

T
621.380422
C146

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA



D-7066

"PLANIFICACION DE UN SISTEMA DE COMUNICACION ENTRE LA PROVINCIA
DE GALAPAGOS Y EL TERRITORIO CONTINENTAL ECUATORIANO
USANDO UN ENLACE SATELITAL DOMESTICO"

TESIS DE GRADO

PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE :

INGENIERO EN ELECTRICIDAD

ESPECIALIZACION: ELECTRONICA

PRESENTADA POR :

MANUEL RICARDO CALDERON QUIJIJE

GUAYAQUIL-ECUADOR

1985



AGRADECIMIENTO

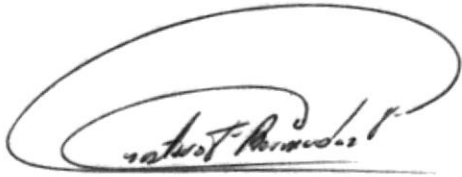
AL ING. FREDDY VILLO QUEZADA,
Director de Tesis, por su valiosa
ayuda que ha permitido la realización
de esta Tesis.

DEDICATORIA

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

A LEONOR



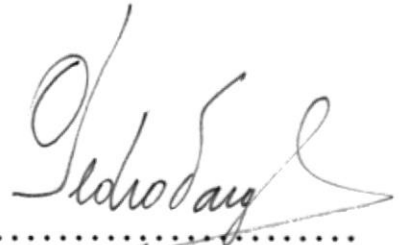
.....
Ing. Gustavo Bermúdez Flores
Sub-Decano de la Facultad
de Ingeniería Eléctrica



.....
Ing. Freddy Villao Quezada
DIRECTOR DE TESIS



.....
Ing. Pedro Carib Paredes
MIEMBRO PRINCIPAL




.....
Ing. Pedro Vargas Gordillo
MIEMBRO PRINCIPAL

DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

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


.....
MANUEL RICARDO CALDERÓN QUIJIJE

RESUMEN

Esta tesis presenta la planificación de un sistema de comunicación doméstica entre la Provincia de Galápagos y el continente ecuatoriano.

En la actualidad la Provincia de Galápagos se comunica con el territorio continental ecuatoriano mediante un sistema de comunicación en HF.

Este es un sistema de comunicación que depende de la frecuencia de transmisión y de las condiciones atmosféricas del trayecto en que se realiza el enlace. Esta dependencia hace que la comunicación telefónica sea aleatoria. Además hay que resaltar que con el actual sistema, una transmisión de datos sería de muy poca confiabilidad.

Otra desventaja de este sistema es que transmisiones de televisión no se podrían efectuar hacia nuestra Región Insular. Con el sistema de comunicación que aquí presento pretendo mejorar en un principio el servicio de telefonía, telegrafía y telex en esta estratégica provincia ecuatoriana.

El sistema constará de dos partes: un segmento espacial que se le alquilará a INTELSAT y un segmento terrestre

que constará de dos estaciones normalizadas por INTELSAT para una comunicación doméstica.

En el primer capítulo de esta tesis se dan definiciones básicas sobre los elementos y características de una comunicación vía satélite.

En el segundo capítulo me refiero a INTELSAT y a los servicios que brinda a sus miembros, entre ellos Ecuador.

En el tercer capítulo se efectúan los estudios preliminares del proyecto como son: la factibilidad de ubicación de las estaciones terrenas, sus características técnicas y la selección del satélite de INTELSAT al cual se le arrendará el transpondedor con el que trabajará el sistema.

En el cuarto capítulo se realizan todos los cálculos geométricos y cálculos de enlace del sistema usando un programa en BASIC con la ayuda del Sistema IBM 4341 de la ESPOL. Además se planifica la integración del sistema a la infraestructura y red de microondas ya existente en el país.

El capítulo V trata sobre los costos del sistema, considerando el costo del segmento terrestre y los cargos por el uso del segmento espacial alquilado.

En el capítulo VI me refiero a la reglamentación y procedimientos que deberá seguir el país para obtener capacidad alquilada de transpondedor.

En el capítulo VII se plantea la expansión futura del sistema y el objetivo de la misma.

Finalmente se emiten conclusiones y recomendaciones para la ejecución del proyecto propuesto.

INDICE GENERAL

	<u>Pág.</u>
RESUMEN	VI
INDICE GENERAL	X
INDICE DE ABREVIATURAS	XII
INDICE DE FIGURAS	XV
INDICE DE FOTOGRAFIAS	XVII
INDICE DE TABLAS	XVIII
INTRODUCCION	19
CAPITULO I	
CONCEPTOS BASICOS DE UN SISTEMA DE COMUNICACION POR SATELITE	21
1.1 <i>Definiciones de los elementos que intervienen en una comunicación por satélite</i>	21
1.2 <i>Propiedades de los enlaces satelitales</i>	31
1.3 <i>Selección de la banda de frecuencia óptima</i>	31
1.4 <i>Transmisión de una señal vía satélite</i>	36
1.5 <i>Clasificación de los sistemas de comunicación por satélite</i>	38
CAPITULO II	
SERVICIOS DE ALQUILER DE INTELSAT	44
2.1 <i>Definición de INTELSAT</i>	44
2.2 <i>Evolución de comunicación doméstica</i>	47
2.3 <i>Capacidad alquilada</i>	50
2.4 <i>Comunicación doméstica en el Ecuador</i>	52
2.5 <i>Servicios cursados a través de redes nacionales al alquilar un transpondedor o parte de éste a INTELSAT</i>	53

CAPITULO III

ESTUDIOS PRELIMINARES PARA DESARROLLAR EL PROYECTO	60
3.1 Aspectos generales de Provincia de Galápagos	60
3.2 Actual sistema de comunicación entre la Provincia de Galápagos y el territorio continental ecuatoriano	62
3.3 Alternativa	65
3.4 Factibilidad de ubicación de las estaciones terrenas	68
3.5 Selección, posición orbital y características del satélite con el cual trabajará el sistema	79

CAPITULO IV

CONCEPCION DEL PROYECTO	85
4.1 Objetivos del proyecto	85
4.2 Cálculos de los parámetros geométricos de las estaciones terrenas	86
4.3 Determinación de los parámetros básicos del sistema y cálculos de enlace	90
4.4 Integración del sistema a la infraestructura y red de microondas ya existente en el país	109

CAPITULO V

ASPECTOS FINANCIEROS	125
5.1 Consideraciones generales	125
5.2 Costos del segmento terrestre	125
5.3 Cargos del segmento espacial	130

CAPITULO VI

REGLAMENTACION A SEGUIR PARA OBTENER CAPACIDAD ALQUILADA 132

6.1 Procedimiento para obtener una asignación de capacidad
alquilada 1326.2 Procedimiento para obtener aprobación para acceder al
satélite 134

CAPITULO VII

EXPANSION FUTURA DE LA RED 135

7.1 Objetivo de la expansión 135

7.2 Conformación del segmento espacial y terrestre 136

7.3 Plan de localización de las nuevas estaciones terrenas 139

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 143

APENDICES 145

BIBLIOGRAFIA 173

INDICE DE ABREVIATURAS

A	: Alimentador
AM	: Modulación en amplitud
AMP	: Amplificador
AN	: Antena
Az	: Azimuth
CB	: Convertidor de bajada
CDM	: Multiplexación por división de código
CDMA	: Acceso múltiple por división de código
CFM	: Modulación en frecuencia por canal
CS	: Convertidor de subida
D	: Distancia
d	: Diámetro
dB	: Decibelio
dBw	: Decibelio referido a un vatio
DEMÓD	: Demodulador
DP	: Duplexor polarizado
ET	: Estación terrena
F	: Frecuencia
FI	: Frecuencia intermedia
FDM	: Multiplexación por división de frecuencia
FM	: Modulación en frecuencia
FR	: Filtro de recepción
FT	: Filtro de transmisión
G	: Ganancia
G/T	: Figura de Mérito

- GHz : Gigahertz
H : Híbrido
HF : Alta frecuencia
HPA : Amplificador de alta potencia
IESS : Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social
IETEL : Instituto Ecuatoriano de Telecomunicaciones
INGALA: Instituto Nacional de Galápagos
INMARSAT : Organización Internacional Marítima por Satélite
INTELSAT : Organización Internacional de Telecomunicaciones por Satélite.
- IPA : Amplificador de potencia intermedia
K : Grados Kelvin
KHz : Kilohertz
Km : Kilómetro
Lb : Libra
LNA : Amplificador de bajo ruido
M : Millón
MHz : Megahertz
Mix : Mezclador
MOD : Modulador
mt : Metro
O.L. : Oscilador Local
P : Pérdidas
PCM : Modulación por códigos de pulso
PIRE : Potencia Isotrópica Radiada Efectiva
Pt : Potencia del transmisor

RF	: Radiofrecuencia
Rx	: Receptor
S	: Satélite
SCPC	: Modulación de un canal por portadora
sg	: Segundos
TDM	: Multiplexación por división de tiempo
TDMA	: Acceso Múltiple por División de Tiempo
TV	: Televisión
TWT	: Tubo de ondas viajeras
Tx	: Transmisor
UHF	: Ultra alta frecuencia
UIT	: Unión Internacional de Telecomunicaciones
US	: Estados Unidos de Norte América
VF	: Frecuencia de voz
VHF	: Muy alta frecuencia

INDICE DE FIGURAS

<u>Nº</u>		<u>Pág.</u>
1	CONFIGURACION GENERAL DE UN SATELITE DE COMUNICACION	23
2	DIAGRAMA GENERAL DE UN ESTACION TERRENA	27
3	GRAFICO DE % PP CONTRA ANGULO DE ELEVACION PARA LA BANDA DE 4/6 GHz	.34
4	GRAFICO DE % PP CONTRA ANGULO DE ELEVACION PARA LA BANDA DE 12/14 GHz	35
5	CONFIGURACION DE UNA RED ESTRELLA	42
6	CONFIGURACION DE UNA RED MALLA	43
7	CONFIGURACION DE UNA RED PARA ENLACES DE TRAFICO INTERURBANO	55
8	CONFIGURACION DE UNA RED PARA ENLACES DE TRAFICO URBANO A UBICACION REMOTA	57
9	CONFIGURACION DE UNA RED DE DISTRIBUCION DE TELEVISION	59
10	ACTUAL SISTEMA DE COMUNICACION CON GALAPAGOS	64
11	DIAGRAMA DE UNA ESTACION TERRENA MAESTRA	67
12	DIAGRAMA DE UNA ESTACION TERRENA DE POCO TRAFICO	69
13	ESPECTRO DE FRECUENCIA DE UNA PORTADORA MODULADA EN FM	96
14	ESQUEMA DE LA TRANSMISION DE LOS CANALES DE VOZ (FDM/FM) DESDE DURAN	98
15	ESQUEMA DE LA TRANSMISION DE LOS CANALES DE VOZ (SCPC/CFM) DESDE SAN CRISTOBAL	100
16	GRAFICO DE LA TEMPERATURA DE RUIDO TROPOSFERICO CONTRA FRECUENCIA	106
17	SISTEMA DE MICROONDAS DE 300 Y 960 CANALES	111

<u>Nº</u>		<u>Pág.</u>
18	TORRE DE TELECOMUNICACIONES DEL CARMEN	112
19	MAPA DE LA ISLA SAN CRISTOBAL MOSTRANDO EL ENLACE IETEL PUERTO BAQUERIZO-E.T. SAN CRISTOBAL	115
20	PERFIL CERRO PATRICIA-IETEL PUERTO BAQUERIZO	116
21	ENLACE CENTRAL IETEL PUERTO BAQUERIZO-E.T. SAN CRISTOBAL	118
22	MAPA DE GUAYAQUIL MOSTRANDO EL ENLACE E.T. DURAN- CENTRAL CENTRO	121
23	PERFIL DURAN (CERRO)-CENTRAL CENTRO	122
24	ENLACE E.T. DURAN-CENTRAL CENTRO	123
25	DISTRIBUCION DEL NUEVO ANCHO DE BANDA ALQUILADO	137
26	RED DE ESTACIONES TERRENAS	140

INDICE DE FOTOGRAFIAS

<u>Nº</u>		<u>Pág.</u>
1	CARACTERISTICAS DEL SITIO Y SUS ALREDEDORES EN DONDE SE COLOCARA LA E.T. DURAN	71
2	CARACTERISTICAS DEL SITIO Y SUS ALREDEDORES EN DONDE SE COLOCARA LA E.T. SAN CRISTOBAL	76

INDICE DE TABLAS

<u>Nº</u>		<u>Pág.</u>
I	INCREMENTO DE LOS SISTEMAS DE ALQUILER DE INTELSAT PARA SERVICIOS NACIONALES	49
II	CARACTERSTICA DE OPERACION FDM/FM EN FUNCION DE LA CAPACIDAD SELECCIONADA DE LOS INTELSAT V	81
III	CARACTERISTICA DE LOS PARAMETROS DE COMUNICACION DE LOS INTELSAT V	82
IV	PIRE REQUERIDO A LAS ESTACIONES DOMESTICAS POR PARTE DE LOS INTELSAT V PARA UN ANGULO DE ELEVACION DE DIEZ GRADOS	83
V	REQUERIMIENTO DE POLARIZACION DE LAS ESTACIONES TERRE NAS QUE UTILICEN A LOS INTELSAT V	84
VI	MATRIZ DE TRAFICO DE LOS CANALES	142

El sistema de comunicación que se planea en esta tesis es un sistema que permitirá llevar en un principio servicios de telefonía, telegrafía y telex, pudiendo ampliarse

este es un sistema con el cual no se puede transmitir datos confiablemente y tampoco se podría llevar señales de televisión desde el continente ecuatoriano.

La desventaja de este sistema es que el usuario está sujeto a las condiciones atmosféricas predominantes en la zona para obtener una comunicación eficiente. Además

la desventaja de este sistema es que el usuario está sujeto a las condiciones atmosféricas predominantes en la zona para obtener una comunicación eficiente. Además

La provincia de Galápagos se encuentra a 972 kms de la costa ecuatoriana por lo que debido a su distancia no se encuentra al alcance de un sistema de microondas.

En el Ecuador existen poblaciones que debido a su difícil situación geográfica o por su considerable distancia no han podido ser accedidas por alguna red de microondas y por lo tanto no han podido ser integradas completamente a las telecomunicaciones del país.

INTRODUCCION

luego para la transmisión de televisión y de datos desde el continente ecuatoriano.

El sistema contempla la ubicación de 2 estaciones terrenas normalizadas por INTELSAT para una comunicación doméstica en San Cristóbal, Provincia de Galápagos y en la parroquia Durán, Provincia del Guayas en el territorio continental ecuatoriano.

El segmento espacial por medio del cual se enlazarán estas dos estaciones será de 1/4 de transpondedor que será alquilado al satélite INTELSAT V (F4).

La comunicación de la Provincia de Galápagos con el resto del país se la hará mediante la Central de Tránsito en Guayaquil usando la infraestructura de la red de microondas ya existente en el país.

Con este proyecto se pretende crear una iniciativa para que el gobierno ecuatoriano en poco tiempo entre en la fase de la comunicación satelital doméstica; de tal manera que extendiendo el alquiler del ancho de banda del transpondedor se puedan intercomunicar la mayoría de las poblaciones aisladas y dispersas de nuestra patria.

CAPITULO I

CONCEPTOS BASICOS DE UN SISTEMA DE COMUNICACION POR SATELITE

1.1 DEFINICIONES DE LOS ELEMENTOS QUE INTERVIENEN EN UNA COMUNICACION POR SATELITE.

Los elementos básicos que intervienen en una comunicación por satélite son dos :

- satélite de comunicación
- estación terrena

1.1.1 SATELITE DE COMUNICACION

Un satélite de comunicación es una repetidora de radiofrecuencia en el espacio. Las señales son enviadas al satélite desde una antena ubicada en la tierra; Este las amplifica y las vuelve a radiar a otra estación terrena.

La ventaja de los satélites radica en el hecho de que pueden manejar una gran cantidad de tráfico de información y enviarla por casi todas las regiones habitadas del globo terráqueo.

Un satélite puede ser representado en su más sencilla configuración como se muestra en la

Figura 1.

1.1.1.1 TRANSPONDEDOR

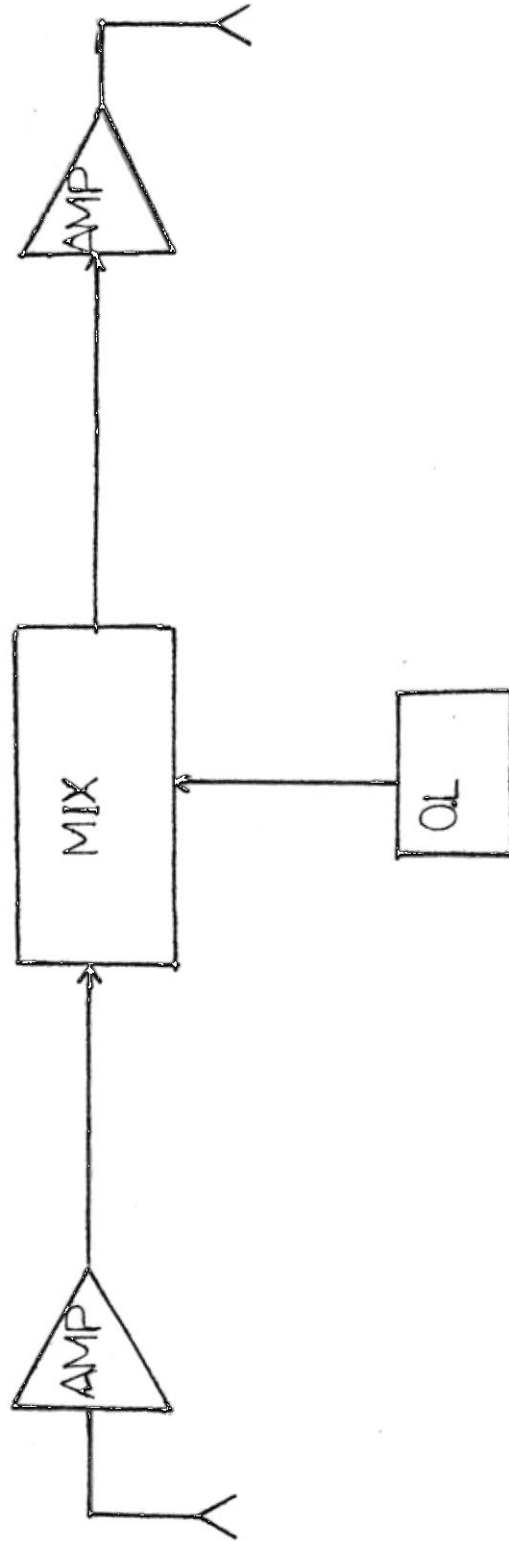
Así como un transmisor de microondas, el satélite necesita usar diferentes frecuencias para recibir y transmitir, de otra manera la potencia de la señal transmitida interferiría con la señal débil que llega al satélite, así como también saturaría la etapa de recepción.

El equipo que recibe una señal, la amplifica, cambia su frecuencia y la retransmite, es llamado transponedor.

Muchos satélites tienen más de un transponedor. El ancho de banda manejado por un transponedor difiere de un satélite con otro, pero muchos de los satélites contemporáneos tienen transponedores con un ancho de banda de 36 Mhz.

1.1.1.2 ANTENAS DE LOS SATELITES DE COMUNICACION.

Las antenas de los satélites como to-



F.ig.1 CONFIGURACION GENERAL DE UN SATELITE DE COMUNICACION

das las antenas de microondas son dirreccionales. Estas pueden tener un haz muy amplio que abarque toda la zona de visibilidad, o muy estrecho o "dirigido" que abarque una zona geográfica pequeña. Según esto existen los siguientes tipos :

ANTENA DE HAZ GLOBAL: La energía transmitida se distribuye sobre un ángulo de 17.34 grados.

ANTENA DE HAZ DE ZONA: La energía transmitida se distribuye sobre un ángulo de 4.5 grados.

ANTENA DE HAZ PINCEL: Son antenas de gran diámetro y haz bastante delgado que cubren pequeñas porciones de la tierra.

1.1.1.3 SATELITES GEOESTACIONARIOS

La mayoría de los satélites de comunicaciones son satélites geoestacionarios y se los define con las siguientes características:

- Su órbita se encuentra a una altura de 35.860 Kms sobre el Ecuador.
- Su período de rotación es de 23 horas, 56 minutos y 4 segundos y es sincrónico y en el mismo sentido de la tierra.
- La posición de un satélite geoestacionario se lo define por su longitud.

Los satélites geoestacionarios tienen las siguientes ventajas entre otra :

- 1) El satélite permanece casi estacionario relativo a las antenas terrestres, por lo tanto el costo del control computarizado de seguimiento del satélite en las estaciones terrenas es evitado. Una antena fija es satisfactoria (con provisión para ajuste manual).
- 2) No hay cortes en la transmisión. Un satélite geoestacionario es permanente visto.

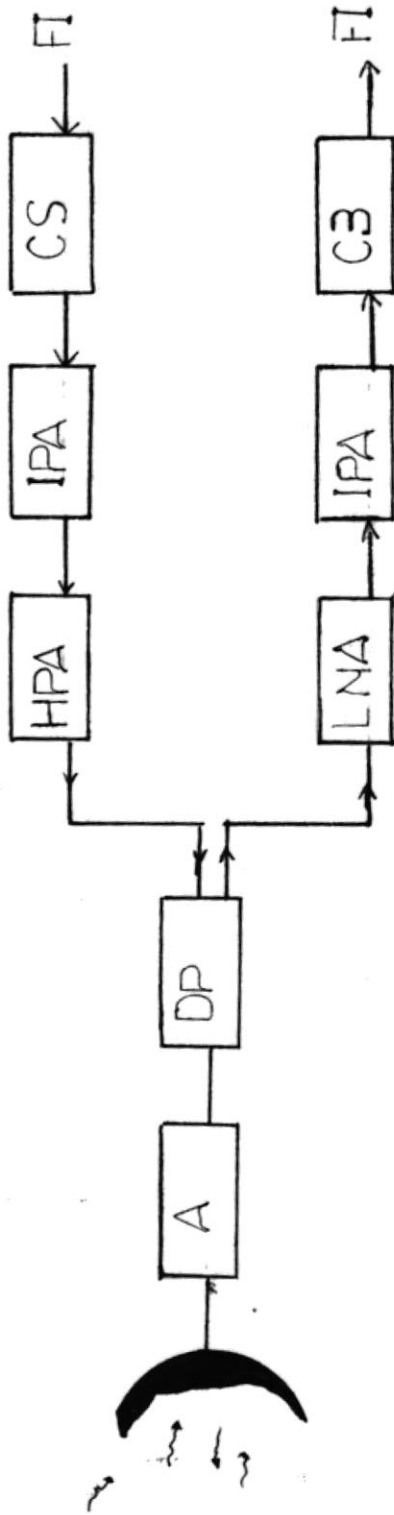
Una estación terrena es una estación de radio que opera con otras estaciones sobre la tierra por medio de un satélite orbital transmisor. La antena de la estación terrena puede ser de diámetro grande o pequeña de acuerdo al uso que se le de a la estación.

En la Fig. 2, se muestra un diagrama de bloque muy general de partes esenciales de una estación terrena típica.

donde :

1.1.2. ESTACION TERRENA

- 4) No existe cambio aparente en la frecuencia de la radiación hacia y desde el satélite causada por el movimiento del satélite hacia y desde la estación terrena.
- 3) Debido a su distancia, un satélite geostacionario está en línea de vista desde 42.4% de la superficie terrestre. Un número grande de estaciones terrenas pueden por lo tanto comunicarse.



Fíg. 2 DIAGRAMA GENERAL DE UNA ESTACION TERRENA

CONVERTIDOR DE SUBIDA (CS): Se encarga de elevar la señal o banda base que se encuentra a frecuencia intermedia a frecuencia de microondas.

AMPLIFICADORES DE POTENCIA INTERMEDIOS (IPA) : Forman parte de la etapa amplificadora del sistema.

AMPLIFICADOR DE ALTA POTENCIA (HPA): Está constituido por un TWT o un Klystron y se encarga de amplificar la señal o grupos de señales de microondas.

DUPLEXOR POLARIZADO (DP): Es un dispositivo que permite la transmisión o recepción de dos señales independientes al mismo tiempo con la misma antena.

AMPLIFICADOR DE BAJO RUIDO (LNA): Su principal función es la de amplificar una señal con un nivel muy bajo y un ancho de banda de 500 Mhz (ancho de banda para una comunicación satelital) sin la introducción de ruido apreciable.

CONVERTIDOR DE BAJADA (CB): Su función es la de bajar las señales que vienen del satélite en frecuencia de microondas a frecuencia intermedia.

ALIMENTADOR (A): Es el tramo de guía de onda (circular o rectangular) que va desde el duplexor polarizado hasta la antena.

FILTROS DE TRANSMISION (FT) Y DE RECEPCION (FR): Se los coloca para evitar armónicos indeseables tanto en la etapa de transmisión como en la de recepción, respectivamente.

ANTENA (AN): La antena de una estación terrena es una antena tipo parabólica y se usa comúnmente para recepción y transmisión.

1.1.2.1 PARAMETROS DE UNA ESTACION TERRENA

GANANCIA DE LA ANTENA: Este parámetro indica el incremento en potencia alcanzado por el enfoque de la antena de la estación en una determinada dirección. Se la define en función de la frecuencia y de su diámetro, así:

$$G: 60,7 \cdot f^2 \cdot d^2 \quad (1.1)$$

donde:

$10 \log G$: ganancia (dB)

f : frecuencia (GHz)

d : diámetro (m)

FIGURA DE MERITO: Debido a que la señal recibida es muy débil, es muy importante que la antena receptora y equipos electrónicos introduzcan el menor ruido posible. Para evitar pérdidas y ruido en las líneas que conectan la antena receptora y equipos electrónicos, la antena tiene usualmente el amplificador incorporado de ésta. La eficiencia de esta combinación es citada como la razón de la ganancia a la temperatura de ruido y es llamada figura de mérito (G/T). Esta nos indica la relativa capacidad de los subsistemas receptores para recibir la señal.

POTENCIA ISOTROPICA RADIADA EFECTIVA :

Se la define como la potencia del transmisor de la estación terrena, más la ganancia de la antena, menos las pérdidas en los cables y filtros.

$$PIRE : P_t + G_{AN} - P \quad (1.2)$$

donde:

P_t : potencia del transmisor (dBw)

G_{AN} : ganancia de la antena (dB)

P : pérdidas en los cables y filtros (dB)

1.2 PROPIEDADES DE LOS ENLACES SATELITALES

Las telecomunicaciones por satélites tienen ciertas ventajas sobre los medios terrenales y por ello en la distribución que se haga de los servicios entre el sistema por satélite y otras alternativas, habrá que utilizar estas ventajas lo mejor posible para lograr las prioridades nacionales y el desempeño deseado.

Las ventajas incluyen la idoneidad del satélite para los servicios de difusión de servicios telefónicos y televisión:

1. Cobertura de servicios telefónicos y televisión.

2. Cobertura de servicios a un costo independiente de la distancia.

3. Cobertura de servicios igual o superior a los medios terrenales.

4. Cobertura de servicios de instalación del sistema más rápida que por los medios terrenales.

1.3 SELECCION DE LA BANDA DE FRECUENCIA OPTIMA

La UIT define el espectro de frecuencias de radiocomunicaciones como la sección del espectro electromagnético

nético cuyas frecuencias son inferiores a 3.000 GHZ. La Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones de la UIT asigna esas frecuencias a diversos servicios, entre ellos la de los satélites a los que ha asignado muchas bandas de frecuencias de hasta 175 GHZ. La mayoría de los satélites utilizan las frecuencias inferiores a 10 GHZ; unos pocos usan frecuencias de hasta 14.5 GHZ y otros hasta 31 GHZ.

La UIT asignó 4 bandas de frecuencia, cada una con un ancho de 500 Mhz por abajo de los 10 GHZ y éstas son :

- 3,7 - 4,2 GHZ (satélite-tierra)
- 5,925 - 6,425 GHZ (tierra-satélite)
- 7,250 - 7,750 GHZ (satélite-tierra)
- 7,9 - 8,4 GHZ (tierra-satélite)

La mayoría de los satélites utilizan estas bandas de frecuencias debido a que la señal tierra-espacio sufre una mínima atenuación por motivo de la absorción atmosférica y el nivel de ruido es mínimo.

1.3.1 LIMITACIONES EN LA BANDA ARRIBA DE LOS 10 GHZ

La mayoría de los satélites de comunicación que usan frecuencias arriba de los 10 GHZ usan

la banda 11.7-12.2 GHZ para el enlace tierra-satélite. A esta banda se la conoce como la banda de 12-14 GHZ.

