

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



Proyecto de Radiodifusión por Televisión Vía  
Satélite en el Perú aplicación; red Tacna  
Moquegua

**TESIS**  
Para Optar el Título Profesional de

**INGENIERO ELECTRÓNICO**  
**MARGARITA CONSTANZA ALVARADO NATO**

**Promoción 1979 - I**

Lima - Perú

**1986**

*Dedicado a mis queridos padres*

*Josué y Luisa*

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

El presente trabajo de tesis titulado " Proyecto de Radiodifusión por Televisión Via Satélite en el Perú" ,nos muestra la viabilidad de utilización de un satélite para la expansión de una red terrestre de televisión ,como alternativa a la red de microondas y a las redes clásicas de repetidoras en VHF / UHF.

Desde sus inicios ,los planes de expansión de los servicios de radiodifusión por televisión ,se centraban en la utilización de la tecnología de aquel momento, es decir, una red de repetidoras con la consiguiente degradación de la calidad de imagen y la cobertura limitada

Las microondas ofrecen en su momento una gran posibilidad técnico-económica para extender la red de televisión ,hasta los lugares donde llegue dicha red ,sin lograr evidentemente ,llegar a zonas aisladas o con difícil geografía y ,con el inconveniente de presentar una capacidad muy limitada frente a los requerimientos de las diversas empresas de radiodifusión por televisión en nuestro medio.

El satélite permite enlazar lugares apartados y muy accidentados pudiendo luego en tierra ,extender el servicio con redes convencionales locales ,estaciones transmisoras y repetidoras a partir de una señal recibida del satélite ,lo que nos lleva a asegurar un nivel mínimo de relación potencia de señal a potencia de ruido térmico " S/N" ,presentando luego los diversos modos de transmisión que podrían optarse a fin de optimizar la utilización del transponder del satélite.

El presente proyecto consta de cinco capítulos ;en el primer capítulo se hace una descripción general del sistema y su área de influencia En el segundo capítulo se desarrolla el marco teórico que facilitará la comprensión y seguimiento de la ingeniería del proyecto.

En el tercer capítulo se desarrolla la ingeniería del proyecto ,diseños de enlace de la red por satélite ,enlaces por microondas ,por VHF y UHF de la red terrestre, así como los cálculos de propagación para el diseño de las estaciones transmisora y repetidoras ,incluye los perfiles topográficos y toda información necesaria para la conformación de la red terrestre desde Tacna hasta Moquegua.

En el cuarto capítulo se hace una estimación de costos del segmento espacial,sector terreno y estaciones de televisión a nivel de prefactibilidad.

En el capítulo quinto se presenta las conclusiones a las que se llega ,las mismas que podrían ajustarse a una etapa de factibilidad una vez definidos los requerimientos específicos de cada servicio a asegurar ,manteniendose vigentes la metodología de cálculo empleado. , así como la concepción del satélite ,lo que significa que el sistema propuesto es bastante flexible y funcional .

Se culmina el presente trabajo de tesis anexando valiosa información técnica y recomendaciones Internacionales concernientes a la red propuesta así como la bibliografía pertinente.

Es importante señalar que dicho trabajo ha sido posible gracias a la experiencia acumulada en el servicio de radiodifusión por televisión en una empresa privada durante cinco años ;lo que ha permitido así mismo , suplir la información especializada en la Universidad, constituyendo de esta manera, otro aporte del tema elegido.

Margarita Constanza Alvarado Nato

Lima, Junio de 1986

# I N D I C E

## C A P I T U L O I

### 1.- DESCRIPCION Y UBICACION DEL PROYECTO

- 1.1 Antecedentes
- 1.2 Descripción del Proyecto
- 1.3 Locación del Proyecto
- 1.4 Cobertura General de la Red

## C A P I T U L O II

### MARCO TEORICO

#### 1.- Televisión por Satélite

- 1.1 Tipos de cobertura de Satélites Geoestacionarios
- 1.2 Determinación de los Angulos de Azimut y Elevación
- 1.3 Ruido en Telecomunicaciones Espaciales
  - 1.3.1 Potencia de Ruido
  - 1.3.2 Figura de Ruido
  - 1.3.3 Relación entre el factor de ruido  $F$  y la Temperatura de ruido
  - 1.3.4 Ruido Terrestre y Temperatura de antena " $T_A$ "
  - 1.3.5 Temperatura del cielo " $T_c$ "
  - 1.3.6 Ruido proveniente de la superficie terrestre
  - 1.3.7 Temperatura Global de ruido en el sistema de Recepción
- 1.4 Radiopropagación en Telecomunicaciones Espaciales
  - 1.4.1 Pérdidas en el espacio libre
- 1.5 Antenas Parabólicas
- 1.6 Sensibilidad y Factor de mérito de una estación terrena "G/T"
- 1.7 Standars o Clases de Intelsat
  - 1.7.1 Standar A
  - 1.7.2 Standar B
  - 1.7.3 Standar C
  - 1.7.4 Standar D
- 1.8 Productos de Intermodulación en el satélite
  - 1.8.1 Orden de los productos de Intermodulación
  - 1.8.2 Comparación de niveles en la salida
  - 1.8.3 Back-Off
- 1.9 Tipos de servicios de Telecomunicaciones por Satélite
- 1.10 Amplificadores de Potencia H.P.A.
- 1.11 Modos de Acceso al Satélite
  - 1.11.1 Acceso Múltiple por Repartición de frecuencia

- 1.11.2 Acceso múltiple por división de tiempo "TDMA"
- 1.11.3 Acceso múltiple con portadoras monocanal
- 1.12 Datos del satélite
- 1.13 Plan de frecuencias
- 1.14 Enlaces
  - 1.14.1 Especificaciones Intrínsecas del satélite
  - 1.14.2 Características específicas de las Estaciones Terrenas
  - 1.14.3 Procedimiento a seguir en los cálculos de enlace
  - 1.14.4 Transmisión de Audio, programas de Radiodifusión y/o Telefonía por SCPC /FM
  - 1.14.5 Optimización del enlace
  - 1.14.6 Cálculo de las características de la estación terrena de emisión
- 2.- Sistema convencional de Televisión
  - 2.1 Selección del punto de Transmisión y/o retransmisión
    - 2.1.1 Estudio de gabinete
    - 2.1.2 Estudio de campo
  - 2.2 Plan de frecuencias para la zona
  - 2.3 Distancia mínima requerida entre dos estaciones de televisión en la zona
    - 2.3.1 Estaciones de televisión en el mismo canal (Co-canal)
    - 2.3.2 Estaciones de televisión en canales adyacentes
  - 2.4 Intensidad de campo mínimo recomendado para el servicio
  - 2.5 Calidad de imagen
  - 2.6 Propagación de la onda teledifusora
    - 2.6.1 Línea de vista
    - 2.6.2 Intensidad de campo en el espacio libre
    - 2.6.3 Tipos de propagación
  - 2.7 Pérdidas asociadas
    - 2.7.1 Pérdidas por Fresnel (  $A_f$  )
    - 2.7.2 Pérdidas por Obstáculo (  $A_s$  )
    - 2.7.3 Pérdidas por Reflexión (  $A_\theta$  )
  - 2.8 Enlaces
    - 2.8.1 Enlace por Microonda
    - 2.8.2 Enlace en VHF y/o UHF

### C A P I T U L O III

#### INGENIERIA DEL PROYECTO

- 1.- Determinación de las características de la estación terrena de Transmisión

- 1.1 PIRE requerido
  - 1.2 Potencia de Transmisión de H.P.A.
  - 1.3 Diámetro de la antena
- 2.- Diseño del enlace Estación Terrena Transmisión - Estación Terrena de Recepción
- 2.1 Portadora de Imagen de Televisión
  - 2.2 Portadora de Audio
  - 2.3 Analisis de una segunda alternativa
    - 2.3.1 C/N<sub>o</sub> del enlace ascendente
    - 2.3.2 Cálculo de la contribución del satélite en intermodulación
    - 2.3.3 C/N<sub>o</sub> del enlace descendente
    - 2.3.4 C/N<sub>o</sub> total
    - 2.3.5 Cálculo de la relación C/N
    - 2.3.6 Cálculo de las características de la estación terrena de recepción
  - 2.4 Plan de Transmisión
  - 2.5 Obras Civiles y Energía
- 3.- Enlace Estudios - Planta Transmisora ( Microondas)
- 3.1 Perfil de la trayectoria
  - 3.2 Cálculo del enlace
- 4.- Planta Transmisora Tacna : C° Alto de la Alianza
- 4.1 Perfiles de los trayectos de Propagación
  - 4.2 Pérdidas asociadas a cada perfil
  - 4.3 Cálculo de la potencia requerida para los diferentes puntos del área de cobertura
  - 4.4 Distribución de potencia
  - 4.5 Dimensionamiento de los alimentadores
  - 4.6 Conectores utilizados
  - 4.7 Cálculo de la potencia efectiva irradiada
  - 4.8 Diagrama de Radiación Horizontal y Vertical
  - 4.9 Cálculo de la potencia efectiva irradiada para los diferentes puntos del área de cobertura
  - 4.10 Obras civiles y energía
- 5.- Enlace Planta Transmisora (C° Alto de la Alianza) -Toquepala(C° Plaza)
- 5.1 Perfil de enlace
  - 5.2 Cálculo del enlace en VHF
- 6.- Estación Repetidora Toquepala : C° Plaza
- 6.1 Perfiles de los trayectos de propagación
  - 6.2 Pérdidas asociadas a cada perfil
  - 6.3 Cálculo de la potencia requerida para los diferentes puntos de cobertura
  - 6.4 Distribución de potencia
  - 6.5 Dimensionamiento de alimentadores
  - 6.6 Conectores utilizados
  - 6.7 Cálculo de la potencia efectiva irradiada

- 6.8 Cálculo del diagrama de radiación Horizontal y Vertical
- 6.9 Cálculo del nivel de intensidad de campo real para los diferentes puntos del área de cobertura
- 6.10 Obras civiles y energía
- 7.- Enlace Repetidora Toquepala (C° Plaza) - C° Cruz de Portillo
  - 7.1 Perfil de enlace
  - 7.2 Cálculo del enlace
- 8.- Estación Repetidora Cerro Cruz de Portillo
  - 8.1 Perfil del trayecto de propagación
  - 8.2 Cálculo de la potencia de Transmisión
  - 8.3 Cálculo de la potencia efectiva irradiada
  - 8.4 Diagrama de Radiación Horizontal y Vertical
  - 8.5 Cables y Conectores
  - 8.6 Dimensionamiento del sistema solar
- 9.- Enlace Estación Repetidora C° Cruz de Portillo - Moquegua (C° Los Angeles) -UHF
  - 9.1 Perfil de la trayectoria de propagación
  - 9.2 Cálculo del enlace
- 10.- Estación Repetidora Moquegua : C° Los Angeles
  - 10.1 Perfiles de los trayectos de propagación
  - 10.2 Pérdidas asociadas a los trayectos de propagación
  - 10.3 Cálculo de la potencia requerida para los diferentes puntos del área de cobertura
  - 10.4 Distribución de potencia
  - 10.5 Dimensionamiento de los cables
  - 10.6 Conectores utilizados
  - 10.7 Cálculo de la potencia efectiva irradiada
  - 10.8 Diagrama de radiación Horizontal y Vertical
  - 10.9 Cálculo del nivel de intensidad de campo real para los diferentes puntos del área de cobertura
  - 10.10 Obras civiles y energía
- 11.- Analisis de la relación Señal / Ruido por la instalación de repetidoras en cascada
- 12.- Sistemas de Protección
  - 12.1 Pararrayos radioactivo ionocaptor y pozo de tierra
  - 12.2 Balizaje
- 13.- Ubicación de las antenas en la torre
- 14.- Equipamiento del sector terreno
- 15.- Necesidades de infraestructura del sector terreno
- 16.- Equipamiento de las estaciones de televisión
- 17.- Necesidades de infraestructura de las estaciones de televisión

C A P I T U L O I V

ESTIMACION DE COSTOS

- 1.- Sector espacial
- 2.- Sector Terreno
- 3.- Red de televisión
  - 3.1 Equipos de televisión
  - 3.2 Equipo de Radioenlace
  - 3.3 Torre, soportes de antenas y accesorios
- 4.- Costos de infraestructura
  - 4.1 Sistemas de energía
  - 4.2 Casetas
  - 4.3 Sistemas de protección
- 5.- Costos de instalación
- 6.- Repuestos

C A P I T U L O V

CONCLUSIONES

A P E N D I C E

APENDICE A

*Especificaciones técnicas de los equipos*

APENDICE B

*Recomendaciones del CCIR ,sobre las antenas de transmisión al satélite.*

APENDICE C

*Cables coaxiales para televisión*

B I B L I O G R A F I A

## C A P I T U L O I

### 1.- DESCRIPCION Y UBICACION DEL PROYECTO

#### 1.1 Antecedentes

Actualmente, la ciudad de Tacna cuenta con tres canales de televisión en VHF y Moquegua con dos ,cuyas programaciones independientemente llegan desde Lima ,por la red de Microondas de ENTEL PERU

El motivo de este proyecto en la mencionada zona,obedece a razones técnico-sociales que detallaremos:

- Son zonas de frontera y por tener una geografía casi plana a nivel de Tacna y una elevación abrupta an las zonas de Toquepala y Moquegua ,favorecen la propagación de los medios de radiodifusión Chilenos (canales 5,10 y 12 y otras estaciones de radio FM y AM) ,detalle que es muy bien aprovechado por el pais vecino.  
Como sabemos la televisión se distingue entre los medios de comunicación por excelencia debido a su gran eficiencia e impacto en la población ; por lo tanto, no es bueno dejarse influenciar por ideologías extranjeras.
- Aquí se encuentran los dos asientos mineros mas importantes del Perú .Tacna es el primer productor de cobre debido a sus ricos yacimientos de Toquepala ,una impresionante mina a tajo abierto que rinde el 65% de la producción nacional del mineral. No quedandose atrás la mina de Cuajone en Moquegua ,también productora de cobre ; por tanto, existe gran concentración de población trabajadora ,para los que la única forma de información y distracción es la televisión.
- Actualmente ,Moquegua funciona independiente de lo que es la comercialización e información de Tacna.El proyecto contempla la integración a través de una red de repetidoras en VHF y UHF ,que portará la misma programación a estos dos departamentos de características afines ,lo que influirá en un movimiento comercial mas activo.
- El crecimiento demográfico de esta zona representa día a día un área de servicio para la televisión cada vez mayor de allí la urgencia de mejorar la transmisión.
- Siendo Tacna la ciudad del extremo del Perú ,presenta menos ventaja geográfica para el satélite.Es conveniente asegurar los enlaces en las condiciones más críticas.

## 1.2 Descripción del Proyecto

El presente proyecto comprende, una estación Transmisora de TV en la ciudad de Lima, que puede ser cualquiera de las existentes cuyo contenido de la programación no es tema de discusión. Esta estación enviará su señal a través de una estación terrena de transmisión al satélite Intelsat V-A, cobertura hemisférica Oeste, a un transponder de 72 MHz de ancho de banda de la cual 27 MHz está utilizado por otro país, en la banda restante se puede hacer varias combinaciones de transmisión, es decir, programas de radiodifusión sonora, televisión y telefonía. La frecuencia de trabajo es el de la banda C (3825 MHz en bajada y 6050 MHz en subida), la metodología de diseño es válido para cualquier otro satélite que por razones políticas y/o técnicas podría optar la compañía teledifusora, llámese Brasilsat o Panam-sat, etc. Hemos escogido un satélite Intelsat porque Perú es miembro de este consorcio internacional de telecomunicaciones por satélite.

Se mostrará los tipos de modulación y el recomendable es este caso.

Una estación terrena receptora ubicada en la ciudad de Tacna, en la azotea de un edificio de tres pisos que recibe la señal del satélite y entrega una señal en banda base, cuya potencia de señal con respecto a la potencia de ruido S/N es de 43 dB correspondiente a una calidad de imagen 4.

Esta señal va a un mezclador en el control maestro de un canal filial en Tacna, para poder luego ser programada su salida al aire conjuntamente con los comerciales, noticieros y programas locales. Establecida la programación, la señal es modulada para ser enviada a través de un enlace por microonda al cerro alto de la Alianza, donde se domodula nuevamente la señal a nivel de banda base (audio y video) para alimentar a un transmisor de 2 KW pico-pico, la que irradia en canal 2.

De esta estación transmisora se enlaza a una repetidora ubicada en C° Plaza, Toquepala. Repetidora de 200 W en canal 13, nuevamente se enlaza a otra repetidora ubicada en C° Portillo, repetidora de 5 W en canal 70, es un salto necesario para llegar a Moquegua, la alimentación de esta será por energía solar.

La tercera repetidora estará ubicada en el cerro Los Angeles para cobertura de Moquegua y Cuazone, repetidora de 100 W en canal 5, es el último punto objetivo del proyecto.

Ver figura correspondiente No.1.1

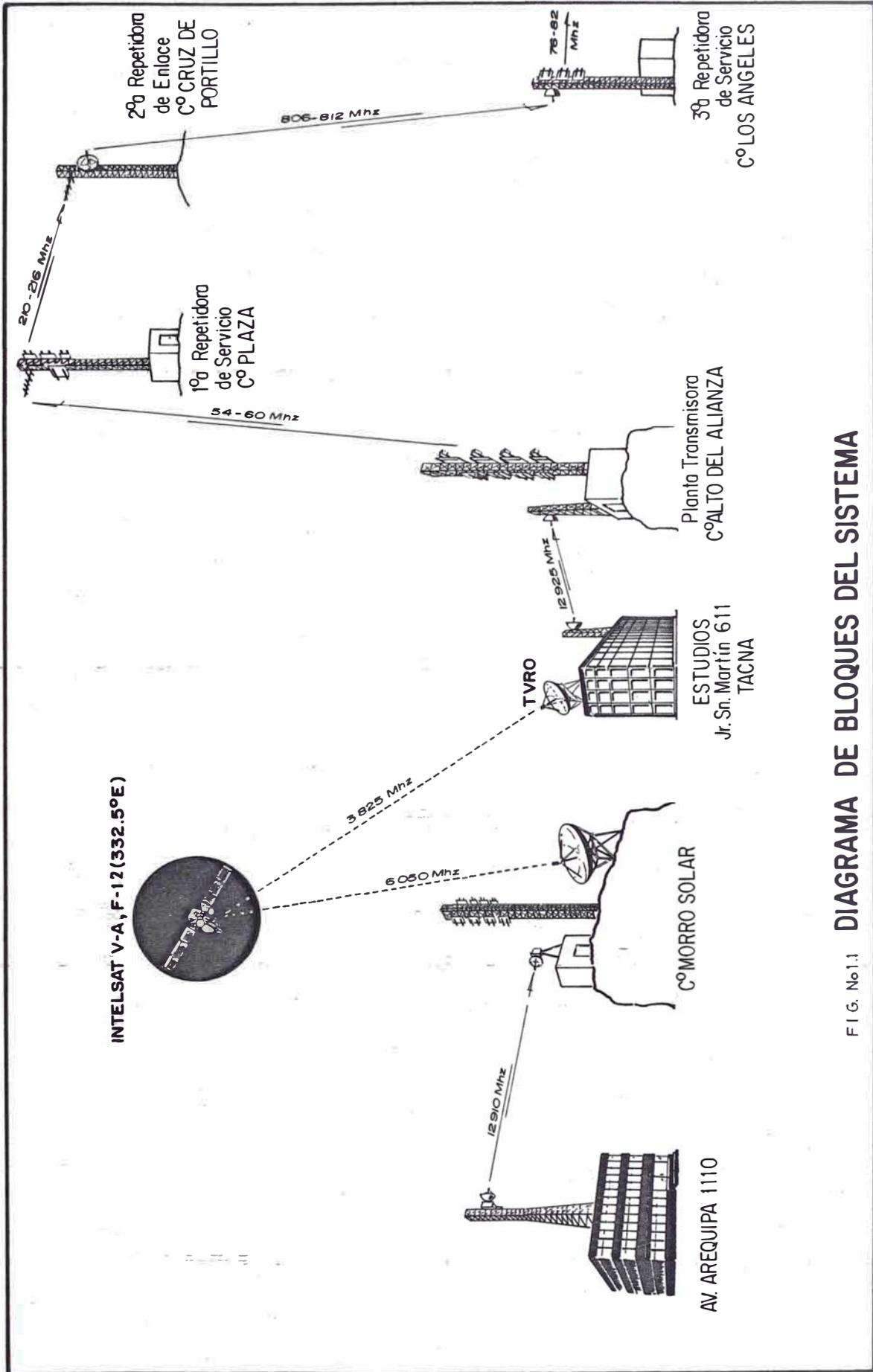


FIG. No.1.1 **DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA**

### 1.3. Locación del Proyecto

El área de influencia de este proyecto de televisión se desarrolla en los departamentos de Tacna y Moquegua, y comprende lo siguiente :

#### 1.3.1. Estación Terrena Transmisora : Lima

-Ubicación	:	Morro Solar - Chorrillos
-Coordenadas geográficas	:	
Longitud	:	77° 01' 49.4" 0
Latitud	:	12° 10' 49.6" S
Altitud	:	262 m.s.n.m.
-Temperatura promedio	:	
Máxima anual	:	21.2°C
Mínima anual	:	9.8°C
-Humedad relativa	:	
Máxima anual	:	98.1 %
Mínima anual	:	92 %

#### 1.3.2. Estación terrena receptora : Tacna

-Ubicación	:	Jr. San Martín # 611 Tacna
-Coordenadas geográficas	:	
Longitud	:	70° 14' 41" 0
Latitud	:	18° 00' 26" S
Altitud	:	560 m.s.n.m.
-Temperatura promedio	:	
Máxima anual	:	22.6°C
Mínima anual	:	10.6°C
-Humedad relativa	:	
Máxima anual	:	81.0 %
Mínima anual	:	68.6 %

#### 1.3.3. Estudios y control maestro

	:	Tacna
-Ubicación	:	Jr. San Martín # 611 Tacna

1.3.4.	Planta transmisora	:	Tacna
	-Ubicación	:	Cerro Alto de la Alianza
	-Coordenadas geográficas	:	
	Longitud	:	70° 16' 50" 0
	Latitud	:	17° 59' 45" S
	Altitud	:	780 m.s.n.m.
	-Temperatura promedio	:	
	Máxima	:	22.6° C
	Mínima	:	10.6° C
	-Humedad relativa	:	
	Máxima	:	81 %
	Mínima	:	68.6 %
1.3.5	1ra. Repetidora en VHF	:	Toquepala
	-Ubicación	:	Cerro Plaza
	-Coordenadas geográficas	:	
	Longitud	:	70° 39' 21.7" 0
	Latitud	:	17° 16' 54" S
	Altitud	:	3,080 m.s.n.m.
	-Temperatura Promedio	:	
	Máxima anual	:	22.7° C
	Mínima anual	:	3.1° C
	-Humedad relativa	:	
	Máxima anual	:	59%
	Mínima anual	:	40%
1.3.6	2da. Repetidora en UHF	:	Cerro Cruz de Portillo
	-Ubicación	:	Cerro Cruz de Portillo
	-Coordenadas geográficas:	:	
	Longitud	:	71° 10' 14" 0
	Latitud	:	17° 16' 15" S
	Altura	:	1,495 m.s.n.m.

-Temperatura promedio :  
Máxima anual : 23.1° C  
Mínima anual : 8 ° C

- Humedad relativa :  
Máxima anual : 76 %  
Mínima anual : 58.1 %

1.3.7. 3ra. Repetidora en VHF : Moquegua

- Ubicación :

- Coordenadas geográficas :

Longitud : 70° 53' 50" O  
Latitud : 17° 08' 41" S  
Altura : 2,250 m.s.n.m.

- Temperatura promedio :

Máxima anual : 21° C  
Mínima anual : 9.18°

- Humedad relativa :

Máxima anual : 75.3 %  
Mínima anual : 53.6 %

Ver Fig. Nos 1.2 ,1.3,1.4,1.5,1.6,1.7 y 1.8

#### 1.4. Cobertura General de la Red

1.4.1. Estación transmisora : Tacna

<u>Localidad</u>	<u>Población</u>
- Calientes	385.0
- Santa Rosa	154.0
- Pachia	2,619.0
- Miculla	265.0
- El Peligro	385.0
- Guaycuyo	739.0
- Calana	2,174.0
- Piedra Blanca	300.0
- Pocallay	5,407.0
- Cerro Blanco	180.0
- Sobcaya	1,257.0
- Tacna	188,535.0

- Silpay	899.0
- Para Grande	1,285.0
- Arica	164,350.0
- Estación Hospicio	61.0
- Mogollo	918.0
- Las Yaras	3,002.0
- Tomasiri	1,700.0
- Poguera	460.0
- Sama Grande	1,920.0
- El Ato	300.0
T O T A L	<u>377,295.0</u>

1.4.2. Estación Repetidora : Toquepala

<u>Localidad</u>	<u>Población</u>
- Barrio Nuevo	2,150.0
- Vallectio	800.0
- Barrio Obrero	6,840.0
- Ricardo Palma	1,902.0
- Barrio Azul	3,000.0
- Miraflores	5,215.0
- Plaza	210.0
- Los Cipreces	315.0
- Sagollo	2,000.0
- Villa Toquepala	1,900.0
- Locomba	<u>2,471.0</u>
T O T A L	26,803.0

1.4.3. Estación Repetidora : Moquegua

<u>Localidad</u>	<u>Población</u>
- Yacango	6,210.0
- Tarata	9,162.0
- Villa Botillaca	12,000.0
- La Chimba	1,200.0
- El Palomar	2,120.0
- Pocata	2,120.0
- Samegua	12,992.0
- Tombolombo	3,219.0
- Moquegua	31,745.0
- Alto Villa	1,800.0
- Montalvo	<u>920.0</u>
T O T A L	82,170.0

Ver Fig. No. 1.9

# DIAGRAMA GENERAL DE LA RED

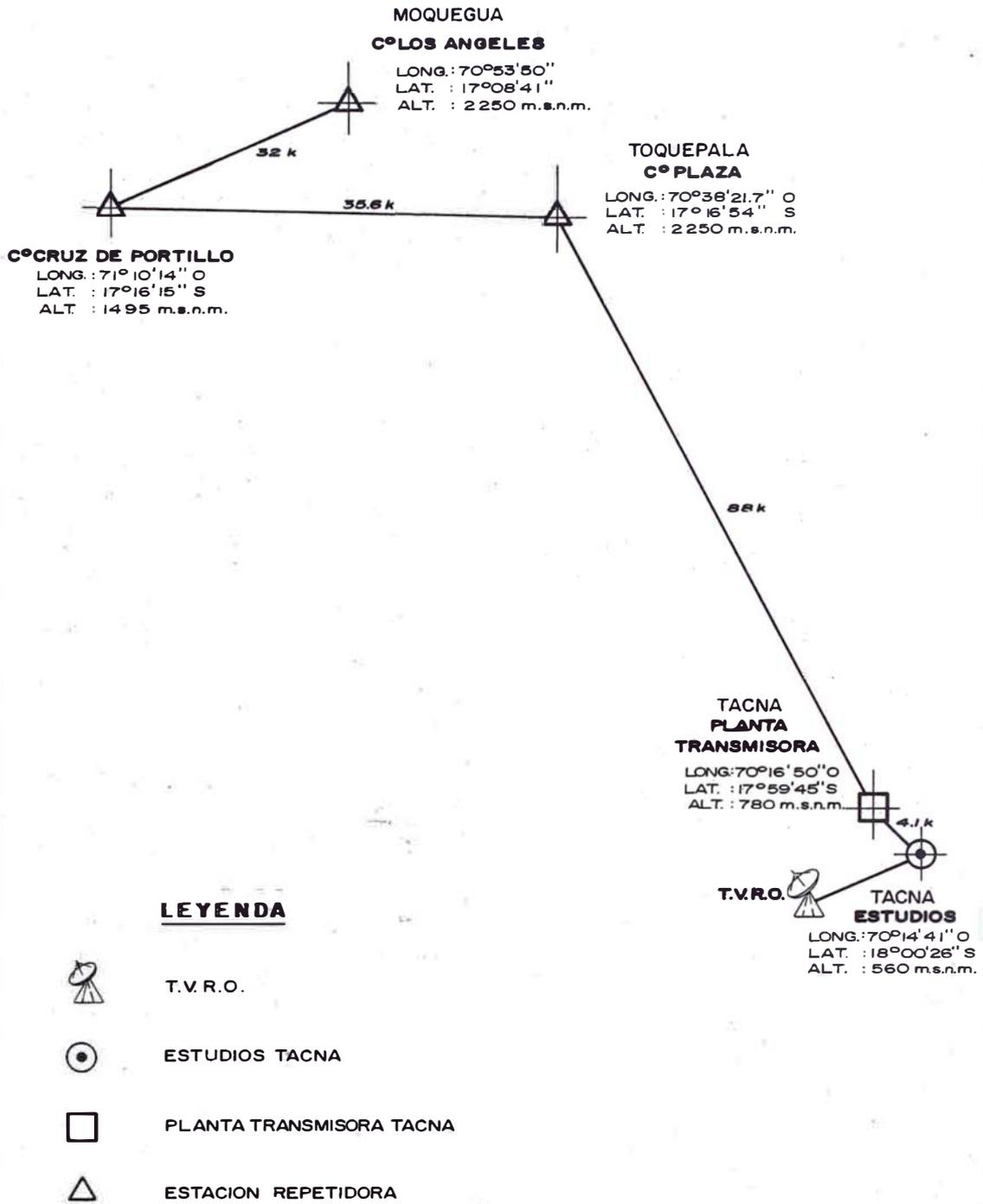
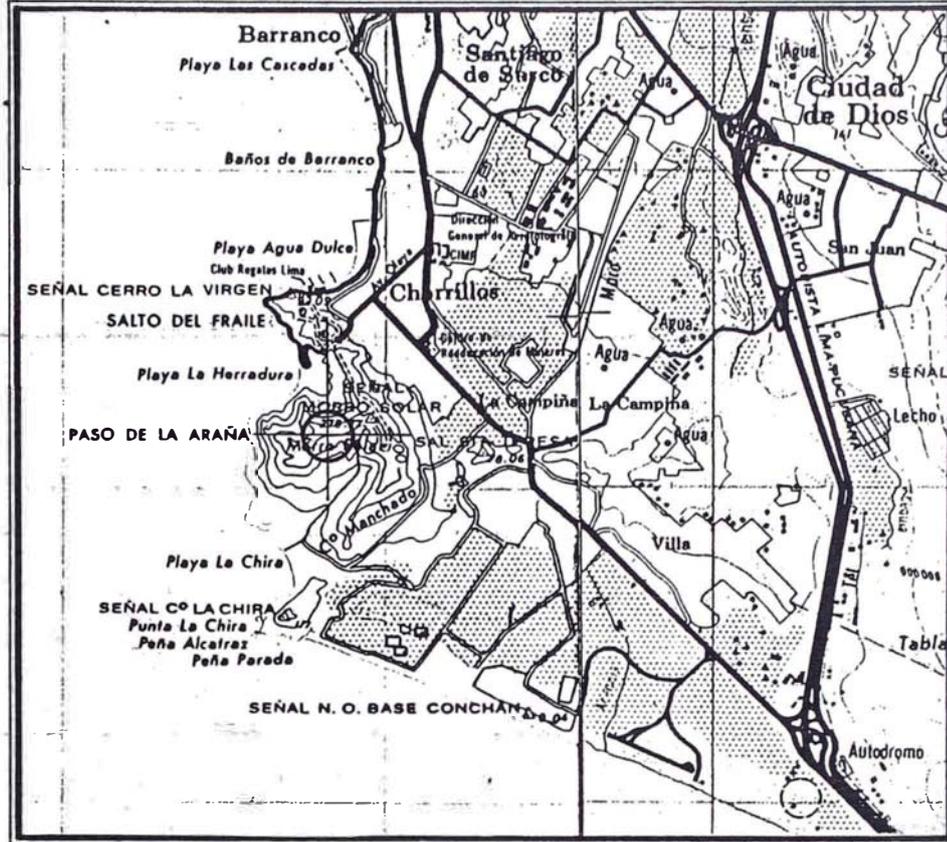


FIG. No 1.2

## PLANO DE UBICACION Y ACCESO

### ESTACION : CERRO MORRO SOLAR



#### COORDENADAS GEOGRAFICAS :

UBICACION	: C° MORRO SOLAR
LONGITUD OESTE	: 77° 01' 49.4"
LATITUD SUR	: 12° 10' 49.6"
ALTURA	: 262 m.s.n.m.

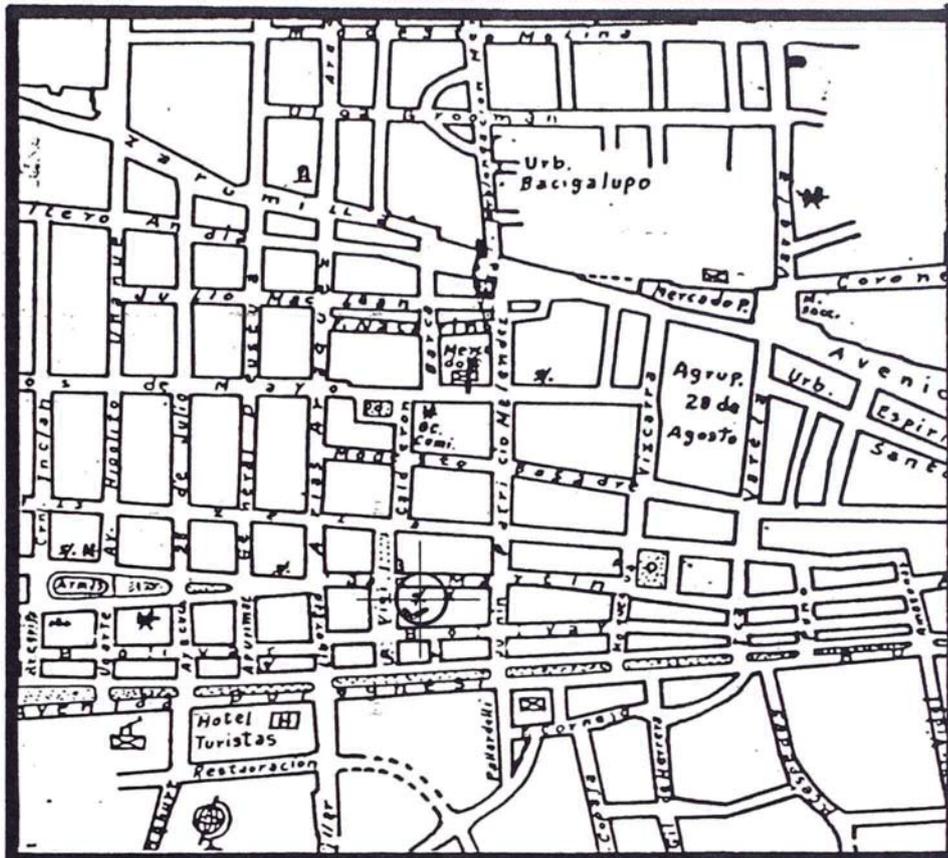
#### REFERENCIAS :

NOMBRE DE LA CARTA :	LIMA - LURIN
CODIGO	: 25 i - 25 j
ESCALA	: 1 : 100,000

FIG. No. 1.3

# PLANO DE UBICACION Y ACCESO

ESTACION : **EST. RECEPTORA-TACNA**



## COORDENADAS GEOGRAFICAS :

UBICACION	: JR. SN. MARTIN N° 611
LONGITUD OESTE	: 70° 14' 41"
LATITUD SUR	: 18° 00' 26"
ALTURA	: 560 ms.n.m.

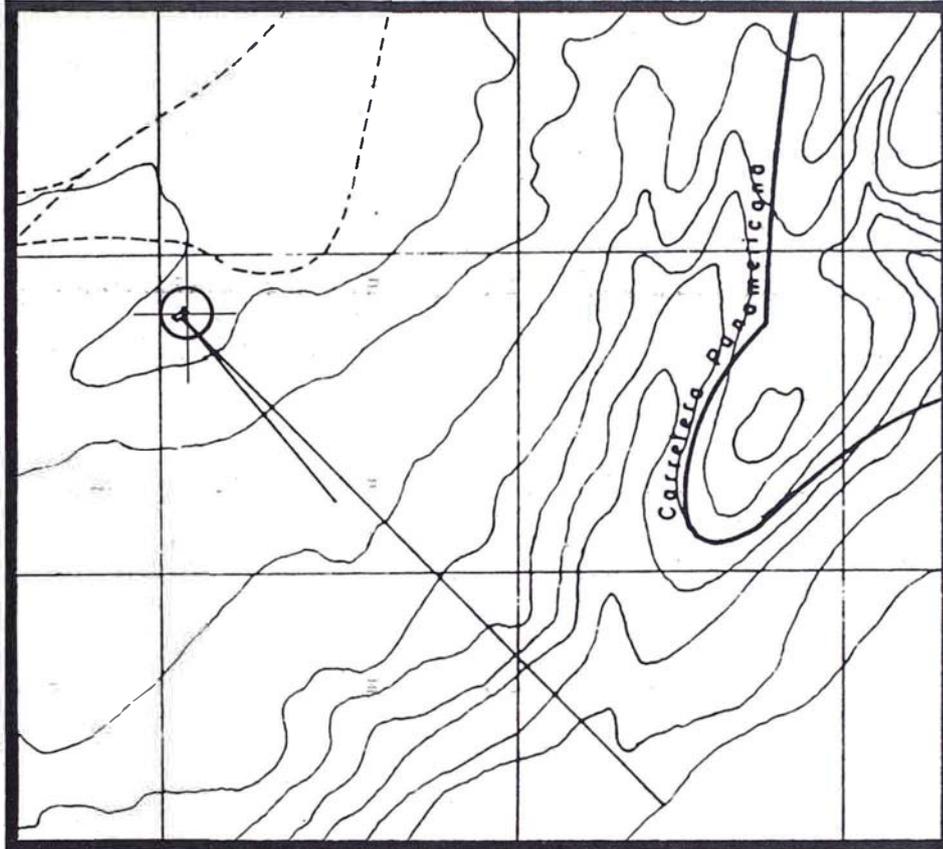
## REFERENCIAS :

NOMBRE DE LA CARTA	: PLANO DE LA CIUDAD DE TACNA
CODIGO	: _____
ESCALA	: 1:10,000

FIG. No.1.4

## PLANO DE UBICACION Y ACCESO

ESTACION : **PLANTA TRANSMISORA-TACNA**



### COORDENADAS GEOGRAFICAS :

UBICACION	: <u>C°ALTO DEL ALIANZA</u>
LONGITUD OESTE	: <u>70° 16' 50"</u>
LATITUD SUR	: <u>17°59' 45"</u>
ALTURA	: <u>780 m.s.n.m.</u>

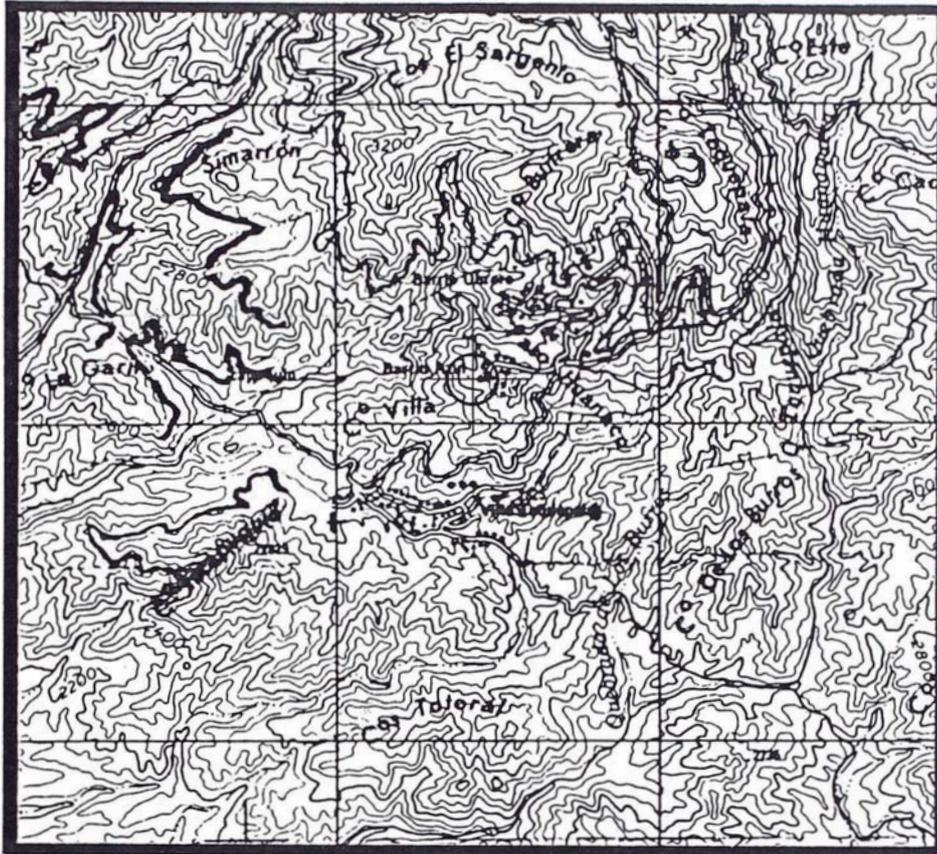
### REFERENCIAS :

NOMBRE DE LA CARTA :	<u>PLANO PERIMETRICO</u>
CODIGO	: <u>-</u>
ESCALA	: <u>1 : 25,000</u>

FIG. No. 1.5

## PLANO DE UBICACION Y ACCESO

ESTACION : **TOQUEPALA**



### COORDENADAS GEOGRAFICAS :

UBICACION	:	<u>C° PLAZA</u>
LONGITUD OESTE	:	<u>70°38' 21.7"</u>
LATITUD SUR	:	<u>17°16' 54"</u>
ALTURA	:	<u>2,250 m.s.n.m.</u>

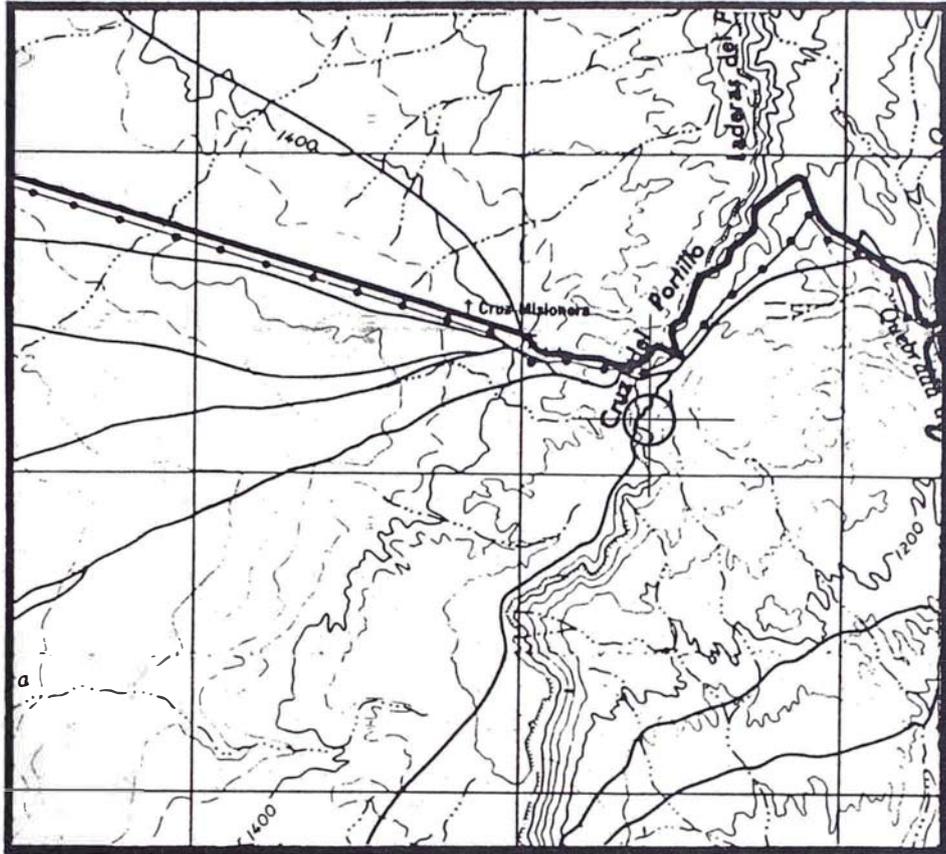
### REFERENCIAS :

NOMBRE DE LA CARTA	:	<u>MO QJEGUA</u>
CODIGO	:	<u>35-U</u>
ESCALA	:	<u>1:100,000</u>

FIG. No. 1.6

# PLANO DE UBICACION Y ACCESO

ESTACION : **CERRO CRUZ DE PORTILLO**



## COORDENADAS GEOGRAFICAS :

UBICACION	: <u>C<sup>o</sup> CRUZ DE PORTILLO</u>
LONGITUD OESTE	: <u>71° 10' 14"</u>
LATITUD SUR	: <u>17° 16' 15"</u>
ALTURA	: <u>1,495 m.s.n.m.</u>

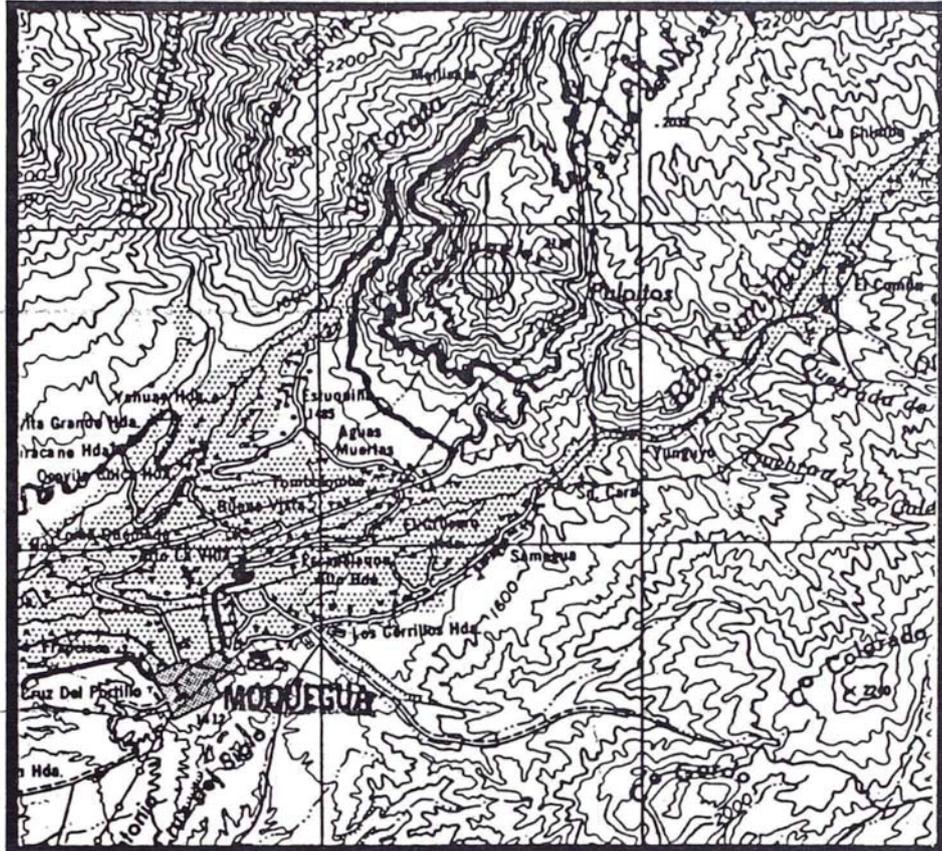
## REFERENCIAS :

NOMBRE DE LA CARTA	: <u>CLEMESI</u>
CODIGO	: <u>35 - t</u>
ESCALA	: <u>1:100,000</u>

FIG. No. 1.7

# PLANO DE UBICACION Y ACCESO

## ESTACION : **MOQUEGUA**



### COORDENADAS GEOGRAFICAS :

UBICACION	_____ C° LOS ANGELES _____
LONGITUD OESTE	_____ 70° 53' 50" _____
LATITUD SUR	_____ 17° 08' 41" _____
ALTURA	_____ 2,250 m.s.n.m. _____

### REFERENCIAS :

NOMBRE DE LA CARTA	_____ MOQUEGUA _____
CODIGO	_____ 35 - U _____
ESCALA	_____ 1:100,000 _____

FIG. No.1. 8

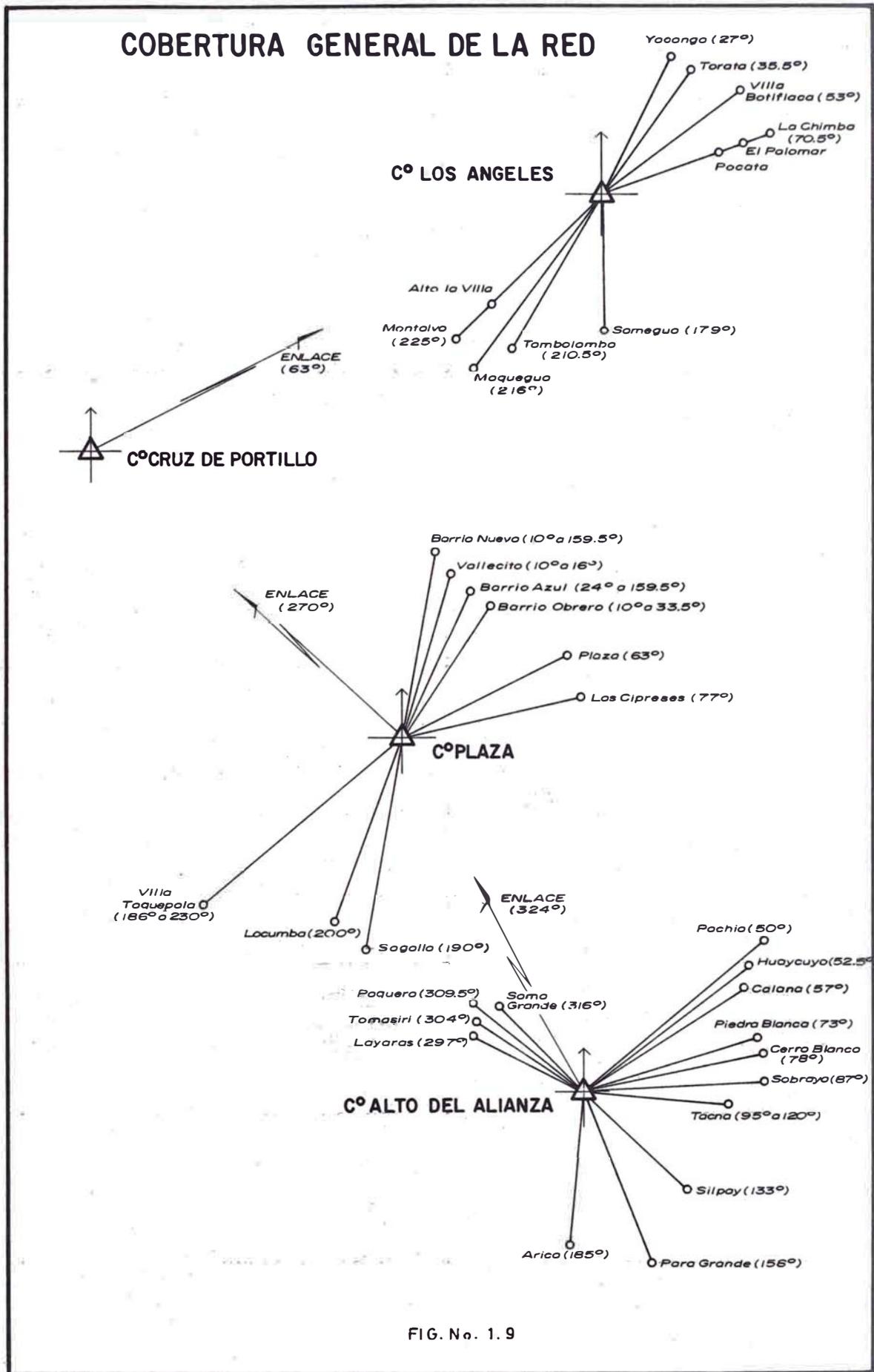


FIG. No. 1.9

## C A P I T U L O I I

### MARCO TEORICO

#### 1. Televisión por Satélite

##### 1.1. Tipos de Cobertura de Satélites Geostacionarios

Se denomina cobertura de un satélite a la zona de superficie terrestre que está formada por un conjunto de curvas de iso-nivel de las señales provenientes del satélite.

Existen cuatro tipos de cobertura, a saber :

- Cobertura Global
- Cobertura Hemisférica
- Cobertura Zonal ( o regional)
- Cobertura Pincel ( o spot), tal como pueden apreciarse en la Fig. 1.1.

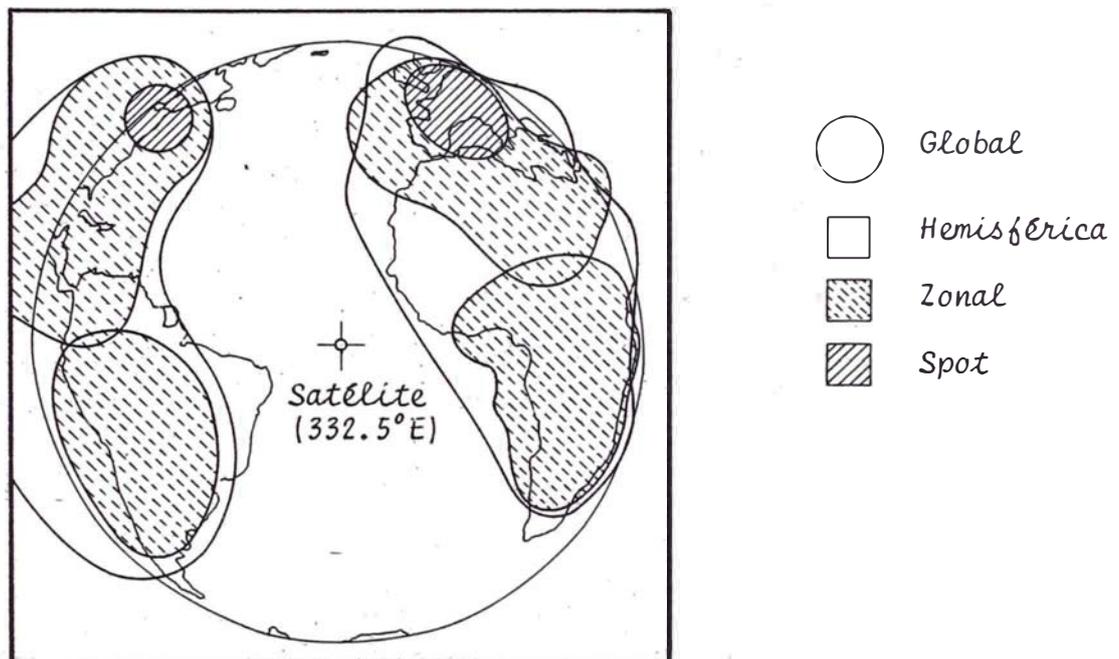


Fig. No. 1.1 Tipos de Cobertura

##### 1.2. Determinación de los ángulos de Azimut y Elevación

Para apuntar al satélite geostacionario, debemos dar a la antena de la estación terrena dos movimientos :

- Azimut ( Az )
- Elevación ( El )

- AZIMUT "Az"

Es el ángulo que la antena describe en posición abertura de la antena perpendicular al plano horizontal local; en sentido horario contando a partir del norte magnético (Ver Fig. No. 1.2. a)

- ELEVACION "El"

Es el ángulo que traduce la inclinación del eje de tiro de la antena con relación al plano horizontal local cuando la antena apunta hacia el satélite (Ver Fig. No. 1.2.b.)

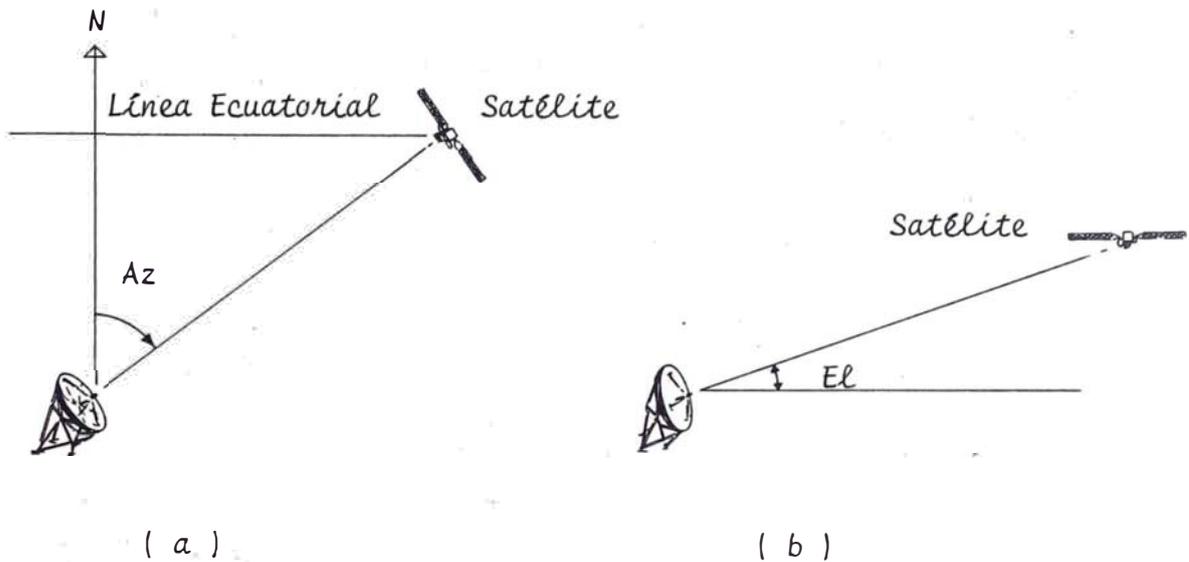


Fig.No.1.2 Angulos de Azimut (Az) y Elevación (El)

Como frecuentemente se conocen las longitudes y latitudes de las estaciones terrenas, resulta muy útil el ejemplo de las fórmulas que permiten obtener éstos ángulos. A partir de las condiciones geométricas y trigonométricas, se demuestra que :

$$\text{Angulo de elevación, } El = \text{Tg}^{-1} \left( \frac{z_o}{\sqrt{x_o^2 + y_o^2}} \right)$$

$$\text{Angulo de Azimut, } Az = \text{Tg}^{-1} \left( \frac{y_o}{x_o} \right)$$

$$\begin{aligned} \text{con : } X_o &= R \cos (L_s - L \text{ E.T.}) \text{ Sen } (\text{lat E.T.}) , \text{ Km.} \\ Y_o &= R \cos (L_s - L \text{ E.T.}) , \text{ Km.} \\ Z_o &= R \cos (L_s - L \text{ E.T.}) \cos (\text{Lat. E.T.}) - r_t, \text{ Km.} \end{aligned}$$

Donde :  $L_s$  = Longitud de la posición orbital del satélite (°)

$L \text{ E.T.}$  = Longitud de la estación terrena (°)

$\text{Lat. E.T.}$  = Latitud de la estación terrena (°)

$r_t$  = radio de la tierra (6,378 km.)

$R$  = Distancia del centro de la tierra - satélite (42,164 Km)

### Ejemplo 1.

Se desea instalar una estación terrena en la ciudad de Tacna, que tiene las siguientes coordenadas geográficas:

Longitud =  $70^\circ 14' 14'' 0$

Latitud =  $18^\circ 00' 23'' S$

Si se considera apuntar al satélite INTELSAT V-A, F-12 (3/4) que tiene una posición orbital  $332.5^\circ E$ . Calcular los ángulos de Azimut y Elevación.

Solución :

$$L_s = 332.5^\circ E = L_s = 27.5^\circ 0$$

$$L \text{ E.T.} = 70^\circ 14' 14'' 0 = 70.24^\circ 0$$

$$\text{Lat E.T.} = 18^\circ 00' 25'' S$$

$$X_o = 42,164 \cos (27.5^\circ - 70.24^\circ) \text{ Sen } 18^\circ 00' 26''$$

$$X_o = 9,568.79 \text{ Km.}$$

$$Y_o = 42,164 \text{ Sen } (27.5^\circ - 70.24^\circ)$$

$$= 28,615.5 \text{ Km.}$$

$$Z_o = 42,164 \cos (27.5^\circ - 70.24^\circ) \cos 18^\circ 00' 26'' - 6,378$$

$$= 23,073.3 \text{ Km.}$$

$$Az = \text{Tg}^{-1} \left( \frac{-28,615.5}{9,568.79} \right) = 288.5^\circ$$

$$\underline{Az = 288.5^\circ}$$

$$El = \text{Tg}^{-1} \left( \frac{23,073.3}{\sqrt{(9,568.79)^2 + (28,615.5)^2}} \right) = 37.5^\circ$$

$$\underline{El = 37.5^\circ}$$

Para apuntar al satélite en mención desde la ciudad de Tacna, sería necesarios los sgtes ángulos :

$$Az = 288.5^\circ$$

$$El = 37.5^\circ$$

### Utilización de Abacos

En la práctica es muy común recurrir al empleo de ábacos para estimar con bastante precisión los ángulos de Azimut y Elevación; ábaco que permite asimismo, calcular la distancia de la estación terrena al satélite a partir de las coordenadas.

Para entrar al ábaco (Ver Fig. No. 1.3.), es necesario conocer la diferencia de longitud entre la estación terrena y el satélite (eje horizontal), luego se interseca con la proyección de la altitud de la estación terrena, obteniendo en la intersección próximos a dos lugares geométricos.

- Elevación, y
- Azimut

El ángulo de elevación se lee directamente en la escala indicada, el ángulo de Azimut en cambio, requiere realizar previamente una pequeña transformación.

De igual modo, a partir del lugar geométrico del ángulo de elevación, es posible leer la distancia (Km), estación terrena-satélite.

### Ejemplo 2.

Desarrollar el ejemplo 1., utilizando ábacos

Solución :

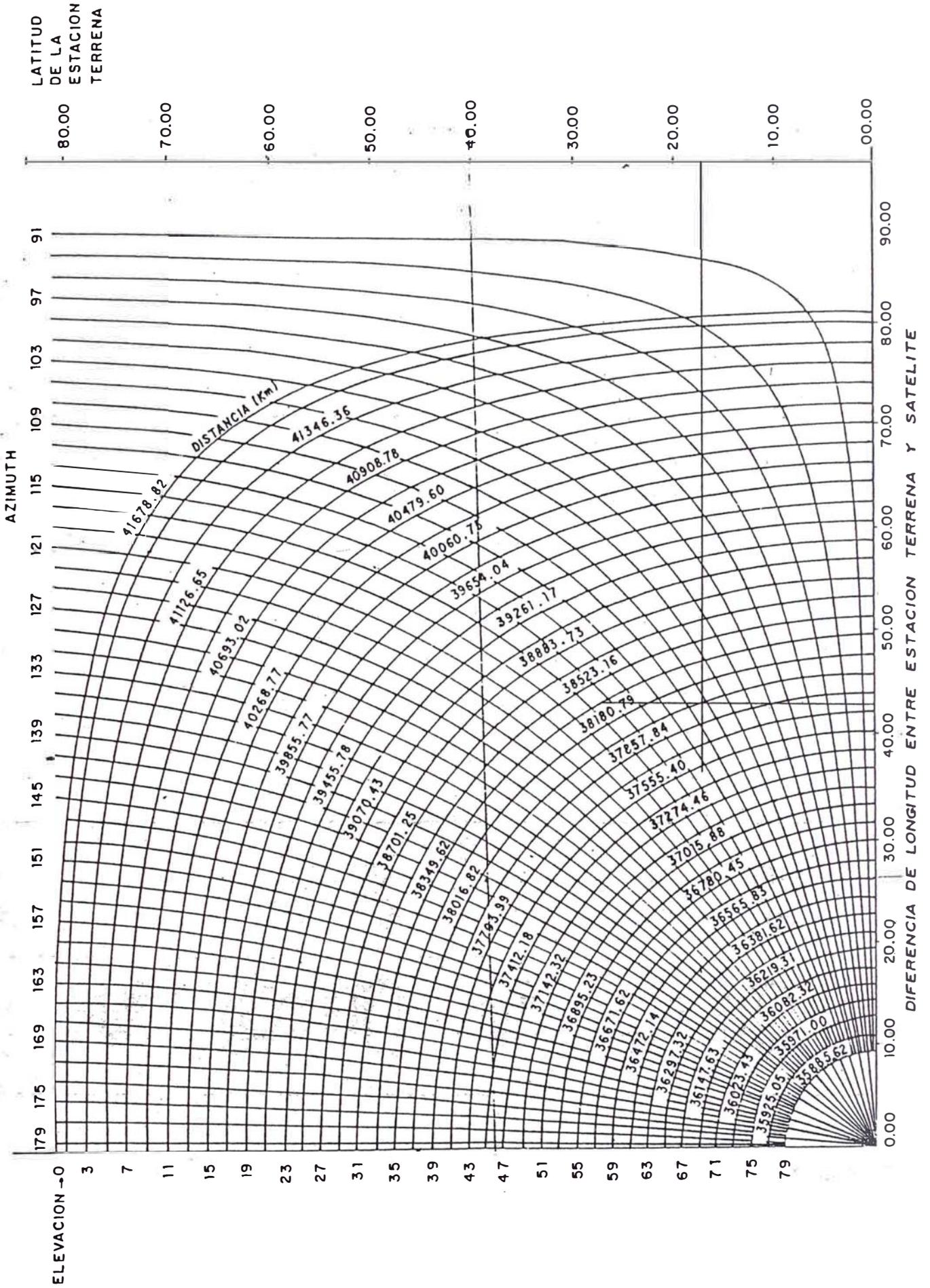
$$L \text{ E.T.} - L \text{ sat} = 70.24^\circ - 27.5^\circ = 42.74^\circ$$

intersectando con latitud =  $18^\circ$  obtenemos  
(Ver Fig. No. 1.3.)

$$Az = 180^\circ + 107^\circ = 287^\circ$$

$$El = 37^\circ$$

$$\text{Distancia E.T. ----- Satélite} = 38,016 \text{ Km.}$$



### 1.3. Ruido en Telecomunicaciones Espaciales

#### 1.3.1. Potencia de Ruido

En el dominio radioeléctrico, el ruido es térmico. La potencia de ruido "N" para un ancho de banda B (donde B puede ser asumido el ancho de banda a 3 dB)

Se expresa de la siguiente manera :

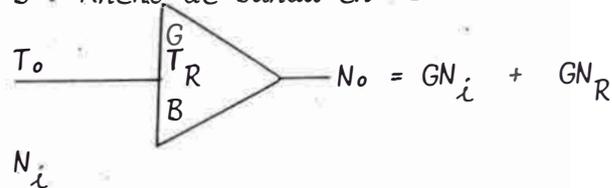
$$N = K.T.B.$$

donde :

K : Cte. de Boltzman en (W/ Hz) / ° K

T : Temperatura en °K

B : Ancho de banda en Hz



donde :

$$N_i = K T_o B$$

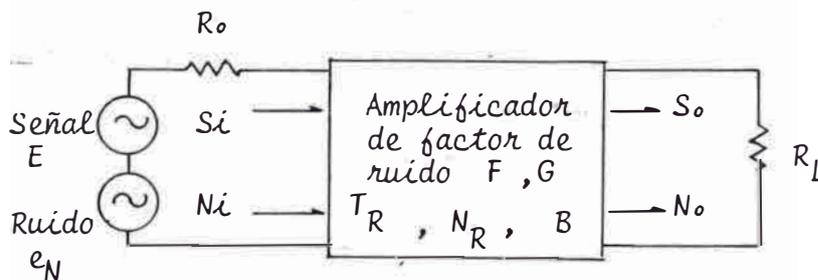
$$N_R = \therefore K T_R B \quad (\text{Potencia de ruido generado por el propio amplificador})$$

$$N_o = G K (T_o + T_R) B$$

#### 1.3.2. Figura de Ruido

En los sistemas de comunicaciones por satélite, las señales que se reciben tienen un nivel de potencia muy pequeño y llegan siempre acompañadas de ruido.

La Fig. No. 1.4. muestra una red ruidosa.



$$e_N^2 = 4R_oKT_oB$$

Fig. No. 1 .4 Red Ruidosa

donde :

$S_i$  = Potencia disponible de la señal de entrada :  $E^2 / 4 R_o$

$N_i$  = Potencia disponible de ruido a la entrada :  $KT_o B$

$S_o$  = Potencia disponible de la señal a la salida :  $GS_i$

$N_o$  = Potencia disponible de ruido a la salida :  $G ( N_i + N_R )$

$T_o$  = Temperatura normalizada a  $290^\circ K$

$T_R$  = Temperatura de ruido del amplificador

$N_R$  = Potencia en potencia del amplificador :  $K T_R B$

$G$  = Ganancia en potencia máxima disponible

$$F = \frac{\frac{S_i}{N_i}}{\frac{S_o}{N_o}} = \frac{S_i \times N_o}{N_i \times S_o} \dots\dots (1)$$

reemplazando en (1)  $N_o$  y  $S_o$  por sus valores obtenidos

$$F = \frac{S_i \times G (N_i + N_R)}{N_i \times G \cdot S_i}$$

$$F = 1 + N_R / N_i \dots\dots (2)$$

Asimismo, la expresión (1) podemos escribirla de la forma siguiente :

$$F = \frac{N_o}{\frac{S_o \times N_i}{S_i}}$$

ya que :

$$\frac{S_o}{S_i} = G, \text{ y } N_i = K T_o B$$

$$F = \frac{N_o}{GKT_oB} \dots\dots (3)$$

1.3.3. Relación entre el factor de ruido F y la temperatura de ruido

En las estaciones terrenas que reciben señal de un satélite, se utilizan generalmente, amplificadores de bajo ruido tales como, los amplificadores paramétricos o los amplificadores a transistores en hiper frecuencias conocido como LNA (Low Noise Amplifier), en el caso de éstos amplificadores de bajo ruido, sus figuras de ruido, no suelen estar muy lejanos a la unidad por lo que si pretendemos comparar por sus figuras de ruido no es tan conveniente como hacerlo con sus temperaturas de ruido efectivas.

De la fórmula (2)

$$N_R = (F - 1) N_i$$

$$N_i = KT_oB \rightarrow N_R = (F - 1) KT_oB \dots (4)$$

por definición

$$N_R = KT_R B \dots\dots (5)$$

igualando (5) y (4)

$$(F - 1) KT_oB = KT_R B$$

$$T_R = (F - 1) T_o \dots (6)$$

$$\text{como } T_o = 290^\circ K \rightarrow T_R = (F - 1) 290^\circ \dots\dots (7)$$

luego despejando

$$F = \frac{T_R}{290^\circ} + 1 \dots\dots (8)$$

si  $T_o \neq 290^\circ K$

$$F = 1 + (F_{290^\circ} - 1) \frac{290^\circ}{T_o'} \dots\dots (9)$$

$F_{290^\circ}$  : Figura de ruido de la red a  $290^\circ K$

El cuadro II.1. muestra algunos valores de la relación  
Figura de ruido - Temperatura de ruido

$T_R$	$F = T_R/290^\circ - 1$	$F \text{ dB} = 10 \log F$
$10^\circ$	1.034	0.14
$20^\circ$	1.100	0.41
$50^\circ$	1.172	0.68
$58^\circ$	1.200	0.79
$100^\circ$	1.344	1.28
$119.6^\circ$	1.412	1.50
$169.6^\circ$	1.584	2.00
$290^\circ$	2.000	3.00
$870^\circ$	4.000	6.00
$2,610^\circ$	10.00	10.00
$4,350^\circ$	16.00	12.00

Cuadro No.II.1. Relación entre F y  $T_R$

1.3.4. Ruido Terrestre y Temperatura de Antena "TA"

Se trata de todas las fuentes de ruido que tienen su origen en la superficie terrestre o en la atmósfera y se les puede clasificar en categorías :

- Ruido termodinámico asociado a la temperatura de ruido del cielo y al proveniente de la superficie de la tierra.
- Ruido debido a las descargas atmosféricas.
- Ruido industrial.

Teniendo en cuenta la banda de frecuencias utilizadas en comunicaciones por satélite (superior a 3.7 GHz), solo se considera para la primera categoría de ruido.

### 1.3.5 Temperatura del Cielo "Tc"

La antena de la estación terrena a través de su lóbulo principal, recibe la temperatura del cielo  $T_c$ .

La Fig. No.1.5 muestra la temperatura de ruido del cielo en función de la frecuencia para diferentes valores de ángulos de elevación de la antena de la estación terrena

Observamos en dicha figura que para los ángulos de elevación normales (superiores a  $20^\circ$ ) y frecuencias superiores a 3.7 GHz, la temperatura del cielo es inferior a  $7^\circ\text{K}$ .

La temperatura del cielo se debe a la presencia de oxígeno y vapor de agua.

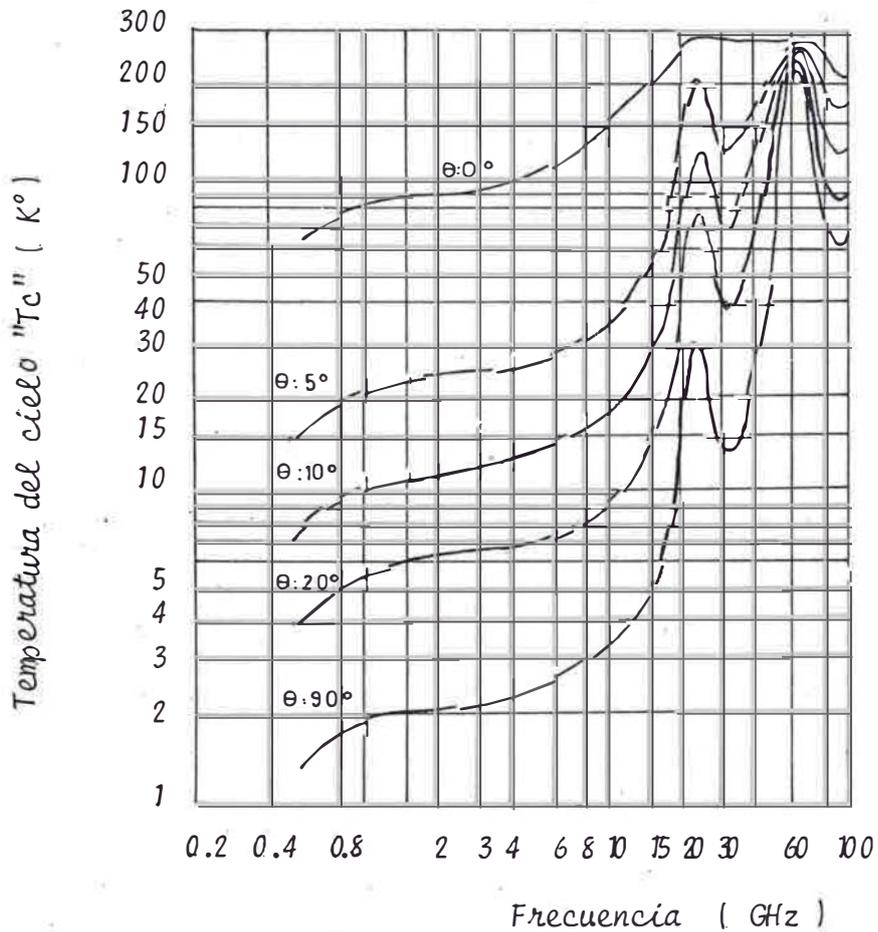


Fig.No.1.5 Temperatura del cielo "Tc"

### 1.3.6 Ruido proveniente de la superficie terrestre

La temperatura de ruido proveniente de la superficie terrestre que es captada por la antena de la estación terrena, depende fuertemente de la ganancia de los lóbulos laterales lejanos quienes a su vez dependen del diámetro de la antena.

Se conoce como temperatura de antena "TA" a la temperatura de ruido captada por los lóbulos principal y laterales cuando la estación terrena apunta hacia el satélite.

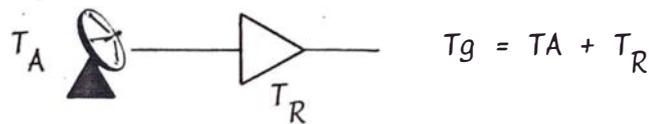
La temperatura de antena será menor cuanto mayor sean el diámetro de la antena y el ángulo de elevación, mientras que la antena del satélite recibe al mismo tiempo la señal emitida por la antena de la estación terrena y la radiación termodinámica de la tierra  $T_0 = 290^\circ\text{K}$ .

En la práctica, los fabricantes de antenas parabólicas proporcionan a los compradores datos como la que se muestra en la Fig. No. 1.6, temperatura de antena TA en función del ángulo de elevación. Estos datos solo son válidos para la antena en cuestión.

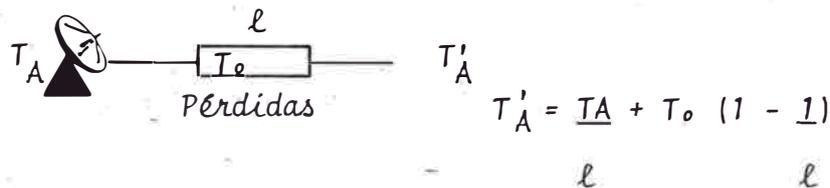
Para antenas con diámetros mayores de 5 mts. se encuentran normalmente temperaturas de antena  $100^\circ$ .

1.3.7.: Temperatura global de ruido en el sistema de recepción

Si en el tramo antena-amplificador de bajo ruido (conocido como LNA no hubiesen pérdidas, la temperatura global de ruido sería :



Pero en la práctica, el cable coaxial o la guía de onda que conecta la antena al LNA tienen pérdidas por lo que se estila asociar estas pérdidas a la temperatura de antena TA obteniendo :



donde :  $l$  : representa las pérdidas

$T_0$  : temperatura ambiente donde se encuentra el cable (guía de onda) de conexión

con lo que obtenemos la temperatura global de ruido en el sistema de recepción y se calcula a la entrada del LNA

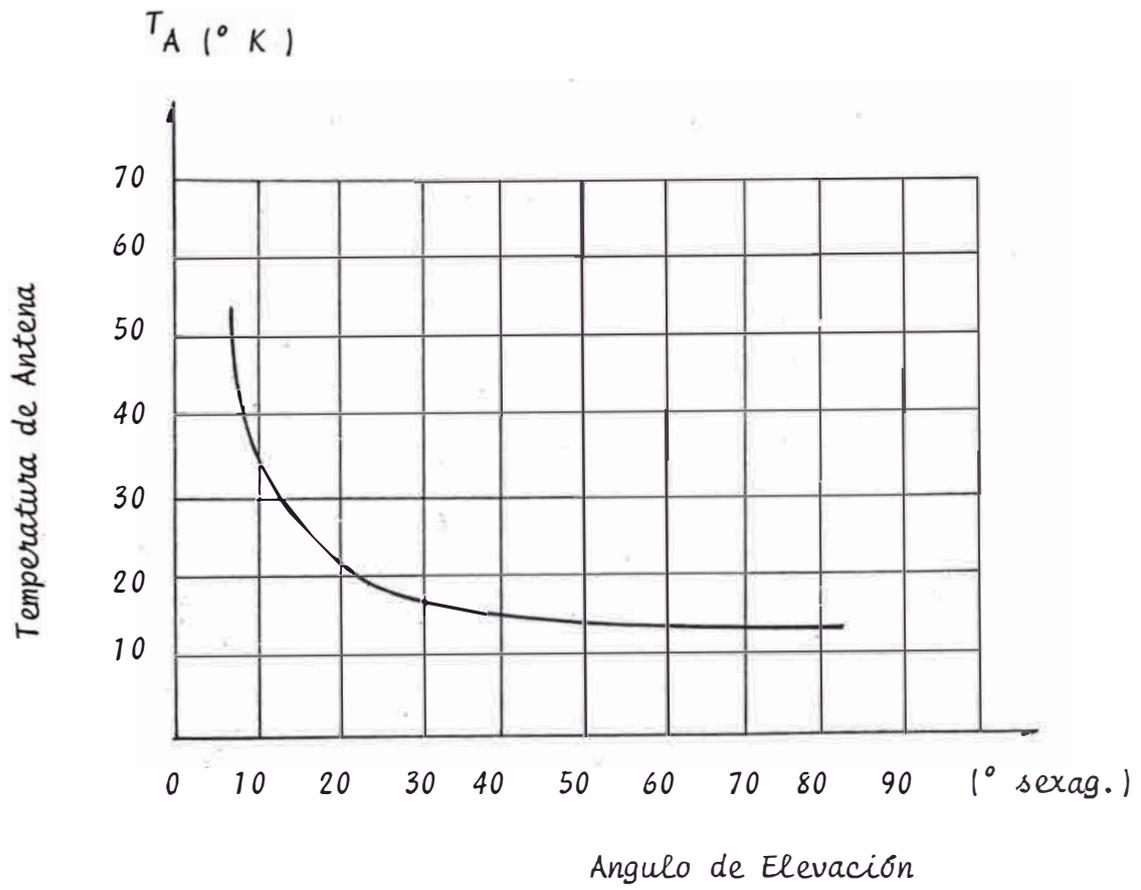
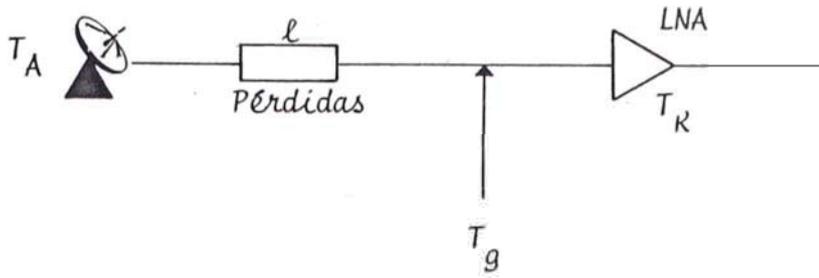


Fig.No. 1.6  $T_A$  en función del Angulo de Elevación



$$T_g = \frac{T_A}{l} + T_o \left( 1 - \frac{1}{l} \right) + T_R$$

Ejemplo :  $T_A = 20^\circ K$   
 $l = 0.1 \text{ dB} = 1.02$

$$T_A = \frac{20}{1.02} + 290^\circ \left( 1 - \frac{1}{1.02} \right) = 25.6^\circ K$$

Deducimos del ejemplo que cada décimo de dB de pérdida en el sistema de bajo ruido en cable de conexión antena-LNA, aumenta la temperatura de ruido en aproximadamente  $6^\circ K$ , por lo que es importante disponer el LNA lo más cercano a la antena.

