2.10 MÓDULO PS515

- Fuente de poder con entrada de -40 VDC a -57 VDC
- Cada módulo posee dos fuentes para operación en redundancia
- El voltaje de salida de +/-5V y +/-15V
- Cada módulo disipa 80 W

El SW1616 permite la instalación de un ventilador para mantener fresco el equipo cuando sea necesario.

### 5.3 MICROONDA DE 34 MBPS ATI FSK+

#### 5.3.1 Descripción

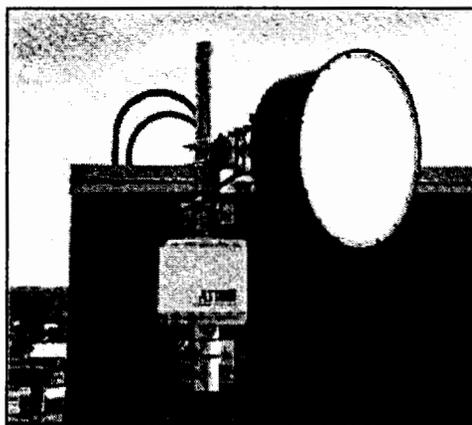


Fig. 5.6 Sistema de radio ATI

Las Radios de Microonda Digital FSK+ están disponibles en configuraciones protegidas y no protegidas cubriendo la banda de frecuencia de 1,5 a 23 GHz. Es posible tener configuraciones para diversidad de frecuencia y reserva dando la capacidad de redundancia a los componentes del transmisor y el receptor, la fuente de poder y los cables.

Todas las unidades del sistema son controlados con un microprocesador. El diseño modular de las radios FSK+ permite actualizar el sistema con gran facilidad.

Un sistema digital de radio ATI consiste de un DIU y un RFU, los cuales pueden ser colocados el uno a lado del otro o separados hasta una distancia máxima de 450 m. En la mayoría de la banda de frecuencia, la unidad RFU puede ser colocado en el exterior.

### 5.3.1 Unidad de radio frecuencia RFU

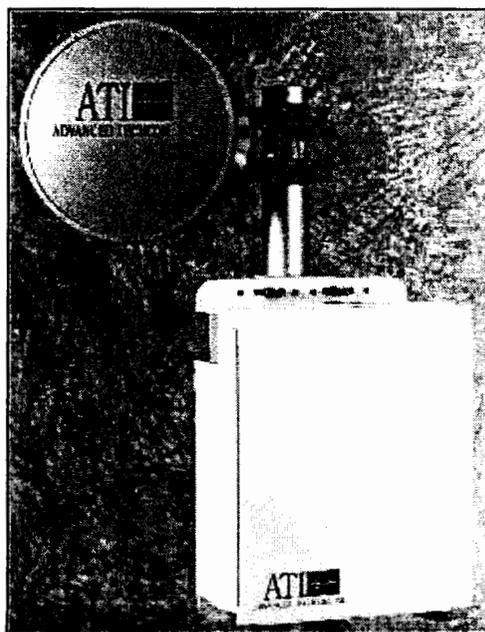


Fig. 5.7 Unidad de Radio Frecuencia (RFU)

La RFU consiste en una caja de aluminio que contiene todos los componentes RF de la microonda necesarios para la transmisión y recepción. La caja puede acomodar los elementos necesarios para configuraciones de diversidad de frecuencia, espacio y respaldo.

La RFU está disponible en versiones para montaje interior y exterior, dependiendo de la banda de frecuencia y de la potencia de transmisión. Las RFU para interiores están diseñadas para ser colocadas en un bastidor estándar de 19 pulgadas en el cual está instalado el DIU. La RFU se conecta a la antena vía cable coaxial o guía de onda. La versión para exteriores permite ser montada en la pared, en torre o mástil.

Las radios FSK+ de ATI emplean 4FSK, el cual es un método de modulación de amplitud constante que puede tolerar amplificadores altamente saturados. Esto elimina la necesidad de disminuir la potencia de transmisión.

Los osciladores de transmisión y recepción son programables en un rango amplio mediante software.

### 5.3.2 Unidad de Interface Digital DIU

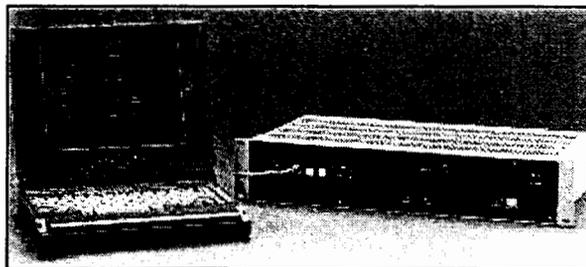


Fig. 5.8 Unidad de Interface Digital (DIU)

La DIU provee la interface entre el equipamiento del usuario y la RFU. La DIU realiza todo el procesamiento digital y el control del sistema, y no requiere ningún ajuste o sintonización durante o después de la instalación. La circuitería del DIU está manejada por un microprocesador.

Con un PC emulando un terminal VT100 se puede controlar, mantener, configurar el sistema gracias al firmware cargado en las radios ATI. La DIU puede tener opcionalmente multiplexores para canales de varias capacidades. Un scrambler configurado por el usuario permite privacidad y optimización del espectro de frecuencia.

### 5.3.3 Especificaciones técnicas de la ATI FSK+ 2GHz

#### ESPECIFICACIONES AMBIENTALES

·	DIU/RFU
Temperatura	0° a 50° C
Humedad	Hasta 95%

Altura Hasta 5000 m

### ESPECIFICACIONES MECÁNICAS

	DIU	RFU
Montaje	Rack, pared o mesa	Rack
Dimensión (cm)	4,4x43,5x26,4	57,8x48,3x25,9
Peso (Lb)	6,6	35

### REQUERIMIENTOS DE ALIMENTACIÓN

Voltaje de Entrada

Estándar -48/+48 VDC

Opcional -24/+24 VDC

110/220 VAC

Consumo a 48 VDC 65W

### CAPACIDAD DE DIAGNÓSTICO Y PUNTOS DE PRUEBA

Interface compatible con VT100 provee acceso a

Alarmas: Entrada y salida de datos, desalineamiento de trama, fallas en PLL, fuente de poder, AGC, BER, alarmas mayores y menores, potencia de salida y alarmas de la radio remota.

**Controles:** Lazos, configuración de alarmas de E1, códigos de línea y códigos de scrambler.

**Medición:** BER, nivel de señal recibida, segundos con errores, segundos severos con error.

## GENERAL

**Rango de Frecuencia de Operación** 1,427 a 1,530 GHz  
1,7 a 2,3 GHz  
2,3 a 2,7 GHz

**Estabilidad de frecuencia**  $\pm 25$  ppm

**Tipo de modulación** 4FSK

**Conector RF** Tipo N hembra

## TRANSMISOR

**Generación de portadora RF** Oscilador sintetizado programable

**Potencia de transmisión** +33 dBm (2 W)

## RECEPTOR

**Tipo de receptor** Superheterodino

**Oscilador local** Oscilador sintetizado programable

Frecuencia IF	140 MHz
Máximo Nivel de soportado	+5 dBm

#### ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA

Capacidad del canal RF	E3
Ancho de banda ocupado	28 MHz
Ganancia del sistema	114 dB
Umbral de recepción	-81 dBm
Rango dinámico del receptor	86 dB

#### INTERFACE DIGITAL

Tasa de datos	34,3689 Mbps (E3)
Código de Línea	HDB3
Impedancia de E/S	75 $\Omega$
Conector	BNC hembra

## 5.4 SISTEMA DE MICROONDAS DE 140 MBPS Y 4X34 GT-140/GT-N34 DE SIEMENS

### 5.4.1 Características generales de los equipos de radio

El GT-140 es un sistema de radio que permite el manejo de flujos de 140 Mbps. En cambio el sistema GT-N34 es un sistema de radio que permite el manejo de 4 flujos de 34 Mbps. La modularidad del sistema permite trabajar en configuración N+1. Entiéndase por configuración N+1 a la posibilidad del sistema a manejar N flujos de 140 Mbps más un flujo ocasional o de respaldo, todo por la misma antena.

Ambos sistemas sin respaldo se subdivide en dos unidades: el módem CMF 62/16 y el radio transceptor CTR 216/4

En caso de requerirse respaldo, se debe agregar al sistema el equipo de conmutación automática N+1 CCA 60.

Las características principales del sistema de radio son las siguientes:

- Los transceptores, del tipo heterodina, están formados por un número reducido de módulos funcionales;
- El módulo transmisor es lineal para transmitir la señal modulada 16 QAM;
- El módulo receptor dispone de un preamplificador de bajo ruido para obtener una baja figura de ruido;
- Alto valor de la "ganancia del sistema";
- Los equipos son extremadamente compactos; un bastidor radio puede contener el transmisor, el receptor, el receptor diversidad de espacio (para sistemas con diversidad de espacio), junto con los alimentadores y los filtros de derivación.

## 5.4.2 Módem CMF 62/16

### 5.4.2.1 DESCRIPCIÓN

Esta unidad constituyen un módem que puede manejar flujos de 140 Mbps o 4x34 Mbps, utilizando modulación 16 QAM. La demodulación es de tipo coherente.

La modulación 16 QAM tiene una eficiencia de modulación mejor de 3,77 bps por Hz, permitiendo de esta manera la transmisión de un número elevado de canales telefónicos en las canalizaciones RF recomendadas por el CCIR.

Tanto para los sistemas 1+1 como para los sistemas N+1 el equipo de conmutación automática es del tipo HITLESS, con el objeto de impedir la pérdida de sincronización y los errores durante la conmutación.

En las siguientes figuras se muestra un sistemas de 140 Mbps 2+1 y 4x34.

Al tener una configuración 2+1 significa que se tiene capacidad para dos flujos de 140 Mbps o 4x34 Mbps más un flujo ocasional o de respaldo de la misma capacidad.

### 5.4.2.2 COMPOSICIÓN DEL MÓDEM

El equipo CMF 62/16 constituye el sistema de modulación/demodulación de los sistemas radio digitales GT-140 y GT-N34. Se dispone de módem CMF 62/16 en las versiones terminales y repetidor. Gracias al empleo de tecnologías de vanguardia se han obtenido dimensiones reducidas y elevada fiabilidad. Un bastidor "slim" (ancho 120 mm) puede alojar hasta 2 sistemas MODEM.

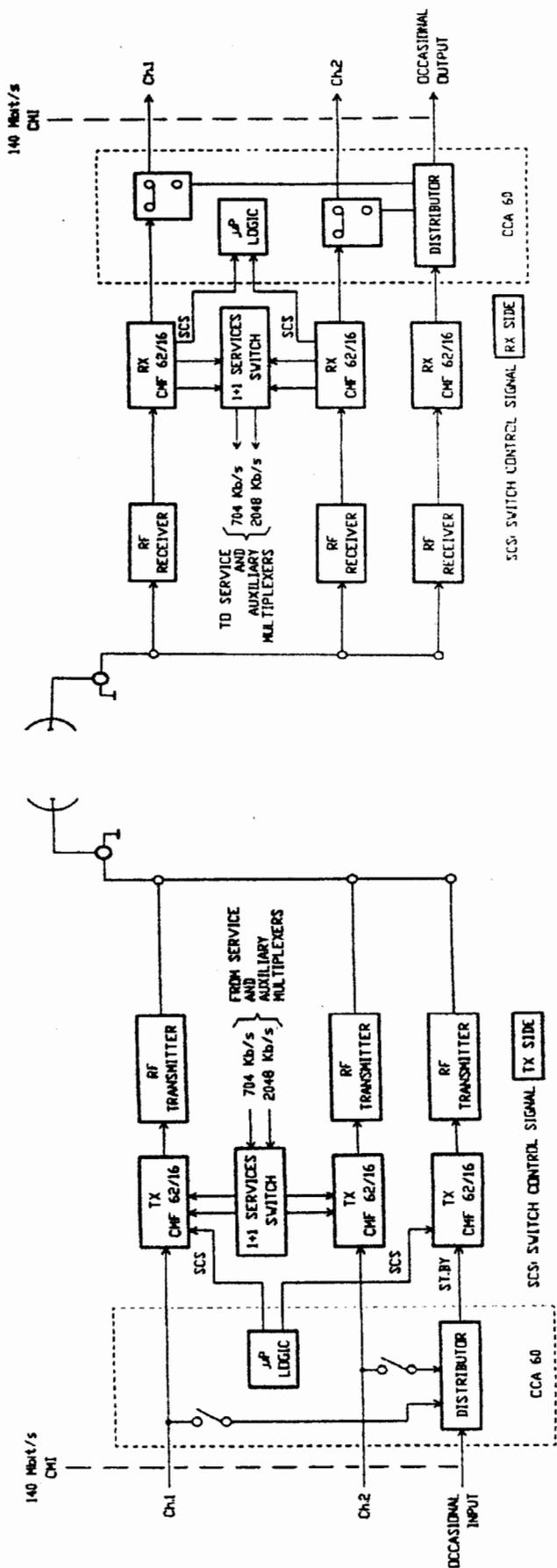


Fig. 5.9. Sistema 140 Mbps: estación terminal 2+1

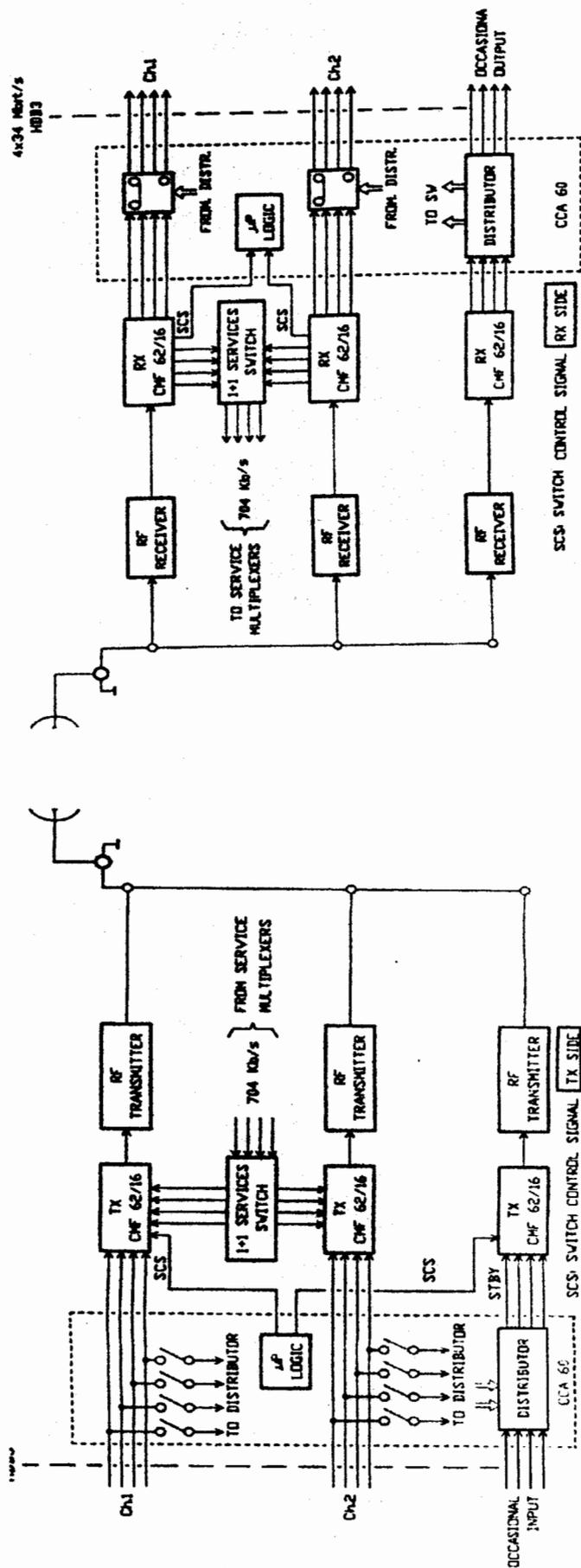


Fig. 5.10. Sistem4 x 34 Mbps: estación terminal 2+1

El módem terminal CMF 62/16 está compuesto por todo lo siguiente:

- a) 1 módulo BB Tx,
- b) 1 módulo modulador 16 QAM,
- c) 1 módulo demodulador 16 QAM,
- d) 1 módulo BB RX.

En las figuras 5.11, 5.12, 5.13 y 5.14 están representados los esquemas de bloques del módem terminal.

- a) Módulo BB Tx.

Dependiendo del sistema tomando en consideración (4x34 Mbps ó 140 Mbps), el módulo BB Tx utiliza la técnica de la bit-insertion para agregar, en una nueva trama que comprende la palabra de alineación y los bits de paridad.

	<b>Sistema 4x34 Mbps</b>	<b>Sistema 140 Mbps</b>
Capacidad principal	34,368 Mbps	139,264 Mbps
Capacidad de servicio	704 Kbps	704 Kbps
Capacidad de servicio auxiliar	-	2048 Kbps
Señal de conmutación (SCS)	36,85 Kbps	66,12 Kbps

Tabla 5.1. Características del módulo Banda - Base

- b) Módulo Modulador 16 QAM

El módulo modulador 16 QAM es idéntico para ambos sistemas 4x34 Mbps y 140 Mbps y cumple las siguientes funciones:

- modulación 16 QAM de las señales agregadas (codificación diferencial);
- codificación FEC. El codificador FEC (del tipo Reed-Solomon modificado) inserta 3 símbolos de paridad cada 62 símbolos de información;
- generación de un espectro de salida de acuerdo con las recomendaciones CCIR, mediante el uso de filtros digitales;
- generación de la portadora IF a 70 MHz.

#### c) Módulo Demodulador 16 QAM

El módulo demodulador 16 QAM es idéntico para ambos sistemas 4x34 Mbps y 140 Mbps y desempeña las funciones que a continuación se indican:

- demodulación 16 QAM de las señales agregadas;
- extracción del reloj;
- ecualización adaptiva de banda base;
- decodificación del FEC mediante un decodificador del tipo Reed-Solomon modificado, con procesamiento de los errores y señalización de las condiciones de  $BER=10^{-3}$  y  $BER=10^{-6}$ .
- Decodificación diferencial.

#### d) Módulo BB Rx

El módulo BB Rx cumple las siguientes funciones:

- sincronización de las 4 señales agregadas (35,968 Mbps para ambos sistemas, 4x34 y 140 Mbps);
- extracción de las señales de salida tributarias (4x34 Mbps o 140 Mbps);
- generación de las alarmas  $BER 10^{-3}$  y  $BER 10^{-6}$  y cómputo de los errores sobre los bits de paridad;

- extracción de los canales de servicio y auxiliares (704 Kbps en sistemas de 4x43 Mbps ó 704 Kbps y 2048 Kbps en sistemas de 140 Mbps);
- extracción de las informaciones de conmutación (SCS), necesarias para el funcionamiento del equipo de conmutación automática.