La principal limitación del uso de esta banda de frecuencia es la atenuación de la señal por la lluvia, y en frecuencias más altas los gases de la atmósfera.

La atenuación de las señales variará con el ángulo de elevación de la antena de la estación terrena (ángulo subtendido por la antena de la estación entre la dirección del satélite y el horizonte terrestre).

En las Fig. 3 y 4 se muestran gráficos comparativos de la atenuación de las señales en función del ángulo de elevación para la banda de 4-6 GHZ. Como se podrá observar es ventajoso mantener un ángulo de elevación lo más grande posible.

donde :

A : Absorción debido a la lluvia

B : Absorción debido a la neblina

C : Absorción atmosférica

%PP : Porcentaje de pérdida de potencia de la señal

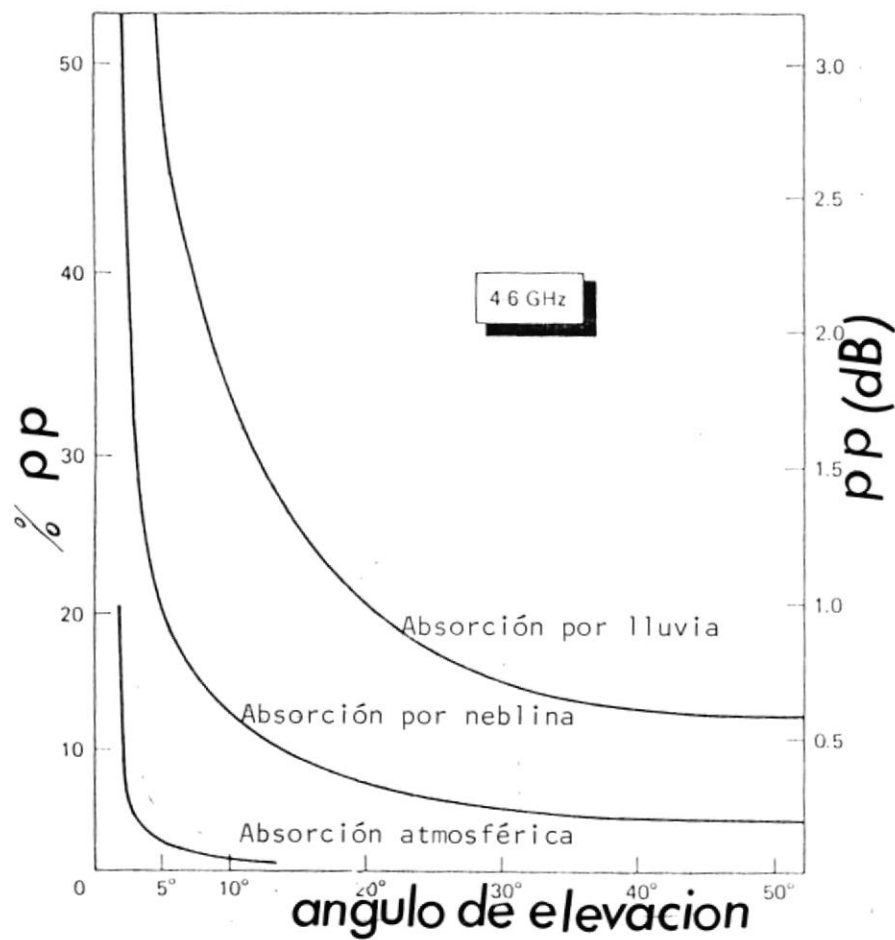


Fig. 3 GRAFICO DE % PP CONTRA ANGULO DE ELEVACION PARA LA BANDA DE 4/6 GHz.

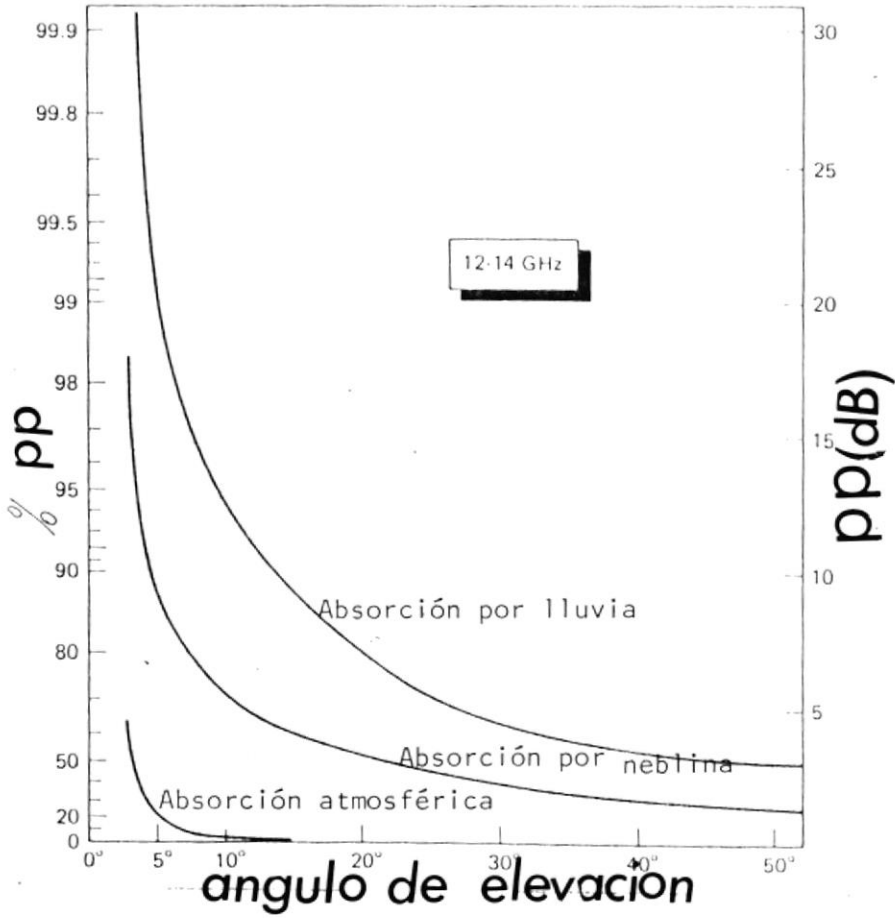


Fig. 4 GRAFICO DE % PP CONTRA ANGULO DE ELEVACION PARA LA BANDA DE 12/14 GHz.

PP (dB): Pérdida de potencia en decibelios

1.4 TRANSMISION DE UNA SENAL VIA SATELITE

Una red satelital de comunicación usualmente incluye un número de estaciones terrenas comunicándose unas con otras por medio de los canales de los satélites conocidos como transpondedores. Los transpondedores canalizan la capacidad del satélite tanto en frecuencia como en potencia.

Un transpondedor puede ser accesado por una o varias portadoras y debido a esto se han desarrollado varias técnicas de modulación. Las más frecuentes técnicas usadas son :

- Acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA)
- Acceso múltiple por división de tiempo (TDMA)
- Acceso múltiple por división de código (CDMA)

1.4.1 FDMA

Se caracteriza por la adjudicación de una cierta banda de frecuencia para acceder al transpondedor. Esa banda de frecuencia puede ser solamente una fracción de la banda de frecuencia del transpondedor, o puede ocupar un

Se caracteriza por la adjudicación de un $\overline{c\bar{e}h}$ to tramo de tiempo para acceder el $\overline{t\bar{r}ansponde}$ dor. Cada portadora ocupa una trama de $\overline{t\bar{e}m}$ - po diferente. Las portadoras usan el $\overline{t\bar{r}ans-$ pondedor secuencialmente. Como resultado el espectro de frecuencia del canal entero del

1.4.2 TDMA

FDMA.
RF en FM. Esta transmisión se llama SCPC-CFM- da canal telefónico modula una portadora de de pocos canales de voz. En este sistema ca- Es utilizado especialmente para transmisión misión de un solo canal por portadora (SCPC). Existe un caso especial de FDMA llamado $\overline{t\bar{r}ans}$

FM-FDMA.
na red FDMA. Tal transmisión es llamada FDM- frecuencia y entonces llega a ser parte de u- sión de frecuencia modula a una portadora en Usualmente una señal multiplexada por $\overline{d\bar{u}v\bar{i}-}$

de los otros.
sincronización y son independientes los unos nado y por lo tanto permanente. No necesitan $\overline{t\bar{r}ansponde}$ dor entero. Cada acceso es $\overline{p\bar{r}eas\bar{g}}$

satélite y la potencia del mismo son utilizados por una sola portadora a un tiempo dado.

Generalmente son señales digitales las que forman parte de una red TDMA. Las señales de voz se las codifica con PCM, luego se las multiplexa en el tiempo con TDM y después pasa a ser parte de una red TDMA. Tal transmisión se la conoce como PCM-TDM-TDMA.

1.4.3 CDMA

Este método adjudica códigos separados para cada usuario. Los sistemas que emplean esta técnica de acceso, transforman la transmisión de cada estación y la esparcen sobre el eje del tiempo y/o frecuencia usando una transformación de código.

CDMA puede ser caracterizado como una técnica de acceso aleatorio, mientras que las dos anteriores como técnica de acceso controlado.

1.5 CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS DE COMUNICACIONES POR SATELITE.

Los sistemas de comunicación por satélite se clasifican en 3 grupos :

- *Sistemas Internacionales*
- *Sistemas Regionales*
- *Sistemas Domésticos*

1.5.1 SISTEMAS INTERNACIONALES

Existen dos sistemas internacionales y éstos son :

INTELSAT (Organización Internacional de Telecomunicaciones por Satélite).

INMARSAT (Organización Internacional Marítima por Satélite).

La principal función de INTELSAT es la de man tener la operación del segmento espacial de un sistema global de comunicaciones por satélite.

La organización INMARSAT provee el segmento espacial necesario para perfeccionar las comu nicaciones de los servicios marítimos.

1.5.2 SISTEMAS REGIONALES

Los sistemas regionales de comunicaciones por satélite son los siguientes :

MOLNIYA-STATIONAR

Unión Soviética

ECS

Sistema Europeo de Comunica
ciones.

ARABSAT

Sistema Arabe de Comunicaca
ciones.

1.5.3 SISTEMAS DOMESTICOS

Un sistema doméstico es una red satelital que cubre parte o todo el territorio nacional.

Los sistemas domésticos se clasifican en dos grupos :

- Sistemas domésticos con satélite propio
- Sistemas domésticos con segmento espacial alquilado.

Los países que poseen sistemas domésticos con satélite propio son países que operan con su propio satélite de comunicaciones.

Los países que poseen sistemas domésticos con segmento espacial alquilado son países que han alquilado a INTELSAT un transpondedor o una sección de éste, sujeto o no a interrupción.

1.5.3.1 CONEXIONES DE UNA RED DE COMUNICACIÓN DOMESTICA.

Las 2 configuraciones de redes de comunicación doméstica se denominan red "Estrella" y red "Malla" y se ilustran en las Figuras 5 y 6 respectivamente.

La configuración estrella se basa en una estación grande para supervisar, controlar y encaminar todo el tráfico de la red.

Se evita la interconexión directa entre las estaciones más pequeñas con objeto de utilizar al máximo los recursos del satélite. Las redes mallas permiten la interconexión de todos los terminales entre sí y según las prioridades, las estaciones pueden ser relativamente pequeñas (5 mts) o de tamaño relativamente mayor (11 mts).

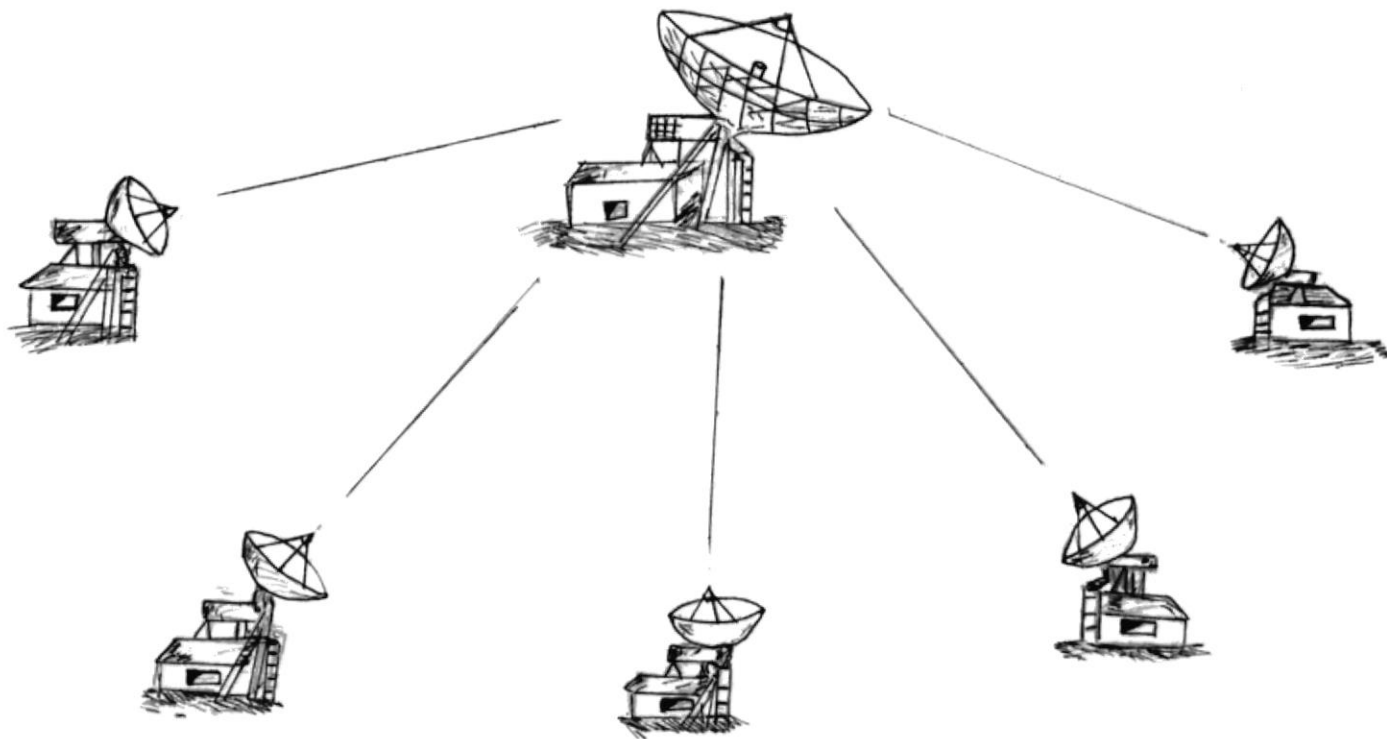


Fig. 5 CONFIGURACION DE UNA RED ESTRELLA

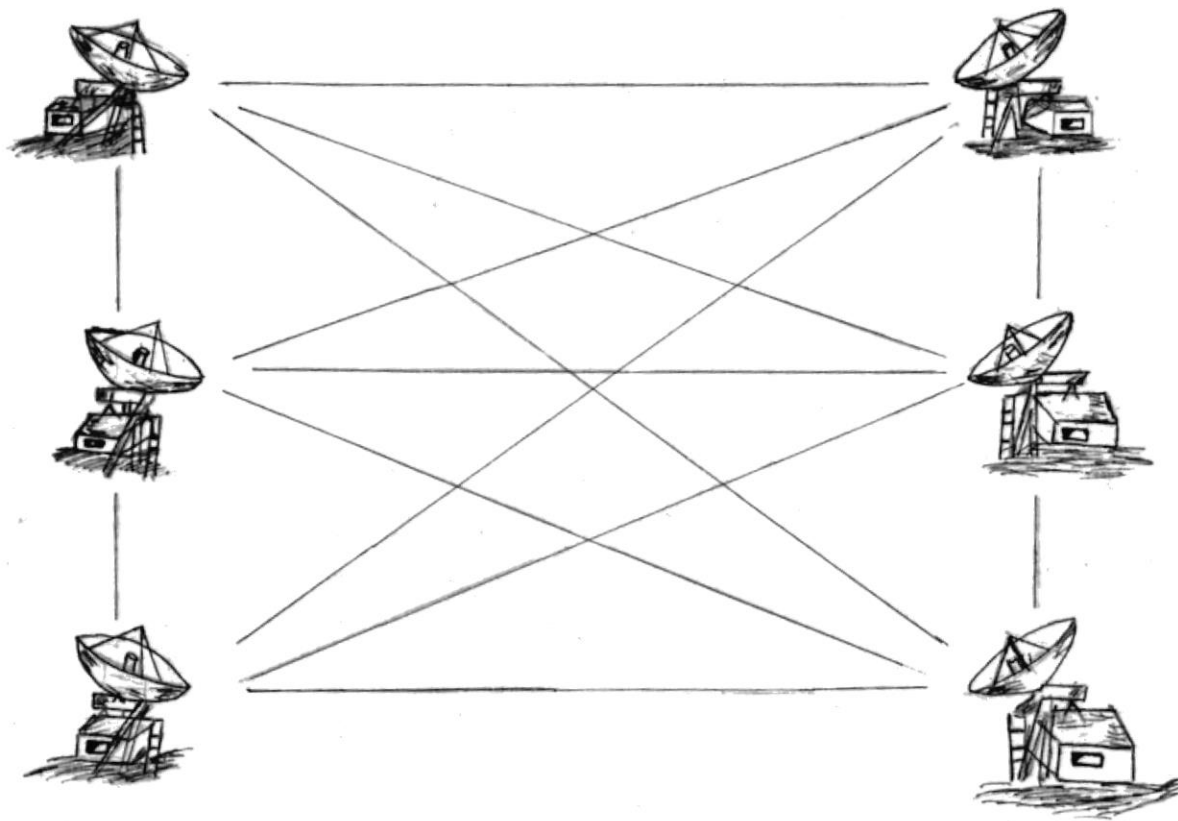


Fig. 6 CONFIGURACION DE UNA RED MALLA

CAPITULO II

SERVICIOS DE ALQUILER DE INTELSAT

2.1 DEFINICION DE INTELSAT

INTELSAT (Organización Internacional de Telecomunicaciones por Satélite), es el organismo integrado por 108 países miembros, que se dedica al diseño, desarrollo, construcción y operación comercial de las telecomunicaciones por satélite, utilizado por la mayoría de las naciones del mundo para prestar servicios de telecomunicaciones nacionales e internacionales públicas.

El principal objetivo de INTELSAT es el de suministrar sobre una base comercial el segmento espacial necesario para proveer a todas las áreas del mundo y sin discriminación, servicios de telecomunicaciones de alta calidad y confianza.

2.1.1 ELEMENTOS DEL SISTEMA GLOBAL DE INTELSAT

Existen 2 elementos esenciales en el sistema satelital global de INTELSAT :

- El segmento espacial
- El segmento terrestre

El segmento espacial consiste de satélites propios de INTELSAT, los cuales se encuentran en una órbita geoestacionaria. En el Apéndice A se da una lista de los satélites lanzados por INTELSAT y sus características.

El segmento terrestre del sistema global consiste de 827 antenas de comunicación que pertenecen a 658 estaciones terrenas y las cuales pertenecen a 157 países, territorios y dependencias.

Ecuador pertenece a esta organización, así como los países que se detallan en el Apéndice B.

2.1.2 SERVICIOS DE INTELSAT

INTELSAT proporciona capacidad para telecomunicaciones internacionales así como nacionales (mediante el alquiler de transpondedores) a los organismos de telecomunicaciones de los países miembros interesados.

Mediante sus satélites proporciona capacidad para circuitos de voz y para canales de televisión. Además INTELSAT proporciona una amplia variedad de telecomunicaciones incluyendo tele-

grafía, telex y transmisión de datos.

2.1.3 NORMALIZACION DE INTELSAT PARA ESTACIONES TERRENAS USADAS EN UNA COMUNICACION DOMESTICA.

INTELSAT autoriza estaciones terrenas estandarizadas, de acuerdo al servicio que éstas van a prestar. El organismo autoriza estaciones terrenas estándar 1 para servicios de telecomunicaciones domésticas, arrendados.

El estándar 1 comprende 3 tipos de estaciones a citar :

ESTACION MAESTRA

Es una estación para ser situada cerca de las capitales de provincia, ciudades importantes o de la capital nacional. Pueden cursar más de 24 canales telefónicos y se la puede equipar para transmitir y recibir señales de radio y televisión. El diámetro de su antena está entre 8 y 13 mts.

ESTACION DE POCO TRAFICO

Es una estación para ser situada cerca de ciudades y poblaciones pequeñas. Este tipo de estación posee una antena parabólica con un diáme-

tro de 6 a 8 mts y el número de canales que puede cursar es menor de 24 canales telefónicos. Puede estar equipada para recibir señales de radio y televisión pero no para transmitir las.

ESTACION UNICAMENTE PARA RECEPCION DE RADIO O TELEVISION.

Es una estación barata, fácil de construir y de explotación sencilla, destinada al uso de difusión de radio y televisión en pequeñas poblaciones y aldeas o en zonas aisladas. No se requiere ni prevé capacidad de transmisión.

Los programas recibidos en este tipo de estación se retransmiten o distribuyen por cable a las zonas comunes de recepción de imagen o sonido para fines educativos, de salud, agricultura, etc. Usa una antena entre 4.5 y 5.0 mts y tiene capacidad para cursar un canal de video más audio, y un canal de radio.

2.2 EVOLUCION DE LA COMUNICACION DOMESTICA

La primera nación que alquiló un transpondedor fue Estados Unidos cuando en 1974 alquiló un transpondedor para ampliar los servicios entre las islas Hawaii y el territorio continental de los Estados Unidos.

En 1975 le siguió Argelia al arrendar un transpondedor de haz global en un satélite de reserva, a fin de ofrecer servicios de telefonía y televisión a las regiones montañosas y desérticas del país. Siguieron este ejemplo Brasil y Malasia al suscribir en 1975 contratos similares para el alquiler de transpondedores de haz global.

Durante esta etapa inicial surgieron dos tipos distintos de demanda en relación con el alquiler de capacidad para servicios nacionales. Los Estados Unidos requería un servicio plenamente garantizado, mediante el equivalente de 36 MHz completos de capacidad global en un satélite que formará parte del sistema internacional. Dicho alquiler cesó cuando Estados Unidos dispuso de satélites nacionales.

En 1976 entro en vigor un alquiler de 1/2 transpondedor de haz global a España en condiciones similares, que continúa hasta la fecha. Los alquileres a Argelia, Brasil y Malasia se atendían mediante satélites de reserva y, en consecuencia, resultaban mucho más económicos. Dichos tipos de demanda dieron origen a los alquileres de capacidad de reserva por períodos de 5 años, que son los más comunes hoy en día.

En la Tabla I, se ilustra el incremento anual de los

sistemas de alquiler para servicios nacionales, desde su iniciación en 1974.

A FINES DEL AÑO	NUMERO DE PAISES	NUMERO DE TRANSPONEDORES (Unidades de 36 MHz)
1974	1	1,00
1975	3	3,00
1976	7	6,50
1977	12	10,25
1978	14	13,75
1979	15	15,50
1980	15	17,50
1981	18	20,00
1982	23	36,50
1983	24	36,75
1984	36	83,75

TABLA I INCREMENTO DE LOS SISTEMAS DE ALQUILER DE INTELSAT PARA SERVICIOS NACIONALES.

Se prevee que para fines de 1985, 37 países alquilarán 94 unidades. En el Apéndice C se muestran los países que actualmente tienen transpondedores alquilados a INTELSAT.

2.3 CAPACIDAD ALQUILADA

El primer aspecto, y el más importante en la planificación de un sistema de comunicación doméstico es comprender la definición de alquiler por parte de INTELSAT.

INTELSAT ha establecido criterios precisos para planificar las transmisiones, que se aplican a todos los servicios nacionales arrendados, llamadas "Definiciones de alquiler" y que son examinadas a fondo por la Comisión Consultativa de Asuntos Técnicos y luego aprobado por la Junta de Gobernadores.

Cualquiera que sea la magnitud del alquiler, el tipo de transpondedor o la serie del satélite que se utilice, las definiciones constan de dos partes distintas:

- una asignación de recursos del satélite
- una serie de criterios sobre interferencia

Los recursos asignados del transpondedor del satélite son el ancho de banda y la PIRE. Los recursos asignados del receptor del satélite son la densidad del flujo de operación y la figura de Mérito (G/T).

Las limitaciones sobre interferencia son necesarias

para impedir una interferencia excesiva en las transmisiones de otros usuarios del mismo satélite, así como en los usuarios de satélites adyacentes.

Cuando a través de un transpondedor cursan portadoras de varios arrendatarios, INTELSAT normalmente calcula la distorsión por intermodulación prevista y optimizará la intermodulación total del transpondedor.

Cuando se produce intermodulación en un transpondedor adyacente, el cálculo que realiza INTELSAT abarca la atenuación del filtro de salida del transpondedor alquilado.

Se han establecido designaciones del alquiler en unidades de 9 MHz (y múltiplos de 9 MHz) para todos los tipos de transpondedores de los satélites INTELSAT IV, IV-A, V, V-A. En la actualidad todos los planes de transmisiones para sistemas nacionales deben estar basados en el uso de satélites INTELSAT V ó V-A.

Estos servicios nacionales pueden estar sujetos a interrupción o a tiempo completo, así como los servicios a corto y a largo plazo.

2.4 COMUNICACION DOMESTICA EN EL ECUADOR

En el Ecuador existen regiones que debido a su difícil acceso geográfico o a su considerable distancia no han podido ser accesada por una red de microondas.

Así tenemos territorios como : la región Insular, áreas fronterizas e hidrocarburiíferas que no han podido ser integrados completamente a las telecomunicaciones del país.

Una de las soluciones para este problema es crear una red de comunicaciones domésticas, con estaciones terrenas estándar 7 ubicadas en estos sitios.

El Ecuador al ingresar a esta etapa, por medio del IETEL deberá solicitar a la Junta de Gobernadores de INTELSAT la asignación de un transpondedor o una sección de éste en haz global, por un período mínimo de 5 años, sujeto a interrupción, para satisfacer las necesidades de estos territorios aislados.

La Provincia de Galápagos, por ejemplo es un territorio que debido a su distancia con el continente ecuatoriano posee un medio de transmisión en HF (alta frecuencia), caracterizado por su baja capacidad de tráfico, con una calidad sujeta a variables no controla-

das por el hombre (condiciones atmosféricas, radiación solar, manchas solares, etc.). El alquiler del segmento espacial de INTELSAT proporcionará un medio de transmisión que sustituirá la transmisión en HF.

Cuando INTELSAT apruebe dicho alquiler, el IETEL sería el organismo responsable de administrar el segmento espacial y terrestre para dar comunicaciones de gran calidad en igualdad de condiciones.

2.5 SERVICIOS CURSADOS A TRAVES DE REDES NACIONALES AL ALQUILAR UN TRANSPONDEDOR O PARTE DE ESTE A INTELSAT.

Hoy en día hay sistemas de alquiler para servicios nacionales funcionando en todas partes del mundo, y la capacidad de satélite arrendado varía de 9 MHz (1/4 de transpondedor) hasta 144 MHz (4 transpondedores de 36 MHz).

Si bien no existen 2 sistemas idénticos, los servicios cursados a través de redes nacionales se pueden dividir, a groso modo en 3 categorías :

- Telefonía Urbana
- Telefonía Rural o en trayectos de poco tráfico
- Distribución de televisión y radio

2.5.1 REDES DE TELEFONIA URBANA

Estas redes constan de estaciones terrenas comparativamente grandes, diseñadas para cursar un número relativamente elevado de canales de telefonía, y dotados para la transmisión y recepción de televisión. Dichas estaciones se encuentran situadas en las inmediaciones de las capitales de provincia u otros centros de población. Esta red puede funcionar, bien sea como un medio para la transmisión a tiempo completo de los principales enlaces troncales u otro tráfico de primera prioridad o como un medio de reserva para las instalaciones terrestres que ya se encuentran en funcionamiento.

En la Figura 7 se ilustra dicha red.