#### 1.4. Radiopropagación en Telecomunicaciones Espaciales

A diferencia de la propagación entre dos puntos de la superficie terrestre, la propagación entre el satélite y la tierra tiene una simplificación importante, se puede despreciar generalmente la influencia del suelo lo que elimina todos los fenómenos de difracción y de reflexión.

##### 1.4.1. Pérdidas en el espacio libre

Para calcular las pérdidas en el espacio libre en los enlaces punto a punto, se toma como referencia el caso ideal en que las antenas se encuentran ubicadas en el espacio libre, es decir, en un medio homogéneo e ilimitado que contiene solo a estas antenas.

La Fig. 1.7. muestra un enlace satélite-estación terrena. A partir de dicha figura se deduce la fórmula que nos permite calcular las pérdidas en el espacio libre.

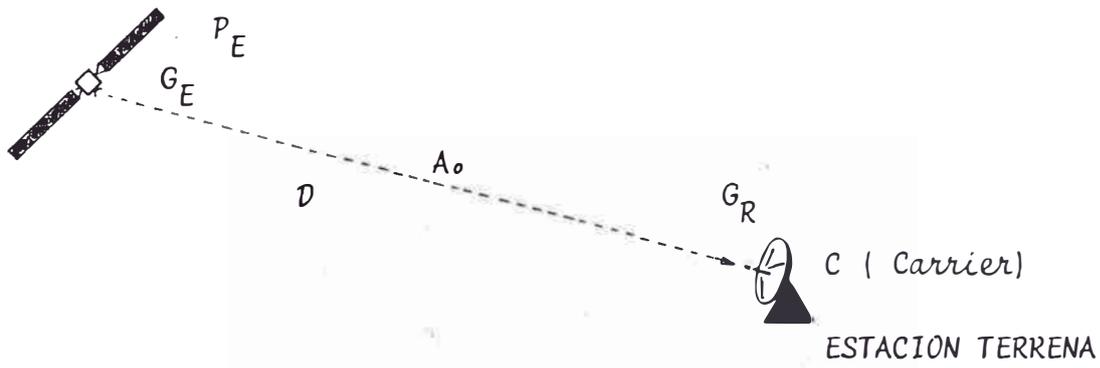


Fig.No.1.7 Pérdidas en el Espacio Libre

$C$  : representa la potencia de la portadora recibida en el acceso de recepción de la antena de la estación terrena.

$$C = P_E \times G_E \times \frac{G_R}{A_0} \dots (1)$$

además :

$$C = P_E \times G_E \times \frac{A_e}{4\pi d^2} \dots (2)$$

donde :

$A_e$  = Area efectiva de la antena de recepción

$4 \pi d^2$  = Area de la superficie de la esfera de radio  $d$  (distancia satélite-estación terrena)

$$(1) = (2)$$

$$\frac{G_R}{A_0} = \frac{A_e}{4\pi d^2} \dots (3)$$

$$\text{pero : } G_R = A_e \times \frac{4\pi}{\lambda^2} \dots (4)$$

(4) en (3)

$$A_0 = 4\pi d^2 \times \frac{A_e 4\pi}{A_e \lambda^2} \quad A_0 = \left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right)^2 \dots (5)$$

$d$  y  $\lambda$  deben estar expresados en la misma unidad.

Expresamos :

$A_0$  en función de la frecuencia

$$\lambda \text{ (m)} = \frac{3 \times 10^8}{f \text{ (Hz)}} \dots (6)$$

(6) en (5)

$$A_0 = \left[ \left( \frac{4}{3 \times 10^8} \right) \times f \text{ (Hz)} \times d \text{ (m)} \right]^2 \dots (7)$$

Expresamos :  $f$  (MHz)  
 $d$  (Km)

$$A_0 = \left[ \frac{4 \pi}{3 \times 10^8} \times 10^6 f \text{ (MHz)} \times 10^3 d \text{ (KM)} \right]^2$$

$$A_0 = \left[ \frac{40\pi}{3} \cdot f \text{ (MHz)} \cdot d \text{ (KM)} \right]^2 \dots (8)$$

Expresamos finalmente,  $A_0$  en dB

$$\begin{aligned} A_0 \text{ (dB)} &= 10 \text{ Log} \left[ \frac{4\pi}{3} \cdot f \text{ (MHz)} \cdot d \text{ (KM)} \right]^2 \\ &= 20 \frac{\text{Log} \left[ \frac{40\pi}{3} \right]}{3} + 20 \text{ Log } f \text{ (MHz)} + 20 \text{ Log } d \text{ (KM)} \end{aligned}$$

$$A_0 \text{ (dB)} = 32.45 + 20 \text{ Log } f \text{ (MHz)} + 20 \text{ Log } d \text{ (KM)}$$

fórmula que usaremos en enlaces en VHF y UHF, además

### 1.5. Antenas Parabólicas

En las antenas de las estaciones terrenas, en recepción se utiliza muy a menudo, el concepto de Área equivalente " $A_e$ " de la Antena parabólica, que no es sino el área del círculo de diámetro  $D$  multiplicado por un factor llamado Factor de Rendimiento de la antena.

$$A_e = n \frac{D^2}{4} \dots (1)$$

donde :

$n$  = factor de rendimiento (dato del constructor)

$0.5 \leq n \leq 0.8$  en la mayoría de los casos.

$D$  = Diámetro de la antena.

La ganancia de una antena parabólica se define justamente en función de su área equivalente.

$$G = A_e \times \frac{4 \pi}{\lambda^2} \dots (2)$$

(1) en (2)

$$G = n \frac{\pi D^2}{4} \times \frac{4 \pi}{\lambda^2} \quad G = n \left( \frac{\pi D}{\lambda} \right)^2 \dots (3)$$

En comunicaciones por satélite, los diámetros de las antenas se expresan generalmente en metros, y en lugar de trabajar con la longitud de onda es más fácil trabajar directamente con la frecuencia de operación.

Expresamos (3) en función de la frecuencia.

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8}{f \text{ (Hz)}} \rightarrow G = n \left[ \frac{\pi \cdot D}{\frac{3 \times 10^8}{f \text{ (Hz)}}} \right]^2$$

$$\rightarrow G = n \left[ \frac{D \text{ (m)} \cdot f \text{ (Hz)}}{3 \times 10^8} \right]^2 \dots (4)$$

Expresemos la frecuencia en GHz, en la expresión (4)

$$G = n \left[ \frac{\pi D \text{ (m)} \cdot 10^9 f \text{ (GHz)}}{3 \times 10^8} \right]^2$$

$$G = n \left[ \frac{10 \pi}{3} \cdot D \text{ (m)} \cdot f \text{ (GHz)} \right]^2$$

en dB

$$G \text{ (dB)} = 10 \text{ Log} \left\{ n \left[ \frac{10 \pi}{3} D \text{ (m)} \cdot f \text{ (GHz)} \right]^2 \right\}$$

Importante

Las antenas de las estaciones terrenas se utilizan al mismo tiempo para la emisión y recepción, ya que las frecuencias son diferentes. Existirán valores diferentes de la ganancia de la antena para la emisión (GE) y para la recepción (GR).

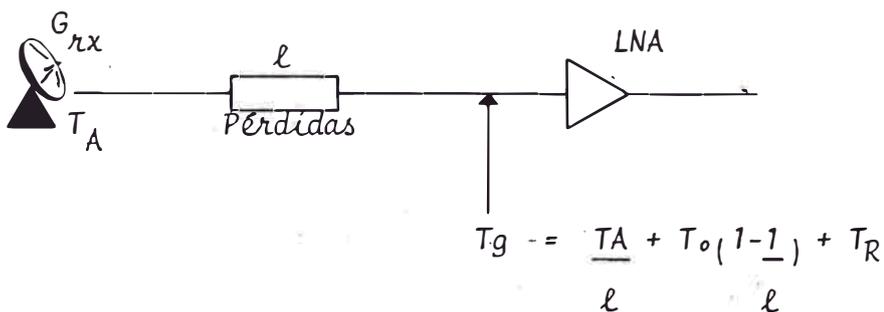
Damos una tabla de diámetros típicos de antenas con sus respectivas ganancias a  $f = 4 \text{ GHz}$  y  $N = 60\%$

Diámetro de la antena (m)	Ganancia antena parab. (dB)
3	40
10	50
30	60

De otro lado, si en la fórmula de la ganancia en dB duplicamos el diámetro de la antena, entonces obtendremos 6 dB más.

1.6. Sensibilidad y factor de mérito de una estación terrena "G/T"

Uno de los parámetros característicos que determinan la calidad de recepción de una estación terrena es el llamado factor de calidad o sensibilidad G/T, donde G es la ganancia de la antena de recepción (dB) y T es la temperatura global de ruido calculado en la entrada del LNA ( $^{\circ}\text{K}$ ).



Sensibilidad

$$\frac{G}{T} \text{ (dB / } ^{\circ}\text{K)} = 10 \log G_{Rx} - 10 \log T_g \text{ (} ^{\circ}\text{K)}$$

### 1.7 Standards o Clases de Intelsat

Los progresos obtenidos en las performances de los satélites Intelsat, implicaron una diversidad con los tipos de las estaciones terrenas, habiéndolas agrupado por clases o standards, con las siguientes características (enlaces Bidireccionales Tx/Rx)

#### 1.7.1 Standard A (BG-28-72E)

- Banda de frecuencia [GHz] 6/4 (banda C)
- G/T [dB/°K]  $\geq 40.7 + 20 \log \frac{f}{4}$   
(f bajada GHz)
- Diámetro de antena 29 a 32.5 metros
- PIRE max [dBw] 94.9
- Tipo de modulación FDM/FM, PSK (40) tele-  
fonia.  
SCPC/PSK (40) datos  
FM- televisión
- Tasa de error datos  
SCPC / PCM/ PSK ( 40 )  $1 \times 10^{-6}$   
SCPC / PSK ( 40 )  $3 \times 10^{-9}$

#### 1.7.2 Standard B ( BG - 28- 74E )

- Banda de frecuencia 6/4 GHz ( banda C )
- G/T [ dB/ °K ]  $\geq 31.7 + 20 \log \frac{f}{4}$   
(f de bajada GHz)
- Diámetro de la antena 9 a 14.5 metros
- PIRE max [ dBw] 81.8
- Tipo de modulación Idem al standard A

#### 1.7.3 Standard C (BG - 28 - 73E )

- Banda de frecuencia [GHz] 14/11 (banda Ku )
- G/T [dB/°K] [ G/T<sub>1</sub> ]  
existen dos G/T , donde inter-  
viene la lluvia
- P<sub>i</sub> representa un porcentaje de tiempo para el período donde las estaciones de lluvia son válidas.

Para  $P_1$  (%)

$$G / T_1 = A + 20 \log \frac{f}{11.2} \quad (\text{bajada, GHz})$$

Para  $P_2$  (%)

$$G / T_2 = B + 20 \log \frac{f}{11.2} \quad (\text{bajada, GHz})$$

Donde tenemos :

PARAMETRO	Cobertura Intelsat V	
	SPOT W	SPOT E
A	39.0 dB	39.0 dB
B	29.5 dB	32.5 dB
$P_1$	10.0	10.0
$P_2$	0.017	0.017

Diámetro de antena	16 a 18 mt.
PIRE max (dB)	90.1
Tipo de modulación	FDM / FM

1.7.4. Standard D (BG/T - Temp - 47 - II4E)

Banda de frecuencias (GHz)	6/4 (Banda C)
- G/T (dB/T°K)	$D_1 \geq 22.7 + 20 \log \frac{f}{4}$ (bajada GHz)
	$D_2 \geq 31.7 + 20 \log \frac{f}{4}$ (bajada GHz)
- Diámetro antena / longitud de onda (D/λ)	$\geq 150$
- Tipo de modulación	SCPC / FM (comprensión/expansión)
- Angulo elevación mín. (0mín)	5°
Separación entre portadoras	30 KHz (45 KHz en el medio de la banda)
- Satélites utilizados	Intelsat V y V.A.

1.8. Productos de Intermodulación en el satélite

Los satélites de comunicaciones actuales usan tubo a onda progresiva (TOP) como elemento amplificador de potencia de la señal que es retransmitida hacia las estaciones terrenas. Estos tubos son también utilizados en los amplificadores de alta potencia (HPA) de las estaciones terrenas. Una de las degradaciones producidas por la amplificación y que hace que la señal de salida no sea una fiel reproducción de la señal de entrada es debida a la no linealidad de la característica amplitud de salida/ amplitud de entrada del T.O.P.

(Ver Fig. No. 1.8.)

En el transpondedor del satélite son amplificadas generalmente varias portadoras simultáneamente, utilizando el amplificador un dispositivo no lineal, y en la salida se obtiene, además de las portadoras de entrada, señales indeseables llamadas productos de intermodulación.

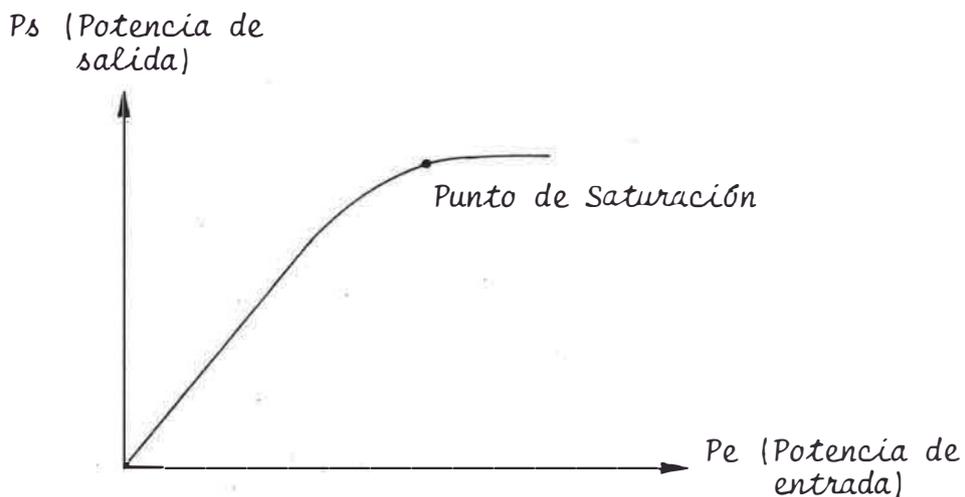


Fig. NO. 1.8 Característica de la no linealidad en amplitud de un TOP.

La tensión de salida de un dispositivo no lineal se puede escribir en función de la tensión de entrada, de la sgte. forma :



$$V_s = aV_e + bV_e^2 + cV_e^3 + dV_e^4 + eV_e^5 + \dots (1)$$

donde los coeficientes  $a, b, c, d$  decrecen, en general muy rápidamente, es decir:  $a \gg b, c, d, \dots$

Si se aplica a la entrada del dispositivo no lineal, una tensión  $V_e$  constituido por dos señales  $V_1$  y  $V_2$ , de frecuencias respectivas  $\omega_1$  y  $\omega_2$ , tales como:

$$v_1 = V_1 \cos \omega_1 t$$

$$v_2 = V_2 \cos \omega_2 t$$

La tensión  $V_e$  tendrá entonces por expresión:

$$V_e = V_1 \cos \omega_1 t + V_2 \cos \omega_2 t \quad \dots\dots (2)$$

Si reemplazamos (2) en (1) y desarrollamos  $V_s$  hasta el exponente 3, obtendremos:

$$aV_e = aV_1 \cos \omega_1 t + aV_2 \cos \omega_2 t \quad \dots\dots (3)$$

$$\begin{aligned} bV_e^2 &= b(V_1 \cos \omega_1 t + V_2 \cos \omega_2 t)^2 \\ &= bV_1^2 \cos^2 \omega_1 t + bV_2^2 \cos^2 \omega_2 t + 2bV_1V_2 \cos \omega_1 t \cos \omega_2 t \\ &= \frac{bV_1}{2} (\cos 2\omega_1 t + 1) + \frac{bV_2}{2} (\cos 2\omega_2 t + 1) \\ &\quad + bV_1V_2 [\cos (\omega_1 + \omega_2)t + \cos (\omega_1 - \omega_2)t] \quad \dots\dots (4) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} cV_e^3 &= cV_1^3 \cos^3 \omega_1 t + 3cV_1^2 V_2 \cos^2 \omega_1 t \cos \omega_2 t + 3cV_1 V_2^2 \cos \omega_1 t \\ &\quad \cdot \cos^2 \omega_2 t + cV_2^3 \cos^3 \omega_2 t \end{aligned}$$

Teniendo en cuenta que:  $\cos^3 x = \frac{1}{4} (\cos 3x + 3 \cos x)$ , obtenemos:

$$\begin{aligned} V_e^3 &= \frac{cV_1^3}{4} (\cos 3\omega_1 t + 3 \cos \omega_1 t) + \frac{cV_2^3}{4} (\cos 3\omega_2 t + 3 \cos \omega_2 t) \\ &\quad + \frac{3cV_1^2 V_2}{2} \cos \omega_2 t + \frac{3cV_1 V_2^2}{2} \cos \omega_1 t \\ &\quad + \frac{3cV_1^2 V_2}{4} [\cos (2\omega_1 + \omega_2)t + \cos (2\omega_1 - \omega_2)t] \\ &\quad + \frac{3cV_1 V_2^2}{4} [\cos (2\omega_2 + \omega_1)t + \cos (2\omega_2 - \omega_1)t] \quad \dots\dots (5) \end{aligned}$$

### 1.8.1. Orden de los Productos de Intermodulación

Las frecuencias de los productos de intermodulación son combinaciones lineales de las frecuencias de entrada :

$$f = K_1 f_1 + K_2 f_2 + \dots + K_n f_n$$

donde  $f_1, f_2, \dots, f_n$  son las frecuencias de entrada  
 $f_x$  es la frecuencia de un producto de intermodulación  $x$  obtenido en la salida

Se llama "orden del producto de intermodulación", a la cantidad  $|K_1| + |K_2| + \dots + |K_n|$ , donde los  $K_i$  son enteros positivos o negativos.

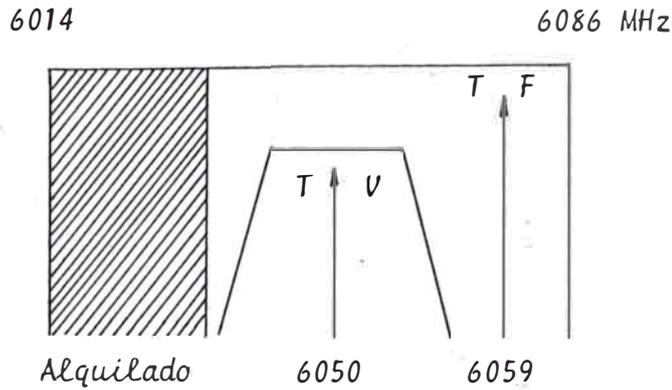
Así tenemos que en el desarrollo de la tensión de salida  $V_s$  párrafo (1.8.), constatamos que el término al cuadrado (relación 4) genera las armónicas  $2f_1, 2f_2$  y los términos de frecuencias  $(f_1 + f_2)$  y  $(f_1 - f_2)$ , llamados "productos de intermodulación de orden dos". De igual manera, el término al cubo (relación 5), genera las armónicas  $3f_1, 3f_2$  y los términos de frecuencias  $(2f_1 + f_2)$   $(2f_1 - f_2)$ ,  $(2f_2 + f_1)$  y  $(2f_2 - f_1)$ , llamadas productos de intermodulación de orden tres".

Es muy importante destacar que si las frecuencias de entrada  $f_1$  y  $f_2$  se encuentran dentro de una misma banda, solo deben de considerarse los productos de intermodulación de orden impar, ya que estos caen dentro de la banda útil del sistema. Los productos de orden par son naturalmente eliminados por filtrado en la limitación de la banda considerada.

#### Ejemplo

Se desea transmitir una señal de televisión y una portadora de telefonía utilizando un transpondedor del satélite Intel sat V-A, que tiene como posición orbital  $332.5^\circ E$ , y en el que los primeros 27 MHz se encuentran alquilados. Suponiendo que se puede utilizar 18 MHz para la señal de TV y se elige la frecuencia 6050 MHz para la portadora de video y la frecuencia 6059 MHz para la portadora de telefonía.

Representaremos los productos de intermodulación de orden 2 y Orden 3.



a). Productos de intermodulación de orden 2.

$$\left. \begin{aligned}
 2f_1 &= 2(6050) \\
 2f_2 &= 2(6059) \\
 f_1 + f_2 &= 6050 + 6059 \\
 f_1 - f_2 &= 6050 - 6059
 \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{fuera de la banda y elimi-} \\ \text{nado por filtrado.} \end{array}$$

b). Productos de intermodulación de orden 3

$$\left. \begin{aligned}
 3f_1 &= 3(6050) \\
 3f_2 &= 3(6059) \\
 2f_1 + f_2 &= 2(6050) + 6059 \\
 2f_2 + f_1 &= 2(6059) + 6050 \\
 2f_1 - f_2 &= 2(6050) - 6059 = 6041 \\
 2f_2 - f_1 &= 2(6059) - 6050 = 6068
 \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{fuera de banda y} \\ \text{eliminados por} \\ \text{filtrado} \\ \\ \text{dentro de la banda} \end{array}$$

Observamos que los dos últimos productos de intermodulación de orden 3 caen dentro de la banda útil, por lo que al no poderlos eliminar se deberá limitar sus niveles de modo que no represente interferencia importante.

### 1.8.2. Comparación de Niveles en la Salida

Sean  $V_1 = V_2 = V_0$ , es decir, señales fundamentales de igual potencia.

La amplitud relativa a cada señal ( $f_1$  y  $f_2$ ) en la salida será entonces, (coeficientes de los términos en  $\cos \omega_1 t$  en las relaciones 3, 4 y 5 del párrafo 1.8.)

$$A_0 = aV_0 + \frac{3cV_0^3}{4} + \frac{3cV_0^3}{2} = aV_0 + \frac{9cV_0^3}{4}$$

pero :  $a \gg c$

entonces :  $A_0 \approx aV_0$

en dB  $A_0 \text{ (dB)} = 20 \log aV_0$

$A_0$  es entonces proporcional a  $20 \log V_0 = X \text{ dB}$

se puede constatar que la curva  $P_s$  de la fundamental, que es función de la  $P_e$  de la fundamental tiene una pendiente en 1dB/1dB en zona lineal (ver fig. 1.9.)

De igual manera, la amplitud de cada componente de orden 3 será :

$$A_3 = \frac{3}{4} c V_0^3, \text{ en dB}$$

$$A_3 \text{ (dB)} = 20 \log \left( \frac{3}{4} c V_0^3 \right)$$

Por tanto,  $A_3 \text{ (dB)}$  es proporcional a  $20 \log V_0^3 = 60 \log V_0$

o lo que es lo mismo :  $A_3 \text{ (dB)} = 3.X \text{ dB}$ . Vemos en la curva  $P_s$  producto de intermodulación de orden 3, tiene una pendiente de 3dB/1dB en la zona lineal (Ver. Fig. : 1.9.)

La última relación permite enunciar el principio de base de la teoría de intermodulación.

Un incremento de 1 dB del nivel de la fundamental ocasiona un aumento de 3dB del nivel de los componentes de intermodulación de orden 3.

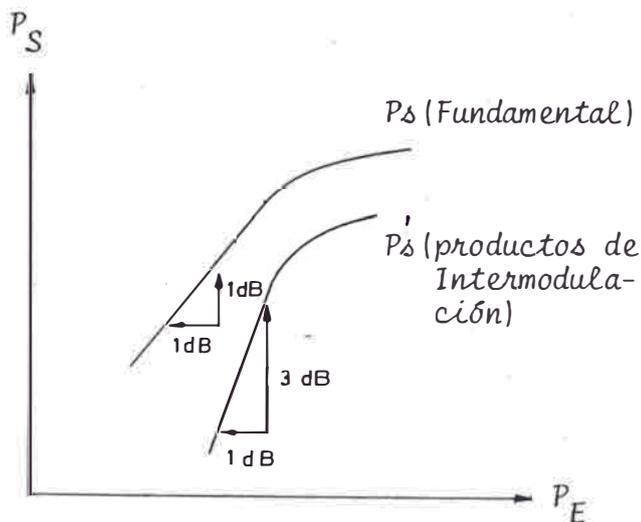


Fig. No. 1.9  
Principio de la  
Teoría de Inter  
modulación

### 1.8.3. Back - Off

En la práctica es muy común elegir el punto de operación de un amplificador lo más próximo a su punto de saturación. En los satélites (y en todo sistema que use T.O.P. para amplificador), el punto de saturación se encuentra casi en zona no lineal, por lo que los productos de intermodulación de orden 3 causarían serias interferencias si no se limita sus niveles.

El modo generalizado en telecomunicaciones espaciales para limitar los niveles de los productos de intermodulación es calcular sus niveles y bajar éste nivel al punto de operación con respecto al punto de saturación; esta disminución de potencia de entrada se conoce como Back-Off de entrada y produce un Back-Off de salida (Ver Fig. 1.10.).

La curva de transferencia, potencia de salida en función de la potencia de entrada de un T.O.P. es proporcionado por el fabricante.

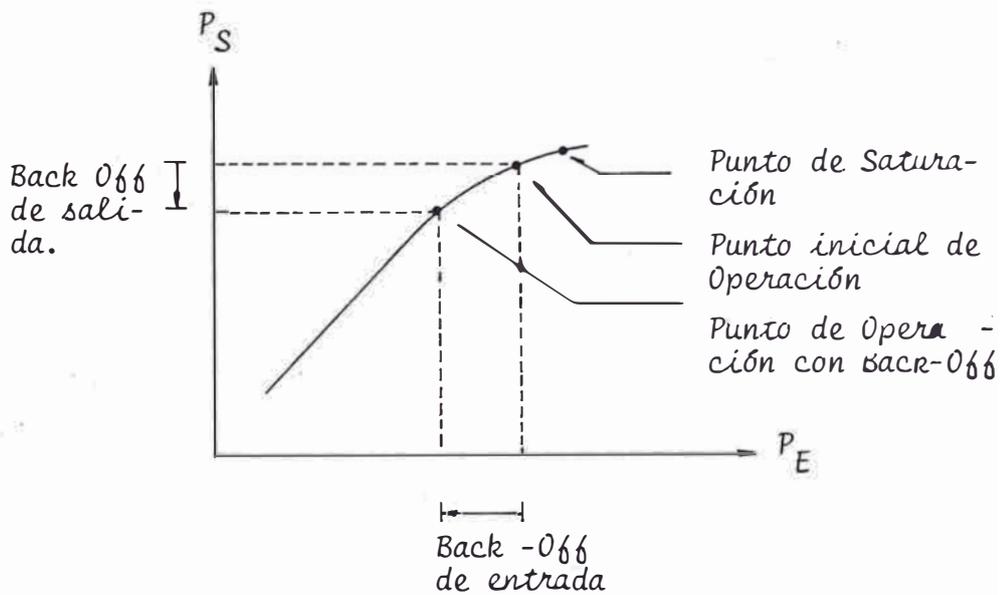
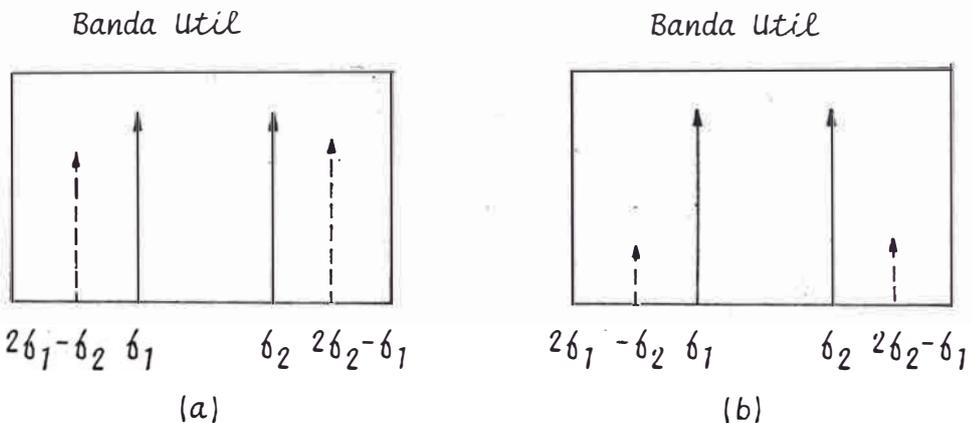


Fig. No. 1.10. Back-Off de entrada y de salida.

En la Fig. 1.11. se muestran los productos de intermodulación.

- a). Sin Back - Off
- b). Con Back - Off



(a) (b)  
Fig. No. 1.11. Limitación del nivel de los productos de Intermodulación de orden 3.

Cuando se utilizan varias portadoras que transitarán por el satélite es preciso realizar los cálculos de intermodulación, por computador, a fin de asegurar el enlace con interferencias que no sean de importancia.

### 1.9. Tipos de Servicios de Telecomunicaciones por Satélite

Dependiente del tipo de servicio que prestan se hace la clasificación. Podemos entonces distinguir :

- El servicio fijo por satélite
- El servicio móvil por satélite
- El servicio de radiodifusión por satélite

La descripción de estos servicios se puede encontrar en las referencias bibliográficas pertinentes.

### 1.10. Amplificadores de Potencia H.P.A.

En el sistema de comunicación por satélite de la red intelsat, el ancho de banda de una portadora de RF en el enlace ascendente (estación terrenas, se asigna dentro de los 500 MHz comprendidos entre 5.925 MHz y 6.425 MHz

Cada estación terrena transmite un cierto número de portadoras de video, audio, telefonía etc. Por tanto, la potencia de los amplificadores varía de algunas decenas de watts a varios Kw.

Se distinguen dos grandes familias de amplificadores de potencia hiper-frecuencia (conocidos como HPA de High Power Amplifier).

- Amplificador a Banda Ancha (500 MHz), que se realizan a tubos de onda progresiva (TOP), cubren todo el rango de frecuencia de emisión con un solo HPA (Fig. No. 1.12.)
- Amplificador a Banda Angosta (35 a 70 MHz), que se realizan con tubos Klystron (KLY) y cubren el rango de frecuencia en emisión con varios amplificadores, estos amplificadores son agrupados por medio de filtros de frecuencia o acopladores (Fig. No. 1.13.)

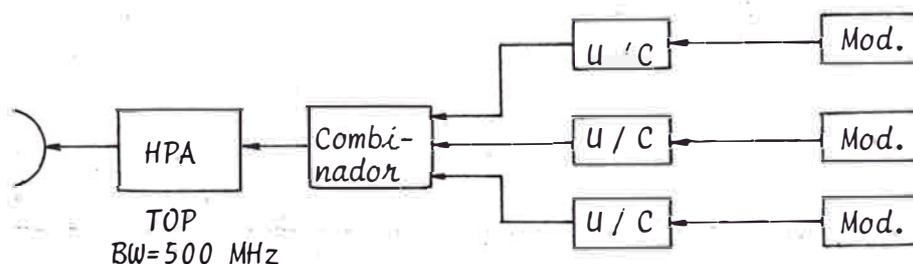


Fig. No. 1.12.

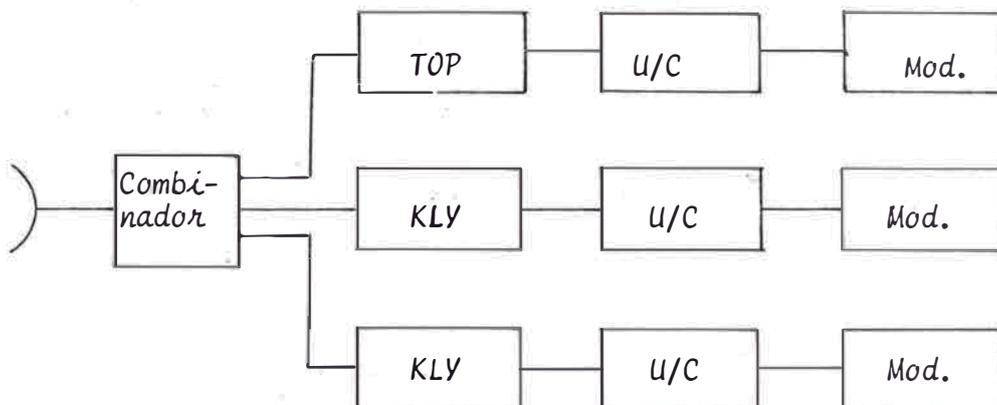


Fig. No. 1.13

Cada opción para los sistemas de emisión presenta ventajas e inconvenientes y su elección depende de varios factores, en la práctica es muy importante tener en cuenta lo siguiente:

- Los amplificadores a tubos Klystron son menos costosos, si existen pocas portadoras a emitir, los Klystron de potencia media son más simples que los TOP y tienen mayor tiempo de vida, pero el sistema de acoplamiento en dirección de la antena es muy complicada.
- Cuando se utilice un TOP, es necesario tener en cuenta los productos de intermodulación que necesariamente aparecen cuando se transmiten varias portadoras, es necesario elegir amplificadores de una potencia de saturación muy superior a la potencia real a transmitir a fin que el punto de funcionamiento se encuentre en la zona lineal. A menudo se recurre al empleo de linealizadores.
- De acuerdo a las necesidades de tráfico pueden optarse por elegir soluciones mixtas.
- La ganancia promedio de los amplificadores a TOP oscilan entre 36 a 38 dBu, mientras que con Klystron de 38 a 45dBu
- El tiempo promedio de vida de un TOP varía de 8,000 a 10,000 horas, mientras que el Klystron de 10,000 a 15,000 horas.

### 1.11. Modos de Acceso al Satélite

En las comunicaciones por satélite varias estaciones terrenas pueden acceder a un satélite, lo que se conoce como "Acceso Múltiple". Este acceso se realiza generalmente de tres modos.

- Acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA<sup>(1)</sup>)
- Acceso múltiple por división de tiempo (TDMA<sup>(2)</sup>)
- Acceso múltiple con portadoras monocanal (SCPC<sup>(3)</sup>)

#### 1.11.1. Acceso Múltiple por Repartición de Frecuencia "FDMA"

Este modo de acceso se basa en la utilización del multiplexado de los canales telefónicos, empleando la División de Frecuencia (FDM).

Para conformar la señal FDM, primero se asigna a cada canal telefónico un ancho de banda de 4 KHz, luego se modula en BLU y se agrupan formando la señal modulante

conteniendo un cierto número de canales telefónicos. Luego esta señal modulante (multiplex) modula en frecuencia a una portadora de F.I. igual a 70 MHz, dando origen a la señal FDM/FM que enseguida es trasladada a la frecuencia radioeléctrica de emisión (6 a 14 GHz)

operación que realizan varias estaciones terrenas que acceden a un mismo satélite, conformando lo que se conoce como FDM/FM/FDMA.

En la Fig. No. 1.14. se muestra un grupo básico, formado con 12 canales telefónicos, teniendo como frecuencia máxima del multiplex,  $f_m$ , igual a 60 KHz.

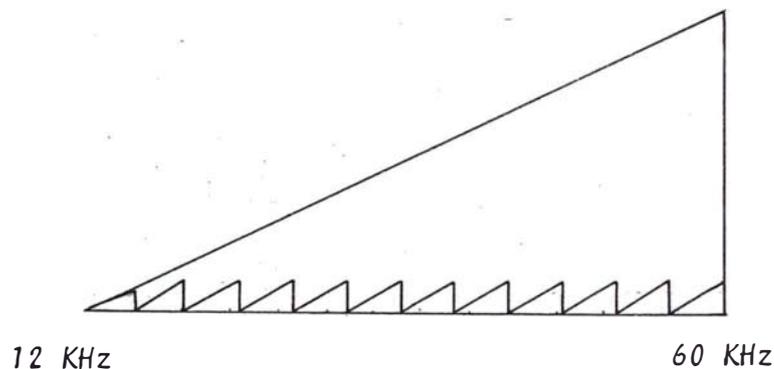


Fig. No. 1.14. Grupo Básico de 12 canales

La tabla No. II.3 muestra algunas características de las bandas normalizadas de INTELSAT, para diferentes capacidades.

No. de canales telefónicos	Frecuencia máxima de multiplex	Ancho de banda en satél. (MHz)
12	60	1.25
24	108	2.5
36	156	2.5
48	204	2.5
60	252	5.0
72	300	5.0
96	408	5.0
132	552	7.5
252	1052	15.0
432	1796	17.5
792	3284	25.0
1092	4892	36.0
1872	8120	36.0

Tabla No. II.3 Bandas de Frecuencia normalizadas para Satélites Intelsat IV - A y V.

### 1.11.2 Acceso Múltiple por división de Tiempo TDMA)

En este modo de acceso, todas las estaciones terrenas emiten la misma frecuencia, pero con ráfagas (Ver Fig. 1.15.) y en tiempos de modo que lleguen al satélite sin superponerse en tiempo con las otras ráfagas emitidas por las otras estaciones. Se dice que cada estación emite en su turno. En este caso, se puede utilizar por tanto, toda la potencia del tubo HPA, y todas las estaciones terrenas pueden utilizar la misma frecuencia, ya que el satélite recibe una sola portadora a la vez.

En este modo de acceso se supone que la información se transmite en forma digital, ya que esta forma es la que mejor se adapta a la transmisión secuencial. Cada estación terrena debe estar equipada con un subconjunto de emisión y de un solo conjunto de recepción.

El intervalo de tiempo que separa dos emisiones sucesivas de una estación llamada TRAMA TDMA, se elige en general, igual a un múltiplo entero  $m$  del intervalo de tiempo que separa dos muestras sucesivas (llamada TRAMA PCM), por ejemplo  $m$  veces  $125 \mu s$  (caso de  $f$  muestreo =  $8 \text{ KHz}$ ).

Este intervalo es enseguida dividido en intervalos elementales como estaciones terrenas como estaciones terrenas estén utilizando el satélite.

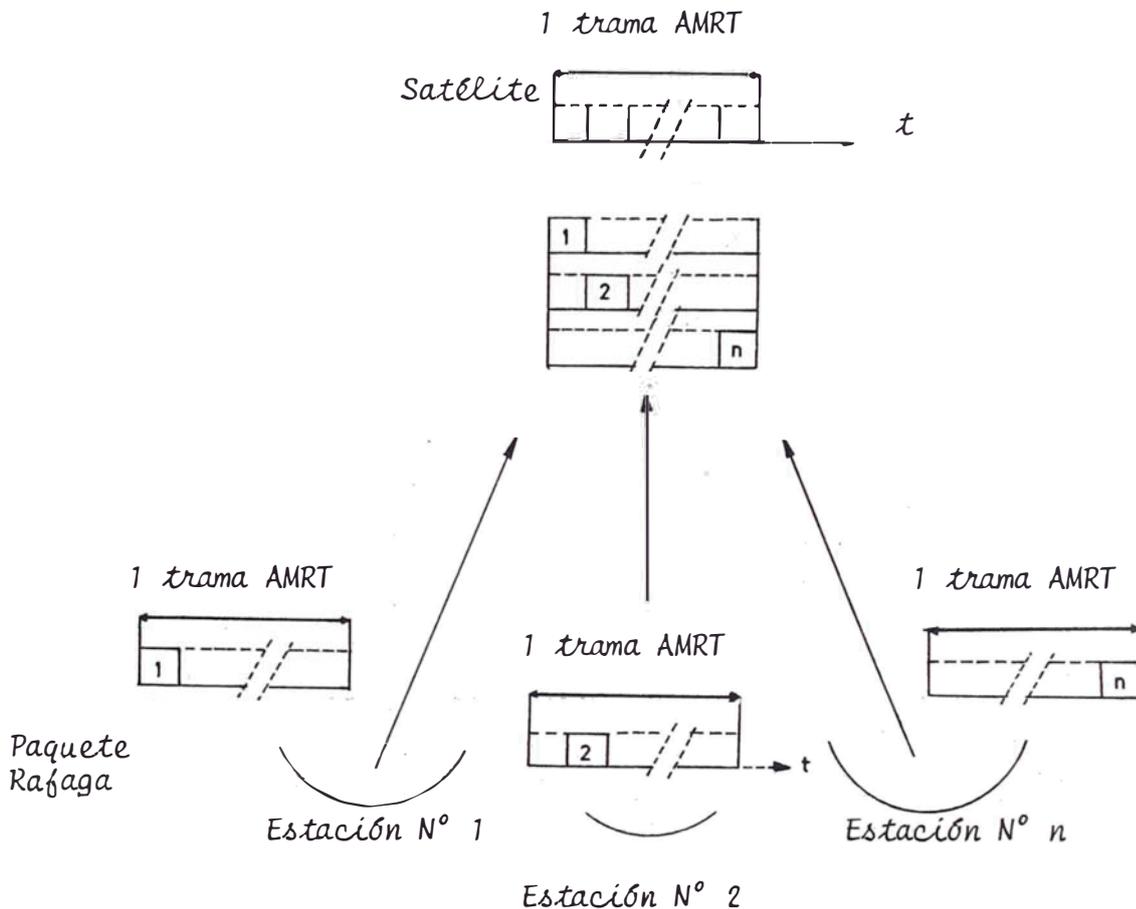


Fig. No. 1.15. Principio del Acceso Múltiple por División de tiempo "TDMA".

### 1.11.3. Acceso Múltiple con Portadoras Monocanal

A diferencia del acceso múltiple por división de frecuencia en el que se transmite un cierto número de canales telefónicos que modulan en frecuencia a una portadora y en el sistema SCPC. Cada canal telefónico es transmitido directamente con una portadora, de donde proviene de portadora monocanal. En el sistema SCPC se modula en PSK a cuatro fases (PSK - 4  $\phi$ ) o en FM (SCPC/FM).

Un transpondedor de 36MHz puede ser utilizado para telefonía exclusivamente disponiendo de 36 MHz/45 KHz (canal = 800 canales telefónicos (equivalente a 400 circuitos telefónicos) o para televisión con 1/2 transpondedor y la otra mitad para telefonía y programas sonoros, etc.

Ver Fig. No. 1.16.

12 Transpondedores

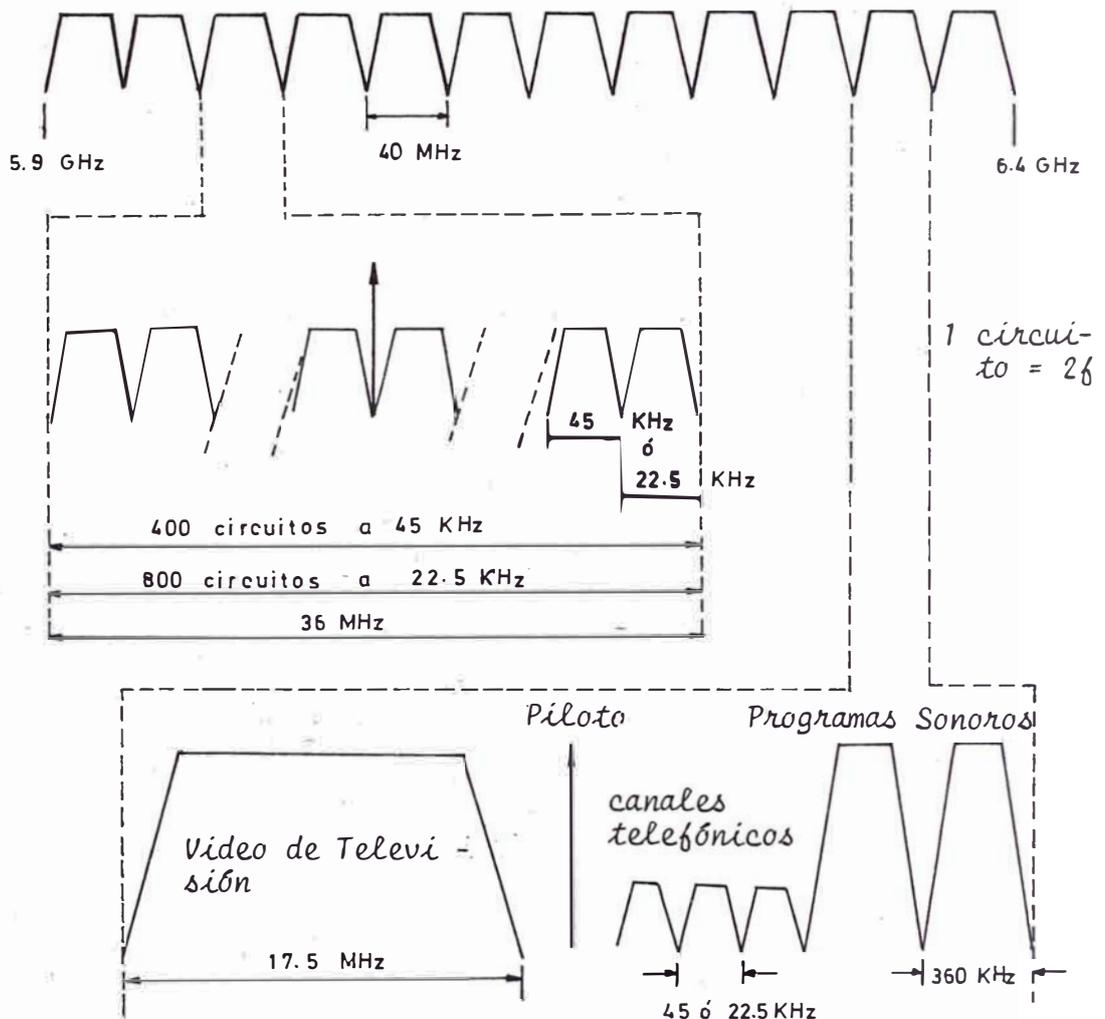


Fig.No. 1.16 Distribución espectral en SCPC

1.12 Vatos del Satellite

Los dueños de los consorcios proporcionan a los usuarios suficiente información técnica sobre las características de los satélites, especialmente en lo que concierne a las especificaciones para los enlaces, tal como se puede apreciar en la tabla No. 11.2

Tabla No. 11.2

Especificaciones de los Satélites INTELSAT V

SYSTEM DESCRIPTION

-- Ownership-	INTELSAT, a Multinational Consortium
-- ITU Service-	Fixed Satellite
-- Services Provided-	International Telephone, Television, Teletype and Data
-- Date of First Operation-	1980
-- Number of Satellites-	9 Total: 5 in orbit, 4 under construction by Ford Aerospace
-- Coverage Area-	Global

SPACECRAFT LAUNCH AND ORBIT DATA

		INTELSAT V								
		Geostationary								
-- Spacecraft Designation-		F-1	F-3	F-4	F-5	F-6	F-7	F-8	F-9	
-- Orbit Type-							Undecided			
-- Spacecraft No-	F-2									
-- Longitude-	325.7 E	60 E	335.5 E	332.5 E	63 E					
-- Launch Date-	Dec 1980	May 1981	Dec 1981	Mar 1982	Sept 1982	Mar 1983	Aug 1983	Nov 1983	Jan 1984	
						Planned				
-- Launch Vehicle-	* AC	AC	AC	AC	AC	AC	A	A	AC,A	
-- Stabilization-				3-Axis						
-- Satellite Mass, kg-				1870 at launch; 1020 in orbit						
-- Primary Power, W-				1800 BOL; 1300 EOL (est.)						
-- Design Life, yrs-				7						

SPACECRAFT COMMUNICATIONS SUBSYSTEM DATA

-- Coverage-	Global	Hemi-spheric	Zonal	Spot
-- EIRP, dBW-	23.5 & 26.5	26 & 29	29	41.4 East & 44.4 West
-- G/T, dB/K-	-18.6	-11.6	-8.6	0.0 East & 3.3 West
-- Single Carrier Saturation Flux Density, dBW/sq.m-	-75*** & -72***	-75*** & -72***	-72***	-77*** East & -80.3*** West
-- Number of Transponders-	5 max	5 max per beam	5 max per beam	3 per beam
-- Transponder B.W., MHz-****	36,41 & 72	36,72 & 77	72 & 77	72,77 & 241
-- Frequency Band, Receive, GHz-	5.925-6.425	5.925-6.425	5.925-6.425	14.0-14.5
Transmit, GHz-	3.70-4.20	3.70-4.20	3.70-4.20	10.95-11.70
-- Transponder Output Amp-	TWTA	TWTA	TWTA	10-W TWTA
-- Polarization-	Circular	Circular	Circular	Linear
-- Number of Antenna Beams, Transmit-	1	2	2	2 (E&W)
Receive-	1	2	2	2 (E&W)

De las especificaciones mostradas, hay dos que son decisivas en un enlace : La PIRE (E.I.R.P.) y la densidad de flujo a saturación.

### 1.12.1. PIRE

La potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE) se define como :

$$P.I.R.E. = P \times G$$

donde : P es la potencia de transmisión  
G es la ganancia de la antena

La PIRE traduce la potencia que sería necesaria entregar a un sistema radiante isotrópico para que éste produzca una radiación equivalente en una dirección dada. Generalmente, la PIRE se expresa en dBw ( $10 \log P \times G$ ).

En el sector terreno se habla de la PIRE, de la estación terrena y en el sector espacial de la PIRE del satélite.

### 1.12.2. Densidad de Flujo de Potencia " $\Phi$ "

La densidad de flujo de potencia está dada por la relación :

$$\Phi = \frac{P.I.R.E.}{4\pi d^2} \quad La \quad (W/m^2)$$

donde : d : es la distancia estación terrena satélite (m).  
La : es el factor de atenuación atmosférica ( $\approx 1$ ).  
 $4\pi d^2$  : es el área de la superficie de una esfera de radio d (m).

La densidad de flujo de potencia en el satélite se obtiene a partir de la PIRE de la estación terrena.

La densidad de flujo de potencia  $\Phi$  se calcula como si la P.I.R.E. estuviese uniformemente distribuida en toda la superficie de la esfera de radio d ( $4\pi d^2$ ).

$\Phi$  se expresa, generalmente en dBw/m<sup>2</sup>

$$\Phi \text{ (dBw/m}^2\text{)} \approx PIRE \text{ (dBw)} - 10 \log (4\pi d^2)$$

#### Ejemplo:

Calcular la P.I.R.E máxima de la E.T a instalarse en Lima si se va a acceder a un satélite INTELSAT V-A en cobertura Hemisférica.

satélite  $\psi$  : -75 dBW/m<sup>2</sup>  
Posición orbital : 332.5° E ( 27.5° O)  
Longitud E.T. : 77° O  
Latitud E.T. : 12° S

Solución :

$d = 37,000$  Km ( a partir del ábaco)

$$\begin{aligned} \text{PIRE ( dBw)} &= \psi \text{ (dBw/m}^2\text{)} + 10 \log (4\pi d^2) \\ &= -75 + 10 \log [4\pi ( 37.6 \times 10^6 )^2] \\ &= -75 + 162.5 \\ &= 87.5 \text{ dBW} \end{aligned}$$

$$\text{PIRE E.T.} = 87.5 \text{ dBW}$$

- OTRAS CARACTERISTICAS

- No. de transpondedores = 27 con BW = 36 a 241 MHz  
- Coberturas :

- Global (1)
- Hemisféricas ( 2) Este, Oeste
- Zonales ( 2) 1 y 2

- Antenas :

- Un reflector OH a 14/11 GHz
- Un reflector EH a 14/11 GHz
- Un reflector 1.5 Mt.Ø EH +OH +Z<sub>1</sub> + Z<sub>2</sub>
- Un reflector 2.5 Mt.Ø " " "1 "2

- G/T :

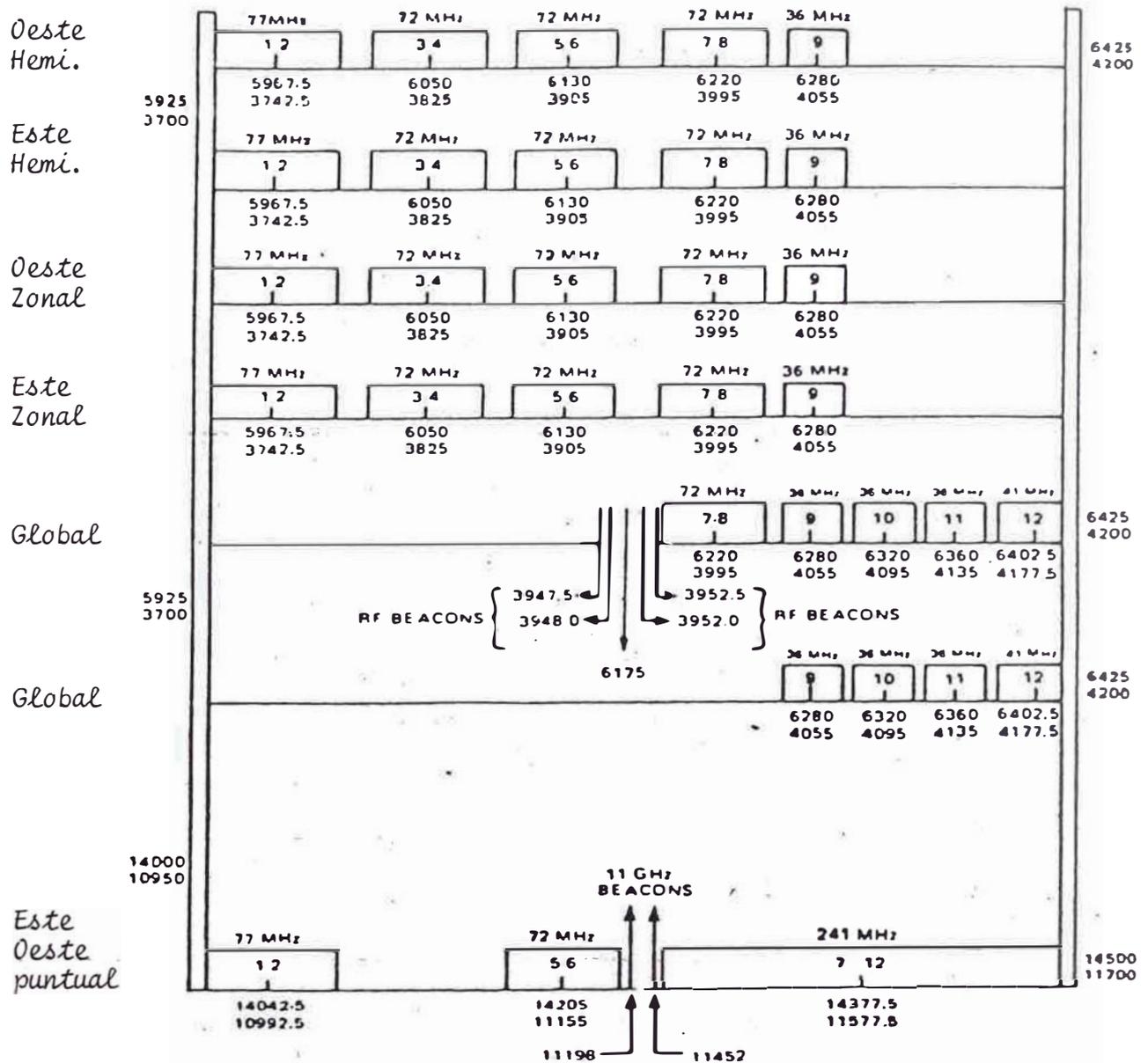
a 6 GHz : - 18.6 dB/°K .....Cob. Global  
          - 11.6 dB/°K .....Cob. Hemisférica  
          - 8.6 dB/°K .....Cob. Zonal

a 14 GHz : - 0.0 dB/°K .....Cob. Este  
          - 3.3 dB/°K .....Cob. Oeste

1.13 Plan de Frecuencias

En el cuadro No. II.3 se puede apreciar el plan de frecuencias de la carga útil del satélite INTELSAT V-A.

Se observan las frecuencias de los diferentes transpondedores para cada cobertura y banda de trabajo.



Cuadro No.11.3 INTEL SAT V-A Transponder Frequency Plan

1.14 Enlaces

Para que un enlace de telecomunicaciones por satélite pueda considerarse completo, se debe tener en cuenta tres fases importantes, a saber:

- a) Trayectoria ascendente o up link (estación terrena de transmisión - satélite)
- b) Tránsito por el satélite
- c) Trayectoria descendente o down link (satélite- estación terrena de recepción)

#### 1.14.1. Especificaciones Intrínsecas del Satélite

Estas especificaciones son esencialmente :

- a). El tipo de cobertura : Global, hemisférica, etc.
- b). La PIRE de saturación.
- c). La curva de respuesta del TOP (Pot. de salida/ pot. de entrada).
- d). La densidad de flujo a saturación en la entrada del satélite.
- e). La sensibilidad o factor de mérito G/T del satélite.
- f). La contribución del satélite en la degradación de la señal debido a la intermodulación.

#### 1.14.2. Características Específicas de las Estaciones Terrenas

Estas características son dos :

##### a). Características Geográficas

La posición geográfica (ubicación) de las estaciones terrenas con el globo terrestre en relación a la posición orbital del satélite en la órbita geoestacionaria, determina de manera definitiva las dos distancias, estación terrena/satélite y también las pérdidas de propagación por espacio libre.

##### b). Características Radioeléctricas

Estas son esencialmente :

- Para la estación terrena de emisión

La PIRE que implica el compromiso entre: las performances de la antena (diámetros, ganancia, etc) y la potencia del amplificador.

- Para la estación terrena de recepción

La sensibilidad G/T, que implica también un compromiso entre : Las performances de la antena (ganancia en recepción, temperatura de ruido) y las performances del LNA (temperatura de ruido).

### 1.14.3. Procedimiento a Seguir en los Cálculos de Enlace

De una manera general, los cálculos de enlaces en telecomunicaciones pueden desarrollarse de la siguiente forma :

#### a). Cálculo del Angulo de Elevación

Bajo el cual cada estación ve al satélite.  
Este ángulo resulta de un cálculo simple de trigonometría esférica, haciendo intervenir las coordenadas geográficas :

- Longitud y latitud de las estaciones terrenas, y
- La posición orbital (longitud) del satélite

En el caso que nos ocupa, se puede calcular el ángulo de elevación sea con la fórmula, sea con el ábaco.

. Estación terrena de transmisión (Lima)

Longitud :  $77^{\circ} 0'$   
Latitud :  $12^{\circ} S$

. Satélite Intelsat V.A (uso nacional)

Longitud :  $332.5^{\circ} E = 27.5^{\circ} 0'$

. Estación terrena de recepción (Tacna)

Longitud :  $70^{\circ} 14' 04'' 0$   
Latitud :  $18^{\circ} 00' 26'' S$

Con estos datos encontramos los siguientes ángulos de elevación :

- . Estación terrena transmisora (Lima) =  $32^{\circ}$
- . Estación terrena receptora (Tacna) =  $37^{\circ}$

#### b). Cálculo de la Ventaja Geográfica

Esta noción depende del tipo de satélite utilizado. En el caso de la red Intelsat, las especificaciones intrínsecas del satélite definidos en los contornos de las zonas de cobertura corresponde a un ángulo de elevación de  $10^{\circ}$ .

La ventaja geográfica depende entonces del tipo de cobertura y de la banda de frecuencia que se utiliza.

En la banda de los 6/4 GHz. Para los satélites Intelsat tenemos :

Ventaja Geográfica

0.06 (EL-10°), en dB, cobertura global y/o spot.

0.02 (EL-10°), en dB, cobertura hemisférica y zonal.

En el caso que nos ocupa, la ventaja geográfica (v.g) será :

$$\text{Up-link v.g.} = 0.02 (32-10^\circ) = 0.5 \text{ dB}$$

$$\text{down-link v.g.} = 0.02 (37-10^\circ) = 0.5 \text{ dB}$$

c). Cálculo del Enlace Descendente

Este capítulo requiere la estimación previa de la sensibilidad de la estación terrena y del conocimiento del punto de funcionamiento del satélite (back-off de salida).

Esta estación podrá ajustarse, luego del cálculo en una segunda fase de optimización.

Este cálculo conduce a una relación entre la potencia de la portadora y el nivel de ruido (C/N<sub>0</sub>), en el enlace descendente en una banda de 1Hz.

La Fig. No. 1.17. muestra el esquema del enlace descendente satélite-estación terrena de recepción, a partir del cual obtendremos la relación C/N<sub>0</sub>.

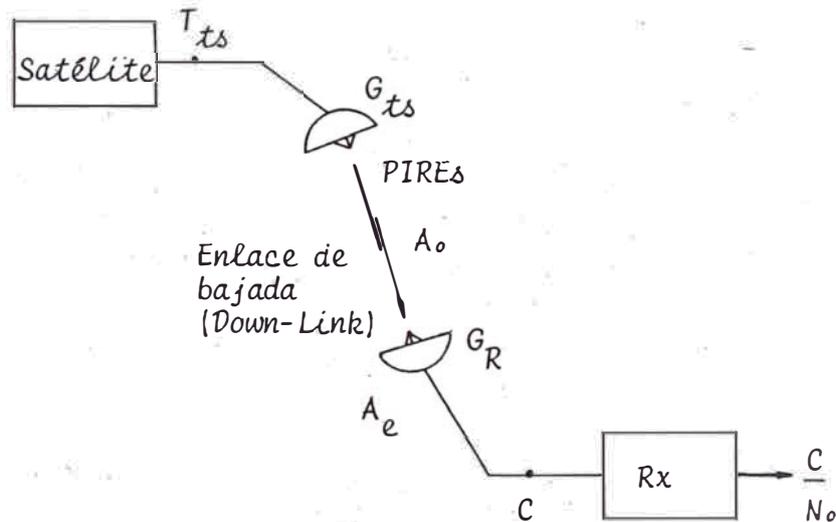


Fig. No. 1.17 Diagrama de base para el cálculo de C/N<sub>0</sub> del Down link.

En la figura se tiene:

- PIRES : Pire del satélite a saturación Back Off de salida
- $A_o$  : Pérdidas de propagación en espacio libre.
- $G_R$  : Ganancia de la antena de la estación terrena de Recepción.
- $A_e$  : Area efectiva de la antena receptora.
- $C$  : Potencia de la portadora recibida.

Si el satélite transmite una PIRE dada, a la distancia  $d$ , la portadora  $C$  llega con una potencia

$$C = \text{PIRES} \times \frac{G_R}{A_o} \dots\dots\dots (1)$$

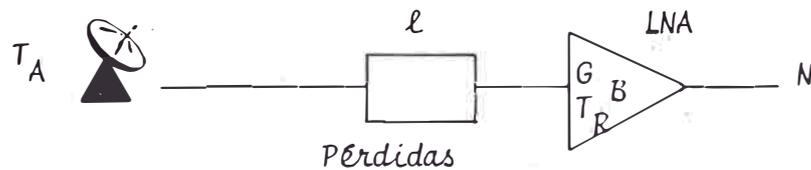
donde :

$$A_o = \left( \frac{4\pi d^2}{\lambda} \right) \dots\dots\dots (2)$$

(2) en (1)

$$C = \frac{\text{PIRES}}{(4\pi d)^2} \cdot G_R \cdot \lambda^2 \dots\dots\dots (3)$$

De otro lado, en la estación terrena de recepción se tiene:



$$N = K T_g B \dots\dots\dots, (4)$$

donde:

$$T_g = \frac{T_A}{l} + T_o \left( 1 - \frac{1}{l} \right) + T_R$$

para  $B = 1$  Hz obtendremos  $N_o = K T_g \dots\dots (5)$

$$(3) : (5)$$

$$\frac{C}{N_o} \text{ down-link} = \frac{\text{PIRES}}{(4\pi d)^2} \cdot \frac{G_R}{K \cdot T_g} \cdot \lambda^2 \dots\dots (6)$$

Sensibilidad de la estación terrena

Expresamos en función de la frecuencia

$$\frac{C}{N_o d} = \frac{\text{PIRES}}{(4\pi d)^2} \cdot \frac{1}{K} \cdot \frac{G_R}{T_g} \left( \frac{3 \times 10^3}{f(\text{Hz})} \right)^2 \dots\dots (7)$$

Expresamos (7), la distancia d en Km y la frecuencia f en GHz

$$\frac{C}{N_o} d = \frac{\text{PIRES}}{(4\pi \cdot 10^3 (\text{Km}))^2} \cdot \frac{1}{K} \cdot \frac{G_R}{T_g} \left( \frac{3 \times 10^8}{10^9 f(\text{GHz})} \right)^2$$

Simplificando

$$\frac{C}{N_o} d = \frac{\text{PIRES}}{16\pi^2 d^2 (\text{Km}) \cdot 10^6} \cdot \frac{1}{K} \cdot \frac{G_R}{T_g} \left( \frac{9}{100 f^2 (\text{GHz})} \right)$$

$$\frac{C}{N_o} d = \frac{\text{PIRES}}{\frac{16}{9} (\pi^2 \cdot 10^8)} \cdot \frac{1}{d^2 (\text{Km})} \cdot \frac{1}{K} \cdot \frac{G_R}{T_g} \cdot \frac{1}{f^2 (\text{GHz})} \dots\dots (8)$$

Expresamos (8) en dB

$$\frac{C}{N_o} \text{ dB} = \text{PIRES (dBW)} - 10 \text{ Log} \left( \frac{16 \pi^2 \cdot 10^8}{9} \right) - 10 \text{ Log } K +$$

$$\left( \frac{G_R}{T_g} \right) \text{ dB} - 10 \text{ Log } f^2 (\text{GHz}) - 10 \text{ Log } d^2 (\text{Km})$$

$$\frac{C}{N_o} \text{ dB} = \text{PIRES (dBW)} - 92.45 \text{ dB} - 20 \text{ Log } d (\text{Km})$$

$$(- 228.6) + \left( \frac{G_R}{T_g} \right) \text{ dB} - 20 \text{ Log } f (\text{GHz})$$

$$\frac{C}{N_o} \text{ dB} = \text{PIRES (dBW)} + 136.15 - 20 \text{ Log } d (\text{Km}) +$$

$$\left( \frac{G_R}{T_g} \right) \text{ dB} - 20 \text{ Log } f (\text{GHz})$$

En nuestro caso:

$$\frac{C}{N_o \text{ down}} = 26 + 136.15 - 20 \log (38,016) + (G_R/T_g) - 20 \log (3.825)$$

$$= 26 + 136.15 - 91.6 + (G_R/T_g) \text{ dB} - 11.65$$

$$\frac{C}{N_o \text{ down}} = 58.97 + (G_R/T_g) \text{ dB}$$

Asumiendo una estación Standard B,  $G/T = 31.7 \text{ dB/}^\circ\text{K}$

$$\frac{C}{N_o \text{ down}} = 90.6 \text{ dB Hz}$$

Para un ángulo de elevación de  $37^\circ$  se tiene una ventaja geográfica de  $0.5 \text{ dB}$

$$\frac{C}{N_o \text{ down}} = 90.6 \text{ dB Hz} + 0.5 \text{ dB}$$

$$\frac{C}{N_o \text{ down}} = 91.1 \text{ dB Hz}$$

d). Cálculo de la contribución del Satélite en Intermodulación

Esta contribución en general, no es conocida. Una hipótesis pesimista consiste en admitir que el conjunto de portadoras que transitan por el satélite crean un nivel parásito de intermodulación, pudiendo llegar al límite admitido por las especificaciones de Intelsat, es decir

40 dBW en toda la banda de 4 KHz

por Hz de banda tendremos:

$$I_{os} = 10 \log \frac{10^{-4}}{4 \times 10^3} = -76 \text{ dBW / Hz}$$

donde  $I_o$  es la densidad de los productos de intermodulación en el satélite.

Por tanto:

La contribución del satélite en intermodulación se expresa por:

$$\frac{C}{N_o I_o} = \text{PIRES (dB)} - I_{os} \text{ (dBw / Hz)}$$

En nuestro caso :

$$\frac{C}{N_o I_o} = 26 - (-76) = 102 \text{ dB Hz}$$

$$\frac{C}{N_o I_o} = 102 \text{ dB. Hz}$$

e). Cálculo del enlace Ascendente

Este cálculo resulta de la elección del punto de funcionamiento en el cálculo de enlace descendente

$$\frac{C}{N_o} \Big|_{up} = \frac{\text{PIRE E.T}}{4\pi d^2} \cdot \frac{1}{\frac{400\pi}{9}} \cdot \frac{1}{K} \cdot \left( \frac{G_{RS}}{T_{gs}} \right)$$

En dB:

$$\frac{C}{N_o} \Big|_{up} = \psi_{sat} \text{ (dBw/m}^2\text{)} - B.O_{in} \text{ (dB)} - \log \left( \frac{400\pi}{9} \right) - 10 \log K +$$

$$\left( \frac{G_{RS}}{T_{gs}} \right)$$

$$\frac{C}{N_o} \Big|_{up} = \psi_{sat} - B.O_{in} - 21.5 + 228.6 +$$

$$\left( \frac{G_{RS}}{T_{gs}} \right)$$

$$\frac{C}{N_o} \Big|_{up} = \psi_{sat} - B.O_{in} - 207.1 + \left( \frac{G_{RS}}{T_{gs}} \right)$$

En nuestro caso :  $\psi_{sat} - B.O_{in} = -75 - 8 = -83$

$$\frac{C}{N_o} \Big|_{up} = -75 - 3 + 207.1 - 11.6$$

$$\frac{C}{N_o} \Big|_{up} = 112.5 \text{ dB Hz}$$

f). Cálculo del Enlace Total

$$\frac{C}{N_o} \Big|_T = \frac{1}{\frac{1}{\frac{C}{N_o} \Big|_{down}} + \frac{1}{\frac{C}{N_o} \Big|_{I_o}} + \frac{1}{\frac{C}{N_o} \Big|_{up}}}$$

En nuestro ejemplo:

$$\frac{C}{N_o} \Big|_T = \frac{1}{\frac{1}{1.288 \times 10^9} + \frac{1}{15.8 \times 10^9} + \frac{1}{177.8 \times 10^9}}$$

$$\frac{C}{N_o} \Big|_T = 1.182299 \times 10^9$$

$$= 90.7 \text{ dB Hz.}$$

$$\frac{C}{N_o \text{ Total}} = 90.7 \text{ dB.Hz.}$$

g). Cálculo de la relación C/N

$$\frac{C}{N} = \left( \frac{C}{N_o} \right)_{\text{Global}} - B_{FI}$$

Donde :  $B_{FI}$  = La banda FI efectiva (dB)

$\frac{C}{N}$  = Relación potencia de portadora a potencia de ruido en la banda de recepción (dB)

En nuestro ejemplo, supongamos la utilización de 1/2 transponder  $B_{IF} = 15.75 \text{ MHz}$

$$\frac{C}{N} = 90.7 - 3 - 10 \log [15.75 \times 10^6] = 87.7 - 71.98$$

$$\frac{C}{N} = 15.7 \text{ dB}$$

La demodulación de la señal de video será posible con un demodulador clásico.

h). Cálculo del Grado de Calidad

La calidad de enlace está definida por la relación potencia de señal/potencia de ruido (S/N), en la banda efectiva del demodulador utilizando ( $=B_{FI}$ )

La relación potencia de señal a potencia de ruido (S/N) de una señal de video en FM (FDM o SCPC), se expresa por la siguiente relación :

$$\frac{S}{N}_{\text{video}} = \frac{C}{N} \text{ (dB)} + 10 \text{ Log } 3 \left( \frac{\Delta f}{f_m} \right)^2 + 10 \text{ Log } \left( \frac{B_{IF}}{2f_m} \right) + W + C_F \dots (1)$$

Esta relación también se conoce como (S/N) de luminancia y es el nivel esperado en la salida del demodulador.

En la relación (1) , además de C/N total del enlace encontramos :

h.1.  $\Delta f$

Excursión de frecuencia pico a pico debido a la señal de video con preénfasis (dado por el CCIR, 5506<sup>(1)</sup>, fabricante).

En toda modulación de frecuencia, las señales modulantes se pasan por un filtro llamado de preénfasis, dando lugar a una excursión de frecuencia que depende :

- Del número de líneas (525 ó 625)
- Del ancho de banda ocupado en el transpondedor satélite
- Del satélite

Todos los filtros de preénfasis tienen una impedancia de entrada y de salida de  $75 \Omega$ .

En el Cuadro No. II.4. se muestran algunos valores típicos de  $\Delta f$  para los satélites Intelsat V.

BW Transponder ( MHz )	# Líneas	$\Delta f$ (MHz)
17.5 (1/2)	625	4.22
17.5 (1/2)	525	4.74
20.0 ( 1 )	625	5.35
20.0 ( 1 )	525	6.64
36.0 ( 1 )	525	8.85

Cuadro No. II.4 Excursiones de frecuencias Típicas

h.1  $F_m$

El valor de la frecuencia más alta que se debe transmitir en banda base para obtener una calidad de imagen aceptable . El valor depende del sistema.

En el cuadro No. II.5 se resume los principales valores de  $F_m$ .

Sistema	525L 60Hz	CCIR 625L 50 Hz	$f_r$ 625L 50 Hz	$F_r$ 819L 50 Hz	G.B. 405L/50
$f_m$ (MHz)	4.2	5	6	10.4	3

Cuadro No. II.5 Frecuencia más alta de video en banda base

h.3  $B_{FI}$

Banda de frecuencia ocupada en el transpondedor del satélite

h.4  $W$

Factor de ponderación (incluye pre-énfasis) depende del sistema de TV .De acuerdo a las recomendaciones del CCIR tenemos:

Para 525 L ,  $W = 12.8$  dB

Para 625 L ,  $W = 18.1$  dB

h. 5. C.F.

Factor de conversión "RMS a pico a pico" de la señal de luminancia.

$$CF = 6 \text{ dB}$$

Ejemplo : En nuestro caso tendremos

$$\frac{S}{N} = 15.7 + \text{Log } 3 \left( \frac{4.74}{4.2} \right)^2 + 10 \text{ Log } \frac{(15.75)}{8.4} + 12.8 + 6$$

$$= 43 \text{ dB}$$

$$\frac{S}{N} \text{ video} = 43 \text{ dB.}$$

Para T.V. a nivel nacional, 43 dB es un valor aceptable. Si el audio se transmite como sub-portadora en FM, no habría ningún inconveniente al demodulador, ya que el nivel de umbral se encuentra a unos 6 dB por debajo (9.7), lo que se puede demodular sin problema.

1.14.4. Transmisión del Audio, Programas de Radiodifusión y/o tele-  
fonía por SCPC/FM

Si se dispone de un transpondedor completo es conveniente transmitir el audio en canales SCPC, de modo de utilizar una antena de menor diámetro en la recepción, así como el uso de demoduladores a umbral extendido para la señal de video que transmitiría utilizando 1/2 transpondedor.

En el presente párrafo se ilustra la metodología a seguir para determinar el grado de calidad que se obtendría el utilizar el sistema SCPC.

En el sistema SCPC/FM, la relación S/N viene dada por la relación.

$$\frac{S}{N} = \frac{C}{N} + 10 \text{ Log } 3 \frac{(\Delta f)^2}{f_m} + 10 \text{ Log } + \left( \frac{B}{2 f_m} \right) + W + C.$$

donde :  $W =$  Factor de ponderación + énfasis

$C =$  Factor de compresión

Para un canal de Audio

$$B_{IF} = 315 \text{ KHz}$$

$$W = 7 \text{ dB}$$

$$C = 17 \text{ dB}$$

$$\Delta f = 18.9 \text{ KHz}$$

$$f_m = 15 \text{ KHz}$$

Para un canal telefónico

$$B_{IF} = 22.5 \text{ KHz}$$

$$f_m = 3.4 \text{ KHz}$$

$$\Delta f = 7.3 \text{ KHz}$$

$$C = 16 \text{ dB}$$

$$W = 7 \text{ dB}$$

En nuestro ejemplo, para un canal de audio

$$\frac{S}{N} = 9.7 + 10 \log 3 \left( \frac{18.9}{15} \right)^2 + 10 \log \left( \frac{315}{30} \right) + 7 + 17$$

$$= 50.7 \text{ dB}$$

$$\frac{S}{N} \text{ audio} = 50.7 \text{ dB}$$

### Optimización del Enlace

Según se obtenga el valor para C/N ó S/N a veces es necesario optimizar el enlace. La optimización muy a menudo conducirá a modificar el punto de funcionamiento del satélite o el factor de mérito ó sensibilidad G/T de la estación terrena de recepción.

Es necesario rehacer los cálculos hasta obtener el grado de calidad deseado.

#### 1.14.6. Cálculo de las Características de la Estación Terrena de Emisión

El punto de funcionamiento del satélite implica el valor del flujo en la entrada del satélite. Conociendo el valor del flujo a saturación y el punto de operación (B.O. de entradas) así como, la ventaja geográfica de la estación terrena de emisión, se puede calcular la PIRE de la estación.

Por tanto, la potencia a aplicar a la antena y el dimensionamiento del amplificador.

$$\begin{aligned} \text{PIRE} &= \mu_{\text{sat}} - \text{B.O.}_{\text{in}} \quad \text{V.g} + 10 \text{ Log} (4\pi d^2) \\ &= -75 - 3 - 0.5 + 162.5 = 84 \text{ dBw} \end{aligned}$$

$$P_{\text{TX}} (\text{G}) = 84 \text{ dBw}$$

$$P_{\text{TX}} = 84 \text{ dBw} - 54 \text{ dB} = 30 \text{ dBw}$$

$$P_{\text{TX}} = 10^{3.0} \text{ W}$$

$$P_{\text{TX}} = 1,000 \text{ W}$$

$$P_{\text{TX}} = \text{Kw}$$

La que se obtiene fácilmente con el tubo Klystron

## 2. Sistema Convencional de Televisión

Para llevar a cabo la implementación de una red de televisión, se debe tener en cuenta el plan de ubicación de las estaciones de tv., de acuerdo, a requerimientos de cobertura, enlaces, ventajas geográficas, vías de acceso, fuentes de energía.

Son parámetros suficientes de juicio para discernir por la alternativa técnico-económica más ventajosa. Así como las facilidades posteriores para mantenimiento y seguridad de las estaciones.

