ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TESIS DE GRADO

Estudio de un sistema de Telecomunicaciones Digitales para Galapagos

Jimy Antoni León Duque

Quito – Ecuador

1.993

ACRADECIMIENTO

Agradezco a quienes, fieles al ideal de Maestros, me entregaron su sabiduría durante la etapa estudiantil en la Escuela Politécnica Nacional. El conocimiento y experiencia que supieron transmitirme, será la base fundamental para mi carrera profesional.

DEDICATORIA

Con todo cariño a mis padres, mi esposa y mi hija. A ellos, que gracias a su respaldo en todo momento han hecho posible la culminación de esta etapa de mi vida.

INDICE

PAGS

CAPITULO I

SITUACION ACTUAL DE LAS TELECOMUNICACIONES EN GALAPAGOS

INTRODUCCION

1.1 PLANTA EXTERNA 1

1.2 CENTRALES TELEFONICAS 2

1.3 SISTEMAS DE RADIOENLACE 3

1.3.1 Sistemas de Comunicaciones Particulares 4

1.4 ESTACION TERRENA 5

1.4.1 Configuración General de la Estación Terrena Pública de Puerto Baquerizo de EMETEL 7

1.4.2 Equipos de Multiplex 14

1.4.2.1 Equipos de Multiplex de la Estación Terrena 1 4

1.4.3 Configuración del Sistema de Energía 15

1.5 PLANES DE EMETEL 17

CAPITULO II

ESTUDIO DE DEMANDA

2.1 DEMANDA A NIVEL PROVINCIAL 19

2.1.1 Proyección de la Población de Galápagos 21

2.1.2 Relación de líneas principales y población concentrada 22

2.2 CALCULO DE LA DEMANDA A NIVEL CANTONAL 28

2.3 CONSIDERACIONES SOBRE EL TRAFICO 29

2.3.1 Tráfico de señales de voz 29

2.3.2 Tráfico para señales de datos en banda vocal (VBD) 29

2.3.3 Tráfico para canales transparentes 30

2.3.4 Tráfico de señales de fax 30

2.3.5 Condiciones de sobre carga en el tráfico 30

2.3.6 Señalización 31

CAPITULO III

TRANSMISION DIGITAL VIA SATELITE

3.1 PRINCIPIOS DE LAS COMUNICACIONES DIGITALES 32

3.1.1 Ventajas de las Operaciones Digitales 32

3.1.2 Redes Digitales 34

3.1.3.1 Formato 35

3.1.3.2 Muestreo 35

3.1.3.3 Modulación de Impulsos 37

3.1.3.4 Modulación de Impulsos en Amplitud (PAM) 38

3.1.3.5 Modulación por Impulsos en Duración (PDM) 38

3.1.3.6 Modulación por Impulsos en Posición (PPM) 38

3.1.3.7 Modulación por Impulsos Codificados (PCM) 40

3.1.3.8 PCM Adaptable (APCM) 40

3.1.3.9 PCM Diferencial (DPCM) 40

3.1.3.10 PCM Diferencial Adaptable (ADPCM) 41

3.2 MULTIPLEXORES 42

3.2.1 Multiplexaje Digital 42

3.2.2 Acceso Múltiple y Multiplexaje 45

3.3 MODULACION Y DEMODULACION 48

3.4 AMPLIFICADORES DE POTENCIA (HPA) 52

3.4.1 Amplificador de Tubo de Ondas Progresivas 53

3.4.2 Amplificador de Potencia de Klystron 53

3.4.3 Amplificadores de Potencia de Estado Sólido (SSPA) 55

3.5 AMPLIFICADORES DE BAJO RUIDO (LNA) 57

3.5.1 Amplificadores de Transistores de Efecto de Campo (FET) 57

3.5.2 Amplificador Paramétrico 59

CAPITULO IV

DISEÑO DEL SISTEMA

4.1 CENTRALES TELEFONICAS 61

4.1.1 Especificaciones Técnicas Generales 61

4.1.1.1 Tipo de Sistema 61

4.1.1.2 Soporte Físico (Hardware) 61

4.1.1.3 Soporte Lógico (Software) 62

4.1.2 Planes Básicos 63

4.1.2.1 Señalización 64

4.1.2.2 Medición y Registro de Tráfico 64

4.1.2.3 Sincronismo 64

4.1.2.4 Métodos de Sincronización de la Red 66

4.2 RADIOENLACES 68

4.2.1 Efecto de la Refracción 69

4.2.2 Efecto de la Difracción 71

4.2.3 Desvanecimiento Selectivo (Caminos múltiples) 72

4.2.4 Balance de los Enlaces 83

4.2.5 Margen de Desvanecimiento (FM) 85

4.3 ESTACION TERRENA 89

4.3.1 Para Digitalizar la Estación Terrena Galápagos 89

4.3.2 Transmisión de Televisión Estación Terrena Galápagos 96

4.3.3 Las Portadoras Digitales de Datos de Velocidad Intermedia (IDR) 96

4.3.4 Los terminales IDR 99

4.3.5 Características del Modem 100

4.3.6 Memorias auxiliares, Temporización y Control de Deslizamientos 100

4.3.7 Interconexión 100

4.3.8 Características de Interconexión de los Canales a Frecuencias Vocales 104

4.3.9 Características de Interconexión a 64 Kbits/s 105

4.3.10 Características de Interconexión de las Señales de 2048 Kbits/s 105

4.3.11 Características de Calidad de los Canales a Frecuencias Vocales 106

4.3.12 Características de la Sección de Temporización 108

4.3.13 Características Técnicas de los Equipos de Televisión 108

4.3.13.1 Características Generales 108

4.3.13.2 Características Técnicas de los Moduladores 110

4.3.14 Características Técnicas de los Demoduladores 112

4.3.15 Características Técnicas de los Receptores de Bajo Ruido 113

4.3.16 Características Técnicas de Amplificadores de Potencia 114

4.3.17 Parámetros del Amplificador de Potencia 115

4.3.18 Interface 115

CAPITULO V

ESTUDIO DE COSTOS

5.1 COSTOS DE IMPLEMENTACION 116

5.1.1 Costos para Digitalizar la Estación Terrena Galápagos 116

5.1.2 Costos Supuestos para Ampliación de Canales Analógicos 120

5.1.3 Costos del Segmento Espacial 121

5.1.3.1 Costo del Servicio Analógico 121

5.1.3.2 Costo del Servicio Digital 121

5.2 ANALISIS DE FACTIBILIDAD 122

5.3 ANALISIS DEL COSTO REAL DE LOS SERVICIOS 123

5.4 ANALISIS DE TARIFAS 128

5.5 ANALISIS DE COSTOS DEL PROYECTO DOMSAT 133

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 134

ANEXOS

CAPITULO I

SITUACION ACTUAL DE LAS TELECOMUNICACIONES EN GALAPAGOS

INTRODUCCION

A pesar de la inauguración de la Estación Terrena en la Provincia de Galápagos el 12 de febrero de 1992 se puede decir que las comunicaciones entre las Islas y de ellas con el continente son todavía precarias. A la fecha actual 12 de febrero de 1993 no se cuenta con un solo teléfono automático en las Islas.
La Estación Terrena fue diseñada con tecnología analógica con 24 canales compandidos en frecuencia modulada CFDM/FM, los cuales por una mala integración no funcionan siquiera como canales full duplex, tienen mucho eco y funcionan actualmente como canales semi duplex, esto tendrá que cambiar y deberá mejorar en un futuro inmediato.

En este capítulo se evaluará la infraestructura de las comunicaciones en las Islas, la infraestructura de EMETEL, así como la de INGALA, los equipos instalados de otras instituciones, esto será analizado como un tema colateral, también se presentará la situación actual de la transmisión de la televisión en las Islas y sus aspiraciones.

1.1 PLANTA EXTERNA

De las investigaciones efectuadas en EMETEL, se conoce que existen solamente dos poblaciones que cuentan con Centrales

Telefónicas y por tanto con Planta Externa, estas poblaciones son: Puerto Baquerizo, capital de la provincia de Galápagos, en la Isla San Cristobal, que tiene una planta diseñada para 300 abonados, debiendo incrementarse mínimo una planta para 600 abonados, básicamente es una red aérea que se ha dividido en dos distritos, el diagrama de la Planta Externa se presenta en el Anexo 1 de esta Tesis, igualmente en Santa Cruz en Puerto Ayora cuenta con una red de Planta Externa que va en un 40% canalizada, el resto son cables aéreos, la red de Santa Cruz es de 300 pares también debe ser ampliada por lo menos a unos 1200 pares, el diagrama de la Planta Externa se presenta en el Anexo 2, la razón de la ampliación de la central telefónica que se verá en el siguiente punto de esta Tesis cuando se estudie la situación actual de las Centrales Telefónicas.

En Puerto Villamil, Isla Isabela no se tiene construido Planta Externa, se deberá construir una red de 200 abonados.

1.2 CENTRALES TELEFONICAS

En Puerto Baquerizo, Isla de San Cristobal existen una central telefónica Modelo CPR 30 marca SIEMENS con tecnología ESK (analógica) para 300 abonados que opera como una central remota de Guayaquil sin posibilidad de discado directo sino a través de operadora, semiautomático.

Además está en proceso de instalación una central tipo ALCATEL E10B por parte de EMETEL, dicha central es digital pero con salidas analógicas a nivel de canal, esta central reemplazará a

la central CPR 30 ; la central E10B es una central combinada de tránsito y local.

En Puerto Ayora, Isla Santa Cruz se dispone de una central telefónica marca SIEMENS, modelo CPR 100 con capacidad para 1000 abonados

1.3 SISTEMAS DE RADIOENLACE.

La comunicación entre Islas está desarrollada casi igual cuando recién se integro IETEL actualmente EMETEL, existe un sistema de radioenlace de 24 canales desde Puerto Baquerizo, Isla San Cristobal y Puerto Ayora, Isla Santa Cruz, el radio funciona con mucho ruido, es analógico la distancia del enlace es aproximadamente 90 kilómetros, se puede decir que está funcionando mediante una onda reflejada no calculada, ni estudiada sino simplemente cogida al azar (UHF, frec= 349.387 MHz, 370.387 MHz).

De Santa Cruz a Isabela existe un tricanal digital del cual solamente opera un canal a través de un remoto. De Santa Cruz a Floreana existe también un monocanal, asi mismo de Santa Cruz a Baltra está conectado un tetracanal mediante un sistema no analizado, no probado solamente cogido al azar de alguna reflexión ya que existe un obstáculo natural que son las montañas de Puerto Ayora como el Cerro Crocker que impiden la línea de vista, una de las posibilidades sería instalar una Estación Terrena en Santa Cruz, lugar obvio y natural para ser instalada, por ser un centro natural del Archipielago, del cerro Crocker o varios cerros que conforman una pequeña coordillera en la Isla Santa

Cruz se tiene linea de vista con todas las poblaciones de la Provincia, el estudio de los radioenlaces y los balances de propagación se presentan en el Capítulo IV.

No se puede comprender la razón técnica porque EMETEL escogió Puerto Baquerizo para la instalación de la Estación Terrena, si nosotros vemos el diagrama geográfico de las Islas se aprecia que Puerto Ayora presenta ventajas obvias para el desarrollo de un sistema de comunicaciones. que abarque a San Cristobal, Isabela, Floreana y Baltra que son las Islas que tienen habitantes, la Estación Terrena actualmente está ubicada en uno de los extremos de este conjunto de islas lo lógico y natural es que esté en el centro geográfico de las mismas, donde existe una montaña (Cerro Crocker) y se podría desarrollar una estación repertidora para dar comunicaciones a las islas.

1.3.1 SISTEMAS DE COMUNICACIONES PARTICULARES

En el Archipiélago de Galápagos existe actualmente los siguientes sistemas:

- Emisoras en AM

1) La Voz de Galápagos (1320 KHz) en San Cristobal, AM
2) Santa Cruz (1410 KHz) en Santa Cruz, AM

- Comunicaciones en HF

1) El Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias (IEOS) en San Cristobal (7475 KHz)
2) El señor Franklin Romero en Puerto Baquerizo (11550 KHz)

3) El Consejo de Santa Cruz en Puerto Ayora (14375 KHz)

4) TAME (5720 KHz, 14970 KHz)

- Comunicaciones en VHF

1) La Armada Nacional en San Cristobal (138.000 MHz)

2) El Tribunal Supremo Electoral de Galápagos (148.925 MHz)

3) INGALA en Puerto Baquerizo (157.750 MHz, 158.850 MHz)

4) Banco del Pacífico en Santa Cruz (160.100 MHz)

5) Banco del Pacífico en San Cristobal (160.350 MHz)

6) EMETEL (162.025 MHz, 163.825 MHz)

-Comunicaciones en UHF

1) INOCAR (401.7505 MHz, 401.8850 MHz)

- Televisión

Existe en San Cristobal una antena parabólica de propiedad Municipal, que da servicio de televisión internacional, en Santa Cruz existen seis antenas parabólicas privadas, igualmente de televisión internacional. Una de ellas, ubicada en el cine de la ciudad, renta sus servicios al público a través de cable.

1.4 ESTACION TERRENA

La Estación Terrena es el medio de comunicación de las Islas con el continente y debería reemplazar a todos los medios de comunicación, como son: radios HF, radios VHF, pero en la realidad no es así, ya que por las dificultades que se presenta para entablar comunicaciones aún perduran estos medios como un sistema principal de varias instituciones y compañías.

- Estación Terrena Particular

Se debe mencionar que el Banco del Pacífico cuenta con una Estación Terrena tipo IBS (Intelsat Bussines Service), en la isla de San Cristobal, la Estación Terrena es marca VITACOM, tiene una potencia de 10 vatios, redundante opera en banda C (5925 a 6425) MHz para transmisión y (3700 a 4200) MHz para recepción a través del satélite PANAMSAT.

En el cuadro 1.1 se puede apreciar las características de esta antena.

Rango de frecuencia:	Transmisión	5.925 - 6.425 GHz
	Recepción	3.7 - 4.2 GHz
Polarización:	Transmisión	Co-polar
	Recepción	Co-polar
EIRP (potencia isotropica radiada)		50.5 dBW @ 25 C
G/T (ganancia de la antena/ temp. de ruido)		>= 19.4 dB/K @ 25 C
Diámetro de la antena		3.7 m.
Ganancia de la antena		>= 39.8 dBi @ 6175 MHz

Cuadro 1.1

Mediante esta Estación Terrena da servicio al público en general de llamadas telefónicas conmutadas, esto está prohibido por regulaciones nacionales e internacionales, pero la Superintendencia de Telecomunicaciones permite esta práctica.

1.4.1 CONFIGURACION GENERAL DE LA ESTACION TERRENA PUBLICA DE PUERTO BAQUERIZO DE EMETEL.

La antena existente en Puerto Baquerizo es un Standard "B", de 13 metros de diámetro marca ALENIA SPAZIO, el amplificador de bajo ruido (LNA) es un amplificador FET con banda de 3620 a 4200 MHz, el amplificador de potencia (HPA) es un klystron de 1.5 Kw; conectada con el satélite Intelsat V y con enlace con Guayaquil.

La Estación Terrena incluye los siguientes subsistemas:

- Antena, alimentador y subsistema de rastreo.
- Subsistema amplificador de bajo ruido.
- Subsistema amplificador de alta potencia.
- Sistema de equipos de comunicaciones terrestres
- Subsistema de multiplex.
- Subsistema de suministro de energía interrumpible y no interrumpible (UPS).
- Equipos de monitoreo y control.
- Subsistema de circuitos de servicio de ingeniería (ESC).

Capacidad de tráfico

La estación terrena tiene las siguientes capacidades:

Transmisión 1 portadora CFDM/FDMA (24 ch) - GLP

Recepcion: 1 portadora CFDM/FDMA (24 ch) - GLP

CFDM/FDMA (Mux por distribución de frecuencia compandido/Acceso múltiple por distribución de frecuencia).

Subsistema de la antena.

La antena es de tipo "Cassegrain" con alimentador de guía de onda para operación con polarización doble y con configuración de elevación sobre azimuth, pero tiene los dos puertos A, tanto la recepción como la transmisión, terminando en el lado de antena por lo que actualmente su operación se ve limitada.

Funcionalmente esta antena está formada por los siguientes subsistemas principales:

- Estructuras del reflector principal y de soporte de la antena;
- Alimentador de la antena, subreflector y estructuras de soporte;
- Mecanismo de servo y rastreo, incluyendo servicios de control
- Control, monitoreo y display de la antena
- Caja del amplificador de bajo ruido (LNA).

El diámetro del reflector principal es nominalmente de 13 metros.

Receptor de bajo ruido.

El receptor de bajo ruido está formado por los siguientes subsistemas:

- (1+1) unidades de amplificadores paramétricos de amplificadores de bajo ruido (LNA) (situado junto al alimentador en la parte posterior de la antena).
- Conmutador automático.
- Servicios de monitoreo y control.

La temperatura de ruido del receptor de bajo ruido y las subsiguientes fases, es de un máximo de 45 grados K; esto es suficiente para cumplir con el mismo margen, las especificaciones de ruido total permitible en cada una de las cadenas de recepción.

Subsistema amplificador de potencia

Las señales de RF provenientes de las salidas de los equipos de la cadena de transmisión son recibidas, amplificadas y enrutadas hacia los ingresos del feed (alimentador) de la antena mediante los equipos incluidos en el subsistema de amplificación de alta potencia (HPA) que está formado por:

- Conmutadores de enrutamiento de ingreso y salida.
- 1+1 amplificador driver GaAs FET (IPA).
- 1+1 amplificador de alta potencia klystron de 1500W

Los HPAs Klystron son de configuración 1+1 para la transmisión de las portadoras telefónicas.

Se tiene además conmutadores de ingreso y salida para permitir la conmutación manual (remoto/local) cuando se detecta un fallo de los equipos o alarma de nivel de salida de energía en el sistema amplificador.

Los amplificadores de energía están enfriados por aire y el klystron se acciona mediante el amplificador drive GaAs FET asociado (IPA).

Equipos de comunicaciones terrestre (GCE)

Los convertidores de frecuencia en subida y en bajada cumplen también las especificaciones de IESS 308 para operaciones IDR/IBS.

a) EQUIPOS DE COMUNICACIONES TERRESTRES DE TRANSMI SION:

- Paneles terminales de banda base para telefonía
- Equipos de modulación
- Equipos de conversión en salida sintetizadas.
- Equipos de conmutación

En el Cuadro 1.2 se puede apreciar el funcionamiento típico del feed circularmente polarizado en el reflector de 13 metros de la antena de Puerto Baquerizo.

FEED	
Banda de frecuencia de RX	3.625 a 4.2 GHz
Banda de frecuencia de Tx	5.85 a 6.42 GHz
Polarización	doble circular tanto Tx como Rx
Relación axial	1.05 en eje o az boresight
Capacidad de energía Tx (CW)	5 Kw por puerta
VSWR (en puertas Tx y Rx)	1.25:1 max
Aislación	
Tx/Tx	20 dB min
Rx/Rx	20 dB min
Tx/Rx (banda Tx)	85 dB min
Rx/Tx (banda Rx)	85 dB min
Pérdidas de inserción	
Tx	0.35 dB
Rx	0.20 dB
ANTENA	
Ganancia en Tx (refl. 13 m)	55.9+20 log f/6 (GHz) [dBi]
Ganancia en Rx (refl. 13 m)	53.0+20 log f/4 (GHz) [dBi]
Ta (incluyendo pérdidas del subsistema del feed)	
a 5 grados elevación	56 grados K
10 " "	40 grados K
20 " "	30 grados K
30 " "	26 grados K
Coperturas lóbulos laterales: (excluyendo el 10 %)	
Lado de recepción/transmisión:	
1 grado < α < 48 grados	32-25 log α dBi
α > 48 grados	-10 dBi

Cuadro 1.2

Equipos de modulación

El modulador de telefonía recibe la señal de banda base del panel terminal BB y de una señal de FI (Frecuencia intermedia), modulada de 70 MHz a los convertidores de frecuencia en subida a través del "interfacility link".

Los equipos moduladores están en configuración redundante para dos portadoras de telefonía. Las dos cadenas de telefonía están equipadas con conmutadores adecuados para las salidas de los convertidores en subida.

Cada una de las unidades moduladoras de mensaje de telefonía incluye una unidad de distribución de mensaje de banda base (BDU) completa de:

- Filtro de detención del ruido fuera de banda (OBN)
- Generador de difusión de forma de onda y circuito de inserción.
- Red de pre-énfasis
- Control automático de nivel de banda base para evitar la aplicación de una banda base excesiva al modulador.
- Circuito de inserción de piloto de 60KHz.

Se puede efectuar un cambio de la capacidad de las portadoras de banda base mediante la simple sustitución de las unidades que

dependen de la portadora (red de pre-énfasis de filtros de FI, filtros de detención de OBN), que son del tipo enchufable.

b) EQUIPOS DE COMUNICACIONES TERRESTRES DE RECEPCION

La cadena de recepción puede dividirse en los siguientes bloques principales:

- Divisores de energía
- Equipos de conversión de frecuencia en bajada
- Equipos demoduladores
- Equipos de conmutación
- Paneles terminales

Divisores de energía

La salida de los amplificadores de bajo ruido (LNA) se distibuye a los ingresos de las cadenas de recepción en bajada mediante divisores de energía de cuatro vías.

Los divisores de energía de 4 GHz están formados por una red pasiva de banda ancha de configuración modular y adecuada para alimentar diversos convertidores en bajada con las señales de RF compuestas recibidas.

Equipos de conversión en bajada

Las señales de RF de banda 3.625 - 4.2 GHz provenientes de los divisores de potencia se trasladan a las portadoras de frecuencia

intermedia de 70 MHz mediante los equipos de conversión en bajada.

Los convertidores en bajada utilizan un proceso de conversión doble y la única operación que se requiere para sintonizar la frecuencia de las portadoras es la de cambiar la frecuencia del oscilador local.

Los convertidores de bajada están equipados con osciladores locales con sintetizador controlado.

1.4.2 EQUIPOS DE MULTIPLEX

1.4.2.1 Equipos de multiplex de la estación terrena

El la dirección de recepción, los equipos de multiplex realizan la disposición de los diversos canales recibidos en la Estación Terrena, de manera adecuada para realizar la interfaz con el enlace de tierra.

La banda base de cada portadora recibida en la parte del satélite, se demultiplexa hasta los grupos básicos que tienen que pasar a través del "filtro a través de grupos".

En la dirección de transmisión los equipos de multiplex reciben los grupos secundarios y grupos del MUX de tierra y arregla las diversas bandas base de las portadoras de transmisión.
Los equipos son:

1.- Multiplex de comunicaciones

2.- Multiplex de circuitos de servicio de órdenes e ingeniería.

3.- Equipos de interconexión , distribución y cableado

1.4.2.2 Interfaz

Los equipos hacen interfaz con el enlace terrestre (radio digital o en cable) en la Estación Terrena, mientras que en la parte del satélite los puntos de interfaz del multiplex son el ingreso/salida de los enlaces en subida o en bajada en la banda de frecuencia de 4 a 4028 KHz (supergrupo + grupo A + canales ESC).

1.4.2.3 Equipos multiplex de comunicaciones

Los equipos multiplex de comunicaciones constan de las siguientes partes:

- Oscilador principal
- Modem de supergrupos
- Modem de grupos
- Modem de grupo A/B

Los equipos de multiplex utilizan técnicas de banda lateral individual, portadora suprimida y división de frecuencia.

1.4.3 CONFIGURACION DEL SISTEMA DE ENERGIA

El subsistema de energía está principalmente compuesto por:

- Generador diesel de 100 KVA redundante, tanque de combustible equipado con bomba eléctrica y manual.
- Cadena ininterrumpible CA (50 KVA, 208-120 VAC, 60 Hz) con conmutador estático y manual.
- Cadena ininterrumpible CD 48 V.
- Banco de baterías con autonomía de 30 minutos y regímenes de carga de 8 horas.

El cuadro 1.3 muestra el cálculo de energía de la estación terrena Galápagos.

I) CARGAS ESENCIALES (DIMENSIONAMIENTO UPS)

EQUIPO		CONSUMO DE ENERGIA
HPA	(208 V)	20 KVA
LNA	(110 V)	1 KVA
MAC LOCAL	(110 V)	0.5 KVA
CONTROL LNA	(110 V)	0.5 KVA
RASTREO	(110 V)	0.4 KVA
CONV. BAJADA	(110 V)	0.4 KVA
CONV. SUBIDA	(110 V)	0.4 KVA
MODULADORES		0.4 KVA
DEMODULADORES	(110 V)	0.4 KVA
ESC & TTY	(110 V)	0.5 KVA

		24.5 KVA
50% MARGEN CARGA TOTAL		25.5 KVA

II) CARGAS CD ESENCIALES (DIMENSIONAMIENTO UPS)

MUX	1	KVA

III) CARGAS TOTALES (DIMENSIONAMIENTO GENERADORES DIESEL)

- Cargas críticas AC	37	KVA
- Cargas críticas DC	2	KVA
- Acondicionador de aire	5	KVA
- Antena y servo	12	KVA
- Alumbrado, tomacorrientes y misc.	5	KVA
- Sistema de ventilación y servicios auxiliarios para subsistema energía	5	KVA
- Reserva	34	KVA
TOTAL	100	KVA

Cuadro 1.3

1.5 PLANES DE EMETEL

Entre los planes de EMETEL podemos mencionar principalmente el Domsat cuya licitación ha sido adjudicada a la empresa norteamericana STS, el sistema Domsat contempla para la provincia de Galápagos, dos Estaciones Terrenas con tecnología digital la una que estará localizada en Puerto Ayora, Isla Santa Cruz con 60 circuitos, la otra en Puerto Villamil, Isla Isabela con 40

circuitos; el inconveniente de este sistema es que el centro de conmutacion va a estar localizado en Quito ya que el sistema Domsat esta configurado como una red estrella cuyo centro es Quito y 44 estaciones remotas a lo largo del Ecuador, se deberá reconfigurar esto para que la actual Estación Terrena de Galápagos sea un subnodo central para las dos nuevas Estaciones Terrenas de Puerto Ayora e Isabela.

Entre los planes que EMETEL tiene para futuro, merece mencionarse el hecho que EMETEL ha comprado un transpondedor a Intelsat, en el Intelsat 7, el F5 que estará diponible el 1o. de enero de 1995, el transpondedor es tipo TUU (transpondedor de uso ilimitado), esto significa que EMETEL puede aprovechar al máximo la potencia y el ancho de banda sin ninguna restricción.