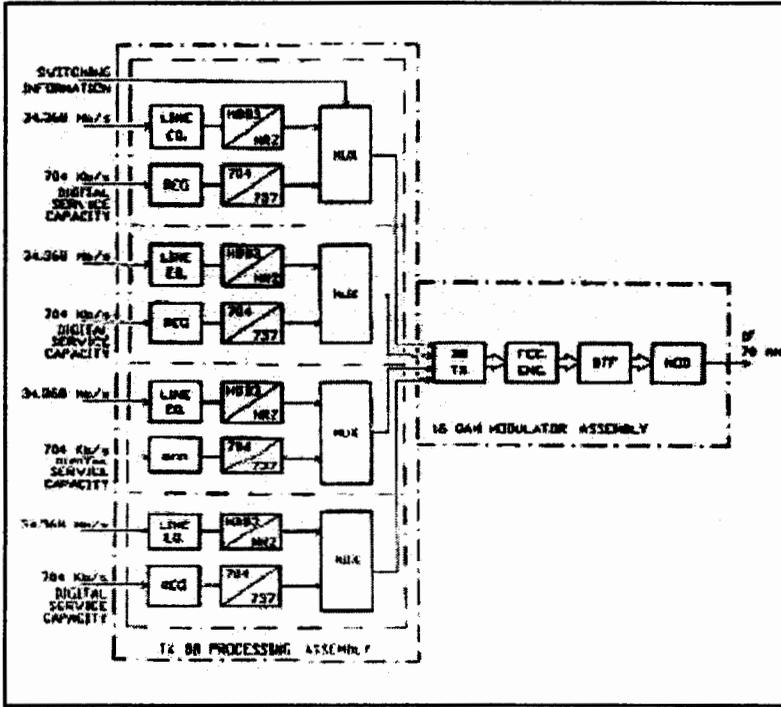


Fig. 5.11. Sistema 4x34 Mbps: Esquema de bloques del módem terminal CMF 62/16 (sección Tx)

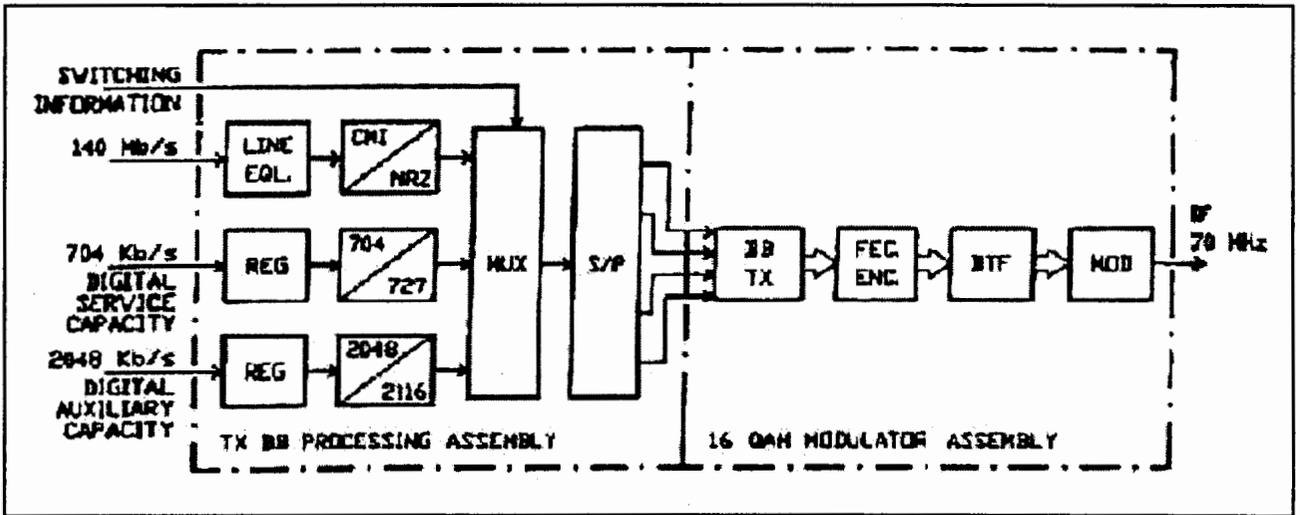


Fig. 5.12. Sistema 140 Mbps: Esquema de bloques del módem terminal CMF 62/16 (sección Tx)

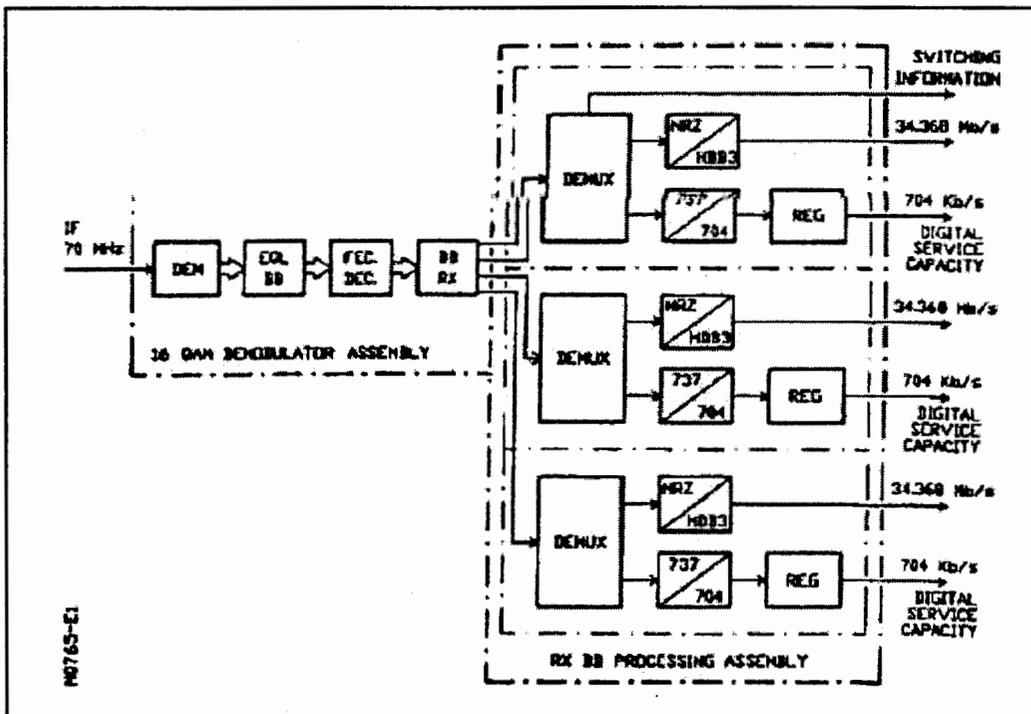


Fig. 5.13. Sistema 4x34 Mbps: Esquema de bloques del módem terminal CMF 62/16 (sección Rx)

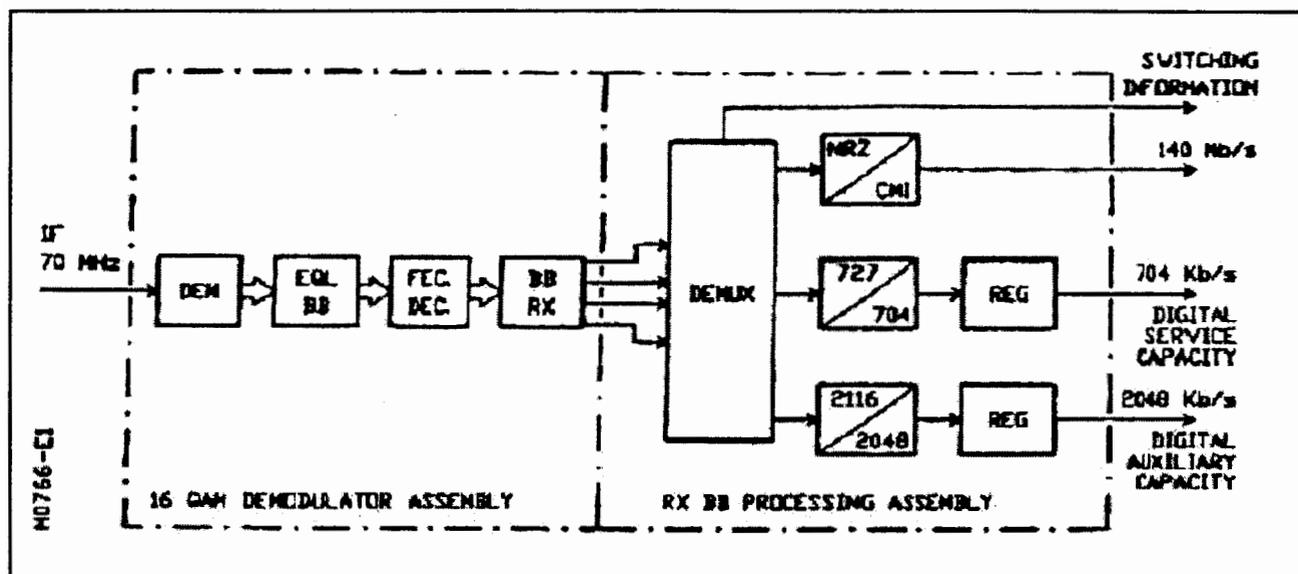


Fig. 5.14. Sistema 140 Mbps: Esquema de bloques del módem terminal CMF 62/16 (sección Rx)

### 5.4.2.3 CARACTERÍSTICAS DEL MÓDEM

#### a) Características eléctricas

	Sistema 4x34 Mbps	Sistema 140 Mbps
Frecuencia de cifra de las señales de entrada y de salida		
- Señal principal	34,368 Mbps	139,264 Mbps
- Señal de servicio	704 Kbps	2048 Kbps
	-	704 Kbps
- Señal de conmutación (SCS)	36,85 Kbps	66,12 Kbps
Código entrada/salida de la señal principal	HDB3 (CCITT G.703)	CMI (CCITT G.703)
Frecuencia de cifra de la señal agregada	35,968 Mbps	35,968 Mbps
Interfaz de la señal agregada	Datos/reloj	Datos /reloj
Frecuencia portadora IF	70 MHz	70 MHz
Tipo de modulación	16 QAM	16 QAM

Tipo de demodulación	Coherente	Coherente
<b>Codificación FEC</b>		
- Tipo	Reed-Solomon	Reed-Solomon
- Código	65/62	65/62
<b>Características de BB</b>		
- Filtrado	BTF	BTF
- Factor de roll-off	40%	40%
<b>Indicaciones de BER <math>10^{-3}</math>, <math>10^{-6}</math></b>	Desde la corrección FEC (calidad de cada tramo) desde bits de paridad (calidad de la sección)	Desde la corrección FEC (calidad de cada tramo) desde bits de paridad (calidad de la sección)

Tabla 5.2. Características eléctricas del módem

## b) Características mecánicas

Dimensiones del bastidor		
- Altura	2600 mm ó 2400 mm	2600 mm ó 2400 mm
- Ancho	120 mm	120 mm
- Profundidad	225 mm	225 mm

Tabla 5.3. Características mecánicas del módem

## c) Características de alimentación

- Alimentación primaria (batería) -24, -48/60 Vcc  $\pm$  20% (ambos)
- Absorción típica medida en la fuente primaria del módem terminal 90 W(4x34 Mbps), 80 W (140 Mbps)

#### d) Condiciones ambientales de funcionamiento

Los equipos han sido diseñados para funcionamiento continuo en las siguientes condiciones ambientales:

- Campo de temperaturas de funcionamiento;
  - Con prestaciones nominales desde +5 °C hasta +40 °C
  - Con degradado de las prestaciones desde -5 °C hasta +50 °C
- Humedad relativa
  - hasta 90% (desde 0 °C hasta +35 °C)
  - hasta 75% (más de 35 °C)
- Altitud hasta 4500 metros s.n.m.

Durante el transporte y el almacenamiento el equipo puede soportar sin daños las siguientes condiciones ambientales:

- campo de temperatura desde -20 °C hasta +60 °C
- humedad relativa hasta 99%

### 5.4.3 Radio Transceptor CTR 216/4

#### 5.4.3.1 DESCRIPCIÓN

El transceptor opera en el rango de 3,6 a 4,2 GHz de acuerdo con la recomendación de distribución de canales del CCIR. Ha sido diseñado para proveer transmisión eficiente de señales moduladas en QAM portando información digital de 140 Mbps.

Ambos, el transmisor y el receptor consisten en módulos para ser insertados en un rack de radio tip "slim".

El transmisor usa un up-converter de bajo nivel seguido de un amplificador de potencia RF.

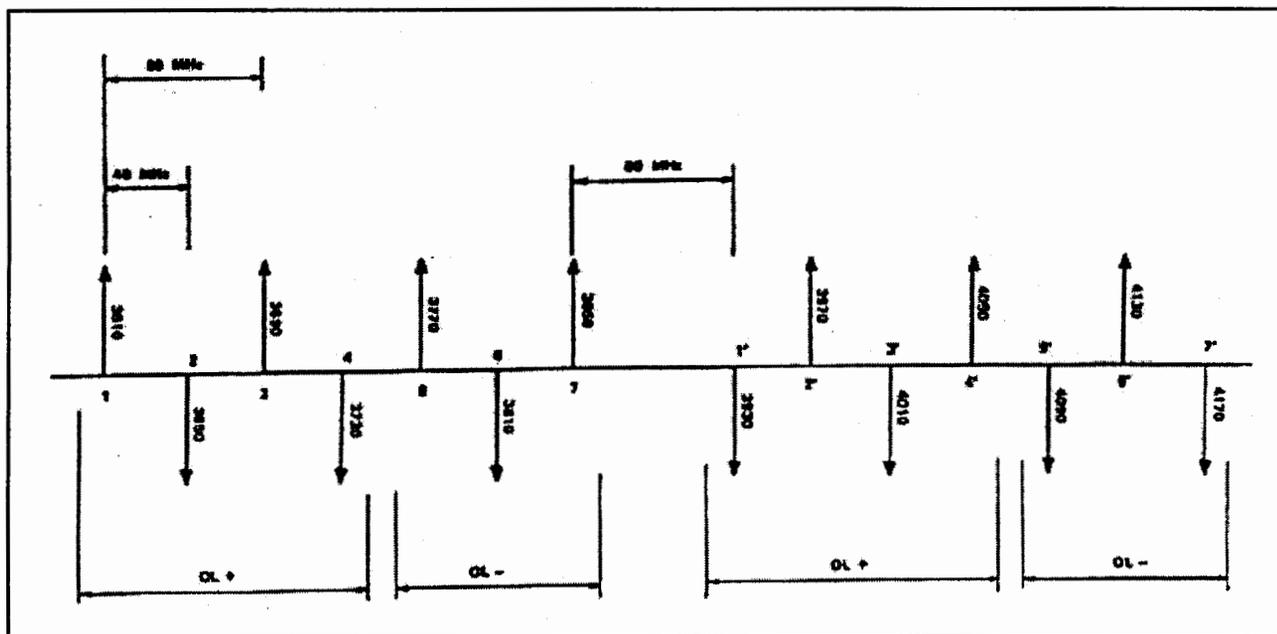


Fig. 5.15. Plan de Frecuencia de la CCIR en la banda de 4 GHz

El receptor tiene un pre-amplificador de baja figura de ruido para tanto el modelo sencillo como en la configuración de diversidad de espacio. La configuración de diversidad de espacio usa un combinador IF.

Las características del transceptor son las siguientes:

- Un oscilador local del tipo DRO (Dielectric Resonator Oscillators) con una alta estabilidad en frecuencia.
- Los circuitos de conversión de frecuencia consisten en mezcladores de doble banda balanceados con una característica de alta linealidad de la señal IF.

- Desde un punto de vista de no linealidad, el dispositivo más delicado en el amplificador de potencia del transmisor RF. Esta no linealidad es compensada por un linealizador.
- Cada módulo está provisto con puntos de pruebas y alarmas visuales cuyo propósito es el verificar la operación del enlace. Una falla es indicada por una alarma visual.

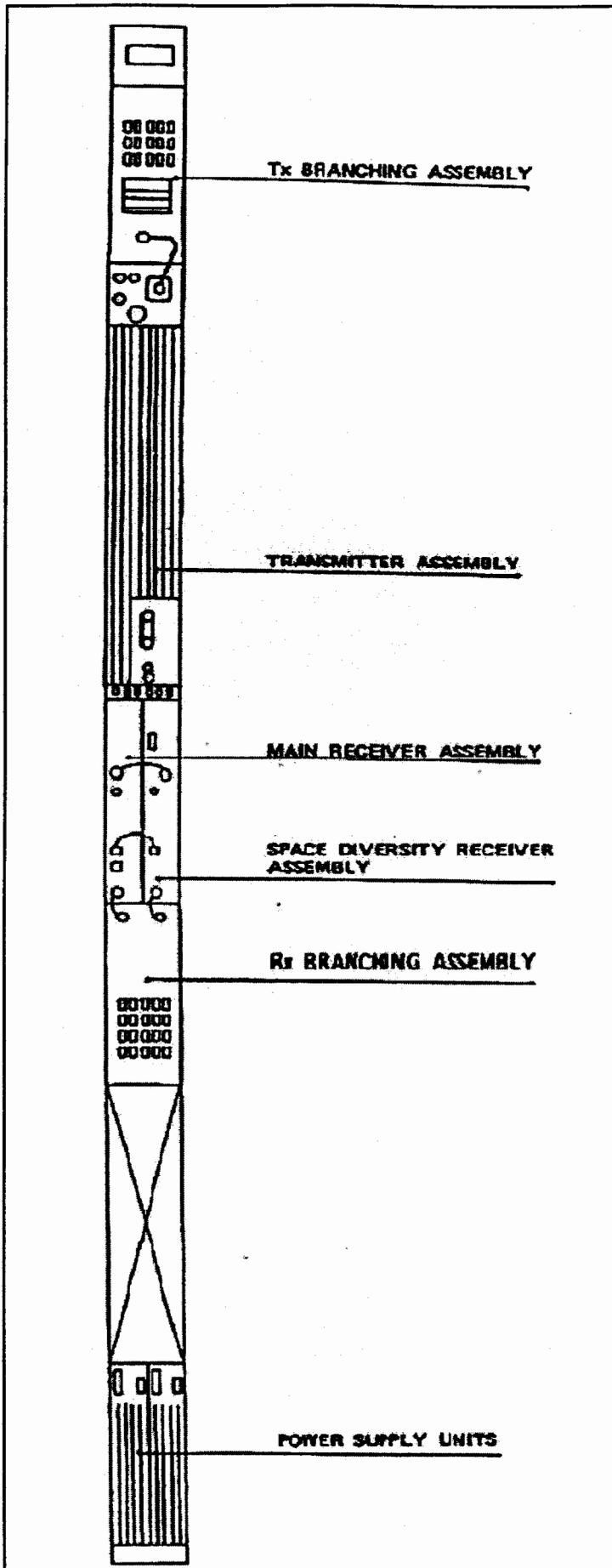


Fig. 5.16. Vista Frontal de la radio

### 5.4.3.2 INSERCIÓN DEL EQUIPO EN LA RED

El transceptor puede ser usado en sistemas de radio enlaces teniendo las siguientes configuraciones:

- Configuración protegida 1+1
- Configuración protegida N+1
- Configuración con diversidad de espacio con un combinador IF.

En la figura 5.17 se muestra el diagrama de bloques de un sistema de radio enlace para transmisiones de señales digitales de 140 Mbps.