### 2.1. Selección del Punto de Transmisión y/o Retransmisión

Se siguen dos procesos :

#### 2.1.1. Estudio del Gabinete

Esta parte del proyecto es muy importante porque implica la recopilación de información cartográfica de toda la zona, en este caso, con la ayuda de las cartas topográficas del Instituto Geográfico Nacional en escala 1 : 100,000 ó con cartas del catastro rural editadas por el Ministerio de Agricultura en escalas 1 : 25,000 y 1 : 10,000.

También nos ayudamos de los mapas viales editados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Habiendo reunido toda esta información se procede a buscar la ubicación de los puntos sobre las cartas teniendo en cuenta la máxima cobertura, futura expansión y facilidades geográficas.

### 2.1.2 Estudio de Campo

Después de efectuados los estudios de gabinete se viaja a la zona para hacer un reconocimiento real del terreno y hacer mediciones de propagación en VHF con ayuda de equipos de medición de nivel de intensidad de campo, así como con un transmisor de baja potencia y bajo consumo con antena de ganancia Cero, receptor de televisión a batería, etc.

Se determina el punto óptimo de transmisión, teniendo en cuenta, si el terreno elegido es zona libre, o en su defecto, para hacer la gestión de adjudicación, compra y/o alquiler.

Se verifica el acceso para el transporte de materiales, existencia de energía en el lugar o en las cercanías o de otro modo, estudiar las condiciones climáticas (irradiación solar • viento) para elegir un sistema de energía no convencional adecuado.

También como resultado se define la altura de torre para la máxima cobertura y la línea de vista para los enlaces.

Como podemos apreciar para el desarrollo de un buen proyecto es importante contar con buena información inicial y verificación correspondiente para la elección definitiva de la alternativa técnico-económico más idónea.

## 2.2 Plan de Frecuencias para la zona

Las frecuencias a ser usadas están dentro de la banda VHF de 30 a 300 MHz y en la banda UHF de 300 a 3,000 MHz teniendo cada estación difusora un ancho de banda de 6 MHz para la transmisión de la señal de imagen de modulación en amplitud y la señal de sonido de frecuencia modulada.

La tabla No. II .6 . muestra la relación de los canales y frecuencias asignadas por la FCC (comisión Federal de Comunicaciones )

TABLA No. II.6.

No. Canal	Banda de frecuencia MHz	
1	No usado	BI
2	54 - 60	
3	60 - 66	
4	66 - 72	
5	76 - 82	BII
6	82 - 88	
Banda de FM	88 - 108	
7	174 - 180	BIII
8	180 - 186	
9	186 - 192	
10	192 - 198	
11	198 - 204	
12	204 - 210	
13	210 - 216	
14 - 69	470 - 806	BIV
* 70 - 89		

(\*) La banda de 806 a 890 MHz recomendación del CCIR, se usa para enlaces radioeléctricos en el servicio de radiodifusión por televisión.

Se da una subdivisión de frecuencias en BI, BII, BIII BIV y BV que es muy utilizado por los fabricantes de equipos y antenas.

2.3. Distancia Mínima Requerida Entre Dos Estaciones de Televisión en la Zona

Desde que existe la posibilidad de expansión de otras redes de televisión en la misma zona, se debe tener en cuenta la elección de los canales apropiados para evitar la interferencia entre ellas.

Se presentan dos casos de estaciones. Estaciones de coocanal que utilizan el mismo canal y, las estaciones adyacentes que utilizan canales adyacentes. El cuadro No. II.7 corresponde a la carta de interferencias.

CUADRO No. II.7

CH	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2		A B1	B2			D						
3	A B1			B3			D	D	D			
4		A B1		A B1 B2	B3					D	D	D
5		B3	A B2		A B1							
6			B3	A B1		C						
7							A B1	B2	B3			
8						A B1		A B1	B2	B3		
9						B2	A B1		A B1	B2	B3	
10						B3	B2	A B1		A B1	B2	B3
11							B3	B2	A B1		A B1	B2
12								B3	B2	A B1		A B1
13									B3	B2	A B1	

donde :

- A : Canal adyacente
- B<sub>1</sub> : 1er. Batimiento entre portadoras ( $\pm 4.5 \text{ MHz}$ )
- B<sub>2</sub> : 2do. Batimiento entre portadoras ( $\pm 9.0 \text{ MHz}$ )

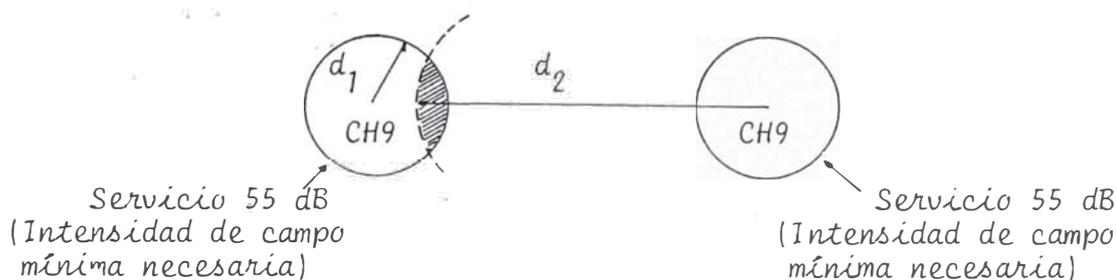
- $B_3$  : 3er. Batimiento entre portadoras ( $\pm 13 \text{ MHz}$ )  
 $C$  : 2da. armónica  
 $D$  : 3ra. armónica

2.3.1. Estaciones de Televisión en el mismo Canal (cocanal)

Se debe tener en cuenta que: la relación señal deseada (D) y la no deseada (U) sea :

$$\frac{D}{U} > 50 \text{ dB} \quad \text{en retransmisoras}$$

$$\frac{D}{U} > 40 \text{ dB} \quad \text{en servicio}$$



$$\frac{D}{U} = 55 - 15 = 40 \text{ dB}$$

Ejemplo :

Asumiendo un terreno plano y una altura de antena  $R_x = 4 \text{ mts.}$

Transmisor deseado (D)

$\text{CH}_9$  , 10 Kw

Ganancia de antena 10 dB

Altura de antena  $T_x$

$$h_1 = 100 \text{ m}$$

Transmisor no deseado (U)

$\text{CH}_9$  , 1 Kw

Ganancia de antena 10 dB

Altura de antena  $T_x$

$$h_1 = 100 \text{ m}$$

1. Cálculo de  $d_1$

$$D = h_1 \sqrt{GP}$$
$$D = 100 \sqrt{10 \times 10 \times 10^3} = 3.2 \times 10^4$$
$$D = 90 \text{ dB}$$

En la curva No. 2.1. con  $D = 90 \text{ dB}$  y  $55 \text{ dB}$  sobre canal alto

$$d_1 = 85 \text{ Km}$$

2. Cálculo de  $d_2$

$$U = h_2 \sqrt{GP}$$
$$U = 100 \sqrt{10 \times 1 \times 10^3} = 10^4$$
$$U = 80 \text{ dB}$$

En la curva No. 2.1 , con  $U = 80 \text{ dB}$  y  $55 \text{ dB}$ , sobre canal alto.

$$d_2 = 125 \text{ Km.}$$

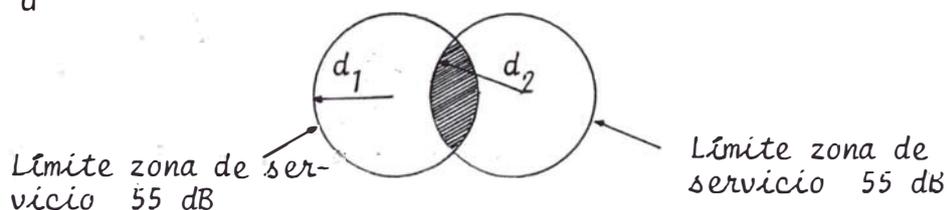
Por tanto, la separación mínima entre transmisores

$$d_{\min} = d_1 + d_2$$

$$d_{\min} = 210 \text{ Km}$$

2.3.2. Estaciones de televisión en canales adyacentes se debe tener en cuenta

$$\frac{D}{U} > 0 \text{ dB}$$



$$\frac{D}{U} = 55 - 55 = 0 \text{ dB}$$

Ejemplo :

Asumiendo un terreno plano y altura de antena  $R_x = 4\text{ m}$

Tx deseado

$$CH_9, 10\text{ Kw}$$

$$G_A = 10\text{ dB}$$

$$h_1 = 100\text{ m}$$

Tx no deseado

$$CH_{10}, 1\text{ Kw}$$

$$G_A = 10\text{ dB}$$

$$h_1 = 10\text{ m}$$

1. Cálculo de  $d_1$

$$D = h_1 \sqrt{G P}$$

$$D = 100 \sqrt{10 \times 10 \times 10^3} = 3.2 \times 10^4$$

$$D = 90\text{ dB}$$

De la curva No. 2.1 , con  $D = 90\text{ dB}$  y  $55\text{ dB}$  sobre canal alto

$$d_1 = 85\text{ Km}$$

2. Cálculo de  $d_2$

$$U = h_1 \sqrt{G P}$$

$$U = 100 \sqrt{10 \cdot 10^3} = 10^4$$

$$U = 80\text{ dB}$$

De la curva No. 2.1 , con  $U = 80\text{ dB}$  y  $55\text{ dB}$ , sobre canal alto

$$d_2 = 50\text{ Km}$$

Se paración mínima entre transmisores

$$d_{\min} = d_1 + d_2$$

$$d_{\min} = 135\text{ Km}$$

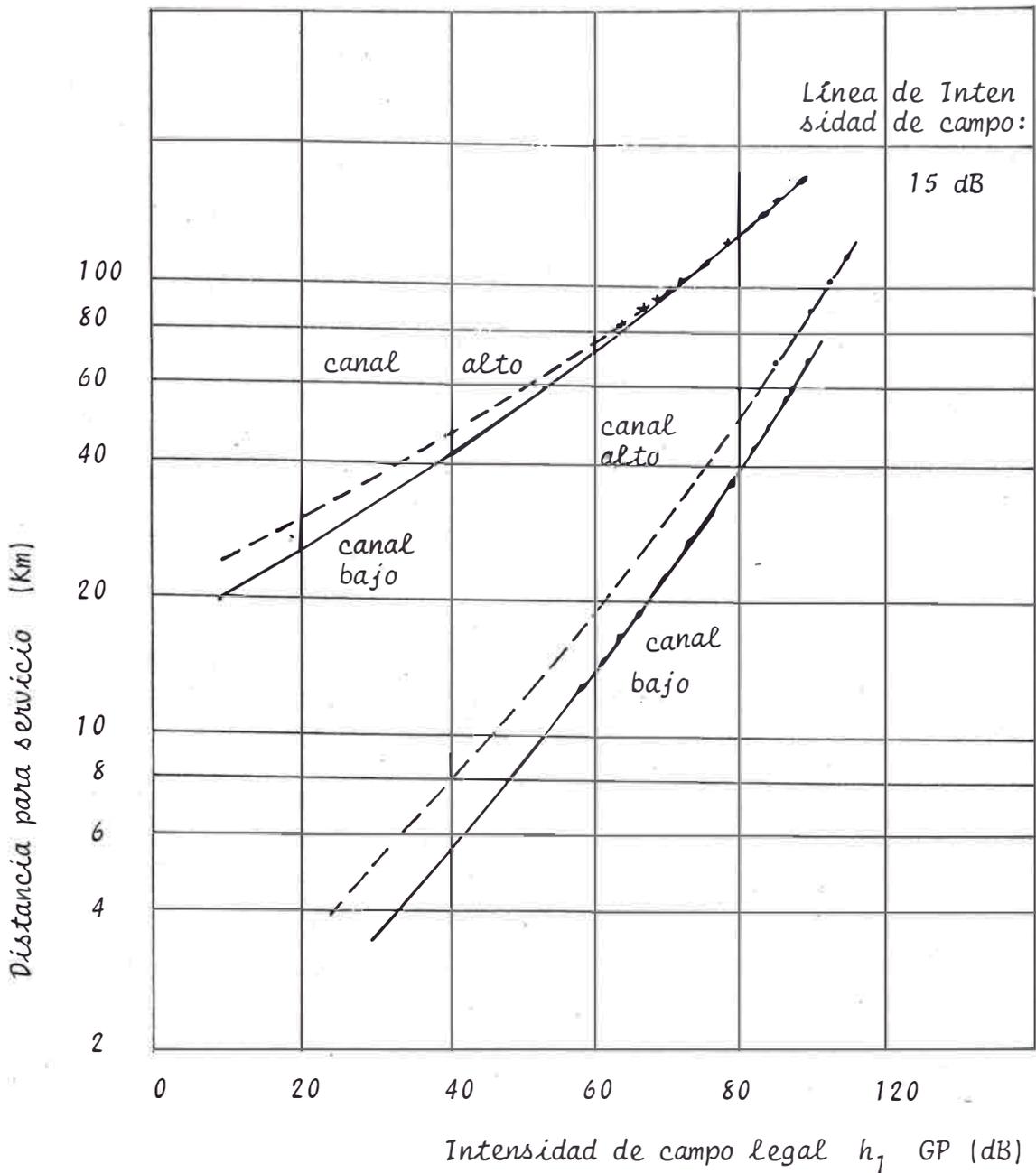


Fig. No. 2.1. Distancia Mínima Requerida para Servicio de Dos Estaciones Repetidoras

#### 2.4. Intensidad de Campo Mínimo Recomendada para el Servicio

Para la elaboración del proyecto nos acogemos a las recomendaciones del CCIR (Comité Consultivo Internacional Regulador). Recomendación 417.2 dice que la intensidad de campo mínima necesario que se debe considerar para el servicio de radiodifusión por televisión es como muestra el cuadro No. II.8. para una altura de antena de 10 mts. sobre la tierra.

TABLA No. II.8

Canal	Zona Rural	Zona Urbana
2 - 6	+ 46 dBu/m	+ 48 dBu/m
7 - 13	+ 49 dBu/m	+ 55 dBu/m
UHF	+ 62 dBu/m	+ 65 dBu/m

Estos datos son siempre y cuando no haya ninguna interferencia de otro canal, ni el ruido artificial, considerando el ruido del receptor, el ruido cósmico, ampliación de la antena y pérdida en los alimentadores.

### 2.5 Calidad de Imagen

En realidad no existe ningun acuerdo internacional sobre los parámetros de determinación de la calidad de imagen, pero si una estimación subjetiva al apreciar un receptor de televisión, y en base a pruebas experimentales sobre la relación S/N, se ha podido establecer la siguiente conclusión que se muestra en la tabla No. II.9

TABLA No. II.9

Nivel de calidad	Nota de la tasación	Normas de la tasación	S/N <u>Video pp</u> Ruido r.m.s	
5	Excelente	Imagen nítida, color estable, no se puede reconocer la interferencia	mas de 47 dB	Límite de Recepción Límite de Tolerancia Límite de resistencia.
4	Bueno	Interferencia pero sin importancia	mas de 43 dB	
3	Regular	Interferencia que molesta, pero no es un impedimento	mas de 40 dB	
		Interferencia que perturba	mas de 36 dB	
1	Incapacitado para la recepción		menos de 30 dB	

## 2.6. Propagación de la Onda Teledifusora

La propagación de la onda en VHF y UHF dentro de la línea de vista depende de la onda directa y reflejada sobre la tierra, y después del horizonte depende de la onda difractada como muestra la fig. No. 2.2.

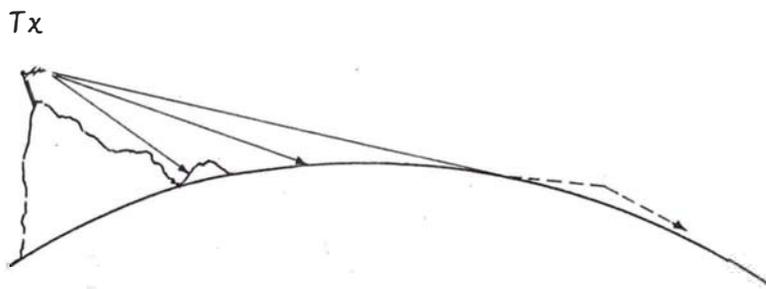
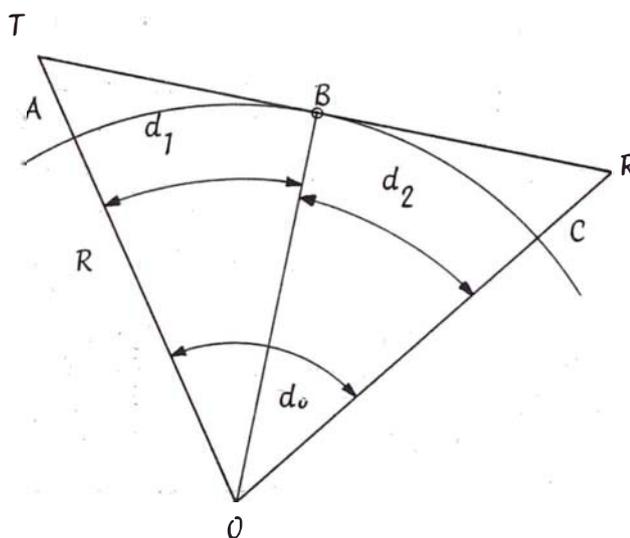


Fig. No. 2.2.

### 2.6.1. Línea de Vista

Desde un punto de transmisión es aquella visual hasta donde la onda se puede propagar sin sufrir el fenómeno de difracción. La línea de vista óptica se puede calcular por la siguiente fórmula deducida de :



$$d_1 = TB = \sqrt{(h_1 + R)^2 - R^2}$$
$$= \sqrt{h_1^2 + 2 R h_1}$$

$$h_1 \ll R$$

$$d_1 \ll R$$

$$d_1 = \sqrt{2 R h_1}$$

$$d_2 = \sqrt{2 R h_2}$$

donde :

$d_1$  = Línea de vista óptica (Km)

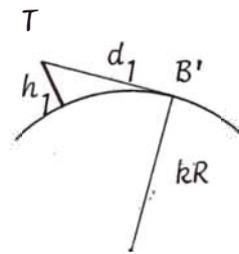
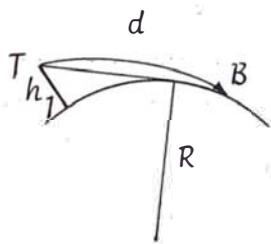
$h_1$  = Altura de la antena de transmisión (m)

$h_2$  = Altura de la antena de recepción (m)

$R$  = Radio del Globo = 6,370 Km

$$\text{entonces : } d_o = d_1 + d_2 = \sqrt{2 R h_1} + \sqrt{2 R h_2}$$

$$d_o = 3.55 ( \sqrt{h_1} + \sqrt{h_2} )$$



A causa de que la onda se adelanta re ractándose hacia abajo, es lo mismo que el semidiámetro de la tierra sea más largo y la onda avanzará directamente.

En este caso denominamos K, proporción del semidiámetro efectivo a la relación entre el semidiámetro hipotético y el real.

entonces :

$$R \rightarrow KR = \frac{4}{3} \times 6370 \text{ km}$$

$$d_1 = n_1 \sqrt{2 KR h_1} = 4.12 \sqrt{h_1}$$

K cambia de acuerdo a las condiciones atmosféricas y meteorológicas y es de 4/3 en condición normal.

a). Cálculo de la 1ra. zona Fresnel

La zona de Fresnel está representada por una elipsoide aplanada, dibujada por los posibles puntos de reflexión de la onda incidente de tal modo, que el recorrido del rayo indirecto es mayor que la del rayo directo por una longitud igual a  $\lambda/2$  ( $\lambda$  = longitud de onda)

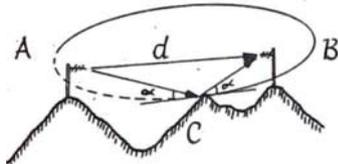


Fig. A.

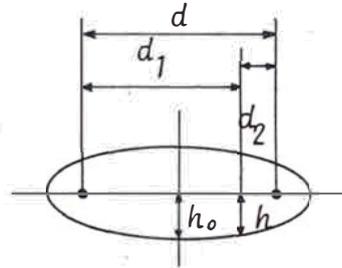


Fig. B.

De la fig. A.

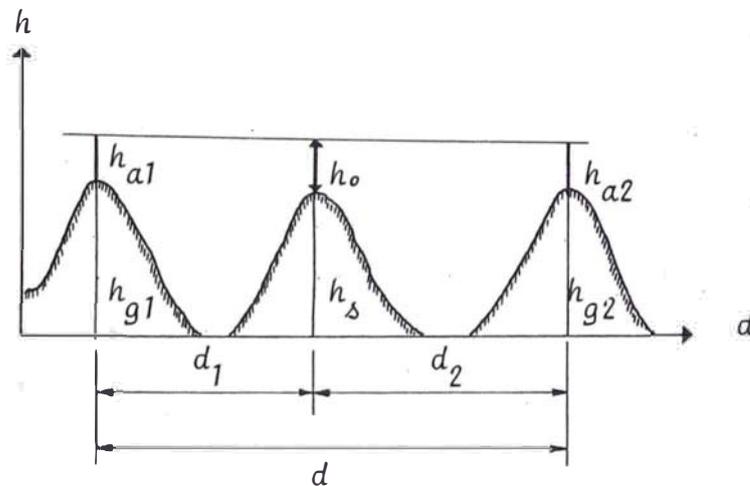
$$AC + CB - AB = \lambda / 2$$

$$h_0 = \frac{1}{2} \sqrt{\lambda \cdot d}$$

En forma general de la Fig. B.

$$h = \sqrt{\frac{d_1 \cdot d_2}{d_1 + d_2} \cdot \lambda}$$

b). Cálculo de la altura de antena  $h_{a1}$  para conseguir claridad en la 1ra. zona de Fresnel.



$$h_{a1} = \frac{d}{d_2} (h_o + h_s) - \frac{d_1}{d_2} (h_o + h_{a2} + 0.0588 d d_1 - h_{g1})$$

donde :

$h_{g1}, h_{g2}$  : Altura de  $T_x$  y  $R_y$  en m.s.n.m.

$h_s$  = altura del obstáculo en ms.n.m. + altura de los árboles. Si pudiera existir

$d_1, d_2 = \text{Km}$

$d = \text{Km}$

### 2.6.2. Intensidad de Campo en el Espacio Libre

Se dá por la siguiente fórmula :

$$F_o = 20 \text{ Lóg} \left[ \frac{7 \sqrt{Gh P} \times 10^3}{d} \right] \text{ dBw/m}$$

donde :

$G_h$  = Ganancia relativa a la antena dB

$P$  = Potencia efectiva irradiada (w)

$d$  = Distancia en el punto de transmisión y recepción (Km)

### 2.6.3. Tipos de Propagación

#### a). Propagación en tierra plana

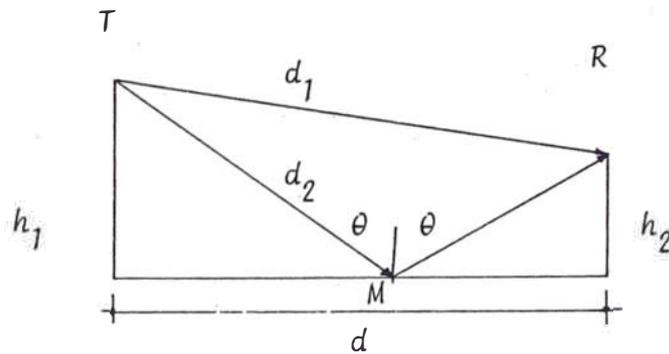


Fig. No. 2.3.

Para un tramo comprendido dentro de 30 Km se considera la superficie de la tierra casi plana.

De la Fig. 2.3. aplicamos pitágoras.

$$d_1 = \sqrt{d^2 + (h_1 - h_2)^2}$$

$$d_2 = \sqrt{d^2 + (h_1 + h_2)^2}$$

$d \gg h_1, h_2$  son muy pequeños en comparación a  $d$

$$d_1 = \sqrt{d^2 \left[ 1 + \frac{(h_1 - h_2)^2}{d^2} \right]} = d \left[ 1 + \frac{1}{2} \frac{(h_1 - h_2)^2}{d^2} \right]$$

$$d_2 = \sqrt{d^2 \left[ 1 + \frac{(h_1 + h_2)^2}{d^2} \right]} = d \left[ 1 + \frac{1}{2} \frac{(h_1 + h_2)^2}{d^2} \right]$$

La diferencia de recorrido :  $d_2 - d_1$

$$d_2 - d_1 = \frac{1}{2d} \left[ (h_1 + h_2)^2 - (h_1 - h_2)^2 \right]$$

$$d_2 - d_1 = \frac{2h_1 h_2}{d} \dots \dots (1)$$

Por lo tanto:

$$E_r = E_o / T / \mathcal{E}^{-j(\varnothing + \theta)}$$

$|T|$  = Valor absoluto del coeficiente de reflexión

$\varnothing$  = Retardo de fase por reflexión ( $\varnothing = \pi = 180^\circ$ )

$\theta$  = Retardo de fase por diferencia recorrida

$$\theta = 2 \pi (d_2 - d_1) \dots\dots (2)$$

de (1) en (2)

$$\theta = \frac{4 \pi h_1 h_2}{\lambda d}$$

Cálculo de la intensidad de campo

$$E = E_o + E_R$$

$$= E_o [ 1 + 1/T / \mathcal{E}^{-j(\varnothing + \theta)} ]$$

$|T| = -1 = 1$  cuando  $\varnothing = \pi$

$$\mathcal{E}^{-j\varnothing} = \mathcal{E}^{-j\pi} = -1 \quad |T| \mathcal{E}^{-j\varnothing} = -1$$

$$E = E_o ( 1 - \mathcal{E}^{-j\theta} )$$

Por la fórmula de Euler

$$E = E_o ( 1 - \cos \theta - j \sen \theta )$$

El valor absoluto de la intensidad de campo es como sigue

$$\begin{aligned} |E| &= |E_o| \sqrt{(1 - \cos \theta)^2 + \sen^2 \theta} \\ &= |E_o| \sqrt{2(1 - \cos \theta)} = 2 E_o \sen \frac{\theta}{2} \end{aligned}$$

De donde:

$$|E| = 2 |E_o| \frac{\sen 2 \pi h_1 h_2}{d}$$

..... (1)

b). Propagación en tierra esférica

En el caso de tierra esférica, la diferencia de la onda directa y de la reflejada es menor en la cantidad de  $J$  ( $J < 1$ ); siendo el mismo análisis anterior en línea visual.

Por lo tanto la intensidad de campo será:

$$E = E_0 \frac{2}{d} \frac{\sin 2\pi \frac{h_1 h_2}{d}}{J} \dots\dots (2)$$

Donde:

$J$  : Factor de compensación de fase por la curvatura de la tierra.

c). Propagación en Presencia de una montaña obstáculo

Generalmente la propagación de las ondas de televisión a través de la montaña obtáculo sufre el fenómeno de reflexión, entre el punto de transmisión y el punto de pantalla (obstáculo), y entre éste y el punto de recepción.

Por tal motivo, existen algunos casos en que la intensidad de campo incrementa en comparación con el caso donde no existe montaña.

Cabe anotar, que la atenuación por la montaña es menor que la atenuación por difracción.

Analizaremos la Fig No. 2.4 para hallar el factor de pantalla.

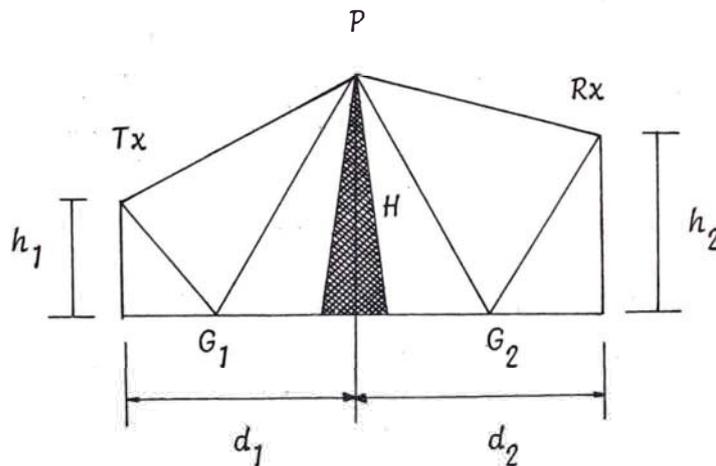


Fig.No. 2.4

$$\frac{E}{E_0} = f(w) \text{ Factor de difracción}$$

$$= \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\left[\frac{1}{2} + c(w)\right]^2 + \left[\frac{1}{2} + s(w)\right]^2}$$

donde  $c(w)$  y  $s(w)$  son las integrales de Fresnel

$$c(w) = \int_0^w \cos \frac{\pi u^2}{2} du$$

$$s(w) = \int_0^w \sin \frac{\pi u^2}{2} du$$

el argumento de  $w$  es dada por

$$w = H \sqrt{\frac{2}{\lambda} \left( \frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} \right)} = H \sqrt{\frac{2}{\lambda} \left( \frac{d_1 + d_2}{d_1 d_2} \right)}$$

donde :

$d_1$  es la distancia entre el transmisor y el obstáculo

$d_2$  es la distancia entre el obstáculo y el receptor

$d = d_1 + d_2$  distancia entre el transmisor y el receptor

$H$  es la distancia vertical entre la cresta que produce la difracción y la línea recta que une el punto transmisor al punto receptor.

## 2.7. Pérdidas Asociadas

Existen tres tipos de pérdidas principales

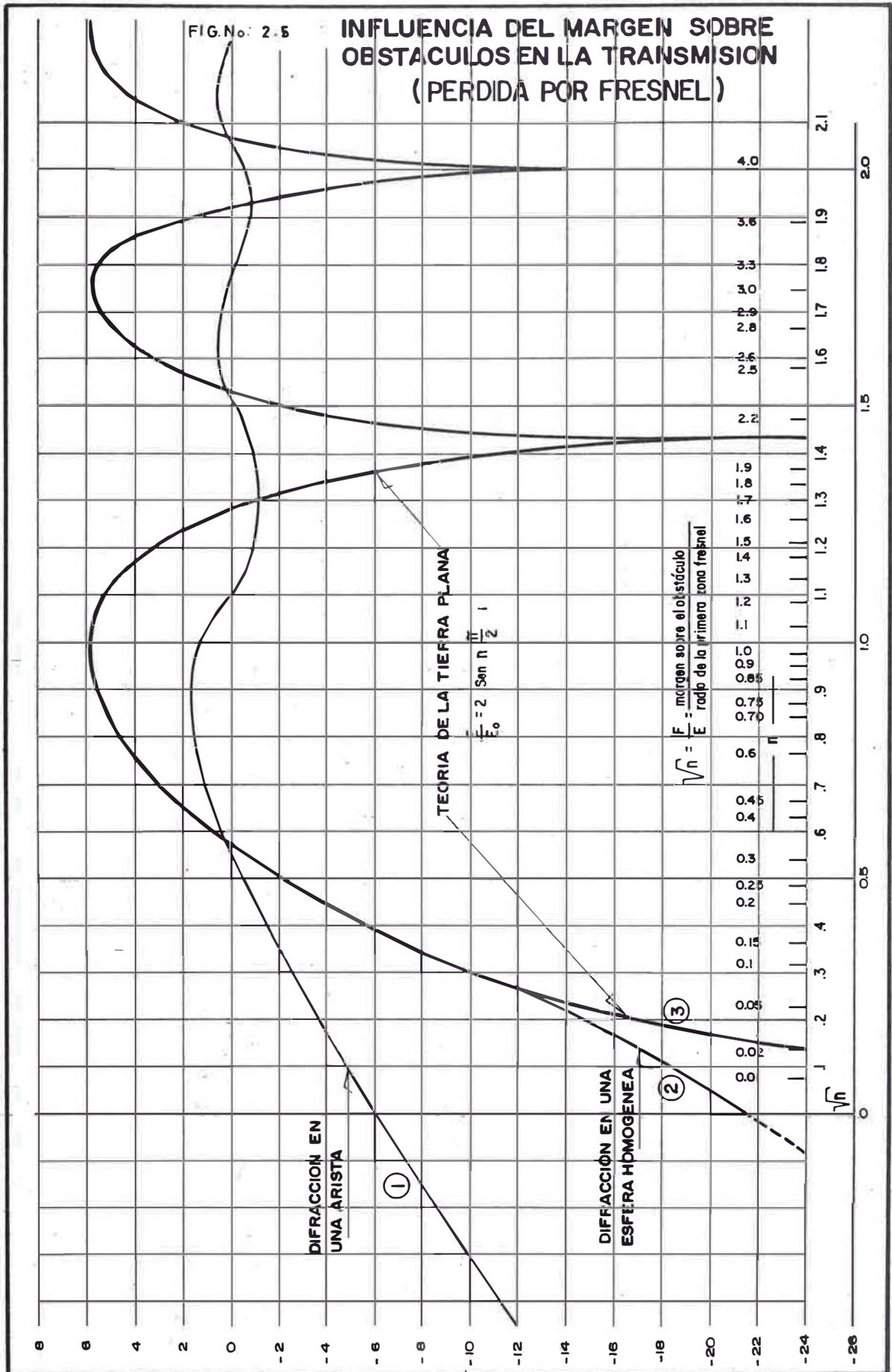
### 2.7.1. Pérdida por Fresnel (Af)

Consideramos los tres casos :

- Pérdida en una arista
- Pérdida en tierra plana
- Pérdida en tierra esférica

Calculamos primero el radio máximo de Fresnel





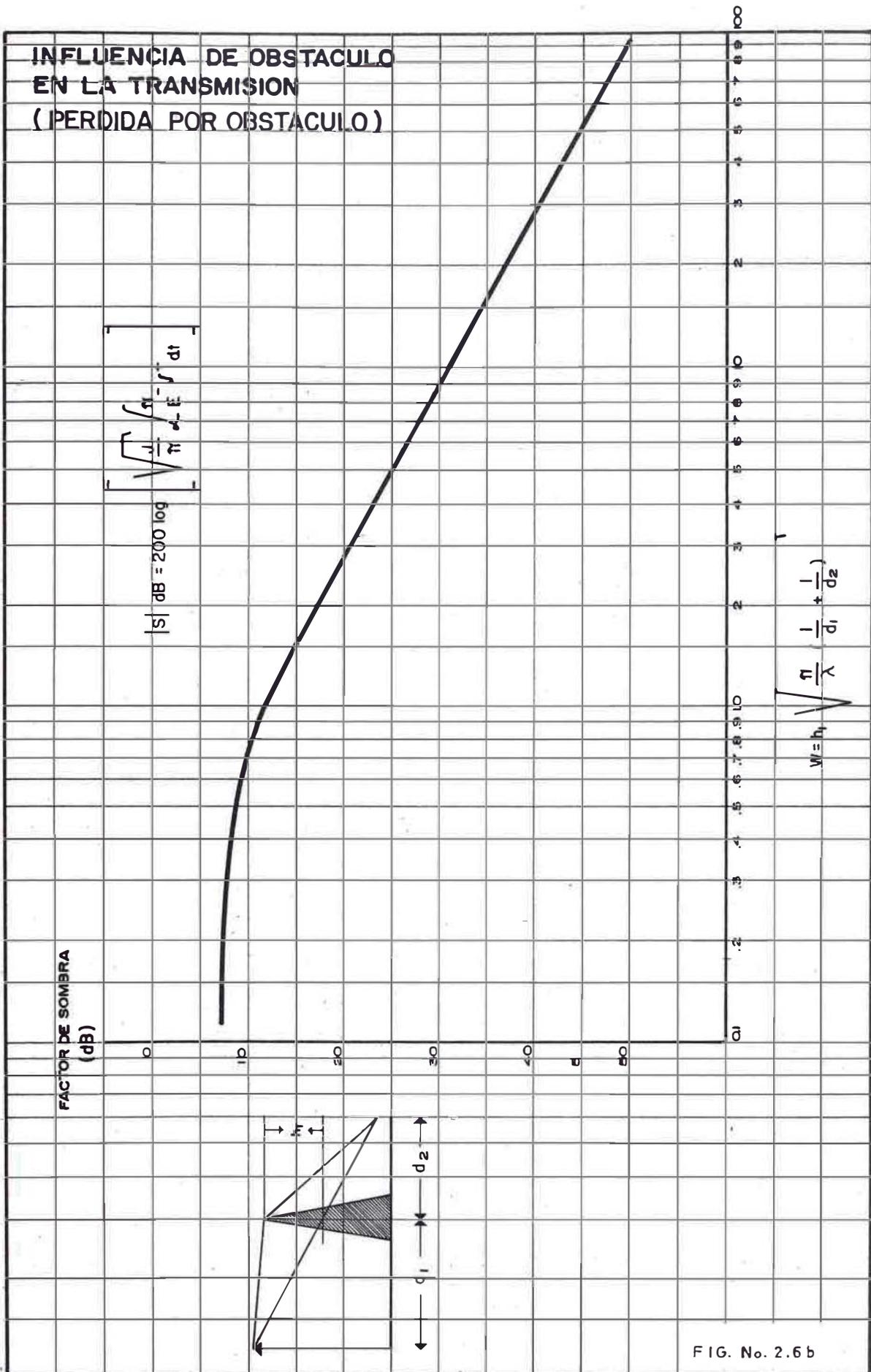
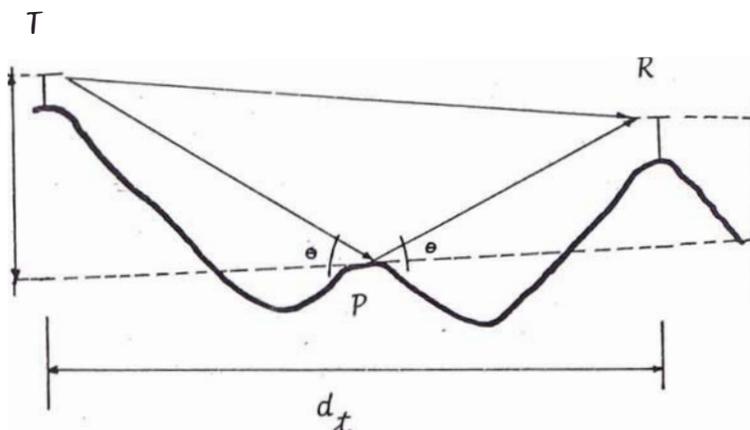


FIG. No. 2.6 b

### 2.7.3 Pérdida Por reflexión ( A<sub>θ</sub> )



Referido al punto P

$$A_{\theta} = 20 \text{ Log } 2 \text{ Sen } \left[ \frac{360 h_1 h_2}{d_t} \right] \dots\dots (3)$$

A<sub>θ</sub> puede salir ( + ) ó ( - ), solo se considera cuando es ( - ).

Nota : Se considera 10 Mts. de altura de antena de Recepción

## 2.8 Enlaces

### 2.8.1 Enlace por Microonda

La Potencia de recepción está dada por :

$$P_{rx} = P_{tx} + G_{ATX} - A_T + G_{ARX} \dots\dots (1)$$

Además :

$$P_{rx} = P_n + S/N - I + D \text{ Km} \times 0.3 \dots\dots (2)$$

De la fórmula (2).

- P<sub>n</sub> : Potencia de ruido de recepción

$$P_n = 10 \text{ Log } KTBF$$

$$P_n = 10 \text{ Log } B + F - 144 \text{ [dB]} \dots\dots (3.a)$$

- I : Factor de mejoramiento

$$I = 10 \text{ Log} \left( \frac{3 \text{ } \delta d^2 \text{ B}}{2 \text{ } \delta m^3} \right) \text{ dB} \dots (3.6)$$

- S/N: Relación señal-ruido del tramo

$$S/N = (S/N)_{h_f} + I \dots (4)$$

$$\text{y } (S/N)_{h_f} = 10 \text{ Log} \frac{P_{rx}}{KTBF} \dots (4.a)$$

- DKm x 0.3 = Distancia entre estaciones transmisoras y receptoras x 0.3 + 6 dB factor de corrección por la frecuencia DKm x 0.3 + 6 dB .. (5)

Siendo las variables

$P_{rx}$  = Potencia de recepción (w)

K = Constante de Boltzman  $1.37 \times 10^{-23}$  (joule/°K)

B = Ancho de banda del ruido : 30 MHz

F = Figura de ruido del receptor

$\delta d$  = Desviación de modulación máxima : 4 MHz

$\delta m$  = Frecuencia de la modulación máxima : 4 MHz

de la fórmula (1)

$P_{tx}$  = potencia de transmisión dB

$G_{ATX}$  = Ganancia de la antena de transmisión dBi

$G_{ARX}$  = Ganancia de la antena de recepción dBi

$A_T$  = Pérdidas totales (dB)

$$= A_d + A_o + A_{cc} + A_f$$

Comprende :

$A_d$  = pérdida por desvanecimiento (dB)

$A_o$  = pérdida en espacio libre (db) deducción item 1.4.1.)

$A_{cc}$  = pérdida en cables y correctores (dB)

$A_f$  = pérdida por Fresnel (dB)

Por tanto, la potencia de transmisión requerida estará dada por la fórmula (6)

$$P_{tx} = P_{rx} - G_{ATX} + A_{\pi} - G_{ARX} \text{ (dB) } \dots\dots 6$$

### 2.8.2. Enlace en VHF y/o UHF

Dado por la siguiente fórmula :

$$P_R = P_{\pi} - A_T + G_{ARX}$$

$P_R$  = potencia de recepción a la entrada del equipo (dBm)

$P_T$  = potencia de transmisión a la salida de las antenas de transmisión (dBm)

$A_T$  = pérdidas totales (dBm)

comprende :

$A_o$  : pérdida por reflexión (dB)

$A_f$  : pérdida por Fresnel (dB)

$A_s$  : pérdida por obstáculo (dB)

$A_e$  : pérdida en el espacio libre (dB)

$A_{cc}$  : pérdida en cables y conectores (dB)

$G_{ATX}$  : ganancia de antena de transmisión (dB)

C A P I T U L O    I I I  
I N G E N I E R I A   D E L   P R O Y E C T O

1.- DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS DE LA ESTACION TERRENA DE TRANSMISION

1.1 PIRE requerido

Habiendo elegido el satélite Intelsat V-A, es necesario calcular el PIRE máximo de la estación terrena para limitar el flujo de saturación.

$$\begin{aligned} \text{PIRE} &= \Psi_{\text{sat}} - B.O_{in} + 10 \log (4\pi d^2) - v.g \\ &= -72 - 3 + 162.5 - 0.5 \\ &= 87.00 \text{ dBW} \end{aligned}$$

$$\underline{\text{PIRE max.} = 87.00 \text{ dBW}}$$

1.2 Potencia de Transmisión del HPA

Al elegir una estación satandard B ( $G/T = 31.7 \text{ dB/}^\circ\text{K}$ ) obtenemos una ganancia de 54 dB a 6 GHz con un factor de rendimiento del 60%

$$\begin{aligned} P &= \text{PIRE} - G \\ &= 87.0 - 54 \\ &= 33.0 \text{ dBW} \end{aligned}$$

$$P = 10^{3.3} \text{ W}$$

$$P = 1,995.2 \text{ W}$$

Se puede muy bien elegir un transmisor a Klystron de 2 Kw de potencia

$$\underline{P = 2 \text{ Kw}}$$

### 1.3. Diámetro de la Antena

Para  $G = 54$  dB, a 6 GHz y con un factor de rendimiento del 60% obtendremos :

$$D \text{ (m)} = \frac{G}{n} \cdot \frac{3}{10} \cdot \frac{1}{f \text{ (GHz)}}$$

$$D \text{ (m)} = 10.2$$

Se puede optar por una antena de 11 m. de diámetro

$$D = 11 \text{ m.}$$

## 2. DISEÑO DEL ENLACE ESTACION TERRENA DE TRANSMISION - ESTACION TERRENA DE RECEPCION

Cada portadora que se transmite (imagen de Tv., audio, programas de radio difusión sonora, telefonía, etc), se caracteriza por ocupar un ancho de banda dentro de la banda alquilada en el transpondedor y un grado de calidad en la transmisión, por lo menos igual al deseado.

Esta portadora tiene una relación  $C/N_0$  que medida en la banda efectiva FI al que corresponde una relación  $C/N$  (potencia de portadora a potencia de ruido). Esta relación  $C/N$  debe ser superior al que corresponde al nivel de umbral para la transmisión considerada.

Considerando la posibilidad de transmitir el audio en SCPC/FM, lo que daría flexibilidad inclusive para transmitir en estereofonía y la transmisión de programas de radiodifusión sonora, se presentan a continuación las características de modulación y de transmisión de las portadoras, luego del cual se establecerá el plan de transmisión.

Los parámetros y las técnicas de modulación están sujetas a variaciones que podrían introducirse en una fase de optimización final del proyecto, ya que la potencia por portadora y la banda ocupada no aumentarían, y la calidad permanecería de acuerdo al presente estudio.

### 2.1. Portadora de Imagen de TV

#### a). Señal a transmitir

- Sistema NTSC, 525 líneas / 60 Hz
- Frecuencia máxima en banda base = 4.2 MHz

#### b). Modulación de Frecuencia

- Pre-énfasis : de acuerdo a la recomendación 405 del CCIR.
- Excursión de Frecuencia : en función del ancho de banda.

c). Características Generales

- Ancho de Banda = BW de recepción (17.5 MHz en el caso expuesto en el Cap. II)
- Relación portadora a densidad de ruido térmico  $C/N_0$  = 90.7 dB.Hz
- Relación portadora a ruido térmico  $C/N$  = 15.7 dB
- Margen en relación a nivel de umbral = 5.7 dB
- Relación potencia de portadora a potencia total de ruido  $S/N$  = 43 dB

2.2. Portadora de Audio

a). Señal a transmitir

- Banda de frecuencia nominal : de 40 Hz a  $f_{max} = 15$  KHz

b). Modulación de frecuencia

- Banda efectiva :  $B_{IF} = 315$  KHz
- Factor de ponderación + énfasis :  $W = 7$  dB
- Factor de compresión :  $C = 17$  dB

c). Características Generales

- Ancho de Banda ocupado :  $B_w = 315$  KHz
- $C/N$  : 9.7 dB
- Margen en relación al nivel de umbral : 7 dB
- Relación  $S/N$  : 50 dB

2.3. Análisis de una Segunda Alternativa

En lo que va del presente estudio, es factible la transmisión de TV por satélite utilizando 18 MHz de un transpondedor del satélite Intelsat V-A, pero utilizando una estación terrena de recepción standard B ( $G/T : 31.7$  dB / °K)

Se presenta a continuación una alternativa utilizando un BW del transpondedor = 20 MHz y utilizando una antena de menor diámetro en la recepción, además de contar con un demodulador a umbral Extendido ( $C/N : 8$  dB)

$$\frac{S}{N} = 8 + 10 \log 3 \left( \frac{6.64}{4.2} \right)^2 + 10 \log \left( \frac{20}{8.4} \right) + 16 + 6$$

$$\frac{S}{N} = 42.4 \text{ dB}$$

Como el valor de C/N en el caso anterior (antena de 11 mts con G/T = 31.7 dB/°K) era de 15.9 dB y ahora es posible disminuir la sensibilidad G/T, por tanto, el diámetro de la antenna.

### 2.3.1. C/N<sub>o</sub> del enlace ascendente

Las condiciones no varían, entonces C/N<sub>o</sub> = 112.5 dB.Hz

### 2.3.2. Cálculo de la contribución del satélite en intermodulación.

Las condiciones no varían (se trata del mismo satélite)

$$\frac{C}{N_o} \Big|_I = 102 \text{ dB.Hz}$$

### 2.3.3. C/N<sub>o</sub> del enlace descendente

$$C/N_o \text{ dB} = \text{PIREs (dBw)} + 136.15 - 20 \log d \text{ (Km)} + (GR/T_g)_{\text{dB}} - 20 \log f \text{ (GHz)}$$

$$= -26 + 136.15 - 91.6 + (GR/T_o)_{\text{dB}} - 11.65$$

$$C/N_o = 58.9 + (GR/T_g)_{\text{dB}}$$

para 20MHz :

$$C/N = C/N_o - 10 \log f \text{ (Hz)}$$

$$8 = C/N_o - 10 \log (20 \times 10^6)$$

$$C/N_o = 81 \text{ dB. Hz}$$

$$\begin{aligned} \text{entonces, } GR/T_g &= C/N_o \Big|_d - 58.9 \\ &= 81 - 58.9 \\ &= 22.1 \text{ dB/}^\circ\text{K} \end{aligned}$$

$$G/T)_{\text{E.T.}} = 22.1 \text{ dB/}^\circ\text{K}$$

### 2.3.4 C/N<sub>o</sub> TOTAL

$$C/N_o)_d = 81 \text{ dB.Hz} = 125.9 \times 10^6$$

$$C/N_o)_I = 102 \text{ dB.Hz} = 1.58 \times 10^{10}$$

$$C/N_o)_{up} = 112.5 \text{ dB.Hz} = 1.78 \times 10^{11}$$

$$C/N_o)_{total} = \frac{1}{\frac{1}{125.9 \times 10^6} + \frac{1}{1.58 \times 10^{10}} + \frac{1}{1.78 \times 10^{11}}}$$

$$= 124.8 \times 10^6$$

$$C/N_o)_{total} = 10 \log (124.8 \times 10^6)$$

$$C/N_o)_{total} = 80.9 \text{ dB.Hz}$$

### 2.3.5 Cálculo de la relación C/N

$$C/N = C/N_o)_{total} - B_{FI}$$

$$= 80.9 - 10 \log (20 \times 10^6)$$

$$C/N = 8 \text{ dB}$$

La demodulación de la señal de video es posible, y aún en este caso se requiere la transmisión del audio en el canal SCPC/FM

### 2.3.6 Cálculo de las características de la estación terrena de Recepción

El valor de la sensibilidad G/T 22.1 dB/°K conduce a un compromiso técnico - económico para la elección del diámetro de antena y figura de ruido del amplificador de recepción.

En este caso podría optarse por un diámetro de antena de 5 mts. (con Tg del Sistema 150°K) ó una antena de 3.5 mts. (con Tg del Sistema 80°K)

## 2.4 Plan de Transmisión

En las Figuras No. 1.1 y 1.2 se presentan los planes de transmisión A y B

Los productos de intermodulación del tipo  $2f_0 - f_i$ , donde  $f_0$  es la frecuencia de la portadora de TV y  $f_i$  la frecuencia de cualquier otra portadora. Estos productos de intermodulación son atenuados por el filtro que sigue al amplificador de potencia del repetidor de manera más eficaz cuanto más alejada de la banda útil del repetidor se encuentren.

Al respecto, la portadora de imagen de TV. se halla lo mas alejada posible hacia el extremo izquierdo de la banda del receptor. Se evita sin embargo, de ocupar los últimos 500 KHz de esta banda, ya que allí el tiempo de propagación varía muy rápido y se pueden crear distorsiones excesivas en la señal de TV.

Las portadoras de audio y programas de radiodifusión sonora se ubican en el extremo superior de la banda del transpondedor alquilado, ya que estas tienen una fuerte densidad de potencia.

En el interior del transpondedor se pueden distribuir portadoras de telefonía en SCPC hasta con un 40 % de tasa de actividad (ocupación), lo que conduce a un análisis computarizado de los productos de intermodulación.

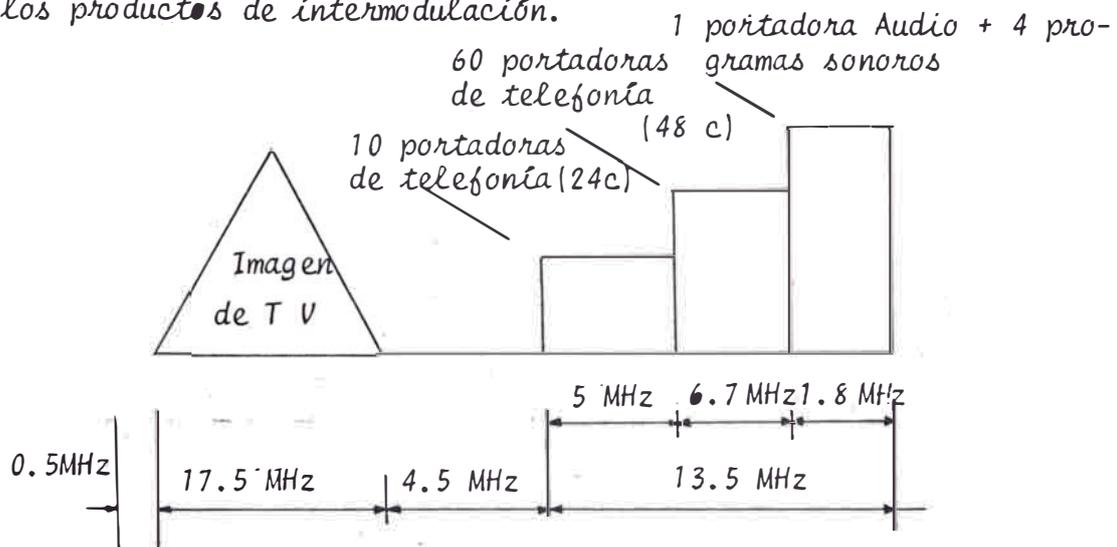


Fig. No. 1.1 Plan de Transmisión A

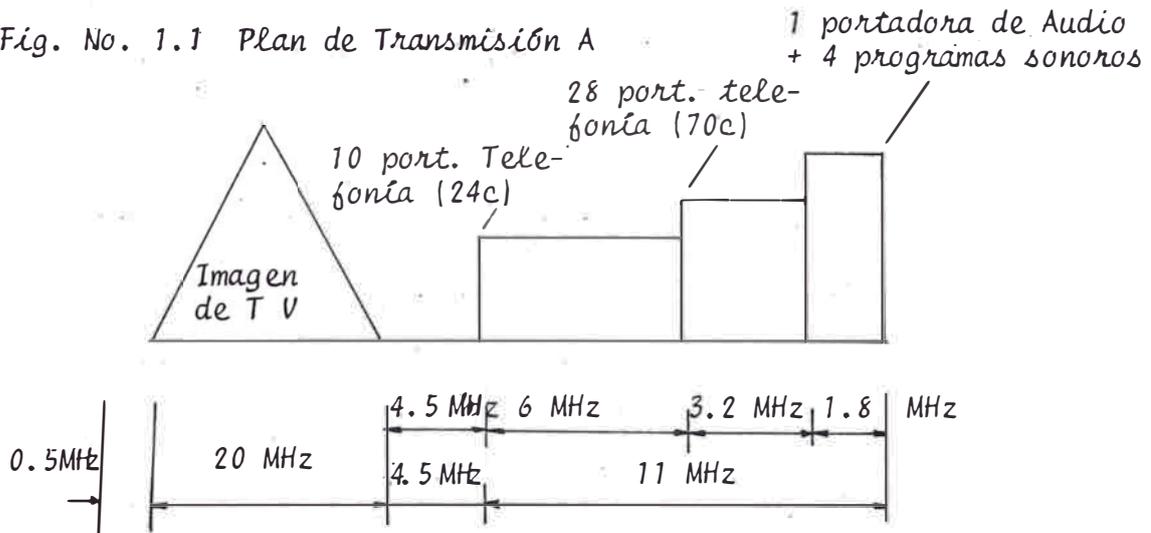
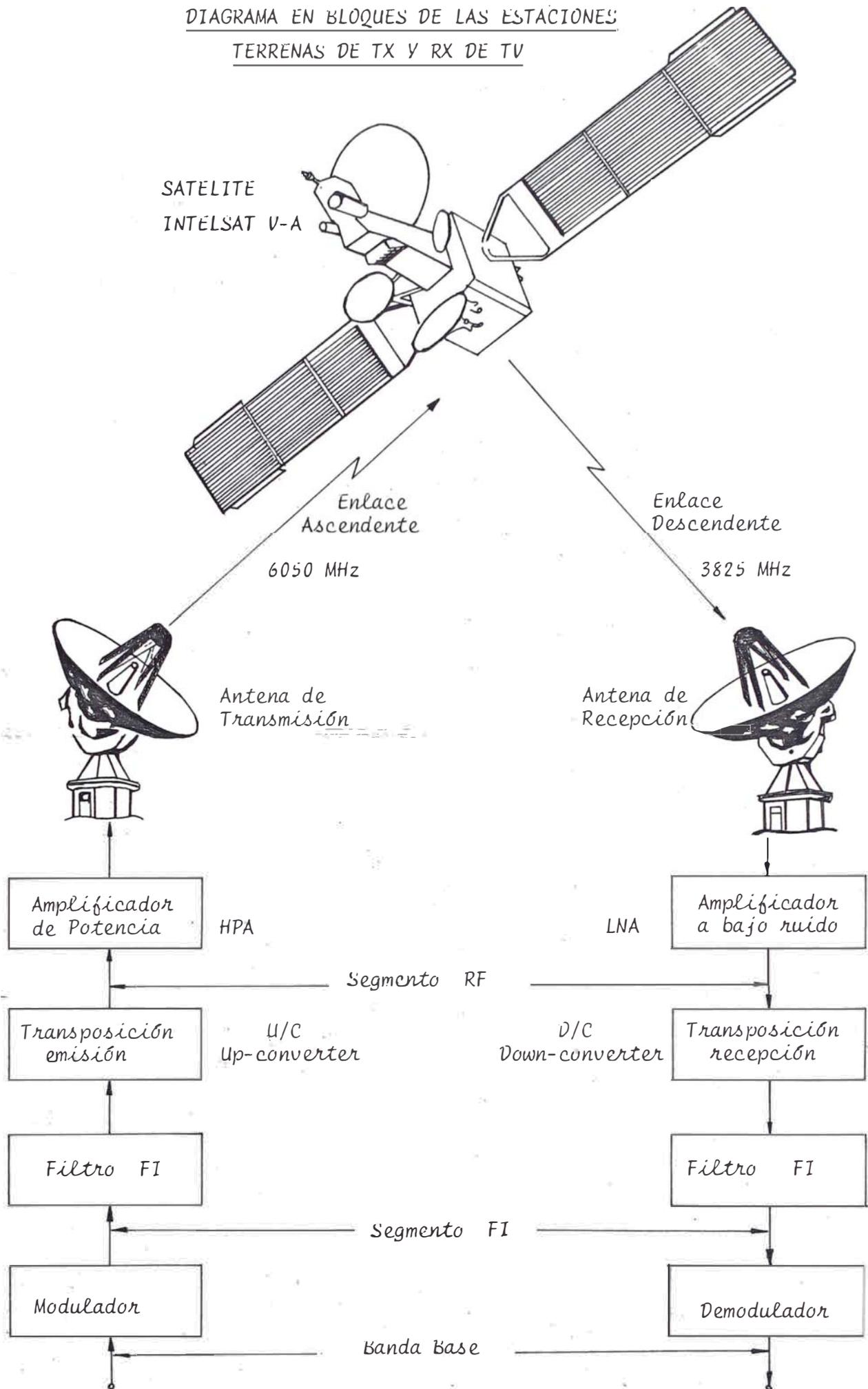


Fig.No. 1.2 Plan de Transmisión B

DIAGRAMA EN BLOQUES DE LAS ESTACIONES  
TERRENAS DE TX Y RX DE TV



### 3.- ENLACE ESTUDIOS - PLANTA TRANSMISORA ( Microonda)

#### 3.1 Perfil de la trayectoria de enlace

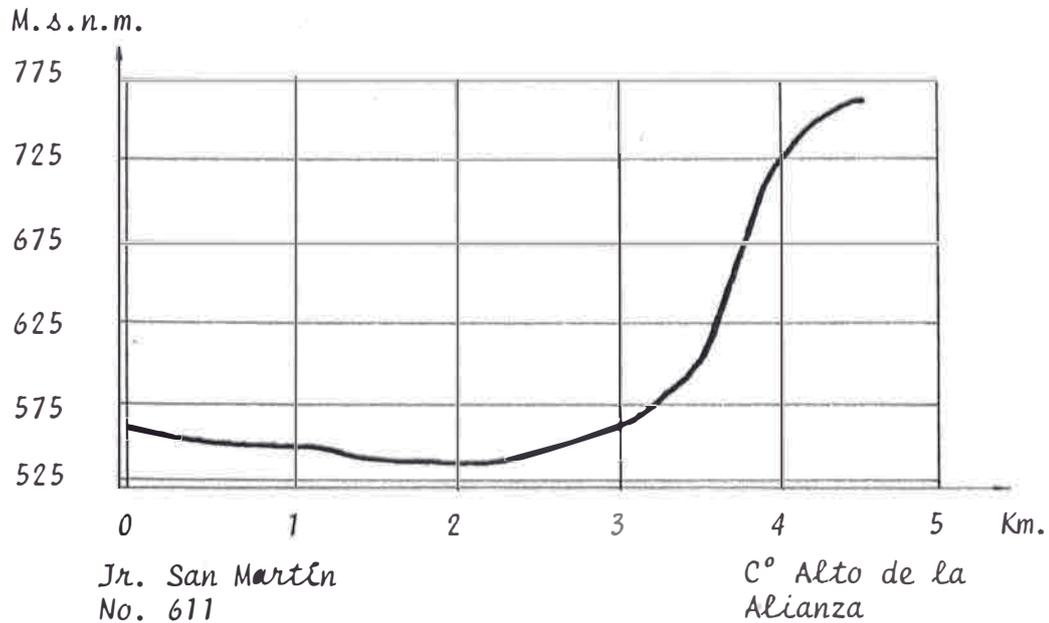


Fig.No. 1.5 Perfil de la trayectoria de enlace

#### 3.2 Cálculo de enlace

##### Datos :

- Punto de transmisión : Jr. San Martín No.611
- Punto de recepción : C° Alto de la Alianza
- Frecuencia de operación : 12.980 GHz
- Distancia del recorrido : 4.1 Km
- Altura de transmisión : 7 mts.
- Altura de recepción : 4 mts.

##### Pérdidas

- Atenuación en el espacio libre (  $A_0$  ) : 126.97 dB
- Atenuación en cables y conectores (  $A_{cc}$  ) : 0.80 dB
- Atenuación de la 1ra. Zona Fresnel (  $A_f$  ) : 3.0 dB

##### Ganancias :

- Ganancia de antena de Tx (  $G_{Atx}$  ) : 39.00 dBi
- Ganancia de antena de Rx (  $G_{Arx}$  ) : 39.00 dBi

Parámetros

- Constante de Boltzman	K	:	$1.37 \times 10^{-23} \text{ J /}^\circ\text{K}$
- Temperatura absoluta	T	:	290° K
- Ancho de banda del ruido	B	:	30 MHz
- Figura de ruido del receptor	F	:	9.5 dB
- Factor de desvanecimiento 0.3 D Km		:	1.23 dB
- Relación señal/ruido	S/N	:	70 dB
- Factor de mejoramiento de FM por TV	I	:	16 dB
- Desviación de modulación max.	$f_d$	:	4 MHz
- Frecuencia de modulación máx.	$f_n$	:	4 MHz

Potencias

- Potencia de ruido de recepción	$P_n$	:	-89.7 dBn
- Potencia de recepción	$P_r$	:	-28.4 dBn
- Potencia de transmisión	$P_t$	:	24.37 dBn (0.27 w)

Resumen

Elegimos .\*

- 2 antenas parabólicas Tx	:	4' Ø
Rx	:	4' Ø
- Un transmisor de microondas Ver Fig. No. 1.6.	:	0.5 w

4. PLANTA TRANSMISORA TACNA : C° ALTO DE LA ALIANZA

4.1. Perfiles de los trayectos de propagación

Los perfiles se muestran con enumeración del 1.A. al 27.A.

4.2. Pérdidas asociadas a cada perfil

Se muestran en las hojas de cálculos enumeradas del 1 al 23.

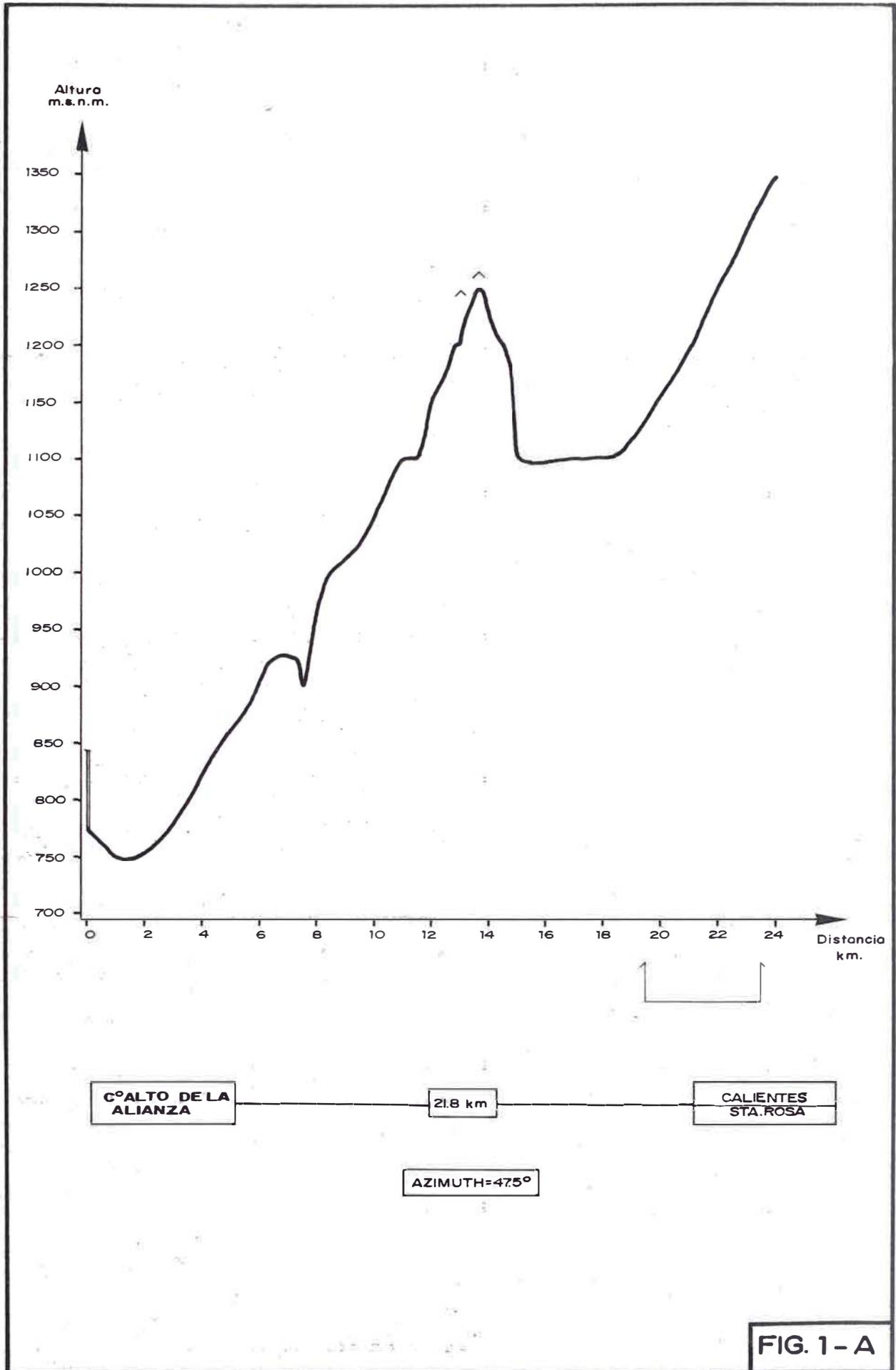


FIG. 1 - A

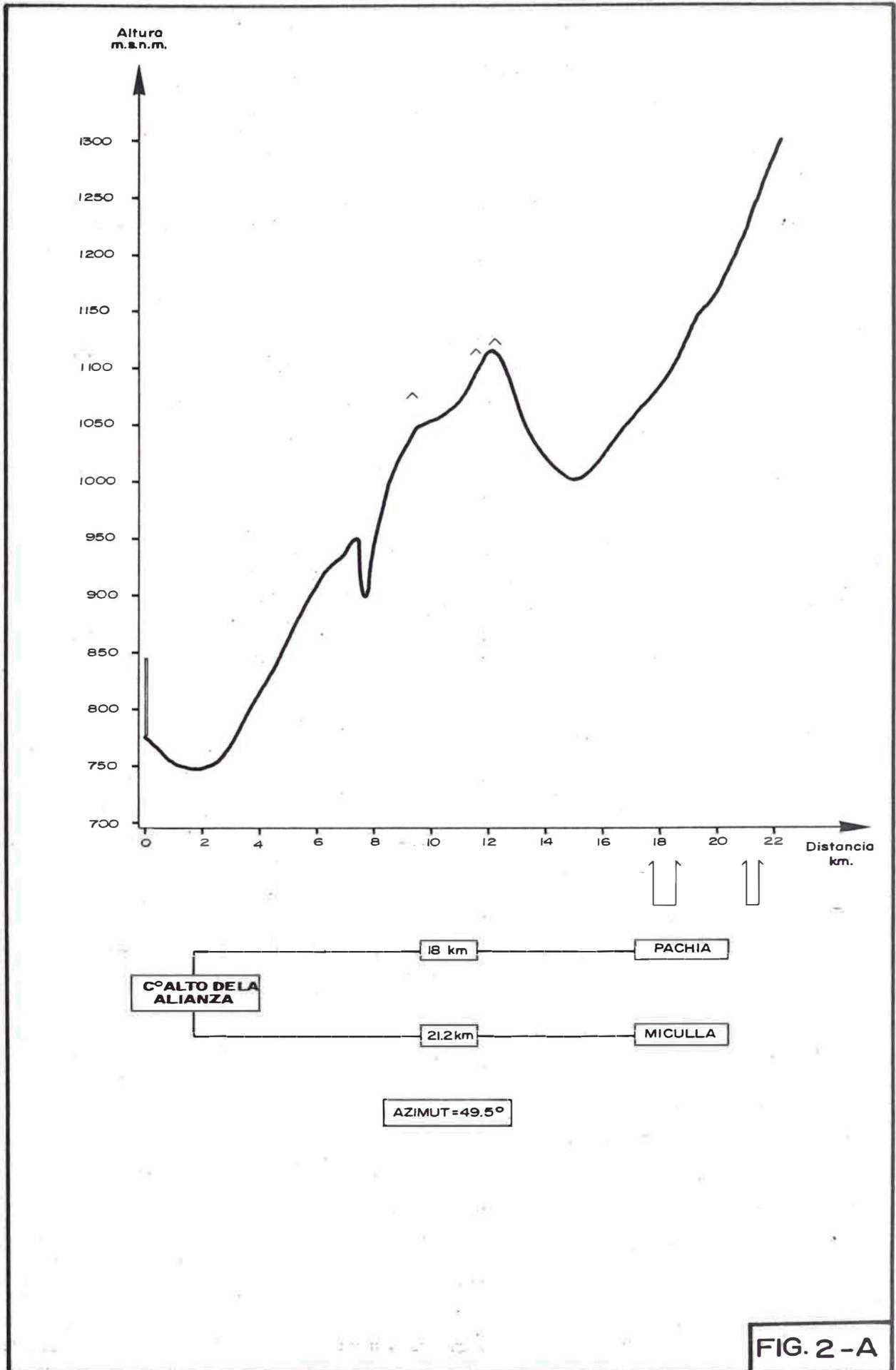


FIG. 2 - A

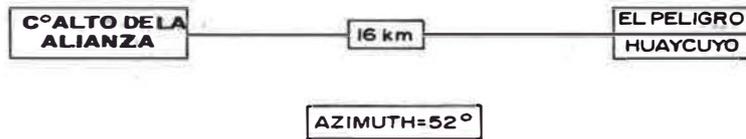
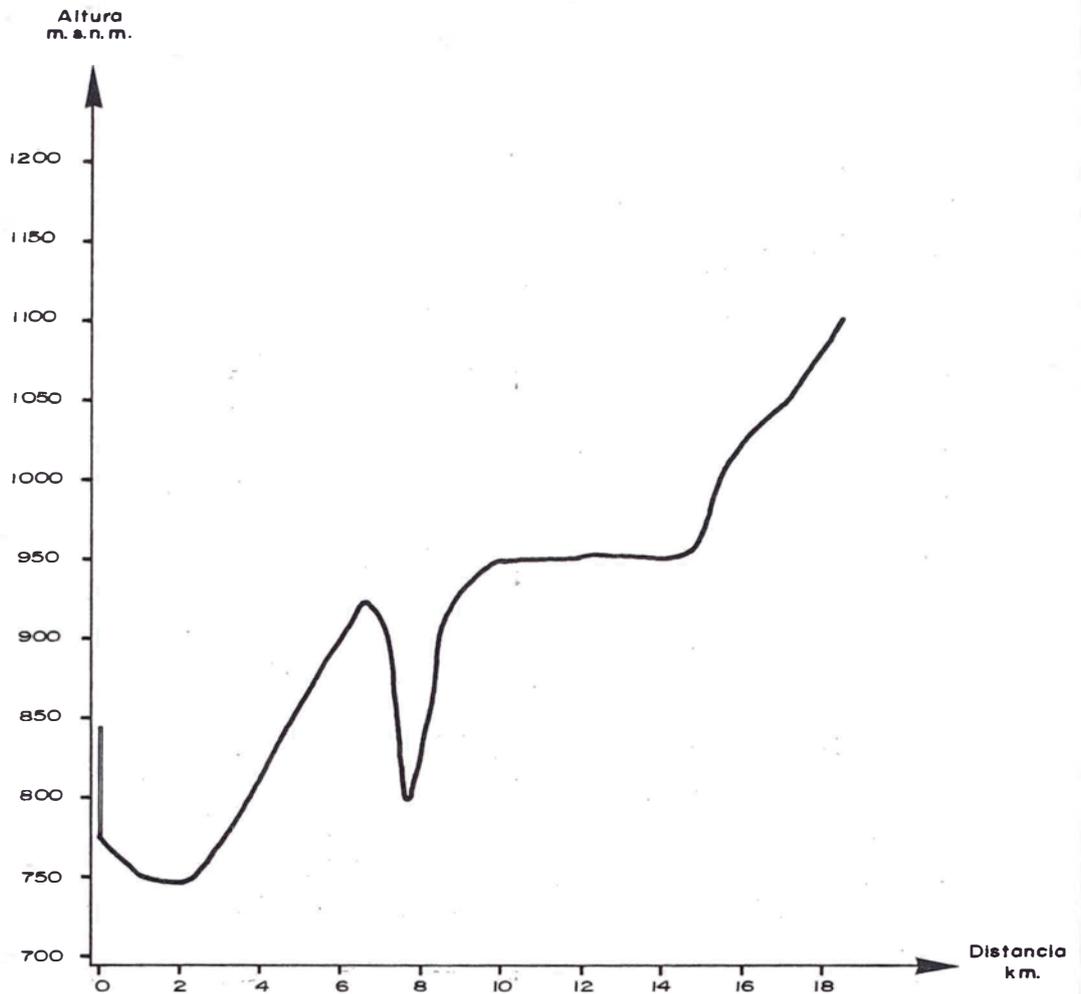


FIG. 3 - A

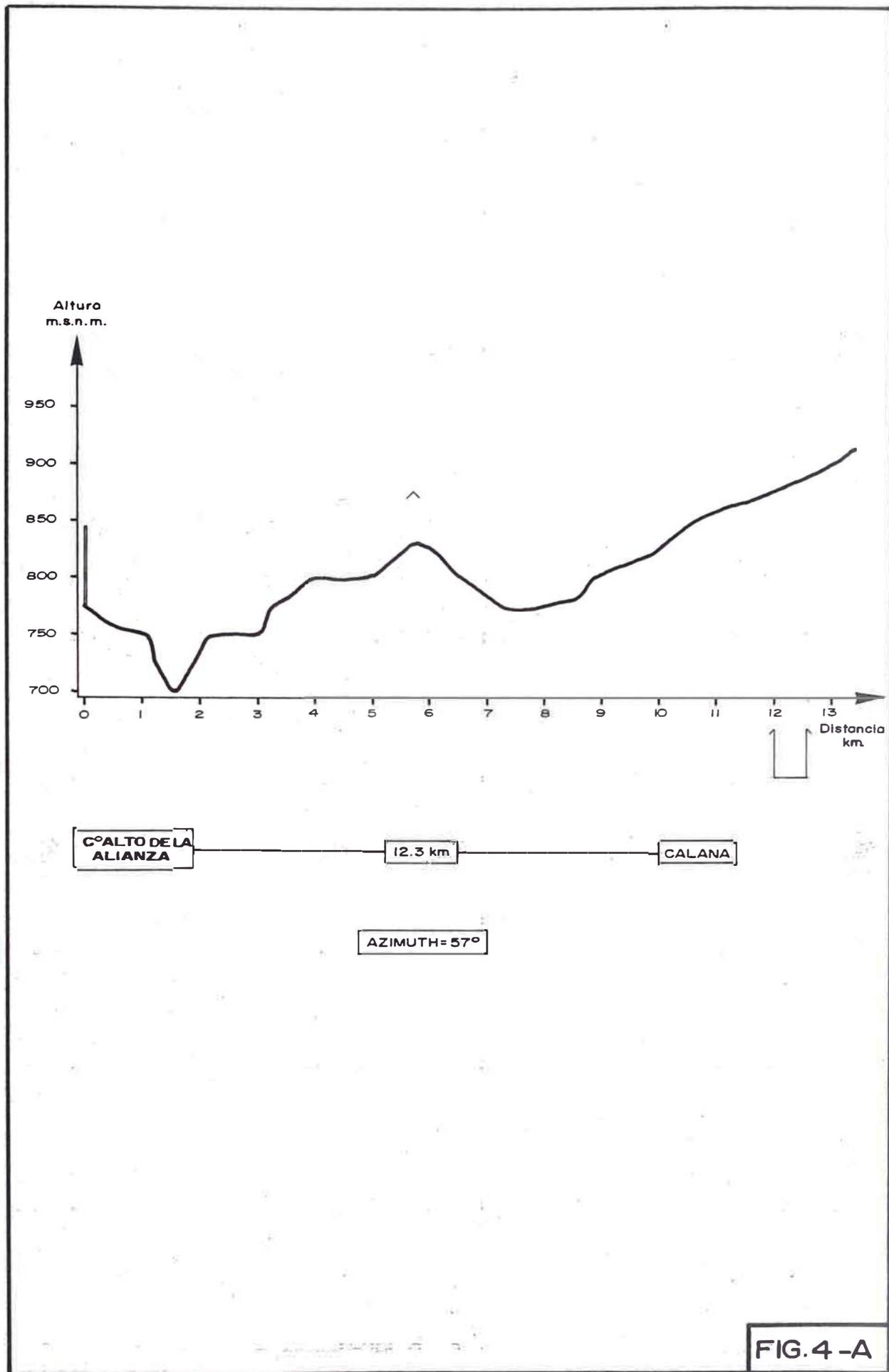
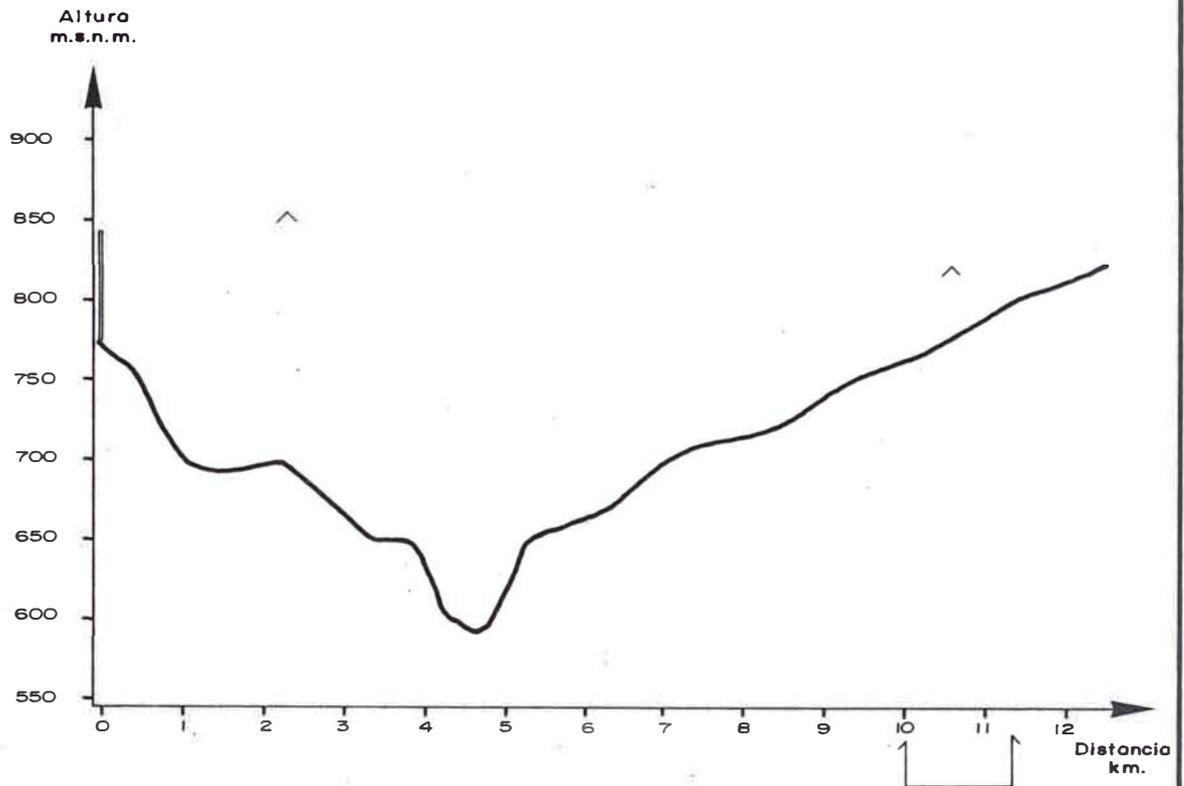