También se va a instalar una central CPR30 en Puerto Villamil por lo que queda para Galápagos desarrollar enlaces de radio entre puerto Ayora y Baltra y entre Puerto Ayora con Floreana, con lo cual se completaría la red de comunicación de las Islas con el continente.

En el plan empresarial de EMETEL para 1992-1996 se tiene para la provincia de Galápagos las siguiente metas. Cuadro 1.4

	EXISTENTES		CONTRATADA		TOT.EX+CON		BAJAS Y REUBIC.			METAS
CIUDAD	A	D	A	D	A	D	BAJAS	SALEN	ENTR	1996
PTO. BAQUERIZO	300			500	300	500		300		500
PTO.AYORA	300		600		900			300	400	1000
PTO. VILLAMIL	100				100			100	200	200
TOTAL	700	0	600	500	1300	500	0	700	600	1700

Cuadro 1.4

CAPITULO II

ESTUDIO DE DEMANDA

2.1 DEMANDA A NIVEL PROVINCIAL

Para elaborar un plan de desarrollo de los servicios de telecomunicaciones y en especial del servicio telefónico, debe realizarse las previsiones de la demanda de líneas principales de ahí que el estudio de demanda telefónica es la más importante actividad que precede al diseño de un sistema telefónico.

No se puede empezar a diseñar un sistema factible, sin una predicción razonable precisa de la demanda.

Al recopilar información sobre los datos históricos de líneas principales y población, se ha determinado que una provincia con mayor número de habitantes que otra, tiene un número mayor de líneas principales.

La relación entre las dos variables puede expresarse mediante una ecuación tipo curva geométrica.

$$Y = A\ X^B$$

$$\log Y = \log A + B \log X$$

X = población (P)

Y = líneas principales (LP)

$$\log LP = a + b \log P \qquad [2.1]$$

donde:

$a = \log A$

$b = B$

a y b son constantes

En el cuadro 2.1 se puede ver los resultados de los Censos poblacionales para la provincia de Galápagos para los años 1974, 1982, 1985, 1990

Año	1974	1982	1985	1990
Población total	4277	6201	7162	9749

Cuadro 2.1

Con estos datos podemos hallar una tasa de crecimiento, utilizando la siguiente fórmula:

$$t.c(\%) = [(Pn/Po)^{1/n} - 1] \times 100 \qquad [2.2]$$

Los resultados se indican en el cuadro 2.2

Período	# de años	Tasa de crecimiento (%)
1982-1974	8	4.8
1985-1974	11	4.8
1990-1974	16	5.2
1985-1982	3	4.9
1990-1982	8	5.8
1990-1985	5	6.3

Cuadro 2.2

De la tasa de crecimiento de población indicada en el Cuadro 2.2 para efectuar la proyección poblacional hacia el año 2010, lo más conveniente es utilizar el valor que corresponde al período más largo, en este caso sería 5.2 %

2.1.1 PROYECCION DE LA POBLACION DE GALAPAGOS

Año	1995	2000	2005	2010
Poblac. total	12559	16179	20843	26851

Cuadro 2.3

De acuerdo a los estudios de EMETEL, y aplicando el principio de mínimos cuadrados, se han determinado los parámetros de la ecuación [1] para los años de 1990 al 2010 como se muestra en el

cuadro 2.4

PARAMETROS DE LA ECUACION

año	a	b
1990	-4.6689	1.5535
2000	-3.9485	1.4613
2010	-3.2284	1.3690

Cuadro 2.4

Para el año 2010 la ecuación sería:

$$\text{Log LP} = -3.2284 + 1.3690 \log P \qquad [2.3]$$

La fórmula 2.3 es más confiable cuando se aplica independientemente para la población concentrada y para la población dispersa.

2.1.2 RELACION DE LINEAS PRINCIPALES Y POBLACION CONCENTRADA

Aplicando la ecuación sólo para la población concentrada, la ecuación para el año 2010 es la siguiente:

$$\log LP = -1.5858 + 1.1227 \log P \qquad [2.4]$$

Puesto que es necesario ajustar los valores que se obtienen con la ecuación 2.3 para que a nivel nacional en el año 2010 tengamos 3'246.379 líneas, se utiliza el siguiente factor de corrección:

$$f = a / (b + c)$$

donde:

a = # de LP a nivel nacional año 2010 (datos Teleconsult)

b = # de LP Población concentrada (EMETEL)

c = # de LP Población dispersa (EMETEL)

$$f = \frac{3'246.379}{1'926.350 + 76.384} = 1.62$$

Los datos de población concentrada de la provincia de Galápagos se muestran en el cuadro 2.5

Año	1.985	1.987	1.989	1.990
Población concentrada	6.568	7.397	8.289	8.764

Cuadro 2.5

En el cuadro 2.6 se muestra la proyección hacia el año 2010 de la población concentrada en la provincia de Galápagos.

Año	1.995	2.000	2.005	2.010
Población concentrada	11536	14878	18840	23416

Cuadro 2.6

Para calcular la densidad telefónica al año 2010 utilizo la ecuación 2.4

$$\log LP = -1.5858 + 1.1227 \log 23416$$

$$\log LP = 3.3198$$

$$LP = 2088$$

$$\text{Densidad} = (2088 \times 100)/23416 = 8.91$$

$$\text{Densidad} \times \text{factor} = 8.91 \times 1.62 = 14.4$$

Aplicando el método de tendencia geométrica para el cálculo de la densidad telefónica, se obtiene la ecuación para la provincia de Galápagos, de la siguiente manera:

d1= 4.26 densidad para el año 1990

d2= 14.40 densidad para el año 2010

X= log d2- log d1

X= 1.158 - 0.629

X= 0.529

$A= 10^{X/(Z-1990)} - 1$

Z= 2010

A= 0.06279

$$dn = d1(1 + A)^{n-1990} \qquad [2.5]$$

Con la ecuación 2.5 podemos calcular año por año la densidad telefónica de Galápagos desde 1900 hasta el año 2010.

La Demanda telefónica está relacionada con la densidad telefónica, mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Densidad telefónica} = \frac{\text{Demanda x 100}}{\text{Número de habitantes}} \qquad [2.6]$$

Los resultados se muestran en el cuadro 2.7

Año	Densidad telefónica	Líneas Principales
1990	4.26	373.34
1995	5.77	665.62
2000	7.82	1163.45
2005	10.60	1997.04
2010	14.37	3364.01

Cuadro 2.7

Es importante tomar en cuenta que Galápagos por su condición de Parque Nacional es visitado anualmente por una gran cantidad de turistas nacionales y extranjeros.

El cuadro 2.8 nos señala la evolución del número de visitantes tanto nacionales como extranjeros a contar del año de 1981

(Fuente: Plan Global de Manejo Turístico, 1991)

Año	Nacionales	Extranjeros	Total
1981	4036	12229	16265
1983	7254	10402	17656
1985	6279	11561	17840
1987	17769	14826	32595
1988	17192	23553	40745
1989	15133	26700	41833
1990	15549	25640	41189
1991	14915	25931	40746

Cuadro 2.8

Como se puede ver del cuadro 2.8 la cantidad de turistas desde el año 1988 tiende a estabilizarse en al rededor de 40000 visitantes.

El diagnóstico turístico señala que " la actividad turística en la región de Galápagos no se realiza considerando un sistema equilibrado o balanceado de distribución espacial del recurso, sino más bien por un uso indiscriminado, sin orientación o programación definida, donde el operador decide independientemente los sitios de visitas a ofrecer al turista". Esta situación anómala ha significado que, de hecho se produzca una gran concentración de visitantes en pocos sitios. La actividad turística se localiza en el 25% de sitios ubicados en la zona central, cercana a los aeropuertos y centros de operación, además

el 71% de los visitantes permanece entre 5 y 6 días.

Según datos proporcionados por EMETEL, los usuarios que generalmente son turistas y operadoras de turismo tienen que hacer largas colas para poder ser atendidos con una llamada de larga distancia, los 24 canales existentes siempre están saturados y más del 50 % de las llamadas se pierden.

Si tomamos en cuenta este factor muy importante que es el turismo, y considerando que de los 40000 turistas el 50% generan un tráfico telefónico.

Recalculando la densidad telefónica para el año 2010, sería:

$$\text{Log LP} = -1.5858 + 1.1227 \log 43416$$

$$\text{LP} = 4177.2$$

$$\text{Densidad} = (4177.2 \times 100)/43416 = 9.62$$

$$\text{Densidad x factor} = 9.62 \times 1.62 = 15.58$$

Aplicando 2.5 para el cálculo de la densidad telefónica, con los siguientes valores se tiene:

$d1 = 4.61$ densidad para el año 1990

$d2 = 15.58$ densidad para el año 2010

$$X = \log d2 - \log d1$$

$$X = 1.1925 - 0.6637$$

$$X = 0.5288$$

$$A = 10^{X/(Z-1990)} - 1$$

$$Z = 2010$$

$$A = 0.06277$$

$$dn = d1(1 + A)^{n-1990}$$

$$dn = 4.61(1 + 0.06277)^{n-1990}$$

Los resultados del cálculo de la densidad telefónica y el número de líneas principales tomando en cuenta los turistas se muestra en el cuadro 2.9

Año	Densidad Telefónica	Líneas Principales
1990	4.61	1326.02
1995	6.25	1971.00
2000	8.47	2954.16
2005	11.48	4458.83
2010	15.58	6764.21

Cuadro 2.9

2.2 CALCULO DE LA DEMANDA A NIVEL CANTONAL

Similar al cálculo a nivel provincial, la relación de líneas principales con el número de habitantes esta dada por la ecuación geométrica 2.1

Los resultados de Población, densidad y Líneas principales al año 2010 se pueden ver en el cuadro 2.10 (Tomado del documento SGP-13-Nov-87).

San Cristobal	Población Densidad L.P	3470 12.30 427
Isabela	Población Densidad L.P	2582 21.23 290
Santa Cruz	Población Densidad L.P	17364 9.90 1719

Cuadro 2.10

2.3 CONSIDERACIONES SOBRE EL TRAFICO

El proceso de tráfico del equipo DCME entre troncales terrestres y las portadoras hacia el satélite se define a continuación:

2.3.1 Tráfico de señales de voz

El tráfico telefónico será codificado y decodificado en el ADPCM y sujeto a una interpolación digital de voz DSI. La velocidad de bitios para una portadora de canal deberá estar comprendida entre 24 Kbit/s y 32 Kbit/s, bajo cualquier condición de carga.

2.3.2 Tráfico para señales de datos en banda vocal (VBD)

Los equipos DCME deberán dar tratamiento a señales VBD, con velocidades de hasta 9.6 Kbit/s inclusive.

El tráfico para canales de datos sobre canal de voz será con codificación y decodificación ADPCM y sujeto a DSI. La velocidad

de bitios para canales de datos sobre canales de voz será 32 o de 40 kbit/s, la mismas no deberán estar sometidas a procesos de compresión adicionales, para cualquier condición de carga en el tráfico.

Los terminales DCME deberán reconocer y tratar cualquier tipo de señales VDB, incluidas aquellas que no esten precedidas de un tono de datos de 2100 Hz.

2.3.3 Tráfico para canales transparentes

Deberá proveerse canales de 64 Kbit/s, de acuerdo a la demanda, de manera transparente no sujetos a los sistemas DSI o ADPCM si la señalización desde o hacia las centrales de tránsito está presente (Rec. Q.50 del CCITT) y también bajo procedimentos normales controlados por el operador.

Canales de 64 Kbit/s, 40 Kbit/s y 32 Kbit/s en las portadoras hacia el satélite podrán ser preasignados, para ser arrendados como línea de servicio y no deberán estar sujetas al DSI.

2.3.4 Tráfico de señales de Fax

Se deberá proporcionar facilidades opcionales para la modulación /demodulación de señales de Fax del Grupo 3 (CCITT- Rec T.30) o con protocolos no standard, y velocidades de hasta 9.6 Kbit/s inclusive

2.3.5 Condiciones de sobre carga en el tráfico.

Los equipos DCME deberán emplear técnicas de velocidad variable de Bitios (VBR) para crear canales adicionales para señales de voz bajo condiciones de sobre carga de tráfico. Los canales asi creados no deberán reducir la calidad de transmisión de las señales vocales, por debajo de los standares del CCITT y especificados en estas bases. La calidad de los canales transmitidos deberá ser de igual valor para todos.

Se deberá proporcionar los resultados de las pruebas relizados por PTTs que demuestren el cumplimiento de los aspectos especificados en el párrafo anterior.

Los equipos DCME deberán emplear técnicas de control dinámico de carga (DLC) para enfrentar condiciones extremas de sobre carga de tráfico. El control dinámico de carga será capaz de transmitir información de activado o desactivado a las centrales mediante contactos de relé y/o utilizando el intervalo de tiempo 16, de acuerdo con la recomendación Q.50 del CCITT:

2.3.6 Señalización

Canales alternativos de 64 Kbit/s sin restricciones en el tráfico que puedan acomodar la señalización fuera de banda deberán ser provistos, ejemplo señalización R2.

La señalización CCITT N°. 5 deberá pasar transparentemente a través de un canal de 32 Kbit/s/ ADPCM/DSI. Las señalizaciones N°: 6 y 7 deberán ser acomodadas a través de un canal preasignado de 64 Kbit/s.

CAPITULO III

TRANSMISION DIGITAL VIA SATELITE

3.1 PRINCIPIOS DE LAS COMUNICACIONES DIGITALES

La gran diversidad de requisitos impuestos hoy en día por la sociedad ha fomentado el desarrollo y expansión de los sistemas de telecomunicaciones, incluídos los servicios de telefonía, de datos, de facsímil y de video para hacer frente a los imperativos de la sociedad moderna.

El objetivo de la digitalización de las redes de comunicaciones es satisfacer la gran demanda de manera integral y eficiente.

En la actualidad, las telecomunicaciones están experimentando una nueva revolución, la "revolución digital", que nos conducirá a la era de la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI), las cuales permiten combinar las nuevas tecnologías (por ejemplo las fibras ópticas) y las comunicaciones por satélite, facilitando al mismo tiempo la integración de las computadoras y las comunicaciones en general.

3.1.1 VENTAJAS DE LAS OPERACIONES DIGITALES

Entre las razones principales para la introducción de los servicios digitales se pueden citar las siguientes:

- Utilización más eficiente de los recursos del segmento espacial, que redunda en una mayor inversión de capital para

la adquisición de nuevos satélites.

- Costos más bajos por circuito derivado.
- Posibilidad de obtener un alto factor de ganancia por multiplicación de circuitos mediante la codificación a baja velocidad (LRE) y la interpolación digital de señales vocales (DSI), aplicadas al acceso múltiple por distribución en el tiempo (TDMA) o a las portadoras de datos a baja velocidad (IDR).
- Mejor calidad y rendimiento de extremo a extremo que la de sistemas analógicos equivalentes.
- Fiabilidad superior del equipo y fácil mantenimiento .
- Integración de diversos tipos de aplicaciones de acuerdo con el concepto de la RDSI.
- Mayor flexibilidad sitémica para cursar servicios de calidad telefónica y una gran diversidad de servicios de datos a velocidades de información que cubren una amplia gama, por ejemplo de 64 Kbit/s a 44,736 Mbit/s
- Transparencia digital en los enlaces de acuerdo con las jerarquías digitales recomendadas por el CCITT.
- Compatibilidad con diferentes estructuras jerárquicas internacionales de velocidades binarias, tales como las de la CEPT y las jerarquías digitales:

2.048 , 8.448 , 34.368 Mbit/s

1.544 , 6.312 . 44.736 Mbit/s

- La interconexión de 30 canales a 64 Kbit/s (Grupo PCM a 2.048 Mbit/s de la CEPT) representa el nivel de interfaz primario, pero es admisible la interconexión de 24 canales a 64 Kbit/s

(nivel de 1.544 Mbit/s del grupo T1)

- La explotación de portadoras IDR con jerarquías digitales terrestres del segundo y tercer orden elimina los costosos equipos de multiplexaje en las Estaciones Terrestres.

3.1.2 REDES DIGITALES

Los servicios satelitales han estado evolucionando desde principios de los años 80 para introducir aplicaciones nuevas y de mayor alcance dentro del marco de la conversión de las técnicas analógicas a las digitales. Las nuevas redes de telecomunicaciones utilizan la más avanzada tecnología digital para poder cursar los servicios existentes y nuevos de la manera más eficiente en función del costo. La tecnología digital reviste una importancia fundamental ya que, el usuario puede combinar e integrar las señales de voz, datos,e imagen, lo cual permite efectuar transmisiones con la calidad seguridad y fiabilidad deseadas.

En 1980 tan solo el 3% del tráfico se transmitía mediante técnicas digitales, este porcentaje ha aumentado al rededor del 72% en 1993 y se espera un aumento aproximadamente al 95% en el año 2000.

Las redes de satélites pueden suministrar un alto nivel de capacidad digital compatible con las normas de la RDSI y, además, son muy ventajosas para los servicios debido a su potencial de radiodifusión, su flexibilidad, los plazos mínimos de implantación, y la implantación rápida y a gran escala de la RDSI.

3.1.3 COMUNICACIONES DIGITALES.-

Los pasos fundamentales de procesamiento para un sistema de comunicaciones digitales son :

- el formateo
- la modulación y
- la demodulación

3.1.3.1 FORMATEO

El formateo es el proceso de transformación de los datos en símbolos digitales. La codificación en la fuente comprime los datos además de formatearlos, la fuente de la mayoría de los datos transmitidos es de formato textual o analógico.
Cuando los datos son alfanuméricos estos pueden usar los formatos de caracteres codificados estándar como la American Standard Code for Information Interchange (ASCII), el Extended Binary Coded Decimal Interchange Code (EBCDIC).

3.1.3.2 MUESTREO

El muestreo convierte la señal analógica continua en un set de pulsos periódicos, las amplitudes de los cuales representan las amplitudes instantáneas de la señal analógica a los instantes de muestreo, como se muestra en la figura 3.1

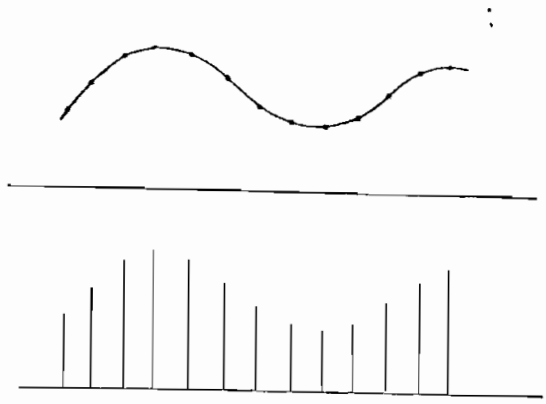


Figura 3.1

Pero, que frecuencia de muestreo es requerida para reconstruir la señal completamente a partir de estas muestras.

El teorema de Nyquist dice: " Si una señal que representa una función de magnitud temporal es objeto de un muestreo instantáneo a intervalos regulares y a una velocidad que como mínimo es el doble de la frecuencia más alta de la señal, entonces las muestras contienen colectivamente toda la información de la señal original ".

Si tenemos una señal analógica limitada en una banda de B hertzios estará especificada en su totalidad por las amplitudes en cualquier serie de puntos en una separación de T segundos, en donde:

$$T = 1/2B$$

y en donde T representa el intervalo de Nyquist.

La señal de entrada debe ser procesada en el lado receptor tal que los impulsos originales modulados en amplitud puedan ser reconstruidos en su secuencia temporal inicial, a una velocidad igual al doble de la frecuencia más alta de la muestra de señal (2B) por segundo.

Para reconstruir la señal original es necesario generar desde cada impulso un impulso proporcional, transmitiendo esta serie de impulsos regulares a través de un filtro ideal de pasa bajo con una frecuencia de corte de B hertzios

El muestreo puede considerarse como un tipo de modulación del producto en el que el mensaje es multiplicado por una forma de onda del muestreo. Por lo tanto el espectro de la señal muestreada es la convolución del espectro del mensaje con el de la forma de onda del muestreo.

3.1.3.3 MODULACION POR IMPULSOS

La modulación por impulsos se efectúa variando algunos parámetros de los impulsos transmitidos, como :

- la amplitud
- la duración
- la forma
- el tiempo.

En la figura 3.2 se muestra los sistemas de modulación por impulsos que dependiendo del parámetro que varía corresponde a uno de los siguientes tipos:

- Modulación de impulsos en amplitud (PAM)
- Modulación de impulsos en duración (PDM)
- Modulación de impulsos en posición (PPM)
- Modulación por impulsos codificados (PCM)

3.1.3.4 MODULACION DE IMPULSOS EN AMPLITUD (PAM)

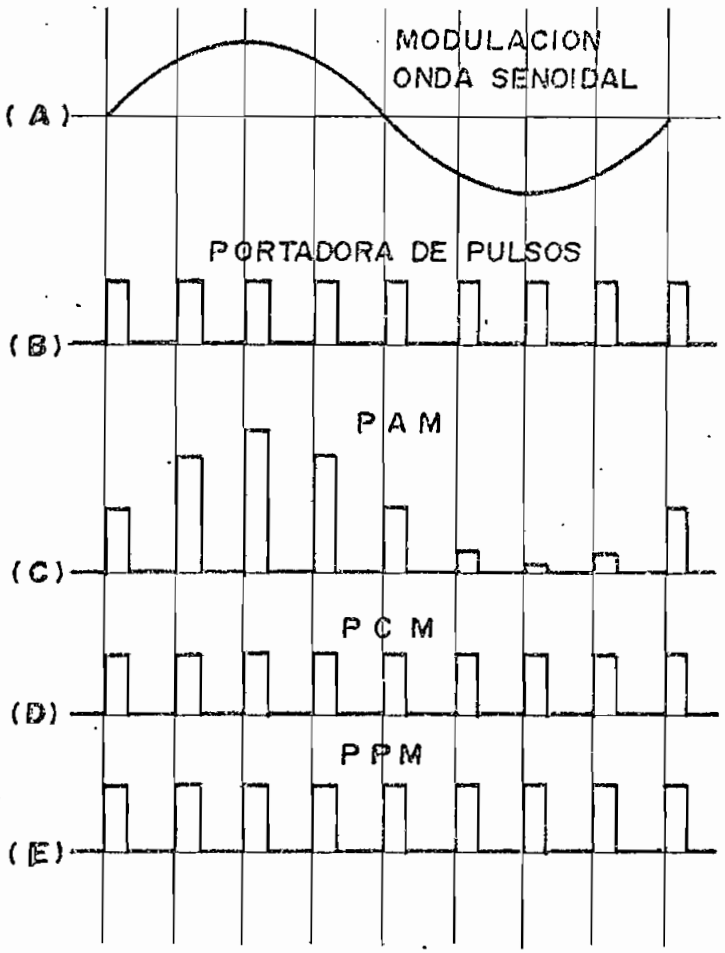
En la modulación PAM la amplitud de una portadora de impulsos varía en función del valor de la onda moduladora tal como se ve en la figura 1 (c).

3.1.3.5 MODULACION DE IMPULSOS EN DURACION (PDM)

En este caso, la longitud de una portadora de impulsos es regulada por una onda moduladora de variación contínua. figura 1 (d). La señal de transmisión está integrada por valores de muestreo a intervalos discretos, los cuales deben estar definidos específicamente por la duración de un impulso modulador.

3.1.3.6 MODULACION POR IMPULSOS EN POSICION (PPM)

En la modulación PDM, los impulsos de larga duración requieren mucha potencia aunque no suministran ninguna información adicional. Es posible ahorrar la potencia variando la posición de los impulsos en vez de su duración lo cual da lugar a la modulación por impulsos en posición. Como se puede ver en la fiura 3.2 (e) , la anchura del impulso no cambia pero su posición es variada por una onda portadora.



TIPOS DE MODULACION DE PULSOS

FIGURA 3.2.

3.1.3.7 MODULACION POR IMPULSOS CODIFICADOS (PCM)

Convierte las muestras cuantificadas en grupos de códigos de impulsos binarios mediante amplitudes fijas. En lugar de transmitir la amplitud exacta de la señal muestreada, solo se admiten ciertos valores discretos del tamaño de la muestra. Luego, una vez efectuado el muestreo con un sistema PAM, se transmite el valor discreto más próximo al verdadero.

La representación de la señal original mediante valores de señal discretos y limitados se denomina cuantificación. Si V niveles de cuantificación son empleados para representar la amplitud de un rango, este necesitará $\log_2 V$ para codificar cada muestra. En transmisión telefónica por ejemplo, son empleados 256 valores de cuantificación por lo que cada muestra es codificada usando $\log_2 256 = 8$

3.1.3.8 PCM ADAPTABLE (APCM)

En la PCM normal, la relación S/D puede ser más aceptable en una amplia gama de potencias de señal y la magnitud del escalón de cuantificación se vuelve mas o menos proporcional a la amplitud de la señal. En cambio, los sistemas PCM adaptables utilizan un cuantificador lineal cuyo escalón se ajusta en el tiempo para que corresponda a las estadísticas a corto plazo de la señal. De hecho, el codificador funciona con una S/D de cresta instantánea.

3.1.3.9 PCM DIFERENCIAL (DPCM)

Cuando se hace un muestreo de las señales vocales a la velocidad de Nyquist, la variación de la diferencia entre muestras adyacentes es menor que la variación de la señal original. Codificando esta diferencia en vez de la señal original se pueden obtener ganacias considerables en la S/D. La PCM diferencial utiliza las diferencias entre muestras en lugar de sus amplitudes efectivas. Los sistemas DPCM codifican realmente la diferencia entre una muestra de amplitud actual y un valor de amplitud estimado a partir de muestras anteriores. El decodificador utiliza un algoritmo similar para la decodificación.

3.1.3.10 PCM DIFERENCIAL ADAPTABLE (ADPCM)

Esta técnica de codificación es una combinación de las dos técnicas anteriores la APCM y la DPCM. El codificador consta de un convertidor no uniforme de PCM a PCM uniforme, un cuantificador adaptable, un cuantificador adaptable de función inversa y un predictor adaptable. La PCM de ley A o de ley u es convertida en una señal PCM uniforme según las necesidades del usuario. Se obtiene una señal de frecuencia diferencial restando una señal estimada de la señal PCM uniforme y luego el cuantificador adaptable codifica la diferencia según la recomendación G.721 del CCITT (32 kbit/s) y la transmite al decodificador. La señal estimada se agrega a la señal de frecuencia diferencial cuantificada a fin de reconstruir la señal de entrada en el cuantificador adaptable de función inversa. La señal reconstruida y la señal de frecuencia diferencial cuantificada están supeditadas a un predictor adaptable que genera la estimación de la señal PCM de entrada.