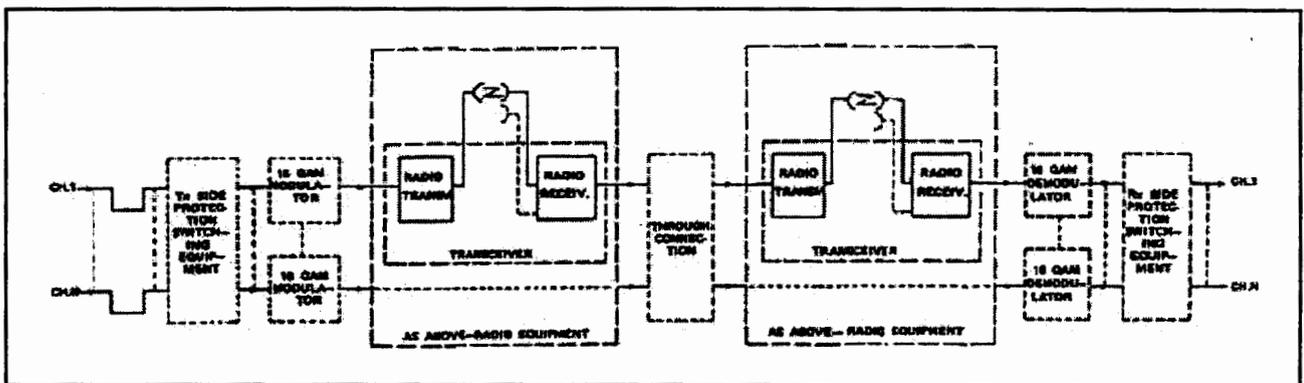


Fig. 5.17. Diagrama de bloques de un sistema de radio digital

- Configuración protegida 1+1

- Respaldo en caliente con diversidad de espacio

Esta configuración la cual es mostrada en la figura 5.18 provee tanto redundancia como protección. La misma señal de 140 Mbps es conectada a los moduladores 16 QAM de los caminos A y B.

El camino de transmisión es idéntico. Uno de los dos transmisores es seleccionado por un conmutador RF en base al estado de las alarmas.

El criterio de conmutación es:

- Alarma en la salida de potencia (transmisor)
- Alarma en el modulador 16 QAM

El criterio de alarma en la salida de potencia tiene prioridad.

En la configuración del receptor de diversidad de espacio, además de respaldo en equipo se provee protección de propagación. Ambos caminos A y B son equipados con dos entradas RF: una de la antena principal y otra de la antena de diversidad de espacio.

La selección de la señal recibida es acompañada con un conmutador 1+1 de banda base. El conmutador es de tipo hitless.

- Diversidad de frecuencia

La figura 5.19 muestra la configuración 1+1 . La señal de 140 Mbps es permanentemente dirigida en el lado del transmisor a través de un híbrido. En el conmutador del receptor, la selección del camino es determinada por los siguientes criterios:

- a) ausencia de datos de salida,
- b) alta tasa de BER (mayor o igual a  $10^{-3}$ ),
- c) baja tasa de BER ( $10^{-6}$ ) (menor prioridad).

- Configuración protegida N+1

La figura 5.20 provee un una típica configuración protegida N+1

El sistema N+1 consiste en N canales trabajando protegidos por un canal de protección (STBY). La configuración del sistema puede empezar con un mínimo de 1+1 canales hasta un máximo de 7+1 canales.

El criterio de conmutación es detectado en la Unidad de Proceso Banda Base (en recepción) y luego enviado al equipo de conmutación.

Los criterios de conmutación son:

- 1) ausencia de datos de salida,
- 2) alta tasa de BER (mayor o igual a  $10^{-3}$ ),
- 3) baja tasa de BER ( $10^{-6}$ ) (menor prioridad).

La información es procesada por un microprocesador y la conmutación es realizada de acuerdo a un programa predefinido.

Cuando una falla es detectada el canal de servicio envía un comando paralelo en la sección de transmisión. La estación transmisora pone en paralelo las entradas el canal fallido hacia el canal de respaldo, causando que el tráfico del canal fallido sea transportado por el canal de respaldo.

En el receptor, la salida del canal de respaldo reemplaza al canal fallido. En cuanto el canal fallido retorna a la normalidad, este proceso es invertido y el canal de trabajo es usado otra vez para transportar el tráfico. El sistema de protección provee diversidad de frecuencia en un sistema N+1.

- Configuración de diversidad de espacio con combinadores IF.

La figura 5.21 muestra esta configuración. Además de la diversidad de frecuencia, la configuración de diversidad de espacio y usada en casos donde el margen de desvanecimiento dispersivo obtenido no es el suficiente para los requerimientos del salto.

El sistema consiste de un receptor principal y un receptor de diversidad de espacio. El receptor principal es idéntico al que es usado en configuraciones sin receptor de diversidad de espacio.

El combinador en el receptor principal automáticamente introduce una atenuación de 6 dB en el camino de salida cuando la conexión entre los receptores principal y de diversidad de espacio es hecha. Así, cuando las dos señales son combinadas en fase, la potencia a la salida del combinador es igual a la salida de potencia obtenida en un receptor sin protección al mismo nivel de señal de entrada.

Los atenuadores variables tanto en el downconverter del receptor principal como en el de diversidad de espacio son manejados por la misma señal de AGC generada en el amplificador IF.

El receptor de diversidad de espacio también contiene un cambiador variable de fase y un microprocesador el cual controla la continua rotación del cambiador de fase.

El microprocesador recibe la señal de AGC del amplificador de IF y provee las señales de control al cambiador de fase el cual es manejado de tal manera que se obtiene la máxima potencia en la línea de salida.

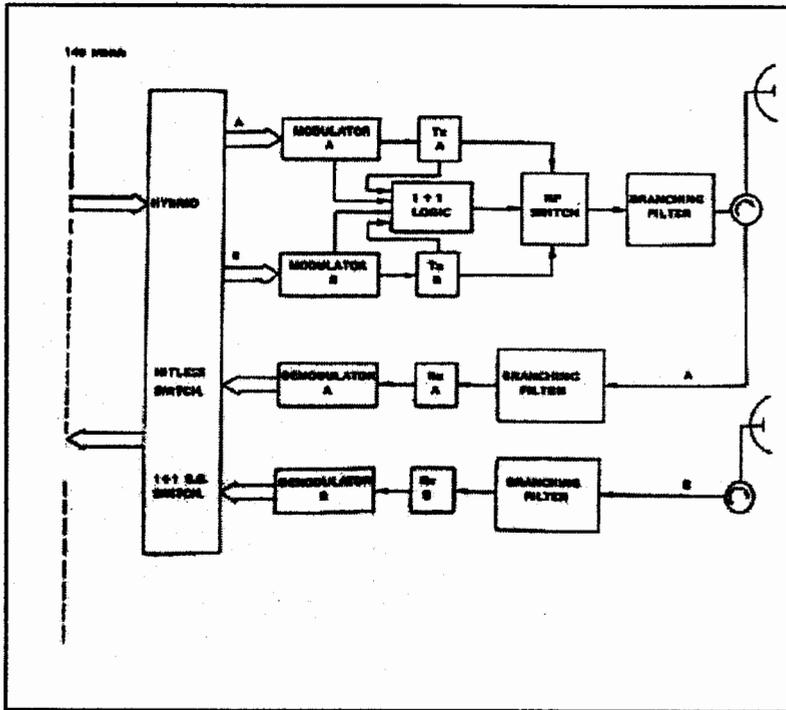


Fig. 5.18. Diagrama de bloques de una estación terminal en configuración de respaldo con diversidad de espacio (dos antenas)

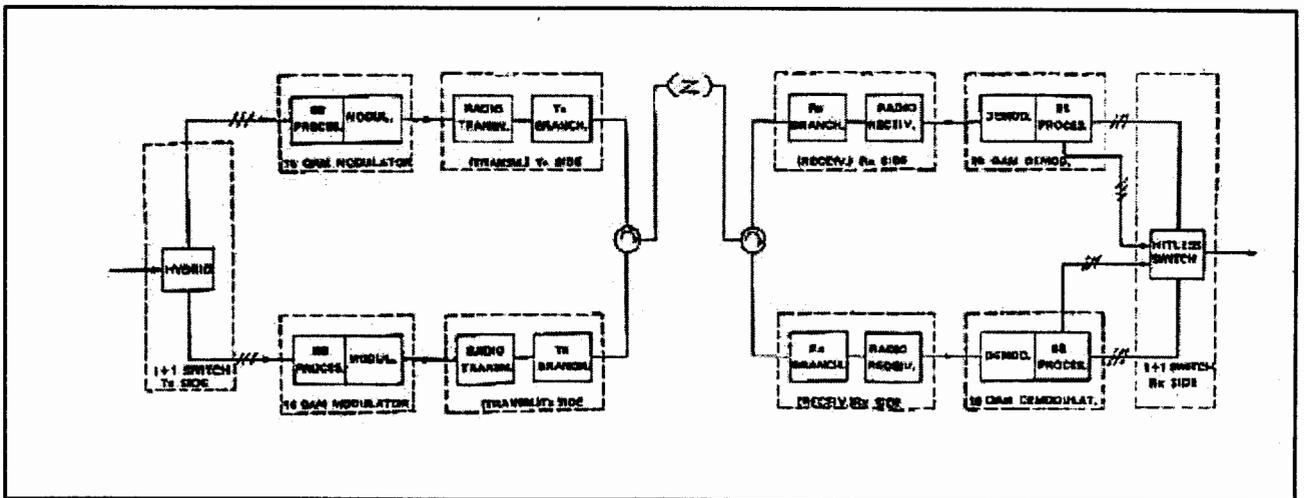


Fig. 5.19. Configuración típica protegida 1+1

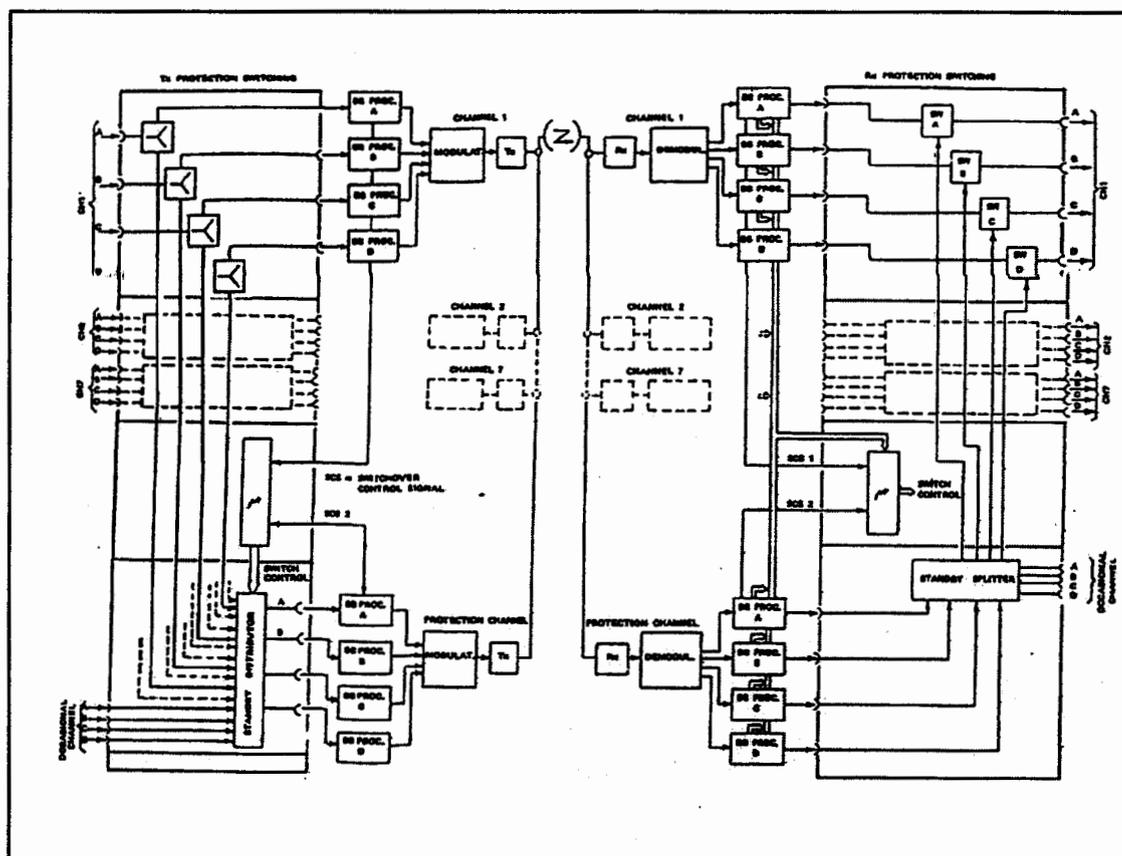


Fig. 5.20. Configuración típica N+1 protegida

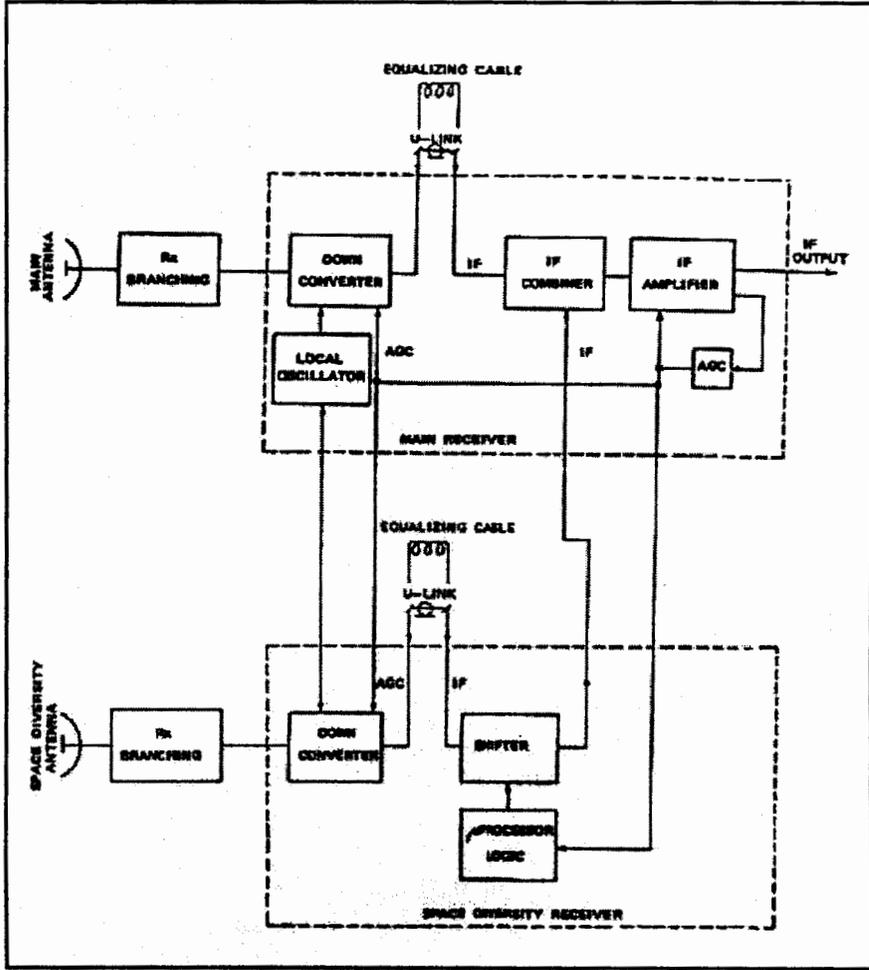


Fig. 5.21. Configuración en diversidad de espacio con combinator IF

5.4.3.3 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

Rango de frecuencia RF	3,6 a 4,2 GHz	
Potencia de transmisión	<u>Canales /1-6; 2'-7')</u> <u>Canales (7-1')</u>	
- garantizada	+28 dBm	+27,5 dBm
Tipo de modulación	16 QAM	

Capacidad en un canal RF	140 Mbps	
Frecuencia intermedia	70 MHz	
Figura de ruido	<u>Canales /1-6; 2'-7')</u> <u>Canales (7-1')</u>	
- Típica	4 dB	4,5 dB
- Garantizada	4,5 dB	5 dB
Nivel RF nominal	-30 dBm	
Umbral de Recepción		
BER $10^{-6}$	$\leq -70,5$ dBm	
BER $10^{-3}$	$\leq -74,5$ dBm	
Ganacia de sistema	<u>Canales /1-6; 2'-7')</u> <u>Canales (7-1')</u>	
BER $10^{-6}$	$\geq 102,5$ dB	$\geq 102$ dB
BER $10^{-3}$	$\geq 98,5$ dB	$\geq 98$ dB

#### 5.4.3.4 CARACTERÍSTICAS DE INTERFACE

Nivel IF a la entrada del transmisor	-5 dBm (+1 dB, -2 dB)
Frecuencia intermedia (IF)	70 MHz
Impedancia a la entrada IF	75 $\Omega$ no balanceados

Nivel de salida IF	-5 dBm $\pm$ 0,5 dB
Impedancia a la salida IF	75 $\Omega$ no balanceados

#### 5.4.3.5 CARACTERÍSTICAS DE LA FUENTE DE PODER

##### a) Requerimientos de poder

La fuente primaria de poder debe tener las siguientes características:

Voltaje nominal	-24 Vdc o -48 a -60 Vdc
Tolerancia	$\pm$ 20%
Polaridad	positiva con respecto a tierra

El unidad de fuente de poder provee los siguientes voltajes de salida:

- + 5,1 Vdc
- 5,1 Vdc
- 12,1 Vdc

##### b) Consumo de potencia

- Transmisor	43 W $\pm$ 10%
- Receptor simple	13 W $\pm$ 10%

- Configuración de diversidad de espacio 24 W  $\pm$  10%

#### 5.4.3.6 CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES

##### a) Condiciones de operación

El equipo está diseñado para una **continua operación** en las siguientes condiciones ambientales:

##### - Rango de temperatura

- con eficiencia garantizada desde +5 °C hasta +40 °C
- con eficiencia degradada desde -5 °C hasta +45 °C

- Límites relativos de humedad hasta el 90% desde 0 °C hasta +35 °C  
hasta 75% sobre +35 °C

- Altitud hasta 4500 m s.n.m.

