

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica



**SISTEMA DE TELEVISION EN LA ZONA
DEL HUALLAGA CENTRAL**

TESIS

Para optar el Título Profesional de
INGENIERO ELECTRONICO

HUGO FELIX YEREN MEDINA

Promoción 1978 - 2

Lima - Perú

1986

A mis padres
Felix y
Ubalдина

INDICE

	<u>Página</u>
INTRODUCCION	1
I. DESCRIPCION DE LA ZONA DEL HUALLAGA CENTRAL	2
I.1 Ubicación	2
I.2 Clima	2
I.3 Geografía física	4
I.4 Vias de comunicación	4
I.5 Energía	5
I.6 Población beneficiada	5
II. ANALISIS SOCIO - ECONOMICO DE LA ZONA	7
II.1 Análisis Social	7
II.1.1 Nivel Cultural	7
II.1.2 Sector Educación	8
II.1.3 Sector Salud	9
II.1.4 Sector Agricultura	9
II.1.5 Sector Vivienda	10
II.2 Análisis Económico	
II.2.1 Estructura Productiva	11
II.2.2 Estructura del empleo	14
III. PROPAGACION TROPUSFERICA Y SUS PROPIEDADES	
III.1 Introducción	15
III.2 Ondas de muy alta frecuencia	15
III.3 Ondas planas	17

III.4 Refracción Troposférica	18
III.5 Reflección de ondas electromagnéticas	24
III.6 Difracción de ondas electromagnéticas	29
IV. INGENIERIA DEL PROYECTO	41
IV.1 Sistema de televisión actual	41
IV.1.1 Introduucción	41
IV.1.2 Retransmisión de televisión en Tocache Tocache	41
IV.1.3 Retransmisión de televisión en Saposoa	46
IV.1.4 Enlace Tarapoto - Juanjui	48
IV.2 Cálculo de propagación	51
IV.2.1 Introduucción	51
IV.2.2 Altura efectiva de la antena en Juanjui	52
IV.2.3 Plan de frecuencias para el sistema propuesto	58
IV.2.4 Potencia de transmisión para la ciudad de Juanjui	60
IV.2.5 Potencia de transmisión para el enlace Juanjui-C ⁰ Cayena	61
IV.2.6 Potencia de transmisión para el enlace Juanjui-C ⁰ Biabo	64
IV.2.7 Potencia de transmisión para el enlace C ⁰ Cayena-C ⁰ Pulcache	67
IV.2.8 Potencia de transmisión C ⁰ Caye- na - Huallabamba y Campanilla	69

IV.2.9	Potencia de transmisión C ⁰	
	Pulcacha-Sur de Juanjui (Tocache)	72
IV.2.10	Potencia de transmisión C ⁰ Biabo	
	- Cerro Sacanche	75
IV.2.11	Potencia de transmisión C ⁰ Biabo	
	- Valle del Biabo	78
IV.2.12	Potencia de transmisión C ⁰ Biabo	
	- Valle del Sisa	80
IV.2.13	Potencia de transmisión C ⁰ B ₁ abo	
	- Picota	83
IV.2.14	Potencia de transmisión C ⁰ Biabo	
	- Valle del Saposoa	85
IV.2.15	Potencia de transmisión C ⁰ Biabo	
	- Ciudad de Saposoa	88
IV.2.16	Potencia de transmisión	
	C ⁰ Sacanche - Sacanche	90
IV.2.17	Potencia de transmisión	
	Cerro Sacanche - Eslabón	93
IV.2.18	Potencia de transmisión	
	C ⁰ Sacanche- Ciudad de Saposoa	94
IV.2.19	Potencia de transmisión	
	C ⁰ Cayena-Sur de Juanjui (Tocache)	96
IV.2.20	Potencia de transmisión	
	C ⁰ Cayena-Sur de Juanjui (El Valle)	99
IV.2.21	Potencia de transmisión	
	C ⁰ Cangrejo-Valle del Huallabamba	103
IV.2.22	C ⁰ Cangrejo-V. del H. (Shepte)	105

IV.2.23	Potencia de transmisión	
	Cerro Cangrejo - Tocache	107
IV.2.24	Potencia de transmisión	
	C ⁰ Cangrejo- Valle del Biabo	108
IV.2.25	Potencia de transmisión	
	Cerro Cangrejo - P ₁ cota	112
IV.2.26	Potencia de transmisión	
	Cerro Cangrejo - Sacanche	113
IV.2.27	Potencia de transmisión	
	C ⁰ Cangrejo- Ciudad de Saposoa	115
IV.2.28	Potencia de transmisión	
	Cerro Pilcache - El Valle	117
IV.2.29	Resumen del cálculo de propaga ción	119
IV.3	Configuración del sistema de televisión propuesto	122
IV.3.1	Introducción	122
IV.3.2	Transmisor de televisión	123
IV.3.3	Retransmisor de televisión	125
IV.3.4	Antenas de recepción	127
IV.3.5	Antenas de transmisión	130
IV.3.6	Torres	137
IV.3.7	Casetas	137
IV.3.8	Estación de televisión(Juanjui)	137
IV.3.9	Energía	144
IV.3.10	Sistema de puesta a tierra	147
V.	CUSTOS	151

V.1 Introducción	151
V.2 Costos de equipamiento	152
V.3 Costos de infraestructura de apoyo	155
V.4 Costos de equipamiento para el sistema alternativo	156
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	157
BIBLIOGRAFIA	159
ANEXO I	
CALCULO DE ATENUACION EN EL ESPACIO LIBRE	162
ANEXO II	
CALCULO DE LA POTENCIA DE RECEPCION MINIMA	166
ANEXO III	
CALCULO DE LA ALTURA ANTENA RECEPTORA Y CLARIDAD	168
ANEXO IV	
EVALUACION SUBJETIVA DE LA IMAGEN DE TELEVISION	171
ANEXO V	
CARACTERISTICAS DE LA NORMA "M" DE TELEVISION	172
ANEXO VI	
PATRON DE RADIACION Y DISTRIBUIDORES DE POTENCIA	173
ANEXO VII	
MAPA DE LA ZONA DEL HUALLAGA CENTRAL	176

INTRODUCCION

El presente proyecto de tesis propone un sistema de televisión en la zona denominada Huallaga Central, para lo cual se demostrará la factibilidad técnica y económica para la implementación de un sistema de televisión eficaz, en una zona geográficamente accidentada y por sus características naturales señala el rumbo del río Huallaga y de sus afluentes como el río Huallabamba, Saposo, Biabo y Sisa.

Se ha elegido como punto de partida para desarrollar este proyecto la ciudad de Juanjui por dos razones principales, su ubicación dentro de la zona del Huallaga Central y por la existencia en dicha ciudad de una Estación Terrena que integra el sistema Domsat del Perú, dicha Estación facilita el servicio de telefonía, telegrafía, telex y teleconferencia a través del transponder 3 del Satélite Intelsat V (F-3), a su vez está implementada para recepcionar señal de televisión del mismo satélite y del mismo transponder.

La señal de TV via satélite directa de Lima, sería complementada con una central de TV. capaz de producir programas locales de interés para la zona en estudio.

CAPITULO I

1. DESCRIPCION DE LA ZONA DEL HUALLAGA CENTRAL

1.1 Ubicación

La zona denominada Huallaga Central esta ubicada en la región Oriental del Perú ,en el departamento de San Martín ,el cual es recorrido por el rio Huallaga en sus etapas de Huallaga Central y Bajo Huallaga.

Esta zona esta limitada por las latitudes sur,por el norte 6 grados 50 minutos y por el sur 8 grados 15 minutos,con respecto a las longitudes oeste,por el este 77 grados y por el oeste 76 grados 15 minutos,que abarca una superficie de 13,600 Kmts².

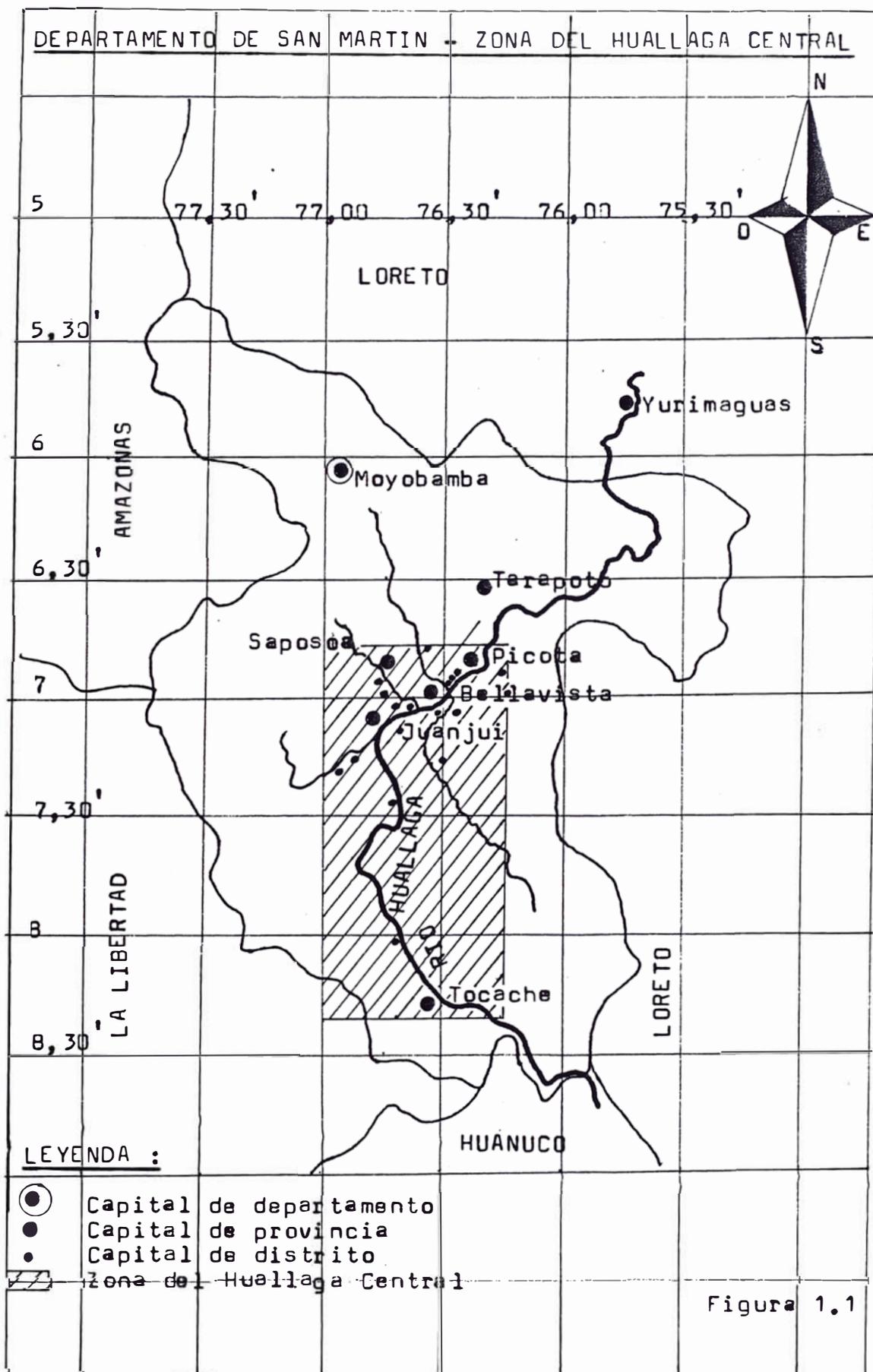
En la figura 1.1 se muestra la ubicación dentro del departamento de San Martín.

1.2 Clima

Su clima es predominantemente Ecuatorial,con temperaturas que oscilan entre 20 y 35 grados Centígrados,correspondiendo el límite inferior a las épocas de invierno para la ceja de selva en los meses de junio,julio y agosto en el resto del año los periodos de lluvia son cortos pero intensos,cuya duración es de 2 a 6 horas continuas y con intervalos de 3 a 4 días,llegandose a medir un promedio de 2000 mm de lluvia anual.

Los vientos son moderados de 2 a 5 mts/seg.,aumentando por lo general antes de cada periodo de lluvia a 15 mts/seg.,los vientos huracanados son muy raros presentandose cada dos o tre años en épocas de invierno con velocidades de 30 a 40 mts/seg. en periodos cortos de una a dos horas.

La humedad relativa oscila entre los 70 a 95%.



1.3 Geografía física

La descripción física del terreno es propia una ceja de selva que se caracteriza por los ramales dispersos que oscilan entre los 500 y 1500 metros sobre el nivel del mar y que por lo general sus faldas son recorridas por el el río Huallaga o sus afluentes, formando estos a su vés extensos valles que oscilan entre los 240 a 350 metros sobre el nivel del mar, siendo las dimensiones de estos de 30 a 50 Kmts. de longitud y de 5 a 20 Kmts. de ancho.

Tanto el río Huallaga como sus afluentes como los ríos Saposoa, Biabo y Sisa son navegables todo el año, siendo utilizados como medio de comunicación hacia los caseríos ubicados río arriba.

Por lo accidentado del terreno se ha preferido construir la carretera bordeando el río Huallaga o ganando terreno a los cerros que son bordeados por el río Huallaga.

1.4 Vías de comunicación

La zona del Huallaga Central tiene como su principal vía de comunicación la carretera Marginal de la selva y - en un futuro próximo será complementada con la carretera de penetración Trujillo-Juanjui.

Todos los valles que conforman la zona son accesibles a través de caminos carrosables, complementada con la vía lacustre. El río Huallaga es utilizado como vía de comunicación hacia Iquitos, ya que este río es afluente del río Amazonas.

Existen pequeños aeropuertos en las ciudades de Picota, Bellavista, Saposoa y Tocache para el transporte de pasajeros en avionetas de poca capacidad hacia las ciudades con grandes aeropuertos como Tarapoto y Tingo María, en la ciudad de Juanjui existe un aeropuerto mediano de tierra afirmada que permite la llegada dos veces a la semana de un avión FOKKER de Aero Perú, cubriendo la ruta Lima Juanjui- trujillo y viceversa.

Se han iniciado los estudios de factibilidad técnica

para la construcción de un aeropuerto de 3Kmts. de longitud en las cercanías de la ciudad de Juanjui.

1.5 Energía

Solo en la ciudad de Juanjui existe una central térmica que suministra energía en forma permanente a dicha ciudad con una potencia de 800 KW, siendo racionalizado el suministro en épocas de escases de combustible.

Las ciudades de Picota, Bellavista, Saposoa, Sacanche, Pachiza, Huicungo, Campanilla, Puerto Pizana y Tocache cuentan con grupos electrogenos con una potencia que oscila entre los 50 y 200 KW. suministrando fluido eléctrico de 6 a 18 horas según la potencia disponible.

Tanto en el valle del Huallabamba como del sisa de estan construyendo mini centrales hidroelectricas para una potencia inicial de 400 KW. y que permitirá a dichos valles contar con energía permanente y propiciar su desarrollo predominantemente agrícola, y ganadera.

1.6 Población beneficiada

La población que será beneficiada del sistema propuesto, según el compendio estadístico del año 1985, emitido por el Instituto Nacional de Estadística es de 132,156 habitantes para el presente año, aplicando la tasa de crecimiento anual de 4.5% y de esta manera se puede preveer una población de 204,863 habitantes para el año 1996, año hasta el cual se prevee la vida útil de los equipos a ser utilizados en el sistema de televisión propuesto.

Para propósitos de demanda cabe mencionar que la densidad poblacional actual es de 9.7 hab./Km² y para el año 1996 será de 15.1% hab./Km².

La tabla 1.1 muestra la población censada en el último censo del año 1981 y que al hacer un análisis cuantitativo con los censos anteriores se deduce una tasa de crecimiento del 4.5% anual y con esa tasa de referencia se ha deducido la población actual y para el año 1996.