En la figura 3.3 se puede apreciar un diagrama de bloques de un codificador ADPCM. La codificación puede realizarse a 5,4 o 3 bitios por muestra, o puede ser omitida si se trata de una señal transparente de 8 bitios por muestra a 64 kbit/s.

El decodificador de la ADPCM consta de un cuantificador adaptable en función inversa, un predictor adaptable, un convertidor de PCM uniforme a PCM no uniforme, y un ajuste de codificación sincrónica como se ve en la figura 3.4

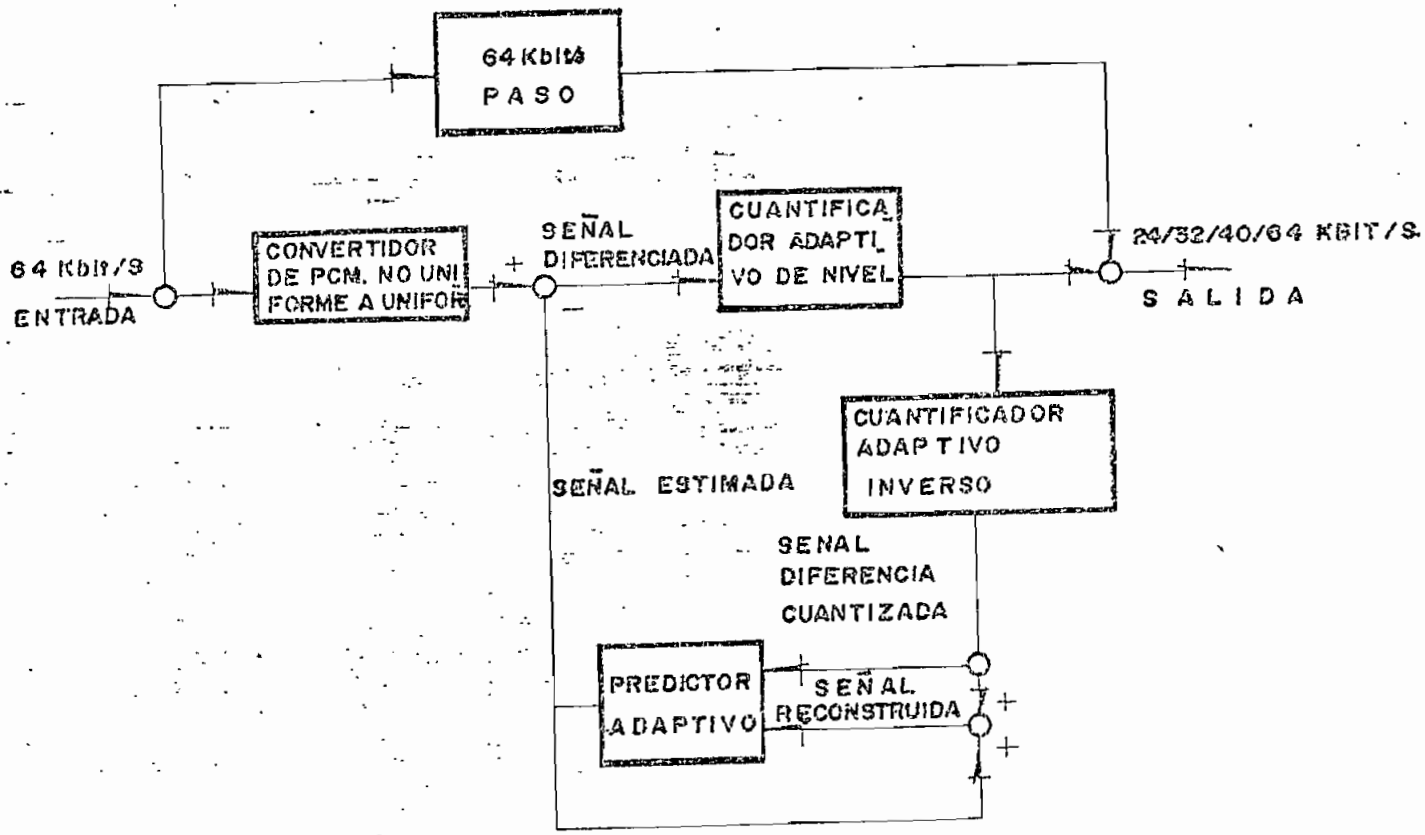
La ADPCM se utiliza con el IDR para la transmisión de voz y datos.

3.2 MULTIPLEXORES

3.2.1 MULTIPLEXAJE DIGITAL

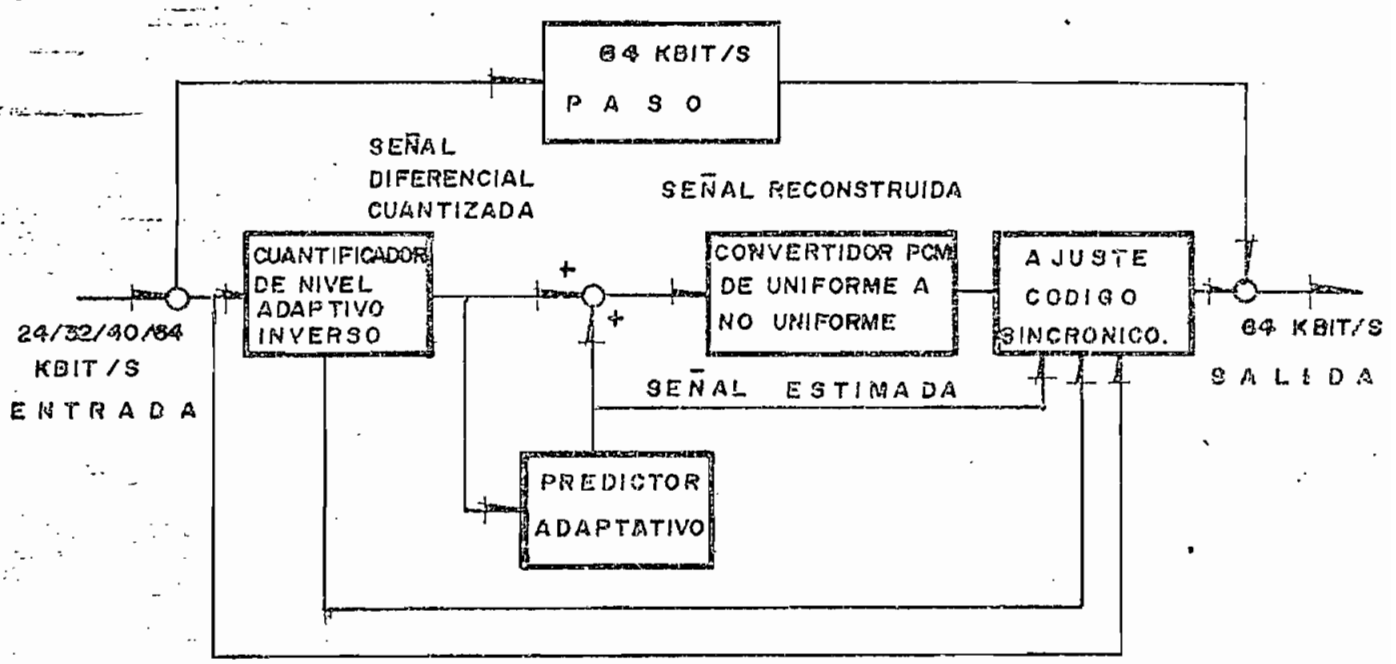
El multiplexaje es la manera de combinar las señales y usar económicamente la capacidad disponible de transmisión de un medio determinado de comunicaciones, así en la transmisión analógica de señales telefónicas se ha creado una jerarquía de multiplexaje por distribución de frecuencias (FDM), en la que el equipo de multiplexaje se usa para reunir canales en grupos, los grupos en supergrupos y estos últimos en hipergrupos.

En la transmisión digital, consideraciones similares han dado por resultado una jerarquía que emplea el multiplexaje por distribución en el tiempo (TDM), en el que las órdenes en la jerarquía



CODIFICADOR ADPCM.

FIGURA 3.3



DECODIFICADOR ADPCM

FIGURA 3.4

son identificadas por su velocidad binaria, medida en bits/segundo, más bien que por el ancho de banda en hertzios, el método común en FDM.

En el Cuadro 3.1 se puede apreciar las jerarquías digitales comunmente usadas, con el número equivalente de canales de 64 Kb

JERARQUIAS DE MULTIPLEXAJE DIGITAL			
NIVEL	AMERICA DEL NORTE	JAPON	EUROPA
PRIMERO	1.544 Mbit/s	1.544 Mbit/s	2.048 Mbit/s
SEGUNDO	6.312 Mbit/s	6.312 Mbit/s	8.448 Mbit/s
TERCERO	44.736 Mbit/s	32.064 Mbit/s	34.368 Mbit/s
CUARTO	274.178 Mbit/s	97.728 Mbit/s	139.268 Mbit/s
QUINTO		400.352 Mbit/s	526.148 Mbit/s

Cuadro 3.1

3.2.2 ACCESO MULTIPLE Y MULTIPLEXAJE

El multiplexaje y el acceso múltiple son maneras de compartir un recurso o medio de comunicación, y tienen gran importancia en el caso de las transmisiones por satélite debido a su amplia cobertura geográfica y gran conectividad. El multiplexaje se realiza en un emplazamiento local y el acceso múltiple supone el acceso remoto a una fuente.

Las técnicas de multiplexaje más comunes son las siguientes:

- Multiplexaje por distribución de espacio (SDM)
  La combinación de muchos trayectos de transmisión físi camente separados en un cable común.

- Multiplexaje por distribución de frecuencia (FDM)
  A cada canal se le asigna una parte discreta del espectro de frecuencias.

- Multiplexaje por distribución en el tiempo (TDM)
  Se comparte en el tiempo una instalación común.

- Multiplexaje PCM
  Multiplexaje por distribución en el tiempo de corrientes de impulsos PCM.

Las técnicas de acceso múltiple pueden clasificarse bajo las siguientes categorías:

- Acceso múltiple por distribución de frecuencias (FDMA)
- Acceso múltiple por distribución en el tiempo (TDMA)
- Acceso múltiple por distribución del código (CDMA)
- Acceso múltiple por distribución de espacio (SDMA)
- Acceso múltiple por distribución de la polarización (PDMA)

Los métodos de acceso múltiple indicados se denominan de asignación fija, con la que el usuario tiene acceso al canal indepen-

dientemente de su tráfico de mensajes.
Pero, el tráfico puede distribuirse dinámicamente mediante la asignación por demanda conocida como acceso múltiple con asignación por demanda (DAMA).
El multiplexaje digital se logra mediante dos categorías principales de dispositivos, los multiplexores/demultiplexores y los transmultiplexores. El multiplexor se usa para combinar canales a un nivel de una jerarquía digital para producir un nivel más alto y en el extremo de la recepción para reproducir los canales al nivel original. El transmultiplexor se usa para convertir señales de FDM, usualmente al nivel de grupo, en TDM y viceversa.

El multiplexaje digital, que es un multiplexaje en el dominio del tiempo, permite que varias fuentes de señales usen el mismo medio de transmisión, al dar a cada fuente acceso a todo trayecto de transmisión durante un cierto período.

Un equipo demultiplexor digital debe poder determinar que intervalos de dígitos están relacionados con los tributarios. Por lo tanto periódicamente se trasmite una secuencia binaria predeterminada , reconocible a fin de alinear el equipo demultiplexor. Este principio lleva a la definición de una trama , que es un conjunto de intervalos de dígitos consecutivos en los que la posición de cada uno de ellos puede identificarse refiriéndose a una señal de alineación de trama.
Los sistemas multiplex de orden primario son de multiplex de orden primario y de orden superior.
Hay dos sistemas multiplex de orden primario recomendados por el CCITT, uno perfeccionado por CEPT en Europa, y otro por el Bell

System en Norteamérica.

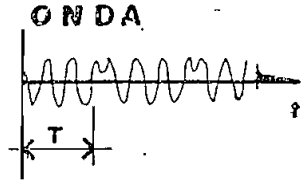
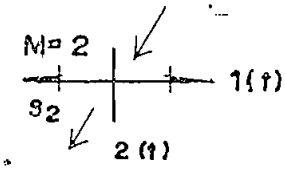
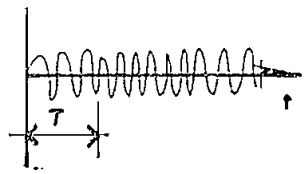
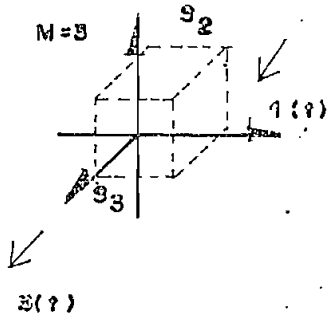
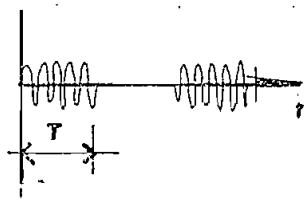
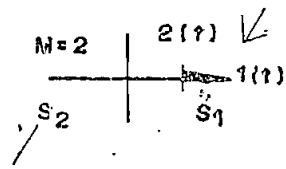
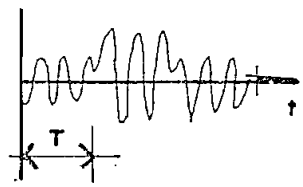
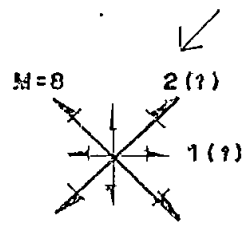
3.3 MODULACION Y DEMODULACION

La modulación es el proceso mediante el cual se modifican las características de una forma de onda en conformidad con otra señal.

En modulación análoga, como modulación en frecuencia (FM), la cual es muy popular en comunicaciones via satélite, la relación señal a ruido a la salida del demodulador de FM es una medida intuitiva de que tan bien el demodulador de FM puede recobrar la señal con la información analógica desde la portadora modulada en la recepción en presencia de ruido blanco Gaussiano (AWGN). La relación de señal a ruido en la salida es definida como la relación de la potencia promedio de la información de la señal análoga sobre la potencia promedio del ruido a la salida del demodulador.

Una señal senoidal posee tres características: amplitud, frecuencia y fase, por lo que se puede tener modulacion por desplazamiento de frecuencia (FSK), modulación por desplazamiento de fase (PSK) y modulación por desplazamiento de amplitud (ASK), también una combinación de PSK y ASK conocida como modulación de amplitud en cuadratura (QAM). Figura 3.5

De todos estos tipos de modulación solo algunos son convenientes para las comunicaciones por satélite. La no linealidad de los transpondedores y los efectos de rendimiento de potencia exigen que el formato de la modulación tenga una envolvente constante, excluyendo de esta forma el tipo de modulación ASK.

	ANALITICO	FORMA DE ONDA	VECTOR
PSK	$S_i(t) = \sqrt{\frac{2E}{T}} \cos(\omega_0 t + 2\pi i/M)$ $i = 1, 2 \ldots M$ $0 \leq t \leq T$		
FSK	$S_i(t) = \sqrt{\frac{2E}{T}} \cos w_i t$		
ASK	$S_i(t) = \sqrt{\frac{2E_i}{T}} \cos w_0 t$		
ASK/PSK O' QAM	$S_i(t) = \sqrt{\frac{2E_i}{T}} \cos(w_0 t + \theta_i)$		

FORMATOS DE MODULACION DIGITAL

FIGURA 3.5

En modulación digital el rendimiento del demodulador es medido en términos de la probabilidad promedio de bits errados o razon de bits errados como comunmente se lo conoce. La información binaria, la cual consiste en secuencias de dígitos 1 o 0, puede ser usada para modular la fase, frecuencia o la amplitud de la portadora, considerese la portadora A cos(Wct + ϕ), donde A es la amplitud de la portadora, Wc es la frecuencia de la portadora y ϕ es la fase de la portadora. Para transmitir un dígito binario o bit 1 ϕ es puesto a 0 rad, y para transmitir el bit 0, ϕ es puesto a π rad. Entonces 1 es representado por la forma A cosWct y 0 es representado por la forma de onda A cos(Wct+π)=-AcosWct. Este tipo de modulación discreta de fase es conocida como modulación en fase (PSK).

De manera similar se puede transmitir usando la forma de onda A cosW1t para el 1 y la forma de onda A cosW2t para el 0 donde W1 es distinto de W2. Este tipo de modulación digital es llamada modulación de frecuencia (FSK) donde dos formas de onda a diferente frecuencia de portadora W1 y W2 son usadas para llevar la información binaria. El problema con la información digital es que a veces el dígito binario 1 es transmitido pero el demodulador lo decodifica como 0 o viceversa debido a perturbaciones en la portadora por el ruido, esto resulta en bits errados en la demodulación de la información binaria. La probabilidad promedio de bits errados Pb es una medida conveniente del rendimiento del demodulador y es una función de la relación de la energía por bitio a la densidad de ruido, Eb/No, donde la energía por bitio Eb es la energía de la portadora durante un intervalo de la señalización o duración de bit Tb y No/2 es la densidad espectral de potencia del ruido. Cuando la información en banda base es

transmitida a una razón de R bits/s, la duración del bit es simplemente Tb = 1/R segundos y este es también el intervalo de señalización de la forma de onda que representa un bit particular. Por ejemplo, en modulación PSK.

$$S1(t) = A \cos Wct \quad 0 <= t <= Tb \ ,$$

$$S2(t) = -A \cos Wct \quad 0 <= t <= Tb$$

donde S1(t) representa 1 y S2(t) representa 0. Por definición tenemos que :

$$Eb = \int_0^{Tb} S1^2(t)\ dt = \int_0^{Tb} S2^2(t)\ dt = \int_0^{Tb} A^2 \cos^2 Wct\ dt \qquad [3.1]$$

Notese que Eb es semejante A Tb/2 cuando $Wc > 2\pi/Tb$. La cantidad Eb/No puede ser relacionada a la potencia de la portadora promedio C, y la potencia de ruido M medida dentro del ancho de banda de ruido del receptor B.

Por definición la potencia promedio de la portadora es:

$$C = 1/Tb \int_0^{Tb} E\ [s^2\ (t)\ ]\ dt \qquad [3.2]$$

donde:

s(t) es la forma de onda de la portadora durante el intervalo de señal Tb y E [] es el valor esperado. Si todas las formas de onda de la portadora tienen idéntica energía Eb durante cualquier intervalo de la señal, entonces:

$$C = Eb/Tb \qquad [3.3]$$

La densidad de potencia espectral de ruido es No/2 y el ancho de banda del ruido es B. De aqui que la medida de la potencia de ruido, dentro del ancho de banda del ruido para ambas frecuencias positiva y negativa es:

$$N = NoB \qquad [3.4]$$

Entonces, la relación de la energía por bitio a la densidad de ruido puede ser expresada como:

$$Eb/No = (C.Tb)/(N/B) = Tb.B(C/N) \qquad [3.5]$$

donde C/N es la relación promedio de portadora a ruido. En comunicaciones satelitales la cantidad C/N es directamente evaluada, entonces C/N es conocido y el ancho de banda del receptor es seleccionado, Eb/No puede ser calculado asi como el promedio de probabilidad de error Pb el cual es función de Eb/No.

3.4 AMPLIFICADORES DE POTENCIA (H.P.A)

En una Estación Terrena, la función primordial del amplificador de potencia consiste en amplificar el bajo nivel de potencia de la o las portadoras de RF procedentes del equipo de comunicaciones terrestres (GCE) a un nivel suficientemente alto que, combinado con la ganancia efectiva de transmisión de la antena, irradie al satélite una potencia isotrópica radiada equivalente (p.i.r.e) adecuada por portadora.

3.4.1 Amplificador de tubo de ondas progresivas

Uno de los amplificadores más comunmente usados en estaciones terrenas es el amplificador de tubo de ondas progresivas (TWTA), tal como se muestra en la figura 3.6, es un amplificador de banda ancha con una anchura de hasta una octava y una ganancia de 25 a 50 dB, su eficiencia que es función del ancho de banda oscila entre el 20% y el 40%

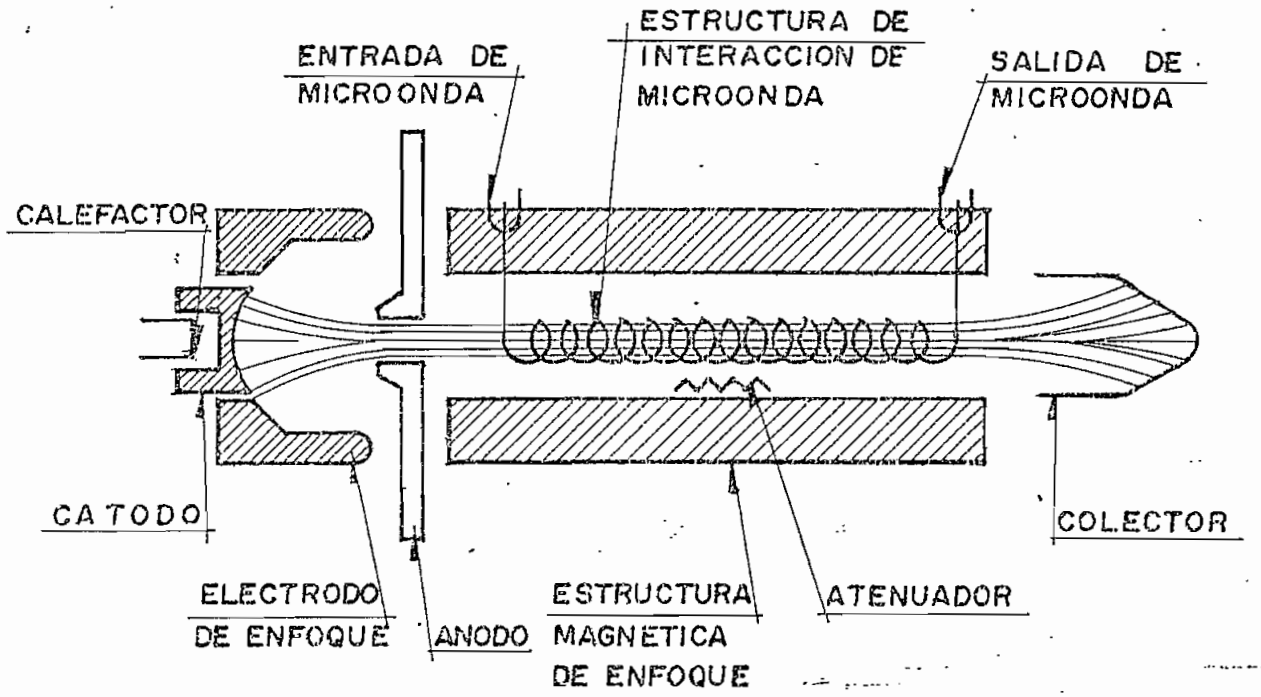
Este amplificador emplea el principio de un haz electrónico enfocado magnéticamente y una estructura de onda lenta como la de una hélice. La velocidad del haz de electrones se ajusta para que sea aproximadamente igual a la velocidad de fase de una onda electromagnética que se propaga a lo largo de la hélice. Bajo estas condiciones puede ocurrir una fuerte interacción entre el haz y la onda, el cual resulta en la transferencia de energía desde el rayo de electrones hacia la señal de RF causando que esta sea amplificada .

Los TWTA se componen de los siguientes elementos básicos:

Cañón electrónico, que tiene por objeto generar el haz de electrones que pasa a través de la estructura de onda lenta y consta de un cátodo, calefactor, electrodo de enfoque y uno o más ánodos.