##### b) Condiciones de transporte y almacenamiento

Durante el transporte y el almacenamiento, el equipo soporta, sin dañarse, las siguientes condiciones ambientales:

- rango de temperatura desde -20 °C hasta +60 °C
- límite relativo de humedad hasta el 99%

### 5.4.3.7 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

#### Dimensiones del rack

- Altura	2600 mm
- Ancho	120 mm
- Profundidad	260 mm
- Peso	aproximadamente 20 Kg

#### Dimensiones de los módulos:

<b>Módulos</b>	<b>Dimensiones (mm)</b>	<b>Peso (Kg)</b>
Transmisor	530x110x220	8
Receptor principal	340x55x185	4
Receptor de Diversidad de Espacio	340x55x185	4
Unidad de fuente de Poder	300x55x185	2,5

Tabla 5.4. Dimensiones de los módulos

## 5.5 TERMINALES DE FIBRA DE 34 MBPS RAD

### 5.5.1 Características

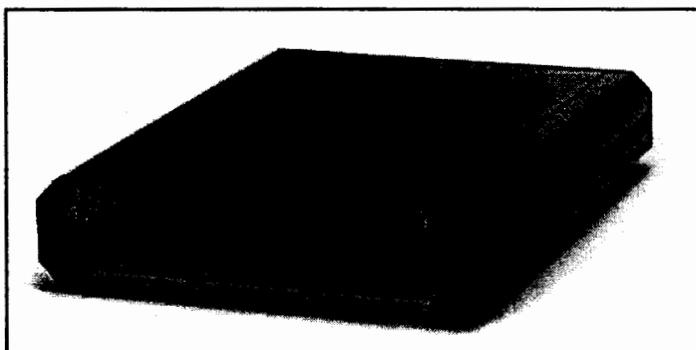


Fig. 5.22. Módem de Fibra FOM E3/T3

El FOM E3 extiende el rango de las señales E3 usando cable de fibra óptica hasta una distancia de 70 Km. Dependiendo del módulo que se adquiera puede trabajar con fibra óptica multimodo o monomodo. Posee posibilidad de diagnósticos en base a lazos y pruebas de BER. Es completamente transparente al tráfico E3 (34.368 Mbps).

### 5.5.2 Descripción

El módem de alta velocidad FOM, provee conversión de interface entre las señales estándares eléctricas y una señal de fibra óptica.

Los FOM's convierten la señal eléctrica en una señal óptica para la transmisión sobre fibra óptica, lográndose extender la distancia y dando inmunidad a la interferencia ambiental. En el lado remoto, la señal óptica es convertida de vuelta en una señal eléctrica. El módem posee un circuito equalizador adaptivo.

Los FOM's cumplen con los estándares ITU G.703, G.921 y G.956. El módulo de interface eléctrica incluye circuitos para recuperar los datos y el reloj de acuerdo a la norma ITU G.703.

Indicadores LED y un puerto de supervisión están disponibles para indicar las fallas del sistema tanto en los circuitos eléctricos como en los ópticos.

Los botones en el panel del frente proveen capacidad para diagnósticos mediante lazos. Dos tipos de lazos están disponibles:

- Lazo local
- Lazo remoto

Están disponibles diferentes interfaces ópticas:

- Longitud de onda de 850 nm para fibras multimodo
- Longitud de onda de 1300 nm para fibras monomodo
- Longitud de onda de 1300 nm mediante diodo láser para fibras monomodo
- Longitud de onda de 1550 nm mediante diodo láser para fibras monomodo sobre distancias extendidas.

El diodo láser posee un circuito de control interno de temperatura para compensar los cambios de temperatura del ambiente.

Se provee inmunidad en contra de las interferencias eléctricas tales como EMI, RFI, picos de voltaje y lazos de diferente potencial de tierra. La unidad está protegida contra de chispas y rayos y provee un enlace seguro en ambientes peligrosos y hostiles.

La potencia de transmisión para fibra monomodo a 1300 nm es de -12 dBm. La sensibilidad del receptor es de -40 dBm para un BER de  $10^{-6}$ .

### 5.5.3 Aplicaciones

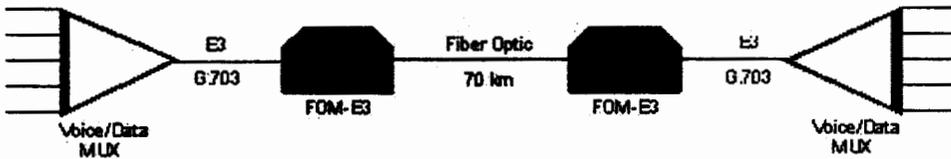


Fig. 5.23. Aplicaciones de FOM E3/T3

## 5.6 MULTIPLEXORES DTM-140 MBPS TELETTRA.

### 5.6.1 Conexión a la red y generalidades del multiplexor DTM-140.

Una red de transmisión digital contempla enlaces de diferentes velocidades que constituyen en su totalidad la jerarquía PCM cuya definición se encuentra en la recomendación G.702 de CCITT. Telettra ha desarrollado para cada nivel jerárquico del modelo europeo, un correspondiente sistema.

El DTM-140 es un multiplexor digital asincrónico para cuatro señales digitales tributarias a la velocidad de 34368 Kbps, lo que corresponde a 1920 canales telefónicos. Puesto que el DTM-140 opera a 139264 Kbps realiza el cuarto nivel jerárquico.

El multiplexor DTM-140 se interconecta ya sea con radioenlaces digitales o con terminales de línea sobre cable coaxial o en fibra óptica.

Las unidades que componen el DTM-140 se alojan en un único subbastidor de dimensiones 300 x 120 x 225 mm.

Las interfaces de entrada y salida, realizadas en dos tarjetas diferentes, cumplen con la recomendación G.703 del CCITT. La estructura mecánica así como el sistema de alarmas satisfacen las recomendaciones y las especificaciones internacionales.

La energía a cada una de las unidades la suministra una unidad convertidora CC/CC situada en el interior del mismo multiplexor DTM-140. Esta unidad emplea, como alimentación primaria, las tensiones de -24, -48/-60 Vcc disponibles en la central.

De esta manera se realiza una estructura de alimentación descentralizada en el bastidor en el cual se instala dicho conjunto.

En caso de que en la central esté disponible solamente la alimentación de red, es posible utilizar un convertidor CA/CC como interface entre la alimentación primaria de red de la central y el convertidor CC/CC del conjunto DTM-140, de modo que sea suministrada a este último la tensión continua necesaria para su funcionamiento.

En lo que se refiere a la estructura de las alarmas, DTM-140 proporciona indicaciones luminosas (LED descentralizados en las unidades), así como comandos y alarmas aptos para facilitar la localización de posibles irregularidades.

#### 5.6.2 Descripción general del funcionamiento

Las unidades empleadas en el DTM-140 son las siguientes:

UNIDADES	NÚMERO
DTM-140 subrack	1
Unidades de alarmas	1
Unidades comunes de 140 Mbps	1
Interface Tx de 140 Mbps	1
Interface Rx de 140 Mbps	1
Convertidor DC/DC 28/48/60 +5.2/-4.8 Vcc	1
Soporte	2
Unidades tributarias de 34 Mbps	4

Tabla 5.5. Unidades del DTM-140

Todas las unidades que contribuyen en forma la señal multiplexada (excluyendo las interfaces) son de tipo bidireccional.

A continuación se describe en forma general el funcionamiento:

#### 5.6.2.1 TRANSMISIÓN

Los cuatro tributarios a 34 Mbps envían sus propios flujos de información a la unidad órganos comunes a 140 Mbps .

Esta unidad transforma los niveles de la señal recibida de HCMOS en ECL y seguidamente las envía a la unidad de interface Tx a 140 Mbps. Esta última unidad multiplexa las cuatro informaciones recibidas, originando así una estructura de trama a 139264 Kbps.

#### 5.6.2.1.1 Unidad de Tributario a 34 Mbps

A la entrada la unidad recibe una señal digital a 34368 Kbps, codificada en HDB3 o en AMI, con una amplitud de  $1 V_p$  o bien de  $3 V_p$  y con impedancia de 75 ohmios. La interface de entrada está conforme a la recomendación G.703 del CCITT.

La señal una vez ecualizada y “muestreada” está presente a nivel RZ+ y RZ- simultáneamente junto con el reloj de estructura extraído CKST a frecuencia de tributario.

En las vías RZ+ y RZ- se detecta la falta de impulsos recibidos (MIRT).

La señal de información decodificada (NRZ) se envía a la memoria de sincronización cuya función consiste en predisponer la señal de tributario para su incorporación en la trama a 140 Mbps de la unidad de interface Tx 140Mbps.

Para que esto sea posible, la señal debe ser “escrita” en la memoria utilizándose el reloj CKST y luego se la “lee” mediante el reloj CKLT que se recibe procedente de la unidad de interface TX 140 Mbps.

Puesto que esta señal de temporización CKLT, derivada del reloj de múltiplo 139264 KHz, es más veloz que la señal de escritura CKST, será necesario compensar las diferencias de frecuencia y de fase de modo que todas las informaciones queden escritas y sucesivamente leídas sin que se pierda ningún bit de información.

En caso de que de la comparación de los dos relojes resulte diferencias de frecuencias o deslizamiento de fase, se actúa la petición de stuffing (FST), que transmitida a la unidad de interface Tx 140 Mbps, producirá un retardo en el CKLT.

La señal de salida NRZT que de esta manera se a sincronizado, se encuentra lista para la inserción en la trama a 140 Mbps.

Además de la alarmas MIRT se detectan las siguientes alarmas:

OVST      Overflow estático, debido a la ruptura de uno o de ambos contadores de escritura y de lectura .

OVDT      Overflow dinámico debido a la sobreposición de fase entre los relojes de escritura y de lectura.

EPAR      Errores de paridad , resultado de la comparación entre grupos idénticos de bits la entrada y a la salida de la memoria de sincronización

ALIM      Por alarma alimentación de la unidad tributario.

Estas raíces de alarma una vez tratadas, produce el encendido del LED rojo de tributario así como también el envío de los criterios de alarmas hacia las demás unidades de conjunto.

#### 5.6.2.1.2 Unidad Órganos Comunes a 140 Mps

La unidad principal que desempeña esta unidad, es la conversión bidireccional del nivel HCMOS en ECL. De este modo se pueden interconectar los dos tipos de gate-array utilizados en el conjunto.

En efecto, en las unidades de tributario se ha previsto un gate-array realizado según la tecnología HCMOS, mientras que los gate-array disponibles en las interfaces están realizados según la tecnología ECL

### 5.6.2.1.3 Unidad de Interface Tx 140Mbps

En esta unidad está presente el reloj principal que genera el reloj de múltiplo a 139264 KHz (CKMT).

Partiendo de esta señal, que puede llegar desde el exterior (CKEXT), se conseguirán todas las temporizaciones Tx del conjunto.

Dividiendo CKMT por cuatro, se obtienen los relojes de lectura (CKLT1-4) que son luego enviados a la memoria elástica de los respectivos tributarios.

A la entrada, la unidad en cuestión recibe las señales NRZ T, provenientes de los cuatro tributarios a 34 Mbps, junto con las frecuencias de stuffing.

En presencia de alarma procedente del tributario (INI) se introduce una señal todos "1" (AIS) sustituyendo el flujo de información del tributario en cuestión.

Los cuatro flujos de tributario así formados (TRIB 1 ÷ 4) se serializan luego mediante una multiplexación bit por bit.

La señal multiplexada de salida a 34368 Kbps se envía al codificador CMI y en un segundo tiempo se envía a la salida pasando primeramente por la interface G.703.

### 5.6.2.2 RECEPCIÓN

El flujo a 139264 Kbps de entrada en el conjunto por medio de la unidad de "interface Rx 140 Mbps", a de ser demultiplexado en cuatro flujos a 34 Mbps y consiguientemente ha de ser restituido a los MUX de 3° nivel jerárquico.

#### 5.6.2.2.1 Unidad de Interface Rx 140 Mbps

A la entrada, la unidad recibe una señal digital a 139264 Mbps codificada en CMI, con una amplitud de 1 V<sub>pp</sub> y con impedancia de 75 ohmios. La interface de entrada cumple con la recomendación G.703 del CCITT.

Esta señal, una vez debidamente ecualizada, se utiliza para extraer el reloj de múltiplo (CKMR).

Una posible falta de impulsos recibidos (MIR), produce después de una detección adecuada, el envío de un criterio de alarma a la unidad órganos comunes 140 Mbps.

EL flujo a 140 Mbps se decodifica y sucesivamente se demultiplexa en cuatro señales digitales a 34 Mbps que han de ser devueltas a los tributarios.

El proceso se rige mediante las temporizaciones extraídas del reloj recibido CKMR.

En cada uno de los flujos NRZR obtenidos desde el proceso de demultiplexación se decodifican, mediante cuatro circuitos idénticos, las informaciones de stuffing. Estas informaciones junto con el reloj de múltiplo (CKMR) dividido para cuatro, se utilizan para la formación de los relojes de escritura (CKSR) necesarios para el funcionamiento de la memoria de sincronización de los tributarios.

#### 5.6.2.2.2 Unidad Órganos Comunes 140 Mbps

Las cuatro señales NRZR 1÷4 y los cuatro relojes de escritura CKSR1÷4 procedentes de la interface Rx 140 Mbps , se transponen de nivel ECL a nivel HCMOS y luego se envían a los respectivos tributarios.

Además la unidad en cuestión cumple la tarea de elaborar las alarmas detectadas en la unidad de interface Rx 140 Mbps.

#### 5.6.2.2.3 Unidad Tributaria 34 Mbps

Las cuatro unidades de tributario devuelven hacia los múltiplex a 34 Mbps los flujos demultiplexados y leídos mediante el reloj a 34368 KHz continuo.

Cada una de las señales digitales NRZR a 34368 Kbps la administra la memoria elástica de sincronización.

Insertada en memoria con el reloj discontinuo de escritura CKSR la información en serie debe ser devuelta de manera continua.

La señal NRZ que sale de la memoria de sincronización, codificada en HDB3 o AMI y diferenciada en RZ+ y RZ-, se envía a la interface de salida que cumple con la recomendación G.703 de el CCITT.

En el interior de la unidad se detectan las siguientes raíces de alarmas:

**EPAR** errores de paridad, que resultan de la comparación de grupos idénticos de bits a la entrada y a la salida de la memoria.

**OVDR** overflow dinámico, debido a la sobreposición de fase entre los relojes de escritura y de lectura.

OVSR overflow estático, debido a la ruptura de los contadores de las memorias.

### 5.6.2.3 ALIMENTACIÓN

El conjunto DTM- 140 recibe la tensión de alimentación que le envía un convertidor CC/CC, situado en su interior, al cual a su vez se le aplica al entrada una tensión continua de -24 , -48/-60 Vcc. Para encender el convertidor, es suficiente llevar el conmutador CM1 a la posición de ON.

En esta condición, el LED verde permanece encendido.

A la salida del convertidor están disponibles las tensiones de +5,2 y -4,8 V, que alimentan las unidades del conjunto.

Las de alarma se evidencian mediante el apagado del LED verde y al mismo tiempo tiene lugar el envío de la alarma PWI a la unidad de alarmas.

## 5.7 ANTENAS ANDREW

### 5.7.1 Generalidades

Los modelos de antenas de marca ANDREW que se ha utilizado en el diseño del proyecto son: la antena modelo KP4-21 y el modelo PL6 - 37E cuyas características se detallaran a continuación.

### 5.7.2 Modelo KP4F-19A

Este modelo de antena fue utilizado en los radioenlaces que se encontraban en la banda de los 2,1 GHz. Entre sus características se encuentran:

- Aspecto físico: Antena parabólica de rejillas.
- Este modelo de antena viene completamente desarmada de fábrica.
- Ligero peso en comparación con otras antenas de rejillas.
- Provee poca resistencia al viento.

Entre sus características técnicas están:

- Diámetro: 1,2 metros
- Conector : "N" hembra
- Frecuencias de operación: 1,9 a 2,3 GHz
- Ganancias de antena: a banda baja: 25,5 dBi  
a banda media: 26,4 dBi  
a banda alta: 27,2 dBi
- Grados de ancho de haz: 7,7 grados

Mayores características técnicas y el patrón de radiación se muestra en el apéndice A.

### 5.7.3 Modelo PL6 - 37E

El modelo PL6 - 37E fue utilizado en el radioenlace entre la estación Pichincha y la Central Centro de Andinatel en Quito. Sus características son las siguientes:

- Aspecto físico: Antena de plato parabólico lleno
- Opciones de polarización sencilla o doble en la mayoría de las frecuencias disponibles
- El plato reflector de aluminio provee alta permanencia en términos de seguridad y minimiza la distorsión ambiental y distorsión por eco para protección de la inversión del sistema
- Frecuencia de operación: 3,54 GHz a 4,18 GHz
- Diámetro: 1,8 metros
- Ganancias de antenas: a banda baja: 34,5 dBi  
a banda media : 35 dBi  
a banda alta: 35,5 dBi
- Grados de ancho de haz: 3 grados

La hoja técnica y el patrón de radiación de la antena se muestra en el apéndice B.

## 5.8 CABLES COAXIALES, FIBRA ÓPTICA Y CONECTORES ANDREW

### 5.8.1 Coaxial LDF4-50A HELIAX

Este cable coaxial de ½ pulgada de diámetro es utilizado en los radioenlaces a 2,1 GHz, sus características eléctricas son:

- Impedancia:  $50 \pm 1 \Omega$
- Máxima frecuencia de operación: 8,8 GHz
- Máximo pico de potencia: 40 KW
- Rompimiento DC: 4000 Voltios
- Resistencia DC: Interior:  $1,48 \Omega / 1.000 \text{ m}$   
Exterior:  $1,90 \Omega / 1.000 \text{ m}$
- Capacitancia: 75,8 pF/m
- Inductancia:  $0,190 \mu\text{H/m}$

Las características mecánicas son:

- Conductor interior: Cobre con revestimiento de aluminio
- Conductor exterior: Cobre
- Diámetro de conductor interior: 4,6 mm
- Diámetro de conductor exterior: 14 mm
- Diámetro de la chaqueta de recubrimiento: 16 mm
- Mínimo radio en doblamientos: 125 mm
- Peso del cable: 113 Kg/m
- Resistencia de tensión: 113 Kg

La atenuación que presenta este cable coaxial es 11,3 dB/100m en la frecuencia de 2,1 GHz a un promedio de potencia de 0,673 KW.

#### 5.8.2 Guía de Onda EWP34 HELIAX

Esta guía de onda fue utilizada en el radioenlace entre la estación Pichincha y la Central Centro de Andinatel en el proyecto Quito. Es una guía de onda elíptica de 2 pulgadas, cuyas características eléctricas son:

- Máximo rango de frecuencia: 3,1 - 4,2 GHz
- Delay en 3,95 GHz: 417 ns/100 m
- Pico de Potencia de contribución en 3,95 GHz: 306 KW

Entre las características mecánicas de este conductor se deben mencionar:

- Mínimo doblez: Plano E: 432 mm  
Plano H: 1194 mm
- Dimensiones incluyendo recubrimiento: 84,1 x 48,3 mm
- Peso: 1,13 (Kg /m)

La atenuación presentada por el conductor es de 2,11 dB/100 en la frecuencia de operación de 4,1 GHz a una potencia promedio de 15,6 KW.