Cuadro 1.1: Población en la zona del Huallaga Central

Localidad	Población censada y prevista		
	1981	1986	1996
Juanjui	12,007	14,962	23,209
Pajarillo	2,086	2,599	4,031
Pachiza	2,606	3,247	5,036
Huicungo	3,737	4,656	7,222
Campanilla	4,204	5,238	8,124
La Victoria	3,095	3,856	5,981
Saposoa	8,314	10,359	16,057
Piscuyacu	2,647	3,299	5,115
Eslabón	2,298	2,863	4,440
Sacanche	3,871	3,622	5,612
Tingo de Saposoa	1,891	2,356	3,654
Bellavista	6,462	8,052	12,488
Nueva Lima	2,597	3,235	5,819
Cusco Nuevo	2,243	2,794	4,334
San Pablo	2,851	3,552	5,509
Santa Rosa	2,305	2,872	4,455
Ledoy	1,090	1,358	2,106
San Rafael	2,061	2,568	3,983
Sisa	1,653	2,059	3,194
Shatoya	1,830	2,280	3,536
San Martín	2,205	2,546	3,378
Picota	4,409	5,494	8,521
Caspizapa	2,109	2,628	4,076
Puerto Rico	1,230	1,532	2,376
San Cristibal de S.	1,882	2,345	3,637
Shamboayacu	1,839	2,291	3,553
Tingo de Ponasa	2,250	2,804	4,348
Nuevo Tocache	15,725	19,593	30,389
Puerto Pizana	4,850	6,043	9,373
Huacamayo	3,210	3,999	6,203
El valle	2,170	2,703	4,193
Zona del Huallaga C.	108,632	132,156	204,863
Dto. de San Martín	319,670	399,820	621,920
República del Perú	17754,821	20'207,130	24'632,358

CAPITULO II

2. ANALISIS SOCIO - ECONOMICO DE LA ZONA

2.1 Análisis Social

2.1.1 Nivel Cultural

El nivel cultural de la población en la zona del Huallaga Central es variable, desde muy bajo en los caseríos que circundan las capitales de distrito hasta un nivel regular en las capitales de provincia como son: Juanjui, Picota, Bellavista, Saposa y Tocache.

El muy bajo nivel cultural en los caseríos se debe a los siguientes factores: La concentración de los centros educativos en los distritos y capital de provincias, el escaso apoyo crediticio para incrementar la producción agrícola y ganadera, el irrisorio pago a su producción y al abandono social que ha tenido que soportar por décadas de años.

El bajo nivel cultural en las capitales de distrito se deben a los siguientes factores: La responsabilidad educativa en manos de profesores no titulados, el empirismo reinante en la actividad agrícola y ganadera, la salud en manos de sanitarios y curanderos, el aislamiento al avance tecnológico en todos los campos y la escasa facilidad de la comunicación a larga distancia.

El regular nivel cultural en las capitales de provincia se debe a los siguientes factores: El bajo porcentaje de profesionales en las diferentes actividades, la escasa posibilidad de actualización profesional y la limitada posibilidad de tener acceso a programas de desarrollo.

2.1.2 Sector educación

La educación inicial es una preocupación especial en el sector educación, razón por la cual se está desarrollando un programa de capacitación a nivel de todo el departamento a toda persona con aptitudes para la educación inicial, este programa tiene como meta satisfacer una demanda de 12,362 en todo el departamento y de 3,955 en la zona del Huallaga Central, de los cuales solo el 60% de la demanda es satisfecha.

La educación primaria, es satisfecha su demanda en un 90%, debido a que las escuelas solo existen en los principales pueblos y caseríos, quedando alrededor de 3,240 alumnos sin educación primaria, en toda la zona del Huallaga Central.

La educación secundaria, solo cubre el 75% de la demanda, quedando 8,700 alumnos de este nivel sin poder continuar o culminar su educación secundaria, entre las causas podemos citar: La deserción obligada por tener trabajar en el campo para mantener a su familia, la escasa orientación escolar o de los padres por incentivar el espíritu de sacrificio o esfuerzo por alcanzar un futuro digno y honrado y por la carencia de medios económicos para mantenerse en las principales ciudades donde existe centros de educación secundaria.

En toda la zona del Huallaga Central solo existe un Instituto de Educación Superior denominado Instituto Superior Pedagógico con 250 estudiantes, de los cuales este año saldrá la primera promoción de 40 nuevos profesionales en la Educación.

El analfabetismo alcanza un 15% de la población no escolar y que en cifras bordea los 10,000 habitantes en esta zona.

No existen centros de educación técnica de mando medio, razón por la cual la mayoría de los estudiantes que culminan su educación secundaria emigran hacia las grandes ciudades de la costa para continuar estudiando.

2.1.3 Sector Salud

El sector salud en la zona controla el normal funcionamiento de postas sanitarias en todos los distritos y principales caseríos, solo en las capitales de provincia el sector salud cuenta con Centros de Salud denominados Hospital Base, en toda zona no existen Policlinicos.

Toda la zona es atendida por 17 médicos y 9 odontólogos, lo que significa que cada médico cubre la demanda de aproximadamente 8,000 habitantes y cada odontólogo la de 15,000 habitantes.

Los consultorios particulares de medicina general dan cabida esporádicamente a Médicos Especialistas por cortos periodos de tiempo .

Periódicamente, los Centros de Salud desarrollan campañas de vacunación y control de de las siguientes enfermedades muy comunes en esta región como son: La rabia, la fiebre amarilla malaria.

Con respecto al Instituto Peruano de Seguridad Social, no existe ninguna oficina de este organismo, aun cuando la cantidad de asegurados alcanza el 20% de la población económicamente activa. Todo trámite administrativo está centralizado en la ciudad de Tarapoto, con la consiguiente excesiva demora a todo trámite de derechos de los asegurados.

2.1.4 Sector Agricultura

El sector agricultura cuenta con una oficina del Ministerio de Agricultura en la ciudad de Juanjui, y es el ente a través del cual se tiene control de los precios, la tenencia de tierras y el cumplimiento de las normas establecidas para la explotación de la madera y la correspondiente reforestación por parte de los explotadores de madera debidamente autorizados.

Este sector cuenta con centro de investigación con sede en todas las capitales de provincia, propiciando -

la aplicación de nuevas técnicas para el mejoramiento de la producción de productos tradicionales como el arroz, el maíz, el algodón y plantas frutales.

Los almacenes de acopio tanto de ENCI como de ECASA resultan ya insuficientes para captar la oferta de productos que año en año va acrecentando su producción, como ejemplo cabe destacar que en los últimos cinco años el maíz ha incrementado 15 veces su producción de 4,800 a 68,000 toneladas métricas y el arroz 20 veces de 2,400 a 48,600 toneladas métricas al año.

Los productos que no produce la zona son la papa, la cebolla, las hortalizas, entre otras, los cuales los cuales tienen que ser transportadas de la sierra y de la costa se tiene que comprar el azúcar, aceite, harina, fideos y la leche evaporada, entre otros.

El crédito bancario es atendido por el Banco Agrario en las ciudades de Bellavista, Juanjui y Tocache.

El ministerio de Agricultura tiene bajo su jurisdicción 281,845 Has. de tierras dedicadas a la agricultura, 105,324 Has. dedicadas a la forestación, y 477,016 Has. de protección, totalizando 864,185 Has. de recurso suelo.

2.1.5 Sector Vivienda

Según el último censo de vivienda del año 1981 y aplicando un dos por ciento de tasa de crecimiento se deduce que en la zona existen 22,186 viviendas de las cuales el 40% están ubicados en el área rural.

Del total de viviendas solo el 32% cuenta con los servicios de agua y desagüe, lo que está obligando a los gobiernos municipales entrar en tratos con los comités vecinales para incrementar este tipo de servicio, elemental para la salud de la ciudadanía.

El tipo de vivienda es muy variable, desde la quincha con techos de Shapaja en los caseríos, pasando por la madera con techo de calamina, hasta los de material noble.

2.2 Análisis económico

2.2.1 Estructura productiva

2.2.1.1 Actividad agropecuaria y ganadera

Estas actividades gozan de la mayor importancia por ser desarrollado por el 70% de la población y para dar mayor detalle al respecto se muestra en el cuadro 2.1 la relación de productos, su producción e ingreso económico en miles de intis al año.

Cuadro 2.1 : Producción en la zona del Huallaga Central

Producto	Producción anual		Ingreso anual (miles de I/)
	Cant. (toneladas)	Precio Unit.	
Algodón	10,500	4,000	42,000
Arroz	48,600	4,500	218,700
Cacao	95	37,000	3,515
Cafe	4,400	55,000	242,000
Frejol	4,000	14,000	56,000
Limón	608	10,000	6,080
Maiz	68,000	3,300	224,400
Mango	5,200	5,000	26,000
Maderas	30,800	200,000	6,160,000
Naranja	3,800	5,000	19,000
Papaya	68,500	4,000	274,000
Solla	15,000	18,000	270,000
Sorgo	20,000	2,800	56,000
Carne vacuno	17,280	30,000	518,400
Carne porcino	5,800	30,000	174,000
TOTAL			8,290,095

2.2.1.2 Actividad de servicios

Esta actividad tiende a incrementarse conforme las otras actividades van ampliando su desarrollo y la migración de la costa y sierra se hace cada vez más creciente por la fuente de trabajo que representa la zona del Huallaga Central, el cuadro 2.2 muestra las diferentes actividades de servicio, la demanda y el ingreso anual.

Cuadro 2.2 : Demanda de servicios en la zona del H. Central

Servicio	Demanda anual	Ingreso anual (miles de Intis)
<u>Comunicaciones</u>		
- Telefonía	27,108	5,034
- Telegrafía	43,200	303
- Telex	16,144	595
<u>Salud</u>		
- Centros de salud	139,400	2,641
- Consultorios part.	69,120	2,764
<u>Correos</u>		
- En valija	23,340	326
- Fuera de valija	63,144	1,579
<u>Electricidad</u>		
- Domestica	4,147 MWh	2,571
- Industrial	1,382 "	1,548
- Comercial	691 "	1,126
- Pública	691 "	173
<u>Hoteles</u>		
- Tres estrellas	86,400	5,184
- Dos estrellas	75,600	2,646
<u>Transportes</u>		
- Terrestre	720,000	72,000
- Lacustre	144,000	18,000
- Aereo	53,760	16,176
TOTAL :		132,666

2.2.1.3 Actividad industrial

Esta floreciente actividad esta representada según el cuadro 2.3 por las siguientes:

Cuadro 2.3 : Producción Industrial en la zona del H. C.

Industria	Producción Anual	Ingreso anual (miles de I/.)
Del mueble de madera	5,400	27,000
Del mueble de metal	1,200	6,000
<u>Del ladrillo</u>		
-De arcilla	1,280,000	3,700
-De cemento	750,000	3,150
Aguardiente	200,000	<u>2,400</u>
TOTAL :		42,250

2.2.1.4 Actividad comercial

Esta actividad es muy amplia pero para el propósito de estudio económico se ha tomado como referencia, las actividades que reflejan el poder adquisitivo de la población de esta zona, tal como se muestra en la relación del cuadro 2.4

Cuadro 2.4 : Ventas comerciales en la Zona del H. Central

Comercio	Venta anual	Ingreso anual (miles de Intis)
Ropa	130,000	54,200
Telas	120,000	12,000
Zapatos	86,000	17,200
Artefactos elect.	1,380	10,315
Motocicletas	134	<u>2,144</u>
TOTAL :		95,859

2.2.2 Estructura del empleo

El poder adquisitivo de la zona ha sido dividido por sectores, tomando como base las cinco capitales de provincia que comprende la zona del Huallaga Central, tal como se muestra en la relación del cuadro 2.5

Cuadro 2.5 : Poder adquisitivo anual en la zona del H. C.

Capital de provincia	Agric. I/.	Serv. I/.	Indust. I/.	Comercio I/.	Promedio anual, I/.
Juanjui	54,000	38,400	57,600	60,000	52,500.00
Picota	60,000	36,000	48,000	60,000	51,000.00
Bellavista	54,000	36,000	54,000	60,000	51,000.00
Saposa	54,000	36,000	48,000	60,000	49,500.00
Tocache	60,000	38,400	54,000	72,000	56,100.00

CAPITULO III

3. PROPAGACION TROPOSFERICA Y SUS PROPIEDADES

3.1 Introducción

El presente capítulo tiene como propósito fundamental el de presentar las leyes que gobiernan a las ondas electromagnéticas que se propagan en la tropósfera, zona en la cual el presente proyecto pretende hacer propagar la señal de televisión en las bandas I y II, para lo cual en primer lugar se describe el tipo de onda a usarse, su propagación como onda plana y los efectos del medio y su contorno, como son la refracción, la reflexión y la difracción.

3.2 Ondas de muy alta frecuencia

Se denomina ondas de muy alta frecuencia (VHF) a las ondas comprendidas en el rango de 30 MHz a 300 MHz, la emisión de estas ondas no son reflejadas por la ionosfera y la propagación superficial es muy despreciable, siendo su medio propicio de propagación la tropósfera.

La tropósfera es la capa gaseosa que suele tener una altura promedio de 10 Kmts. sobre la superficie de la tierra, su índice de refracción no es constante y presenta variación con la altura, lo cual provoca el fenómeno de refracción sucesiva, que modifica la propagación de las ondas electromagnéticas emitidas en este espacio troposférico.

La emisión de un flujo de ondas electromagnéticas causará tres tipos de ondas, según la ubicación de un punto receptor, esto es, un tipo de onda directa que no es -
para cada

perturbada por la presencia del medio, una onda reflejada por la superficie de la tierra y una onda transhorizonte que se extiende más allá del horizonte o un obstáculo agudo que sobresale del perfil terrestre (por difracción o dispersión).

La combinación vectorial de las ondas directas y reflejadas, constituirá el campo total recibido en la región de interferencia.

Las causas fundamentales del desvanecimiento de la señal en ondas VHF son las variaciones de las condiciones meteorológicas y físicas que hacen variar los valores del índice de refracción y apuntamiento, las variaciones de las condiciones meteorológicas, definidas fundamentalmente por la presión atmosférica, la temperatura y la humedad relativa influyen en la propagación de las ondas electromagnéticas, sobre todo en el día debido al intercambio de calor en las distintas horas del día, entre la tierra y la tropósfera.

La figura 3.1 muestra los tipos de onda desde el punto de vista de su propagación troposférica, en donde el fenómeno de la dispersión se produce en la región denominada volumen de dispersión por causa de la dispersión de la energía electromagnética provocada por la discontinuidad en la variación normal del índice de refracción con la altura, enviando la energía en una pequeña fracción a distancias grandes. La dispersión ocurre en todo el espacio pero solo debe considerarse aquella proveniente del volumen común del diagrama de directividad de las antenas, allí es donde la antena transmisora concentra la mayor parte de su energía y es desde allí donde la antena receptora captará la mayor energía en términos relativos porque no siempre es la más recomendable para ciertos propósitos de efectividad de la señal, como la televisión a color por ejemplo.

Una onda plana no existe en la práctica, sin embargo, su estudio conduce a una serie de relaciones que se aplican en la práctica, además su análisis facilita la comprensión de la propagación de la onda electromagnética más real. En un radio enlace, vemos que a pocos kilómetros de distancia, el frente de onda adquiere dimensiones enormes, desde el punto de vista de una antena receptora, esta capta una fracción muy pequeña de toda la energía emitida y distribuida en el frente de onda, esto nos conduce a que el frente de onda sea considerada plana.

Si consideramos un medio de conductividad cero, el campo eléctrico se propaga sin atenuación, las superficies de fase constante se propagan a una determinada velocidad, esta velocidad denominada velocidad de la onda plana, expresada en función de las características del medio y de la velocidad de las velocidades de las ondas electromagnéticas en el espacio libre, es como sigue:

$$v = c / \sqrt{\epsilon_r \mu_r} \quad (3.1)$$

Donde:

- ϵ_r es la constante dieléctrica relativa
- μ_r es la permeabilidad magnética relativa
- $c = 3 \times 10^8$ mts/seg.

3.4 Refracción Troposférica

3.4.1 Índice de refracción

El índice de refracción de un medio, queda definido por la razón de las velocidades en el espacio libre y en el medio considerado.