3.4.2 Amplificador de potencia de klystron

En este tipo de amplificador, los electrones que emite el cañón electrónico pasan a través del espacio intermedio entre las cavidades de cada uno de los resonadores y a través de tubos de



TUBO DE ONDAS PROGRESIVAS

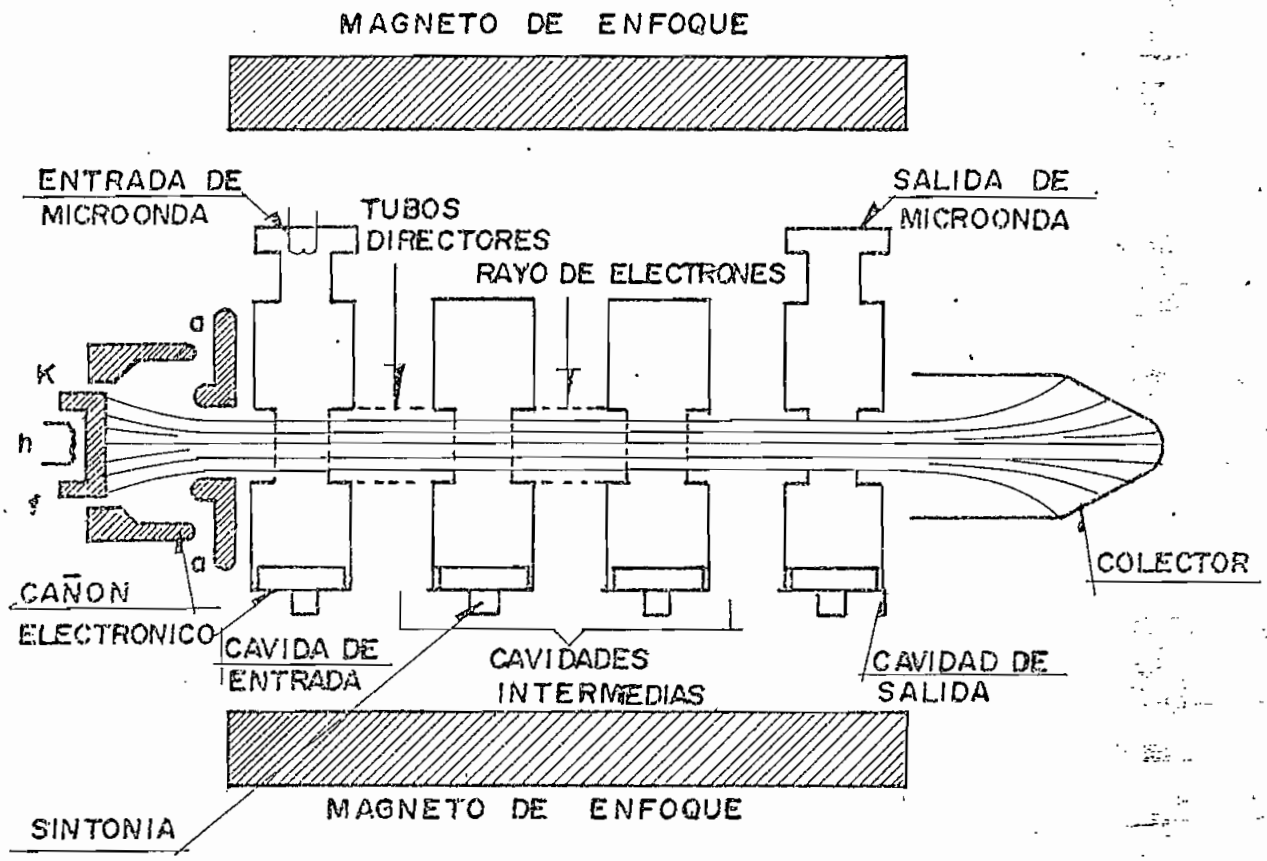
FIGURA 3.6

metal ubicados entre los distintos espacios intermedios. En un amplificador de klystron, la señal RF de entrada de bajo nivel se acopla dentro del primer resonador, llamado también agrupador. La señal de RF de entrada excita las corrientes oscilantes en las paredes de la cavidad, formando un campo eléctrico a través del espacio intermedio del agrupador. A su vez, este campo eléctrico modula la velocidad del haz de electrones. Después de salir del espacio intermedio del agrupador, los electrones prosiguen hacia el colector que se encuentra junto al tubo de corrimiento, pasando a través de los resonadores intermedios y la cavidad de salida o captadora, si esta cavidad esta sintonizada a la frecuencia apropiada, en su pared se generarán grandes corrientes oscilantes que producirán una salida de RF desde el tubo. Para obtener los elevados niveles de ganancia y potencia saturada necesarios, se utilizan cavidades intermedias, como se aprecia en la Figura 3.7

3.4.3 Amplificadores de potencia de estado sólido (SSPA).

Actualmente se dispone de estos amplificadores para reemplazar los TWTA en las Estaciones Terrenas de modo que estas trabajen con baja potencia y para utilizarlos en una nueva generación de transpondedores de satélite (totalmente de estado sólido).
Los SSPA son una realidad gracias a los adelantos logrados en la tecnología de los transistores de efecto de campo FET, especialmente los FET de GaAs; tienen un nivel de potencia típico de entre 2.5 vatios en 14/11 GHz y de 10 vatios en 6/4 GHz.

Los SSPA tienen las siguientes ventajas sobre los TWTA.



KLYSTON
FIGURA 3.7

- baja potencia primaria
- desfasaje pequeño
- mejor comportamiento de las no linealidades del desfasaje y de la característica de transferencia de ganancia.
- más livianos
- mayor fiabilidad y vida útil más larga.

A pesar de todas estas ventajas, estos amplificadores tienen como limitación la potencia limitada, aunque con técnicas especiales de fabricación puede duplicarse y hasta triplicarse estos niveles.

3.5 AMPLIFICADORES DE BAJO RUIDO (LNA)

Los amplificadores de bajo ruido, son utilizados como la primera etapa de una cadena receptora de estación terrena de telecomunicaciones por satélite debido a su factor de ruido muy bajo y amplio ancho de banda.

La G/T de un sistema para una estación terrena la determinan prácticamente el factor de ruido y la ganancia del LNA, junto con la ganancia de la antena.

3.5.1 Amplificadores de transistores de efecto de campo (FET)

Al igual que en los HPA, la evolución de los transistores de efecto de campo ha dado lugar a la producción de amplificadores de bajo ruido con temperaturas de ruido de 80 a 300 K sin enfriar y de apenas 55 K con enfriamiento por efecto Peltier (Enfriamiento termoeléctrico)

Un LNA de FET tradicional se compone de 4 etapas de amplifica-

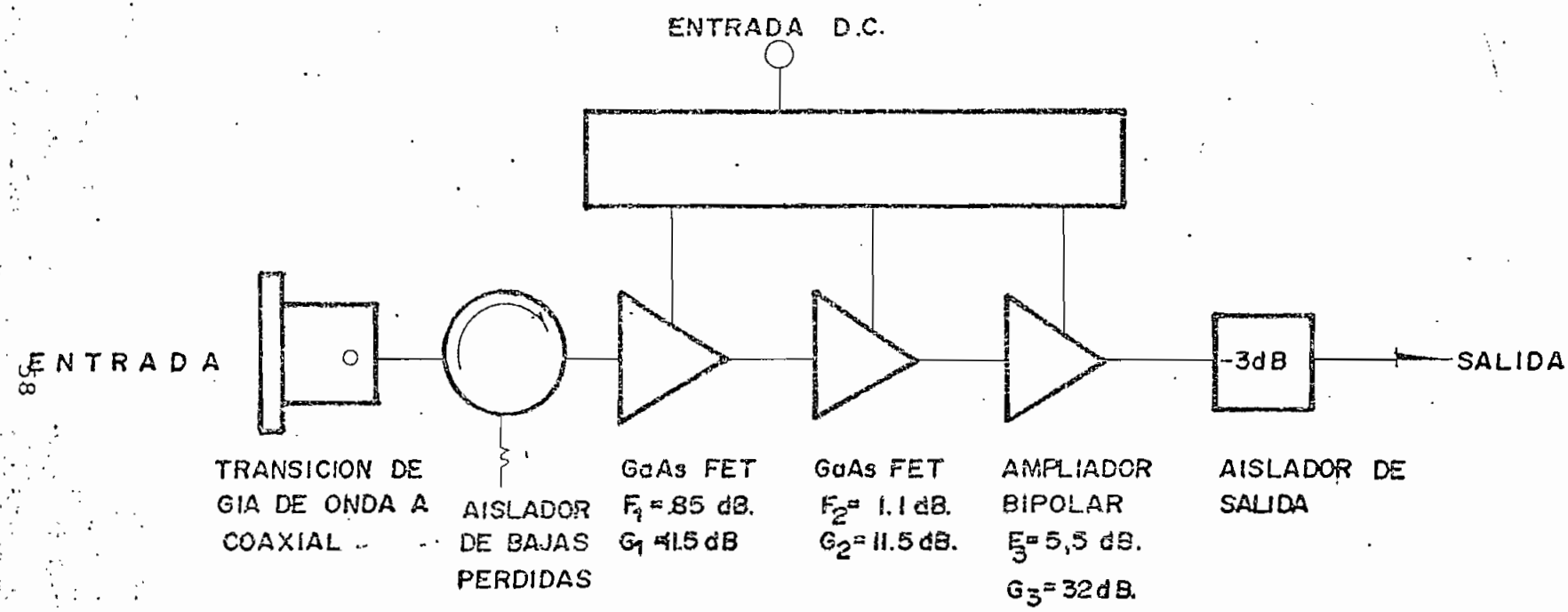


DIAGRAMA DE BLOQUES DEL LNA DE FET DE GaAs.

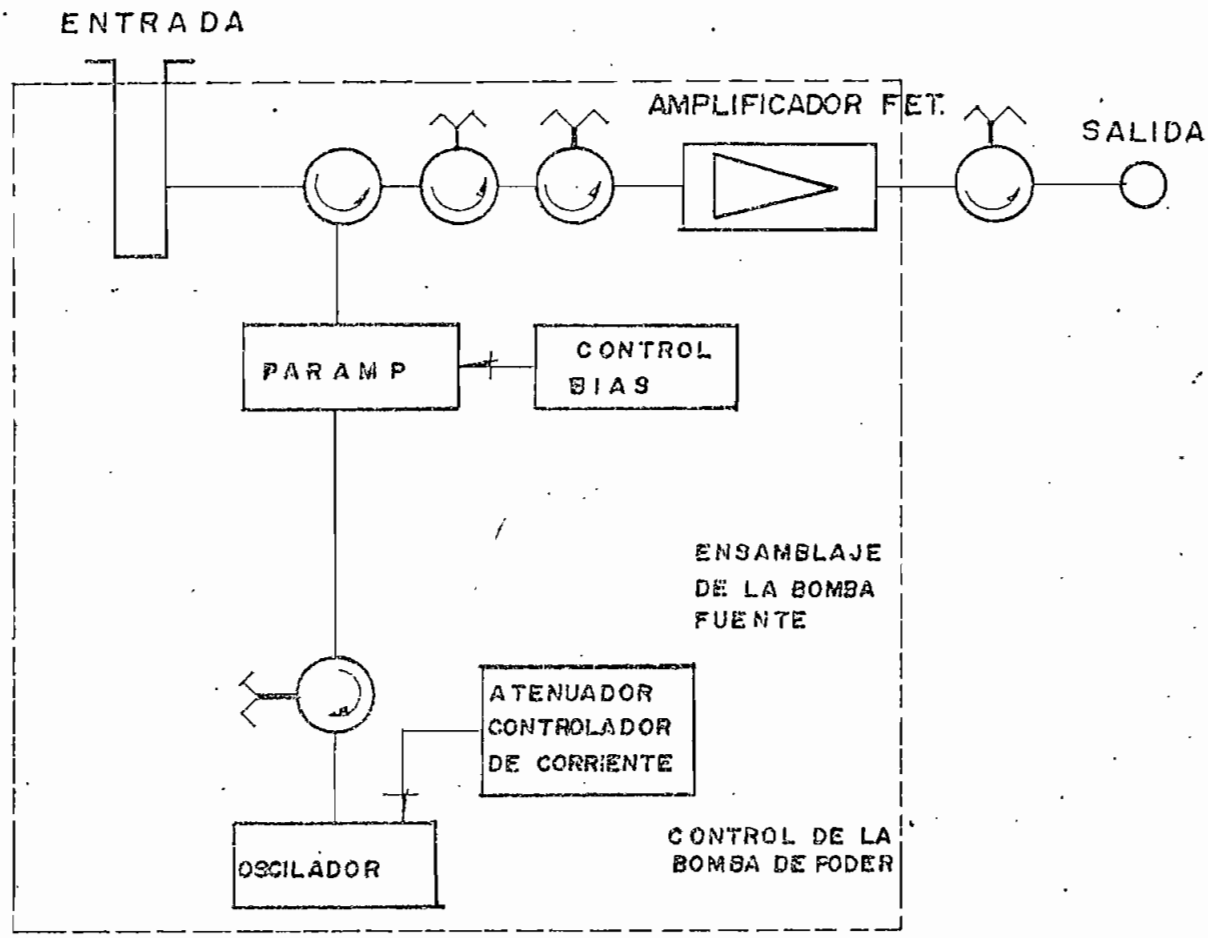
FIGURA 3.8

ción, la primera etapa se enfría termoeléctricamente a -40 C, por lo que produce una temperatura de ruido de 55 a 80 K, con una ganancia total de 60 dB. En la figura 3.8 se muestra un diagrama de bloques típico de esa configuración.

3.5.2 Amplificador Paramétrico

El amplificador paramétrico utiliza una reactancia no lineal, o una que se pueda variar en función del tiempo mediante la aplicación de una señal de bombeo apropiada. La variación temporal de un parámetro reactivo puede usarse par producir la amplificación.

La explicación detallada del funcionamiento de un amplificador paramétrico es muy compleja puesto que intervienen muchos factores matemáticos. En términos sencillos, en la operación del amplificador paramétrico el diodo varactor actúa como una resistencia negativa ante la frecuencia de la señal, lo cual produce la amplificación. En la figura 3.9 se aprecia el diagrama de bloques de un amplificador paramétrico .



AMPLIADOR PARAMETRICO

FIGURA 3.9

CAPITULO IV

DISEÑO DEL SISTEMA

4.1 CENTRALES TELEFONICAS

La central debe ser una central digital combinada local y de tránsito equipada para cursar tráfico de larga distancia nacional, el tráfico internacional se lo realizará a través de las centrales de Quito y Guayaquil.

4.1.1 ESPECIFICACIONES TECNICAS GENERALES DE LA CENTRAL

4.1.1.1 Tipo de sistema

El sistema debe ser de conmutación digital con control por programa almacenado (SPC), las posibilidades de crecimiento deberán basarse en la modularidad del sistema.
Las troncales de enlace deberán ser agrupadas en sistemas PCM y se regirán a las Recomendaciones del CCITT pertinentes a multiplex de 30 canales.

4.1.1.2 Soporte Físico (Hardware)

- Red de Conmutación.

Su configuración deberá asegurar una red de conmutación sin bloqueo.

- Sistema de control.

Se recomienda que los procesadores centrales sean diseñados especificamente para aplicaciones de conmutación telefónica, garantizando confiabilidad y disponibilidad del sistema.
En la central debería existir módulos de control duplicados, con modos de funcionamiento activo y reserva para en caso de desperfecto del activo, efectuar conmutación automática al de reserva.

- Interfaces para transmisión

Los circuitos que interconectarán este sistema con otras oficinas de conmutación deben ser interfaces para troncales que acomodarán sistemas de transmisión MIC de 30 + 2 canales (CEPT) de acuerdo a la recomendación G.732 del CCITT, en vista de que esta norma es la que se utiliza en el Ecuador.

4.1.1.3 Soporte Lógico (Software)

La estructura del software debe ser modular de manera que garantice la introducción de nuevas facilidades y servicios sin mayores cambios ni complejidades. El lenguaje de programación empleado en el sistema de conmutación por programa almacenado debe ser de alto nivel.

- Señales audibles

Tonos

Los tonos audibles que el abonado llamante escuchará en la red telefónica y sus características eléctricas se muestran a continuación y han sido tomadas de las especificaciones técnicas que EMETEL ha definido para tal efecto.

TONO	FREC. (HZ) TOLERANCIA +5%	CADENCIA (seg.)
De invitación a marcar	425	Contínuo
De ocupado	425	0.33 tono, 0.33 sil.
De congestión	425	0.33 tono, 0.33 sil.
De número no existente	425	0.33 tono, 0.33 sil.
De llamada	425	1.20 tono, 0.17 sil.
Intervención de operadora	425	0.17 tono, 0.17 sil.

Los niveles de potencia en cada caso estarán de acuerdo a la recomendación E 180 del CCITT.

En cuanto a la distorsión armónica, se deben cumplir con las recomendaciones Q 23 del CCITT.

En el timbre, la señal de llamada tendrá un voltaje nominal de 90 VAC +/- 5% , 25 Hz +/- 5% y la siguiente cadencia: 1.2 seg de señal y 4.6 seg. de pausa.

4.1.2 PLANES BASICOS

Se deberá cumplir con los planes de enrutamiento, numeración,

tarifación, sincronismo, señalización y calidad de servicio, los cuales se encuentran contenidos en el documento SGP 91/09/03 de octubre de 1991 de EMETEL, a continuación se presenta un resumen esquemático de los mismos.

4.1.2.1 Señalización

Para integrar este sistema a la red nacional se empleará el Sistema de señalización CCITT. No. 7, cumpliendo con lo descrito en el documento denominado " Sistema de señalización por canal común utilizado en la red nacional del Ecuador ", elaborado por EMETEL.

4.1.2.2 Medición y registro de tráfico

La central de tránsito digital debe ser capaz de proveer las funciones de medición y de registro. Los resultados de las mediciones se utilizarán para propósitos de planificación y operación y también para soportar las actividades de administración de la red.

Estas mediciones tienen que ejecutarse de acuerdo a esquemas de tiempo preprogramados y los resultados enviarse a terminales locales o remotos.

4.1.2.3 Sincronismo

La sincronización de una red digital, entraña el cumplimiento del objetivo sobre la tasa máxima admisible de deslizamiento en todas las centrales digitales. Cada central tiene un reloj que esta-

blece la base de tiempo para dos acciones: por una parte la recepción de trenes de bits procedentes de otras centrales digitales, y por otra parte el control de la etapa de conmutación de la central y el envío de trenes de bits conmutados hacia otras centrales.

Sin un sistema de sincronismo, las frecuencias de los relojes inevitablemente diferirán entre sí. Estas diferencias producen básicamente el tipo de distorsión de transmisión llamado deslizamiento.

El Plan de Sincronismo para la red digital ecuatoriana establece el objetivo de calidad de la sincronización y los métodos más apropiados para alcanzarlo.

- Tasas máximas de deslizamiento.

a. Para las centrales , según la Recomendación G-811 del CCITT, se deberá tener en condiciones normales máximas un deslizamiento en 70 días sobre cada enlace digital de 64 kbit/seg., a través de la central.

b. La tasa de deslizamiento para una conexión digital de extremo a extremo, no debe sobrepasar de 5 deslizamientos en 24 horas en condición nominal, de acuerdo a la recomendación del CCITT G-822.

c. Para cualquier otra central de la red nacional se deberá tener en condición normal, máximo un deslizamiento en 20

horas sobre cada enlace digital de 64 kbit/seg., a través de la central de tránsito.

4.1.2.4 Métodos de sincronización de la red.

Para cumplir con las tasas de deslizamiento mencionadas anteriormente, la red internacional utilizará la operación plesiócrona, en la cual los relojes que controlan las centrales son independientes unos de otros, no obstante su precisión de frecuencia debe mantenerse dentro del límite que se especifica en el numeral 4.1.2.3

Para la red nacional se utilizará básicamente el método de sincronización maestro-esclavo, el cual consiste en que un reloj de alta precisión se coloca en una central de la red que trabaja como maestra y en las demás centrales se colocan osciladores de enganche de fase para que trabajen como esclavas.

Jerarquía de los nodos de sincronización y calidad de los relojes a utilizarse.

Existirán 5 niveles cuya jerarquía es descendente desde el nivel 0 al nivel 4.

<u>Nivel 0:</u> La central de tránsito internacional de Quito servirá como referencia nacional de tiempo y operará en forma plesiócrona, debiendo estar equipada con un reloj de alta precisión y estabilidad, el cual no debe sufrir influencias desde la red nacional.

El tipo de reloj utilizado será atómico de Cesio de una precisión mejor que $1x10^{-11}$ y deberá cumplir en cuanto a su calidad de funcionamiento con la recomendación G-811 del CCITT.

En el caso de falla del suministro de la señal de reloj de la Central Internacional de Quito se ha previsto la utilización de un reloj atómico externo de reserva que suministrará la señal de reloj a los principales nodos de la red.

Nivel 1: Centros de tránsito secundarios de Quito y Guayaquil, dispondrán de relojes con osciladores especiales controlados a cristal con una estabilidad mejor que:

$1x10^{-10}$/día y $1x10^{-8}$/año.

El tipo de sincronismo utilizado será maestro-esclavo, actuando como central maestra la central internacional de Quito y como esclavas las centrales secundarias.

Nivel 2: Los centros de tránsito primarios y centrales tándem dispondrán de relojes con osciladores de cristal controlados por tensión con una estabilidd mejor que $1x10^{-9}$/día y $1x10^{-8}$/año. En este nivel deberá actuar la nueva central de Galápagos.

El tipo de sincronismo utilizado será maestro-esclavo, actuando como centrales maestras las centrales de tránsito secundarias y como esclavas las primarias o tándem.

4.2 RADIOENLACES

Para el estudio de enlaces interislas es necesario seleccionar los lugares donde estarán ubicadas las repetidoras, estaciones, etc.

Existe el cerro Crocker, cuya altura es de 781 metros sobre el nivel del mar en la isla de Santa Cruz, el cual debido a su posición central con respecto a las demás Islas, como se puede ver en el Anexo 3, facilita la propagación ya que existe línea de vista con Puerto Baquerizo, Puerto Ayora, Puerto Villamil y con la Isla de Baltra, merece ser tomado en cuenta para este estudio.

Los radioenlaces a analizar son los siguientes:

1.- Cerro Crocker - Puerto Ayora

2.- Cerro Crocker - Puerto Baquerizo

3.- Cerro Crocker - Puerto Villamil

4.- Cerro Crocker - Baltra

El modelo teórico de propagación considera que la misma se realiza en un medio que no es dispersivo; es decir, la velocidad de fase no depende de la frecuencia. Además se supone que solo un rayo directo o cuasi directo une las antenas.

El modelo se formaliza considerando a las antenas isotrópicas emitiendo igual densidad de energía en todas las direcciones. Como existe la imposibilidad manifiesta de captar toda la energía emitida se obtiene una atenuación denominada "atenuación de espacio libre" para una propagación libre de obstáculos.

De acuerdo con el CCIR Rc. 525-1 y Rc. 341-2, el valor de la atenuación por espacio libre, considerando a las antenas isotrópicas, se expresa como:

$$Ao = 32.5 + 20 \log (f.d) \qquad [4.1]$$

donde:

f= frecuencia en MHz

d= distancia en Km

Las pérdidas relativas al espacio libre son:

- Absorción ionosférica por gases atmosféricos o precipitaciones
- Difracción que produce contribuciones destructivas en las zonas de Fresnel
- Dispersión con desfoque debido a la curvatura de la capa reflectante
- Desacoplamiento de polarizaciones V y H
- Refracción que produce la "elevación" de los obstáculos
- Caminos múltiples entre antenas.
- Reflexión del agua

4.2.1 Efecto de la refracción

En la atmósfera normal la variación del índice de refracción n en función de la altura h medida en la banda de microondas se caracteriza por una variación decreciente. Según el CCIR (Rc 369-3) dicha variación se expresa como:

$$n(h) = 1 + 3.15 \times 10^{-4} \exp(-0.136\ h) \qquad [4.2]$$

h= altura en [Km] sobre el nivel del mar

El índice de refracción es función de las variables atmosféricas, de acuerdo con (Rc 453-1)

$$n = 1 + N \times 10^{-6} \qquad [4.3]$$

$$N = 72.6(p + 4810\ e/T)/T \qquad [4.4]$$

donde:

n= índice de refracción radioeléctrico

N= coíndice

T= temperatura en grados Kelvin

e= presión de vapor de agua en mb

p= presión atmosférica en mb

Debido a la pendiente negativa en la atmósfera normal la refracción produce una curvatura hacia abajo de los rayos. El gradiente en muchos momentos difiere considerablemente en los valores normales pudiéndose producir conductos y propagación por caminos múltiples o el desenfoque de la antena. Además pueden producirse desvanecimientos por obstrucción.

En la atmósfera normal o estandard el rayo se curva hacia la Tierra y por lo tanto se define un radio de curvatura aparente Ra de la Tierra, que es función del radio real Rr y además permite graficar el rayo de unión entre antenas recto. Según el CCIR (Rc.310-6) se define:

$$Ra = K \cdot Rr \qquad [4.5]$$

El valor de K es la relación entre Ra y Rr y se expresa como:

$$K = 1/(1 + Rr \cdot dn/dh) \qquad [4.6]$$

donde:

dn/dh es el gradiente vertical del índice de refracción

El valor de K=4/3 corresponde a una región de clima tropical templado para la media anual. En regiones árticas el valor estandard corresponde a K= 1.2 y en el trópico se incrementa a 1.5

4.2.2 Efecto de la difracción

Una antena emite una onda en expansión. El principio de Huggens establece que cada elemento del frente de onda produce un frente de onda secundario. Por ello existen infinitos caminos que unen las antenas. Como los rayos difractados recorren un camino más largo llegan con un cierto retardo que puede producir una interferencia aditiva o sustractiva de acuerdo a la fase de arrivo.

La pérdida por difracción varía desde pequeños valores para un obstáculo único en arista hasta valores máximos en caso de una superficie lisa esférica.

Para terrenos medios el CCIR predice una atenuación por difracción Ad de acuerdo con la siguiente ley (I.338-5)

$$Ad = 10 - 20 \cdot D/F_1 \qquad [4.7]$$

para $D/F_1 < -0.5$

donde F_1 es el radio de la primera zona de Fresnel y D la altura del obstáculo en metros

Cuando D/F_1 es menor se produce una atenuación efectiva, pero si es cercano a 0.6 se tiene un valor de atenuación casi nulo. Es decir, a pesar del obstáculo se dispone de una atenuación como en el espacio libre.

4.2.3 Desvanecimiento Selectivo (caminos múltiples)

El desvanecimiento selectivo es producido por el arrivo a la antena receptora de dos o más rayos y por ello se denomina caminos múltiples o múltiples trayectorias.

El resultado de la llegada de varios caminos a la antena receptora se traduce en una variación del nivel de la potencia recibida Prx.

En cada uno de los radioenlaces se obtiene los perfiles y la primera zona de Fresnel.

Para calcular la primera zona de Fresnel es necesario conocer la frecuencia de transmisión. Las zonas de Fresnel son elipsoides de revolución, generados por la elipse al rededor de su eje mayor.

