

"ESTUDIO DE MODIFICACION DEL SUBSISTEMA DE ANTENA  
Y RASTREO DE LA ESTACION TERRENA DEL ECUADOR  
PARA OPERAR CON DOBLE POLARIZACION".

Tesis previa a la obtención del  
Título de Ingeniero en la espe-  
cialización de Electrónica y Te-  
lecomunicaciones de la Escuela  
Politécnica Nacional.

LEONARDO CAJAS TAPIA

Quito, Noviembre de 1979

Certifico que el presente trabajo  
ha sido realizado en su totalidad  
por el señor Leonardo Cajas Tapia.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Kanti Hore', written in a cursive style.

Dr. Kanti Hore

DIRECTOR DE TESIS

#### AGRADECIMIENTO

Expreso mi agradecimiento a la Escuela Politécnica Nacional. De una manera especial a los Drs. Kanti Hore y Bruce Hoeneisen con cuya valiosa ayuda y estímulo pude llegar a la culminación de este trabajo.

A mis padres y a todas  
las las Personas que me  
estimularon para realizar  
esta Tesis.

## INDICE GENERAL

Página

INTRODUCCION	1
CAPITULO PRIMERO	
ANTECEDENTES	
1.1 Sumario de características de los Satélites Intelsat	3
1.1.1 Características de los Satélites Intelsat IV e Intelsat IV-A	3
1.1.2 Distribución espacial en los Satélites Intelsat IV-A	4
1.1.3 Impacto del Intelsat IV-A en las Estaciones Terrenas	5
1.1.4 Características generales de los satélites Intelsat V	7
1.1.5 Sumario de características de Intelsat V	8
1.1.6 Distribución espacial en los Satélites Intelsat V	10
1.2 Repetición de frecuencias en los satélites Intelsat V	18
1.2.1 Repetición de frecuencia por aislamiento geográfico	19
1.2.2 Repetición de frecuencias por aislamiento de polarización	19
1.2.3 Bandas de frecuencia adicionales	21
1.3 Características de las estaciones terrenas tipo "A" existentes	21
1.3.1 Características generales de las estaciones terrenas tipo "A"	21
1.3.2 Subsistema de antena y rastreo existente en la Estación Terrena "Quito"	22

1.4	Especificaciones para las Estaciones Terrenas a operar con Intelsat V	23
1.4.1	Características generales de las estaciones terrenas a operar con Intelsat V	23
1.4.2	Estaciones Terrenas del sistema Intelsat - que operarán con doble polarización	25

## CAPITULO SEGUNDO

### POLARIZACION DE ONDAS ELECTROMAGNETICAS PARA UTILIZACION VIA SATELITE

2.1	Polarización de ondas electromagnéticas	29
2.1.1	Principios generales de polarización	29
2.1.2	Polarización Elíptica	30
2.1.3	Doble polarización o polarización dual	33
2.1.4	Transductores ortomodos y polarizadores	35
2.2	Despolarización por lluvia	36
2.3	Elementos despolarizantes en la estructura actual	51
2.3.1	Polarizador	51
2.3.2	Reflector principal, subreflector y su soporte	52
2.3.3	Guías de onda, acopladores, bocina corrugada y reflectores de enfoque	56
2.4	Técnicas de restauración de la ortogonalidad	56
2.4.1	Técnica de restauración de la ortogonalidad T.S. Chu	58
2.4.2	Técnica del acoplamiento cruzado	61

### CAPITULO TERCERO

#### MODIFICACIONES DE LA ESTACION TERRENA "QUITO PARA OPERAR CON EL SISTEMA INTELSAT V

3.1	Discusión de los objetivos de diseño del alimentador de antena	66
3.1.1	Consideraciones generales	66
3.1.2	Condiciones mandatorias de Intelsat	69
3.1.3	Análisis de los cambios requeridos	70
3.1.4	Sistema alimentador actual	72
3.2	Alternativas tecnológicas para reemplazo del alimentador	78
3.2.1	Alimentador de banda ancha	83
3.2.2	Alimentador de banda estrecha	85
3.3	Análisis del impacto en otros sistemas	87
3.3.1	Configuración actual de la estación terrena	87
3.3.2	Análisis de la nueva configuración	93
3.3.3	Ventajas de transmitir en doble polarización	103
3.4	Necesidades de una red adaptiva de compensación de los efectos despolarizantes de la lluvia y sus características	103
3.4.1	Estadísticas climatológicas de la Estación Terrena "Quito"	104
3.4.2	Análisis de cuadros estadísticos y figuras	111

### CAPITULO CUARTO

#### PROCESO DE ADQUISICION, INSTALACION Y PRUEBAS

4.1	Especificaciones para solicitud de ofertas para adquisición de un nuevo alimentador	114
4.1.1	Consideraciones generales	114

4.1.2	Datos técnicos del nuevo alimentador	114
4.1.3	Alcance del trabajo	115
4.1.4	Características esperadas del nuevo alimentador	116
4.1.5	Cotización	116
4.2	Evaluación o estimación de costos de instalación	117
4.2.1	Ofertas	117
4.2.2	Análisis de la oferta	118
4.2.3	Costos y tiempos de corte estimados por Intelsat para trabajos de modificación de antena	119
4.2.4	Costos de modificación de otras estaciones terrenas	121
4.2.5	Oferta Mitsubishi	122
4.3	Tiempos de corte de tráfico y ruta de soporte	124
4.3.1	Análisis de los requerimientos de tráfico durante el período de modificación	124
4.3.2	Tiempos de corte de tráfico	125
4.3.3	Rutas de soporte	127
4.3.4	Capacidad de restauración	129
4.4	Pruebas de aceptación	130
4.4.1	Pruebas mediante el uso del satélite Intelsat IV-A (F-2)	130
4.4.2	Configuración general para pruebas	132
4.4.3	Procedimientos de pruebas	132
4.4.4	Descripción sinóptica de las pruebas	134

#### CAPITULO QUINTO

#### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	Conclusiones	137
5.2	Recomendaciones	138



REFERENCIAS	141
BIBLIOGRAFIA	142
APENDICE 1	144

INDICE DE FIGURAS

1.1	Diagrama de bloques del satélite Intelsat IV-A	6
1.2	Areas de cobertura del satélite Intelsat V en la Región del Océano Atlántico	12
1.3	Area de cobertura del satélite Intelsat V de la Región del Océano Indico	13
1.4	Area de cobertura del satélite Intelsat V en la Región del Océano Pacífico	14
1.5	Diagrama de bloques del satélite Intelsat V	16
2.1	Polarización elíptica	31
2.2	Atenuación teórica por lluvia	38
2.3	Desplazamiento teórico de fase por efectos de lluvia	39
2.4	Alteración del estado de polarización por gotas de lluvia	41
2.5	Doble polarización elíptica	42
2.6	Aislamiento de polarización en función de la intensidad de lluvia	45
2.7	Componentes de la despolarización teórica por lluvia para la atenuación y el desplazamiento de fase	47
2.8	Angulos de desviación desde la ortogonalidad en función de la lluvia	48
2.9	Dependencia entre la atenuación diferencial y la frecuencia	49
2.10	Dependencia entre el desplazamiento diferencial de fase y la frecuencia	50
2.11	Aislamiento de polarización vs relación axial de antena	56

2.12	Efectos del desacoplamiento en el aislamiento de polarización	57
2.13	Circuito ortogonalizador mediante desplazamiento diferencial de fase y atenuador diferencial	59
2.14	Circuito ortogonalizador por medio de acoplamiento cruzado	62
3.1	Configuración general del sistema de antena	71
3.2	Diagrama de bloques del alimentador	74
3.3	Diagrama de flujo de la señal de comunicaciones	76
3.4	Diagrama de flujo de la señal de error	77
3.5	Alimentador GTE	79
3.6	Alimentador RCA	80
3.7	Alimentador RANTEC	81
3.8	Alimentador MITSUBISHI	82
3.9	Alimentador básico de banda ancha	84
3.10	Alimentador básico de banda estrecha	86
3.11	Configuración actual de los equipos de Transmisión	87
3.12	Configuración de los equipos de transmisión después del cambio (Diciembre 79)	88
3.13	Configuración actual de Recepción	91
3.14	Configuración esperada al inicio de operación con Intelsat V (Transmisión)	94
3.15	Configuración esperada al inicio de operación con Intelsat V (Recepción)	95
3.16	Precipitación real de lluvia	106
4.1	Configuración de los equipos de prueba para verificación de antena	133

INDICE DE CUADROS

1.1	Polarización de los haces en los satélites Intelsat V	11
1.2	Requerimientos de interconexión para línea de acceso a 14 GHZ	17
1.3	Requerimientos de interconexión para línea de acceso a 6 GHZ	17
1.4	Países en la Región del Océano Atlántico cubiertos por el Intelsat V (Primario) en la banda de 6/4 GHZ	26
3.1	Objetivos típicos de diseño de los elementos en el sistema de antena	70
3.2	Configuración actual de los equipos de comunicación de tierra (Recepción)	90
3.3	Portadoras en Recepción	97
3.4	Asignaciones actuales de frecuencia y capacidad	98
3.5	Intensidad de lluvia anual promediada en 10 años	108
3.6	Estadísticas semanales de lluvia promediadas en los últimos 10 años	109
3.7	Estadísticas climatológicas mensuales promediadas en los últimos 10 años	110
3.8	Resultados de la despolarización por efectos de lluvia	112
4.1	Costos y tiempos estimados al año 1976 para cambios requeridos por estaciones terrenas	119
4.2	Tráfico de la Estación Terrena "Quito" estimado a fines del primer trimestre de 1980	125
4.3	Tiempos estimados para la duración de las pruebas de verificación del nuevo alimentador	126
4.4	Características del satélite Intelsat IV-A (F-2)	132
4.5	Procedimientos de pruebas	134



## I N T R O D U C C I O N

El Ecuador forma parte del consorcio de comunicaciones Internacionales llamado Intelsat, que opera actualmente con los satélites de la serie INTELSAT IV-A, los mismos que por razones de crecimiento de tráfico y desarrollo de nuevas tecnologías ha visto necesario cambiar por los satélites de la serie INTELSAT V, por lo cual las Estaciones Terrenas deberán cumplir ciertas condiciones mandatorias, especialmente en lo que se refiere a la pureza de polarización, por lo tanto las Estaciones Terrenas deberán cambiar parte de sus equipos, siendo este estudio un medio de evaluar las necesidades de cambios de la Estación Terrena "QUITO" para satisfacer las condiciones mandatorias de Intelsat en lo referente a los satélites de la serie INTELSAT V.

El Satélite INTELSAT V es un repetidor activo ha ser utilizado en la órbita Geoestacionaria; el primero de la serie de lanzamientos (F-1) será ubicado como satélite Primario del Atlántico, a comienzos de 1980, por lo tanto la Estación Terrena "Quito" deberá ser modificada convenientemente para que sus parámetros y capacidad sea compatibles con la nueva generación de satélites. Uno de los Subsistemas que requiere una modificación radical es el de antena y rastreo y constituye el propósito de este estudio.

Una de las dificultades mayores para la realización de esta tesis ha constituido la falta de experiencia por estar involucrados aspectos de muy reciente desarrollo tecnológico; no existen a la fecha estudios perfeccionados del problema, y por ello en este estudio se recurre con frecuencia a los documentos de los Seminarios de Tecnología de Estaciones Terrenas que fueron efectuadas bajo el auspicio de Intelsat, así como a datos técnicos de la revista COMSAT TECHNICAL REVIEW, como a experiencia en cuanto a mediciones efectuadas por otras estaciones terrenas en sistemas cuyas características se pueden acoplar al nuestro.

CAPITULO PRIMERO

ANTECEDENTES

## 1.1.- SUMARIO DE CARACTERISTICAS DE LOS SATELITES INTELSAT

El propósito de este capítulo es dar una explicación general de las dos series de satélites, Intelsat IV-A e Intelsat V y la manera como cada una afecta al sistema global Intelsat.

El tráfico en el enlace primario vía satélite de la Región del Océano Atlántico, está llegando a saturar la capacidad de sus satélites. Este tráfico ha crecido de 568 canales en el año de 1968 a 6.388 canales al finalizar el año 1977, existiendo un tráfico estimado de 13.000 canales al finalizar el año 1979, y posiblemente se duplicará a fines de 1984.

En esta situación se hace necesario satélites de mayor capacidad, diversas alternativas fueron planteadas para el efecto, siendo el Intelsat V el diseño más apropiado. Hasta su puesta en operación la serie Intelsat IV-A son satélites intermedios entre la vieja generación de los satélites Intelsat IV y los nuevos satélites Intelsat V que en cuanto a capacidad y tecnología se espera puedan satisfacer las demandas de tráfico hasta fines de 1984 sin saturarse.

### 1.1.1.- CARACTERISTICAS DE LOS SATELITES INTELSAT IV E INTELSAT IV-A

Usando algunas características probadas en su predecesor, el Intelsat IV-A expandiendo la capacidad introduce nuevos conceptos como "ZONAS ASIGNADAS".

La separación Espacial o geográfica de Este y Oeste con sus lóbulos de radiación de antena, es usada en los satélites en orden a la repetición de frecuencias, radiadas desde los dos hemisferios y emplea el ancho de banda disponible con la doble utilización de frecuencia.

La repetición de frecuencia en los hemisferios Este y Oeste puede ser usada en la Región del Océano Atlántico, ya que la mayoría de países están ubicados con una separación espacial óptima, sin causar interferencias en las antenas, en vista que sus rayos no afectan al otro hemisferio, pues están bien definidos ya sea en América, Europa y Africa. En la Región del Océano Indico grandes áreas y países están ubicados directamente bajo el satélite, por esta razón es deseable un haz global con más capacidad.

#### 1.1.2.- DISTRIBUCION ESPACIAL EN LOS SATELITES INTELSAT IV-A

##### a.- COBERTURA DE HACES DE RADIACION

En los satélites Intelsat IV, eran empleados accesos globales en los enlaces de subida y los haces globales o los haces de radiación enfocados, podían ser seleccionados en los enlaces de bajada.

Para los Intelsat IV-A, los enlaces de subida consisten de dos haces hemisféricos designados Este (E) y Oeste (W) y un haz de cobertura general llamado global (G). El enlace de bajada



del satélite consiste de dos haces hemisféricos Este y Oeste, cuatro haces enfocados Noreste (NE), Noroeste (NW), Sureste (SE), y Suroeste (SW) y un rayo de cobertura general o global (G).

b.- PLAN DE ENCARRILAMIENTO EN LOS SATELITES INTELSAT IV-A

Las bandas de frecuencia en los satélites ya sea de subida al satélite, 5.925 GHZ a 6.425 GHZ o de bajada del satélite, 3.7 GHZ a 4.2 GHZ, han sido divididas en 12 segmentos de 35 MHZ cada uno llamado radio faro de respuesta, e identificados por un número del uno al doce, dan servicios a la Estaciones Terrenas dentro de las Zonas o hemisferios de cobertura, cuatro radiofaros (6,8,10 y 12) han sido diseñados para operar solamente con los haces de cobertura global.

Los ocho radiofaros restantes pueden operar con repe tición de frecuencias mediante la separación espa cial de los haces de antena, incrementándose de esta manera el número de radiofaros disponibles de doce a veinte, el plan de canalización y encarrilamiento pa ra los satélites Intelsat IV-A está representado en la figura 1.1.

1.1.3.- IMPACTO DEL INTELSAT IV-A EN LAS ESTACIONES TERRENAS

La transición del Intelsat IV- al Intelsat IV-A se re alizó sin mayores cambios en las Estaciones Terrenas, salvo en algunos casos, como la Estación Terrena "Quito" que varió el ancho de banda y la capaci dad de sus portadoras, y además incrementó su siste ma de una portadora a dos portadoras, una destinada al hemisferio Este para Europa y otra al hemisferio Oeste para América.

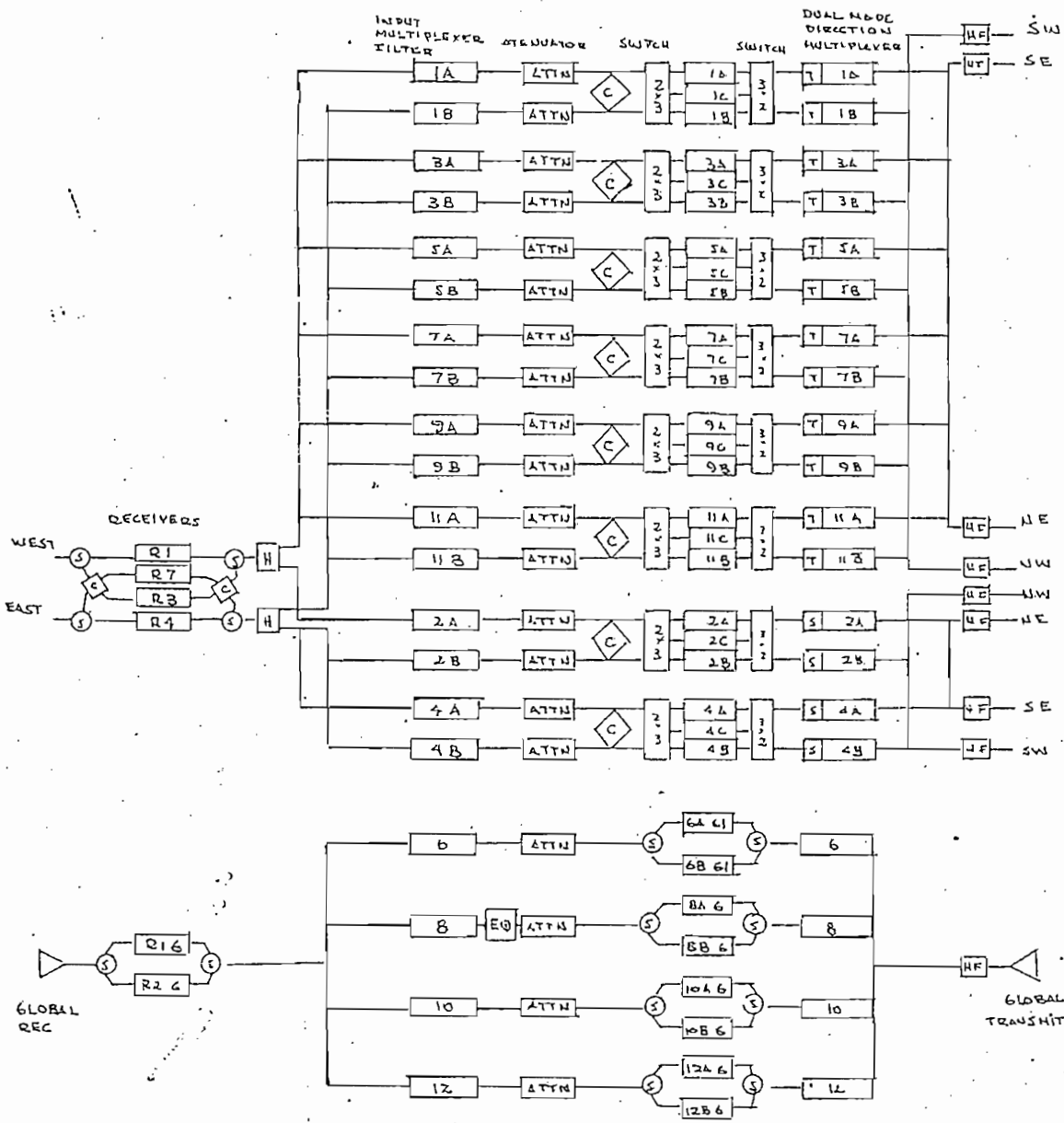


DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SATELITE IV-A INTELSAT.

FIGURA 1.1

Este cambio se lo pudo realizar sin mayor incremento de equipo, pues los satélites Intelsat IV-A tienen una figura de mérito (G/T) 6 decibelios (dB) mejor que sus antecesoras, con lo que las Estaciones Terrenas tendrán que reducir sus potencias de radiación para los radiofaros no globales; sin embargo con el fin de mantener suficiente margen de potencia en los ajustes requeridos, compensar la interferencia entre canales adyacentes y dar gran estabilidad de ganancia al enlace vía satélite, la potencia de los transmisores en las Estaciones Terrenas no debe cambiar por un período relativamente largo.

Con las modificaciones en las especificaciones de los filtros del Intelsat IV-A, los parámetros que deterioran la transmisión, con la diafonía y los retrasos de grupo, deben ser ecualizados por las Estaciones Terrenas. Otro impacto en el sistema Intelsat, por la separación física o geográfica de los rayos, tanto hemisféricos como zonales, ha sido el incremento de dos nuevas estaciones monitoras, para el control de las portadoras, con línea de vista solo a las zonas Sur-oeste y Sur-este de los haces enfocados, éstas nuevas estaciones monitoras están ubicadas en Brasil, para Sudamérica y Camerún, en el Oeste de Africa.

#### 1.1.4.- CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS SATELITES INTELSAT V

La nueva generación de satélites Intelsat V, guarda diferencias notables respecto a los actuales Intelsat IV-A en operación, puesto que, además que el satélite en sí tiene un nuevo diseño para sus secciones de -

estabilización y suministro de Fuerza, también el equipo de comunicaciones ha sufrido cambios radicales. Este tipo de satélites de estabilización triaxial, permitirán la repetición de frecuencias para un mejor aprovechamiento de las bandas de frecuencia disponibles, tanto por aislamiento geográfico (como ya lo hacen los Intelsat IV-A) como por aislamiento de polarización, en operación con doble polarización; además se dispondrá por primera vez de dos juegos de bandas de frecuencia en un solo satélite, ésto es, 6/4 GHZ y 14/11 GHZ, que unidos a la introducción de radiofaros de doble ancho de banda respecto de los actuales, permitirá tener un repetidor activo de gran capacidad.

#### 1.1.5.- SUMARIO DE CARACTERISTICAS DE INTELSAT V

Algunas de las características generales de los satélites Intelsat V, son detalladas a continuación:

##### a.- ESTABILIZACION TRIAXIAL

El Intelsat V es estabilizado mediante un arreglo orientado por el sol y tiene una estabilización de posición, giro y verticalidad, lo cual da un gran rendimiento en su utilización, pues, el rastreo de las antenas es mínimo lo que permite una mejor figura de mérito (G/T).

##### b.- PRECISION DE CONTROL EN ORBITA

La precisión de control en órbita que se espera tenga el satélite Intelsat V es de  $\pm 0.1^{\circ}$  de variación máxima en su longitud respecto de su posición nominal sobre el plano Ecuatorial.

c.- VIDA UTIL

La vida útil estimada de este repetidor activo es de 7 años y está limitada por la cantidad de combustible a bordo y el deterioro de las baterías solares, ya que el satélite está diseñado para trabajar sin interrupción aún en los Eclipses que para el satélite son relativamente de mucha duración.

d.- REPETICION DE FRECUENCIAS

El satélite Intelsat V en este sentido aprovecha los mismos principios ya probados por su predecesor Intelsat IV-A, en lo referente a la repetición de frecuencia por aislamiento geográfico y descritos con anterioridad, además las nuevas técnicas en conjunción con el grado de aislamiento de polaridad, permiten la repetición de frecuencias por polarización cruzada, aumentando así la eficiencia del mismo en lo referente a óptima utilización del ancho de banda disponible.

e.- BANDAS ADICIONALES DE FRECUENCIA

Además cabe anotar como un diseño, si se quiere experimental la utilización de bandas de 11 y 14 GHz; con las cuales operarán ciertas estaciones terrenas, con haces de radiación perfectamente enfocados conocidos como haz-pincel aumentando de esta manera el número de canales.

f.- INTRODUCCION DE ACCESO MULTIPLE POR DIVISION DE TIEMPO

(TDMA) son las siglas en Inglés de un nuevo concepto de acceso a los satélites, llamado acceso múltiple por división de tiempo, el cual permite utilizar todo el -

ancho de banda disponible de un radiofaro a varias portadoras en tiempo compartido; para fines de prueba, en la banda de 11/14 GHZ, se ha previsto un radiofaro de multi canales desde 7 a 12 para usar esta técnica de TDMA.

#### 1.1.6.- DISTRIBUCION ESPACIAL EN LOS SATELITES INTELSAT V

##### a.- COBERTURA DE HACES DE RADIACION

Los haces de polarización standard, para los enlaces de subida y bajada del satélite, en las bandas de 6/4 GHZ:

Banda Tierra Satélite 5925-6425 MHZ

Banda Satélite Tierra 3700-4200 MHZ

Consisten de dos haces hemisféricos denominados Este (EH) y Oeste (WH) y un haz de cobertura general denominado global (G), cada uno de los haces hemisféricos están sobrepuestos por pequeños haces, que operan con la polarización opuesta y se denominan zonas de cobertura número uno y dos.

(Z1, Z2,) la zona uno (Z1) para el Oeste y la Zona dos (Z2) para el Este.

Los haces de cobertura para los enlaces de subida y bajada en la banda de 11/14 GHZ;

Banda Tierra Satélite 14.000-14.500 MHZ

Banda Satélite Tierra 10.950-11.200 MHZ

11.450-11.700 MHZ

Consiste de dos haz-pinceles que usan la polarización lineal standard, y son denominados haz-pincel Este (ES) y haz-pincel Oeste (WS).

El mantenimiento de las diferentes coberturas de una manera satisfactoria para cada región del Océano, así como el ajuste de los haces de las antenas en órbita es gobernado usando comandos desde la tierra.

Las figuras 1.2, 1.3 y 1.4 muestran los países y las Estaciones Terrenas de los Océanos Atlántico, Pacífico e Indico respectivamente, bajo los haces de cobertura de los satélites tanto para los haces hemisféricos como para los haces de Zona y los haz-pinceles.

En el cuadro 1.1 a continuación nos indica la manera como están polarizados los diferentes haces de cobertura del satélite:

CUADRO 1.1

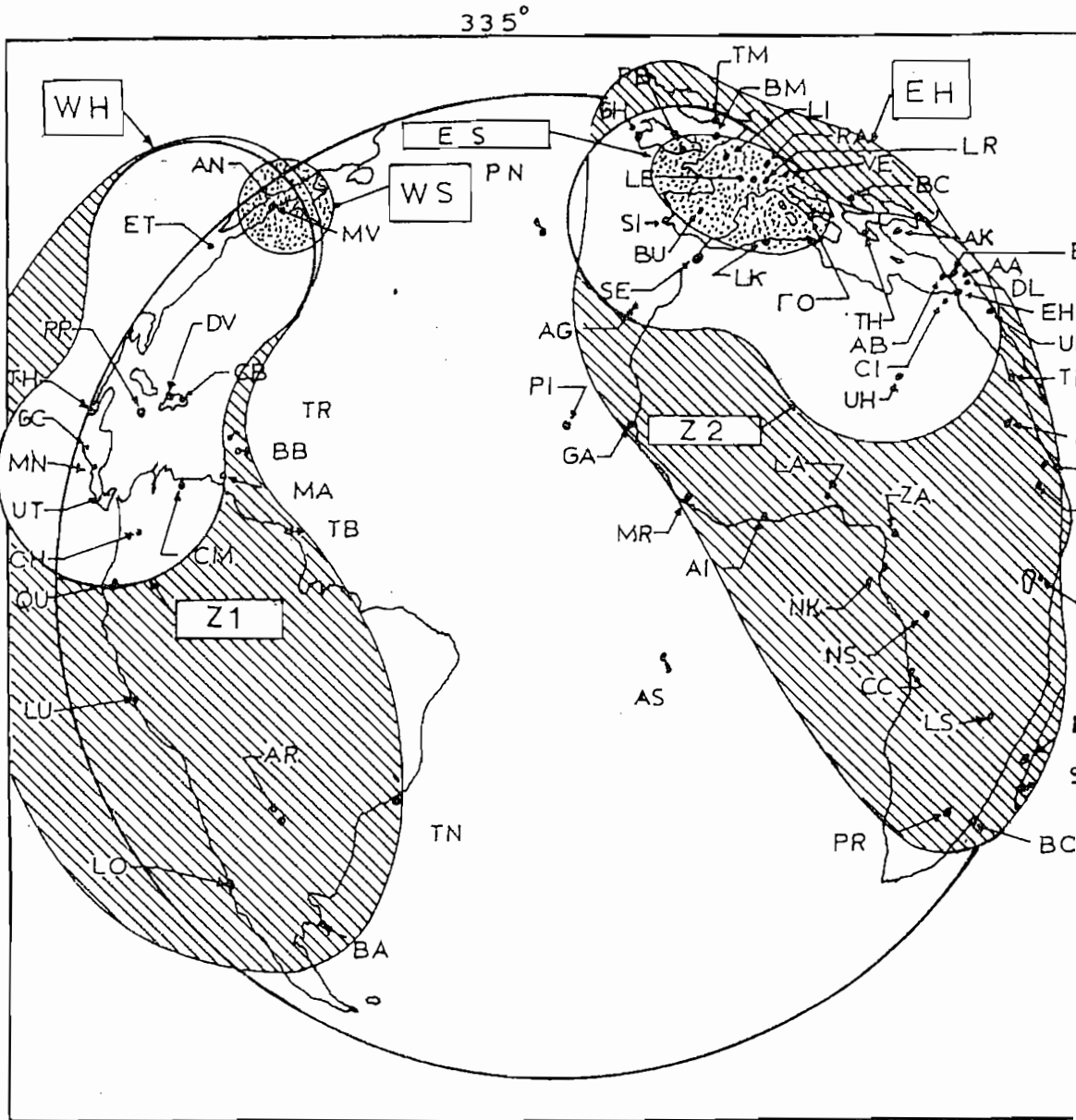
POLARIZACION DE LOS HACES EN LOS SATELITES INTELSAT V

BANDA	COBERTURA	P O L A R I Z A C I O N	
		TIERRA-SAT	SAT-TIERRA
6/4 GHZ	GLOBAL	L H C P	R H C P
	W H	L H C P	R H C P
	E H	L H C P	R H C P
	Z 1	R H C P	L H C P
	Z 2	R H C P	L H C P
14/11 GHZ	E S	LINEAL	LINEAL
	W S	LINEAL	LINEAL


L H C P.- Polarización circular de mano izquierda


R H C P.- Polarización circular de mano derecha.

FIG 1.2 AREAS DE COBERTURA DEL SATELITE INTELSAT V EN LA REGION DEL OCEANO ATLANTICO



 6/4 GHZ HAZ HEMISFERICO CO-POLARIZACION

 6/4 GHZ HAZ ZONAL POLARIZACION CRUZADA

 14/11 GHZ HAZ-PINCEL



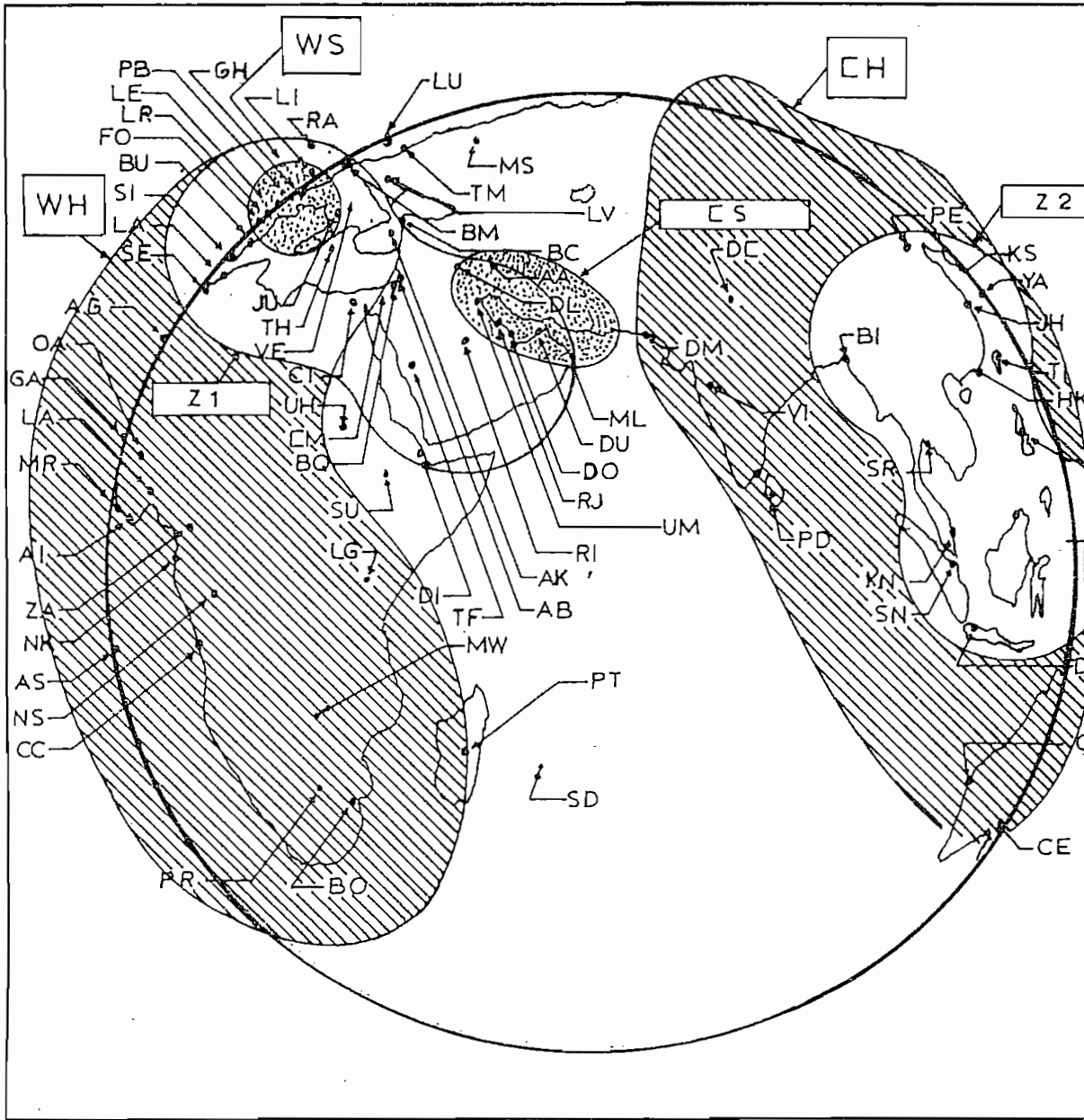


FIG 1.3

AREAS DE COBERTURA DEL SATELITE INTELSAT V  
 EN LA REGION DEL OCEANO INDICO

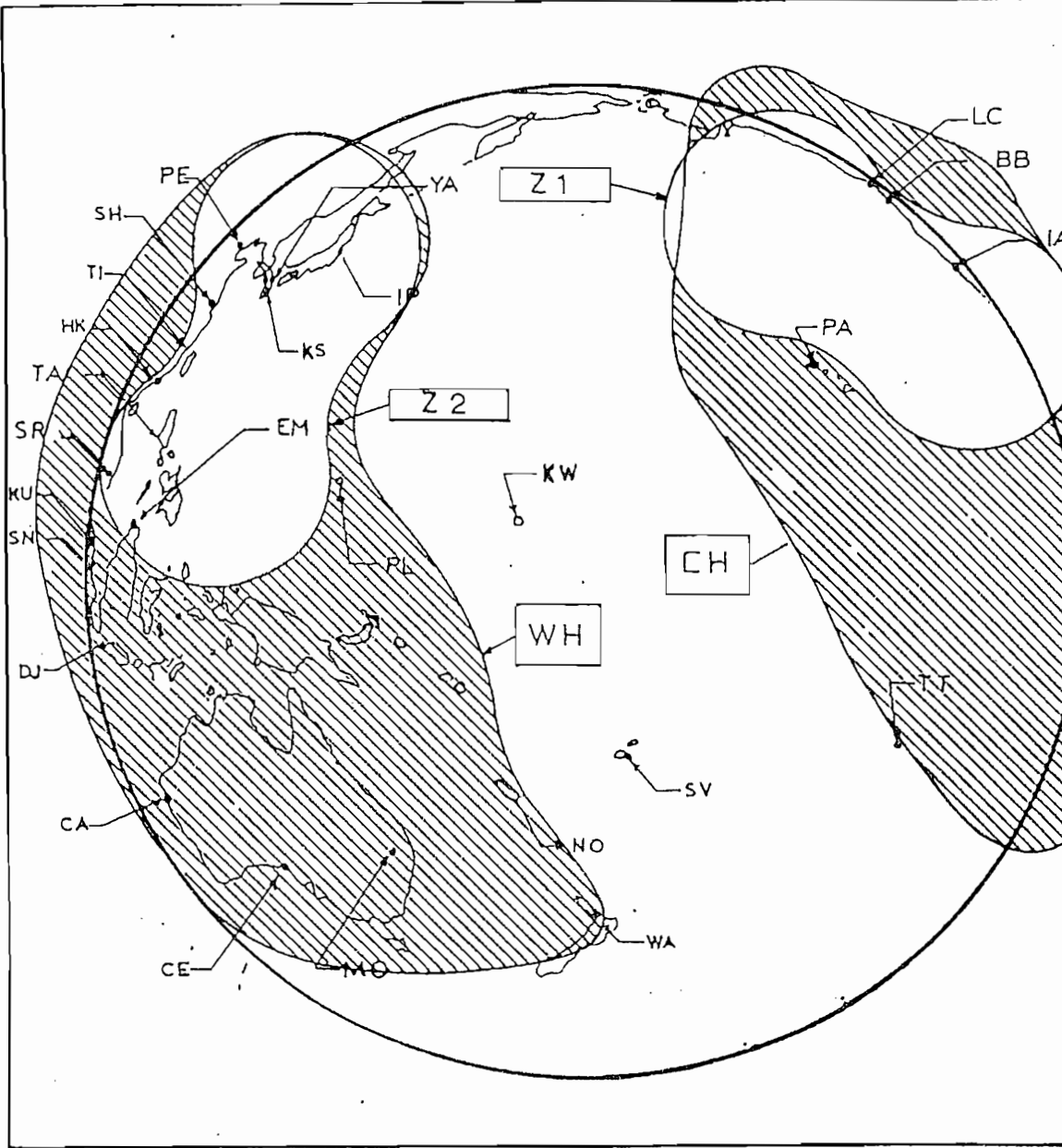


FIG 1.4

AREAS DE COBERTURA DEL SATELITE INTELSAT V  
EN LA REGION DEL OCEANO PACIFICO

b.- PLAN DE ENCARRILAMIENTO EN LOS SATELITES INTELSAT V

Las interconexiones necesarias para la cobertura de varios enlaces de subida o de varios enlaces de bajada, serán llevadas a cabo al tiempo de ser requeridas, pudiendo ser comandadas desde la tierra, según las necesidades de tráfico, las condiciones generales están representadas en la figura 1.5.

Cada una de las bandas de frecuencia sean estas de 4, 6, 11 y 14 GHZ están sub-divididas en doce segmentos cada uno, de un ancho de banda de 40 MHZ e - identificados con los números del uno al doce, cuando por razones de tráfico es necesario incrementar el ancho de banda de un solo radiofaro, se usa éste con canales múltiples y son denominados con un número compuesto por dos dígitos así por ejemplo: canal (1-2) es un radiofaro de 80 MHZ de ancho de banda - que resulta de la fusión de los canales 1 y 2, o canal (7-12) es un radiofaro de 240 MHZ de ancho de banda resultado de la unión de 6 radiofaros normales.

En su fase inicial el satélite Intelsat V, tiene 27 radiofaros independientes, así en la banda de 11/14 GHZ, tenemos dos radiofaros de 240 MHZ de ancho de banda y 4 radiofaros de 80 MHZ de ancho de banda, en la banda de 6/4 GHZ tenemos 16 radiofaros de 80 MHZ de ancho de banda cada uno y 5 radiofaros de 40 MHZ de ancho de banda, de los cuales 3 son usados en los enlaces de cobertura global, dando un ancho de banda adicional de 120 MHZ, la interconexión entre radiofaros está representada en los cuadros 1.2 y 1.3.

LOW LEVEL AMPLIFICATION  
AND FREQUENCY  
TRANSLATION TO  
4 GHz BWB.

CHANNELIZATION

INTERCONNECTION

POWER AMPLIFICATION  
AND FREQUENCY TRANSLATION  
OF 800 MHz COMBINED  
CHANNELS.

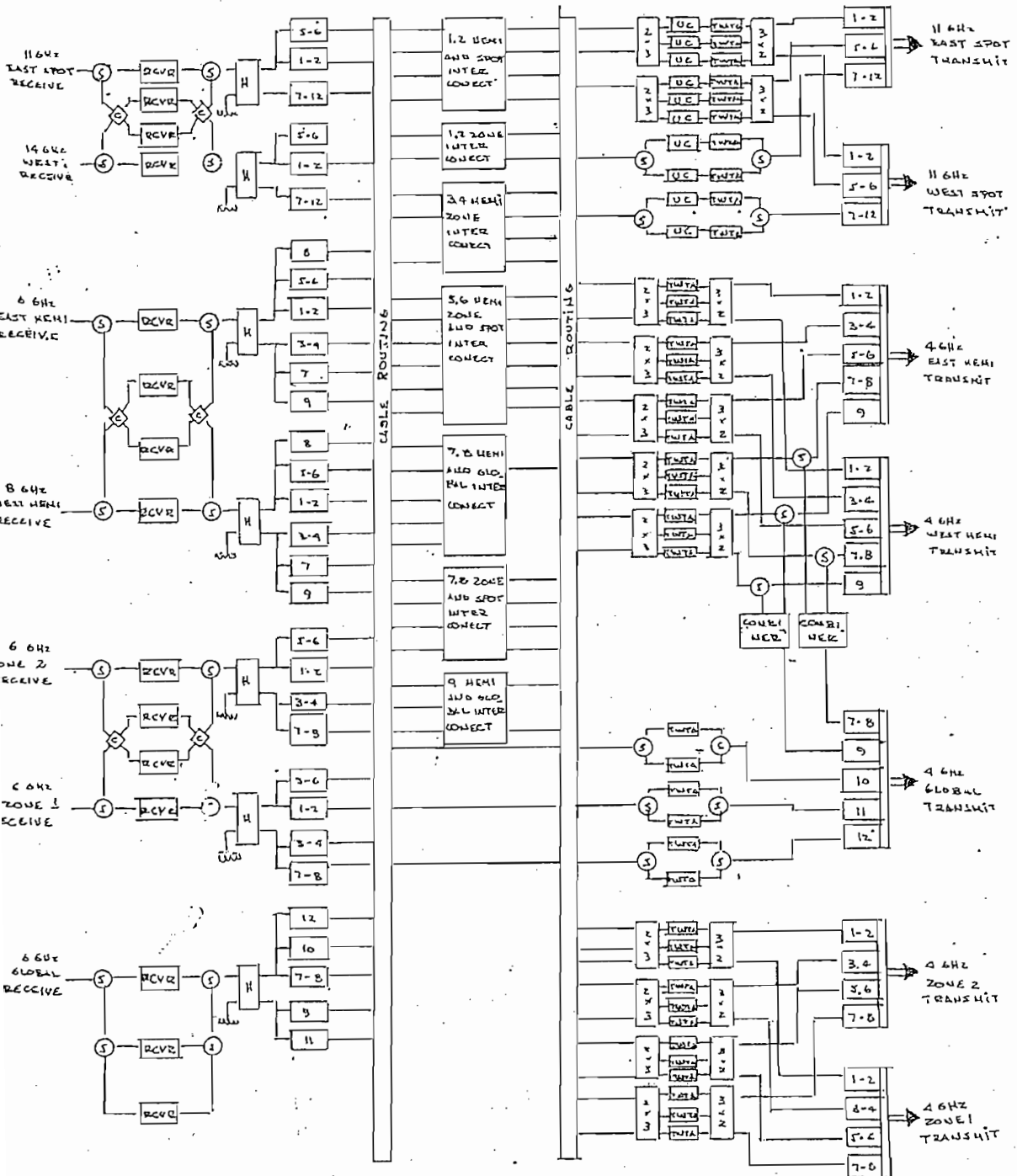


DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SATELITE V- INTELSAT

FIGURA 1.5

CUADRO 1.2

REQUERIMIENTOS DE INTERCONEXION PARA LINEA DE ACCESO A 14 GHZ

RECEPCION		NUMERO DE CANALES	TRANSMISION	
HACES DE COBERTURA	BANDA DE FRECUENC.		HACES DE COBERTURA	BANDA DE FRECUENC.
PINCEL ESTE	14 GHZ	1-2,5-6,7-12	PINCEL ESTE U OESTE	11
PINCEL ESTE	14	1-2,5-6	HEMISF ESTE U OESTE	4
PINCEL OESTE	14	1-2,5-6,7-12	PINCEL ESTE U OESTE	11
PINCEL OESTE	14	1-2,5-6	HEMISF ESTE U OESTE	4
PINCEL ESTE	14	7-8	ZONA 1 o ZONA 2	4
PINCEL OESTE	14	7-8	ZONA 1 o ZONA 2	4

CUADRO 1.3

REQUERIMIENTOS DE INTERCONEXION PARA LINEA DE ACCESO A 6 GHZ

RECEPCION		NUMERO DE CANALES	TRANSMISION	
HACES DE COBERTURA	BANDA DE FRECUENC.		HACES DE COBERTURA	BANDA DE FRECUENC.
GLOBAL	6 GHZ	7-12	GLOBAL	4 GHZ
HEMISFERIO ESTE	6	1-2,3-4,5-6,7,8,9	HEMISFERIO OESTE HEMISFERIO ESTE	4 GHZ
HEMISFERIO ESTE	6	1-2,5-6	PINCEL ESTE U OESTE	11 GHZ
HEMISFERIO ESTE	6	3-4,5-6	ZONA 1 o ZONA 2	4 GHZ
HEMISFERIO OESTE	6	1-2,3-4,5-6,7,8,9	HEMISFERIO ESTE U OESTE	4 GHZ
HEMISFERIO OESTE	6	3-4,5-6	ZONA 1 o ZONA 2	4 GHZ
HEMISFERIO OESTE	6	1-2,5-6	PINCEL ESTE U OESTE	11 GHZ
ZONA No.1	6	1-2,3-4,5-6,7-8	ZONA 1 o ZONA 2	4 GHZ
ZONA No.2	6	1-2,3-4,5-6,7-8	ZONA 1 o ZONA 2	4 GHZ
ZONA No.1	6	7-8	PINCEL ESTE U OESTE	11 GHZ
ZONA No.2	6	7-8	PINCEL ESTE U OESTE	11 GHZ
ZONA No.1	6	3-4,5-6	HEMIF ESTE U OESTE	4 GHZ
ZONA No.2	6	3-4,5-6	HEMISF ESTE U OESTE	4 GHZ

c.- CAPACIDAD DE SATURACION

Estudios preliminares de los planes de distribución de frecuencia como de intensidad de tráfico, indican que la capacidad de saturación en el enlace primario de la Región del Atlántico, con un límite de 24.000 canales, coparán el satélite a mediados de 1985.