### 5.8.3 Fibra óptica 241568-6

Este modelo de fibra óptica es la utilizada en los enlaces de corta distancia del proyecto, el recubrimiento presenta un blindaje de cobre para instalarlo en lugares riesgosos , como lo son alcantarillas subterráneas, refinerías, etc. A continuación se detallan las características mecánicas de esta fibra:

- Número de fibras: 6
- Tipo de fibra: Monomodo
- Tipo de Buffer de fibra; suelto, llenado con GEL
- Diámetro de cable: 16 mm
- Peso del Cable: 283 Kg/Km
- Resistencia a la tensión: Instalación: 2.700 Newton  
Operación: 600 Newton
- Mínimo radio de dobléz: Instalación: 320 mm  
Operación: 240 mm
- Rango de temperatura en operación: -40°C a 70°C
- Material de chaqueta de recubrimiento: LLDPE
- Conectores: FC/APC; FC; ST; SC

Entre las características ópticas se deben mencionar;

- Máxima atenuación en la ventana de 1310 nm: 0,45 dB/Km
- Máxima atenuación en la ventana de 1550 nm: 0,35 dB/Km
- Longitud de onda en dispersión ZERO: 1.301,5 - 1.321,5 nm
- Diámetro del revestimiento:  $125,0 \pm 1,0 \mu\text{m}$
- Concentravilidad núcleo-revestimiento:  $\leq 0.8 \mu\text{m}$
- Diámetro de la chaqueta:  $245 \pm 10 \mu\text{m}$

#### 5.8.4 Conector Andrew N Macho L4PNM

Este es un conector macho tipo N utilizado en cable coaxial para las radios ATI, puede encontrarse de dos clases, la L4PNM y la L4NM-C, el primer tipo es la versión para soldar el conector al cable coaxial y el segundo es la versión para engrapar el conector al cable coaxial.

La longitud del conector es de 66 mm y su diámetro es de 23,1 mm. La atenuación de presenta el conector depende de la calidad y habilidad de la mano de obra al soldar o engrapar el conector al cable coaxial.

#### 5.8.5 Conector Andrew 134 DET

Este es el conector utilizado en la guía de onda para el enlace entre la estación Pichincha y la Central Centro de Andinatel en el proyecto Quito, así como también en el enlace entre torre El Carmen y la Central Centro de Pacifictel en el proyecto Guayaquil. Este conector es presurizado y hecho de material de latón. La atenuación que presenta en un buen engrapado a la guía de onda es en promedio de 1,2 dB/100 metros.

#### 5.8.6 Conector ST

Es el tipo de conector que será utilizado en las terminaciones de la fibra óptica. Su característica principal es la atenuación de presenta en un enlace promedio, la cual es de 0,4 dB por conector.

## 5.9 CONTROLADOR BÁSICO DEL SWITCH ABL BSC "ATLAS"

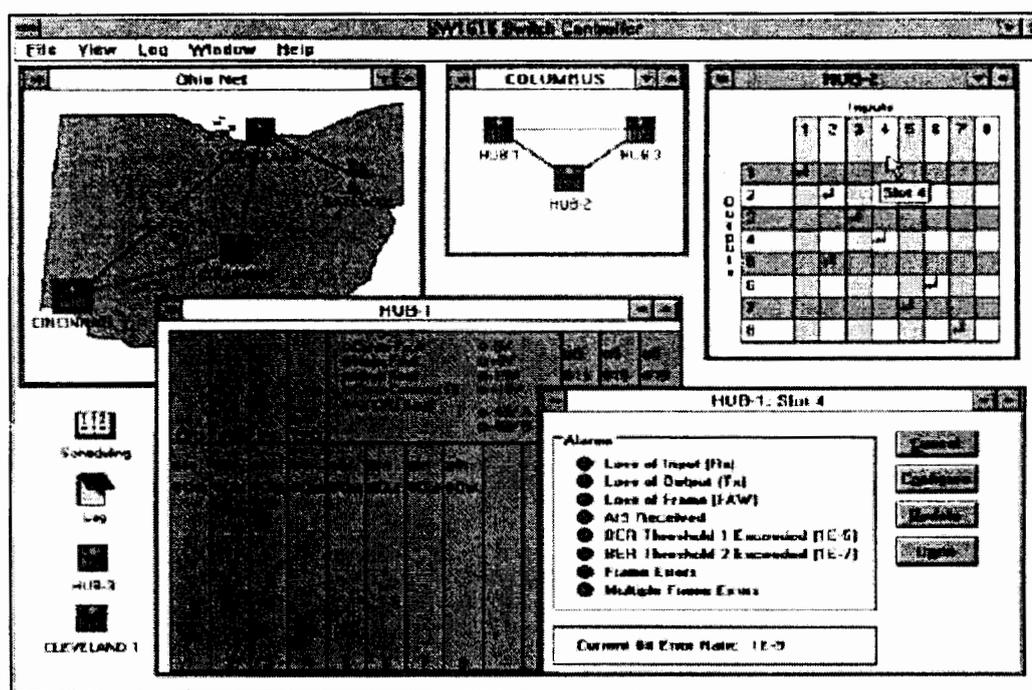


Fig. 5.24 Software BSC Atlas

El BSC es un programa administrador de red diseñado para trabajar con el SW1616 Trident. Las redes que usan el BSC incrementan su justificación económica, ya que reduce los costos operacionales.

BSC es un sistema de administración de redes de vídeo muy flexible, con capacidad de conmutación, enrutamiento y organización de calendarios. El sistema provee alarmas audio-visuales, enrutamiento de señales según calendario y re-enrutamiento en caso de falla de acuerdo a las necesidades del cliente. El usuario sólo tiene que definir los puntos de inicio y de fin de la ruta, la duración y la frecuencia, y el BSC automáticamente realiza la ruta de punto a punto lo cual representa un enorme ahorro de costos operacionales.

El re-enrutamiento automático está ligado a las alarmas que se presentan en la red. El BSC automáticamente cambia el tráfico en aproximadamente 400 ms hacia circuitos que se encuentran en buen estado cuando los circuitos principales fallan.

BSC constantemente monitorea la red consultando cada sitio en intervalos de 200 ms. Cualquier situación anormal hace que una alarma se produzca y refleje el estado de el sitio. Las alarmas son notificadas al administrador por señales de varios colores o por alarmas sonoras. El programa hace diferencia entre las alarmas principales, las secundarias y las alarmas de comunicaciones.

Las actividades tales como las conexiones hechas y las alarmas reportadas son almacenadas automáticamente en un archivo en la computadora.

La interface del programa es totalmente amigable. Ya que maneja un ambiente gráfico, se puede revisar el estado de cada componente de la red usando el ratón.

El BSC opera bajo Windows y puede ser instalado en una PC 486 o superior. Este sistema admite un sólo usuario y está diseñado para redes pequeñas.

El programa permite configurar conexiones futuras, inclusive indicando el tiempo de conexión del circuito y dando la posibilidad de tener rutas alternas en caso de falla.

## CAPÍTULO VI

### INSTALACIÓN DEL PROYECTO

#### 6.1 MEDICIÓN DE BER DEL CANAL DE RESERVA

La Tasa de Bits en Error (Bit Error Rate, BER) representa la calidad de un sistema digital de transmisión, o mejor dicho el incremento del número de errores, debido al ruido en la línea, en el medio de transmisión.

Esta tasa es calculada dividiendo el número de bits en error para el número de bits transmitidos.

Las causas principales de la degradación de un enlace digital son:

- Ruido Térmico
- Ruido intersímbolo
- Interferencia RF

Para la implementación de los enlaces de radio como en los de fibra, necesitaríamos evaluar la calidad del medio. La prueba de BER es una de las herramientas más poderosas para realizar esta evaluación.

El primer paso que se daría es medir la tasa de BER del canal de reserva. Es decir, mediríamos que tan bien está el medio de transmisión que usaríamos para unir los switches entre ciudades.

Una prueba de BER se puede realizar de dos formas: punto a punto o en prueba de lazo.

En una prueba punto a punto se pondría por ejemplo un generador de patrones en Guayaquil y un medidor de BER en Quito. Ambos equipos se configurarían al mismo patrón (511,  $2^{15}-1$ , etc.), se usaría el mismo código de línea (CMI) y se seleccionaría el tiempo de duración de la prueba. El medidor establecería la tasa de BER obtenida al terminar la prueba. Para determinar si la tasa es admisible, se debe recurrir a las especificaciones técnicas de los equipos.

A continuación se presenta un gráfico típico que relaciona la tasa de BER con el nivel de campo recibido. Con este gráfico, podemos estimar cuál debe ser nuestra tasa de error, sabiendo el nivel de señal recibida previamente calculado.

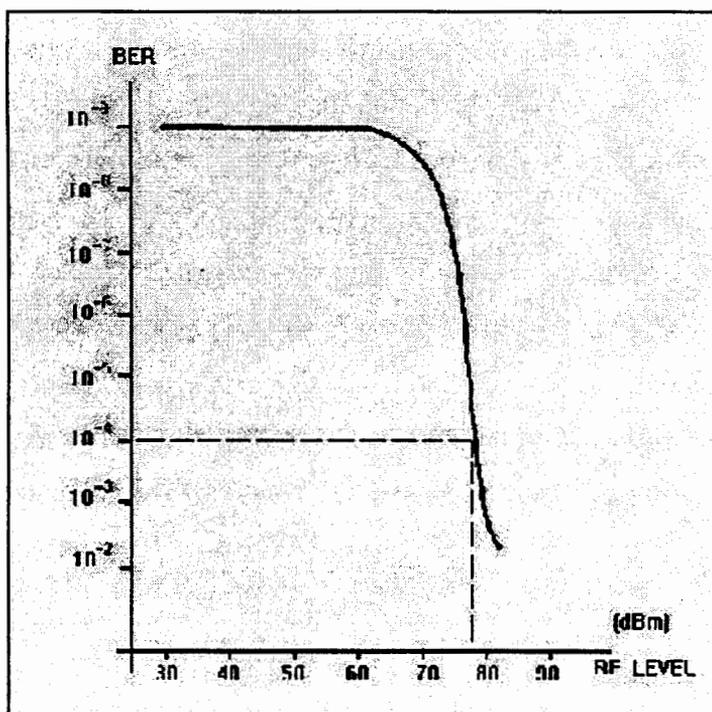


Fig. 6.1. BER vs. Nivel de campo recibido

Esta prueba debe ser realizada entre Quito - Cuenca y Guayaquil - Cuenca también.

La prueba de lazo, consiste en poner un Generador/Medidor en Guayaquil, por ejemplo y hacer un lazo en la radio de Quito. Todos los bits enviados por el Generador, serán devueltos y serán analizados. En este caso, se prueba todo el enlace, pero en el caso de haya problemas, no se podría saber en qué lado se están suscitando.

De igual forma, se puede estimar la tasa de BER que se debe obtener mediante el gráfico anterior.

## 6.2 PRUEBAS LOCALES DE RADIOS Y TERMINALES DE FIBRA.

Una manera práctica de probar los equipos es enlazarlos localmente. Los equipos de radio pueden ser conectados a nivel RF con un tramo corto de cable coaxial y atenuadores simulando el enlace. Las radios no puede ser conectadas entre ellas sólo con cable coaxial porque se corre el riesgo de dañar el receptor al suministrarse un nivel de señal demasiado alto.

Esta prueba prevé cualquier tipo de problema, además de que se puede configurar los equipos por adelantado antes de movilizarlos a su lugar definitivo de instalación.

En el caso de las microondas de 140 Mbps, esta prueba es algo impráctica puesto que las radios se arman en racks y utilizan guías de onda en la parte RF a diferencia de las radios ATI, que utilizan cable coaxial.

En el caso de los terminales de fibra o modems, también se deben usar atenuadores de fibra para disminuir la potencia óptica y no saturar o dañar al receptor.

### 6.3 ENLACES DE RADIO

Los pasos que se deben seguir para realizar un enlace de radio son los siguientes:

1. Determinación de la ubicación de las torres así como de sus respectivas alturas en los dos puntos a comunicar dependiendo de la línea de vista si es que hubiere o sino entre lugares intermedios donde se hallaran repetidoras.
2. Con la ayuda de poleas se elevan las antenas en las torres hasta la altura calculada y se la asegura con abrazaderas.
3. Se desenrolla suficiente cable coaxial o guía de onda para llegar desde la antena al equipo de radio, pero no se lo corta.
4. Se le coloca un conector al extremo inicial del conductor .
5. Con la ayuda de poleas, se sube el conductor con el conector hecho hasta la antena y se lo conecta a la antena
6. Se procede a cortar el otro extremo del conductor calculando la distancia faltante para llegar al equipo de radio, y considerando la distancia producida por la canalización
7. Se debe pasar el conductor por la canalización asignada para llegar al equipo de radio.
8. Se le coloca el conector faltante para su conexión al equipo de radio.
9. Con un analizador de espectro, se procede a verificar si la frecuencia de operación del enlace se encuentra libre o no.

Luego ya montado el equipo de radio en ambos extremos y verificado que no existe interferencia, se explicará a continuación la manera práctica para alinear las antenas:

1. En uno de los extremos del enlace, la antena se deja fija y se debe observar la medición del nivel de recepción del otro equipo remoto.
2. En el equipo remoto, la antena se la debe mover con un movimiento horizontal en ambos sentidos, limitando su movimiento la pérdida total de nivel de señal en la

recepción. Se debe ubicar la antena en la posición donde se alcanzó el mayor nivel de señal.

3. Ahora se procede a hacer la alineación vertical, para lo cual la antena se la debe mover en un movimiento vertical hacia arriba y hacia abajo, limitado hasta la pérdida total de señal. Así mismo la antena se la ubica en la posición en donde se alcanzó mayor nivel señal de recepción. Con esto la antena quedaría alineada.
4. Se repiten los pasos anteriores pero con la otra antena.

Para detectar una señal de interferencia en la frecuencia del enlace podemos apagar la radio de un extremo del enlace, con esto el nivel de recepción del otro extremo debería estar por debajo del umbral (nulo), de lo contrario existe una señal de interferencia en el enlace. Si una situación de éstas se produjera, se debe correr la frecuencia de operación de los equipos de radio hasta encontrar una frecuencia sin interferencia.

#### 6.4 ENLACES DE FIBRA OPTICA

A continuación se enumerará los pasos que deben ser seguidos en orden para la instalación de una enlace de fibra óptica.

1. Se deberá tener el plano de la canalización de la cual se va a disponer para el tendido del cable, en donde se tendrá una aproximación del total de fibra que se utilizará, así como también la ubicación de pozos de paso, en donde se procederá a dejar una reserva de fibra para prevenir roturas futuras.
2. Teniendo una idea de la cantidad de fibra que se utilizará y la ruta del tendido, se procederá a desenrollar la cantidad total de fibra desde una de los puntos del enlace.
3. Para el pasado del cable de fibra a través de la canalización hasta el primer pozo de paso, se necesita la ayuda de un alambre rígido de acero galvanizado número 10, el

cual deberá ser asegurado en uno de sus extremos al cable de fibra y el otro extremo será el que primero pase por la canalización.

4. Una vez pasado el alambre de acero, se procederá a halar lo restante de ese alambre y la fibra óptica en su totalidad de extensión.
5. En ese primer pozo de paso se deberá enrollar una cantidad de fibra dependiendo de la longitud hacia el siguiente pozo, para ser utilizada de reserva en caso de rotura de la fibra en los ductos de canalización.
6. El paso hacia el siguiente pozo se lo realizará de manera similar, es decir pasando primero el alambre galvanizado y luego halando la fibra. Este procedimiento se repetirá hasta llegar a otro extremo del enlace.
7. Una vez tendido la totalidad de la fibra, se procederá a adecuar el cable para poder ubicarlo en un panel de fibra. Se entiende por adecuar, retirar el recubrimiento metálico de protección para obtener los hilos de fibra del cable, y hacerle los conectores en los extremos.
8. Un panel de fibra tiene por un lado el cable de fibra tendido en el enlace, y por el otro un cable de fibra flexible que va hacia el equipo.

## 6.5 CODECS

Los codecs de vídeo DVT 45 vienen en dos distintos chasis: para dos tarjetas y para doce tarjetas, las cuales pueden ser codificadoras o decodificadoras. Para este diseño únicamente vamos a utilizar los chasis para dos tarjetas. En los estudios de canales de televisión se justifica el uso de una tarjeta codificadora y una decodificadora, ya que estos pueden ser origen o destino de las señales de vídeo ocasionales; mientras que en las demás localidades, como los establecimientos deportivos y las entidades públicas, se instalarán una sola tarjeta codificadora, ya que estos nunca serán destino de señales de vídeo.

El procedimiento descrito a continuación ilustra la instalación de los codecs con chasis para dos tarjetas:

### 6.5.1 Instalación del hardware

- 1) En primer lugar conectamos la energía de 120/230-240 V AC al chasis del DVT45, como se muestra en el siguiente esquemático:

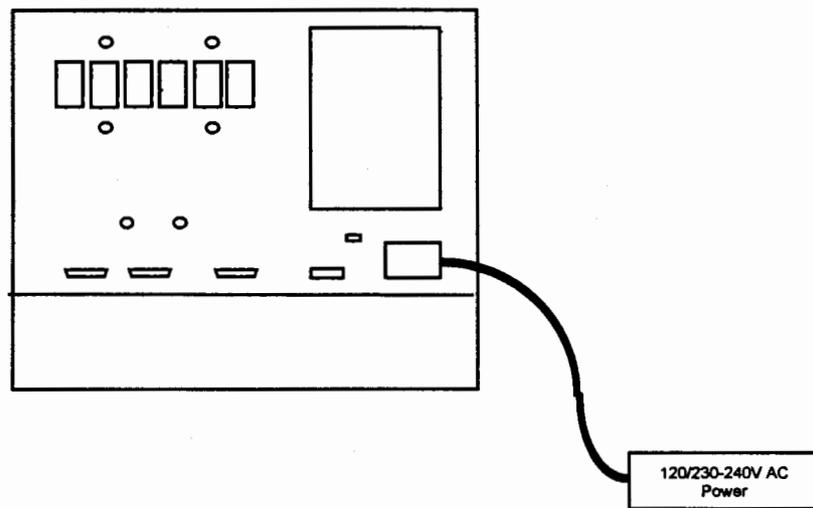


Fig. 6.2. Conexión del DVT45 a la toma de energía

Luego colocamos el módulo de la fuente de energía en el slot Pwr1 del chasis. En el slot Pwr2 colocamos un módulo de energía de respaldo. Además podemos colocar una en el slot MPU la tarjeta controladora MCU:

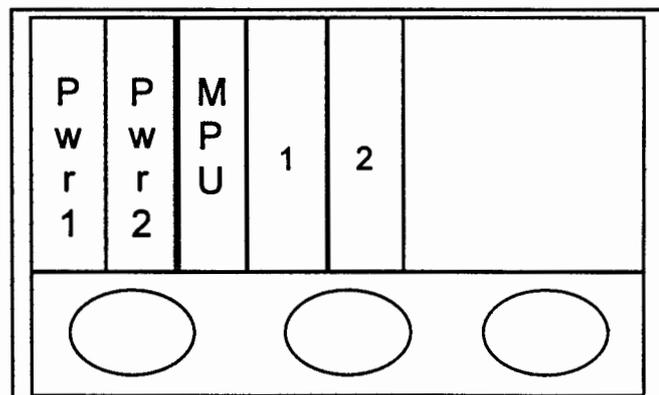


Fig. 6.3. Esquema de conexión de los módulos de energía y de la tarjeta controladora del DVT45

- 2) Verificamos el estado de los LEDs que están ubicados en frente del modulo de energía y del modulo MPU para asegurarnos de que la energía ha sido conectada apropiadamente. Sin ninguno de los LEDs muestra algún error, se procede al siguiente paso.
- 3) Coloque en el slot 1 y 2 las tarjetas codificadoras o decodificadoras según se requiera.