La ecuación es:

$$bx = 17.3 \sqrt{\frac{d1 \cdot d2}{D \cdot F}} \qquad [4.8]$$

donde:

bx= radio de la primera zona de Fresnel [m]

d1= distancia del trayecto a la altura de bx [Km]

d2= distancia total del trayecto menos d1 [Km]

D = distancia total del tramo [Km]

F = frecuencia [GHz]

DATOS DEL ENLACE PUERTO AYORA - CERRO CROCKER

Estacion A: PUERTO AYORA

Longitud: 90 24' 50"
Latitud: 0 42' 35"
Altura: 80 m
Torre: 10 m

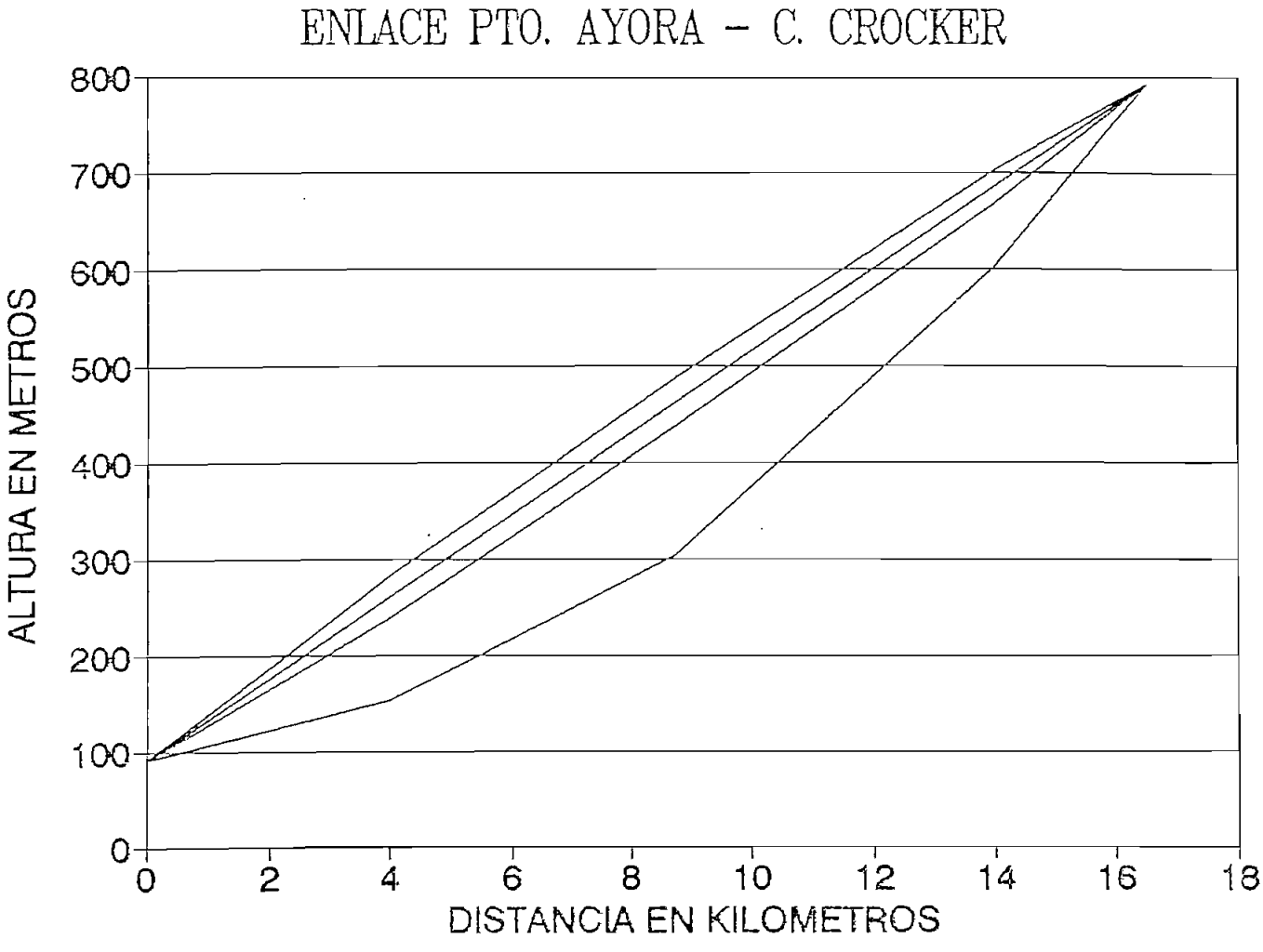
Estacion B: CERRRO CROCKER

Longitud: 90 24' 50"
Latitud: 0 36' 23"
Altura: 781 m
Torre: 10 m

DISTANCIA DEL ENLACE: 16.5 Km

FRECUENCIA 2 GHz

DISTANCIA D1 (Km)	ALTURA MSM	DISTANCIA D2 (metros)	FACTOR CORRECCIO ALTURA	ALTURA CORREGIDA (metros)	ALTURA DEL RAYO	RADIO 1ra.ZONA FRESNEL (metros)	ZONA FRESNEL SUPERIOR	ZONA FRESNEL INFERIOR
0	90	16.5	0	90.00	90.00	0.00	90.00	90.00
0	90	16.5	0	90.00	90.00	0.00	90.00	90.00
4	150	12.5	2.9411765	152.94	259.94	21.32	281.26	238.62
8.75	300	7.75	3.9889706	303.99	461.74	24.83	486.57	436.91
14	600	2.5	2.0588235	602.06	684.79	17.84	702.63	666.95
16.5	791	0	0	791.00	791.00	0.00	791.00	791.00


ENLACE PTO. AYORA - C. CROCKER
ALTURA EN METROS
800
700
600
500
400
300
200
100
0
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
DISTANCIA EN KILOMETROS

DATOS DEL ENLACE PUERTO BAQUERIZO - CERRO CROCKER

Estacion A: PUERTO BAQUERIZO

Longitud: 89 35' 36"
Latitud: 0 53' 26"
Altura: 0 m
Torre: 10 m

Estacion B: CERRRO CROCKER

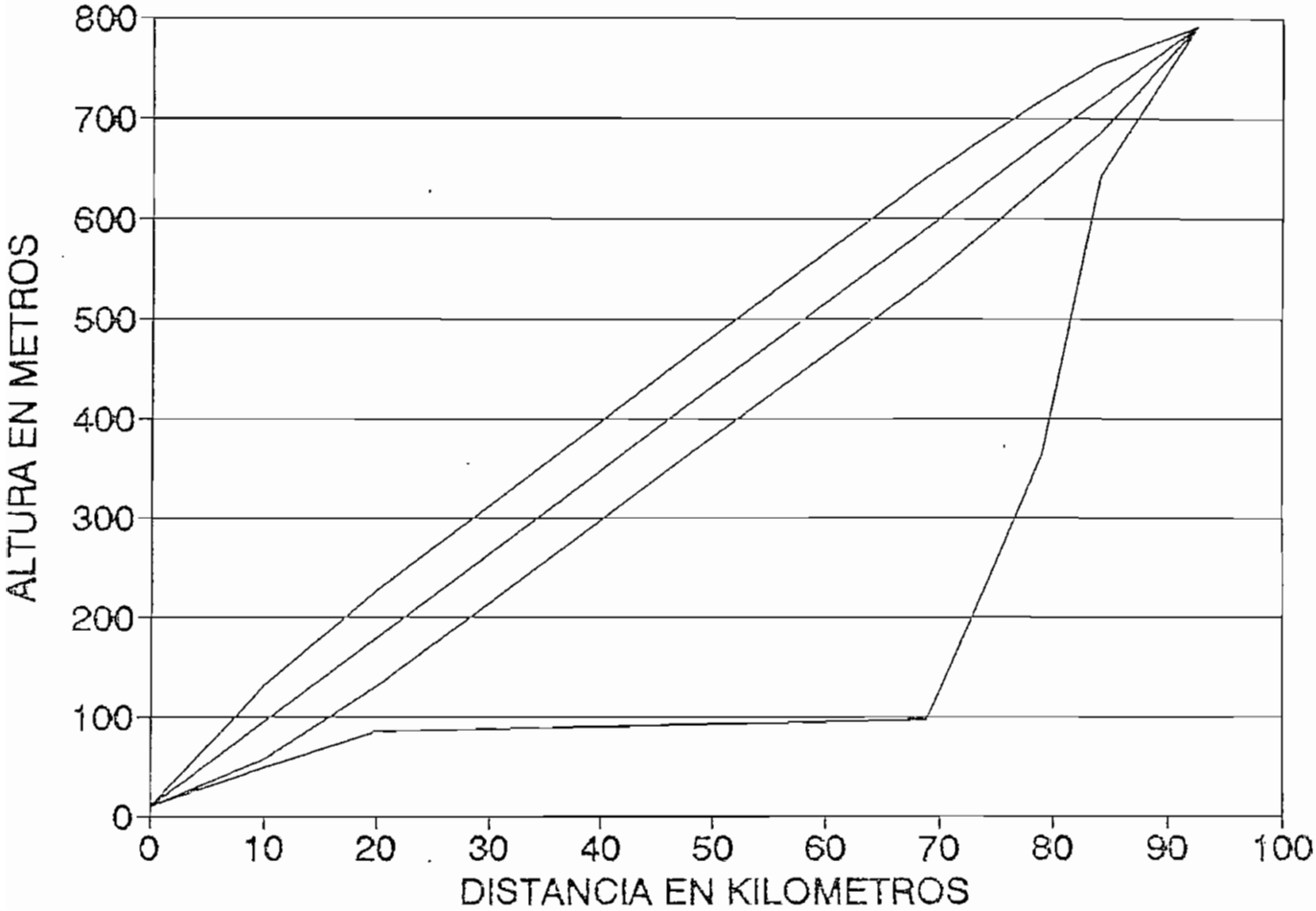
Longitud: 90 24' 50"
Latitud: 0 36' 23"
Altura: 781 m
Torre: 10 m

DISTANCIA DEL ENLACE: 92.5 Km

FRECUENCIA 2 GHz

DISTANCIA D1 (metros)	ALTURA MSM	DISTANCIA D2 (metros)	FACTOR CORRECCION ALTURA	ALTURA CORREGIDA (metros)	ALTURA DEL RAYO	RADIO 1ra. ZONA FRESNEL (metros)	ZONA FRESNEL SUPERIOR	ZONA FRESNEL INFERIOR
0	10	92.5	0	10.00	10.00	0.00	10.00	10.00
0	10	92.5	0	10.00	10.00	0.00	10.00	10.00
10	0	82.5	48.52941176	48.53	94.43	36.58	131.01	57.86
20	0	72.5	85.29411765	85.29	178.86	48.49	227.36	130.37
68.75	0	23.75	96.04779412	96.05	590.47	51.46	641.93	539.02
74	150	18.5	80.52941176	230.53	634.80	47.12	681.92	587.68
79	300	13.5	62.73529412	362.74	677.02	41.59	718.60	635.43
84	600	8.5	42	642.00	719.23	34.03	753.26	685.21
92.5	791	0	0	791.00	791.00	0.00	791.00	791.00

ENLACE PUERTO BAQUERIZO - CERRO CROCKER



DATOS DEL ENLACE PUERTO VILLAMIL - CERRO CROCKER

Estacion A: PUERTO VILLAMIL

Longitud: 91 01' 0"
Latitud: 0 56' 0"
Altura: 40 m
Torre: 10 m

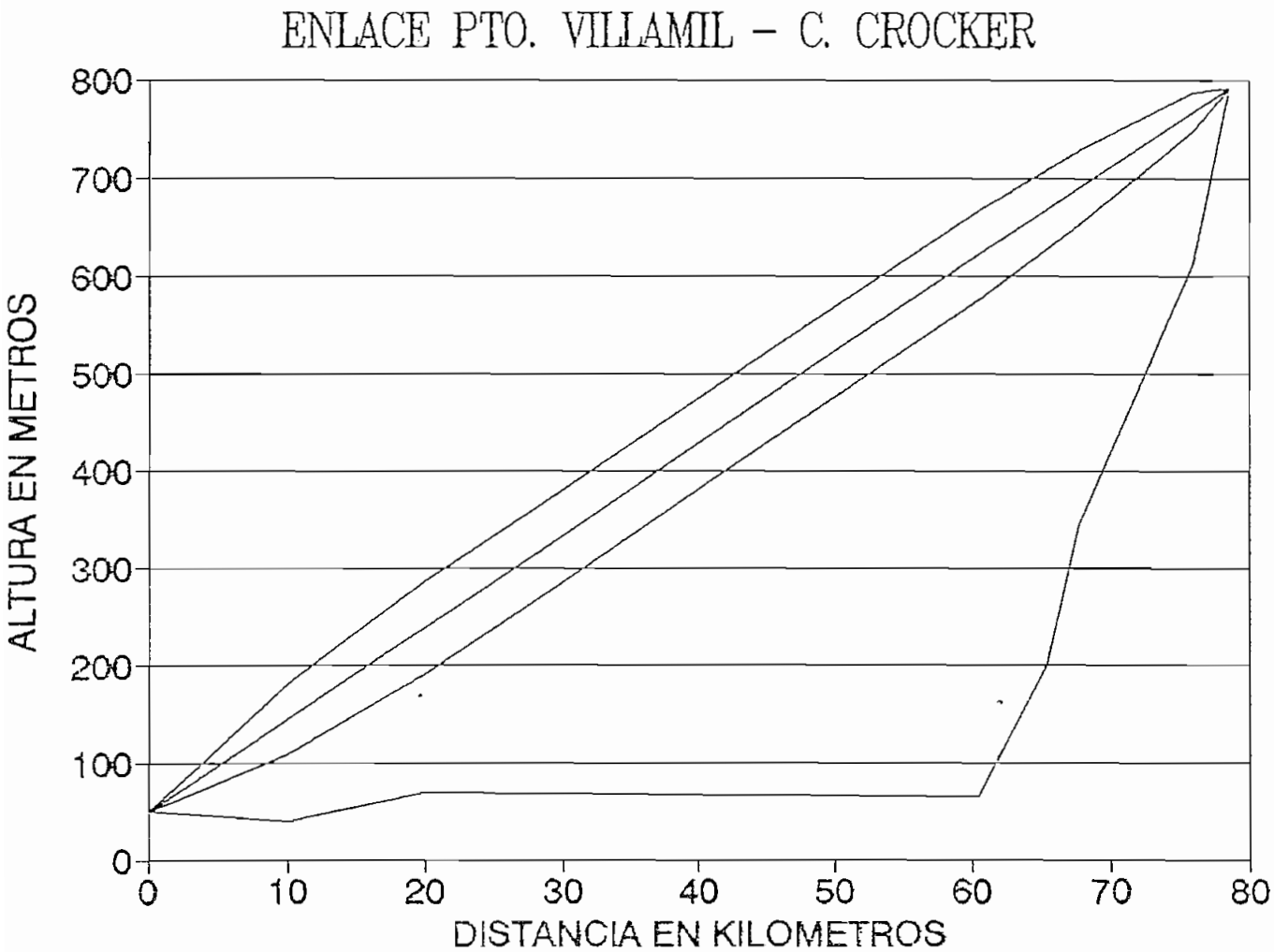
Estacion B: CERRRO CROCKER

Longitud: 90 24' 50"
Latitud: 0 36' 23"
Altura: 781 m
Torre: 10 m

DISTANCIA DEL ENLACE 78.6 Km

FRECUENCIA 2 GHz

DISTANCIA D1 (metros)	ALTURA MSM	DISTANCIA D2 (metros)	FACTOR CORRECCION ALTURA	ALTURA CORREGIDA (metros)	ALTURA DEL RAYO	RADIO 1ra. ZONA FRESNEL (metros)	ZONA FRESNEL SUPERIOR	ZONA FRESNEL INFERIOR
0	50	78.6	0	50.00	50.00	0.00	50.00	50.00
0	50	78.6	0	50.00	50.00	0.00	50.00	50.00
10	0	68.6	40.35294118	40.35	144.27	36.18	180.46	108.09
20	0	58.6	68.94117647	68.94	238.55	47.29	285.84	191.26
60.5	0	18.1	64.41470588	64.41	620.36	45.71	666.08	574.65
65.5	150	13.1	50.47352941	200.47	667.50	40.47	707.97	627.03
67.75	300	10.85	43.24044118	343.24	688.71	37.45	726.17	651.26
76	600	2.6	11.62352941	611.62	766.49	19.42	785.91	747.07
78.6	791	0	0	791.00	791.00	0.00	791.00	791.00


ENLACE PTO. VILLAMIL - C. CROCKER
ALTURA EN METROS
800
700
600
500
400
300
200
100
0
0
10
20
30
40
50
60
70
80
DISTANCIA EN KILOMETROS

DATOS DEL ENLACE BALTRA - CERRO CROCKER

Estacion A: BALTRA

Longitud: 90 18' 30"
Latitud: 0 27' 15"
Altura: 50 m
Torre: 10 m

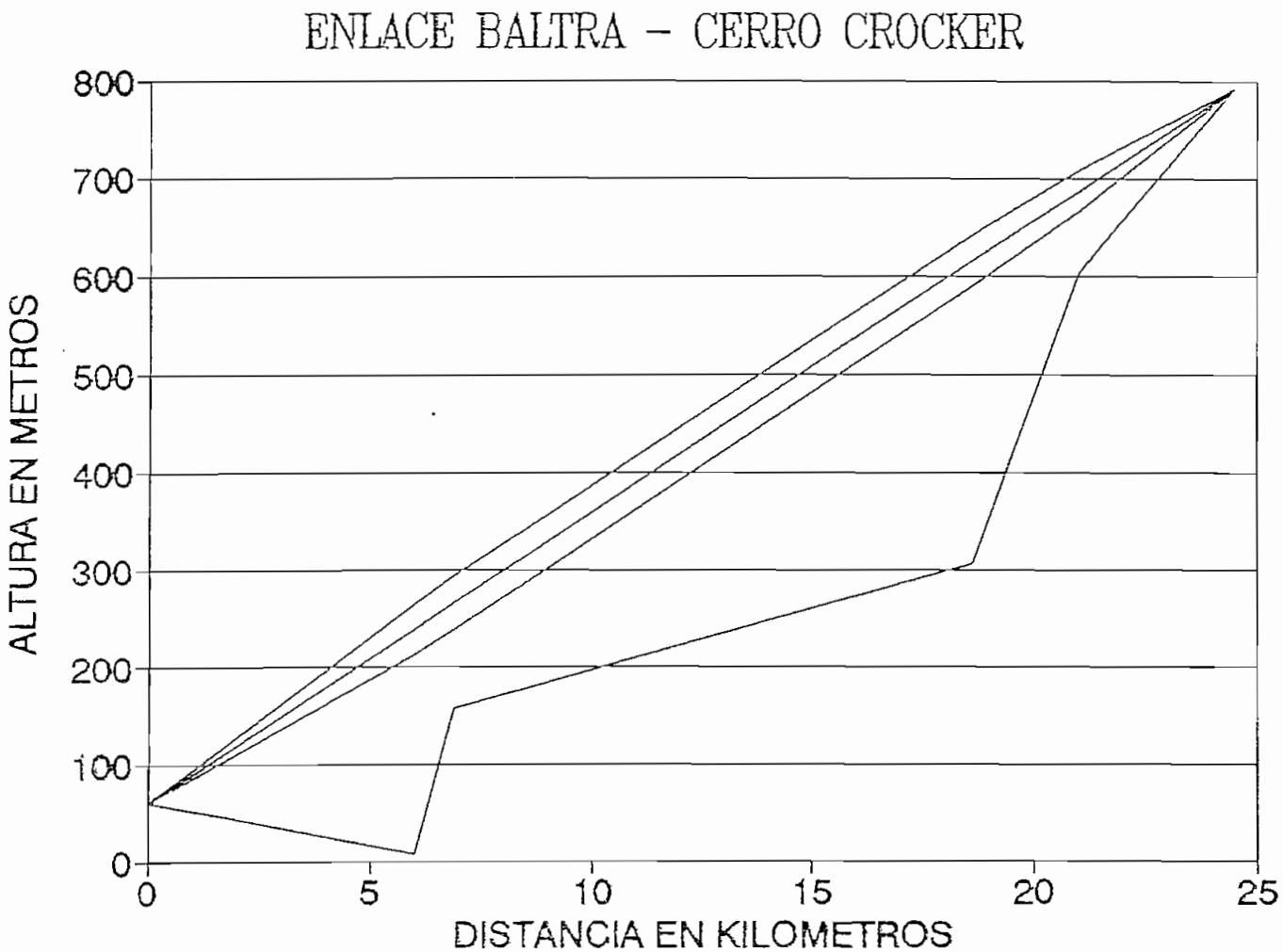
Estacion B: CERRRO CROCKER

Longitud: 90 24' 50"
Latitud: 0 36' 23"
Altura: 781 m
Torre: 10 m

DISTANCIA DEL ENLACE: 24.5 Km

FRECUENCIA 2 GHz

DISTANCIA D1 (metros)	ALTURA MSM	DISTANCIA D2 (metros)	FACTOR CORRECCION ALTURA	ALTURA CORREGIDA (metros)	ALTURA DEL RAYO	RADIO 1ra. ZONA FRESNEL (metros)	ZONA FRESNEL SUPERIOR	ZONA FRESNEL INFERIOR
0	60	24.5	0	60.00	60.00	0.00	60.00	60.00
0	60	24.5	0	60.00	60.00	0.00	60.00	60.00
6	0	18.5	6.529411765	6.53	239.02	26.07	265.09	212.95
6.9	150	17.6	7.143529412	157.14	265.87	27.27	293.14	238.61
18.6	300	5.9	6.455294118	306.46	614.96	25.92	640.88	589.04
21	600	3.5	4.323529412	604.32	686.57	21.21	707.78	665.36
24.5	791	0	0	791.00	791.00	0.00	791.00	791.00


ENLACE BALTRA - CERRO CROCKER
ALTURA EN METROS
800
700
600
500
400
300
200
100
0
0
5
10
15
20
25
DISTANCIA EN KILOMETROS

Del estudio de propagación hecho para los cuatro trayectos de enlaces, se observa que para cada uno existe perfecta línea de vista y la señal en todo su trayecto se encuentra libre de obstáculos. En estas condiciones, las antenas pueden ir sobre torres de 10 metros.

Conocidas las alturas donde estarán ubicadas las antenas se puede calcular el punto de reflexión para cada uno de los enlaces.

Uno de los métodos que se usan en el cálculo del punto de reflexión es el siguiente:

El punto de reflexión se calcula por el desarrollo de una ecuación cúbica válida para cualquier valor de K. Se evalúan los parámetros r, t y ϕ por medio de las siguientes ecuaciones

$$r = 6.37\ (K/4) \times D\ (h2 - h1) \qquad [4.9]$$

$$t = D^2/12 + 8.5\ (K/4)\ (h2 + h1) \qquad [4.10]$$

$$\phi = \cos^{-1}\left(\frac{r}{t \times \sqrt{t}}\right) \qquad [4.11]$$

$$d3 = 2 \times \sqrt{t} \times \cos\left(\frac{\phi}{3} + 240\right) \qquad [4.12]$$

$$d1 = D/2 + d3 \qquad [4.13]$$

$$d2 = D - d1 \qquad [4.14]$$

donde:

d1= distancia desde el punto 1 hacia el punto de reflexión [Km].

d2= distancia desde el punto 2 hacia el punto de reflexión [Km].

D= distancia total del enlace [Km]

h1= altura del punto 1 [m]

h2= altura del punto 2 [m]

Ejemplo del cálculo del punto de reflexión para el enlace Puerto Villamil - Cerro Croker.

Datos:

h1= 50 m

h2= 791 m

D= 78.6 Km

K= 4/3

r= 6.37 (1/3) x 78.6 (791-50)

r= 123668.45

$t= (78.6)^2/12 + 8.5\ (1/3)\ (\ 791+50\ )$

t= 2897.66

$$\phi= \cos^{-1} \frac{123668.45}{2897.66 \times \sqrt{2897.66}}$$

ϕ= 37.54

$d3= 2 \times \sqrt{2897.66} \times \cos\ (\ 37.54/3 + 240\ )$

d3= - 32.35

d1= 78.6/2 -32.35

d1= 6.95 Km

El punto de reflexión está a 6.95 Km de Puerto Villamil

d2= 78.6 - 6.95

d2= 71.65 Km

En el cuadro 4.1 se puede ver los puntos de reflexión para los radioenlaces.

ENLACE	d1 (Km)	d2 (Km)
P. Ayora - C. Croker	1.7128	14.7871
P. Baquerizo - C. Croker	2.7855	89.7145
P. Villamil - C. Croker	6.9547	71.6952
Baltra - C. Croker	1.7945	22.7055

Cuadro 4.1

De los valores obtenidos del Cuadro 4.1 se puede observar que el punto de reflexión cae sobre tierra por lo que la onda reflejada se verá atenuada.

Debido a la gran diferencia de alturas entre los puntos a analizarse en los radioenlaces y a la altísima direccionalidad que tienen las antenas parabólicas es suficiente considerar pérdidas por espacio libre ya que de existir reflexión esta sería difusa y no especular.

4.2.4 BALANCE DE LOS ENLACES

Consideremos que la antena emisora es isotrópica, la potencia emitida por unidad de área de la superficie de una esfera es:

$$Pd = Pt/(4\ \pi\ d^2) \qquad [4.15]$$

Donde Pt es la potencia transmitida por la antena y d es la distancia entre las antenas y el punto de estudio (radio de la esfera).

El área efectiva de una antena receptora se define como la superficie del frente de onda plano con densidad de potencia Pd que dispone de igual potencia que la entregada por la antena. Para la antena isotrópica el área eficaz es :

$$Ae= (c/f)^2 / 4 \pi \qquad [4.16]$$

donde (c/f) es la longitud de onda del campo radioeléctrico. Relacionando ambos elementos se dispone de la potencia de recepción Pr en función de la Pt para antenas isotrópicas:

$$Pr= Pt\ [(c/f)/4\pi d]^2 \qquad [4.17]$$

Las pérdidas totales entre los terminales de transmisión y recepción (atenuación total) está dada por la siguiente ecuación:

$$At = Ao + Af + Ac - (Gt + Gr) \qquad [4.18]$$

donde:

At= Atenuación t otal

Ao= Pérdidas por espacio libre sin desvanecimiento

Af= Pérdidas en los alimentadores de antenas

Ac= Pérdidas en filtros y circuladores de antenas

Gt= Ganancia de la antena de transmisión

Gr= Ganancia de la antena de recepción

La potencia recibida viene dada por la siguiente ecuación:

$$Pr= Pt - At \qquad [4.19]$$

4.2.5 Margen de Desvanecimiento (FM)

Se define el margen de desvanecimiento FM como la diferencia en dB entre el nivel de la potencia recibida Pr y el nivel mínimo de potencia que asegura una determinada tasa de error BER (potencia umbral del receptor Pth)

$$FM = Pr - Pth \qquad [4.20]$$

La potencia umbral del receptor Pth se determina para los umbrales de BER en 10^{-3} y 10^{-6} y es una característica propia de cada fabricante.

Un valor típico de Pth para un BER de 10^{-3} es -95.5 dBm, (tomado de equipos AWA Comunication).

En el cuadro 4.2 se puede ver los valores de atenuación por espacio libre, el nivel de recepción y el margen de desvanecimiento para los diferentes enlaces.

Se puede calcular un margen de desvanecimiento neto NFM, considerando el desvanecimiento selectivo, el cual tiene dos componentes: una componente de atenuación y una componente de selectividad, la primera se considera una atenuación plana y la segunda produce una deformación del espectro y da lugar a la interferencia intersímbolo en la señal digital de banda base.