2.5.2 REDES DE POCO TRAFICO

Estas redes domésticas se diseñan para prestar servicio entre un gran número de ubicaciones remotas. Dichas ubicaciones pueden ser pueblos pequeños, varios grupos de aldea o algún centro industrial remoto de gran importancia. Si bien cada ubicación origina una carga de tráfico reducida, los requisitos combinados de un país

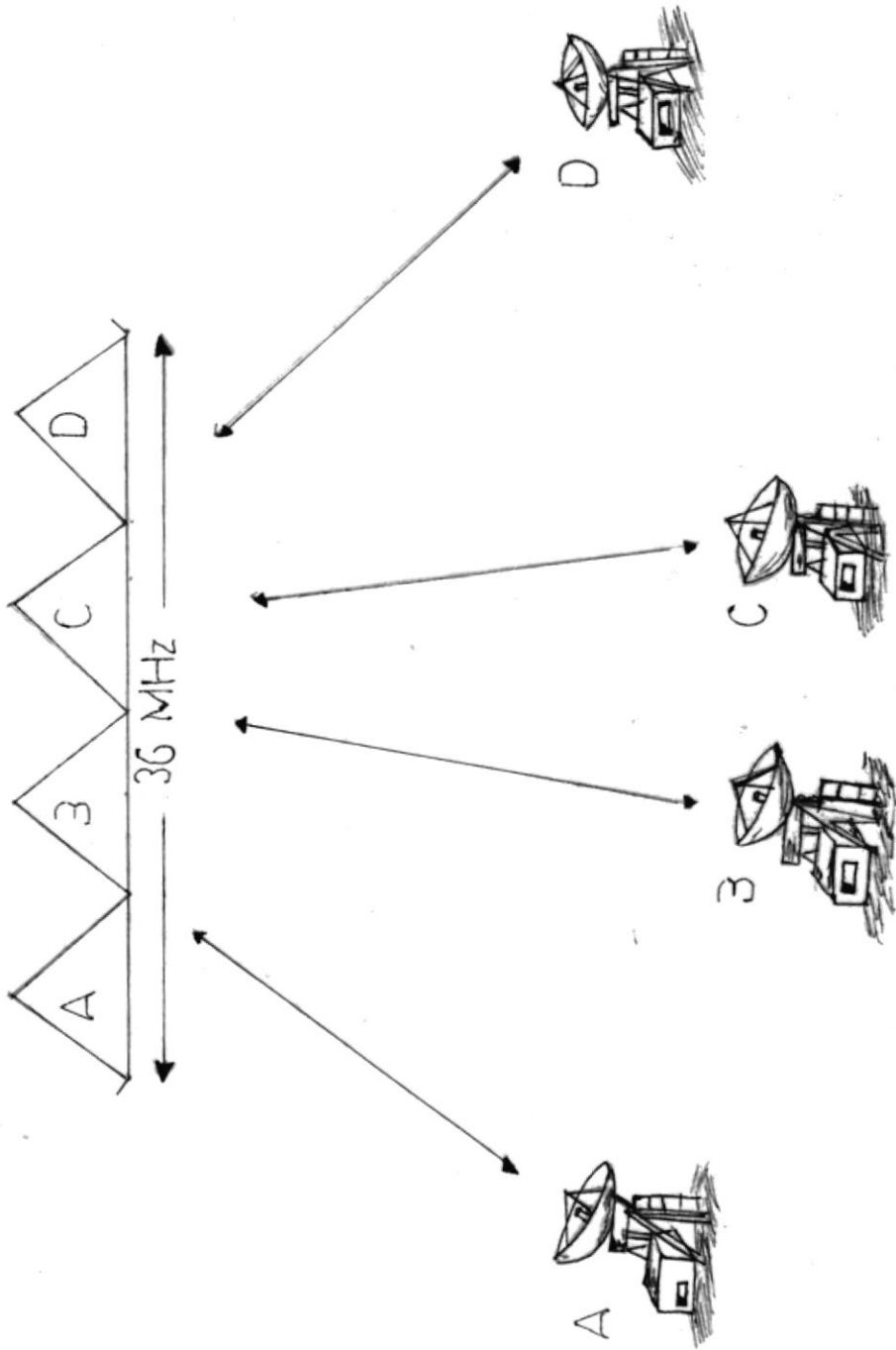


Fig. 7 CONFIGURACION DE UNA RED PARA ENLACES DE TRAFICO INTERURBANO

pueden ser considerables.

Normalmente el diámetro de las antenas de las estaciones terrenas de poco tráfico es de 5 a 8 mts. Se las puede dotar de equipos para la recepción de radio y televisión. En la Fig. 8, se ilustra este tipo de red.

2.5.3 REDES DE DISTRIBUCION DE TELEVISION Y RADIO

Este tipo de red permite a los países transmitir programas de televisión educativa, cultural y de otra índole a todas las regiones atendidas por una estación terrena nacional.

La programación se distribuye entonces a los distintos aparatos de televisión, mediante la retransmisión a través de ondas métricas (VHF) u ondas decimétricas (UHF), o bien mediante líneas terrestres o cables subterráneos.

Todas las estaciones terrenas transmisoras deben ser relativamente grandes (de 11 mts ó más); las estaciones terrenas receptoras también deben ser relativamente grande si además se requiere que originen programación, pero la forma

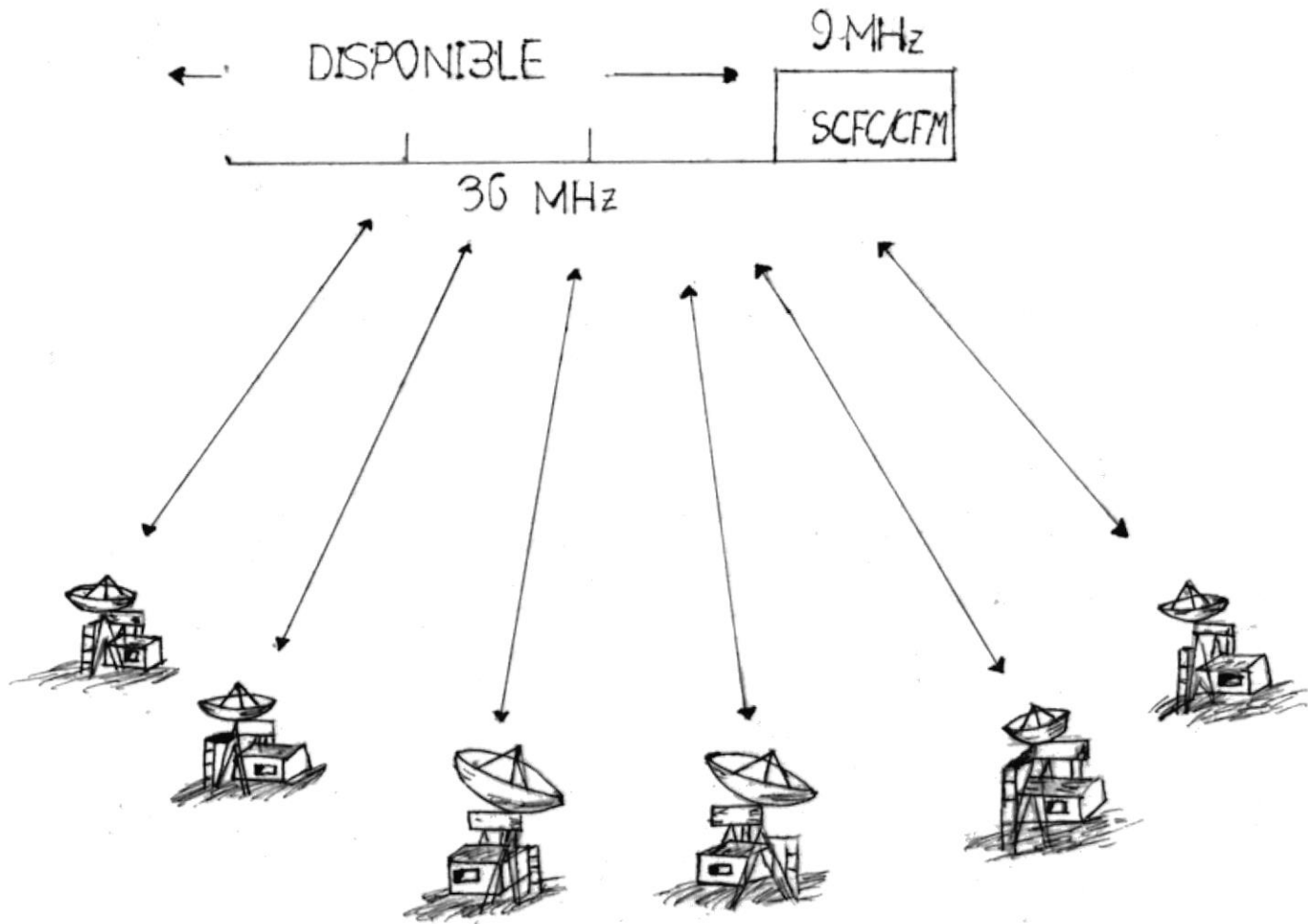


Fig. 8 CONFIGURACION DE UNA RED PARA ENLACES DE TRAFICO URBANO A UBICACION REMOTA

más difundida de recepción consiste generalmente de antenas pequeñas y de bajo costos (5 a 6 mts) equipadas únicamente para la recepción de televisión.

En la Figura 9, se muestra esta red.

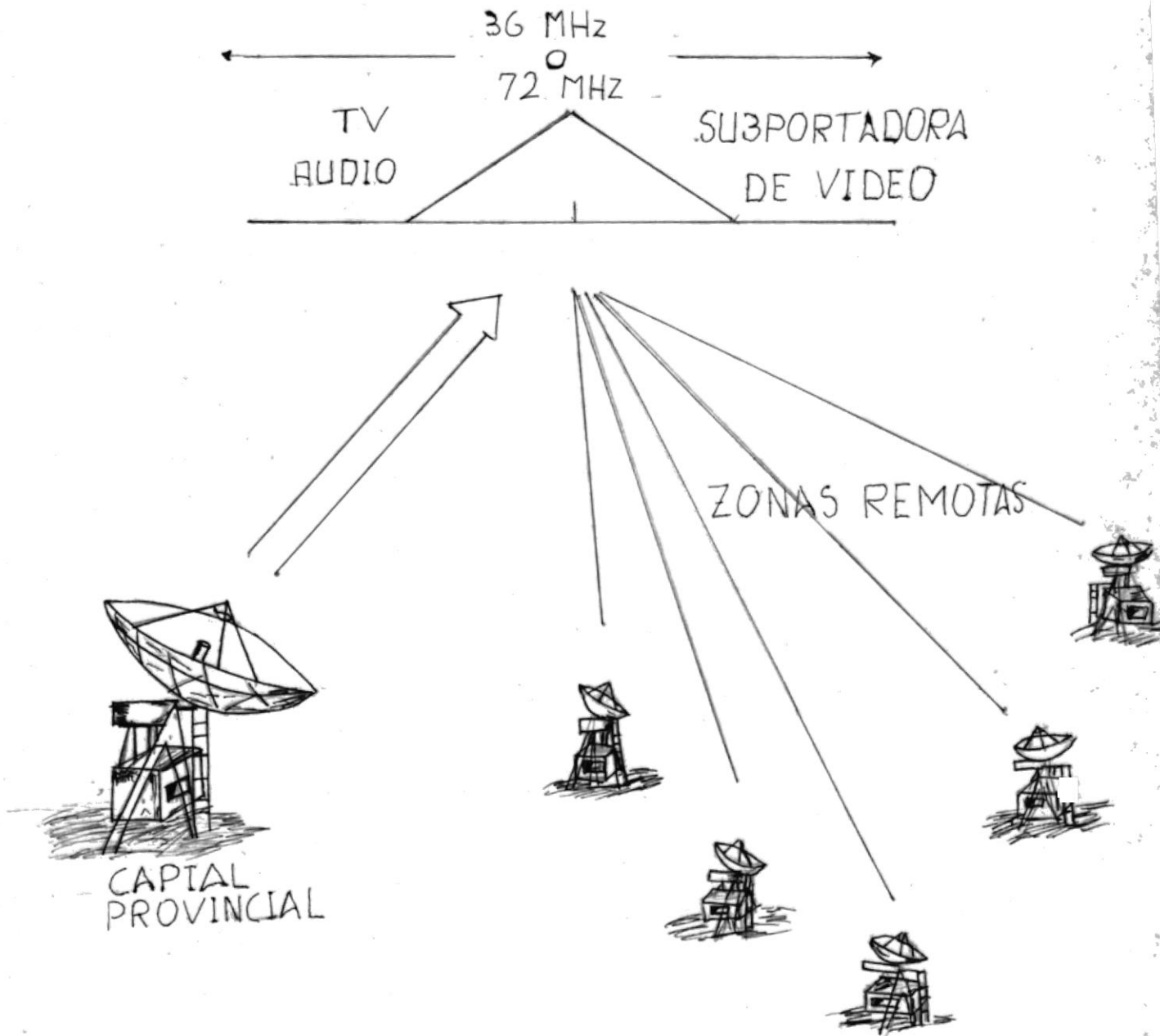


Fig. 9 CONFIGURACION DE UNA RED DE DISTRIBUCION DE TELEVISION

CAPITULO III

ESTUDIOS PRELIMINARES PARA DESARROLLAR EL PROYECTO

3.1 ASPECTOS GENERALES DE LA PROVINCIA DE GALAPAGOS

SITUACION GEOGRAFICA :

La Provincia de Galápagos se encuentre sobre la plataforma submarina de Galápagos, a 972 Kms. (525 millas marinas) de las costas ecuatorianas, entre los grados 40 minutos de latitud norte y 1 grado 36 minutos de latitud sur, y entre los 89 grados 16 minutos y 92 grados 1 minuto de longitud occidental de Greenwich.

CONFORMACION :

La Provincia está conformada por 5 islas de más de 500 Kms cuadrado: Isabela, Santa Cruz, Fernandina, San Salvador, y San Cristóbal; 8 islas entre 14 y 170 kilómetros cuadrados: Santa María, Marchena, Española, Pinta, Baltra, Santa Fé, Pinzón, Bartolomé y Darwin; 42 Islotes con menos de 1 Km cuadrado y 26 rocas.

EXTENSION :

La superficie total de la provincia es de 8010 Km cuadrados, con un mar territorial insular de 817,392

Km cuadrados.

CLIMA :

De acuerdo a la altitud se distinguen dos zonas climáticas bien marcadas: la seca, desde el nivel del mar hasta los 220 mts de altura y la alta y húmeda, en aquellas islas donde hay alturas superiores a los 220 mts. Como consecuencia de lo anotado, la variación de temperatura entre la estación seca y ventosa (Julio a Septiembre) y la de lluvias (Enero a Abril) es de 22 a 25 grados para la costa y de 16 a 18 grados para las zonas altas.

DIVISION POLITICA:

La provincia de Galápagos se divide en tres cantones: San Cristóbal, Isabela y Santa Cruz. La Capital de la Provincia es Puerto Baquerizo Moreno. San Cristóbal tiene como cabecera cantonal a Puerto Baquerizo, Isabela a Puerto Villamil y Santa Cruz a Puerto Ayora.

POBLACION :

La población de la provincia según el Censo de 1982 fue de 8.399 habitantes con una densidad de 1 habitante por Km cuadrado. Cinco de las islas son pobladas: San Cristóbal, Santa Cruz, Isabela, Floreana y

Baltra. En las cuatro primeras islas, los habitantes están distribuidos en los puertos (playeros) y en la parte alta cultivada.

3.2 ACTUAL SISTEMA DE COMUNICACION ENTRE LA PROVINCIA DE GALAPAGOS Y EL TERRITORIO CONTINENTAL ECUATORIANO.

El medio de comunicación que posee en la actualidad la Provincia de Galápagos para comunicarse con el continente ecuatoriano es un sistema de comunicación en HF.

Para esto el IETEL tiene equipos de radio en la banda HF (3 a 30 MHz) en Puerto Baquerizo en la Provincia de Galápagos, y en Guayaquil en el continente ecuatoriano.

3.2.1 CARACTERISTICAS GENERALES DEL SISTEMA

- El sistema puede transmitir y recibir 2 canales de voz.
- Un canal de voz es utilizado para enviar un canal de telex en la mejor frecuencia del canal.
- Usa modulación AM.
- Posee 10 frecuencias de transmisión.

- Selector de frecuencia manual.
- El sistema posee antenas log periódicas de 4 dB.

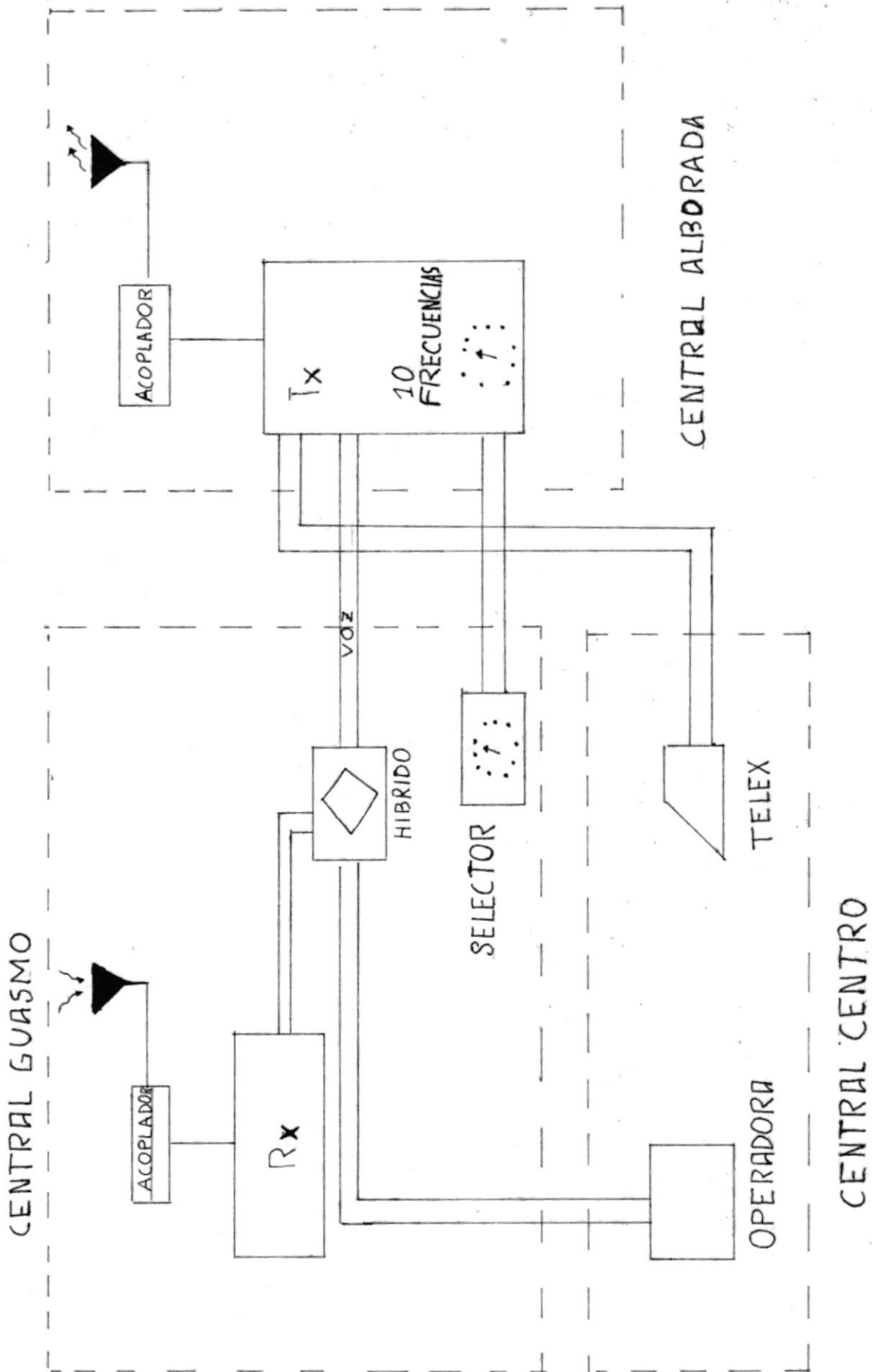
3.2.2 CONFIGURACION DEL SISTEMA

La estación receptora y el centro de control en Guayaquil se encuentran en la Central del Guasmo y en San Cristóbal en la Central de IETEL de esa localidad.

La estación transmisora en Guayaquil se encuentra en la estación de la Alborada y en San Cristóbal en la Central del IETEL de esa localidad. En la Figura 10, se muestra un esquema de la ubicación del sistema en Guayaquil.

3.2.3 OBSERVACIONES DEL SISTEMA

- Sistema de baja confiabilidad.
- Comunicación imposible en determinadas épocas del año debido a las condiciones atmosféricas y climáticas.
- No se puede transmitir señales de televisión ni de radio.



Fíg. 10 ACTUAL SISTEMA DE COMUNICACIÓN CON GALAPAGOS

- No se puede transmitir datos de computadora debido a la baja confiabilidad del sistema.

3.3 ALTERNATIVA

La alternativa que se propone en esta tesis es que el actual sistema de comunicación se reemplace por un sistema de comunicación satelital doméstico. Para lo cual se utilizarán estaciones terrenas normalizadas por INTELSAT para este tipo de comunicación, como parte del segmento terrestre, y el alquiler de un segmento de uno de los transpondedores de uno de los satélites de INTELSAT como parte del segmento espacial.

3.3.1 TIPO DE ESTACION DOMESTICA QUE SE COLOCARA EN EL CONTINENTE ECUATORIANO.

La estación doméstica que se colocaría en el continente ecuatoriano sería una estación maestra.

Las características peculiares de la estación maestra que se utilizará en el Proyecto son:

PARAMETROS DE LA ANTENA :

Dimensiones de la antena (mts)	11
Ganancia-transmisión (dB)	54,2
Ganancia-recepción (dB)	50,7
Temperatura del LNA (K)	80°
G/T a 10° (dB/K)	33
Seguimiento	Automático
Polarización	Doble/Circular (PCMD)*

(*) Polarización circular de mano derecha.

CAPACIDAD DE COMUNICACION :

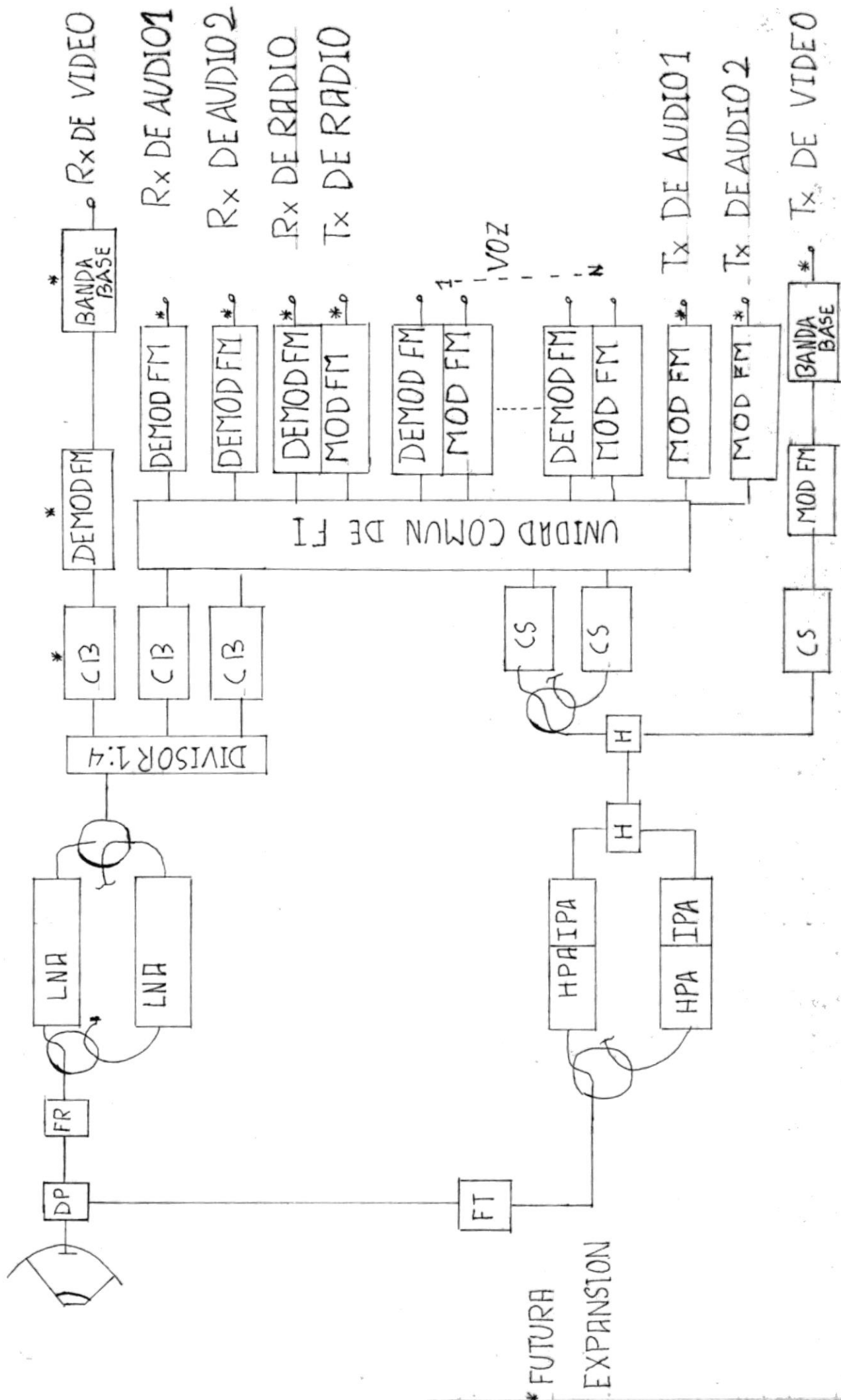
Números de canales	Más de 24
Tipo de amplificador de potencia	TWT o KLISTRON
Tipo de portadora	FDM/FM

En la Figura 11, se muestra un diagrama de bloques general de una estación maestra.

3.3.2 TIPO DE ESTACION DOMESTICA QUE SE COLOCARA EN LA PROVINCIA DE GALAPAGOS.

La estación terrena que se colocaría en la Provincia de Galápagos sería una estación de poco tráfico.

Las características peculiares de la estación



Fíg. 11 DIAGRAMA DE UNA ESTACIÓN TERRESTRA MAESTRA

de poco tráfico que se utilizará en el proyecto son :

PARAMETROS DE LA ANTENA :

Dimensiones de la antena (mts)		6,0
Ganancia-transmisión (dB)		49,0
Ganancia-recepción (dB)		45,4
Temperatura del LNA (K)		80°
G/T a 10° (dB/K)		24,5
Seguimiento		Manual
Polarización		Doble/Circular (PCMI)*

(*) Polarización circular de mano izquierda.

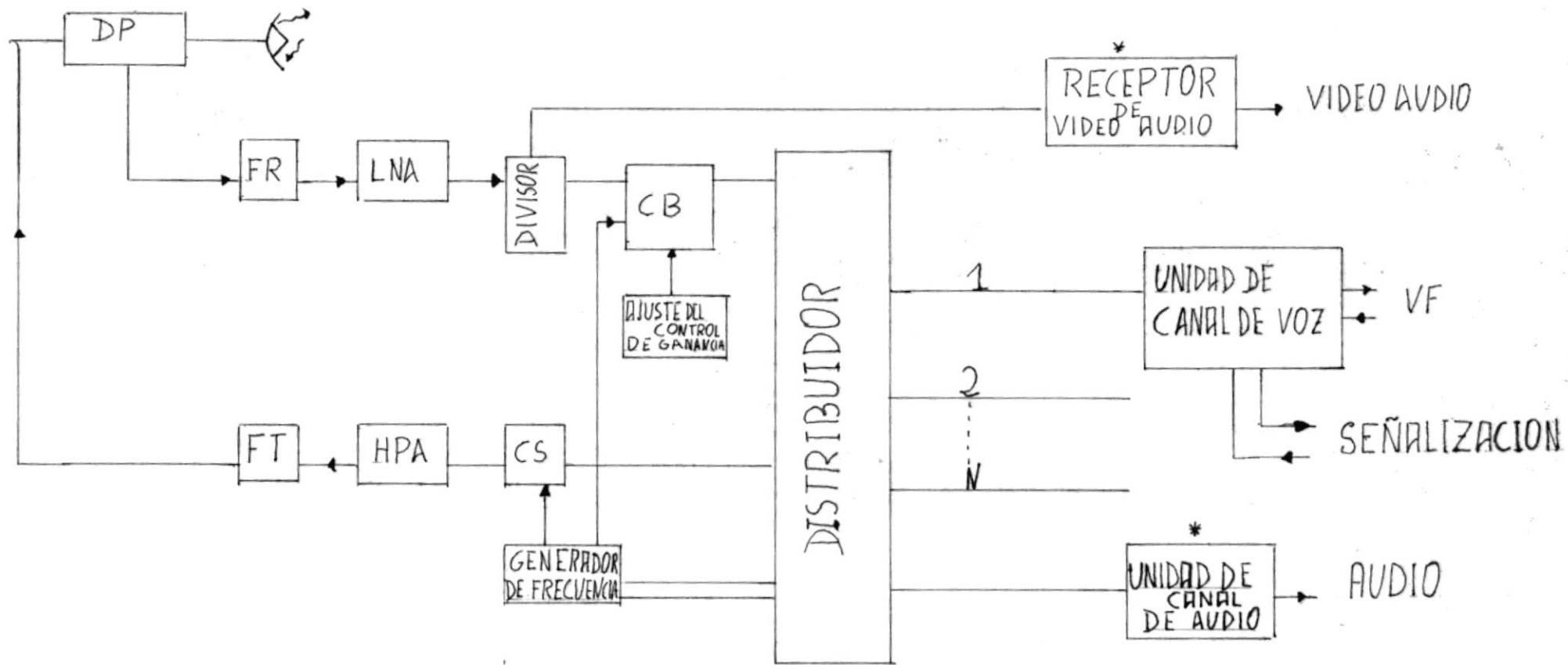
CAPACIDAD DE COMUNICACION :

Numeros de canales		6-12
Tipo de amplificador de potencia		TWT
Tipo de portadora		SCPC/FDM

En la Fig. 12, se muestra un diagrama de bloque general de una estación doméstica de poco tráfico.