1.2.- REPETICION DE FRECUENCIAS EN LOS SATELITES INTELSAT V

La eficiencia en la utilización de un sistema de comunicaciones vía satélite depende del uso adecuado del ancho de banda disponible.

Para conseguir soluciones que sean técnicas y económicamente satisfactorias y que, al mismo tiempo cumplan con las descripciones propias de un sistema de comunicaciones por satélite, manteniendo una buena calidad de servicio, se han estudiado diferentes tipos de modulación y acceso al satélite.

Las restricciones más importantes de un sistema de comunicaciones vía satélite se encuentran en el segmento espacial y se relaciona con la utilización del espectro radioeléctrico, regulada por el Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones (CCIR), en la que se incluyen los problemas de interferencia con otros sistemas vía satélite y sistema terrestres que afectan la capacidad del segmento espacial, limitando de una manera considerable el ancho de banda y la densidad de flujo. Si a esto se añade, los problemas originados en las características de los equipos a bordo de un satélite (tales como la no linealidad de los amplificadores de transmisión en los radiofaros de respuesta), se tiene como resultado que la capacidad real en un número de circuitos operando

a través de un satélite, es siempre muy inferior a la nominal prevista en las especificaciones de diseño. Por este motivo la repetición de frecuencias es un modo de aumentar la eficiencia de utilización del ancho de banda disponible independiente del tipo de modulación.

#### 1.2.1.- REPETICION DE FRECUENCIAS POR AISLAMIENTO GEOGRAFICO

La serie Intelsat IV-Á actualmente en operación permite repetir la utilización de una frecuencia por discriminación geográfica, así por ejemplo: la existencia de los haces de cobertura hemisférica (WH y EH) pueden utilizar los mismos rangos de frecuencia en los radiofaros conectados a sus respectivas antenas, permitiendo un doblaje en la utilización del espectro radioeléctrico disponible.

Estos principios ya satisfactoriamente probados utiliza el Intelsat V con radiofaros de más capacidad, lo cual permite, aumentar el número de canales y dada su gran estabilidad, el aislamiento geográfico es mejor, consiguiéndose un mayor factor de mérito.

#### 1.2.2.- REPETICION DE FRECUENCIAS POR AISLAMIENTO DE POLARIZACION

Este sistema hace uso de los estados de polarización de los campos electromagnéticos, para permitir que dos señales con modulación independiente, sean enviadas a través de un mismo enlace de comunicaciones en la misma frecuencia.

Si las dos señales son transmitidas usando portadoras cuyos estados de polarización sean ortogonales entre sí, teóricamente no existirá interacción entre ellas y dichas señales podrán ser recuperadas en el lado de recepción sin ambigüedades. El grado con el cual las señales pue-

den ser diferenciadas, aparte del ruido del sistema, está directamente relacionado con el grado de ortogonalidad que las portadoras puedan mantener en el ancho de banda del canal.

En la práctica, existen limitaciones en el grado de generación y discriminación de un estado de polarización dado, en un ancho de banda determinada. Estas limitaciones se deben en parte a la naturaleza dispersiva de las guías de onda y componentes. Más aún, las características de polarización de la antena, deben ser diseñadas para mantener un alto grado de aislamiento de polarización en las bandas de comunicaciones vía satélite. La técnica actual, permite disponer de un eficiente aislamiento de polarización en las bandas de 3,7 - 4,2 GHz y 5,925 - 6,425 GHz, tal que un sistema de repetición de frecuencias tenga un aislamiento de señal total, mejor que 21 dB en condiciones de tiempo despejado.

Desafortunadamente, la despolarización por lluvia, la rotación Faraday y otros efectos no estáticos, constituyen problemas sustanciales para la repetición de frecuencias en un sistema de propagación atmosférica. Las gotas de lluvia, debido a su forma no esférica, cambian el estado de polarización de las ondas electromagnéticas por lo que aunque se transmitan señales perfectamente ortogonales, la despolarización debido a la lluvia, por ejemplo: en la banda de 4 GHz reduce el aislamiento de polarización en 10 dB, para el caso en que la señal atravesase una capa atmosférica de 5 Km. con lluvia intensa. Si consideramos además que la lluvia cambia con el tiempo, se requerirá de un sistema de compensación dinámico que ayude a resolver el problema.



1.2.3.- BANDAS DE FRECUENCIA ADICIONALES

El satélite Intelsat V tiene, si se requiere, como un diseño experimental, el uso de la banda de frecuencia de 14/11 GHZ, lo cual da una capacidad adicional.

Algunas estaciones terrenas usarán esta banda en el - transpondedor (7-12) para aplicaciones con TOMA ope - rando con el sistema de potencia limitada para no satu - rar el satélite haciendo más eficiente el uso de la - potencia disponible.

Dos canales de 80 MHZ de ancho de banda pueden ser - utilizados en interconexión con los canales de 6/4 - GHZ correspondientes.

1.3.- CARACTERISTICAS DE LAS ESTACIONES TERRENAS TIPO A EXISTENTES

1.3.1.- CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS ESTACIONES TERRENAS TIPO A

Para una estación terrena normalizada tipo A que ya se encuentra operando, como la del Ecuador, requiere el cumplimiento obligatorio de las siguientes especi - ficaciones para sus sistemas de antena.

a.- FIGURA DE MERITO G/T  $40.7 + 20 \log F/4$ , dB/<sup>o</sup>K

Donde G= ganancia de antena en recepción

T= temperatura de ruido del sistema en recepción

F= frecuencia de recepción expresada en GHZ.

b.- LOBULOS LATERALES

Niveles máximos tolerados respecto de la ganan - cia máxima del lóbulo principal.

TRANSMISION

Primer lóbulo lateral

14 dB

Lóbulos laterales a  
ángulos de 1° o más  
del eje del haz -  
principal -29 dB

RECEPCION

Primer lóbulo lateral -14 dB  
Lóbulos laterales a  
ángulos de 1° o más -  
del eje del haz prin-  
cipal. -26 dB

c.- RELACION AXIAL

En voltios en dirección -  
al satélite. 1.4  
Se recomienda no exceder  
en el sentido de recep-  
ción.

1.3.2.- SUBSISTEMA DE ANTENA Y RASTREO EXISTENTE EN LA ESTACION  
TERRENA "QUITO"

El subsistema de antena y rastreo de la Estación Terrena  
"Quito", además de cumplir con las especificaciones an-  
tes anotadas tiene las siguientes características:

a.- ANTENA

Tipo	Cassegrain modificado
Diámetro del Reflector principal	32 mts.
Diámetro del Subreflector	2.9 mts.
Alimentador	Bocina corrugada más - cuatro reflectores de enfoque.

GANANCIA

Transmisión  $64+20 \log \frac{F}{6}$  dB (F en GHZ)

Recepción  $61+20 \log \frac{F}{4}$  dB (F en GHZ)

PESO ESTRUCTURAL 260 Ton

VIAJE ANGULAR

Elevación De  $5^{\circ}$  a  $92^{\circ}$

Azimuth  $\pm 170^{\circ}$

b.- RASTREO

Tipo Monopulso de canal sencillo

Modos Automático, manual, Slew

Movimiento Elevación sobre Azimuth

Máxima velocidad de rastreo  $0.1^{\circ}/\text{SEG}$  en ambos ejes.

1.4 ESPECIFICACIONES PARA LAS ESTACIONES TERRENAS A OPERAR CON INTELSAT V

Como consecuencia de los cambios requeridos por los nuevos satélites, fue necesario que Intelsat revise las características de desempeño de las Estaciones Terrenas normalizadas, a fin de que éstas puedan garantizar una operación óptima con la nueva generación de satélites.

Estas especificaciones están contenidas en el Documento:

BG-28-72 S M/6/77. 24 Agosto 1977

CARACTERISTICAS DE DESEMPEÑO DE LAS ESTACIONES TERRENAS - NORMALIZADAS TIPO "A" CON UN G/T DE 40.7 dB/K QUE TRABAJEN CON LOS SISTEMAS SATELITALES INTELSAT IV, IV-A y V.

1.4.1.- CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS ESTACIONES TERRENAS A OPERAR CON INTELSAT V

A continuación expondremos algunas de las característi-

cas de las Estaciones Terrenas que operarán con Intelsat V, se podrá notar que los cambios substanciales se refieren a pureza de polarización y a la relación axial de la onda incidente.

a.- FIGURA DE MERITO G/T 40.7 dB + 20 log F/4

Similar a los satélites anteriores

b.- LOBULOS LATERALES

En lo que se refiere a estas condiciones también es similar a los satélites Intelsat IV-A.

c.- RELACION AXIAL

En estas características tenemos: un cambio fundamental con miras a la repetición de frecuencias por doble polarización.

Objetivo de diseño: 1.06 (0.5 dB)

Valor máximo tolerado: 1.09 (0.75 dB)

d.- AISLAMIENTO DE POLARIZACION CRUZADA

Objetivo de diseño: 30.5 dB

Valor mínimo tolerado: 27.0 dB

Estos dos últimos puntos se pueden dividir en dos, el primero será exigido para las Estaciones Terrenas - que soliciten entrar a operar con el sistema Intelsat.

El segundo punto (valores tolerados), será para Estaciones Terrenas que actualmente se encuentran operando con el sistema Intelsat.

1.4.2.- ESTACIONES TERRENAS DEL SISTEMA INTELSAT QUE OPERARAN  
CON DOBLE POLARIZACION

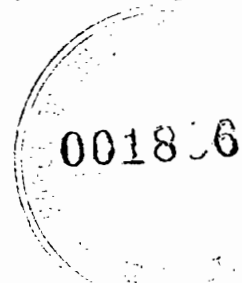
De conformidad a los planes operativos de Intelsat; la serie Intelsat V será introducida inicialmente en el área del Océano Atlántico, y luego en el área del Océano Indico sin que a la fecha se haya decidido respecto del inicio de su utilización en el área del Océano Pacífico.

Para el Ecuador solo interesa conocer los requerimientos del área del Atlántico, éstos han sido determinados en base a las características de diseño del primer satélite de la serie V y como puede observarse en la figura 1.2.

La Estación Terrena "Quito" se encuentra ubicada justo en el borde del haz de radiación de la zona uno Z1 lo cual obliga a poseer pureza de polarización, pero además le permitirá la utilización de un sistema de doble polarización.

En el cuadro 1.4 se muestra un sumario de los requerimientos para las Estaciones Terrenas que operarán con el satélite primario Intelsat V en el área del Océano Atlántico.

Treinta y dos estaciones, incluyendo la del Ecuador requerirán modificaciones para operar con doble polarización, veinte y siete estaciones, modificarán sus parámetros para asegurar pureza de polarización y solo dos continuarán operando en la condición actual, éstas dos son las que están ubicadas bajo el haz global.



CUADRO 1.4

PAISES EN LA REGION DEL OCEANO ATLANTICO  
CUBIERTOS POR EL INTELSAT V (PRIMARIO)  
EN LA BANDA DE 6/4 GHZ

<u>OESTE</u>	<u>ESTE</u>
ARGENTINA	. ARGELIA MAURITANIA
BOLIVIA	ANGOLA . MARRUECOS
BRASIL	. AUSTRIA MOZAMBIQUE
. CANADA	. BELGICA . HOLANDA
CHILE	CAMERU NIGERIA
. COLOMBIA	. CHIPRE . PAISES NORDICOS
. ECUADOR	CONGO POLONIA
MARTINICA	. EGIPTO . PORTUGAL
. GUATEMALA	ETIOPIA RUMANIA
GUYANA	. FRANCIA . ARABIA SAUDITA
. MEXICO	GABON SENEGAL
. PANAMA	. ALEMANIA . SUDAFRICA
PARAGUAY	GANÁ . ESPAÑA (BU)
PERU	. GRECIA SUDAN
. ESTADOS UNIDOS (ET)	. IRAN . SUIZA
. VENEZUELA	. IRAK TOGO
<u>GLOBAL</u>	. ISRAEL . TURQUIA
AZORES	. ITALIA . REINO UNIDO
ISLANDIA	COSTA DE U.R.S.S. MARFIL
	. JORDANIA YUGOSLAVIA
	KENYA ZAIRE
	. KUWAIT . LIBANO

- . 32 Polarización cruzada
- 27 Pureza de polarización
- 2 Global

Fácilmente se entiende que la introducción de la serie Intelsat V, constituye el suceso de mayor impacto a la fecha en las Estaciones Terrenas del Sistema Intelsat, puesto que la mayoría de ellas (96% del área del Océano Atlántico), deberán realizar cambios radicales en sus subsistemas de Radio-frecuencia (RF): antena y rastreo, amplificadores de bajo ruido, y amplificadores de alta potencia.

CAPITULO DOS

POLARIZACION DE ONDAS ELECTROMAGNETICAS  
PARA UTILIZACION VIA SATELITE



## 2.1.- POLARIZACION DE ONDAS ELECTROMAGNETICAS

### 2.1.1.- PRINCIPIOS GENERALES DE POLARIZACION

Para un sistema de comunicaciones bajo ciertas condiciones, las ondas electromagnéticas viajeras (EM) pueden ser consideradas como un frente de onda plano, homogéneo y armónico en el tiempo, por ejemplo: una onda plana uniforme viajando en la dirección del eje Z con los vectores de campo eléctrico y magnético en el plano X-Y.

Si  $\tilde{E}_y = 0$  y solamente está presente  $\tilde{E}_x$  se dice que esta polarizada en la dirección X, si los dos componentes de campo tanto  $\tilde{E}_x$  como  $\tilde{E}_y$  están presentes y en fase la resultante del campo eléctrico tiene una dirección, dependiendo de la magnitud relativa de  $\tilde{E}_x$  y  $\tilde{E}_y$  el ángulo que tiene la resultante con el eje X está dado por:

$$\phi = \arctan \frac{\tilde{E}_y}{\tilde{E}_x} \quad (2-1)$$

Si la dirección de este ángulo es constante con el tiempo se dice que tenemos una polarización lineal.

Si las componentes de campo  $\tilde{E}_x$  y  $\tilde{E}_y$  no están en fase esto es si los campos eléctricos tienen sus valores máximos en diferentes instantes de tiempo, entonces la dirección de la resultante del vector de campo, variará con el tiempo. Cuando el lugar geométrico que describe el puntero del vector del campo eléctrico  $\tilde{E}$  forma un elipse, se dice que tenemos una polarización elíptica. En el caso particular cuando la componente del campo eléctrico  $\tilde{E}_x$  es igual a la componente de -

campo eléctrico  $\tilde{E}_y$  y entre las dos existe una diferencia de  $90^\circ$ , el lugar geométrico del vector resultante será un círculo; entonces se dice que tenemos una polarización circular.

### 2.1.2.- POLARIZACION ELIPTICA

Si se considera que la resultante del vector de campo eléctrico  $\tilde{E}$  forma o traza un elipse en el plano X-Y, para la onda electromagnética plana viajando en la dirección del eje Z, ciertas características de esta elipse pueden ser usados para definir los estados de polarización de la onda misma.

La figura 2.1 muestra una polarización elíptica de manera general. La magnitud del eje mayor es A y la del eje menor es B la relación axial (r) está definida por la magnitud del eje mayor sobre el eje menor.

$$r = A/B \quad (2-2)$$

A menudo es conveniente expresar una relación axial en decibelios quedando la expresión definida por:

$$R \text{ (dB)} = 20 \log_{10} |A/B| \quad (2-3)$$

r puede variar de 1 a  $\infty$

R (dB) puede variar de 0 a  $\infty$

Para el sistema de coordenadas de la figura 2.1 se define el sentido positivo de los ejes Z saliendo del papel.

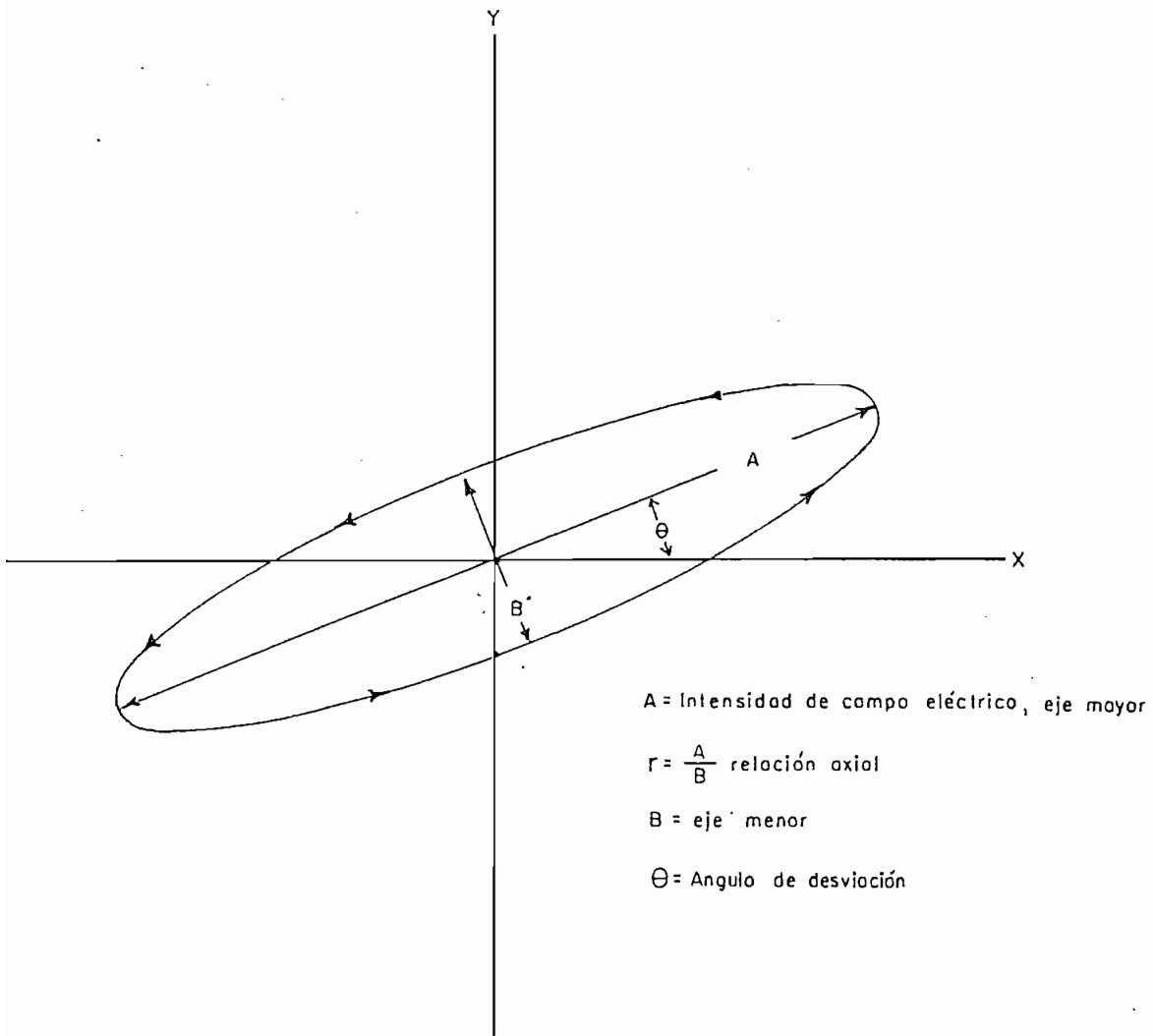


FIGURA 2.1

POLARIZACION ELIPTICA

Para una onda electromagnética que está viajando en el sentido positivo del eje Z, si la elipse que traza el puntero del vector de campo eléctrico  $\vec{E}$ , lo hace en sentido antihorario, se dice que tiene un sentido de rotación de la mano derecha y si la elipse es trazada en sentido horario, se dice que tenemos un sentido de rotación de mano izquierda, esto es para cualquier punto fijo en el eje Z.

En esta tesis utilizaremos el sentido de rotación especificada por el signo de la rotación axial "+" para el sentido de rotación de mano derecha, "-" para el sentido de rotación de mano izquierda, esta convención también será usada en decibelios.

Ejemplo: + 20 dB de relación axial, especifica una onda que tiene un sentido de rotación de mano derecha. En ángulo de inclinación de la polarización de la elipse, de la figura 2.1, es simplemente el ángulo entre el eje mayor de la elipse y el eje X. Este ángulo de inclinación y la relación axial (incluyendo el signo), se utilizará para definir los estados de polarización de la onda.

La magnitud del campo eléctrico está definida por la magnitud del eje mayor de la elipse de polarización. Dadas estas cantidades las ondas puede ser especificada en cualquier grupo de componentes ortogonales entre sí.

Puede demostrarse que dos vectores de polarización elíptica  $\vec{U}, \vec{V}$  son ortogonales entre sí, siempre que se cumpla la ecuación.

$$\vec{U} \cdot \vec{V}^* = 0 \quad (2-4)$$

Donde  $\tilde{V}^*$  representa la conjugada compleja de  $\tilde{V}$

Además puede demostrarse que la potencia asociada con la onda, es la suma de las potencias de los componentes ortogonales.

Para reducir una onda polarizada elípticamente, a sus vectores lineales como los componentes  $\tilde{E}_x$  y  $\tilde{E}_y$ , se usan las siguientes fórmulas:

$$\tilde{E}_x = A \left( \cos \theta - \frac{j}{r} \text{Sen } \theta \right) \quad (2-5)$$

$$\tilde{E}_y = A \left( \text{sen } \theta + \frac{j}{r} \cos \theta \right) \quad (2-6)$$

Si se desea encontrar los componentes de campo  $E_x$  y  $E_y$  en un sistema de coordenadas X-Y que tengan cierto ángulo de rotación  $\phi$  respecto al sistema X-Y se definirán con las siguientes fórmulas:

$$\begin{pmatrix} \tilde{E}_{x'} \\ \tilde{E}_{y'} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \phi & \text{sen } \phi \\ -\text{sen } \phi & \cos \phi \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} \tilde{E}_x \\ \tilde{E}_y \end{pmatrix} \quad (2-7)$$

### 2.1.3.- DOBLE POLARIZACION O POLARIZACION DUAL

Para reducir una onda polarizada elípticamente de manera general esto es componente circular de mano derecha  $\tilde{E}_R$  y componente circular de mano izquierda  $\tilde{E}_L$ , ortogonales entre sí, se tendrá las siguientes fórmulas:

$$\tilde{E}_R = \frac{1}{2} (\tilde{E}_x + j \tilde{E}_y) \quad (2-8)$$

$$\tilde{E}_L = \frac{1}{2} (\tilde{E}_x - j \tilde{E}_y) \quad (2-9)$$

La transformación de un grupo de vectores ortogonales a cualquier otro puede realizarse mediante la introducción de pérdida de inserción o el desplazamiento de fase 0 de largo de la línea radial en el plano X-Y. Por ejemplo:

Un retraso de fase de  $90^{\circ}$  aplicado a la línea radial de  $45^{\circ}$  con respecto del eje X transforma un grupo lineal de vectores ortogonales en la dirección X-Y en un grupo de vectores circulares de mano izquierda y de mano derecha también ortogonales, un desplazamiento de fase de  $90^{\circ}$  aplicado a un grupo de vectores circulares ortogonales, creará un grupo de vectores lineales perpendiculares orientadas a  $-45^{\circ}$  en relación con el eje al cual fue aplicado el desplazamiento de fase. Un desplazamiento de fase puro, no afecta la ortogonalidad en un grupo diferente de vectores de referencia.

Sin embargo, una atenuación diferencial aplicada a un campo de doble polarización cambiará la ortogonalidad relativa de los estados de polarización.

Si una atenuación diferencial, es aplicada a un grupo de vectores lineales perpendiculares, resultará un grupo de vectores lineales con un ángulo mayor o menor de  $90^{\circ}$ , dependiendo de la suma del ángulo introducido por la atenuación.

Una medida de la ortogonalidad relativa de dos estados de polarización, puede obtenerse convirtiendo primero en dos estados lineales y midiendo el ángulo de desviación a partir de los  $90^{\circ}$  e indicando la ortogonalidad en grados.

#### 2.1.4.- TRANSDUCTORES ORTOMODO Y POLARIZADORES

Un aparato usado para separar los campos lineales de doble polarización, en sus señales componentes es el llamado transductor ortomodo (TMO). Este aparato - tiene un puerto de entrada el cual es alimentado con el campo de doble polarización, existen dos puertos de salida que pueden ser definidos como puertos XyY, con acopladores asignados solamente para los vectores de campo eléctrico  $\vec{E}$  y alineados con los puertos perpendiculares. El transductor ortomodo además permite la operación de reparación, de un campo eléctrico complejo en los componentes lineales de polarización alineadas con los ejes de los puertos de salida.

Un campo circular con doble polarización, puede ser separado en sus dos señales componentes, pasando primero por un desplazador diferencial de fase de  $90^{\circ}$  (polarizador de  $90^{\circ}$ ), e introduciendo este campo en un transductor ortomodo.

La función de un polarizador de  $90^{\circ}$ , es transformar los campos de polarización circular en campos de polarización lineal.

Si el polarizador está alineado al ángulo relativo de los puertos de salida del transductor ortomodo, los componentes lineales resultantes, se transmitirán o circularán exactamente por sus puertos y una aislación infinita en la polarización cruzada será observada en los puertos de los transductores ortomodos.

Sin embargo, si la onda de entrada no tiene una perfecta polarización circular, el polarizador no intro

duce un desplazamiento diferencial de fase de  $90^{\circ}$ , el polarizador no está alineado exactamente a  $45^{\circ}$  de los puertos del transductor ortomodo, o los puertos del transductor ortomodo no están perfectamente perpendiculares, como es el caso práctico, la aislación de polarización cruzada observada en los puertos del transductor ortomodo, será menor que infinito.

Usando el teorema de reciprocidad, los mismos componentes pueden ser usados en sentido inverso para generar campos circulares y lineales con doble polarización. Aunque existen algunos métodos para generar y discriminar los campos de doble polarización, la técnica del transductor ortomodo y el polarizador es la representativa de una aproximación general. Además este método será empleado en la repetición de frecuencias por doble polarización en los sistemas de comunicación vía satélite.

## 2.2.- DESPOLARIZACION POR LLUVIA

Contrariamente a la opinión popular, la lluvia no tiene la forma clásica de gota. Realmente las gotas de lluvia tienen una forma muy complicada en función de muchos factores meteorológicos, sería muy difícil y demasiado trabajo crear diferentes modelos de lluvia, para un estudio de los efectos de propagación de una onda electromagnética que viaje a través de la misma, por lo que esta tesis no cubre los modelos teóricos de la lluvia en ningún detalle, la forma alargada de la gota es muy parecida a una ondulación, además porque el agua tiene diferentes propiedades dieléctricas cambiará los estados de polarización de una onda eléc



tromagnética que lo atraviese.

Los resultados de estudios y mediciones efectuado en varios países y estaciones terrenas, servirán para dar una correcta adaptación de las necesidades de la Estación Terrena "Quito".

Un modelo que permite asumir los efectos de la despolarización por lluvia es aquel que representa la gota con una forma esferoide oblata. Los efectos de la gota de lluvia pueden representarse como una variación completa de fase y amplitud del campo eléctrico de una onda que se propague a través de la gota, con su forma no esférica - dará efectos diferentes en cada uno de sus ejes. Sin embargo su cambio de fase y amplitud pueden desarrollarse en función de componentes fijos, sobre los ejes mayor y menor de la gota. Los valores absolutos de atenuación y variación de fase, contribuyen al fenómeno de desvanecimiento por lluvia y a la distorsión de fase respectivamente y de ésta manera cambian los estados de polarización de una onda electromagnética.

Algunos trabajos han sido presentados en referencia a este punto. Así por ejemplo: El trabajo presentado por el señor R.TAUR en el cuadro 2.2 nos muestra las curvas de atenuación en función de la intensidad de lluvia en las frecuencias de 11,6,4 GHz.

La figura 2.3 nos muestra los valores de desplazamiento de fase vs. la intensidad de lluvia tanto los calculados por el señor T. OGUCHIS como los medidos por los Srs. - MORRISON, CROSS y CHU en 1973 en los cuales podemos apreciar que los valores medidos son ligeramente superiores a los calculados.

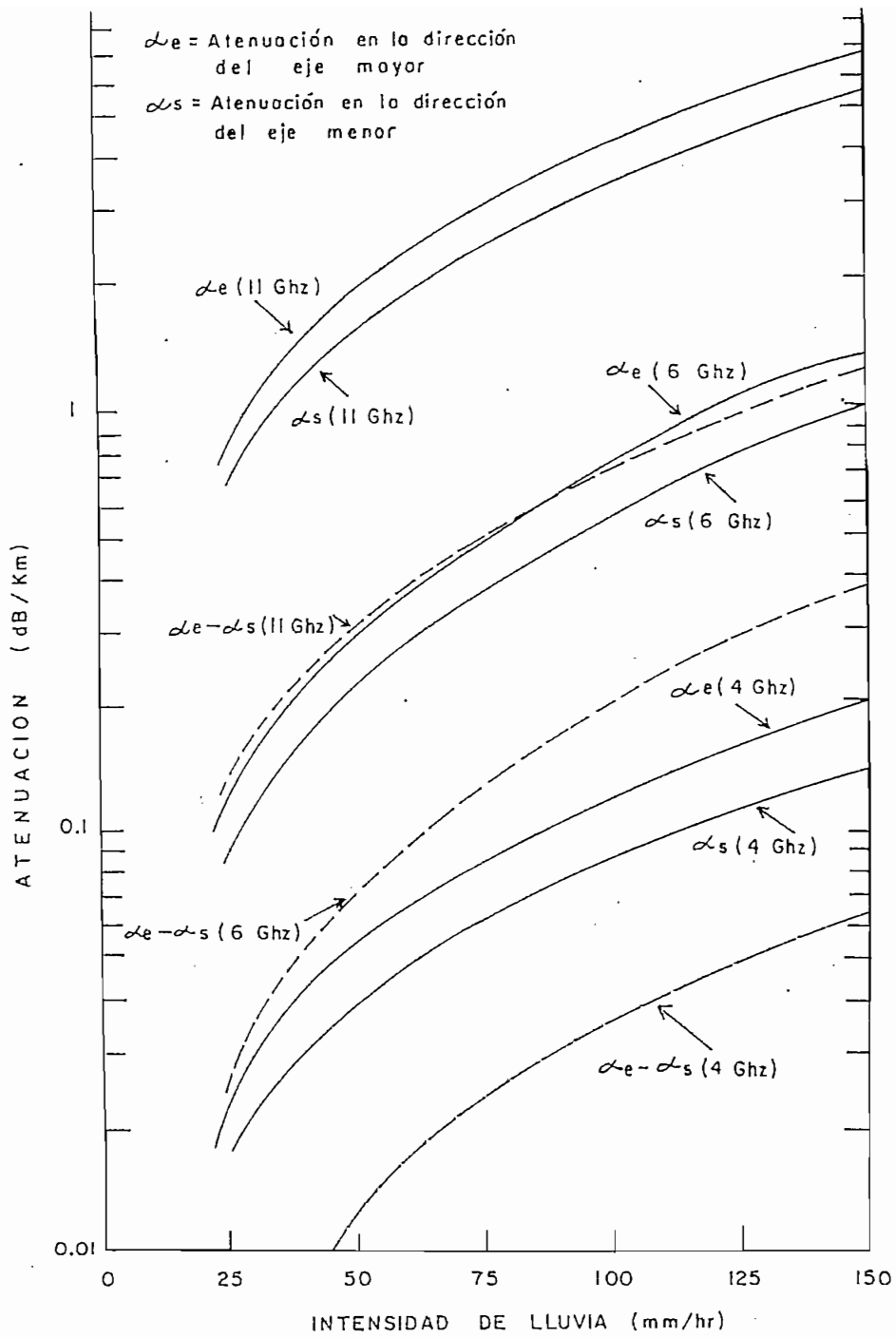


FIGURA 2.2

ATENUACION TEORICA POR LLUVIA

(tomado de R.TAUR)

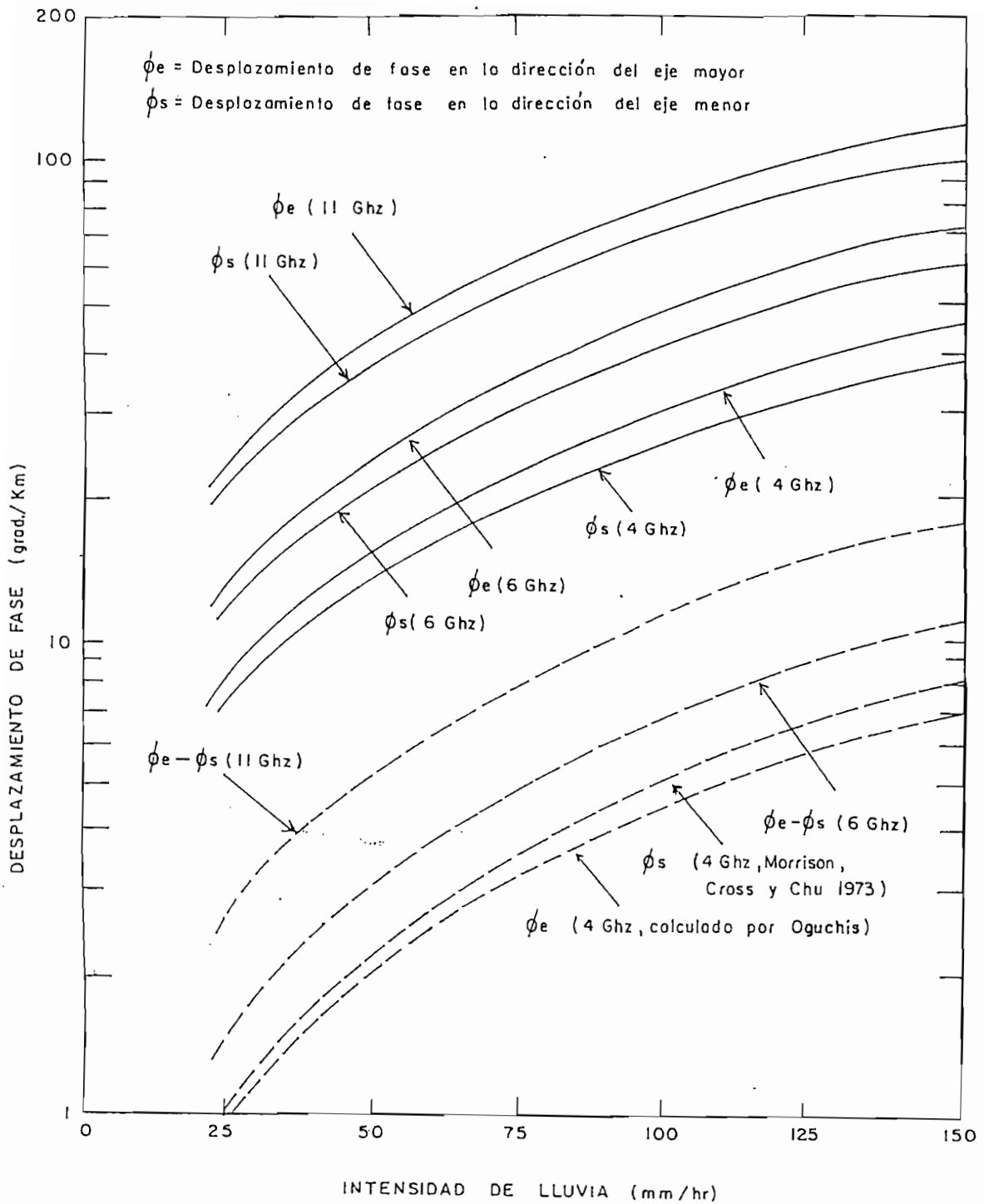


FIGURA 2.3

DESPLAZAMIENTO TEORICO DE FASE  
 POR EFECTOS DE LLUVIA

(tomado de R. TAUR)

Si consideramos que la lluvia con sus gotas en forma esferoide oblata cae en la dirección del eje Y, el eje mayor de la gota estará alineado con el eje X.

Sin embargo debido a los efectos del viento las gotas de lluvia no siempre caen perpendiculares al suelo sino más bien en forma diagonal. El ángulo formado entre el eje mayor de la gota y el eje X le denominaremos ángulo de distorsión, por lo tanto para nuestro modelo simplificado figura 2.4 la atenuación y el desplazamiento diferencial de fase será aplicado en la dirección del eje mayor de la gota, el ángulo de distorsión afectará los estados de polarización de la onda electromagnética que viaje a través de la lluvia.

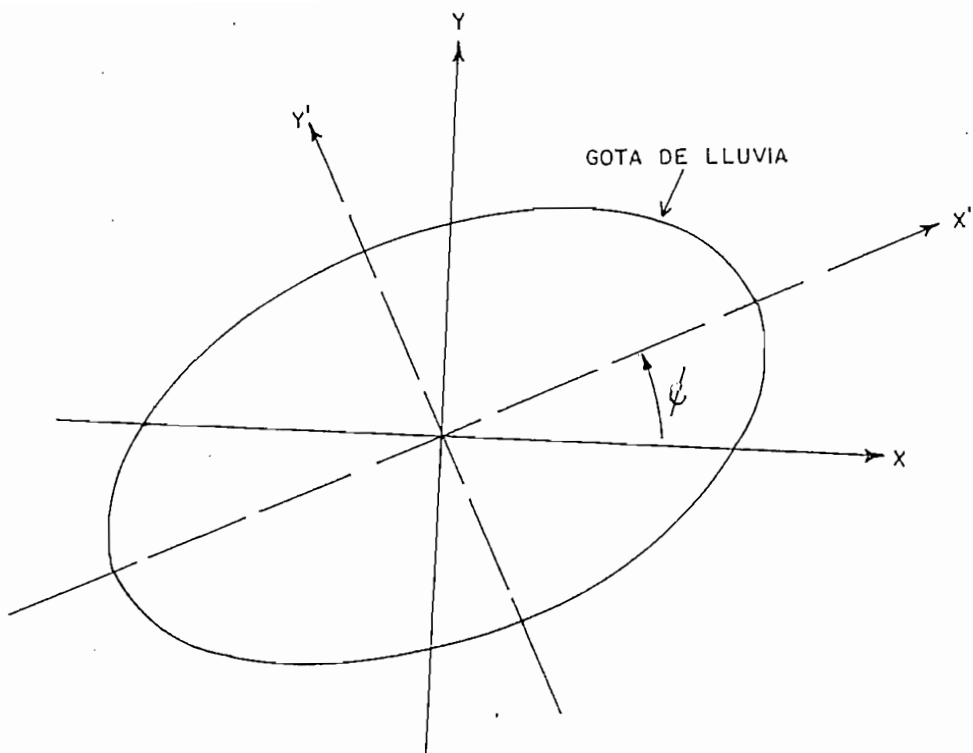
En la figura 2.5 se representa de modo general un campo eléctrico que tiene una doble polarización elíptica, el cual podemos descomponerlo en sus vectores componentes en el plano X-Y mediante las siguientes fórmulas:

$$E_{inx} = E_a \left[ \cos \alpha - \frac{j}{v_a} \sin \alpha \right] + E_b \left[ \cos \beta - \frac{j}{v_b} \sin \beta \right] \quad (2-10)$$

$$E_{iny} = E_a \left[ \sin \alpha + \frac{j}{v_a} \cos \alpha \right] + E_b \left[ \sin \beta + \frac{j}{v_b} \cos \beta \right] \quad (2-11)$$

Estos vectores X-Y pueden ser girados un ángulo  $\psi$  a un nuevo sistema de coordenadas alineado con los ejes de las gotas de lluvia donde  $\psi$  representa el ángulo de "desviación de la lluvia.

Aplicando la atenuación diferencial  $\Delta K$  y el desplazamiento diferencial de fase  $\Delta \beta$  producido por las gotas las componentes en el nuevo eje de coordenadas  $E_{x'}$ ,  $E_{y'}$  quedarán expresadas por las fórmulas siguientes:



$$\text{ENTRADA} = \frac{E_{y'}}{E_{x'}} = j = 1 \angle 90^\circ$$

$$\text{SALIDA} = \frac{E_{y'}}{E_{x'}} = j \Delta K e^{-j\Delta\phi} = \Delta K \angle 90^\circ - \Delta\phi$$

$\Delta K$  = ATENUACION DIFERENCIAL ENTRE  $E_x$  y  $E_y$

$\Delta\phi$  = DESPLAZAMIENTO DIFERENCIAL DE FASE ENTRE  $E_x$  y  $E_y$

FIGURA 2.4  
ALTERACION DEL ESTADO DE POLARIZACION  
POR GOTAS DE LLUVIA

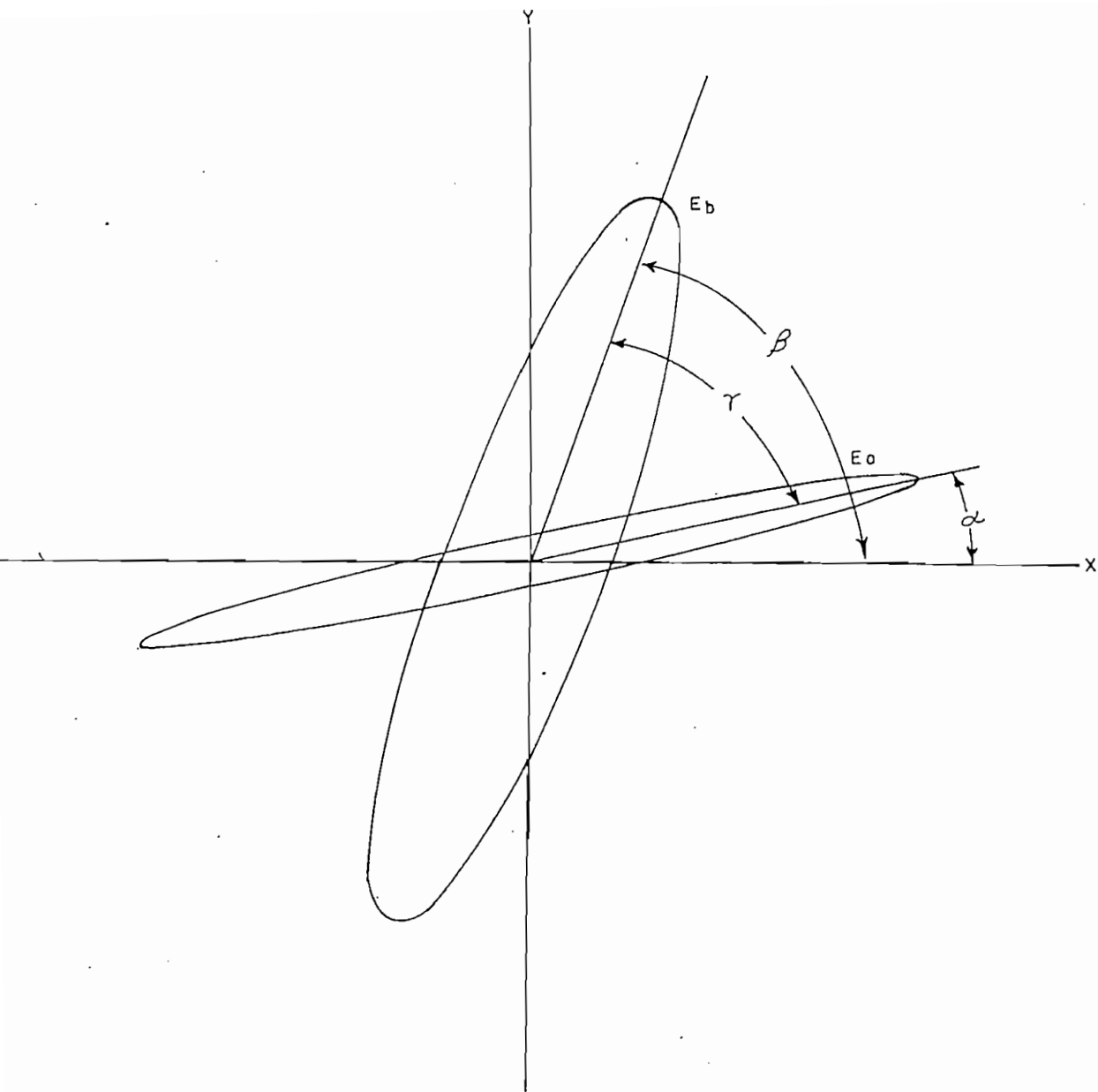


FIGURA 2.5

DOBLE POLARIZACION ELIPTICA

$$E_x' = [E_{in_x} \cos \psi + E_{in_y} \sin \psi] \Delta K e^{-j\Delta\phi} \quad (2-12)$$

$$E_y' = [E_{in_y} \cos \psi + E_{in_x} \sin \psi] \quad (2-13)$$

relacionando las componentes de entrada y salida.