La componente debida a la atenuación plana se relaciona con la distribución Rayleigh:

$$P_I = 10^{-FM/10} \qquad [4.21]$$

La componente de atenuación selectiva es :

FRECUENCIA 2000 MHZ LAMBDA 0.15

	DISTANCIA (Km)	ATENUACION ESPACIO LIBRE (dB)	POTENCIA TRANSMISOR (dBm)	G. Tx (dB)	G. Rx (dB)	PERDIDAS VARIAS (dB)	NIVEL DE RX (dBm)	MARGEN DESVAN. (dBm)
PTO.AYORA - C.CROKER	16.50	122.81	33.0	31.0	31.0	12	-39.3	56.19
PTO.BAQUERIZO - C.CROKER	92.50	137.79	33.0	31.0	31.0	12	-54.3	41.21
PTO.VILLAMIL - C.CROKER	78.60	136.37	33.0	31.0	31.0	12	-52.9	42.63
BALTRA - C.CROKER	24.50	126.25	33.0	31.0	31.0	12	-42.7	52.75

Cuadro 4.2

$$Ps= 4.56 \times 10^2 \alpha \int (3/4 \exp(-B^2/10) + 1/4 \exp(-B/4.3))df \quad [4.22]$$

donde:

α= retardo con el que se ha medido la signatura

B= altura de la signatura en dB y es función de la fre cuencia

Como el valor de Ps depende de la signatura del fabricante, puede dar la curva o el valor de Ps directamente.

Según Rummler los valores de P_T y Ps se suman de acuerdo con la siguiente ley:

$$Por= (Ps^{a/2} + P_T^{a/2})^{2/a} \quad [4.23]$$

donde:

a está entre 1 y 2

A continuación se debe tener en cuenta la proporción del tiempo que existe desvanecimiento selectivo con fase mínima y no mínima

$$Port= n\ Por_{(+)} + (1-n)\ Por_{(-)} \quad [4.24]$$

donde:

n está entre 0.5 y 1, para baja capacidad n=0.8, y por último

$$NFM= -10 \log Port \quad [4.25]$$

Ejemplo del cálculo del NFM para el enlace Puerto Villamil - Cerro Croker.

FM= 42.63 dB

$P_T = 10^{-42.63/10}$

$P_T = 5.495 \times 10^{-5}$

$Ps_{(+)} = 1 \times 10^{-6}$

$Ps_{(-)} = 2 \times 10^{-5}$

con a= 1.5

$Por_{(+)} = [(1 \times 10^{-6})^{1.5/2} + (5.495 \times 10^{-5})^{1.5/2}]^{2/1.5}$

$Por_{(=)} = 5.86 \times 10^{-5}$

$Por_{(-)} = [(2 \times 10^{-5})^{1.5/2} + (5.495 \times 10^{-5})^{1.5/2}]^{2/1.5}$

$Por_{(-)} = 9.17 \times 10^{-5}$

$Port = 0.8(5.86 \times 10^{-5}) + (1-0.8)(9.17 \times 10^{-5})$

$Port = 6.52 \times 10^{-5}$

$NFM = -10 \log 6.52 \times 10^{-5}$

NFM= 41.85 dB

Como se puede ver, en baja capacidad que es el caso que estamos analizando, el valor de NFM es muy cercano al valor de FM esto se debe a que en bandas estrechas el efecto del Notch se interpreta como una atenuación profunda más que como una deformación del espectro.

Por tanto la característica BER vs Prx que se mide sobre los equipos receptores es válida en baja capacidad.

El valor de NFM es sustancialmente menor al FM en los sistemas de media (ejemplo 34 Mbps) y fundamentalmente en alta capacidad.

4.3 ESTACION TERRENA

La condición básica para digitalizar las comunicaciones con Galápagos es la digitalización de la Estacion Terrena.

Los equipos para digitalizar la Estacion Terrena de Galápagos están destinados a cursar tráfico entre la central digital Guayaquil Centro tipo Ericson AXE-10 y la central digital de San Cristobal tipo Alcatel E10B, mediante el servicio fijo por satélite abierto a la correspondencia pública, y será capaz de cursar tráfico telefónico, fax, telex y datos de baja velocidad, su operación será dúplex y el régimen de trabajo contínuo. El Tráfico con Galápagos se realizará mediante portadoras digitales IDR en combinación con equipos que tienda ha ahorrar el segmento espacial.

4.3.1 PARA DIGITALIZAR LA ESTACION TERRENA GALAPAGOS

Para digitalizar la estación terrena Galápagos se requiere 2 MODEM, uno a ser instalado en Galápagos y el otro a ser integrado en la Estación Terrena Guayaquil, en reemplazo de los moduladores y demoduladores analógicos respectivos.

BALANCE DEL ENLACE

Partiendo de la siguiente ecuación:

$$PIRE = P_T + G_A - L \qquad [4.8]$$

donde:

PIRE = Potencia isotrópica radiada equivalente

P_T = Potencia del transmisor

G_A = Ganancia de la antena

L = Pérdidas debidas a conectores, guía de onda

$$P_T = PIRE - G_A + L$$

Los valores de PIRE máximo para la banda C se los encuentra en la tabla C.6 del apéndice C del documento IESS-308 (Rev. 6), el cual se adjunta en el Anexo 4 de la presente tesis.

Se asume que se usará el satélite INTELSAT VA, por lo que para una portadora de 2048 Kbits/s, corresponde un PIRE de 65.5 y para una portadora de 8448 Kbits/s corresponde un PIRE de 71.7.

La ganancia de la antena se encuentra especificada en el capítulo 1, cuadro 1.2

Las pérdidas debidas a conectores y a la guía de onda no superan el 0.5 dB ya que el amplificador de potencia esta localizado en la parte posterior de la antena.

Para la portadora de 2 Mbts/s

$$P_T = 65.5 - 55.9 + 0.5 \quad [dB]$$

$$P_T = 10.1 \text{ [dB]}$$

$$P_T = 10.23 \text{ [W]}$$

Para la portadora de 8 Mbts/s

$$P_T = 71.7 - 55.9 + 0.5 \quad \text{[dB]}$$

$$P_T = 16.3 \text{ [dB]}$$

$$P_T = 42.65 \text{ [W]}$$

Este cálculo esta hecho con los valores extremos, es decir, para antenas en el borde del haz, pero hay que considerar la ventaja geográfica de Galápagos y de Guayaquil (ver anexo 5).

Si estimamos que para Guayaquil se tiene una ventaja geográfica de 2.5 dB y para Galápagos de 1.5 dB.

Con esta los valores calculados para P_T quedarían:

Para la portadora de 2 Mbts/s

$$P_T = 10.1 - (2.5 + 1.5) \text{ [dB]}$$

$$P_T = 4.07 \text{ [W]}$$

Para la portadora de 8 Mbts/s

$$P_T = 16.3 - 4 \text{ [dB]}$$

$$P_T = 16.98 \text{ [W]}$$

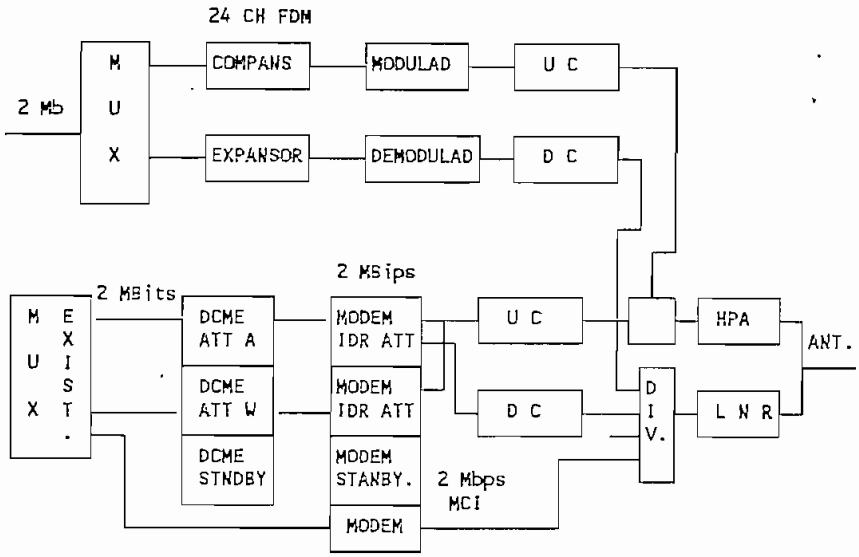
Con el objeto de ampliar la capacidad, reduciendo el costo del

segmento espacial, se deberá utilizar equipos que permitan un proceso adecuadado para reducir la velocidad de información estos equipos pueden ser multiplexores con una codificación de baja velocidad, multiplexores adativos ADPCM, o equipos multiplicadores de circuitos digitales DCME que utilizan la codificación adativa y la interpolacion digital de la voz del balance del enlace se tiene que la potencia necesaria para transmitir desde la estación terrrena de Galápagos una portadora digital de hasta 8 MBITS es menor que 20 watts a la salida del amplificador, por lo que es recomendable la sustitución de los amplificadores actuales de klystron de 1.5 kw de capacidad por amplificadores de estado sólido con una potencia de 20 watts.

Las figuras 4.6 y 4.7 presentan la configuración actual de los sistemas en las estaciones terrenas y la configuración recomendada.

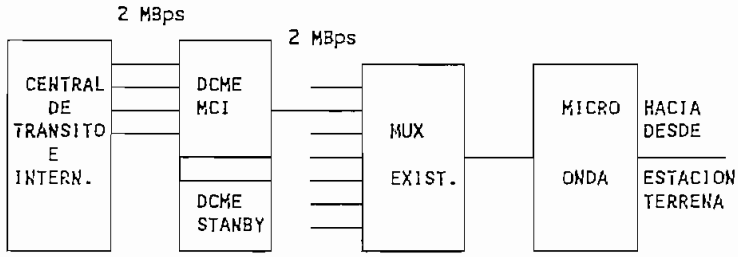
En las figuras 4.8 y 4.9 se presenta la configuración de las estaciones terrenas Guayaquil y Galápagos completamente digitales.

CONFIGURACION ACTUAL DE LOS EQUIPOS



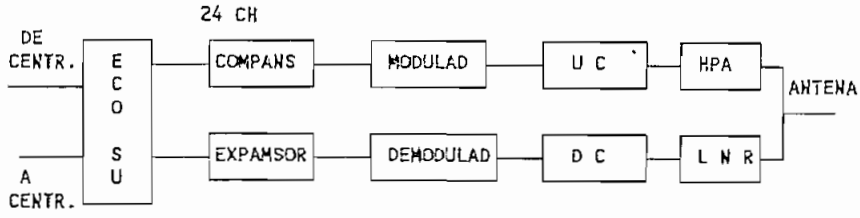
CONFIGURACION ACTUAL ESTACION TERRENA GUAYAQUIL

Fig. 4.6



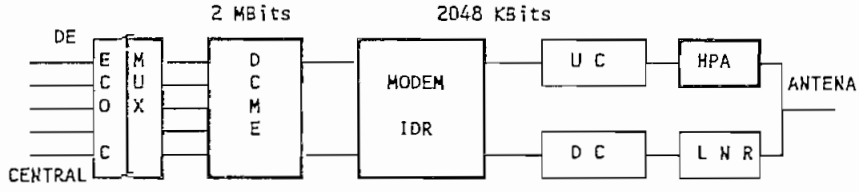
CONFIGURACION DE LA CENTRAL INERNACIONAL EN GUAYAQUIL
CON LOS EQUIPOS DONADOS POR MCI

Fig. 4.7



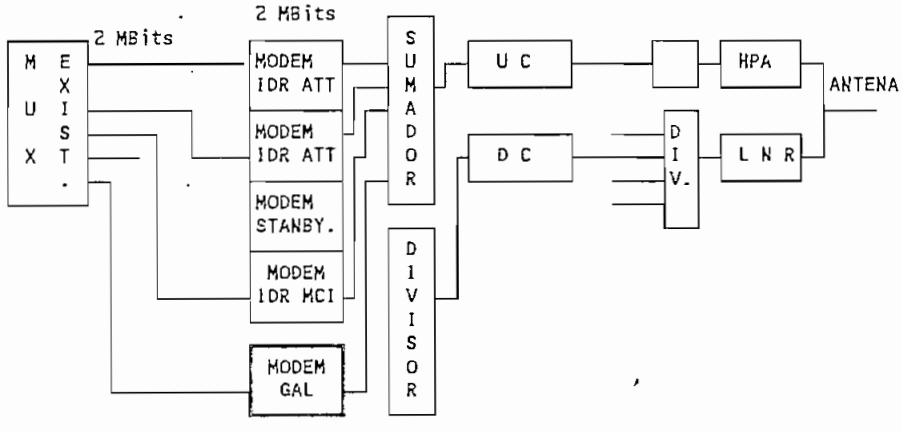
CONFIGURACION ACTUAL ESTACION TERRENA GALAPAGOS

Fig. 4.8



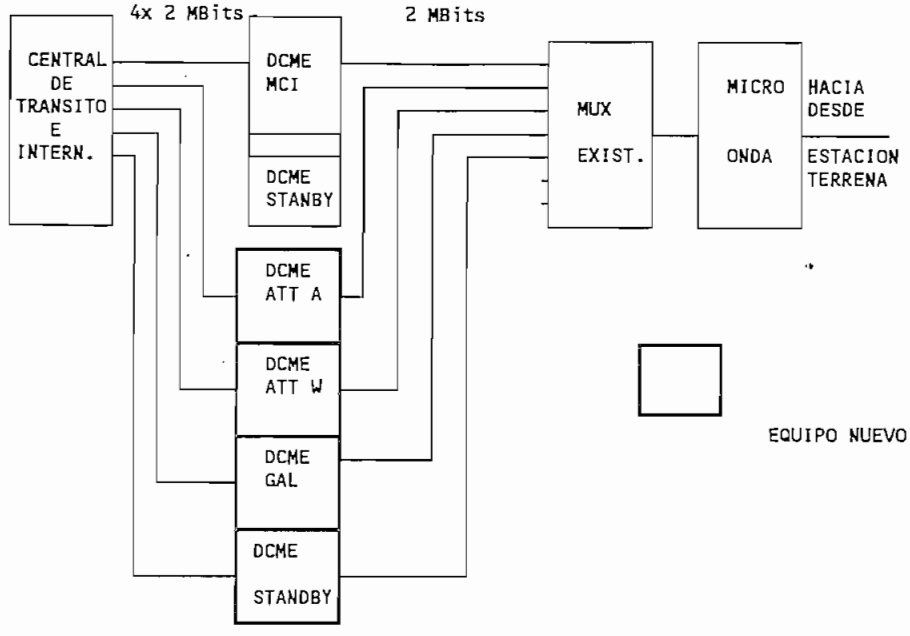
NUEVA CONFIGURACION DE LA ESTACION TERRENA GALAPAGOS

Fig. 4.9



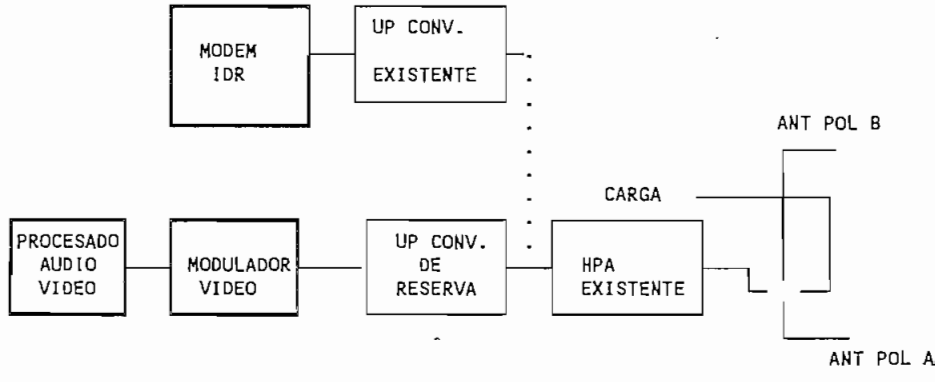
CONFIGURACION ESTACION TERRENA GUAYAQUIL PROPUESTA POR EMETEL

Fig. 4.10



CONFIGURACION DE LA CENTRAL INERNACIONAL EN GUAYAQUIL
CON LOS EQUIPOS PROPUESTO POR EMETEL

Fig. 4.11



ESTACION TERRENA GALAPAGOS CON TRANSMISION DE TV

Fig. 4.12

4.3.2 TRANSMISION DE TELEVISION ESTACION TERRENA GALAPAGOS

Con el objeto de transmitir señales de televisión desde Galapagos, en vista de que dichas transmisiones se las realizaría de manera ocasional, se recomienda solamente aumentar el equipo mínimo necesario, el mismo que consiste de un procesador de audio y video y un modulador de video, se deberá utilizar el conversor de subida y el amplificador de potencia, existentes en la Estación Terrena de Galápagos.

En la Figura 4.12 se presenta una configuración de la Estación Terrena de Galápagos con los equipos indispensables para transmisión de televisión.

Se recomienda que la Estación Terrena de Galápagos, además de trasmisión de televisión, sea equipada con equipos para recibir televisión.

4.3.3 LAS PORTADORAS DIGITALES DE DATOS DE VELOCIDAD INTERMEDIA (IDR)

Estas especificaciones definen las portadoras IDR que utilizará el EMETEL en los enlaces de transmisión en redes conmutadas.

Las principales características de las portadoras IDR se presentan a continuación en el cuadro 4.3.1

CARACTERISTICAS Y PARAMETROS DE TRANSMISION

EN QPSK PARA PORTADORAS DE IDR

1.	VELOCIDAD DE INFORMACION	64 Kbit/s a 8.448 Mbit/s
2.	VELOCIDAD DE DATOS DE LA UNIDAD OVERHEAD	96 Kbit/s
3.	CODIFICADOR DE CORRECCION DE ERRORES.	RELACION 3/4 CONVOLUCIONAL CON DECODIFICACION VITERBI
4.	DISPERSION DE ENERGIA (ALEATORIZACION)	DE ACUERDO CON RECOMENDACION V.35 DEL CCITT ver Fig 15 y 16 DEL MODULO IESS-308 (rev 5)
5.	MODULACION	QPSK COHERENTE CUADRIFASICA CON CODIFICACION DIFERENCIAL
6.	RESOLUCION DE AMBIGUEDAD	CODIFICACION DIFERENCIAL
7.	RECUPERACION DEL RELOJ	La recuperación de la temporización del reloj deberá realizarse desde la trama de Datos recibida.
8.	ANCHO DE BANDA MINIMO DE LA PORTADORA ASIGNADA	0.7 R Hz
9.	ANCHO DE BANDA RUIDO	

	(ANCHO DE BANDA OCUPADO)	0.6 R Hz o(0.8(IR+OH)		
10.	Eb/Nb PARA LA BER (Relacion 3/4 FEC)	10^{-3}	10^{-6}	10^{-8}
a.	MODEMS EN CONEXION LOCAL DIRECTA	5.3 dB	8.3 dB	8.8 dB
b.	A TRAVES DEL CANAL DEL SATELITE	5.7 dB	8.7 dB	9.2 dB
11.	C/T EN EL PUNTO DE FUNCIONAMIENTO NOMINAL	-219,9+10 Log (IR+OH) dBW/K		
12	C/N EN EL ANCHO DE BANDA DEL RUIDO EN EL PUNTO DE FUNCIONAMIENTO NOMINAL	9.7 dB		
13.	TASA NOMINAL DE ERRORES EN BITIOS EN EL PUNTO DE FUNCIONAMIENTO	1×10^{-7}		
14.	C/T EN EL UMBRAL	-222,9+10 Log(IR+OH) dBW/K		
15.	C/N EN EL ANCHO DE BANDA DE RUIDO NIVEL DEL UMBRAL	6.7 dB		
16.	TASA DE ERRORES EN BITIOS AL NIVEL DEL UMBRAL	1×10^{-4}		

Cuadro 4.3.1

NOTAS DEL CUADRO 4.3.1

i. IR es la velocidad de infomación en bits por segundo

ii. R es la velocidad de transmisión en bits por segundo y es igual (IR+OH) por 4/3

iii. El ancho de banda asignado será igual a 0.7 veces la velocidad de transmisión, redondeado al incremento inmediato superior de 22,5 kHz (para velocidades de información 2,048 Mbit/s) o de 125 kHz (para velocidades de información 2,48 Mbit/s).

iv. La relación 3/4 FEC es mandatoria para todas las portadoras IDR.

4.3.4 LOS TERMINALES IDR

En las figuras 4.9 y 4.10 se presenta la configuración de los terminales IDR, en relación con el resto de equipos a adquirise para las Estaciones Guayaquil y Galápagos.

Las unidades de canal o terminales IDR están conformados por las siguientes partes:

Moduladores y Demoduladores (MODEM)
FEC Codificador Decodificador
Aleatorizador y Desaleatorizador (energía de dispersión)
Unidad de encabezonamiento

4.3.5 CARACTERISTICAS DEL MODEM

El sistema de portadoras IDR utiliza QPSK coherente de codificación diferencial, con los parámetros que se indican en la cuadro 4.3.1.

Nótese que las velocidades de información varían de 64 Kbit/s a 2.048 Mbit/s. Es recomendable que el funcionamiento de los modems abarque la gama completa.

4.3.6 MEMORIAS AUXILIARES, TEMPORIZACION Y CONTROL DE DESLIZAMIENTOS.

Con la finalidad de compensar el efecto de los movimientos del Satélite y de la disparidad entre los relojes de los lados de transmisión y recepción se deberá instalar memorias auxiliares en el lado de recepción.

4.3.7 INTERCONEXION

Los MODEMS IDR se deberán conectar a los convertidores ascendentes y descendentes existentes tanto en la Estación Terrena Guayaquil como en la Estación Terrena Galápagos, los mismos que tienen las siguientes características.

a.- CONVERTIDOR ASCENDENTE

ENTRADA DE IF

- Rango de frecuencia	70 ± 18 MHz
- Impedancia	75 Ohms desbalanceados
- Pérdidas de retorno (70±10 MHz)	- 26 dB Max
- Nivel de entrada máximo	- 15 dBm

SALIDA DE RF

- Rango de frecuencia	5850 - 6425 MHz
- Pérdidas de retorno	- 17 dB Max
- Punto de comprensión a 1 dB	+ 12 Db min
- Nivel de salida máximo	+ 10 dBm

CARACTERISTICAS DE TRANSFERENCIA

- Figura de ruido	17 dB max
- Ganancia IF/RF	25 ± 0.5 dB
- Respuesta de frecuencia	1 dB max
- Estabilidad de ganancia	1 dB max por mes
- Ajuste de ganancia	± 3.5 Db
- Retardo de Grupo	10 ns max
- Espúreas	≤ - 75 dBm
- Sentido de modulación	Sin inversión entrada salida

b.- CONVERTIDOR DESCENDENTE

ENTRADA DE RF

- Rango de frecuencia	5850 - 6425 MHz

- Impedancia	50 Ohms desbalanceados
- Pérdidas de retorno (70±10 MHz)	- 18 dB Max
- Nivel de entrada máximo	- 23 dBm

SALIDA DE IF

- Rango de frecuencia	70 ± 18 MHz
- Pérdidas de retorno	- 26 dB Max
- Punto de comprensión a 1 dB	+ 10 Db min
- Nivel de salida máximo	+ 07 dBm

CARACTERISTICAS DE TRANSFERENCIA

- Figura de ruido	14 dB max
- Ganancia IF/RF	30 ± 0.5 dB
- Respuesta de frecuencia	1 dB max
- Estabilidad de ganancia	1 dB max por mes
- Ajuste de ganancia	± 1 dB
- Retardo de Grupo	10 ns max
- Sentido de modulación	Sin inversión entrada salida

c.- CARACTERISTICAS DE INTERFACE MODEMS CONVERSORES

La interface externa se realiza mediante siete conectores, dos (2) para las señales de RF y IF, y tres (3) para controles remotos y alarmas.

- Conector IF	1.6/5.6 DIM 47295
- Conector RF	SMA hembra 50 ohms.

- Conector P10	9 pines hembra Cannon tipo D
- Conector P11	26 pines hembra Cannon tipo D
- Conector P12	9 pines hembra Cannon tipo D
- Entrada de comandos	15 pines hembra Cannon tipo D
- Salida de valores	15 pines hembra Cannon tipo D

LOS EQUIPOS MULTIPLEX MIC PRIMARIOS

Es necesario que los equipos multiplex reunan las características de la Red Troncal Digital que se resume a continuación:

- Velocidad binaria	2048 Kbit/s æ 50 ppm.
- Señal de temporización	Fuente externa, fuente interna y de la señal digital entrante (seleccionable).
- Estructura de trama.	Como se indica en la Rec. G.732, numeral 2.
- Pérdida y recuperación de alineación de trama	De acuerdo a la recomendación del CCITT G.732
- Condiciones de avería y operaciones consiguientes	De acuerdo a la Rec. G.732, numeral 4.1
- Señalización.	Se utilizará el intervalo de tiempo numerado 16 como se especifica en la Rec. G.732.
- Estructura de multitrama.	16 tramas consecutivas.
- Señal de alineación de multitrama	0000, ocupa los intervalos de tiempo 1 a 4 del interv. de tiempo de canal

	16 trama 0
- Asignación del intervalo de tiempo del canal 16	De acuerdo a la Rec. G.732
- Pérdida de alineación de multitrama	Cuando se han recibido con error dos señales consecutivas de alineación de multitrama.
- Recuperación de alineación de. multitrama	Después de que se detecte la primera señal de alineación de trama correcta, con algún procedimiento que evite una condición de falsa alineación.
- Condición de avería y operaciones consiguientes.	De acuerdo a la Rec. G. 732 punto 4.2 del CCITT.

4.3.8 CARACTERISTICAS DE INTERCONEXION DE LOS CANALES A FRECUENCIAS VOCALES

Características generales.

- Impedancia.	600 ohmios, simétrica.
- Pérdida de retorno en la gama de frecuencia de 300 a 3400 Hz.	20 dB.
- Niveles de audio.	
- Sentido de transmisión (4H)	-14 dBr a +1 dBr
- Sentido de recepción (4H)	-11 dBr a +4 dBr
	Gama ajustable 15 dB ajusta-

ble en pasos de 0.5 dB

4.3.9 CARACTERISTICAS DE INTERCONEXION A 64 Kbit/s.

Estas interfaces deben cumplir la recomendación G.703 del CCITT, Libro Azul 1988

4.3.10 CARACTERISTICAS DE INTERCONEXION DE LAS SEÑALES DE 2048 Kbit/s

Características generales.

- Velocidad binaria	2048 Kbit/s æ 50 ppm.
- Código binario	HDB3

Especificaciones de los accesos de salida.

- Impedancia	75 Ohmios, resistiva
- Forma de impulso.	Todas las marcas de una señal deberán estar de acuerdo con la plantilla de la figura 15 de la Rec. G.703, indepen dientemente del signo.
- Tensión nominal de cresta de una marca (impulso).	2.37 V.
- Tensión nominal de un espacio (ausencia de impulso).	0 ± 0.237 V.
- Anchura nominal del impulso.	244 ns.