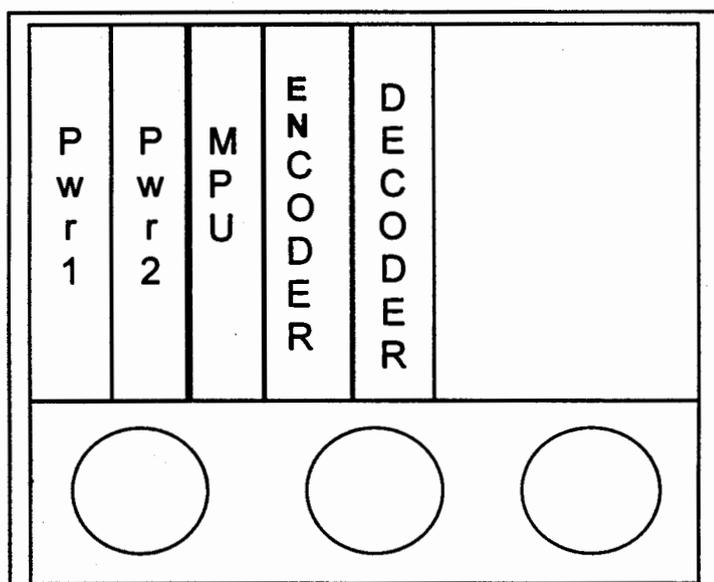


Fig. 6.4. Esquema de conexión de las tarjetas codificadora y decodificadora del DVT45

- 4) Conectar las entradas/salidas a las respectivas fuentes/destinos de audio con hilos de cobre de 18 – 22 AWG, las fuentes/destino de vídeo con cable coaxial RG59 o RG6, y las fuentes/destinos E3 con cable coaxial RG59 o RG6.

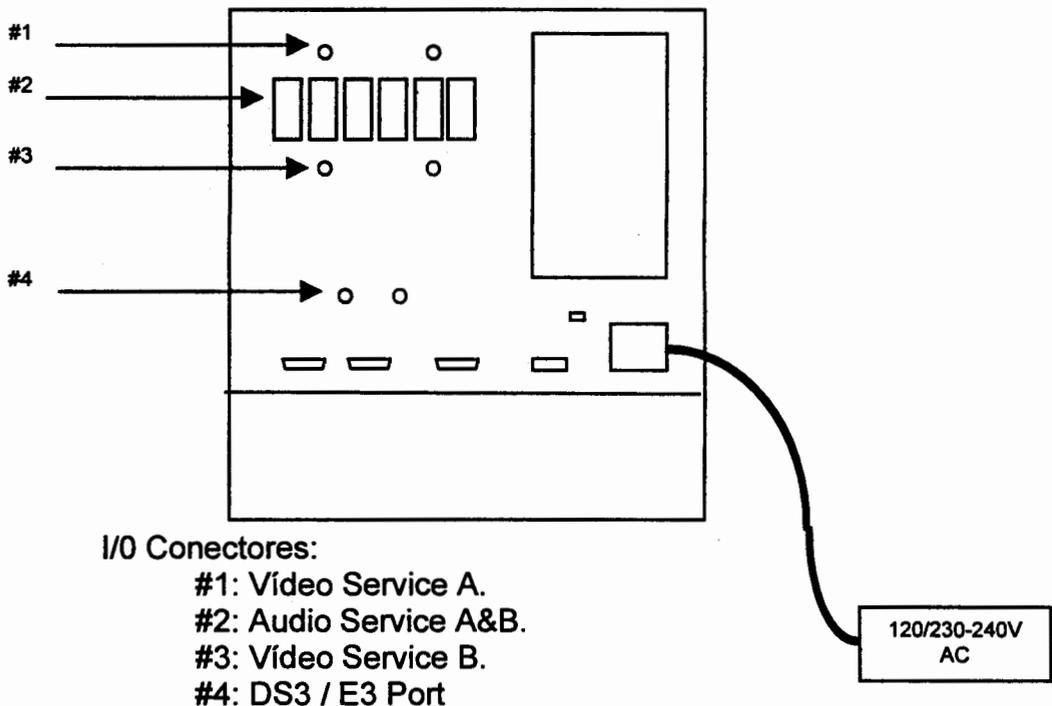


Fig. 6.5. Esquema de conexión de las entradas/salidas del DVT45

### 6.5.2 Instalación del software RCS

El software RCS es un programa propietario de ABL implementado para la administración (remota o local) de los codecs DVT45. Este software permite: la configuración de puertos, la adición de otros codecs, el reseteo de las MCU y de los codecs.. Los pasos para la instalación para este programa, bajo la plataforma WINDOWS, son los siguientes:

- Inserte el disquete RCS Setup en la disquetera A.
- Desde el menú del Programa de Administrador de archivo escoja EJECUTAR.
- En la ventana del diálogo escriba "A:\ setup".
- De click en OK y siga las instrucciones que aparecen en pantalla.

- Después de la instalación exitosa se crea el ABL PROGRAM GROUP.
- Para iniciar la sesión de RCS, dé doble click sobre el icono DVT45 del ABL PROGRAM GROUP.

Al iniciarse la primera sesión del RCS, el administrador debe definir su USER y su PASSWORD.

## 6.6 SWITCH SW1616 TRIDENT

Para la implementación de nuestro proyecto, se instalaría tres switches de vídeo, uno en Guayaquil, otro en Quito y otro en Cuenca.

En Guayaquil, el switch será instalado en Torre "El Carmen" puesto que es allí donde se encuentra la reserva que va hacia Quito, se encuentra cerca de los estudios de televisión de la mayoría de los canales y además existe línea de vista con algunos sitios. La reserva hacia Cuenca se encuentra en Central Guayaquil Centro, y es alcanzada por los puertos de swich mediante un radioenlace, como ya se había mencionado.

El swich de Guayaquil sería instalado en el mismo cuarto donde se encuentran las radios, en un bastidor de 19 pulgadas.

Este switch estará equipado con:

- 16 tarjetas SB34 de 34 Mbps,
- 1 módulo PS515 de fuente de poder,
- 1 módulo CPUF
- 1 módulo IFBC
- 1 módulo Alarm3
- 1 FT001 Fan Tray para la ventilación

Cercano al switch debe estar el módem que se enlaza con la computadora de administración en Central Guayaquil Centro.

La instalación consiste en el montaje físico del chasis del switch y de la inserción de cada uno de los módulos.

Siete tarjetas SB34 son conectadas a la radio 2+0 Siemens de 4x34 Mbps apuntando a Central Centro. Cuatro de las siete tarjetas serán conectadas hacia la reserva de Cuenca y las otras 3 son para el Municipio, Gobernación y el Estadio Isidro Romero Carbo.

Una tarjeta será conectada directamente mediante coaxial al codec ubicado en Telemazonas. Otra tarjeta se conecta al módem de 34 Mbps RAD para llegar a Ecuavisa. Tres tarjetas entran a las radios ATI de 34 Mbps para enlazar a TC Televisión, Gamavisión y el Estadio Capwell. Las restantes cuatro tarjetas SB34 serán conectadas al multiplexor Telettra 34 a 140 Mbps para luego ser conectado a la reserva de Quito.

En Quito, el switch sería instalado en la estación Pichincha en bastidor de 19 pulgadas. Desde este punto hay línea de vista perfecta a todos los puntos donde se desea dar servicio. Ya que la reserva de Guayaquil y Cuenca no se encuentra en el Pichincha, este problema es resuelto con radioenlaces desde el Pichincha hasta Central Quito Centro.

Cerca al switch se encontrará el módem para acceder a la administración.

El switch estará equipado de la siguiente manera:

- 16 tarjetas SB34 de 34 Mbps,
- 1 módulo PS515 de fuente de poder,

- 1 módulo CPUF
- 1 módulo IFBC
- 1 módulo Alarm3
- 1 FT001 Fan Tray para la ventilación

Cuatro tarjetas SB34 entrarán al multiplexor 34 a 140 Mbps que da conexión a la reserva de Guayaquil, y otras cuatro entrarán a otro multiplexor para la reserva de Cuenca. Estos multiplexores que también deben estar en el Pichincha, mandan la señal a Central Quito Centro mediante una radio 2+0 Siemens de 140 Mbps.

Las otras ocho tarjetas SB34 son conectadas a las radios ATI de 34 Mbps para llegar a Ecuavisa, Gamavisión, TC Televisión, Teleamazonas, Estadio Atahualpa, Palacio de Gobierno, Municipio y el Congreso.

En Cuenca, la situación es similar, el switch estará configurado de la siguiente manera:

- 13 tarjetas SB34 de 34 Mbps,
- 1 módulo PS515 de fuente de poder,
- 1 módulo CPUF
- 1 módulo IFBC
- 1 módulo Alarm3
- 1 FT001 Fan Tray para la ventilación

El swich será instalado en el cuarto donde se encuentran las radios en Central Cuenca Centro, en un bastidor de 19 pulgadas. Cercano al switch estará el módem para la administración.

Cuatro tarjetas SB34 entrarán al multiplexor 34 a 140 Mbps que da conexión a la reserva de Guayaquil, y otras cuatro entrarán a otro multiplexor para la reserva de Quito.

Una tarjeta entrará al módem de 34 Mbps RAD que va a la Gobernación. Otra tarjeta se conectará directamente mediante coaxial al Municipio. Las otras tres tarjetas se conectan a las radios ATI de 34 Mbps hacia el Coliseo Mayor, Estadio Alejandro Aguilar y Telerama.

Las conexiones ya sea a las radios o hacia los multiplexores son efectuadas en la parte trasera del chasis de switch, donde se encuentran los conectores coaxiales de las tarjetas de 34 Mbps.

La configuración del switch sería hecha mediante del programa BSC de la computadora de administración.

## 6.7 MULTIPLEXOR DTM-140

### 6.7.1 Ensamblaje

Los subbastidores DTM-140 se envían junto con los batidores en los cuales deberán ser instalados.

Estos bastidores se encuentran ya cableados (por lo que refiere solamente al cableado del bastidor) de modo que la posición que ocupan los subbastidores en el mismo resulta ser fija.

La inserción de cada uno de los subbastidores en bastidor (ver figura 6.6) se hace posible por medio de una ménsula de sujeción ① (que siempre se suministra con el subbastidor) que debe montarse previamente en el bastidor.

La ménsula se coloca sólidamente a la estructura portante del bastidor por medio de dos pernos, ②, los cuales se fijan a los laterales del bastidor y encuentran sus respectivas sedes circulantes, ③, en los mismos laterales de la ménsula. El montaje de la ménsula consiste en insertarla en interior de los laterales hasta encontrar el apoyo de los pernos.

La operación no requiere herramientas especiales.

Junto con la ménsula, deben ser previamente montados en el bastidor, los dos soportes que contienen los once conectores coaxiales suministrados con el conjunto.

En estos instantes, el subbastidor puede ser fácilmente instalado cumpliendo con las operaciones que a continuación se describen:

- 1) Se hace deslizar el subbastidor dentro de las guías de la ménsula de sujeción.
- 2) Se introduce el tornillo, ④, situado en la fundición de cabeza del subbastidor, en el agujero roscado, ⑤, de la ménsula: girando el tornillo en el sentido de las agujas del reloj con la llave apropiada, ⑥, se logra fácilmente bloquear el subbastidor en el bastidor (ver figura 6.6).

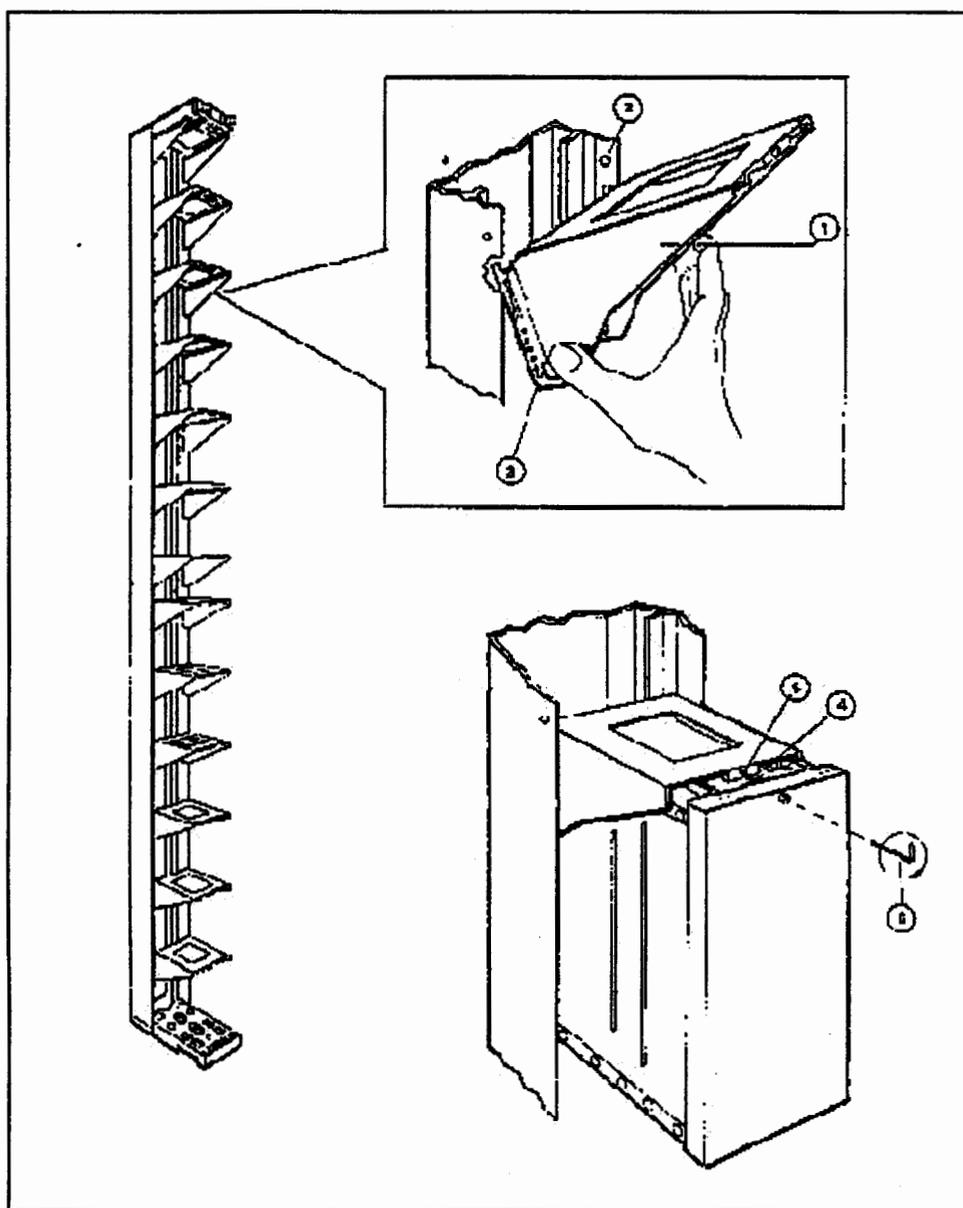


Fig. 6.6. Esquema del montaje del DTM-140

Una vez terminadas estas dos operaciones, es necesario comprobar que:

- El conector hembra del cableado del subbastidor, de cincuenta terminales, se encuentra perfectamente enchufado en el correspondiente conector macho para la conexión con el cableado del bastidor (ver figura 6.7): el conector macho está fijado en el lateral izquierdo del bastidor (con respecto a un observador situado de

frente) mediante tornillos y tuercas que presentan un juego suficiente para asegurar un fácil autocentrado con la parte hembra prevista en el subbastidor.

- Los once conectores coaxiales se encuentran también ellos correctamente insertados en las regletas coaxiales del bastidor por medio de los centradores situados en el subbastidor (ver figura 6.8).

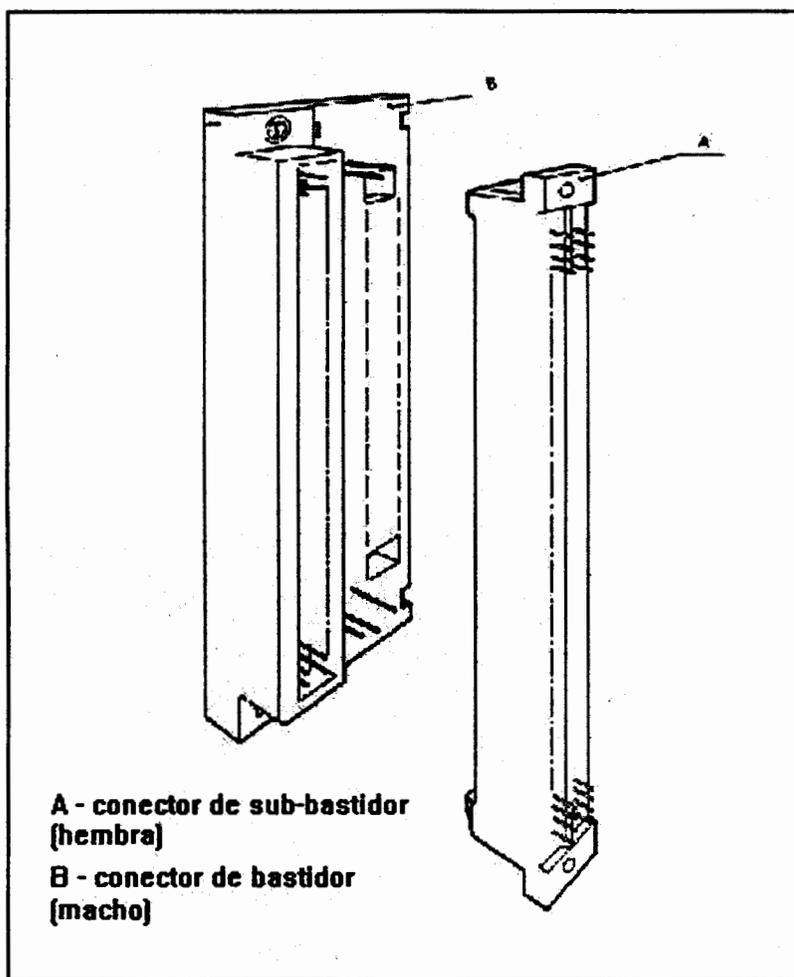


Fig. 6.7. Esquema de conexión entre subbastidor y bastidor

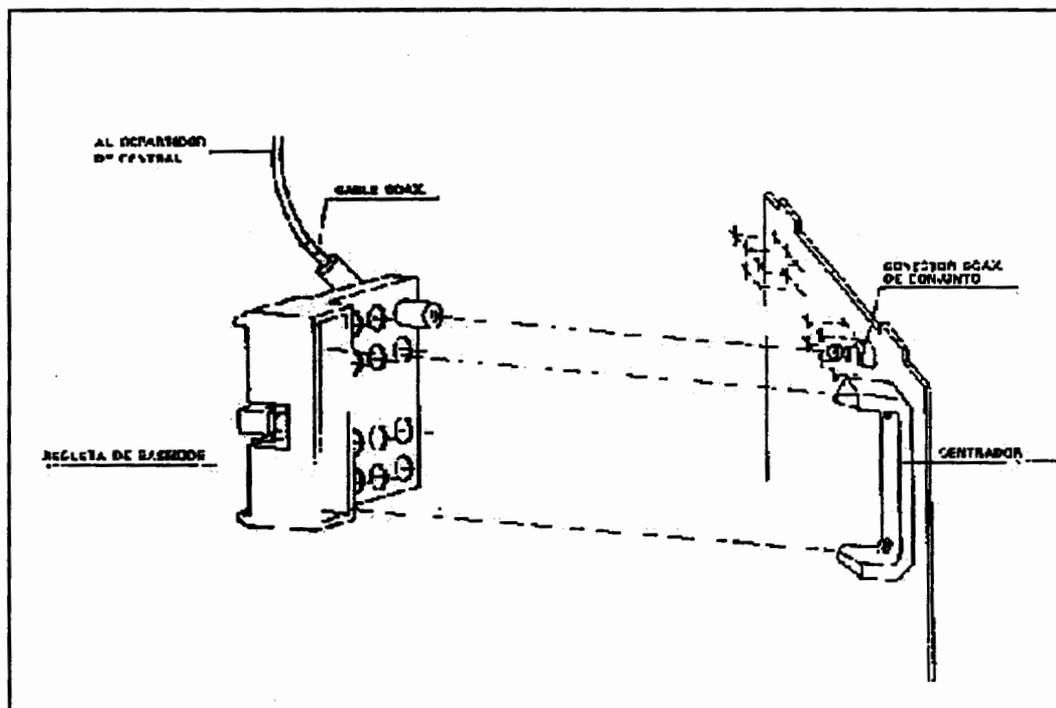


Fig. 6.8. Esquema de conexión de los conectores coaxiales a la regleta del bastidor

La instalación de un solo conjunto DTM-140 se completa desde el punto de vista eléctrico, conectando los lados Tx y los lados Rx (respectivamente salidas y entradas de la señal PCM tanto de los cuatro tributarios como del multiplexor) con las terminaciones disponibles en el repartidor AF de central.