FIG.4 -A



AZIMUTH= 73°

FIG. 5-A

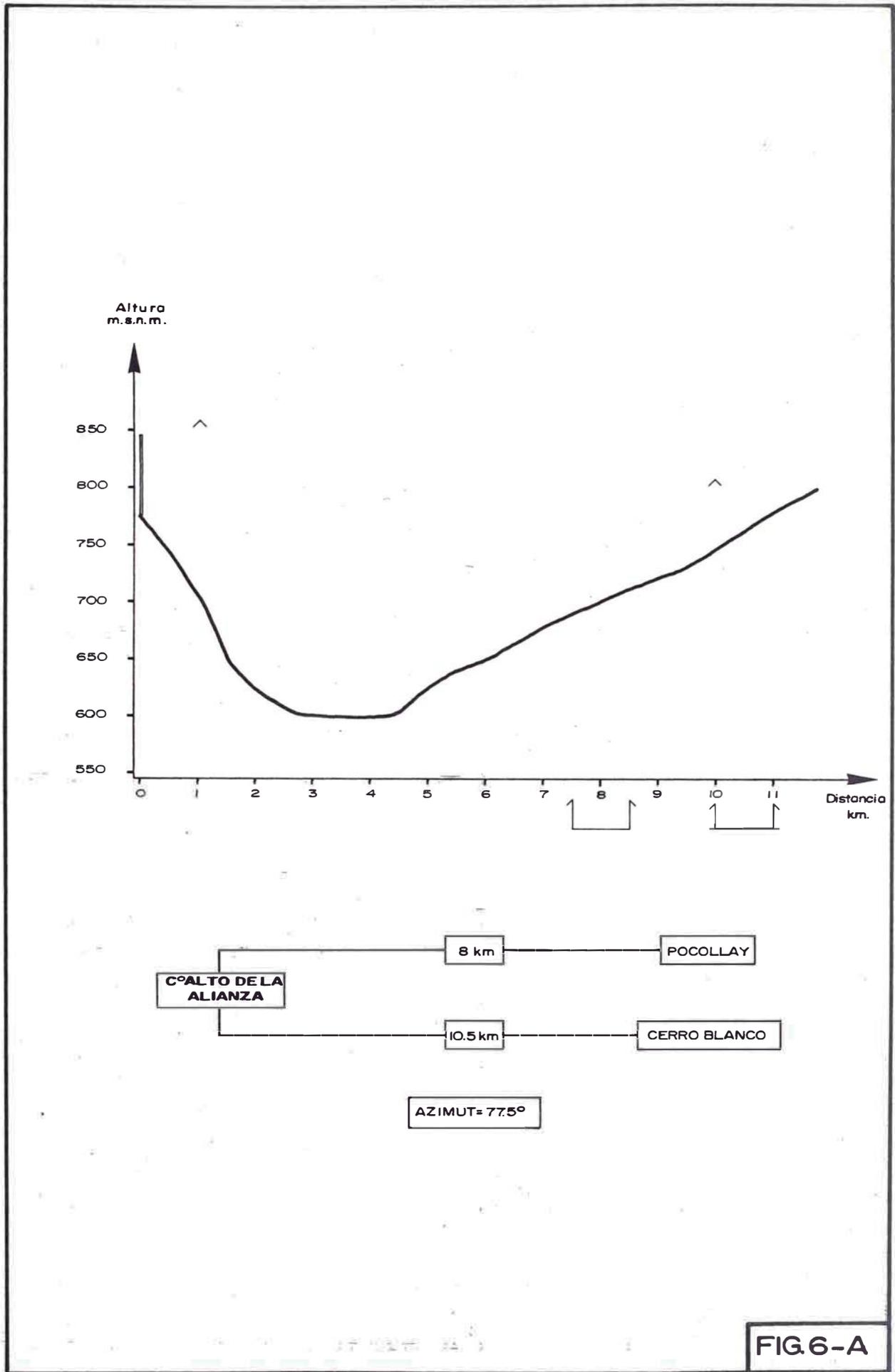


FIG.6-A

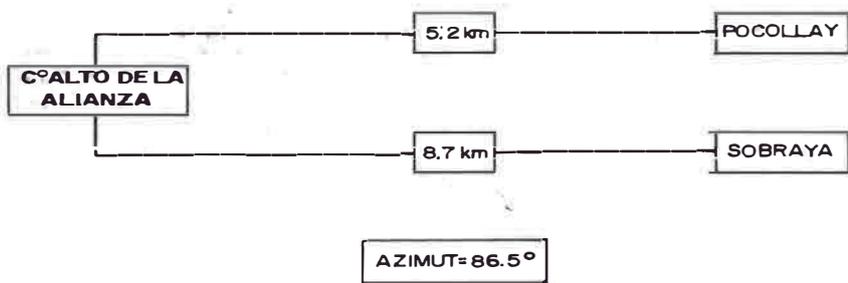
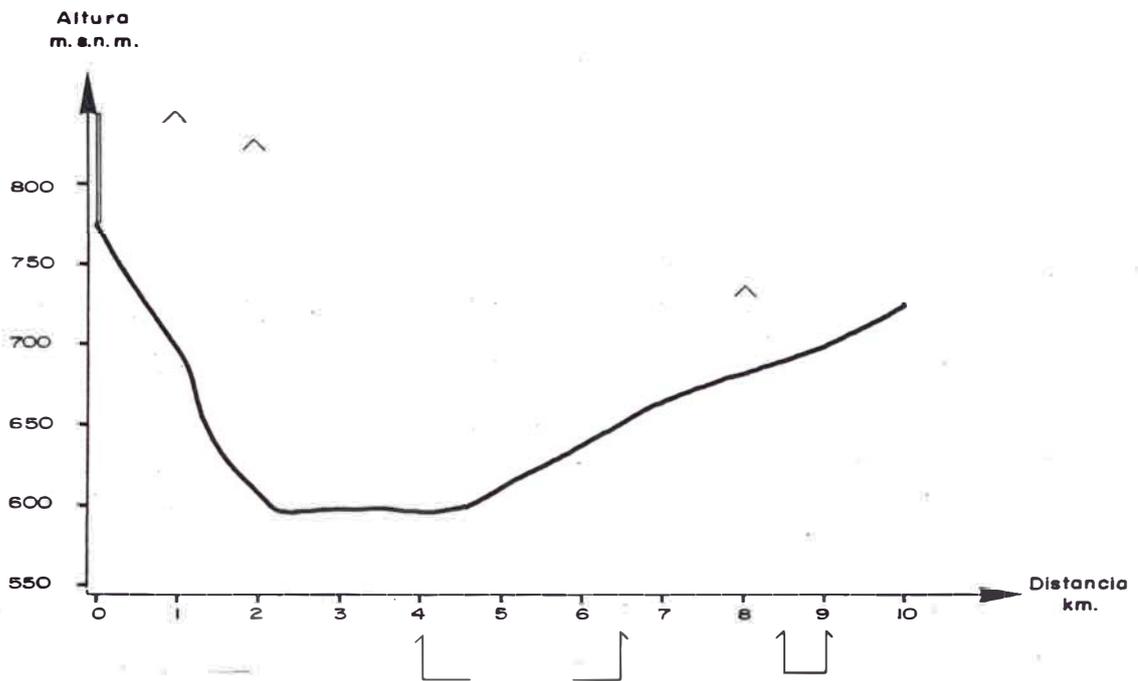
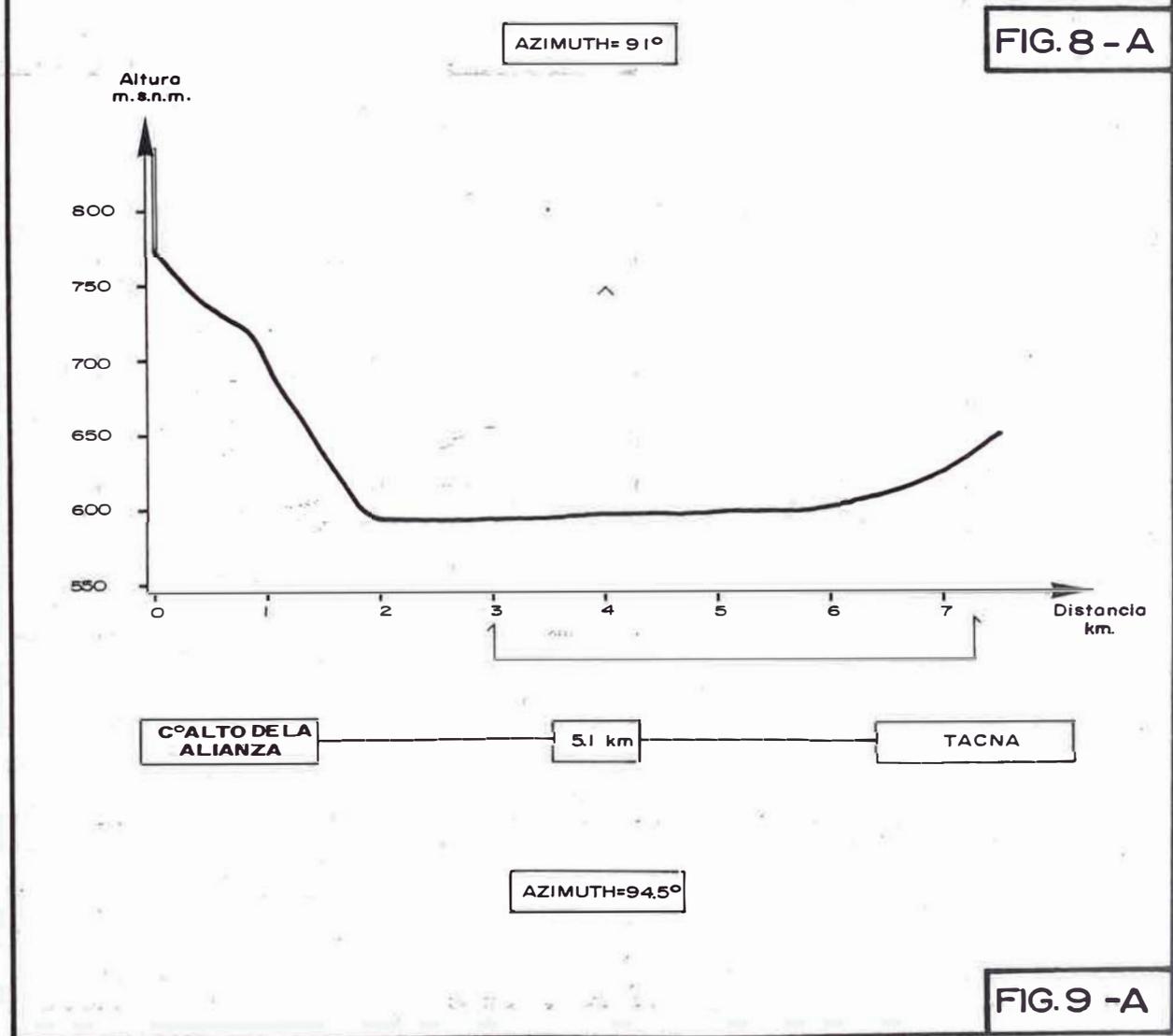
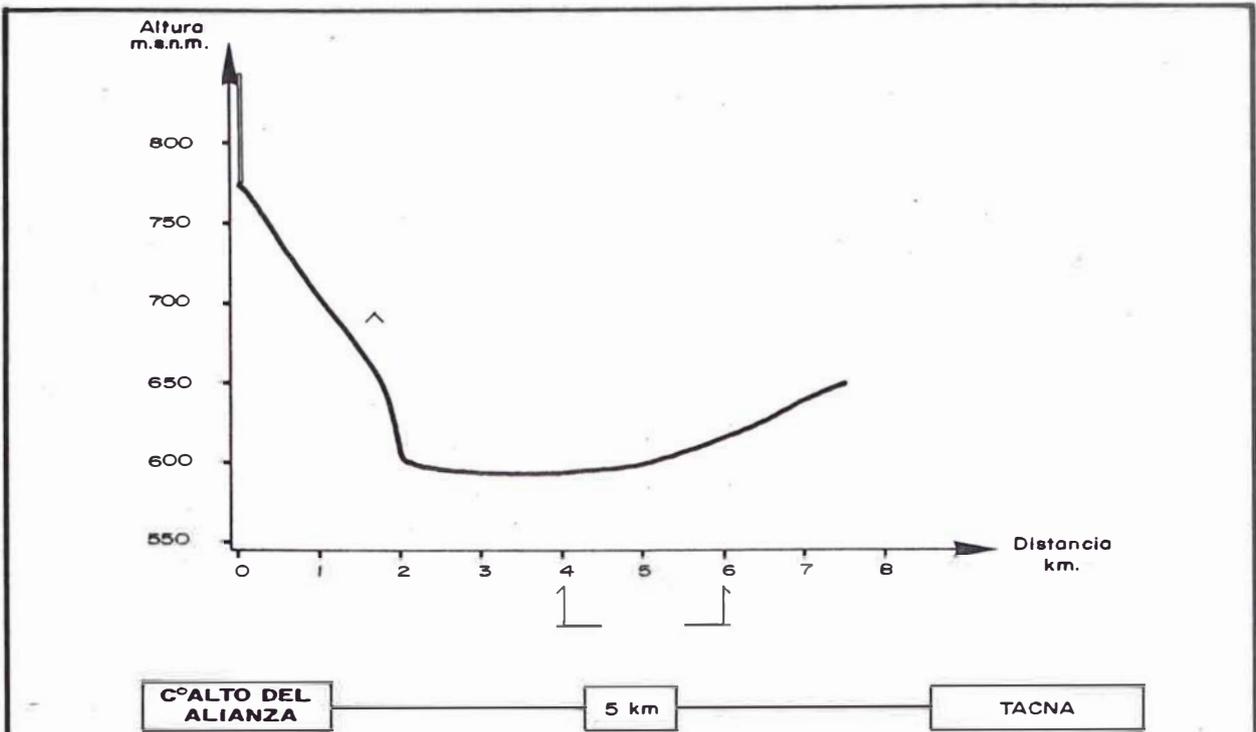
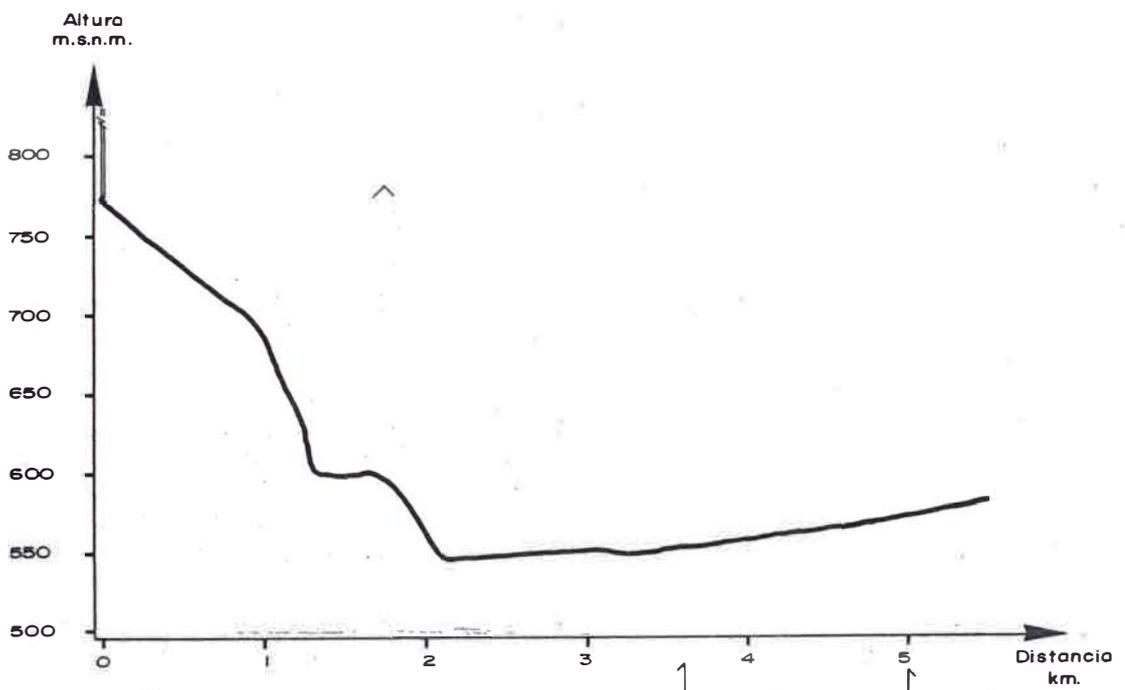


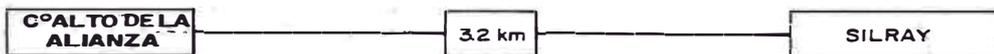
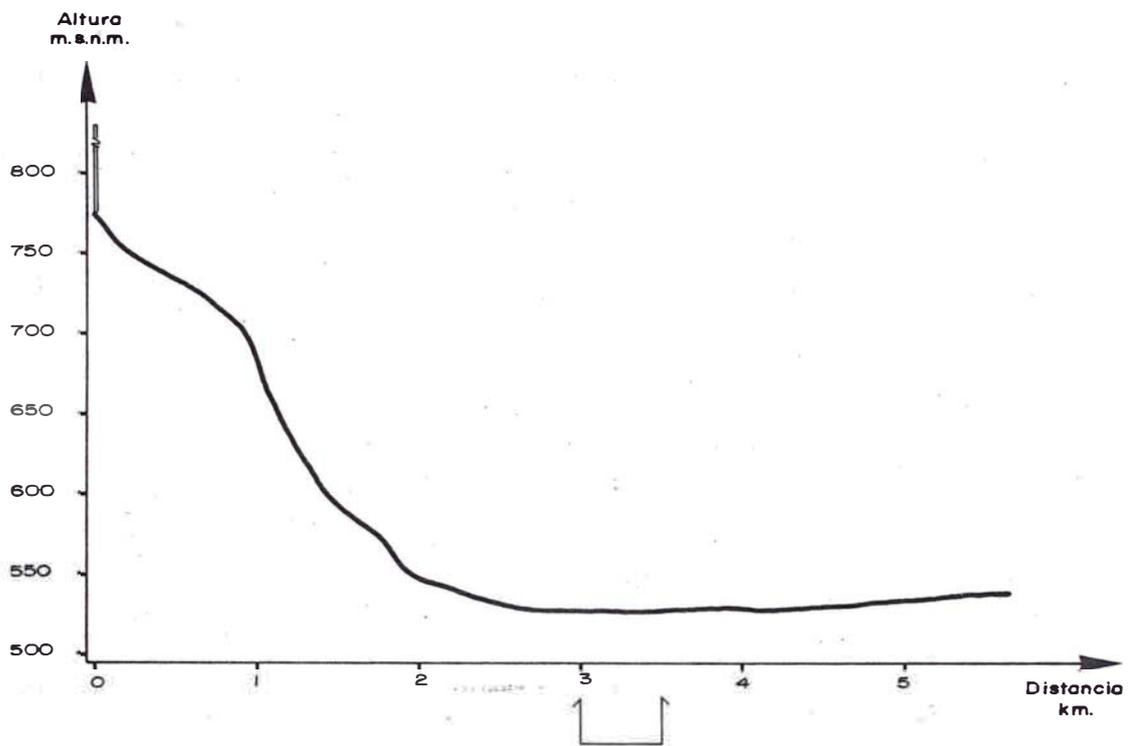
FIG. 7 - A





AZIMUTH=100°

FIG.10-A



AZIMUTH=132°

FIG.11 - A

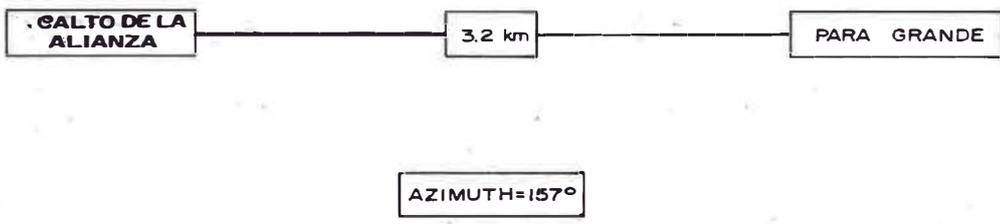
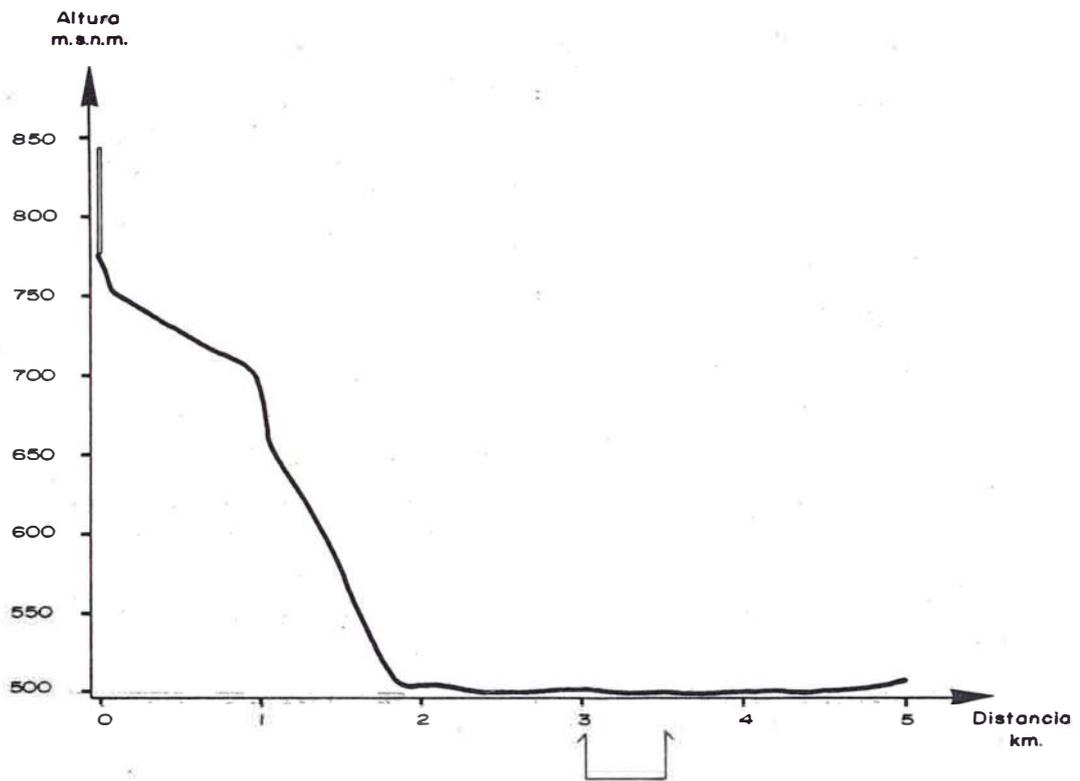
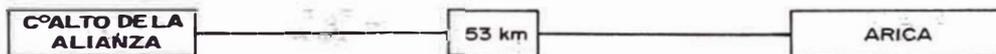
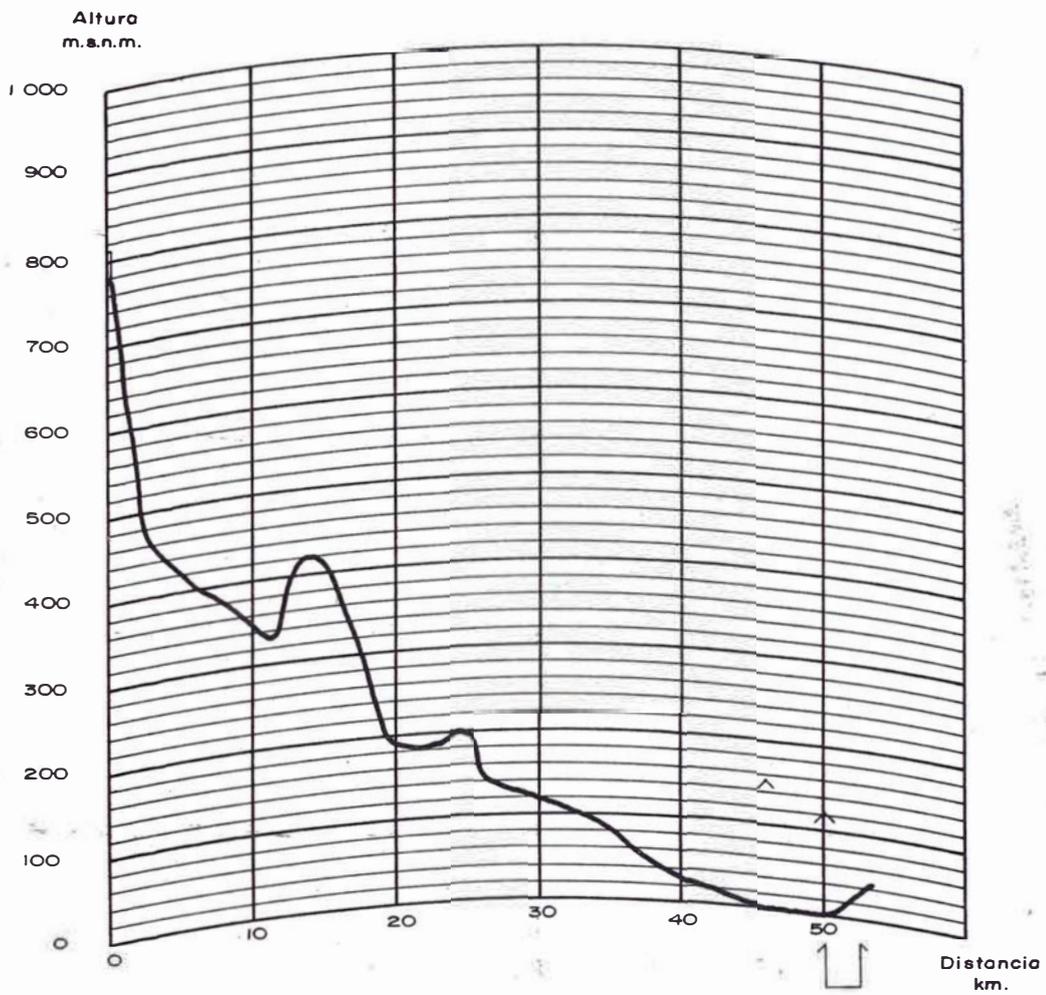


FIG.12-A



AZIMUTH=185°

FIG.13-A

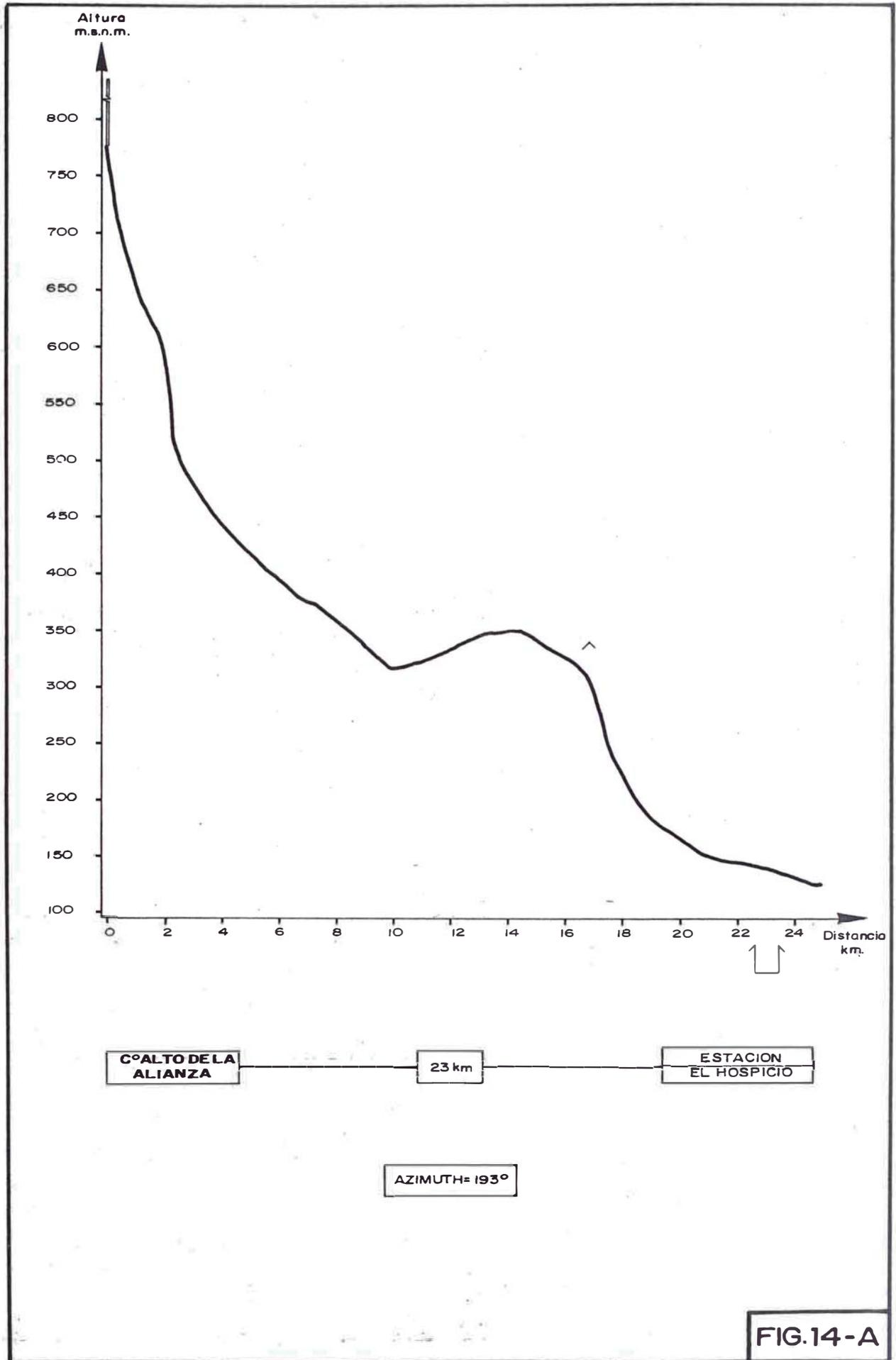
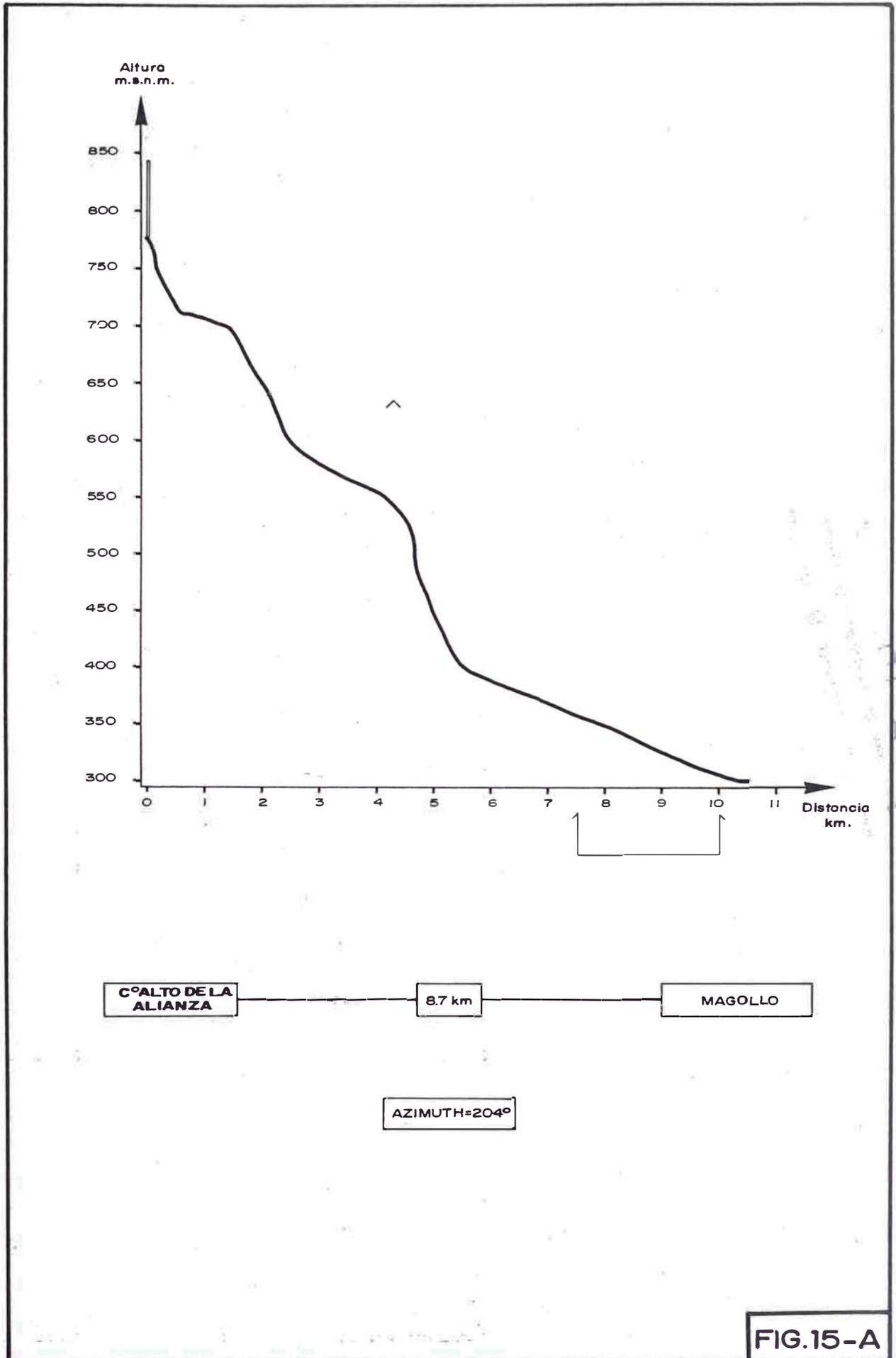


FIG.14-A



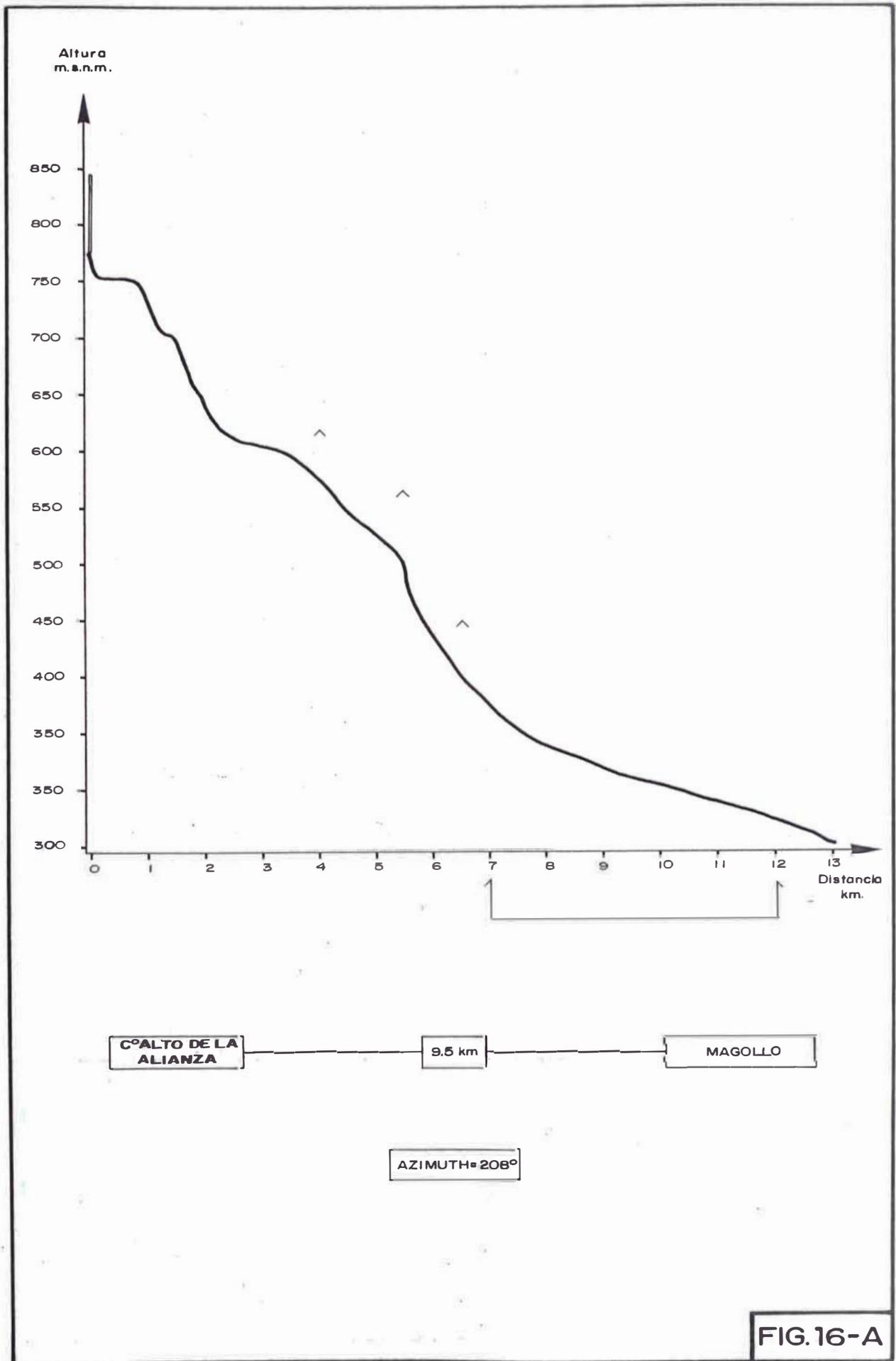


FIG.16-A

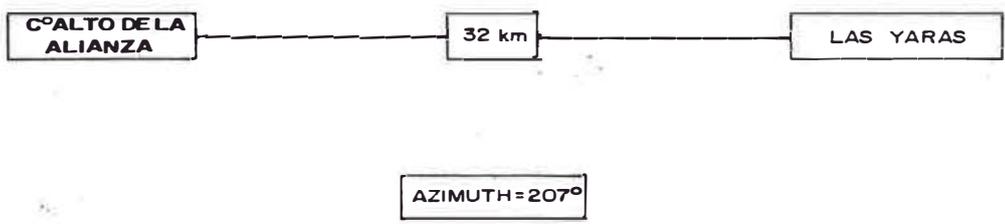
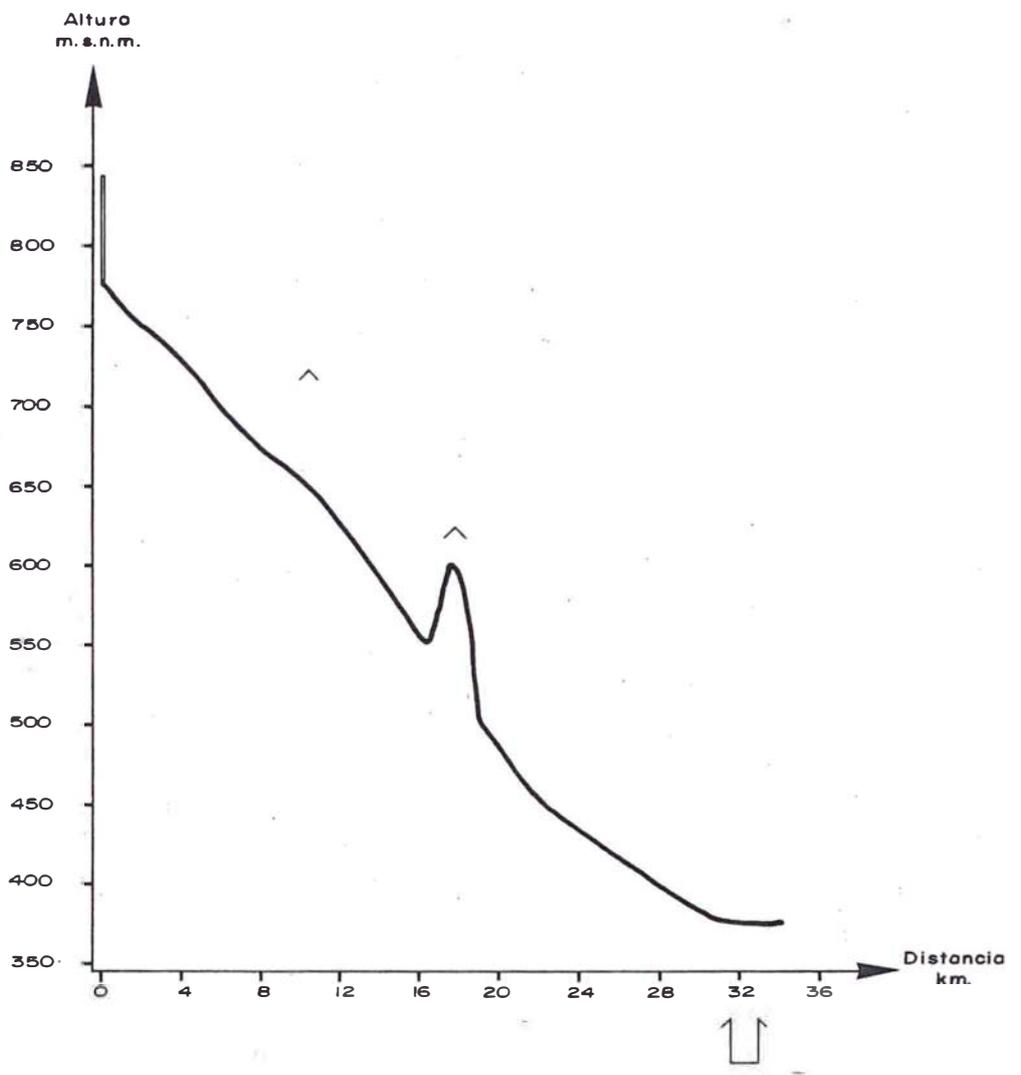
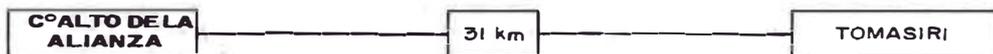
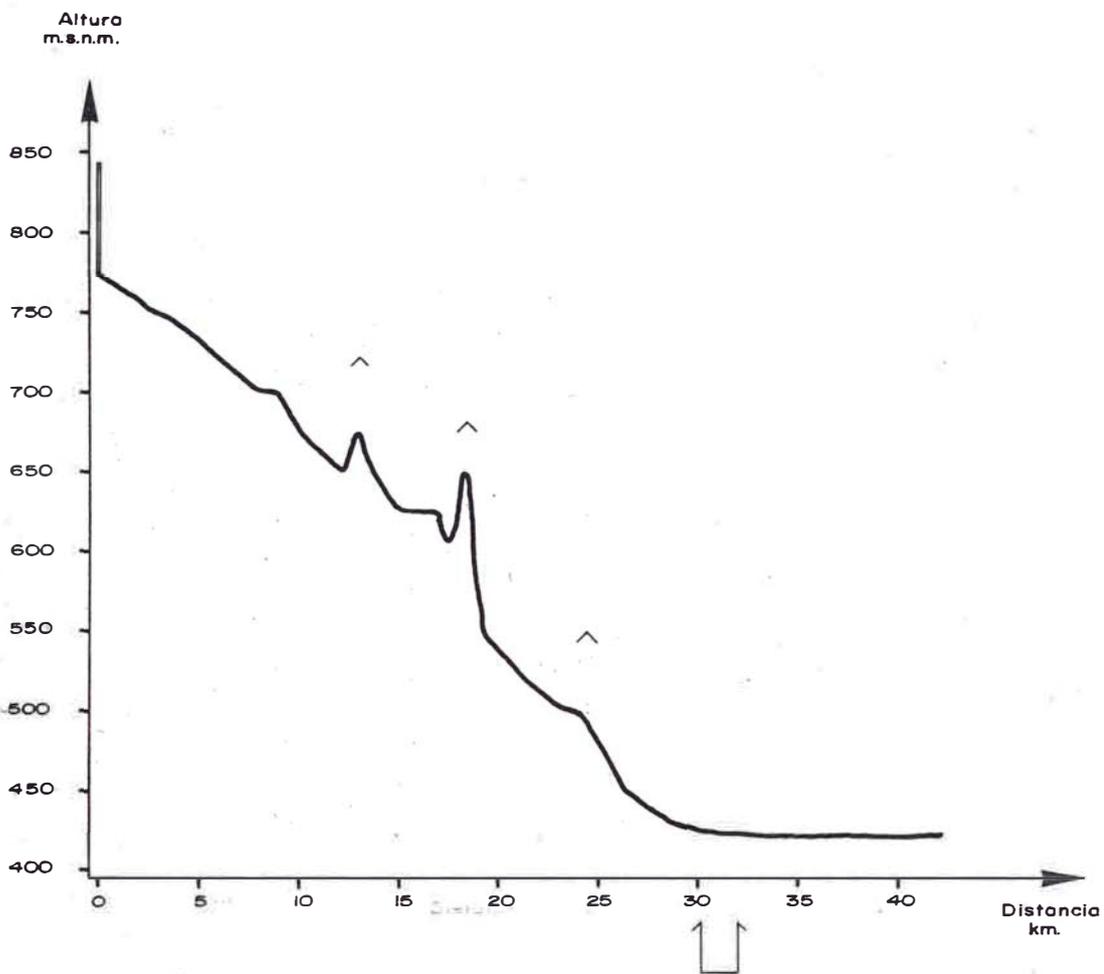


FIG.17-A



AZIMUTH=304°

FIG. 18-A

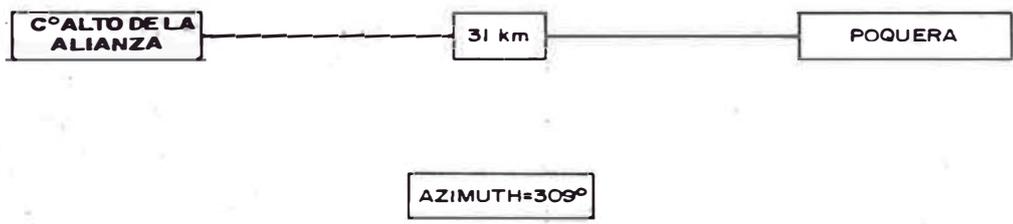
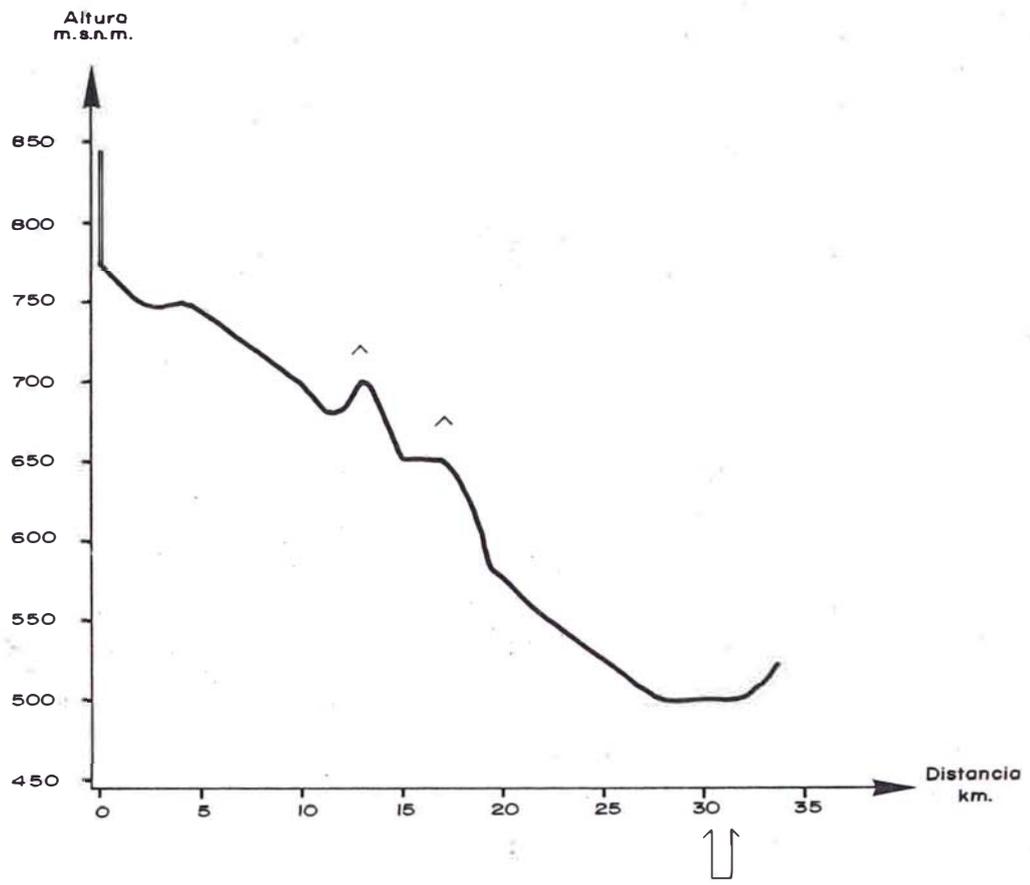
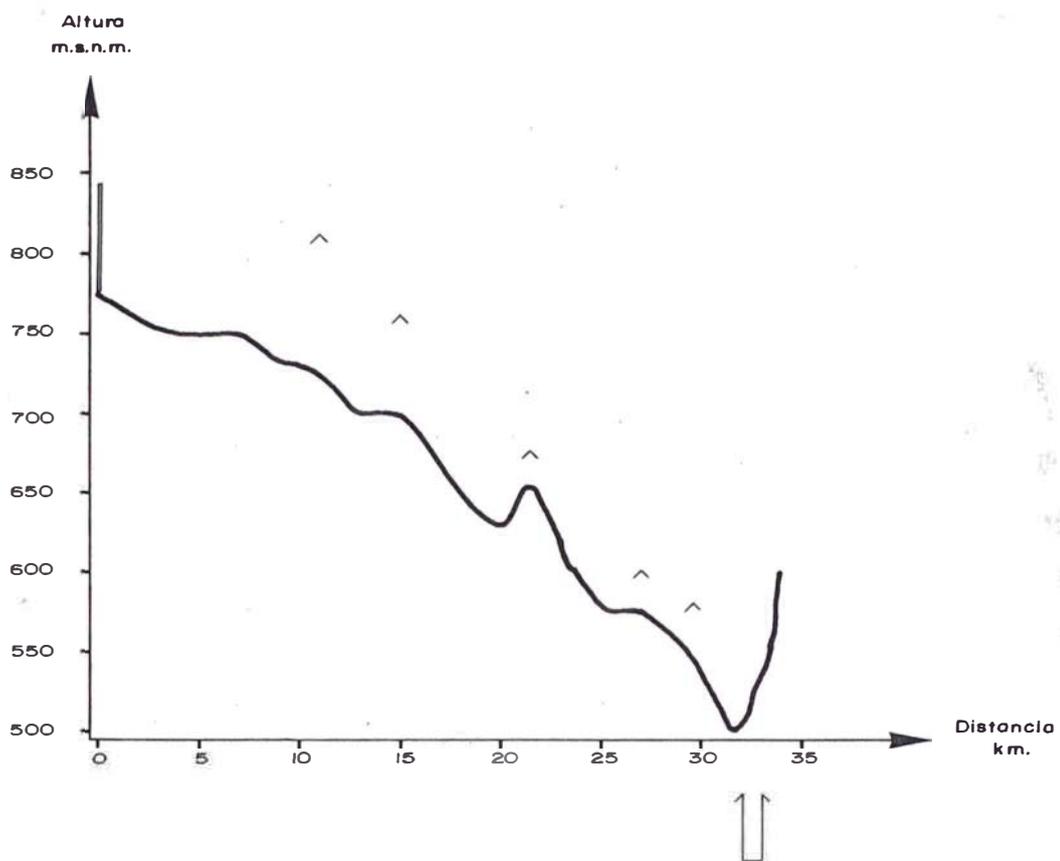
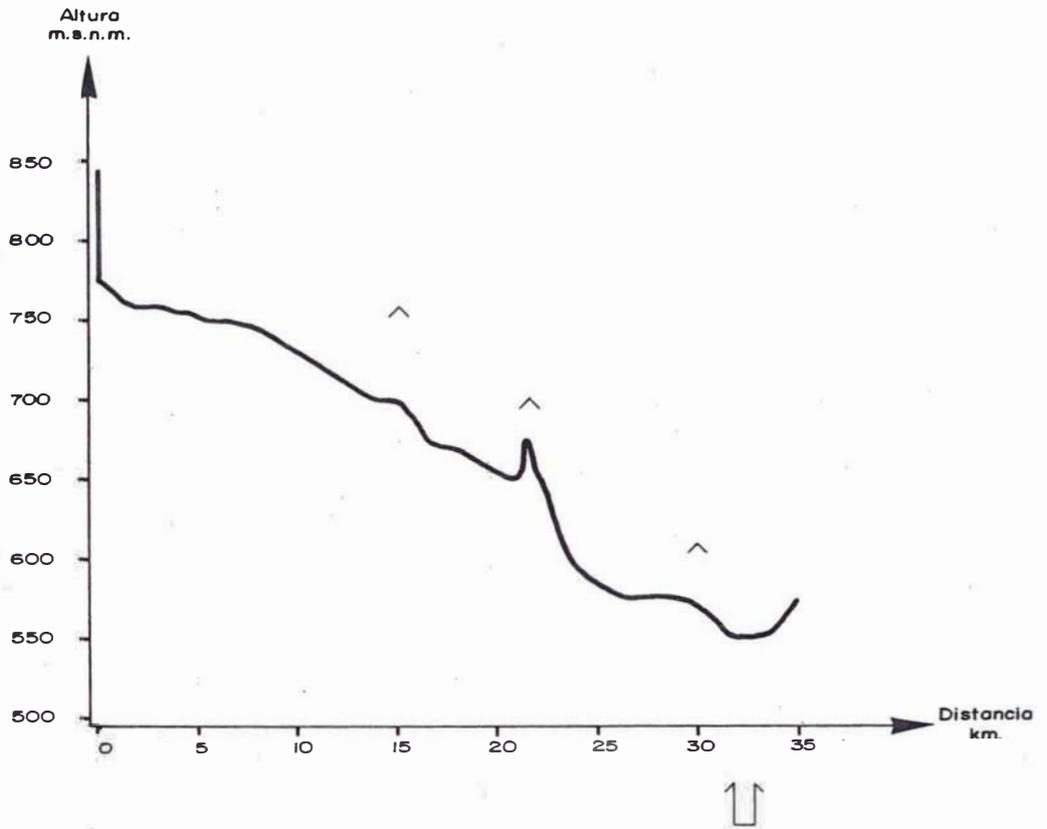


FIG.19-A



AZIMUTH=316°

FIG.20-A



AZIMUTH=317.5°

FIG.21-A

## HOJA DE CALCULO N° 01

ESTACION : CERRO ALTO DE LA ALIANZA  
 LOCALIDAD SERVIDA : CALIENTES - SANTA ROSA  
 DISTANCIA : 23.50 Km.  
 AZIMUT : 47° 30'  
 PERFIL N° : 1.A

<b>1</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EN EL ESPACIO LIBRE</b> dBu/m REF: 1000 W IRRADIADO	79.50		
<b>2</b>	<b>PERDIDAS</b>	<b>REFLEXION</b> (dB)	--	
		<b>OBSTACULO</b> (dB)	18.50	
		<b>FRESNEL</b>	<b>ARISTA</b> (dB)	--
			<b>TIERRA PLANA</b> (dB)	05.00
			<b>TIERRA ESFERICA</b> (dB)	--
		<b>CABLE Rx + MARGEN DE SEGURIDAD</b> (dB)	11.00	
<b>TOTAL</b> (dB)	34.50			
<b>3</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EFECTIVA</b> ( dBu/m ) (1) - (2)	45.00		
<b>4</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO RECOMENDADA</b> ( dBu/m )	48.00		
<b>5</b>	<b>POTENCIA EFECTIVA (3) - (4)</b>	( dBu/m )	-03.00	
	<b>IRRADIADA</b>	( W )	2,004	

**HOJA DE CALCULO N° 02**

ESTACION : CERRO ALTO DE LA ALIANZA  
 LOCALIDAD SERVIDA : PACHIA  
 DISTANCIA : 18.50 Km.  
 AZIMUT : 49° 30'  
 PERFIL N° : 2.A

<b>1</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EN EL ESPACIO LIBRE</b> dBu/m REF: 1000 W IRRADIADO		81.50	
<b>2</b>	<b>PERDIDAS</b>	<b>REFLEXION</b> (dB)	--	
		<b>OBSTACULO</b> (dB)	15.00	
		<b>FRESNEL</b>	<b>ARISTA</b> (dB)	09.80
			<b>TIERRA PLANA</b> (dB)	--
			<b>TIERRA ESFERICA</b> (dB)	--
		<b>CABLE Rx + MARGEN DE SEGURIDAD</b> (dB)		11.00
<b>TOTAL</b> (dB)		35.80		
<b>3</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EFECTIVA</b> (dBu/m) (1) - (2)		45.70	
<b>4</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO RECOMENDADA</b> (dBu/m)		48.00	
<b>5</b>	<b>POTENCIA EFECTIVA (3) - (4)</b>	(dBu/m)	-02.24	
	<b>IRRADIADA</b>	( W )	1,675.5	

**HOJA DE CALCULO N° 03**

ESTACION : CERRO ALTO DE LA ALIANZA  
 LOCALIDAD SERVIDA : MICULLA  
 DISTANCIA : 21.50 Km.  
 AZIMUT : 49° 30'  
 PERFIL N° : 2.A

<b>1</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EN EL ESPACIO LIBRE</b> dBu/m REF: 1000W IRRADIADO		80.20	
<b>2</b>	<b>PERDIDAS</b>	<b>REFLEXION</b> (dB)	--	
		<b>OBSTACULO</b> (dB)	09.00	
		<b>FRESNEL</b>	<b>ARISTA</b> (dB)	09.80
			<b>TIERRA PLANA</b> (dB)	--
			<b>TIERRA ESFERICA</b> (dB)	--
		<b>CABLE Rx + MARGEN DE SEGURIDAD</b> (dB)		11.00
<b>TOTAL</b> (dB)		29.80		
<b>3</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EFECTIVA</b> (dBu/m) (1) - (2)		50.40	
<b>4</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO RECOMENDADA</b> (dBu/m)		48.00	
<b>5</b>	<b>POTENCIA EFECTIVA (3)-(4)</b>	(dBu/m)	02.40	
	<b>IRRADIADA</b>	( W )	568.40	

## HOJA DE CALCULO N° 04

ESTACION : CERRO ALTO DE LA ALIANZA  
 LOCALIDAD SERVIDA : EL PELIGRO - GUAYCUYO  
 DISTANCIA : 17.10 Km.  
 AZIMUT : 52°  
 PERFIL N° : 3.A

<b>1</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EN EL ESPACIO LIBRE</b> dBu/m REF: 1000 W IRRADIADO	82.20		
<b>2</b>	<b>PERDIDAS</b>	<b>REFLEXION</b> (dB)	--	
		<b>OBSTACULO</b> (dB)	07.50	
		<b>FRESNEL</b>	<b>ARISTA</b> (dB)	--
			<b>TIERRA PLANA</b> (dB)	--
			<b>TIERRA ESFERICA</b> (dB)	20.50
		<b>CABLE Rx + MARGEN DE SEGURIDAD</b> (dB)	11.00	
<b>TOTAL</b> (dB)	39.00			
<b>3</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EFECTIVA</b> (dBu/m) (1) - (2)	43.20		
<b>4</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO RECOMENDADA</b> (dBu/m)	48.00		
<b>5</b>	<b>POTENCIA EFECTIVA (3) - (4)</b> IRRADIADA	(dBu/m) - 04.70		
		( W ) 2,990.83		

## HOJA DE CALCULO N° 05

ESTACION : CERRO ALTO DE LA ALIANZA  
 LOCALIDAD SERVIDA : CALANA  
 DISTANCIA : 12.50 Km.  
 AZIMUT : 57°  
 PERFIL N° : 4.A

<b>1</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EN EL ESPACIO LIBRE</b> dBu/m REF: 1000 W    IRRADIADO	84.90		
<b>2</b>	<b>PERDIDAS</b>	<b>REFLEXION</b> (dB)	15.20	
		<b>OBSTACULO</b> (dB)	--	
		<b>FRESNEL</b>	<b>ARISTA</b> (dB)	03.70
			<b>TIERRA PLANA</b> (dB)	--
			<b>TIERRA ESFERICA</b> (dB)	--
		<b>CABLE Rx + MARGEN DE SEGURIDAD</b> (dB)	11.00	
<b>TOTAL</b> (dB)	29.90			
<b>3</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EFECTIVA</b> (dBu/m) (1) - (2)	55.00		
<b>4</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO RECOMENDADA</b> (dBu/m)	48.00		
<b>5</b>	<b>POTENCIA EFECTIVA (3) - (4)</b>	(dBu/m)	07.00	
	<b>IRRADIADA</b>	( W )	196.60	

## HOJA DE CALCULO N° 06

ESTACION : CERRO ALTO DE LA ALIANZA  
 LOCALIDAD SERVIDA : PIEDRA BLANCA  
 DISTANCIA : 11.30 Km.  
 AZIMUT : 73°  
 PERFIL N° : 5.A

<b>1</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EN EL ESPACIO LIBRE</b> dBu/m REF: 1000 W IRRADIADO	85.80		
<b>2</b>	<b>PERDIDAS</b>	REFLEXION    (dB)	05.60	
		OBSTACULO    (dB)	--	
		<b>FRESNEL</b>	ARISTA    (dB)	02.00
			TIERRA PLANA (dB)	--
			TIERRA ESFERICA (dB)	--
		CABLE Rx + MARGEN DE SEGURIDAD (dB)	11.00	
TOTAL    (dB)	18.60			
<b>3</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EFECTIVA</b> ( dBu/m ) (1) - (2)	67.20		
<b>4</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO RECOMENDADA</b> ( dBu/m)	48.00		
<b>5</b>	<b>POTENCIA EFECTIVA (3)-(4)</b> IRRADIADA	( dBu/m )	19.20	
		( W )	12.00	

**HOJA DE CALCULO N° 07**

ESTACION : CERRO ALTO DE LA ALIANZA  
 LOCALIDAD SERVIDA : POCOLLAY - CERRO BLANCO  
 DISTANCIA : 11.00 Km.  
 AZIMUT : 77° 30'  
 PERFIL N° : 6.A

<b>1</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EN EL ESPACIO LIBRE</b> dBu/m REF: 1000W IRRADIADO		86.00	
<b>2</b>	<b>PERDIDAS</b>	<b>REFLEXION</b> (dB)	06.00	
		<b>OBSTACULO</b> (dB)	--	
		<b>FRESNEL</b>	<b>ARISTA</b> (dB)	01.00
			<b>TIERRA PLANA</b> (dB)	--
			<b>TIERRA ESFERICA</b> (dB)	--
		<b>CABLE Rx + MARGEN DE SEGURIDAD</b> (dB)		11.00
<b>TOTAL</b> (dB)		18.00		
<b>3</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EFECTIVA</b> (dBu/m) (1) - (2)		68.00	
<b>4</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO RECOMENDADA</b> (dBu/m)		48.00	
<b>5</b>	<b>POTENCIA EFECTIVA (3)-(4)</b>	(dBu/m)	20.00	
	<b>IRRADIADA</b>	( W )	09.80	

## HOJA DE CALCULO N° 08

ESTACION : CERRO ALTO DE LA ALIANZA  
 LOCALIDAD SERVIDA : POCOLLAY  
 DISTANCIA : 6.50 Km.  
 AZIMUT : 86° 30'  
 PERFIL N° : 7.A

1	INTENSIDAD DE CAMPO EN EL ESPACIO LIBRE    dBu/m REF: 1000 W    IRRADIADO	90.60		
2	PERDIDAS	REFLEXION    (dB)	06.40	
		OBSTACULO :    (dB)	--	
		FRESNEL	ARISTA    (dB)	02.00
			TIERRA PLANA (dB)	--
			TIERRA ESFERICA (dB)	--
		CABLE Rx + MARGEN DE SEGURIDAD ( dB )	11.00	
TOTAL    ( dB )	19.40			
3	INTENSIDAD DE CAMPO EFECTIVA ( dBu/m ) (1) - (2)	71.20		
4	INTENSIDAD DE CAMPO RECOMENDADA ( dBu/m )	48.00		
5	POTENCIA EFECTIVA (3) -(4)	( dBu/m )	23.20	
	IRRADIADA	( W )	4.73	

**HOJA DE CALCULO N° 09**

ESTACION : CERRO ALTO DE LA ALIANZA  
 LOCALIDAD SERVIDA : SOBRAYA  
 DISTANCIA : 9.00 Km.  
 AZIMUT : 86° 30'  
 PERFIL N° : 7.A

<b>1</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EN EL ESPACIO LIBRE</b> dBu/m REF: 1000 W IRRADIADO		87.80	
<b>2</b>	<b>PERDIDAS</b>	<b>REFLEXION</b> (dB)	--	
		<b>OBSTACULO</b> (dB)	--	
		<b>FRESNEL</b>	<b>ARISTA</b> (dB)	02.00
			<b>TIERRA PLANA</b> (dB)	--
			<b>TIERRA ESFERICA</b> (dB)	--
		<b>CABLE Rx + MARGEN DE SEGURIDAD</b> (dB)		11.00
<b>TOTAL</b> (dB)		13.00		
<b>3</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EFECTIVA</b> (dBu/m) (1) - (2)		74.80	
<b>4</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO RECOMENDADA</b> (dBu/m)		48.00	
<b>5</b>	<b>POTENCIA EFECTIVA (3) - (4)</b>	(dBu/m)	26.80	
	<b>IRRADIADA</b>	( W )	2.08	

## HOJA DE CALCULO N° 10

**ESTACION** : CERRO ALTO DE LA ALIANZA  
**LOCALIDAD SERVIDA** : TACNA  
**DISTANCIA** : 6.00 Km.  
**AZIMUT** : 91°  
**PERFIL N°** : 8.A

<b>1</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EN EL ESPACIO LIBRE</b> dBu/m REF: 1000 W IRRADIADO	71.30		
<b>2</b>	<b>PERDIDAS</b>	<b>REFLEXION</b> (dB)	04.60	
		<b>OBSTACULO</b> (dB)	--	
		<b>FRESNEL</b>	<b>ARISTA</b> (dB)	--
			<b>TIERRA PLANA</b> (dB)	--
			<b>TIERRA ESFERICA</b> (dB)	--
		<b>CABLE Rx + MARGEN DE SEGURIDAD</b> (dB)	11.00	
<b>TOTAL</b> (dB)	15.60			
<b>3</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EFECTIVA</b> (dBu/m) (1) - (2)	75.60		
<b>4</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO RECOMENDADA</b> (dBu/m)	48.00		
<b>5</b>	<b>POTENCIA EFECTIVA (3)-(4)</b> IRRADIADA	(dBu/m) 27.70		
	IRRADIADA	( W ) 1.70		

## HOJA DE CALCULO N° 11

ESTACION : CERRO ALTO DE LA ALIANZA  
 LOCALIDAD SERVIDA : TACNA  
 DISTANCIA : 7.25 Km.  
 AZIMUT : 94° 30'  
 PERFIL N° : 9.A

<b>1</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EN EL ESPACIO LIBRE</b> dBu/m REF: 1000 W IRRADIADO	89.90		
<b>2</b>	<b>PERDIDAS</b>	<b>REFLEXION</b> (dB)	08.90	
		<b>OBSTACULO</b> (dB)	--	
		<b>FRESNEL</b>	<b>ARISTA</b> (dB)	--
			<b>TIERRA PLANA</b> (dB)	--
			<b>TIERRA ESFERICA</b> (dB)	--
		<b>CABLE Rx + MARGEN DE SEGURIDAD</b> (dB)	11.00	
<b>TOTAL</b> (dB)	19.90			
<b>3</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EFECTIVA</b> (dBu/m) (1) - (2)	69.80		
<b>4</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO RECOMENDADA</b> (dBu/m)	48.00		
<b>5</b>	<b>POTENCIA EFECTIVA</b> (3)-(4) IRRADIADA	(dBu/m)	21.80	
		( W )	6.60	

## HOJA DE CALCULO N° 12

ESTACION : CERRO ALTO DE LA ALIANZA  
 LOCALIDAD SERVIDA : TACNA  
 DISTANCIA : 5.00 Km.  
 AZIMUT : 100°  
 PERFIL N° : 10.A

<b>1</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EN EL ESPACIO LIBRE</b> dBu/m REF: 1000 W IRRADIADO	92.90
<b>2</b>	<b>PERDIDAS</b>	<b>REFLEXION</b> (dB) <span style="float: right;">15.00</span>
		<b>OBSTACULO</b> (dB) <span style="float: right;">--</span>
		<b>FRESNEL</b>
		<b>ARISTA</b> (dB) <span style="float: right;">--</span>
		<b>TIERRA PLANA</b> (dB) <span style="float: right;">--</span>
		<b>TIERRA ESFERICA</b> (dB) <span style="float: right;">--</span>
	<b>CABLE Rx + MARGEN DE SEGURIDAD</b> (dB) <span style="float: right;">11.00</span>	
	<b>TOTAL</b> (dB) <span style="float: right;">26.00</span>	
<b>3</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EFECTIVA</b> (dBu/m) (1) - (2)	66.90
<b>4</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO RECOMENDADA</b> (dBu/m)	48.00
<b>5</b>	<b>POTENCIA EFECTIVA (3) -(4)</b>	(dBu/m) <span style="float: right;">18.90</span>
	<b>IRRADIADA</b>	( W ) <span style="float: right;">12.80</span>

## HOJA DE CALCULO N° 13

**ESTACION** : CERRO ALTO DE LA ALIANZA  
**LOCALIDAD SERVIDA** : SILPAY  
**DISTANCIA** : 3.50 Km.  
**AZIMUT** : 132°  
**PERFIL N°** : 11.A

<b>1</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EN EL ESPACIO LIBRE</b> dBu/m REF: 1000 W IRRADIADO	96.00		
<b>2</b>	<b>PERDIDAS</b>	<b>REFLEXION</b> (dB)	05.20	
		<b>OBSTACULO</b> (dB)	--	
		<b>FRESNEL</b>	<b>ARISTA</b> (dB)	--
			<b>TIERRA PLANA</b> (dB)	--
			<b>TIERRA ESFERICA</b> (dB)	--
		<b>CABLE Rx + MARGEN DE SEGURIDAD</b> (dB)	11.00	
<b>TOTAL</b> (dB)	16.20			
<b>3</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EFECTIVA</b> (dBu/m) (1) - (2)	79.80		
<b>4</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO RECOMENDADA</b> (dBu/m)	48.00		
<b>5</b>	<b>POTENCIA EFECTIVA (3) - (4)</b>	(dBu/m)	31.80	
	<b>IRRADIADA</b>	( W )	00.65	

## HOJA DE CALCULO N° 14

**ESTACION** : CERRO ALTO DE LA ALIANZA  
**LOCALIDAD SERVIDA** : PARA GRANDE  
**DISTANCIA** : 3.50 Km.  
**AZIMUT** : 157°  
**PERFIL N°** : 12.A

<b>1</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EN EL ESPACIO LIBRE</b> dBu/m REF: 1000 W    IRRADIADO	96.00		
<b>2</b>	<b>PERDIDAS</b>	<b>REFLEXION</b> (dB)	--	
		<b>OBSTACULO</b> (dB)	--	
		<b>FRESNEL</b>	<b>ARISTA</b> (dB)	--
			<b>TIERRA PLANA</b> (dB)	05.50
			<b>TIERRA ESFERICA</b> (dB)	--
		<b>CABLE Rx + MARGEN DE SEGURIDAD</b> (dB)		11.00
<b>TOTAL</b> (dB)		16.50		
<b>3</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EFECTIVA</b> (dBu/m) (1) - (2)	79.50		
<b>4</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO RECOMENDADA</b> (dBu/m)	48.00		
<b>5</b>	<b>POTENCIA EFECTIVA (3) -(4)</b> IRRADIADA	(dBu/m)	31.50	
		( W )	00.70	

## HOJA DE CALCULO N° 15

ESTACION : CERRO ALTO DE LA ALIANZA  
 LOCALIDAD SERVIDA : ARICA  
 DISTANCIA : 52.00 Km.  
 AZIMUT : 185°  
 PERFIL N° : 13.A

1	INTENSIDAD DE CAMPO EN EL ESPACIO LIBRE REF: 1000 W IRRADIADO	dBu/m 72.50		
2	PERDIDAS	REFLEXION (dB)	03.20	
		OBSTACULO (dB)	00.00	
		FRESNEL	ARISTA (dB)	05.50
			TIERRA PLANA (dB)	--
			TIERRA ESFERICA (dB)	--
		CABLE Rx + MARGEN DE SEGURIDAD (dB)	21.00	
TOTAL (dB)	29.70			
3	INTENSIDAD DE CAMPO EFECTIVA (dBu/m) (1) - (2)	42.80		
4	INTENSIDAD DE CAMPO RECOMENDADA (dBu/m)	48.00		
5	POTENCIA EFECTIVA (3) - (4)	(dBu/m) -05.11		
	IRRADIADA	( W ) 3,249.40		

## HOJA DE CALCULO N° 16

ESTACION : CERRO ALTO DE LA ALIANZA  
 LOCALIDAD SERVIDA : ESTACION EL HOSPICIO  
 DISTANCIA : 22.60 Km.  
 AZIMUT : 193°  
 PERFIL N° : 14.A

<b>1</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EN EL ESPACIO LIBRE</b> dBu/m REF: 1000 W IRRADIADO	79.80		
<b>2</b>	<b>PERDIDAS</b>	<b>REFLEXION</b> (dB)	--	
		<b>OBSTACULO</b> (dB)	--	
		<b>FRESNEL</b>	<b>ARISTA</b> (dB)	--
			<b>TIERRA PLANA</b> (dB)	--
			<b>TIERRA ESFERICA</b> (dB)	18.50
		<b>CABLE Rx + MARGEN DE SEGURIDAD</b> (dB)	11.00	
<b>TOTAL</b> (dB)	29.50			
<b>3</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EFECTIVA</b> (dBu/m) (1) - (2)	50.30		
<b>4</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO RECOMENDADA</b> (dBu/m)	48.00		
<b>5</b>	<b>POTENCIA EFECTIVA (3) - (4)</b>	(dBu/m)	02.30	
	<b>IRRADIADA</b>	( W )	586.00	

## HOJA DE CALCULO N° 17

ESTACION : CERRO ALTO DE LA ALIANZA  
 LOCALIDAD SERVIDA : MAGOLLO  
 DISTANCIA : 10.00 Km.  
 AZIMUT : 204°  
 PERFIL N° : 15.A

<b>1</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EN EL ESPACIO LIBRE</b> dBu/m REF: 1000 W IRRADIADO	86.90		
<b>2</b>	<b>PERDIDAS</b>	REFLEXION    (dB)	--	
		OBSTACULO    (dB)	--	
		FRESNEL	ARISTA    (dB)	--
			TIERRA PLANA (dB)	18.20
			TIERRA ESFERICA (dB)	--
		CABLE Rx + MARGEN DE SEGURIDAD (dB)	11.00	
TOTAL    (dB)	29.20			
<b>3</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EFECTIVA</b> (dBu/m) (1) - (2)	57.70		
<b>4</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO RECOMENDADA</b> (dBu/m)	48.00		
<b>5</b>	<b>POTENCIA EFECTIVA (3) - (4)</b> IRRADIADA	(dBu/m)	09.70	
		( W )	107.00	

## HOJA DE CALCULO N° 18

ESTACION : CERRO ALTO DE LA ALIANZA  
 LOCALIDAD SERVIDA : MAGOLLO  
 DISTANCIA : 12.00 Km.  
 AZIMUT : 208°  
 PERFIL N° : 16.A

<b>1</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EN EL ESPACIO LIBRE</b> dBu/m REF: 1000 W IRRADIADO	85.30
<b>2</b>	<b>PERDIDAS</b>	<b>REFLEXION</b> (dB) --
		<b>OBSTACULO</b> (dB) 09.80
		<b>FRESNEL</b>
		<b>ARISTA</b> (dB) --
		<b>TIERRA PLANA</b> (dB) 19.70
		<b>TIERRA ESFERICA</b> (dB) --
	<b>CABLE Rx + MARGEN DE SEGURIDAD</b> (dB) 11.00	
	<b>TOTAL</b> (dB) 40.50	
<b>3</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EFECTIVA</b> ( dBu/m ) (1) - (2)	44.80
<b>4</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO RECOMENDADA</b> ( dBu/m )	48.00
<b>5</b>	<b>POTENCIA EFECTIVA (3) -(4)</b>	( dBu/m ) -03.20
	<b>IRRADIADA</b>	( W ) 2,089

**HOJA DE CALCULO N° 19**

ESTACION : CERRO ALTO DE LA ALIANZA  
 LOCALIDAD SERVIDA : LAS YARAS  
 DISTANCIA : 33.00 Km.  
 AZIMUT : 297°  
 PERFIL N° : 17.A

<b>1</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EN EL ESPACIO LIBRE</b> dBu/m REF: 1000W IRRADIADO		76.50	
<b>2</b>	<b>PERDIDAS</b>	<b>REFLEXION</b> (dB)	11.00	
		<b>OBSTACULO</b> (dB)	07.50	
		<b>FRESNEL</b>	<b>ARISTA</b> (dB)	--
			<b>TIERRA PLANA</b> (dB)	--
			<b>TIERRA ESFERICA</b> (dB)	--
		<b>CABLE Rx + MARGEN DE SEGURIDAD</b> (dB)	11.00	
<b>TOTAL</b> (dB)	29.50			
<b>3</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EFECTIVA</b> (dBu/m) (1) - (2)		47.00	
<b>4</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO RECOMENDADA</b> (dBu/m)		48.00	
<b>5</b>	<b>POTENCIA EFECTIVA (3) -(4)</b>	(dBu/m)	-01.00	
	<b>IRRADIADA</b>	( W )	1,258	

### HOJA DE CALCULO N° 20

ESTACION : CERRO ALTO DE LA ALIANZA  
 LOCALIDAD SERVIDA : TOMASIRI  
 DISTANCIA : 32 Km.  
 AZIMUT : 304°  
 PERFIL N° : 18.A

<b>1</b>	INTENSIDAD DE CAMPO EN EL ESPACIO LIBRE    dBu/m REF: 1000 W IRRADIADO	76.70		
<b>2</b>	<b>PERDIDAS</b>	REFLEXION    (dB)	00.00	
		OBSTACULO    (dB)	09.00	
		<b>FRESNEL</b>	ARISTA    (dB)	03.70
			TIERRA PLANA (dB)	--
			TIERRA ESFERICA (dB)	--
		CABLE Rx + MARGEN DE SEGURIDAD ( dB )	11.00	
		TOTAL    ( dB )	23.70	
<b>3</b>	INTENSIDAD DE CAMPO EFECTIVA ( dBu/m ) (1) - (2)	53.00		
<b>4</b>	INTENSIDAD DE CAMPO RECOMENDADA ( dBu/m )	48.00		
<b>5</b>	POTENCIA EFECTIVA (3) - (4) IRRADIADA	( dBu/m ) ( W )	05.00 309.10	

## HOJA DE CALCULO N° 21

ESTACION : CERRO ALTO DE LA ALIANZA  
 LOCALIDAD SERVIDA : POQUERA  
 DISTANCIA : 31.40 Km.  
 AZIMUT : 309°  
 PERFIL N° : 19.A

<b>1</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EN EL ESPACIO LIBRE</b> dBu/m REF: 1000 W IRRADIADO	76.90		
<b>2</b>	<b>PERDIDAS</b>	REFLEXION      (dB)	--	
		OBSTACULO      (dB)	07.00	
		FRESNEL	ARISTA      (dB)	05.20
			TIERRA PLANA (dB)	03.20
			TIERRA ESFERICA (dB)	00.00
		CABLE Rx + MARGEN DE SEGURIDAD (dB)	11.00	
TOTAL      (dB)	26.40			
<b>3</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EFECTIVA</b> (dBu/m) (1) - (2)	50.50		
<b>4</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO RECOMENDADA</b> (dBu/m)	48.00		
<b>5</b>	<b>POTENCIA EFECTIVA (3)-(4)</b> IRRADIADA	(dBu/m)	02.50	
		( W )	562.30	

## HOJA DE CALCULO Nº 22

**ESTACION** : CERRO ALTO DE LA ALIANZA  
**LOCALIDAD SERVIDA** : SAMA GRANDE  
**DISTANCIA** : 33.00 Km.  
**AZIMUT** : 316°  
**PERFIL Nº** : 20.A

<b>1</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EN EL ESPACIO LIBRE</b> dBu/m REF: 1000 W IRRADIADO	76.50		
<b>2</b>	<b>PERDIDAS</b>	<b>REFLEXION</b> (dB)	--	
		<b>OBSTACULO</b> (dB)	15.50	
		<b>FRESNEL</b>	<b>ARISTA</b> (dB)	09.20
			<b>TIERRA PLANA</b> (dB)	04.80
			<b>TIERRA ESFERICA</b> (dB)	--
		<b>CABLE Rx + MARGEN DE SEGURIDAD</b> (dB)	11.00	
<b>TOTAL</b> (dB)	40.50			
<b>3</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EFECTIVA</b> (dBu/m) (1) - (2)	36.00		
<b>4</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO RECOMENDADA</b> (dBu/m)	48.00		
<b>5</b>	<b>POTENCIA EFECTIVA (3) - (4)</b>	(dBu/m)	-12.00	
	<b>IRRADIADA</b>	( W )	15,848.00	

## HOJA DE CALCULO N° 23

**ESTACION** : CERRO ALTO DE LA ALIANZA  
**LOCALIDAD SERVIDA** : EL ALTO  
**DISTANCIA** : 33.00 Km.  
**AZIMUT** : 317° 30'  
**PERFIL N°** : 21

<b>1</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EN EL ESPACIO LIBRE</b> dBu/m REF: 1000 W IRRADIADO	76.50		
<b>2</b>	<b>PERDIDAS</b>	REFLEXION      (dB)	--	
		OBSTACULO      (dB)	07.50	
		FRESNEL	ARISTA      (dB)	--
			TIERRA PLANA (dB)	21.20
			TIERRA ESFERICA (dB)	--
		CABLE Rx + MARGEN DE SEGURIDAD (dB)	11.00	
TOTAL      (dB)	39.70			
<b>3</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EFECTIVA</b> (dBu/m) (1) - (2)	36.8		
<b>4</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO RECOMENDADA</b> (dBu/m)	48.00		
<b>5</b>	<b>POTENCIA EFECTIVA (3) - (4)</b> IRRADIADA	(dBu/m)	-11.20	
		( W )	13,182.00	

4.3 Cálculo de la Potencia para los diferentes puntos de Cobertura

En este cálculo determinamos la potencia del equipo de transmisión y la distribución de potencia adecuada por fase. Ver cuadro No. III.1

CUADRO No. III.1

CALCULO DE LA POTENCIA REQUERIDA					
Perfil	Azimut	Localidad	Distancia ( km )	E.R.P. (W)	10log Pi/Pmax ( dB )
1.A	47.5°	Calientes Sta. Rosa	23.50	2,004.10	- 2.00
2.A	49.5°	Pachia	18.50	1,675.50	- 2.80
		Miculla	21.50	568.40	- 7.50
3.A	52.0°	El Peligro Cuaycuyo	17.10	2,990.80	- 0.36
4.A	57.0°	Calana	12.50	196.60	-12.10
5.A	78.0°	Piedra Blanca	11.30	12.00	-24.30
6.A	77.5°	Pocollay	11.00	9.80	-25.20
		Cerro Blanco			
7.A	86.5°	Pocollay	6.50	4.73	-28.30
		Sobraya	9.00	2.08	-31.90
8.A	91.0°	Tacna	6.00	1.70	-32.80
9.A	94.5°	Tacna	7.25	6.60	-26.90
10.A	100°	Tacna	5.00	12.80	-24.00
11.A	132°	Silpay	5.50	0.65	-36.90
12.A	157°	Pará Grande	5.50	0.70	-36.60
13.A	185°	Arica	52.00	3,249.4	00.00
14.A	193°	Estación el Hospicio	22.60	586.00	-07.40
15.A	204°	Magollo	10.00	107.00	-14.80
16.A	208°	Magollo	12.00	2,089.30	-01.90
17.A	297°	Las Yaras	33.00	1,258.00	-04.10
18.A	304°	Tomasiri	32.00	309.10	-10.20
19.A	309°	Poquera	31.40	562.30	-07.60
20.A	316°	Sama Grande	33.00	14,848.00	00.00
21.A	315.5°	El Alto	33.00	13,182.00	00.00

#### 4.4 Distribución de Potencia

Ubicamos en el diagrama polar los puntos correspondientes a la columna  $10 \log P_i / P_{\text{max}}$ . En base de estos puntos determinamos las direcciones de orientación de las antenas y las proporciones en que se debe distribuir la potencia.