- Relación entre la amplitud de los impulsos positivos y negativos en el punto medio del intervalo de un impulso.	De 0.95 a 1.05
- Pares en cada sentido de transmisión.	Un par coaxial, con el conductor exterior a tierra en los accesos de entrada y salida.
- Atenuación.	De acuerdo a la ley ß
- Distorsión máxima aceptable en cable interconector.	6dB a 1024 KHz

4.3.11 CARACTERISTICAS DE CALIDAD DE LOS CANALES A FRECUENCIAS VOCALES

- Distorsión de atenuación/frec.	Debe estar comprendida dentro de los límites especificados en la plantilla de la fig.1 de la Rec. G.712
- Distorsión por retardo de grupo	Debe estar dentro de los límites especificados en la plantilla dela figura 2 de la Rec. G.712.
- Ruido ponderado psofométricamente	- 65 dBmOp
- Ruido a una sola frecuencia	- 50 dBmO
- Ruido debido al equipo receptor	- 75 dBmO medido de acuerdo a la Rec. G.712, numeral 4.3
- Discriminaciones contra las	De acuerdo a la Rec. G.712,

señales fuera de banda.	numeral 5.
- Señales positivas fuera de banda a la salida de canal	De acuerdo a la Rec. G.712, numeral 6
- Intermodulación	De acuerdo a la Rec. G.712, numeral 7.
- Distorsión total incluida la distorsión de cuantif.	Debe cumplir con lo especificado aplicando el método 2 de la Rec. G.712, numeral 8
- Señales parásitas dentro de la banda a la salida del canal	De acuerdo a la Rec. G.712, numeral 9.
- Variación de la ganancia en función del nivel de entrada	Debe cumplir con lo especificado aplicando el método 2 de la Rec.G.712, numeral 10.
- Diafonía entre canales.	De acuerdo a la Rec. G.712, numeral 11. - 65 dBmO.
- Diafonía entre los dos sentidos de transmisión	De acuerdo a la Rec. G.712, numeral 12.
- Interferencia causada por señalización	- 60 dBmOp.
- Niveles relativos a la entrada y salida.	
Nivel mínimo transmisión	- 14dBr
Nivel máximo en recepción	+ 4dBr
- Estabilidad a corto/largo plazo.	De acuerdo a la Rec. G.712, numeral 16. En diez minutos ±0,2 dB. En un año ±0.5 dB
- Ajuste de niveles relativos.	De acuerdo a la Rec. G.712, numeral 15

4.3.12 CARACTERISTICAS DE LA SECCION DE TEMPORIZACION

- Fuente de reloj	Interna, externa, o extraído de la señal digital entrante (seleccionable).
- Impedancia (externa solamente)	75 ohmios, desbalanceada.
- Nivel (externa solamente)	- 10 a + 5 dBm.
- Forma de onda (reloj externo solamente).	Sinusoidal o cuadrada
- Frecuencia	2048 Khz æ 50 ppm

4.3.13 CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS EQUIPOS DE TELEVISION

4.3.13.1 CARACTERISTICAS GENERALES

La transmisión y recepción de televisión para Galápagos es recomendable se realice en un sitema de Red abierta de tal manera que se pueda recibir y transmitir señales de televisión a Ecuador o a cualquier país dentro del ámbito de influencia del satélite.

En principio se debería utilizar los servicios de uso ocasional en banda C en la ventana 12 del Haz Global con la utilización de medio transpondedor o sea un ancho de banda de 20 Mhz. en lo futuro se podrá cambiar a Red cerrada con un ancho de banda de 17.5 MHz, cuando el país disponga de una capacidad arrendada.

El audio asociado será transmitido en una suportadora FM, de acuerdo con lo especificado en el IESS 306 (Rev 2) de INTELSAT

Portadoras de Radiofrecuencia

Se podrá transmitir cualquiera de las dos portadoras de 20 MHz en un transpondedor

CANAL 1	6392.0 MHz
CANAL 2	6413.0 MHz

Potencia Isotrópica Radiada Equivalente (PIRE)

El PIRE máximo será el indicado en las tablas B.2 y B.3 del apendice B del módulo de INTELSAT IESS-306.

El PIRE deberá tener un ajuste de 15 dB, para lo cual se deberá proveer de un sistema de monitoreo del mismo.

La estabilidad del PIRE en dirección al satélite, en condiciones de cielo despejado deberá mantenerse en ± 0.5 dB, esta tolerancia incluye todos los factores.

Caraterísticas de Emisión

La emisión de espúreas fuera de banda para cada portadora de TV/FM no deberá exceder de 4dBW en cualquier banda de 4 KHz dentro del siguiente rango de frecuencias

INTELSAT VI	5850 a 6425 MHz.

Los productos de intermodulación deberán cumplir con lo especificado el módulo IESS-401 de INTELSAT.

La tolerancia de portadora en RF deberá mantenerse en ± 250 KHz en períodos largos tales como un mes.

Los filtros de transmisión en IF deberán cumplir con las características de la Figura 1 y de las tablas 1(a), y 1(b) del módulo IESS-306

Los filtros de recepción en IF deberán proveer un enlace para cada portadora TV/FM.

4.3.13.2 CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS MODULADORES

Se deberá emplear modulación positiva para la transmisión de las señales de video tal que la transición de negro a blanco cause el instantáneo incremento de la portadora.

Se deberá disponer de sistemas que regulen la dispersión de energía mediante la adición de ondas triangulares simétricas de baja frecuencia en la banda base previo al proceso de modulación, de acuerdo co las especificaciones del módulo IEES-306.

La redes de Preénfasis o de deénfasis deberán cumplir con la Recomendación CCIR N°405-1, se deberá proveer de módulos intercambiables para ambos estandares de televisión en transmisión de 525 o 625 líneas.

Los sistemas de televisión deberían contar con ecualizadores capaces de compensar el retrazo de Grupo tanto el producido por el satélite como el producido por la Estación Terrena, los máximos rangos de ecualización previstos son los establecidos en la Tabla 2 de módulo IESS-306, se deberá proveer ecualizadores que puedan variar en todo el rango previsto en la tabla en mención.

La diafonía en las señales con dos señales de color de video en los canales adyacentes requerirá que la ganancia de frecuencia se mantenga dentro de los paramétros dados en la tabla 1(b), del módulo IESS-306 (Rev 2).

Se utilizará una subportadora de audio para la transmisión del sonido definido como programa via el enlace normal del video, debiendo ser el terminal de recepción capaz de separar las señales

El terminal de transmisión del programa de audio deberá combinar las señales de audio y video previa a la aplicación del preénfasis y la energía de dispersión, El terminal deberá constar de las siguientes unidades:

a) Unidad de Canal de 15 KHz para programa
b) Modulador FM
c) Filtro pasa bajos de video
d) Combinador

El interface a nivel de audio será plenamente desconectable, y

deberá tener la capacidad de monitoreo del programa. El nivel de entrada nominal del audio corresponderá a un nivel de cero realivo (0 dBr)

La unidad de canal deberá realizar las siguientes funciones

a) Filtro pasa bajos de 15 KHz

b) Preénfasis

c) Limitador de amplitud

Se requiere el filtro pasa bajo de 15 KHz para limitar el ancho de banda de la señal de audio.

La red de preénfasis deberá insertar pérdidas en función de la frecuencia de acuerdo con la recomendación CCITT J.14.

El limitador de amplitud deberá actuar como un amplificador lineal el cual reduce las señales que excedan de un nivel + 9 dBmo equivalentes a una onda sinusoidal.

El modulador de programa deberá trasladar la señal de audio en caso del canal 1 a 6.60 MHz y en caso del canal 2 a 6.65 MHZ y deberá ser ajustable su nivel de salida de manera facil.

4.3.14 CARATERISTICAS TECNICAS DE LOS DEMODULADORES

Los demoduladores para la estación estandar B de Galápagos, deberán ser de tipo de extensión de umbral.

Se deberá disponer de sistemas capaces de retirar la señal de

dispersión en el lado de recepción, deberán tener por lo menos tres salidas de video a niveles standar.

Las características de ecualización en recepción desde la antena hasta la entrada del demodulador deberá mantenerse dentro de los rangos establecidos en la tabla 2.12.1(b) del módulo IESS-306

El terminal de programa de audio en el lado de recepción deberá separar las señales y estará ubicado depués de la unidad de deénfasis y antes de que la señal de dispersión de energía sea retirada, el terminal deberá contar con las siguientes tres unidades:

a) Unidad de canal de programa 15 KHZ
b) Demodulador FM
c) Filtro pasa bajos de video

La unidad de canal de programa deberá contar con un filtro pasa bajos de 15 KHZ, la Red de deénfasis de acuerdo co lo estipulado para la red de preénfasis y un amplificador de sonido con 3 salidas ajustables; una en línea, una para monitoreo en la sala de equipos y otra para posibles grabaciones.

4.3.15 CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS RECEPTORES DE BAJO RUIDO

Características generales

Se recomienda que los amplificadores de bajo ruido sean del tipo GaAS FET que no requieran ningun tipo de enfriamiento, los

mismos que serán montados en el lado de la antena, de alli se conectarán con la sala de equipos mediante guías de onda y deberán permitir el mantenimiento en servicio.

Temperatura de ruido

La Temperatura de Ruido de los receptores no deberá exceder de 45°K

Ancho de banda/respuesta de frecuencia

El ancho de banda de operación del amplificador de bajo ruido debe ser por lo menos 575 MHz (3.625-4200 GHZ) en puntos de -1dB

Ganancia

La ganancia de el receptor de bajo ruido deberá ser suficiente para reducir la contribución de temperatura de ruido, debido al equipo subsiguiente del LNA, a una fracción despreciable de la temperatura total del sistema, deberá ser superior a 55 dB.

4.3.16 CARACTERISTICAS TECNICAS DE AMPLIFICADOR DE POTENCIA

El amplificador de alta potencia HPA será diseñado para trabajar en la banda C como unidad exterior, será de estado sólido, la contribución al ruido de fase sera mínima, y deberá tener una alta estabilidad de ganancia y frecuencia, deberá funcionar en cumplimiento de los parámetros mandatorios del módulo IESS-308 de INTELSAT.

4.3.17 PARAMETROS DEL AMPLIFICADOR DE POTENCIA

Los principales parámetros del amplificador de alta potencia se resumen a continuación

-	Potencia de salida	50 dBW.
-	Rango de frecuencia	5850 a 6425 MHz
-	Productos de intermodulación	≤ 23 dB.
-	Pérdidas de retorno	≥ 15 dB
-	Ajuste de potencia	± 10 dB
-	Estabilidad de potencia	± .5 dB
-	Nivel de espúreas	≤ - 60 dBc
-	Nivel de armónicas	≤ - 40 dBc

Ganancia

La ganancia de transmisión será tal que permita saturar al amplificador con las señales extraidas de los convertidores ascendentes.

4.3.18 INTERFACE

El amplificador de potencia se conectará directamente a la entrada del alimentador de antena mediante sistemas de guías de onda que permitan absorver el movimiento de la antena en elevación.

La interconexión con la sala de equipos será mediante cables coaxiales de bajas pérdidas y guías de onda que permitan el movimiento de azimut de la antena.

CAPITULO V

ESTUDIO DE COSTOS

Con el objeto de evaluar los beneficios de la digitalización de las telecomunicaciones en Galápagos, se realiza el respectivo estudio económico sobre los costos que conlleva esta tecnología.

5.1 COSTOS DE IMPLEMENTACION

5.1.1 COSTOS PARA DIGITALIZAR LA ESTACION TERRENA GALAPAGOS

Como se vio en el capítulo IV para digitalizar la Estación Terrena de Galápagos se requiere aumentar los siguientes equipos:

EQUIPO	CANTIDAD	V. UNITARIO (US $)	V. TOTAL (US $)
Modem IDR	2	71.400	142.800
DCME	2	292.000	584.000
			726.800

Cuadro 5.1

Es necesario evaluar no solo el costo total sino también el flujo de fondos y el valor presente o valor mensual equivalente para los equipos para tal fin se ha realizado el cuadro 5.2, en cual se ha considerado un período de 10 años como la vida útil de los equipos, y una depreciación lineal equivalente al 10 % de los equipos para cada año así como un valor residual nulo también se

COSTOS DE LOS EQUIPOS NECESARIOS PARA DIGITALIZAR GALAPAGOS (EN DOLARES)

PARAMETROS	INSTALACION	PERIODO DEL PROYECTO									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
PARAMETROS DE REFERENCIA											
INVERSION TOTAL	720,800.00										
INVERSION ANUAL	100 %										
NUMERO DE CIRCUITOS		240.00	240.00	240.00	240.00	240.00	240.00	240.00	240.00	240.00	240.00
VALOR PRESENTE		342.26	342.26	342.26	342.26	342.26	342.26	342.26	342.26	342.26	342.26
COSTO DE INSTALACION	20,000.00										
COSTO DE OPERACION											
SALARIOS											
IMPUESTOS Y OTROS CARGOS											
DEPRECIACION	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
FLUJO DE CAJA											
INVERSION	746,800.00	0.00									
INGRESOS		82,148.00	82,148.00	82,148.00	82,148.00	82,148.00	82,148.00	82,148.00	82,148.00	82,148.00	82,148.00
COSTOS		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
INGRESO BRUTO		82,148.00	82,148.00	82,148.00	82,148.00	82,148.00	82,148.00	82,148.00	82,148.00	82,148.00	82,148.00
(-) DEPRECIACION		82,148.00	82,148.00	82,148.00	82,148.00	82,148.00	82,148.00	82,148.00	82,148.00	82,148.00	82,148.00
UTILIDAD NETA		(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)
FLUJO DE CAJA	(746,800.00)	82,148.00	82,148.00	82,148.00	82,148.00	82,148.00	82,148.00	82,148.00	82,148.00	82,148.00	82,148.00
RENTABILIDAD		(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)
FLUJO DE CAJA (ATUALIZACION 5%)	(746,800.00)	82,148.00	82,148.00	78,236.19	74,660.00	70,817.24	67,334.43	64,178.13	61,304.46	58,260.99	55,505.41
TASA INTERNA DE RETORNO DEL PROYECTO	(0.01)										

Cuadro 5.2

ha supuesto que existe una pérdida del poder adquisitivo del 5% mediante una hoja electrónica se procedió ha evaluar diferentes parámetros a fin de determinar el valor presente de los equipos necesarios para digitalizar Galápagos.

El costo mensual por canal digital debido solo a esta inversión se calcula dividiendo el valor presente anual para doce.

Costo mensual por canal digital = Valor presente/12

Del cuadro 5.2 se tiene que el valor presente por canal o sea su costo equivalente anual es de 342.28 US dolares.

Costo del canal por mes = 342.28/12

Costo del canal por mes = 28.52 US $/canal-mes

Este valor nos permitirá más adelante comparar las ventajas económicas que se tendría al digitalizar la Estación Terrena de Galápagos, también se deberá evaluar la incidencia de los costos totales de los sistemas para Galápagos tomando en cuenta los costos de la actual Estación Terrena de Galápagos y la parte proporcional de la Estación Terrena Guayaquil a fin de estimar cual sería los ingresos mínimos que EMETEL deberá esperar de cada canal para tener una rentabilidd aceptable, a fin de analizar los diferentes proyectos que involucran diferentes procesos de adquisición por parte de EMETEL también se calculará los costos de servicios similares que EMETEL adquirirá para las islas dentro del denominado proyecto DOMSAT.

COSTOS DE LOS EQUIPOS NECESARIOS PARA AMPLIAR LA PORTADORA ANALOGICA (EN DOLARES)

PARAMETROS	INSTALACION	PERIODO DEL PROYECTO									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
PARAMETROS DE REFERENCIA											
INVERSION TOTAL	268,000.00										
INVERSION ANUAL	100 %										
NUMERO DE CIRCUITOS		240.00	240.00	240.00	240.00	240.00	240.00	240.00	240.00	240.00	240.00
VALOR PRESENTE		132.00	132.00	132.00	132.00	132.00	132.00	132.00	132.00	132.00	132.00
COSTO DE INSTALACION	0.00	0.00									
COSTO DE OPERACION											
SALARIOS											
IMPUESTOS Y OTROS CARGOS											
DEPRECIACION	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
FLUJO DE CAJA											
INVERSION	268,000.00	0.00									
INGRESOS		31,680.00	31,680.00	31,680.00	31,680.00	31,680.00	31,680.00	31,680.00	31,680.00	31,680.00	31,680.00
COSTOS		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
INGRESO BRUTO		31,680.00	31,680.00	31,680.00	31,680.00	31,680.00	31,680.00	31,680.00	31,680.00	31,680.00	31,680.00
(-) DEPRECIACION		31,680.00	31,680.00	31,680.00	31,680.00	31,680.00	31,680.00	31,680.00	31,680.00	31,680.00	31,680.00
UTILIDAD NETA		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FLUJO DE CAJA	(268,000.00)	31,680.00	31,680.00	31,680.00	31,680.00	31,680.00	31,680.00	31,680.00	31,680.00	31,680.00	31,680.00
RENTABILIDAD		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FLUJO DE CAJA (ATUALIZACION 5%)	(268,000.00)	31,680.00	31,680.00	30,171.43	28,800.00	27,310.34	25,967.21	24,750.00	23,641.79	22,468.09	21,405.41
TASA INTERNA DE RETORNO DEL PROYECTO	(0.01)										

Cuadro 5.3

5.1.2. COSTOS SUPUESTOS PARA AMPLIACION DE CANALES ANALOGICOS

Actualmente existen 24 canales analógicos, para hacer una comparación de costos debemos suponer que se hará una ampliación a la misma cantidad de canales digitales es decir 120.

El costo de cada tarjeta para ampliar la capacidad en los multiplexores está en el orden de US $ 1500, entonces:

Costo para ampliar la
portadora analógica = 2 x (120-24) x 1.500
= 288.000 US $

En el cuadro 5.3 se calcula el valor presente para la ampliación de 96 portadoras bidireccionales analógicas, con las mismas condiciones anteriores, es decir, para un período de 10 años y con una depreciación lineal.

Costo mensual para ampliar
la potadora analógica = Valor presente/12
= 132/12
= 11 US $/mes

Aparentemente el costo de ampliar la portadora analógica es menor que para portadoras digitales pero hay que considerar también un factor muy importante que es el costo del segmento satelital para hacer un análisis completo, el costo del segmento satelital es menor para las portadoras digitales y además tiene la gran

ventaja que con la técnica actual de circuitos ADPCM y con codificacón a 32 Kbitios se puede multiplicar la capacidad del segmento espacial con lo cual se optimiza su costo.

5.1.3 COSTOS DEL SEGMENTO ESPACIAL

A continuación se presenta un análisis de costos que compara los costos que INTELSAT factura para estos servicios.

5.1.3.1 COSTO DEL SERVICIO ANALOGICO

Costo del segmento satelital
analógico = 290 US $/canal-mes
Número de canales = 240
Costo Total = 240 x 290 = 69.600 US $/mes

5.1.3.2 COSTO DEL SERVICIO DIGITAL

Costo del segmento satelital para una
portadora de 2048 Kbits = 5.500 US $/mes
Como es bidirecccional hay que multiplicarlo por dos
Costo Total = 2 x 5500 = 11000 US $/mes
Costo por canal = 11000/240
= 45.83 US $/canal-mes

El costo para ampliar la portadora analógica sería:

= 290 + 11 = 301 US $/canal-mes

El costo para la portadora digital sería:

= 45.83 + 28.52 = 74.35 US $/canal-mes

5.2 ANALISIS DE FACTIBILIDAD

Según datos de EMETEL, la recaudación del primer trimestre de 1993, por este concepto fue de 50.000.000 sucres, es decir, aproximadamente 25.000 dólares.

$$\text{Ingreso mensual} = 25.000/3$$
$$= 8.333 \text{ US \$/mes}$$

Los gastos ocasionados por concepto de arriendo del segmento satelital para los 24 canales analógicos que actualmente está funcionando es:

$$2 \times 24 \times 290 = 13.920 \text{ US \$/mes}$$

De lo cual se deduce que actualmente EMETEL tiene una pérdida de 5.587 US $/mes debido solo a gastos del segmento espacial sin posibilidad de recuperar nunca la inversión ni pagar los costos de operación y mantenimiento, es decir es un proyecto a pérdida y nada rentable.

Estos valores obtenidos nos dan una idea de la pérdida millonaria que produce el seguir manteniendo la Estación Terrena Galápagos analógica.

Analizando los costos de la portadora analógica y digital por concepto de arriendo del segmento satelital para 120 canales bidireccionales:

Portadora analógica: 240 x 290 = 69.600 US $/mes

Portadora digital : 2 x 5.500 = 11.000 US $/mes

Se podría suponer que los ingresos se incrementarían en igual proporción si aumentamos la capacidad a 120 canales bidireccionales, es decir:

5 x 8.333 = 41.665 US $/mes

Con estos valores se puede establecer que siempre existirá una pérdida por más que se incremente la capacidad del segmento satelital en la modalidad analógica a menos que se cambie las tarifas radicalmente.

En cambio para portadoras digitales se puede esperar un rendimiento positivo de la inversión

5.3 ANALISIS DEL COSTO REAL DE LOS SERVICIOS

Se puede ver que el costo de ampliar la portadora analógica es mucho mayor que cambiarse a portadora digital.

Antes de evaluar el costo total del servicio es necesario hacer un cálculo sobre la incidencia que tendrían los costos de operación y mantenimiento para las estaciones terrenas de Guayaquil y Galápagos, para eso se ha tomado unos datos reales en cuanto al personal de las estaciones terrenas antes mencionadas, se ha supuesto un sueldo en dólares que no es real pero

REMUNERACION PARA LA ESTACION TERRENA GUAYAQUIL (EN DOLARES)

DENOMINACI	NUMERO DE PERSONAL	SUELDO MENSUAL (US$)	SUELDO ANUAL	BENEFICIO SOCIALES (*)	REMUNERAC. ANUAL
INGENIEROS	2.0	1,000.0	24,000.0	9,600.0	33,600.0
TECNOLOGO	16.0	300.0	57,600.0	23,040.0	80,640.0
CHOFERES	2.0	100.0	2,400.0	960.0	3,360.0
SECRETARIA	1.0	200.0	2,400.0	960.0	3,360.0
CONSERJE	3.0	80.0	2,680.0	1,152.0	4,032.0
				TOTAL	124,992.0

ANO	REMUNERAC	NUMERO D CIRCUITOS	COSTO POR CIRCUITO
1	124,992	450	277.8
2	131,242	450	291.6
3	137,804	450	306.2
4	144,694	450	321.5
5	151,929	450	337.6
6	159,525	450	354.5
7	167,501	450	372.2
8	175,876	450	390.8
9	184,670	450	410.4
10	193,904	450	430.9

Cuadro 5.4

REMUNERACION PARA LA ESTACION TERRENA GALAPAGOS (EN DOLARES)

DENOMINACI	NUMERO DE PERSONAL	SUELDO MENSUAL (US$)	SUELDO ANUAL	BENEFICIO SOCIALES (*)	REMUNERAC. ANUAL
INGENIERO	1.0	1,000.0	12,000.0	4,800.0	16,800.0
TECNOLOGO	3.0	300.0	10,800.0	4,320.0	15,120.0
TECNICOS	2.0	100.0	2,400.0	960.0	3,360.0
CHOFERES	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
SECRETARIA	0.0	200.0	0.0	0.0	0.0
CONSERJE	1.0	80.0	960.0	384.0	1,344.0
				TOTAL	36,624.0

(*) BENEFICIOS SOCIALES: 40 % DEL SUELDO ANUAL

ANO	REMUNERAC.	NUMERO DE CIRCUIT	COSTO POR CIRCUITO
1	36,624	120	305.2
2	40,286	120	335.7
3	44,315	120	369.3
4	48,747	120	406.2
5	53,621	120	446.8
6	58,983	120	491.5
7	64,882	120	540.7
8	71,370	120	594.7
9	78,507	120	654.2
10	86,357	120	719.6

Cuadro 5.5

que podría serlo en caso que la empresa se privatice.

Con estos datos se ha realizado los cuadros 5.4 y 5.5 en los cuales se evalúan los costos de operación en función de salarios.

En los cuadros 5.4 y 5.5 se ha supuesto que hay un incremento anual del 5% en relación a las remuneraciones que es igual a la pérdida del poder adquisitivo y con esto se evalúa cual sería el costo de cada circuito a lo largo de la vida útil del proyecto.

El número total de circuitos de la Estación Terrena de Guayaquil es de 450, distribuidos de la siguiente manera:

120 para AT/T ATLANTA
120 para AT/T WHITE PLAINS
90 para MCI WEST ORANGE
120 para GALAPAGOS

En el Cuadro 5.6 se tiene los costos totales, esto es incluyendo el valor de los equipos, costos de operación de la Estación Terrena de Galápagos y la parte proporcional de la Estación Terrena de Guayaquil digital.

En los cálculos del Cuadro 5.6 se tomó en cuenta lo siguiente: El costo total de la Estación Terrena de Galápagos, según datos de EMETEL, fue 5.600.000 dólares.

El costo total de la Estación Terrena Guayaquil fue de 12.000.000 dólares.