#### 6.7.2 Puesta en servicio del multiplexor

Para llevar a cabo la puesta en servicio del conjunto DTM-140 se debe cumplir con las siguientes preliminares:

- En el caso de haberse previsto la alimentación primaria de batería  $-24$ ,  $-48$  /  $-60$  VCC, manteniendo los subbastidores desinsertados, comprobar que no existan errores de la alimentación. Para hacer esto, es necesario controlar que la tensión primaria esté presente en los correspondientes terminales de la regleta de 50

terminales del bastidor en el cual se ira ha enchufar con el conector del multiplexor. En caso de que el conjunto DTM -140 deba instalarse un bastidor equipada con convertidores que funcionen con alimentación primaria de red, es necesario desinsertar los subbastidores y comprobar que no existan errores de alimentación. Para cumplir con esto, encender los convertidores (CA/CC) del bastidor y seguidamente controlar que se encienda en LED verde y que está presente la tensión en el punto de medida situado en le frontal de los convertidores en cuestión. Controlar también que la misma tensión esté presente en los terminales correspondiente de la regleta de cincuenta terminales en correspondencia de cada uno de los multiplexores.

- Instalar el subbastidor en el bastidor de acuerdo con lo descrito en la sección de ensamblaje.
- Comprobar que las unidades estén insertadas en la posición correcta (según se indica en los manuales).

A continuación se describirán brevemente las operaciones a seguir:

#### 1) Medidas de Alimentación.-

Encender el convertidor del DTM-140.

EL LED verde #29 deberá estar encendido.

Comprobar el valor de las tensiones necesarias para el funcionamiento del conjunto, en los puntos de medida correspondientes.

-4,8 V  $\pm$ 5%

+5,2 V  $\pm$ 5%

## 2) Puesta en servicio de un solo terminal.-

Para determinar el correcto funcionamiento del terminal DTM-140, se debe hacer un lazo en el lado a 140 Mbps de acuerdo con los expuesto en el esquema de la figura 6.9.

Además, es necesario tener a disposición un instrumento generador/receptor, con detector de errores que cumpla con las siguientes características:

- Señal pseudo-aleatoria con secuencia de  $2^{15}-1$  bits;
- Código de interface HDB3/AMI  $\pm 1 V_p$  o bien  $\pm 3 V_p$  en 75 ohmios, de acuerdo con las predisposiciones adoptadas por la unidad.

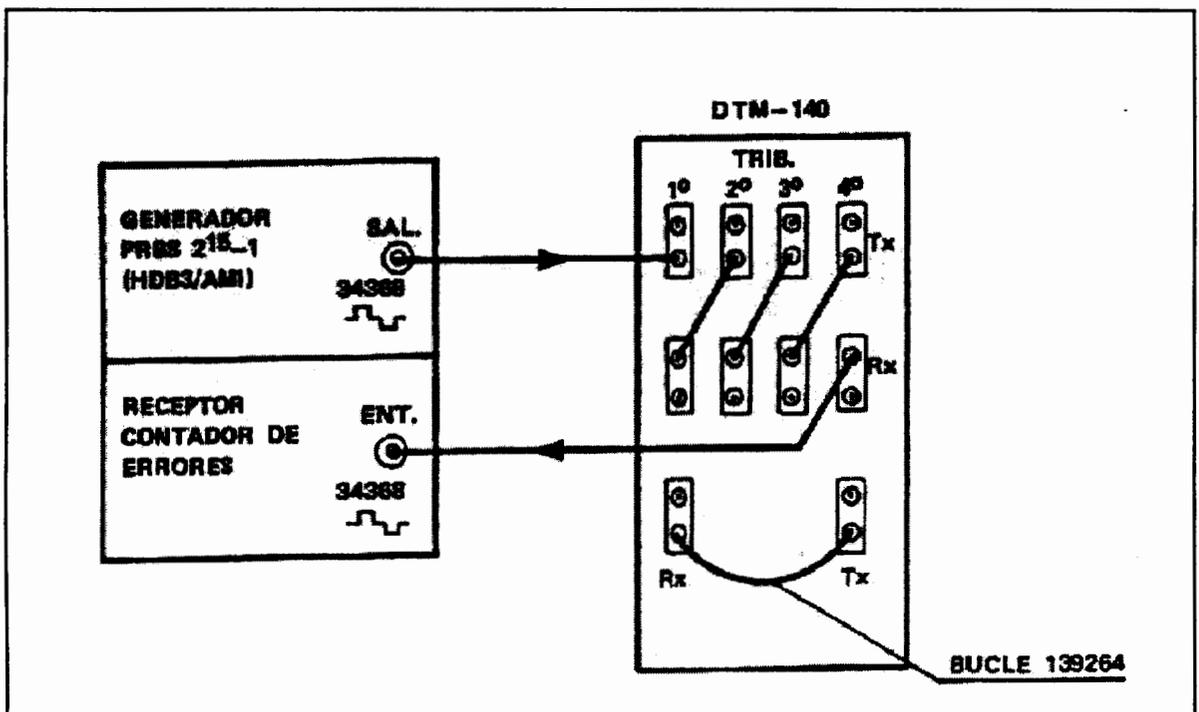


Fig. 6.9 Esquema prueba de eficiencia con bucle y todos los tributarios conectados

## 3) Prueba con todos los tributarios incluidos.-

La señal bipolar a frecuencia de 34368 Kbps generada por el instrumento, debe enviarse al seccionamiento de entrada del 1° TRIBUTARIO (ver figura 6.9). Luego se deben hacer las demás conexiones mostradas en la figura.

Para concluir, desde el lado de seccionamiento de salida del 4° TRIBUTARIO, se debe enviar la señal 34368 Kbps al lado de recepción del instrumento.

Efectuar entonces los siguientes controles:

NO deben existir errores presentes en el detector;

NO deben manifestarse señalizaciones visuales de alarma a nivel de multiplex y ni siquiera nivel de tributario.

La necesidad básica de este multiplexor en nuestro proyecto es el acoplarnos a los distintos canales de reserva, puesto que son de 140 Mbps y los puertos del switch son de 34 Mbps. Este multiplexor será instalado en las tres ciudades, dos por cada ciudad. Todos serán colocados cercano a la ubicación del switch, excepto en Guayaquil, el cual uno será instalado en Central Guayaquil Centro para entrar a la reserva de Cuenca.

## 6.8 BSC ATLAS

La instalación de este programa no es nada fuera de lo común de cualquier aplicación de Windows. El disco de instalación debe ser insertado en la unidad A:. A continuación se debe ejecutar el programa de instalación setup.exe. Hay que asegurarse que no se encuentre abierta ninguna otra aplicación al momento de la instalación para que se realice sin errores. Se insertan los discos siguientes conforme el programa de instalación los vaya pidiendo. Al final se crea una carpeta en el menú Programas, de donde se puede ejecutar el BSC.

Las características del computador necesario para la instalación del programa son las siguientes:

- Procesador 486 o superior, con al menos 8 MB de RAM, con ratón y disquetera
- Monitor VGA o superior
- 20 MB de espacio libre en el disco duro
- Windows 3.1 o superior
- Tarjeta serial de expansión

Cabe notar que para que el computador se comuniquen con los tres switches de Guayaquil, Quito y Cuenca, se deben instalar modems hacia cada uno de los SW1616. Los modems pueden ser de 19,2 Kbps mínimo para tener un buen tiempo de respuesta en el sistema de administración.

La computadora en la cual va a residir el programa de administración sería instalada en la Central Guayaquil Centro. Desde este punto se puede controlar toda la red, gracias a las bondades del programa.

## CAPÍTULO VII

### MANTENIMIENTO DEL SISTEMA

El mantenimiento de los equipos utilizados en el proyecto, se enfoca básicamente en tres áreas:

- Los enlaces de microondas
- Los enlaces de fibra óptica
- Equipos de vídeo

Concerniente a los enlaces de microondas, el mantenimiento se lo realizará en períodos de seis meses, sino surge ninguna eventualidad emergente.

Este mantenimiento consistirá primeramente en verificar que las frecuencias de cada uno de nuestros enlaces de microondas no sufran ningún tipo de interferencia por causa de señales clandestinas. En esta verificación se tendrá la ayuda de un analizador de espectro.

Como segundo paso se procederá a realizar una medición de la tasa de bit errados (BER), para medir la degeneración de la calidad del enlace en el período transcurrido desde el último mantenimiento.

Como tercer paso y como consecuencia de la medición de BER se procederá a realizar una inspección del estado de los conectores, tramos de cable coaxial y tramos de guía de onda, procediendo luego al reemplazo de los conectores y tramos de

conductor deteriorados. Posterior a esto se procede nuevamente a realizar otra medición de BER.

Si los resultados siguen siendo insatisfactorios, se realizará una nueva alineación de las antenas involucradas.

Adicionalmente a esto, se realizará la limpieza de las antenas y mantenimiento de rigor al banco de baterías existente en las estaciones.

Complementando el mantenimiento periódico, contamos también con las alarmas que cada equipo provee las mismas que serán monitoreadas para medidas correctivas.

Con respecto a los enlaces de fibra óptica, como primer paso se realizará la medición de la atenuación en cada tramo, mediante un reflectómetro que también nos permitirá determinar si la fibra ha sufrido alguna ruptura. Esta verificación se realizará cada 6 meses. Debido a la seguridad y fiabilidad de las comunicaciones ópticas, en este sistema no se realizará ningún otro chequeo para su mantenimiento. Aún así se monitoreará constantemente las alarmas generadas por los equipos de fibra óptica, para tomar o no medidas correctivas.

En cuanto a los equipos de vídeo, el mantenimiento principal se lo realizará mediante el software de diagnóstico que provee el fabricante, el cual viene incluido en el software administrativo de cada equipo. Adicionalmente a esto se verificará el buen estado de los conectores y tramos de cable coaxial que se utilizan para conectar los codificadores con los respectivos DCE.

## CAPITULO VIII

### ANALISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO

#### 8.1 COSTO DEL PROYECTO

A continuación se detallan por ciudad, los costos de los equipos a utilizar en el proyecto:

#### PROYECTO GUAYAQUIL

CANT.	DESCRIPCIÓN	COSTO UNITARIO USDS	COSTO TOTAL USDS
8	ANTENA ANDREW KP4F-19A	800,00	6.400,00
2	ANTENA ANDREW PL6 - 37E	1.000,00	2.000,00
2	BOBINA DE 304 METROS DE CABLE HELIAX ½"	500,00	1.000,00
4	BOBINA DE 304 METROS DE COAXIAL RG59	370,00	1.480,00
3	BOBINA DE 304 METROS DE FIBRA OPTICA	1.500,00	4.500,00
1	BOBINA DE 304 METROS DE GUIA DE ONDA ANDREW	600,00	600,00
8	CODEC DVT45	20.000,00	160.000,00
4	CONECTOR 134DE ANDREW	15,00	60,00
16	CONECTOR TIPO N MACHO ANDREW	10,00	160,00
4	CONECTOR TIPO ST	30,00	120,00
2	MODEM RAD FOM E3	2.600,00	5.200,00
2	MULTIPLEXOR DTM-140 TELETTRA	92.000,00	184.000,00
8	RADIO ATI FSK + 2 GHz (E3)	15.000,00	120.000,00
2	RADIO SIEMENS 4X34 2+0	70.000,00	140.000,00
1	SWITCH TRIDENT SW1616 ABL	170.000,00	170.000,00
2	TORRE DE 15 METROS	315,00	630,00
<b>TOTAL</b>			<b>796.150,00</b>

Tabla 8.1. Costo del proyecto - Guayaquil

### PROYECTO QUITO

CANT.	DESCRIPCIÓN	COSTO UNITARIO USDS	COSTO TOTAL USDS
16	ANTENA ANDREW KP4F-19A	800,00	12.800,00
2	ANTENA ANDREW PL6 - 37E	1.000,00	2.000,00
1	BOBINA DE 304 METROS DE CABLE HELIAX ½"	500,00	500,00
8	CODEC DVT45	20.000,00	160.000,00
4	CONECTOR 134DE ANDREW	15,00	60,00
32	CONECTOR TIPO N MACHO ANDREW	10,00	320,00
2	MULTIPLEXOR DTM-140 TELETTRA	92.000,00	184.000,00
16	RADIO ATI FSK + 2 GHz (E3)	15.000,00	240.000,00
2	RADIO SIEMENS 140 2+0	70.000,00	140.000,00
1	SWITCH TRIDENT SW1616 ABL	170.000,00	170.000,00
4	TORRES DE 15 METROS	500,00	2.000,00
1	MASTIL DE 8 METROS	100,00	100,00
<b>TOTAL</b>			<b>911.780,00</b>

Tabla 8.2. Costo del proyecto - Quito

### PROYECTO CUENCA

CANT.	DESCRIPCIÓN	COSTO UNITARIO USDS	COSTO TOTAL USDS
6	ANTENA ANDREW KP4F-19A	800,00	4.800,00
1	BOBINA DE 304 METROS DE CABLE COAXIAL RG59	370,00	370,00
1	BOBINA DE 304 METROS DE CABLE HELIAX ½"	500,00	500,00
1	BOBINA DE 304 METROS DE FIBRA OPTICA	1.500,00	1.500,00
5	CODEC DVT45	20.000,00	100.000,00
12	CONECTOR TIPO N MACHO ANDREW	10,00	120,00
4	CONECTOR TIPO ST	30,00	120,00
2	MODEM RAD FOM E3	2.600,00	5.200,00
1	MULTIPLEXOR DTM-140 TELETTRA	92.000,00	92.000,00
6	RADIO ATI FSK + 2 GHz (E3)	15.000,00	90.000,00
1	SWITCH TRIDENT SW1616 ABL	170.000,00	170.000,00
1	TORRE DE 12 METROS	250,00	250,00
1	TORRE DE 45 METROS	945,00	945,00
<b>TOTAL</b>			<b>465.805,00</b>

Tabla 8.3. Costo del proyecto - Cuenca

**RESUMEN**

PROYECTO QUITO (USD\$)	911.780,00
PROYECTO GUAYAQUIL (USD\$)	796.150,00
PROYETO CUENCA (USD\$)	465.805,00
<b>TOTAL DEL PROYECTO GLOBAL (USD\$)</b>	<b>2.173.735,00</b>

Tabla 8.4. Costo del Total del Proyecto

**8.2 DETERMINACIÓN DE LAS TARIFAS DEL SERVICIO**

Conociendo el costo de la infraestructura montada, debemos justificarla y hacerla lo más atractiva para los posibles inversionistas. Para esto, ateniéndonos a las consideraciones de las compañías que prestan los servicios de transporte de señales, se tomarán en cuenta los siguientes factores:

Sabemos que carriers locales, cobran por arrendar un canal de datos de 34 Mbps entre Guayaquil y Quito, un valor de 290.000 dólares mensuales. En base a estos podemos fijar un precio por hora de costo de operación del orden de los 402 dólares. Entonces podemos sugerir que un servicio de transporte de vídeo codificado debe tener un precio superior a este valor. Además debemos considerar los siguientes conceptos:

- **Tipo de aplicación**

Si se toma como aplicación un evento en particular que se transmite bajo un esquema de tipo diario, podemos decir que las noticias son eventos fijos y con una duración de tiempo predefinido. Por lo tanto si un canal de televisión requiere transmitir sus noticieros diarios, se puede obtener 90 minutos de consumo. Es necesario recordar que este tipo de aplicación actualmente los canales de televisión ya disponen, pero con tecnología analógica y con calidad que no permite edición. Con infraestructura

montada la calidad es de estudio y se puede editar y procesar la información, según datos de ABL más de 16 veces sin degradación ostensible.

- **Definir días hábiles**

Si tomamos como referencia 22 días hábiles, sin contar los fines de semana, que eventualmente pueden ser días de servicio normal, se puede definir que la cantidad de horas mensuales por concepto de noticia para un canal de televisión son 33 horas por mes. Para nuestro cálculo se tomará una base de 50 horas al mes.

- **Definir tarifa**

La tarifa se fija de acuerdo a los montos de inversión, costos fijos, la depreciación, los porcentajes de ganancia, competencia, entre otros.

Si comparativamente se puede determinar que los valores internacionales fluctúan entre los 450 dólares y 1.200 dólares por hora, podríamos fijar una tarifa de 600 dólares por hora por un servicio entre Quito y Guayaquil, es decir, para repartir la señal tanto en Quito como en Guayaquil. Este valor se justifica si tenemos en cuenta que las tarifas en Chile, Perú y Argentina están entre 500 y 600 dólares la hora.

La tabla siguiente puede determinar los valores que se obtienen en forma mensual por un contrato de servicio para aplicación de noticias de un canal de televisión:

Número de Televisoras	Horas diarias de servicio	Horas mensuales de servicio	Ingreso mensual (\$)
1	2,2	50	30.000
2	4,5	100	60.000
3	6,8	150	90.000
4	9,0	200	120.000

Tabla 8.5. Ingresos mensuales de acuerdo al número de televisoras

Para transmisiones locales se podría establecer un precio de 300 dólares la hora. Para servicios Quito - Guayaquil - Cuenca simultáneamente, el valor sería de 1200 dólares la hora.