3.4 FACTIBILIDAD DE UBICACION DE LAS ESTACIONES TERRENAS

El principal problema que hay que observar para decidir en que lugar ubicar una estación terrena doméstica



* FUTURA EXPANCIÓN

Fig. 12 DIAGRAMA DE UNA ESTACION TERRENA DE POCO TRAFICO

ca es la interferencia en frecuencia que podría haber con su banda de operación por parte de los medios terrestres que usen estas mismas frecuencias. El sistema que se está planificando usará la banda de 4/6 GHz (6 GHz para transmitir hacia el satélite y 4 GHz para recibir desde el satélite).

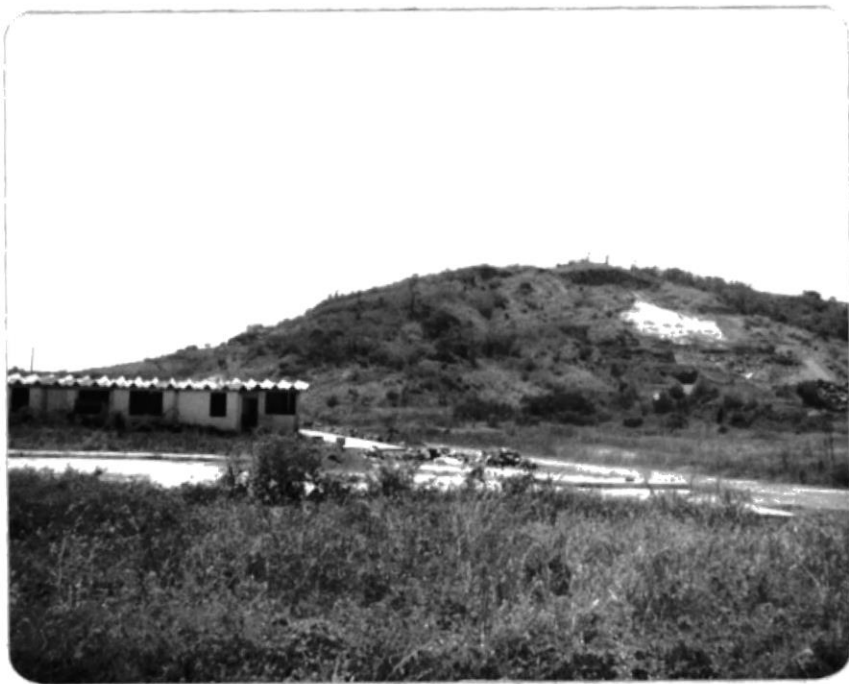
La red de microondas del país usa esta misma banda de frecuencia por lo que para no interferir con este sistema, la ubicación de las estaciones deberán estar convenientemente alejadas de esta red.

Otros factores que son primordiales para la elección del sitio son :

- Area disponible
- Vías de acceso
- Topografía del terreno
- Servicios básicos
- Tenencia de la tierra

3.4.1 UBICACION DE LA ESTACION EN EL CONTINENTE ECUATORIANO.

Tomando en cuenta los factores nombrados se ha escogido un sitio que se encuentra a 2 Kms aproximadamente de la parroquia Durán. (Ver Fotografía 1).



Fotografía 1 CARACTERISTICAS DEL SITIO Y SUS ALREDEDORES EN DONDE SE COLOCARA LA E.T. DURAN.

Las coordenadas geográficas del sitio son:

Latitud : $02^{\circ}10'16''$ Sur

Longitud: $79^{\circ}50'03''$ Oeste

A continuación se analiza la factibilidad de colocar la estación en este sitio observando las características que presenta el sitio, en función de los factores nombrados en la sección 3.4.

INTERFERENCIA :

La interferencia de radiofrecuencia en el sistema por parte de la torre de telecomunicaciones del Carmen es mínimo debido a la potencia de los transmisores de la estación y el ángulo de elevación de la antena de la estación. ^{why?}

AREA DISPONIBLE :

En el sitio elegido existe área más que suficiente para la construcción de la estación y de la antena con sus accesorios, la cual se colocaría en un cerro que rodea el terreno que se encuentra a 113 mts de altura.

VIAS DE ACCESO :

La vía de acceso es la vía que une el terreno de los pabellones de la feria de Durán con una ciudadela del IESS en construcción. El si

tio escogido se encuentra junto a la vía de acceso, no siendo necesario ninguna ampliación adicional.

TOPOGRAFIA DEL TERRENO :

El terreno es plano y se encuentra rodeado de pequeñas elevaciones. La más alta de estas elevaciones mide 113 mts y será usada para colocar la antena de la estación y la antena del enlace de microondas que se hará con la central centro de la ciudad de Guayaquil (tema tratado más adelante).

SERVICIOS BASICOS :

ENERGIA ELECTRICA DE LA RED :

Durán cuenta con el servicio de energía eléctrica las 24 horas del día. La energía necesaria para la estación se la podría obtener desde una subestación que se encuentra a unos 500 mts del sitio escogido.

AGUA :

A unos 200 mts del punto escogido se encuentra una ciudadela del IESS en construcción por lo que si bien es cierto no hay agua potable en estos momentos cerca del sitio, cuando

se termine la construcción de la ciudadela, se la deberá dotar de todos los servicios básicos (agua potable por ejemplo) por lo que la estación los aprovecharía también.

VIVERES :

Todos los víveres y alimentos necesarios para el personal que labore en la estación se los puede obtener en Durán.

MATERIALES DE CONSTRUCCION :

Durán posee piedra, arena, cemento, hierro, etc. es decir todos los materiales necesarios para la construcción de la estación.

TENENCIA DE LA TIERRA :

El terreno sobre el que se desea construir la estación es de propiedad del IESS, por lo que el IETEL tendría que comprar dicho terreno.

COMUNICACION :

Cerca del sitio escogido se encuentra la nueva central de IETEL con 5000 líneas digitales. En conclusión en el sitio escogido es factible la construcción de una estación terrena doméstica maestra.

3.4.2 UBICACION DE LA ESTACION EN LA PROVINCIA DE GALAPAGOS.

Tomando en cuenta los factores nombrados en la sección 3.4, se ha escogido un sitio que se encuentra a 1 Km aproximadamente de Puerto Baquerizo (San Cristóbal), en los alrededores del Cerro Patricia (Ver Fotografía 2).

Las coordenadas geográficas del sitio son :

Latitud : $00^{\circ}50'15''$ Sur

Longitud : $89^{\circ}36'13''$ Oeste

A continuación se analiza la factibilidad de colocar la estación en este sitio observando las características que presenta el sitio, en función de los factores antes mencionados.

INTERFERENCIA :

No existe ninguna red de microondas en las Islas, por lo que la interferencia de radio frecuencia en el sistema queda descartada.

AREA DISPONIBLE :

En el sitio escogido existe área suficiente para la instalación de la estación y de la antena con sus accesorios.

La estación para alojar los equipos se cons-



Fotografía 2 CARACTERISTICAS DEL SITIO Y SUS ALREDEDORES EN DONDE SE COLOCARA LA E.T. SAN CRISTOBAL.

truiría en una área de 200 m y la antena con sus accesorios en la cima del Cerro Patricia que se encuentra a corta distancia.

VÍAS DE ACCESO :

La vía de acceso es la vía que une Puerto Baquerizo con la población de Progreso. El sitio escogido para la Estación se encuentra junto a la vía de acceso, no siendo necesaria ninguna ampliación adicional.

TOPOGRAFIA DEL TERRENO :

El terreno para la Estación es ligeramente ondulado y tiene una pequeña gradiente; se encuentra a unos 100 mts sobre el nivel del mar y junto al cerro Patricia de 120 mts de altura sobre dicho nivel. En este cerro se colocaría la antena de la estación y la antena del enlace de microondas con la Central de IETEL R2 de Puerto Baquerizo (tema tratado más adelante).

SERVICIOS BASICOS

ENERGIA ELECTRICA DE LA RED:

INECEL cuenta en la actualidad con un grupo de generadores instalados en la cercanía de Puerto Baquerizo, los cuales proporcionan e-

energía eléctrica tanto para esta población como para Progreso. El punto que se ha escogido se encuentra a 1 Km aproximadamente de Puerto Baquerizo, por lo que la estación podrá utilizar la energía de la red instalada por INECCEL. Claro está que será necesario tender la línea de acometida eléctrica correspondiente. El suministro de energía eléctrica a partir del mes de Septiembre de 1985 serán las 24 horas del día.

AGUA :

Puerto Baquerizo no cuenta con agua potable, pero cuenta con un reservorio de agua dulce que abastece a toda la comunidad. El sitio escogido se encuentra cerca de unas viviendas de INGALA (Instituto Nacional de Galápagos), por lo que la estación se podría abastecer de la tubería principal que lleva el agua a estas construcciones.

VIVERES :

Los productos agrícolas cultivados en la Isla provienen principalmente del interior de la misma.

Los víveres llevados desde el continente tie-

nen como centro de distribución a Puerto Baquerizo. Como existe vía de acceso al punto que se ha escogido no habrá ningún problema que se provea de víveres al personal de la es tación.

MATERIALES DE CONSTRUCCION:

En la Isla se disponen de piedra y arena debiendo el resto de materiales ser transportados desde el continente.

TENENCIA DE LA TIERRA:

Los terrenos sobre los cuales se desea construir la estación, son de propiedad de INGALA (Instituto Nacional de Galápagos), por lo que IETEL R2 tendría que suscribir el respectivo convenio para su utilización. En conclusión en el sitio escogido es factible la construcción de una estación terrena de poco tráfico.

3.5 SELECCION, POSICION ORBITAL Y CARACTERISTICAS DEL SATELITE CON EL CUAL TRABAJARA EL SISTEMA.

El satélite al cual se le arrendará el transpondedor es el INTELSAT V (F4) el cual sirve para prestar ser vicios nacionales en capacidad alquilada. Se encuen tra ubicado en el Océano Atlántico y su coordenada

espacial es :

332,5° de longitud Este

3.5.1 CARACTERISTICAS

Toda la serie de los INTELSAT V han sido fabricados por la "Ford Aerospace Communication Corporation".

Las dimensiones de éstos son: 15.9 mts de alto por 64 mts de ancho y el peso es de 4.290 lbs en el momento del lanzamiento.

Poseen una capacidad promedio de 12.000 circuitos telefónicos bidireccionales y simultáneos y 2 canales de televisión. Esta capacidad se obtiene utilizando la banda de 14/11 GHz, además de la de 6/4 GHz. Estos satélites poseen 6 antenas de telecomunicaciones: 2 bocinas de cobertura global, 2 reflectores hemisféricos, 2 de zona y 2 de haz puntual.

En las Tablas II, III, IV y V, se muestran otras importantes características de los INTELSAT V.

CP	12	24	60	132	612	972
ABO (MHz)	125	2.0	4.0	7.5	17.8	36
OBB (KHz)	12-60	12-108	12-252	12-252	12-2540	12-4028
DRC (KHz)	159	275	546	1020	1996	4417
P/p (dBw/K)	-154.7	-153	-149.9	-147.1	-134.2	-135.2

TABLA II CARACTERISTICA DE OPERACION FDM/FM EN FUNCION DE LA CAPACIDAD SELECCIONADA DE LOS INTELSAT V.

donde :

CP : capacidad de portadora (número de canales)

ABO : ancho de banda ocupado en el satélite

OBB : ocupación de la banda base

DRC : desviación multicanal

P/p : Relación de portadora a potencia de ruido termal.

CARACTERIZACION DE POLARIZACION	
-Global	1.09
-Hemisférico	1.09
-Zona	1.09
AISLAMIENTO DE ANTENAS (dB)	
-Hemisférica a hemisférica	27
-Hemisférica a zona	27
-Zona a zona	27
-Puntual a puntual	
-Las de separación de 8° (entre el Este y Oeste)	33
-Las de separación de 6.5° (entre el Este y Oeste)	27
FIGURA DE MERITO DEL SISTEMA DE RECEPCION (dB/K)	
-Global de 6 GHz	-18.6
-Hemisférica de 6 GHz	-11.6
-Zona de 6 GHz	- 8.6
-Puntual Este de 14 GHz	0.0
-Puntual Oeste de 14 GHz	3.3
PIRE (dBW)	
-Global de 4 GHz	
-Canales 7-8	26.5
-Canales 9, 10, 11, 12 de 4 GHz	23.5
Hemisféricos o zona	
-Canales 1-2, 3-4, 5-6, 7-8	29.0
-Canal 9	26.0
Puntual Este de 11 GHz	
-Canales 1-2, 5-6, 7-12	41.1
Puntual Oeste de 11 GHz	
-Canales 1-2, 5-6, 7-12	44.4

TABLA III CARACTERISTICAS DE LOS PARAMETROS DE COMUNICACION DE LOS INTELSAT V.

TAMANO DE PORTADORA (número de canales)	HAZ GLOBAL (dBW)	HAZ PUNTUAL (dBW)
12	73	-
24	74.7	-
60	77.8	81.4
96	79.5	-
132	80.6	83.4
192	-	84.7
252	82.8	85.4
432	85.1	88.4
792	-	91.5
972	90.1	-
TV	88.0	98.6

TABLA IV PIRE REQUERIDO A LAS ESTACIONES DOMESTICAS POR PARTE DE LOS INTELSAT V PARA UN ANGULO DE ELEVACION DE 10 GRADOS*

(*) Para estaciones terrenas con otros ángulos de elevación el siguiente factor de corrección es introducido:

$$-0.06 (a-10) \text{ dB}$$

Donde "a" es el ángulo de elevación de la estación terrena.

COVERTURA	MODO DE POLARIZACION	ET TX	ET RX
Global	A	PCMI	PCMD
Global	B	PCMD	PCMI
Hemisférica Oeste	A	PCMI	PCMD
Zona Oeste	B	PCMD	PCMI
Hemisférica Este	A	PCMI	PCMD
Zona Este	B	PCMD	PCMI

TABLA V REQUERIMIENTO DE POLARIZACION DE LAS ESTACIONES TERRESTRES QUE UTILICEN A LOS INTELSAT V.

PCMI : Polarización circular de mano izquierda

PCMD : Polarización circular de mano derecha

CAPITULO IV

CONCEPCION DEL PROYECTO

4.1 OBJETIVOS DEL PROYECTO

Este sistema de comunicación servirá para llevar en un principio canales telefónicos, telegráficos y de telex a nuestra región Insular pudiendo ampliarse luego para la transmisión de radio, televisión y datos.

La comunicación será cursada por medio de 2 estaciones terrenas normalizadas por INTELSAT para una comunicación doméstica (estándar Z), colocadas en los sitios descritos en los capítulos anteriores.

El medio de enlace entre las 2 estaciones será un "pedazo" de ancho de banda que se alquilará a uno de los transpondedores del satélite INTELSAT V (F4).

Una de las ventajas importante de alquilar capacidad a INTELSAT es que la capacidad de transpondedor puede ser asignado a un ritmo acorde con la integración de las instalaciones terrestres y la cual está directamente relacionada con la demanda de servicios de comunicaciones.

Este sistema de comunicación que en un principio será virá para llevar canales telefónicos, telegráficos y de telex se podrá expandir al ampliar al alquiler el ancho de banda del segmento espacial, el cual permitirá que se transmitan datos y canales de televisión y radio desde el continente, o si se quisiera aumentar el número de canales telefónicos, en el caso de la creciente necesidad de interconectarlo con la mayoría de las poblaciones rurales del Ecuador.

Finalmente el sistema formará parte de la estructura física y de la red de microondas tendida por el IETEL en el país.

4.2 CALCULOS DE LOS PARAMETROS GEOMETRICOS DE LAS ESTACIONES TERRENAS.

Las coordenadas geográficas de una estación terrena y la longitud de la posición orbital del INTELSAT V (F4) nos permitirá determinar la distancia (D) del enlace entre la superficie terrestre y el satélite.

Con esta distancia y las frecuencias de los enlaces ascendente y descendente se determinará la atenuación por espacio libre y el ángulo de elevación. Además conociendo la distancia total del enlace se puede calcular el tiempo que tardará la señal en llegar a su destino.

Otro cálculo geométrico que será necesario hacer para este tipo de enlace será el cálculo del Azimuth de cada antena que enfocará al INTELSAT V (F4).

Hay que acotar que el ángulo de elevación de cada es
tación es un parámetro muy importante ya que éste de
termina el grado de interferencia atmosférica que
tendrá cada estación. Para pequeños ángulos de ele-
vación, la onda radiada necesita viajar una gran dis
tancia a través de la atmósfera; como consecuencia
para ángulos de elevación bajos, corresponde una al
ta interferencia atmosférica.

Las ecuaciones y cálculos matemáticos de esta sec
ción y de la sección 4.3, se realizarán con la ayuda
de programas en BASIC para computadora que se encuen
tran en los Apéndices D y E respectivamente; con los
cuales se obtendrán todos los parámetros necesarios
inmediatamente.

4.2.1 CALCULO DE LOS PARAMETROS GEOMETRICOS DE LA ES TACION EN DURAN.

La distancia de la antena de la estación al sa
télite viene dada por la siguiente ecuación :

$$D = (R^2 + R_0^2 - 2RR_0 \cdot \cos\phi \cdot \cos\omega)^{1/2} \quad (4.1)$$

donde :

D : distancia en Km

R_0 : radio de la tierra = 6370 Kms

R : distancia del satélite desde el centro de la tierra = 42230 Km.

ϕ : latitud de la ET = 02 grados 10 minutos 16 segundos Sur.

ω : $|LE - LS|$

LE : longitud de la ET = 79 grados 50 minutos 03 segundos Oeste.

LS : longitud del satélite INTELSAT V (F4) = 332.5 grados Este.

Con esta distancia se puede calcular el tiempo en que toma la señal en viajar hacia el satélite así :

$$T = D / C \quad (4.2)$$

donde :

C : velocidad de la luz = 3×10^8 mts/seg.

Además para esa distancia el ángulo de elevación de la antena debe ser :

$$\theta = \text{Sen}^{-1} (R^2 - R_0^2 - D^2 / 2R_0 \cdot D) \quad (4.3)$$

El cálculo del Azimuth de la antena viene dado por :

$$Az = \text{Tg}^{-1} | \text{Tg} \omega / \text{Sen} \phi | \quad (4.4)$$

Se considera con signo positivo respecto a la latitud, al Norte y respecto a la longitud, al Oeste.

El programa del Apéndice D tomará en cuenta lo anteriormente nombrado y para el cálculo del azimuth hará las correcciones necesarias de acuerdo a lo siguiente :

ϕ	ω	CORRECCION
POS	POS	180 grados - Az
NEG	POS	Az

4.2.2 CALCULOS DE LOS PARAMETROS GEOMETRICOS DE LA ESTACION EN SAN CRISTOBAL.

Usando las mismas ecuaciones de la sección anterior el programa del Apéndice D se encargará de obtener los datos para los parámetros geométricos de la estación en San Cristóbal.

Las constantes R , R_0 , C y LS serán las mismas pero cambiarán los parámetros de latitud y longitud de la estación terrena así :

$$\phi = 00^{\circ} 54' 15'' \text{ Sur}$$

$$LE = 89^{\circ} 36' 13'' \text{ Oeste}$$

4.3 DETERMINACION DE LOS PARAMETROS DEL SISTEMA Y CALCULOS DEL ENLACE.

En esta sección se describe la cantidad de canales que cursarán por las estaciones de Durán y San Cristóbal y la técnica de modulación que se emplearán con estos canales. Se describe también el ancho de banda a alquilarse al INTELSAT V (F4).

Para los cálculos de enlaces se considerará a la estación de Durán como estación terrena fuente y el enlace entre ésta y el satélite se llamará enlace ascendente.

La estación en San Cristóbal será la estación terminal y el enlace entre el satélite y ésta se llamará enlace descendente.

4.3.1 NUMEROS DE CANALES QUE CURSARAN POR LAS ESTACIONES TERRENAS.

La distribución de los canales de comunicación que se cursarán por las estaciones terrenas será así :

22 canales telefónicos

Estación de Durán : 24 canales telegráficos

24 canales de telex

10 canales telefónicos

Estación de San Cristóbal : 24 canales telegráficos

24 canales de telex

Un canal telefónico equivale a 24 canales de telex o telegráficos.

4.3.2 ANCHO DE BANDA A SER ALQUILADO

El ancho de banda que se alquilará al INTELSAT V (F4) será de $\frac{1}{4}$ de transpondedor (9 MHz) usando antena de haz global para el inicio del proyecto, pudiendo extenderse a 36 MHz conforme se desarrolle la comunicación doméstica en el Ecuador o al quererse transmitir televisión y radio desde el continente a esta Provincia.

4.3.3 MODULACION DE LOS CANALES DE COMUNICACION

La modulación que se va a usar en ambas estaciones va a ser la modulación por frecuencia. Esta modulación se caracteriza porque la señal es transmitida a una amplitud constante de tal manera que es resistente a cambios en amplitud causados por el ruido. Sin embargo, un gran ancho de banda es necesario. Un canal de un satélite tiene un gran ancho de banda, pero

ruido severo, de ahí que la modulación en frecuencia es comúnmente usada.

4.3.3.1 ANALISIS SINUSOIDAL DE LA MODULACION EN FRECUENCIA.

La expresión para una portadora sinusoidal viene dada por :

$$m(t) = A_c \cdot \text{Cos} \{ \omega_c t + \phi(t) \} \quad (4.5)$$

donde:

A_c : amplitud pico de la portadora

$\omega_c t + \phi(t)$: fase instantánea (rad.)

ω_c : $2 \cdot \pi \cdot f_c$

$\phi(t)$: desviación de fase instantánea

f_c : frecuencia de la portadora

La frecuencia instantánea es :

$$d/dt \{ \omega_c t + \phi(t) \} = \omega_c + \phi'(t) \quad (4.6)$$

en donde $\phi'(t)$ es la desviación de frecuencia instantánea.

Dada una señal modulante $v(t)$ se tiene una modulación en frecuencia cuando :

$$\begin{aligned} \phi'(t) &= K \cdot v(t) \\ \theta: \quad \phi(t) &= K \int v(t) \end{aligned} \quad (4.7)$$

Sea $v(t)$ una señal sinusoidal así :

$$v(t) = A_m \cdot \cos \omega_m t \quad (4.8)$$

donde:

A_m : amplitud de la señal

ω_m : $2 \cdot \pi \cdot f_m$

f_m : máxima frecuencia de la señal

Tendremos modulación en frecuencia cuando :

$$m(t) = A_c \cdot \cos \{ \omega_c t + K \int v(t) dt \}$$

θ :

$$m(t) = A_c \cdot \cos \left(\omega_c t + \frac{K_2 A_m}{\omega_m} \cdot \text{Sen } \omega_m t \right) \quad (4.9)$$

donde:

$$\beta = K_2 \cdot A_m / 2 \cdot \pi \cdot f_m \quad (4.10)$$

se lo define como el índice de modulación; y

$$\Delta f = K_2 \cdot A_m / 2 \cdot \pi \quad (4.11)$$

como desviación de frecuencia pico.

entonces :

$$\beta = \Delta f / f_m \quad (4.12)$$

entonces la señal modulada en frecuencia quedaría así :

$$m(t) = A_c \cos(2 \cdot \pi \cdot f_c \cdot t + \beta \cdot \text{Sen } 2 \cdot \pi \cdot f_m \cdot t) \quad (4.13)$$

La ecuación (5.13) representa una función sinusoidal de un argumento, el cual es una función sinusoidal también. Este tipo de funciones pueden ser analizados utilizando la función de Bessel $J_n(x)$. Una función de Bessel de primera clase y de orden n está definida como :

$$J_n(x) = \sum_{m=0}^{\infty} \frac{(-1)^m (x/2)^{2m+n}}{m! (m+n)!} \quad (4.14)$$

Usando esta definición se puede probar que :

$$\cos(a+x \operatorname{Sen} b) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} J_n(x) \cos(a+nb) \quad (4.15)$$

Entonces aplicando (4.15) a (4.13) se obtiene que :

$$m(t) = A_c \sum_{n=-\infty}^{\infty} J_n(\beta) \cos 2\pi(f_c - n \cdot f_m)t \quad (4.16)$$

donde :

$$J_n(\beta) = (-1)^n J_n(\beta) \quad (4.17)$$

Se ha comprobado de que la amplitud de $J_n(\beta)$ decrece muy rápidamente para valores de n más grande que β .

Entonces el espectro de frecuencia de u na portadora modulada en FM por una se- ñal sinusoidal quedaría como se muestra en la Fig. 13.

Se puede comprobar y concluir entonces que variando el índice de modulación, u na señal de gran o pequeño ancho de ban da puede ser ajustada para que "calce" en el disponible ancho del canal. La misma información puede ser concentrada dentro de un rango angosto de frecuen- cia cuando es pequeño, y esparcirlo sobre un amplio rango cuando es gran- de.

4.3.3.2 FORMA DE TRANSMISION DE LOS CANALES DE VOZ.

En ambas estaciones se utilizará acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA). La transmisión desde Durán de los canales de voz se llevará a cabo de acuerdo a la modalidad FDM/FM/FDMA.