Como la tropósfera puede ser considerado como un dieléctrico puro, con una permeabilidad magnética igual a la del vacío ($\mu_r \approx 1$), el índice de refracción - deducida de la ecuación 3.1 y reducida, tiene la siguiente

te expresión:

$$n \approx \sqrt{\mu_r} \quad 3.2$$

Dada la cercanía con la unidad se acostumbra usar el "coíndice de refracción" definido por:

$$N = (n - 1) \times 10^6 \quad 3.3$$

El índice de refracción depende de muchos factores -
meteorológicos, sin embargo, para efectos de las ondas e-
lectromagnéticas, puede expresarse con bastante aproxima-
ción como:

$$N = \frac{77.6}{T} (P + 4,810 \frac{e}{T}) \quad 3.4$$

Donde:

P es la presión atmosférica en milibares

e es la tensión del vapor de agua

T es la temperatura absoluta en grados Kelvin

Sabemos que la humedad específica es la razón entre el peso del vapor de agua contenida en un volumen y el peso de ese mismo volumen conteniendo aire seco, lo cual aproximadamente puede ser expresado como sigue:

$$S = 0.622 e/P \quad 3.5$$

Introduciendo esta expresión en la ecuación 3.4 :

$$N = \frac{P}{T} (\underline{77.6} + 600 \frac{S}{T}) \quad 3.6$$

De la expresión anterior se deduce que el índice de refracción varía con la altura ya que la Presión, la Temperatura y la Humedad varían con ese factor.

Desde el punto de vista macroscópico, como tendencia estadística media, ocurre una disminución con la altura con una aproximación exponencial, y es así como el CCIR ha definido una atmósfera de referencia cuya expresión -

es como sigue:

$$N = 289 e^{-0.13h} \quad 3.7$$

Donde h es la altura sobre el nivel del mar en Kmts., en las capas bajas de la tropósfera, esto es los 3 primeros Kmts., la variación puede considerarse lineal, con lo cual - la gradiente sería constante y cuyo valor obtenemos al derivar la ecuación 3.7 y hacer h aproximadamente cero :

$$\frac{dN}{dh} = -39 \quad 3.8$$

Si este valor de gradiente fuese constante a cualquier altura, tendríamos la siguiente expresión :

$$N = 289 - 39h \quad 3.9$$

Lo que se conoce como atmósfera normal o STANDARD, la figura 3.3 muestra la variación del índice con la altura, tanto para la atmósfera de referencia como para la atmósfera normal.

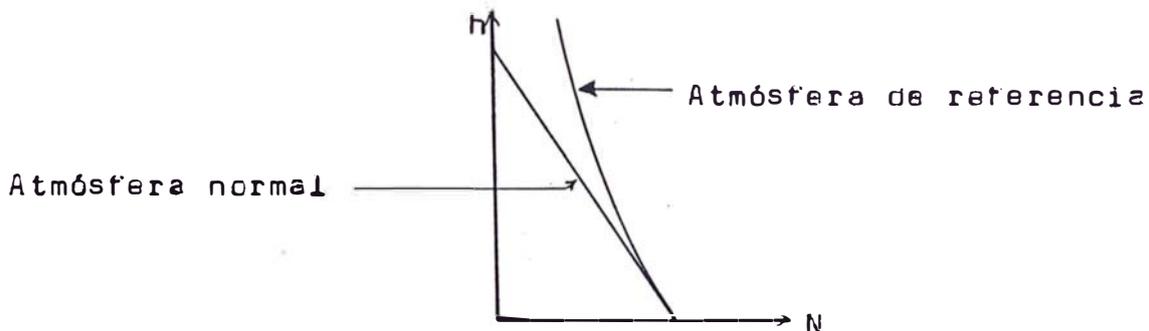


Figura 3.3 : Variación del índice de refracción con la alt.

3.4.2 Radio de curvatura de las trayectorias

Al propagarse una onda en el espacio libre, o en una atmósfera con índice de refracción constante con la altura, la trayectoria seguida no sufrirá alteración. En cambio si consideramos un medio con capas de diferente índice la onda sufrirá una serie de refracciones sucesivas, siguiendo una trayectoria curva hacia abajo, lo cual corresponde a una disminución de los valores del índice de refracción al aumentar la altura, si los índices creciera con la

altura, la curvatura sería en sentido contrario.

Esto trae como consecuencia el hecho de que aún cuando exista entre dos puntos visibilidad óptica, puede no llegar energía a una antena receptora por no existir - la visibilidad radioeléctrica, esto es, por existir fuertes fenómenos de refracción.

Para evaluar el radio de curvatura de la trayectoria de un rayo analizamos la figura 3.4, en el cual se muestra un frente de onda plano que pasa a través de los puntos A y B y se propaga en una dirección que forma un ángulo por encima de la horizontal.

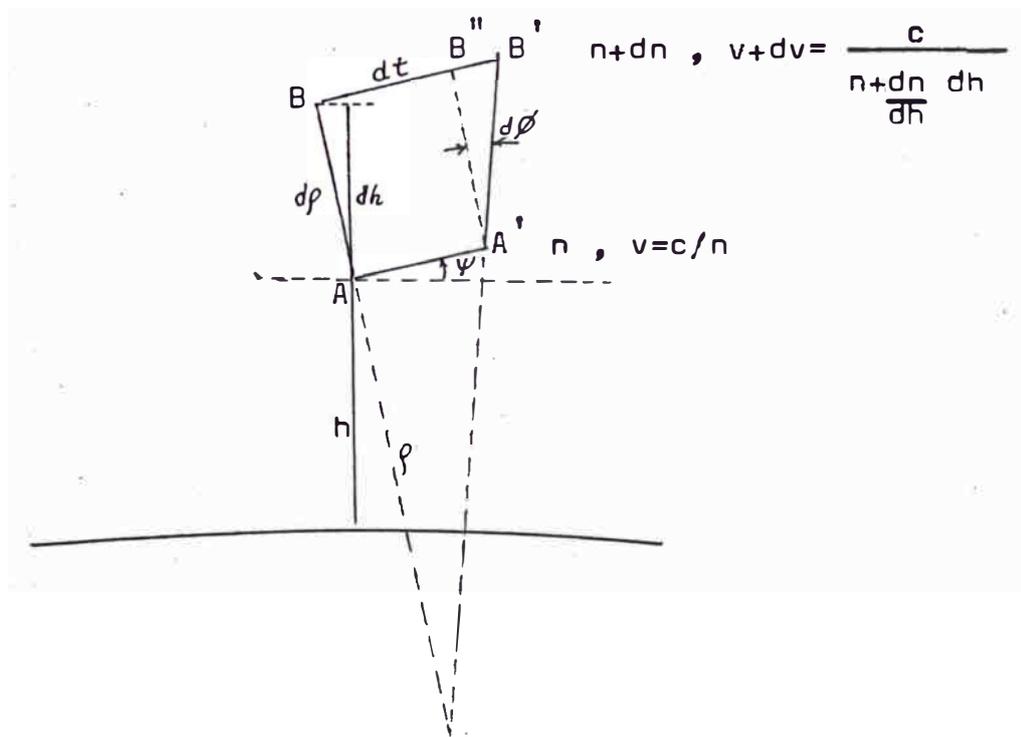


Figura 3.4 : Determinación del radio de curvatura

Tomando como referencia la figura 3.4, si el índice refractivo del medio no varía con la altura, todas - las porciones del frente de onda se desplazan a la misma velocidad, de tal forma que su posición al cabo de un tiempo dt sería paralelo a los puntos A y B, pero si el índice refractivo varía con la altura como dn/dh , el frente de onda en el punto B recorrerá una distancia mayor, luego haciendo las relaciones matemáticas correspondientes se llega a la siguiente expresión que muestra

el radio de curvatura del trayecto de un rayo en una atmósfera bien mezclada:

$$\rho = \frac{n}{\frac{dn}{dh} \cos \psi} \quad 3.10$$

Recordando que dn/dh es practicamente constante podemos inferir que dn/dh es tambien constante, se deduce que la curvatura se hace más pronunciada a medida que el ángulo de elevación aumenta.

3.4.3 Radio equivalente de la tierra

A fin de poder efectuar los análisis de reflexión y difracción es conveniente utilizar una transformación geometrica que nos permita representar los rayos como líneas rectas, ignorando la curvatura del haz al perfil del terreno, este procedimiento se conoce como método del radio equivalente de la tierra, este radio equivalente se escribe como Kr , donde r es el radio de la tierra ($r=6375$ Kmts.) y K es la relación entre el radio equivalente y radio real.

Para obtener la expresión de K , hacemos uso de la figura 3.5, el cual muestra la transformación geometrica de la trayectoria de un rayo haciendo uso de su radio de curvatura y el radio equivalente.

El objetivo de ajustar el radio equivalente de tal forma que la altura h tenga la misma relación funcional con respecto a la distancia L , se consigue aplicando la ley de cosenos en el diagrama (a) y haciendo las simplificaciones considerando $L \ll r$, $h \ll \rho$ y $h \ll r$, se llega a la siguiente expresión:

$$h = \frac{\rho - r}{2 \rho r} L^2 \quad 3.11$$

Reemplazando en la ecuación 3.11 r por Kr y ρ por ∞ obtenemos :

$$h = \frac{L^2}{2 K r} \quad 3.12$$

Para que las dos representaciones de la Figura 3.5 sean equivalentes, igualamos las ecuaciones 3.11 y 3.12, de donde despejando K obtenemos lo siguiente :

$$K = \frac{\rho}{\rho - r} \quad 3.13$$

A través de la utilización de los datos obtenidos de radio sondeos de la variación de dn/dh y mediante la ecuación 3.10 se puede obtener el valor de ρ , el cual reemplazando en la ecuación 3.13 se obtiene el valor de K.

Generalmente, K mantiene un valor standard de 1.33 durante las horas diurnas y especialmente durante los meses de invierno, por tal motivo la condición de $K = 1.33 = 4/3$ es conocida como atmosfera standard y se cumple para alturas comprendidas entre el suelo y alrededor de los 1000 mts.

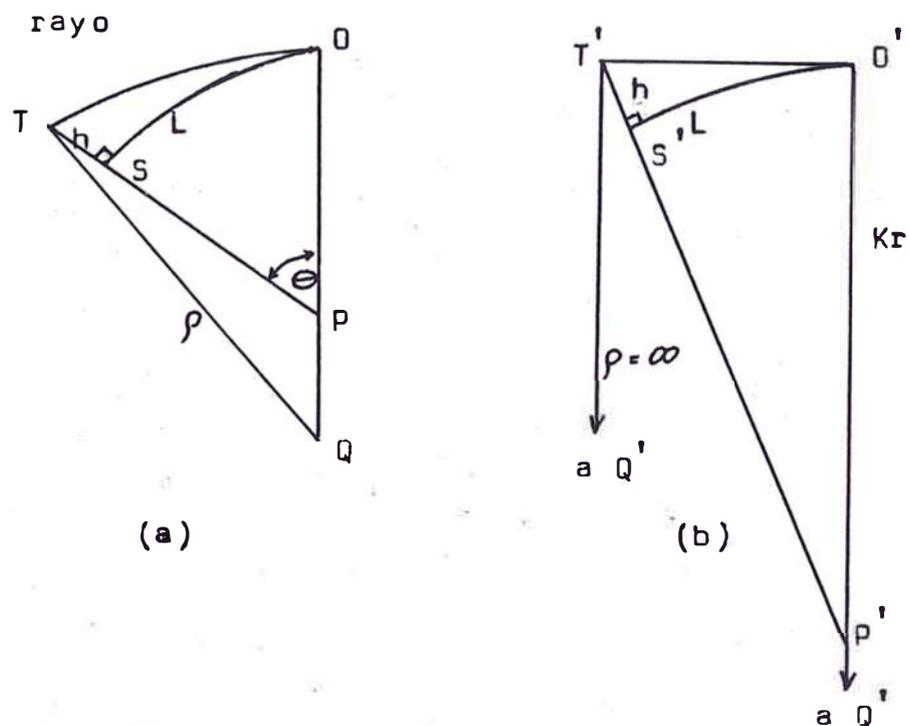


Figura 3.5 : Transformación geométrica para la obtención del radio equivalente.

3.5 Reflexión de ondas electromagnéticas

3.5.1 Introducción

Cuando una onda electromagnética encuentra una interfase entre dos medios diferentes, se produce una reflexión que sigue la ley de Snell que postula lo siguiente: Los ángulos de incidencia y reflexión son iguales y coplanares. En nuestro caso, la tropósfera es el medio que contiene las ondas incidentes y reflejadas y la interfase la constituye la superficie terrestre u ocasionalmente las estructuras construidas por el hombre.

3.5.2 Polarización

En los campos de radiación, la onda incidente tiene sus vectores \vec{E} y \vec{H} perpendiculares entre sí y normales a la dirección de propagación, estos vectores se propagan en desfase de 90 grados, lo que trae como consecuencia que cuando el vector \vec{E} es cero el vector \vec{H} es máximo en un instante determinado y viceversa.

La polarización de una onda lo determina el vector \vec{E} con su posición respecto a la superficie de la tierra, con esta determinación se denomina polarización vertical cuando el vector \vec{E} es vertical a la superficie de la tierra y el vector \vec{H} es paralelo a la misma, y polarización horizontal cuando el vector \vec{E} es paralelo a la superficie de la tierra y el vector \vec{H} es vertical a la misma. La figura 3.6 muestra estas polarizaciones.

3.5.3 Región de interferencia y de difracción

Se denomina región de interferencia a la región sobre la línea del horizonte en el cual se da lugar a la suma vectorial de ondas directas y reflejadas en cual

quier punto de recepción, produciendo una intensidad resultante que posee fluctuaciones periódicas.

Por otro lado, se denomina región de difracción a la región de sombra o debajo de la línea del horizonte en el cual la energía penetra en esta región por difracción o dispersión

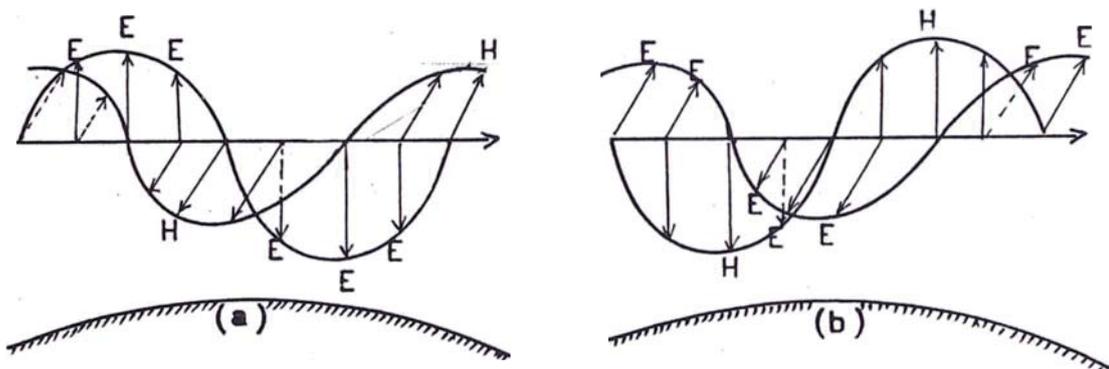


Figura 3.6 : (a) P. Vertical ... (b) P. Horizontal

3.5.4 Coeficiente de reflexión de onda plana

En la región de interferencia y asumiendo que la superficie de reflexión es plana, el coeficiente de reflexión de onda plana puede ser expresada como una variación exponencial:

$$C_r = A e^{-j\theta} \quad 3.14$$

Donde :

A es la magnitud del coeficiente de reflexión, es decir la relación entre la magnitud de la onda reflejada a la magnitud de la onda directa.

θ es el ángulo por el cual el campo reflejado es retardado en fase luego de la reflexión.

Es evidente que los factores que influyen en la reflexión son complejos y que la onda reflejada difiere, tanto en magnitud como en fase de la onda directa.

El coeficiente de reflexión varían en función del ángulo de incidencia y dichas variaciones son diferentes según la polarización de la onda.