El precio de 600 dólares corresponden en un 67% para cubrir los costos fijos (por transmisión de microondas, equipos de vídeo, instrumentos, frecuencias, personal, etc.) y en un 33% corresponden a las utilidades, costos variables, amortización de acreedores, etc.

En la tabla solo consideramos la transmisión de eventos noticiosos. No se han considerado otros eventos como son: eventos deportivos, eventos desde Congreso Nacional, Alcaldías, etc. que incrementarían las horas de transmisión. Por ejemplo: Los canales de televisión se disputan todos los años los derechos de transmisión de los partidos de fútbol del Campeonato Nacional de los principales equipos y de la Copa Libertadores de América; por lo tanto la infraestructura instalada se la ofrecería a la televisora que adquiera estos derechos.

- **Definir competencia**

En la actualidad ninguna empresa ofrece el servicio que este proyecto propone. Consideramos como única competencia los enlaces satelitales punto-punto, pero se debe tomar en cuenta que, a pesar de que su precio está en el orden de los 350 dólares, el servicio satelital es de distribución y no de contribución, ya que los anchos de banda concertados son a lo máximo de 8 Mbps con compresión MPEG 2. Esto significa que la calidad es solo para difundir la información de vídeo, pero no para procesarla o editarla. Además es un servicio fijo y programado a periodos predeterminados, o sea, no es en base a demanda. Con lo anteriormente explicado se

concluye que la comparación de los servicios deben determinarse en base a la calidad y el tipo de señal.

- **Cronograma de Ejecución**

El proyecto se lo implementaría de acuerdo los siguientes pasos:

INSTALACIÓN	TIEMPO DE EJECUCIÓN (DÍAS)
Tiempo de fabricación	90
Tiempo de desaduanización	30
Medición de BER canal de reserva GYEI-UIO-CUE	1
Muxes 4 a 140 GYE-UIO-CUE	7
Radios 140 en UIO y 4x34 entre Carmen-GYE-Centro	7
Switches GYE-UIO-CUE	3
Torres o mástiles GYE-UIO-CUE	15
Sistema microonda en GYE	5
Sistema de fibra en GYE	7
Pasado de cable coaxial GYE	2
Codecs en GYE	2
Sistema microonda en UIO	15
Codecs en UIO	3
Sistema microonda en CUE	3
Sistema de fibra en CUE	7
Pasado de cable coaxial CUE	1
Codecs en CUE	2
Configuración switches y codecs	5
Pruebas totales	15

Tabla 8.6. Cronograma de Ejecución

Por lo que se estima terminar en proyecto en aproximadamente 220 días.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

El objetivo fundamental de nuestro proyecto fue el de proveer una alternativa de comunicación de señales televisivas utilizando equipamiento previamente instalado en la infraestructura de las empresas telefónicas ecuatorianas. Dentro de nuestro trabajo se ha descrito la instalación y configuración del equipo adicional necesario para brindar el servicio desde los puntos seleccionados como fuente de información, así como también la estructura de la red y la ubicación de cada uno de los mismos.

Debido al análisis realizado en el capítulo VIII, se concluye que nuestro proyecto requiere de una alta inversión inicial, pero hay que tener en cuenta que lo que se implementaría es una red completa de transmisión de vídeo, que incluye una gran cantidad de equipamiento de tecnología de punta. Cada lugar que se consideró para ser parte nuestra red significó un problema distinto para resolver su conectividad, razón por la cual se utilizó una diversidad de soluciones tal como microondas, fibra óptica, repetidores estratégicos, etc.

Toda la inversión hecha para la implementación se paga en aproximadamente año y medio, luego de los cuales, el dinero recaudado será ganancia.

La facilidad de administración vía software remoto que presenta el sistema lo hace muy versátil, ya que permite programación de rutas anticipadas y cronometradas lo que conlleva a una disminución de costos operativos, justificando aún más su rentabilidad.

En caso de falla de la red de transmisión de las televisoras, nuestro sistema podría ser configurado como un canal de respaldo, obteniendo inclusive ventajas en la calidad de la señal de vídeo, gracias a la tecnología digital utilizada.

Se aprovecha de un recurso que no está explotado en la totalidad del tiempo, lo cual disminuye el costo de tener enlaces de microondas dedicados entre ciudades.

Analizando los posibles clientes que se servirían de nuestra red, se deduce que son los eventos deportivos los que más rentas generan, ya que se los transmite generalmente en vivo, no siendo el mismo caso en los eventos noticiosos, que pueden ser almacenados para una futura reproducción, de acuerdo con esto, una posible expansión del sistema debería ser orientada a expandir clientes que manejen estos eventos.

## RECOMENDACIONES

Debido a la gran inversión que se necesita para la implementación del proyecto se sugiere llevarlo a cabo mediante fases, para así ir obteniendo rentabilidad en el transcurso de la implementación.

Para el caso de futura expansión de la red se debe considerar que los switches ubicados en cada ciudad, con excepción del que está en la ciudad de Cuenca, se encuentran ya utilizados en su totalidad, por lo que se recomienda la interconexión por medio de otro switch conectado en cascada con lo cual se obtendrían 16 nuevos puertos para servicio. Otra alternativa en la ampliación de cobertura de sitios se la podría realizar mediante un estudio estadístico, partiendo del hecho que no todas las localizaciones transmiten al mismo tiempo.

## APÉNDICES

## APÉNDICE A



**KP4F-19A**

**Tower Interface**

6.9 (175)

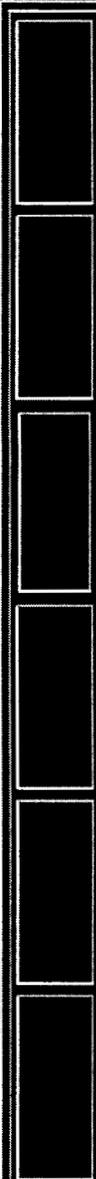
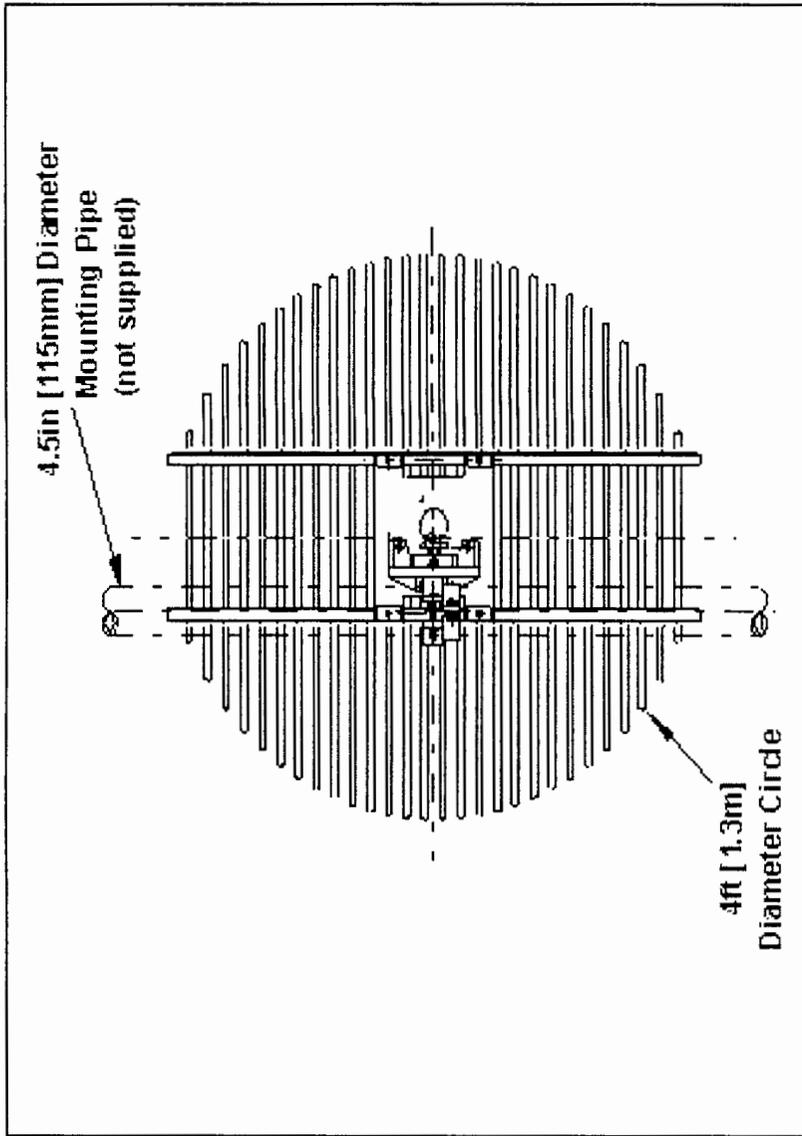
29.9 (760)

16.4 (416)

7.3 (185)

5.7 (146)

8.3 (212)



**Tower Interface** KP4F-19A SIDE VIEW

**Tower Interface**

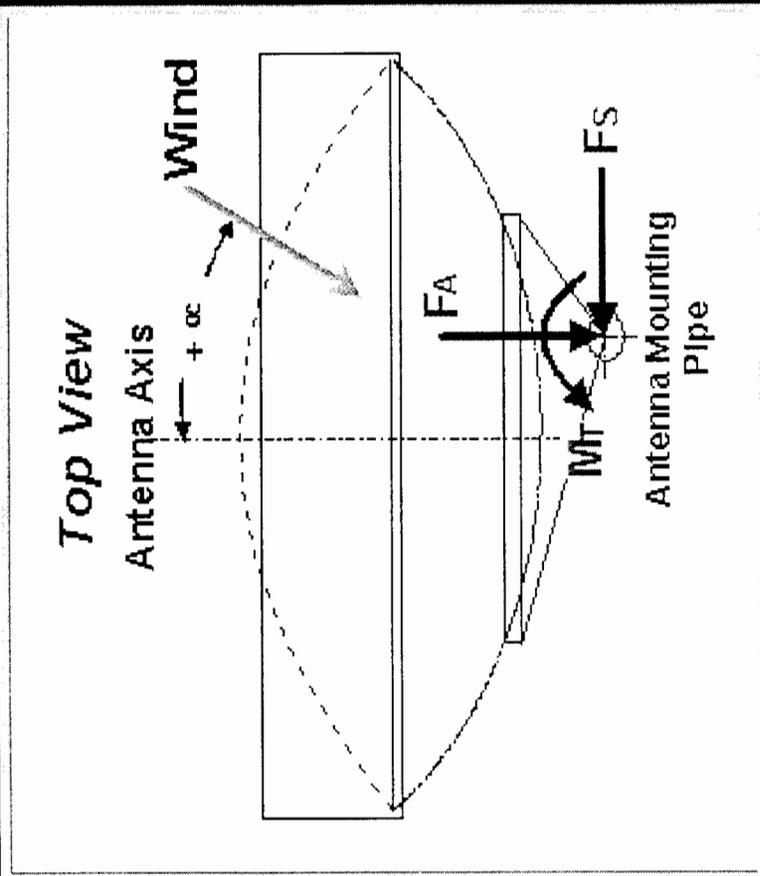
	inches (mm)
A	6.9 (175)
B	29.9 (760)
C	16.4 (416)
D	7.3 (185)
E	5.7 (146)
F	8.3 (212)
G	
H	
I	
J	
K	
L	
M	
N	
O	
P	
Q	
R	
S	
T	
U	

Isometric    Top View    Side View    Real View    Print    Cancel



# Wind Loading

at 125 MPH (200 km/hr)



DESCRIPTION	STANDARD ANTENNA	STANDARD WITH RADOME
$F_a$	375.9	
	lbs	
	1672.3	
	N	
$F_s$	190.5	
	lbs	
	847.3	
	N	
$M_t$	319.1	
	ft-lbs	
	432.7	
	N-m	
ANGLE	50	ANGLE

CANCEL

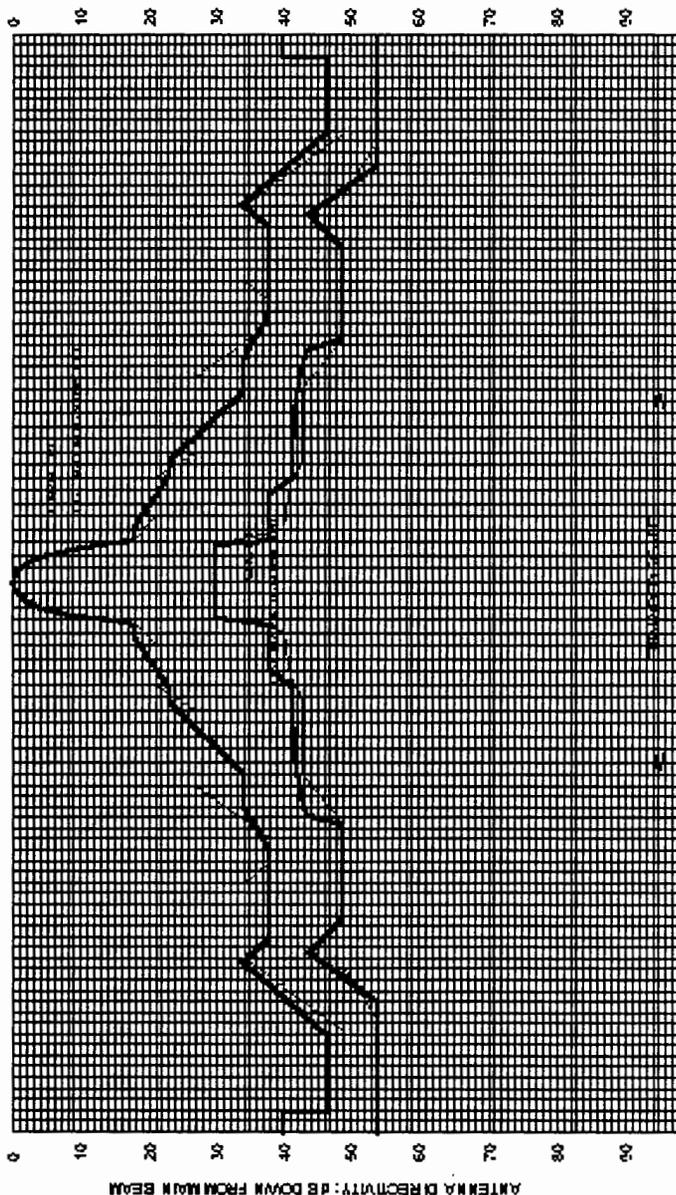
PRINT

## APÉNDICE B

### Radiation Pattern Envelope

Antenna Type Number: PLUS-37E  
 8 (1-3) 1/16" Antenna SFB-4380 MHL  
 Gain: 20.00 dBi at Redband Single Polarized Low VSWR  
 — Envelope for a Resonantly Polarized Antenna (RP, H)  
 — Envelope for a Vertically Polarized Antenna (V, V)  
 See Bulletin Number 244, for a complete table of Antenna Properties.

**ANDREW**  
 RPE Number 2402  
 Date: 7-12-78



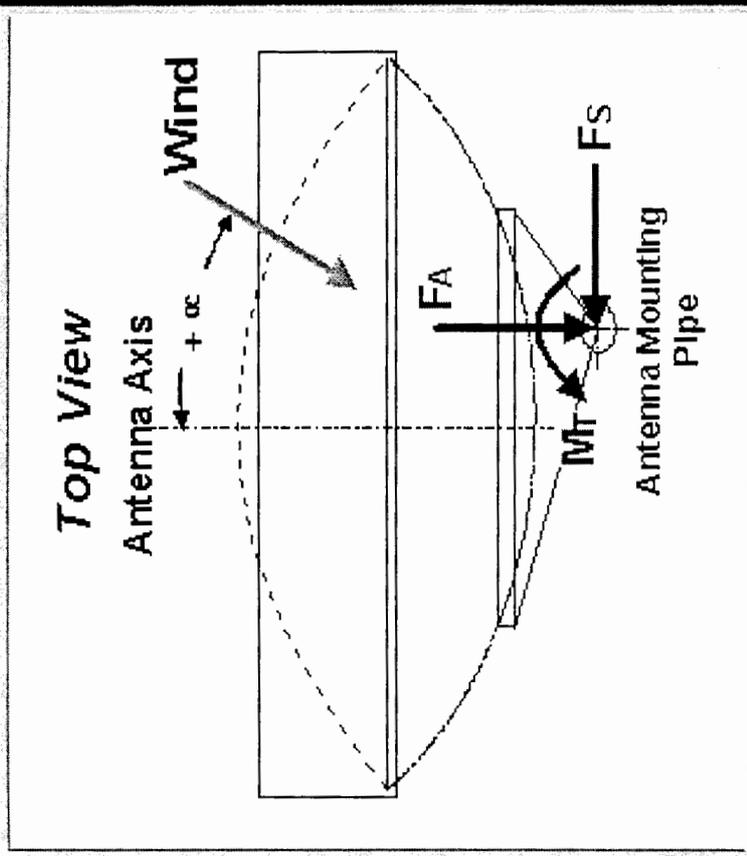






# Wind Loading

at 125 MPH (200 km/hr)



DESCRIPTION	PL6-37E
STANDARD ANTENNA	STANDARD WITH RADOME
$F_a$	$F_a$
1943.9	976.3 lbs
8646.7	4343 N
$F_s$	$F_s$
530.6	600.8 lbs
2360.2	2672.6 N
$M_t$	$M_t$
-1788.5	1703 ft-lbs
-2424.8	2308.9 N-m
ANGLE	ANGLE
-125	99

CANCEL

PRINT

## BIBLIOGRAFÍA

1. SISTEMAS DE COMUNICACIÓN, B. P. Latti, 1994, McGraw Hill.
2. COMPRESSION IN VIDEO & AUDIO, John Watkinson, 1995, Focal Press.
3. SISTEMAS DE COMUNICACIÓN, Ferrel G. Stremmer, 1989, Alfaomega.
4. MANUAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA, Volumen IV, Donald G. Fink - Donald Christiansen, 1992, McGraw Hill.
5. MANUAL TÉCNICO MÓDEM 16 QAM CMF 62/16, 1988, Siemens Telecomunicazioni.
6. MANUAL TÉCNICO RADIO TRANSCEVER CTR 216/4, 1988, Siemens Telecomunicazioni.
7. MANUAL TÉCNICO MULTIPLEXOR DTM-140, 1987, Telettra Telecomunicazioni.
8. APUNTES DE CLASE DE TÓPICO DE TRANSMISIÓN DIGITAL, 1997 - 1998, Fac. de Ingeniería Eléctrica y Computación, ESPOL.
9. BASIC CONCEPTS OF BER TEST IN nPSK AND nQAM SYSTEMS AS A FUNCTION OF S/N, 1987, Siemens Telecomunicazioni.
10. [www.abl.com](http://www.abl.com).
11. [www.atiradio.com](http://www.atiradio.com).
12. [www.andrew.com](http://www.andrew.com).
13. [www.rad.com](http://www.rad.com).