Los 24 canales de voz que salen desde Durán entran a un múltiple. La multi-

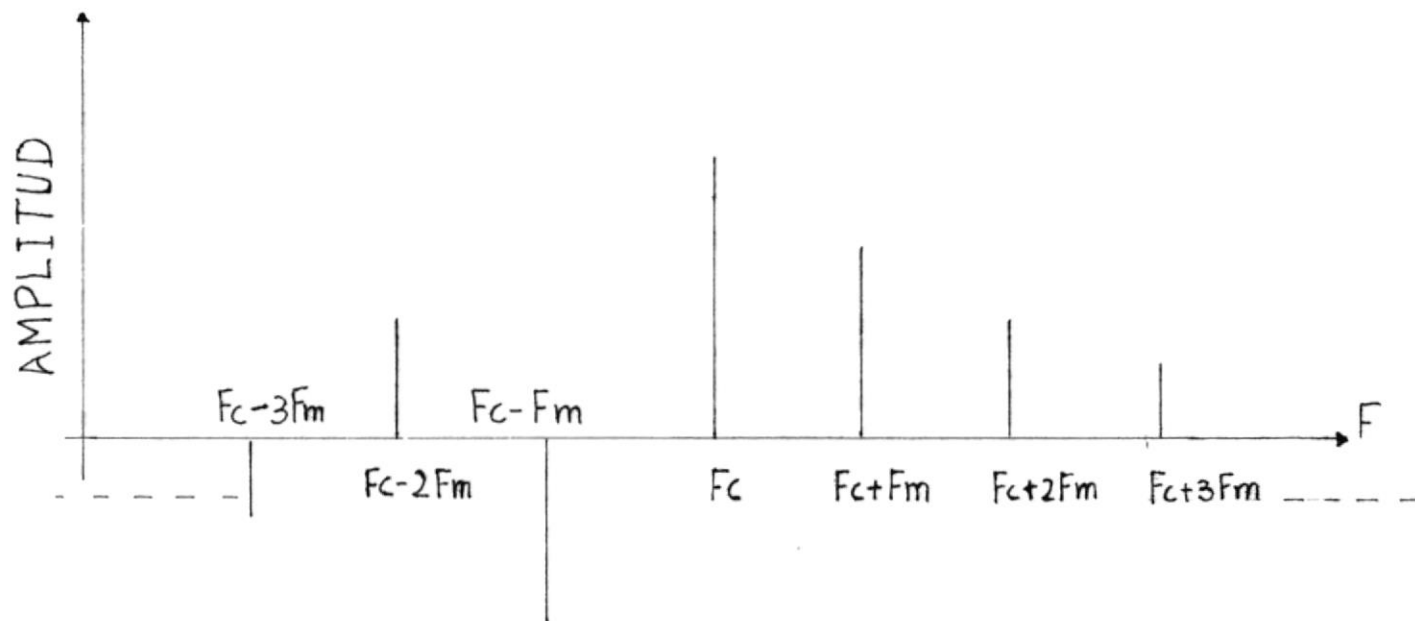


Fig. 13 ESPECTRO DE FRECUENCIA DE UNA PORTADORA MODULADA EN FM

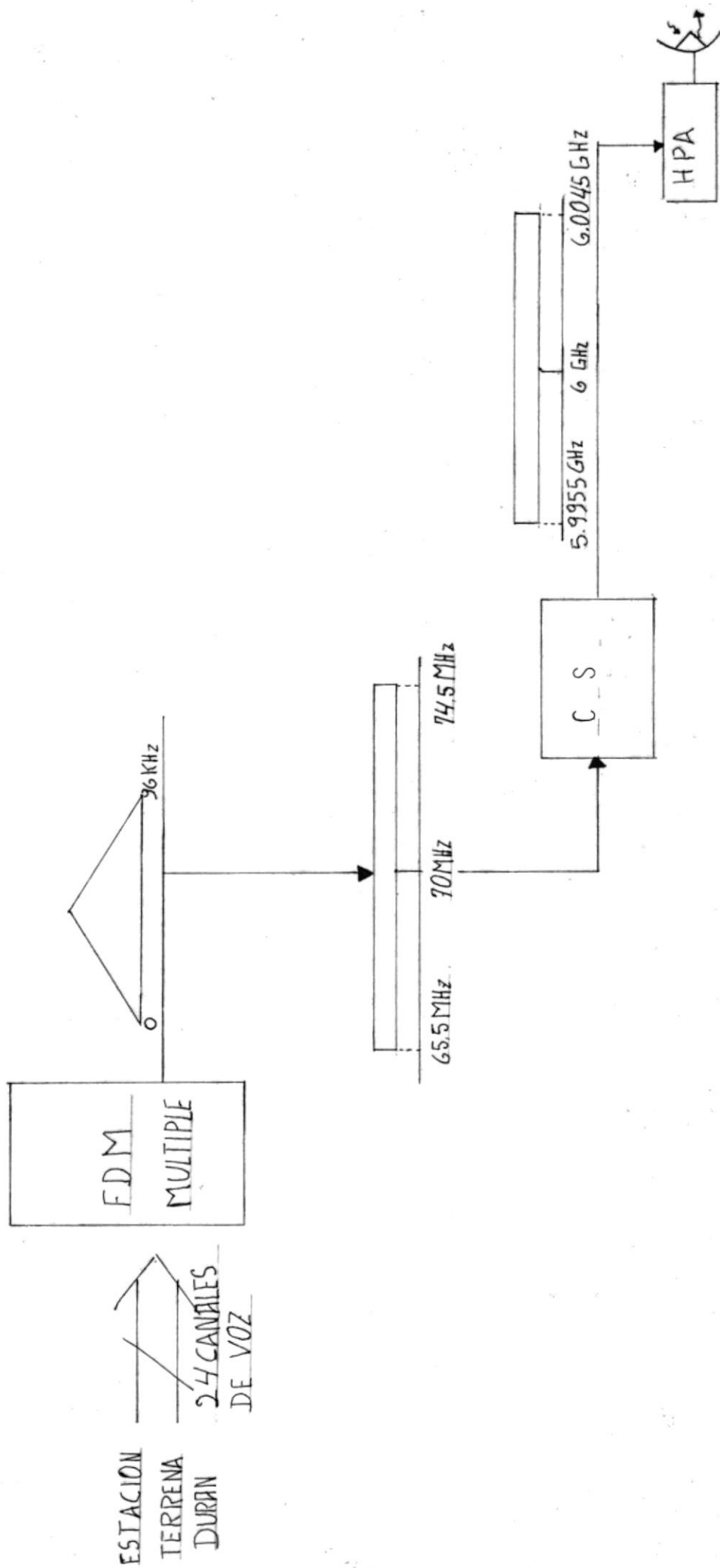
plexación en frecuencia de estos canales producirá un espectro de frecuencia de ancho de banda de 96 KHz.

Esta señal compuesta modula a una portadora de 70 MHz con un adecuado índice de modulación (β). Esta señal a frecuencia intermedia (FI) pasa al convertidor de subbanda el cual se encarga de elevarla a una frecuencia de 6 GHz, que es a la frecuencia a la cual se transmite la señal hacia el satélite.

En la Fig. 14, se muestra en síntesis este proceso.

Los 12 canales que salen desde la estación de San Cristóbal serán transmitidos en la modalidad SCPC/CFM/FDMA. En esta técnica cada canal de voz es modulado directamente con una portadora de RF en un equipo de canalización.

Para la transmisión hacia el satélite todas las portadoras son combinadas, y transportadas a frecuencia intermedia, la cual es convertida a la banda de



Fíg. 14 ESQUEMA DE LA TRANSMISION DE LOS CANALES DE VOZ (FDM/FM) DESDE DURAN.

5,925 a 6,425 GHz y transmitida hacia el satélite.

La señal recibida desde el satélite en la banda de 3.7 a 4.2 GHz es convertida a frecuencia intermedia y pasada a través del equipo de canalización para la demodulación y selección de las portadoras individuales.

Para minimizar el uso de potencia del satélite el equipo de canalización está equipado con un procesador de voz, de tal manera que las portadoras serán activadas por la voz.

En la Fig. 15, se muestra en síntesis este proceso.

4.3.3.3 CALCULO DEL INDICE DE MODULACION

Como se muestra en la Tabla II, el ancho de banda ocupado por 24 canales de voz en un INTELSAT V es de 2 MHz.

Sabemos por la fórmula de Carson que el ancho de banda ocupado por una señal $v(t)$ con una frecuencia máxima f_m viene

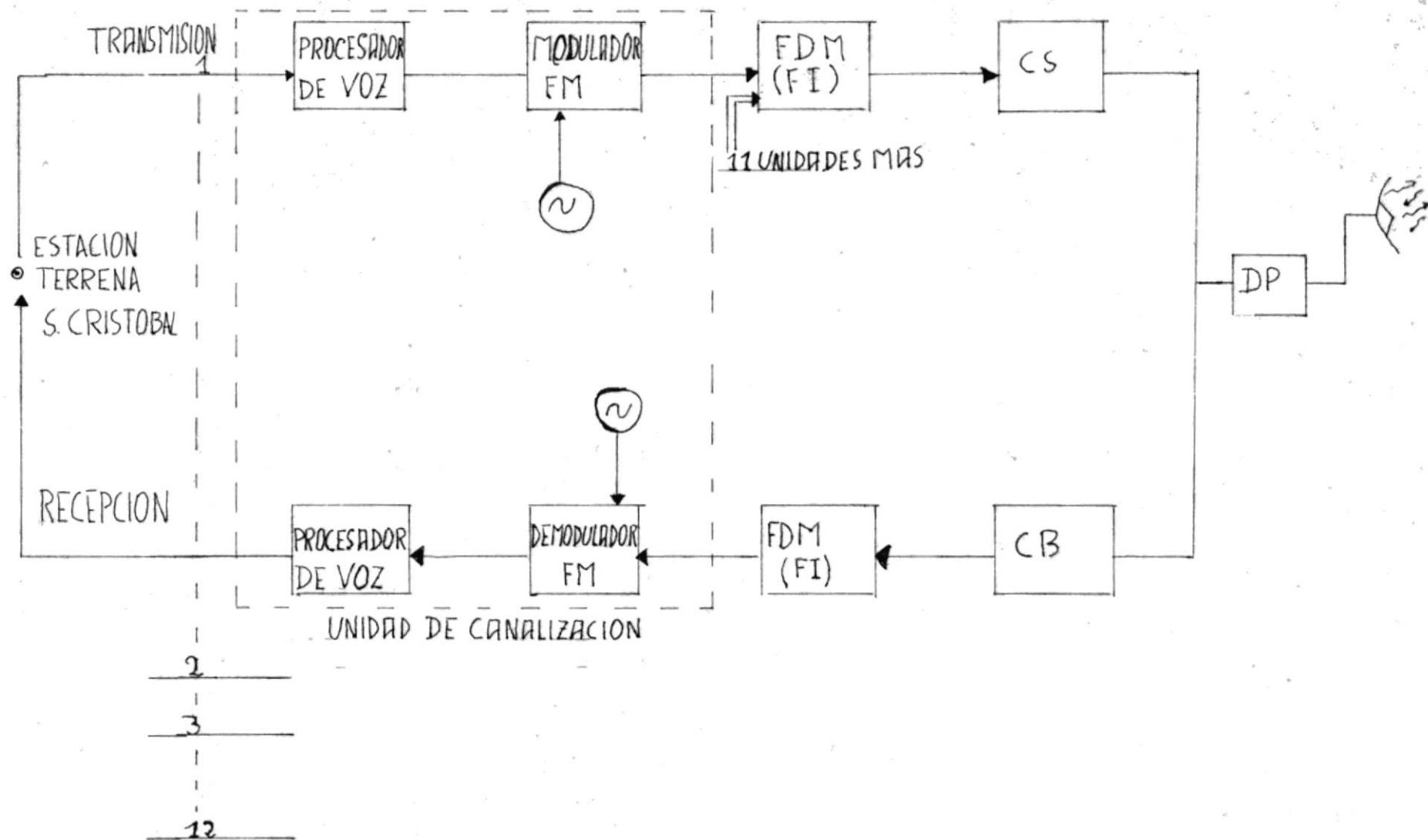


Fig. 15 ESQUEMA DE LA TRANSMISION DE LOS CANALES DE VOZ (SCPC/CFM) DESDE SAN CRISTOBAL.

dado por la siguiente ecuación :

$$AB = 2 (\beta + 1) f_m \quad (4.18)$$

entonces :

$$\beta = \frac{AB - 2f_m}{2f_m} \quad (4.19)$$

donde :

β : índice de modulación

AB : máximo ancho de banda que debe o cupar la señal.

f_m : frecuencia máxima de la señal compuesta.

4.3.4 CALCULO DEL ENLACE ASCENDENTE

La ecuación que da el comportamiento de este enlace es la ecuación de la relación $(C/No)_a$ (relación de portadora a ruido en el enlace as cendente en dB) y viene dada por la expresión siguiente :

$$(C/No)_a = \text{PIRE (ET)} + (G/T)_s - P_a + 228.6 \quad (4.20)$$

donde:

PIRE (ET): Potencia isotrópica radiada efectiva de la estación terrena en Durán.

(G/T)s : figura de mérito del satélite

Pa : pérdidas por espacio libre del trayecto
Durán-Satélite.

4.3.4.1 VALOR DEL PIRE Y CALCULOS DEL VALOR NOMINAL DE LOS HPA DE LAS ESTACIONES TERRENAS.

El valor del PIRE total de cada estación debe estar de acuerdo con las exigencias de los INTELSAT V (Tabla IV).

Este valor debe ser cuidadosamente controlado para alcanzar el apropiado punto de operación del transpondedor del satélite y evitarse así la sobrecarga del amplificador de éste.

Según la Tabla IV, el valor de PIRE que deben tener las estaciones respectivamente es :

ESTACION	NUMERO DE CANALES DE VOZ	PIRE (HAZ GLOBAL)
Durán	24	74.7 (dBW)
San Cristóbal	12	73 (dBW)

Con estos valores entonces se puede calcular el valor nominal de los amplifica

dores de Potencia (HPA) de los transmisores de cada estación mediante la siguiente ecuación :

$$P_t = \text{PIRE} - G_{\text{ant}} + P \quad (4.21)$$

Los datos de entrada para esta parte del programa del Apéndice E son :

$$\text{PIRE}(\text{Durán}) = 74.7 \text{ dBW}$$

$$\text{PIRE}(\text{San Cristóbal}) = 73 \text{ dBW}$$

$$G_{\text{ant}}(\text{Durán}) = 54.2 \text{ db (transmisión)}$$

$$G_{\text{ant}}(\text{San Cristóbal}) = 49.0 \text{ dB (transmisión)}$$

P = Las pérdidas típicas en el alimentador de cada estación son 3 dB.

4.3.4.2 CALCULO DE LAS PERDIDAS POR ESPACIO LIBRE EN EL TRAYECTO DURAN-SATELITE.

Este cálculo se realiza con la ayuda de la siguiente ecuación :

$$P_a = 32.44 + 20 \cdot \log(F) + 20 \cdot \log(D) \quad (4.22)$$

Los datos de entrada para esta parte del programa del Apéndice E son :

$$F = 6000 \text{ MHz}$$

$$D = 38670.814 \text{ Kms}$$

4.3.4.3 FIGURA DE MÉRITO DEL SATELITE

La figura de mérito (G/T) para una antena de haz global de los INTELSAT V está dada en la Tabla III.

El dato de entrada para esta parte del programa del Apéndice C es :

$$(G/T)_\delta = -18.6 \text{ dB/K}$$

4.3.5 CALCULO DEL ENLACE DESCENDENTE

La ecuación que me da el comportamiento de este enlace es la ecuación de la relación (C/No)_d (relación de portadora a ruido en el enlace descendente en dB) viene dada por la expresión siguiente :

$$(C/No)_D = (PIRE)_S + (G/T)_{ET} - P_d + 228.6 \quad (4.23)$$

donde:

(PIRE)_S = Potencia isotrópica radiada efectiva del satélite.

(G/T)_{ET} = figura de mérito de la estación terrena en San Cristóbal.

P_d = pérdidas por espacio libre del trayecto descendente.

4.3.5.1 CALCULO DE LA (G/T) DE LA ESTACION TERRENA EN SAN CRISTOBAL.

Este cálculo viene dado por la siguiente ecuación :

$$(G/T)_{ET} = GR - TANT - TR - P \quad (4.24)$$

donde:

TANT : Temperatura de antena en grados Kelvin

GR : Ganancia de recepción en dB

TR : Temperatura del LNA en grados Kelvin

P : Pérdidas en el alimentador en dB

y donde:

$$TANT = 0.54TS + 0.23TS + 66.70 + (LR - 1/LR) \cdot 290 \quad (4.25)$$

donde:

$$LR = \log^{-1} AR/10 \quad (4.26)$$

TS : temperatura del cielo en grados Kelvin y que está dada según el ángulo de elevación de la estación (véase Fig. 16).

AR : atenuación debido a la lluvia en dB.

Los datos de entrada para esta parte del programa del Apéndice E son:

$$GR = 45.4 \text{ dB (antena de San Cristóbal)}$$

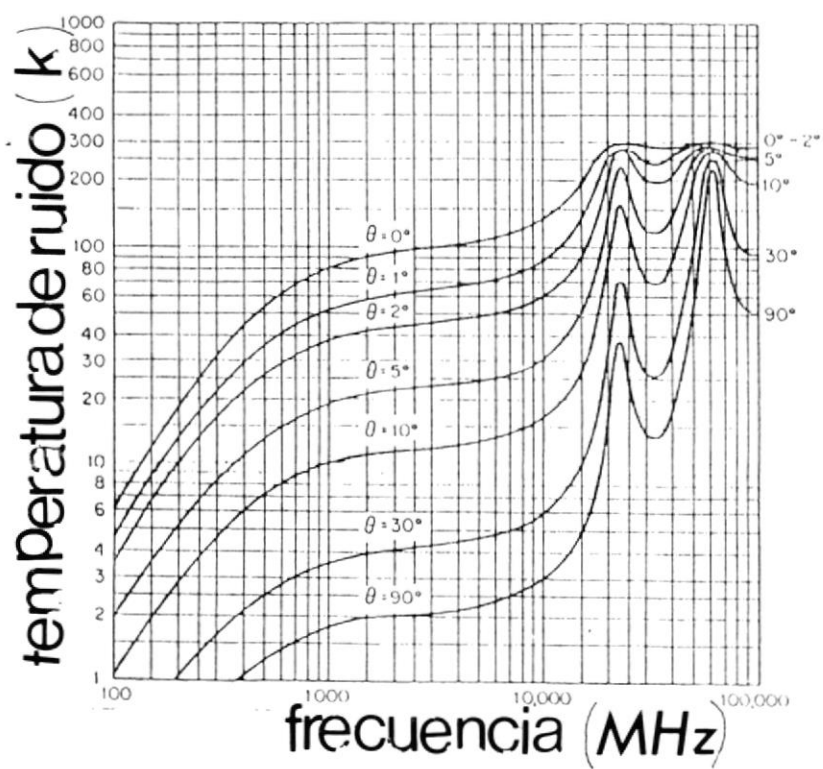


Fig. 16 GRAFICO DE LA TEMPERATURA DE RUIDO TROPOSFERICO CONTRA FRECUENCIA.

TR = 80 grados Kelvin (LNA de San Cristóbal)

AR = 1 dB (atenuación típica de un día bien lluvioso).

TS = según la Figura 16.

4.3.5.2 CALCULO DE PERDIDAS POR ESPACIO LIBRE DEL TRAYECTO SATELITE-SAN CRISTOBAL.

La ecuación que se emplea para este cálculo es la ecuación (5.22). Los datos de entrada para el programa del Apéndice E son :

$F = 4000 \text{ MHz}$

$D = 39.651,735 \text{ Kms}$

4.3.5.3 PIRE DEL SATELITE

El PIRE para una antena de haz global de los INTELSAT V está dado en la Tabla III. * Se escogerá el canal o transpondedor 9 de haz global.

El dato de entrada para esta parte del programa del Apéndice E es :

$(PIRE)_{\delta} = 23.5 \text{ dBW}$

* INTELSAT podría asignar otro canal

4.3.5.4 CALCULO DEL UMBRAL DE LOS RECEPTORES

El umbral mínimo que deben tener los receptores de las estaciones terrenas viene dado por la siguiente ecuación:

$$UR = (PIRE)_{\delta} - L - GANT \text{ recepción} \quad (4.27)$$

donde:

P : pérdidas del camino del enlace Durán-Satélite o del enlace Satélite-San Cristóbal.

Los datos de entrada para esta parte del programa del Apéndice E son :

$$(PIRE)_{\delta} = 23.5 \text{ dBW}$$

$$GANT \text{ en recepción de Durán} = 50.7 \text{ dB}$$

$$GANT \text{ en recepción de San Cristóbal} = 45.4 \text{ dB}$$

4.3.6 COMPORTAMIENTO DEL ENLACE TOTAL

El comportamiento del enlace total viene dado por la siguiente ecuación :

$$(C/No)_T^{-1} = (C/No)_a^{-1} + (C/No)_d^{-1} \quad (4.28)$$

4.4 INTEGRACION DEL SISTEMA A LA INFRAESTRUCTURA Y RED DE MICROONDAS YA EXISTENTE EN EL PAIS.

Este sistema de comunicación se integrará a la red de microondas e infraestructura del IETEL ya existente en el país.

El tráfico telefónico, telegráfico y de telex proveniente de las Islas será receptado en la central de IETEL de Puerto Baquerizo en la Isla San Cristóbal.

Mediante un enlace de microondas se transmitirá esta información hasta el sitio escogido para la ubicación de la estación terrena.

Esta información entonces será llevada hacia el Satélite INTELSAT V (F4) para ser retransmitida hacia la estación terrena en la parroquia Durán.

Mediante otro enlace de microondas estos canales se los dirigirá hacia la Central de Tránsito en la ciudad de Guayaquil. En esta central se distribuirán los canales telefónicos, telegráficos y de telex destinados para los usuarios de la ciudad. El resto de ellos serán enrutados hacia la Torre del Carmen en donde la información se distribuirá hacia la ruta Oeste, Centro o Sur en el sistema de microondas de 300 y 960 canales actualmente existente en el país.

En las Figuras 17 y 18, se muestran la distribución del actual sistema de microondas de 300 y 960 canales y la torre de telecomunicaciones El Carmen respectivamente.

Los cálculos de los enlaces de microondas de esta sección se los hacen con ayuda de programas que se encuentran en el Apéndice F y G.

En el Apéndice F se encuentra un programa que realiza los cálculos de azimuth, distancia y pérdidas del camino del enlace para un sistema de microondas.

En el Apéndice G se encuentra un programa que calcula el porcentaje de despeje de la primera zona de Fresnel en los trayectos de enlace de microondas.

Los datos de entrada para el programa del Apéndice F son :

- Latitud de la estación x
- Longitud de la estación x
- Latitud de la estación y
- Longitud de la estación y
- Frecuencia del enlace

Los datos de entrada para el programa del Apéndice G son :

SIMBOLOGIA

- EQUIPOS DE MICROONDAS
- w— CABLE COAXIAL
- CENTRO DE EQUIPO MULTIPLEX
- ⊙ ESTACION TERMINAL
- ESTACION REPETIDORA CON DERIVACION
- ESTACION REPETIDORA



Fig. 17 SISTEMA DE MICROONDAS DE 300 Y 960 CANALES.

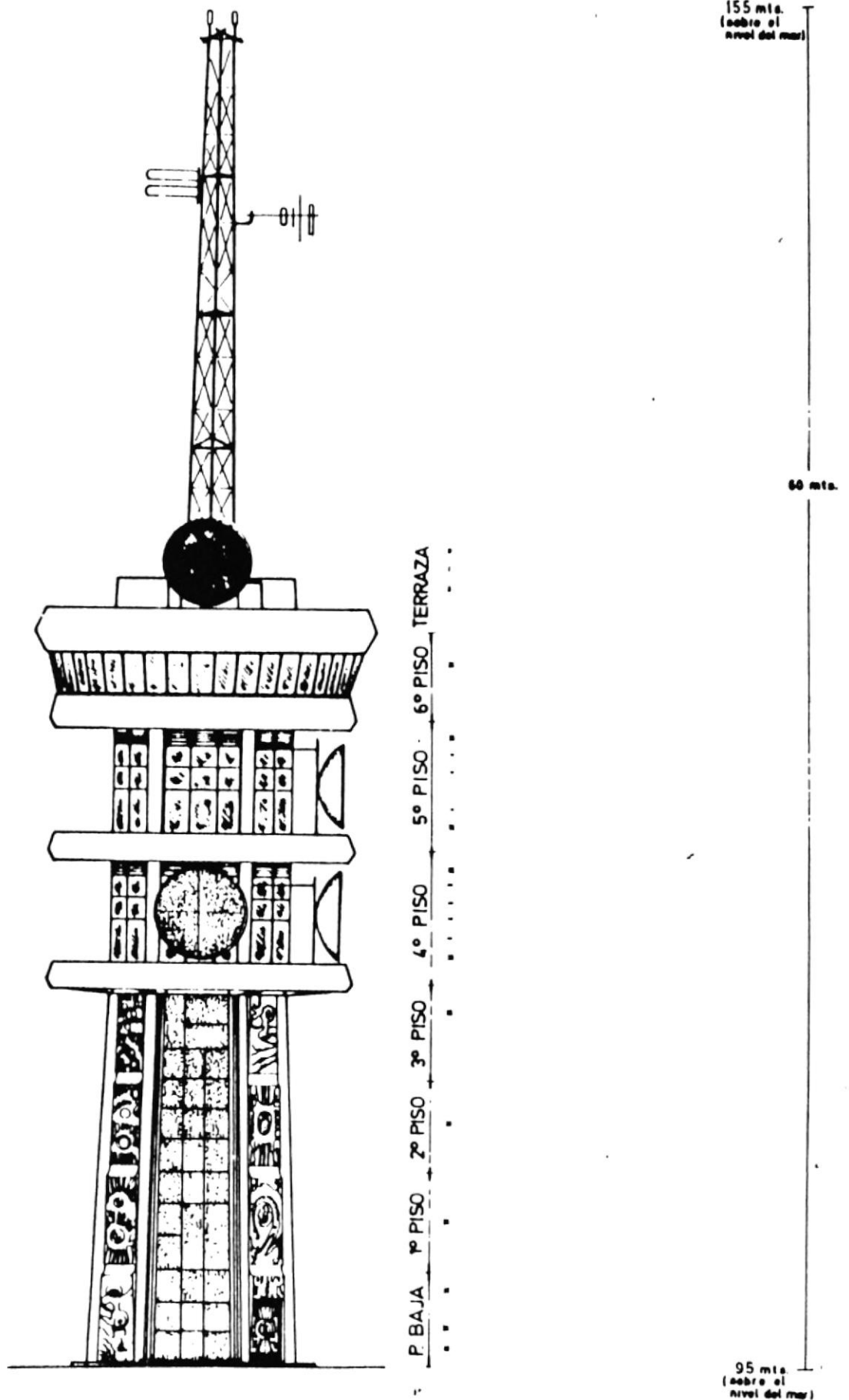


Fig. 18 TORRE DE TELECOMUNICACIONES DEL CARMEN.

- Frecuencia del enlace
- Factor de curvatura
- Criterio de porcentaje del despeje
- Números de puntos del perfil del trayecto
- Altura y distancia de cada cota del perfil

Los datos de altura y distancia para el perfil del enlace Estación Terrena Durán-Central Centro son los siguientes :

DISTANCIA (Kms)	ALTURA (mts)
0	113 Durán (cerro)
0.16	93
0.25	73
0.28	53
0.36	33
0.43	0
5.33	12 (Banco de América)
5.38	25 (Banco Industrial)
5.43	14 (Banco Bolivariano)
5.50	12 (Casa Tosi)
5.55	15 (IETEL)*

(*) El IETEL en este edificio está construyendo una torre de 40 mts. Para nuestro enlace se necesi-

ta una torre sólo de 15 mts, debido a la obstrucción que presenta el Banco Industrial, por lo que se aprovecharía esta torre para nuestro propósito. Por lo tanto, la antena del enlace estaría a 30 mts del suelo.

Los datos de altura y distancia para el perfil del enlace Estación Terrena San Cristóbal-IETEL (Puerto Baquerizo) son los siguientes :

DISTANCIA (Kms)	ALTURA (mts)
0	4 Central IETEL Puerto Baquerizo.
0.50	2
0.60	2
1.006	120 Cerro Patricia

4.4.1 ENLACE DE MICROONDAS ENTRE LA ESTACION TERRENA Y LA CENTRAL DE IETEL EN LA ISLA SAN CRISTOBAL.

Los canales de radio que llegan a la estación terrena ubicada en los alrededores del Cerro Patricia provenientes del continente serán transmitidos hacia la Central de IETEL por medio de un enlace de microondas (véase Fig. 19 y 20).

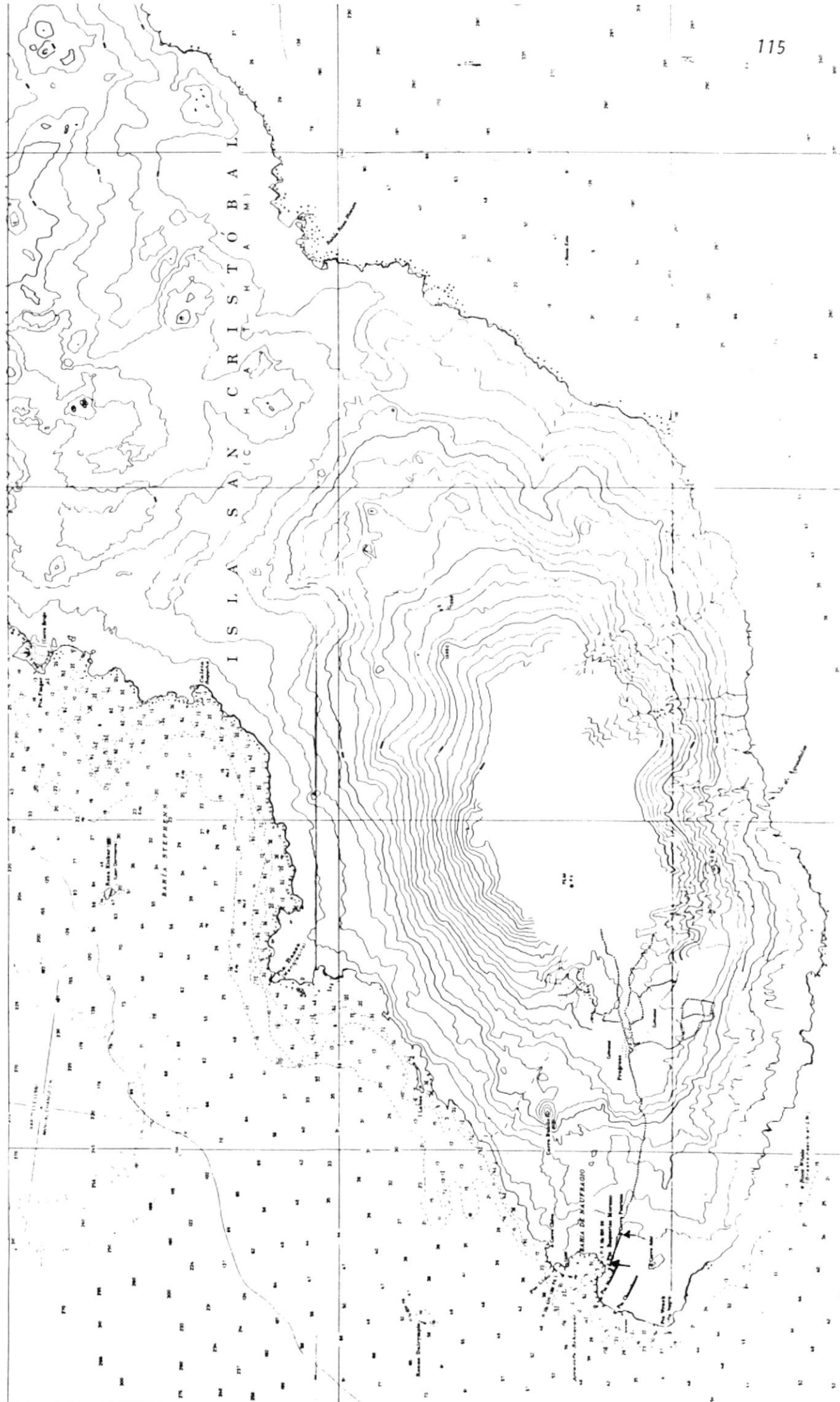


Fig. 19 MAPA DE LA ISLA SAN CRISTOBAL MOSTRANDO EL ENLACE IETEL PUERTO BAQUERIZO-E.T. SAN CRISTÓBAL.