En la Figura No. 1.7, se muestra una de las formas de distribución de potencia para esta estación.

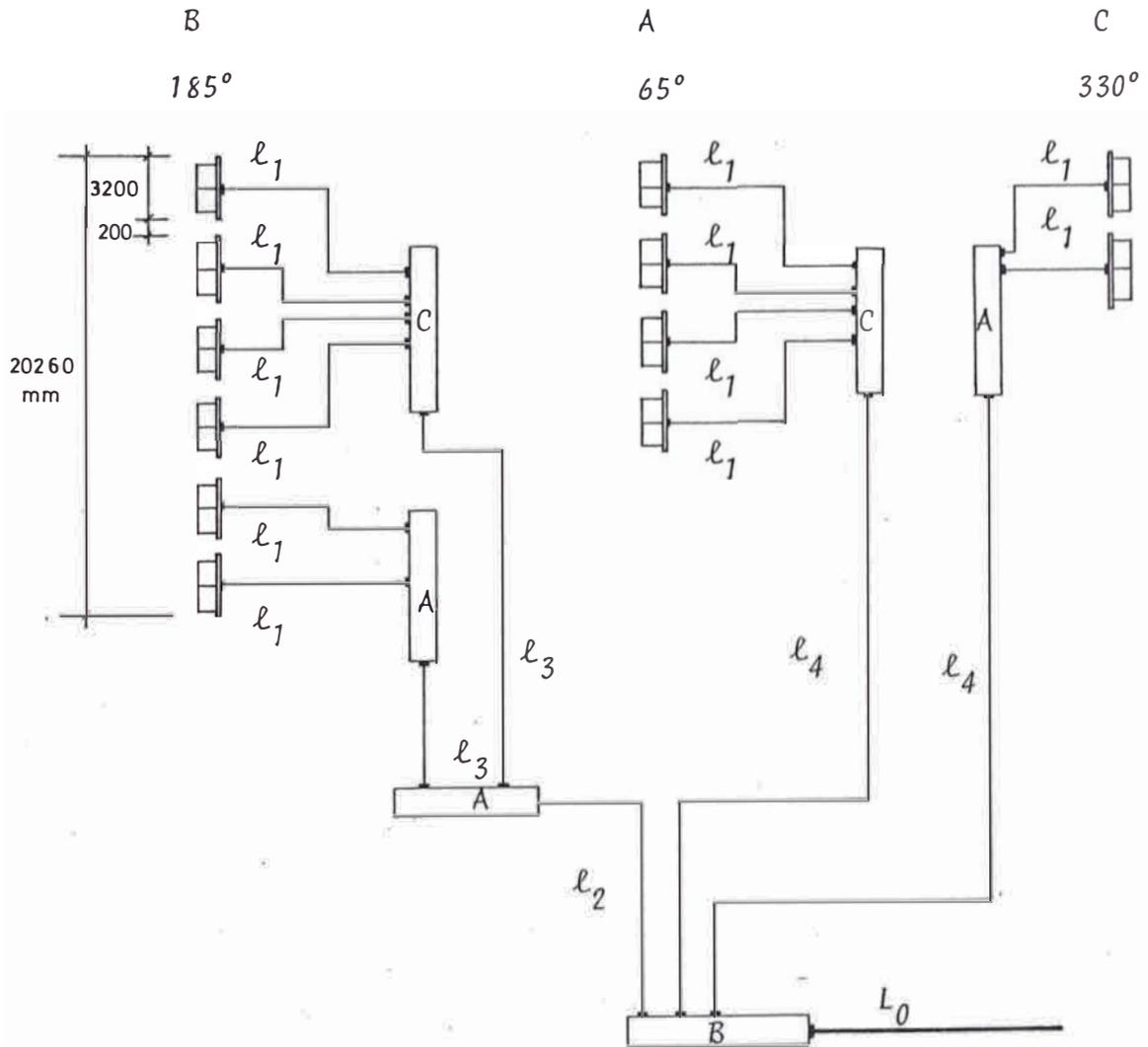


Fig.No. 1.7 Distribución de Potencia

Distribuidor de Potencia	A	B	C
TIPO	2 salidas 1/2 ,1/2	3 salidas 1/3 ,1/3, 1/3	4 salidas 1/4,1/4, 1/4,1/4

#### 4.5 Dimensionamiento de los Alimentadores

##### a).- Cable Coaxial Principal

Para la elección de la línea de transmisión principal se debe considerar lo siguiente :

PAVG : Relación de la Potencia Promedio del Cable (KW) en condiciones standard.

$P_t$  : Potencia del transmisor (KW)

VSWR : Relación de la tensión en la onda estacionaria.

F : Factor de reducción para el VSWR, que varía con la frecuencia y el tamaño de la línea.

A.T.F.: Factor de temperatura ambiental.

P.F. : Factor de Presurización.

T.C.F.: Factor característico de transmisión, para TV = 1.2

E : Eficiencia =  $\frac{100\%}{10^{db/10}}$  = depende de la longitud y atenuación .

##### EJEMPLO

- Frecuencia de Propagación : 55.25 MHz
- Potencia de transmisor : 2.0 KW
- Máximo VSWR de Línea : 1.2
- Modulación : 100% = 1
- Longitud de línea de transmisión. : 80 mt.
- Máxima Temperatura : 35° C
- Máxima Presurización sobre la línea : 1

Examinamos el requerimiento de Potencia.

$$P_{pk} \geq P_t (1+M)^2 VSWR$$

$$P_{pk} \geq 2 (1+1)^2 1.2 = 9.6 \text{ KW}$$

Así el cable se debe elegir para una potencia pico mayor de 10 kw.

Seguidamente la Potencia Promedio que debemos considerar será :

$$P_{avg} \geq \frac{P_t (VSWR^2 + 1) + F^1 (VSWR^2 - 1)}{A.T.F. \times P.F. \times T.C. \times 2 \times VSWR}$$

$$P_{avg} \geq \frac{2 (1.2^2 + 1) + 0.7 \times 0.44}{1 \times 1 \times 1.2 \times 2 \times 1.2}$$

$$P_{avg} \geq 2 \text{ KW.}$$

El cable seleccionado debe estar en una relación de potencia pico-pico mayor de 10KW, y una relación de potencia promedio mayor a 2 KW, según las curvas indicadas en el catálogo de la ANDREW, se elegiría el cable 7/8", pero por razones de pérdidas y considerando que económicamente no existe mayor diferencia optimizamos el sistema eligiendo el cable 1 5/8".

### Cálculo de la eficiencia

Para una frecuencia de 54 a 60 MHz la atenuación del cable 1 5/8" es 0.6 dB / 100 m.

Por tanto : en 80 m. habrá una pérdida total de 0.48 dB

$$\text{Eficiencia} = \frac{100}{10^{\frac{0.48}{10}}} \% = 89.5\%$$

Nota: Los parámetros para determinar estos cálculos han sido obtenidos del catálogo de antenas y cables coaxiales de la ANDREW.

### Cables Secundarios

- 1.-  $l_1$  = Se elige de acuerdo a necesidades mecánicas  
 $l_1$  = 9 m.
- 2.-  $l_2$  y  $l_3$  = Idem  
 $l_2$  = 10 m  
 $l_3$  = 4 m
- 3.-  $l_4$  = Para conservar la fase en la distribución de antenas, es necesario que se cumpla:  
 $l_4$  =  $l_2 + l_A + l_3$
- 4.- Cálculo de  $l_A$  (longitud eléctrica del distribuidor de potencia A)

$$l_A = \frac{\beta \cdot \lambda \cdot V \cdot K}{360^\circ}$$

Donde:

- $\lambda$  : Longitud de onda en metros
- $\beta$  : Desfasaje en grados
- V : Velocidad de propagación en el cable RG 214-U = 0.66 [ de la velocidad de la luz]
- K : No. entero de multiplicación

De la curva No.13 (Apéndice) correspondiente al distribuidor de potencia de 2 salidas en BI, encontramos un desfasaje de  $-101.5^\circ$ , por tanto:

$$l_A = \frac{101.5^\circ \times 5.43 \times 0.66 \times 6}{360^\circ} = 6.062 \text{ m.}$$

$$l_A = 6.062 \text{ m}$$

reemplazando en 4

$$l_A = 10 - 6.062 + 4 = 7.93 \text{ mt.}$$

5.-  $l_4 : 7.93 \text{ mt.}$

Resumen :

CABLE	$L_0$ (mt)	$l_1$ (mt)	$l_2$ (mt)	$l_3$ (mt)	$l_4$ (mt)
RG-214U		9	10	4	7.93
GEDELEX 17/50	80				

#### 4.6 Conectores Utilizados

La Fig. No. 1.8 muestra los tipos de conectores requeridos teniendo en cuenta la Potencia para evitar el recalentamiento.

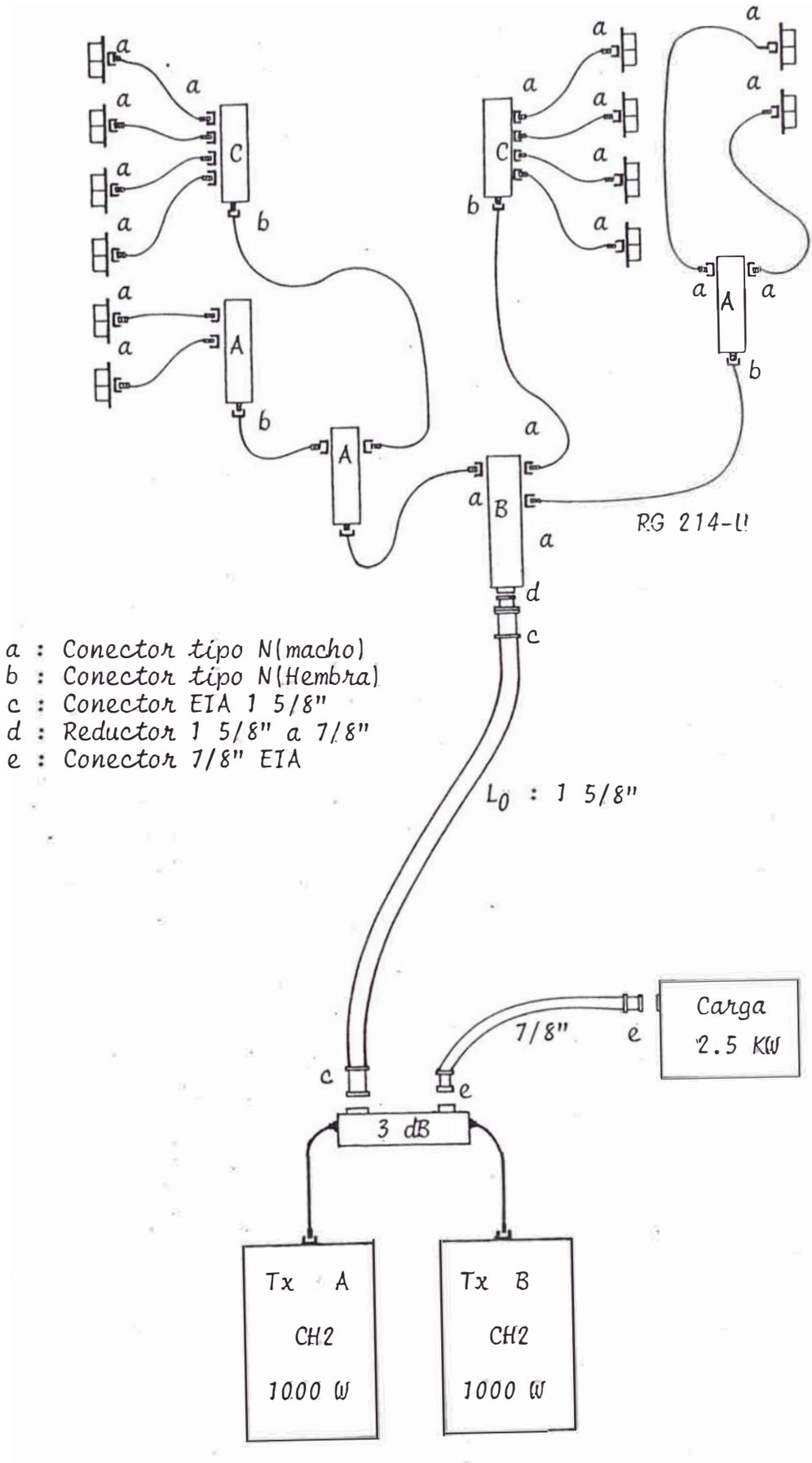
(Ver Figura No. 1.8)

#### 4.7 Cálculo de la Potencia efectiva irradiada

En el Cuadro No. III. 2 se muestra la deducción de ERP

( Ver cuadro III.2)

Fig. No. 1.8 Cables y Conectores



ESPECIFICACIONES DE PERFORMANCE

ESTACION	:	T A C N A		
CANAL	:	2		
FRECUENCIA DE CALCULO	:	55.25 Mhz		
POTENCIA NOMINAL	:	2,000 W		
POLARIZACION	:	HORIZONTAL		
TIPO DE ANTENA BASICA	:	PANEL TIPO CUADRO BI		
DIRECCION		A	B	C
FASE (GRADOS)		65°	185°	330°
N° DE ANTENA BASICA POR FASE (n)		4	6	2
GANANCIA POR ELEMENTO BASICO (dB) = g		5.50	5.50	5.50
GANANCIA POR LADO (dB) $\lambda/2 = g + 10 \log(n)$		11.52	13.28	8.5
DISTRIBUCION DE POTENCIA	RELACION DE DISTRIBUCION (Kp)	1/3	1/3	1/3
	$(10 \log Kp) \text{ dB} = R \text{ (dB)}$	-4.77	-4.77	-4.77
DISTRIBUCION DE FASE (GRADOS)		0°	0°	0°
GANANCIA DE ANTENAS : $g' - R \text{ dB} = G_0 \text{ (dB)}$		6.75	8.51	3.73
PERDIDA EN ALIMENTADORES : F (dB)		1.40	1.40	1.40
GANANCIA RESULTANTE : $G_0 - F \text{ dB} = G_r$		5.35	7.11	2.33
POTENCIA DE TRANSMISION	W	2,000.00	2,000.00	2,000.00
	dB/W $G_e$	33.01	33.01	33.01
POTENCIA EFECTIVA IRRADIADA	$(G_r + G_e) \text{ dB/W}$	38.36	40.12	35.34
	E.R.P. W	6,854.00	10,280.00	3,419.00

#### 4.8 Diagrama de Radiación Horizontal y Vertical

##### Diagrama de Radiación Horizontal

El diagrama de radiación horizontal de una antena panel tipo cuadro BI, se muestra en la Fig. No. 1.9, de igual modo la gráfica de la variación de fase en función del ángulo de TIR de esta antena, Fig. No. 1.10

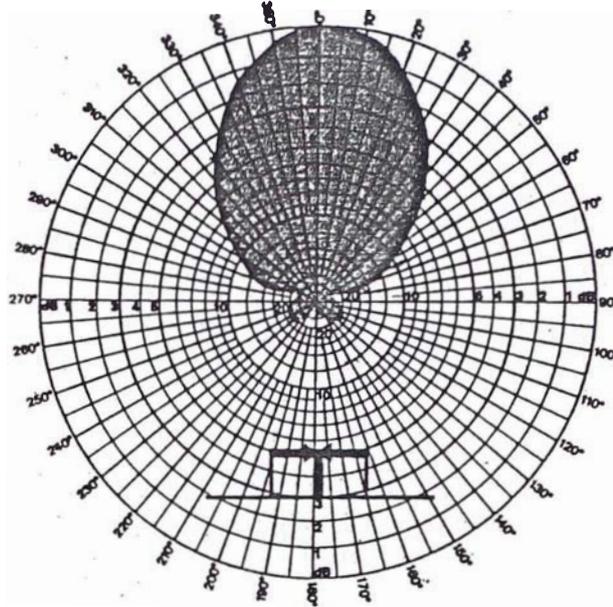


Fig. No.1.9 Patrón Horizontal

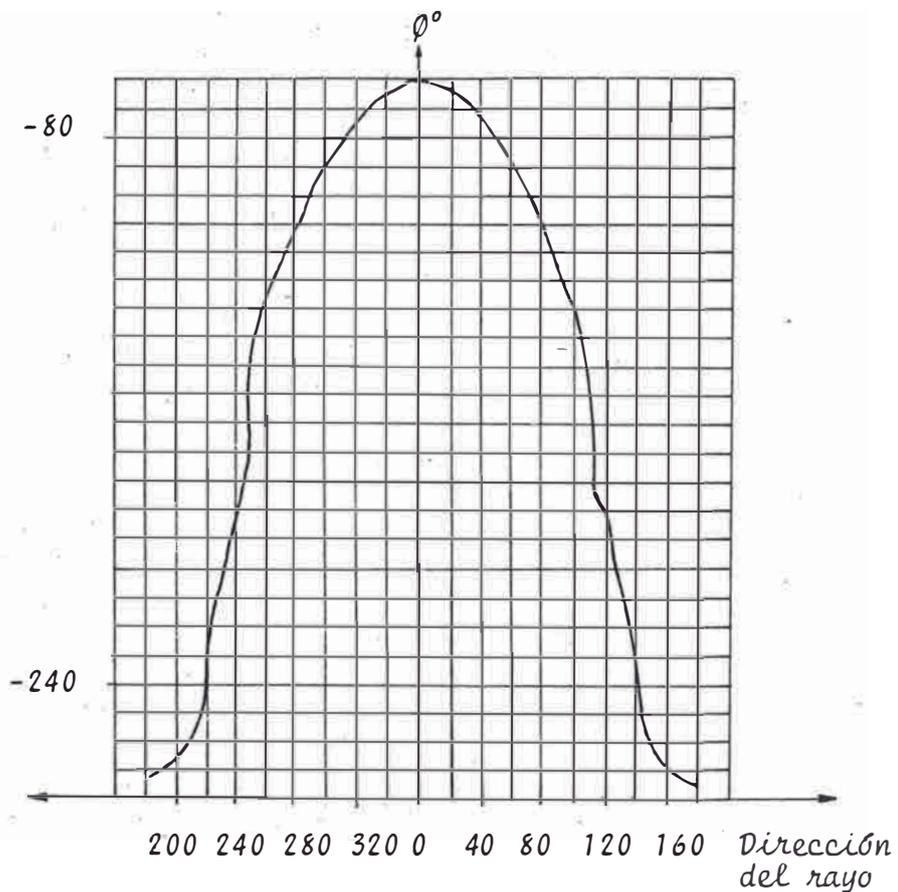
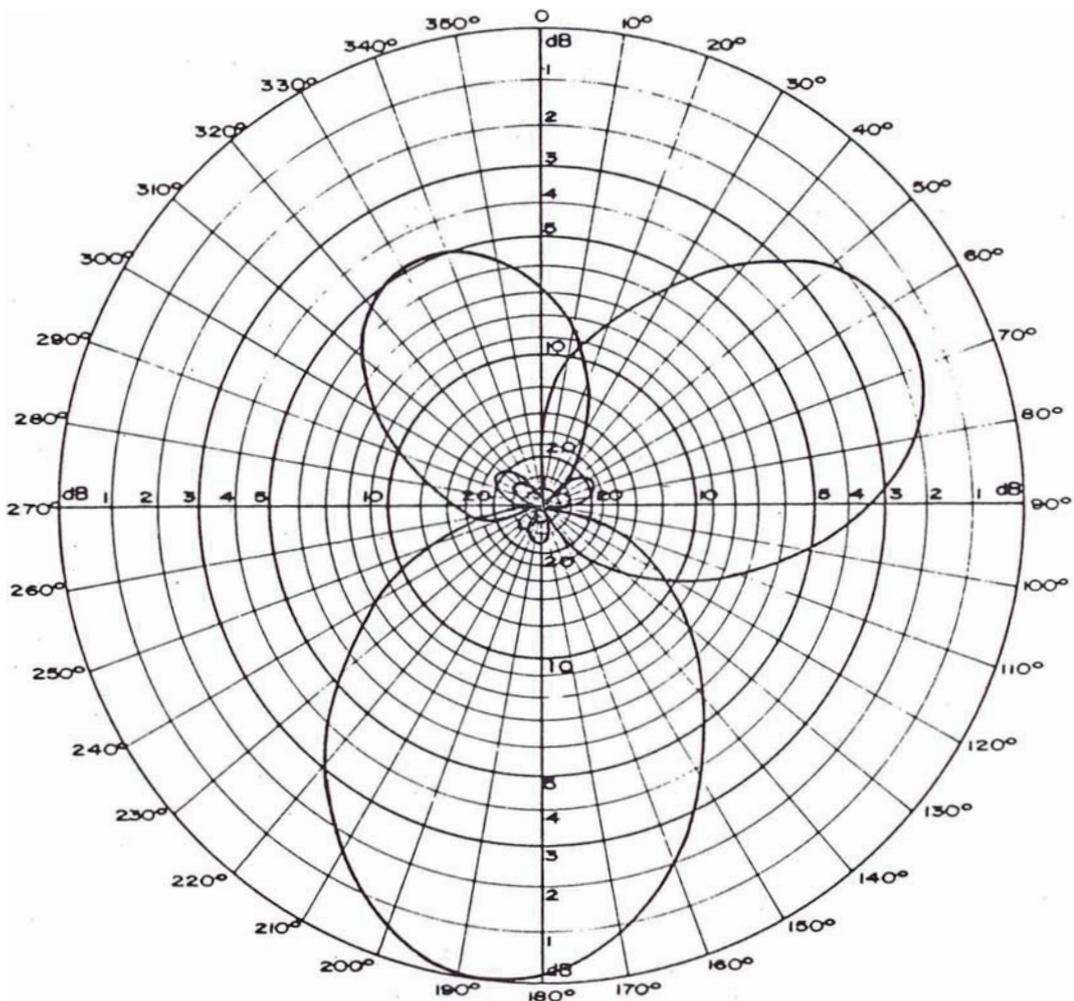


Fig.No.1.10 Variación de fase en función del ángulo de TIR de la antena

La máxima potencia está dirigida a  $185^\circ$ , corresponde al 0 dB, mientras que los otros dos lóbulos se encuentran a  $-1.76$  dB ( $65^\circ$ ) y a  $-4.78$  dB ( $330^\circ$ ) por debajo del haz principal, luego se efectúa la suma vectorial de los campos cada  $10^\circ$ , teniendo en cuenta el desfase de la antena con respecto al TIR.

En la Fig. 1.11 se muestra la superposición de los patrones de radiación unitarios en las direcciones correspondientes y en las proporciones requeridas.

Fig. No. 1.11



Fijamos nuestros parámetros :

$\vartheta$  : Angulo del diagrama Polar, varia de  $0^\circ$  a  $360^\circ$

$\varphi_1^\circ$  : Angulo de referencia que corresponde a la orientación B.

$$\varphi_1^\circ = E ( B, \theta_B ) \cos \omega t$$

$\varphi_2^\circ$  : Angulo correspondiente a la orientación C con respecto a  $\varphi_1^\circ$ , menos  $145^\circ$ .

$$\varphi_2^\circ = E ( C, \theta_B ) \cos ( \omega t - \varphi_{2/1} )$$

$\varphi_3^\circ$  : Angulo correspondiente a la orientación A con respecto a  $\varphi_1^\circ$ , menos  $240^\circ$ .

$$\varphi_3^\circ = E ( A, \theta_B ) \cos ( \omega t - \varphi_{3/1} )$$

donde :

$$\varphi_{2/1} = \varphi ( 2, \theta_B ) - \varphi ( 1, \theta_B )$$

$$\varphi_{3/1} = \varphi ( 3, \theta_B ) - \varphi ( 1, \theta_B )$$

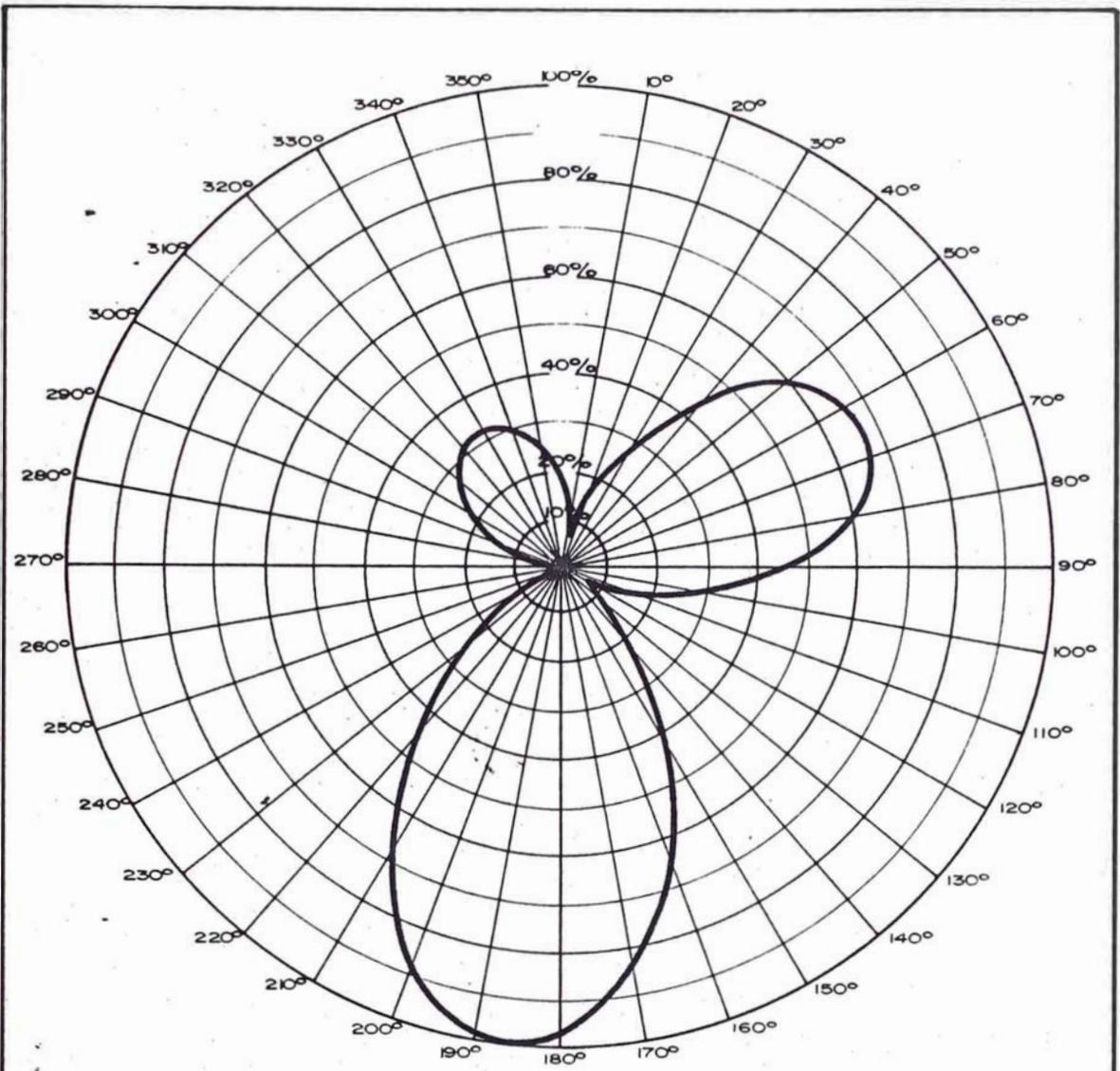
La amplitud se lee directamente tomando como referencia  $100^\circ$  a la dirección de  $185^\circ$  ( 0 dB )

Se realiza la suma vectorial de los campos obteniendo el diagrama de radiación horizontal. Ver Cuadro No. III.3, correspondiente a los cálculos respectivos y las figuras 1.12 y 1.13 en porcentaje y en dB respectivamente.

CALCULO DEL PATRON DE RADIACION HORIZONTAL

$\theta$	$\phi_1^\circ$	$\phi_2^\circ$	$\phi_3^\circ$	$\phi_{2/1}$	$\phi_{3/1}$	$E_b$	$E_0$	$E_A$	$E_R$	$10 \cdot \log \frac{E_R}{E_{RMAX}}$
186°	0	-875	-623	-875	-623	100.0	0.30	0.95	99.5	0
190°	-2	-920	-564	-918	-562	97.0	0.37	0.90	95.9	-0.16
195°	-4	-940	-440	-936	-4.36	94.4	0.51	0.50	94.1	-0.24
205°	-16	-960	-325	-944	-309	79.4	0.51	0.25	79.2	-0.99
215°	-30	-975	-265	-945	-235	56.7	0.40	0.10	56.3	-2.41
225°	-54	-978	-220	-924	-166	38.0	0.33	0.0	37.7	-4.21
235°	-62	-962	-162	-900	-100	19.9	0.26	0.0	19.6	-7.0
245°	-120	-940	-120	-920	-0	110.0	0.3	0.0	9.7	-10.1
255°	-164	-895	-80	-731	84	4.7	1.2	0.1	4.8	-13.1
265°	-209	-760	-55	-551	154	0.25	2.5	0.1	2.3	-16.3
275°	-264	-660	-23	-396	241	0.31	5.0	0.3	5.2	-12.8
285°	-820	-564	-16	-244	304	1.1	8.9	0.56	7.8	-10.9
295°	-540	-350	-4	-190	536	1.1	14.1	0.79	13.6	-8.6
305°	-606	-300	0	306	300	1.2	20.5	0.79	21.8	-6.5
315°	-684	-240	-4	444	236	1.1	27.0	0.50	26.6	-5.7
325°	-760	-185	-16	575	744	0.8	31.6	0.31	10.1	-5.2
385°	-856	-140	-30	716	826	0.5	33.2	0.15	33.6	-4.7
345°	-954	-100	-54	854	900	0.1	30.3	0.10	30.2	-5.1
355°	-974	-62	-62	912	912	0.1	22.5	0.10	22.2	-6.5
05°	-980	-40	-120	940	860	0.1	16.3	4.6	17.5	-7.5
15°	-970	-20	-164	950	806	0.2	9.3	13.1	7.6	-11.1
25°	-950	-10	-209	940	741	0.8	5.1	20.8	16.8	-7.7
35°	-925	-2	-264	923	661	1.1	2.6	33.1	33.2	-4.7
45°	-840	-2	-320	838	520	1.5	0.8	53.7	52.7	-2.7
55°	-710	-5	-540	705	170	1.6	0.08	64.5	62.8	-2.0
65°	-620	-15	-606	605	114	1.6	0.2	66.6	68.0	-1.6
75°	-440	-30	-684	410	-244	1.6	0.33	66.0	65.4	-1.8

$\theta$	$\varphi_1$	$\varphi_2$	$\varphi_3$	$\varphi_{2/1}$	$\varphi_{3/1}$	$E_b$	$F_0$	$E_A$	$E_R$	$10 \log \frac{E_R}{E_{RMAX}}$
85°	-330	-60	-760	270	-430	0.8	0.37	53.5	54.0	-2.6
95°	-265	-80	-856	185	-591	0.4	0.37	38.9	38.7	-4.1
105°	-220	-132	-954	88	-734	0.3	0.33	24.5	24.6	-6.0
115°	-162	-182	-974	-20	-812	6.0	0.21	14.4	15.5	-8.0
125°	-120	-223	-980	-103	-860	10.0	0.0	6.7	6.5	-11.8
135°	-80	-280	-970	-200	-890	20.4	0.0	3.1	17.4	-7.5
145°	-50	-350	-950	-300	-900	83.1	0.03	0.25	32.8	-4.8
155°	-30	-570	-925	-540	-895	52.4	0.0	0.2	52.2	-2.8
165°	-18	-642	-840	-624	-822	72.4	0.0	0.3	72.3	-1.4
175°	-4	-742	-710	-738	-706	91.2	0.1	0.5	91.7	-0.3
185°	0	-875	-620	-875	-620	100.0	0.3	0.95	99.6	0.



**CONDICION DE TRANSMISION :**

ESTACION : TACNA

CANAL : 2

FRECUENCIA : 54 Mhz - 60 Mhz

DISTRIBUCION DE POTENCIA :

POTENCIA DE TRANSMISION : 2000 W.

A: 1/3 , B: 1/3 , C: 1/3 , D:     

POLARIZACION : HORI ZONTAL

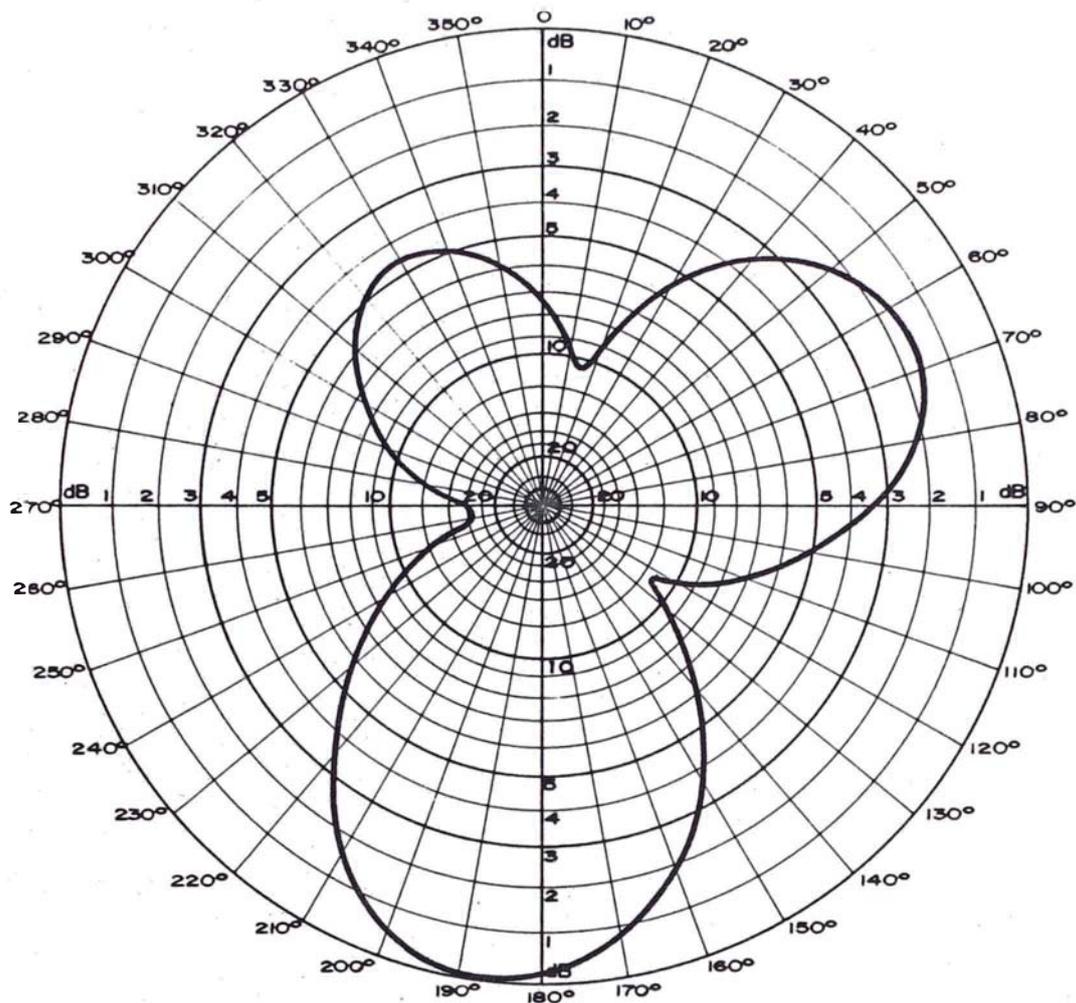
Nº DE ANTENAS POR FASE :

GANANCIA MAXIMA POR FASE : 7.11 dB.

A: 4 , B: 6 , C: 2 , D:     

E.R.P. 10,280 W 0 dB.

Fig. 1. 12



**CONDICION DE TRANSMISION :**

ESTACION : TACNA

CANAL : 2

FRECUENCIA : 54 Mhz - 60 Mhz

DISTRIBUCION DE POTENCIA :

POTENCIA DE TRANSMISION 2000 W

A 1/3 , B 1/3 , C 1/3 , D \_\_\_\_\_

POLARIZACION : HORIZONTAL

Nº DE ANTENAS POR FASE :

GANANCIA MAXIMA POR FASE : 7.11 dB

A 4 , B 6 , C 2 , D \_\_\_\_\_

E.R.P. 10,280 W 0 dB

Fig. 1. 13

Cálculo del Diagrama de Radiación Vertical

De idéntico modo como el caso del diagrama de Radiación Horizontal, efectuamos la suma vectorial de los campos con que contribuye cada antena al tener el montaje en Stack.

La Fig. 1.14 muestra el patrón de radiación vertical de la antena panel tipo Cuadro BI, la Fig. 1.15 muestra la disposición por fase del arreglo de paneles.

FASE 65°

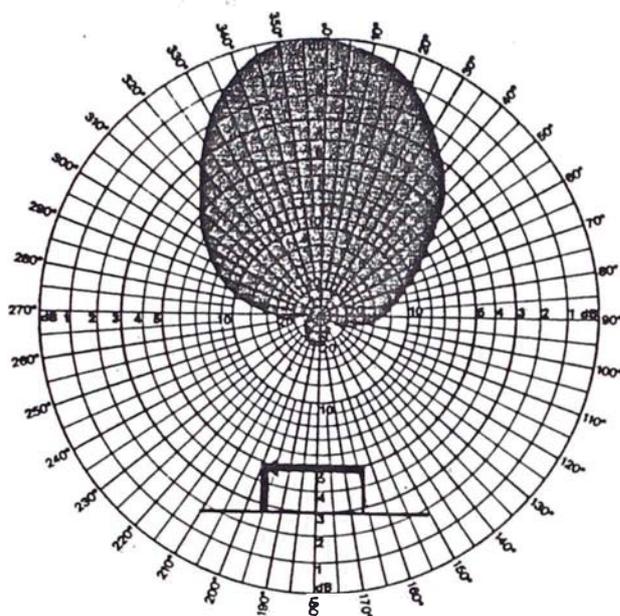


Fig. 1.14 Patrón de Radiación Vertical

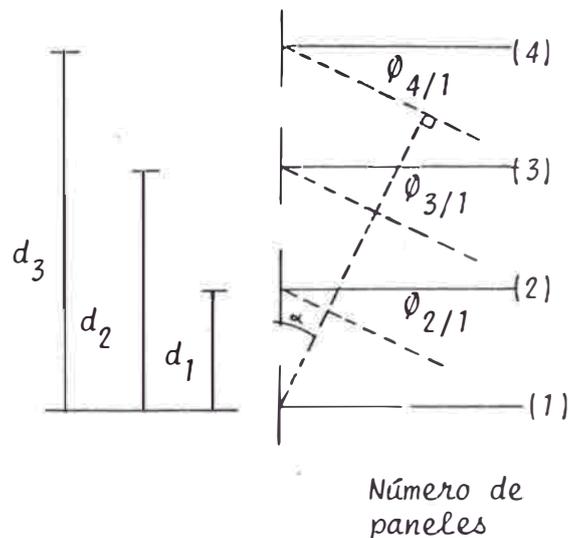


Fig. 1.15 Arreglo de Antenas

Donde:

$$\phi_{2/1} = -360^\circ d_1 \text{ sen} (-\alpha)$$

$$d_1 = 3,410 \text{ mm}$$

$$\phi_{3/1} = -360^\circ d_2 \text{ sen} (-\alpha)$$

$$d_2 = 6,820 \text{ mm}$$

$$\phi_{4/1} = -360^\circ d_3 \text{ sen} (-\alpha)$$

$$d_3 = 10,230 \text{ mm}$$

$$\lambda = 5,429 \text{ mm}$$

$$0^\circ, 30^\circ$$

Cálculo de los ceros:

$$\alpha_1 = -\text{Arc sen} \frac{5429 (1)}{4 \times 3410} = -23.4^\circ, \text{ el segundo cero está en } 52.4^\circ$$

Efectuamos los cálculos de la suma vectorial hasta  $\alpha = 30^\circ$

Ver Cuadro No. III.4

C U A D R O No. III.4

$\alpha$	$\varphi^{\circ} 2/1$	$\varphi^{\circ} 3/1$	$\varphi^{\circ} 4/1$	$E_x$	$E_y$	$E_R \times 100$	$10 \log \frac{E}{E_{max}}$
0°	0	0	0	4.00	0.0	400	0.
1°	3.94	7.89	11.83	3.95	0.41	397.15	-0.06
2°	7.89	15.78	23.67	3.83	0.80	391.97	-0.17
3°	11.83	23.66	35.50	3.66	1.17	384.53	-0.34
4°	15.77	31.54	47.32	3.43	1.50	374.93	-0.56
5°	19.70	39.41	59.12	3.15	1.79	363.27	-0.83
6°	23.63	47.27	70.90	2.84	2.02	349.70	-1.16
7°	27.55	55.11	82.67	2.51	2.20	384.35	-1.55
8°	31.47	62.94	94.41	2.15	2.32	317.42	-2.00
9°	35.37	70.74	106.12	1.79	2.39	299.07	-2.52
10°	39.26	78.53	117.79	1.44	2.39	279.51	-3.11
11°	43.14	86.29	129.43	1.10	2.33	258.86	-3.80
12°	47.01	94.02	141.04	0.78	2.22	236.31	-4.57
13°	50.86	101.73	152.60	0.50	2.07	213.89	-5.43
14°	54.70	109.40	164.11	0.26	1.89	191.21	-6.41
15°	58.52	117.05	175.57	0.06	1.68	169.49	-7.50
16°	62.32	124.65	186.98	0.08	1.45	145.93	-8.75
17°	66.11	132.22	198.33	0.19	1.22	123.72	-10.19
18°	69.87	139.75	209.62	0.26	0.98	102.06	-11.86
19°	73.61	147.23	220.85	0.28	0.76	81.10	-13.86
20°	77.33	154.67	232.01	0.26	0.54	61.00	-16.33
21°	81.03	162.07	243.10	0.21	0.35	41.68	-19.64
22°	84.70	169.41	254.12	0.14	0.18	23.67	-24.55
23°	88.35	176.70	265.06	0.04	0.05	7.00	-35.06
23.4°	89.80	179.60	269.40	0.00	0.00	0.00	00.00
24°	91.97	183.94	275.91	0.06	-0.05	8.08	-33.88
25°	95.56	191.12	286.69	0.17	-0.13	21.72	-25.30
26°	99.12	198.25	297.37	0.28	-0.17	33.83	-21.45
27°	102.65	205.31	307.97	0.39	-0.19	44.40	-19.09
28°	106.15	212.31	318.47	0.49	-0.18	53.44	-17.48
29°	109.62	219.25	328.88	0.58	-0.16	60.98	-16.33
30°	113.06	226.12	339.18	0.65	-0.12	67.07	-15.50

FASE 185°

Del mismo modo teniendo el arreglo de la Fig. No. 1.16 efectuamos la suma vectorial.

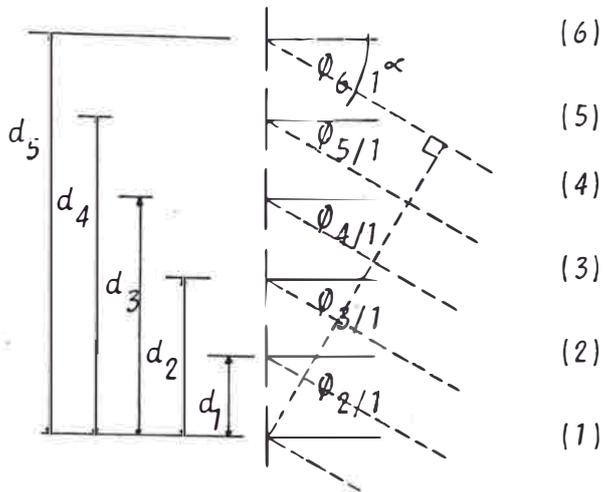


Fig. No. 1.16 Arreglo de Antenas

$$\begin{aligned} \phi_{2/1} &= -360^\circ d_1 \text{ sen } (-\alpha) & d_1 &= 3,410 \text{ mm} \\ \phi_{3/1} &= -360^\circ d_2 \text{ sen } (-\alpha) & d_2 &= 6,820 \text{ mm} \\ \phi_{4/1} &= -360^\circ d_3 \text{ sen } (-\alpha) & d_3 &= 10,230 \text{ mm} \\ \phi_{5/1} &= -360^\circ d_4 \text{ sen } (-\alpha) & d_4 &= 13,640 \text{ mm} \\ \phi_{6/1} &= -360^\circ d_5 \text{ sen } (-\alpha) & d_5 &= 17,050 \text{ mm} \\ & & \lambda &= 5,429 \text{ mm} \\ & & f &= 55.25 \text{ MHz.} \end{aligned}$$

Cálculo de los ceros:

$$\begin{aligned} \alpha &= -\text{Arc sen } \frac{\lambda k}{n \cdot d} \\ \alpha_1 &= -\text{Arc sen } \frac{5429 \times 1}{6 \times 3410} = -15.3^\circ \\ \alpha_2 &= -\text{Arc sen } \frac{5429 \times 2}{6 \times 3410} = -32^\circ \end{aligned}$$

El cuadro No. III. 5 muestra la suma vectorial de 0° a 30° y en la Fig. No. 1.17 se muestra la gráfica correspondiente.

C U A D R O N o. III. 5

$\alpha$	$\phi^{\circ} 2/1$	$\phi^{\circ} 3/1$	$\phi^{\circ} 4/1$	$\phi^{\circ} 6/1$	$\phi^{\circ} 5/1$	$E_x$	$E_y$	$E_R \times 100$	$10 \log E_R / E_{max}$
0°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00	0.00	600.00	0.00
1°	3.94	7.89	11.88	19.73	15.78	5.84	1.01	593.37	0.09
2°	7.89	15.78	23.67	39.45	31.56	5.44	1.95	578.66	-0.31
3°	11.83	23.66	35.50	59.17	47.33	4.83	2.74	556.28	-0.65
4°	15.77	31.54	47.32	78.86	63.09	4.06	3.34	526.83	-1.12
5°	19.70	39.41	59.12	98.53	78.83	3.20	3.72	491.05	-1.74
6°	23.63	47.27	70.90	118.18	94.54	2.51	3.85	449.86	-2.50
7°	27.55	55.11	82.67	137.78	110.23	1.45	3.77	404.27	-3.42
8°	31.47	62.94	94.41	157.35	125.88	0.69	3.48	355.38	-4.54
9°	35.37	70.74	106.12	176.86	141.49	0.08	3.04	304.33	-5.89
10°	39.26	78.53	117.79	196.33	157.06	-0.35	2.49	252.29	-7.52
11°	43.14	86.29	129.43	215.73	172.58	-0.61	1.90	199.87	-9.54
12°	47.01	94.02	141.04	235.06	188.05	-0.68	1.32	148.95	-12.10
13°	50.86	101.73	152.60	254.33	203.46	-0.60	0.80	100.00	-15.51
14°	54.70	109.40	164.11	273.52	218.81	-0.40	0.38	55.49	-20.67
15°	58.53	117.05	175.57	292.62	234.10	-0.12	0.08	14.59	-32.27
15.3°	59.66	119.33	178.98	298.30	238.64	0.00	0.00	0.00	0.00
16°	62.32	124.65	186.98	311.64	249.31	0.19	-0.08	21.57	-28.88
17°	66.11	132.22	198.33	330.56	264.44	0.50	-0.13	52.56	-21.14
18°	69.87	139.75	209.62	349.38	279.50	0.77	-0.07	78.09	-17.71
19°	73.61	147.23	220.85	368.09	294.47	0.97	0.06	98.03	-15.73
20°	77.33	154.67	232.01	386.69	309.35	1.09	0.25	112.42	-14.54
21°	81.03	162.07	243.10	405.17	324.14	1.11	0.46	120.76	-13.92
22°	84.70	169.41	254.12	423.53	338.83	1.05	0.65	123.96	-13.69
23°	88.35	176.70	265.06	441.76	353.41	0.92	0.80	122.48	-13.80
24°	91.97	183.94	275.91	459.86	367.89	0.75	0.89	116.90	-14.20
25°	95.56	191.12	286.69	477.82	382.25	0.55	0.92	107.83	-14.90
26°	99.12	198.25	297.37	495.63	396.50	0.36	0.88	95.93	-15.92
27°	102.65	205.31	307.97	513.29	410.63	0.18	0.79	81.85	-17.30
28°	106.15	212.31	318.47	530.79	424.63	-0.05	0.66	66.27	-19.13
29°	109.62	219.25	328.88	548.13	438.50	-0.03	0.49	49.81	-21.61
30°	113.06	226.12	339.18	565.30	452.24	0.07	0.32	33.06	-25.17

FASE 330°

De igual modo de la Fig. No. 1.18

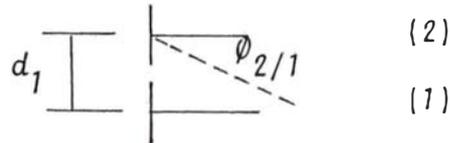


Fig. No. 1.18 Arreglo de antenas

La contribución de la antena 2 con respecto a la antena 1 será

$$\phi_{2/1} = -360^\circ \frac{d_1}{\lambda} \sin(-\alpha) \quad \text{donde : } d_1 = 3410 \text{ mm}$$

$$\lambda = 5429 \text{ mm}$$

$$f = 55.25 \text{ MHz}$$

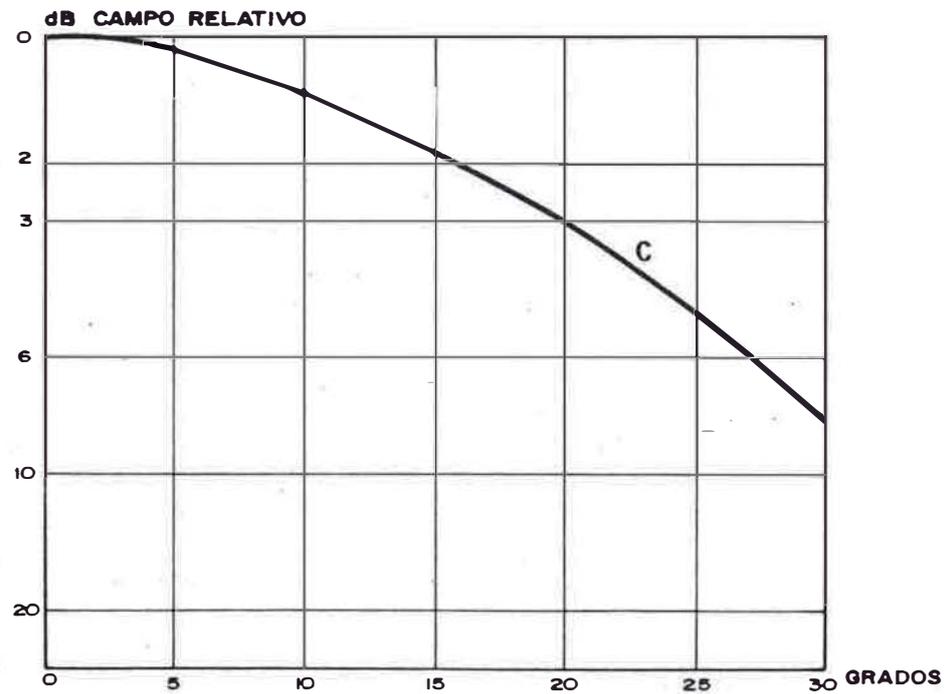
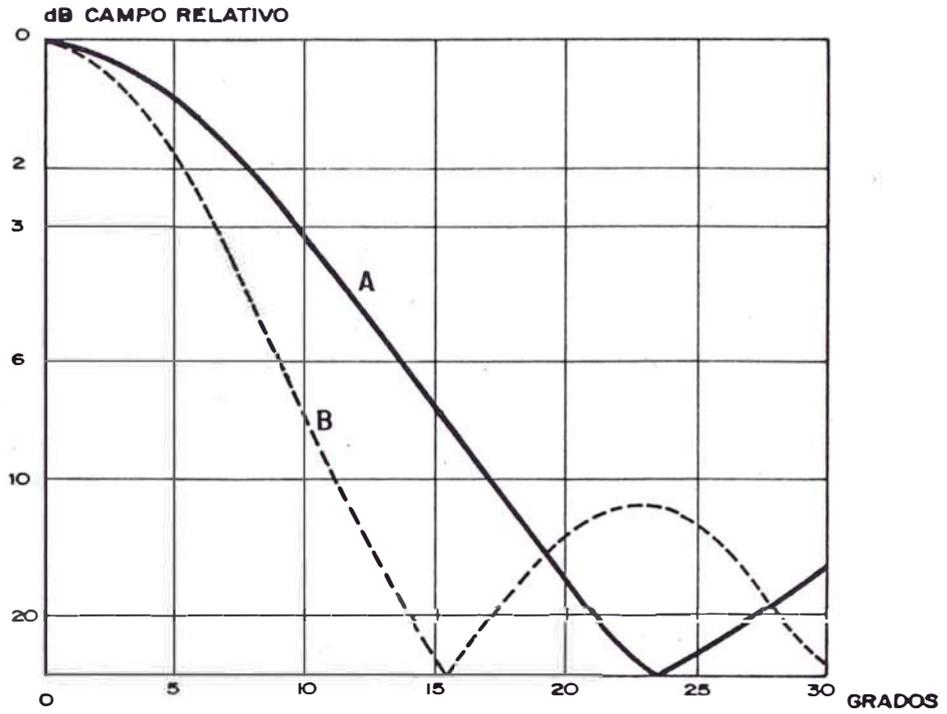
Cálculo del Cero

$$\alpha_1 = -\text{Arc sen} \frac{5429 \times 1}{2 \times 3410} = -52.7^\circ$$

El cuadro No. III.6 muestra la suma vectorial y la Fig. 1.19 la grafica de esta suma.

C U A D R O No. III .6

$\alpha$	$\phi_{2/1}$	$E_x$	$E_y$	$E_R \times 100$	$10 \log \frac{E_R}{E_{max}}$
0°	0.00	2.00	0.00	200.00	0.00
1°	3.94	1.98	0.06	199.04	-0.04
2°	7.89	1.97	0.13	197.86	-0.09
3°	11.83	1.95	0.20	196.44	-0.15
4°	15.77	1.92	0.26	194.80	-0.22
5°	19.70	1.90	0.33	192.94	-0.31
6°	23.63	1.86	0.39	190.86	-0.40
7°	27.55	1.83	0.44	188.57	-0.51
8°	31.46	1.79	0.50	186.08	-0.62
9°	35.36	1.74	0.55	183.39	-0.75
10°	39.25	1.70	0.60	180.52	-0.89
11°	43.13	1.64	0.65	176.99	-1.06
12°	47.00	1.58	0.69	173.30	-1.24
13°	50.85	1.53	0.72	169.45	-1.43
14°	54.69	1.46	0.76	165.47	-1.64
15°	58.51	1.40	0.78	161.36	-1.86
16°	62.31	1.34	0.81	157.12	-2.09



CONDICION DE TRANSMISION

PATRON VERTICAL

ESTACION : TACNA

CANAL : 2

FRECUENCIA : 54 Mhz - 60 Mhz

Nº DE ANTENAS POR FASE :

POTENCIA DE TRANSMISION : 2000 W

A: 4 B: 6 C: 2 D:     

FASE : A: 65° B: 185° C: 330° D:     

Fig. 1.19

17°	66.10	1.28	0.83	152.78	-2.33
19°	69.86	1.21	0.84	148.33	-2.59
19°	73.60	1.15	0.86	143.79	-2.86
20°	77.32	1.08	0.87	139.18	-3.14
21°	81.02	1.01	0.86	135.77	-3.49
22°	84.69	0.94	0.86	128.34	-3.85
23°	88.33	0.88	0.85	122.90	-4.22
24°	91.95	0.81	0.84	117.47	-4.62
25°	95.54	0.75	0.83	112.06	-5.03
26°	99.10	0.69	0.81	106.68	-5.45
27°	102.63	0.63	0.79	101.33	-5.90
28°	106.13	0.57	0.76	96.04	-6.37
29°	109.60	0.52	0.74	90.80	-6.85
30°	113.04	0.47	0.71	85.64	-7.36

4.9 Cálculo de la Potencia Efectiva Irradiada para los diferentes puntos del área de cobertura.

Del diagrama de Radiación Horizontal (Fig. 1.13 ) procedemos a efectuar los cálculos respectivos de la Intensidad de Campo Real , tal como se muestra en el cuadro No. III.7.

C U A D R O No. III.7

Perfil	Azímüt	Lócalidad	Distancia (Km)	$E_o$ (dBu/m)	$A_T$ (dB)	$E_R$ (dBu/m)
1.A	47.5°	Calientas	23.50	87.30	34.60	52.80
2.A	49.5°	Pachia	13.50	89.50	35.80	53.70
	49.5°	Miculla	21.50	88.10	29.80	58.30
3.A	52°	El Peligro	17.10	90.40	34.00	51.40
4.A	57°	Calana	12.50	93.20	29.90	63.30
5.A	73°	Piedra Blanca	11.30	94.20	18.60	75.60
6.A	77.5°	Pocollay Cerro Blanco	11.00	94.20	18.00	76.20
7.A	86.5°	Pocollay	6.50	98.00	19.40	78.60
	86.5°	Sobraya	9.00	95.20	13.00	82.20
8.A	91°	Tacna	6.00	98.00	15.60	82.40
9.A	94.5°	Tacna	7.25	95.50	19.90	75.60
10.A	100°	Tacna	5.00	97.90	26.00	71.90
11.A	132°	Silpay	3.50	97.60	16.20	81.40
12.A	157°	Pará Grande	3.50	103.90	16.50	87.40
13.A	185°	Arica	52.00	82.70	29.70	53.00

---

14.A	193°	Estación el Hospicio	22.60	89.70	29.50	60.20
15.A	204°	Magollo	10.00	96.30	29.20	67.10
16.A	208°	Magollo	12.00	94.00	40.50	53.50
17.A	297°	Las Varas	33.00	78.60	29.50	49.10
18.A	304°	Tomasiri	32.00	80.10	23.70	56.40
19.A	309°	Poquera	31.40	81.00	26.40	54.60
20.A	316°	Sama Grande	33.00	81.50	40.50	41.00
21.A	317.5°	El Alto	33.00	81.60	39.70	41.90

---

Donde:

$E_0$  = Intensidad de campo en el espacio Libre

$A_T$  = comprende:

$A_f$  : Pérdida por Fresnel

$A_0$  : Pérdida por Reflexión

$A_s$  : Pérdida por obstáculo

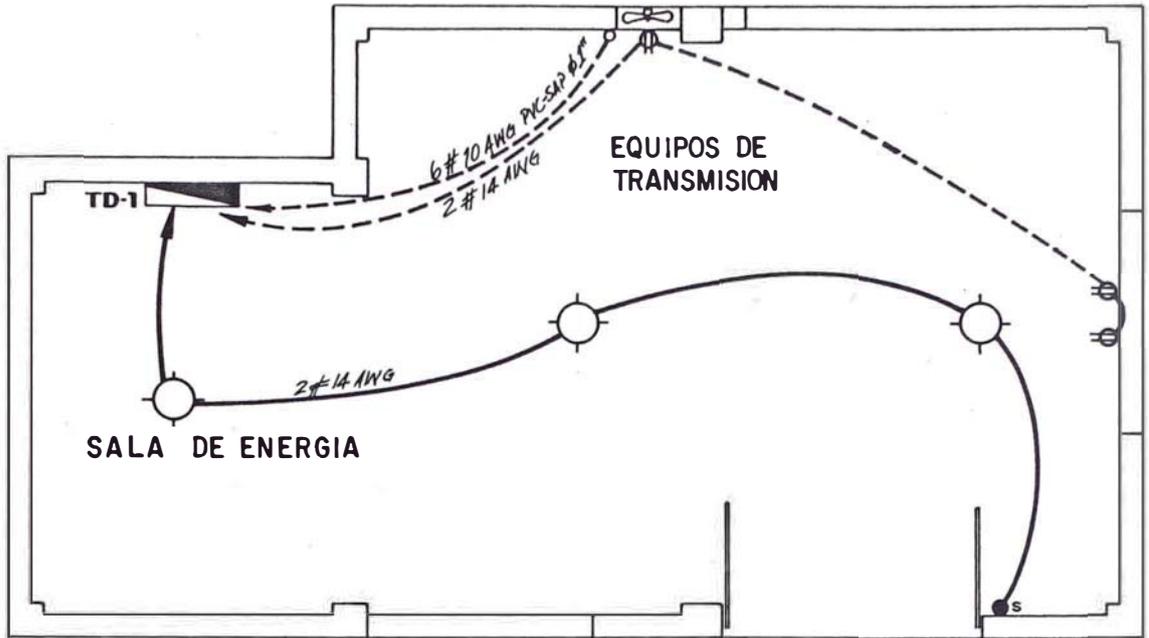
$A_{cc}$  : Pérdida en cables y conectores de recepción

$E_R$  = Intensidad de campo de recepción

#### 4.10 Obras Civiles y Energía

Los planos arquitectónicos correspondientes a la caseta donde se instalarán los equipos de la planta transmisora se muestran en la Fig. 1.20 ; caseta se material noble con un sistema de ventilación adecuado

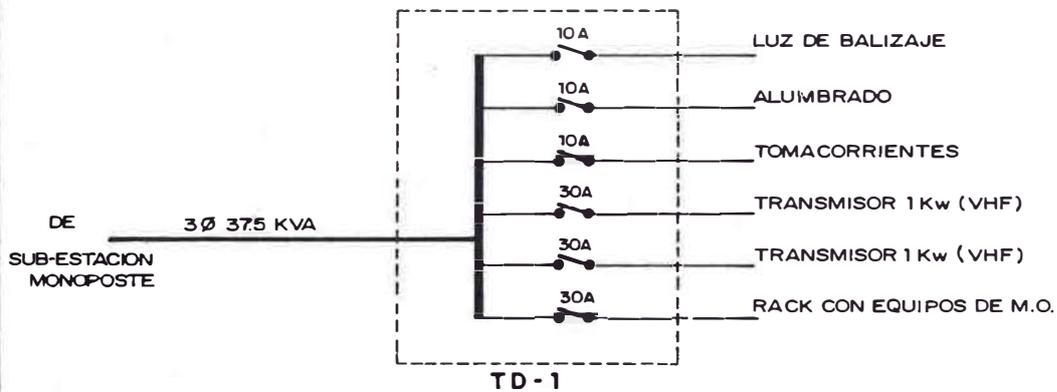
De igual modo en la Fig. 1.21 se muestra el diagrama de conexionado del sistema de energía.



**L E Y E N D A**

- |  |                                                          |  |                                                       |
|--|----------------------------------------------------------|--|-------------------------------------------------------|
|  | TABLERO DE DIST. ELECTRICA TD-1                          |  | EXTRACTOR DE AIRE 15" x 15"                           |
|  | SALIDA PARA ALUMBRADO<br>CAJA OCTOGONAL 4 x 4 x 1 1/2"   |  | TUBERIA EMPOTRADA POR PARED O TECHO<br>PVC-SAP Ø 1/2" |
|  | TOMACORRIENTE BIPOLAR DOBLE                              |  | TUBERIA EMPOTRADA POR PISO<br>PVC-SAP Ø 1/2"          |
|  | INTERRUPTOR DE 1 GOLPE<br>TIPO BALANCIN, 1.20 m.s.n.p.t. |  |                                                       |

**INSTALACION ELECTRICA**



**DIAGRAMA UNIFILAR**

FIG. No 1.21

5.- Enlace Planta Transmisora Tacna (C° Alto de la Alianza) -Toquepata ( C° Plaza)

5.1 Perfil de enlace

El perfil de la trayectoria de enlace entre el C° Alto de de la Alianza y el C° Plaza ,se muestra en la Fig.No.1.22

m. s. n. m

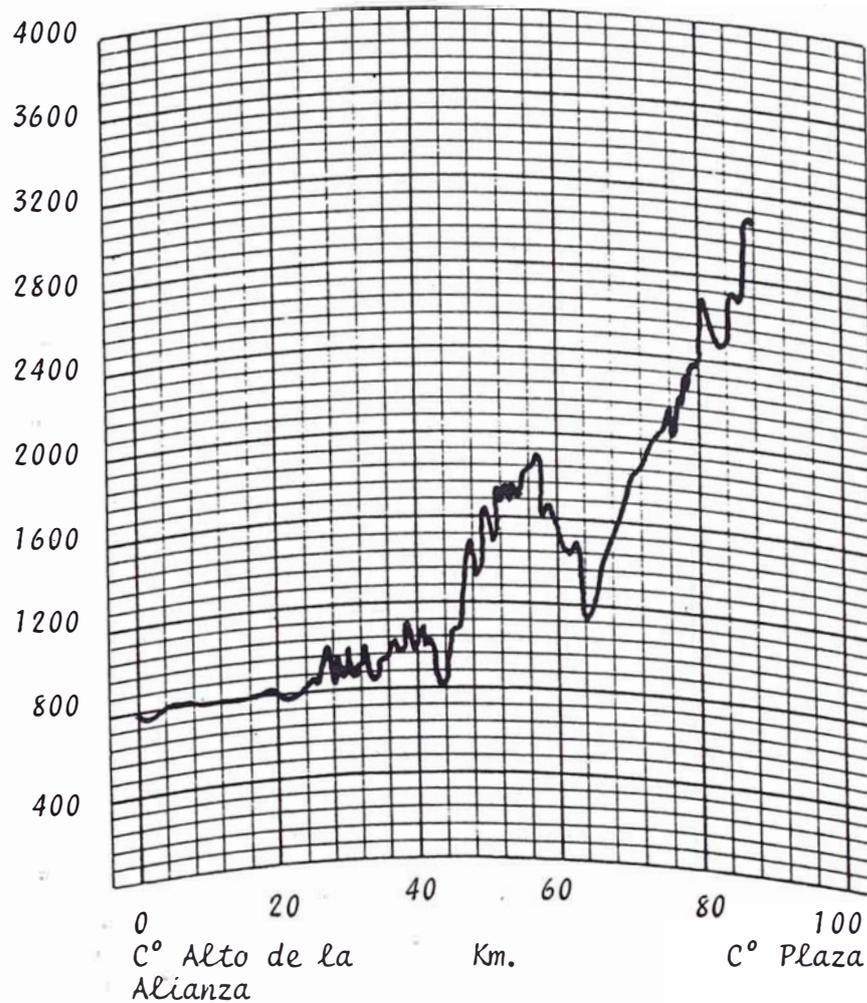


Fig.No. 1.22 Perfil de enlace

5.2 Cálculo del enlace en VHF

Datos:

- Punto de transmisión : C° Alto de la Alianza
- Punto de recepción : C° Plaza
- Frecuencia de operación : 55.25 MHz
- Distancia del recorrido : 88 Kms.
- Altura de transmisión : 70 Mts.
- Atura de recepción : 20 Mts.
- Longitud del cable de recepción : 35 Mts.

Pérdidas :

• Atenuación en Espacio Libre	(A <sub>o</sub> ) =	106.10	dB
• Pérdidas por Fresnel	(A <sub>f</sub> ) =	0.00	dB
• Pérdidas por Obstáculo	(A <sub>s</sub> ) =	0.00	dB
• Pérdidas en cables y conectores	(Acc) =	1.74	dB
<hr/>			
Total de Pérdidas	=	107.84	dB

Ganancias :

• Ganancia de la antena de recepción	(G <sub>Arx</sub> ) =	5.30	dB
<hr/>			
Total de Ganancias	=	5.30	dB

Potencia :

• Potencia mínima recomendada a la entrada del equipo 1 mV - 50 Ohmios	(P <sub>N</sub> ) =	-47.00	dB
• Potencia de Transmisión	(P <sub>tx</sub> ) =	65.50	dB
• <u>Potencia de Recepción</u>	(P <sub>rx</sub> ) =	-37.04	dB

6.- Estación Repetidora Toquepala: C° PLAZA

6.1 Perfiles de los trayectos de propagación

La zona de Toquepala tiene una distribución de viviendas en lugares de difícil cobertura desde un mismo punto, por lo tanto se ha ubicado el punto de retransmisión en el C° Plaza de donde se tiene una parte mínima de sombra, tal como muestran los perfiles de 8.B al 12.B.

Los perfiles correspondientes a esta estación se muestran en las figuras del 1.B al 14.B.

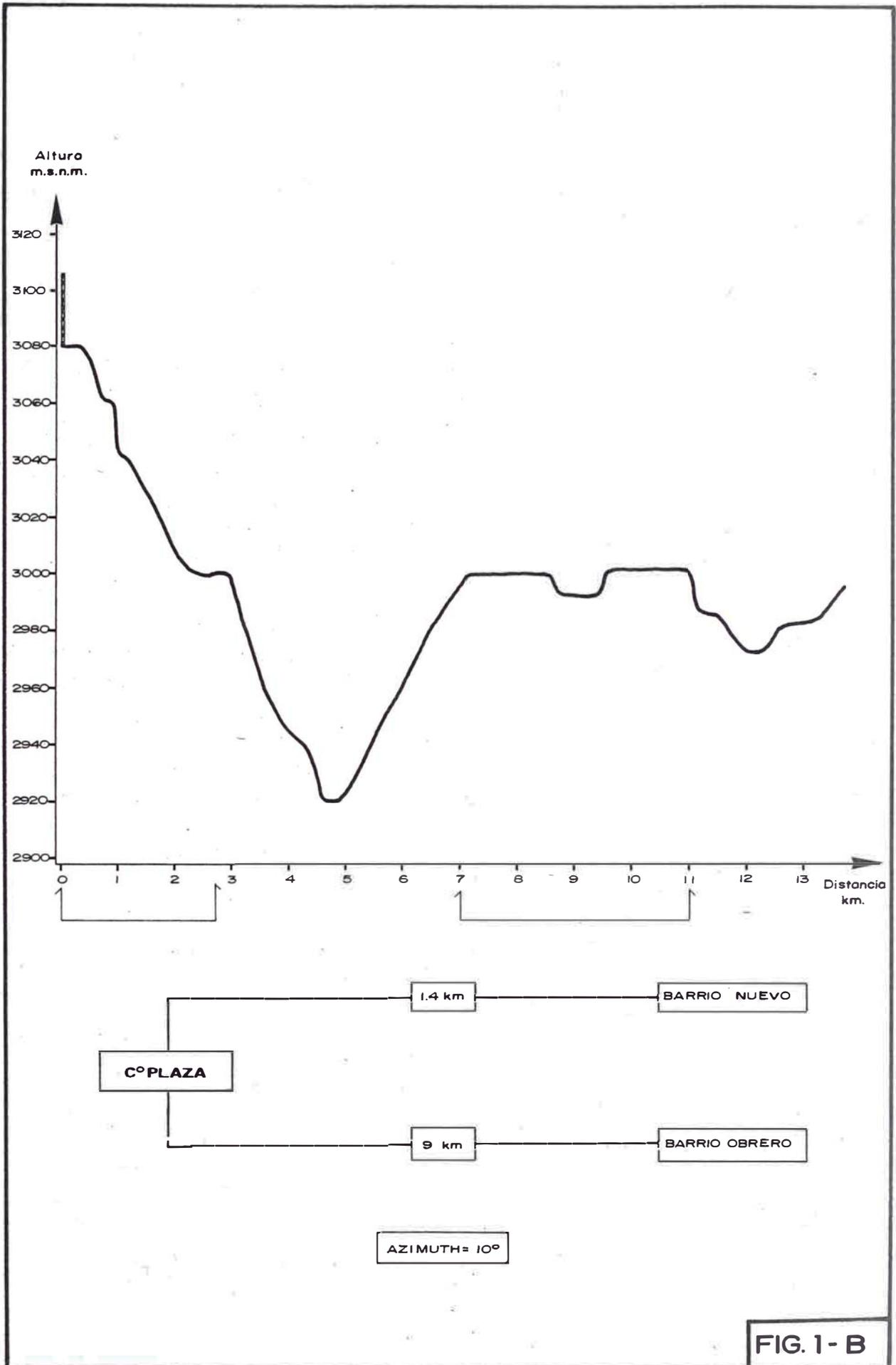
6.2 Pérdidas asociadas a cada perfil

Se muestran en las hojas de cálculos del 1 al 23.