Entrada= antes de atravesar por la lluvia.

$$\frac{E_{in_y'}}{E_{in_x'}} = j = 1 \angle 90^\circ \quad (2-14)$$

Salida= Después de atravesar por la lluvia.

$$\frac{E_{oy'}}{E_{ox'}} = j \Delta K e^{-j\Delta\phi} = \Delta K \angle 90^\circ - \Delta\phi \quad (2-15)$$

Donde  $\Delta K$  = atenuación diferencial entre  $E_x$  y  $E_y$  y

$\Delta\phi$  = desplazamiento de fase.

Si se desea calcular los vectores componentes en el plano original significará rotar en sentido contrario el ángulo de desviación  $\psi$  y tendríamos:

$$E_{x \text{ out}} = [E_x' \cos \psi - E_y' \sin \psi] \quad (2-16)$$

$$E_{y \text{ out}} = [E_y' \cos \psi + E_x' \sin \psi] \quad (2-17)$$

Podemos expresar estas últimas fórmulas en un nuevo campo complejo en función de las dos nuevas elipses de polarización, en función del ángulo de inclinación y de la relación axial de las mismas.

Para un sistema de transmisión de señales con doble polarización lineal, la polarización resultante después de pasar la onda electromagnética a través de la lluvia estará en función de la intensidad y del ángulo de desviación de la misma.

La fórmula para calcular la discriminación de la polarización cruzada en dB está dada por:

$$DPX = 20 \log_{10} \left| \frac{1 + (\Delta K e^{-j\Delta\phi} \tan^2 \psi)}{(1 - \Delta K e^{-j\Delta\phi}) \tan \psi} \right| \quad (2-18)$$

El menor valor para la discriminación sucede para un ángulo de desviación  $\phi = 45^\circ$ , en este caso la ecuación queda reducida a la misma ecuación usada en el cálculo de la discriminación de la polarización en los sistemas de transmisión de polarización circular.

$$DPX_c = 20 \log_{10} \left| \frac{1 + \Delta K e^{-j\Delta\phi}}{1 - \Delta K e^{-j\Delta\phi}} \right| \quad (2-19)$$

En la figura 2.6 se muestra los valores calculados para la discriminación de polarización cruzada de ondas polarizadas circularmente y transmitidas a través de un medio lluvioso de 5 Km. a frecuencias de 4,6 y 11 GHz como una función de la intensidad de lluvia, definiéndose la intensidad de lluvia la cantidad en mm. que cae de ésta en el intervalo de una hora en la práctica el medio lluvioso tiene una longitud menor que 5 Km, como el



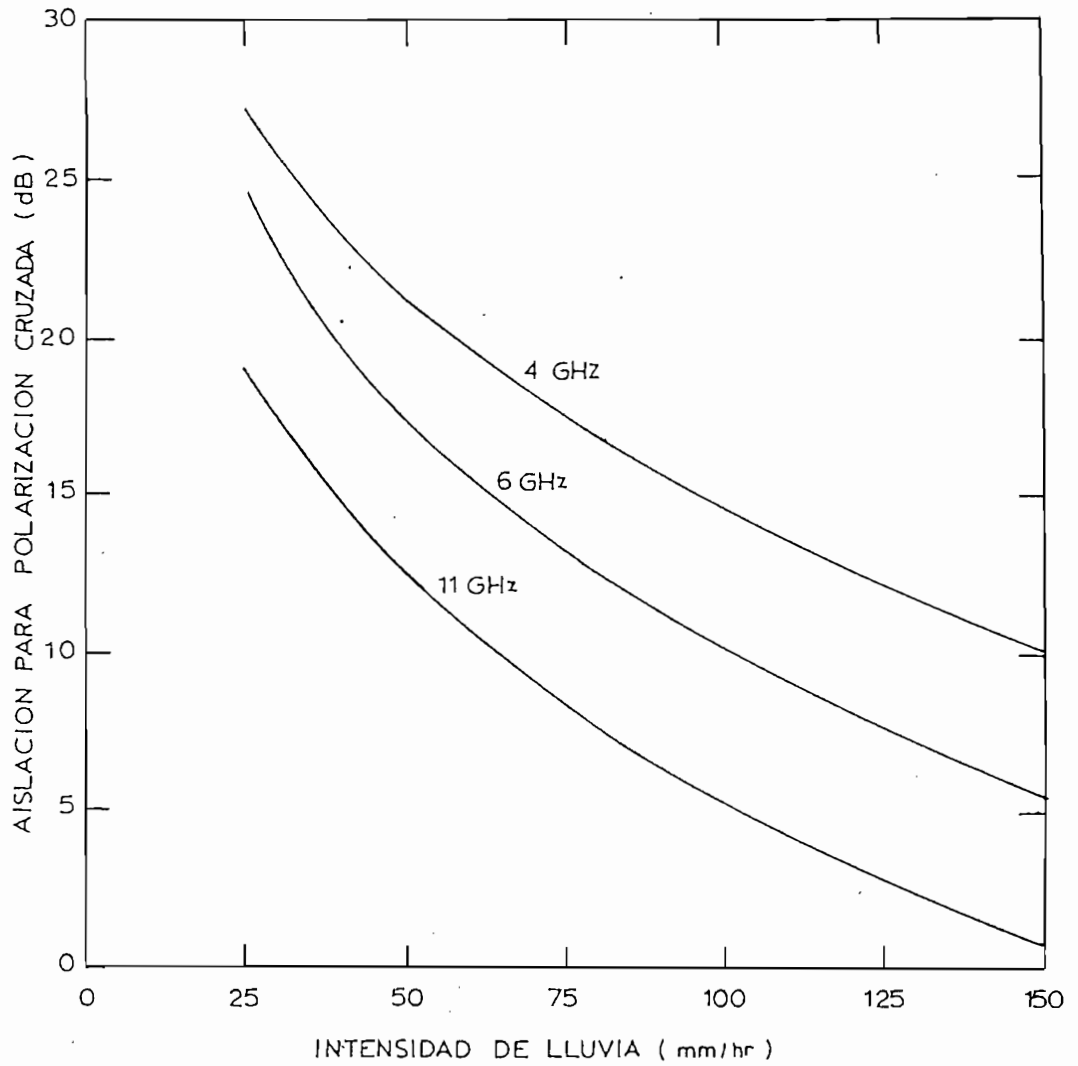


FIGURA 2.6

AISLACION DE POLARIZACION EN FUNCION DE LA  
INTENSIDAD DE LLUVIA

caso de la Estación Terrena "Quito" que con su ángulo de elevación de la antena de  $30^{\circ}$  aproximadamente tiene una longitud del medio de propagación lluvioso de 3 Km. Por supuesto si se desea una mejor discriminación es necesario que el sistema de antena receptora tenga su polarizador y su transductor ortomodo en una posición óptima, esto es alineado con los ejes de la gota de lluvia.

La figura 2.7 representa las pérdidas de aislamiento de polarización cruzada tanto para la atenuación diferencial como los causados por el desplazamiento diferencial de fase en función de la intensidad de lluvia, de esta figura es fácil darse cuenta que en las bandas de frecuencia de 4, 6 y 11 GHz el desplazamiento diferencial de fase tiene efectos mayores en la despolarización por lluvia que la atenuación diferencial.

Como se explicó anteriormente el grado de desortogonalidad de dos estados de polarización puede ser medidos en función del ángulo de desviación de la perpendicularidad.

En caso de ser requerido, es necesario primero convertir en dos estados de polarización lineal y si los alineamos simétricamente en un sistema de coordenadas X-Y, el ángulo entre el eje X y un vector del estado de polarización puede usarse como una medida de la ortogonalidad, la figura 2.8 muestra estos ángulos como función de la intensidad de lluvia en las bandas de frecuencia de nuestro interés para un medio lluvioso de 5 Km.

Una pregunta de gran importancia y que no tiene todavía una respuesta satisfactoria es la dependencia de la frecuencia en la despolarización por lluvia por lo que esta

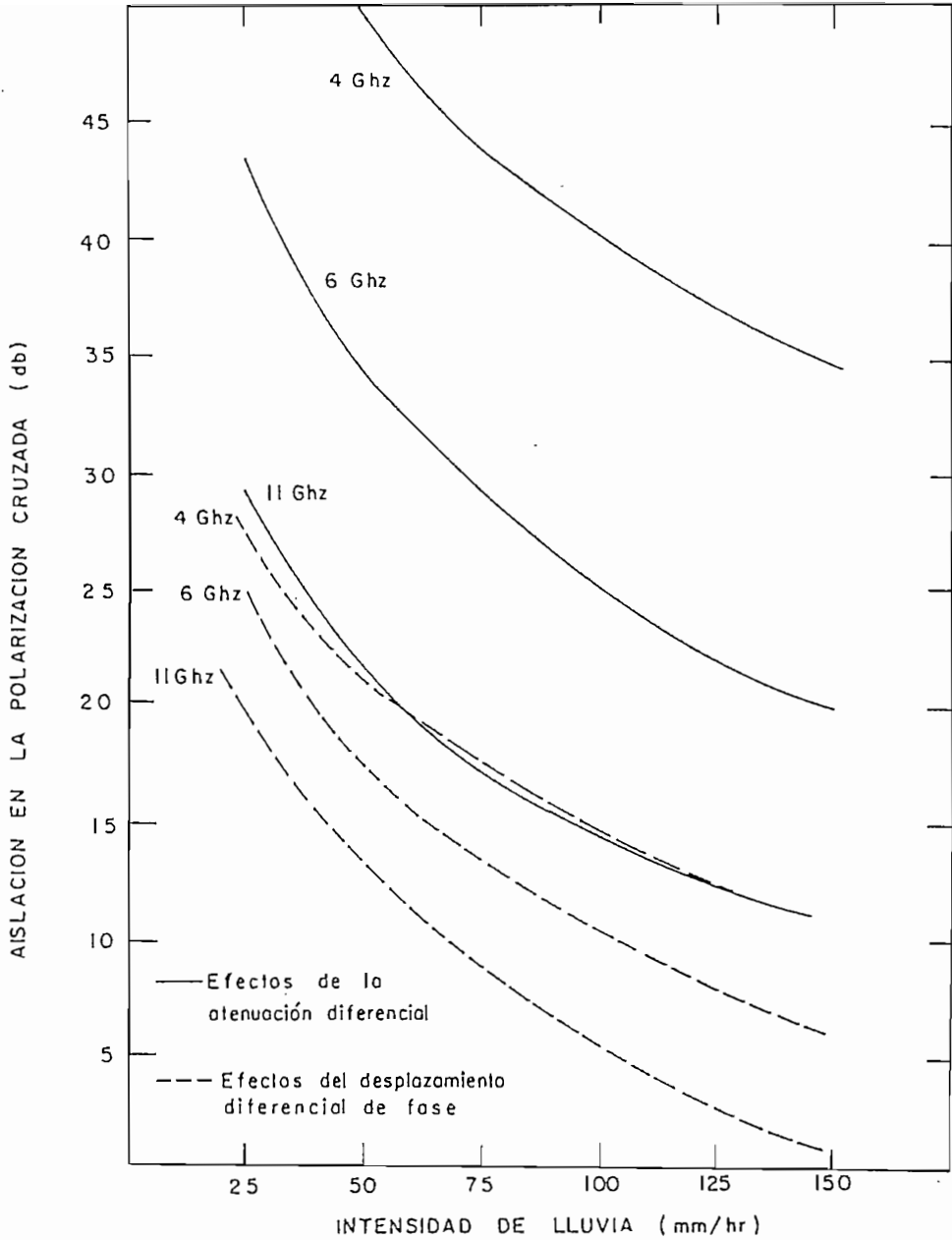


FIGURA 2.7

COMPONENTES DE LA DESPOLARIZACION TEORICA POR LLUVIA  
 PARA LA ATENUACION Y EL DESPLAZAMIENTO DE FASE

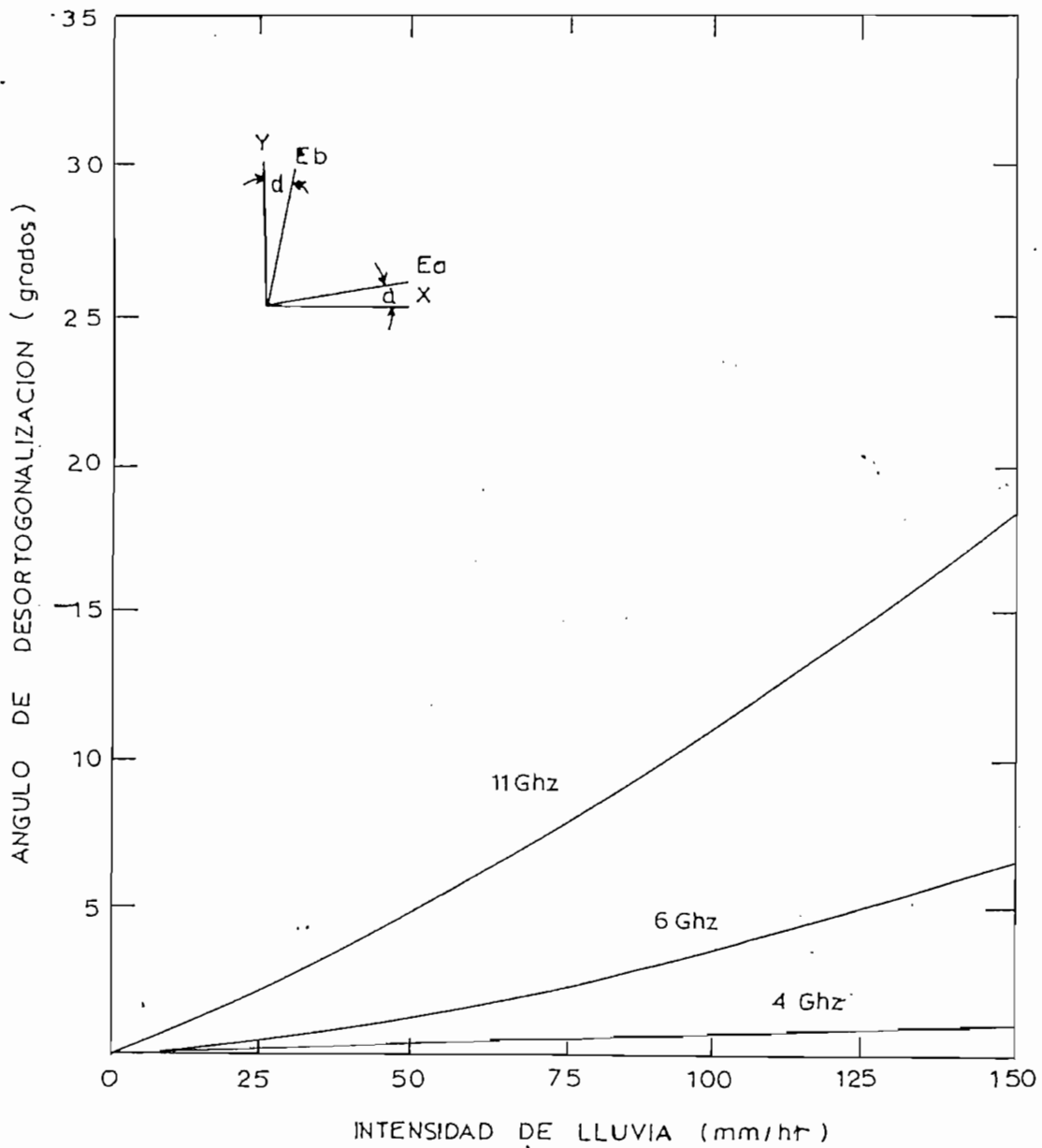


FIGURA 2-8

ANGULOS DE DESVIACION DESDE LA ORTOGONALIDAD EN FUNCION DE LA LLUVIA

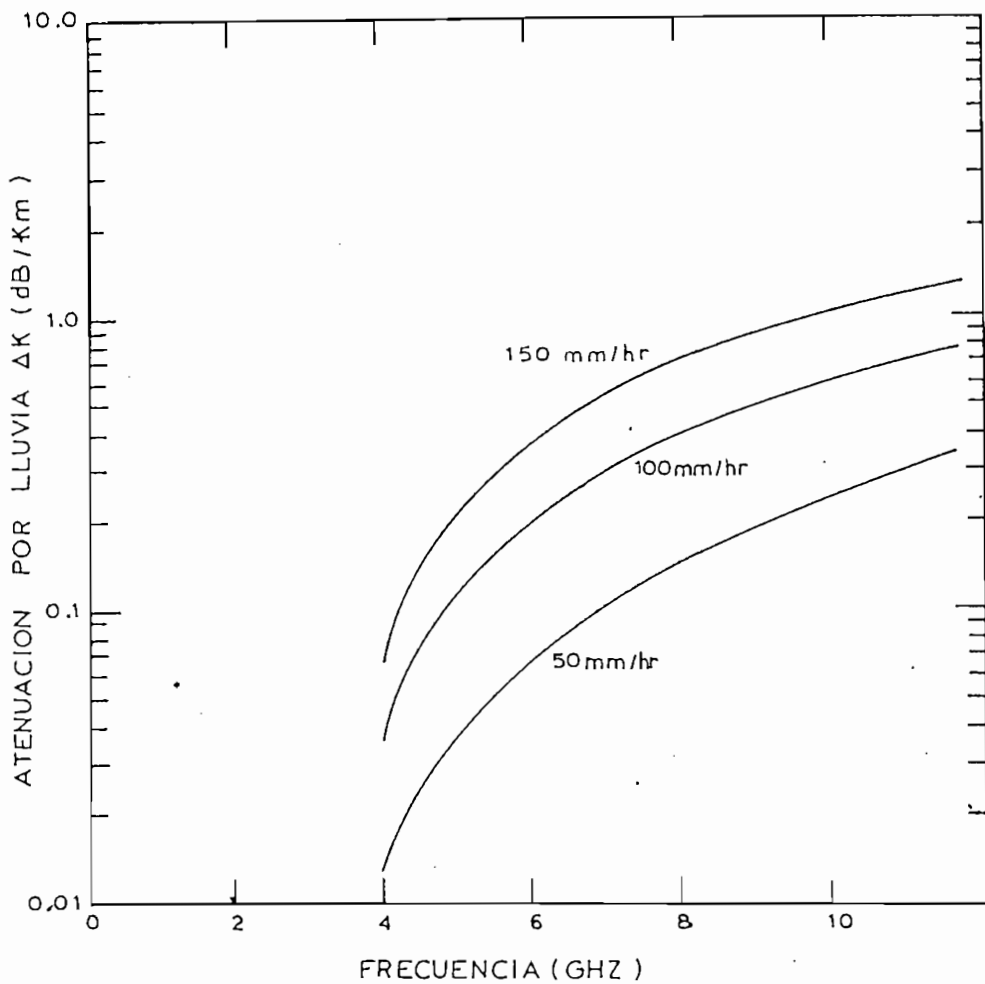


FIGURA 2.9

DEPENDENCIA ENTRE LA ATENUACION DIFERENCIAL Y LA FRECUENCIA

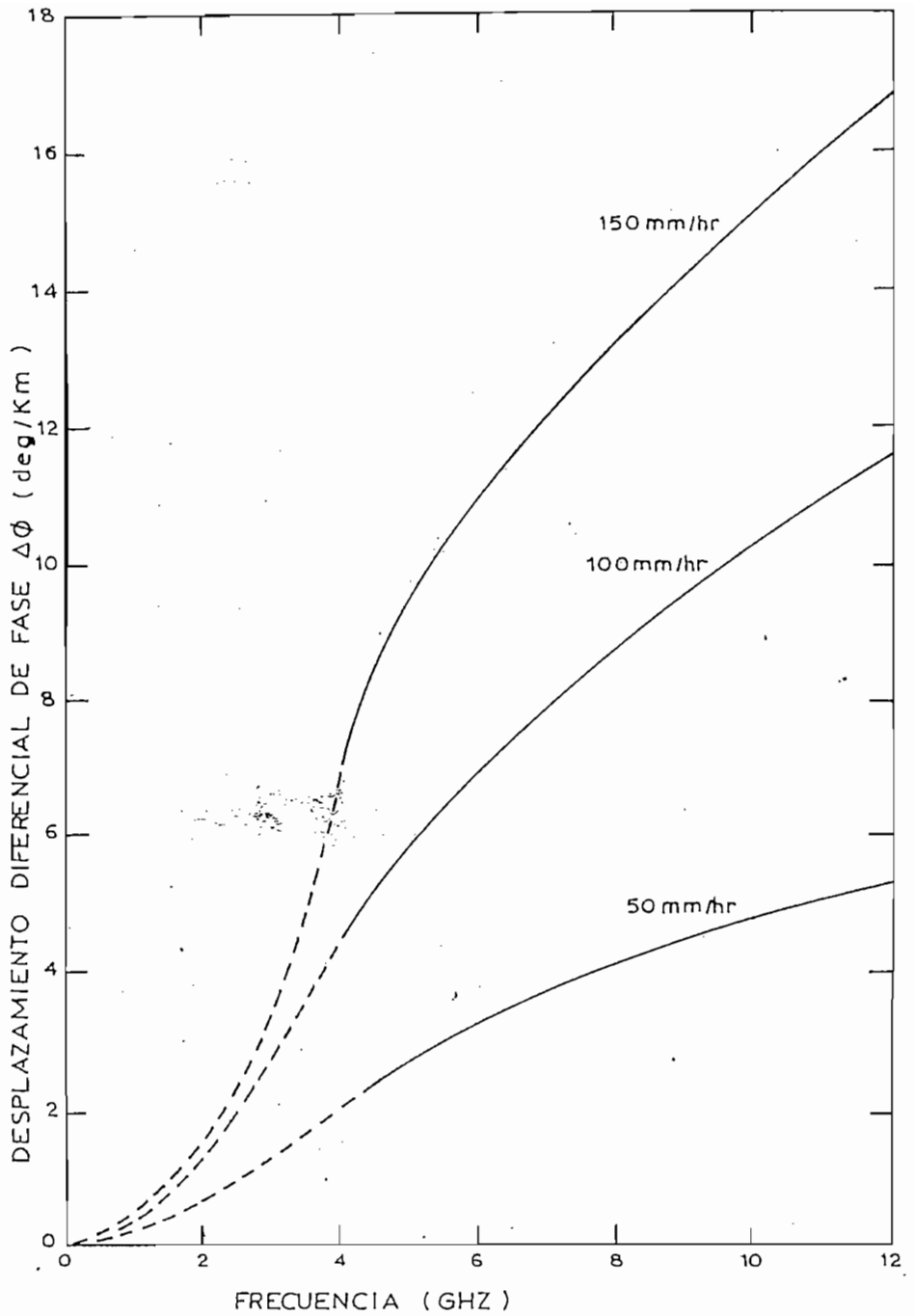


FIGURA 2.10

DEPENDENCIA ENTRE EL DESPLAZAMIENTO DIFERENCIAL DE FASE Y LA FRECUENCIA

tésis y para estudios posteriores utilizaremos los resultados proporcionados por el Sr. Oguchi y mostrado en la figura 2.9 y 2.10 que representan la atenuación diferencial y el desplazamiento diferencial de fase en función de la frecuencia para varias intensidades de lluvia.

### 2.3.- ELEMENTOS DESPOLARIZANTES EN LA ESTRUCTURA ACTUAL

El sistema de antena y rastreo contiene todos los elementos que afectan a la polarización de transmisión y recepción. Estos componentes incluyen el polarizador, las guías de onda, el sistema de acoplamiento para el rastreo la bocina de alimentación, los reflectores de enfoque, el subreflector y su soporte y el reflector principal por sí mismo.

Para todos los elementos despolarizantes en la estructura actual se puede aplicar en serie los mismos principios que se aplicó en la despolarización por lluvia, esto es, cambios de desplazamiento de fase, como de atenuación diferencial.

A continuación se explicará de manera breve los efectos de despolarización de cada elemento y el modo como cada uno afecta a la polarización de las ondas.

#### 2.3.1.- POLARIZADOR

Un polarizador ideal debería introducir un desplazamiento diferencial de fase exactamente de  $90^{\circ}$  eléctricos, y por lo tanto producirá una perfecta polarización circular.

En la práctica no tenemos un polarizador que introduzca un desplazamiento diferencial de fase exactamente a  $90^{\circ}$ , por lo que introduce pérdidas de polarización que pueden estar calculadas a partir del ángulo de desviación, mediante la siguiente fórmula:

$$r_p = \sqrt{\frac{1 + \cos \delta}{1 - \cos \delta}} = \cot \left( \frac{\delta}{2} \right) \quad (2-20)$$

Donde  $\delta$  es el ángulo que desplaza el polarizador.

Si tomamos en cuenta el ángulo de desviación esta misma fórmula puede aproximarse a decibelios y tendríamos una relación axial en dB dada por la fórmula:

$$R_p (\text{dB}) \approx 0.152 * \theta \quad (2-21)$$

$$\theta (\text{grados}) = 90^\circ - \delta \quad (2-22)$$

Donde  $\theta$  representa el ángulo de desviación de la ortogonalidad.

### 2.3.2.- REFLECTOR PRINCIPAL, SUBREFLECTOR Y SU SOPORTE

En la configuración CASSEGRAIN, el subreflector es soportado por una estructura que puede ser de configuración bípode, trípode o cuadrípode teniendo una mejor simetría en los  $360^\circ$  el soporte formado por cuatro elementos; la estructura que soporta el subreflector en la Estación Terrena "Quito" es trípode, estos elementos no deberían tener efectos despolarizantes para ondas perfectamente circulares en su polarización. Sin embargo la onda no siempre tiene una polarización circular y además la simetría de los elementos del soporte no siempre es perfecta por lo que en la práctica introduce una despolarización, siendo ésta relativamente pequeña.

Dada la fatiga de los materiales es de esperarse que el reflector principal y el subreflector no estén perfecta-



mente alineados como en el inicio de su construcción y montaje, además la simetría de su contorno no es círculo perfecto, sino más bien algo alargado en el sentido vertical, por efectos del calor y el tiempo.

Desde el punto de vista de las mediciones de despolarización la correspondencia más importante es la existente entre la onda incidente y el aislamiento de polarización. Este aislamiento está relacionado con la transferencia de energía entre la antena y la onda incidente, el factor de transferencia  $\Gamma$  está representado - por la fórmula:

$$\Gamma = \frac{(1+r_w^2)(1+r_a^2) \pm 4r_w r_a + (1-r_w^2)(1-r_a^2) \cos 2\delta}{2(1+r_w^2)(1+r_a^2)} \quad (2-23)$$

donde

$\Gamma$  = factor de transferencia

$r_w$  = relación axial de voltaje de la onda incidente.

$r_a$  = relación de voltaje de la antena.

$\delta$  = ángulo entre los ejes mayores de las elipses de - polarización de la antena y la onda incidente.

En la ecuación 2.24 el signo positivo (+) se usa cuando las elipses de polarización de antena y la onda tienen el mismo sentido de rotación y se usa el signo negativo (-) cuando las elipses tienen sentido de rotación inverso.

Para calcular los efectos introducidos por la antena de manera exclusiva, es necesario considerar que la onda incidente es perfectamente circular, solo así el acoplamiento y la transferencia de energía será independiente

del ángulo  $\delta$  y vendrá dado por la fórmula:

$$\Gamma = \frac{(1 \pm r_a)^2}{(1 + r_a^2)} \quad (2-24)$$

El aislamiento entre las polarizaciones cruzadas es obtenido tomando la relación de potencia en recepción entre la copolarización con el signo (-) y su polarización cruzada con el signo (-) y expresado como sigue:

$$I = \frac{\Gamma (+)}{\Gamma (-)} = \left( \frac{1 + r_a}{1 - r_a} \right)^2 \quad (2-25)$$

I= Aislamiento entre las polarizaciones cruzadas.

Por ejemplo si nosotros calculamos cual debería ser la relación axial del todo sistema de antena para las condiciones mandatorias de Intelsat podríamos utilizar la siguiente fórmula:

$$r_a = \frac{\sqrt{I} + 1}{\sqrt{I} - 1} \quad (2-26)$$

a.- Objetivos de diseño de Intelsat

I= 30.7 dB de aislamiento de polarización

I= 30.7 dB      I= 1178

$$r_a = \frac{\sqrt{I} + 1}{\sqrt{I} - 1} = \frac{\sqrt{1178} + 1}{\sqrt{1178} - 1} = 1.06$$

b.- Valores tolerados por Intelsat

I= 27.3 dB de aislamiento de polarización

I= 27.3      I= 537,0

$$r_a = \frac{\sqrt{I} + 1}{\sqrt{I} - 1} = \frac{\sqrt{537} + 1}{\sqrt{537} - 1} = 1.09$$

La figura 2.11 representa el aislamiento de polarización cruzada en función de la relación axial de la antena, para lo cual se considera que la onda incidente tiene una polarización circular pura.

### 2.3.3.- GUIAS DE ONDA, ACOPLADORES, BOCINA CORRUGADA Y REFLECTORES DE ENFOQUE

Una fuente de despolarización en los sistemas de polarización cruzada es el desacoplamiento de impedancias entre los distintos sistemas, éstos desacoplamientos producen ondas estacionarias.

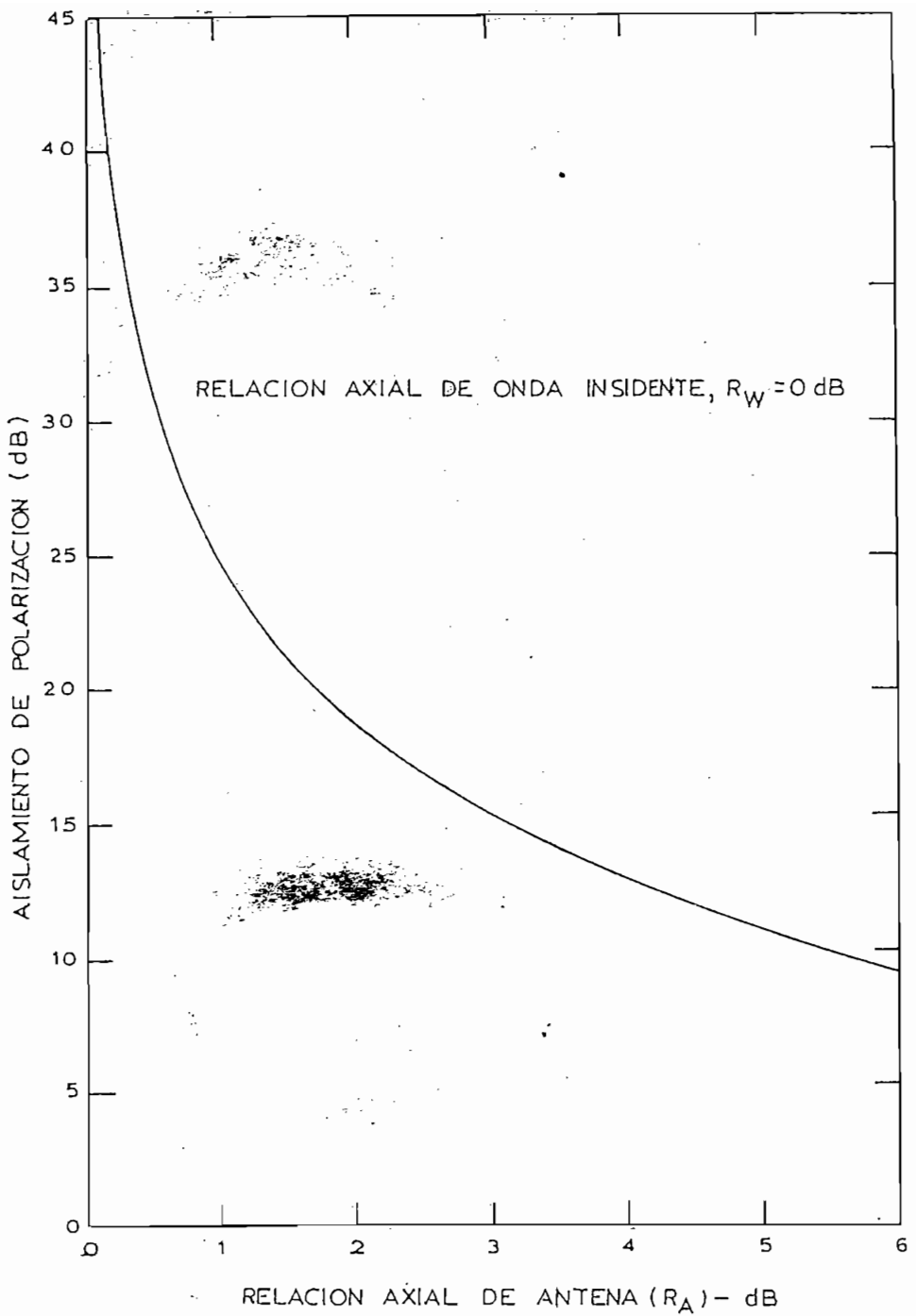
La figura 2.12 ilustra los efectos del desacoplamiento de impedancia, en donde VSWR1 incluye el desacoplamiento de los reflectores de enfoque y el subreflector.

### 2.4.- TECNICAS DE RESTAURACION DE LA ORTOGONALIDAD

Antes de describir con detalle algunos problemas para la ortogonalización de campos polarizados es necesario clasificar algunos aspectos simétricos del problema. Usado comunmente el término "Restauración de la ortogonalidad" se refiere no solo al logro arbitrario de estados de polarización ortogonal de ondas, sino a conseguir los estados particulares de ortogonalidad definidos por un conjunto de vectores ortogonales referenciables.

Cuando a lo largo de este capítulo se estudia las técnicas de ortogonalización de dos vectores  $\tilde{U}$  y  $\tilde{V}$  significa su conversión a los mismos estados de polarización  $\tilde{a}$  y  $\tilde{b}$  donde  $\tilde{a}$  y  $\tilde{b}$  son un grupo complejo específico de vectores ortogonales de referencia.

Estos vectores son definidos bajo óptimas condiciones por campos eléctricos  $E$  de dos señales que alimentan el canal de recepción. Esto implica que se deba realizar -



AISLAMIENTO PARA  $R_W = 0$  dB

FIGURA 2.11

AISLAMIENTO DE POLARIZACION VS RELACION AXIAL DE ANTENA

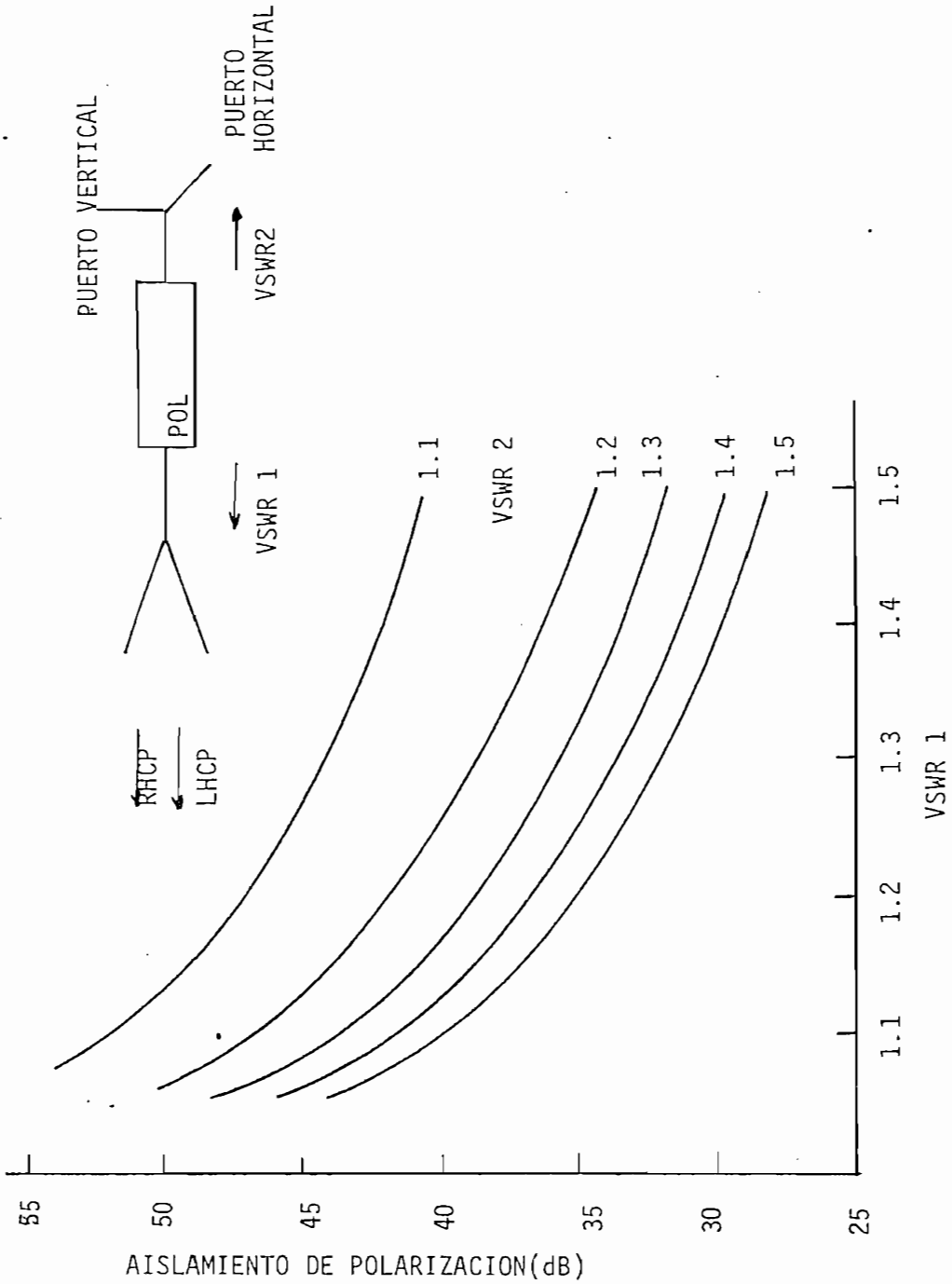


FIGURA 2.12 EFECTOS DEL DESACOPPLAMIENTO EN EL AISLAMIENTO DE POLARIZACION

el aislamiento absoluto entre las dos señales del canal en un sistema de polarización dual, de modo que se pueda extraer solamente la señal a de un canal y la señal b del otro.

2.4.1.- TECNICA DE RESTAURACION DE LA ORTOGONALIDAD T.S. CHU

Seguramente la técnica más conocida para la ortogonalización de dos señales polarizadas es la del Sr. T.S.CHU.

Esta técnica representada en la figura 2.13 emplea un desplazador variable para la rotación diferencial de fase, con el objeto de alinear simultáneamente los estados de polarización de dos señales, seguidos de un atenuador de rotación diferencial variable para conseguir los estados perpendiculares de aislamiento y por consiguiente ortogonales entre sí.

Los vectores de referencia para la determinación de la ortogonalidad son definidas en este sistema por dos puertos de un transductor ortomodo (TOM) a  $45^\circ$  del ángulo de introducción de la atenuación diferencial.

Para campos elípticos y arbitrariamente dual polarizados como el representado en la figura 2.5 es necesario la inserción de un corrimiento diferencial  $\Delta\phi$  con el objeto de conseguir un alineamiento de los dos estados de polarización y calculado por la siguiente ecuación:

$$\Delta\phi = \frac{2rb}{(rb^2 - 1) \sin \left[ \arctan \left( \frac{\sin 2r}{\cos 2r - \frac{ra}{rb} \left( \frac{rb^2 - 1}{ra^2 - 1} \right)} \right) \right]} \quad (2-27)$$

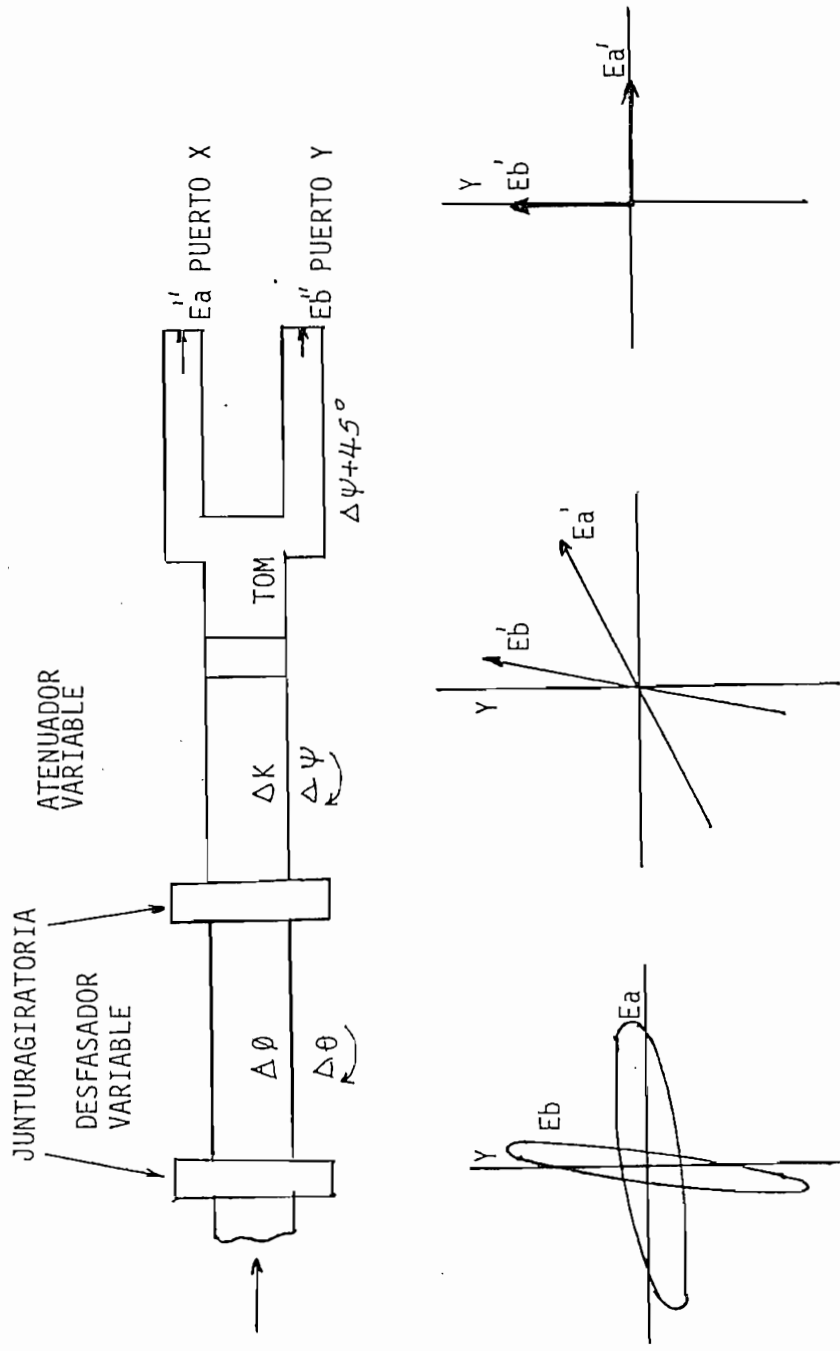


FIGURA 2.13 CIRCUITO ORTOGONALIZADOR MEDIANTE DESFAZADOR Y ATENUADOR DIFERENCIAL VARIABLE

Aplicando el ángulo  $\Theta$  con relación al eje X, en donde el ángulo está dado por la ecuación:

$$\Theta = \beta - \frac{1}{2} \arctan \left[ \frac{\sin 2r}{\cos 2r - \frac{r_a}{r_b} \left( \frac{r_b^2 - 1}{r_a^2 - 1} \right)} \right] \quad (2-28)$$

Esto dará por resultado 2 vectores de polarización lineal alineados a  $\xi_1$  y  $\xi_2$  con relación al eje X donde  $\xi_1$  y  $\xi_2$  se encuentran de las ecuaciones:

$$\xi_1 = \Theta \pm \arctan \left[ \sqrt{\frac{r_a^2 \tan^2(\Theta - \alpha) + 1}{r_a^2 + \tan^2(\Theta - \alpha)}} \right] \quad (2-29)$$

$$\xi_2 = \Theta \pm \arctan \left[ \sqrt{\frac{r_b^2 \tan^2(\Theta - \beta) + 1}{r_b^2 + \tan^2(\Theta - \beta)}} \right] \quad (2-30)$$

El resultado positivo se encuentra cuando se escoge una relación axial negativa y viceversa.