En las figuras 3.7 y 3.8 se muestran las variaciones de la magnitud y retardo del coeficiente de reflexión en función del ángulo de incidencia, donde se observa una variación - muy pronunciada para una onda polarizada verticalmente, mientras que para una onda polarizada horizontalmente la variación es muy suave, concluyéndose que para cualquier - ángulo de incidencia, una onda con polarización horizontal la onda reflejada esta desfasada 180 grados aproximadamente de la onda incidente y para ángulos de incidencia rasan te la onda reflejada es igual en magnitud a la onda inci- dente. Estas magnitudes se cumplen para todas las frecuen- cias y para todas las conductividades de tierra, cuando el ángulo de incidencia es rasante, para otros ángulos de inci- dencia la variación es mayor para las frecuencias más altas y para menores conductividades de suelo.

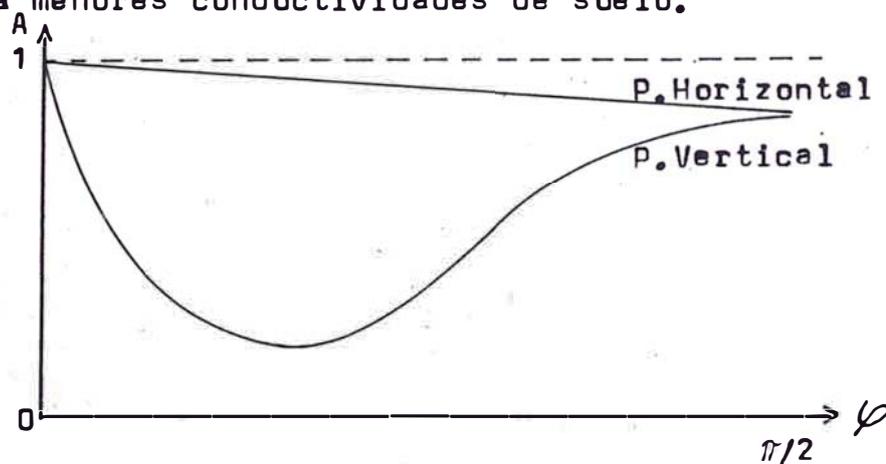


Figura 3.7 : Variación de la magnitud vs. ángulo de incid.

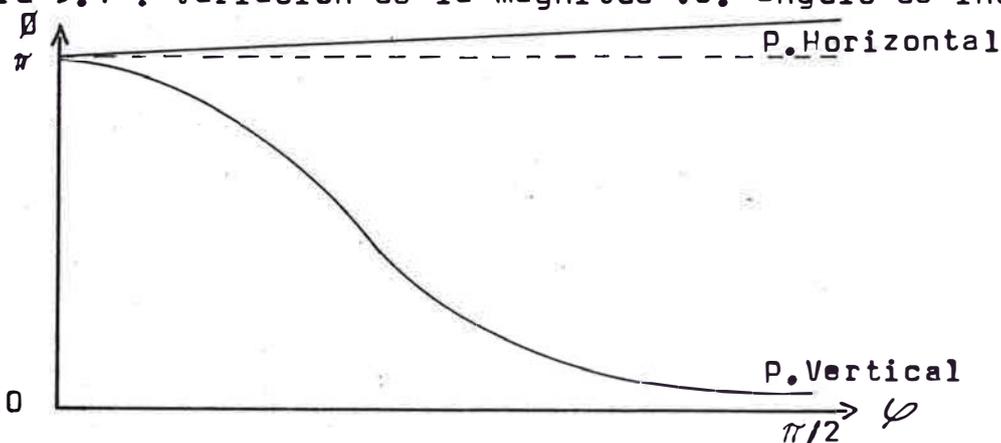


Figura 3.8 : Variación de la fase vs. ángulo de incidenc.

3.5.5 Propagación en la región de interferencia

Esta región se caracteriza por la presencia de ondas reflejadas sobre la superficie de la tierra, lo que da por resultado que la intensidad de campo recibido en la antena receptora sea generalmente menos que lo correspondiente al caso de espacio libre.

El efecto de la tierra plana sobre la propagación está dado por la siguiente expresión:

$$E = E_0 + C_r e^{j\Delta} E_0 + (1 - C_r) B e^{j\Delta} E_0 + C \quad 3.15$$

Donde : El primer término proviene de la onda directa

El segundo término proviene de la onda reflejada

El tercer término proviene de la onda de superficie (despreciable para frec. VHF)

El cuarto término proviene del campo de inducción y efectos secundarios de la tierra (despreciable)

Además del retardo por reflexión existe un retardo por diferencia de trayecto de la onda directa y reflejada, el cual se obtiene hallando la diferencia de trayectos bajo pequeños ángulos de incidencia y elevación y que su expresión aproximada es:

$$\Delta d \approx \frac{2h_t h_r}{d} \quad 3.16$$

Dado que una diferencia de trayecto de una longitud de onda equivale a un desfase de 2π radianes, para una diferencia de trayecto Δd tendremos un desfase o retardo de :

$$\Delta = \frac{4\pi (h_t h_r)}{d} \quad 3.17$$

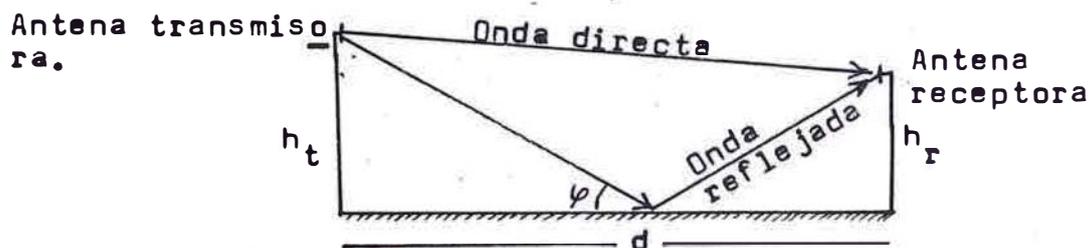


Figura 3.9 : Diferencia de trayectos de onda

Tomando en cuenta solo los dos primeros términos de la ecuación 3.15 y considerando el ángulo de incidencia - prácticamente rasante, obtenemos según las figuras 3.7 y 3.8 los valores de $A=1$ y $\phi=\pi$, los cuales al ser reemplazados en la ecuación 3.15 llegamos a la siguiente expresión:

$$\frac{E}{E_0} = 1 + e^{-j\pi} e^{j4} \quad 3.18$$

Tomando el valor absoluto o módulo de la ecuación 3.18 y haciendo uso de artificios trigonométricos obtenemos :

$$\left| \frac{E}{E_0} \right| = 2 \operatorname{sen} \frac{2\pi(h_t h_r)}{\lambda d} \quad 3.19$$

La ecuación 3.19 expresa la suma de los rayos directo y reflejado, se observa que la relación varía dentro de los siguientes límites:

$$0 \leq E/E_0 \leq 2 \quad 3.20$$

En conclusión, la radiación se reduce a cero en algunas direcciones, mientras que en otras es igual al doble del valor correspondiente al espacio libre, en la misma dirección.

Como en la mayoría de las aplicaciones de enlaces tierra-tierra, el desfase por diferencia de trayecto es pequeño, la función seno puede ser representado por su ángulo, además dada la relación cuadrática que existe entre la potencia y la intensidad de campo obtenemos la siguiente expresión para la relación de potencias:

$$\frac{P_r}{P_0} = \left(\frac{4\pi h_t h_r}{\lambda d} \right)^2 \quad 3.21$$

La potencia recibida en condiciones de espacio libre, para una antena dipolar, tiene la siguiente expresión :

$$P_0 = \frac{P_t}{4\pi d^2} (0,131 \lambda^2) \quad 3.22$$

Reemplazando la ecuación 3.22 en la ecuación 3.21 llegamos a la siguiente expresión que representa la pérdida de transmisión por reflexión:

$$\frac{P_r}{P_t} = 1.646 \left(\frac{h_t h_r}{d^2} \right)^2 \quad 3.23$$

3.6 Difracción de ondas electromagnéticas

3.6.1 Introducción

Las ondas electromagnéticas se propagan más allá de la región de interferencia mediante el fenómeno de la difracción, que por lo general se dá a frecuencias y distancias menores a 100 MHz y 100 Kmts. respectivamente. La difracción es una propiedad fundamental del movimiento de las ondas electromagnéticas y en óptica es la corrección que hay que aplicar a la optica geométrica a fin de obtener la óptica física más rigurosa.

Para una comprensión aproximadamente de la difracción, analizaremos el principio de Huygens y las zonas de Fresnel, para aplicar sus propiedades a la difracción en aristas y en condiciones de visibilidad.

3.6.2 Principio de Huygens

El principio de Huygens establece que un frente de onda en un medio homogéneo e isotrópico puede considerarse constituido por un sin número de fuentes o centros secundarios en un tiempo t , y que luego de un tiempo Δt , el mismo frente de onda es constituida por una familia de frentes de onda provenientes de las fuentes o centros secundarios en el tiempo t .

El campo recibido en un punto receptor estará formado por las contribuciones de cada uno de los centros secundarios con diferentes amplitudes y fases.

La figura 3.10 muestra el principio de Huygens a través de un frente de onda AA' en un instante de tiempo t una nueva posición del frente de onda AA' después de un intervalo de tiempo Δt .

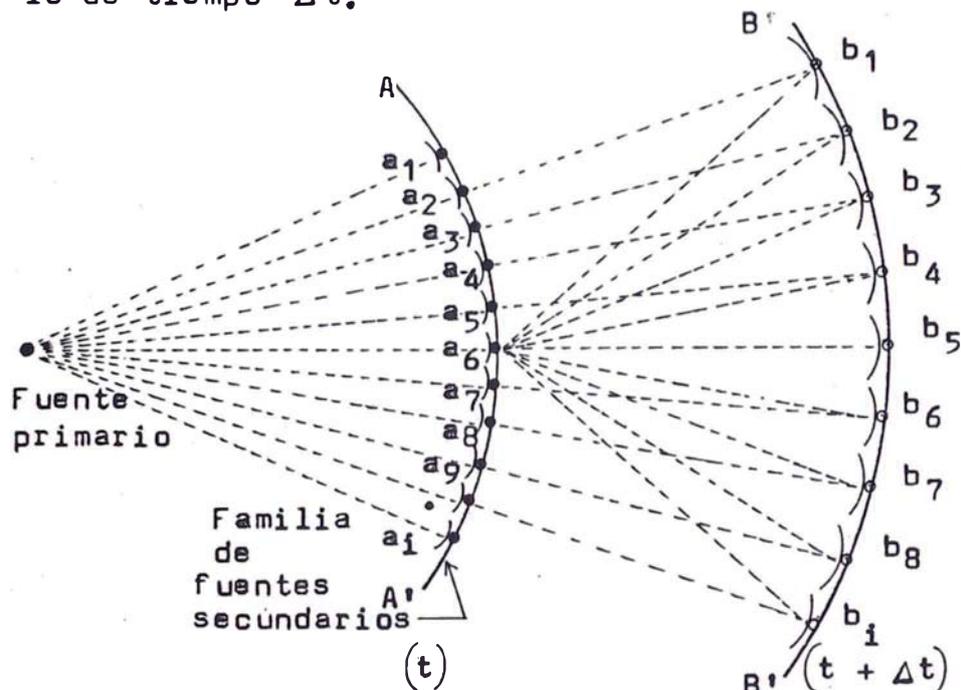


Figura 3.10 : Ilustración del principio de Huygens

3.6.3 Zonas de Fresnel

Sobre una superficie plana normal a la línea de visibilidad entre las antenas transmisora y receptora, incide una radiación proveniente de la antena transmisora sobre un área alrededor del punto O . Según el principio de Huygens podemos considerar que esta área contiene fuentes secundarios.

Si consideramos que la fuente secundaria ocupa una área elemental en el punto P situado a una distancia F por encima de O , en el cual el retardo de fase sea exactamente múltiplos de media longitud de onda de radiación, el lugar geométrico de los puntos con esta característica constituyen una familia de fuentes concéntricas respecto al punto O , como podemos apreciar en la figura 3.11

Aplicando el teorema de Pitágoras a los triángulos formados por los puntos TPO y RPO , teniendo en cuenta

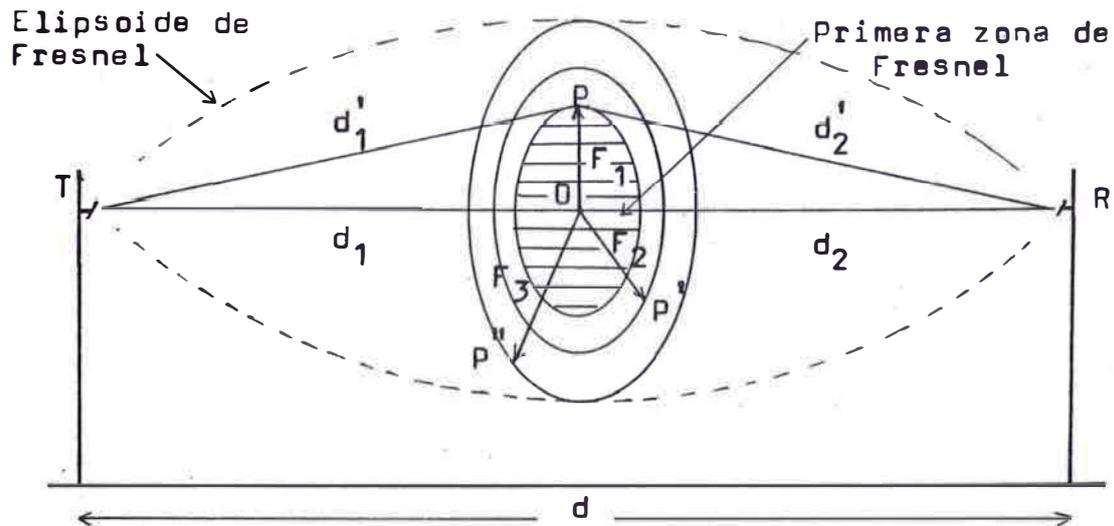


Figura 3.12 : Zonas de Fresnel

que el radio de Fresnel es mucho menor que las distancias d_1 y d_2 obtenemos la suma de las trayectorias d'_1 y d'_2 :

$$d'_1 + d'_2 = d_1 + d_2 + \frac{F_1^2}{2} \left(\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} \right) \quad 3.24$$

Como la diferencia de las trayectorias TPR y TOR es media longitud de onda y un múltiplo de esta para las demás zonas de Fresnel, obtenemos el radio de la primera zona de Fresnel para $n=1$:

$$F_n = \left(n \frac{d_1 d_2}{d} \right)^{1/2} \quad 3.25$$

Las unidades de la ecuación 3.25 están en MKS, pero cambiando las unidades de las distancias en Kmts. y la longitud de onda en función de la frecuencia en MHz obtenemos el radio de la primera zona de Fresnel para propósitos prácticos:

$$F_1 = 548 \left(\frac{d_1 d_2}{f d} \right)^{1/2} \quad 3.26$$

El área comprendida entre los círculos de radios F_2 y F_1 constituye la segunda zona de Fresnel, y el área comprendida entre los círculos de radios F_3 y F_2 constituye la tercera zona de Fresnel y así sucesivamente .

Si hacemos variar la posición del plano que capta la radiación proveniente de la antena transmisora, entre los extremos del enlace, se formarán volúmenes elipsoidales concéntricos correspondientes a las zonas de Fresnel, tal como de muestra en la figura 3.12.

Cada zona de Fresnel esta constituida por una gran cantidad de centros secundarios de radiación uniformemente repartidos, el campo que se produce en R por causa de la zona de orden n es:

$$E_n = -(-1)^n K_n E_0 e^{j(\omega t - \beta d)} \quad 3.27$$

La ecuación 3.27 nos muestra que las contribuciones de cada zona al campo total recibido en el espacio libre será una combinación de campos positivos y negativos que van disminuyendo sus amplitudes uniformemente a causa del factor K_n , finalmente se puede concluir que el campo total recibido en el punto R será :

$$E_R = \frac{1}{2} E_1 \quad 3.27-1$$

Lo que significa que el campo total recibido es la mitad del campo que contribuye la primera zona de Fresnel, esto se muestra en la figura 3.13.