6.3 Cálculo de la potencia requerida para los diferentes puntos de cobertura.

---

De los cálculos obtenidos en el ítem. 6.2 determinamos la potencia del equipo y el punto de máxima potencia, como se muestra en el cuadro No. III.8



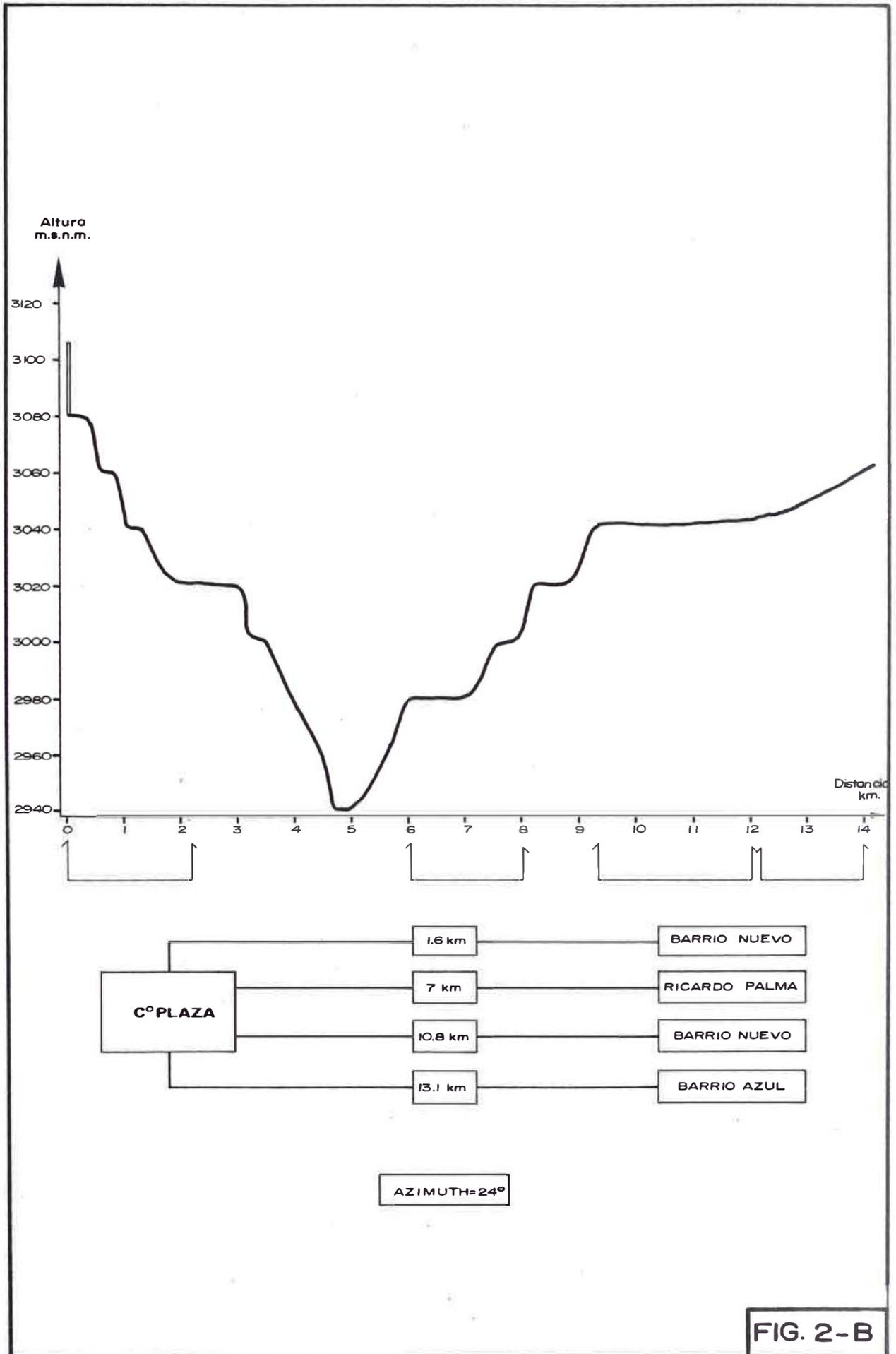


FIG. 2-B

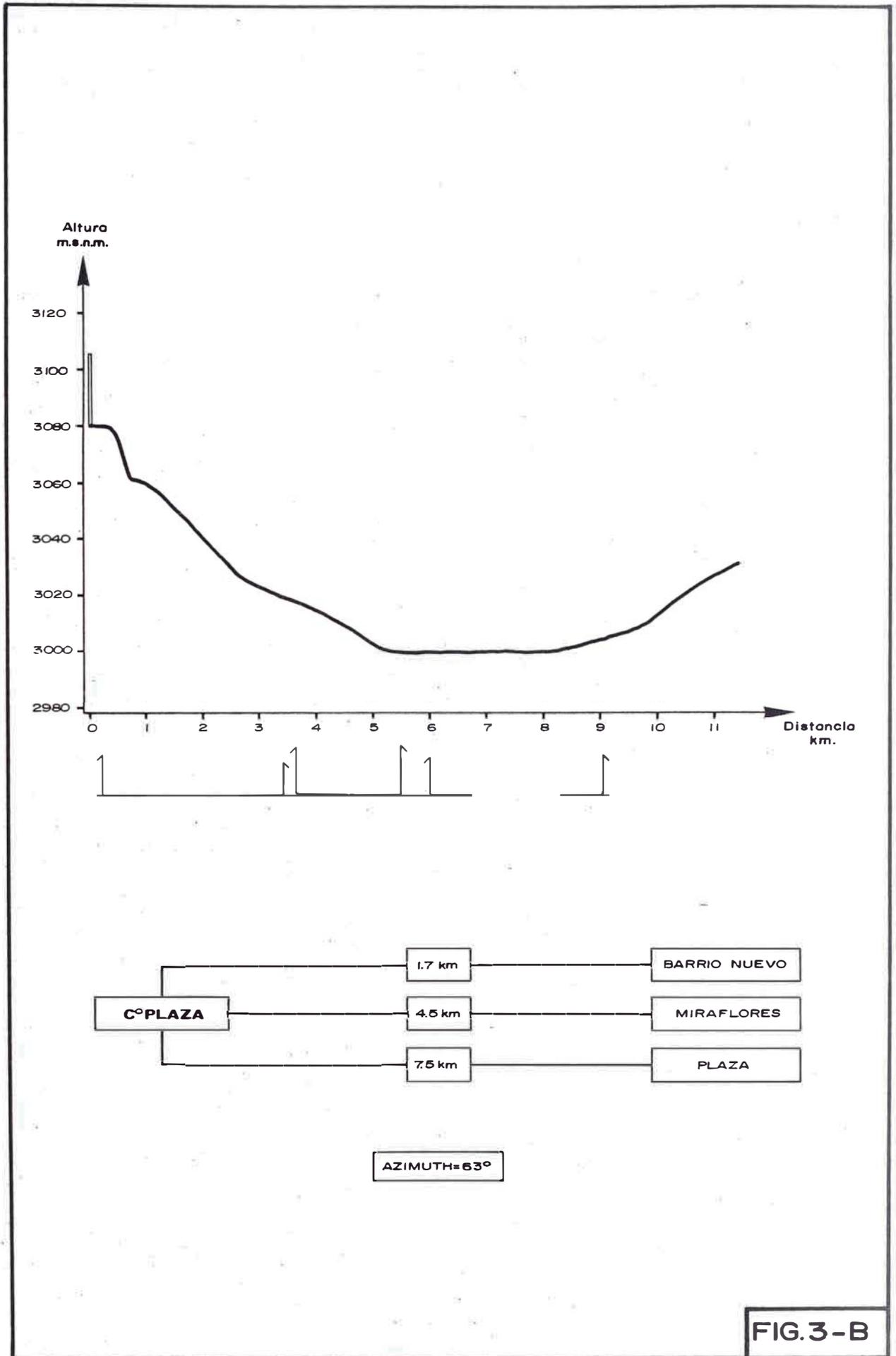
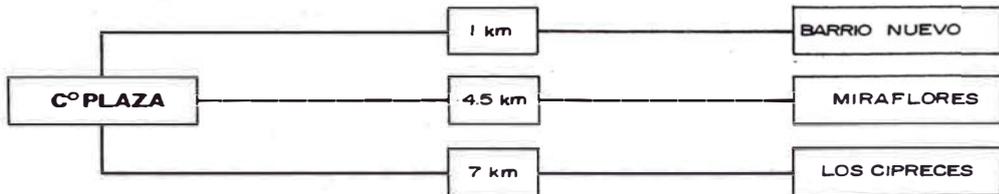
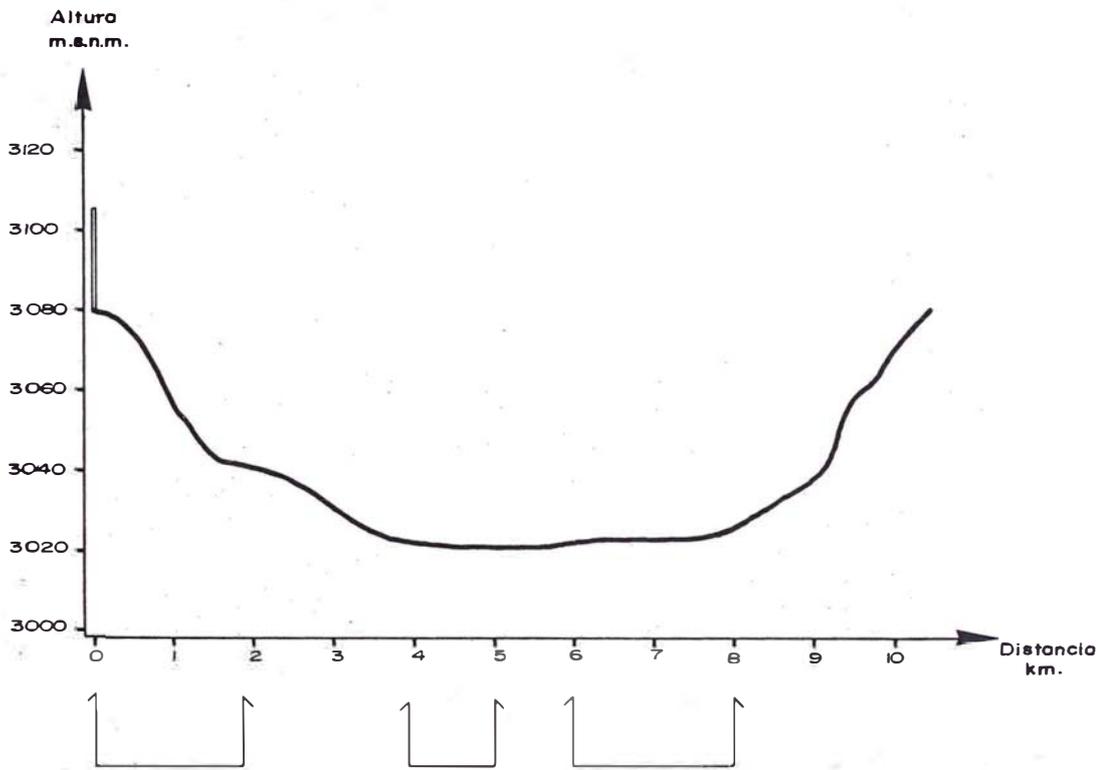
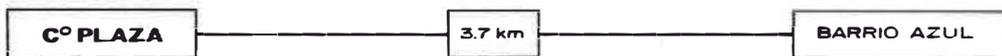
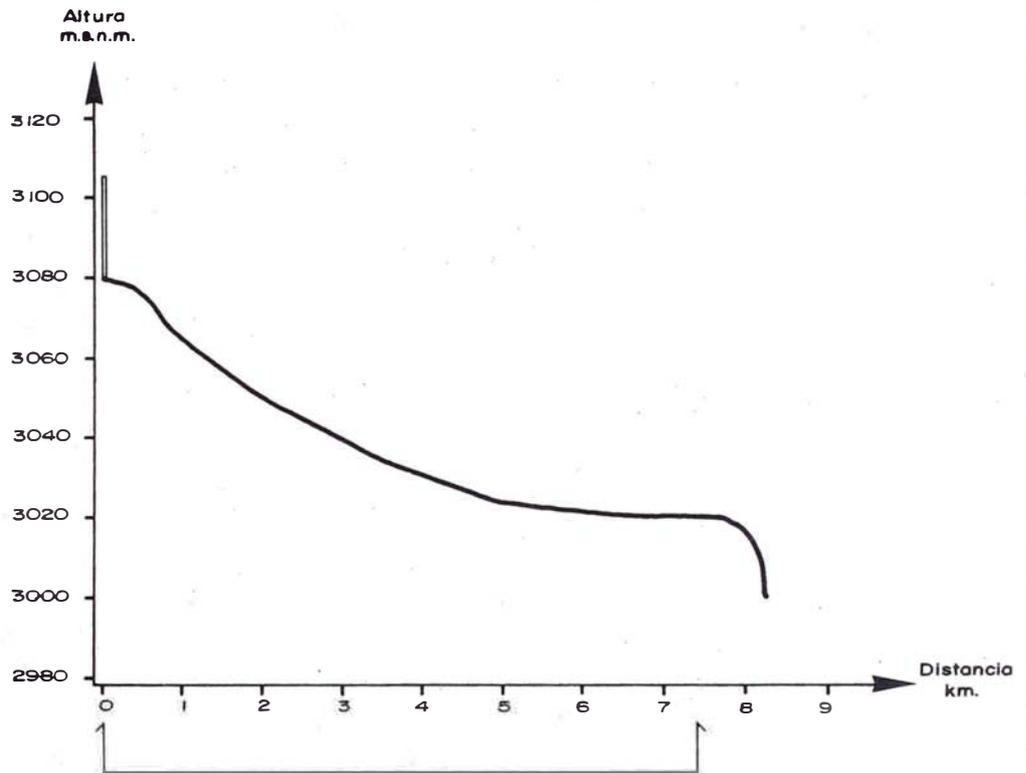


FIG.3-B



AZIMUTH = 77°

FIG. 4-B



AZIMUTH=101°

FIG. 5 - B

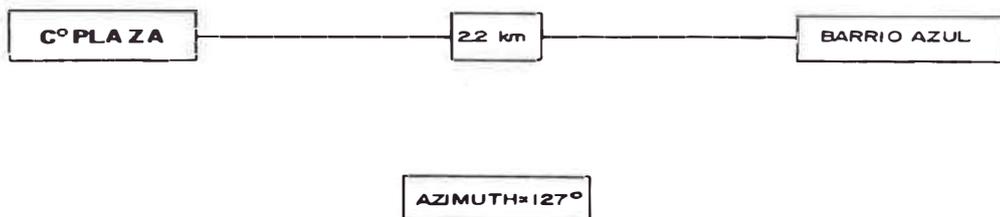
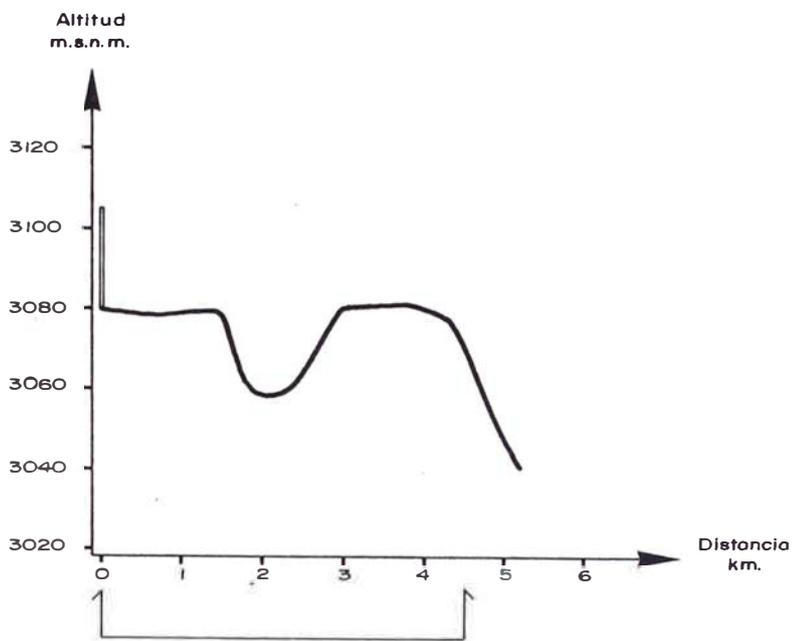
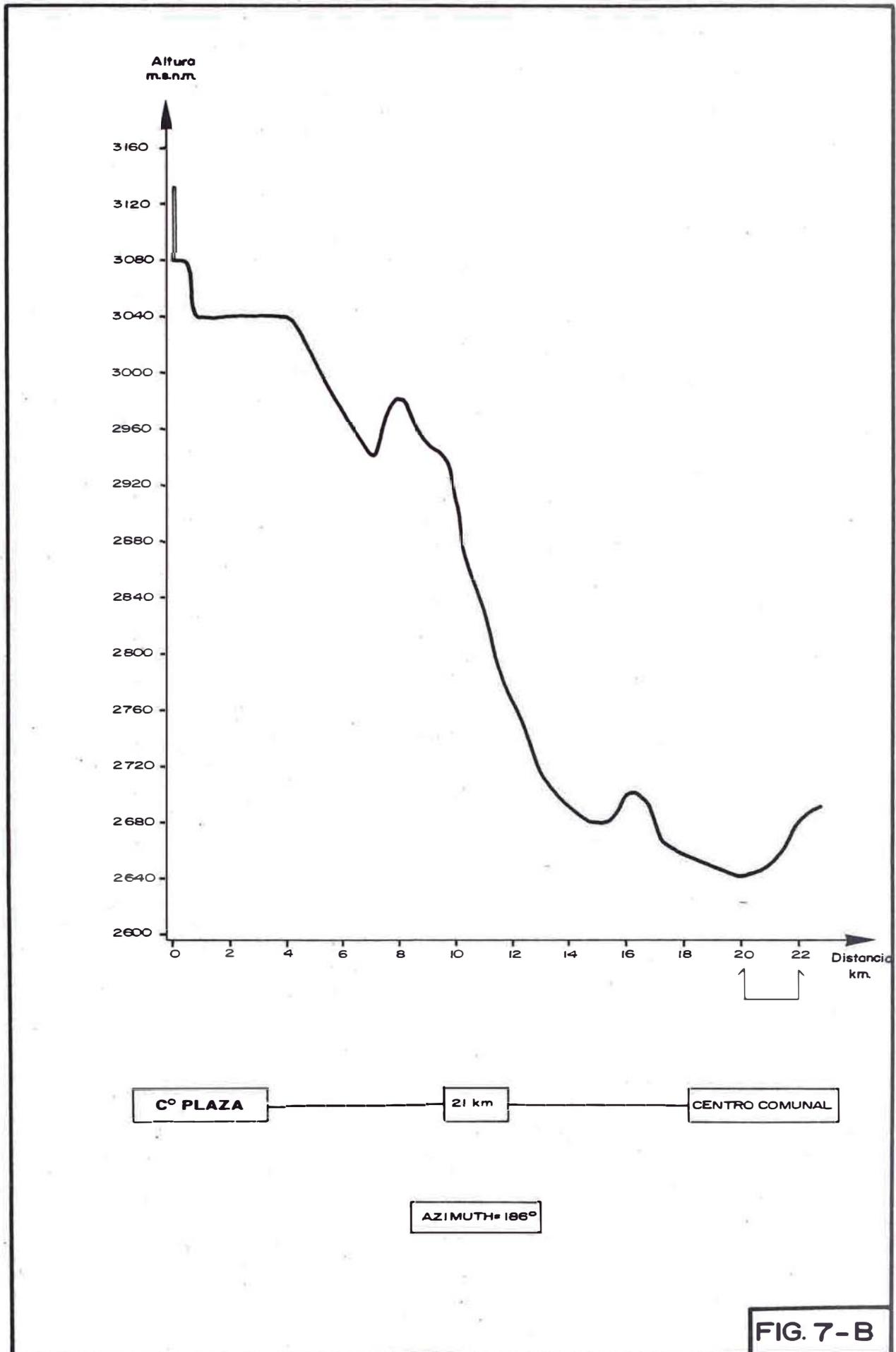


FIG. 6-B



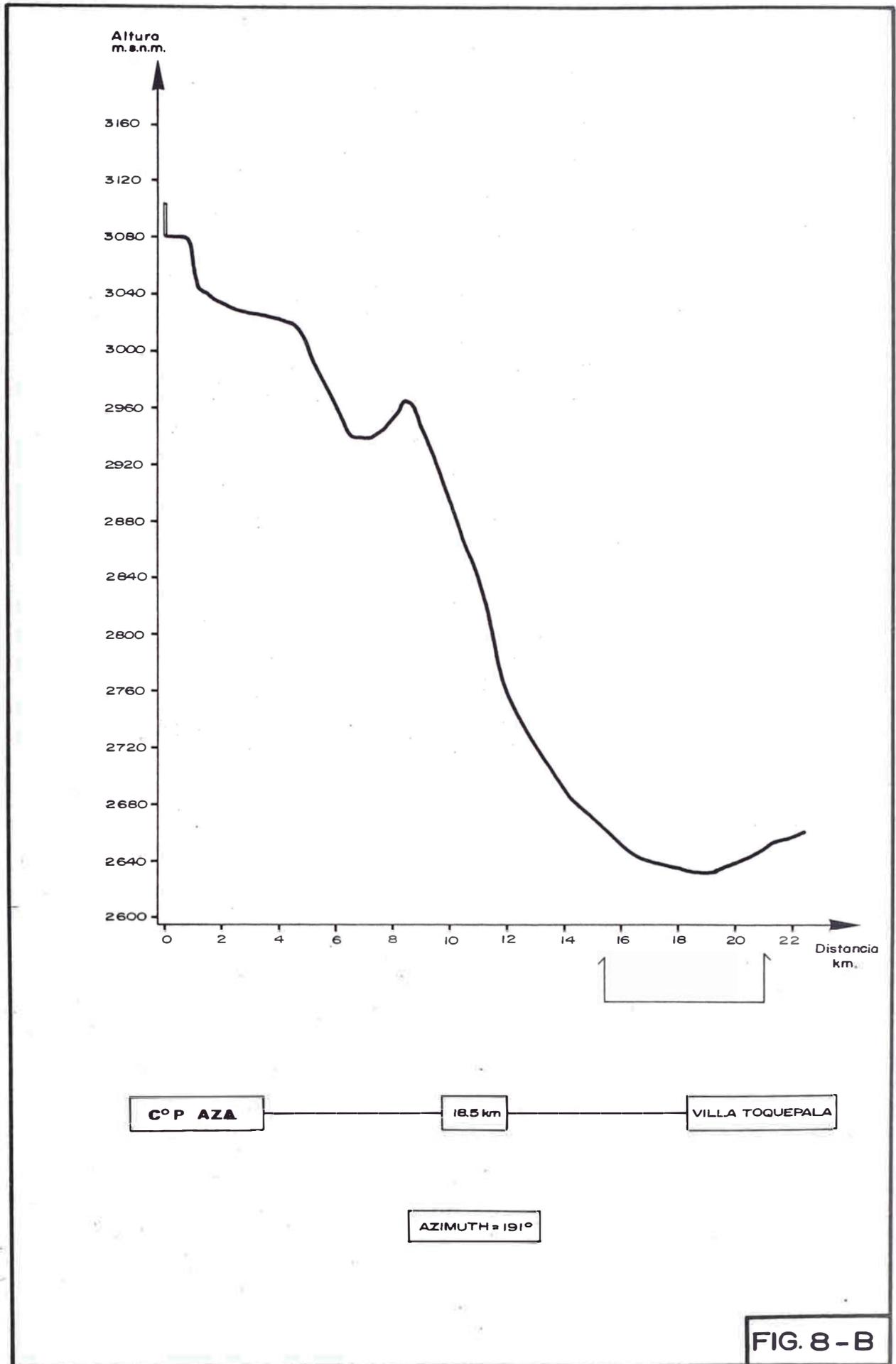


FIG. 8 - B

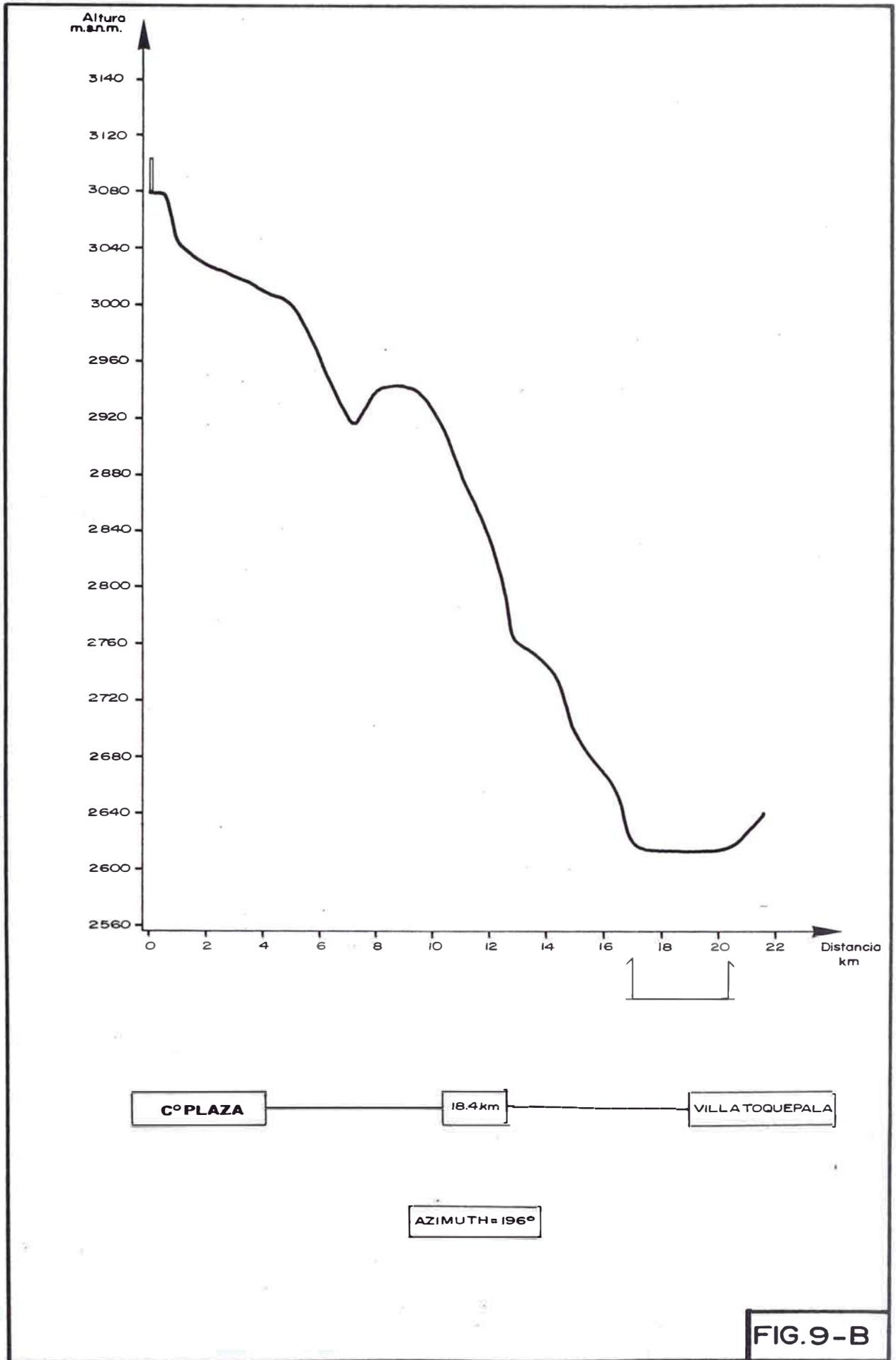


FIG.9-B

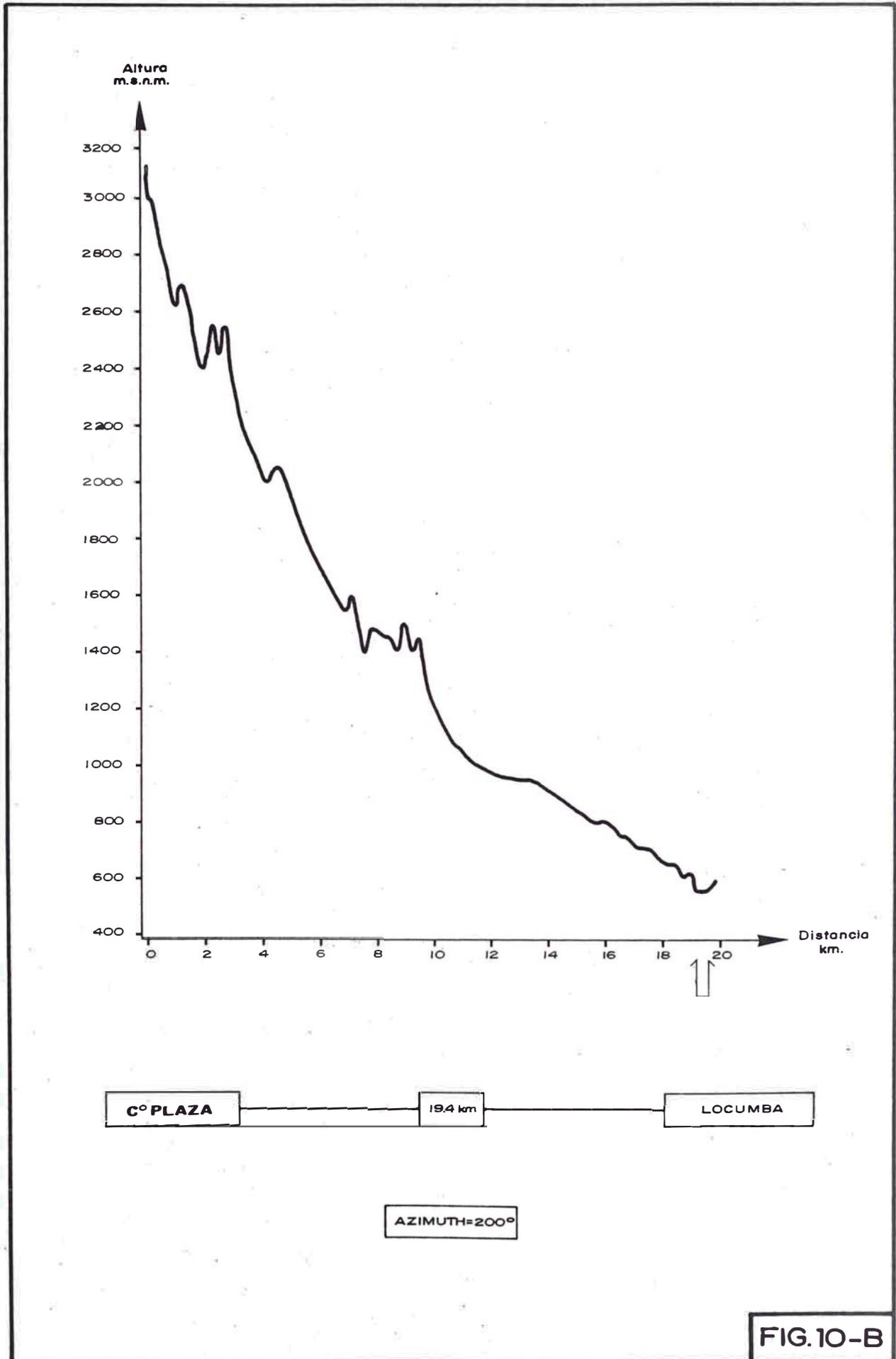


FIG.10-B

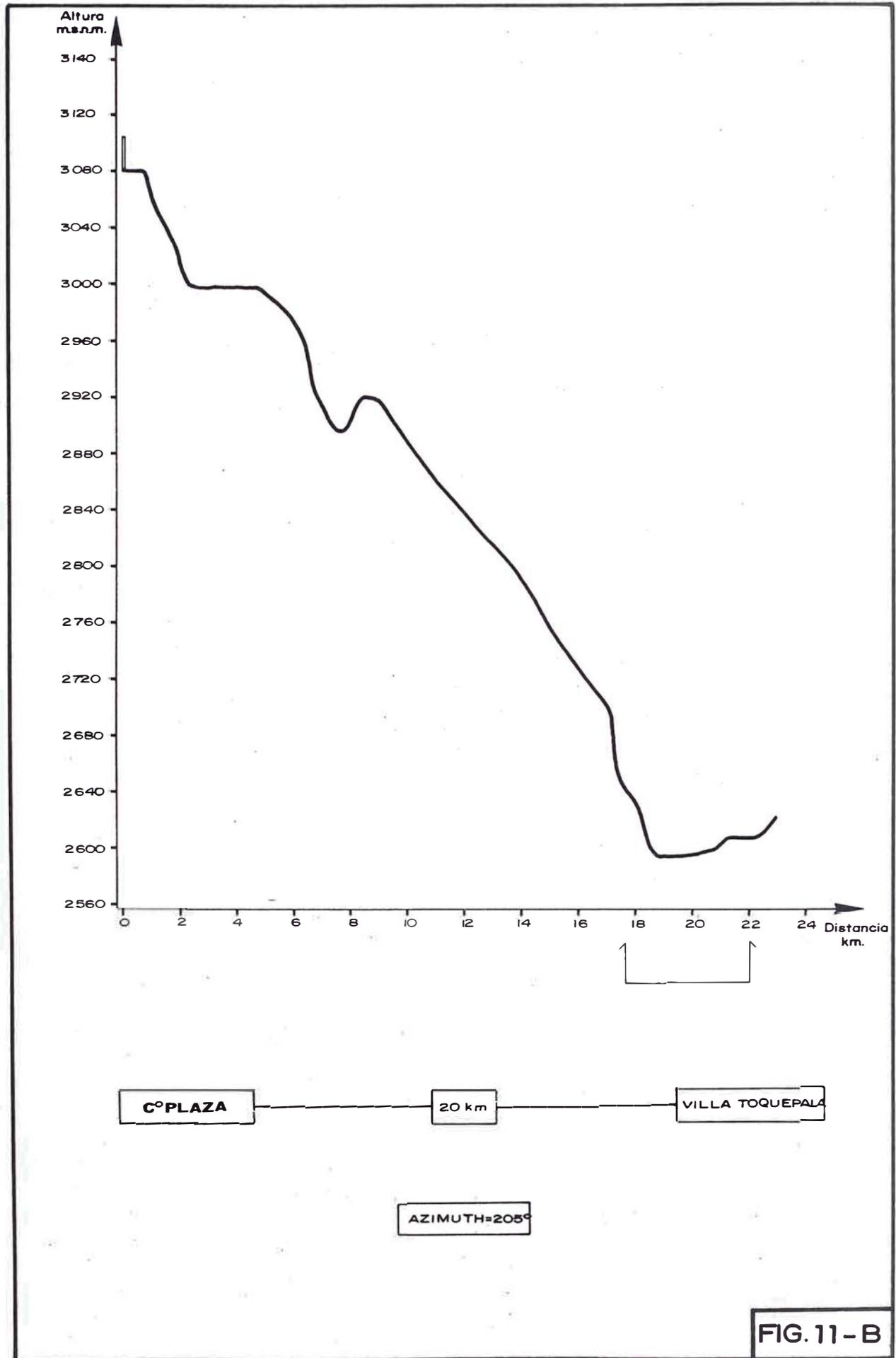


FIG. 11-B

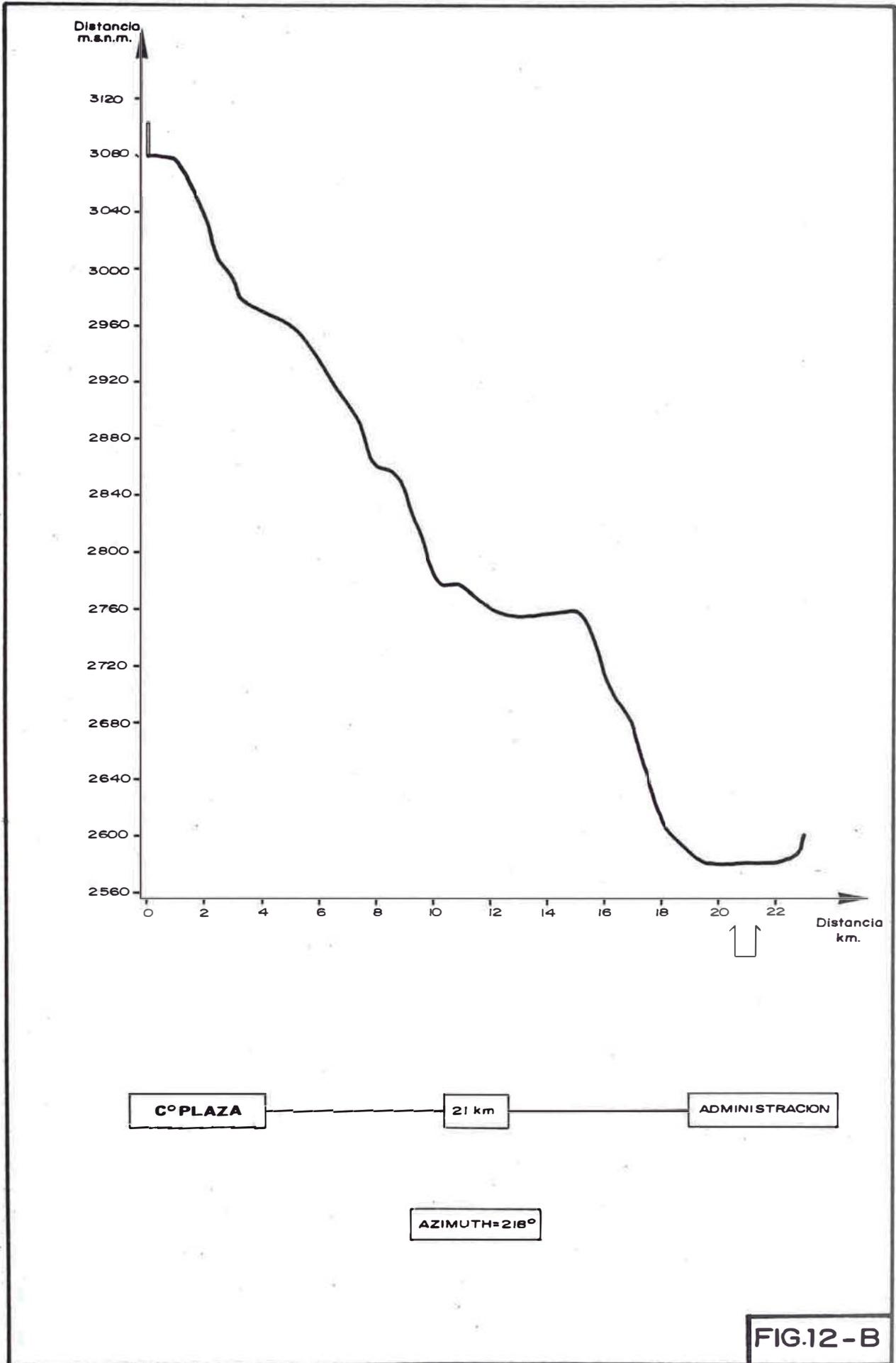
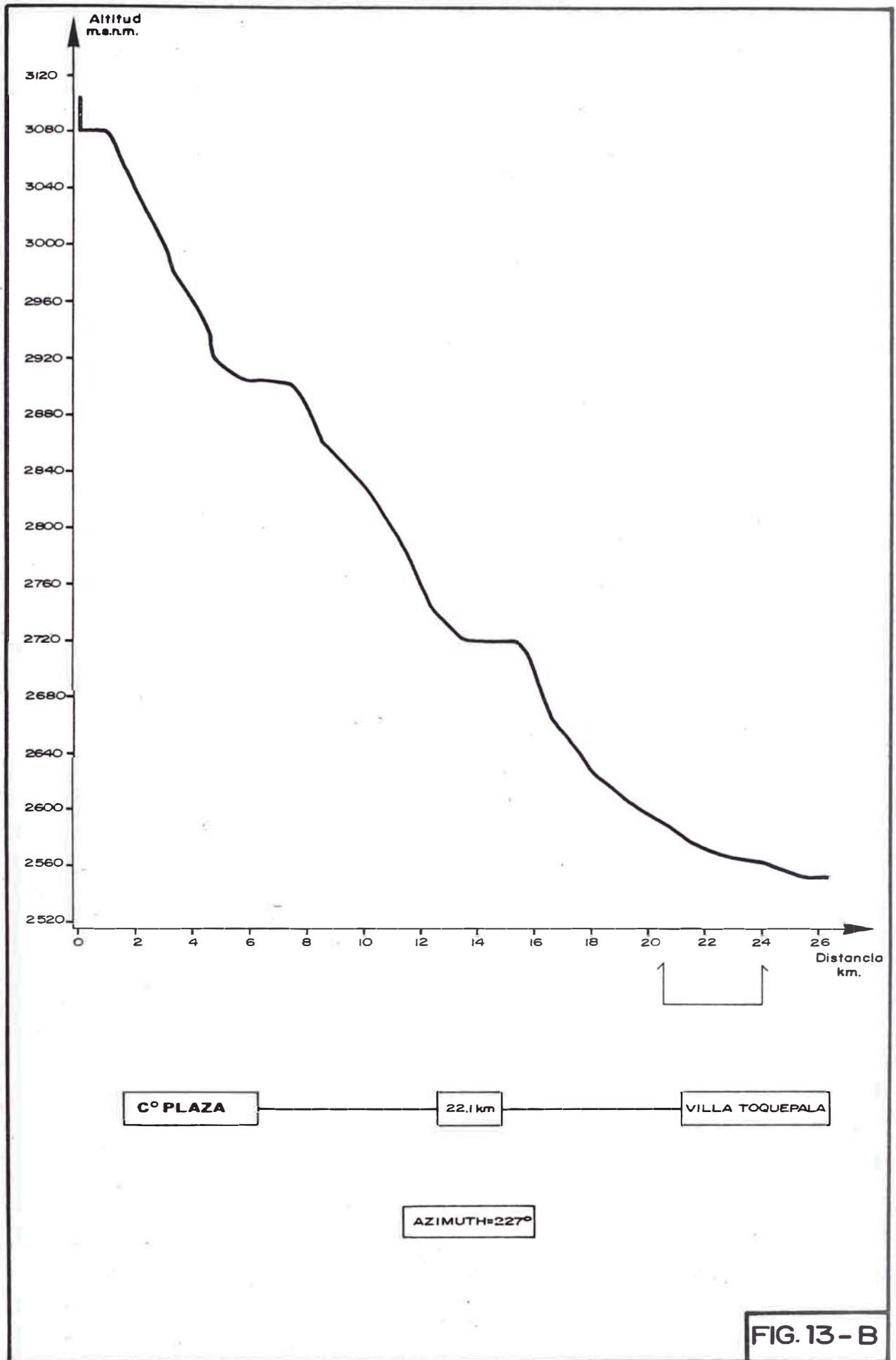
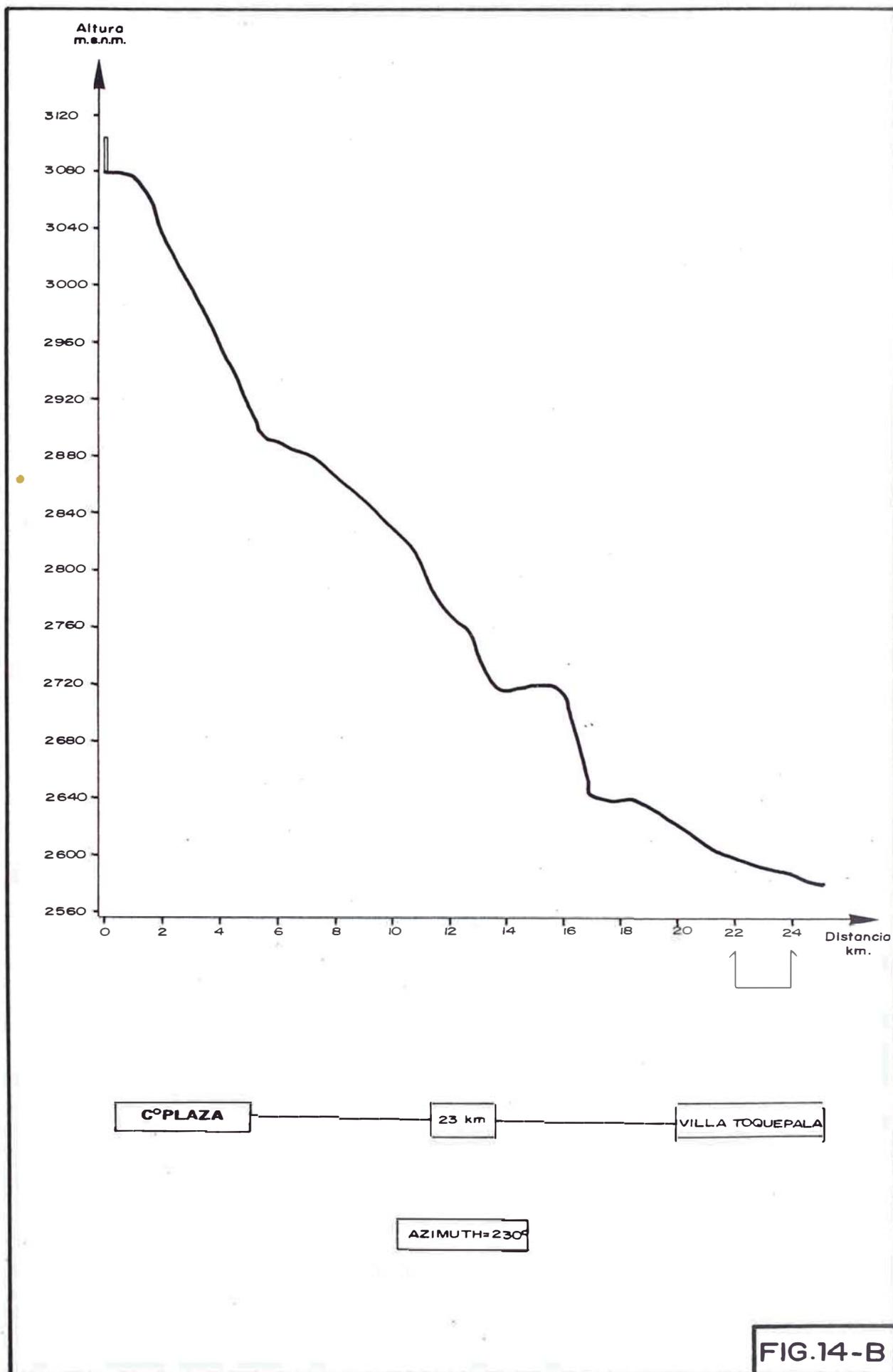


FIG.12 - B





### HOJA DE CALCULO N° 01

ESTACION : CERRO PLAZA

LOCALIDAD SERVIDA : BARRIO NUEVO

DISTANCIA : 2.70 Km.

AZIMUT : 10°

PERFIL N° : 1.B

<b>1</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EN EL ESPACIO LIBRE</b> dBu/m REF: 100 W IRRADIADO	88.00		
<b>2</b>	<b>PERDIDAS</b>	<b>REFLEXION</b> (dB)	--	
		<b>OBSTACULO</b> (dB)	--	
		<b>FRESNEL</b>	<b>ARISTA</b> (dB)	18.00
			<b>TIERRA PLANA</b> (dB)	--
			<b>TIERRA ESFERICA</b> (dB)	--
		<b>CABLE Rx + MARGEN DE SEGURIDAD</b> (dB)	01.00	
<b>TOTAL</b> (dB)	19.00			
<b>3</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EFECTIVA</b> (dBu/m) (1) - (2)	69.00		
<b>4</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO RECOMENDADA</b> (dBu/m)	55.00		
<b>5</b>	<b>POTENCIA EFECTIVA (3) - (4)</b> IRRADIADA	14.00		
		3.98		

### HOJA DE CALCULO N° 02

ESTACION : CERRO PLAZA  
 LOCALIDAD SERVIDA : BARRIO NUEVO  
 DISTANCIA : 10.80 Km.  
 AZIMUT : 10°  
 PERFIL N° : 1.B

<b>1</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EN EL ESPACIO LIBRE</b> dBu/m REF: 100 W IRRADIADO	76.00		
<b>2</b>	<b>PERDIDAS</b>	<b>REFLEXION</b> (dB)	--	
		<b>OBSTACULO</b> (dB)	09.00	
		<b>FRESNEL</b>	<b>ARISTA</b> (dB)	--
			<b>TIERRA PLANA</b> (dB)	--
			<b>TIERRA ESFERICA</b> (dB)	--
		<b>CABLE Rx + MARGEN DE SEGURIDAD</b> (dB)	01.00	
		<b>TOTAL</b> (dB)	10.00	
<b>3</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EFECTIVA</b> (dBu/m) (1) - (2)	66.00		
<b>4</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO RECOMENDADA</b> (dBu/m)	55.00		
<b>5</b>	<b>POTENCIA EFECTIVA (3)-(4)</b> IRRADIADA	11.00		
	( W )	7.90		

**HOJA DE CALCULO N° 03**

ESTACION : CERRO PLAZA  
 LOCALIDAD SERVIDA : VALLECITO  
 DISTANCIA : 13.10 Km.  
 AZIMUT : 10°  
 PERFIL N° : 1.B

<b>1</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EN EL ESPACIO LIBRE</b> dBu/m REF: 100 W IRRADIADO		74.00	
<b>2</b>	<b>PERDIDAS</b>	<b>REFLEXION</b> (dB)	--	
		<b>OBSTACULO</b> (dB)	10.00	
		<b>FRESNEL</b>	<b>ARISTA</b> (dB)	06.00
			<b>TIERRA PLANA</b> (dB)	--
			<b>TIERRA ESFERICA</b> (dB)	--
		<b>CABLE Rx + MARGEN DE SEGURIDAD</b> (dB)	01.00	
<b>TOTAL</b> (dB)	17.00			
<b>3</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EFECTIVA</b> (dBu/m) (1) - (2)		57.00	
<b>4</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO RECOMENDADA</b> (dBu/m)		55.00	
<b>5</b>	<b>POTENCIA EFECTIVA (3) - (4)</b>	(dBu/m)	02.00	
	<b>IRRADIADA</b>	( W )	63.00	

## HOJA DE CALCULO N° 04

ESTACION : CERRO PLAZA

LOCALIDAD SERVIDA : BARRIO NUEVO

DISTANCIA : 2.20 Km.

AZIMUT : 24°

PERFIL N° : 2:B

<b>1</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EN EL ESPACIO LIBRE</b> dBu/m REF: 100 W IRRADIADO	90.00		
<b>2</b>	<b>PERDIDAS</b>	<b>REFLEXION</b> (dB)	--	
		<b>OBSTACULO</b> (dB)	--	
		<b>FRESNEL</b>	<b>ARISTA</b> (dB)	04.70
			<b>TIERRA PLANA</b> (dB)	--
			<b>TIERRA ESFERICA</b> (dB)	--
		<b>CABLE Rx + MARGEN DE SEGURIDAD</b> (dB)	01.00	
<b>TOTAL</b> (dB)	05.70			
<b>3</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EFECTIVA</b> (dBu/m) (1) - (2)	84.30		
<b>4</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO RECOMENDADA</b> (dBu/m)	55.00		
<b>5</b>	<b>POTENCIA EFECTIVA (3)-(4)</b>	29.30		
	<b>IRRADIADA</b>	00.11		

## HOJA DE CALCULO N° 05

ESTACION : CERRO PLAZA

LOCALIDAD SERVIDA : RICARDO PALMA

DISTANCIA : 8.00 Km.

AZIMUT : 24°

PERFIL N° : 2.B

<b>1</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EN EL ESPACIO LIBRE</b> dBu/m REF: 100 W IRRADIADO	79.00		
<b>2</b>	<b>PERDIDAS</b>	REFLEXION (dB)	03.00	
		OBSTACULO (dB)	--	
		FRESNEL	ARISTA (dB)	--
			TIERRA PLANA (dB)	--
			TIERRA ESFERICA (dB)	--
		CABLE Rx + MARGEN DE SEGURIDAD (dB)	01.00	
TOTAL (dB)	04.10			
<b>3</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EFECTIVA</b> (dBu/m) (1) - (2)	74.90		
<b>4</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO RECOMENDADA</b> (dBu/m)	55.00		
<b>5</b>	<b>POTENCIA EFECTIVA (3)-(4)</b> <b>IRRADIADA</b>	(dBu/m)	19.90	
		( W )	1.00	

## HOJA DE CALCULO N° 06

ESTACION : CERRO PLAZA  
 LOCALIDAD SERVIDA : BARRIO NUEVO  
 DISTANCIA : 12.00 Km.  
 AZIMUT : 24°  
 PERFIL N° : 2.B

<b>1</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EN EL ESPACIO LIBRE</b> dBu/m REF: 100 W IRRADIADO	75.00		
<b>2</b>	<b>PERDIDAS</b>	<b>REFLEXION</b> (dB)	03.00	
		<b>OBSTACULO</b> (dB)	--	
		<b>FRESNEL</b>	<b>ARISTA</b> (dB)	--
			<b>TIERRA PLANA</b> (dB)	--
			<b>TIERRA ESFERICA</b> (dB)	--
		<b>CABLE Rx + MARGEN DE SEGURIDAD</b> (dB)	01.00	
		<b>TOTAL</b> (dB)	04.00	
<b>3</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EFECTIVA</b> (dBu/m) (1) - (2)	71.00		
<b>4</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO RECOMENDADA</b> (dBu/m)	55.00		
<b>5</b>	<b>POTENCIA EFECTIVA (3) - (4)</b> IRRADIADA	16.00		
	( W )	2.50		



## HOJA DE CALCULO N° 08

ESTACION : CERRO PLAZA  
 LOCALIDAD SERVIDA : BARRIO NUEVO  
 DISTANCIA : 3.40 Km.  
 AZIMUT : 63°  
 PERFIL N° : 3.B

<b>1</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EN EL ESPACIO LIBRE</b> dBu/m REF: 100 W IRRADIADO	86.00		
<b>2</b>	<b>PERDIDAS</b>	<b>REFLEXION</b> (dB)	--	
		<b>OBSTACULO</b> (dB)	--	
		<b>FRESNEL</b>	<b>ARISTA</b> (dB)	--
			<b>TIERRA PLANA</b> (dB)	10.00
			<b>TIERRA ESFERICA</b> (dB)	--
		<b>CABLE Rx + MARGEN DE SEGURIDAD</b> (dB)	01.00	
<b>TOTAL</b> (dB)	11.00			
<b>3</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EFECTIVA</b> ( dBu/m ) (1) - (2)	75.00		
<b>4</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO RECOMENDADA</b> ( dBu/m )	55.00		
<b>5</b>	<b>POTENCIA EFECTIVA (3) - (4)</b> <b>IRRADIADA</b>	20.00		
		1.00		

## HOJA DE CALCULO N° 09

ESTACION : CERRO PLAZA  
 LOCALIDAD SERVIDA : MIRAFLORES  
 DISTANCIA : 5.40 Km.  
 AZIMUT : 63°  
 PERFIL N° : 3.B

<b>1</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EN EL ESPACIO LIBRE</b> dBu/m REF: 100 W IRRADIADO	83.00
<b>2</b>	<b>PERDIDAS</b>	<b>REFLEXION</b> (dB)      --
		<b>OBSTACULO</b> (dB)      --
		<b>ARISTA</b> (dB)      --
		<b>FRESNEL</b> <b>TIERRA PLANA</b> (dB)      16.00
		<b>TIERRA ESFERICA</b> (dB)      --
		<b>CABLE Rx + MARGEN DE SEGURIDAD</b> (dB)      01.00
		<b>TOTAL</b> (dB)      17.00
<b>3</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EFECTIVA</b> (dBu/m) (1) - (2)	66.00
<b>4</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO RECOMENDADA</b> (dBu/m)	55.00
<b>5</b>	<b>POTENCIA EFECTIVA (3) - (4)</b> (dBu/m)	11.00
	<b>IRRADIADA</b> ( W )	7.90

## HOJA DE CALCULO N° 10

ESTACION : CERRO PLAZA  
 LOCALIDAD SERVIDA : PLAZA  
 DISTANCIA : 9.00 Km.  
 AZIMUT : 63°  
 PERFIL N° : 3.B

<b>1</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EN EL ESPACIO LIBRE</b> dBu/m REF: 100 W IRRADIADO	78.00		
<b>2</b>	<b>PERDIDAS</b>	<b>REFLEXION</b> (dB)	04.00	
		<b>OBSTACULO</b> (dB)	--	
		<b>FRESNEL</b>	<b>ARISTA</b> (dB)	--
			<b>TIERRA PLANA</b> (dB)	--
			<b>TIERRA ESFERICA</b> (dB)	--
		<b>CABLE Rx + MARGEN DE SEGURIDAD</b> (dB)	01.00	
<b>TOTAL</b> (dB)	05.00			
<b>3</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EFECTIVA</b> (dBu/m) (1) - (2)	73.00		
<b>4</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO RECOMENDADA</b> (dBu/m)	55.00		
<b>5</b>	<b>POTENCIA EFECTIVA</b> (3) - (4) <b>IRRADIADA</b>	18.00		
	<b>( w )</b>	1.58		

## HOJA DE CALCULO N° 11

ESTACION : CERRO PLAZA  
 LOCALIDAD SERVIDA : BARRIO NUEVO  
 DISTANCIA : 1.90 Km.  
 AZIMUT : 77°  
 PERFIL N° : 4.B

<b>1</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EN EL ESPACIO LIBRE</b> dBu/m REF: 100 W IRRADIADO	91.00		
<b>2</b>	<b>PERDIDAS</b>	<b>REFLEXION</b> (dB)	--	
		<b>OBSTACULO</b> (dB)	--	
		<b>FRESNEL</b>	<b>ARISTA</b> (dB)	06.00
			<b>TIERRA PLANA</b> (dB)	--
			<b>TIERRA ESFERICA</b> (dB)	--
		<b>CABLE Rx + MARGEN DE SEGURIDAD</b> (dB)	01.00	
<b>TOTAL</b> (dB)	07.00			
<b>3</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EFECTIVA</b> (dBu/m) (1) - (2)	84.00		
<b>4</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO RECOMENDADA</b> (dBu/m)	55.00		
<b>5</b>	<b>POTENCIA EFECTIVA (3) - (4)</b> IRRADIADA	29.00		
		00.12		

## HOJA DE CALCULO N° 12

ESTACION : CERRO PLAZA

LOCALIDAD SERVIDA : MIRAFLORES

DISTANCIA : 5.00 Km.

AZIMUT : 77°

PERFIL N° : 5.B

<b>1</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EN EL ESPACIO LIBRE</b> dBu/m REF: 100 W IRRADIADO	91.00		
<b>2</b>	<b>PERDIDAS</b>	<b>REFLEXION</b> (dB)	02.40	
		<b>OBSTACULO</b> (dB)	--	
		<b>FRESNEL</b>	<b>ARISTA</b> (dB)	--
			<b>TIERRA PLANA</b> (dB)	--
			<b>TIERRA ESFERICA</b> (dB)	--
		<b>CABLE Rx + MARGEN DE SEGURIDAD</b> (dB)	01.00	
		<b>TOTAL</b> (dB)	03.40	
<b>3</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EFECTIVA</b> (dBu/m) (1) - (2)	87.40		
<b>4</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO RECOMENDADA</b> (dBu/m)	55.00		
<b>5</b>	<b>POTENCIA EFECTIVA (3) - (4)</b> IRRADIADA	(dBu/m) 32.60		
	( W )	00.05		

## HOJA DE CALCULO N° 13

ESTACION : CERRO PLAZA  
 LOCALIDAD SERVIDA : LOS CIPRECES  
 DISTANCIA : 8.00 Km.  
 AZIMUT : 77°  
 PERFIL N° : 4.B

<b>1</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EN EL ESPACIO LIBRE</b> dBu/m RÉF: 1000 W IRRADIADO	80.00		
<b>2</b>	<b>PERDIDAS</b>	<b>REFLEXION</b> (dB)	05.90	
		<b>OBSTACULO</b> (dB)	--	
		<b>FRESNEL</b>	<b>ARISTA</b> (dB)	--
			<b>TIERRA PLANA</b> (dB)	--
			<b>TIERRA ESFERICA</b> (dB)	--
		<b>CABLE Rx + MARGEN DE SEGURIDAD</b> (dB)	01.00	
<b>TOTAL</b> (dB)	06.90			
<b>3</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EFECTIVA</b> ( dBu/m ) (1) - (2)	73.10		
<b>4</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO RECOMENDADA</b> ( dBu/m )	55.00		
<b>5</b>	<b>POTENCIA EFECTIVA (3) - (4)</b>	( dBu/m )	18.10.	
	<b>IRRADIADA</b>	( W )	1.54	

## HOJA DE CALCULO N° 14

**ESTACION** : CERRO PLAZA  
**LOCALIDAD SERVIDA** : BARRIO AZUL  
**DISTANCIA** : 7.30 Km.  
**AZIMUT** : 101°  
**PERFIL N°** : 5.B

<b>1</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EN EL ESPACIO LIBRE</b> dBu/m		80.00	
	REF: 100 W IRRADIADO			
<b>2</b>	<b>PERDIDAS</b>	<b>REFLEXION</b> (dB)	07.10	
		<b>OBSTACULO</b> (dB)	--	
		<b>FRESNEL</b>	<b>ARISTA</b> (dB)	--
			<b>TIERRA PLANA</b> (dB)	--
			<b>TIERRA ESFERICA</b> (dB)	--
		<b>CABLE Rx + MARGEN DE SEGURIDAD</b> (dB)		01.00
<b>TOTAL</b> (dB)		08.10		
<b>3</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EFECTIVA</b> (dBu/m) (1) - (2)		71.90	
<b>4</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO RECOMENDADA</b> (dBu/m)		55.00	
<b>5</b>	<b>POTENCIA EFECTIVA (3) - (4)</b>	(dBu/m)	16.90	
	<b>IRRADIADA</b>	( W )	2.04	

## HOJA DE CALCULO N° 15

**ESTACION** : CERRO PLAZA  
**LOCALIDAD SERVIDA** : BARRIO AZUL  
**DISTANCIA** : 4.50 Km.  
**AZIMUT** : 127°  
**PERFIL N°** : 6.B

<b>1</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EN EL ESPACIO LIBRE</b> dBu/m REF: 100 W IRRADIADO	84.00
<b>2</b>	<b>PERDIDAS</b>	<b>REFLEXION</b> (dB)    --
		<b>OBSTACULO</b> (dB)    09.00
		<b>FRESNEL</b>
		<b>ARISTA</b> (dB)    --
		<b>TIERRA PLANA</b> (dB)    --
		<b>TIERRA ESFERICA</b> (dB)    --
	<b>CABLE Rx + MARGEN DE SEGURIDAD</b> ( dB)    01.00	
	<b>TOTAL</b> (dB)    10.00	
<b>3</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EFECTIVA</b> ( dBu/m ) (1) - (2)	74.00
<b>4</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO RECOMENDADA</b> ( dBu/m)	55.00
<b>5</b>	<b>POTENCIA EFECTIVA (3) -(4)</b>	19.00
	<b>IRRADIADA</b>	1.25

## HOJA DE CALCULO N° 16

ESTACION : CERRO PLAZA  
 LOCALIDAD SERVIDA : SAGOLLO  
 DISTANCIA : 31.60 Km.  
 AZIMUT : 190°  
 PERFIL N° : 7.B

<b>1</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EN EL ESPACIO LIBRE</b> dBu/m REF: 100 W IRRADIADO	75.00		
<b>2</b>	<b>PERDIDAS</b>	<b>REFLEXION</b> (dB)	10.00	
		<b>OBSTACULO</b> (dB)	--	
		<b>FRESNEL</b>	<b>ARISTA</b> (dB)	00.80
			<b>TIERRA PLANA</b> (dB)	--
			<b>TIERRA ESFERICA</b> (dB)	--
		<b>CABLE Rx + MARGEN DE SEGURIDAD</b> (dB)	01.00	
		<b>TOTAL</b> (dB)	11.80	
<b>3</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EFECTIVA</b> (dBu/m) (1) - (2)	63.20		
<b>4</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO RECOMENDADA</b> (dBu/m)	55.00		
<b>5</b>	<b>POTENCIA EFECTIVA (3)-(4)</b>	08.20		
	<b>IRRADIADA</b>	15.10		

## HOJA DE CALCULO N° 17

ESTACION : CERRO PLAZA  
 LOCALIDAD SERVIDA : VILLA TOQUEPALA  
 DISTANCIA : 21.00 Km.  
 AZIMUT : 191°  
 PERFIL N° : 8.B

<b>1</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EN EL ESPACIO LIBRE</b> dBu/m REF: 100 W IRRADIADO	70.00
<b>2</b>	<b>PERDIDAS</b>	<b>REFLEXION</b> (dB) --
		<b>OBSTACULO</b> (dB) 20.00
		<b>FRESNEL</b>
		<b>ARISTA</b> (dB) 03.00
		<b>TIERRA PLANA</b> (dB) --
		<b>TIERRA ESFERICA</b> (dB) --
		<b>CABLE Rx + MARGEN DE SEGURIDAD</b> (dB) 01.00
<b>TOTAL</b> (dB) 24.00		
<b>3</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EFECTIVA</b> (dBu/m) (1) - (2)	46.00
<b>4</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO RECOMENDADA</b> (dBu/m)	55.00
<b>5</b>	<b>POTENCIA EFECTIVA (3) - (4)</b>	(dBu/m) - 09.00
	<b>IRRADIADA</b>	( W ) 794.00

## HOJA DE CALCULO N° 18

**ESTACION** : CERRO PLAZA  
**LOCALIDAD SERVIDA** : VILLA TOQUEPALA  
**DISTANCIA** : 20.60 Km.  
**AZIMUT** : 196°  
**PERFIL N°** : 9.B

<b>1</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EN EL ESPACIO LIBRE</b> dBu/m REF: 100 W IRRADIADO	70.00		
<b>2</b>	<b>PERDIDAS</b>	REFLEXION    (dB)	--	
		OBSTACULO    (dB)	17.00	
		FRESNEL	ARISTA    (dB)	06.60
			TIERRA PLANA (dB)	--
			TIERRA ESFERICA (dB)	--
		CABLE Rx + MARGEN DE SEGURIDAD (dB)	01.00	
		<b>TOTAL</b> (dB)	24.60	
<b>3</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EFECTIVA</b> (dBu/m) (1) - (2)	45.40		
<b>4</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO RECOMENDADA</b> (dBu/m)	55.00		
<b>5</b>	<b>POTENCIA EFECTIVA (3)-(4)</b> IRRADIADA	(dBu/m)	-09.60	
		( W )	912.00	

## HOJA DE CALCULO N° 19

**ESTACION** : CERRO PLAZA  
**LOCALIDAD SERVIDA** : LOCUMBA  
**DISTANCIA** : 38.80 Km.  
**AZIMUT** : 200°  
**PERFIL N°** : 10.B

<b>1</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EN EL ESPACIO LIBRE</b> dBu/m REF: 100 W IRRADIADO	65.00
<b>2</b>	<b>PERDIDAS</b>	<b>REFLEXION</b> (dB) --
		<b>OBSTACULO</b> (dB) 19.00
		<b>ARISTA</b> (dB) --
		<b>TIERRA PLANA</b> (dB) --
		<b>TIERRA ESFERICA</b> (dB) --
		<b>CABLE Rx + MARGEN DE SEGURIDAD</b> (dB) 01.00
<b>TOTAL</b> (dB) 20.00		
<b>3</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EFECTIVA</b> ( dBu/m ) (1) - (2)	45.00
<b>4</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO RECOMENDADA</b> ( dBu/m )	-10.00
<b>5</b>	<b>POTENCIA EFECTIVA (3) -(4)</b> ( dBu/m )	1,000.00
	<b>IRRADIADA</b> ( W )	

## HOJA DE CALCULO N° 20

**ESTACION** : CERRO PLAZA  
**LOCALIDAD SERVIDA** : VILLA TOQUEPALA  
**DISTANCIA** : 22.00 Km.  
**AZIMUT** : 205°  
**PERFIL N°** : 11.B

<b>1</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EN EL ESPACIO LIBRE</b> dBu/m REF: 100 W IRRADIADO	70.00		
<b>2</b>	<b>PERDIDAS</b>	<b>REFLEXION</b> (dB)	--	
		<b>OBSTACULO</b> (dB)	24.00	
		<b>FRESNEL</b>	<b>ARISTA</b> (dB)	01.90
			<b>TIERRA PLANA</b> (dB)	--
			<b>TIERRA ESFERICA</b> (dB)	--
		<b>CABLE Rx + MARGEN DE SEGURIDAD</b> (dB)	01.00	
<b>TOTAL</b> (dB)	26.90			
<b>3</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EFECTIVA</b> (dBu/m) (1) - (2)	43.10		
<b>4</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO RECOMENDADA</b> (dBu/m)	55.00		
<b>5</b>	<b>POTENCIA EFECTIVA (3)-(4)</b>	(dBu/m)	11.90	
	<b>IRRADIADA</b>	( W )	1,548.80	

## HOJA DE CALCULO N° 21

**ESTACION** : CERRO PLAZA  
**LOCALIDAD SERVIDA** : ADMINISTRACIÓN DE LA MINA  
**DISTANCIA** : 21.20 Km.  
**AZIMUT** : 218°  
**PERFIL N°** : 12.B

<b>1</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EN EL ESPACIO LIBRE</b> dBu/m REF: 100 W IRRADIADO	70.00		
<b>2</b>	<b>PERDIDAS</b>	<b>REFLEXION</b> (dB)	--	
		<b>OBSTACULO</b> (dB)	11.50	
		<b>FRESNEL</b>	<b>ARISTA</b> (dB)	--
			<b>TIERRA PLANA</b> (dB)	--
			<b>TIERRA ESFERICA</b> (dB)	20.50
		<b>CABLE Rx + MARGEN DE SEGURIDAD</b> (dB)	01.00	
		<b>TOTAL</b> (dB)	33.00	
<b>3</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EFECTIVA</b> (dBu/m) (1) - (2)	37.00		
<b>4</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO RECOMENDADA</b> (dBu/m)	55.00		
<b>5</b>	<b>POTENCIA EFECTIVA (3) - (4)</b> IRRADIADA	(dBu/m)	-18.00	
		( W )	6,309.00	

## HOJA DE CALCULO N° 22

ESTACION : CERRO PLAZA  
 LOCALIDAD SERVIDA : VILLA TOQUEPALA  
 DISTANCIA : 24.00 Km.  
 AZIMUT : 227°  
 PERFIL N° : 13.B

<b>1</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EN EL ESPACIO LIBRE</b> dBu/m REF: 100 W IRRADIADO	69.00
<b>2</b>	<b>PERDIDAS</b>	<b>REFLEXION</b> (dB)      --
		<b>OBSTACULO</b> (dB)      --
		<b>FRESNEL</b>
		<b>ARISTA</b> (dB)      16.20
		<b>TIERRA PLANA</b> (dB)      --
		<b>TIERRA ESFERICA</b> (dB)      --
<b>CABLE Rx + MARGEN DE SEGURIDAD</b> (dB)      01.00		
<b>TOTAL</b> (dB)      17.20		
<b>3</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EFECTIVA</b> (dBu/m) (1) - (2)	51.80
<b>4</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO RECOMENDADA</b> (dBu/m)	55.00
<b>5</b>	<b>POTENCIA EFECTIVA (3) - (4)</b>	(dBu/m)      -03.80
	<b>IRRADIADA</b>	( W )      208.90

## HOJA DE CALCULO N° 23

**ESTACION** : CERRO PLAZA  
**LOCALIDAD SERVIDA** : VILLA TOQUEPALA  
**DISTANCIA** : 24.00 Km.  
**AZIMUT** : 230°  
**PERFIL N°** : 14.B

<b>1</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EN EL ESPACIO LIBRE</b> dBu/m REF: 100 W IRRADIADO	69.00		
<b>2</b>	<b>PERDIDAS</b>	<b>REFLEXION</b> (dB)	--	
		<b>OBSTACULO</b> (dB)	--	
		<b>FRESNEL</b>	<b>ARISTA</b> (dB)	05.00
			<b>TIERRA PLANA</b> (dB)	--
			<b>TIERRA ESFERICA</b> (dB)	--
		<b>CABLE Rx + MARGEN DE SEGURIDAD</b> (dB)	01.00	
<b>TOTAL</b> (dB)	06.00			
<b>3</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EFECTIVA</b> (dBu/m) (1) - (2)	63.00		
<b>4</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO RECOMENDADA</b> (dBu/m)	55.00		
<b>5</b>	<b>POTENCIA EFECTIVA (3) - (4)</b>	(dBu/m)	08.00	
	<b>IRRADIADA</b>	( W )	15.80	

C U A D R O No. III.8

Perfil	Azímüt	Localidad	Distancia ( Km )	E.R.P ( W )	10logPi/ Pmax (dB)
1.B	10°	Barrio Nuevo	2.70	3.98	-25.90
		Barrio Obrero	10.80	7.90	-22.90
		Vallecito	13.10	63.00	-13.90
2.B	24°	Barrio Nuevo	2.20	0.11	-41.40
		Ricardo Palma	8.00	1.00	-31.80
		Barrio Obrero	12.00	2.50	-27.90
		Barrio Azul	14.00	1.90	-29.10
3.B	63°	Barrio Nuevo	3.50	1.00	-31.80
		Miraflores	5.40	7.90	-22.90
		Plaza	9.00	1.58	-29.90
4.B	77°	Barrio Nuevo	1.90	0.12	-41.10
		Miraflores	5.00	0.05	-44.90
		Los Cipreses	8.00	1.54	-30.00
5.B	101°	Barrio Azul	7.30	2.04	-28.80
6.B	127°	Barrio Azul	4.50	1.25	-31.00
7.B	140°	Sagollo	31.60	15.10	-20.10
8.B	191°	Villa Toquepala	21.00	794.00	- 2.90
9.B	196°	Villa Toquepala	20.60	912.00	- 2.30
10.B	200°	Locumba	38.80	1,000.00	- 1.80
11.B	205°	Villa Toquepala	22.00	1,548.80	00.00
12.B	218°	Administración	21.20	6,309.00	00.00
13.B	227°	Villa Toquepala	24.00	208.90	- 8.70
14.B	230°	Villa Toquepala	24.00	15.80	-19.90

#### 6.4 Distribución de Potencia

En la dirección de 205° se debe irradiar 1,548.80 W.potencia que será lograda con un transmisor de 200 W. no se dirige el lóbulo principal hacia esta dirección porque tenemos un margen de potencia que se utiliza para el enlace hacia el C° Cruz de Portillo.

La distribución de potencia óptima en este caso es como muestra la Fig. No. 1.23

Distribuidor	A
Tipo	4 salidas 1/4,1/4,1/4,1/4

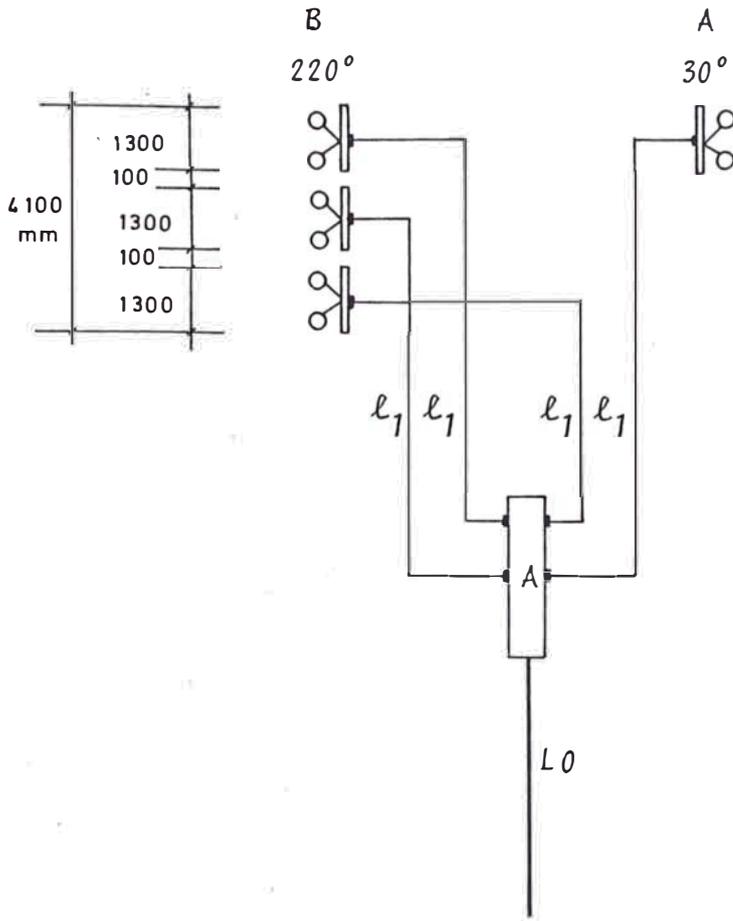


Fig. No.1.23 Distribución de Potencia

6.5 Dimensionamiento de Alimentadores

(1)  $l_1 = 5 \text{ Mts.}$

se elige  $l_1$  por razones mecánicas, a la salida del del distribuidor A las antenas están en fase, por tanto son de la misma longitud los cables

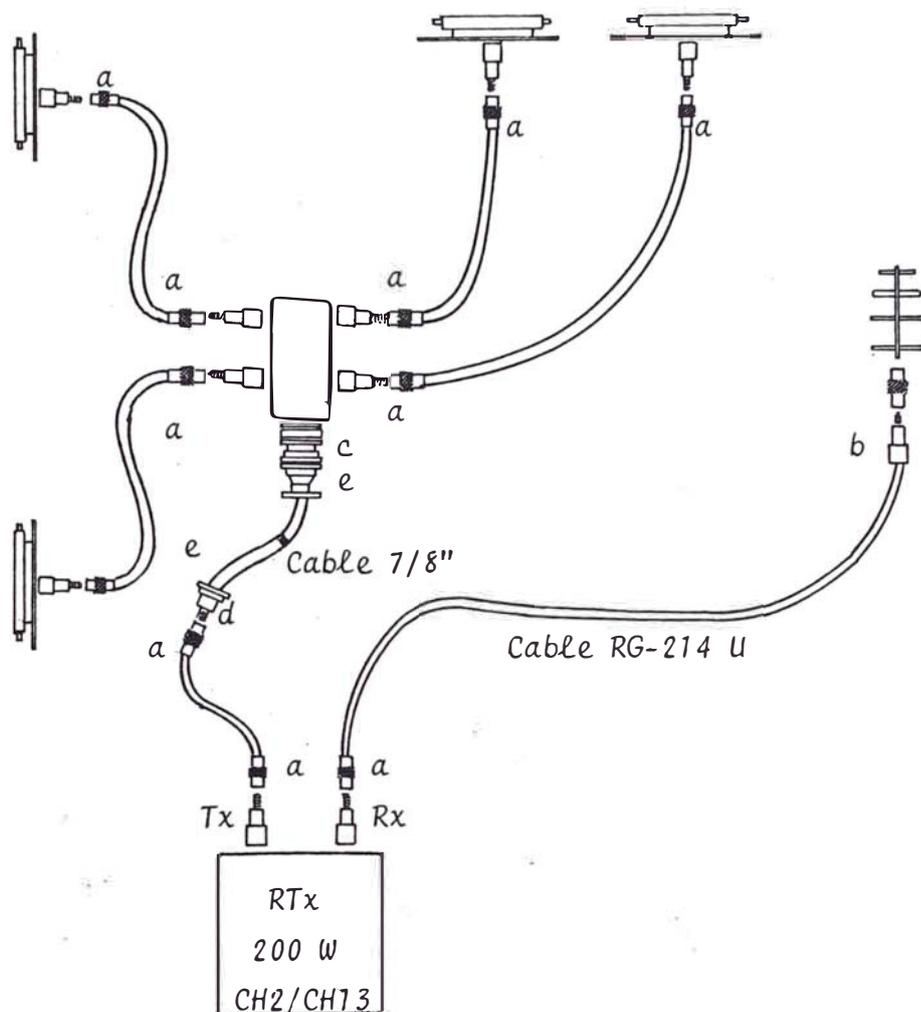
(2)  $L_0 = 40 \text{ Mts.}$

del mismo modo se elige  $L_0$ , por razones mecánicas, de potencia y bajas pérdidas.

Cable Coaxial	$L_0$	$l_1$
7/8"	40 Mts.	
RG 214-U		5 Mts.