Si se considera el valor  $\Delta \xi$ , ángulo entre 2 vectores lineales resultantes, hay dos posibilidades, si  $\Delta \xi$  es menor que  $90^\circ$  una atenuación diferencial de:

$$\Delta K = \tan \frac{\Delta \xi}{2} \quad (2-31)$$

aplicada a lo largo de la línea que bisecta los vectores producirá dos vectores lineales perpendiculares. Si es mayor que  $90^\circ$  una atenuación diferencial de:

$$\Delta K = \cot \frac{\Delta \xi}{2} \quad (2-32)$$

a la línea que bisecta los vectores producirá el mismo efecto. En ambos casos los vectores perpendiculares finales de polarización lineal están alineados a  $-45^\circ$  con a la línea ortogonal.



### 2.4.2.- TECNICA DEL ACOPLAMIENTO CRUZADO

Un enfoque sustitutivo del problema de ortogonalización es la técnica de acoplamiento cruzado, este método abre primero un campo con doble polarización en sus componentes alineados con los puertos del transductor ortomodo y luego intercambia energía entre los dos caminos de las señales con la fase y amplitud apropiada para cancelar los componentes de señal indeseables. En cada paso de la figura 2.14 ésta aproximación asume por supuesto que la componente no deseada en el primer enlace está totalmente relacionada con la señal deseada en el otro enlace.

Los bloques  $\Delta K$  que se ven en la figura 2.14 son acopladores variables, donde voltaje acoplado a través de los mismos es  $\sqrt{1-K^2}$  y el acoplamiento cruzado es  $K$ , los componentes  $\Delta\phi$  son desfases variables que multiplican la señal cruzada por  $e^{\Delta\phi}$ . Entonces considerando el campo de doble polarización representado en la figura 2.5 los voltajes en varios puntos del circuito se pueden encontrar como sigue:

$$E_x = E_a \left( \cos \alpha - \frac{j}{r_a} \sin \alpha \right) + E_b \left( \cos \beta - \frac{j}{r_b} \sin \beta \right) \quad (2-33)$$

$$E_y = E_a \left( \sin \alpha + \frac{j}{r_a} \cos \alpha \right) + E_b \left( \sin \beta + \frac{j}{r_b} \cos \beta \right) \quad (2-34)$$

Aplicando primero el acoplamiento restringido se tiene:

$$E_x' = E_a \sqrt{1-K_1^2} \left( \cos \alpha - \frac{j}{r_a} \sin \alpha \right) + E_b \sqrt{1-K_2^2} \left( \cos \beta + \frac{j}{r_b} \sin \beta \right) \quad (2-35)$$

$$E_y' = E_a \sqrt{1-K_1^2} \left( \sin \alpha + \frac{j}{r_a} \cos \alpha \right) + E_b \sqrt{1-K_2^2} \left( \sin \beta + \frac{j}{r_b} \cos \beta \right) \quad (2-36)$$

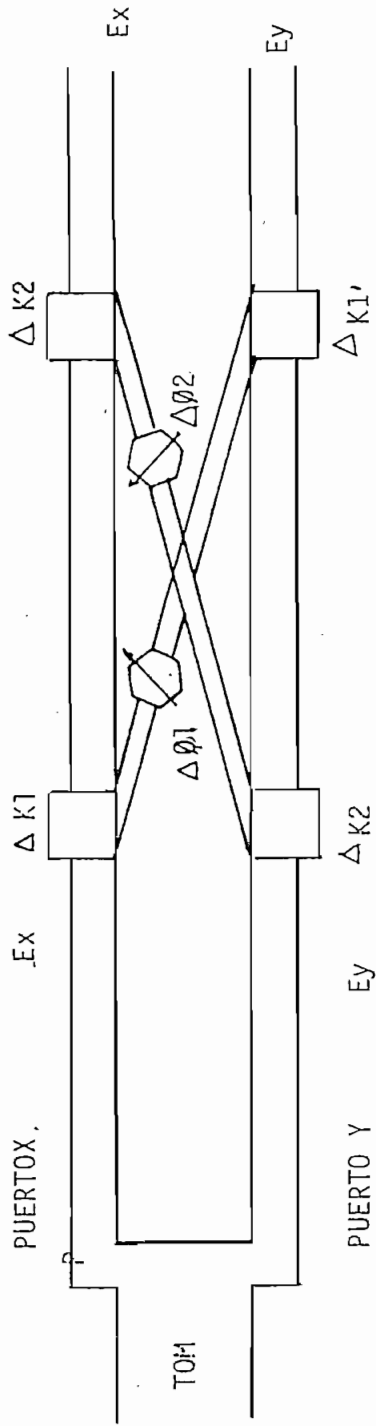


FIGURA 2.14 CIRCUITO ORTOGONALIZADOR POR MEDIO  
DE ACOPLAMIENTO CRUZADO

Luego con el acoplador y el defasador restringido

$$E_1 = E_a K_1 e^{-j\phi_1} \left( \cos \alpha - \frac{j}{r_a} \sin \alpha \right) + E_b K_1 e^{-j\phi_1} \left( \cos \beta - \frac{j}{r_b} \sin \beta \right) \quad (2-37)$$

$$E_2 = E_a K_2 e^{-j\phi_2} \left( \sin \alpha + \frac{j}{r_a} \cos \alpha \right) + E_b K_2 e^{-j\phi_2} \left( \sin \beta + \frac{j}{r_b} \cos \beta \right) \quad (2-38)$$

Finalmente después de los segundos acopladores se tiene:

$$E_{x''} = \sqrt{1 - K_2^2} E_{x'} + E_2 K_2 \quad (2-39)$$

$$E_{y''} = \sqrt{1 - K_2^2} E_{y'} + E_1 K_2 \quad (2-40)$$

Siendo el circuito de acoplamiento cruzado el más general adolece de algunos problemas prácticos pues solamente está optimizado en términos de pérdidas de inserción con lo que se degrada la relación señal a ruido, para un conjunto de señales polarizadas linealmente y orientadas simétricamente con relación a la línea que bisecta los puertos del transductor ortomodo.

Si se considera dos ondas incidentes ortogonales con polarización circular a la entrada del transductor ortomodo existirá una pérdida de voltaje de 6 dB en cada señal que va a su circuito acoplador, tomando en cuenta que el método de atenuación diferencial y el desplazamiento diferencial de fase previamente descrito no altera ni introduce pérdidas en las señales ortogonales. Este método de acoplamiento cruzado tiene muchas desventajas.

Por añadidura los acopladores variables son de difícil construcción, ésto sin hablar de la obtención de dos - pares adaptados de acopladores para la corrección en - un ancho de banda razonable.

CAPITULO TERCERO

MODIFICACIONES DE LA ESTACION TERRENA "QUITO"  
PARA OPERAR CON EL SISTEMA INTELSAT V

### 3.1.- DISCUSION DE LOS OBJETIVOS DE DISEÑO DEL ALIMENTADOR DE ANTENA

#### 3.1.1.- CONSIDERACIONES GENERALES

Uno de los principales objetivos de la Ingeniería, es optimizar los resultados, o sea conseguir los mejores efectos a un costo menor, estableciendo un compromiso de calidad en función de precio.

Como objetivo de diseño de los cambios requeridos por la Estación Terrena "Quito", estará el realizar las - más bajas inversiones y que a su vez estos cambios ga ranticen un rendimiento satisfactorio. Para lo cual se espera que estos cambios sean mínimos y que tengan una duración lo más breve posible, para de este mane- ra disminuir los tiempos de corte de tráfico, con lo cual no afectaríamos a nuestra disponibilidad de ser- vicio.

Como se explicó anteriormente los elementos que intro ducen efectos despolarizantes, pueden ser todos los componentes del sistema de antena y rastreo.

Si hacemos un análisis general de los cambios requeri dos por las estaciones terrenas, éstos pueden clasifi- carse en cuatro tipos:

##### a.- MODIFICACION MINIMA

Estas modificaciones incluirán el reemplazo del polarizador y la instalación de un transductor - orto-modo, manteniéndose los componentes de ras- treo existentes, tanto los acopladores como los receptores de rastreo. Este cambio como venta - jas presenta su bajo costo al cual puede añadir-

se un tiempo de corte muy breve, algunos fabricantes ofrecen realizarlo en un día, tiene un costo aproximado de \$/ 3'000.000,00.

Como desventajas podemos anotar la gran cantidad de pruebas previas, mediciones que se deben realizar en los diferentes componentes para asegurar pureza de polarización. Este tipo de cambio se recomienda para Estaciones Terrenas que tengan más de una antena, en las cuales se pueda transferir el tráfico con facilidad y de esta manera tener un soporte adecuado durante el tiempo de mediciones previas, que en algunos casos puede durar varios meses.

Muy pocas estaciones terrenas en el mundo podrán optar por este tipo de cambio.

b.- MODIFICACION MENOR

Es una modificación que requiere del reemplazo completo del alimentador, inclusive el sistema de acoplamiento para rastreo, pero sin cambiar su receptor, además no es necesario ajustes en el alineamiento del reflector principal y el sub-reflector.

Este cambio se lo puede hacer con pocas mediciones previas, siempre cuando se garantice, que la fatiga de los metales de la estructura que soporta el reflector principal y el sub-reflector sea mínima tal que la pérdida de simetría y de alineación, de estos elementos no provoque deterioro de aislamiento en la polarización cruzada.

En este tipo de modificación cabe mencionar también el cambio de la bocina de acoplamiento de impedancias, entre el espacio libre y el sistema de guías de onda que además, permite formar un frente de onda plano en el sistema radiante.

Para los sistemas y estaciones que tengan una bocina corrugada, no es necesario el cambio, ya que, ésta técnica con sus diferentes variantes en la actualidad es la que ha dado mejores resultados. El cambio de la bocina corrugada se justifica cuando ésta ha sufrido perturbaciones en su simetría tal que afecten de manera considerable la relación de onda estacionaria (VSWR) y su relación axial.

c.- MODIFICACION MAYOR

Esta modificación se recomienda para Estaciones Terrenas con un tiempo de vida comprendido entre 8 y 10 años y consiste en el reemplazo completo del alimentador, incluyendo bocina de acoplamiento, reemplazo del sub-reflector, y del sistema de rastreo, tiene un costo que fluctúa alrededor de \$/ 5'000.000,00, con un tiempo estimado de corte de las comunicaciones de cuatro días.

d. MODIFICACION GENERAL

En esta modificación además de todos los cambios de la modificación mayor se incluyen el realineamiento o el cambio del reflector principal, tiene un costo que varía cerca de los \$/8'750.000,00. Este cambio será necesario para Estaciones Terre



nas como la de "CHOCONTA No.1" (Colombia), en la cual no están garantizados, ni la simetría del reflector principal ni el alineamiento con su sub-reflector.

Se estima que este cambio con la modalidad de realineamiento del reflector principal, puede tener un corte de tráfico, que fluctúa entre 2 o 3 semanas.

d.- PRUEBAS DE VERIFICACION

Estas pruebas se las debe realizar con cualquier tipo de cambio y una vez concluidos éstos, como parte de las pruebas de aceptación, éstas pruebas se calcula que tienen un tiempo de corte de 80 horas y un costo aproximado de \$/ 250.000,00.

3.1.2.- CONDICIONES MANDATORIAS DE INTELSAT

El objetivo fundamental de los cambios del sistema de antena y rastreo de las estaciones terrenas, es cumplir con las condiciones mandatorias de Intelsat.

En el caso de la Estación Terrena "Quito", estas condiciones mandatorias son las que se refieren a las Estaciones Terrenas "Tipo A" existentes, que deseen operar con la serie Intelsat V; estas condiciones fueron explicadas anteriormente en el capítulo primero y que además es deseable que cada uno de sus elementos, cumplan los requisitos relacionados a asegurar que todo el sistema guarde un aislamiento de polarización y que la suma de todos los elementos despolarizantes, sea tal que el aislamiento general del sistema tenga un valor mejor que 27.3 dB lo que equivale a una relación axial de 1.09.

El cuadro 3.1 nos muestra las características deseables en los diferentes elementos que componen el sistema de antena.

CUADRO 3.1

FUENTES DE DESPOLARIZACION	OBJETIVOS TÍPICOS DE DISEÑO
1.- Relación axial TOM/POLARIZADOR	1.02 (0.2 dB)
2.- Aislamiento de Polaridad en el TOM/POLARIZADOR	40 dB
3.- VSWR a la entrada de la Bocina	1.3
4.- Relación axial de la Bocina	1.02 (0.2 dB)
5.- Distorsión de Asimetría de la superficie del reflector principal	0.5 mm RMS
6.- Alineamiento del Sub-reflector	0.7 mm de error
7.- Distorsión de Asimetría del Sub-reflector	0.5 mm RMS
8.- Aislamiento del HPA entre canales de polarización cruzada	100 dB
9.- Aislamiento total del sistema con lluvia ligera de hasta 25 mm/hora	27 dB

### 3.1.3.- ANÁLISIS DE LOS CAMBIOS REQUERIDOS

Según garantías presentadas por MELCO (Mitsubishi Electric Corporation), fabricante de la Estación Terrena "Quito", el sistema de antena figura 3.1 con su reflector principal tiene una superficie con una distorsión de 1.2 mm RMS y además se estima que la perturbación de simetría es mínima, el reflector principal tiene un diámetro de 32 metros, por lo que no requiere ser cambiado. De igual manera el sub-reflector en su diámetro de 2.9 mtrs. y con una superficie que tiene una distorsión garantizada menor que 0.2 mm RMS. Si una vez realizados los cambios de los elementos necesarios y de acuerdo con las mediciones de aislamiento de

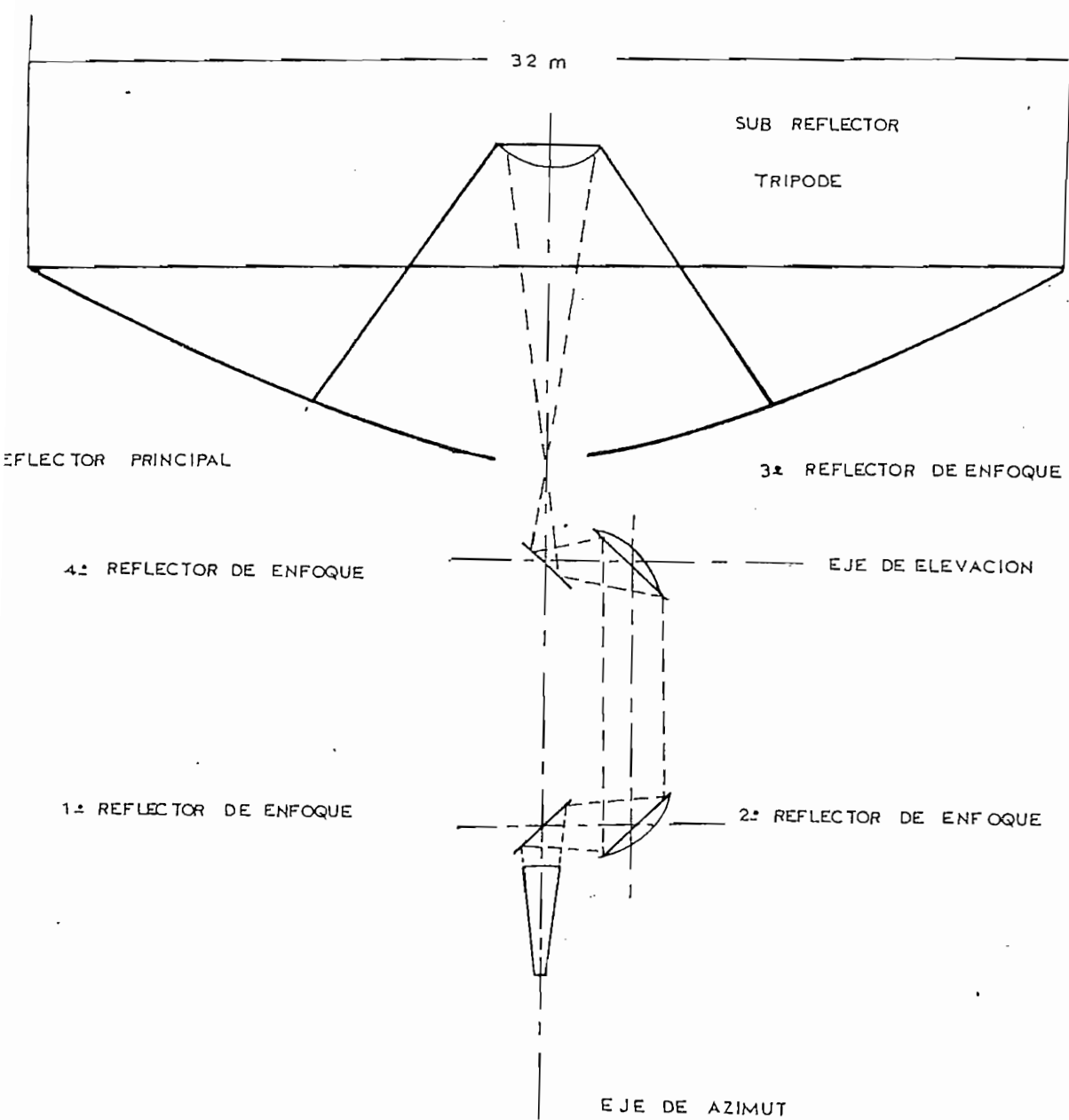


FIGURA 3.1 CONFIGURACION GENERAL DEL SISTEMA DE ANTENA

polarización, que deben llevarse a cabo como parte de las pruebas de aceptación, es necesario alinear el reflector principal y el sub-reflector, así el alineamiento puede operarse sin que esto afecte a los elementos cambiados con anterioridad.

El sistema de soporte del sub-reflector no es necesario cambiar, ya que si de acuerdo con las pruebas de aceptación, no cumple con los requerimientos de aislamiento de polarización, los efectos de despolarización pueden compensarse con el alineamiento del sub-reflector con el reflector principal.

Por lo anteriormente analizado, vemos que el cambio más conveniente para la Estación Terrena "Quito", es el descrito como cambio menor, sin incluir en él la bocina corrugada, ya que ésta tiene en sus características un VSWR menor que el tolerado por los sistemas de comunicaciones Intelsat, por lo que se espera pueda satisfacer las condiciones de aislamiento de polarización.

### 3.1.4.- SISTEMA ALIMENTADOR ACTUAL

#### a.- CARACTERISTICAS GENERALES

Las características que se pueden anotar para el sistema de alimentación actual, a los reflectores de enfoque son los siguientes:

ANCHO DE BANDA

Transmisión	5925 a 6425 GHZ
Recepción	3700 a 4200 GHZ

RELACION AXIAL

Polarización circular                    menor que 3 dB

Polarización lineal                    mayor que 14 dB

VSWR

Transmisión                                menor que 1.3

Recepción                                menor que 1.3

AISLACION (entre terminales de recepción y transmisión                    mayor que 33 dB

b.- TEORIAS DE FUNCIONAMIENTO

El sistema "Alimentador" actual está diseñado para trabajar con los satélites Intelsat III o Intelsat IV y su operación consiste en convertir la energía electromagnética que recibe desde el satélite en dos señales, una es la señal de comunicaciones en sentido de recepción y la otra es la señal de rastreo que está compuesta de la señal suma y la señal error.

Además el alimentador transmite la energía desde el amplificador de alta potencia al sistema reflector, después de introducir los cambios necesarios para conseguir una polarización adecuada, o sea, la requerida por las antenas y los sistemas de recepción en los satélites. Adicionalmente el alimentador modula la señal de error de rastreo, para poderla distinguir de la señal de referencia o señal suma en el receptor de rastreo.

ALIMENTADOR

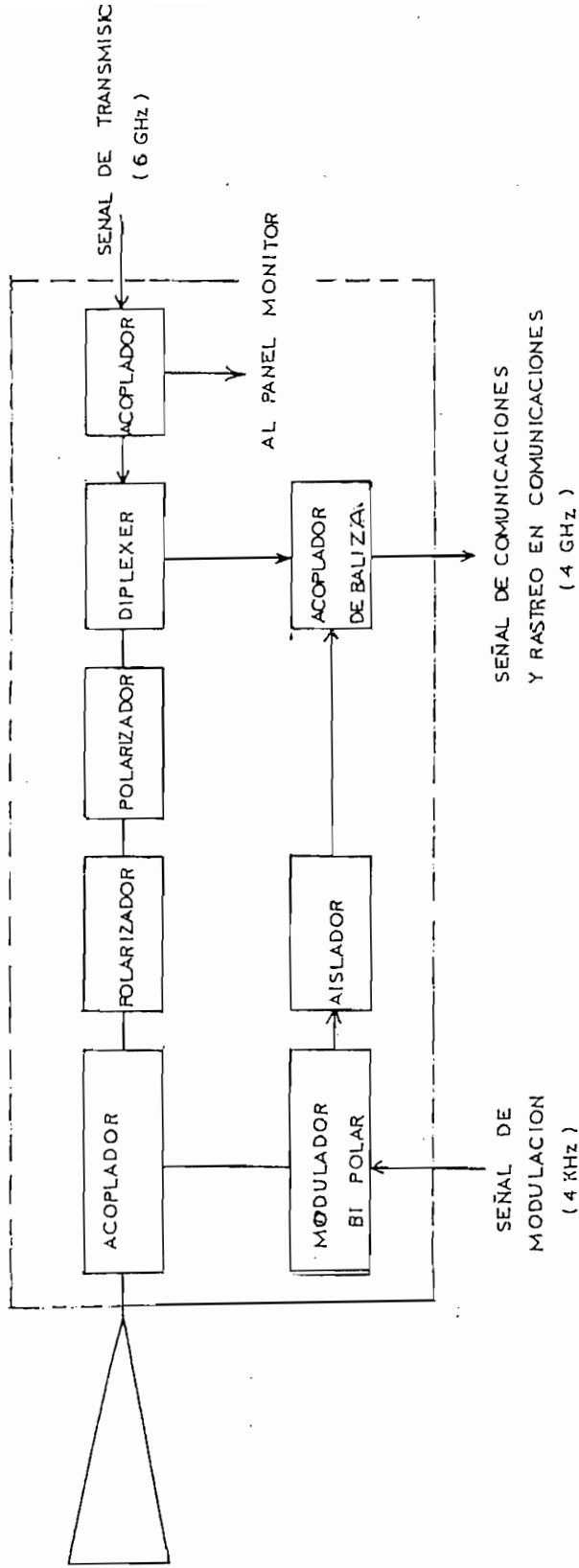


FIGURA 3.2 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL ALIMENTADOR

El alimentador actual está representado en diagrama de bloques por la figura 3.2.

La señal de comunicaciones en recepción no está afectada por el sistema de acoplamiento de error para rastreo y entra al polarizador, el cual cambia la polarización de la señal a la deseada, ésta señal es directamente enviada al receptor de bajo ruido vía acoplador de baliza.

La señal de comunicaciones en transmisión es enviada a través del diplexer al polarizador, el cual convierte en la polarización deseada, o sea, circular de mano izquierda y de allí al sistema de reflectores de enfoque.

La figura 3.3 ilustra el sentido de flujo de las señales de comunicaciones para un sistema de polarización circular.

La señal de rastreo de referencia, o sea, la señal suma tiene en recepción el mismo flujo que la señal de comunicaciones y es superpuesta en el acoplador de baliza, con la señal de error y de allí pasa al receptor de rastreo a través del amplificador de bajo ruido.

En el sistema actual el modo dominante  $TM_{01}$  es usado para el rastreo; la componente del modo  $TM_{01}$  con la amplitud y fase correspondientes al error de apuntamiento de la antena es tomado por el sistema de acoplamiento de error, ésta señal es modulada con una señal de 4 KHZ en el modulador bipolar y de

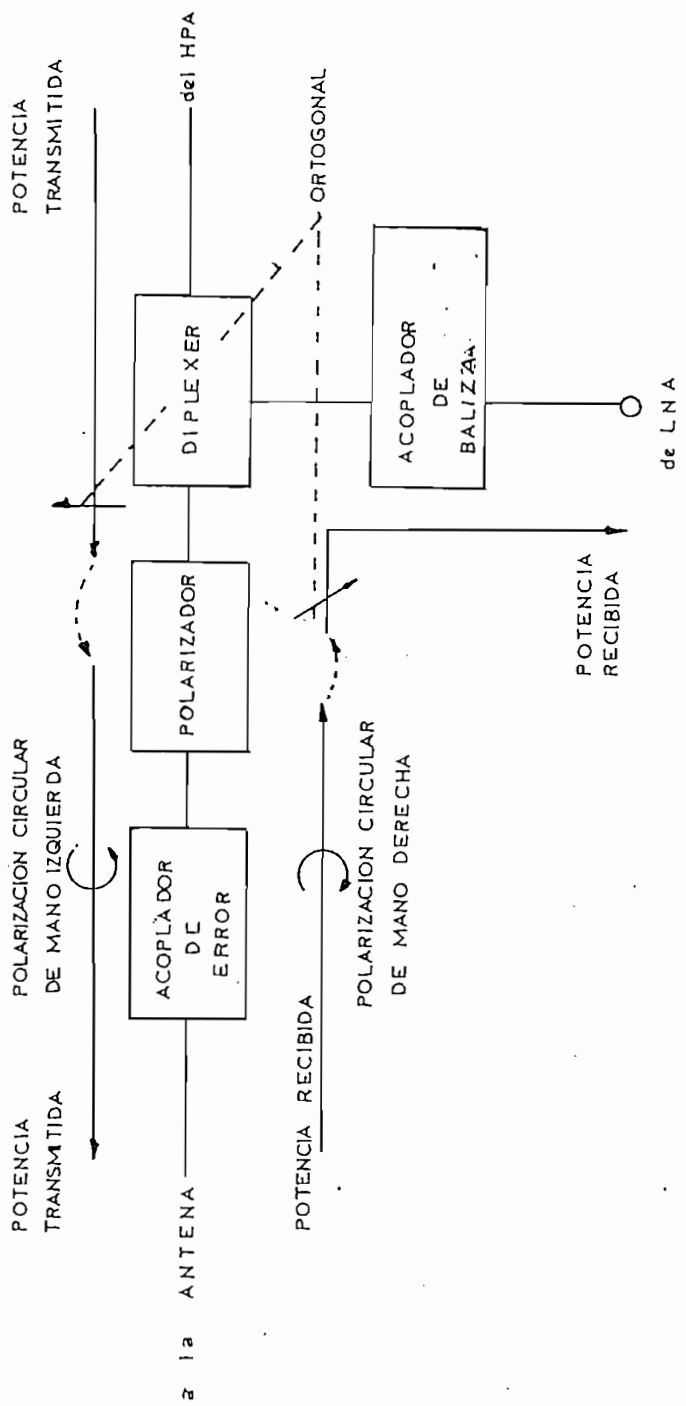


FIGURA 3.3 FLUJO DE LA SEÑAL DE COMUNICACIONES  
( en el caso de polarización circular )



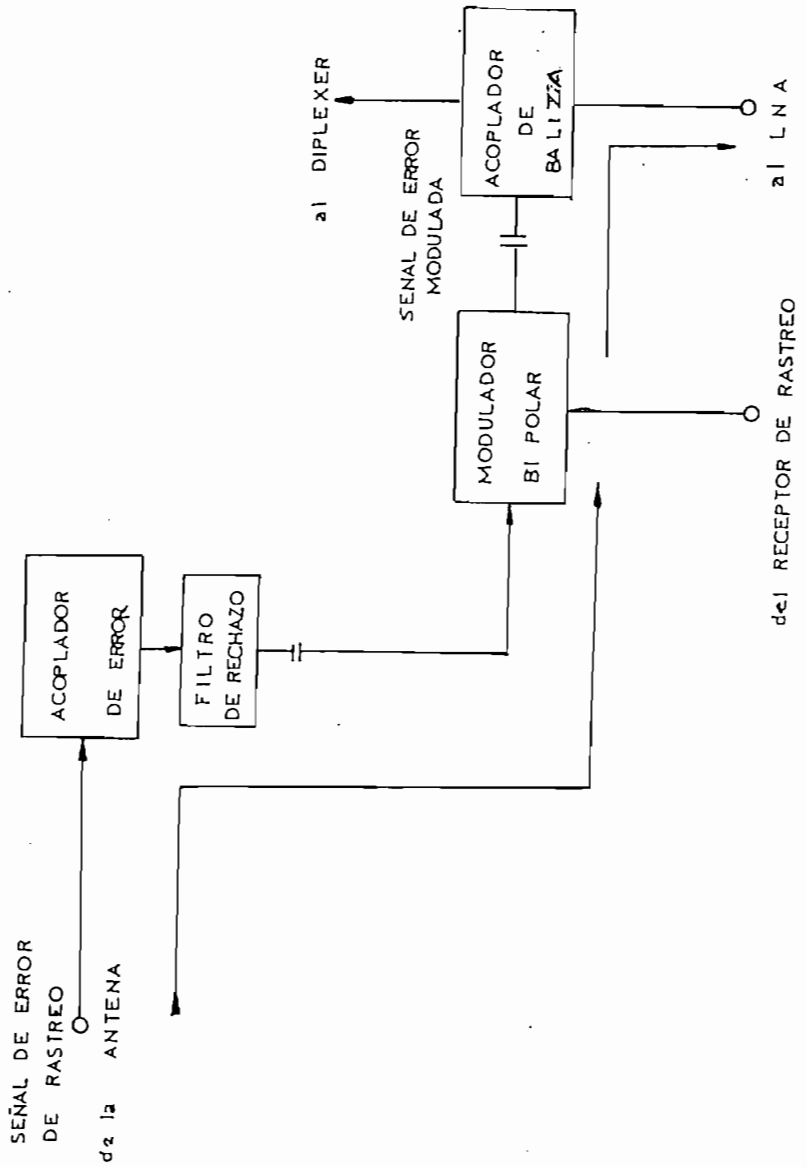


FIGURA 3.4 FLUJO DE LA SEÑAL DE ERROR PARA RASTREO

allí es transferida al receptor de bajo ruido vía acoplador de baliza, en el cual se sobrepone con la señal de referencia.

La figura 3.4 representa el flujo de la señal de error.

### 3.2.- ALTERNATIVAS TECNOLOGICAS PARA REEMPLAZO DEL ALIMENTADOR

Varios fabricantes han presentado modelos de alimentadores, para trabajos con doble polarización, todos ellos han orientado sus ofertas para operar con antenas de fabricación afín; pero con adaptaciones mínimas estos alimentadores pueden combinarse con cualquier tipo de antena de las que actualmente operan con Intelsat.

Los fabricantes que han presentado modelos de alimentadores para trabajos con doble polarización son:

R.C.A.	G.T.E.
RANTEC	NEC
MITSUBISHI	SIEMENS

A modo de ejemplo se presenta algunos de estos modelos en diagramas de bloques en las figuras 3.5, 3.6, 3.7 y 3.8.

Siendo el alimentador un elemento clave para alcanzar una buena característica de aislamiento en un sistema de doble polarización, los fabricantes han estudiado varias posibilidades, desarrollando hasta la fecha en dos modelos básicos, de acuerdo a la forma y tipo de los polarizadores y se denominan en concordancia con su tipo en: "Alimentador de banda ancha" y "Alimentador de banda estrecha", y están representados de manera general en la figura 3.8.

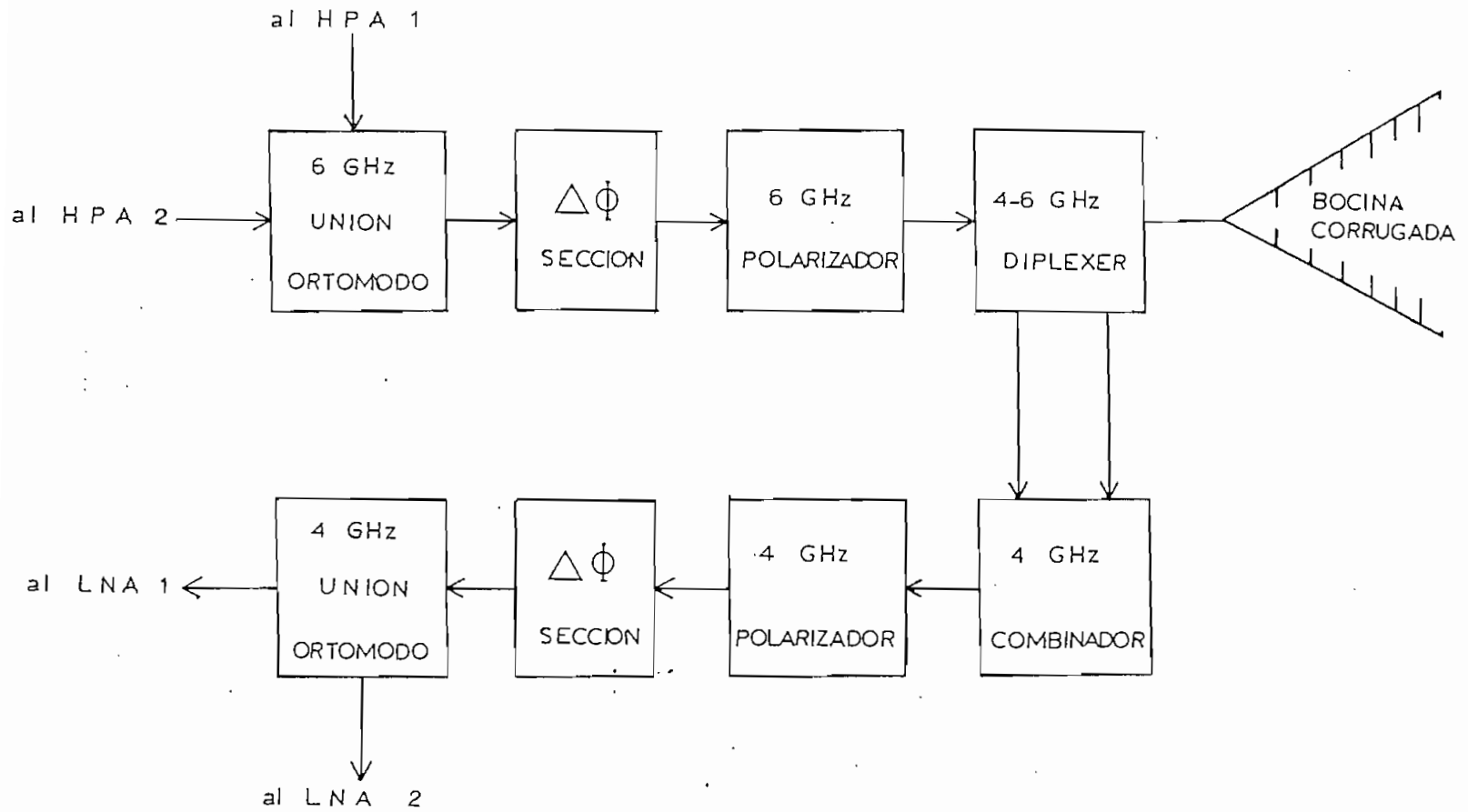
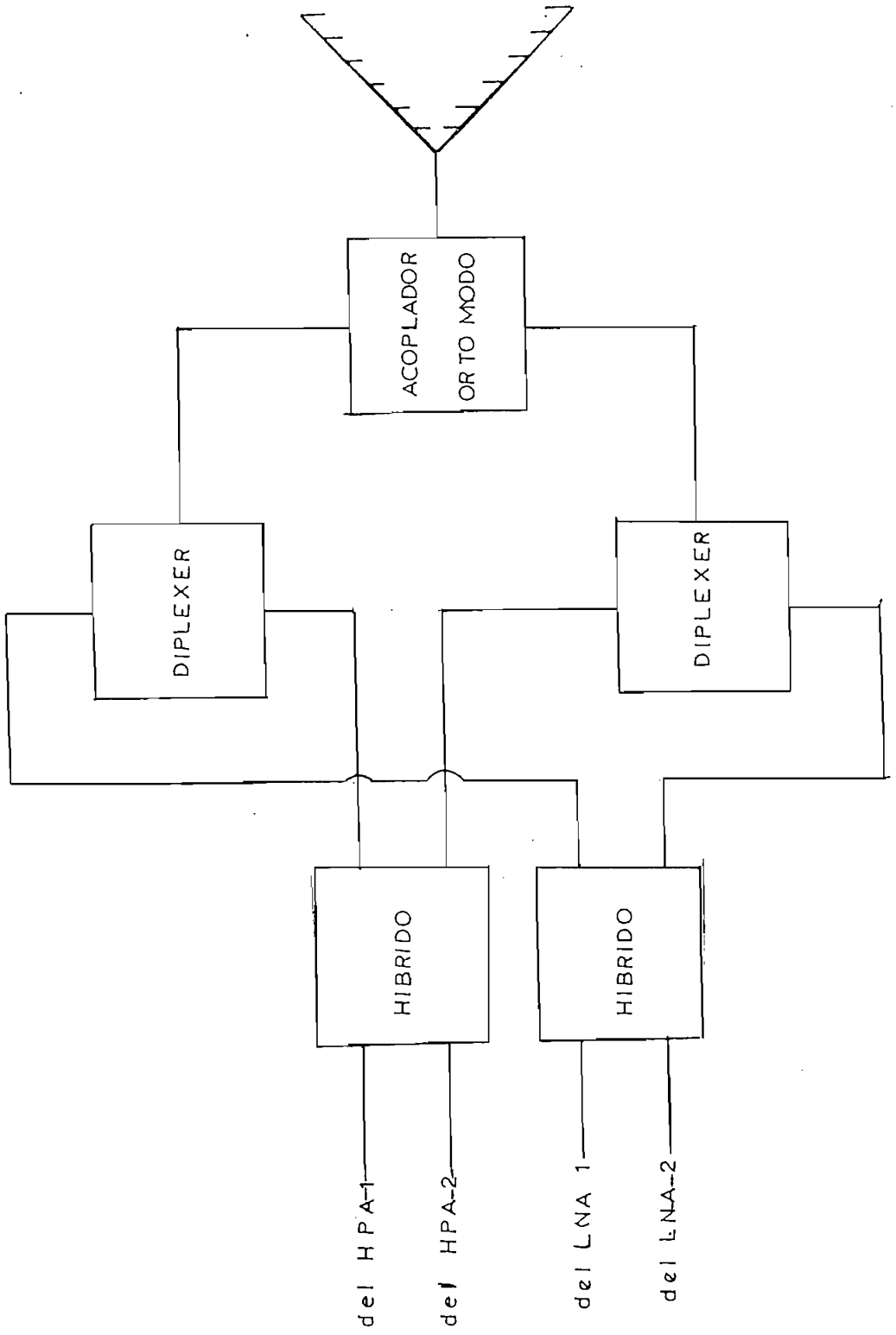


FIGURA 3.6 ALIMENTADOR R.C.A.