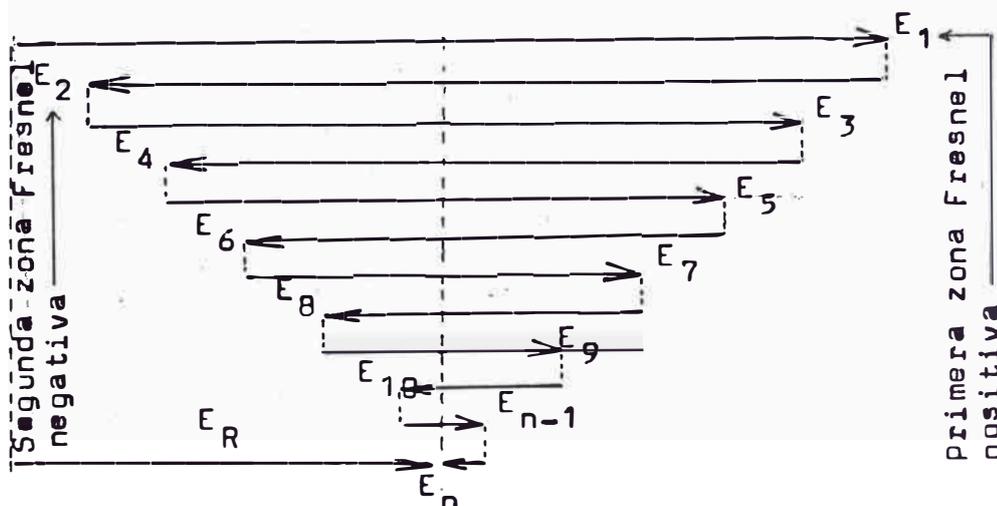


Figura 3.13 : Campo total E_R descompuesto según Fresnel

3.6.4 Difracción en arista aguda

Cuando un enlace no tiene visibilidad óptica por existir un obstáculo como una montaña, es difícil calcular la atenuación creada por tal obstáculo de forma irregular y de conductividad mal conocida. Por tal motivo se puede simplificar el problema simulando el obstáculo con una arista aguda, una superficie cilíndrica simple o una sucesión de ambos.

Una solución aproximada puramente escalar de la óptica al problema de la difracción en un borde agudo rectilíneo lo obtenemos asumiendo una fuente de forma de línea larga paralela al borde rectilíneo perpendicular al plano del papel, tal como se muestra en la figura 3.14

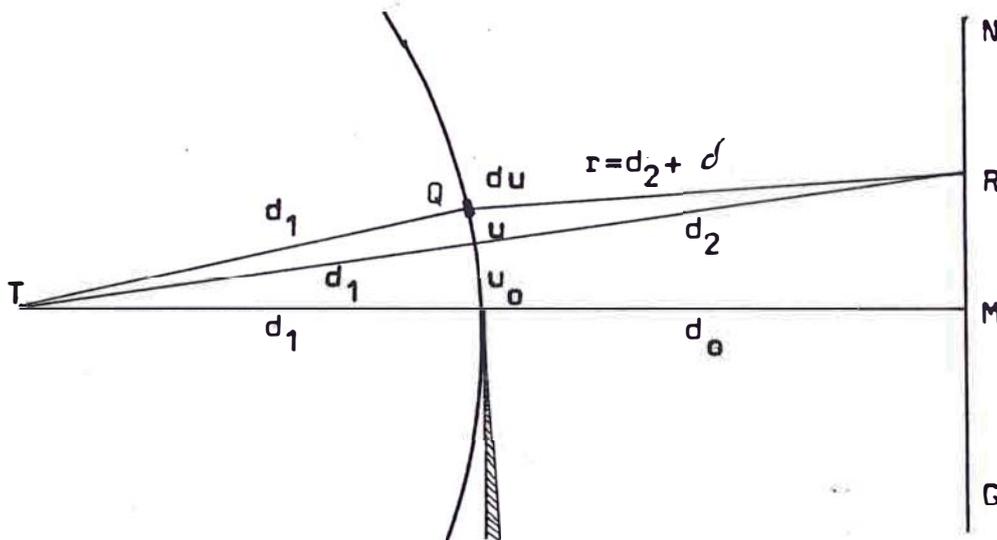


Figura 3.14 : Difracción en borde agudo rectilíneo

Cada faja elemental du del frente de onda produce un efecto en el punto de recepción R , a través de un diferencial de E expresado por:

$$dE = \frac{K du e^{-j\beta r}}{f(r)} \quad 3.28$$

Donde :

β : Es el número de onda $2\pi/\lambda$

f_r : Es una función de r

K : Es una constante

Aplicando la ley de cosenos al triángulo TQR, y

aplicando la aproximación de ángulos pequeños obtenemos la diferencia de trayectos hacia R:

$$\delta = u^2 \frac{d_1 + d_2}{2d_1d_2} \quad 3.29$$

El efecto total en R debido a la porción del frente de onda comprendida entre u_0 y u_1 será :

$$E = \frac{K}{f(r)} \int_{u_0}^{u_1} e^{-j\beta r} du \quad 3.30$$

$$E = \frac{Ke^{-j\beta d_2}}{f(d_2)} \int_{u_0}^{u_1} e^{-j\beta\delta} du \quad 3.31$$

De donde el cuadrado de la magnitud de la intensidad de campo en R está dado por :

$$|E|^2 = \frac{K^2}{f^2(d_2)} \left[\left(\int_{u_0}^{u_1} \cos\beta\delta du \right)^2 + \left(\int_{u_0}^{u_1} \sen\beta\delta du \right)^2 \right] \quad 3.32$$

Para evaluar e interpretar este resultado consideremos la siguiente integral denominada Integral compleja de Fresnel :

$$E = k \int_v^0 e^{-j(\pi/2)v^2} dv \quad 3.33$$

Donde : k Es una constante en función de $E_0 = \frac{E}{(1+j)}$

$$v = h \left(\frac{2}{\lambda} \left(\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} \right) \right)^{1/2} \text{ comparando } 3.31 \text{ con } 3.33. \quad 3.34$$

La gráfica de la ecuación 3.33 de muestra en la figura 3.15 en donde la intensidad de campo en la zona de sombra decrece suavemente hacia cero, por encima de la línea de visibilidad TR la intensidad de campo oscila alrededor de su valor de espacio libre E_0 , justo en la línea de visibilidad (propagación rasante con la cima del obstáculo $h=0$), la intensidad de campo E es igual a la mitad del valor E_0 de espacio libre.

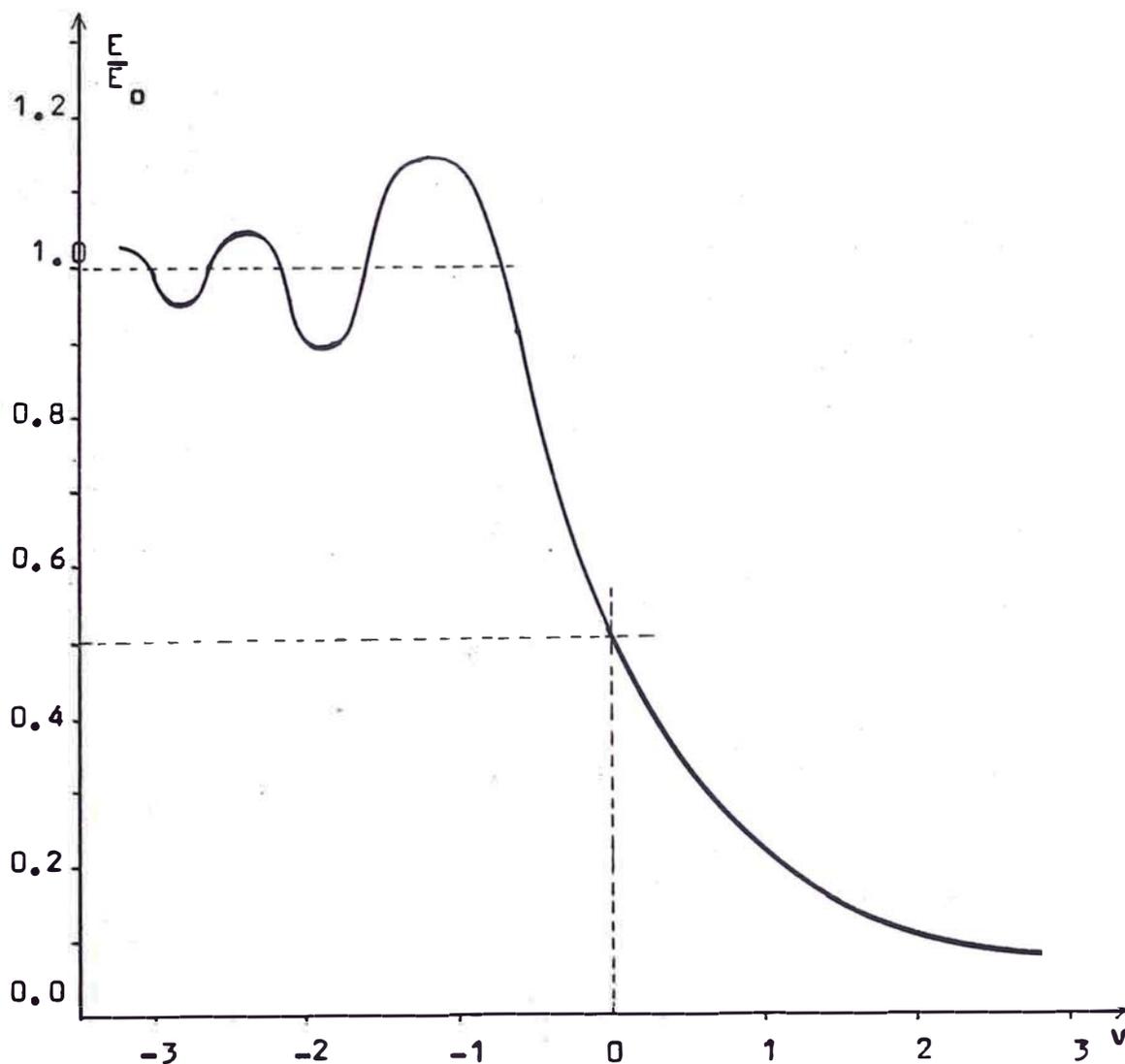


Figura 3.15 : Intensidad de campo con relación a la intensidad de campo en el espacio libre a través de un obstaculo agudo

para el cálculo de la difracción se utiliza normalmente la relación de potencias expresado en desibelios el cual se muestra en la figura 3.16, donde vemos que para valores negativos de h la relación de potencias tiende a oscilar alrededor del valor correspondiente a espacio libre, para valores positivos de h la relación de potencia decrece a medida que el obstáculo aumenta por encima del trayecto TR, para $h=0$ la atenuación es de 6 dB, vale decir, que la potencia recibida es la cuarta parte de la correspondiente al espacio libre. La figura 3.17 muestra el obstáculo agudo para un valor de h positivo.

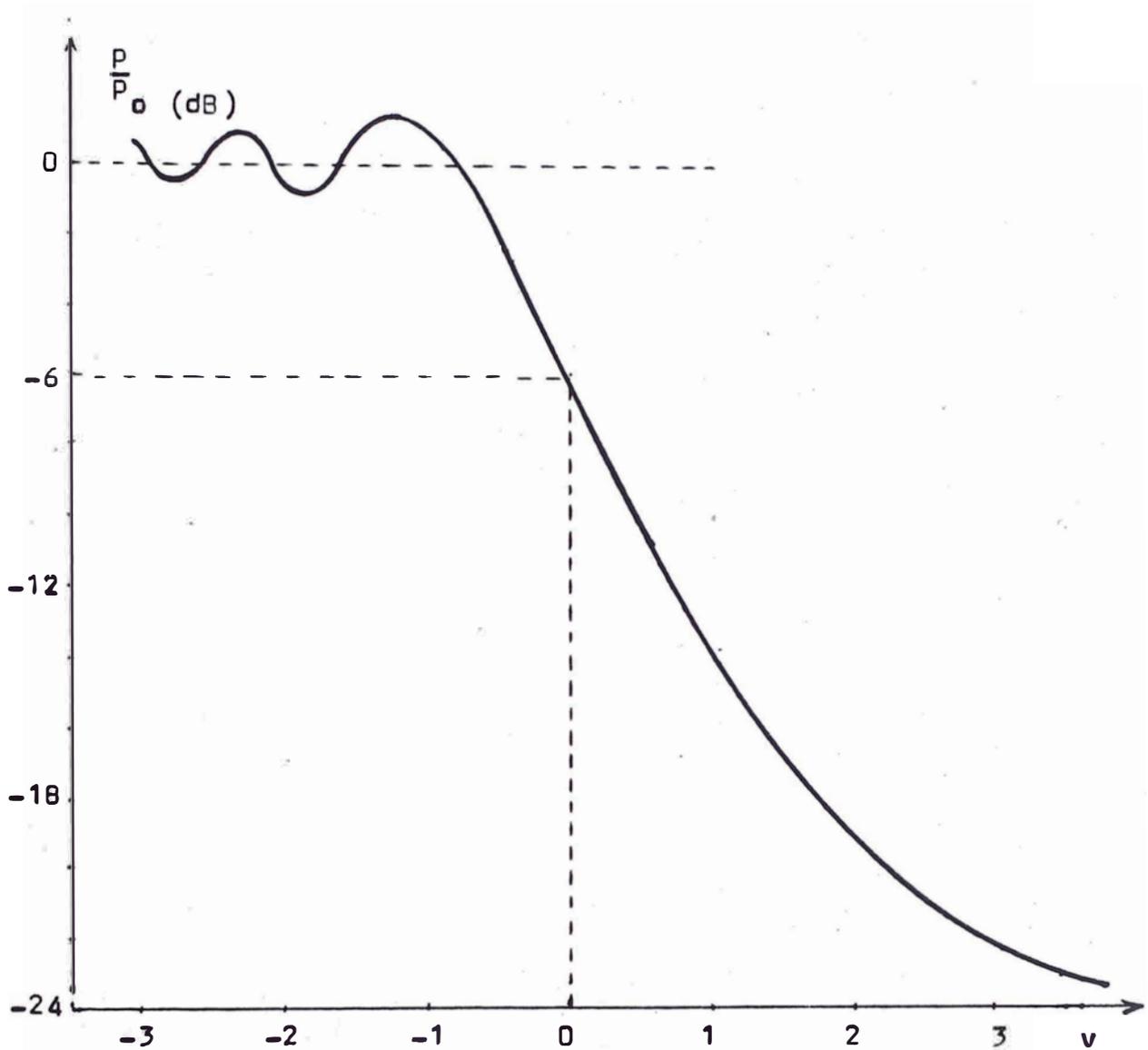


Figura 3.16 : Potencia recibida a través de un obstáculo agudo con relación a la potencia en el espacio libre.

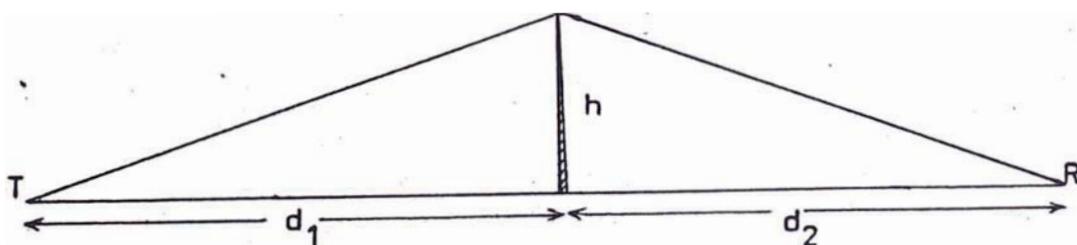


Figura 3.17 : Obstáculo positivo entre TR.