COSTO TOTAL DE LA ESTACION TERRENA GALAPAGOS DIGITAL (EN DOLARES)

PARAMETROS	INSTALACION	PERIODO DEL PROYECTO									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
PARAMETROS DE REFERENCI											
INVERSION TOTAL	9,526,800.00										
INVERSION ANUAL	100 %										
NUMERO DE CIRCUITOS		240.00	240.00	240.00	240.00	240.00	240.00	240.00	240.00	240.00	240.00
VALOR PRESENTE		5,508.42	5,508.42	5,508.42	5,508.42	5,508.42	5,508.42	5,508.42	5,508.42	5,508.42	5,508.42
COSTO DE INSTALACION	20,000.00	0.00									
COSTO DE OPERACION		550.00	550.00	550.00	550.00	550.00	550.00	550.00	550.00	550.00	550.00
SALARIOS		582.80	582.80	582.80	582.80	582.80	582.80	582.80	582.80	582.80	582.80
IMPUESTOS Y OTROS CARGOS											
DEPRECIACION	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
FLUJO DE CAJA											
INVERSION	9,546,800.00	0.00									
INGRESOS		1,322,020.00	1,322,020.00	1,322,020.00	1,322,020.00	1,322,020.00	1,322,020.00	1,322,020.00	1,322,020.00	1,322,020.00	1,322,020.00
COSTOS		271,872.00	271,872.00	271,872.00	271,872.00	271,872.00	271,872.00	271,872.00	271,872.00	271,872.00	271,872.00
INGRESO BRUTO		1,050,148.00	1,050,148.00	1,050,148.00	1,050,148.00	1,050,148.00	1,050,148.00	1,050,148.00	1,050,148.00	1,050,148.00	1,050,148.00
(-) DEPRECIACION		1,050,148.00	1,050,148.00	1,050,148.00	1,050,148.00	1,050,148.00	1,050,148.00	1,050,148.00	1,050,148.00	1,050,148.00	1,050,148.00
UTILIDAD NETA		(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)
FLUJO DE CAJA	(9,546,800.00)	1,050,148.00	1,050,148.00	1,050,148.00	1,050,148.00	1,050,148.00	1,050,148.00	1,050,148.00	1,050,148.00	1,050,148.00	1,050,148.00
RENTABILIDAD		(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)
FLUJO DE CAJA (ATUALIZACION 5%)	(9,546,800.00)	1,050,148.00	1,050,148.00	1,000,140.95	954,680.00	905,300.00	860,777.06	820,420.13	783,682.54	744,785.82	709,559.46
TASA INTERNA DE RETORNO DEL PROYECTO	(0.01)										

Cuadro 5.6

Del Cuadro 5.6, el valor presente es 5.508 US $ por año, para obtener el costo total por canal digital mensual, lo dividimos para 12, asi:

= 5.508/12

= 459 US $/canal-mes

Con la tarifa actual, los ingresos esperados son de 41.665 US $/mes, es decir los ingresos por canal serían:

= 41.665/120

= 347 US $/canal-mes

Lo que equivale a una pérdida mensual de 112 US $/canal-mes

5.4 ANALISIS DE TARIFAS

Con la ayuda de una hoja electrónica en la cual se consideran los gastos totales de la Estación Terrena Galápagos, se busca una tarifa que produzca una Tasa Interna de Retorno (TIR) que esté comprendida entre el 15% y el 20% para que la inversión sea rentable.

Como se puede ver en el Cuadro 5.7 al poner una tarifa de US $ 11.000 se obtiene una TIR del 18% , es decir que el costo por canal digital por mes debería ser de:

= 11.000/12

= 917 US $/canal-mes

TARIFA PROPUESTA PARA ESTAC. TERRENA GALAPAGOS (EN DOLARES)

PARAMETROS	INSTALACION	PERIODO DEL PROYECTO									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
PARAMETROS DE REFERENCI											
INVERSION TOTAL	9,526,800.00										
INVERSION ANUAL	100 %										
NUMERO DE CIRCUITOS		240.00	240.00	240.00	240.00	240.00	240.00	240.00	240.00	240.00	240.00
TARIFA		11,000.00	11,000.00	11,000.00	11,000.00	11,000.00	11,000.00	11,000.00	11,000.00	11,000.00	11,000.00
COSTO DE INSTALACION	20,000.00										
COSTO DE OPERACION		550.00	550.00	550.00	550.00	550.00	550.00	550.00	550.00	550.00	550.00
SALARIOS		582.80	582.80	582.80	582.80	582.80	582.80	582.80	582.80	582.80	582.80
IMPUESTOS Y OTROS CARGOS											
DEPRECIACION	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
FLUJO DE CAJA											
INVERSION	9,546,800.00										
INGRESOS		2,640,000.00	2,640,000.00	2,640,000.00	2,640,000.00	2,640,000.00	2,640,000.00	2,640,000.00	2,640,000.00	2,640,000.00	2,640,000.00
COSTOS		271,872.00	271,872.00	271,872.00	271,872.00	271,872.00	271,872.00	271,872.00	271,872.00	271,872.00	271,872.00
INGRESO BRUTO		2,368,128.00	2,368,128.00	2,368,128.00	2,368,128.00	2,368,128.00	2,368,128.00	2,368,128.00	2,368,128.00	2,368,128.00	2,368,128.00
(-) DEPRECIACION		1,050,148.00	1,050,148.00	1,050,148.00	1,050,148.00	1,050,148.00	1,050,148.00	1,050,148.00	1,050,148.00	1,050,148.00	1,050,148.00
UTILIDAD NETA		1,317,980.00	1,317,980.00	1,317,980.00	1,317,980.00	1,317,980.00	1,317,980.00	1,317,980.00	1,317,980.00	1,317,980.00	1,317,980.00
FLUJO DE CAJA	(9,546,800.00)	2,368,128.00	2,368,128.00	2,368,128.00	2,368,128.00	2,368,128.00	2,368,128.00	2,368,128.00	2,368,128.00	2,368,128.00	2,368,128.00
RENTABILIDAD		0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
FLUJO DE CAJA (ATUALIZACION 5%)	(9,546,800.00)	2,368,128.00	2,368,128.00	2,255,360.00	2,152,843.64	2,041,489.88	1,941,068.52	1,850,100.00	1,767,259.70	1,679,523.40	1,600,086.49
TASA INTERNA DE RETORNO DEL PROYECTO	0.18										

Cuadro 5.7

COSTO TOTAL DEL SERVICIO PARA 120 CIRCUITOS PROYECTO DOMSAT (EN DOLARES)

PARAMETROS	INSTALACION	PERIODO DEL PROYECTO									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
PARAMETROS DE REFERENCI											
INVERSION TOTAL	516,127.96										
INVERSION ANUAL	100 %										
NUMERO DE CIRCUITOS		240.00	240.00	240.00	240.00	240.00	240.00	240.00	240.00	240.00	240.00
VALOR PRESENTE		758.46	758.46	758.46	758.46	758.46	758.46	758.46	758.46	758.46	758.46
COSTO DE INSTALACION	33,163.27	0.00									
COSTO DE OPERACION		353.00	353.00	353.00	353.00	353.00	353.00	353.00	353.00	353.00	353.00
SALARIOS		153.70	153.70	153.70	153.70	153.70	153.70	153.70	153.70	153.70	153.70
IMPUESTOS Y OTROS CARGOS											
DEPRECIACION	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
FLUJO DE CAJA											
INVERSION	549,291.22	0.00									
INGRESOS		182,030.03	182,030.03	182,030.03	182,030.03	182,030.03	182,030.03	182,030.03	182,030.03	182,030.03	182,030.03
COSTOS		121,608.00	121,608.00	121,608.00	121,608.00	121,608.00	121,608.00	121,608.00	121,608.00	121,608.00	121,608.00
INGRESO BRUTO		60,422.03	60,422.03	60,422.03	60,422.03	60,422.03	60,422.03	60,422.03	60,422.03	60,422.03	60,422.03
(-) DEPRECIACION		60,422.03	60,422.03	60,422.03	60,422.03	60,422.03	60,422.03	60,422.03	60,422.03	60,422.03	60,422.03
UTILIDAD NETA		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FLUJO DE CAJA	(549,291.22)	60,422.03	60,422.03	60,422.03	60,422.03	60,422.03	60,422.03	60,422.03	60,422.03	60,422.03	60,422.03
RENTABILIDAD		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FLUJO DE CAJA (ATUALIZACION 5%)	(549,291.22)	60,422.03	60,422.03	57,544.79	54,829.12	52,067.96	49,526.26	47,204.71	45,091.07	42,852.51	40,825.70
TASA INTERNA DE RETORNO DEL PROYECTO	(0.01)										

Cuadro 5.6

REMUNERACION PARA LA ESTACION TERRENA QUITO (EN DOLARES)

DENOMINACI	NUMERO DE PERSONAL	SUELDO MENSUAL (US$)	SUELDO ANUAL	BENEFICIO SOCIALES (*)	REMUNERAC. ANUAL
INGENIEROS	2.0	1,000.0	24,000.0	9,600.0	33,600.0
TECNOLOGO	16.0	300.0	57,600.0	23,040.0	80,640.0
CHOFERES	2.0	100.0	2,400.0	960.0	3,360.0
SECRETARIA	1.0	200.0	2,400.0	960.0	3,360.0
CONSERJE	3.0	80.0	2,880.0	1,152.0	4,032.0
				TOTAL	124,992.0

ANO	REMUNERAC.	NUMERO DE CIRCUI	COSTO POR CIRCUITO
1	124,992	2136	58.5
2	131,242	2136	61.4
3	137,804	2136	64.5
4	144,694	2136	67.7
5	151,929	2136	71.1
6	159,525	2136	74.7
7	167,501	2136	78.4
8	175,876	2136	82.3
9	184,670	2136	86.5
10	193,904	2136	90.8

Cuadro 5.9

REMUNERACION PARA LA ESTACION TERRENA GALAPAGOS,PROYECTO DOMSAT

DENOMINACI	NUMERO DE PERSONAL	SUELDO MENSUAL (US$)	SUELDO ANUAL	BENEFICIO SOCIALES (*)	REMUNERAC. ANUAL
INGENIERO	0.0	1,000.0	0.0	0.0	0.0
TECNOLOGO	2.0	300.0	7,200.0	2,880.0	10,080.0
TECNICOS	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
CHOFERES	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
SECRETARIA	0.0	200.0	0.0	0.0	0.0
CONSERJE	1.0	80.0	960.0	384.0	1,344.0
				TOTAL	11,424.0

(*) BENEFICIOS SOCIALES: 40 % DEL SUELDO ANUAL

ANO	REMUNERAC.	NUMERO DE CIRCUI	COSTO POR CIRCUITO
1	11,424	120	95.2
2	12,566	120	104.7
3	13,823	120	115.2
4	15,205	120	126.7
5	16,726	120	139.4
6	18,398	120	153.3
7	20,238	120	168.7
8	22,262	120	185.5
9	24,488	120	204.1
10	26,937	120	224.5

Cuadro 5.10

5.5 ANALISIS DE COSTOS DEL PROYECTO DOMSAT

El análisis de costos se lo realiza en el Cuadro 5.8 bajo las siguientes premisas:

El costo de la estación maestra es de 4.800.000 US $, el costo de una estación remota es de 271.230 US $.

El número total de portadoras es de 2352 que se las obtuvo de la siguiente manera: 4 portadoras de 120 más 936 canales bidireccionales, asi:

$$4 \times 120 + 2 \times 936 = 2352$$

En cuanto a los gastos de operación y mantenimiento se muestra en los cuadros 5.9 y 5.10, para estos costos no se va a requerir más personal que el ya existente.

En el caso de la Estación Terrena de Quito el número total de circuitos es 2136 distribuidos de la siguiente manera:

936 del DOMSAT

480 internacionales actuales

720 internacionales nuevos

Del cuadro 5.8 se puede ver que el valor presente es US $ 758, para obtener el costo total por canal al mes lo dividimos para 12, asi:

$$\text{Costo canal DOMSAT al mes} = 758/12$$
$$= 63.17 \text{ US \$/canal-mes}$$

Con estos valores se aprecia claramente que inclusive con las tarifas actuales el proyecto resulta atractivo económicamente.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se puede concluir que la infraestructura de telecomunicaciones en las Islas Galápagos es muy precaria, que debe ser mejorada de manera urgente por su necesidad de integración y por la gran afluencia turística internacional que se incrementaría con un eficiente servicio de telecomunicaciones.

Del análisis de la infraestructura se puede concluir que no existe coherencia técnica en los planes de EMETEL, se tiene que la Estación Terrena es de tecnología analógica, se instala la central analógica modelo CPR 30 marca SIEMENS en San Cristobal, Puerto Baquerizo en conjunción con la Estación Terrena, funcionó durante un año sin que exista un adecuado ajuste de los supresores de eco, por lo cual los canales apenas se podían hacer funcionar de una manera semiduplex los usuarios no podían hablar simultáneamente, cuando así lo hacían las señales se cortaban, esta central ha sido reemplazada por una central digital cuyas salidas son degradadas a señales analógicas.

Siendo el principal interés de las Islas la comunicación con el continente, no se comprende para qué se instaló una central analógica en la isla Santa Cruz, Puerto Ayora que fue inaugurada hace cuatro años y que no tiene interconexión de larga distancia, los usuarios generalmente turistas y operadoras de turismo tienen que hacer largas filas en el edificio de EMETEL para poder ser atendidos con una llamada de larga distancia, por lo que en la

actualidad existe un sistema paralelo que da un servicio más eficiente y que es el del Banco del Pacífico a través de una Estación Terrena tipo IBS.

Analizando el dimensionamiento de las centrales se concluye que el mismo está en concordancia con la población, pero no existe una adecuada corelación entre las centrales y el número de canales de larga distancia ya que para 1600 abonados existe apenas 24 canales analógicos hacia el continente los mismos que están siempre saturados y más del 50 % de las llamadas se pierden.

Existe un gran desperdicio de recursos en la Estación Terrena de Galápagos en cuanto a los amplificadores de potencia de esta estación, el amplificador existente es un klystron de 1.5 Kw y cuyo consumo es de 20 Kw definitivamente no justifica su instalación ya que en el capítulo de diseño se encontró que con 20 W que en la actualidad son amplificadores de estado sólido de bajo consumo, es suficiente para una portadora digital de 8 Mbits claramente se ve que el margen con el cual fue diseñado si es que hubo un diseño técnico es totalmente exagerado, lo cual encarece el equipo en mención y el resto de equipos como el motogenerador y el UPS los cuales también son sobredimensionados.

Para soluciones similares dentro del proyecto DOMSAT se utiliza los HPA de 20 W , el UPS de 3 KVA y motogeneradores de 5 KVA.

En el capítulo de demanda se ve que los resultados son lógicos y guardan relación con la realidad, además de los datos de EMETEL

se hizo un cálculo propio y se ve que existe concordancia en el dimensionamiento de las centrales.

El plan de señalización de EMETEL para todos sus enlaces digitales entre centrales de tránsito, establece que se utilizará la señalización No. 7 del CCITT, se deberá solicitar a la compañía proveedora de la central digital en Galápagos que se implemente las salidas de larga distancia con esta señalización para tener relación con el plan nacional de señalización y sincronismo, en vista de que actualmente se está utilizando la señalización R-2 semicompelida

Es recomendable que la Estación Terrena Galápagos trabaje como esclava del sistema nacional digital para evitar el deslizamiento de los relojes y el efecto dopler.

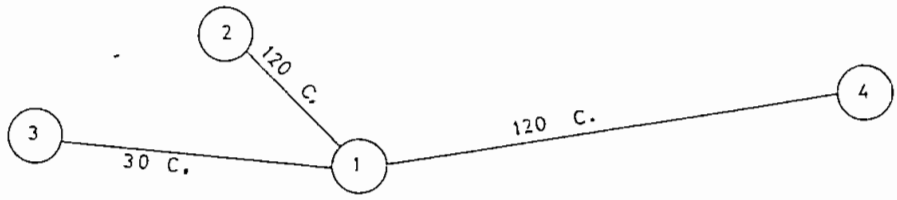
Se puede concluir que en el plan de sincronismo que tiene actualmente EMETEL la central de Galápagos, deberá ingresar en un nivel 2 como central de tránsito de área, es decir, deberá tener un reloj de oscilador de cristal controlados por tensión con una estabilidad mejor que 1×10^{-9} por día y 1×10^{-8} por año.

Los radioenlaces entre islas pueden ser fácilmente reemplazados por el sistema via satélite haciendo más confiable su operación.

En el capítulo del estudio de demanda se ve que el mayor tráfico es entre las islas, por lo tanto sería muy ventajoso para EMETEL que en la revisión del diseño del proyecto DOMSAT cuyo contrato se firmó el 20 de septiembre del presente año con la firma STS,

es que Galápagos sea considerado como un sistema independiente es decir que la Estación Terrena Galápagos actualmente existente sea conectada a la Estación Terrena de Quito a través de 120 circuitos y se haga una mini estrella con las islas Isabela y Santa Cruz.

El diseño recomendado sería de la siguiente manera:



1= SAN CRISTOBAL

2= SANTA CRUZ

3= ISABELA

4= QUITO

En la etapa de diseño se vio que se debería utilizar el Cerro Crocker como un centro de distribución a las demás islas. La estación del cerro Crocker debería ser una estación con paneles solares y ser desatendida por las condiciones de Parque Nacional.

Es indispensable el uso de los equipos DCME no solo para ahorrar el costo sino para optimizar el uso del segmento espacial.

Del análisis económico se saca unas conclusiones muy relevantes, una de ella es que el sistema analógico ni siquiera paga los costos del segmento espacial y representa una pérdida cuantiosa para EMETEL, nunca debió haberse implementado ya que para el año 1.992 en que se inauguró la Estación Terrena ya funcionaban los sistemas digitales vía satélite, con costos eficientes, no se comprende el por qué se adquirió la Estación Terrena analógica; solo digitalizando Galápagos se podrá recuperar algo de la inversión y cualquier demora que tenga EMETEL representa una pérdida económica grave.

Table C.6(b)

MAXIMUM 6/4 GHz DIRECT LINKS (HEMISPHERIC AND ZONE BEAM) e.i.r.p. REQUIREMENTS, dBW (High Gain) (5)

Carrier Information Rate (kbit/s)	Receive Earth Station																		
	Previous A			Revised A				B				F-3				F-2**			
	(1)	(2,3*)	(4)	(1)	(2)	(3)*	(4)	(1)	(2)	(3)*	(4)	(1)	(2)	(3)*	(4)	(1)	(2)	(3)*	(4)
64	50.7	48.1	46.8	54.2	51.6	50.5	48.8	56.6	54.0	52.5	50.3	59.3	56.7	55.1	52.2	61.2	58.7	57.5	54.4
192	55.5	52.9	51.6	59.0	56.4	55.3	53.6	61.4	58.8	57.3	55.1	64.0	61.4	59.9	57.0	66.0	63.5	62.2	59.2
384	58.5	55.9	54.6	62.0	59.4	58.3	56.6	64.4	61.8	60.3	58.1	67.0	64.4	62.9	60.0	69.0	66.5	65.2	62.2
512	60.1	57.5	56.2	63.6	61.0	59.9	58.2	66.0	63.4	61.9	59.7	68.6	66.0	64.5	61.6	70.6	68.1	66.8	63.8
1024	63.1	60.5	59.2	66.6	64.0	62.9	61.2	69.0	66.4	64.9	62.7	71.6	69.0	67.5	64.6	73.6	71.1	69.8	66.8
1544	64.6	62.0	60.6	68.0	65.4	64.3	62.6	70.5	67.9	66.3	64.1	73.1	70.5	68.9	66.0	75.0	72.5	71.3	68.2
2048	65.8	63.2	61.8	69.2	66.6	65.5	63.9	71.7	69.1	67.6	65.4	74.3	71.7	70.1	67.3	76.2	73.7	72.5	69.4
6312	70.7	68.1	66.7	74.1	71.5	70.4	68.7	76.6	74.0	72.5	70.2	79.2	76.6	75.0	72.1	81.1	78.6	77.4	74.3
8448	71.9	69.3	68.0	75.4	72.8	71.7	70.0	77.8	75.2	73.7	71.5	80.5	77.9	76.3	73.4	82.4	79.9	78.7	75.6
32064	77.8	75.2	73.8	81.2	78.6	77.5	75.8	83.7	81.1	79.6	77.3	86.3	83.7	82.1	79.2	+	+	+	+
34368	78.1	75.5	74.1	81.5	78.9	77.8	76.1	84.0	81.4	79.9	77.6	86.6	84.0	82.4	79.5	+	+	+	+
44736	79.2	76.6	75.2	82.6	80.0	78.9	77.2	85.1	82.5	81.0	78.7	87.7	85.1	83.5	80.6	+	+	+	+
X (for other Info. rates)	2.7	0.1	-1.3	6.1	3.5	2.4	0.7	8.6	6.0	4.5	2.2	11.2	8.6	7.0	4.1	13.1	10.6	9.4	6.3

NOTES TO TABLE C.6(b):

(1) INTELSAT V (F1-F4).
(2) INTELSAT V (F5-F9) all channels, VA (F10-F12) Channel 9, and VA(IBS) (F13-F15) Channel 9.
(3) INTELSAT VA (F10-F12) except Channel 9, VA(IBS) (F13-F15) except Channel 9, and VI(F1-F5) Channel 9.
(4) INTELSAT VI (F1-F5) except Channel 9.
(5) See general notes following Table C.9.
(6) + denotes carriers not intended for this connection.
* e.i.r.p. values for stations operating on INTELSAT VA(IBS) (F13-F15) Channels 3-4 and 7-8 in hemispheric beam uplinks are 0.8 dB higher.
** INTELSAT VI (F1-F5) Channel 9 e.i.r.p. values are 0.7 dB lower.

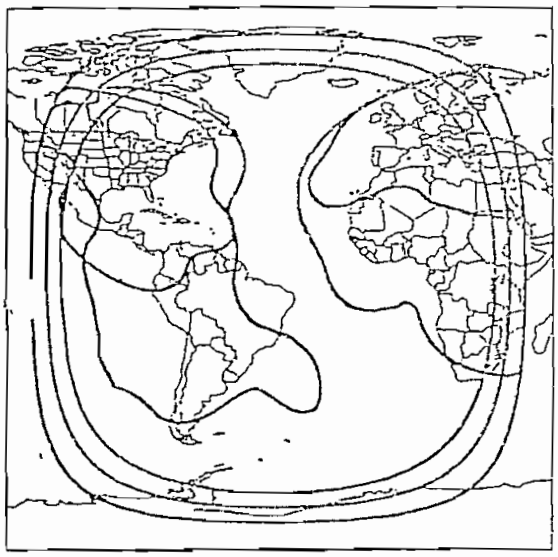
Anexo 5

MAPAS DE COVERTURA PARA SATELITES EN ORBITA

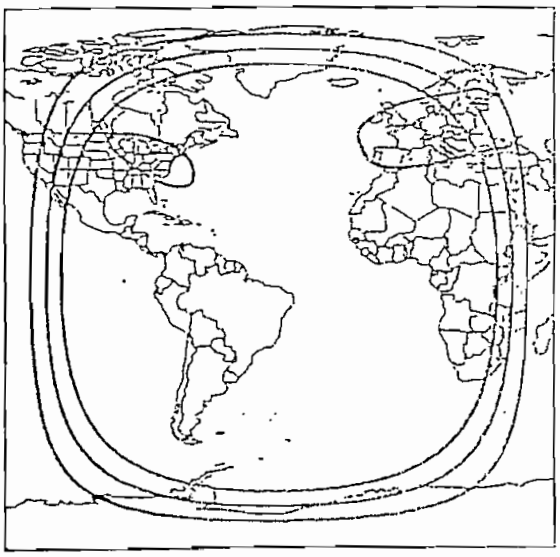
(Octubre 1992)

REGION DEL OCEANO ATLANTICO

504 at 319.5°E

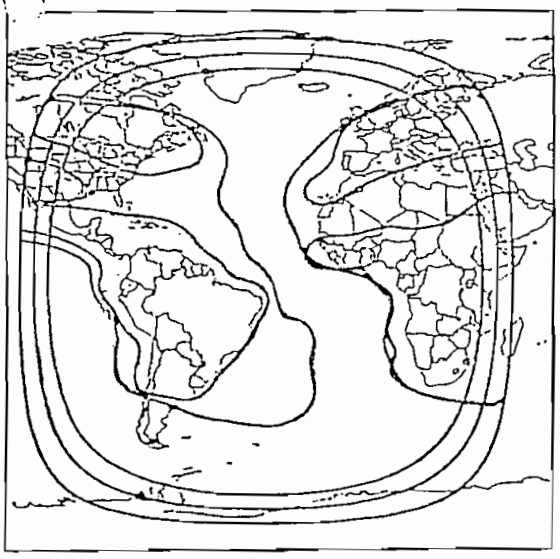


C-band

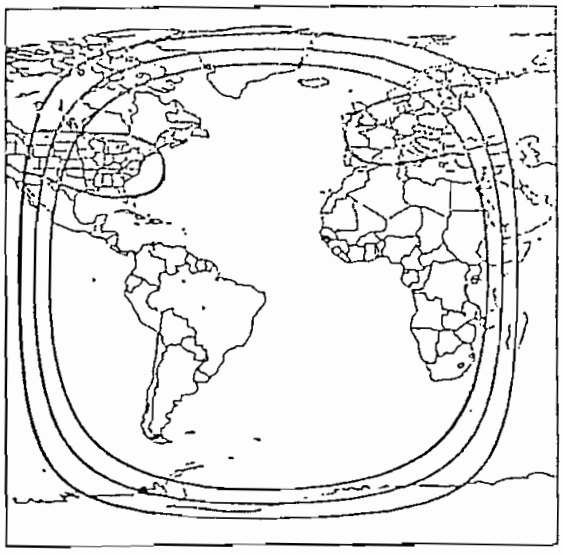


Ku-band

603 at 325.5°E



C-band



Ku-band

BIBLIOGRAFIA

- Normas para las Estaciones Terrenas de INTELSAT. Documento IESS-101 (Rev.13)
- James Martin, " Communications Satellite Systems ", Prentice Hall, 1977
- GAS (Grupo Asesor Especializado) VII. Tomo correspondiente a la Sección Transmisión
- ERICSSON. Revista " Telefonía Digital ".
- ERICSSON. Revista " Materiales para los Pozos y empalmes para la Red Aérea ", Suecia 1983
- SIEMENS. Revista " Telcom Report". Volumen 6, 1983
- Broahage/Hormuth, " Planning and Engineering of Radio Relays Links ". Londres, 1984
- J.J. Spilker, Jr., " Digital Communications by Satellite " Prentice Hall, 1980
- Tri T. Ha, " Digital Satellite Communications " McGraw-Hill, 1986
- TELECONSULT, " Estudio de Demanda Telecomunicaciones Rurales del Ecuador"
- José Rodríguez, " Indicadores Regionales de Galápagos " Fundación Charles Darwin., 1992
- José Rodríguez, " Las Islas Galápagos " Fundación Charles Darwin., 1993
- INTELSA (Licencias LM ERICSSON) , Principios Fundamentales de la Técnica SPC. Libro 180 72 USP., 1979
- INTELSAT, " Planes de Transmisión en Capacidad Alquilada y Comprada ".,1993
- VITACOM CORPORATION, " Antenna C3710 Operations and Maintenance Manual "., 1993
- INTELSAT, " Satellite System Operations Guide, Earth Station Verification Tests ". Documento SSOG 210.