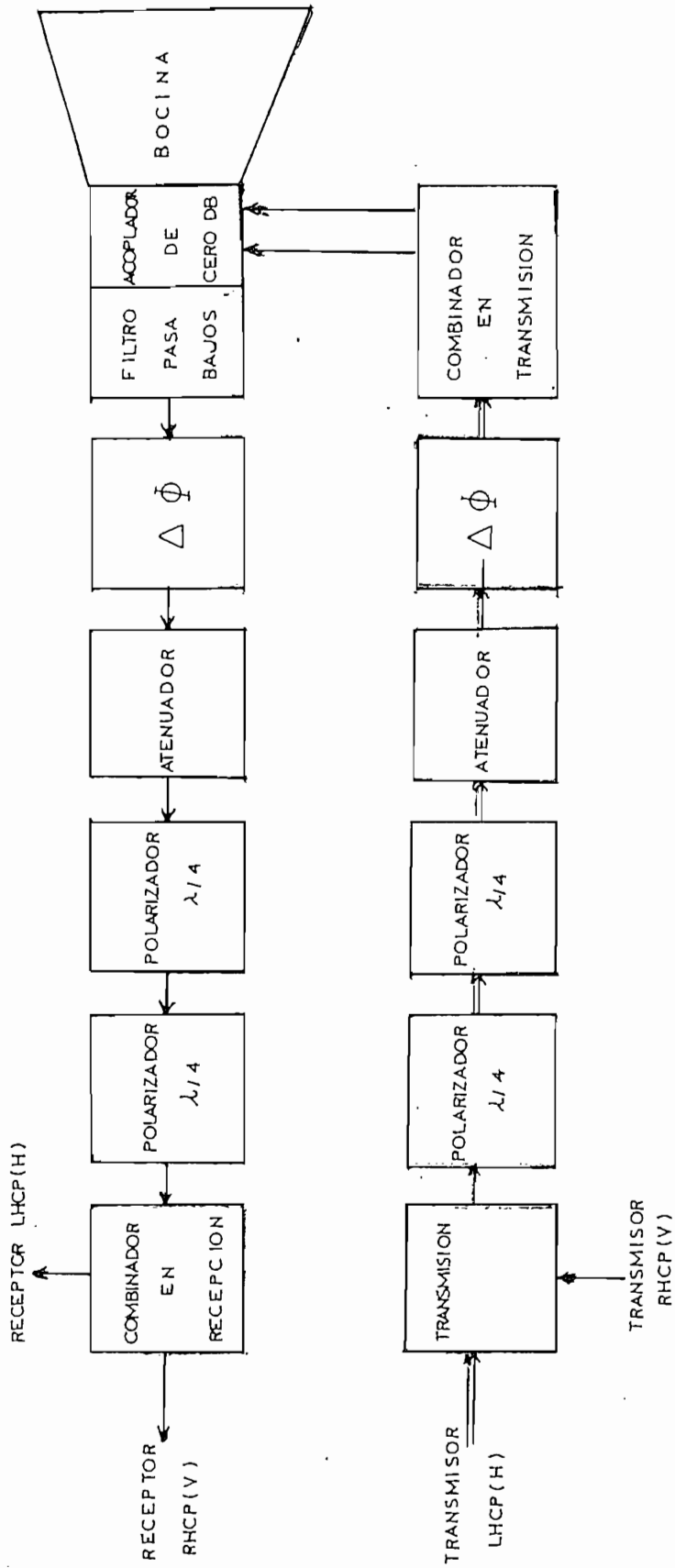


FIGURA 3.7 ALIMENTADOR RANTEC

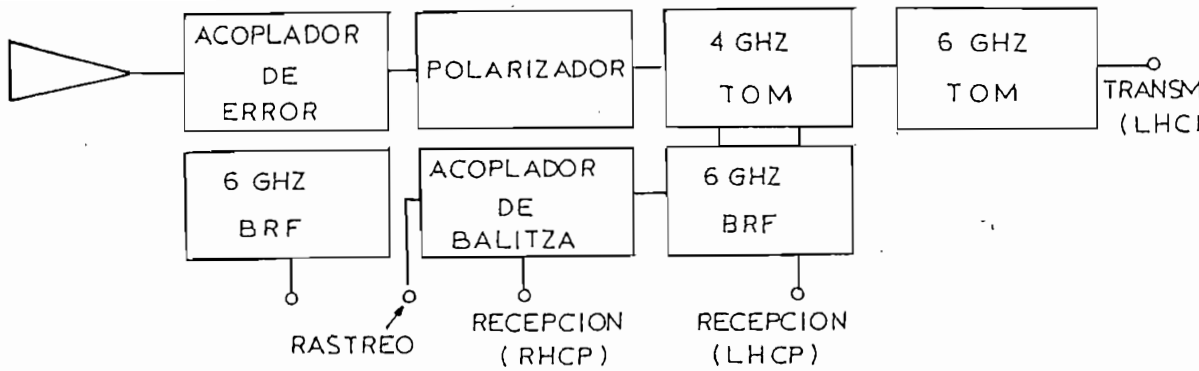


FIGURA 3.8-A ALIMENTADOR DE BANDA ANCHA

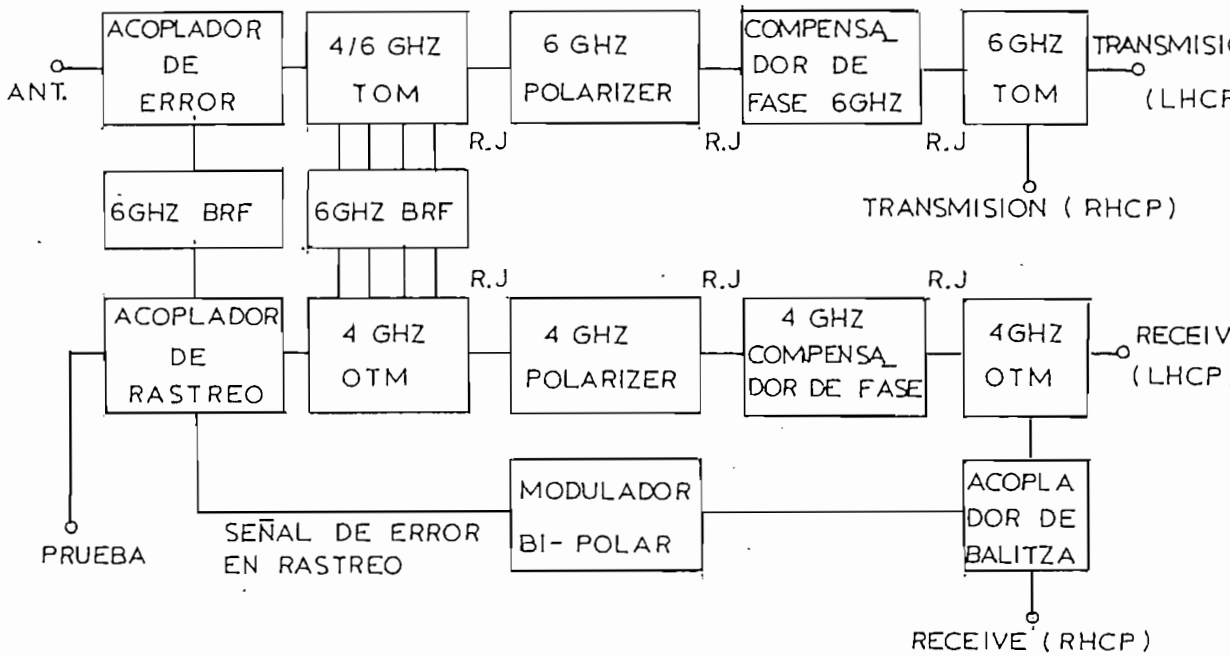


FIGURA 3.8-B ALIMENTADOR DE BANDA ESTRECHA

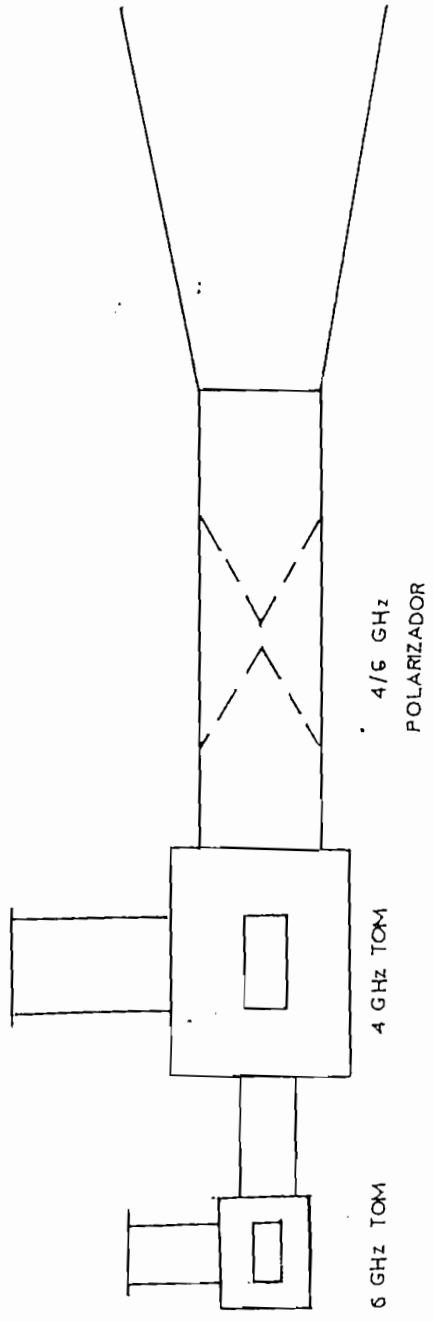
FIGURAS 3.8 ALIMENTADORES MITSUBISHI

### 3.2.1.- ALIMENTADOR DE BANDA ANCHA

La figura 3.9 muestra un alimentador de banda ancha. Este alimentador tiene como principio de funcionamiento un polarizador común que abarca las bandas de transmisión de 5.925 a 6.425 GHz y recepción de 3.7 a 4.2 GHz similar al polarizador actual, además tiene dos transductores ortomodos uno para la banda de 4 GHz en recepción y otro para la banda de 6 GHz en transmisión la diferencia de este tipo de alimentador con el actual es la introducción de dos transductores ortomodos que obligarán a decidir en que puerto se acopla el resonador de balitza para el sistema de rastreo.

Como ventajas de este tipo de alimentador podemos anotar las siguientes: su bajo costo pues tiene un valor aproximado de \$/ 2'500.000,00 menor que el Alimentador del otro tipo, además los cortes de tráfico debido a su instalación y pruebas tienen una duración relativamente pequeña.

Estos alimentadores pueden ser instalados en Estaciones Terrenas que no necesiten compensación por lluvia, ya que, una red adaptiva no es factible con su funcionamiento pues tiene un polarizador común para las dos bandas de frecuencia y como se vió en la figura 2. , la atenuación diferencial y el desplazamiento diferencial de fase, varía en función de la frecuencia y puede ser compensado en el polarizador.



TOM = TRANSDUCTOR ORTOMODO

FIGURA 3.9 ALIMENTADOR BASICO DE BANDA ANCHA



### 3.2.2.- ALIMENTADOR DE BANDA ESTRECHA

Como se muestra en la figura 3.10 este tipo de alimentador dispone de dos polarizadores de banda simple, uno para la banda de 4 GHz y otro para la banda de 6 GHz, además tiene cuatro transductores ortomodos.

El transductor ortomodo de 4 GHz más cercano a la guía de onda de entrada es ordinariamente de tipo reactivo y rechaza los campos de 6 GHz, de esta manera acopla solamente a los campos de 4 GHz de mano derecha e izquierda.

Las señales de 6 GHz vienen a su transductor ortomodo correspondiente a través de un polarizador de banda estrecha diseñado para cubrir la banda de 6 GHz, este polarizador puede tener un diseño de muy alta calidad con relaciones axiales de 0.1 dB a 0.15 dB (éstas características no se pueden lograr en un Alimentador de banda ancha, porque las señales de 4 y 6 GHz atraviesan un mismo polarizador). Los campos de 4 GHz se reconvinan luego en otro transductor ortomodo, éste segundo transductor ortomodo no necesita ser de tipo reactivo, pues, ya no existen campos no deseados, o sea de 6 GHz, éstos campos de 4 GHz reconvinados pasan por una guía de onda circular y son introducidos a un polarizador de 4 GHz de banda estrecha, nuevamente las relaciones axiales se consiguen con el diseño de muy óptimas características, finalmente se tiene otro transductor ortomodo de 4 GHz que acopla la salida de los campos lineales ortogonales. Como ventaja de este sistema podemos anotar las siguientes:

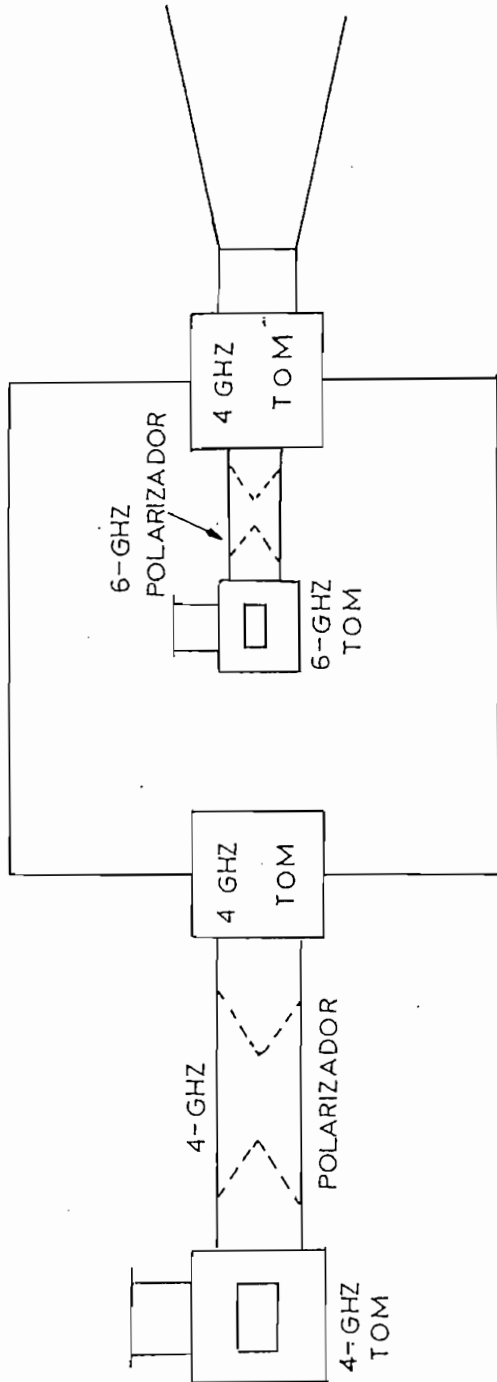


FIGURA 3.10 ALIMENTADOR BASICO DE BANDA ESTRECHA

- a.- Muy alta calidad en la relación axial del polarizador aproximadamente 0.1 dB.
- b.- Permite instalar una red adaptiva de compensación de los efectos despolarizantes de la lluvia.

### 3.3.- ANALISIS DEL IMPACTO EN OTROS SISTEMAS

Si bien es cierto que la introducción de la técnica de doble polarización permitirá una mejor utilización de la capacidad del satélite y una mayor utilización de los sub-sistemas de antena en los casos de las Estaciones cubiertas por los haces de doble polarización, como es el caso de la Estación Terrena "Quito", por otra parte obliga a disponer de sistemas dobles de transmisión y recepción para satisfacer una polarización de cuatro puertos.

#### 3.3.1.- CONFIGURACION ACTUAL DE LA ESTACION TERRENA

- a.- Amplificadores de alta potencia

En la figura 3.11 se muestra la configuración total del equipo que incluye los amplificadores de potencia de 300W existentes, adicionalmente mediante contrato del 19 de Marzo de 1979, se realiza la adquisición a "COMTECH LABORATORIES" de equipos y accesorios para la ampliación de capacidad de los amplificadores de alta potencia, este equipo será instalado en Noviembre o Diciembre de 1979, con lo cual la configuración del equipo de Comunicación de Tierra (GCE) y Amplificadores de alta potencia (HPA), quedará como se muestra en el diagrama de bloques de la figura 3.12.

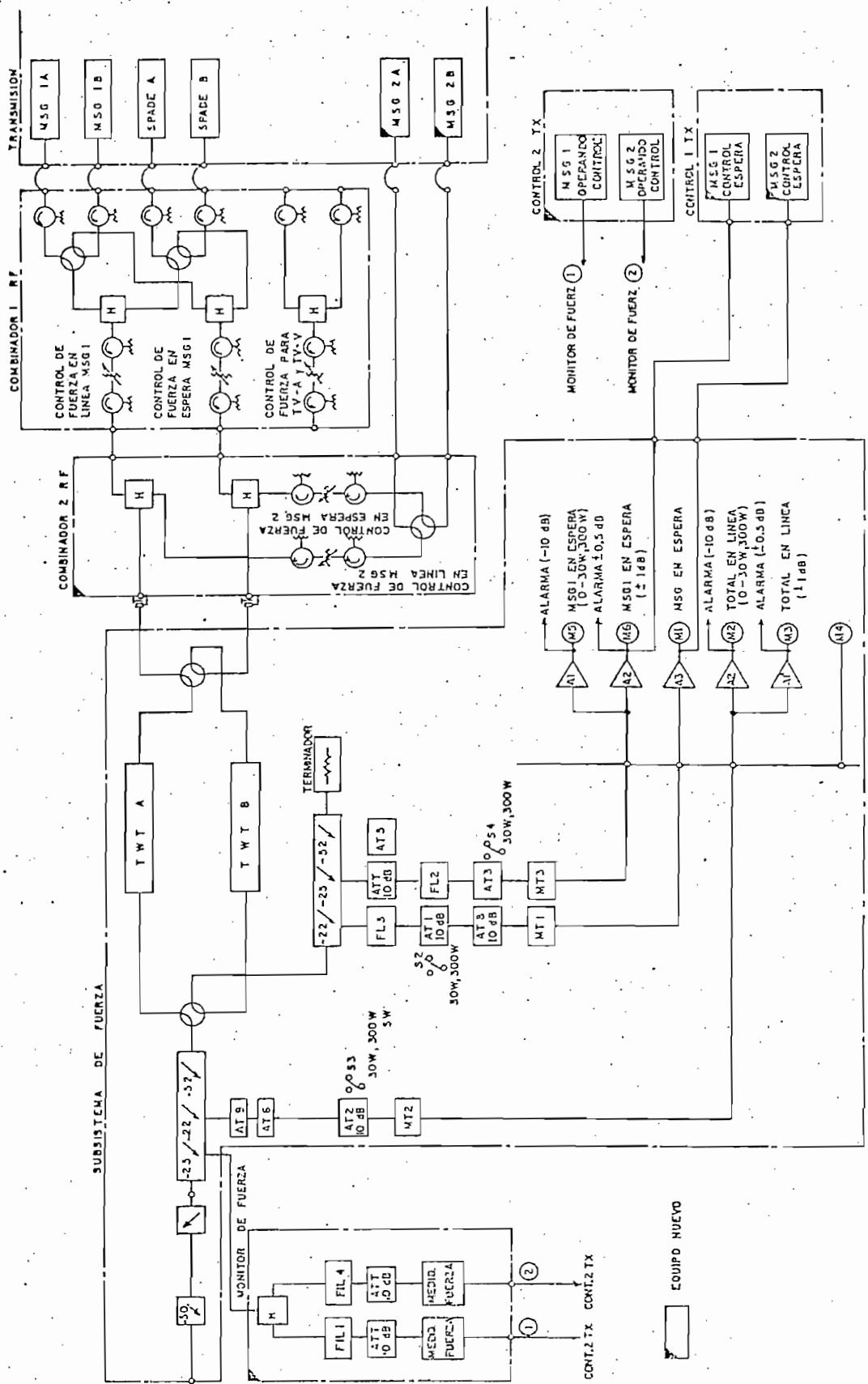


FIGURA 3.11  
CONFIGURACION ACTUAL DE LOS EQUIPOS  
DE TRANSMISION.

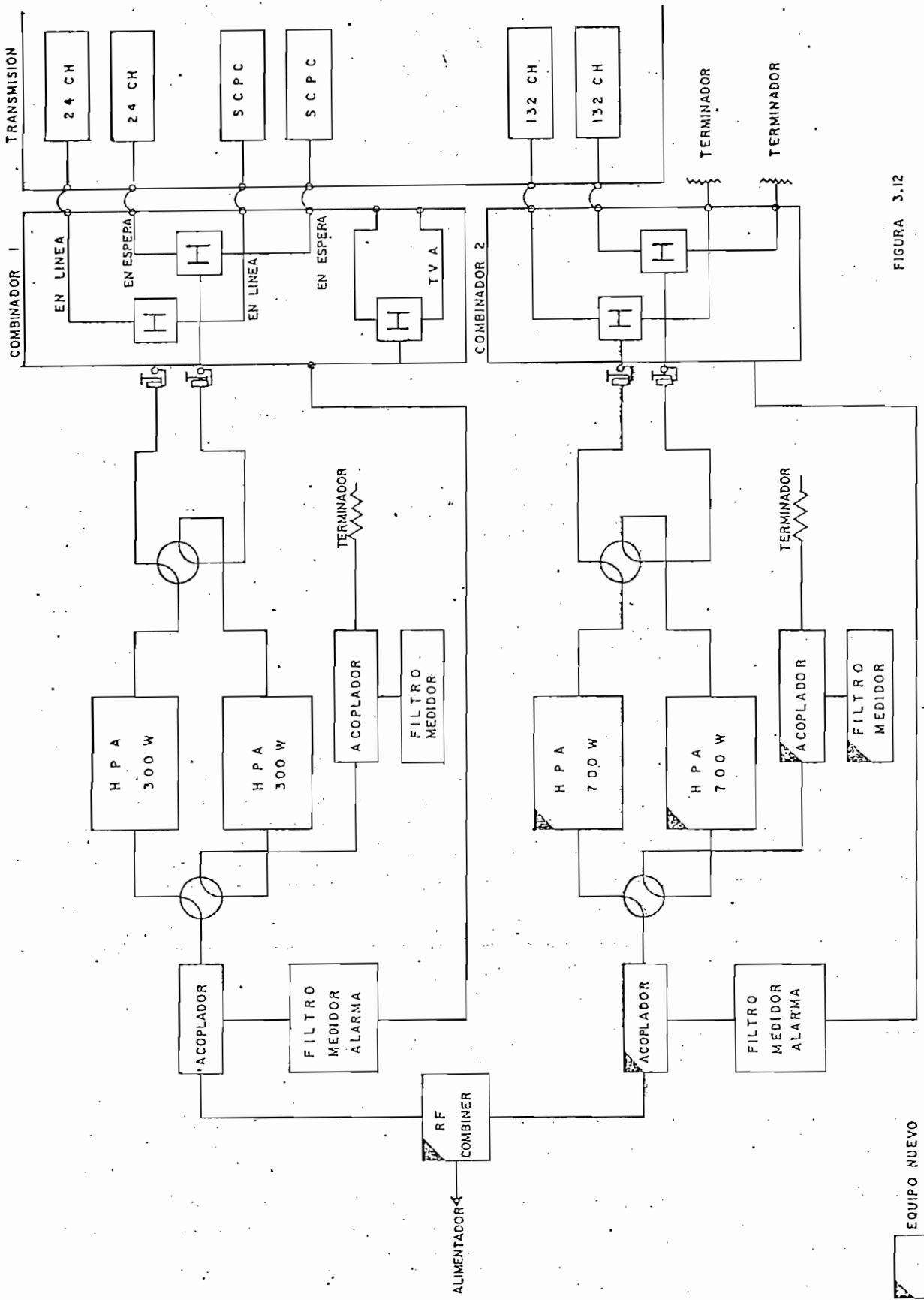


FIGURA 3.12

CONFIGURACION DE LOS EQUIPOS DE TRANSMISION DESPUES DEL CAMBIO. (DICIEMBRE/79)

EQUIPO NUEVO



b.- RECEPTORES DE BAJO RUIDO

El equipo de recepción está formado por 3 amplificadores de bajo ruido, dos de los cuales son termo eléctricamente enfriados y el restante es criogénicamente enfriado, pudiendo el circuito trabajar con dos amplificadores de manera redundante.

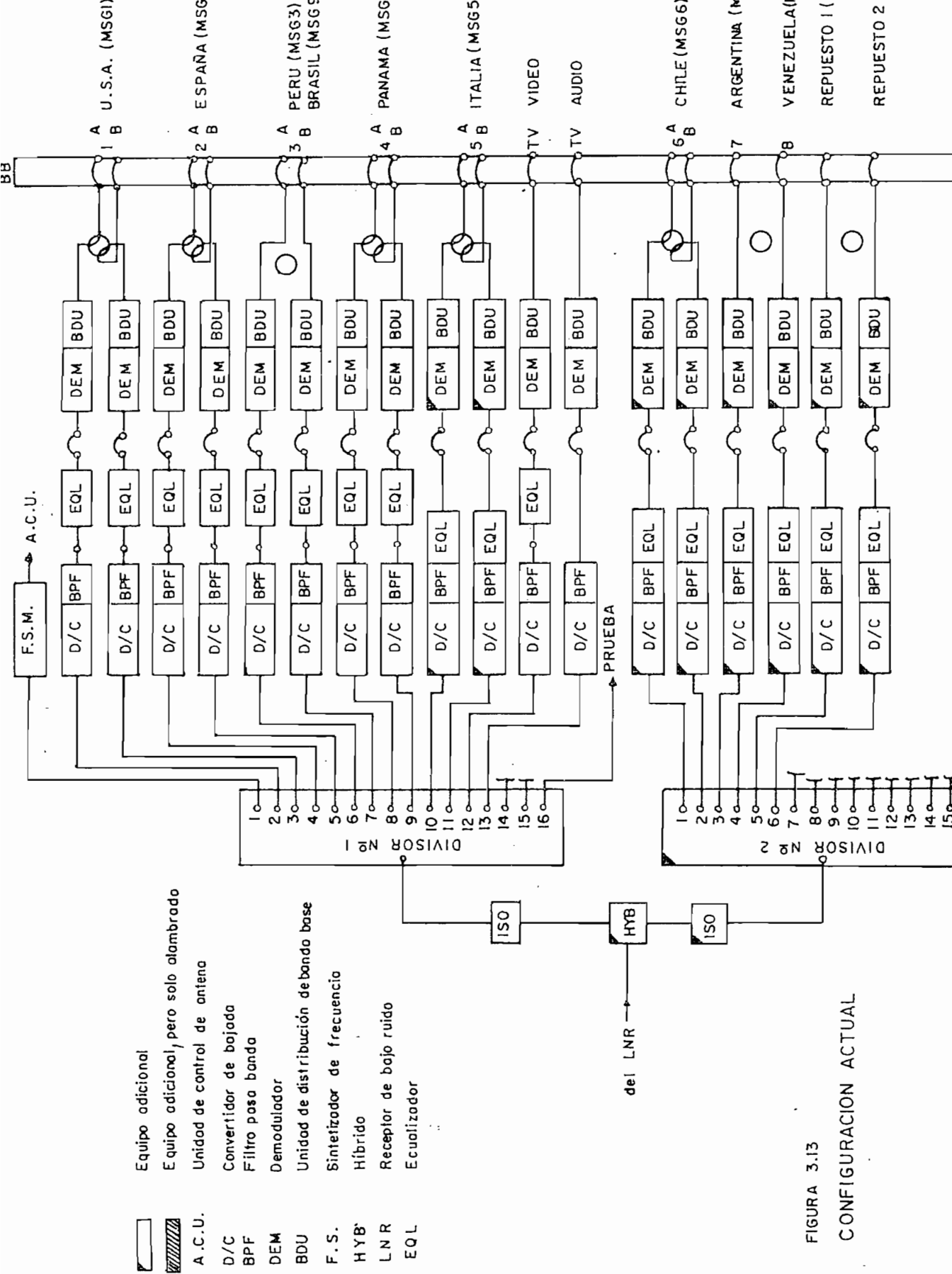
c.- EQUIPO DE COMUNICACION DE TIERRA












El equipo de comunicación de tierra en su parte de recepción consta de 18 cadenas, de las cuales trabajan en modo redundante 10 cadenas para 5 países, y de manera simple 8 cadenas, de acuerdo a la importancia e intensidad de tráfico con los diferentes países y su configuración está representado en la figura 3.13, y se detalla a continuación en el cuadro 3.2.

CUADRO 3.2

CONFIGURACION ACTUAL DE LOS EQUIPOS DE COMUNICACION DE TIERRA

P A I S	No. C A D E N A S
ESTADOS UNIDOS	2 REDUNDANTES
ESPAÑA	2 REDUNDANTES
PERU	1 SIN PROTECCION
PANAMA	2 REDUNDANTES
TV VIDEO	1 SIN PROTECCION
TV AUDIO	1 SIN PROTECCION
ITALIA	2 REDUNDANTES
CHILE	2 REDUNDANTES
ARGENTINA	1 SIN PROTECCION
VENEZUELA	1 SIN PROTECCION
BRASIL	1 SIN PROTECCION
FRANCIA	1 SIN PROTECCION
REPUESTO	1



-  Equipo adicional
-  Equipo adicional, pero solo alambrado
-  A.C.U.
-  D/C
-  BPF
-  DEM
-  BDU
-  F.S.
-  HYB
-  LNR
-  EQL

- Equipo adicional
- Equipo adicional, pero solo alambrado
- Unidad de control de antena
- Convertidor de bajada
- Filtro pasa banda
- Demodulador
- Unidad de distribución de banda base
- Sintetizador de frecuencia
- Híbrido
- Receptor de bajo ruido
- Ecuilizador

FIGURA 3.13  
CONFIGURACION ACTUAL

En el sentido de Transmisión existen dos cadenas completas que operan con las portadoras para América y Europa, la una con 132 canales y la otra con 24 canales respectivamente, además un convertidor de subida que es utilizado por los canales de banda ancha en la transmisión de datos de alta velocidad.

Después de la configuración a realizarse en el último trimestre de 1979 y mostrada en la figura 3.12 se pueden anotar los siguientes cambios de importancia:

- 1.- El combinador No.1 será usado para la portadora de 24 canales y 3 portadoras para datos de alta velocidad (SCPC) y el No.2 para la portadora de 132 canales, quedando terminada la otra entrada.
- 2.- El Amplificador de Alta Potencia de 300W será utilizado para las portadoras que pasen por el combinador No.1, mientras que el de 700W, nuevo, será usado para las portadoras que pasen a través del combinador No.2.
- 3.- Se ha aumentado un combinador de relación variable que permite la entrada al alimentador de antena de las dos salidas de los Amplificadores de Alta Potencia.
- 4.- También es de anotar que fue necesario contratar la reubicación del Amplificador de Alta Potencia existente, para permitir el cambio del alimentador de antena que se realizará en Marzo de 1980.



Esto significa cambio de la longitud de guías de onda, lo que implica guías de onda y cables coaxiales nuevos para la distribución de portadoras en los combinadores.

### 3.3.2.- ANALISIS DE LA NUEVA CONFIGURACION

#### TRANSICION A INTELSAT V

La necesidad de satisfacer una configuración de 4 puertos en radio frecuencia conlleva a la necesidad de adquirir e instalar cadenas adicionales de amplificadores de alta potencia y amplificadores de bajo ruido en recepción. De manera paralela se deben instalar cadenas adicionales del equipo de comunicación de tierra (GCE), del equipo multicanalizador (MUX) y del subsistema de fuerza (UPS).

Todas estas ampliaciones forman parte del plan de desarrollo de la Estación Terrena para el período 1979-1983 y constan en estudios individuales, por lo que en ésta tesis se hace solamente una breve descripción de las necesidades de estos equipos.

Para mediados de 1980 según Plan Operativo AT-22A-P para el satélite primario Intelsat V, la Estación Terrena "Quito" deberá trabajar con 3 portadoras de mensaje y 3 portadoras de SCPC (3 canales).

De las figuras 3.14 y 3.15 que representan la configuración de la Estación Terrena que operará con la serie de satélites Intelsat V en su inicio se deduce que:

a) AMPLIFICADORES DE ALTA POTENCIA

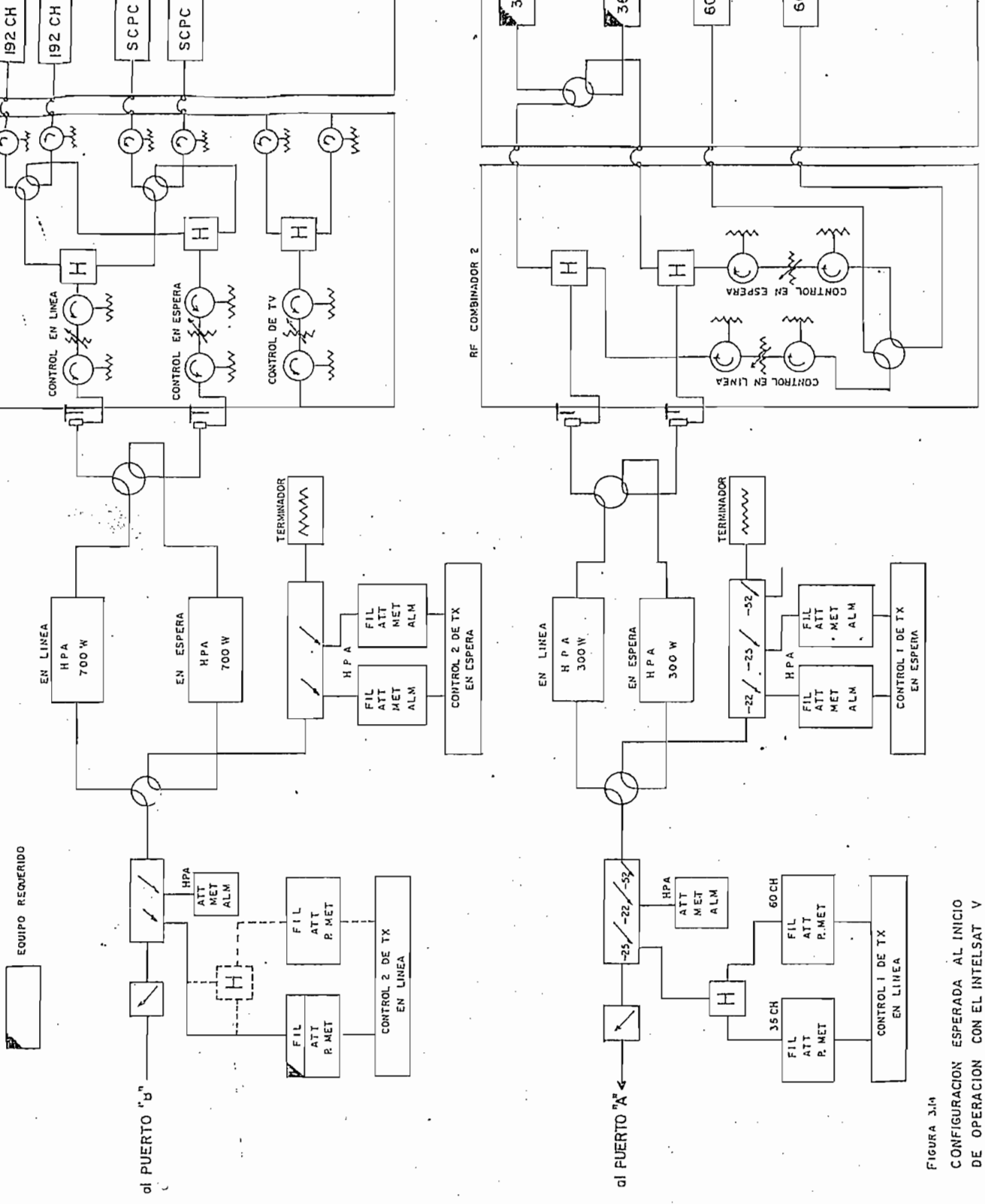


FIGURA 3.14  
 CONFIGURACION ESPERADA AL INICIO  
 DE OPERACION CON EL INTELSAT V

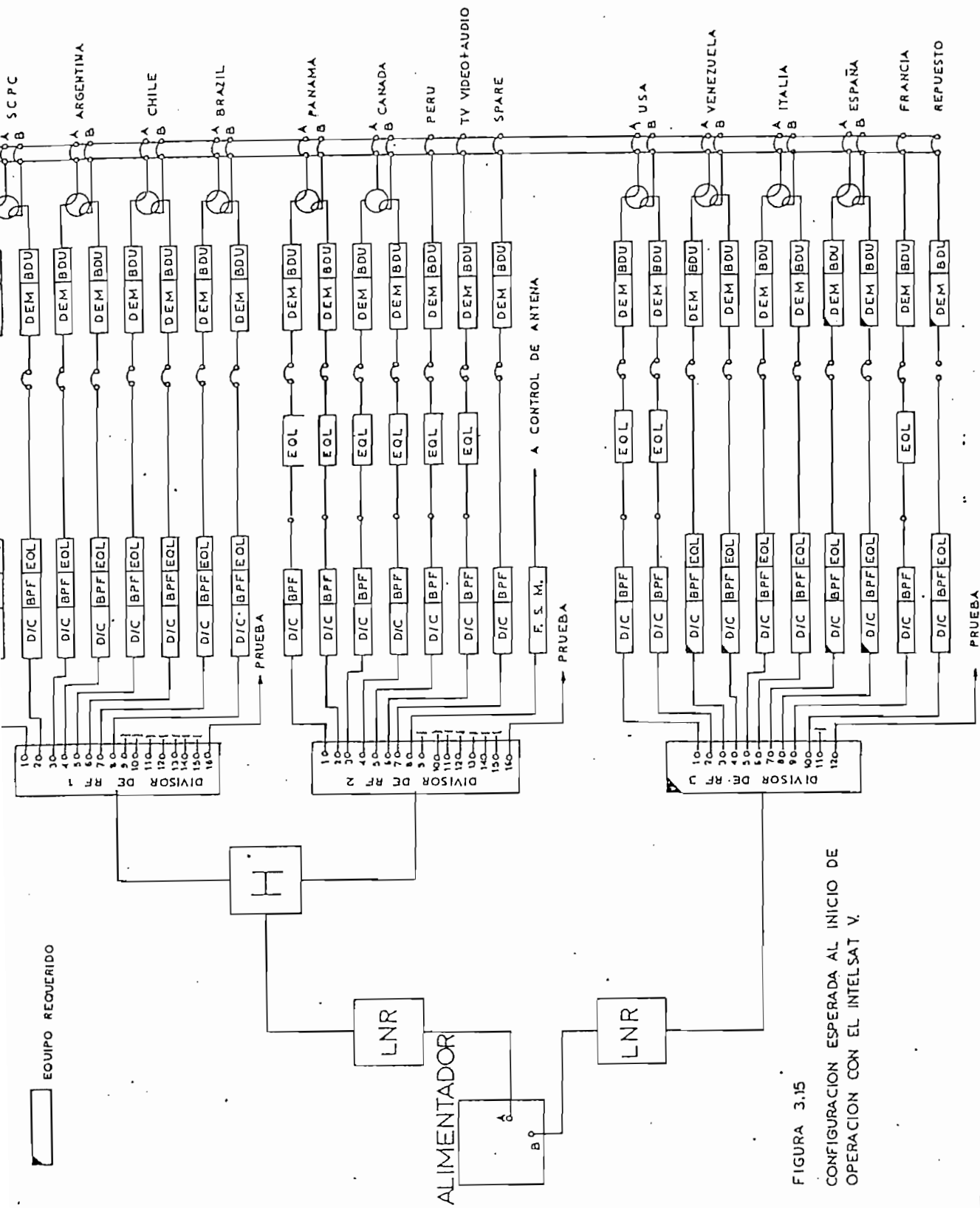


FIGURA 3.15  
 CONFIGURACION ESPERADA AL INICIO DE  
 OPERACION CON EL INTELSAT V.

El equipo de amplificadores de alta potencia estará formado por dos cadenas redundantes, la una con el equipo existente de 300W y la otra cadena con nuevos amplificadores de 700W, y su configuración respecto a la distribución de portadoras se indica de la siguiente manera:

RADIOFARO	COBERTURA	P O R T A D O R A	POLARIZACION
12	Z1/WH	2.5/36/6052.50 MHZ	B
51	Z1/Z2	5.0/60/5969.75 MHZ	B
42	WH/Z1	10.0/192/6074.75 MHZ	A
		SCPC/3 canales	A

La portadora de 192 canales cubrirá los requerimientos de tráfico con Canadá, Estados Unidos, Panamá y Venezuela.

La portadora de 60 canales cubrirá los requerimientos de tráfico de Europa con servicios para Francia, Italia y España.

La portadora de 36 canales será utilizada para Argentina, Brasil, Chile y Perú.

Con esta distribución se utilizan razonablemente los 2 puertos de polarización circular mediante 2 cadenas redundantes de amplificadores de alta potencia.

b.- RECEPTORES DE BAJO RUIDO

El sistema de receptores de bajo ruido no está todavía definido pudiendo configurarse de dos cadenas totalmente redundantes, cada una a un puerto, o de un sistema denominado dos más uno en el cual tendríamos un solo amplificador para reemplazar a

cualquiera de los amplificadores en línea, esto implica un sistema de conmutadores de microonda complejo, que podría incrementar el ruido del sistema.

c.- EQUIPO DE COMUNICACION DE TIERRA

El equipo de comunicación de tierra será incrementado en recepción para aumentar la confiabilidad del sistema, haciendo redundante las cadenas de demodulación de más países, además será necesario adquirir nuevas cadenas para demodular las portadoras de Canadá y Francia, países con los cuales se espera tener comunicación directa a mediados de 1980.

Una vez realizado los cambios del alimentador de antena que deberá quedar instalado y probado en Marzo de 1980, lo que permitirá trabajar con dos puertos de recepción. Según el Informe de la Reunión de Representantes de Operaciones de Intelsat del Area del Océano Atlántico, llevada a cabo en Copenhague-Dinamarca, del 26 de Septiembre al 3 de Octubre de 1978, durante el inicio de operaciones con Intelsat V, tendremos las siguientes asignaciones de Polarización, frecuencia y capacidad con los países que actualmente tenemos comunicación y de los que en breve entraremos a operar con comunicación directa.

CUADRO 3.3

ASIGNACIONES DE POLARIZACION, FRECUENCIA Y CAPACIDAD PARA EL INTELSAT V

CUADRO 3.3

PORTADORAS RECEPCION

PAIS	PORTADORA	RADIOFARO		H A Z			POLARIZACION	
		No.	FRECUEN	S	B	S	B	
ARGENTINA	6264.50/5.0/132	15	6280.0	WH	WH	A		A
BRASIL	6289.25/7.5/132	15	6280.0	WH	WH	A		A
CANADA	6047.25/5.0/ 72	12	6050.0	Z1	WH	B		A
CHILE	6270.75/7.5/132	15	6280.0	WH	WH	A		A
FRANCIA	5986.00/5.0/ 72	41	5967.5	Z2	Z1	B		B
ITALIA	5994.75/5.0/ 96	41	5967.5	Z2	Z1	B		B
PANAMA	6029.00/10.0/252	12	6050.0	Z1	WH	B		A
PERU	6295.50/5.0/132	15	6280.0	WH	WH	A		A
ESPAÑA	5949.75/7.5/132	41	5967.5	Z2	Z1	B		B
U.S.A.	6148.75/20.0/432	43	6130.0	Z1	Z1	B		B
VENEZUELA	6034.75/10.0/252	12	6050.0	WH	Z1	A		B
SPADE	(6320.00/36.0	36	6320.0	G	G	A		A
SCPC	(6360.00/11.0	37	6360.0	G	G	A		A
VIDEO	6390.75/17.5	38	6402.5	G	G	A		A
VIDEO	6409.25/17.5	38	6402.5	G	G	A		A

En resumen los servicios se distribuirán de la siguiente manera:

POLARIZACION A: ARGENTINA, BRASIL, CANADA, CHILE, PANAMA, PERU, SCPC Y TV (8)

POLARIZACION B: FRANCIA, ITALIA, ESPAÑA, ESTADOS UNIDOS Y VENEZUELA (5).

Las asignaciones actuales con las cuales se encuentran operando los diversos países del sistema Intelsat y que están relacionados con Ecuador, se representan en el cuadro 3.4.

CUADRO 3.4

ASIGNACIONES ACTUALES DE FRECUENCIA Y CAPACIDAD

PAIS	ESTACION	FRECUENCIA DE Tx	ANCHO DE BANDA	NUMERO CANALES
ARGENTINA	BA	6290.00	5 MHZ	132
BRASIL	TN	5955.00	10 MHZ	192
CHILE	LO	5936.25	7.5 MHZ	132
ITALIA	FO	6125.00	5 MHZ	96
PANAMA	UT	5945.00	10 MHZ	192
PERU	LU	6366.25	7.5 MHZ	132
ESPAÑA	BU	6027.50	10 MHZ	252
U.S.A.	ET	6077.50	20 MHZ	612
VENEZUELA	CM	6373.75	7.5 MHZ	132
VIDEO (CH 1)		6390.75	17.5 MHZ	
VIDEO (CH 2)		6409.25	17.5 MHZ	

Haciendo una comparación rápida con las nuevas asignaciones con Intelsat y las que tenemos en servicio se puede notar que todos cambian su frecuencia y el 90% cambia su capacidad y ancho de banda, lo cual significa tener disponibilidad de equipo para realizar los cambios necesarios, ya que cada paso de transición supone alineamientos para portadoras temporales y alineamiento para portadoras definitivas

que obligatoriamente ocupan equipos diferentes.

Como se mencionó anteriormente, la operación con Intelsat V nos obliga a operar con dos puertos - de recepción. Luego es necesario una reconfiguración del equipo existente y además un aumento para poder recibir a otros países como Canadá y Francia. La nueva configuración se espera quede como se muestra en la figura 3.15, con lo cual - se provee de redundancia adicionalmente a Venezuela, Argentina, Brasil y Canadá.

#### NECESIDADES DE EQUIPO ADICIONAL

Para el establecimiento de las necesidades de equipo, que se muestran en la figura 3.15 se han tomado en cuenta los siguientes razonamientos:

- Aumento de dos portadores en Recepción, para servicios con Canadá y Francia.
- Aumento de un puerto en recepción, lo que implica una nueva configuración de los divisores de RF y el incremento de uno nuevo.
- La necesidad de aumentar la confiabilidad del sistema proveyendo redundancia a algunos países que actualmente no la tienen.
- Buscar un grado de flexibilidad aceptable, de tal manera que se pueda realizar los pasos de transición sin afectar los servicios existentes.
- Tener un equipo de repuesto de tal manera que se pueda reemplazar cualquiera de los existentes, ya sea por falla de unidades o deterioro de características técnicas.



- Disponibilidad de equipo en caso de apertura de nuevas rutas como por ejemplo México.

El equipo de comunicación de Tierra necesita ser aumentado en una cadena por lo menos, con el objeto de transmitir en doble polarización, las actividades de transición y su calendario están determinadas por la suposición de tener el primer satélite Intelsat V disponible a mediados de 1980, y de que las Estaciones Terrenas hayan terminado sus trabajos de modificación. El Plan de Transición se conoce que constará de 4 pasos:

- I .- Descarga de Tráfico de algunos servicios del Atlántico (Primario y Principal 2) al Satélite del Oceano Indico.
- II .- Reconfiguración del satélite Intelsat IV-A Primario y apuntamiento al nuevo Satélite Intelsat V.
- III.- Reconfiguración del Satélite Primario Intelsat V de acuerdo al Plan Operativo AT-22A-P.
- IV .- Retorno al Atlántico de los servicios que fue ron transferidos al satélite del Area del Indico y reconfiguración.

Una vez que se haya hecho la transición a Intelsat V mediante el plan AT-22A-P, se espera llegar a la configuración mostrada en la figura 3.14.

Básicamente como se indica en la mencionada figura se realizarán algunos cambios:

- 1.- Aumento de una portadora de 36 canales para los servicios con Argentina, Brasil, Chile y Perú. Se aumenta esta portadora en vista de que la

actual de 24 canales que cubre los servicios con Europa pasará en breve a ser de 36 canales y luego de la transición a Intelsat V se aumentará a 60 canales.