3.6.5 Difracción en arista redondeada

El estudio de las aristas redondeadas se efectúa en base a modelos de superficie cilíndricas simoes, los resultados son bastante aproximados, pues el parámetro preponderante es el radio de curvatura de la arista en la cima del obstáculo. Dicha curvatura tiene la siguiente expresión - luego de un análisis teórico a través de la figura 3.18 :

$$b = \left(\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} \right)^{1/2} \cdot \left(\frac{\lambda r^2}{\pi} \right)^{1/6}$$

Expresado en función de la frec. (MHz) y las longitudes en Kmts:

$$b = 0.663 r^{1/3} f^{-1/6} \left(\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} \right)^{1/2}$$

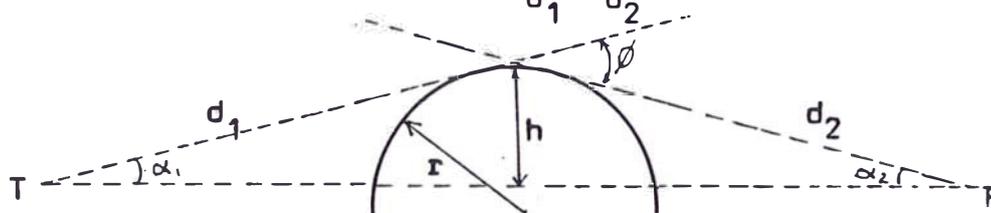


Figura 3.18 : Difracción en arista redondeada

En la figura 3.18 \$h\$ es la altura de difracción, \$\phi\$ es el ángulo de difracción, \$d_1\$ y \$d_2\$ las distancias al obstáculo desde \$T\$ y desde \$R\$ respectivamente y \$\alpha_1\$ y \$\alpha_2\$ los ángulos bajo los cuales se observa desde cada extremo el horizonte sobre el obstáculo.

De la figura se deduce la altura de difracción en función del ángulo de difracción:

$$h = \frac{\phi}{\left(\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} \right)} \quad 3.35$$

Al hacer una comparación de fases entre las ecuaciones 3.31 y 3.33 se obtiene el parámetro de la integral compleja de Fresnel(\$v\$):

$$v = h((2/\lambda)(\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2}))^{1/2} \quad 3.36$$

Reemplazando la ecuación 3.35 en 3.36 se tiene v en función del ángulo de difracción :

$$v = \theta \left(\frac{2}{\lambda(\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2})} \right)^{1/2} \quad 3.37$$

El gráfico de la figura 3.19 muestra la variación de la potencia recibida con relación a la potencia en el espacio libre vs. v .

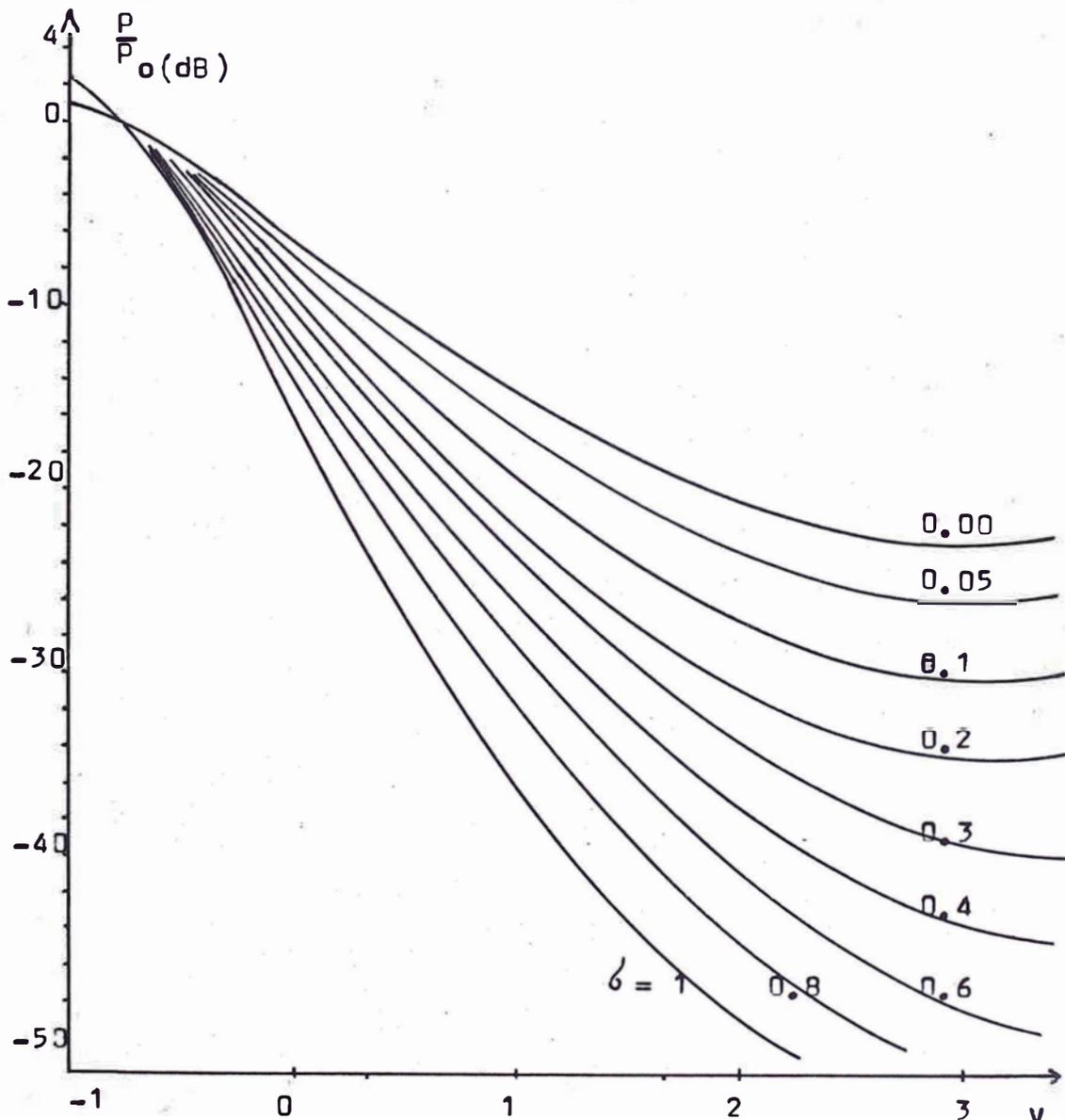


Figura 3.19 : Difracción por arista redondeada

3.6.6 Propagación en condiciones de visibilidad

Con la finalidad de analizar con mayor realismo el despeje óptimo de Fresnel, el gráfico de la figura 3.16 se volverá a graficar en la figura 3.20 pero en función de la relación h/F_1 denominada altura normalizada.

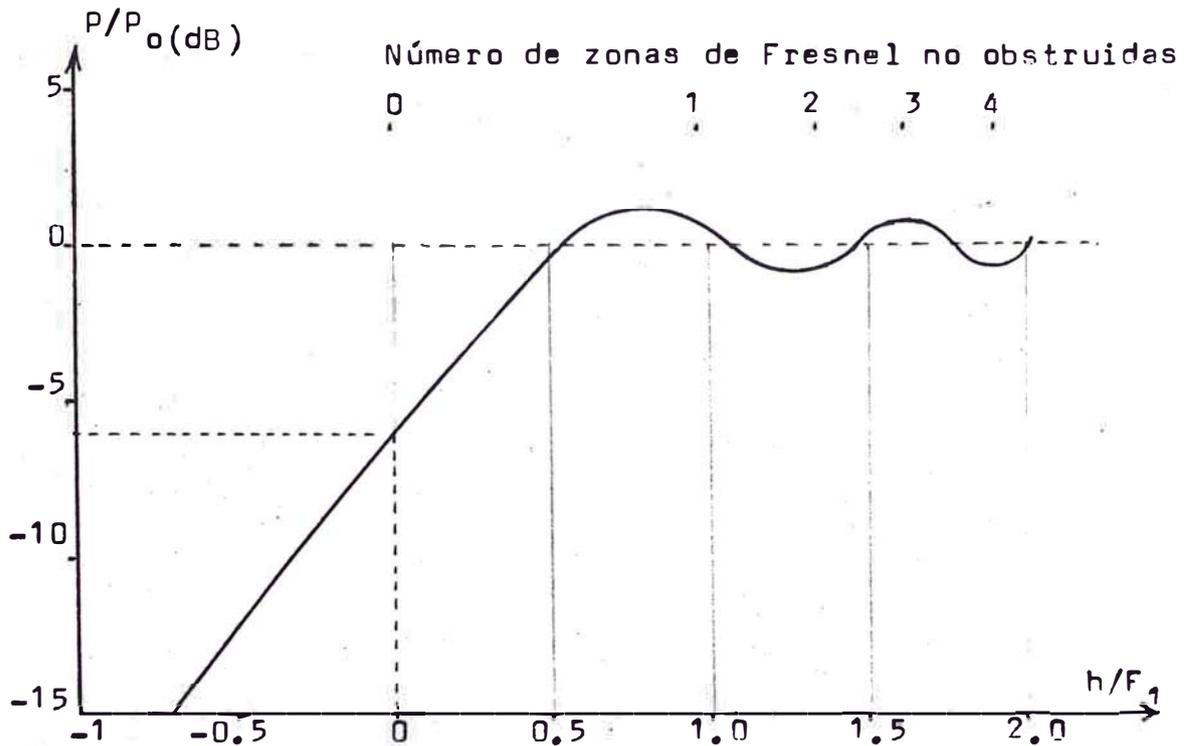


Figura 3.20 : Pérdida de potencia por difracción en obstáculo de borde agudo vs. altura normalizada (h/F_1)

Con el fin de hacer más comprensible la idea de despeje óptimo, el convenio de signos para la altura de despeje será positiva cuando esté por debajo de la línea imaginaria entre el transmisor y el receptor, y será negativa la altura que sobrepase esta línea, bloqueando la visión entre las antenas.

Antes de analizar la figura 3.20 debemos tener en cuenta las siguientes consideraciones :

- En la atmosfera real, la curva del trayecto de propagación se modifica de acuerdo con las condiciones de refracción imperantes.

- El despeje en las zonas de Fresnel variará con el

tiempo como consecuencia de lo expresado en el punto anterior, aún cuando los extremos del trayecto permanescan fijos.

Con estas consideraciones y observando el gráfico - podemos concluir que se obtiene una ganancia substancial de señal recibida cuando hacemos que las alturas de las antenas sean tales que asegure un despeje de haz sobre el terreno mayor que $0.5F_1$.

Cabe destacar que el incremento de alturas de las antenas implica mayor costo de estructura y mayor pérdida por longitud de línea de acometida en la recepción y de alimentación en la transmisión. Existe por lo tanto un balance óptimo entre el despeje necesario y el costo de instalación y pérdidas de alimentación y acometida.

A primera vista podríamos considerar que el valor de despeje óptimo corresponde a la altura normalizada igual a 0.5. Sin embargo si tenemos en cuenta las variaciones del coeficiente de refracción, es conveniente proporcionar un cierto margen para poder absorber adecuadamente los problemas asociados a condiciones de refracción anormales y cuando el obstáculo produce mayor obstrucción del haz y el despeje es inferior a 0.5 del radio de la primera zona de Fresnel. En tal sentido es preferible considerar que la condición de despeje óptimo sea igual a 1 la altura normalizada, el cual es usado en la mayoría de los casos prácticos

CAPITULO IV

4 INGENIERIA DEL PROYECTO

4.1 Sistema de televisión actual

4.1.1 Introducción

En la actualidad la zona del Huallaga Central cuenta con la señal de televisión en tre capitales de provincia(Saposoa, Juanjui y Tocache), tanto las ciudades de Saposoa y Tocache reciben la señal existente en sus respectivas Estaciones Terrenas a través de transmisores de 10 W. de potencia nominal, cabe mencionar que la cobertura es limitada por la geografía accidentada que caracteriza a la zona. La ciudad de Juanjui recibe una débil señal proveniente de la ciudad de Tarapoto, producto de un enlace obstaculizado por el cerro San Pablo a 55 Kmts. de Tarapoto y 51 Kmts. de Juanjui, a esto se tiene que añadir un segundo obstáculo a la altura de Bellavista que debilita más aún la señal hacia Juanjui.

4.1.2

4.1.2 Retransmisión de televisión en Tocache

La señal de televisión via satélite captada por la Estación Terrena de Tocache a través un receptor de televisión marca Microdyne Corporation y un rango de frecuencia que cubre el ancho de banda del satélite INTELSAT V-A, de 3.7 GHz a 4.2 GHz, es irradiada a la ciudad por intermedio de un transmisor de 10 W. de potencia nominal.

El canal utilizado para transmitir la señal de televisión es el 5, su sistema de antena esta compuesto por dos dipolos simples en paralelo, polarizados hori-