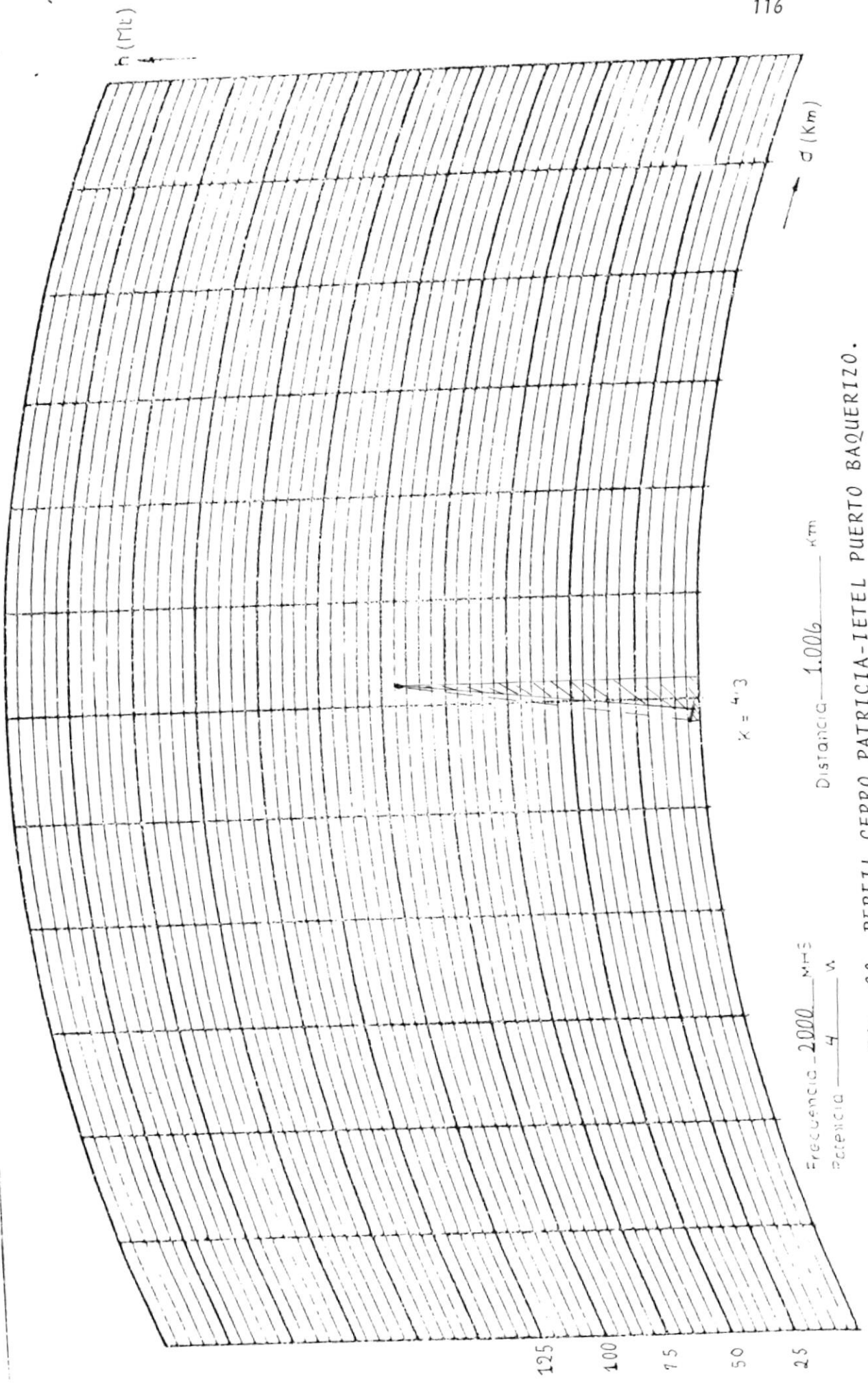


Fig. 20 PERFIL CERRO PATRICIA-IETEL PUERTO BAQUERIZO.

Las coordenadas geográficas y altura de la Central de IETEL de Puerto Baquerizo (San Cristóbal) son :

Altura : 4 mts

Latitud : $00^{\circ} 54' 05''$ Sur

Longitud : $89^{\circ} 36' 44''$ Oeste

4.4.1.1 FORMA DE TRANSMISION DE LOS CANALES DE RADIO.

Se usará multiplexación en frecuencia y un radio con una capacidad máxima de 60 canales para transmitir los canales de radio desde la Central de IETEL en Puerto Baquerizo hasta la estación terrena cercana al Cerro Patricia (ver Fig. 21).

La frecuencia de la portadora del enlace será 2 GHz (Banda 1.7/2.3 GHz). En la estación terrena existirían los mismos equipos de radio frecuencia para volver a obtener la información a nivel de canal de voz y poderla transmitir hacia el satélite por medio de los equipos de la estación.

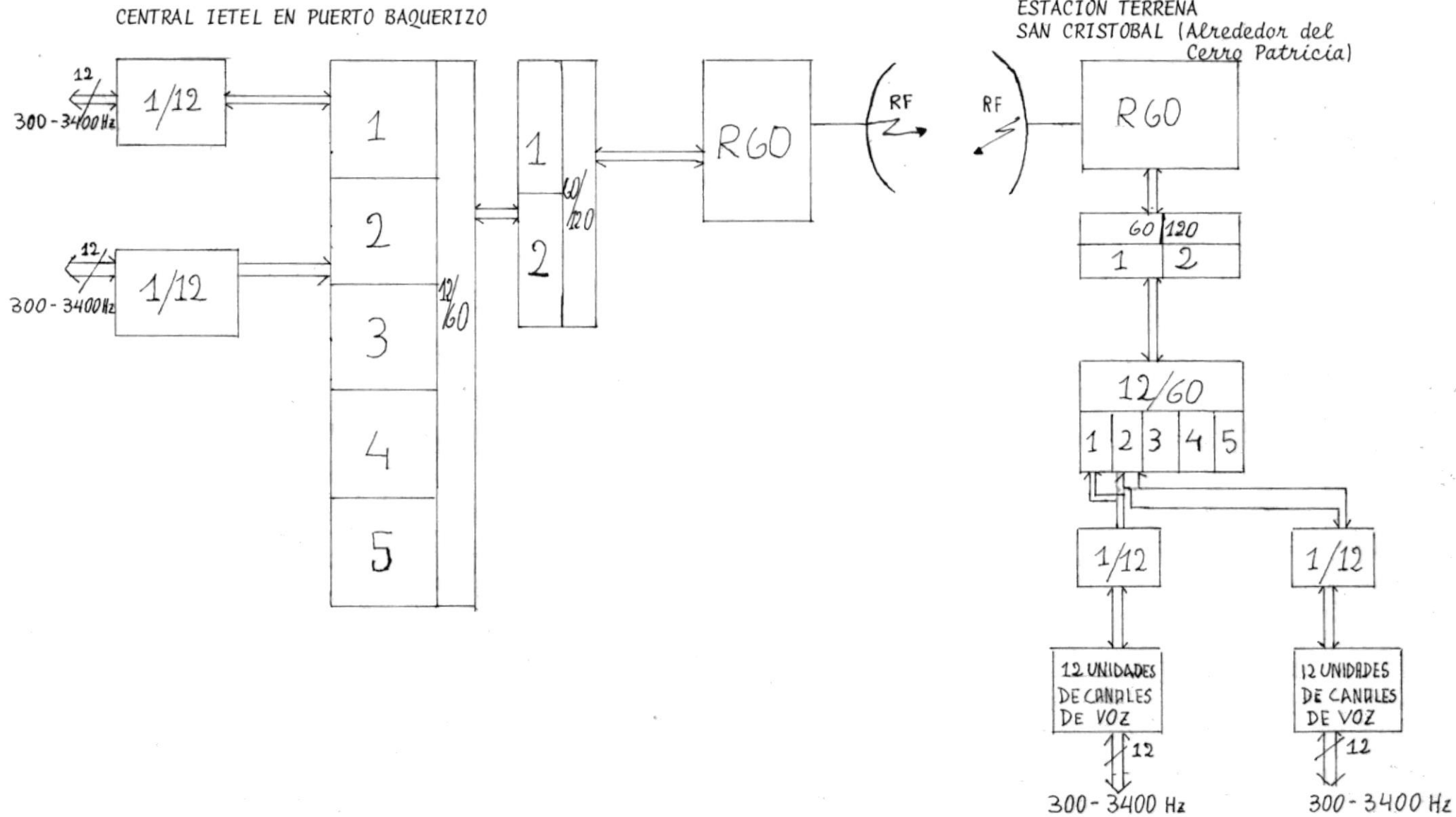


Fig. 21 ENLACE CENTRAL IETEL PUERTO BAQUERIZO-E.T. SAN CRISTOBAL.

Las características de este enlace son:

ESPECIFICACIONES DEL RADIO :

Capacidad : 120 canales (FDM)

Potencia del transmisor : 36 dBm

Umbral del receptor : -85 dBm

ESPECIFICACIONES DE LAS ANTENAS:

Tamaño : 1.2 mts de diámetro

Ganancia : 23 dB

Tipo : Parabólica

PERDIDAS :

Pérdidas del espacio libre: 98,523 dB

Pérdidas por obstrucción de Fresnel : 0 dB

Pérdidas en la línea del transmisor: 3 dB (típica).

Pérdidas en la línea del receptor: 3 dB (típica).

SEÑAL DE ENTRADA AL RECEPTOR :

SE = Ganancias - pérdidas = 22.5 dBm.

4.4.2 ENLACE DE MICROONDAS ENTRE LA ESTACION TERRENA EN DURAN Y LA CENTRAL DE TRANSITO EN GUAYAQUIL.

Los canales de radio que llegan a la estación terrena en Durán serán transmitidos por medio

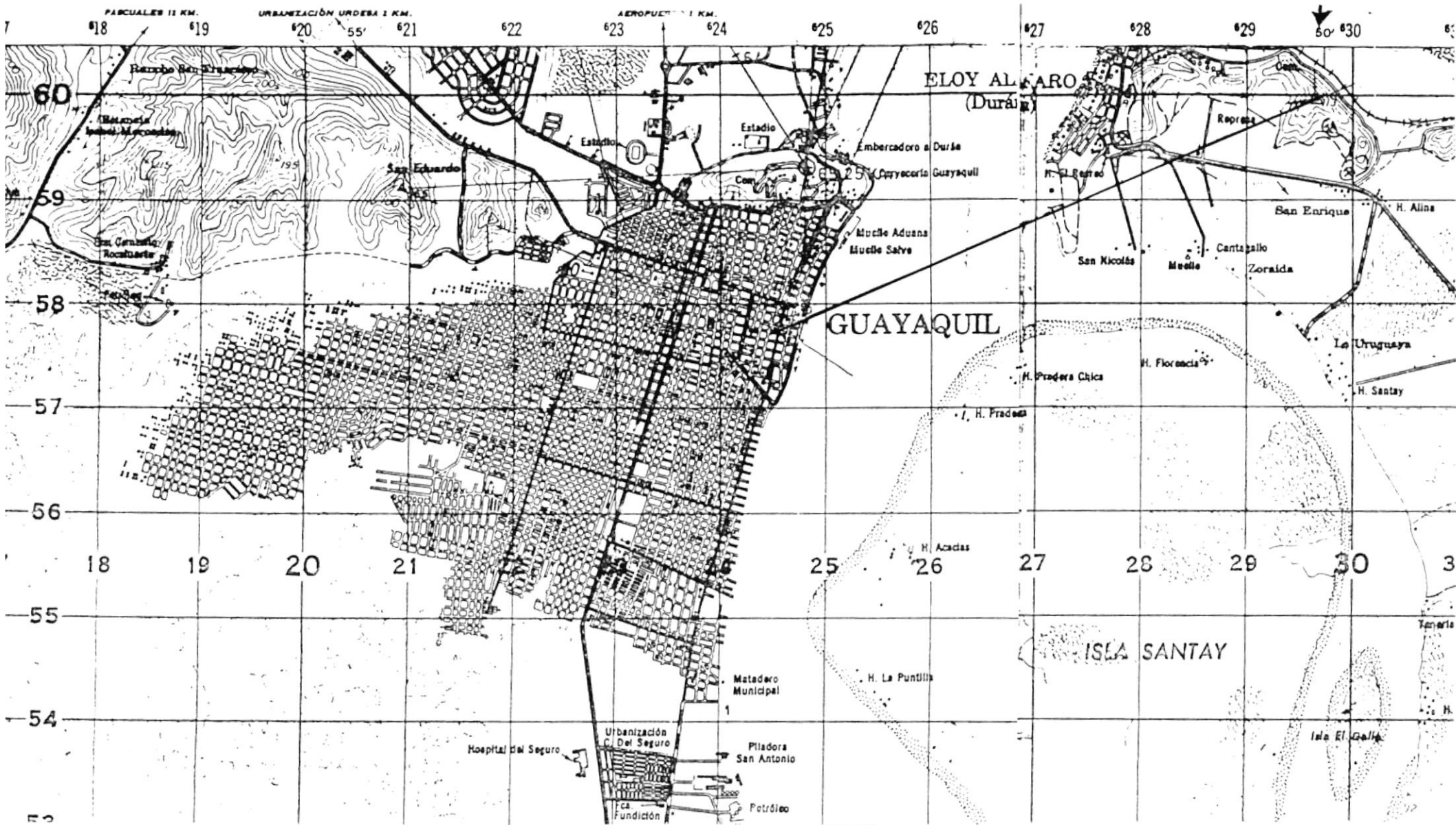


Fig. 22 MAPA DE GUAYAQUIL MOSTRANDO EL ENLACE E.T. DURAN-CENTRAL CENTRO

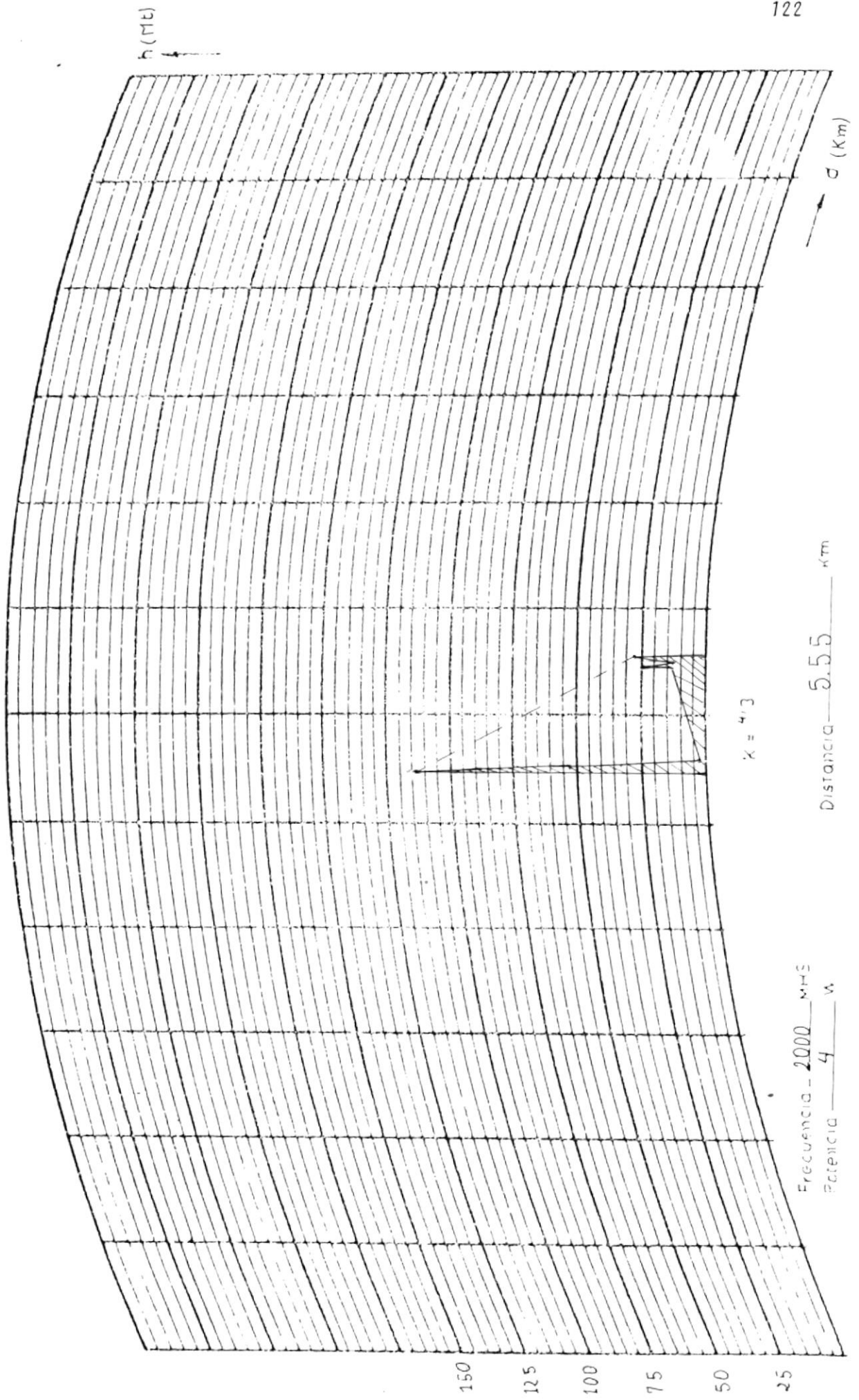


Fig. 23 PERFIL DURAN (CERRO) -CENTRAL CENTRO.

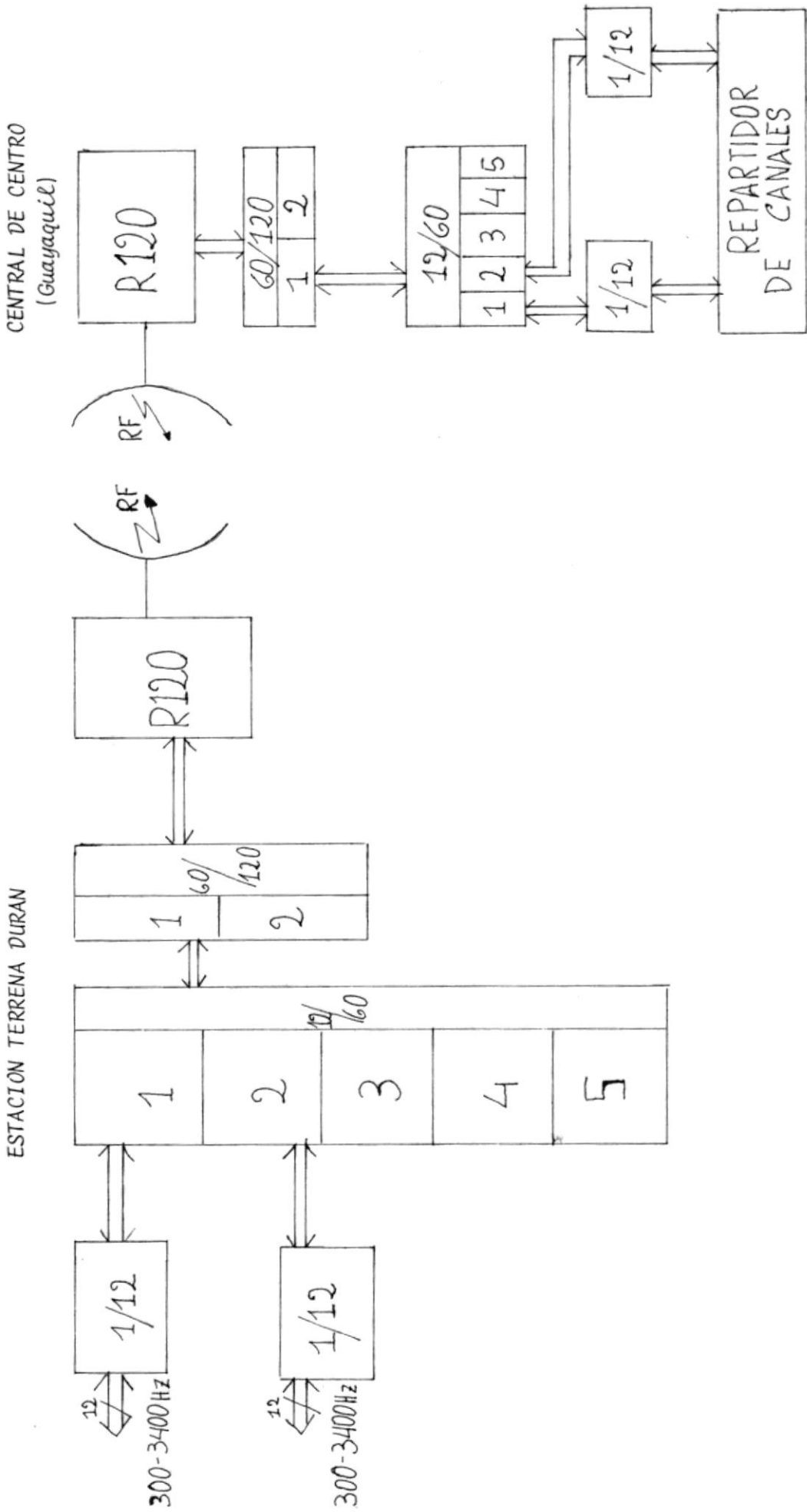


Fig. 24 ENLACE E.T. DURAN-CENTRAL CENTRO.

Las características técnicas de este enlace son :

ESPECIFICACIONES DEL RADIO :

Capacidad : 120 canales (FDM)

Potencia del transmisor : 36 dBm

Umbral del receptor : -85 dBm

ESPECIFICACIONES DE LAS ANTENAS :

Tamaño : 1.2 mts

Ganancia : 23 dB

Tipo : Parabólica

PERDIDAS :

Pérdidas del espacio libre : 113 dB

Pérdidas por obstrucción de Fresnel : 0 dB

Pérdidas en la línea del transmisor: 3 dB (típica).

Pérdidas en la línea del receptor: 3 dB (típica).

SEÑAL DE ENTRADA AL RECEPTOR :

SE = Ganancias - pérdidas = -37 dBm

CAPITULO V

ASPECTOS FINANCIEROS

5.1 CONSIDERACIONES GENERALES

Este apartado es un resumen de los aspectos financieros que entraña al establecer un sistema nacional por satélite mediante transpondedores alquilados a INTELSAT y en él se tratan tanto los costos de segmento terrestre como de segmento espacial.

Se abarcan tres aspectos importantes del costo del segmento terrestre: la adquisición de equipos, su instalación y los costos de explotación anuales. Con respecto a los costos de segmento espacial, se indican los cargos de alquiler anuales de INTELSAT.

5.2 COSTOS DEL SEGMENTO TERRESTRE

Como los costos del segmento terrestre son con frecuencia la parte principal del costo total del sistema, es esencial que se tenga mucho cuidado al redactar las especificaciones, publicar los llamados a licitación, examinar las ofertas correspondientes y llevar a cabo las negociaciones técnicas y financieras definitivas que culminen en un contrato para la adquisición de la estación terrena.

Según la experiencia de INTELSAT en el suministro de servicios nacionales alquilados, es muy difícil para los proveedores de estaciones terrenas ofrecer cotizaciones de precios de equipos para tales estaciones sin tener información bien pormenorizada sobre la clase de estación terrena que se requiere. Para mayor claridad, el costo de adquisición de una estación terrena se ha dividido en tres partes : El costo de la inversión en equipos, el costo de su instalación, y los costos de explotación posteriores a la instalación.

5.2.1 COSTOS DE LA INVERSION EN EQUIPOS

La lista siguiente muestra todos los subsistemas principales de equipos requeridos en una estación terrena nacional que funcione en un sistema nacional alquilado a INTELSAT, clasificados en subsistema de antena, transmisión y recepción :

SUBSISTEMA DE ANTENA :

- Antena parabólica
- Alimentadores de polarización circular doble
- Equipos de seguimiento y orientación (manivela o accionamiento motorizado).
- Soporte estructural y montura

SUBSISTEMA DE TRANSMISION :

- Amplificador de alta potencia y combinadores de señales.
- Convertor elevador de frecuencia
- Equipo multiplex (o equipo común SCPC)
- Modulador (MODEM)
- Equipo de proceso de la banda base
- Equipo de comunicaciones terrestres

SUBSISTEMA DE RECEPCION :

- Amplificador de Bajo ruido (LNA)
- Convertor reductor de frecuencia
- Equipo multiplex (o equipo común SCPC)
- Demodulador (módem)
- Equipo de proceso de la banda base
- Equipo de comunicaciones terrestres

A continuación se indican estimaciones presupuestarias del costo de los conjuntos de equipos de las estaciones terrenas que se usarán en el proyecto. Estas aproximaciones se obtienen sumando los precios de los subsistemas individuales. Un factor principal en el costo total del equipo es la cantidad comprada, ya que el costo por unidad bajará si se ad-quieren más estaciones. Además, el número to

tal de estaciones terrenas de un tipo determinado que se estén construyendo para todos los compradores en un momento dado afectará el precio que se cotice para un proyecto individual.

ESTIMACIONES PRESUPUESTARIAS

TIPO DE ESTACION	COSTO DEL EQUIPO
Maestra	US\$1 M a 1.5 M
De poco tráfico	US\$150.000 a 300.000

5.2.2 COSTO DE INSTALACION

Los costos de la instalación comienzan con el embalaje del equipo previo a su embarque al país comprador. Los costos del transporte tendrán entonces que tomarse en cuenta junto con los derechos de importación o exportación que puedan corresponder.

Según experiencia de los fabricantes, ellos aconsejan presupuestar del 25% al 100% del costo del equipo para costo de instalación. Los valores más bajos de la estimación se aplicarían a estaciones muy pequeñas, o como valor promedio para un gran número de estaciones

más grandes.

Los valores más altos se aplicarían típicamente en el caso de la construcción de dos estaciones grandes en regiones remotas en las que prácticamente no existiera ninguna infraestructura para un proyecto a semejante escala.

Para el caso de este proyecto en que existe parte de la infraestructura necesaria construida (vías de acceso, tendido de cable de luz eléctrica, tuberías de agua), se presupuestará el 35% del costo del equipo para costos de instalación en ambas estaciones.

ESTIMACIONES PRESUPUESTARIAS

TIPO DE ESTACION	COSTOS DE INSTALACION
Maestra	US\$350.000 a 525.000
De poco tráfico	US\$ 52.500 a 105.000

5.2.3 COSTOS ORDINARIO DE EXPLOTACION Y MANTENIMIENTO

Para los efectos del presupuesto, los proveedores generalmente calculan la erogación prevista como un porcentaje del costo del equipo, ya que una estación maestra requiere más atención que una de poco tráfico.

Para una estación de poco tráfico sería razonable estimar un presupuesto anual del 3% al 5%, mientras que para una estación maestra, del 10% al 20% podría ser una estimación más acertada.

Para el caso de este proyecto se hará una estimación presupuestaria del 4% anual para la estación de poco tráfico y del 15% anual para la estación maestra.