2.- La portadora de 132 canales ha sido reconfigurada para 192 canales que se alimentará al combinador No.1 y la de 60 canales se alimentará al combinador No.2, de tal manera que la de 192 canales pueda entrar al puerto B y la de 60 canales al puerto A del Alimentador de Antena tal como está previsto en los planes operativos.

3.- El Combinador de relación variable, ya no será necesario en vista de que cada amplificador de Alta Potencia alimentará a cada puerto de transmisión del Alimentador.

#### NECESIDADES DE EQUIPO ADICIONAL EN TRANSMISION

Para determinar con mayor realismo cuales son las necesidades de equipo de Transmisión de Comunicación de Tierra, es conveniente tomar en cuenta lo siguiente:

- Las dos cadenas de transmisión existentes tienen 7 años la una y 4 años de operación la otra, por lo cual es necesario tomar las previsiones del caso ya que cualquier momento una de ellas deberá ser reemplazada, en caso de que se tengan fallas continuas.
- Se requiere que los pasos de Transición al Intelsat V, tengan mucha flexibilidad y disponibilidad de equipo para irradiar portadoras de soporte, a las cuales se pasa transitoriamente el tráfico hasta realinear las nuevas cadenas
- Preveer aumento de capacidad de las portadoras.

### 3.3.3.- VENTAJAS DE TRANSMITIR EN DOBLE POLARIZACION

La principal ventaja de transmitir en doble polarización es la mejor utilización del espectro radio eléctrico existente, pues en teoría se duplica su capacidad. Otra ventaja es la utilización de un modo óptimo del sistema de antena.

Como otra ventaja se puede mencionar el aumento de disponibilidad del servicio, ejemplo: En caso de falla de una de las cadenas de transmisión no se tendrá un corte total de tráfico sino un corte parcial, aumentando el porcentaje de disponibilidad de servicio, dicho porcentaje depende del número de canales que disponga la cadena averiada.

Además al disponer de un amplificador para cada portadora, se eliminan los problemas originados por los productos de intermodulación, pudiendo ser los transmisores de menor potencia, ya que sin este inconveniente podrán operar cerca de los límites de saturación.

### 3.4.- NECESIDADES DE UNA RED ADAPTIVA DE COMPENSACION DE LOS EFECTOS DESPOLARIZANTES DE LA LLUVIA Y SUS CARACTERISTICAS.

Los sistemas descritos en el capítulo II como técnicas de la Estación de la ortogonalidad, son utilizados a manera de redes adaptivas de compensación de los efectos despolarizantes, cualquiera de las dos técnicas - sea la del desplazador diferencial de fase y el atenuador diferencial o la técnica del acoplamiento cruzado puede utilizarse para compensar los efectos despolarizantes de la lluvia, se puede utilizar estas técnicas

con sistemas de control manuales o automáticos, el modo manual requiere de un operador de manera continua sobre el sistema en el tiempo que dure las precipitaciones - pluviosas, el sistema automático funciona mediante un - servo mecanismo con el fin de mantener la relación se - ñal ruido lo más alto posible.

### 3.4.1.- ESTADISTICAS CLIMATOLOGICAS DE LA ESTACION TERRENA QUITO

Con el fin de establecer las necesidades de una red adaptiva de compensación de los efectos despolarizantes de la lluvia, se procedió a realizar estadísticas de la cantidad e intensidad de lluvia caídas en el área cercana a la Estación Terrena "Quito". Este promedio se lo realizó en lo posible en un período de 10 años pues según - datos proporcionados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología la cantidad de lluvia y su intensidad tienen una variación que se aproxima a una sinusoidal con sus máximos y mínimos en un período de 10 años.

Para establecer los valores reales de los datos climatológicos se solicitó información a diferentes fuentes como:

- 1.- Observatorio Nacional
- 2.- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
- 3.- Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos
- 4.- Datos recopilados en la Estación Terrena

El Observatorio Nacional proporcionó información completa de lluvias en un período de 10 años de la Estación ubicada en Quito, ésta información tenía registros de cantidad de lluvia por cada hora sin ser estos registros la intensidad exacta, pues la lluvia no siempre cae durante una hora constante e ininterrumpidamente sino que puede

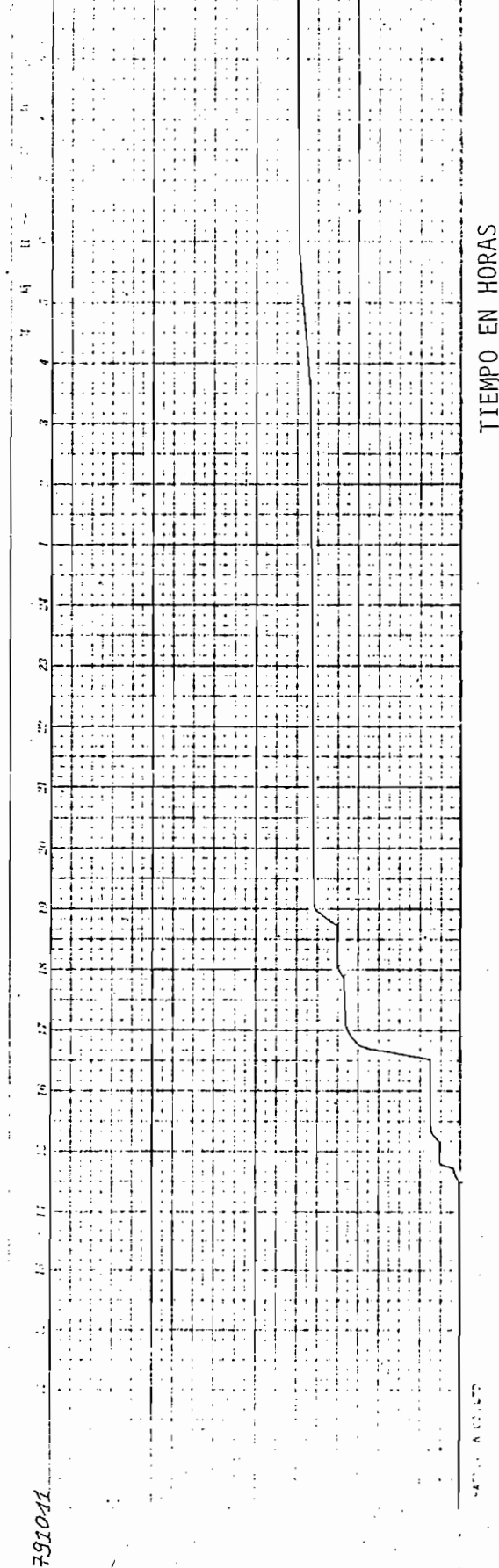
como se indica en la figura 3.16 que representa de manera real la lluvia caída en los alrededores de la Estación Terrena, dicha muestra fue tomada a 1.5 mts. del suelo en el pluviógrafo perteneciente a la Estación. El Instituto Ecuatoriano de Hidrología y Meteorología proporcionó información de la cantidad de lluvia así como de diferentes datos climatológicos, ésta información contenía las cantidades de lluvia en milímetros caídas en períodos semanales, mensuales y anuales que sirvió para crear un factor de ponderación con el fin de aproximar las cantidades de lluvia de los datos proporcionados por el Observatorio Nacional en Quito, a la cantidad de lluvia precipitada en los alrededores de la Estación Terrena. El factor de ponderación fue tomado semanal, mensual y anual y de estos valores fueron extraídos los promedios para el factor de ponderación que se utilizó.

$$K_s = QES / QQS \quad (3-1)$$

QES= cantidad de lluvia en (mm) caída en los alrededores de la Estación Terrena durante una semana.

QQS= Cantidad de lluvia en (mm) caída en Quito durante la misma semana.

KS = Factor de ponderación semanal.



791041

PRECIPITACION EN MILIMETROS

TIEMPO EN HORAS

FIGURA 3.16 PRECIPITACION REAL DE LLUVIA  
Muestra tomada en la estación Terrena "QUITO"

$$K_M = Q_{EM} / Q_{QM} \quad (3-2)$$

Q<sub>EM</sub> = Cantidad de lluvia en (mm) precipitada en los alrededores de la Estación Terrena durante un mes.

Q<sub>QM</sub> = Cantidad de pluviosidad en (mm) precipitada en Quito durante el mismo mes.

K<sub>M</sub> = Factor de ponderación mensual.

$$K_A = Q_{EA} / Q_{QA} \quad (3-3)$$

Q<sub>EA</sub> = Cantidad de lluvia anual en Estación Terrena.

Q<sub>QA</sub> = Cantidad de lluvia anual en Quito.

K<sub>A</sub> = Factor de ponderación anual.

$$K = (K_S + K_M + K_A) / 3 \quad (3-4)$$

K = Factor de ponderación.

Con el factor de ponderación se aproximó la cantidad de lluvias caída en Quito durante cada hora a la cantidad estimada en el área cercana a la Estación Terrena mediante la siguiente fórmula:

$$LLET = K \cdot LLQ$$

LLET = Cantidad de lluvia precipitada en Estación Terrena en el período de una hora.

LLQ = Cantidad de lluvia caída en Quito en una hora.

Los resultados obtenidos se compararon con los datos reales de intensidad de lluvia tomados en el pluviógrafo de

la Estación Terrena, estos datos no están completos apenas se tiene de 3 años aproximadamente y no continuados. Realizando algunos muestreos al comparar los datos reales con los datos calculados mediante el uso de las fórmulas anteriores se obtuvo errores menores que el 5%, con estos datos se realizó la tabla 3.5.

TABLA 3.5

INTENSIDAD DE LLUVIA ANUAL PROMEDIADA EN 10 AÑOS  
PROMEDIO DE MINUTOS ANUALES DE  
INTENSIDAD DE LLUVIA QUE EXCEDEN

A:	10 mm/h	620 min.
	20 mm/h	87 min.
	30 mm/h	61 min.
	40 mm/h	12 min.
	50 mm/h	07 min.
	60 mm/h	00 min.
	70 mm/h	00 min.

La tabla 3.6 a continuación contiene datos reales tomados en la Estación del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología ubicada en la Estación Forestal aproximadamente a 500 mts. de la Estación Terrena "Quito".

Estos datos nos indican el mes en el cual hubo mayor precipitación de lluvia, siendo el mes de Octubre el período en el cual se produjo una mayor precipitación, además se puede anotar que el trimestre más lluvioso del año es el comprendido entre los meses de Febrero a Abril inclusive.



TABLA 3.6

ESTADISTICAS SEMANALES DE LLUVIA PROMEDIADAS EN LOS ULTIMOS 10 AÑOS

SEMANA	PRECIPITACION (mm)	SEMANA	PRECIPITACION (mm)	SEMANA	PRECIPITACION (mm)
1	12.7	19	44.0	37	51.0
2	20.5	20	42.4	38	58.5
3	24.1	21	26.1	39	36.8
4	27.8	22	17.7	40	41.9
5	40.8	23	14.1	41	42.4
6	41.9	24	14.4	42	45.4
7	35.5	25	3.7	43	35.9
8	35.2	26	1.2	44	37.8
9	35.3	27	7.3	45	27.9
10	39.2	28	3.8	46	13.5
11	32.2	29	4.5	47	34.1
12	43.1	30	0.6	48	58.7
13	24.6	31	8.7	49	34.5
14	44.4	32	23.8	50	27.6
15	33.3	33	23.1	51	58.4
16	52.6	34	14.4	52	45.5
17	49.1	35	22.2		
18	29.7	36	63.0		

La tabla 3.7 contiene datos completos tomados en la Estación Terrena Quito y promediados en un período de 10 años, de temperatura y velocidad de viento. Asimismo datos de lluvia y humedad tomados por la Estación del - Instituto Nacional de Metereología e Hidrología.

En dicha tabla se puede apreciar que la velocidad del - viento es pequeña y por lo tanto la Estación Terrena - puede operar siempre con modo automático de rastreo. Pues la velocidad del viento está muy por debajo del lí mite garantizado por los fabricantes de la estructura de antena dicho límite es 80 km. por hora.

TABLA 3.7

ESTADISTICAS CLIMATOLOGICAS MENSUALES PROMEDIADAS EN LOS ULTIMOS 10 AÑOS

MES	PRECIPITACION (mm)	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD (D/O)	VELOCIDAD DE VIENTO (max.)
ENERO	147.4	15.5	82	30.3
FEBRERO	137.3	15.0	83	24.3
MARZO	217.9	15.1	83	30.7
ABRIL	187.7	15.3	85	26.5
MAYO	158.5	14.9	83	35.6
JUNIO	72.8	15.1	83	30.2
JULIO	23.2	15.3	79	45.7
AGOSTO	29.2	15.3	66	50.4
SEPTIEMBRE	109.1	15.2	78	40.0
OCTUBRE	188.8	15.0	79	33.5
NOVIEMBRE	156.0	15.4	82	36.0
DICIEMBRE	121.8	15.2	81	32.8

Además según datos proporcionados por la Dirección Nacional de Aviación Civil por medio de su Departamento de Meteorología y por información dada por el Observatorio Astronómico Nacional, la altura de las nubes para la región sería de 1.5 km. y con el ángulo de elevación de 30 grados con el cual trabaja la estación terrena nos da una longitud del medio de propagación a través de la lluvia de 3 km.

$$L = \frac{H}{\text{sen } \theta}$$

L= Longitud del medio de propagación

H= Altura de las nubes bajas

θ= Angulo de elevación de la antena.

### 3.4.2.- ANÁLISIS DE CUADROS ESTADÍSTICOS Y FIGURAS

Del análisis de los cuadros estadísticos de lluvia así como de las gráficas que muestran los diferentes efectos despolarizantes se desprende que solo las intensidades que sobrepasen los 25 mm./h de lluvia deben ser consideradas pues tienen efectos despolarizantes apreciables.

Para el caso de la Estación Terrena "Quito" el total - de tiempo de las intensidades que sobrepasan en límite antes mencionado suman un total de 167 minutos al año, lo que equivale 0.03%, porcentaje de tiempo en el cual nuestras comunicaciones se degradarían disminuyendo la relación señal a ruido, del tiempo total sólo 19 minutos al año son de lluvia intensa que provocarían significativas disminuciones de la relación señal a ruido, el resto 148 minutos de precipitación está dentro de - los límites de lluvia ligera.

En la tabla 3.8 se tiene un resumen de los diferentes efectos despolarizantes, resultado del análisis de las estadísticas y figuras.

TABLA 3.8

INTENSIDAD (mm/h)	MINUTOS ANUALES	PORCENTAJE ANUAL	ATENUACION (dB/km)				DESPLAZAMIENTO DE FASE			AISLAMIENTO DE POLARIZAC. (dB)	PERDIDAS DE ORTOGONALIDAD
10	620	0.11	--	--	--	--	--	--	30	---	
20	87	0.016	0.022	0.018	--	8.7	8.2	0.5	27	0.005	
30	61	0.011	0.030	0.020	--	9.5	8.4	1.2	25	0.007	
40	12	0.002	0.045	0.035	0.01	14.0	12.0	2.0	20	0.008	
50	07	0.001	0.050	0.042	0.012	14.3	13.2	2.1	18	0.01	
60	--	--	--	--	--	--	--	--	-	---	
70	--	--	--	--	--	--	--	--	-	---	
4 GHz											
10	620	0.11	--	--	--	--	--	--	30	0.08	
20	87	0.016	0.120	0.090	0.03	13.0	12.0	1.0	25	0.11	
30	61	0.011	0.145	0.120	0.04	15.0	13.0	2.0	23	0.55	
40	12	0.002	0.250	0.200	0.60	20.0	17.0	2.5	19	0.11	
50	07	0.001	0.300	0.240	0.70	24.0	20.5	3.5	14	0.11	
60	--	--	--	--	--	--	--	--	-	---	
70	--	--	--	--	--	--	--	--	-	---	
6 GHz											

CAPITULO CUARTO  
PROCESO DE ADQUISICION, INSTALACION  
Y PRUEBAS

4.1.- ESPECIFICACIONES PARA SOLICITUD DE OFERTAS  
ADQUISICION DE UN NUEVO ALIMENTADOR DE ANTENA

4.1.1.- CONSIDERACIONES GENERALES

De acuerdo a los requerimientos que Intelsat impuso a las estaciones terrenas para operar con el sistema Intelsat V es necesario modificar la antena existente.

Desde el punto de vista de la repetición de frecuencias por doble polarización la relación axial en las bandas de 4/6 GHz no debe ser mayor de 1.09 (0.75 dB). Para las antenas existentes en operación con repetición de frecuencias (BG-28-72 EW 6/77).

En concordancia con la información dada por MELCO, el fabricante de la antena, de la Estación Terrena "Quito", el sistema existente de antena y enfocador podría cumplir con las características mandatorias de Intelsat, si el actual alimentador es reemplazado por un nuevo con una buena relación axial, sin que el sistema reflector incluyendo el sistema de enfoque y la bocina corrugada tenga que ser cambiada.

El diseño del nuevo alimentador, deberá considerar las guías de onda existentes, especialmente en lo que se refiere al VSWR y las características de rastreo (Monopulso).

4.1.2.- DATOS TECNICOS DEL NUEVO ALIMENTADOR

a.- El nuevo alimentador deberá ser diseñado y construido de acuerdo con el sistema de guía de onda existente, con el sistema de rastreo y además cumplir con los requerimientos de Intelsat.

b.- Buena compatibilidad con el enfocador de rayo existente, esto es, el nuevo alimentador deberá ser conectado a la bocina corrugada, sin que la transmisión de energía sufra ninguna degradación.

c.- Buena compatibilidad con el canal de rastreo.

- d.- Suficiente aislamiento de polarización, sin pérdidas significativas de ganancia.
- e.- Acceso para operación con dos o cuatro puertos.
- f.- Posibilidad futura de una red adaptiva de compensación de los efectos despolarizantes de la lluvia.
- g.- Los componentes de guías de onda deberán ser fabricados con cobre de gran conductibilidad o recubiertas con plata.
- h.- El alimentador deberá ser presurizado utilizando el sistema compresor deshidratador existente.

#### 4.1.3.- ALCANCE DEL TRABAJO

Los siguientes párrafos deberán ser tomados en consideración, tanto en las ofertas como en el contrato del nuevo alimentador.

- a.- Reemplazo del alimentador existente con un nuevo alimentador de doble polarización incluyendo la guía circular.
- b.- Reemplazo de la cubierta de la bocina corrugada existente.
- c.- Relocalización de los receptores de bajo ruido existentes, reemplazo del sistema de cables asociados.
- d.- Rediseño del sistema de cables del alimentador actual.
- e.- Ajuste de la cadena del receptor de rastreo.

f.- Pruebas de verificación de antena (verificación de antenas de acuerdo al programa de Intelsat).

Con el receptor de bajo ruido enfriado termoeléctricamente, el factor de mérito G/T en ambos puertos de recepción y con un ángulo de elevación de 25 grados deberá ser mejor que  $39.0 - 20 \log (F/4)$  dB, bajo condiciones de cielo despejado (Referencia BG-28-72/W párrafo 3.11 pág.7).

Con el receptor de bajo ruido criogénicamente enfriado, el factor de mérito en los puertos de recepción, con un ángulo de elevación de 5 grados sobre el horizonte, deberá ser mejor  $40.7 - 20 \log (F/4)$  dB y con el cielo despejado.

La relación axial de voltaje deberá ser mejor que 1.09 (0.75 dB), dentro del cono de rastreo en dirección al satélite.

#### 4.1.4.- CARACTERISTICAS ESPERADAS DEL NUEVO ALIMENTADOR

Con el propósito de satisfacer los requerimientos de Intelsat, el nuevo alimentador deberá cumplir los nuevos valores presentados a continuación:

	Transmisión	Recepción
- Bandas de frecuencia	5.925- 6.425 GHZ	3.7 - 4.2 GHZ
- Polarización	LHCP Y RHCP	RHCP Y LHCP
- Relación Axial	0.2 dB	0.3 dB
- Pérdidas de inserción	0.2 dB	0.2 dB
- VSWR	Menor que 1.2	Menor que 1.2
- Aislamiento de Tx/Rx	Mayor que 60 dB	

#### 4.1.5.- COTIZACION

I .- PRECIOS C y F PARA QUITO O GUAYAQUIL

a.- Alimentador de doble polarización



- b.- Instalación y supervisión de instalación.
- c.- Pruebas.
- d.- Documentos técnicos y entrenamiento.

## II.- TERMINOS LEGALES DE LA OFERTA

- a.- Formas de pago.
- b.- Validez de la oferta.
- c.- Período de entrega.
- d.- Descripciones técnicas y características del nuevo alimentador y parámetros de operación esperadas - por la Estación Terrena después de la modificación.
- e.- Pruebas de aceptación y plan de procedimiento.

### 4.2.- EVALUACION O ESTIMACION DE COSTOS DE INSTALACION

Las especificaciones descritas en el capítulo anterior - fueron enviadas solicitando cotizaciones, a los siguientes fabricantes de Alimentadores de Antena: GTE, MITSUBISHI y NEC.

#### 4.2.1.- OFERTAS

De las tres firmas consultadas se recibieron las siguientes respuestas:

- a.- G T E .- Oficio s/n del 30 de Marzo de 1979  
Informa que no se encuentra en posibilidad de presentar la oferta para esta modificación.
- b.- N E C .- Oficio No. L-QTO Z 283 del 29 de Marzo de Sumitomo Corporation (Representante de NEC en Ecuador). Exponen que no están en posibilidad de cotizar, debido principal-

mente a haber encontrado dificultades técnicas, para acoplar el equipo de su fabricación con el ya existente en la Estación Terrena.

c.- MITSUBISHI:-

- a) Comunicación UIO-1138 del 4 de Diciembre de 1978 cotizando los trabajos de modificación, en dos alternativas. En lo que respecta a la descripción técnica se ajusta al contenido de la Propuesta No. TM-NO73 del 25 de Septiembre de 1978.
- b) Comunicación UIO-0175 del 5 de Marzo de 1979 oferta revisada solo para la alternativa B, en la cual se ajustan las condiciones técnicas y los precios para reflejar el resultado de las sesiones de trabajo efectuadas en la Estación Terrena durante los días 28 de Febrero y 1ro de Marzo de 1979.
- c) Comunicación UIO-0179 del 6 de Marzo de 1979. Alcance a la comunicación anterior añadiendo detalles respecto de los tiempos de entrega y garantía.

En el ANEXO se incluyen las comunicaciones y oferta (s) - arriba mencionadas.

4.2.2.- ANALISIS DE LA OFERTA

Por experiencia de lo acontecido en trabajos similares realizados en otras estaciones terrenas, suponíamos como en realidad ocurrió, que solo se recibiría

la oferta por parte del suministrador original de la Antena. Esto se debe principalmente a las dificultades que involucra el acoplamiento de un nuevo alimentador del sistema radiante y al de rastreo existentes.

Al no tener otras ofertas a más de la de Mitsubishi, fue necesario proceder a un estudio comparativo con los valores estimados por Intelsat y con los costos pagados por otras administraciones para trabajos de modificación de los sistemas de antena.

4.2.3.- COSTOS Y TIEMPOS DE CORTE ESTIMADOS POR INTELSTAT PARA TRABAJOS DE MODIFICACION DE ANTENA

A continuación se presenta un cuadro tomado del documento BG/T-10-11 de la Comisión Consultiva Técnica - de la Junta de Gobernadores de Intelsat.

En el cuadro 4.1 tenemos los costos y tiempos de corte de tráfico referidos a una estación terrena típica ubicada en los Estados Unidos, correspondientes - al año de 1976.

CUADRO 4.1.

COSTOS Y TIEMPOS ESTIMADOS AL AÑO 1976 PARA CAMBIOS REQUERIDOS POR ESTACIONES TERRENAS.

ACTIVIDAD	COSTO ESTIMADO (SUCRES)	PERIODO DE TRABAJO	TIEMPO DE CORTE MINIMO
1) PRUEBAS PREVIAS	75.000	5 DIAS (40 HORAS)	40 HORAS
2) STEP TRACK	875.000	20 DIAS (160 HORAS)	12 HORAS
3) RED TOM/POLARIZADOR	3'000.000	3 DIAS (24 HORAS)	24 HORAS
4) ALIMENTADOR COMPLETO (EXCEPTO SUBREFLECTOR)	8'000.000	10 DIAS (80 HORAS)	24 HORAS

ACTIVIDAD	COSTO ESTIMADO (SUCRES)	PERIODO DE TRABAJO	TIEMPO DE CORTE MINIMO
5) SUB-REFLECTOR	250.000	10 DIAS (80 HORAS)	24 HORAS
6) REALINEAMIENTO DEL SISTEMA DE DIRECCION DE ONDA (BEAM WAVEGUIDE)	250.000	20 DIAS (160 HORAS)	48 HORAS
7) REALINEAMIENTO DEL REFLECTOR PRINCIPAL	2'500.000	45 DIAS (360 HORAS)	360 HORAS
8) PRUEBAS DE RF EN SITIO	125.000	2 DIAS (16 HDRAS)	16 HORAS
9) PRUEBAS EN SITIO DE LA RELACION AXIAL (CON EL INTEL SAT IV-A)	125.000	2 DIAS (16 HORAS)	16 HORAS
10) MODIFICACION DE LAS FACILIDADES DE ESTACION	500.000	10-40 DIAS (80-320 HORAS)	
11) HPA 2KW-TWT 2KW KLYS	3'000.000 1'750.000	15 DIAS 12 DIAS	4 HORAS 4 HORAS
12) LNA (55°K)	625.000	5 DIAS (40 HORAS)	4 HORAS
13) MODIFICACIONES EN IF, CONTROL ETC.	125.000	5 DIAS (40 HORAS)	24 HORAS
14) RED ADAPTIVA DE COMPENSACION	625.000	(NO DET.)	(NO DET.).

De conformidad a las especificaciones elaboradas para la modificación de la Estación Terrena "QUITO", solo serían aplicables los rubros 3, 8 y 9 que totalizan un costo de \$ 3'250.000,00 al año 1976, en los cuales no están incluidos los valores correspondientes a materiales de ins

talación, modificación y documentación.

4.2.4.- COSTOS DE MODIFICACIONES DE OTRAS ESTACIONES TERRENAS

1.- OFERTA DE G.T.E. A COLOMBIA

(Valor estimado al 24 de Mayo de 1977)

Modificación del alimentador	₡ 4'000.000,00
Modificación en el sistema de rastreo a "STEP TRACK"	2'500.000,00

2.- OFERTA DE MITSUBISHI A NICALTESAT

(Valor estimado al 23 de Mayo de 1978)

Alimentador y envío	5'950.000,00
Instalación y pruebas	2'262.000,00

3.- OFERTA DE ITT (CON ALIMENTADOR RANTEC) A BRASIL

(Valor estimados a Julio de 1978, para dos antenas).

a.- Alimentador y Modificación en el sistema de rastreo a "STEP TRACK"	4'750.000,00
--	--------------

b.- Cambio de BOCINA, SUBREFLECTOR TMO, POLARIZADOR Y RASTREO	8'750.000,00
---	--------------

A la licitación abierta por Brasil solo contestó la ITT.

4.- OFERTA DE G.T.E. A ARGENTINA

(Valor estimado a Julio de 1978)

Alimentador	3'250.000,00
Más costo de pruebas e instalación	

5.- OFERTA DE RANTEC/RCA A PANAMA

Nuevo alimentador más subreflector	\$/	4'750.000,00
Red adaptiva (manual)		1'075.000,00

6.- CAMBIO EFECTUADO POR LA GTE EN CHILE

(Este trabajo se realizó como un adicional a la compra de las antenas para LONGOVILO 2 y PUNTA ARENAS).

a.- Modificación en LONGOVILO 1 (solo opción adicional).		1'668.000,00
b.- Modificaciones en LONGOVILO 2		3'625.000,00

Como comentario general, se puede concluir que los precios para modificaciones de estaciones terrenas, ubicadas en los países con tecnología propia, son más baratos que para aquellas ubicadas en los países tradicionalmente compradores de equipo. De cualquier manera el costo particular, puede variar dependiendo del tipo específico de modificación, de la demanda del mercado y de las facilidades locales, tanto de materiales como de personal.

4.2.5.- OFERTA DE MITSUBISHI

a.- OFERTA INICIAL

La descripción técnica que consta en el documento - TM-NO73, ajusta en su mayor parte a los requerimientos de modificación, solicitados por nosotros, excepto en que las dos alternativas que presenta, presuponen una operación con solo dos puertos.

Los valores correspondientes, que constan en la comunicación UIO-1138, son los siguientes:

ALTERNATIVA

a.- ALIMENTADOR DE BANDA ESTRECHA

1.- Alimentador	US\$ 215.000,00
2.- Materiales de instalación y modificación	11.100,00
3.- Documentación	11.100,00
4.- Asistencia técnica	<u>30.300,00</u>
TOTAL	US\$ 267.500,00

ALTERNATIVA

b.- ALIMENTADOR DE BANDA ANCHA

1.- Alimentador	US\$ 133.300,00
2.- Materiales de instalación y modificación	9.500,00
3.- Documentación	11.100,00
4.- Asistencia técnica	<u>30.300,00</u>
TOTAL	US\$ 184.200,00
OPCIONAL: Entrenamiento en sitio	1.000,00

OFERTA REVISADA

A solicitud de la Estación Terrena, se realizaron dos sesiones de trabajo, durante los días 28 de Febrero y 1ro de Marzo de 1979, en las cuales tomaron parte las siguientes personas:

POR IETEL : Ing. Gonzalo Maldonado  
Ing. Piedad Alvarez  
Ing. Mayo Carrión  
Sr. Leonardo Cajas

POR MITSUBISHI: Ing. Masakazu Takenchi, Experto en antenas.  
Sr. Federico Dávalos, Representante Local.

Fueron discutidos temas de orden técnico y económico principalmente se pidió que la oferta se ajuste a la configuración de 4 puertos y que también se revisen los precios, por considerárselos más altos que los - estimados por Intelsat.

Como resultado de las conversaciones fue recibida la nueva oferta, mediante comunicación UIO-0175 del 5 - de Marzo de 1979 en la cual se muestran nuevos valores para un alimentador de 4 puertos de la alternativa B:

1.- ALIMENTADOR 4-PUERTOS	US\$ 116.000,00
2.- MATERIALES DE INSTALACION Y MODIFICACION	9.000,00
3.- DOCUMENTACION	11.000,00
4.- ASISTENCIA TECNICA	<u>29.000,00</u>
TOTAL	US\$ 165.000,00

Se incluyen igualmente los detalles correspondientes a: Condiciones de pago, tiempos de entrega, validéz de la oferta, instalación y pruebas de aceptación.

Asimismo, como alcance a la comunicación anterior, me diante comunicación UIO-0179 del 6 de Marzo de 1979, se añadieron algunos puntos que aclaran detalles del tiempo de entrega y garantías.

#### 4.3.- TIEMPOS DE CORTE DE TRAFICO Y RUTAS DE SOPORTE

##### 4.3.1.-ANALISIS DE LOS REQUERIMIENTOS DE TRAFICO DURANTE EL PERIODO DE MODIFICACION.-

De acuerdo a los planes operativos de la Estación Terrena, se espera que el tráfico a fines del primer trimestre del próximo año, durante el período de corte esté



distribuído como sigue:

CUADRO 4.2

TRAFICO DE LA ESTACION TERRENA QUITO, ESTIMADO A FINES DEL PRIMER TRIMESTRE DE 1980.

ARGENTINA	3 CANALES TELEFONICOS
BRASIL	4 CANALES TELEFONICOS
CHILE	6 CANALES TELEFONICOS
ESPAÑA	18 CANALES TELEFONICOS
ESTADOS UNIDOS	72 CANALES TELEFONICOS, 5 TELEGRAFICOS 5 ALTERNATIVOS, y 3 SCPC
ITALIA	4 CANALES TELEFONICOS, 1 TELEGRAFICO
PANAMA	4 CANALES TELEFONICOS, 1 ALTERNATIVO
PERU	2 CANALES TELEFONICOS, 1 ALTERNATIVO Y 1 VOZ MAS DATOS (S-Dx)
VENEZUELA	8 CANALES TELEFONICOS

Además con Estados Unidos se tendrá 3 canales para - transmisión de datos de alta velocidad (SCPC), también se espera que exista comunicación directa con Canadá la misma que podría empezar con tres canales telefónicos.

4.3.2.- TIEMPOS DE CORTE DE TRAFICO

Los tiempos para la verificación de las antenas depende de la configuración de las Estaciones Terrenas, así como de la disponibilidad de equipo de prueba, el grado de familiaridad de las personas con dicho equipo y con el procedimiento de las pruebas a realizarse. Siendo por lo general necesario 3 días de trabajo para la calibración de los equipos y realización de pruebas de premodificación para un nuevo alimentador.

De acuerdo con las Experiencias recopiladas por Intel sat en las modificaciones llevadas a cabo por otras Estaciones Terrenas, hasta la fecha 25 de ellas han realizado los cambios y las pruebas respectivas para operar con doble polarización, se estima que el tiempo que tomará las mediciones de verificación, si se realiza únicamente las pruebas mandatorias es de 60 horas, que está dividido en varias jornadas de trabajo, si se desea realizar además de las pruebas mandatorias algunas recomendadas por Intelsat, se calcula que el tiempo de corte será de 80 horas.

El Cuadro 4.3 representa los tiempos de corte de tráfico estimados, de acuerdo a experiencias con otras estaciones terrenas, al realizar las pruebas de aceptación y verificación, a lo cual habrá que añadir 48 horas de corte debido a los trabajos de modificación por sí mismos, que necesariamente deben realizarse en dos días.

CUADRO 4.3

TIEMPOS ESTIMADOS PARA LA DURACION DE LAS PRUEBAS DE VERIFICACION DEL NUEVO ALIMENTADOR

TIPO DE MEDICION	APLICACION	TIEMPO DE CORTE
Patrón de radiación en Transmisión	Premodificación y Preliminares	4 horas en un día
	Postmodificación o doble polarización	9 horas en dos días
Patrón de radiación en Recepción	Postmodificación o doble polarización.	9 horas en dos días

TIPO DE MEDICION	APLICACION	TIEMPO DE CORTE
Aislamiento de polarización en Transmisión y Recepción	Preliminar	2-4 horas en un día
	Postmodificación o doble polarización.	12 horas en dos días
Ganancia de Transmisión	Preliminar	4 horas en un día
	Postmodificación	8 horas en dos días
G/T. Figura de mérito	Preliminar	8 horas en dos días si se usa el método de radioestrella.
	Postmodificación doble polarización.	Usando una radioestrella 12 horas en 3 días.

#### 4.3.3.- RUTAS DE SOPORTE

De los cuadros y tiempos analizados con anterioridad se estima un período de trabajo de 20 días, en los cuales realmente se realizarán mediciones durante un tiempo de 80 horas, debiendo añadir 48 horas por el cambio del alimentador.

De ser factible, es muy conveniente el uso de una ruta soporte, que en el caso de Ecuador necesariamente debe encaminarse por los países fronterizos con Estaciones Terrenas operando con Intelsat.

La principal razón para utilizar la ruta de soporte, es que el tráfico internacional no sufrirá ninguna interrupción, aunque se verá restringido en muy pocos canales.

Se ha escogido la ruta de soporte Vía Chocontá (Estación Terrena de Colombia), por las facilidades del en

a.- DISPONIBILIDAD DEL ENLACE TERRESTRE

Enlace Chocontá-Bogotá tres supergrupos distribuidos así: Un supergrupo a nivel de super-grupo básico y dos a nivel de grupo básico.

Enlace Bogotá-Pasto Tres supergrupos a nivel de supergrupo básico

Enlace Pasto-Troya Tres supergrupos disponibles

Enlace Troya-Quito Tres supergrupos

Con motivo del soporte que debe realizar Ecuador al tráfico Colombiano el enlace entre Quito y la Estación Terrena dispone de tres supergrupos.

b.- FACILIDADES DE LA ESTACION TERRENA CHOCONTA

La restauración del tráfico internacional del Ecuador se hará de la siguiente manera:

I .- PARA EUROPA

Transmisión

Chocontá acomodará un total de 24 circuitos dentro de su banda base en portadora existente, 20 circuitos confirmados y 4 sujetos a la ampliación de su portadora con Europa, ampliación de 60 canales a 72 canales.

Recepción

En recepción se asignará un rescate de dos grupos de España y un grupo de Italia como vía de retorno de los 24 canales.

II .- PARA AMERICA

Transmision

Chocontá levantará una portadora adicional con una capacidad de 132 canales para res-

lace terrestre, además de las facilidades del equipo disponible en la Estación Terrena de Chocontá.

Al utilizar una ruta de soporte para el tráfico internacional se consigue que los precios de las pruebas se reduzcan, pues el tiempo puede ser unificado en un solo, estimándose éste período entre cinco y ocho días.

La ruta de soporte evita tener configuraciones provisionales, para las mediciones o para el tráfico normal, de este modo el manipuleo de los equipos para la calibración se reduce al mínimo, pues de otra manera si se tuviera varios cortes de tráfico, para realizar las mediciones, será necesario calibrar el equipo (Receptor Transmisor) de acuerdo a los parámetros del satélite Intelsat IV-A (F-2) y recalibrarlos cuando operen normalmente con el satélite Intelsat IV-A (F-1).

#### 4.3.4.- CAPACIDAD DE RESTAURACION

La capacidad de restauración depende principalmente de dos factores, la capacidad del enlace terrestre y la capacidad de la Estación Terrena de soporte.

En vista de la posibilidad de restaurar el tráfico del Ecuador se han realizado reuniones Colombo-Ecuatorianas, de ayuda mutua durante los períodos de transición, así el Ecuador soportará el tráfico de Colombia cuando su estación terrena cambie de alimentador y a su vez Colombia enrutará el tráfico del Ecuador.

taurar casi en la totalidad el tráfico requerido por Ecuador con Argentina, Brasil, Canadá, Chile, Panamá, Perú, Estados Unidos y Venezuela.

#### Recepción

Se requerirá en recepción para la restauración un total de 17 grupos, por consiguiente ante la disponibilidad de 15 grupos se tratará de acomodar los canales de Perú, Brasil y Canadá en un solo grupo.

Los canales que no podrán ser restaurados son los de banda ancha, que actualmente prestan servicios a NASA para transmitir datos de alta velocidad.

#### 4.4.- PRUEBAS DE ACEPTACION

Las pruebas de aceptación que se requieren para verificación del grado de aislamiento en un sistema de doble polarización pueden ser realizadas de tres maneras diferentes, sean éstas mediante el uso de radio-estrellas, utilizando una antena de referencia cuyas características de aislamiento de polarización sean conocidas, ésta antena deberá ser ubicada en un lugar cercano y libre de perturbaciones tales como interferencia de otras señales, distorsión de polarización debido al medio de propagación etc., utilizando un sistema vía satélite; - siendo éste último método el más recomendado, pues se tiene en la actualidad satélites de características conocidas, las cuales permiten obtener resultados de gran precisión.

##### 4.4.1.-PRUEBAS MEDIANTE EL USO DEL SATELITE INTELSAT IV-A (F-2)

El satélite Intelsat IV-A (F-2) está disponible en el -

área del Océano Atlántico con radiofaros de respuesta en los accesos globales, de esta manera permite la realización de mediciones de aislamiento de polarización a todos los países cubiertos por el satélite, además de facilitar las mediciones al poder utilizar varias estaciones monitoras simultáneamente, que pueden estar ubicadas en los dos hemisferios o en las zonas de cobertura.

Con el propósito de llevar a cabo las respectivas pruebas el satélite Intelsat IV-A (F-2) ubicado en el área del Océano Atlántico tiene reservado los siguientes radiofaros de respuesta:

		RADIOFAROS
ENLACE DE SUBIDA AL SATELITE	LHCP	2,4,6,8,10,12
	RHCP	2,4
ENLACE DE BAJADA DEL SATELITE	RHCP	2,4,6,8,10,12
	LHCP	2,4

Las Estaciones Terrenas deberán coordinar el tiempo de pruebas y las frecuencias en las cuales van a realizar las mismas, con las oficinas centrales del TOCC (TECHNICAL OPERATION AND CONTROL CENTER).

El cuadro 4.4 contiene los datos y características con las cuales deberán trabajar el satélite al realizar las pruebas de verificación de las antenas.

CUADRO 4.4 .

CARACTERISTICAS DEL SATELITE INTELSAT IV-A (F-2)

RADIOFARO		2	4	6	8	10	12
F R E C U E N C I A	CIRCUITO DE SUBIDA	5.990	6.070	6.150	6.240	6.320	6.400
	CIRCUITO DE BAJADA	3.765	3.845	3.925	4.015	4.095	4.165
P I R E (dBw) Saturación		24.6	24.8	26.3	26.5	26.5	27.0
DENSIDAD DE FLUJO NOMINAL (dBw/m)		-69.2	-69.6	-76.5	-76.8	-77.4	-77.4

4.4.2.- CONFIGURACION GENERAL PARA PRUEBAS

La figura 4,1 representa de una manera general la configuración que debe tener un sistema y el equipo necesario para realizar las pruebas de aislamiento de polarización; aunque si se tienen dos cadenas de recepción no necesariamente se requerirá las pruebas simultáneas, pudiendo éstas ser llevadas a cabo separadamente y de manera alternativa.

4.4.3.- PROCEDIMIENTO DE PRUEBAS

Todas las pruebas que se requerirán para medir las características de las antenas, es recomendable se la realice en la frecuencia central de los radiofaros disponibles.



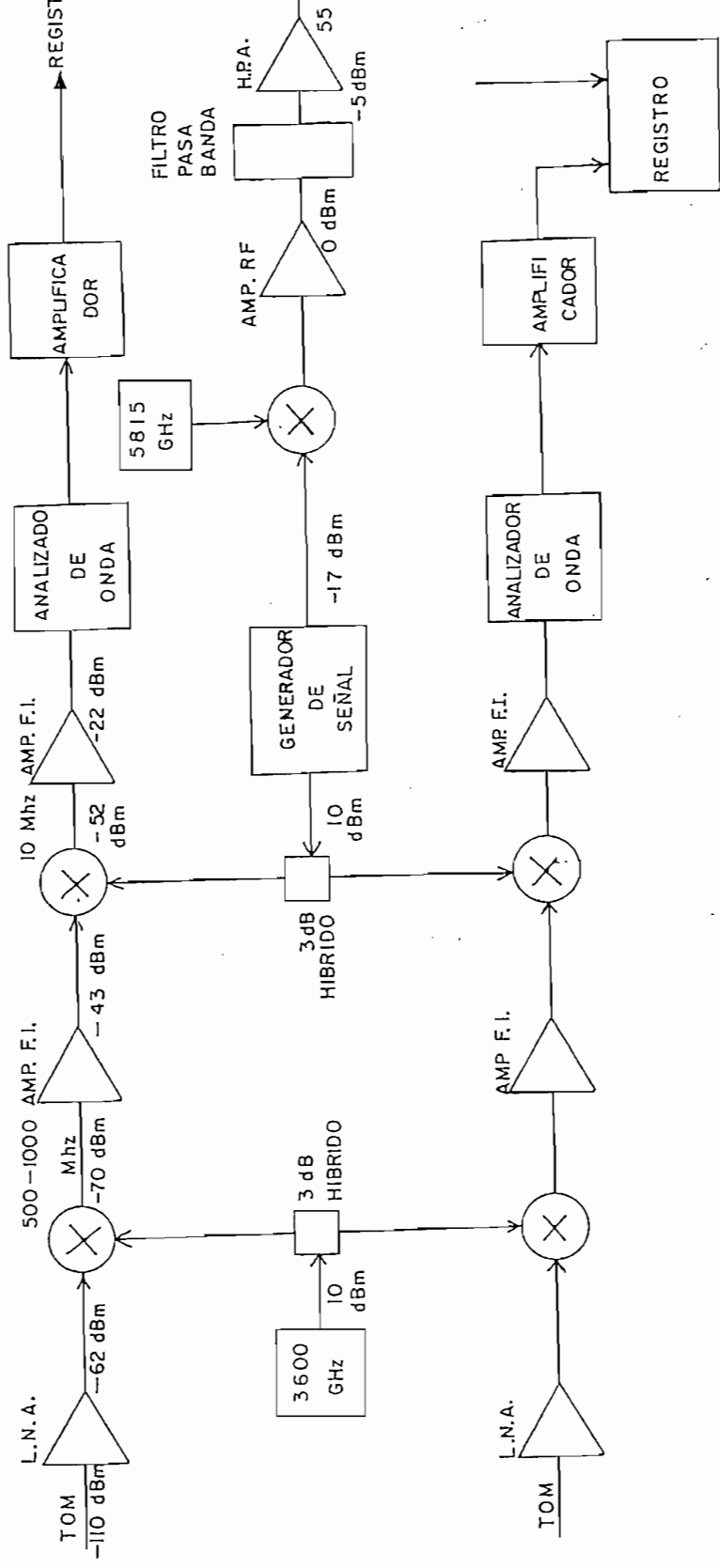


FIGURA 4.1

DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN RECEPTOR/TRANSMISOR DE PRUEBA

En cuadro 4.5 que a continuación se detalla, nos indica las pruebas necesarias para la verificación de las antenas.