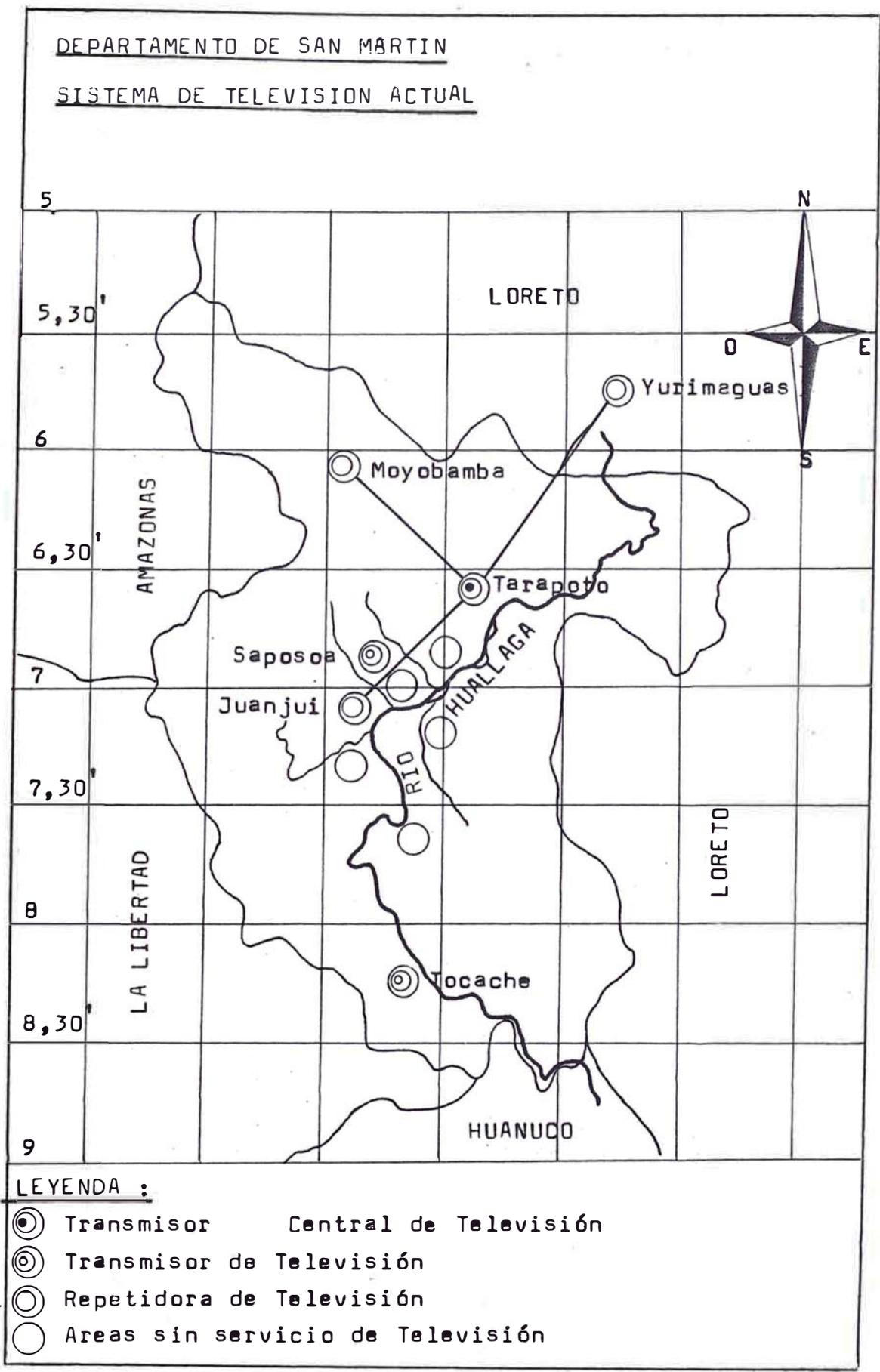
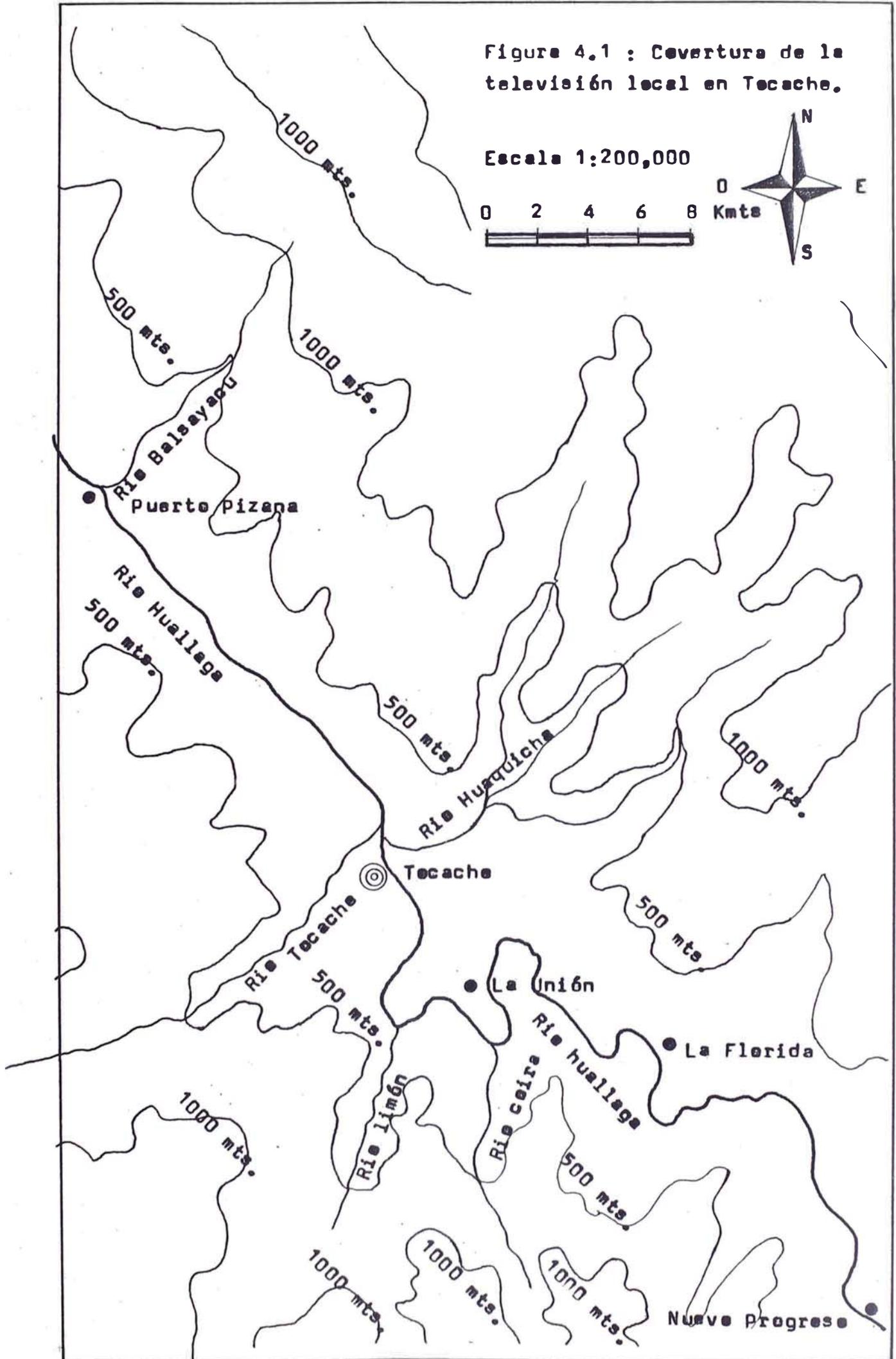
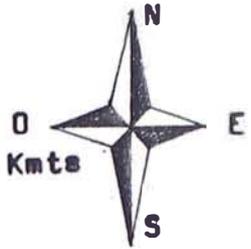
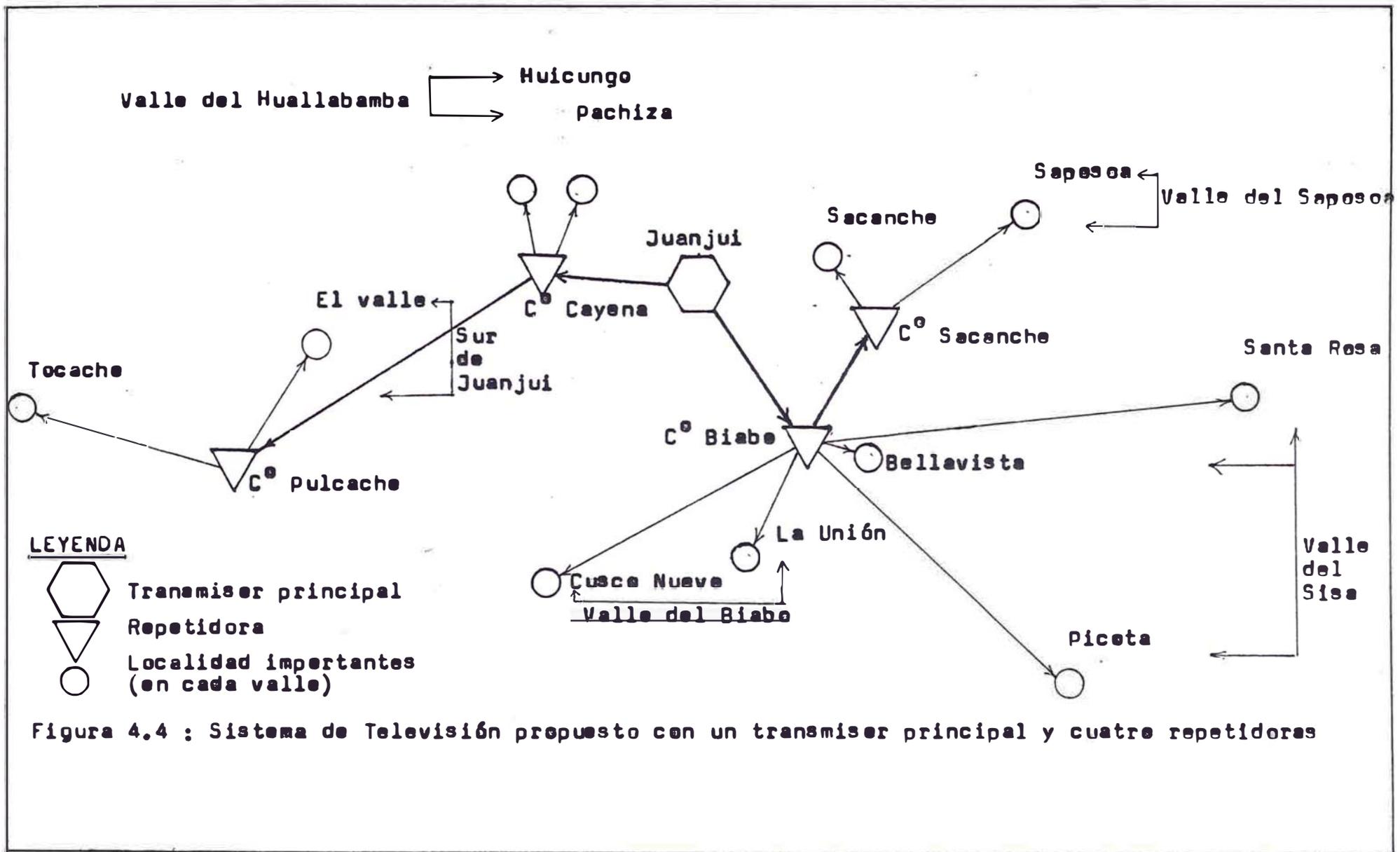


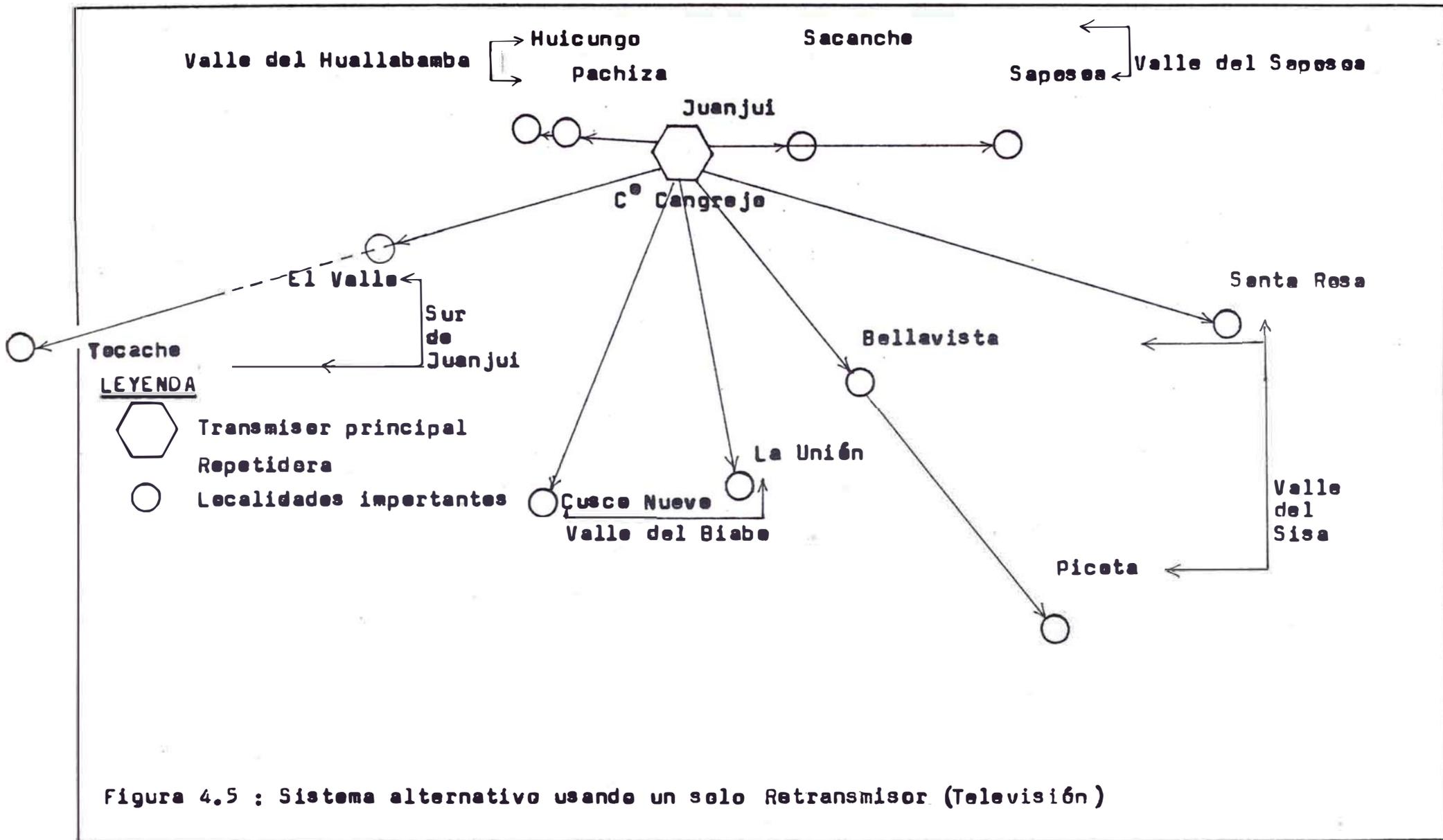
Figura 4.1 : Cobertura de la televisión local en Tecache.

Escala 1:200,000

0 2 4 6 8 Kmts







zontalmente y una ganancia de 6 dB, la torre de 30 mts es autoseportada en el cual se encuentran instalados dos sistemas de antena orientados uno hacia el Nor este y el otro hacia el Sur.

El cuadro 4.1 muestra las características principales del sistema de televisión en la ciudad de Tecache y la figura 4.1 muestra las características geográficas de la zona cubierta por la señal de televisión.

Cuadro 4.1 : Características principales del sistema de televisión en Tecache.

En recepción :

- Marca del receptor	Microdyne Corporation
- Frecuencia del RX	3,763.25 MHz
- Ancho de banda	40 MHz
- Frecuencia IF	70 MHz
- Ancho de banda IF	17.5 MHz
- Tipo de modulación	FM
- Nivel de video compuesto	1.0 Voltios p.p.
- Frec. Sub port. de audio	6.2 MHz
- Respuesta de frecuencia	20 Hz a 15 KHz
- Frecuencia de video	10 Hz a 4.25 MHz
- Impedancia de entrada en RF	50 Ohms
- Impedancia de salida video	75 Ohms
- Impedancia de salida audio	600 Ohms Balanceado

En Transmisión :

- Marca del transmisor	Linear
- Frec. port. video	199.25 MHz
- Frec. port. audio	203.75 MHz
- Ancho de banda	6 MHz
- Potencia de salida	10 W.
- Tipo de modulación	AM
- Tipo de antena	Dipolo con pantalla
- Polarización	Horizontal
- Tipo de torre	Autoseportada (acero)
- Altura de la torre	30 mts.
- Tipo de cable alimentador	Coaxial (RG - 17/U)

4.1.3 Retransmisión de televisión en Sapesea

El sistema de retransmisión de la señal de televisión en Sapesea , consta de un receptor ubicado en la

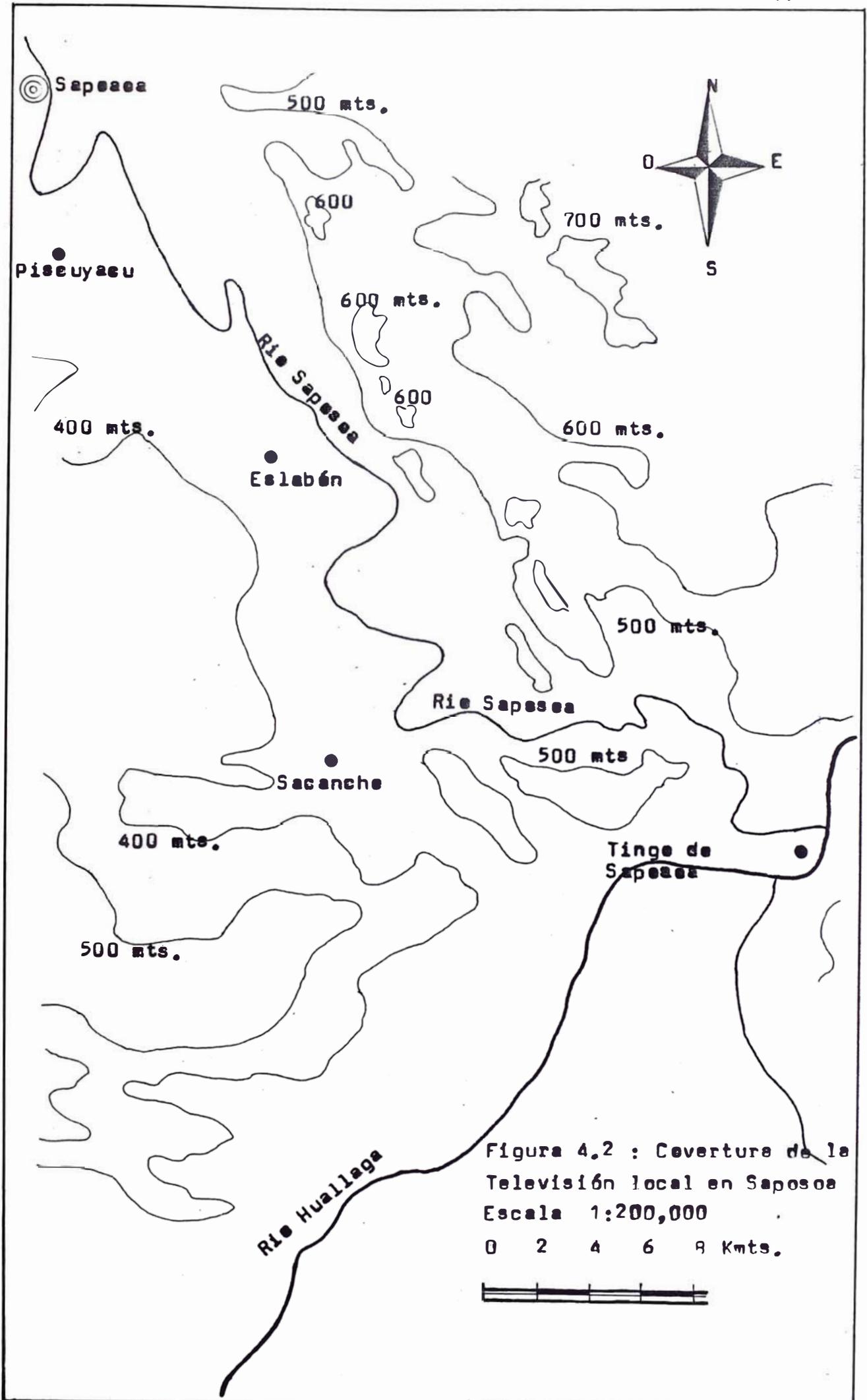


Figura 4.2 : Coverture de la
 Televisión local en Sapeasa
 Escala 1:200,000

0 2 4 6 8 Kmts.