ESTIMACIONES PRESUPUESTARIAS

TIPO DE ESTACION	COSTOS DE MANTENIMIENTO
Maestra	US\$40.000 a 60.000
De poco tráfico	US\$ 6.000 a 12.000

5.3 CARGOS DEL SEGMENTO ESPACIAL

Los cargos anuales se reducen o aumentan en proporción a la anchura de banda alquilada y si el alquiler es de capacidad sujeta a interrupción o no sujeta a interrupción. Esto se aplica para todos los haces en todos los satélites de INTELSAT. Para el proyecto en mención se usará 1/4 de transpondedor en 6/4 GHz de haz global del INTELSAT V (F4). El alquiler será sujeta a interrupción. Así tenemos :

ANCHURA DE BANDA ALQUILADA

HAZ GLOBAL

9 MHz (1/4)

US\$200.000

18

US\$400.000

36

US\$800.000

CAPITULO VI

REGLAMENTACIÓN A SEGUIR PARA OBTENER CAPACIDAD ALQUILADA

6.1 PROCEDIMIENTO PARA OBTENER UNA ASIGNACION DE CAPACIDAD ALQUILADA.

Para obtener capacidad alquilada el Ecuador por medio del IETEL deberá solicitar un pedido de servicio de alquiler a INTELSAT, en el cual se establece la clase de arrendamiento solicitado (haz, anchura de banda y potencia).

Después de ser aprobada la solicitud por la Junta de Gobernadores, los términos estandarizados y condiciones de INTELSAT llegan a ser parte de la asignación.

La fecha especificada en la solicitud para la iniciación del servicio es muy importante, ya que INTELSAT adjudica la capacidad sobrante del satélite a utilizarse inmediatamente después de la aprobación de la solicitud por parte de la Junta de Gobernadores, y utiliza esta fecha para planear las asignaciones del transpondedor. Sin embargo, el pago del arrendamiento empieza desde el primer día de servicio.

6.1.1 FORMATO PARA UNA SOLICITUD DE SERVICIO DE ALQUILER A INTELSAT.

Los siguientes puntos son los puntos más im-

portantes en una solicitud de servicio de alquiler a INTELSAT :

- 1) Nombre y dirección del aplicante
- 2) Estado del aplicante o entidad de telecomunicación autorizada debidamente.
- 3) Capacidad solicitada
 - Ancho de banda
 - PIRE del satélite
 - Banda de operación: 6/4 GHz o 14/11 GHz
- 4) Período de asignación
 - Asignación a largo plazo sujeta a interrupción, o
 - asignación a corto plazo sujeta a interrupción, o
 - asignación a largo plazo no sujeta a interrupción.
- 5) Servicio requerido
 - Telefonía
 - Transmisión de datos
 - Televisión: recibir y/o transmitir.
- 6) Segmento terrestre
 - Número y nombres de las estaciones terrenas.

-Coordenadas geográficas de sus ubicaciones.

-Características técnicas sobresalientes.

6.2 PROCEDIMIENTO PARA OBTENER APROBACION PARA ACCESAR AL SATELITE.

Después de aprobarse la adjudicación de la capacidad alquilada y haberse finalizado la construcción de las estaciones terrenas, el IETEL debe enviar una forma de aplicación por cada estación doméstica (estándar Z).

En esta forma, se detallan las características técnicas de las estaciones y del enlace a realizarse. Una vez que cada aplicación sea aprobada, las estaciones podrán acceder al satélite inmediatamente.

CAPITULO VII

EXPANSION FUTURA DE LA RED

7.1 OBJETIVO DE LA EXPANSION

En el Ecuador existen poblaciones que debido a su configuración geográfica no puede ser accesada por ningún medio de comunicación que actualmente posee el país.

El objetivo de la expansión del sistema a una red doméstica es darle servicio a estas poblaciones, ya que un medio de comunicación seguro y confiable hará que estos pueblos se desarrollen y progresen de acuerdo al ritmo de sus necesidades. Muchas de estas poblaciones son las poblaciones del Oriente Ecuatoriano y algunas poblaciones serranas.

El propósito es tratar de conformar una red de estaciones domésticas de poco tráfico en una configuración estrella y cuya central será la estación maestra ubicada en Durán. Las estaciones accesarían al satélite por medio del acceso DAMA (Acceso Múltiple con Asignación por Demanda) en la forma FDMA.

El sistema de control del DAMA lo tendría la estación de Durán y éste usaría el método de "encuesta".

Con este método la estación maestra encuestaría a las estaciones de poco tráfico secuencialmente incluyendo a la Estación de San Cristóbal, sobre la necesidad o no que se le asignen canales de voz.

Cuando una de las estaciones da una respuesta positiva, el canal solicitado le es asignado inmediatamente, pudiendo entonces acceder al satélite.

Otro motivo de la expansión es para poder llevar señales de televisión y radio principalmente a la Provincia de Galápagos y demás poblaciones cercanas a la futura red doméstica.

7.2 CONFORMACION DEL SEGMENTO ESPACIAL Y TERRESTRE

El segmento espacial lo constituirá el alquiler de un transpondedor de haz global sujeto a interrupción (36 MHz de ancho de banda).

La distribución que se hará de este ancho de banda se lo muestra en la Figura 25.

Como se observa, el alquiler de un ancho de banda adicional de 27 MHz permite transmitir señales de televisión (video y audio) y señales de radio desde la estación maestra hacia todas las estaciones de poco

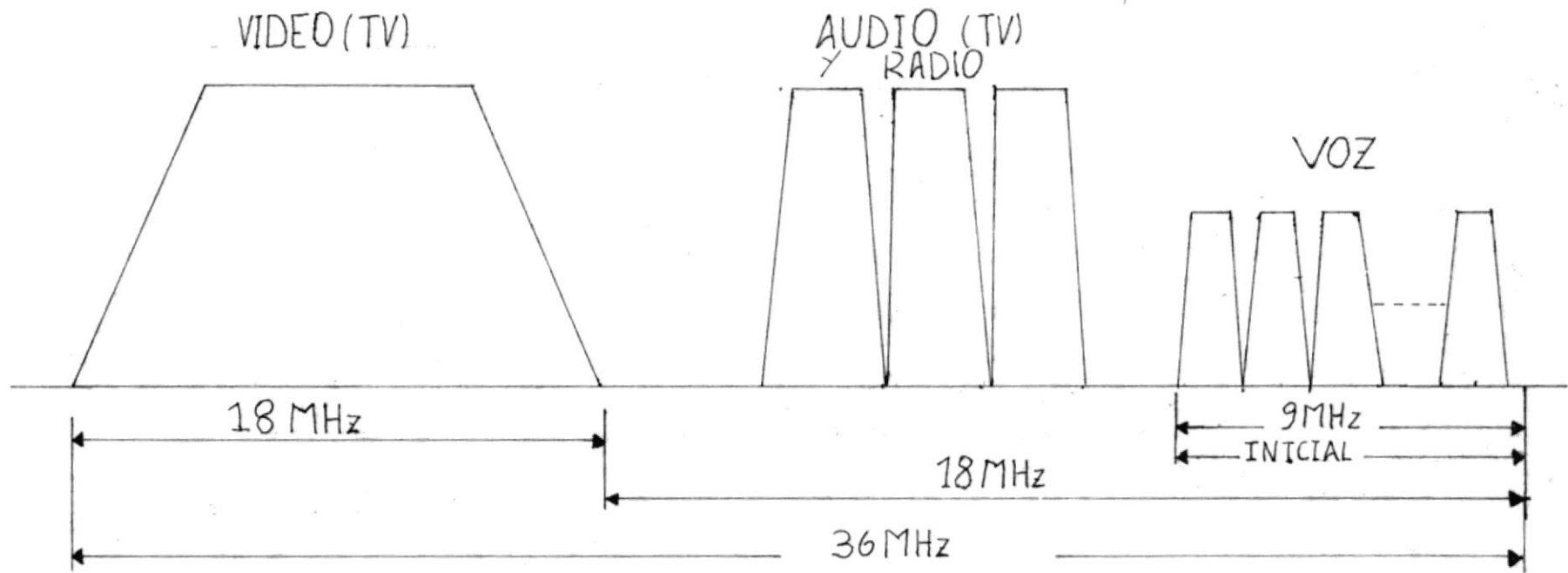


Fig. 25 DISTRIBUCION DEL NUEVO ANCHO DE BANDA ALQUILADO.

tráfico.

El ancho de banda ocupado por los canales de voz no han aumentado, pues los 24 canales de voz que se transmitirán entre Durán y San Cristóbal apenas ocuparán 2 MHz de los 9 MHz que se alquilarán en un principio.

En los 7 MHz restantes pueden haber 189 canales de voz más, los cuales serían distribuidos para que cursen por las diferentes estaciones domésticas de poco tráfico estratégicamente ubicadas.

El segmento terrestre estaría constituido por diez estaciones terrenas domésticas de poco tráfico (incluyendo la de San Cristóbal), y una estación doméstica maestra (Durán), las cuales estarían conectadas en configuración estrella.

Una de las cláusulas de INTELSAT en lo que se refiere al alquiler de transpondedores para uso doméstico es que los signatarios que participan en un arrendamiento pueden operar tantas estaciones terrenas de poco tráfico como ellos deseen sin cargo adicional en el segmento espacial.

7.3 PLAN DE LOCALIZACIÓN DE LAS NUEVAS ESTACIONES TERRENAS.

Al expandir la red doméstica se han escogido los sitios de ubicación de las estaciones terrenas según la importancia del lugar para el desarrollo y seguridad del país.

En la Fig. 26, se muestran los sitios escogidos para la ubicación de las estaciones terrenas.

Como se observa la mayoría de los sitios se encuentra en la zona oriental del país, cerca de zonas ricas en petróleo. La ubicación de las estaciones en estos sitios permitirá además de prestar servicios de comunicación a la comunidad, que las Fuerzas Armadas tengan control sobre nuestros territorios soberanos en toda la región fronteriza oriental.

Queda para una futura tesis la selección exacta de los sitios para la ubicación exacta de las estaciones y los respectivos cálculos de enlace y de parámetros geométricos de las estaciones que conformarán la red doméstica.

MATRIZ DE TRAFICO DE LOS CANALES

La distribución de los canales telefónicos que cursa

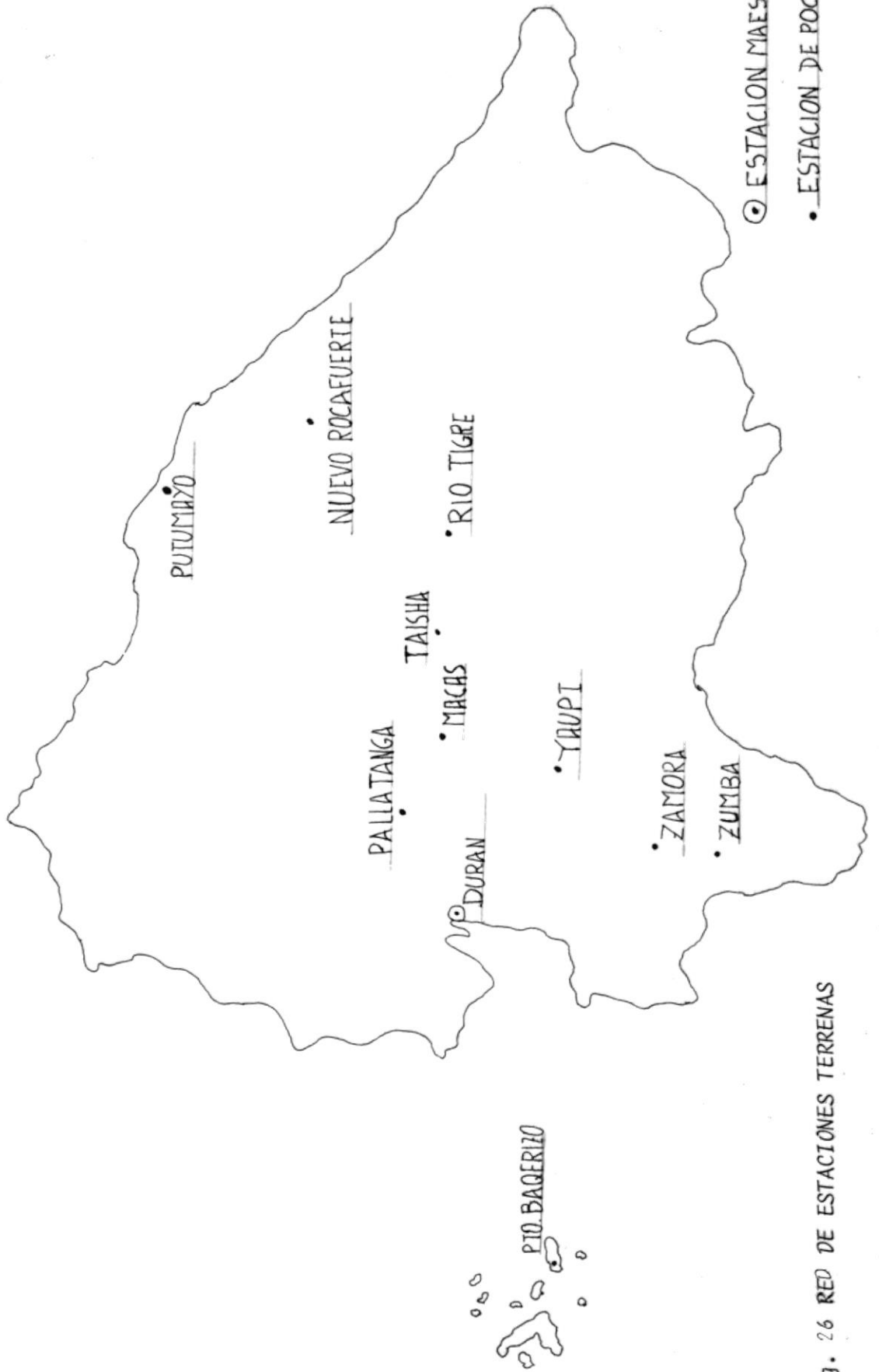


Fig. 26 RED DE ESTACIONES TERRENAS

20

rán por las diferentes estaciones terrenas domésticas va a estar dado por una matriz de tráfico telefónico (véase Tabla VI).

La distribución de los canales de televisión y radio será la siguiente :

ESTACIONES TERRENAS	NUMEROS DE CANALES					
	TV-VIDEO		TV-AUDIO		RADIO	
	Tx	Rx	Tx	Rx	Tx	Rx
-Durán	1	1	1	1	2	1
-Puerto Baquerizo	-	1	-	1	-	2
-Putumayo	-	1	-	1	-	2
-Nuevo Rocafuerte	-	1	-	1	-	2
-Río Tigre	-	1	-	1	-	2
-Taisha	-	1	-	1	-	2
-Yaupi	-	1	-	1	-	2
-Zamora	-	1	-	1	-	2
-Zumba	-	1	-	1	-	2
-Macas	-	1	-	1	-	2
-Pallatanga	-	1	-	1	-	2

donde:

Tx : transmite

Rx : recibe

ORIGEN DESTINO	ESTACION MAESTRA	ESTACIONES DE POCO TRAFICO									
	DURAN	SAN CRISTOBAL	PUTUMAYO	NUEVO ROCAFUERTE	RIO TIGRE	TAISHA	YAUPI	ZAMORA	ZUMBA	MACAS	PALLATANGA
DURAN		12	3	3	3	3	3	3	3	3	3
SAN CRISTOBAL	24		1	1	1	1	1	1	1	1	1
PUTUMAYO	3	1		1	1	1	1	1	1	1	1
NUEVO ROCAFUERTE	3	1	1		1	1	1	1	1	1	1
RIO TIGRE	3	1	1	1		1	1	1	1	1	1
TAISHA	3	1	1	1	1		1	1	1	1	1
YAUPI	3	1	1	1	1	1		1	1	1	1
ZAMORA	3	1	1	1	1	1	1		1	1	1
ZUMBA	3	1	1	1	1	1	1	1		1	1
MACAS	3	1	1	1	1	1	1	1	1		1
PALLATANGA	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
T O T A L	51	21	12	12	12	12	12	12	12	12	12

TABLA VI MATRIZ DE TRAFICO DE LOS CANALES

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De la presente tesis se puede llegar a las siguientes conclusiones y recomendaciones :

- 1) El sistema de comunicación planificado en esta tesis permitirá integrar completamente a la Provincia de Galápagos a las comunicaciones del país.
- 2) El desarrollo socio-económico de esta Provincia de nuestra Patria mejorará notablemente.
- 3) Siendo las Islas Galápagos un sitio estratégico para la seguridad nacional, un sistema de comunicación confiable y seguro sería de mucha utilidad para nuestras Fuerzas Armadas en una confrontación bélica.
- 4) San Cristóbal es la Isla más apropiada para la instalación de la estación terrena en la Provincia de Galápagos, por encontrarse más cercana al Continente Ecuatoriano y debido a que el tráfico aéreo logístico y comercial desde el año 1986 en su mayor parte estará dirigido hacia Puerto Baquerizo.
- 5) Se recomienda que una vez que estén bien constituidas las redes de estaciones terrenas domésticas, el Ecuador a largo plazo debe considerar la instalación de un satélite propio en los segmentos de órbita geoestacio-

naria que le corresponde, para ejercer en forma efectiva su soberanía plena y permanente en dicha órbita.

- 6) A medida que nuestro país se desarrolle, la demanda de canales de comunicación se incrementará paralelamente, por lo que la labor de planificar y coordinar las comunicaciones vías microondas se hará más compleja y costosa. Con un sistema de comunicación doméstico, esta labor se facilitaría y la rentabilidad del sistema se ha comprobado que es inversamente proporcional al aumento de la demanda de los canales de comunicación.
- 7) Si bien el costo de este proyecto es relativamente elevado frente a los sistemas convencionales de transmisión HF, hay que considerar la necesidad imperiosa de brindar un sistema de comunicación confiable con el continente a los colonos y visitantes de las Islas Galápagos, declaradas patrimonio cultural de la humanidad.
- 8) El Ecuador al alquilar 1/4 de transpondedor a uno de los satélites de INTELSAT está aumentando su participación en este consorcio.
- 9) Se recomienda que este sistema sea instalado por Ingenieros y obreros ecuatorianos.

A P E N D I C E S

APENDICE A

CARACTERISTICAS DE LOS SATELITES LANZADOS POR INTELSAT

INTELSAT I (Pájaro Madrugador)

Fecha de lanzamiento : Abril 16 de 1985

CARACTERISTICAS : Capacidad: 240 circuitos o un canal de televisión. Antena inclinada, limitada al corredor de tráfico intenso entre América del Norte y Europa. Vida útil prevista: 18 meses. No obstante el Pájaro Madrugador prestó servicios continuos a tiempo completo, en forma satisfactoria, durante 3 años.

INTELSAT II

Período de lanzamiento : Año de 1967.

CARACTERISTICAS : Capacidad: 240 circuitos o un canal de televisión. Modalidad de cobertura terrestre. Por primera vez se contó con la posibilidad de establecer comunicaciones a destinos múltiples entre estaciones terrenas de la zona de cobertura. Vida útil prevista: 3 años.

INTELSAT III

Período de lanzamiento : Años 1968-1970

CARACTERISTICAS : Capacidad: 1500 circuitos y 4 canales de televisión. Equipado con antena de contrarrotación mecánica. Mayor capacidad de establecer comunicaciones a destinos múltiples. Vida útil prevista: 5 años.

INTELSAT IV

Período de lanzamiento : En los primeros años de la década de los 70.

CARACTERISTICAS : Capacidad: un promedio de 3750 circuitos y 2 canales de televisión. Posee 12 transpondedores de 36 MHz cada uno, dos antenas transmisoras de cobertura global. Capacidad de acceso múltiple y transmisión simultánea. Vida útil prevista: 7 años.

INTELSAT IV-A

Fecha de lanzamiento : 29 de Enero de 1976

CARACTERISTICAS : Capacidad : 6000 circuitos y 2 canales de televisión. El INTELSAT IV-A posee 20 transpondedores que permiten operar a través de 20 canales de 36 MHz de ancho de banda cada uno. Posee una capacidad de acceso múltiple y transmisión

simultánea. Vida útil prevista: 7 años.

INTELSAT V

Período de lanzamiento : Años 1980-1981

CARACTERISTICAS : *Capacidad: un promedio de 12000 circuitos telefónicos bidireccionales simultáneos y 2 canales de televisión. Esta capacidad se logra utilizando la banda de frecuencia de 14/11 GHz además de la de 6/4 GHz. Vida útil prevista: 7 años.*

INTELSAT V-A

Período de lanzamiento : Años 1983-1984

CARACTERISTICAS : *Capacidad: un promedio de 1500 circuitos telefónicos bidireccionales y 2 canales de televisión. Las modificaciones en relación con el INTELSAT V básico incluyen la incorporación de tres nuevos canales globales de polarización cruzada, y el empleo de baterías de níquel hidrógeno.*

Vida útil prevista: 7 años.

APENDICE B
PAISES MIEMBROS DE INTELSAT

Austria	Filipinas	Noruega
Afganistán	Finlandia	Nueva Zelandia
Alemania, Rep. Fed. de	Francia	Omán
Alto Volta	Gabon	Portugal
Angola	Ghana	Países Bajos
Arabia Saudita	Grecia	Pakistán
Argelia	Guatemala	Panamá
Argentina	Haití	Paraguay
Australia	Indonesia	Perú
Bangladesh	India	Qatar
Barbados	Irán, Rep. Islámica de	Reino Unido
Bélgica	Irak	República Centroafricana
Bolivia	Irlanda	República Dominicana
Brasil	Islandia	Senegal
Camerún	Israel	Singapur
Canadá	Italia	Siria
Colombia	Jamaica	Sri Lanka
Congo	Japón	Sudáfrica
Corea, República de	Jordania	Sudán
Costa de Marfil	Kenya	Suecia
Costa Rica	Kuwait	Suiza
Chad	Líbano	Tailandia
Chile	Libia	Tanzania
China, Rep. Popular de	Liechtenstein	Trinidad y Tobago
Chipre	Luxemburgo	Tunez
Dinamarca	Madagascar	Turquía
Ecuador	Malasia	Uganda
Egipto	Mali	Vaticano, Estado de la ciudad del
El Salvador	Marruecos	Venezuela
Emiratos Arabes Unidos	Mauritania	Vietnam
España	México	Yemen, Rep. Arabe del
Estados Unidos	Mónaco	Yugoeslavia
Etiopía	Nicaragua	Zaire
Fiji	Nigeria	Zambia, otros

APENDICE C

SITUACION ACTUAL EN CUANTO A SISTEMAS NACIONALES ALQUILADOS

PAIS	ANCHO DE BANDA (MHz)	TIPO DE TRANSPONDEDOR
ARABIA SAUDITA	72	HEMISFERICO
ARABIA SAUDITA	9	GLOBAL
ARGELIA	36	GLOBAL
ARGENTINA	54	GLOBAL
AUSTRALIA	36	PINCEL-INTELSAT IV
BRASIL	144	HEMISFERICO
COLOMBIA	9	GLOBAL
CHILE	9	GLOBAL
DINAMARCA (Groenlandia)	9	GLOBAL
ESPAÑA	18	GLOBAL
FRANCIA	36	GLOBAL
FRANCIA	27	GLOBAL
INDIA	9	GLOBAL
MEXICO	108	PINCEL-INTELSAT IV
NIGER	36	GLOBAL
NIGERIA	108	GLOBAL
NORUEGA	18	GLOBAL
OMAN	36	GLOBAL
PERU	9	HEMISFERICO
SUDAN	36	GLOBAL
ZAIRE	36	GLOBAL

APENDICE D

PROGRAMA QUE CALCULA LOS PARAMETROS GEOMETRICOS DE UN
SISTEMA DE COMUNICACION SATELITAL DOMESTICA.

```

10 REM PROGRAMA QUE CALCULA LOS PARAMETROS GEOMETRICOS DE UN SISTEMA
20 REM DE COMUNICACION SATELITAL DOMESTICA
30 REM LOS DATOS DE ENTRADA SON EL RADIO DE LA TIERRA, COORDENADAS
40 REM GEOGRAFICAS DE LAS ESTACIONES TERRENAS Y LA POSICION ORBITAL
50 REM DEL SATELITE
60 DIM LTAG(10),LTAB(10),KAZI(10)
70 INPUT 'RADIO DE LA TIERRA (KMS) ',RO
80 REM
90 INPUT 'DISTANCIA AL SATELITE DESDE EL CENTRO DE LA TIERRA (KMS) ',R
100 FOR I=0 TO 8
110 PRINT PRINT PRINT
120 IF I=0 THEN INPUT 'LATITUD DE LA ESTACION TERRENA EN ',LUGARX$ GO TO 160
130 GO TO 180
140 INPUT 'NORTE/SUR ',LIMA$ IF LIMA$='SUR' THEN SIGT=-1 GO TO 180
150 SIGT=1
160 PRINT PRINT PRINT
170 IF I=3 THEN PRINT 'LONGITUD DE LA ESTACION TERRENA EN ' LUGARX$ GO TO 210
180 GO TO 230
190 INPUT 'ESTE/OESTE ',LIMB$ IF LIMB$='ESTE' THEN SIGN=-1 GO TO 290
200 SIGN=1
210 IF I=6 THEN 290
220 PRINT PRINT PRINT PRINT
230 PRINT 'DIGITE EL NOMBRE DEL SATELITE'
240 INPUT Y$ INPUT 'LONGITUD ESTE/OESTE ',LIMC$
250 IF LIMC$='OESTE' THEN SIGS=1 GO TO 290
260 SIGS=-1
270 INPUT 'GRADOS ',LTAG(1)
280 I=I+1
290 INPUT 'MINUTOS ',LTAG(1)
300 I=I+1
310 INPUT 'SEGUNDOS ',LTAG(1)
320 NEXT I
330 I=0 X=0
340 FOR X=0 TO 2
350 LTAB(X)=LTAG(1)+(LTAG(1+2)/60+LTAG(1+1))/60
360 I=I+3
370 NEXT X
380 LTX=LTAB(0)*SIGT LGX=LTAB(1)*SIGN LGSAT=LTAB(2)*SIGS
390 DW=ABS(LGX-LGSAT)
400 W=DW*(PI/180)
410 LTA=LTX*(PI/180)
420 D=(R2+RO2-2*R*RO*(COS(LTX)*COS(W)))0.5
430 T=D/(3*105)
440 ANEL=ASIN((R2-RO2-D2)/(2*RO*D))
450 ANEL=ANEL*(180/PI)
460 AZ=ATN(ABS(TAN(W)/SIN(LTX)))
470 AZ=AZ*(180/PI)
480 IF W=0 AND LTX=0 THEN AZI=180-AZ
490 IF W<0 AND LTA>0 THEN AZI=AZ
500 I=0

```

```
580 E=AZI
590 FGR L=0 TG 5
600 KAZI(L)=IP(E)
610 G=E-KAZI(L)
620 L=L+1
630 G=G*60
640 KAZI(L)=IP(G)
650 G=G-KAZI(L)
```



CESERCOMP - ESPOL

```
660 L=L+1
670 G=G*60
680 KAZI(L)=IP(G)
690 E=ANEL
700 NEXT L
710 PRINT PRINT PRINT
720 PRINT 'PARAMETROS GEOMETRICOS DE LA ESTACION TERRENA EN ' LUGARX$
730 PRINT '-----'
740 PRINT PRINT PRINT
750 PRINT 'LATITUD DE ' LUGARX$ ' ' LTAG(0) ' GRAD' LTAG(1) ' MIN'
760 PRINT LTAG(2) ' SEG ' LIMA$
770 PRINT
780 PRINT 'LONGITUD DE ' LUGARX$ ' ' LTAG(3) ' GRAD' LTAG(4) ' MIN'
790 PRINT LTAG(5) ' SEG ' LIMB$
800 PRINT
810 PRINT 'LONGITUD DEL SATELITE ' Y$ ' ' LTAG(6) ' GRAD' LTAG(7) ' MIN'
820 PRINT LTAG(8) ' SEG ' LIMC$
830 PRINT
840 PRINT 'DISTANCIA DE LA ESTACION EN ' LUGARX$ ' AL SATELITE ' Y$ '='
845 D=(IP(D*1000))/1000
850 PRINT D ' KMS'
860 PRINT
865 T=(IP(T*1000))/1000
870 PRINT 'TIEMPO DE RECORRIDO DE LA SENAL=' T ' SGS'
880 PRINT
890 PRINT 'ANGULO DE ELEVACION DE LA ESTACION EN ' LUGARX$ '=' KAZI(3)
900 PRINT ' GRAD' KAZI(4) ' MIN' KAZI(5) ' SEG'
910 PRINT
920 PRINT 'AZIMUTH DE LA ESTACION EN ' LUGARX$ '=' KAZI(0) ' GRAD'
930 PRINT KAZI(1) ' MIN' KAZI(2) ' SEG'
940 PRINT
950 END
```