CUADRO 4.5

PROCEDIMIENTOS DE PRUEBAS

PRUEBAS PARA ESTACIONES TERRENA LOCALIZADAS EN:			RADIOFAROS DISPONIBLES
TIPO DE PRUEBA	HACES HEMISFERICOS ZONAS ENFOCADAS		
G/T y Temperatura de ruido del sistema	RH	RH	2 al 12
Ganancia de TRANSMISION	LH	LH RH	2 al 12 2
<u>EN TRANSMISION</u>			
PATRONES DE radiación	Copol LH,Xpol RH	Copol LH,Xpol RH	2 al 12
Aislamiento de polarización		Copol RH,Xpol LH	2
<u>EN RECEPCION</u>			
Patrones de radiación	Copol RH,Xpol LH	Copol LH,Xpol RH	2 al 12
Aislamiento de polarización		Copol RH,Xpol LH	2

4.4.4.- DESCRIPCION SINOPTICA DE LAS PRUEBAS

- a.- La verificación del factor de mérito G/T puede llevarse a cabo mediante el uso de una radio estrella o usando el satélite con las recomendaciones para las antenas tipo "A" standard.

- b.- La ganancia de transmisión puede ser monitorada por algunas Estaciones Terrenas simultáneamente y realizando un promedio se establece las características de ganancia y estabilidad de la antena a probarse, para este tipo de pruebas están disponibles los radiofaros del 2 al 12.
- c.- Para medir el patrón de radiación en recepción en la co-polarización de mano derecha y su polarización cruzada de mano izquierda, se recomienda usar el satélite en las frecuencias centrales de los radiofaros del 2 al 12.
- d.- Para medir el patrón de radiación en transmisión se registrará por los mismos principios que en recepción, evitando interferir en los satélites adyacentes, además las Estaciones Terrenas deberán tomar las debidas precauciones para evitar las interferencias con sistemas terrestres.
- e.- El aislamiento de polarización en recepción podrá ser medido en el eje central del lóbulo de radiación y en sus contornos, teniendo en cuenta que la respuesta de la polarización cruzada varía de manera considerable con la frecuencia, se recomienda realizar esta prueba en todos los radiofaros disponibles, ya que la relación axial de las ondas puede variar con la frecuencia.
- f.- Las pruebas de aislamiento de polarización cruzada en transmisión, deben seguir los mismos principios que las pruebas en recepción y además de los cuidados recomendados para no afectar a satélites cercanos.

CAPITULO QUINTO  
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.- CONCLUSIONES

- a.- El cambio que requiere la Estación Terrena "Quito" para operar con doble polarización y al mismo tiempo garantizar que se cumplan las condiciones mandatorias de Intelsat, en lo referente a los parámetros de pureza de polarización es el sistema alimentador, sin incluir en él la bocina corrugada.
- b.- Se considera suficiente la instalación de un nuevo alimentador de banda ancha, que además de cumplir con las características técnicas es más barato que su similar de banda estrecha, con lo que se conseguiría un ahorro de aproximadamente \$/ 3'000.000,00.
- c.- No se requiere de una red adaptiva de compensación para los defectos despolarizantes de la lluvia, - pues como se estipula en el cuadro 3.8, tenemos - que la intensidad de lluvia que cae en los alrededores de la Estación Terrena es baja, dentro de - los límites de lluvia ligera y solo el 0.001% del tiempo total de servicio podría causar deterioro - considerable la intensidad de lluvia. Este porcentaje de tiempo no afectaría a nuestra continuidad de servicio.
- d.- Con la modificación técnica para operar con cuatro puertos la oferta de Mitsubishi concuerda con las especificaciones requeridas por la configuración - de la Estación Terrena para operar con el satélite Intelsat V, según el plan operativo AT-22A-P.

5.2.- RECOMENDACIONES

De acuerdo a los análisis realizados en la presente tesis y en concordancia con las conclusiones antes mencionadas se recomienda:

a.- La adquisición del nuevo alimentador en base a la oferta de Mitsubishi Electric Corporation de acuerdo a lo siguiente:

I .- Características técnicas: Como constan en los documentos TM-073 y TM-134

II .- Precios y condiciones: Conforme a lo descrito en las comunicaciones UIO-175 y UIO-179.

b.- Evitar en lo posible el realineamiento de todo el sistema radiante, pues el tiempo para realizarlo implica una paralización del tráfico de 3 a 4 semanas, además con las condiciones administrativas actuales del IETEL la firma de un contrato puede demorar varios meses atrasando de esta manera los planes de desarrollo y expansión de la Estación Terrena.

c.- Establecer un plan concreto de restauración de servicios telefónicos internacionales vía Chocontá (Colombia), de acuerdo a los análisis realizados en el capítulo cuarto y a las reuniones Colombo-Ecuatorianas de ayuda mutua que fueron realizadas en la frontera en el mes de Julio del presente año, es factible un plan de restauración de circuitos que rescataría más del 90% del tráfico ecuatoriano.

d.- Con el objeto de dar facilidades en el momento de transición y para que la Estación Terrena pueda operar sin restricciones con el nuevo satélite se recomienda comprar los siguientes equipos del sistema de comunicación de tierra:

- 2 Cadenas redundantes de transmisión para 60 canales/5 MHZ y 36 canales/2.5 MHZ.
- Unidades de modificación para portadoras de 192 canales/10 MHZ, 252 canales/10 MHZ y 96 canales/7.5 MHZ.
- Un combinador de RF con 3 entradas para los convertidores ascendentes que están en línea y 3 entradas para los que están en "espera".
- 2 Cadenas redundantes en Recepción para: 132 canales/7.5 MHZ y 252 canales/10 MHZ.
- 1 Cadena simple de Recepción para 612 canales/20 MHZ.
- Unidades de modificación para portadoras de:
  - 132 canales/7.5 MHZ
  - 192 canales/10.0 MHZ
  - 192 canales/7.5 MHZ
  - 252 canales/10.0 MHZ
  - 96 canales/7.5 MHZ
  - 96 canales/5.0 MHZ
  - 60 canales/5.0 MHZ
  - 36 canales/2.5 MHZ

e.- En vista de la obligación que tiene la Estación Terrena de cumplir con el plan de transición para operar con el satélite Intelsat V se debe proceder a realizar los pasos pertinentes de tal manera que

el equipo esté instalado máximo hasta Abril de 1980.

El equipo que se recomienda adquirir es el mínimo - necesario para cubrir los requerimientos de confiabilidad de la Estación Terrena y flexibilidad durante los pasos de transición.

f.- Se recomienda la utilización de un programa de asistencia técnica para el desarrollo que proporcione Intelsat con el siguiente propósito:

- Ayuda para la calificación técnica de las ofertas.
- Asistencia de las estaciones monitoras para las pruebas de verificación de la pureza de polarización de la antena.
- Acceso gratuito al satélite Intelsat IV-A (F-2) durante las pruebas de aceptación.
- Intervención como Juez en caso de divergencia técnica con el Suministrador.
- Comprobación eventual de los valores estimados y calculados por nosotros de las pruebas realizadas.



REFERENCIAS

- 1 Ing. Gonzalo Maldonado, tesis de grado.
- 2 Ing. Gabriel Bernarl, tesis de grado.
- 3 Ing. Patricio Ortega, tesis de grado
- 4 Reunión de la Junta de Gobernadores de Intelsat 6-13 Junio de 1979
- 5 Intellink (Revista técnica de Intelsat Volúmen I Nos. 3 y 4)
- 6 Plan Operativo de Intelsat AT-22A-P
- 7 Ing. Mayo Carrión, estudio de expansión del equipo de Comunicación de Tierra (GCE) de la Estación Terrena "Quito"
- 8 Earth Station antenna system polarization measurements by Dr. Bill English Comsat.
- 9 Intelsat V satellite specification excerpts Comsat 30 April/76.
- 10 Frequency reuse by polarization discrimination Comsat 16 January 1975

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Proceedings of Intelsat V Earth Station Technology Seminar  
13-18 Junio, 1976  
Munich, Alemania
- 2.- Intelsat- Second Earth Station Technology Seminar  
24-26 Octubre, 1977  
Atenas, Grecia
- 3.- Características de Desempeño de las Estaciones Terrenas  
Intelsat- BG-28-72, 24 Agosto 1977
- 4.- Operational Planning Workshop-Intelsat (Documentos varios)  
23 Febrero-lro Marzo, 1978  
Washington, Estados Unidos
- 5.- Microwave Communication  
S. Yonezawa, N. Tanaka  
Tokyo, Japón, 1968

A P E N D I C E 1

Quito, a 30 de Marzo de 1.979

Sr. Ing.  
Gonzalo Maldonado  
Ciudad.

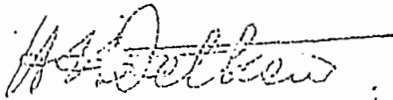
De mis consideraciones:

Haciendo referencia a su Oficio No. 057-ET, de fecha 19 de Febrero de 1.979, en el cual nos solicita una Oferta para la adquisición del " Alimentador de Antena" para trabajar con polarización cruzada, para esa Estación, nos permitimos informar a usted que nuestra Fábrica no se encuentra en posibilidades de presentar la Oferta para esta modificación.

Agradeciéndole por habernos tomado en cuenta, nos --  
suscribimos de usted.

Muy atentamente,

G T E S. A.

  
Hermann E. Derken  
Gerente General

HED/wls

(P. O. Box 3717)

Telephonos: 525-116 - 525-833

Telex: 2216 SUMTOM ED

Cable address: SUMITOMO QUITO

QUITO 283

DATE Marzo 29 de 1.979

Señor Ing:

IGNACIO MALDONADO

Jefe de la Estación Terrena

QUITO.-

Referencia: COTIZACION PARA CAMBIO DEL ALIMENTADOR DE LA ESTACION TERRENA, PARA OPERACION CON DOBLE POLARIZACION.

En mis consideraciones:

Con relación a la solicitud hecha por Ustedes, para que se realice el reemplazo del alimentador de antena, para la Estación Terrena, para que ésta pueda operar con el nuevo sistema de "INTELETEL", por la presente le queremos comunicar que hemos recibido la información de nuestra oficina matriz en Tokyó-Japón, en la cual nos comunican que muy a su pesar Nippon Electric Company (NEC), después de un estudio detallado de los documentos que se sirvieron proporcionarnos, no podrá dar su oferta debido a tres razones principales que son:

- ) NEC ha encontrado ciertas dificultades técnicas para poder acoplar sus equipos a los equipos que actualmente existen en la Estación Terrena.
- ) Sin embargo, de lo anterior, NEC podría realizar los cambios necesarios en sus equipos debido a su alta tecnología, para adaptarlos a los de la Estación Terrena, pero el costo sería muy oneroso y la oferta que podrían presentar, estaría muy por encima de lo estimado por el IETEL.
- ) El tiempo de entrega de NEC, estaría fuera del plazo requerido por el IETEL.

En vista de lo anteriormente expuesto, solicitamos a Usted, sirva aceptar muestras más sinceras excusas por no poder ofrecer el equipo de NEC.

Muy Atentamente,

Hiroshi Shobawa

OUR REF. In Replying OUR REF. QUITO Marzo 5, 1979  
 Please Quote NUESTRA REF. UIO-0175

Señores  
 INSTITUTO ECUATORIANO DE  
 TELECOMUNICACIONES "IETEL"  
 QUITO, Ecuador.

At: Ing. Gonzalo Maldonado,  
 Jefe de la Estación Terrena

Asunto: Cotización E/S Feed Modification

Queridos señores:

De acuerdo a las sesiones de Febrero 28 y Marzo 1 sostenidas con ustedes y el Sr. Takouchi de MELCO, tenemos a bien proponerles la siguiente modificación en la cotización enviada con nuestra comunicación UIO-1138 de Diciembre 4, 1978:

1.-

PLAN B: with 4-Port Feed

1. Dual Polarization Feed	US\$ 116,000	(116,000)
2. Installation and Modification materials	US\$ 9,000	( 9,000)
3. Documentations	US\$ 11,000	( 11,000)
Sub-total of equipments and materials	US\$ 136,000	(136,000)
4. Technical Assistance for modification	US\$ 29,000	( 29,000)
Grand Total		
G/Total (In US\$ Dollar)	US\$ 165,000	(165,000)

2.-

CONDITIONS:

- Price: Above quotation is firm and fixed price in US\$ Dollar based on C&F Guayaquil seaport, which included ocean freight but not included marine insurance, any bon charge and any expenditure for tariffs, duties, fees and charges legally - demandable under any instrument, rules, or order made under any act of Ecuador Government.
- On-site installation and testing.  
 On-site installation and testing shall be conducted by MELCO supervisor with the assistance of IETEL personnel. MELCO will dispatch supervisory engineers within ten days from the date requested by IETEL. Within ten days after starting the installation, the antenna will be ready for verification - testing. The coordination with INTELSAT when starting the

verification testing using the satellite shall be assured by IETEL. It is assumed that the test result will be able to receive within one week after the completion of modification steps. In case of excess of above period. Contractor reserve the right to claim the excess charge of US\$ 450/Man/day.

Payment:

Payment shall be made in the following manner:

- A) Equipment and materials: By an irrevocable and confirmed Letter of Credit at sight.
- B) Technical Assistance: By telegraphic transfer within 30 days after the date of provisional acceptance.

Offer Validity:

Until end of April, 1979

Delivery:

Time of Shipment: 8 months from Letter of Intention (we are now consulting with the factory for shorter delivery time)

Equipments and services to be provided by the customer:

- A) Test Equipments: Details are as per attached list.
- B) Installation and testing staff: Melco will submit in advance the detailed requirements.
- C) Non-break power supply.
- D) Custom clearance at Ecuador side and inland transportation of the equipments including temporary imported drawback equipments/tools of supplier.
- E) Communication and transportation facilities for the contractor's supervisor.
- F) Storage room/space for contractor's and/or supervisor's equipments.

ANNEX

- In Plant test shall be performed by the contractor and test result will be submitted to customer.
- On-site verification test is assumed to be performed in accordance with mandatory requirement specified in INTELSAT document PW-1-15.

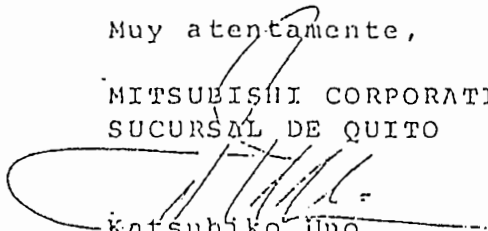
Melco will guarantee that the total antenna performance with new feed assembly will meet INTELSAT mandatory requirement specified in BG-28-72E.

Customer is requested to make necessary arrangement for satellite verification test to OIC/TOCC and inform contractor the test result within one week after completion of the installation.

adcceremos se sirvar darnos su confirmación con el objeto de aciar los trámites correspondientes a la importación.

Muy atentamente,

·  
MITSUBISHI CORPORATION  
SUCURSAL DE QUITO



Katsuhiko Uno  
GERENTE APODERADO

fb

.: TOK-MB-H  
File



<u>Equipment name</u>	<u>Type number</u>	<u>Maker</u>	<u>Quantity</u>
1. Test Receiver	AIL-13610	AIL	1
✓ 2. Mixer/Preamplifier	AIL-13509/13650	AIL	1
3. Sweep OSC	HP-8620A/8621B/86341B	HP	1
✓ 4. 2-Pen Recorder	EPR-200A	TOOWA	1
✓ 5. Spectrum Analyzer	HP-141T/8552B/8555A	HP	1 set
✓ 6. Frequency Counter	HP-5340A	HP	1
✓ 7. Power Meter with Power Head	HP-432A/478A	HP	1 set
8. Coaxial Variable Attenuator	70469	NARDA	1
9. Synthesized Signal Generator	HP-8660C/HP-86601A (or HP-8672A)	HP HP	1 1)
10. LNA, HPA and Up/Down converter used in <del>Quito</del> <sup>Quito</sup> site.			

-----

In case, up converter in the station equipment is used, the frequency stability in the order of 1. in 10 to the seventh power per several hours or better will be required.

-- -oOo- - -

ñores  
STITUTO ECUATORIANO DE  
LECOMUNICACIONES "IETEL"  
udad.

t: Ing. Gonzalo Maldonado  
Jefe de la Estación Terrena

f: Cotización E/S Feed Modification

preciados señores:

s referimos a nuestra carta UIO-0175 de Marzo 5, 1979 y les  
formamos las siguientes condiciones adicionales:

Entrega:

Tiempo de Embarque: 8 meses después de la fecha de emisión  
de la Carta de Intención sujeto a las siguientes condiciones:

- (1) La Carta de Crédito deberá abrirse dentro de los tres me-  
ses siguientes a la emisión de la Carta de Intención.
- (2) En caso, de que la Carta de Crédito no haya sido abierta  
dentro de los mencionados tres meses después de la emisión  
de la Carta de Intención, el embarque se extenderá por el  
mismo período de demora. Si la emisión de la Carta de  
Crédito se ha prolongado excesivamente, la pérdida que  
sufra Mitsubishi será compensada por el IETEL.

Garantía de Fiel Cumplimiento:

Mitsubishi deberá entregar una garantía de Fiel Cumplimiento  
por un valor equivalente al 5 % del monto total del contrato,  
después de la emisión de la Carta de Crédito hasta la Recep-  
ción Provisional.

Garantía de Reembolso:

Mitsubishi deberá entregar una garantía de reembolso por la  
suma total contratada después de la emisión de la Carta de  
Crédito hasta la Recepción Provisional.

Honorarios de Supervisión y Entrenamiento:

Los honorarios de supervisión y entrenamiento deberán ser contratados y pagados en dólares americanos. (Esta condición es aceptada por INECEL.

Atentamente,

MITSUBISHI CORPORATION  
SUCURSAL DE QUITO

  
Katsuhiko Uno  
GERENTE APODERADO

/fb

c.: File

TM-N134

THE MODIFICATION OF ECUADOR E/S

(DUAL POLARIZATION FEED)

ARCHIVO

THE MODIFICATION OF ECUADOR E/S  
(DUAL POLARIZATION FEED)

The field-proven Melco's dual polarization feeds, which have been installed in the Madley E/S (UK), Bolivia E/S, etc., have the following superior technical features as described in our technical proposal TM-N073.

- 1) Compatibility with the existing antenna system, i. e., the existing beam waveguide and existing auto track system can be used without major modifications.
- 2) Access for either two-port or four-port operation.
- 3) Differential phase adjustment not needed on-site.
- 4) Future incorporation of adaptive compensation network for rain depolarization. (Plan A)

The same type of tracking mode coupler as installed in the Ecuadorean earth station is used together with a bi-polar modulator and a beacon coupler for the auto tracking system. (Refer to the block diagrams shown in Figures 1-(a) and 1-(b).). As far as Melco's auto tracking system is concerned, the single channel system, whose tracking reference signal and the tracking error signal are amplified in a common low noise amplifier, is adopted from the viewpoint of antenna system reliability and cost.

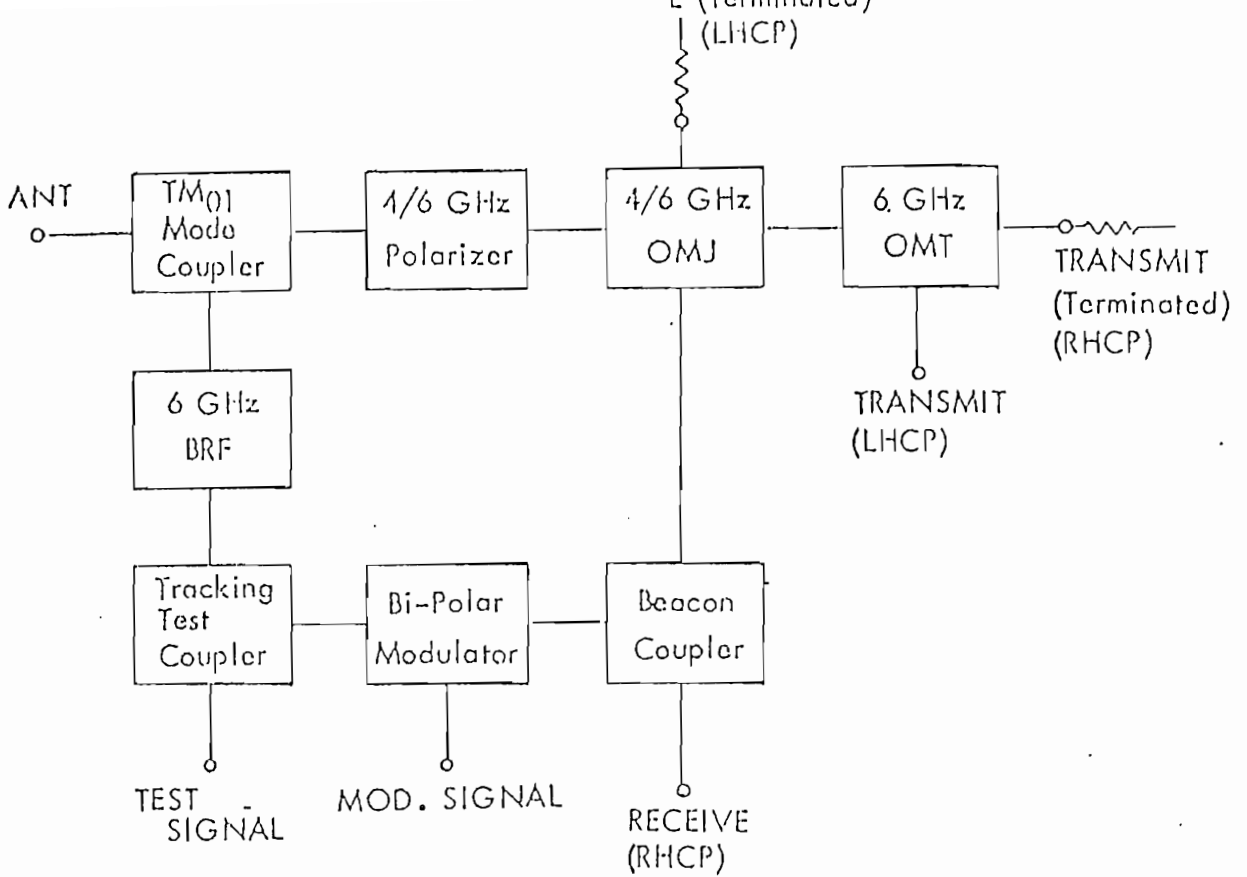
In order to be compatible with the existing tracking system, the proposed feed assembly is designed as mentioned above; i. e., it adopts a phase modulation technique using a 4 KHz clock pulse generated from the existing tracking receiver.

The overall axial ratio depends mainly upon the characteristics of the feed assembly itself. However, it is noted that the depolarization

... efficiency of the circular waveguide run between the existing corrugated horn and the feed assembly is to be carefully considered. Although this effect can be lessened by differential phase adjustment made with rotating polarizers (90° and 180° polarizers) installed in the feed assembly, a correct adjustment is difficult to be made on-site since a perfect circularly polarized reference source is difficult to be obtained in the wide band of 3.7 GHz to 4.2 GHz in the 4 GHz band and/or of 5.925 GHz to 6.425 GHz.

Instead, Melco proposed to replace the existing circular waveguide run with a new one, whose axial ratio is measured at the factory. Therefore, Melco's feed has no need of the differential phase adjustment and calls for only a minimum traffic downtime at the time of the retrofit implementation.





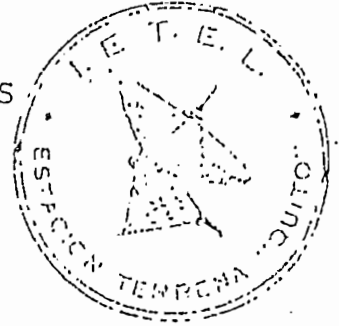
a) Block diagram

	Transmit	Receive
Frequency Band	5.925 ~ 6.425 GHz	3.7 ~ 4.2 GHz
Polarization	LHCP	RHCP
Axial Ratio	0.5 dB	0.5 dB
Insertion Loss	0.2 dB	0.2 dB
VSWR	1.3 : 1	1.3 : 1
Tx-Rx Isolation	More than 30 dB	

Figure 1-(b) Dual Polarization Feed (Plan B)



TECHNICAL PROPOSAL FOR  
THE MODIFICATION OF ECUADOR E/S



(REVISED PROPOSAL)

MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION

# FEED SUBSYSTEM

## 1. GENERAL

In order to meet the Intelsat requirements imposed on the earth station antenna for the Intelsat V system, it is necessary to modify the existing antenna. From the view point of frequency reuse by dual polarization, the axial ratios of antenna in the 4/6 GHz bands are required to be no more than 1.09 (0.75 dB) for the existing antenna in Frequency Reuse Operation. (BG-28-72E W/6/77)

As for the retrofit, as far as Melco beam waveguide fed Cassegrain antenna is concerned, the existing feed assembly must be replaced by a new dual polarization feed assembly having good axial ratio while the reflector system including the beam waveguide system and a corrugated horn is kept as it is.

Two types of dual pol. feed assembly are proposed as follows:

Plan A: Narrow band type of feed assembly as shown in Figure 1-1

Plan B: Wide band type of feed assembly as shown in Figures 1-2 (a) and (b)

The feed design has to take into consideration the existing beam waveguide design, especially respecting the VSWR and tracking characteristics.

The proposed feed assembly is so designed and manufactured as to be compatible with the existing beam waveguide system and to meet the Intelsat requirements.

The technical features of the proposed feed assembly are as follows:

- 1) Good compatibility with the existing beam waveguide;  
i.e., the new feed assembly is to be connectable to the existing corrugated horn without any transmission performance degradation.

- 2) Good compatibility with the existing single channel tracking performed by the  $\pi$ -modulation system.
- 3) High performance satisfying the polarization requirements without significant gain loss.
- 4) Provision of access for either two-port operation or four-port operation.
- 5) Future provision of adaptive compensation network for rain depolarization (plan A)

The waveguide components used are fabricated from high conductivity copper or are silver plated. The feed assembly is to be pressurized with dry air from existing dehydrator.

The following major items are to be implemented on the retrofit;

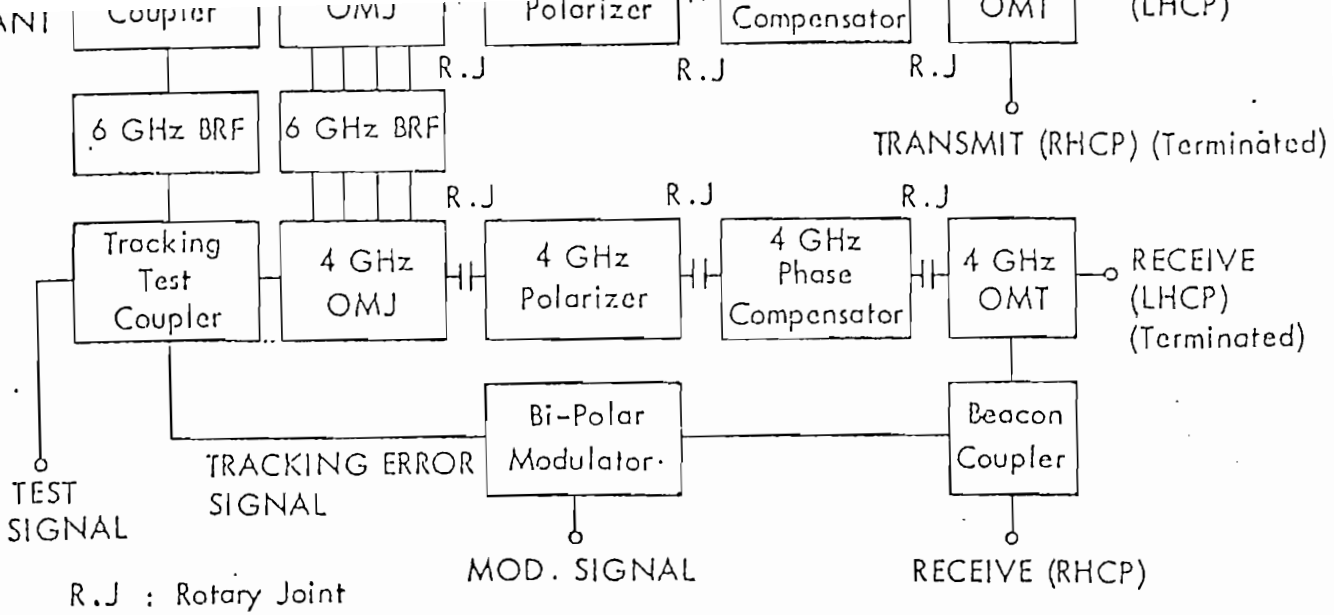
- 1) Replacement of the existing feed assembly with a new dual pol. feed including circular waveguide run.
- 2) Replacement of existing horn cover with a new horn cover.
- 3) Relocation of the existing LNA system and rerouting and/or replacement of the associated cables.
- 4) Removal of the cable racks and associated cables surrounding the existing feed assembly.
- 5) Adjustment of the tracking receiver chain.
- 6) Antenna verification test (Axial Ratio Measurement).

The operational performance of the antenna equipped with a new feed assembly is given in Table 1-1 for both plan A and plan B.

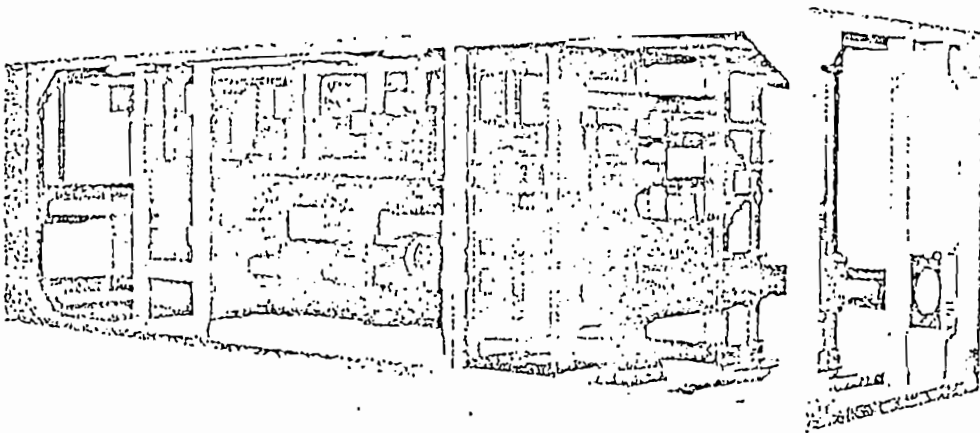
With the existing thermo-electrically cooled LNA system, the G/T of RHCP RX port at 25 degrees elevation angle will be better than  $39.0 + 20 \log (F/4)$  dB under clear sky condition. (Refer to BG 28-72/W Para. 3.1.1, Page 7.)

With the existing helium cooled LNA, the G/T of RHCP RX port at  $5^\circ$  above local horizon will be better than  $40.7 + 20 \log (F/4)$  dB under clear sky condition.

The voltage axial ratio will be better than 1.09 (0.75 dB) within the angular region of tracking cone in the direction of satellite.

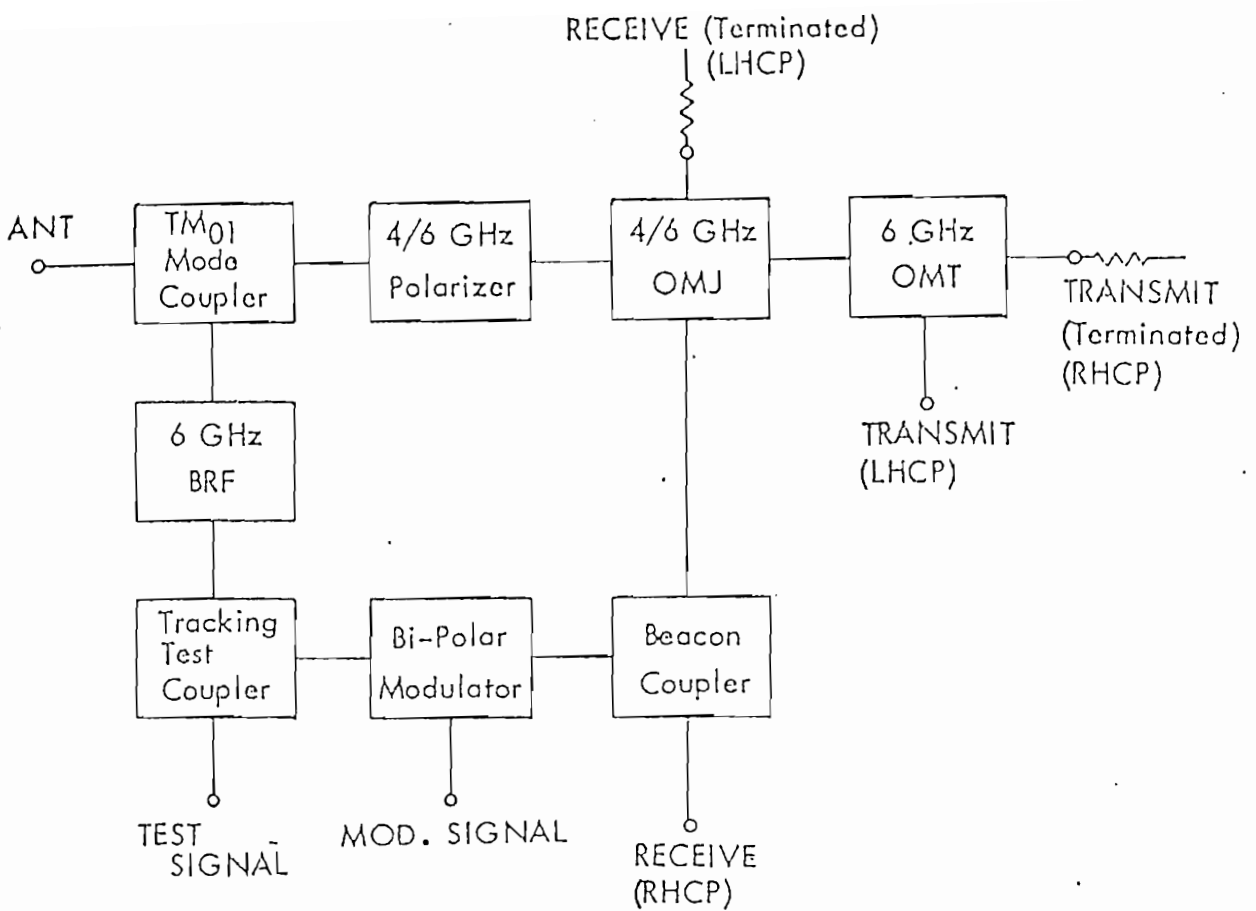


a) Block diagram of dual polarization feed



	Transmit	Receive
Frequency Band	5.925~6.425 GHz	3.7~4.2 GHz
Polarization	LHCP	RHCP
Axial Ratio	0.2 dB	0.3 dB
Insertion Loss	0.25 dB	0.25 dB
VSWR	1.2	1.2
Tx-Rx Isolation	More than 30 dB	

Figure 1-1 Dual-Polarization Feed (Plan A)



a) Block diagram

	Transmit	Receive
Frequency Band	5.925 ~ 6.425 GHz	3.7 ~ 4.2 GHz
Polarization	LHCP	RHCP
Axial Ratio	0.5 dB	0.5 dB
Insertion Loss	0.2 dB	0.2 dB
VSWR	1.3 : 1	1.3 : 1
Tx-Rx Isolation	More than 30 dB	

Figure 1-2(a) Dual Polarization Feed (Plan B)

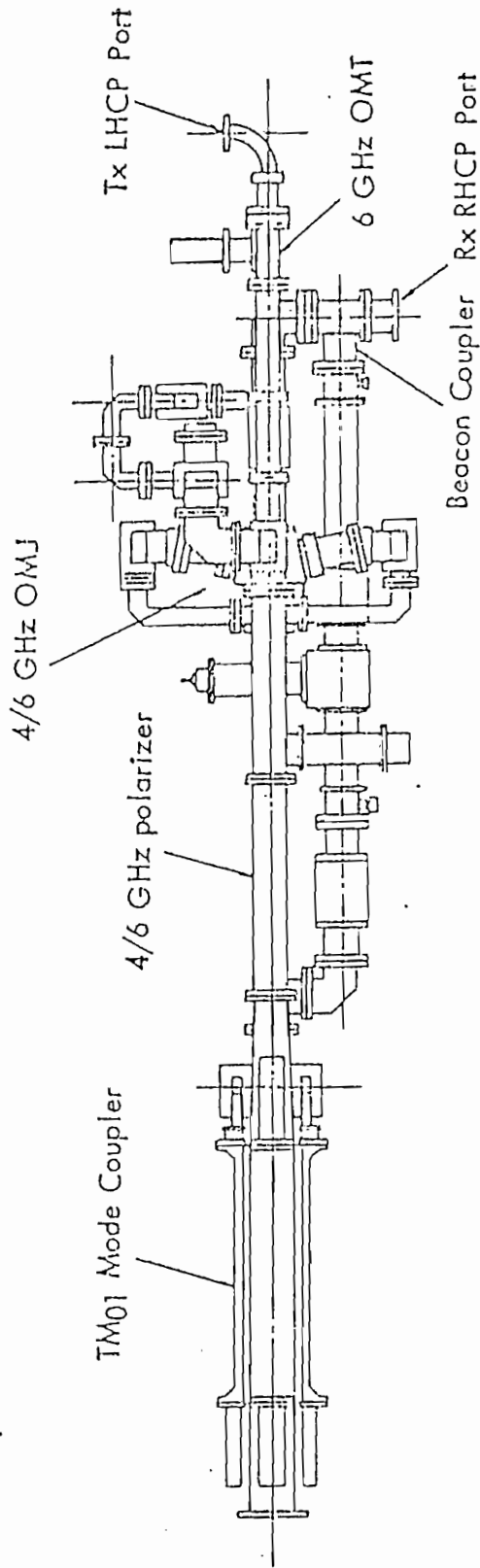


Figure 1-2(b) Configuration of Dual Polarization Feed (Plan B)

Table 1-1 Operational Performance (Plan A/Plan B)

Item	Performance Offered	Remarks
1. Frequency range		
a) Transmit band	5925 to 6425 MHz	
b) Receive band	3700 to 4200 MHz	
2. Polarization		
a) Transmit	L.H. circular	R.H. : Right handed
b) Receive	R.H. circular	L.H. : Left handed
3. Gain		
a) Transmit	$64.0 + 20 \log \frac{F}{6}$ , dB	Gain includes the feed assembly.
b) Receive	$61.0 + 20 \log \frac{F}{4}$ , dB	F is frequency in GHz
4. Noise temperature at El=25° over the local horizon and under clear sky conditions.	34° K	Including the contribution of feed assembly.
5. Sidelobe Level		Referred to mainlobe peak.
a) Transmit		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sidelobe at angles between 1° and 48° away from main beam</li> </ul>	No more than 10% of the sidelobe peaks exceed an envelope of $32 - 25 \log \theta$ over isotropic level	$\theta$ is the angle degrees from main beam



Table 1-1 (Continued)

Item	Performance Offered	Remarks
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sidelobe at angle greater than 48°</li> </ul>	No more than 10% of the sidelobe peaks exceed -10 dB over isotropic level	
b) Receive <ul style="list-style-type: none"> <li>• Smoothed mean power level of sidelobes at angles greater than 1° away from main beam</li> </ul>	No more than the value stated in BG-28-72E W/6/77 (Std. A)	Smoothed mean power level is defined as 3 dB down from peak envelope level
6. Communication signal isolation (Tx-Rx)	More than 30 dB	
7. Voltage axial ratio		
a) Transmit	Not more than 1.09 (0.75 dB)	Within the angular region of tracking accuracy
b) Receive	Not more than 1.09 (0.75 dB)	Under clear sky conditions
8. VSWR		Measured at the input and output of feed assembly
a) Transmit	Less than 1.3:1	
b) Receive	Less than 1.3:1	These values are for circular polarization
9. Power handling capacity	5 kW (CW) for Plan A 3 kW (CW) for Plan B	Power handling capacity is defined at each transmit port

## 2. ESTIMATED G/T (Plan A/Plan B)

The existing LNA system will be used for the co-pol. receive chain (RHCP). As can be seen from the estimated figure of merit (G/T), shown in Table 2-1, the G/T is estimated to be better than  $39.0 + 20 \log \frac{F}{4}$  dB at the elevation angle of 25 degrees provided the noise temperature of LNR remains as it was at the original installation stage.

In case of using existing cooled LNA system, the estimated G/T is to be better than  $40.7 + 20 \log \frac{F}{4}$  dB at the elevation angle of 5 degrees over the local horizon provided that the noise temperature of LNA remains at it was at the original installation stage.

Table 2-1 Estimated G/T

(In case of Existing LNA system is used)

	3.7 GHz	4.0 GHz	4.2 GHz	Note
CHA	40.0 dB	40.4 dB	40.6 dB	• Measurement error (0.25 dB) is considered in estimation.
CHB	39.8 dB	40.7 dB	40.6 dB	• Noise temperature is assumed to be as same as it was measured in installation stage.
CHC	43.3 dB	43.9 dB	44.4 dB	• $E1 = 25^\circ$
$40.7 + 20 \log \frac{F}{4}$	40.0 dB	40.7 dB	41.1 dB	• Reference

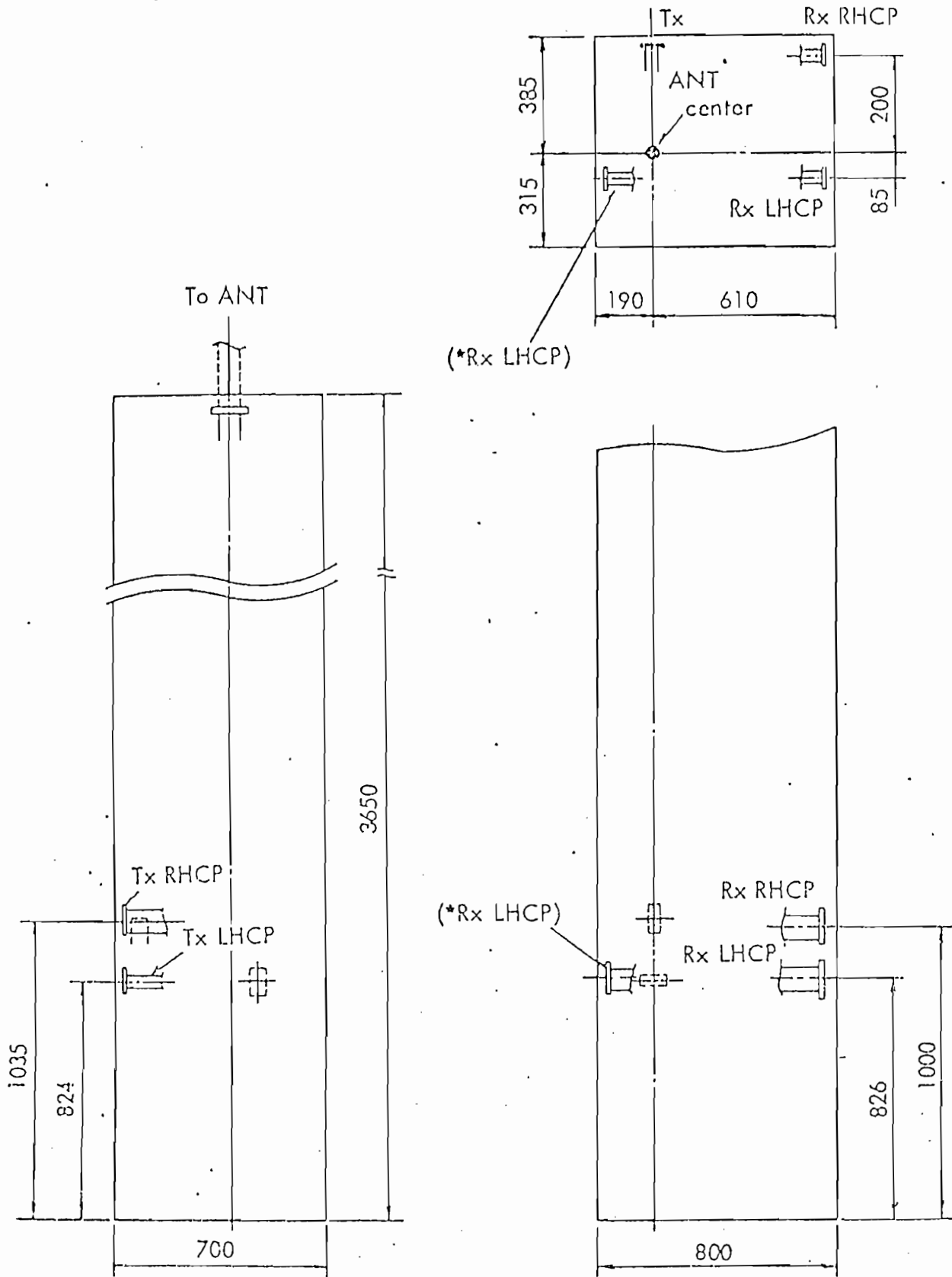
### 3. PROPOSED FEED ASSEMBLY

#### 3.1 Plan A

The proposed feed assembly is of the so-called narrow band type, which has two band-exclusive polarizers, one is for the 4 GHz band, and the other is for the 6 GHz band. A typical configuration of this feed assembly is shown in Figure 1-1. The use of this type of feed is advantageous because of its excellent axial ratio and also its adaptability for compensation of rain depolarization if required. An additional phase compensator, which comprizes a  $\lambda/2$  plate, is provided in each frequency band for the above purpose. Adding a suitable drive mechanism and a monitoring and control device to the proposed feed assembly in future, a signal depolarization caused by the differential phase shift of rain would be compensated by rotating the polarizers ( $\lambda/4$  and  $\lambda/2$  plates). This adaptive network system is not included in our proposal at this stage.