### 6.6 Conectores utilizados

En la Fig. 1.24 se muestra el diagrama de conexionado



Donde:

- a = Conector N(M)
- b = Conector N(H)
- c = Adaptador 7/8" a 7/8"
- d = Reductor 7/8" a N(M)
- e = conector 7/8"

### 6.7 Cálculo de la Potencia Efectiva Irradiada

Ver cuadro No. III.9

ESPECIFICACIONES DE PERFORMANCE

ESTACION	:	<u>TOQUEPALA</u>
CANAL	:	<u>13</u>
FRECUENCIA DE CALCULO	:	<u>211.25 MHz</u>
POTENCIA NOMINAL	:	<u>200 W</u>
POLARIZACION	:	<u>HORIZONTAL</u>
TIPO DE ANTENA BASICA	:	<u>PANEL DIPOLO DOBLE BIII</u>

DIRECCION		A	B	C
FASE (GRADOS)		30°	220°	
N° DE ANTENA BASICA POR FASE (n)		1	3	
GANANCIA POR ELEMENTO BASICO (dB) = g		8.00	8.00	
GANANCIA POR LADO (dB) $\gamma/2 = g + 10 \log (n)$		8.00	12.77	
DISTRIBUCION DE POTENCIA	RELACION DE DISTRIBUCION (Kp)	1/4	3/4	
	(10 log Kp) dB = R (dB)	-6.02	-1.24	
DISTRIBUCION DE FASE (GRADOS)		0°	0°	
GANANCIA DE ANTENAS : $g' - R \text{ dB} = G_0 \text{ (dB)}$		1.98	11.53	
PERDIDA EN ALIMENTADORES : F (dB)		0.86	0.86	
GANANCIA RESULTANTE : $G_0 - F \text{ dB} = G_r$		1.02	10.37	
POTENCIA DE TRANSMISION	W	200.00	200.00	
	dB/W Ge	23.00	23.00	
POTENCIA EFECTIVA IRRADIADA	(Gr + Ge) dB/W	24.02	33.37	
	E.R.P W	252.30	2,172.70	

### 6.8 Diagrama de Radiación Horizontal y Vertical

#### Diagrama de Radiación Horizontal

Se ha elegido una antena tipo panel dipolo doble BIII, cuyo patrón de radiación horizontal unitario se muestra en la Fig. No. 1.25

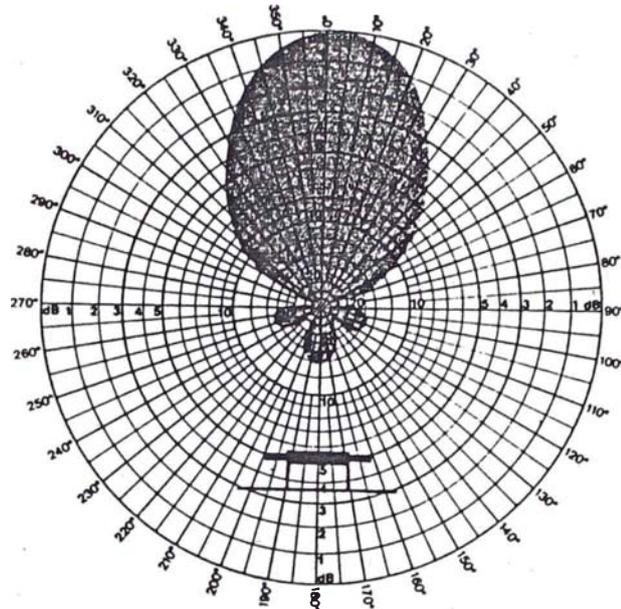


Fig.No. 1.25 Patrón Horizontal

La suma vectorial del arreglo de antenas se muestra en la Fig. No. 1.26

#### Diagrama de Radiación Vertical

De igual modo, en la Fig. No. 1.27 se muestra en patrón de radiación unitario vertical de una antena tipo dipolo do - ble BIII.

La suma vectorial del arreglo de antenas en el plano verti - cal en la fase B ( $220^\circ$ ) se muestra en el cuadro No.III.10

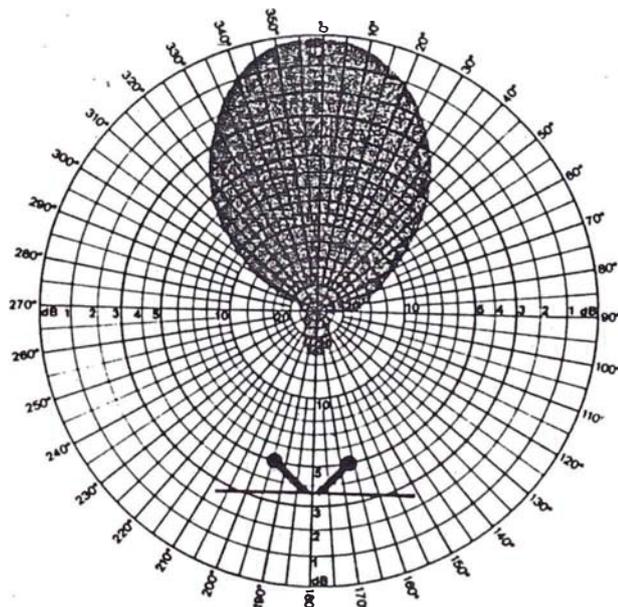
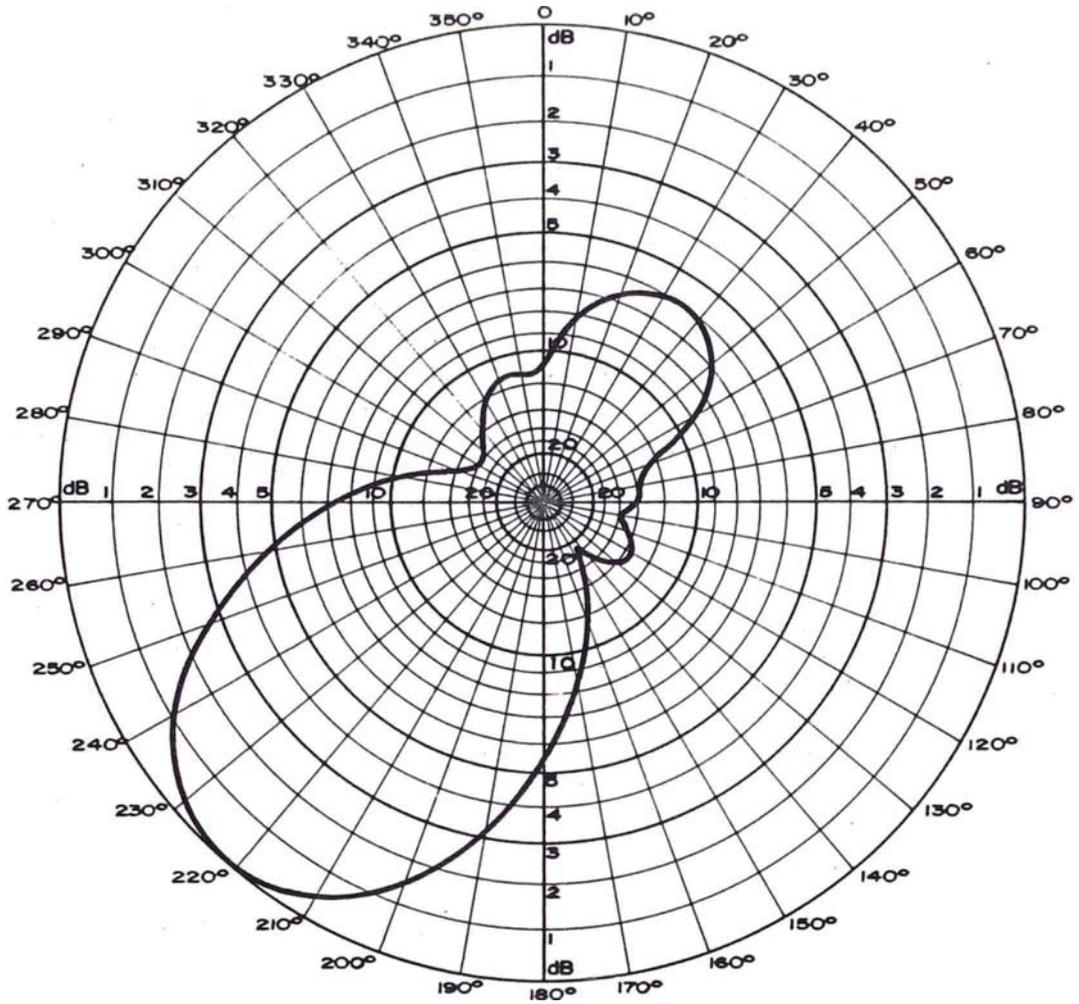


Fig. No. 1.27 Patrón Vertical



**CONDICION DE TRANSMISION :**

ESTACION : TOQUEPALA

CANAL : 13

FRECUENCIA : 210 Mhz - 216 Mhz

DISTRIBUCION DE POTENCIA :

POTENCIA DE TRANSMISION 200 W

A 1/4 , B 3/4 , C     , D    

POLARIZACION : HORIZONTAL

Nº DE ANTENAS POR FASE :

GANANCIA MAXIMA POR FASE: 10.37 dB

A 1 , B 3 , C     , D    

E.R.P. 2,172.7 W 0 dB

Fig. No. 1.26

FASE B = 220 °

$d_1 = 1,400 \text{ mm}$

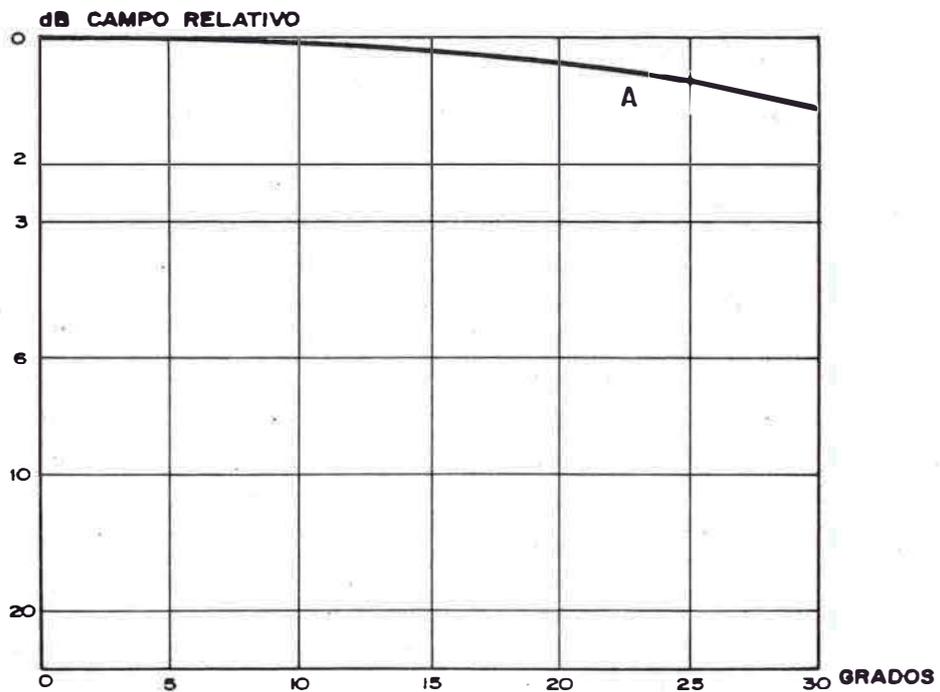
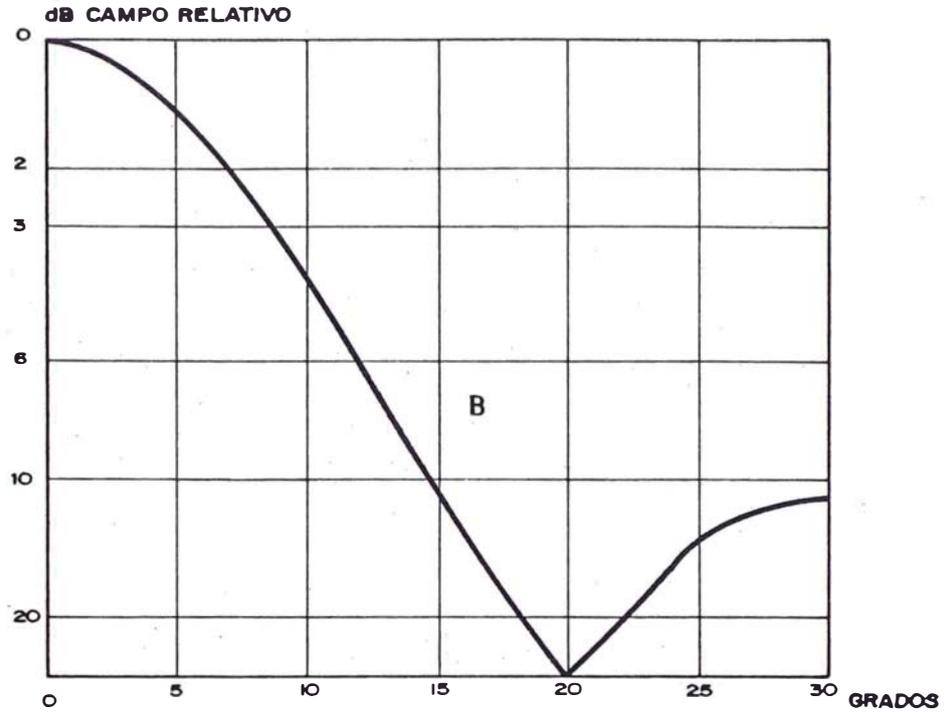
$f = 211.25 \text{ MHz}$

$\lambda = 1,420 \text{ mm.}$

efectuamos la suma vectorial como se muestra en el cuadro No.III.10 y la gráfica correspondiente en la Fig.No. 1.28

C U A D R O No. III. 10

$\alpha$	$\theta_1^\circ$	$\theta_2^\circ$	$E_x$	$E_y$	$E_R \times 100$	$10 \log \frac{E_R}{E_{max}}$ (dB)
0°	0.00	0.00	3.00	0.00	300.00	0.00
1°	6.19	12.38	2.93	0.31	295.35	- 0.05
2°	12.38	24.77	2.84	0.62	291.17	- 0.17
3°	13.57	37.17	2.69	0.90	284.77	- 0.37
4°	24.75	49.51	2.50	1.15	276.24	- 0.63
5°	30.93	61.86	2.27	1.36	265.70	- 0.97
6°	37.09	74.19	2.02	1.52	253.28	1.39
7°	43.25	86.50	1.74	1.63	239.15	- 1.88
8°	49.39	98.78	1.45	1.69	223.50	- 2.47
9°	55.51	111.03	1.16	1.70	206.51	- 3.16
10°	61.62	123.25	0.89	1.65	188.41	- 3.95
11°	67.71	135.43	0.63	1.55	168.36	- 4.93
12°	73.78	147.57	0.41	1.42	147.89	- 6.06
13°	79.83	159.69	0.22	1.25	127.25	- 0.36
14°	85.85	171.71	-0.07	1.06	106.66	- 8.90
15°	91.85	183.70	-0.02	0.86	86.37	-10.73
16°	97.82	195.64	-0.09	0.65	66.59	-12.99
17°	103.76	207.52	-0.11	0.46	47.52	-15.92
18°	109.67	219.34	-0.09	0.27	29.34	-20.11
19°	115.54	231.08	-0.05	0.11	12.23	-27.70
19.76°	119.99	239.98	0.00	0.00	00.00	00.00
20°	121.38	242.76	1.90	-0.03	3.65	-38.19
21°	127.18	254.36	0.10	-0.14	18.12	-24.29
22°	132.94	265.89	0.21	-0.22	31.00	-19.63
23°	138.67	277.34	0.31	-0.27	42.24	-16.94
24°	144.35	288.70	0.42	-0.30	51.80	-15.17
25°	149.98	299.97	0.51	-0.29	59.67	-13.94
26°	155.57	311.15	0.59	-0.27	65.87	-13.08
27°	161.12	322.24	0.66	-0.22	70.43	-12.50
28°	166.61	333.23	0.71	-0.16	73.39	-12.14
29°	172.05	344.11	0.74	-0.10	74.83	-11.98
30°	177.45	354.90	0.74	-3.32	74.84	-11.97



CONDICION DE TRANSMISION

ESTACION: TOQUEPALA

FRECUENCIA: 210 Mhz - 216 Mhz

POTENCIA DE TRANSMISION: 200 W

FASE: A: 30° B: 220° C:      D:     

PATRON VERTICAL

CANAL: 13

Nº DE ANTENAS POR FASE:

A: 1 B: 3 C:      D:     

Fig. No. 1.28

6.9 Cálculo del nivel de intensidad de campo real para los diferentes puntos del área de cobertura

Del diagrama de radiación ( Fig.No.1.26) se calcula el E.R.P. real con que se da servicio a cada una de las localidades que conforman la cobertura.

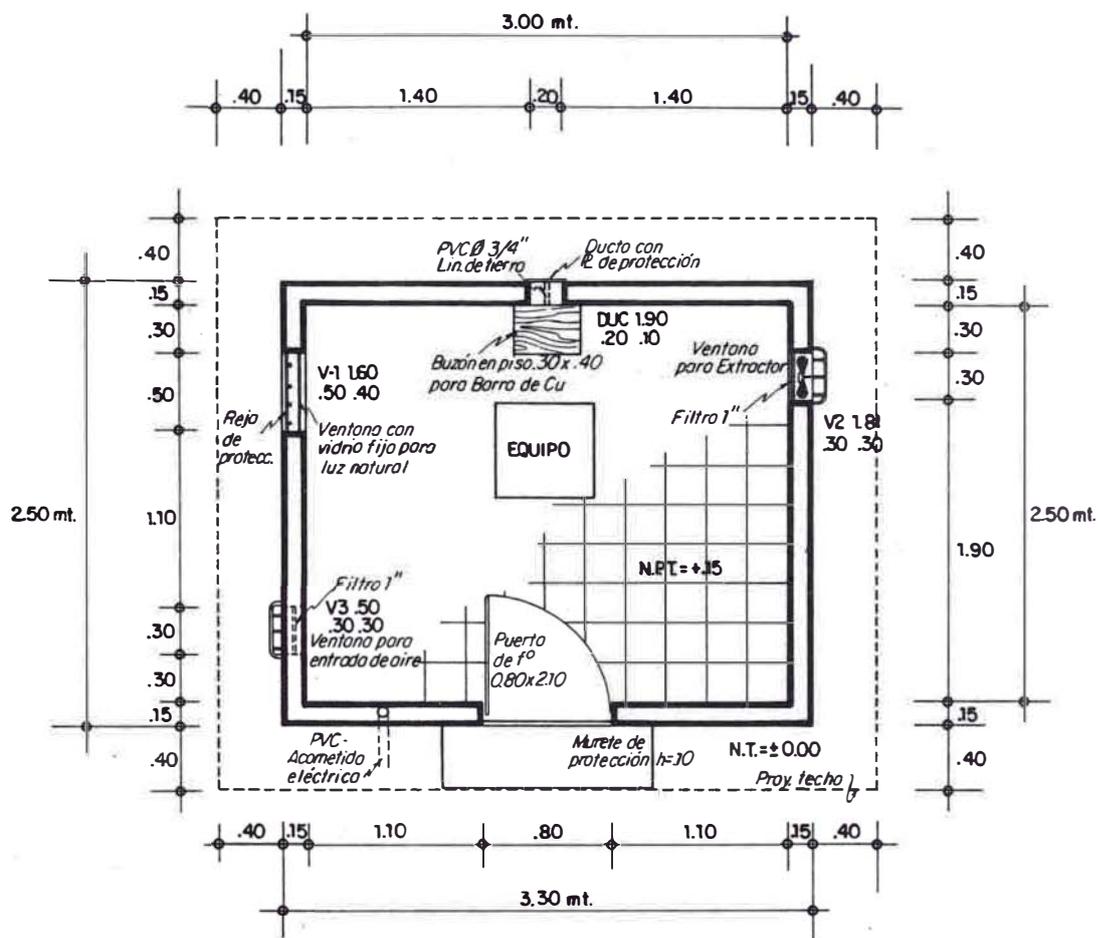
Los resultados obtenidos se muestran en el cuadro No.III.11

C U A D R O No. III.11

Perfil	Azímüt	Localidad	Distancia (Km)	E <sub>o</sub> (dBu/m)	A <sub>T</sub> (dB)	E <sub>R</sub> (dBu/m)
1.B	10°	Barrio Nuevo	2.70	93.00	19.00	74.00
		Barrio Obrero	10.80	81.00	10.00	71.00
		Vallecito	13.10	79.50	17.00	62.50
2.B	24°	Barrio Nuevo	2.20	96.80	5.70	91.10
		Ricardo Palma	8.00	85.60	4.10	81.50
		Barrio Obrero	12.00	82.00	4.00	78.00
		Barrio Azul	14.00	80.70	2.00	78.70
3.B	63°	Barrio Nuevo	3.40	89.00	11.00	78.00
		Miraflores	5.40	85.00	17.00	68.00
		Plaza	9.00	80.60	5.00	75.60
4.B	77°	Barrio Nuevo	1.90	91.50	7.00	84.50
		Miraflores	5.00	83.00	3.40	79.60
		Los Cipreses	8.00	79.00	6.90	72.10
5.B	101°	Barrio Azul	7.30	77.00	8.10	68.90
6.B	127°	Barrio Azul	4.50	83.70	10.00	73.70
7.B	190°	Sagollo	31.60	77.10	11.80	65.30
8.B	191°	Villa Toquepala	21.00	80.80	24.00	56.80
9.B	196°	Villa Toquepala	20.60	81.90	41.60	40.30
10.B	200°	Locumba	38.80	76.80	20.00	56.80
11.B	205°	Villa Toquepala	22.00	83.10	26.90	56.20
12.B	218°	Administración	21.20	83.70	38.00	45.70
13.B	227°	Villa Toquepala	24.00	82.20	17.20	65.00
14.B	230°	Villa Toquepala	24.00	82.20	6.00	76.20

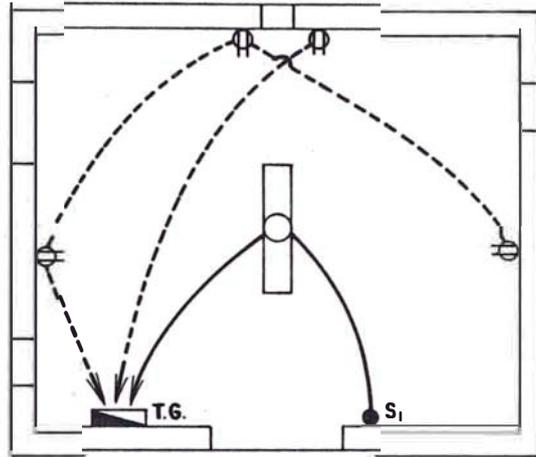
6.10 Obras Civiles y Energía

El plano Arquitectónico correspondiente a la caseta donde se instala el equipo , así como la distribución de energía comercial se muestran en los planos No. 1.29 y No.1.30 adjuntos.



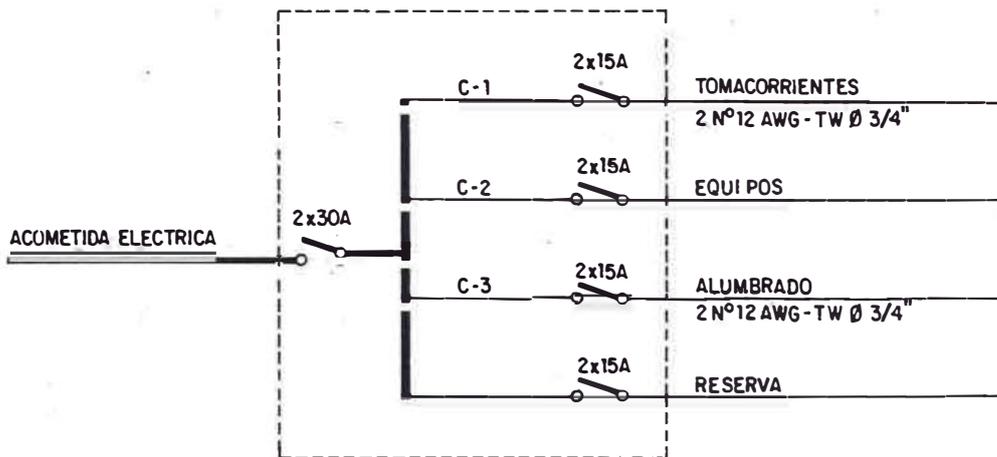
## CASETA TIPICA PARA RETRANSMISORA

FIG. No 1.29



## INSTALACIONES ELECTRICAS

### TABLERO GENERAL TERMOMAGNETICO (T.G.)



### DIAGRAMA UNIFILAR

## CASETA TIPICA PARA RETRANSMISORA

7.- Enlace Repetidora Toquepala (C°Plaza) -C°Cruz de Portillo

7.1 Perfil de enlace

El perfil de la trayectoria de enlace se muestra en la Fig. No.1.31

7.2 Cálculo de enlace

Datos :

• Punto de Transmisión	:	C°Plaza
• Punto de Recepción	:	C°Cruz de Portillo.
• Frecuencia de operación	:	211.25 MHz
• Distancia del recorrido	:	54.60 Kms.
• Altura de Transmisión	:	28 Mts.
• Longitud de cable de transmisión	:	35 Mts
• Altura de recepción	:	6 Mts.
• Longitud de cable de recepción	:	10 Mts.

Pérdidas:

• Atenuación en espacio libre	(A <sub>o</sub> )	:	113.6 dB
• Pérdidas por Fresnel	(A <sub>f</sub> )	:	0.0 dB
• Pérdidas por Obstáculo	(A <sub>s</sub> )	:	0.0 dB
• Pérdidas por Reflexión	(A <sub>θ</sub> )	:	0.0 dB
• Pérdidas en cables y conectores	(Acc)	:	1.01 dB
Total de Pérdidas			<u>114.61 dB</u>

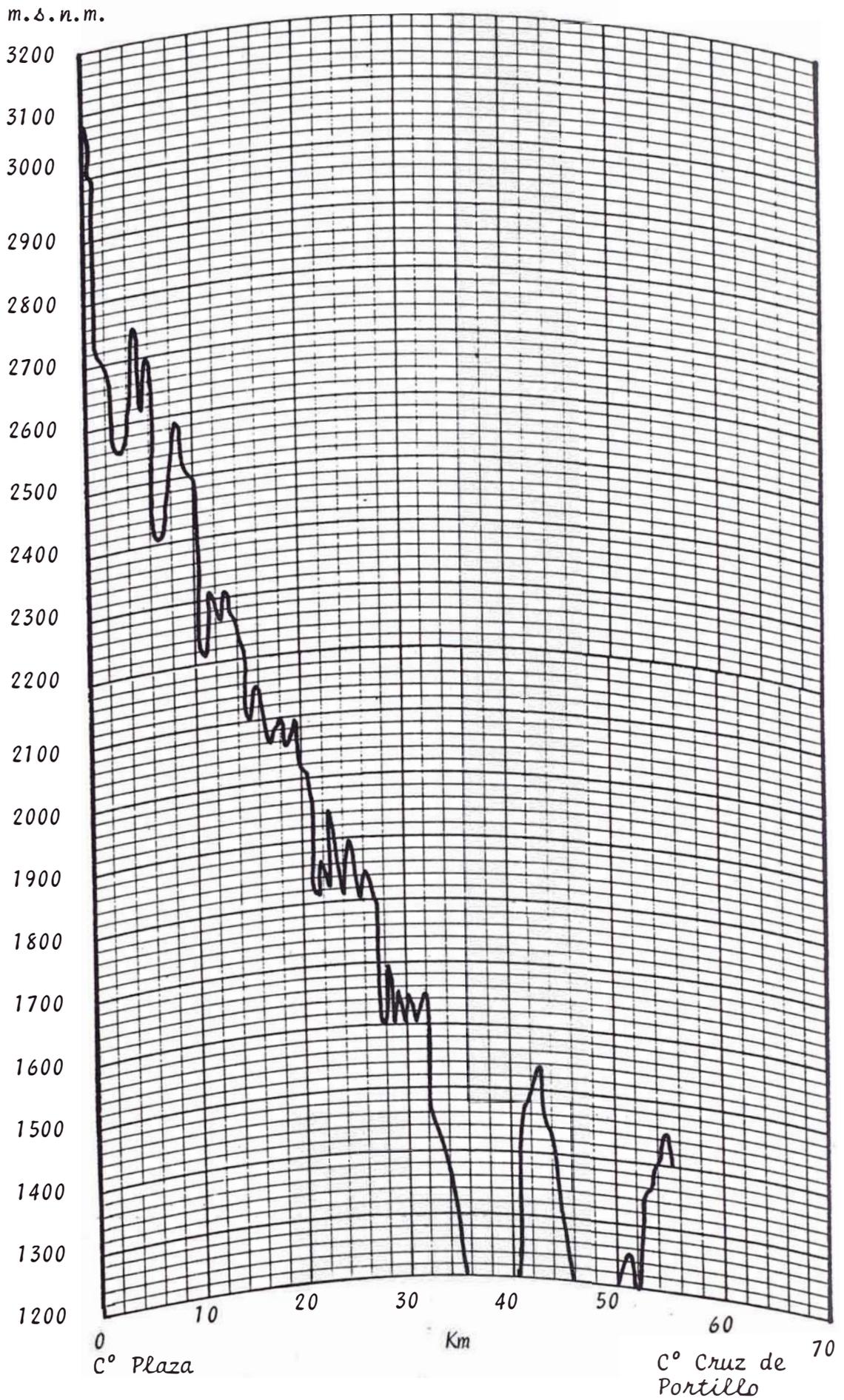
Ganancias :

• Ganancia de la antena de recepción	(G <sub>Arx</sub> )	:	11.00 dB
Total de ganancias			<u>11.00 dB</u>

Potencias :

• Potencia mínima recomendada a la entrada del equipo a 1 mV y 50 Ohmios	(P <sub>N</sub> )	:	-47.00 dBm
• Potencia de transmisión	(P <sub>tx</sub> )	:	56.20 dBm
• Potencia de recepción	(P <sub>rx</sub> )	:	-47.41 dBm

Fig.No. 1.31 Perfil de enlace



8.- Estación repetidora Cerro Cruz de Portillo

8.1 Perfil del trayecto de propagación

Se muestra en la Fig.No. 1.32

8.2 Cálculo de la Potencia de Transmisión

Datos :

. Frecuencia de cálculo	:	807.25	MHz
. Distancia del recorrido	:	32	Kmts.
. Altura del punto de transmisión	:	17	Mts.
. Longitud del cable de transmisión	:	10.5	Mts.
. Altura del punto de recepción	:	10	Mts.
. Longitud del cable de recepción	:	20	Mts.

Pérdidas :

. Pérdida en espacio libre ( $A_0$ )	:	120.69	dB
. Pérdidas por reflexión ( $A_\theta$ )	:	0.00	dB
. Pérdidas por Obstáculo ( $A_s$ )	:	0.00	dB
. Pérdidas por Fresnel ( $A_f$ )	:	0.00	dB
. Pérdidas en cables y conectores en transmisión ( $A_{cc}$ )	:	0.74	dB
. Pérdidas en cables y conectores en recepción ( $A_{cc}$ )	:	5.00	dB
<b>Pérdidas totales</b>	:	<b>126.43</b>	<b>dB</b>

Ganancias:

. Ganancia de antena de transmisión ( $G_{Atx}$ )	:	22.00	dB
. Ganancia de antena de recepción ( $G_{Arx}$ )	:	22.00	dB
<b>Ganancia total</b>	:	<b>44.00</b>	<b>dB</b>

Potencias

. Potencia mínima recomendada a la entrada del equipo 1 mV y 50 Ohmios ( $P_N$ )	:	-47.00	dB
. Potencia de transmisión (deducción ver cuadro No. III.12, cálculo del E.R.P. ítem. 8.3) ( $P_{tx}$ )	:	57.20	dB
. Potencia de recepción ( $P_{rx}$ )	:	-46.49	dB

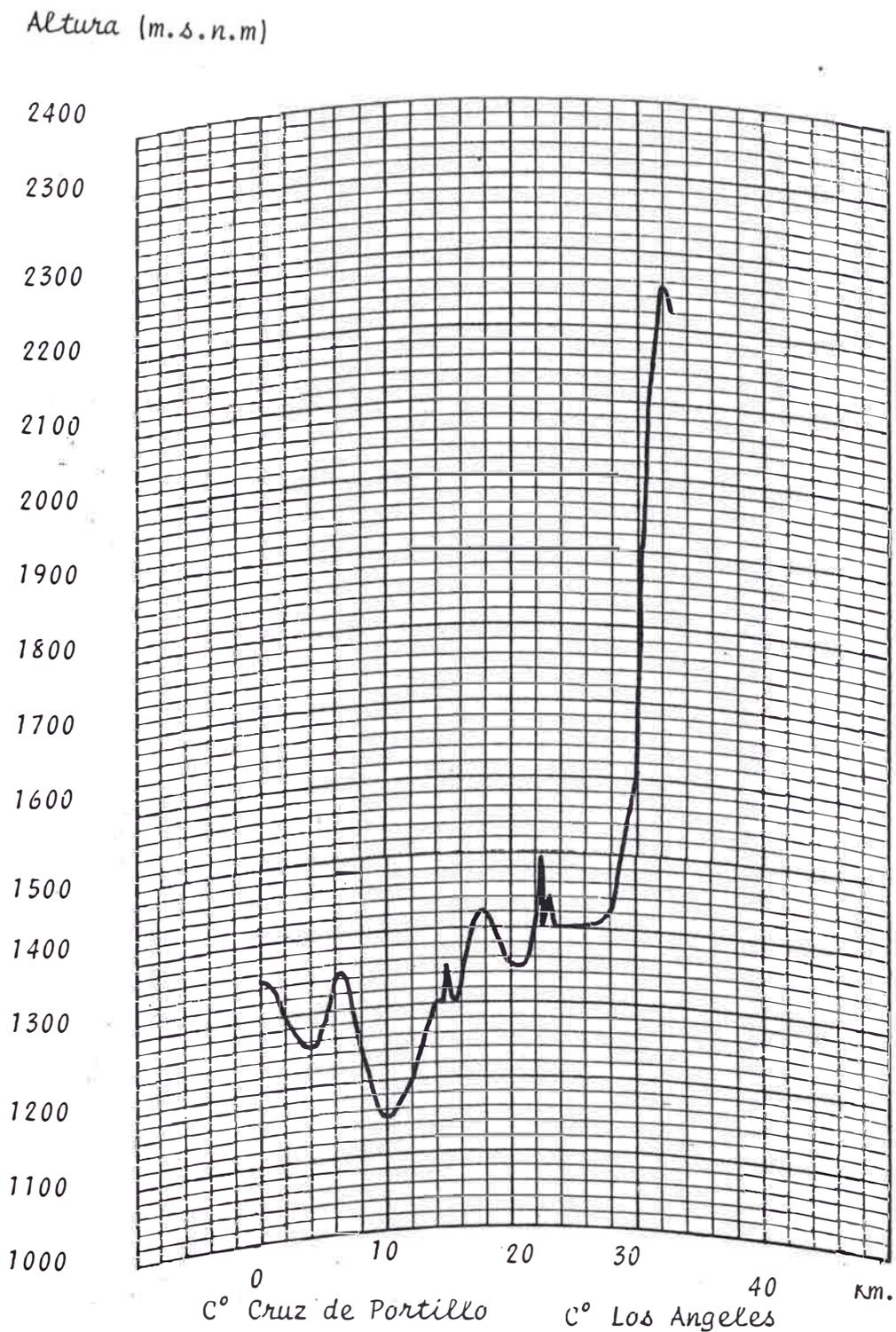


Fig.No. 1.32 Perfil de enlace

8.3 Cálculo de la potencia efectiva irradiada

CUADRO N°III.12

**ESPECIFICACIONES DE PERFORMANCE**

ESTACION : CERRO CRUZ DE PORTILLO  
 CANAL : 70  
 FRECUENCIA DE CALCULO : 807.25 MHz.  
 POTENCIA NOMINAL : 5 W  
 POLARIZACION : HORIZONTAL  
 TIPO DE ANTENA BASICA : PARABOLICA TIPO REJILLA D= 3 Mt.

DIRECCION		A	B	C
FASE (GRADOS)		63°		
N° DE ANTENA BASICA POR FASE (n)		1		
GANANCIA POR ELEMENTO BASICO (dB) = g		21.00		
GANANCIA POR LADO (dB) $\gamma_2 = g + 10 \log(n)$		21.00		
DISTRIBUCION DE POTENCIA	RELACION DE DISTRIBUCION (Kp)	00.00		
	$(10 \log Kp) \text{ dB} = R \text{ (dB)}$	00.00		
DISTRIBUCION DE FASE (GRADOS)		0°		
GANANCIA DE ANTENAS : $g' - R \text{ dB} = G_0 \text{ (dB)}$		21.00		
PERDIDA EN ALIMENTADORES : F (dB)		00.66		
GANANCIA RESULTANTE : $G_0 - F \text{ dB} = G_r$		20.34		
POTENCIA DE TRANSMISION	W	5.00		
	dB/W Ge	6.90		
POTENCIA EFECTIVA IRRADIADA	$(G_r + G_e) \text{ dB/W}$	27.24		
	E.R.P. W	529.60		

#### 8.4 Diagrama de Radiación Horizontal y Vertical

En las Figuras Nos. 1.33 y 1.34 se muestran los diagramas de radiación horizontal y vertical de una antena parabólica tipo rejilla de 3 mts. de diámetro.

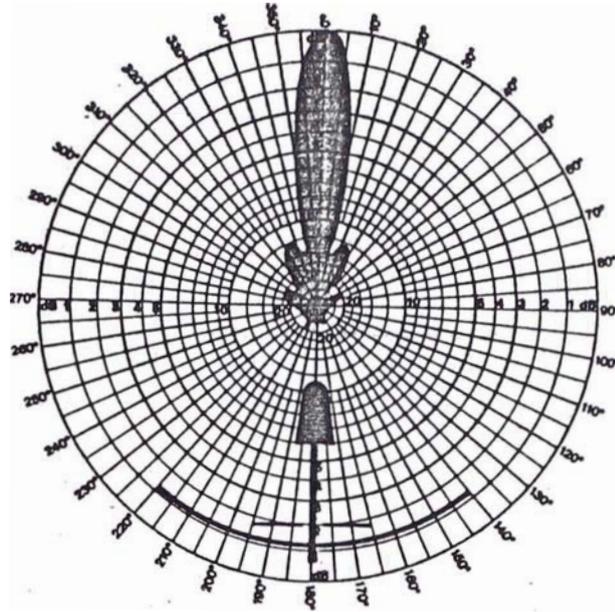


Fig. No. 1.33 Patrón Horizontal

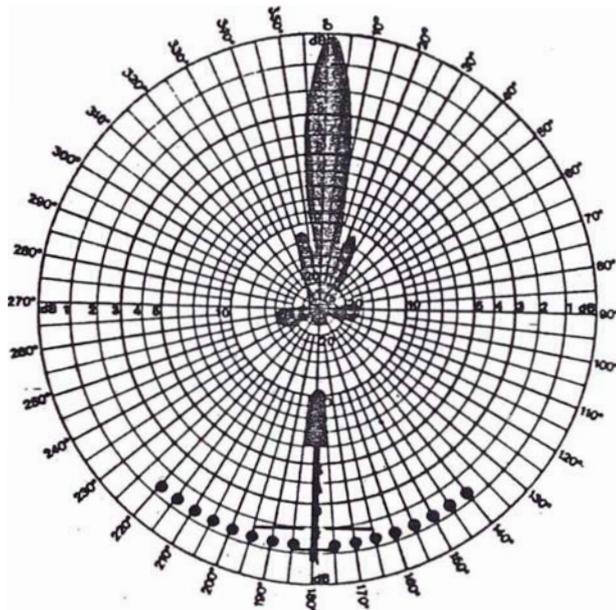
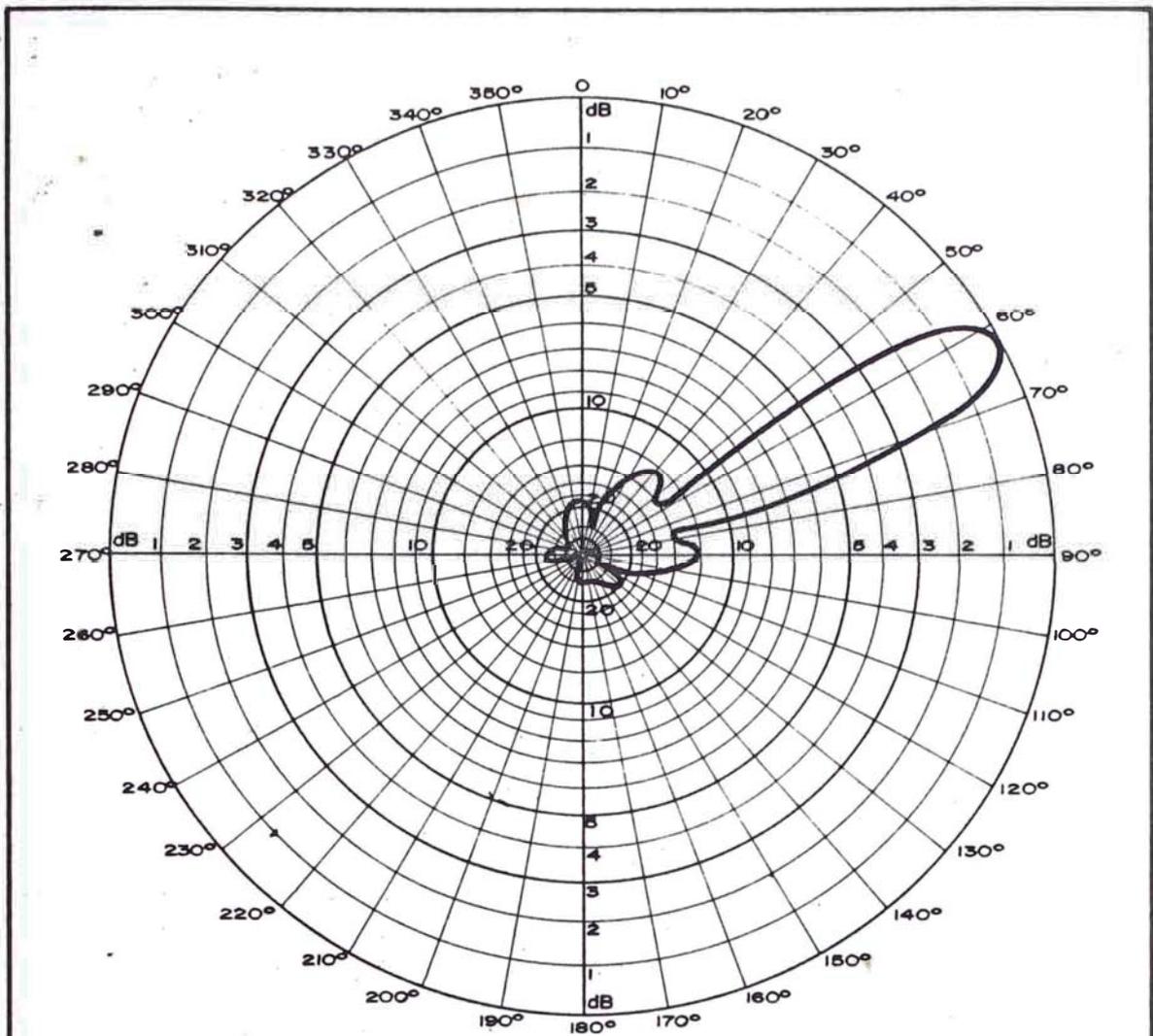


Fig. No. 1.34 Patrón Vertical

Como se trata de un enlace, el haz principal se orienta en dirección de este enlace para la máxima potencia.

La grafica correspondiente se muestra en la Fig.No. 1.35.



**CONDICION DE TRANSMISION :**

ESTACION : C° CRUZ DE PORTILLO

CANAL : 70

FRECUENCIA : 806 Mhz - 812 Mhz

DISTRIBUCION DE POTENCIA :

POTENCIA DE TRANSMISION 5 W

A 1 , B      , C      , D     

POLARIZACION : HORIZONTAL

N° DE ANTENAS POR FASE :

GANANCIA MAXIMA POR FASE : 22 dB

A 1 , B      , C      , D     

E.R.P. 529.6 W 0 dB

Fig. No. 1.35

8.5 Cables y Conectores

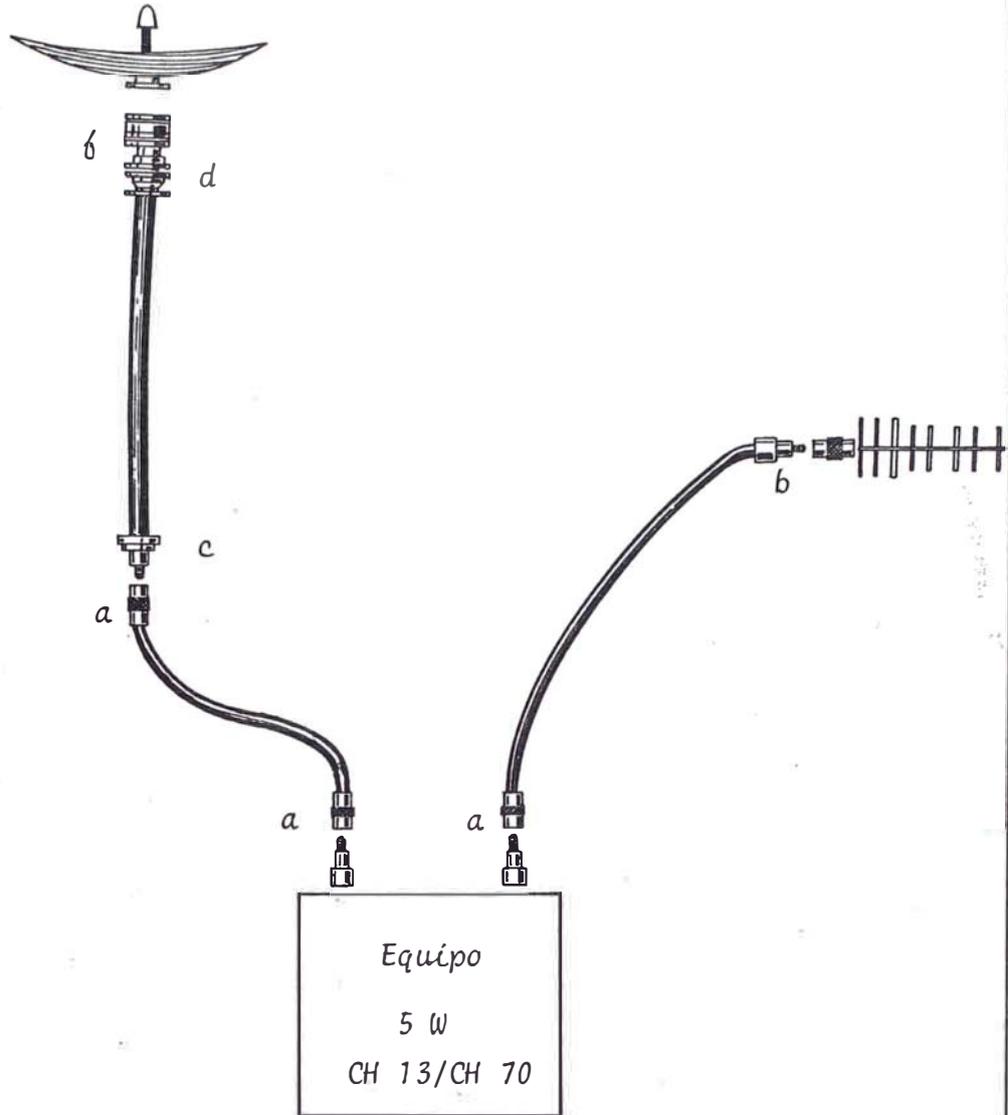


Fig. No. 1:36 Diagrama de conexión

De la Figura No.1.36 ,los conectores son:

- a : Conector tipo N (macho)
- b : Conector tipo N (hembra)
- c : Reductor 7/8" a N(hembra)
- d : Adaptador de 7/8" a 7/8 "
- b : Conector EIA 7/8"

## 8.6 Dimensionamiento del sistema solar

### Datos :

- Consumo del equipo : 50 W / 24 VDC
- Horas de trabajo : 20 Horas diarias
- Horas de autonomía : 100 Horas
- Promedio de horas de sol por día (lecturas promedios efectuados por el SENAMI, mensual)
  - Enero : 7.8 H
  - Febrero : 8.2 H
  - Marzo : 6.7 H
  - Abril : 8.9 H
  - Mayo : 9.1 H
  - Junio : 8.8 H
  - Julio : 9.1 H
  - Agosto : 10.1 H
  - Setiembre : 8.6 H
  - Octubre : 9.8 H
  - Noviembre : 8.7 H
  - Diciembre : 9.1 H
- Temperatura Promedio : máximo : 28° C
- : mínimo : 8° C

### Diseño :

- La potencia consumida durante 20 Horas de programación del equipo será :

$$50 \text{ W} \times 20 \text{ Horas} = 1,000 \text{ W-H}$$

- Durante las cuatro horas que no hay programación el consumo será :

$$0.7 \times 50 \text{ W} \times 4 \text{ H} = 140 \text{ W-H}$$

- Por tanto ,durante el día habremos consumido

$$1,000 + 140 = 1,140 \text{ W-H /día}$$

- Como la alimentación se realiza a 24 Voltios DC ,los Ampere-Hora necesarios al cabo del día serán :

$$\frac{1,140 \text{ W-H/ día}}{24 \text{ Vol}} = 47.5 \text{ A-H /día}$$

Suponiendo que la batería necesaria para almacenamiento

se descarga a diario sin sobrepasar el 40% de su capacidad ,cada día deberá disponerse de una capacidad de

$$47.5 \text{ A-H} \times \frac{1}{0.4} = 118.7 \text{ A-H /día}$$

También se necesita prever unos días de autonomía para cuando la insolación sea baja , caso de los días nublados, en los que solamente se va captar la radiación difusa .

Hemos fijado un margen de 100 Horas , correspondientes a 4 días.

Se debe tener un almacenamiento de:

$$4 \times 47.5 = 190 \text{ A- H/ día}$$

Que sumados a la capacidad necesaria para poder funcionar un día será:

$$118.70 + 190 = 308.7 \text{ A-H}$$

Para la duración prolongada de los acumuladores utilizados donde los ciclos de carga y descarga son practicamente constantes y no son sometidos a picon bruscos de carga, la capacidad no debe bajar en un 35% en el caso de presentarse la emergencia de los días nublados; por tanto, la capacidad de la batería de los acumuladores deberá ser de :

$$\frac{308.70}{0.65} = 474.9 \text{ A-H}$$

Por lo tanto requerimos de :

10 baterías de 105 A-H de capacidad de 12 Voltios

$$\underline{\text{N}^\circ \text{ de baterías} = 10}$$

Determinemos ahora , el número de paneles necesarios para mantener cargada esa cantidad de baterías:

Se deben considerar las pérdidas producidas al hacer las instalaciones , se estima en un 20% ; por tanto se necesitan al cabo del día :

$$47.5 \times 1.2 = 57 \text{ A-H /día}$$

El panel elegido produce 40.4 W a pleno sol , a un voltaje de 16.5 Voltios para cargar baterías de 12 Voltios y con un rendimiento máximo de 2.85 Amperios.

Por tanto:

En el mes de Marzo por ejemplo de menor horas de sol el panel produce :

$$2.85 \text{ A} \times 6.7 \text{ H} = 17.10 \text{ A-H}$$

En el mes de Agosto de máximo sol el panel produce:

$$2.85 \times 10.1 = 28.78 \text{ A-H}$$

Para producir 57 A-H / día a 12 VDC

a) en 6.7 horas  $\frac{57}{17.10} = 3.30$  módulos = 4

b) en 10.1 horas  $\frac{57}{28.78} = 1.90$  módulos = 2

Por lo tanto:

Para producir 57 A-H / día a 24 VDC , se usará el doble de módulos conectandolos en serie.

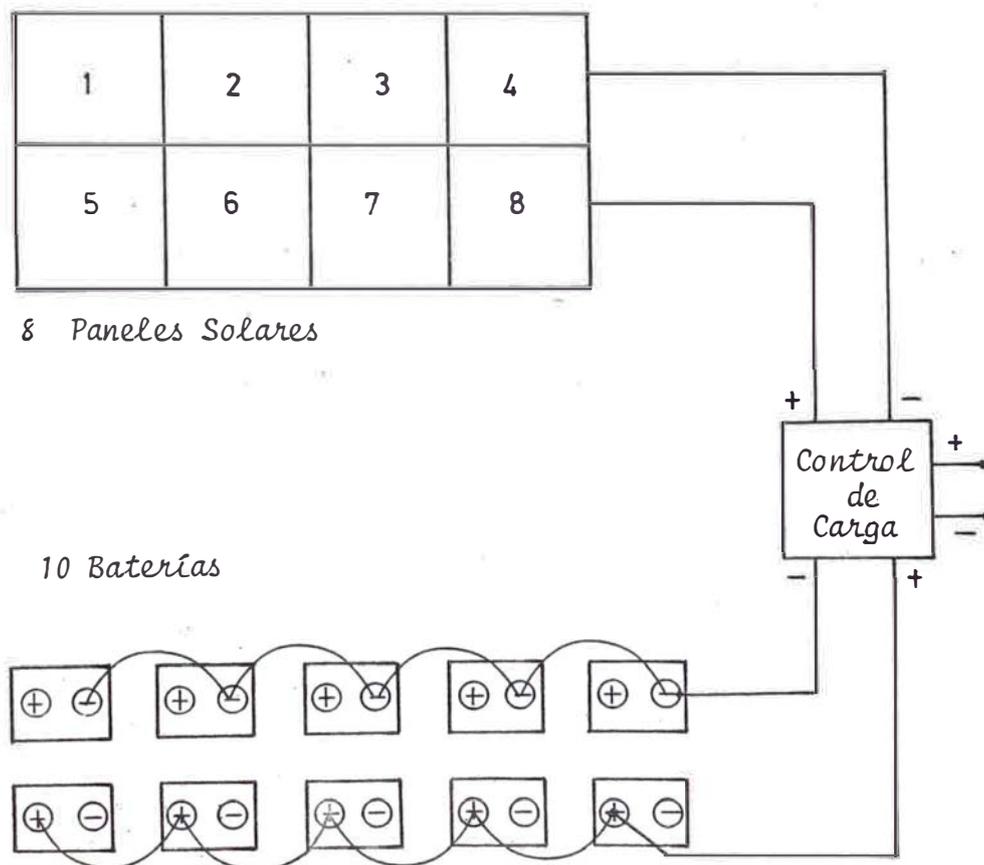
N° de Paneles = 8

La unidad de control de carga, deberá regular una carga máxima de:

$$4 \times 2.85 + 30\% = 14.82 \text{ A a } 24 \text{ VDC}$$

Por tanto se elige una Unidad de Control de carga de 20 A a 24 V

Diagrama de Instalación



### 8.7 Obras Civiles

Para mejor protecci3n del equipo y baterlas solares, se hace necesario la construcci3n de una caseta, con las mismas caracteristicas de la caseta t3pica de Toquepala.

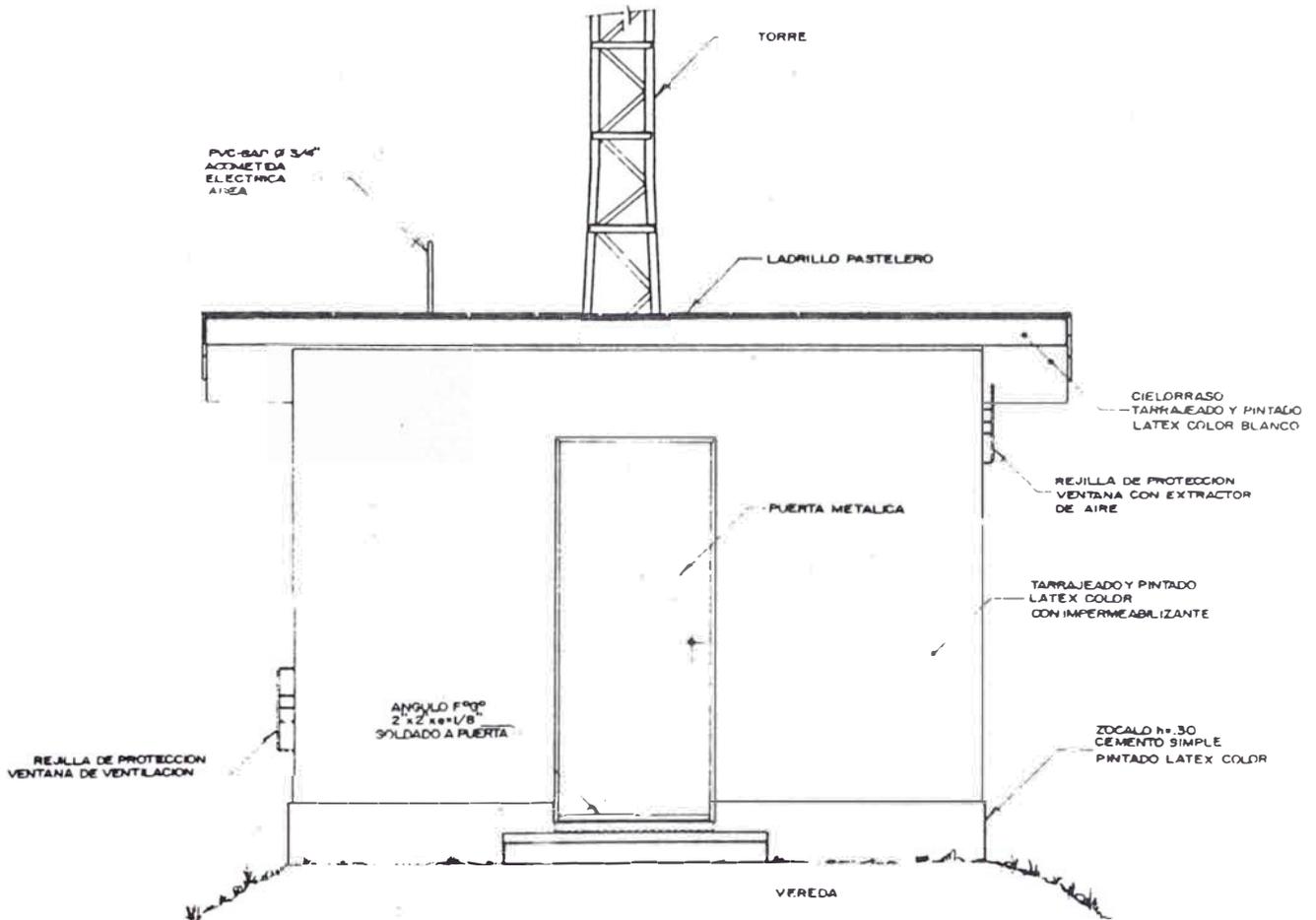


Fig. No. 1. 36 Vista frontal de la caseta

9.- Enlace estación repetidora C°Cruz de Portillo- Moquegua (C° los Angeles (UHF )

9.1 Perfil de la trayectoria de propagación

Ver Fig. 1.37

9.2 Cálculo del enlace

Ha sido desarrollado en el ítem. 8.2

10.-Estación repetidora Moquegua : C° Los Angeles

10.1 Perfiles de los trayectos de propagación

Se muestran en las Figuras del 1.C al 8.C.

10.2 Pérdidas asociadas a los trayectos de propagación

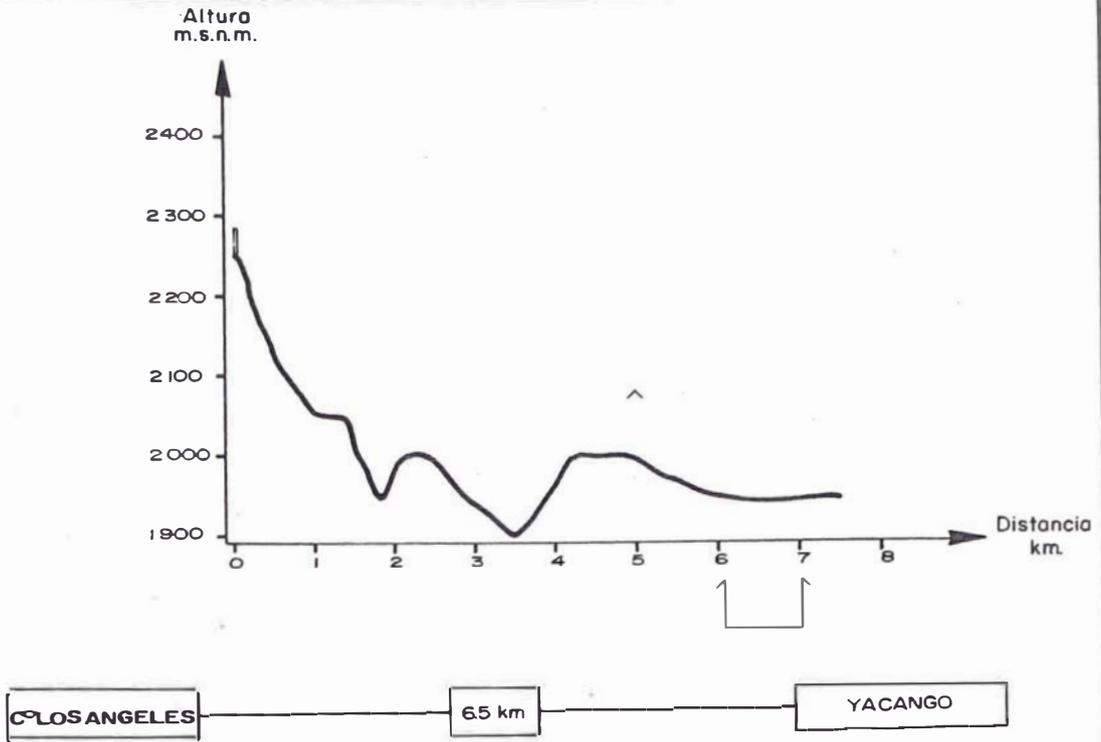
Se muestran en las hojas de cálculos del 1 al 11

10.3 Cálculo de la potencia requerida para los diferentes puntos del área de cobertura

Los cálculos respectivos se muestran en el cuadro No. III. 13.

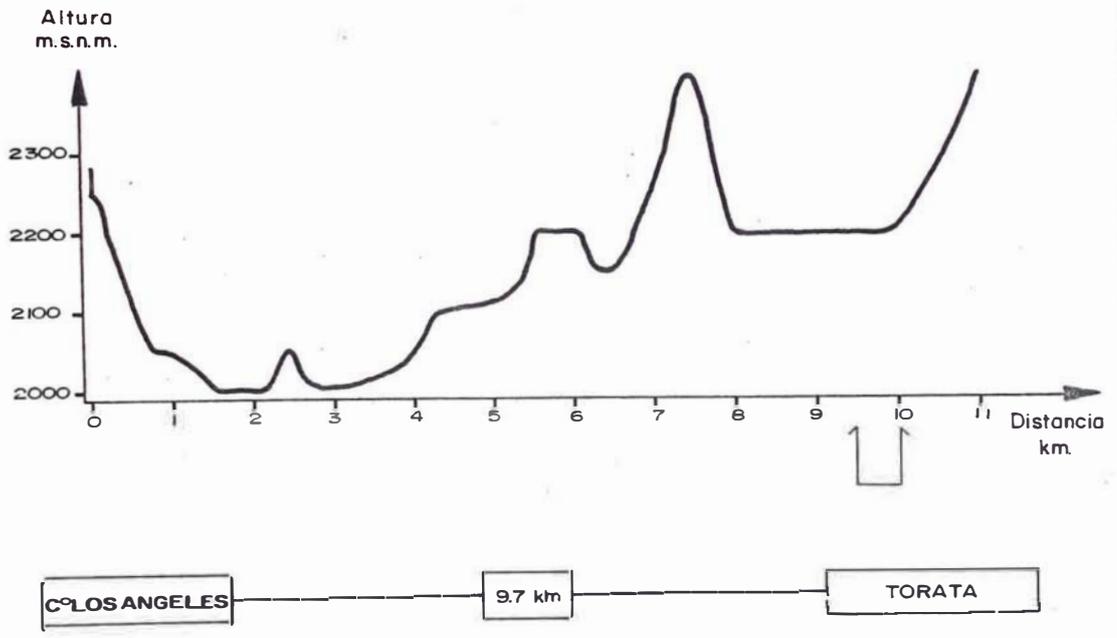
C U A D R O No. III.13

Perfil	Azímüt	Localidad	Distancia (Km)	E.R.P (W)	10logPi/P <sub>imax</sub> (dB)
1.C	27°	Yacango	7.00	3.90	-24.00
2.C	35.50°	Torata	10.00	316.00	- 5.00
3.C	53°	Villa Botiflaca	15.40	1000.00	- 0.00
4.C	70.50°	La Chimba	6.50	0.69	-31.00
		El Palomar	9.00	7.40	-21.00
		Pocata	10.00	8.90	-20.00
5.C	179°	Samegua	3.00	25.10	-16.00
6.C	210.50°	Tombolombo	3.50	0.31	-35.00
7.C	216°	Moquegua	6.30	2.50	-26.00
8.C	225°	Alto la Villa	5.50	0.77	-31.10
		Montalvo	10.00	2.50	-26.00



AZIMUTH = 27°

FIG 1-C



AZIMUTH = 35.5°

FIG. 2-C

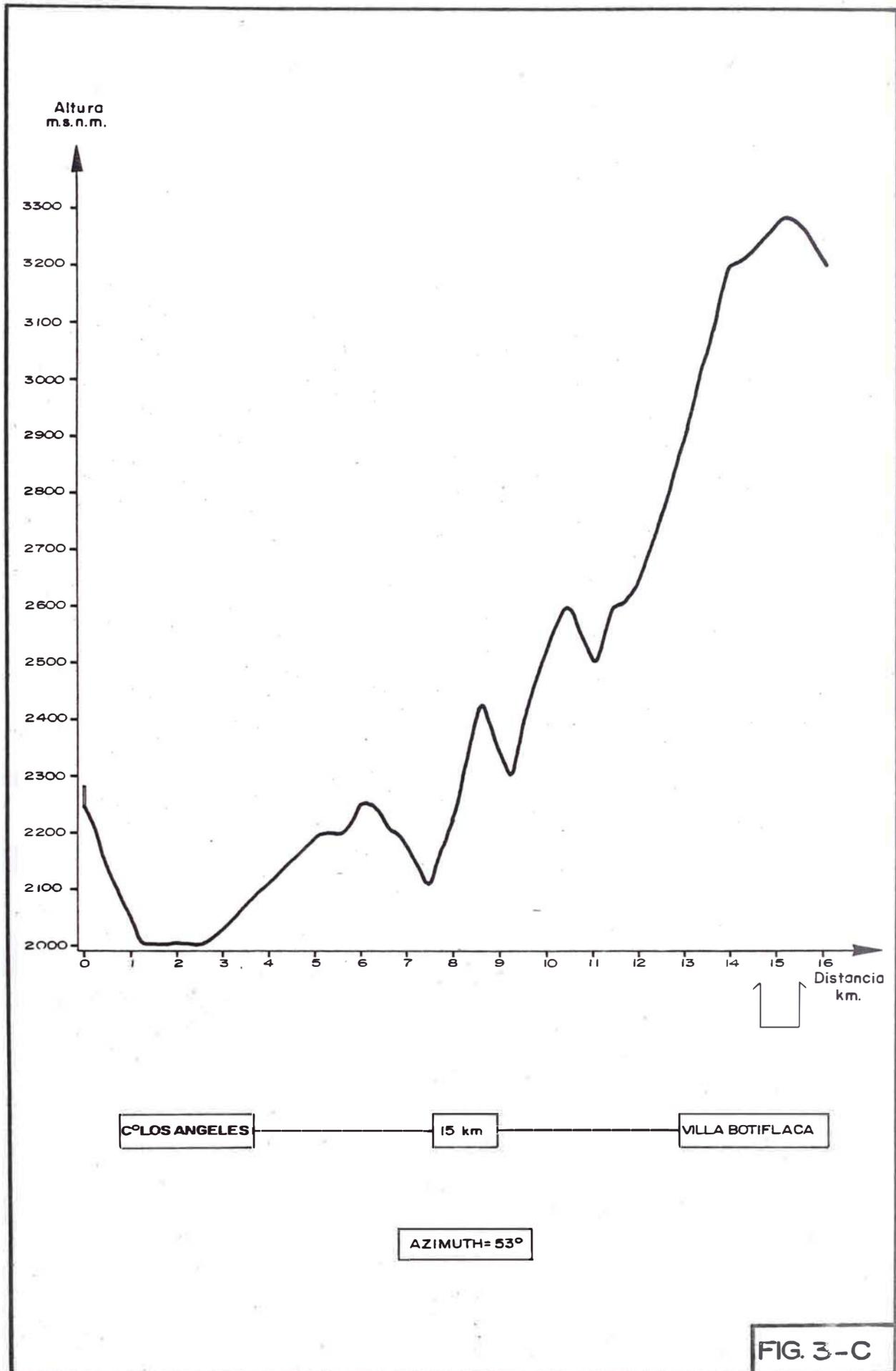


FIG. 3-C

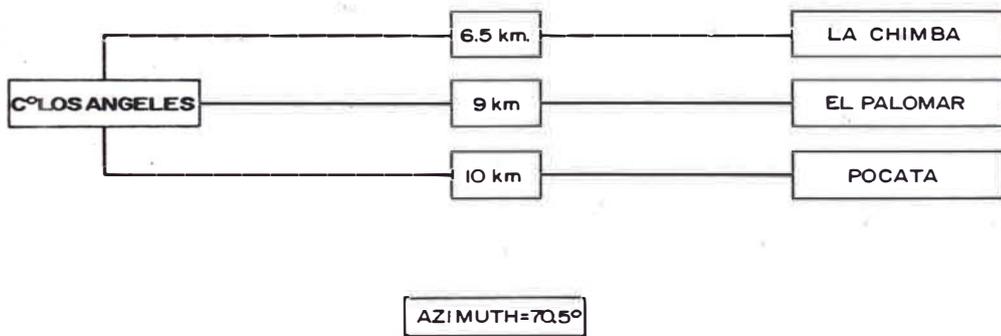
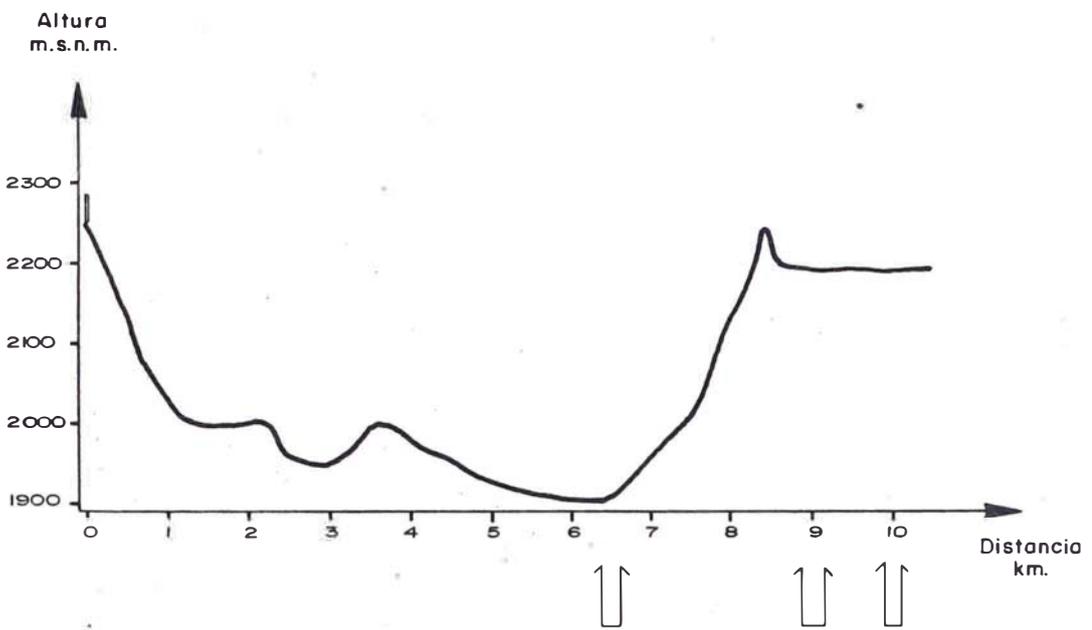


FIG. 4-C

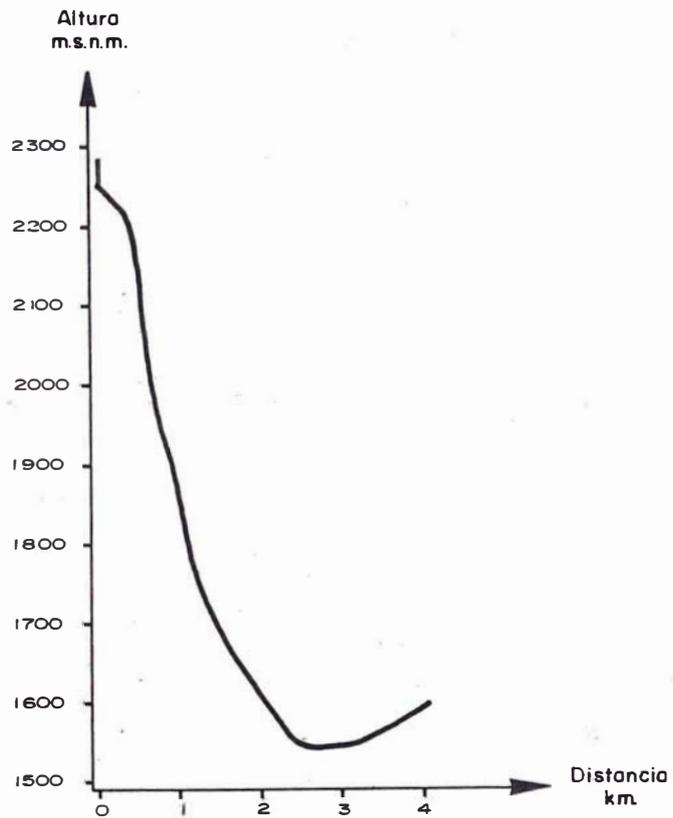
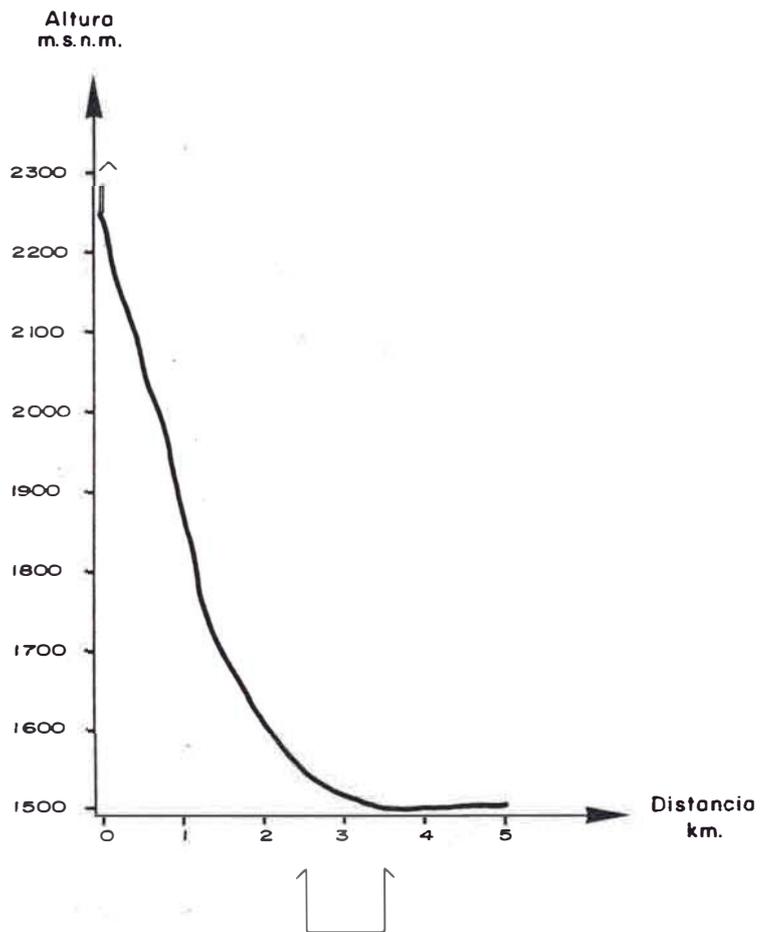


FIG. 5-C



AZIMUTH=210.5°

FIG. 6-C

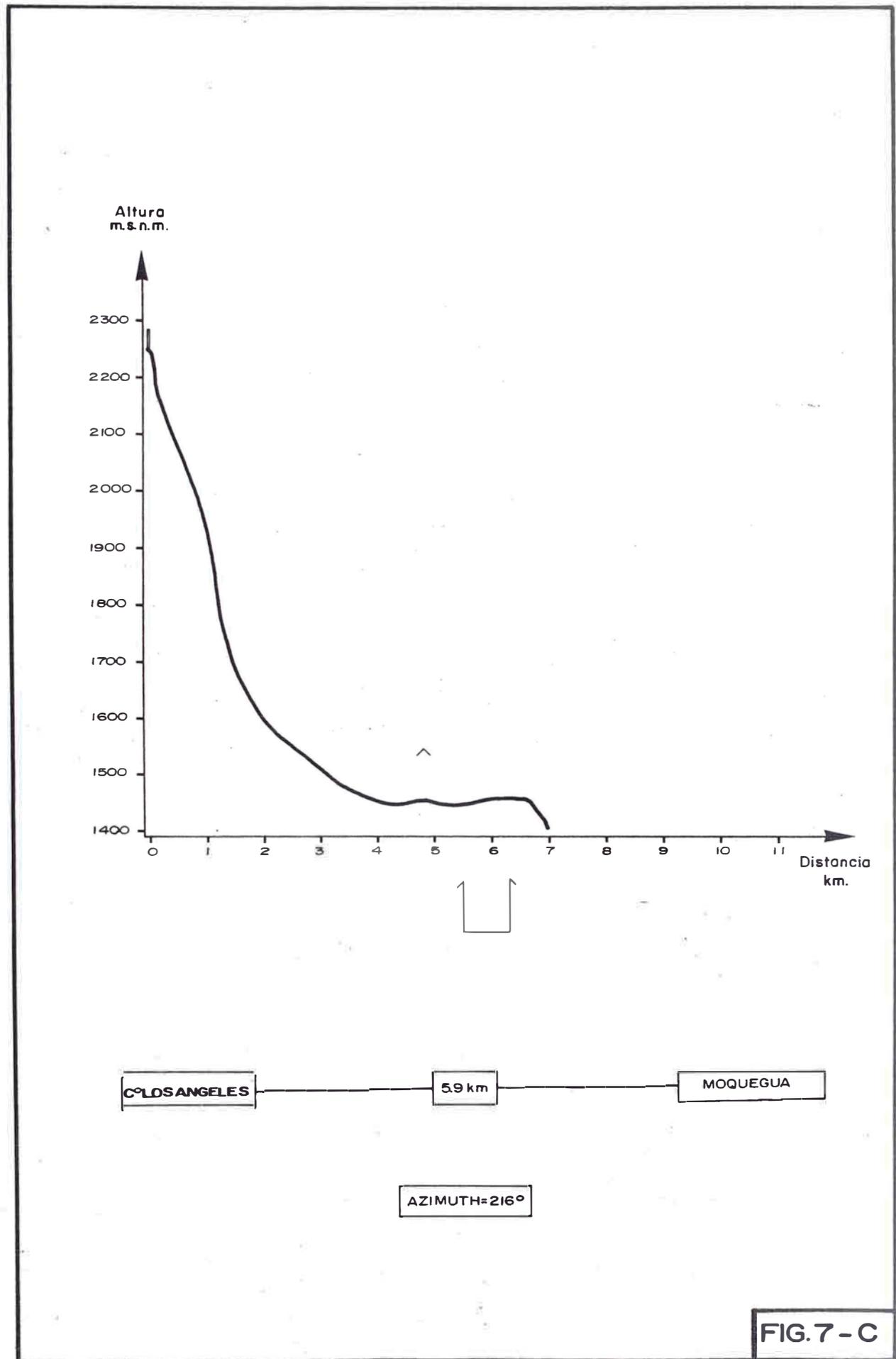
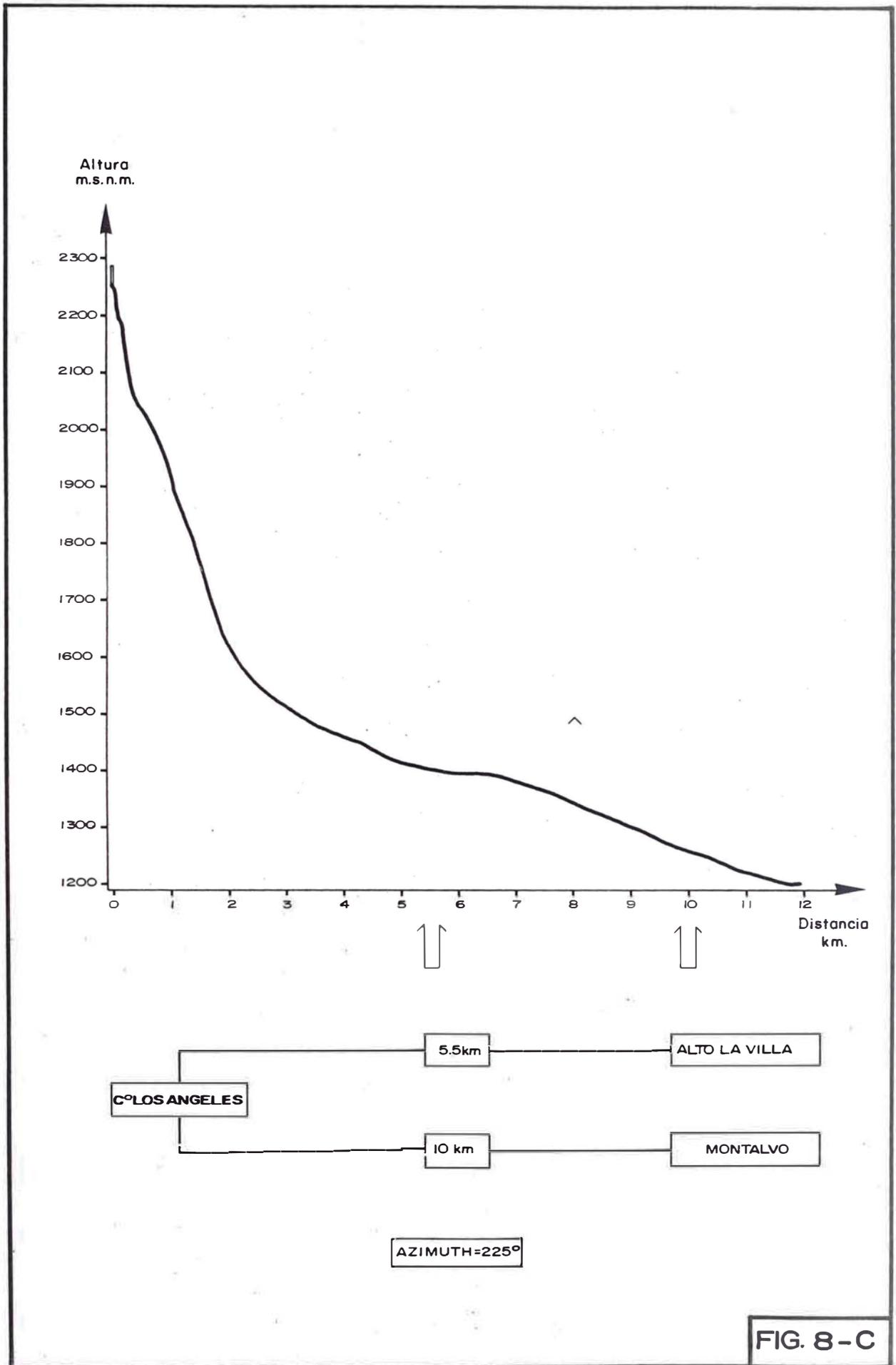