2) RADIO DE LA TIERRA (KMS) 637C
DISTANCIA AL SATELITE DESDE EL CENTRO DE LA TIERRA (KMS) 42230

4) LATITUD DE LA ESTACION DURAN
NORTE/SUR SUR
GRADOS 02
MINUTOS 10
SEGUNDOS 16

8) LONGITUD DE LA ESTACION DURAN
ESTE/CESTE CESTE
GRADOS 79
MINUTOS 50
SEGUNDOS 03

12) DIGITE EL NOMBRE DEL SATELITE
INTELSAT V F4
14) LONGITUD ESTE/CESTE ESTE
GRADOS 332
MINUTOS 30
SEGUNDOS 00

16) PARAMETROS GEOMETRICOS DE LA ESTACION TERRENA DURAN

18) LATITUD DE LA ESTACION DURAN 2 GRAC 10 MIN 16 SEG SUR

20) LONGITUD DE LA ESTACION DURAN 75 GRAC 50 MIN 3 SEG OESTE

22) LONGITUD DEL SATELITE INTELSAT V F4 332 GRAC 30 MIN 0 SEG ESTE

24) DISTANCIA DE LA ESTACION DURAN AL SATELITE INTELSAT V F4= 38670.814 KMS

26) TIEMPO DE RECORRIDO DE LA SENAL= .128 SCS

28) ANGULO DE ELEVACION DE LA ESTACION DURAN= 30 GRAD 8 MIN 18 SEG

30) AZIMUTH DE LA ESTACION DURAN= 88 GRAC 19 MIN 29 SEG

RADIO DE LA TIERRA (KMS) 6370
DISTANCIA AL SATELITE DESDE EL CENTRO DE LA TIERRA (KMS) 42230

LATITUD DE LA ESTACION SAN CRISTOBAL
NORTE/SUR SUR
GRADOS 00
MINUTOS 54
SEGUNDOS 15

LONGITUD DE LA ESTACION SAN CRISTOBAL
ESTE/CESTE CESTE
GRADOS 89
MINUTOS 36
SEGUNDOS 13

DIGITE EL NOMBRE DEL SATELITE
INTELSAT V F4
LONGITUD ESTE/CESTE ESTE
GRADOS 332
MINUTOS 30
SEGUNDOS 00

PARAMETROS GEOMETRICOS DE LA ESTACION TERRENA SAN CRISTOBAL

LATITUD DE LA ESTACION SAN CRISTOBAL 0 GRAD 54 MIN 15 SEG SUR

LONGITUD DE LA ESTACION SAN CRISTOBAL 89 GRAD 36 MIN 13 SEG CESTE

LONGITUD DEL SATELITE INTELSAT V F4 332 GRAD 30 MIN 0 SEG ESTE

DISTANCIA DE LA ESTACION SAN CRISTOBAL AL SATELITE INTELSAT V F4 =
39651.735 KM

TIEMPO DE RECORRIDO DE LA SENAL = 132 SGS

ANGULO DE ELEVACION DE LA ESTACION SAN CRISTOBAL = 19 GRAD 43 MIN 47 SEG

AZIMUTH DE LA ESTACION SAN CRISTOBAL = 89 GRAD 31 MIN 16 SEG

APENDICE E

PROGRAMA QUE REALIZA LOS CALCULOS DE ENLACE
DE UN SISTEMA DE COMUNICACION.

```

10 REM PROGRAMA QUE REALIZA LOS CALCULOS DE ENLACE DE UN SISTEMA DE
20 REM COMUNICACION
30 REM EL ENLACE SATELITE ESTACION A-SATELITE FORMARAN EL ENLACE ASCENDENTE
40 REM EL ENLACE SATELITE ESTACION B FORMARAN EL ENLACE DESCENDENTE
50 INPUT 'UBICACION DE LA ESTACION A',A$,
60 INPUT 'UBICACION DE LA ESTACION B',B$,
70 INPUT 'SATELITE QUE SE UTILIZARA',S$,
80 INPUT 'FRECUENCIA DEL ENLACE ASCENDENTE EN MHZ',FA,
90 INPUT 'FRECUENCIA DEL ENLACE DESCENDENTE EN MHZ',FD
100 INPUT 'DISTANCIA DEL ENLACE ASCENDENTE EN KMS',DA,
110 INPUT 'DISTANCIA DEL ENLACE DESCENDENTE EN KMS',DD
120 INPUT 'GANANCIA DE TRANSMISION DE A EN DB',GTA,
130 INPUT 'GANANCIA DE RECEPCION DE A EN DB',GRA,
140 INPUT 'GANANCIA DE TRANSMISION DE B EN DB',GTB,
150 INPUT 'GANANCIA DE RECEPCION DE B EN DB',GRB,
160 INPUT 'PIRE DE A EN DBW',PIREA,
170 INPUT 'PIRE DE B EN DBW',PIREB,
180 INPUT 'ANTENA DE HAZ',AN$,
190 PRINT 'FIGURA DE MERITO DEL',S$, 'PARA LA ANTENA DE HAZ',AN$, 'EN DB/K',
200 INPUT 'GTS,
210 PRINT 'PIRE DEL SATELITE',S$, 'PARA UNA ANTENA DE HAZ',AN$, 'EN DBW',
220 INPUT 'PIS,
230 INPUT 'TEMPERATURA DE RUIDO DEL LNA EN K',TR,
240 INPUT 'PERDIDAS EN EL ALIMENTADOR EN DB',LAL,
250 INPUT 'TEMPERATURA DEL CIELO EN K',TS,
260 INPUT 'ATENUACION DEBIDA A LA LLUVIA EN DB',AR,
270 LA=32.44+20#C.43429448*(LOG(FA)+LOG(DA))
280 CNA=PIREA+GTS-LA+228.6
290 PRINT 'LAS PERDIDAS EN EL ENLACE ASCENDENTE SON',LA,'DB',
300 PRINT INT(LA#1000)/1000,'DB',
310 PRINT 'LA RELACION POPTADORA A RUIDO EN EL ENLACE ASCENDENTE ES',
320 PRINT CNA,'DB',
330 PRINT 'PIREA-GTA+LAL
340 PTA=PIREA-GTA+LAL
350 PRINT 'EL VALOR NOMINAL DEL HPA DE LA ESTACION EN',A$, 'ES',PTA,'DBW',
360 PRINT 'PIREB-GTB+LAL
370 PTA=PIREB-GTB+LAL
380 PRINT 'EL VALOR DEL UMBRAL DEL RECEPTOR DE LA ESTACION EN',A$, 'ES',URA,
390 PRINT 'DBW',
400 PRINT 'PIREB-GTB+LAL
410 LR=10**AR/10,
419 PL=10#*(LAL/10),
420 TANT=0.54#TS+0.23#TS+66.70+((LP-1)/(LR))*290
425 TSI=TANT/PL+((PL-1)/PL)*290+TR
426 TSSIS=4.3429448#LOG(TSI)
430 GTE=GRA-LAL-TSSIS
440 LD=32.44+20#C.43429448*(LOG(FD)+LOG(DD))
450 CND=PIREB+GTE-LD+228.6
460 CNT=10#*((-CNA/10)+10#*(-CND/10))
470 PTB=PIREB-GTB+LAL
480 PIRB=PIREB-GTB+LAL
490 URB=PIREB-GTB+LAL
500 PPINT 'LAS PERDIDAS EN EL ENLACE DESCENDENTE EN DB SON',
510 PRINT INT(LD#1000)/1000,
520 PRINT 'EL VALOR NOMINAL DEL HPA DE LA ESTACION EN',B$, 'ES',PTB,'DBW',

```

540 PRINT
550 PRINT 'LA FIGURA DE MERITO DE LA ESTACION EN ' B\$ ' ES ' GTET ' DB/K'
560 PRINT
570 PRINT 'LA RELACION PORTADOR A RUIDO DEL ENLACE DESCENDENTE ES ' CND 'DB'



CESERCOMP - ESPOL

30

32

580 PRINT
590 PRINT 'LA RELACION PORTADORA A RUIDO DEL ENLACE TOTAL ES ' CNTK 'DB'
600 PRINT
610 PRINT 'EL VALOR DEL UMBRAL DEL RECEPTOR DE LA ESTACION EN ' B\$ ' ES ' URB
620 PRINT 'DBW'
630 END

2

UBICACION DE LA ESTACION A	DURAN		
UBICACION DE LA ESTACION B	SAN CRISTOBAL		
SATELITE QUE SE UTILIZARA	INTELSAT V F4		
FRECUENCIA DEL ENLACE ASCENDENTE EN MHZ	6000		
FRECUENCIA DEL ENLACE DESCENDENTE EN MHZ	4000		
DISTANCIA DEL ENLACE ASCENDENTE EN KMS	38570.814		
DISTANCIA DEL ENLACE DESCENDENTE EN KMS	39651.735		
GANANCIA DE TRANSMISION DE A EN DB	54.2		
GANANCIA DE RECEPCION DE A EN DB	50.7		
GANANCIA DE TRANSMISION DE B EN DB	49		
GANANCIA DE RECEPCION DE B EN DB	55.4		
PIRE DE A EN DBW	74.7		
PIRE DE B EN DBW	73		
ANTENA DE HAZ	GLOBAL		
FIGURA DE MERITO DEL	INTELSAT V F4	PARA LA ANTENA DE HAZ	GLOBAL
EN DB/K			
	-18.6		
PIRE DEL SATELITE	INTELSAT V F4	PARA UNA ANTENA DE HAZ	
GLOBAL	EN DBW		
	23.5		
TEMPERATURA DE RUIDO DEL LNA EN K	80		
PERDIDAS EN EL ALIMENTADOR EN DB	3		
TEMPERATURA DEL CIELO EN K	7		
ATENUACION DEBIDO A LA LLUVIA EN DB	1		

18

CALCULOS DE ENLACE
=====

20

-- LAS PERDIDAS EN EL ENLACE ASCENDENTE SON 199.750 DB --
 -- LA RELACION PORTADORA A RUIDO EN EL ENLACE ASCENDENTE ES 84.949 DB 22 DB --
 -- EL VALOR NOMINAL DEL HPA DE LA ESTACION DURAN ES 23.5 DBW --
 -- EL VALOR DEL UMBRAL DEL RECEPTOR DE LA ESTACION DURAN ES -226.951 DB 118 DBW --
 -- LAS PERDIDAS EN EL ENLACE DESCENDENTE EN DB SON 196.446 DB --
 -- EL VALOR NOMINAL DEL HPA DE LA ESTACION SAN CRISTOBAL ES 27 DBW --
 -- LA FIGURA DE MERITO DE LA ESTACION SAN CRISTOBAL ES 28.237 DB/K 6967 DB/K --
 -- LA RELACION PORTADORA RUIDO DEL ENLACE DESCENDENTE ES 83.891 DB DB --
 -- LA RELACION PORTADORA A RUIDO DEL ENLACE TOTAL ES 18.738 DB --
 -- EL VALOR DEL UMBRAL DEL RECEPTOR DE LA ESTACION SAN CRISTOBAL ES -228.346 DBW --



CESTO COMPAÑIA S.A.

APENDICE F

PROGRAMA QUE CALCULA EL AZIMUTH DE UNA ANTENA CON RESPECTO A LA OTRA, LA DISTANCIA ENTRE ELLAS Y LAS PERDIDAS DEL TRAYECTO PARA UN ENLACE DE MICROONDAS.


```

10 REM PROGRAMA QUE CALCULA EL AZIMUTH DE UNA ANTENA CON RESPECTO A LA OTRA,
20 LA DISTANCIA ENTRE ELLAS Y LAS PERDICAS DEL TRAYECIC PARA UN ENLACE
30 REM DE MICROONDAS
40 REM LOS DATOS DE ENTRADA SON LAS COORDENADAS GEOGRAFICAS DE LAS
50 REM ESTACIONES Y LA FRECUENCIA DEL ENLACE
60 DIM LTAG(11),LTIAB(3),KAZ(16)
70 E2=147.7357736 K=69.17147736 MK=1.609344
90 FOR I=0 TO 11
100 IF I=0 THEN INPUT 'LATITUD DE',LLGARK$,GC TO I75
120 IF I=3 THEN PRINT 'LONGITUD DE',LLGARY$,GC TO I73
140 IF I=6 THEN INPUT 'LATITUD DE',LLGARY$,GC TO I71
160 IF I=9 THEN PRINT 'LONGITUD DE',LLGARY$,GC TO I77
171 INPUT 'NORTE/SUR',LIMC$, 'NORTE' THEN SIGC=I GC TO I80
172 SIGC=-1 GC TO I80
173 INPUT 'ESTE/OESTE',LIMB$, 'OESTE' THEN SIGB=I GC TO I80
174 SIGC=-1 GC TO I80
175 INPUT 'NORTE/SUR',LIMA$, 'NORTE' THEN SIGA=I GC TO I80
176 INPUT 'ESTE/OESTE',LIMD$, 'OESTE' THEN SIGD=I GC TO I80
178 SIGC=-1
180 INPUT 'GRADOS',LTAG(I)
185 I=I+1
190 INPUT 'MINUTOS',LTAG(I)
195 I=I+1
200 INPUT 'SEGUNDOS',LTAG(I)
210 NEXT I
220 I=C: X=0
230 FOR X=0 TO 3
240 LTIAB(X)=LTAG(I)+2)/60+LTIAB(I+1)/60
250 I=I+3
260 NEXT X
270 LIX=LTIAB(C)*SIGA LIX=LTIAB(I)*SIGB LIY=LTIAB(2)*SIGC LIZ=LTIAB(3)*SIGD
280 INPUT 'FRECUENCIA DEL ENLACE EN GHz',FR
290 CLT=LIY-LIX
300 DLT=LC*(1-2C)
310 DLT=ABS(DLT)
320 DLG=LCY-LCX
330 IF DLG>C THEN 250
340 DLG=LC*(1-2C)
350 DLG=ABS(DLG)
360 LIM=(LIY+LIX)/2)*PI/180
370 LI=(DLG/2)*SIN(LIM)
380 W=ATN((LI-SIN(LIM))*2/E2)*LLG*CCS(LIM))/(CLT*(1-1/E2))
390 WW=W*180/PI
400 IF CLT>C THEN 430
410 X=C: A=-WW
420 GC TO 440
430 X=180
440 IF DLG>C THEN 470
450 B=-A: C=-LI
460 GC TO 460

```

```

470 B=A      :      C=CI
480 F=X-B-C-720
490 AZX=F+360
500 IF AZX < 0 THEN 53C
510 F=AZX
520 GC TO 490
530 DISM=(K*DLG* $\cos(LTM)$ )/((1-(1/EZ)* $\sin(LTM)$ )**2)**.5*SIN(W))
540 DISK=DISM*MK

```



CESERCOMP - ESPOL

```

550 D=AZX+DLG-540
560 AZY=C+360
570 IF AZY > 0 THEN 600
580 C=AZY
590 GC TO 560
600 PC=96.58+20*0.43429448*(LCC(FR)+LCC(DISM))
620 E=AZX
630 FOR L=C TO 5
640 KAZ(L)=IP(E)
650 G=E-KAZ(L)
660 L=L+1
670 CM=60*G
680 KAZ(L)=IP(CM)
690 GMM=CM-KAZ(L)
700 L=L+1
710 GS=GMM*60
720 KAZ(L)=IP(GS)
730 E=AZY
740 NEXT L
750 PRINT ' RADICENLACE ' LUGARX$ ' - ' LUGARY$
760 PRINT ' PRINT
770 PRINT ' LATITUD DE ' LUGARX$ ' ' LTAG(0) ' GRAD' LTAG(1) ' MIN'
780 PRINT ' LIAG(2) ' SEG ' LIMA$
790 PRINT ' LONGITUD DE ' LUGARX$ ' ' LTAG(3) ' GRAD' LTAG(4) ' MIN'
800 PRINT ' LTAG(5) ' SEG ' LIME$
810 PRINT ' AZIMUTH DEL RADIC ENLACE EN ' LUGARX$ ' ' KAZ(3) ' GRAD'
820 PRINT ' KAZ(4) ' MIN' KAZ(5) ' SEG'
830 PRINT ' PRINT ' LATITUD DE ' LUGARY$ ' ' LTAG(6) ' GRAD' LTAG(7)
840 PRINT ' MIN' LTAG(8) ' SEG ' LIMC$
850 PRINT ' LONGITUD DE ' LUGARY$ ' ' LTAG(9) ' GRAD' LTAG(10) ' MIN'
860 PRINT ' LTAG(11) ' SEG ' LIMD$
870 PRINT ' AZIMUTH DEL RADIC ENLACE EN ' LUGARY$ ' ' KAZ(10) ' GRAD'
880 PRINT ' KAZ(1) ' MIN' KAZ(2) ' SEG'
890 PRINT ' PRINT
900 PRINT ' LISTANCIA DEL ENLACE EN KILOMETROS= ' DISK
910 PRINT ' PERDIDAS DEL CAMINO EN DB= ' PC
920 END

```

LATITUD DE IETEL(SAN CRISTOBAL)

NORTE/SUR SUR

GRADOS 00

MINUTOS 54

SEGUNDOS 05

LONGITUD DE

OESTE

GRADOS 89

MINUTOS 36

SEGUNDOS 44

LATITUD DE ESTACION TERRENA SAN CRISTOBAL

NORTE/SUR SUP

GRADOS 00

MINUTOS 54

SEGUNDOS 15

LONGITUD DE

OESTE

GRADOS 89

MINUTOS 36

SEGUNDOS 13

FRECUENCIA DEL ENLACE EN GHZ 2

IETEL(SAN CRISTOBAL)

ESTACION TERRENA SAN CRISTOBAL

RADICENLACE IETEL(SAN CRISTOBAL) - ESTACION TERRENA SAN CRISTOBAL

LATITUD DE IETEL(SAN CRISTOBAL) 0 GRAD 54 MIN 5 SEG SUR
LONGITUD DE IETEL(SAN CRISTOBAL) 89 GRAD 36 MIN 44 SEG OESTE
AZIMUTH DEL RADIO ENLACE EN IETEL(SAN CRISTOBAL) 107 GRAD 46 MIN 33 SFG

LATITUD DE ESTACION TERRENA SAN CRISTOBAL 0 GRAD 54 MIN 15 SEG SUR
LONGITUD DE ESTACION TERRENA SAN CRISTOBAL 89 GRAD 36 MIN 13 SEG OESTE
AZIMUTH DEL RADIO ENLACE EN ESTACION TERRENA SAN CRISTOBAL 287 GRAD 46 MIN 2 SEG

DISTANCIA DEL ENLACE EN KILOMETROS= 1.006
PERDIDAS DEL CAYNO EN DB= 98.923

LATITUD DE ESTACION TERRENA DURAN
NORTE/SUR SUR
GRADOS 02
MINUTOS 10
SEGUNDOS 16
LONGITUD DE ESTACION TERRENA DURAN
ESTE/OESTE OESTE
GRADOS 79
MINUTOS 50
SEGUNDOS 03
LATITUD DE CENTRAL CENTRO (IETEL)
NORTE/SUR SUR
GRADOS 02
MINUTOS 11
SEGUNDOS 27
LONGITUD DE CENTRAL CENTRO (IETEL)
ESTE/OESTE OESTE
GRADOS 79
MINUTOS 52
SEGUNDOS 51
FRECUENCIA DEL ENLACE EN GHZ 2

RADIOENLACE ESTACION TERRENA DURAN - CENTRAL CENTRO (IETEL)

LATITUD DE ESTACION TERRENA DURAN 2 GRAD 10 MIN 16 SEG SUR
LONGITUD DE ESTACION TERRENA DURAN 79 GRAD 50 MIN 3 SEG OESTE
AZIMUTH DEL RADIO ENLACE EN ESTACION TERRENA DURAN 247 GRAD 15 MIN 42 SEG
LATITUD DE CENTRAL CENTRO (IETEL) 2 GRAD 11 MIN 27 SEG SUR
LONGITUD DE CENTRAL CENTRO (IETEL) 79 GRAD 52 MIN 51 SEG OESTE
AZIMUTH DEL RADIO ENLACE EN CENTRAL CENTRO (IETEL) 67 GRAD 12 MIN 54 SEG

DISTANCIA DEL ENLACE EN KILOMETROS= 5.631
PERDIDAS DEL CAMINO EN DB= 113.479

APENDICE G

PROGRAMA QUE CALCULA EL DESPEJE DEL RAYO DIRECTO,
MARGEN Y RADIO DE FRESNEL.

```

10 REM
20 REM          ***** SAT 2 *****
30 REM
40 REM          PROGRAMA QUE CALCULA EL DESPEJE DEL RAYO DIRECTO,
50 REM          MARGEN Y RADIO DE FRESNEL
60 REM
70 REM
71 INPUT *NOMBRE DE LA ESTACION A * ,A$
72 INPUT *NOMBRE DE LA ESTACION B * ,B$
80 INPUT *FRECUENCIA DE OPERACION (MHZ) * ,F
90 INPUT *FACTOR DE CURVATURA K * ,K
110 INPUT *CRITERIO DEL PORCENTAJE DE DESPEJE * ,C
120 IF C > 1 THEN C=C*0.5
130 PRINT *INGRESOS DE DATOS DEL PERFIL *
140 INPUT *NUMERO DE PUNTOS * ,J
150 DIM DIS(J),ALT(J),HD(J),FR(J),DESPE(J)
160 DIM PERD(J),FCPOR(J),FC(J),CLAR(J),MARGE(J),NUM(J)
170 FOR I=1 TO J
180 PRINT *PUNTO NUMERO * I
190 INPUT *DISTANCIA (KM) * ,DIS(I)
200 INPUT *ALTURA (MT) * ,ALT(I)
210 NEXT I
220 FOR I=2 TO J-1
230 FR(I)=17.3*(((DIS(J)-DIS(I))*DIS(I)*1000)/(F*DIS(J))) 0.5
240 FK=((DIS(J)-DIS(I))*DIS(I))/(K*12.75)
250 HD(I)=ALT(I)-((ALT(I)-ALT(J))/DIS(J))*DIS(I)-FK
260 DESPE(I)=HD(I)-FR(I)
270 MARGE(I)=DESPE(I)-ALT(I)
280 CLAR(I)=HD(I)-ALT(I)
290 FC(I)=CLAR(I)/FR(I)
300 IF FC(I) >= C THEN 320
301 NUM(I)=I-1
305 PRINT *EXISTEN PERDIDAS POR OBSTRUCCION DE FRESNEL EN EL PUNTO * NUM(I)
310 GO TO 330
320 PERC(I)=C
330 NEXT I
331 PRINT PRINT
332 PRINT TAB (5) 'ENLACE ESTACION * A$ *-' * ESTACION * B$
333 PRINT
334 PRINT '-----'
335 PRINT '-----'
350 PRINT *DISTANCIA* * ALTURA * ALTURA DEL * * RADIO DE * * DESPEJE*
360 PRINT * MARGEN * OBSERVACIONES*
370 PRINT TAB (15) *FAZ DIRECTO* TAB (33) *FRESNEL*
380 PRINT * KM* TAB (12) *MT* TAB (24) *MT* TAB (36) *MT* TAB (45)
390 PRINT *MI* TAB (55) *MI*
400 PRINT '-----'
405 PRINT '-----'
410 FOR I=2 TO J-1
420 IF FC(I) >= 1 THEN 450
430 FCPOR(I)=FC(I)*100
440 PRINT TAB (1) (IP(DIS(I)*100)/100) TAB (9) (IP(ALT(I)*100)/100)
450 PRINT TAB (18) (IP(HD(I)*100)/100) TAB (33) (IP(FR(I)*100)/100)
460 PRINT TAB (42) (IP(DESPE(I)*100)/100) TAB (52) (IP(MARGE(I)*100)/100)
470 PRINT TAB (59) *DESPEJE DEL * (IP(FCPOR(I)*10)/10)

```



CESERCOMP - ESPOL

490 PRINT TAB (1) IP(CIS(I)*100)/ICC TAB (9) IP(ALT(I)*100)/100
 500 PRINT TAB (14) IP(HD(I)*100)/100 TAB (33) IP(FR(I)*100)/100
 510 PRINT TAB (42) IP(DESPE(I)*100)/100 TAB (52) IP(MARGE(I)*100)/100
 515 PRINT TAB (59) 'DESPEJE ICIAL'

520 NEXT I
 521 PRINT 'ALTURA DE LA ESTACION: A\$ 'EN MTS=' ALI(I)
 523 PRINT 'ALTURA DE LA ESTACION: B\$ 'EN MTS=' ALI(J)
 524 PRINT 'DISTANCIA DEL ENLACE EN KMS=' DIS(J)
 530 END

30)
32)

30)
32)

NOMBRE DE LA OPERACION (M47) 2000
 FRECUENCIA DE CURVATURA K 1.3333333
 FACTOR DE CURVATURA DE DESPEJE 0.6
 CRITERIO DEL PORCENTAJE DE DESPEJE
 INGRESOS DE DATOS DEL PERFIL
 NUMERO DE PUNTOS 11

PUNTO NUMERO	ALTIMETRIA (MT)	DISTANCIA (KM)
1	0	0
2	113	0.175
3	53	0.250
4	73	0.300
5	53	0.375
6	33	0.450
7	0	5.35
8	12	5.40
9	25	5.45
10	5	5.50
11	14	
12	5	

ENLACE ESTACION TERRENA DURAN-ESTACION CENTRAL CENTRC

DISTANCIA		ALTURA	ALTURA DEL	RADIO DE	DESPEJE	MARGEN	OBSERVACIONES	
KM	MT		HAZ DIRECTO	FRESNEL				
			MT	MT	MT	MT		
.17	93		111.3	5.11	106.19	13.19	DESPEJE	TOTAL
.25	73		110.58	6.11	104.47	31.47	DESPEJE	TOTAL
.29	53		110.09	6.65	103.4	50.4	DESPEJE	TOTAL
.37	33		109.37	7.48	101.89	68.89	DESPEJE	TOTAL
.44	0		108.65	8.19	100.45	100.45	DESPEJE	TOTAL
5.34	12		62.86	27.8	35.06	23.06	DESPEJE	TOTAL
5.39	25		62.41	27.92	34.48	9.48	DESPEJE	TOTAL
5.44	14		61.56	28.05	33.91	19.91	DESPEJE	TOTAL
5.5	12		61.5	28.17	33.33	21.33	DESPEJE	TOTAL

ALTURA DE LA ESTACION ESTACION TERRENA DURAN EN MTS= 113
 ALTURA DE LA ESTACION CENTRAL CENTRC EN MTS= 25

NOMBRE DE LA ESTACION A IETEL(SAN CRISTOBAL)
NOMBRE DE LA ESTACION B TERRENA SAN CRISTOBAL
FRECUENCIA DE OPERACION (MHZ) 2000
FACTOR DE CURVATURA K 1.33333333333
CRITERIO DEL PORCENTAJE DE DESPEJE 0.6
INGRESOS DE DATOS DEL PERFIL
NUMERO DE PUNTOS 4
PUNTO NUMERO 1
DISTANCIA (KM) 0
ALTURA (MT) 4
PUNTO NUMERO 2
DISTANCIA (KM) 0.5
ALTURA (MT) 2
PUNTO NUMERO 3
DISTANCIA (KM) 0.7
ALTURA (MT) 2
PUNTO NUMERO 4
DISTANCIA (KM) 1.006
ALTURA (MT) 120

ENLACE ESTACION IETEL(SAN CRISTOBAL)-ESTACION TERRENA SAN CRISTOBAL

DISTANCIA	ALTURA	ALTURA DEL HAZ DIRECTO	RADIO DE FRESNEL	DESPEJE	MARGEN	OBSERVACIONES
KM	MT	MT	MT	MT	MT	
.50	2	61.63	6.13	55.50	53.50	DESPEJE TOTAL
.69	2	84.70	5.64	79.05	77.05	DESPEJE TOTAL

ALTURA DE LA ESTACION IETEL(SAN CRISTOBAL) EN MTS= 4
 ALTURA DE LA ESTACION TERRENA SAN CRISTOBAL EN MTS= 113

BIBLIOGRAFIA

1. James Martin, Communications satellite systems (Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, 1978).
2. Emanuel Fthenakis, Manual of satellite communication (New York : McGraw-Hill, 1984).
3. Bhargava-Haccoun-Matyas-Nuspl, Digital communications by satellite (New York : Wiley-Interscience, 1981).
4. INTELSAT, Leased transponder service (Washington, DC: Febrero 1984; 3a. edición).
5. Nippon Electric Co., Lds., Cotización para un sistema de DOMSAT para las Islas Galápagos (Tokio, 9 de Diciembre, 1981).
6. Escuela Nacional de Telecomunicaciones, Introducción de la comunicación por satélite (México).
7. M. Romero, "Diseño de un sistema nacional de telecomunicaciones por satélite ECUASAT utilizando la órbita geoestacionaria en el segmento espacial correspondiente al Ecuador" (Tesis, Facultad de Ingeniería Eléctrica, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1984).



A.F. 141721