The drawing of interface for the proposed feed assembly is shown in Figure 3-1.

The typical performance of the feed assembly itself is shown in Figure 1-1. The salient performance measured in the four port feed without mode coupler as was delivered to Bolivian Earth Station is shown in Figures 3-2 to 3-5.



\*Interface can be changed to match the LNA's interface required.

Figure 3-1. Interface Drawing of Dual Polarization Feeding Interface

VSWR  
Receive Right-Hand Circular Port  
RHCP

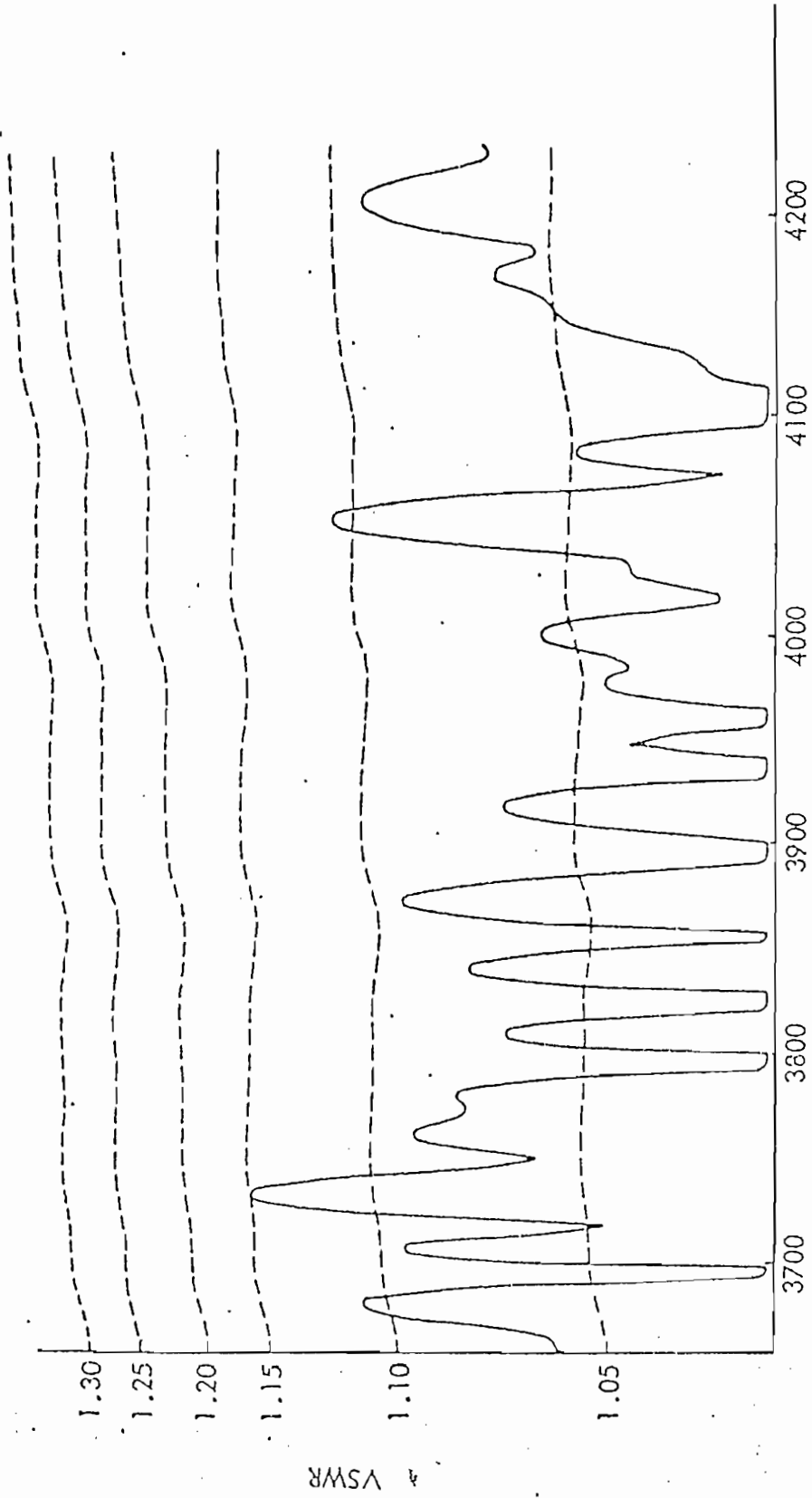


Figure 3-2 VSWR for Receive Band (Measured)  
- Feed Alone - (Plan A)

VSWR

Transmit Left-Hand Circular Port

LHCP-Port

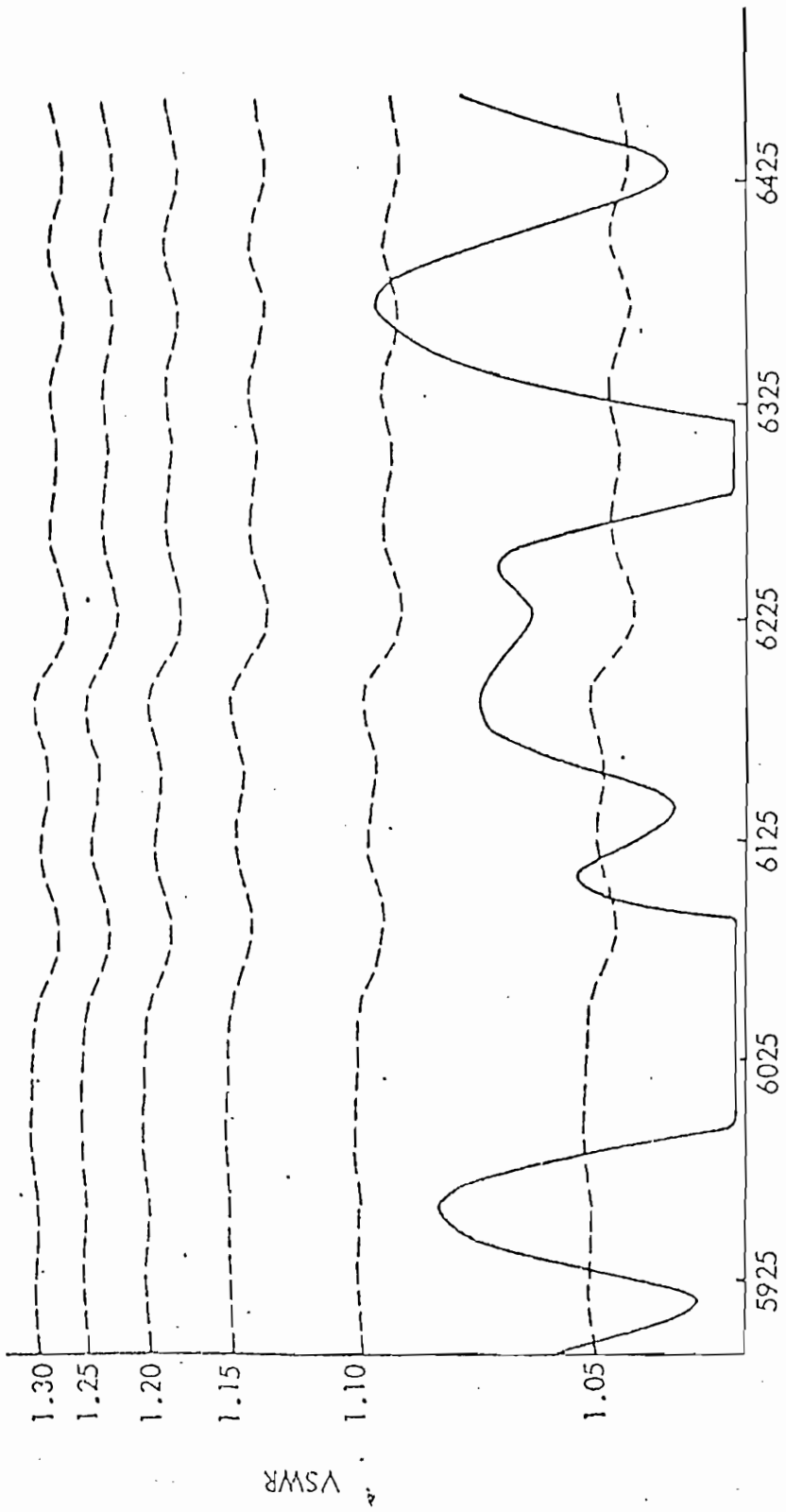
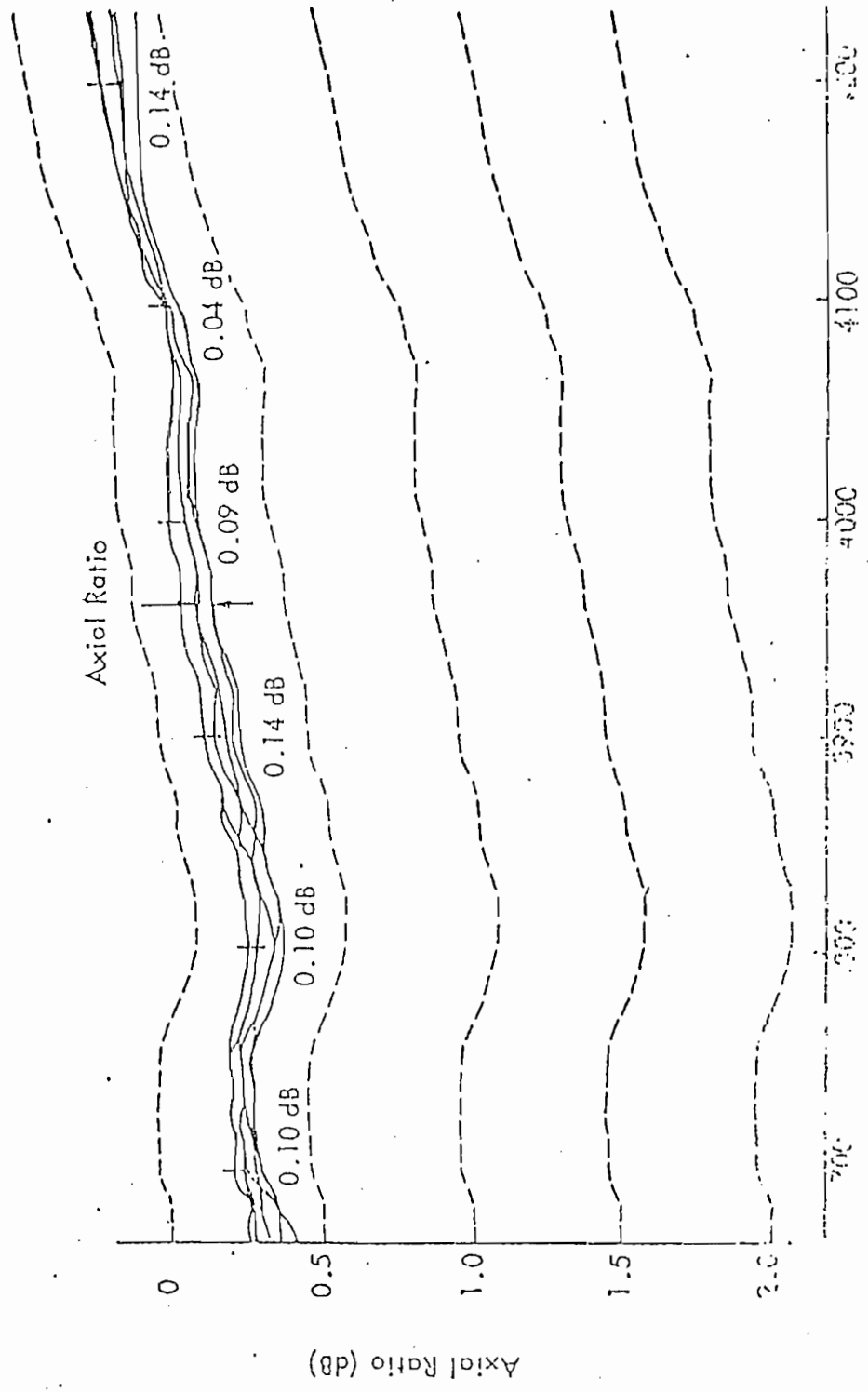


Figure 3-3 VSWR for Transmit Band (Measured)  
- Feed Alone - (Plan A)

Axial Ratio  
Receive RHCP Port

RHCP



Frequency (MHz)

Figure 10. Axial Ratio for Receive Band (Measure)  
- Each Alone - (Plan A)

### 3.2 Plan B

The wideband type of feed assembly is proposed as plan B, which has a common polarizer covering both 4 GHz and 6 GHz bands. A typical configuration of this feed assembly is shown in Figure 1-2 (b). It has a rather simpler configuration than plan A feed, and enables ease of installation in the cramped space.

The interface drawing of the feed is illustrated in Figure 3-6.

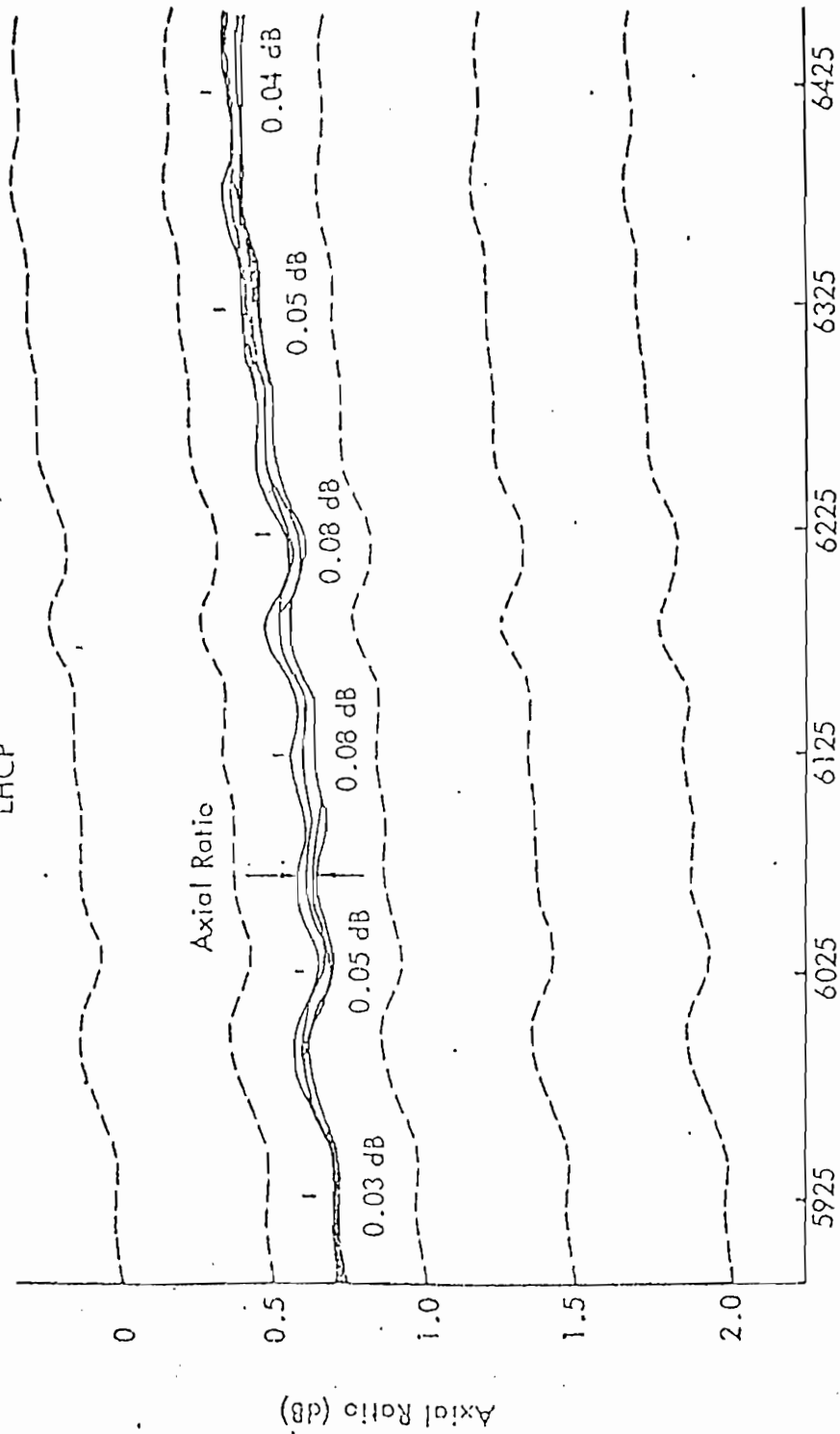
The typical performance of the proposed assembly is shown in Figure 1-2 (a). The salient performance measured in this type of feed without a mode coupler is shown in Figure 3-7.



Axial Ratio

Transmit Left-Hand Circular Port

LHCP



Frequency (MHz)

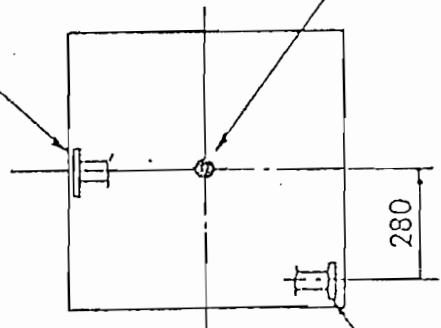
Figure 3-5 Axial Ratio for Transmit Band (Measured)  
- Feed Alone - (Plan A)

Interface Flanges

4 GHz: CPR-229

6 GHz: CPR-159

Tx LHCP



To ANT.

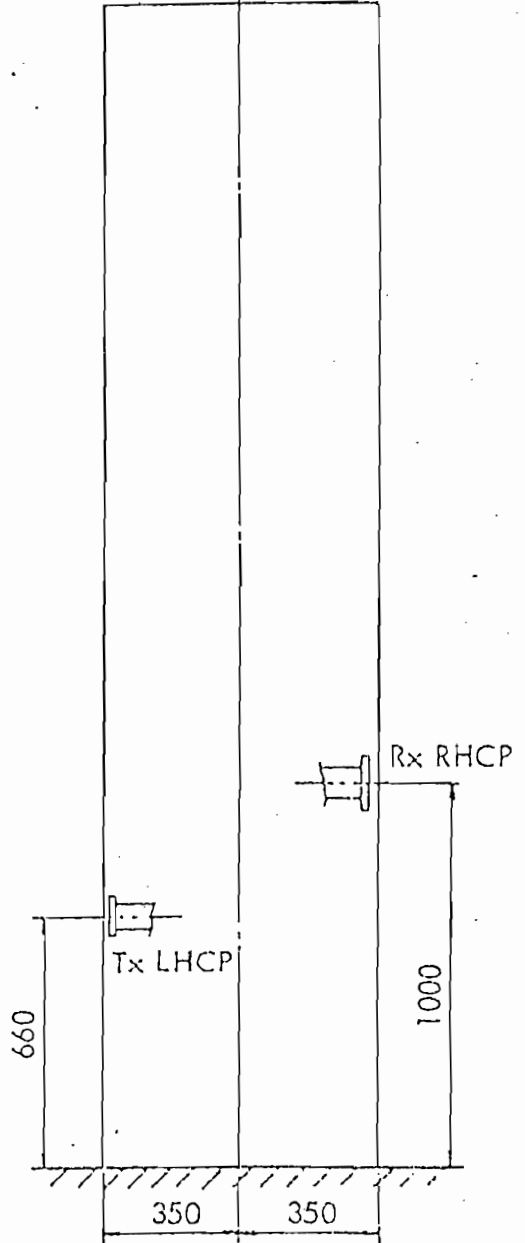
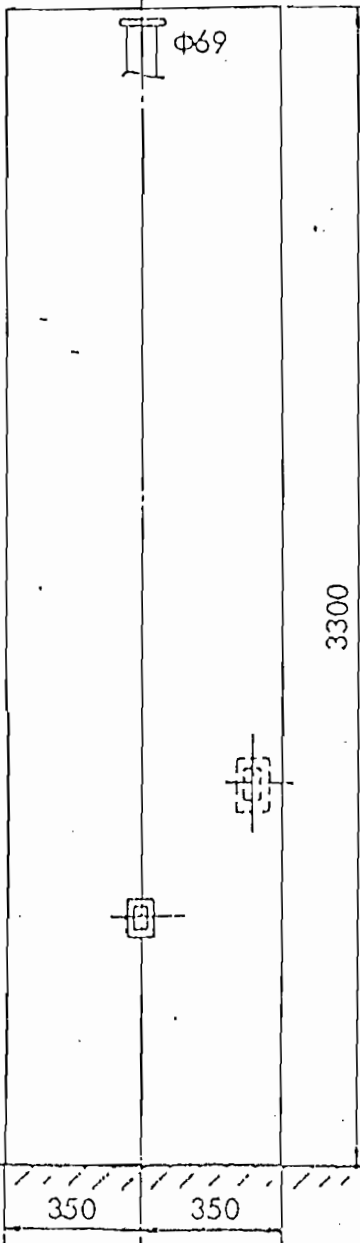
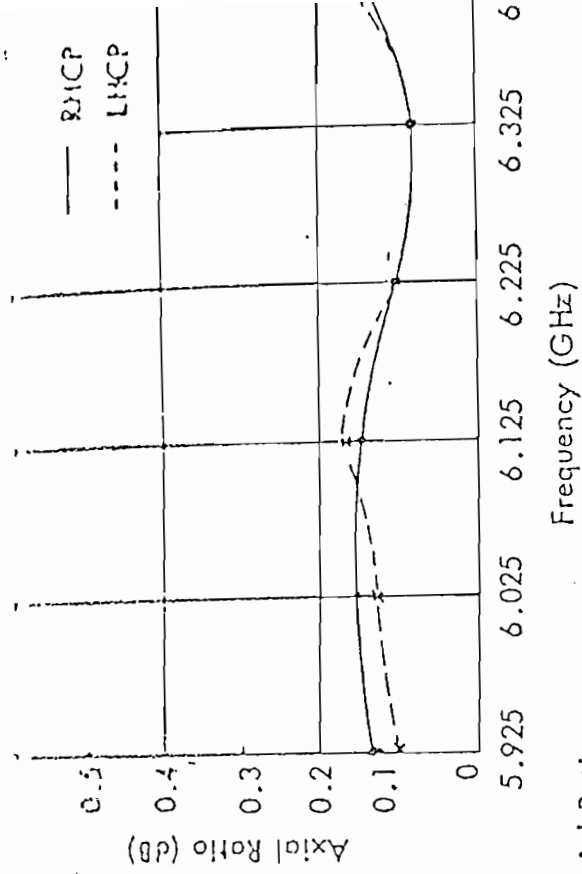
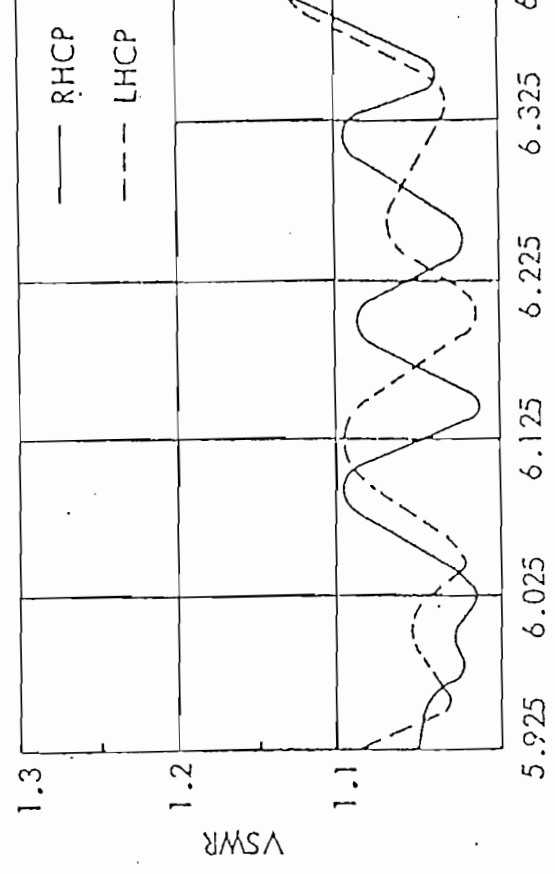


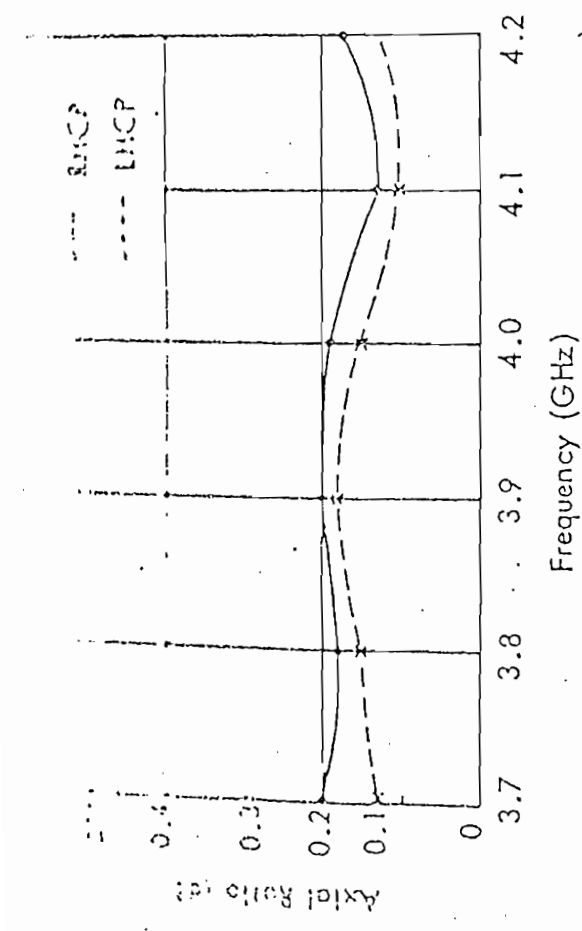
Figure 3-6 Interface Drawing of Dual Polarization Feed (Plan B)



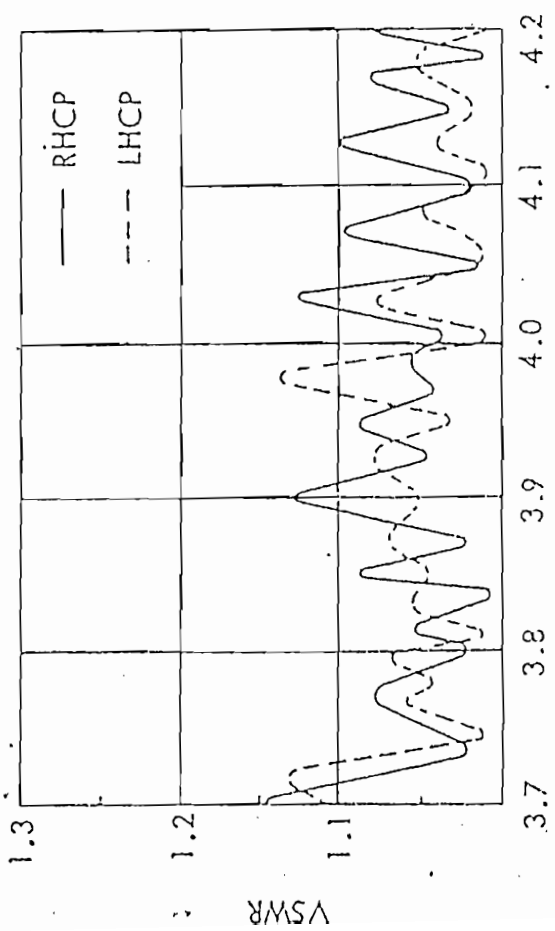
a) Axial Ratio



b) VSWR



a) Axial Ratio



b) VSWR

#### 4.1 Items to be Implemented

The major items to be implemented for plan A and plan B are as follows;

- a) Replacement of the existing feed assembly with a new feed assembly together with the circular waveguide run connected to the corrugated horn.
- b) Replacement of the existing horn cover with a new one.
- c) Relocation of the existing LNA to the designated position and rerouting of the associated cable and helium gas pipe.
- d) Rerouting of the cable surrounding the existing feed assembly.
- e) Removal of the cable racks and associated cables.
- f) Adjustment of the tracking receiver chain.
- g) Antenna verification test.

Pre-modification check concerning station receive, transmit and tracking chain and their adjustments, if occurred, are assumed to be made by the customer.

#### 4.2 Equipment Layout Plan

The preliminary equipment layout plan for plan A is shown in Figure 4-1. The unused ports are terminated initially. The receive RHCP port is connected to LNR and the transmit LHCP port is connected to HPA.

#### 4.3 Estimated Schedule for Modification

The modification schedule is estimated as a guide to traffic downtime. The traffic down time is scheduled to be shorter than 1 day (24 hours). The modification including preparatory steps will be implemented within about one week.

The following steps are major ones to be carried out on-site.

1. Preparators Steps (4 days)

- Step 1 Investigation of the existing layout by means of drawing and/or survey.
- Step 2 Rerouting of existing cables such as cables, etc. and change the existing horn cover to new one.
- Step 3 Bringing the new feed assembly into the equipment room.
- Step 4 VSWR measurement of the new feed assembly alone.

2. Implementation Steps (3 days)

- Step 5\* Remove the existing LNA.
- Step 6\* Remove the existing feed assembly.
- Step 7\* Install the new feed assembly and LNA and connect the associated waveguide and wiring, etc.
- Step 8 Check the airtightness of the feed assembly after completion of piping of pressurization.
- Step 9 Readjust the tracking receiver chain.

\* Those items require traffic shut-down.

3. Testing Steps (Refer to Paragraph 5)

- Step 10 Carry out the verification test of axial ratio in Tx band using satellite Is IV-A F-2 or F-3.

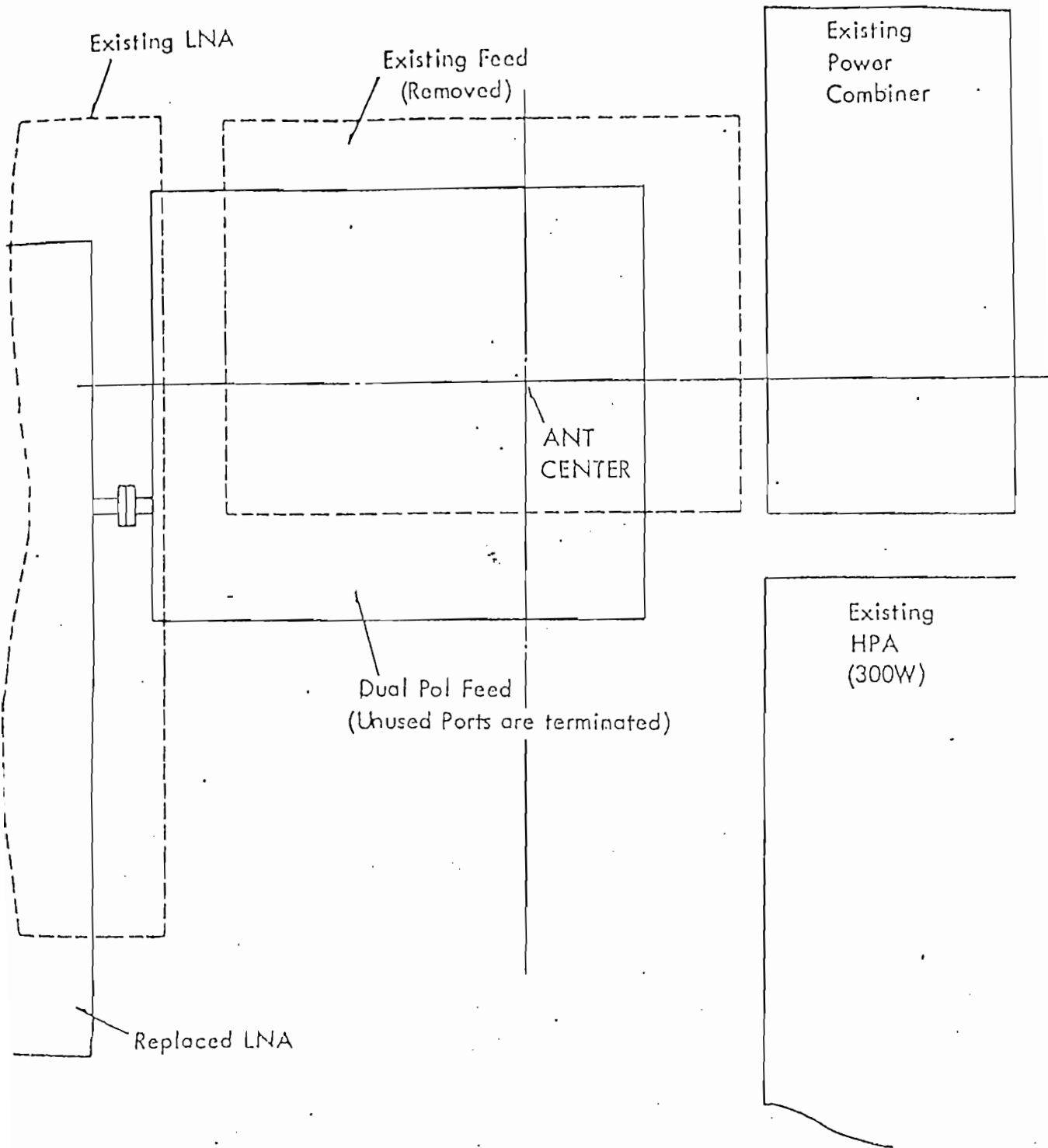


Figure 4-1 Equipment Layout Plan (Preliminary) (Plan A)

## 5. VERIFICATION TEST

Melco believe that no verification test is needed after modification as far as its principle is concerned since the replacement of the feed assembly is the only item to be carried out on the retrofit and the performance of the new feed assembly is to be measured in plant.

However, in order to verify newly imposed mandatory requirement on Intelsat V system, i. e., the axial ratio in the transmit band, the axial ratio measurement using Intelsat IV-A F-2 or F-3 is proposed. The test is to be proceeded as follows;

- Axial Ratio : Satellite method using IS IV-A F-2 or F-3.

The station HPA is used for this test. The on-axis and off-axis (-1 dB region) axial ratios are to be measured at one frequency. In order to reduce the measurement error due to satellite axial ratio, the use of transponders 4 are preferable for the transmit bands.

The detailed test procedure is attached to this proposal as an Appendix A.

Since the other mandatory specification items of Intelsat Document BG-28-72E, G/T and radiation pattern, have been already measured for the existing antenna by MELCO in 1972, it is not necessary to remeasure the performance of the existing antenna with the new feed assembly respecting these items. Instead, the G/T performance can be estimated by the following method.

- G/T : G/T ratio of the antenna with the new feed assembly is to be calculated by correcting the contribution of the loss of the feed assembly which has been measured in plant.

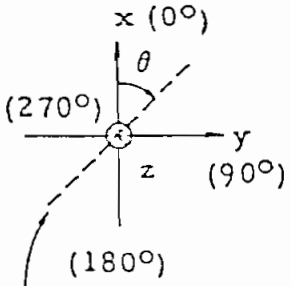
It is to be noted that it is necessary for the earth station to be

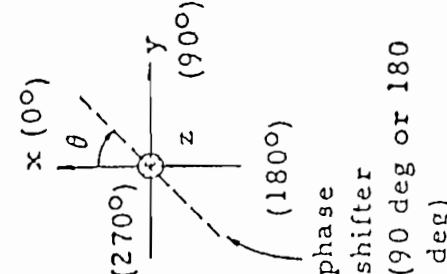
supported by other earth stations during the measurement using the satellite. It is assumed that the coordination with Intelsat when starting the test using the satellite will be made by customer.

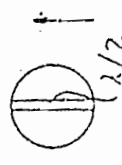
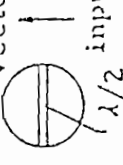
The following test equipments are also assumed to be used during the test period.

- Station HPA system
- Spectrum Analyzer (HP141T/8555A/  
8552B or equivalent) 1 off
- Strip Chart Recorder (2 pen type) 1 off
- Tx Waveguide Switch 1 off
- Frequency Counter 1 off



Test Conditions	Test Method	Quantities to be measured	Remarks
<p>Circular Polarization</p> <p>Polarizer Position</p> <p>(1) Transmit</p> <p>Case 1:</p> <p style="padding-left: 40px;"><math>\lambda/4</math> plate: 45 deg</p> <p style="padding-left: 40px;"><math>\lambda/2</math> plate: 0 deg</p> <p>Case 2:</p> <p style="padding-left: 40px;"><math>\lambda/4</math> plate: 45 deg</p> <p style="padding-left: 40px;"><math>\lambda/2</math> plate: 90 deg</p> <p>(2) Receive</p> <p>Case 1:</p> <p style="padding-left: 40px;"><math>\lambda/4</math> plate: 45 deg</p> <p style="padding-left: 40px;"><math>\lambda/2</math> plate: 0 deg</p> <p>Case 2:</p> <p style="padding-left: 40px;"><math>\lambda/4</math> plate: 45 deg</p> <p style="padding-left: 40px;"><math>\lambda/2</math> plate: 90 deg</p>	<p>Swept reflectometer using magic-T directional coupler</p>	<p>Transmit band (5.925 ~ 6.425 GHz)</p> <p>VSWR for both TX ports</p> <p>Receive band (3.7 ~ 4.2 GHz)</p> <p>VSWR for both RX ports</p>	 <p>phase shifter (90 deg or 180 deg)</p>

Item	Test Conditions	Test Method	Quantities to be measured	Remarks
VSWR	Circular Polarization Polarizer Position (1) Transmit Case 1: $\lambda/4$ plate: 45 deg $\lambda/2$ plate: 0 deg Case 2: $\lambda/4$ plate: 45 deg $\lambda/2$ plate: 90 deg (2) Receive Case 1: $\lambda/4$ plate: 45 deg $\lambda/2$ plate: 0 deg Case 2: $\lambda/4$ plate: 45 deg $\lambda/2$ plate: 90 deg	Swept reflectometer using magic-T directional coupler	Transmit band (5.925 ~ 6.425 GHz) VSWR for both TX ports Receive band (3.7 ~ 4.2 GHz) VSWR for both RX ports	

Item	Test Conditions	Test Method	Quantities to be measured	Remarks
3. Insertion Loss of communication signals	<p>Feed assembly with antenna port shorted.</p> <p>Linear Polarization</p> <p>Polarizer Positions</p> <p>Case 1: <math>\lambda/2</math> plate: <math>0^\circ</math>  <math>\lambda/4</math> plate: <math>0^\circ</math></p> <p>Case 2: <math>\lambda/2</math> plate: <math>90^\circ</math>  <math>\lambda/4</math> plate: <math>90^\circ</math></p>	<p>Resonant method using a T-junction waveguide. Q is measured by sweeping whence insertion loss is calculated.</p> <p>The result is obtained from averaging measured in two linear polarizations.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>case 1</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>case 2</p> </div> </div> <p>parallel condition perpendicular condition</p>	<p>Transmit band insertion loss</p> <p>Receive band insertion loss</p>	<p>Test excludes beacon RX frequencies.</p> <p>Note:            Beacon frequency 3967.0 MHz and 3947.5 MHz</p>

In Plant Test Plan (Continued) (Plan A)

Item	Test Conditions	Test Method	Quantities to be measured	Remarks
<p>Insertion loss for tracking error signal</p>	<p>Feed assembly connected to a TM<sub>01</sub> Mode coupler for the test.</p>	<p>Insertion loss by substitution. Correction is made for coupling loss of TM<sub>01</sub> mode test coupler.</p>	<p>Combined coupling and insertion loss of tracking signal circuit at both beacon frequencies</p>	<p>Total insertion loss should be approx. the same at both beacon frequencies.</p>

Item	Test Conditions	Test Method	Quantities to be measured	Remarks
<p>2. Axial ratio</p>	<p>Feed assembly alone</p>	<p>Rotating circular waveguide probe. Swept frequency measurement with the probe rotated in 30 deg. steps from 0 to 180 degrees.</p>	<p>Axial ratio at following probe orientations: 1. <math>\lambda/2</math> plate: <math>0^\circ</math> <math>\lambda/4</math> plate: <math>+45^\circ</math> 2. <math>\lambda/2</math> plate: <math>0^\circ</math> <math>\lambda/4</math> plate: <math>-45^\circ</math></p>	<p>--- incident</p>

## On-site Test (Continued) (Plan A)

Item	Test Conditions	Test Method	Quantities to be measured	Remarks
1. Axial Ratio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Measuring frequency: as designated by Intelsat</li> <li>• Polarizer positions: set to nominal position</li> <li>• Contour map region: -1 dB from main lobe</li> <li>• FX band</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Satellite method using Is IV -A f-2/f-3.</li> <li>• Direct port isolation measurement</li> <li>• Monitored by TOCC</li> </ul>	Cross-polarization	Polarizer ( $\lambda/4$ plate) rotation technique is used for estimation in order to reduce the error contribution of satellite axial ratio. (Plan A)

In Plant Test Plan (Plan B)

Item	Test Conditions	Test Method	Quantities to be measured	Remarks
1. VSWR	Circular Polarization	Swept reflectometer using magic-T directional coupler	Transmit band (5.925 ~ 6.425 GHz) Receive band (3.7 ~ 4.2 GHz)	Test excludes beacon RX frequencies.
2. Insertion Loss of communication signals	Feed assembly with antenna port shorted. circular polarization	Resonant method using a T-junction waveguide. Q is measured by sweeping whence insertion loss is calculated.	Transmit band insertion loss Receive band insertion loss	Note: Beacon frequency 3952.5 MHz and 3947.5 MHz Total insertion loss should be approx. the same at both beacon frequencies.
3. Insertion loss for tracking error signal	Feed assembly connected to a TM <sub>01</sub> Mode coupler for the test.	Insertion loss by substitution. Correction is made for coupling loss of TM <sub>01</sub> mode test coupler.	Combined coupling and insertion loss of tracking signal circuit at both beacon frequencies	

In Plant Test Plan (Continued) (Plan B)

Item	Test Conditions	Test Method	Quantities to be measured	Remarks
4. Axial ratio	Feed assembly alone	<p>Rotating circular waveguide probe.</p> <p>Swept frequency measurement with the probe rotated in 30 deg. steps from 0 to 180 degrees.</p>	Axial ratio for transmit & receive band.	



On-site Test (Continued) (Plan B)

Item	Test Conditions	Test Method	Quantities to be measured	Remarks
i. Axial Ratio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Measuring frequency: as designated by Intelsat</li> <li>• Contour map region: -1 dB from main lobe</li> <li>• TX band</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Satellite method using Is IV-A f-2/f-3</li> <li>• Direct port isolation measurement</li> <li>• In Tx band (monitored by TOCC)</li> </ul>	Cross-polarization	