FIG.7 - C



## HOJA DE CALCULO N° 01

**ESTACION** : CERRO LOS ANGELES  
**LOCALIDAD SERVIDA** : YACANGO  
**DISTANCIA** : 7.00 Km.  
**AZIMUT** : 27°  
**PERFIL N°** : 1.C

<b>1</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EN EL ESPACIO LIBRE</b> dBu/m REF: 100 W IRRADIADO	<b>80.00</b>		
<b>2</b>	<b>PERDIDAS</b>	<b>REFLEXION</b> (dB)	--	
		<b>OBSTACULO</b> (dB)	--	
		<b>FRESNEL</b>	<b>ARISTA</b> (dB)	07.00
			<b>TIERRA PLANA</b> (dB)	--
			<b>TIERRA ESFERICA</b> (dB)	--
		<b>CABLE Rx + MARGEN DE SEGURIDAD</b> (dB)	11.00	
		<b>TOTAL</b> (dB)	18.00	
<b>3</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EFECTIVA</b> (dBu/m) (1) - (2)	<b>62.00</b>		
<b>4</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO RECOMENDADA</b> (dBu/m)	<b>48.00</b>		
<b>5</b>	<b>POTENCIA EFECTIVA (3) - (4)</b>	(dBu/m) <b>14.00</b>		
	<b>IRRADIADA</b>	( W ) <b>3.90</b>		



## HOJA DE CALCULO N° 03

ESTACION : CERRO LOS ANGELES  
 LOCALIDAD SERVIDA : VILLA BOTIFLACA  
 DISTANCIA : 15.40 Km.  
 AZIMUT : 53°  
 PERFIL N° : 3.C

<b>1</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EN EL ESPACIO LIBRE</b> dBu/m REF: 100 W IRRADIADO	73.00		
<b>2</b>	<b>PERDIDAS</b>	<b>REFLEXION</b> (dB)	--	
		<b>OBSTACULO</b> (dB)	14.00	
		<b>FRESNEL</b>	<b>ARISTA</b> (dB)	10.00
			<b>TIERRA PLANA</b> (dB)	--
			<b>TIERRA ESFERICA</b> (dB)	--
		<b>CABLE Rx + MARGEN DE SEGURIDAD</b> (dB)	11.00	
<b>TOTAL</b> (dB)	35.00			
<b>3</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EFECTIVA</b> (dBu/m) (1) - (2)	38.00		
<b>4</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO RECOMENDADA</b> (dBu/m)	48.00		
<b>5</b>	<b>POTENCIA EFECTIVA (3) - (4)</b> IRRADIADA	(dBu/m)	-10.00	
		( W )	1000.00	



## HOJA DE CALCULO N° 05

ESTACION : CERRO LOS ANGELES  
 LOCALIDAD SERVIDA : EL PALOMAR  
 DISTANCIA : 9.00 Km.  
 AZIMUT : 70° 30'  
 PERFIL N° : 4.C

<b>1</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EN EL ESPACIO LIBRE</b> dBu/m REF: 100 W IRRADIADO	77.80		
<b>2</b>	<b>PERDIDAS</b>	<b>REFLEXION</b> (dB)	--	
		<b>OBSTACULO</b> (dB)	07.50	
		<b>FRESNEL</b>	<b>ARISTA</b> (dB)	--
			<b>TIERRA PLANA</b> (dB)	--
			<b>TIERRA ESFERICA</b> (dB)	--
		<b>CABLE Rx + MARGEN DE SEGURIDAD</b> (dB)	11.00	
<b>TOTAL</b> (dB)	18.50			
<b>3</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EFECTIVA</b> ( dBu/m ) (1) - (2)	59.30		
<b>4</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO RECOMENDADA</b> ( dBu/m )	48.00		
<b>5</b>	<b>POTENCIA EFECTIVA (3) - (4)</b>	( dBu/m )	11.30	
	<b>IRRADIADA</b>	( W )	7.40	



## HOJA DE CALCULO N° 07

ESTACION : CERRO LOS ANGELES  
 LOCALIDAD SERVIDA : SAMEGUA  
 DISTANCIA : 3.00 Km.  
 AZIMUT : 179°  
 PERFIL N° : 5.C

<b>1</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EN EL ESPACIO LIBRE</b> dBu/m REF: 100 W IRRADIADO	87.00		
<b>2</b>	<b>PERDIDAS</b>	<b>REFLEXION</b> (dB)	--	
		<b>OBSTACULO</b> (dB)	17.00	
		<b>FRESNEL</b>	<b>ARISTA</b> (dB)	05.00
			<b>TIERRA PLANA</b> (dB)	--
			<b>TIERRA ESFERICA</b> (dB)	--
		<b>CABLE Rx + MARGEN DE SEGURIDAD</b> (dB)	11.00	
		<b>TOTAL</b> (dB)	33.00	
<b>3</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EFECTIVA</b> ( dBu/m ) (1) - (2)	54.00		
<b>4</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO RECOMENDADA</b> ( dBu/m )	48.00		
<b>5</b>	<b>POTENCIA EFECTIVA (3) - (4)</b> IRRADIADA	( dBu/m ) 06.00		
		( W ) 25.10		

## HOJA DE CALCULO N° 08

ESTACION : CERRO LOS ANGELES  
 LOCALIDAD SERVIDA : TOMBOLOMBO  
 DISTANCIA : 3.50 Km.  
 AZIMUT : 210° 30'  
 PERFIL N° : 6.C

<b>1</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EN EL ESPACIO LIBRE</b> dBu/m REF: 100 W IRRADIADO	86.00		
<b>2</b>	<b>PERDIDAS</b>	<b>REFLEXION</b> (dB)	--	
		<b>OBSTACULO</b> (dB)	--	
		<b>FRESNEL</b>	<b>ARISTA</b> (dB)	--
			<b>TIERRA PLANA</b> (dB)	02.00
			<b>TIERRA ESFERICA</b> (dB)	--
		<b>CABLE Rx + MARGEN DE SEGURIDAD</b> - (dB)	11.00	
<b>TOTAL</b> (dB)	13.00			
<b>3</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EFECTIVA</b> ( dBu/m ). (1) - (2)	73.00		
<b>4</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO RECOMENDADA</b> ( dBu/m)	48.00		
<b>5</b>	<b>POTENCIA EFECTIVA (3)-(4)</b>	( dBu/m)	25.00	
	<b>IRRADIADA</b>	( W )	00.31	

## HOJA DE CALCULO N° 09

ESTACION : CERRO LOS ANGELES  
 LOCALIDAD SERVIDA : MOQUEGUA  
 DISTANCIA : 6.30 Km.  
 AZIMUT : 216°  
 PERFIL N° : 7.C

<b>1</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EN EL ESPACIO LIBRE</b> dBu/m REF: 100 W IRRADIADO	81.00
<b>2</b>	<b>PERDIDAS</b>	<b>REFLEXION</b> (dB) 01.00
		<b>OBSTACULO</b> (dB) --
		<b>FRESNEL</b>
		ARISTA (dB) 05.00
		TIERRA PLANA (dB) --
		TIERRA ESFERICA (dB) --
<b>CABLE Rx + MARGEN DE SEGURIDAD</b> (dB) 11.00		
<b>TOTAL</b> (dB) 17.00		
<b>3</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EFECTIVA</b> (dBu/m) (1) - (2)	64.00
<b>4</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO RECOMENDADA</b> (dBu/m)	48.00
<b>5</b>	<b>POTENCIA EFECTIVA (3) - (4)</b>	(dBu/m) 16.00
	<b>IRRADIADA</b>	( W ) 2.50

## HOJA DE CALCULO N° 10

ESTACION : CERRO LOS ANGELES  
 LOCALIDAD SERVIDA : ALTO LA VILCA  
 DISTANCIA : 5.50 Km.  
 AZIMUT : 225°  
 PERFIL N° : 8.C

<b>1</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EN EL ESPACIO LIBRE</b> dBu/m REF: 100 W IRRADIADO	82.00		
<b>2</b>	<b>PERDIDAS</b>	<b>REFLEXION</b> (dB)	--	
		<b>OBSTACULO</b> (dB)	--	
		<b>FRESNEL</b>	<b>ARISTA</b> (dB)	--
			<b>TIERRA PLANA</b> (dB)	02.00
			<b>TIERRA ESFERICA</b> (dB)	--
		<b>CABLE Rx + MARGEN DE SEGURIDAD</b> (dB)	11.00	
<b>TOTAL</b> (dB)	13.00			
<b>3</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EFECTIVA</b> (dBu/m) (1) - (2)	69.00		
<b>4</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO RECOMENDADA</b> (dBu/m)	48.00		
<b>5</b>	<b>POTENCIA EFECTIVA</b> (3) - (4)	21.00		
	<b>IRRADIADA</b>	00.77		

## HOJA DE CALCULO N° 11

ESTACION : CERRO LOS ANGELES  
 LOCALIDAD SERVIDA : MONTALVO  
 DISTANCIA : 10.00 Km.  
 AZIMUT : 225°  
 PERFIL N° : 8.C

<b>1</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EN EL ESPACIO LIBRE</b> dBu/m REF: 100 W IRRADIADO	77.00		
<b>2</b>	<b>PERDIDAS</b>	REFLEXION (dB)	--	
		OBSTACULO (dB)	--	
		FRESNEL	ARISTA (dB)	--
			TIERRA PLANA (dB)	02.00
			TIERRA ESFERICA (dB)	--
		CABLE Rx + MARGEN DE SEGURIDAD (dB)	11.00	
TOTAL (dB)	13.00			
<b>3</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO EFECTIVA</b> ( dBu/m ) (1) - (2)	64.00		
<b>4</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO RECOMENDADA</b> ( dBu/m )	48.00		
<b>5</b>	<b>POTENCIA EFECTIVA (3) - (4)</b> IRRADIADA	( dBu/m )	16.00	
		( W )	2.50	

### 10.4 Distribución de potencia

En el diagrama polar se ubican los puntos correspondientes a la columna  $10 \log P_i / P_{i\max}$  (item 10.3), la máxima potencia requerida es a  $53^\circ$ , por lo tanto, la distribución de potencia adecuada en este caso, es como se muestra en la Fig. No. 1.38

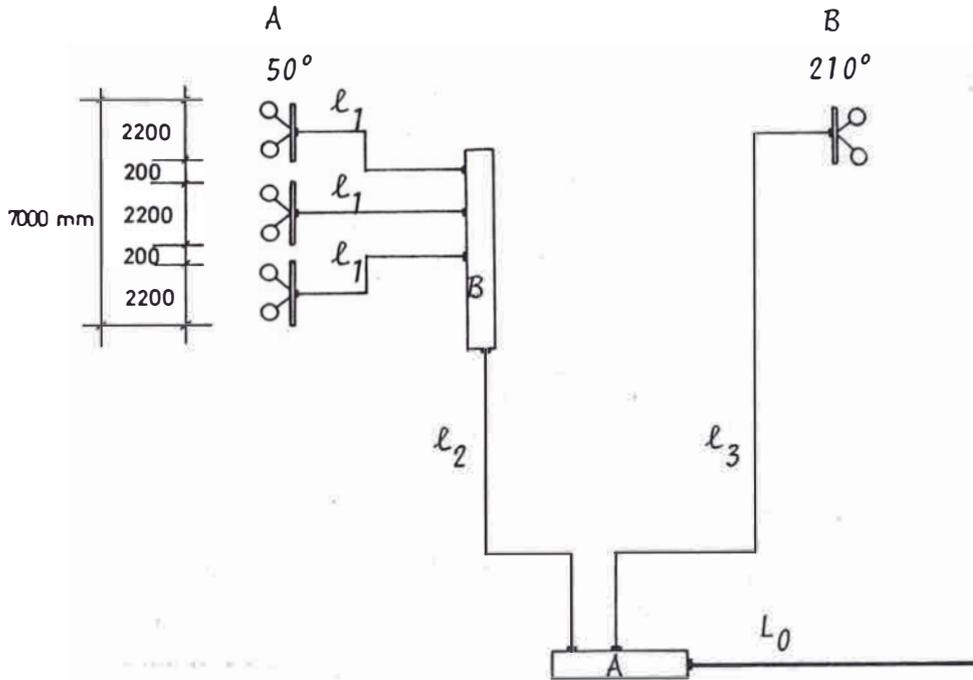


Fig.No. 1.38 Distribución de Potencia

Distribuidor de potencia	A	B
TIPO	2 salidas $1/3$ y $2/3$	3 salidas $1/3$ , $1/3$ , $1/3$

### 10.5 Dimensionamiento de los cables

- (1)  $l_1$  = Por razones mecánicas elegimos  $l_1 = 5$  metros
- (2)  $l_2$  = Por razones mecánicas elegimos  $l_2 = 3$  metros
- (3)  $l_3$  = Para conservar la fase, se debe cumplir :

$$l_3 = l_1 + l_2 + l_B$$

$$(4) l_B = \frac{\beta \lambda V K}{360^\circ}$$

donde :

- $\beta$  : Desfasaje del distribuidor B =  $-157^\circ$   
(Ver fig. 22 apendice)
- $\lambda$  : Longitud de onda del canal 5 = 3.88m
- $V$  : Velocidad de propagación en el cable RG 214 U con respecto a la velocidad de la luz = 0.66
- $K$  : Número entero

$$l_B = \frac{-157^\circ \times 3.88m \times 0.66 \times 2}{360^\circ} = -2.23 m$$

reemplazando en (4)

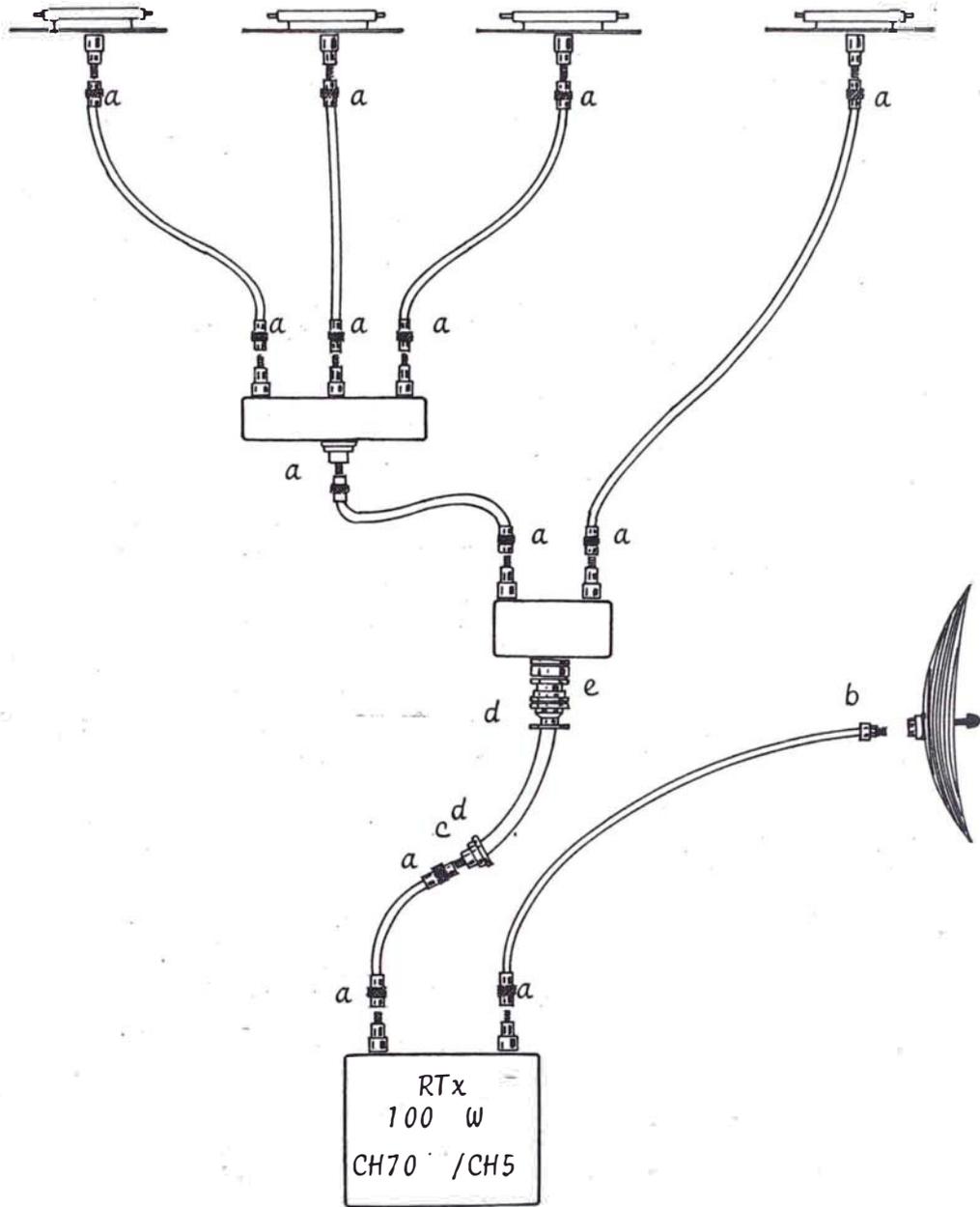
$$l_3 = 5 - 2.23 + 3 = 5.77 \text{ Mts.}$$

Resumen :

Cable Coaxial	$L_0$	$l_1$	$l_2$	$l_3$
7/8 "-50 Ohm	40 mts			
RG 214-U		5 mts.	3 mts.	5.77 mts.

### 10.6 Conectores

El diagrama de conexionado se muestra en la Fig. No. 1.39



Donde:

- a : conector N(M)
- b : Conector N(H)
- c : Reductor 7/8" a N(H)
- d : Conector 7/8"
- e : Conector Adaptador 7/8 " a 7/8"

Fig. No. 1.39

10.7 Cálculo de la potencia efectiva irradiada

CUADRO Nº III.14

**ESPECIFICACIONES DE PERFORMANCE**

ESTACION	:	<u>MOQUEGUA</u>		
CANAL	:	<u>5</u>		
FRECUENCIA DE CALCULO	:	<u>77.25 MHz.</u>		
POTENCIA NOMINAL	:	<u>100 W</u>		
POLARIZACION	:	<u>HORIZONTAL</u>		
TIPO DE ANTENA BASICA	:	<u>PANEL DIPOLO DOBLE BII</u>		
<b>DIRECCION</b>		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
FASE (GRADOS)		50°	210°	
Nº DE ANTENA BASICA POR FASE (n)		3	1	
GANANCIA POR ELEMENTO BASICO (dB) = g		7.50	7.50	
GANANCIA POR LADO (dB) $\gamma/2 = g + 10 \log(n)$		12.20	7.50	
DISTRIBUCION DE POTENCIA	RELACION DE DISTRIBUCION (Kp)	2/3	1/3	
	$(10 \log Kp) \text{ dB} = R \text{ (dB)}$	-1.70	-4.70	
DISTRIBUCION DE FASE (GRADOS)		0°	0°	
GANANCIA DE ANTENAS : $g' - R \text{ dB} = G_a \text{ (dB)}$		10.57	2.28	
PERDIDA EN ALIMENTADORES : F (dB)		0.52	0.52	
GANANCIA RESULTANTE : $G_a - F \text{ dB} = G_r$		10.05	2.28	
POTENCIA DE TRANSMISION	W	100.00	100.00	
	dB/W $G_e$	20.00	20.00	
POTENCIA EFECTIVA IRRADIADA	$(G_r + G_e) \text{ dB/W}$	30.05	22.28	
	E.R.P. W	1011.50	169.00	

### 10.8 Diagrama de Radiación Horizontal y Vertical

#### Diagrama Horizontal

En la Fig.No. 1.40 se muestra el patrón de radiación horizontal de una antena tipo panel dipolo doble BII ,elegido para este proyecto.

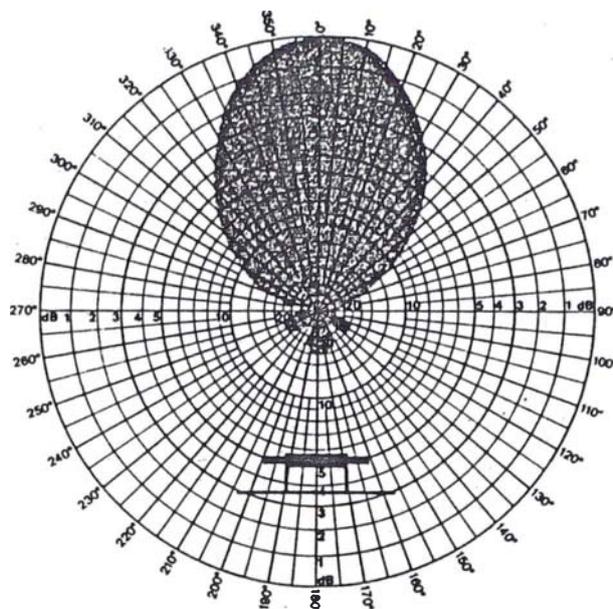


Fig. No.1.40 Patrón Horizontal

La suma vectorial del arreglo se muestra en la Fig.No.1.41

#### Diagrama Vertical

El patrón de radiación vertical de la antena tipo panel dipolo doble BII se muestra en la Fig.No. 1.42 , efectuamos la

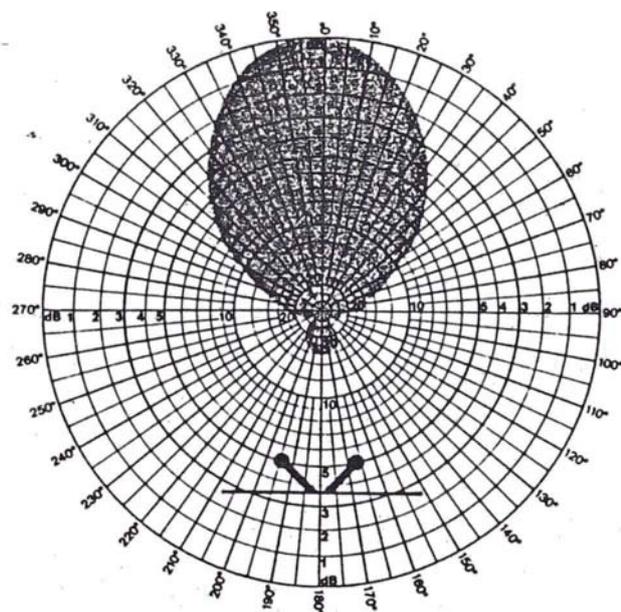
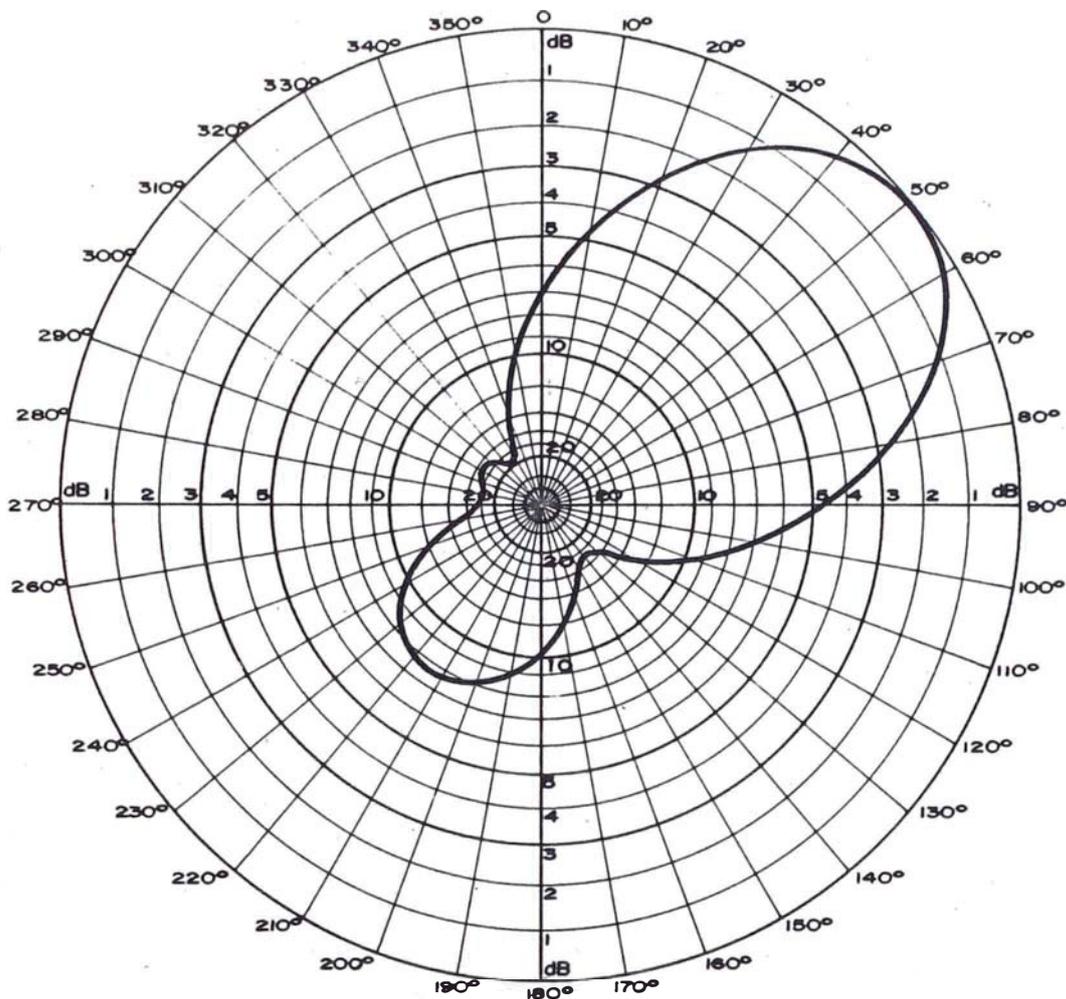


Fig. No. 1.42 Patrón Vertical

suma vectorial del arreglo en la dirección A ( 50° ).



**CONDICION DE TRANSMISION :**

ESTACION : MOQUEGUA

CANAL : 5

FRECUENCIA : 76 Mhz - 82 Mhz

DISTRIBUCION DE POTENCIA :

POTENCIA DE TRANSMISION 100 W

A 2/3 , B 1/3 , C      , D     

POLARIZACION : HORIZONTAL

Nº DE ANTENAS POR FASE :

GANANCIA MAXIMA POR FASE : 10.05 dB

A 3 , B 1 , C      , D     

E.R.P. 1011.5 W 0 dB

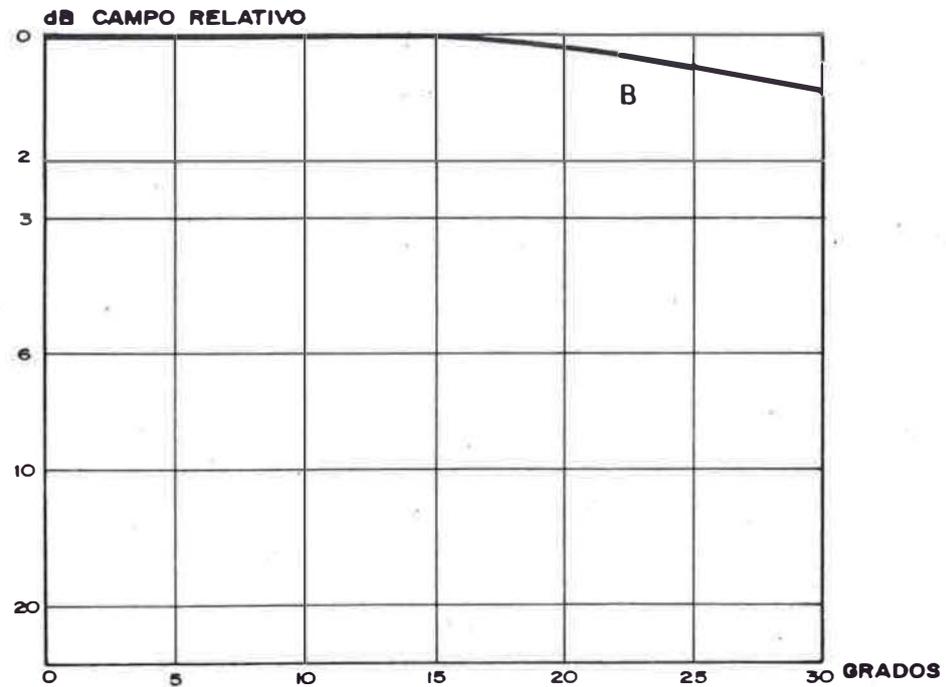
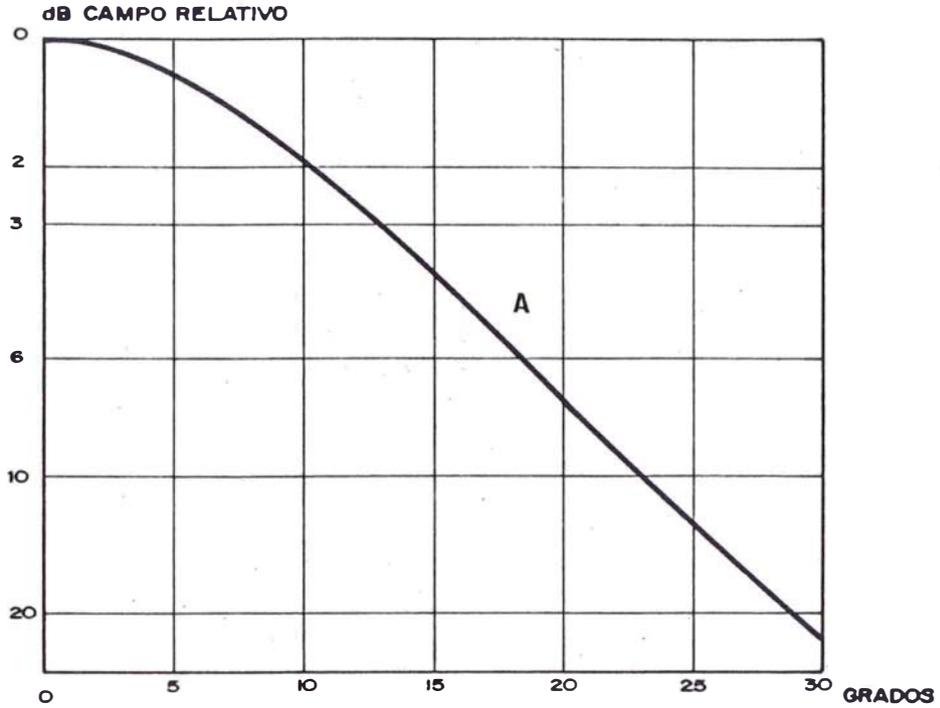
Fig. No. 1.41

FASE A 50° : En el cuaro No.III.15 se muestra los cálculos de la suma vectorial del arreglo de antenas.

C U A D R O No. III.15

$\alpha$	$\phi_1^\circ$	$\phi_2^\circ$	$E_x$	$E_y$	$E_R \times 100$	$10 \log E_R / E_{Rmax}$
0°	0.00	0.00	3.00	0.00	300.00	0.00
1°	3.88	7.76	2.97	0.20	297.93	- 0.06
2°	7.76	15.52	2.92	0.39	294.96	- 0.14
3°	11.64	23.28	2.85	0.58	291.11	- 0.26
4°	15.51	31.03	2.76	0.76	286.41	- 0.40
5°	19.39	38.78	2.65	0.93	280.89	- 0.57
6°	23.25	46.51	2.52	1.08	274.59	- 0.76
7°	27.11	54.22	2.38	1.21	267.55	- 0.99
8°	30.96	61.92	2.22	1.33	259.82	- 1.24
9°	34.80	69.60	2.06	1.43	251.43	- 1.53
10°	38.63	77.26	1.89	1.51	242.45	- 1.84
11°	42.45	84.90	1.70	1.56	231.66	- 2.24
12°	46.25	92.51	1.52	1.59	220.47	- 2.64
13°	50.04	100.09	1.34	1.60	208.96	- 3.14
14°	53.82	107.64	1.16	1.59	197.18	- 3.64
15°	57.58	115.16	0.99	1.56	185.21	- 4.18
16°	61.32	122.64	0.83	1.51	173.10	- 4.77
17°	65.04	130.09	0.67	1.45	160.93	- 5.40
18°	68.75	137.50	0.54	1.38	148.74	- 6.09
19°	72.43	144.86	0.41	1.30	136.61	- 6.83
20°	76.09	152.18	0.29	1.20	124.58	- 7.63
21°	79.72	159.45	0.20	1.10	112.55	- 8.51
22°	83.34	166.68	0.11	1.00	100.76	- 9.47
23°	86.92	173.85	0.04	0.89	89.26	-10.52
24°	90.49	180.98	-0.03	0.78	78.09	-11.68
25°	94.02	188.04	-0.04	0.67	67.30	-12.98
26°	97.52	195.05	-0.07	0.56	56.91	-14.43
27°	101.00	202.00	-0.08	0.46	46.95	-16.10
28°	104.44	208.89	-0.09	0.36	37.46	-18.06
29°	107.86	215.72	-0.08	0.27	28.45	-20.45
30°	111.24	222.48	-0.07	0.18	19.95	-29.54
32.6°	119.86	239.73	0.00	0.00	00.00	0.00

La gráfica correspondiente a la suma vectorial en el plano vertical, se muestra en la Fig. No. 1.43 .



CONDICION DE TRANSMISION

ESTACION : MOQUEGUA  
FRECUENCIA : 76 Mhz - 82 Mhz  
POTENCIA DE TRANSMISION : 100 W  
FASE : A: 50° B: 213° C:     D:    

PATRON VERTICAL

CANAL : 5  
N° DE ANTENAS POR FASE :  
A' 3 B: 1 C:     D:    

Fig. No. 1.43

10.9 Cálculo del nivel de Intensidad de campo real para los diferentes puntos del área de cobertura

Del patrón de radiación horizontal del arreglo de antenas, mostrado en la Fig.No.1.41, hallamos los datos necesarios para determinar la intensidad de campo real con el que se da servicio a cada localidad que conforma la cobertura de esta estación.

En el cuadro No.III.16 se muestra los cálculos respectivos.

C U A D R O No. III.16

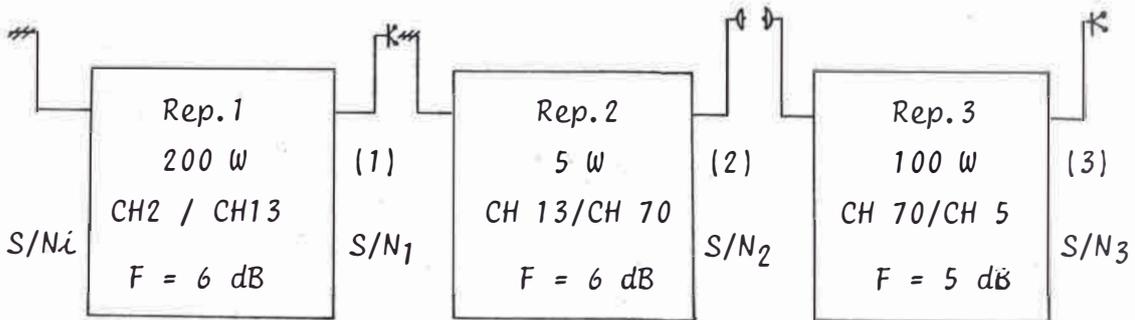
Perfil	Azímüt	Localidad	Distancia (Km)	$E_o$ (dBu/m)	$A_T$ (dB)	$E_R$ (dBu/m)
1.C	27°	Yacango	7.00	88.50	18.00	70.50
2.C	35.5°	Torata	10.00	86.20	34.00	52.20
3.C	53°	Villa Botiflaca	15.40	83.20	35.00	48.20
4.C	70.5°	La Chimba	6.50	89.40	11.00	78.40
		El Palomar	9.00	86.50	18.50	68.00
		Pocata	10.00	85.60	18.50	67.10
5.C	179°	Samegua	3.00	87.00	33.00	54.00
6.C	210.5°	Tombolombo	3.50	88.20	13.00	75.20
7.C	216°	Moquegua	6.30	83.20	17.00	66.20
8.C	225°	Alto la villa	5.50	84.20	13.00	71.20
	225°	Montalvo	10.00	70.00	13.00	66.00

10.10 Obras Civiles y Energía

El plano arquitectónico de la caseta así como el requerimiento de la energía comercial, es idéntica al Item. 6.10 de la estación repetidora de Toquepala (C°Plaza)

11. Analisis de la Relación Señal/Ruido por la Instalación de Repetidoras en Cascada

Analizamos la degradación de la calidad de imagen por el hecho de tener tres repetidoras en cascada.



DATOS:

Repetidora 1

$E = 3,564.4 \text{ W}$   
 (73.5 dBu/m)  
 $d = 88 \text{ km.}$   
 $Acc = 1.74 \text{ dB}$   
 $\lambda = 5.43 \text{ m}$   
 $G_A = 5.3 \text{ dB}$   
 $S/N_i = 43 \text{ dBu}$

Repetidora 2

$E = 423.6 \text{ W}$   
 (64.4 dBu/m)  
 $d = 54.6 \text{ km}$   
 $Acc = 1.01 \text{ dB}$   
 $\lambda = 1.42 \text{ m}$   
 $G_A = 11 \text{ dB}$

Repetidora 3

$E = 529.6 \text{ W}$   
 (74 dBu/m)  
 $d = 32 \text{ km.}$   
 $Acc = 5 \text{ dB}$   
 $\lambda = 0.991 \text{ m}$   
 $G_A = 22 \text{ dB}$

Cálculo de S/N<sub>1</sub> en [1]

a). Hallamos la fuerza electromotriz  $C_i$  de la antena de recepción de la primera repetidora.

$$(C_i) \text{ v/m} = E \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{G_A} \sqrt{\frac{R}{73.13} \cdot \frac{1}{Acc}} \quad \text{Fórmula (a)}$$

Expresada en dB

$$C_i \text{ (dBu)} = E \text{ (dBu)} + \frac{\lambda}{\pi} \text{ (dB)} + G_A \text{ (db)} - 1.6 \text{ dB} - Acc \text{ (dB)}$$

reemplazando datos :

$$C_i \text{ (dBu)} = 73.5 + 4.75 + 5.3 - 1.6 - 1.74$$

$$C_i = 80.21 \text{ dBu.}$$

b). El voltaje  $V_i$  es igual

$$V_i = \frac{C_i}{2} \quad \text{Fórmula (b)}$$

Expresado en dB

$$V_i = C_i - 6 \text{ dB}$$

$$V_i = 80.21 - 6 = 74.21 \text{ dBu.}$$

c). La relación  $S/N_1$ , por tanto está dada por :

$$S/N_1 (\text{dB}) = V_i (\text{dBu}) - 10 \left[ \text{Log} \left( \frac{V_i \text{ uV}^2}{S/N_i} + 4.14 F \right) \right] \text{ dB}$$

Para deducir la fórmula se ha tenido que considerar la modulación igual a 62.5%, impedancia  $50 \Omega$ , temperatura  $20^\circ \text{C}$ .

$$S/N_1 (\text{dB}) = 74.21 - 10 \left[ \text{Log} \left( \frac{5134.5^2}{141.2} + 4.16 \times 3.98 \right) \right]$$

$$= 74.21 - 31.26 = 42.95 \text{ dB}$$

$$S/N_1 (\text{dB}) = 42.95 \text{ dB}$$

### Cálculo de $S/N_2$ en (2)

a). Hallamos la fuerza electromotriz  $C_i$  de la antena de recepción de la segunda repetidora.

$$C_i = 64.4 \text{ dBu} + (-6.8 \text{ dB}) + 11 \text{ dB} - 1.6 \text{ dB} - 1.01 \text{ dB}$$

$$C_i = 65.99 \text{ dBu}$$

b). El voltaje del terminal de entrada será :

$$V_i = 65.99 - 6 = 59.99 \text{ dB}$$

$$V_i = 59.99 \text{ dB}$$

c). La relación  $S/N_2$  será entonces :

$$S/N_2 = 59.99 \text{ dB} - 10 \text{ Log} \left[ \left( \frac{1583}{140.44} \right)^2 + 4.14 \times 3.98 \right] \text{ dB}$$

$$S/N_2 = 59.99 - 21.60 = 38.39 \text{ dB}$$

$$S/N_2 = 38.39 \text{ dB}$$

Cálculo de S/N3 en (3)

a). Hallamos la fuerza electromotriz  $C_i$  de la antena de recepción de la tercera repetidora.

$$C_i = 74 \text{ dBu} + (-10 \text{ dB}) + 22 \text{ dB} - 1.6 \text{ dB} - 5.00 \text{ dB}$$

$$C_i = 79.4 \text{ dBu}$$

b). El voltaje del terminal de entrada será :

$$V_i = 79.4 - 6 = 73.4 \text{ dBu}$$

$$V_i = 73.4 \text{ dBu}$$

c). La relación  $S/N_3$  estará dada por :

$$S/N_3 = 73.4 - 10 \text{ Log} \left[ \left( \frac{4677.3}{83.08} \right)^2 + 4.14 \times 3.98 \right]$$

$$S/N_3 = 73.4 - 35 = 38.4 \text{ dBu}$$

$$S/N_3 = 38.4 \text{ dBu}$$

CONCLUSION

Como hemos asegurado los enlaces, la relación señal/ruído se conserva. Por tanto, la calidad de imagen no se deteriora.

Cálculo de la Relación Señal/Ruido total

$$\frac{1}{(S/N)_t^2} = \frac{1}{(S/N_i)^2} + \frac{1}{(S/N_1)^2} + \frac{1}{(S/N_2)^2} + \frac{1}{(S/N_3)^2}$$

$$\frac{1}{(S/N)_t^2} = \frac{1}{(141.2)^2} + \frac{1}{(140.4)^2} + \frac{1}{(83.03)^2} + \frac{1}{(83.17)^2}$$

$$\frac{1}{(\overline{S/N})_t^2} = 0.0003906$$

$$(S/N)_t = 50.60$$

en dB

$$(S/N)_t = 34.1 \text{ dB}$$

## 12. SISTEMAS DE PROTECCION

### 12.1. Pararrayos Radioactivo ionocaptor

Este dispositivo tiene incluidos los últimos adelantos en su género, el excitador iónico de Americio Am 241 gran productor de radiación Alfa, que frente al Radium 226 presenta la ventaja de no ser contaminante.

Las partículas alfa y beta generan un espacio altamente ionizado alrededor de la punta del pararrayos. Como producto de la acción de ambos, se generan pares de iones positivos y negativos.

Dado que la punta del pararrayos está a potencial de tierra atrae los iones de signo contrario y deja subsistente en el aire a los de su propio signo.

La rigidez dieléctrica del aire se deteriora permitiendo que la corriente de retorno salte una tracción de segundo antes de lo que lo hubiera hecho sino hubiera habido ionización.

Por ello, ésta encuentra al conductor de pasos más lejos incrementando la distancia de protección.

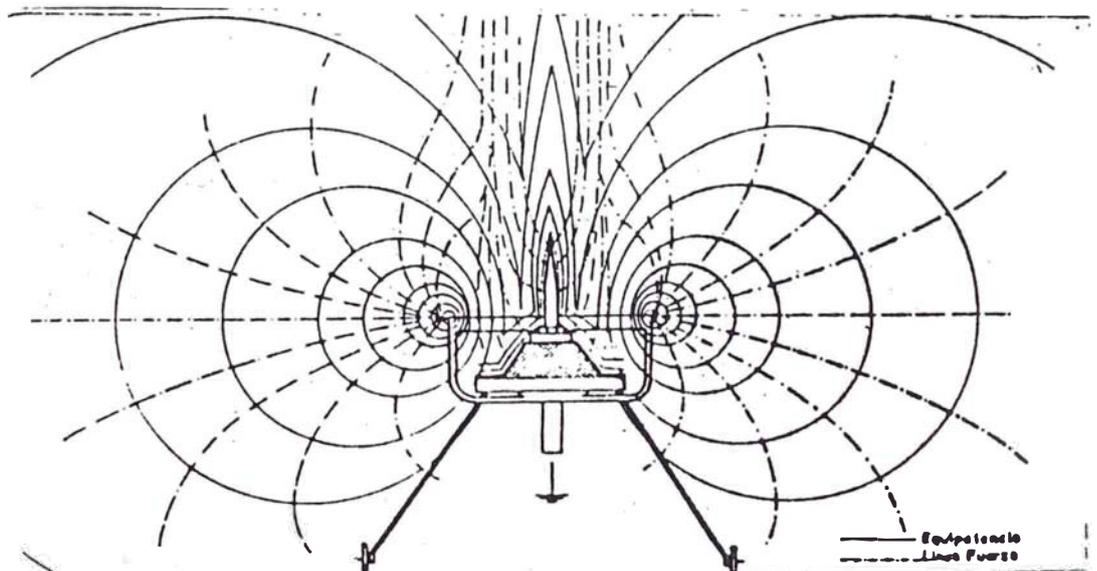


Fig.No.1.44

De la Fig. No. 1.44 el dispositivo acelerador de iones está formada por una placa base, polarizada a tensión intermedia como primera etapa, un aro enfocador acelerador polarizado a tensión de tierra como segunda etapa.

Una fuente excitadora de diseño especial en acero inoxidable con ventaja de oro finamente laminado.

La placa base y el anillo constituyen un sistema de ionización de partículas destinadas a mantener los iones en las cercanías de la punta frente a vientos cruzados y darle mayor eficiencia al pararrayos por efecto townsend.

Las tomas de tensión transmiten a la placa base una tensión intermedia del mismo signo que las partículas subsistentes, y el anillo a potencial de tierra crea un campo electrostático cuyas líneas de fuerza aceleran grandemente los iones.

### Ventajas

Economía : Cuanto mas crece la superficie a proteger resulta más económico la instalación de un pararrayos ionocaptor que varias puntas Franklin.

Conservación: Es más fácil conservar ,y así mismo más económico mantener un pararrayos radioactivo.

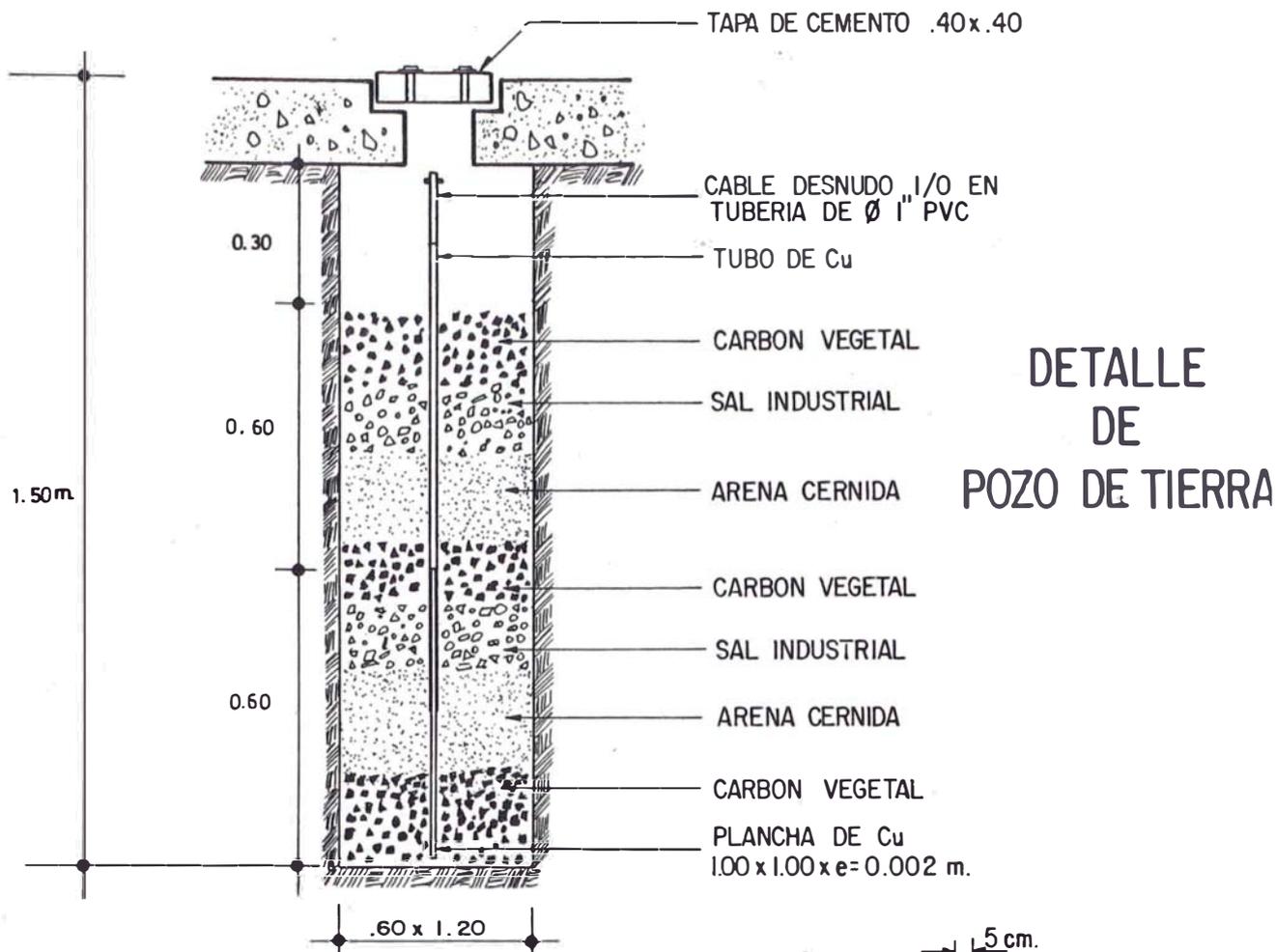
Seguridad: El uso del Americio Am -241 permite su manipulación en cualquier circunstancia sin el peligro de contaminación que involucran los pararrayos en base de radium.

### Pozo de tierra

En la figura No.1.45 se muestra un pozo de tierra típico para las estaciones Transmisora y repetidoras. Se le puede adicionar una solución llamada Sanikgel , que últimamente se vienen utilizando eficientemente , con este sistema de tierra se puede lograr baja resistencia del suelo ( debajo de 1 ohmios)

## 12.2 Balizaje

En la figura No.1.46 se muestra un sistema de balizaje adaptable para la estación transmisora principal , en caso de las repetidoras , solo pueden ir instaladas una lámpara a lo sumo dos lámparas.



DETALLE DE LA PLANCHA DE Cu

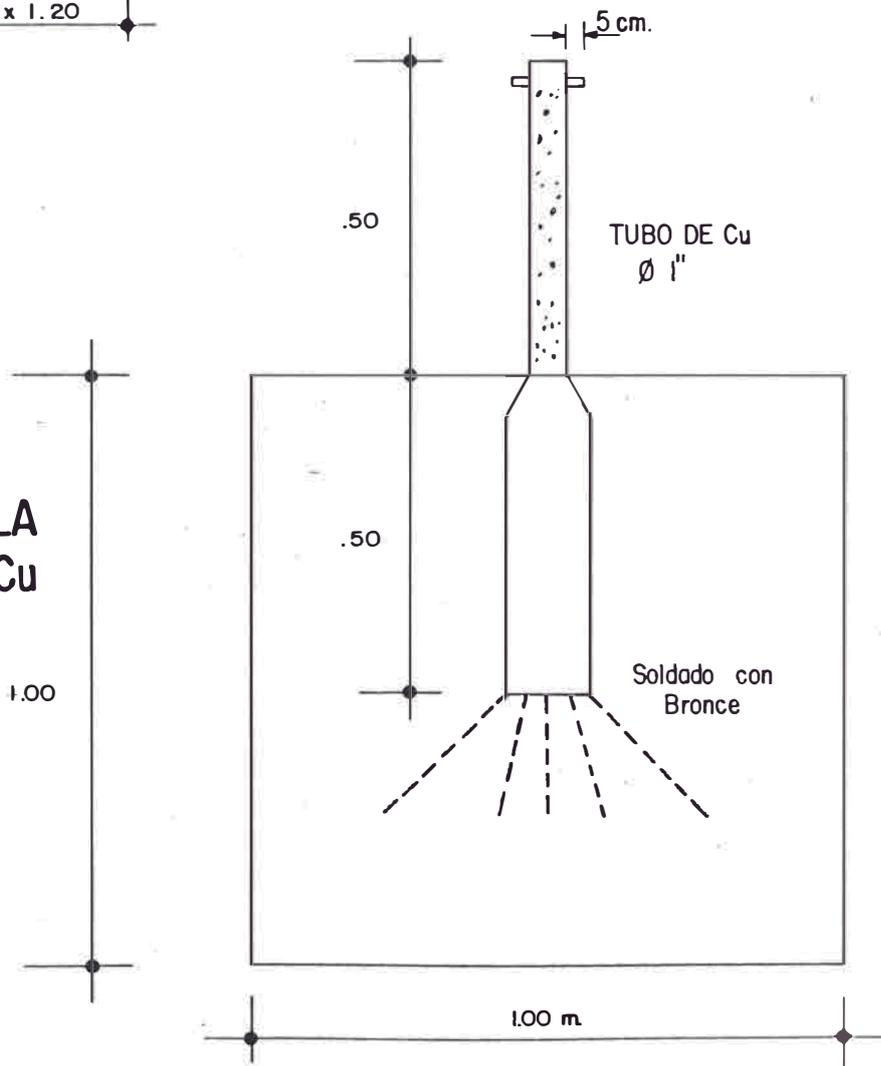


FIG. No. 1.45

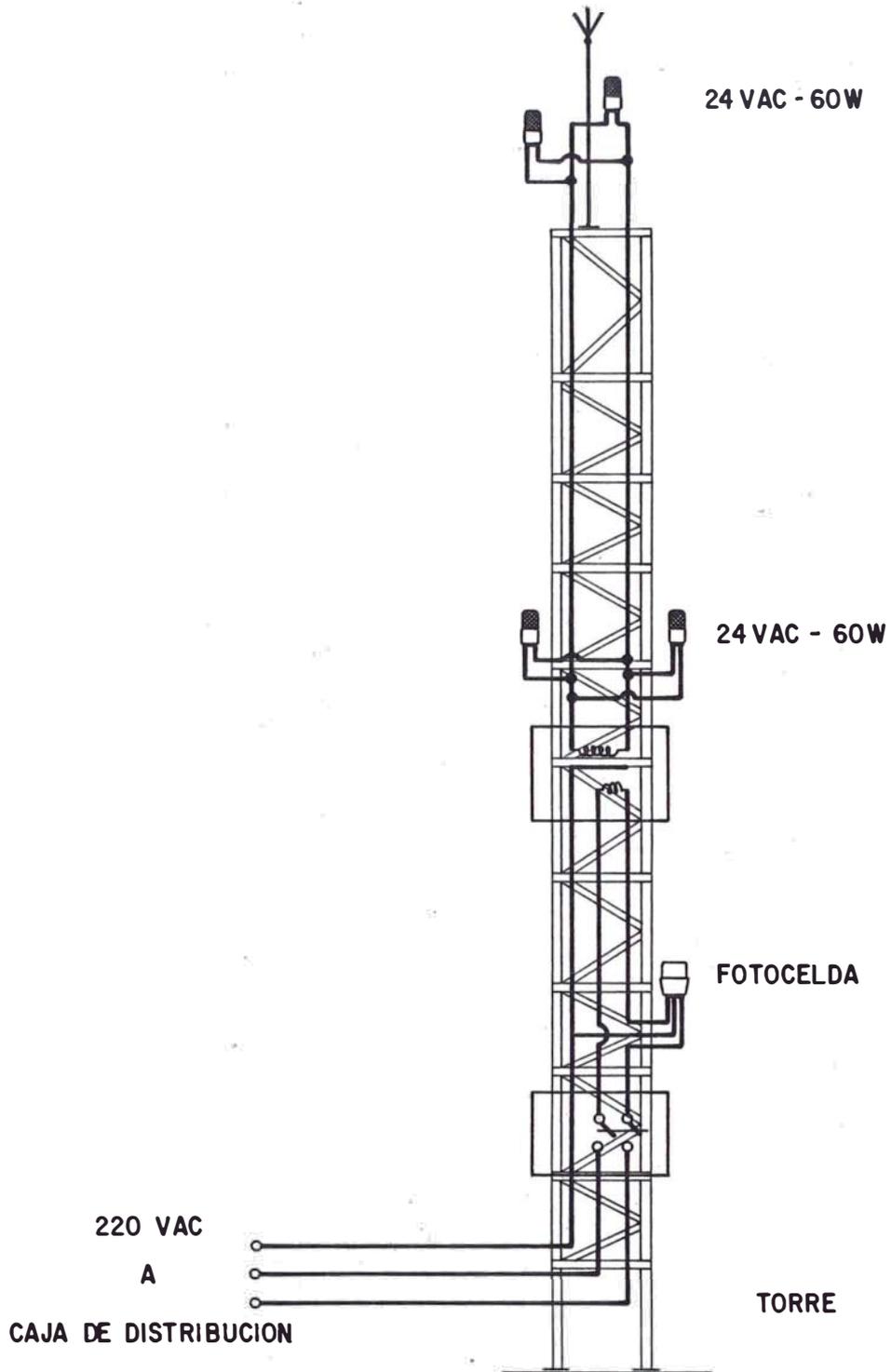
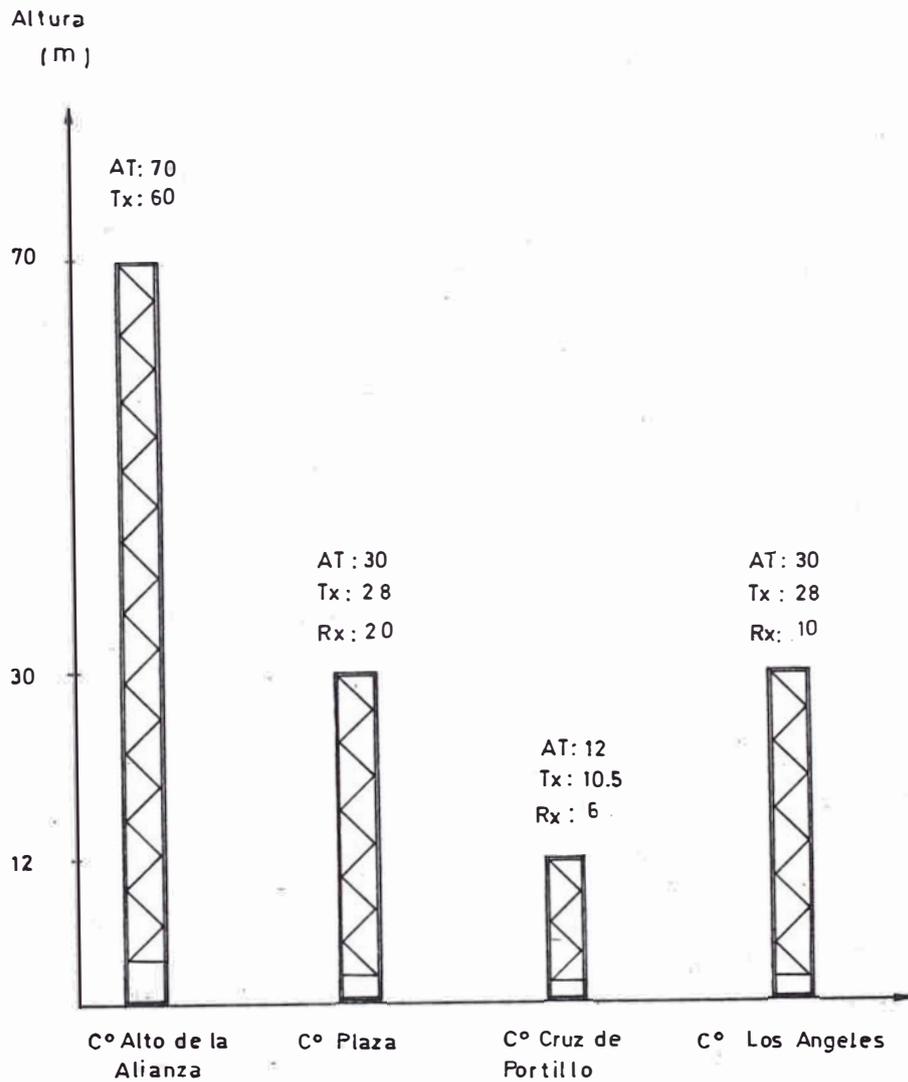


FIG. No. 1.4.6

13.- *Altura de Torres y ubicación de antenas Transmisoras y Receptoras de las estaciones de televisión*



Donde : AT : *Altura de Torre*  
Tx : *Altura media de las antenas de Transmisión*  
Rx : *Altura media de las antenas de recepción*

.14.- Equipamiento del sector Terreno

E S T A C I O N		C° Morro Solar	Tacna
HPA ( Amplificador de gran Potencia)		01 transmisor de 2 KW con tubo Klystron	no
LNA ( Amplificador de bajo ruido)		no	75° K
ANTENA PARABOLICA	Transmisión	11 mts /54 dB	no
	Recepción	no	11 mts/51 dB
CONVERSOR		01 de subida	01 de bajada
MODULADOR DE VIDEO Y AUDIO		01 modulador	no
DEMODULADOR DE VIDEO Y AUDIO		no	01 demodulador
ECUALIZADOR Y FILTRO DE FI		si	si

.15.- Necesidades de infraestructura del sector Terreno

E S T A C I O N	C° Morro Solar	Tacna
CASETA	01 para el TX	no
TORRE	no	no
SISTEMA DE TIERRA	01 para los equipos	no
ENERGIA	Comercial	Comercial
CONSUMO DE ENERGIA	10 KW /220 VAC	1 KW/220 VAC
ACCESO	Existe carretera a la estación Tx	Ubicación en la ciudad
BALIZAJE	no	no

16.- Equipamiento de las estaciones de televisión

ESTACION	C° Alto de la Alianza	C° Plaza	C° Cruz de Portillo	C° Los Angeles
EQUIPO	EVHF-2, 000W Ch. 2	RVHF -200 W Ch2/Ch13	RVHF-5 W Ch13/Ch70	RVHF-100 W Ch70/Ch5
ANTENAS	12 paneles tipo Cuadro BI	04 paneles dipolo doble BIII	01 parabola de 3Mts. Ø	04 paneles tipo dipolo doble BII
CABLES COAXIALES	Recepción	01 yagi BI	01 yagi BIII	01 parabola de 3m. Ø
	1 5/8"	40 Mts.	15 Mts.	40 Mts.
	7/8"	50 Mts.	20 Mts.	50 Mts.
	RG 214 U	01 de 4 salidas BIII	---	01 de 2 salidas 1/3, 2/3 BII 01 de 3 salidas BII
DISTRIBUIDORES	03 de 2 salidas BI 01 de 3 salidas BI 02 de 4 salidas BI	01 de 7/8" a N(M)	01 de 7/8" a N(M)	01 de 7/8" a N(M)
	01 de 1 5/8" a 7/8"	01 de 7/8" a 7/8"	01 de 7/8" a 7/8"	01 de 7/8" a 7/8"
REDUCTORES	02	---	---	---
ADAPTADORES	04	02	02	02
	29	09	02	09
	05	02	02	05
TORRE VENTADA	70 Mts.	30 Mts.	12 Mts.	30 Mts.
POZO DE TIERRA	02 pozos	02 pozos	02 pozos	02 pozos
PARARRAYOS	01 sistema	01 sistema	01 sistema	01 sistema
BALIZAJE	01 sistema	01 sistema	01 sistema	01 sistema

17. - Necesidades de Infraestructura de las estaciones de Televisión

E S T A C I O N		C° Alto de la Alianza	C° Plaza	C° Cruz de Portillo	C° Los Angeles
CASETA	Sala de Transmisión	01	01	--	01
	Sala de Energía	01	--	--	01
	Guardiana	--	--	--	--
TORRES	Central	01	01	01	01
	Vientos	03	03	03	03
SISTEMA DE TIERRA		02	02	01	02
CONSUMO DE ENERGIA		6.2 Kw /220 VAC	2 Kw/220 VAC	50 W/24 VDC	1 Kw / 220 VAC
TIPO DE ENERGIA	Grupo Electrologico	X	--	--	X
	Comercial	X	X	--	--
	Solar	--	--	X	--
ACCESO	Tipo	carrozable	en la ciudad	carrozable	carrozable
	Distancia	13 Km desde Tacna	--	2 Km. de la Pan.Sur	7 Km. de Moquegua
AIRE ACONDICIONADO		X	--	--	--
FILTROS		01	01	--	01
EXTRACTOR DE AIRE		--	01	--	01

C A P I T U L O IV

ESTIMACION DE COSTOS

1.- Sector Espacial

ITEM	DESCRIPCION	COSTO \$ USA
1.1	1/2 transponder Intelsat V-A ,cobertura Hemisférica Oeste	Alquiler a ENTEL 500,000 anual
T O T A L		\$USA 500,000

2.- Sector Terreno

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.\$ USA	COSTO FOB \$USA
2.1	Antena parabó lica 11 m Ø 54 dB y 51 dB	Pza	2	190,000	380,000
2.2	HPA , 2 KW a Klystron	Equipo	2	135,000	270,000
2.3	LNA ,55 °K	pza	2	13,241	26,482
2.4	Convertor de bajada	Equipo	1	15,000	15,000
	Convertor de subida	Equipo	1	45,000	45,000
2.5	Modulador de Audio y Video	Equipo	1	15,950	15,950
	Demodulador de Audio y Video	Equipo	1	19,150	19,150
2.6	Equalizador FI	Pza	2	1,150	2,300
2.7	cables , conec- tores ,guias de onda y accesorios			35,427	35,427
T O T A L			\$ USA	809,309	

3.- Red de Televisión

3.1 Equipos de Televisión

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT	COSTO
				\$ USA	FOB \$ USA
3.1.1	Transmisor 2 Kw - Ch2	Equipo	1	189,914	189,914
3.1.2	Trasladores de Televisión	Equipo	3		38,559
3.1.3	Antenas	Pza.	24		24,043
3.1.4	Distribuidores	Pza	9		4,574
3.1.5	Cables	Mts.			2,422
3.1.6	Conectores	Pza.			2,199
T O T A L				\$ USA	257,177

3.2 Equipo de Radioenlace

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO FOB
				\$ USA	\$ USA
3.2.1	Transmisor Receptor Cabezales de Tx y Rx , alimenta- ción y accesorios Sist.		1	17,000	17,000
3.2.2.	Antena Para- bólica 4" Ø G= 39 dB		2	1,000	2,000
T O T A L				\$ USA	19,000

3.3 Torre, soportes de antena y accesorios

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTID.	COSTO UNIT	COSTO LOC.
				\$ USA	\$ USA
3.3.1	Torre venta- da 70 Mts.	Pza	1	3,843	3,843
3.3.2	Torre nenta- da 30 Mts.	Pza.	2	1,647	3,294
3.3.3	Torre venta- da 18 Mts.	Pza	1	988	988
3.3.4	Soporte de antenas	Pza.	24		360
3.3.5	Soporte de distribui- dores	Pza.	8		80
3.3.6	Accesorios de montaje (Ferretería)	Pza			60
T O T A L					18,625

4.- Costos de Infraestructura

4.1 Sistema de Energía

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	COSTO FOB
				LOCAL \$ USA	\$ USA
4.1.1	Energía Comercial	Sistema		2,784	
4.1.2	Energía de emergencia	Sistema	1	9,586	
4.1.3	Grupo elec- trógeno 5 Kw/220 VAC 60 Hz + acce- sorios	Sistema		3,140	
4.1	Energía Solar	Sistema			4,339



6.- Repuestos

ITEM	DESCRIPCION	COSTO TOTAL FOB \$ USA
6.1	Estaciones terrenas	5,000
6.2	Estaciones de televi- sion	4,030
T O T A L		9,030

## C A P I T U L O V

### CONCLUSIONES

- 1.- El haber elegido Tacna, para el ejemplo de aplicación del presente trabajo ,asegura que en cualquier otra ciudad del Perú se tendrá mejor contribución de la ventaja geográfica .

Tacna se encuentra muy alejada de la línea ecuatorial y el ángulo de elevación de la estación terrena a instalar no es precisamente muy grande.

- 2.- En lo que concierne la recepción de la señal de televisión las estaciones terrenas pueden disponer de demoduladores a umbral extendido ,para mejorar la calidad de la señal a ser transmitida por la red terrestre.

- 3.- Si bien la estación terrena ,que se instale en el interior del país tiene capacidad para transmitir y recibir señales de telefonía ,programas sonoros y televisión ,en una primera fase se puede optar por instalar directamente la transmisión y/o recepción de algunos de los servicios mencionados ,debiendo para ello prever en los racks ,espacio suficiente para poder insertar modularmente las etapas que se requieran .

En este caso ,en lugar de optar por una configuración como la mostrada en la Fig. No. 1.1 ,se puede optar por la que se muestra en la Fig.No.1.2.

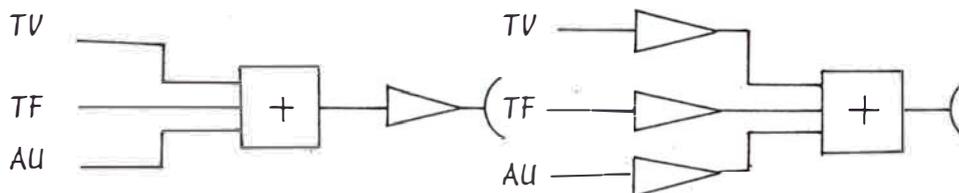


Fig.No.1.1

Configuración de transmisión con amplificación única

Fig. No.1.2

Configuración de transmisión con amplificación independiente.

De manera similar en la recepción se puede prever inicialmente solo el servicio de televisión ,pero el sistema deberá también aceptar la transmisión de señales telefónicas ,y de audio y video para enviar de retorno ,por ejemplo noticieros del interior del país a Lima ,en horarios fuera de la programación normal

4.- Para la PIRE requerida , en la estación terrena de transmisión principal , tentativamente podríamos fijar un valor bajo de ganancia y un valor alto de potencia , pero las especificaciones de sensibilidad (G/T) requerida para la misma estación es un compromiso que lo imposibilita.

5.- Si se optase por alquilar un transponder de un satélite que no pertenece al consorcio Intelsat , tendría que considerarse principalmente :

- La cobertura del satélite , que abarque nuestro país.
- La PIRE del satélite , que sea mayor o igual al de los satélites Intelsat.
- Los valores de los parámetros de Transmisión-Recepción de las estaciones terrenas requeridas para asegurar , como mínimo el mismo grado de calidad de servicio calculado en el presente trabajo.

A continuación se presenta un cuadro resumen de las posibilidades de utilización de los otros satélites :

CARACTERISTICAS	S A T E L I T E		
	INTELSAT	BRASILSAT	PANAMSAT
TV	Si	Si	Si
Servicios TF Nac	Si	Si	Si
Audio	Si	Si	--
Ubicación	27.5° 0	70° 0	57° 0
PIRE del Satélite	26 dBW	28 dBW	36 dBW
G/T Est. Terrena	31.7 dB/°K	28.5 dB/°K	23.9 dB/°K
Ancho de banda del transponder	36 MHz (1/2 T )	36 MHz (1 T )	36 MHz (1 T )
Diámetro de antena de TX y/o Rx	11 Mts.	7.5 Mts.	5.0 Mts.
Ganancia de antena Transmisión	54.0 dB	51.0 dB	47.5 dB
Recepción	51.4 dB	48.3 dB	44.7 dB
P <sub>HPA</sub> del Tx.	2 Kw	900 W	2 KW
LNA	55° K	80°K	80°K
S/N de video	43 dB	43.9 dB	48.1 dB
Costo del sistema	809,309 \$ USA	415,344 \$ USA	415,627 \$ USA

- 6.- El último cuadro permite apreciar que el costo del alquiler del transponder y la inversión inicial es independiente del número de estaciones terrenas, es decir si se opta por elegir la transmisión de Tv por satélite, como alternativa a las microondas instalando una estación terrena en cada lugar donde exista una planta transmisora, con el fin de transmitir "en directo" los programas desde Lima, existen costos mínimos a adicionarse.
- 7.- Los servicios de telefonía y programas sonoros pueden implementarse independientemente de la televisión, ya que el sistema está proyectado para transmitir y recibir todos estos servicios, lo que puede ser bien utilizado por:
  - Ministerio de Agricultura
  - Ministerio de Educación
  - Seguridad y defensa
  - Planes Rurales de Telecomunicaciones
- 8.- En cuanto se refiere a la red de televisión, se han asegurado los enlaces entre repetidoras con un buen nivel de señal para evitar la degradación de la calidad de imagen, es decir no disminuya la relación Señal /Ruido.
- 9.- Es importante anotar, en la actualidad existen redes de televisión con más de cinco saltos, todos con enlaces en VHF ó UHF (línea visual), en los que la degradación de la señal no es muy significativa (teóricamente no recomendable) sin embargo en el Perú son necesarios, estas redes ya instaladas deberán subsistir cuando se cambie la transmisión de la señal de televisión por Microondas al satélite, por tanto el proyecto ha demostrado que es posible utilizar el nuevo sistema sin mayor problema.
- 10.- En el proyecto se han introducido dos nuevas tecnologías que en la actualidad están siendo bien utilizadas y sobre todo muy adaptadas para el Perú, estas son:

La energía solar: Uno de los principales obstáculos para cualquier tipo de expansión de comunicaciones en el Perú es la energía ya que los lugares escogidos se localizan generalmente en los cerros, la energía solar es una alternativa óptima, siempre y cuando el consumo de los equipos sean bajos.

La sierra y selva Peruanas tienen sol todo el año, el consumo de los equipos de televisión son cada vez más sofisticados y pequeños, de bajo consumo y la tecnología de los paneles solares se va desarrollando por tanto los costos se abaratan; estos son parámetros suficientes para el uso de la energía solar.

Pararrayos Radioactivos: Se tienen muchos problemas con las descargas atmosféricas en las alturas de la sierra, tal como Toquepala, la única solución es el uso de los pararrayos radioactivos que por sus características ofrecen mayor protección y efectividad a la estación.
- 11.- Como información adicional hago referencia que los costos son vigentes a Mayo de 1986, obtenidos de las compañías Thompson (France

sa , Harris , Andrew , Arco Solar etc. (Americanas ) , Irte , Scientific Atlanta etc. (Inglesas).

- 12.- El alquiler de las Microondas de Entel Perú , a una empresa de radiodifusión por televisión privada es de aproximadamente \$400,000 dólares USA anuales, comparando con el alquiler de 1/2 transponder del satélite Intelsat , existe una pequeña diferencia (\$ 500,000 dólares USA) , que justifica grandemente por el hecho de poder llegar a todos los rincones del Perú sin interrupciones, propias de los desvanecimientos de las redes de microondas terrestres.

B I B L I O G R A F I A

- 1.- *Antenna Systems*  
ANDREW , Catalog 32  
Edition , 1986
- 2.- *Antenna Systems*  
*Laboratoire General des telecommunications THOMPSON - LGT*  
Edición, 1985
- 3.- *Arco Solar Inc.*  
*Assembly, Installation and Maintenance Manual*  
Edition , 1981
- 4.- *Antennas de Televisión et Demodulation de Frequence*  
R. Buffard  
Edition , 1982
- 5.- *Board of Governors of INTELSAT*  
Standard A,B,C,D y Z
- 6.- *Communications Satellite Systems*  
James Martin  
Edition , 1978
- 7.- *Diseño de Estaciones de Televisión*  
JICA ( Ing. Hideo Hiroba)  
Edición , 1976
- 8.- *Determinación des Emplacements D'Emetteurs en Ondes Metriques et Decimetricues*  
K.H Kaltbeitzer ( I.R.T.)  
Monographie Technique No. 3104  
Edition , 1965
- 9.- *Earth Station Technology*  
INTELSAT  
1st. Edition , April 1983

- 10.- Empresa Brasileira de Telecomunicações S.A.  
SBTS Stations , Satellite  
Luiz C. Rosas Pihno  
September ,1982
- 11.- Formación del Plan de la red Nacional de Televisión  
JICA : Ing. Todosana Hatono  
Ing. Yujiro Nakahata  
Edición, 1967
- 12.- Informe Anual  
INTELSAT  
Edición, 1984
- 13.- Informes Técnicos de enlaces por Satélite  
ENTEL - PERU
- 14.- Pararrayos Radioactivos S.A.  
BUENOS AIRES - ARGENTINA
- 15.- Plan de Frecuencias  
BRASILSAT - PANAMSAT
- 16.- Recomendaciones e Informes del CCIR  
Union Internacional de Telecomunicaciones  
.Servicio Fijo por Satélite  
Ginebra , 1982
- 17.- Satellite Communications Technology  
Edited by K. MIYA (K.D.D.)  
Edition , 1980
- 18.- Satellite System Operation Guide  
INTELSAT  
Edition, 1983
- 19.- Solar Power - Theory and Design  
D. Le Gourières  
1st. Edition ,1982
- 20.- Televisión Directa por Satélite  
Marcombo S.A.  
Edición , 1983

- 21.- *Telecommunications Spatiales Tomos I,II y III*  
Collection Technique CNT- CNS, France  
Masson, 1983
- 22.- *Techniques de cables coaxiaux et connecteurs*  
Groffroy - Delore , France  
Gedelex.
- 23.- *VHF/UHF Propagation and Radio Noise*  
NEC  
Edition ,1979