Estación Terrena de Sapesoa, el cual capta la señal de televisión via satélite desde la ciudad de Lima directamente, dicha señal es aplicada a un transmisor de 10 W., para irradiar hacia la ciudad de Sapesoa en el canal 10.

El cuadro 4.1 muestra casi las mismas características que presenta el sistema de televisión en Sapesoa con la excepción de que el transmisor es de marca LGT, y el canal de transmisión es el 10 (pert. video: 93.25 MHz y p. audio: 97.75 MHz)

4.1.4 Enlace Tarapeto - Juanjui

4.1.4.1 Introducción

El enlace Tarapeto - Juanjui, tiene una distancia de 106 Kmts, cuyas características de perfil y - geográficas se muestran en las figuras 4.3 y 4.4 respectivamente, este enlace utiliza el canal 7 y la potencia de - transmisión es de 26.66 W. a través de una antena Yagui de de 9 dB de ganancia e instalada en una torre de 50 mts de altura .

4.1.4.2 Frecuencia de transmisión

Al ser el canal 7 utilizado para este enlace su frecuencia central será :

$$f_c = 177 \text{ MHz} \quad 4.1$$

4.1.4.3 Atenuación en el espacio libre

Para obtener esta atenuación hacemos - uso de la ecuación A-XI y de la figura 4.3 :

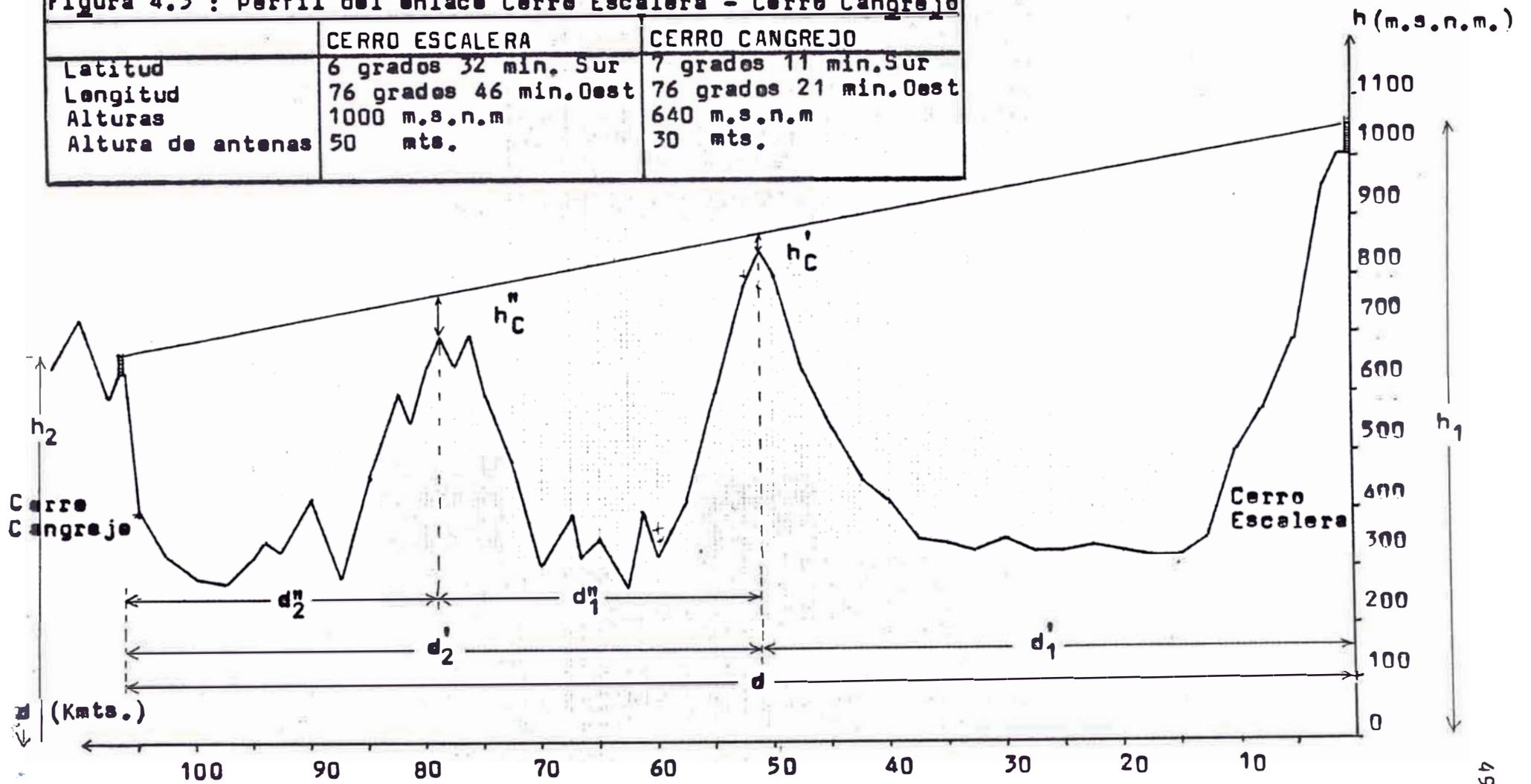
$$\begin{aligned} L_e &= 30.31 + 20 \log(f_c) + 20 \log(d) \\ L_e &= 30.31 + 20 \log(177) + 20 \log(106) \\ L_e &= 115.78 \text{ dB} \quad 4.2 \end{aligned}$$

4.1.4.4 Atenuación por alimentación en TX y RX

$$L_a = L_{cc} + L_c + L_f + L_d$$

Figura 4.3 : Perfil del enlace Cerro Escalera - Cerro Cangrejo

	CERRO ESCALERA	CERRO CANGREJO
Latitud	6 grados 32 min. Sur	7 grados 11 min. Sur
Longitud	76 grados 46 min. Oest	76 grados 21 min. Oest
Alturas	1000 m.s.n.m	640 m.s.n.m
Altura de antenas	50 mts.	30 mts.



$$L_a = 0.03(50 + 30) + 0.1(3 + 2) + 0.5 + 0.5$$

$$L_a = 3.9 \text{ dB} \quad 4.3$$

4.1.4.5 Radio de la primera zona de Fresnel en el lugar del primer obstáculo.

Para obtener este radio hacemos uso de la ecuación 3.26 y de la figura 4.3 :

$$F_1' = 548 (d_1' d_2' / r_c d)^{1/2}$$

$$F_1' = 548 (51 \times 55 / 177 \times 106)^{1/2}$$

$$F_1' = 211.86 \text{ mts.}$$

4.1.4.6 Claridad de propagación (primer obst.)

Para el cálculo de esta claridad hacemos uso de la ecuación A-XVI y la figura 4.3 :

$$h_C' = (d_2'/d)(h_1 - h_2) - h_{cC} + h_2 - 0.0588 d_1' d_2'$$

$$h_C' = (55/106)(1050 - 670) - 840 + 670 - 0.0588 \times 51 \times 55$$

$$h_C' = - 138 \text{ mts.}$$

4.1.4.7 Atenuación por difracción

Esta atenuación la obtenemos haciendo uso de la ecuación 3,34, del gráfico de la figura 3.16 y de la figura 4.3 :

$$v = h_C' ((2/) (1/d_1 + 1/d_2))^{1/2}$$

$$v = 138 ((2/) (1/51 + 1/55))^{1/2} (1/31.62)$$

$$v = 0.92$$

$$L_D = 13 \text{ dB}$$

4.1.4.8 Claridad de propagación (segundo obst)

$$h_C'' = (d_2''/d)(h_1'' - h_2) - h_{cC} + h_2 - 0.0588 d_1'' d_2''$$

$$h_C'' = (27/55)(840 - 670) - 700 + 670 - 0.0588 \times 28 \times 27$$

$$h_C'' = 9 \text{ mts.}$$

4.1.4.9 Atenuación por despeje de Fresnel

Primero hallamos el radio de la primera zona de Fresnel :

$$F_1'' = 548 (d_1'' d_2'' / f_c d) ^{1/2}$$

$$F_1'' = 548 (28 \times 27 / 177 \times 55) ^{1/2}$$

$$F_1'' = 153 \text{ mts}$$

Normalizando la claridad con respecto al radio de la primera zona de Fresnel en el segundo obstáculo :

$$h_C'' / F_1'' = 9 / 153 = 0.06$$

Con la ayuda del gráfico de la figura 3.20, obtenemos la atenuación por despeje de Fresnel :

$$L_F'' = 5.5 \text{ dB} \quad 4.8$$

4.1.4.10 Atenuación geográfica total

Por superposición de potencia en el punto receptor , desconociendo primero el segundo obstáculo y luego tomando como fuente secundaria el primer obstáculo obtenemos :

$$L_G = 12.5 \text{ dB} \quad 4.9$$

4.1.4.11 Potencia recepcionada en el C^o

Cangrejo

$$P_{RX} = P_{TX} - L_o - L_a - L_G + G_t + G_r$$

$$P_{RX} = 44.26 - 115.78 - 3.9 - 12.5 + 8 + 8$$

$$\underline{P_{RX} = -71.92 \text{ dB}_m} \quad 4.5$$

4.2 Cálculo de propagación

4.2.1 Introducción

El presente cálculo de propagación, presenta la potencia necesaria en cada punto de transmisión propuesto, así como también la potencia necesaria para un retransmisor unico alternativo q' irradiaría a toda la zona.

4.2.2 Altura efectiva de la antena en Juanjui

Con el objeto de confeccionar un patrón de radiación necesario, según las características del terreno, se hace un estudio cuantitativo de las cetas del terreno circundante a la torre que sostiene la antena, para determinar la altura efectiva de la antena transmisora de televisión en Juanjui.

El cuadro 4.2 muestra las cetas cada 500 mts. y su promedio, tanto por azimut como el promedio total a determinadas distancias de la torre que sostiene la antena.

Analizando dicho cuadro y con la ayuda de las figuras 4.6-a, 4.6-b y 4.6-c, se puede observar que a 5 Kmts. a la redonda su ceta promedio es de 313.5 mts. sobre el nivel del mar, este promedio está influenciado por los azimut Nor oeste y Sur oeste con elevadas cetas y poca densidad poblacional, por lo que se ha tomado una distancia de cobertura de 4 Kmts a la redonda como base.

A esta distancia la ceta promedio total es de 300.7 mts, considerando que la construcción de una casa pueda tener una altura de 10 mts. la ceta real sería de 310 mts. sobre el nivel del mar, y sabiendo que la ceta de la base de la torre es de 280 mts. sobre el nivel del mar, se deduce que la altura de la torre tendrá que ser de 30 mts.

La altura efectiva de la antena, se denomina a la diferencia entre la altura de la antena y la altura promedio total, que para nuestro caso es de 10 mts.

Las cetas promedio por azimut, nos va a permitir obtener la altura efectiva por azimut de la antena, lo cual tiene relación directa con la cobertura necesaria que debe tener el sistema de antena instalada en la torre de 30 mts. de altura en la ciudad de Juanjui.

Las cetas promedio por azimut relativas a la máxima ceta promedio, en términos efectivos, nos va a permitir confeccionar el patrón de radiación, mostrado

Figura 4.6-a : Perfil del terreno circundante a la torre de Juanjui

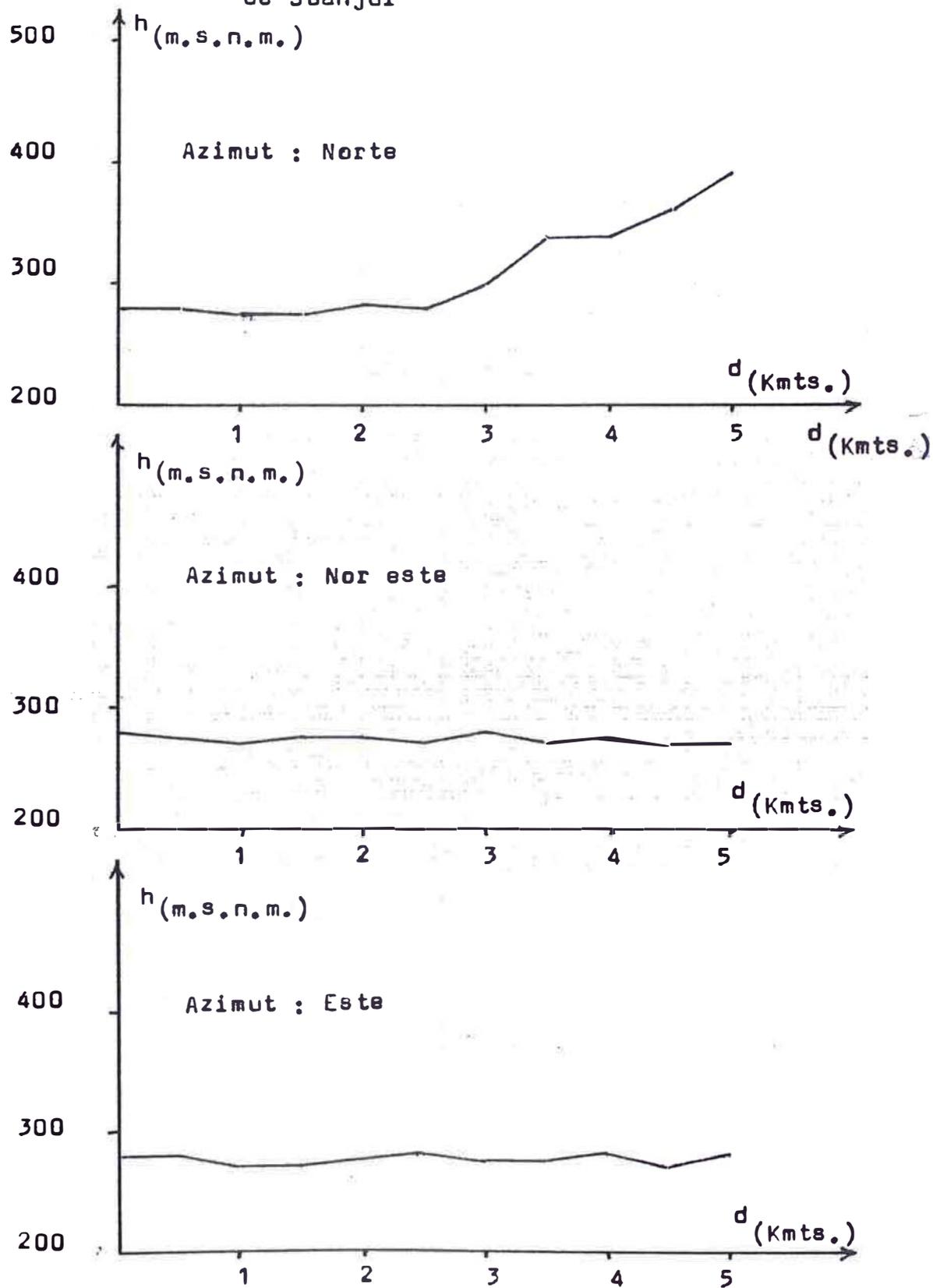


Figura 4.6-b : Perfil del terreno circundante a la torre de Juanjui

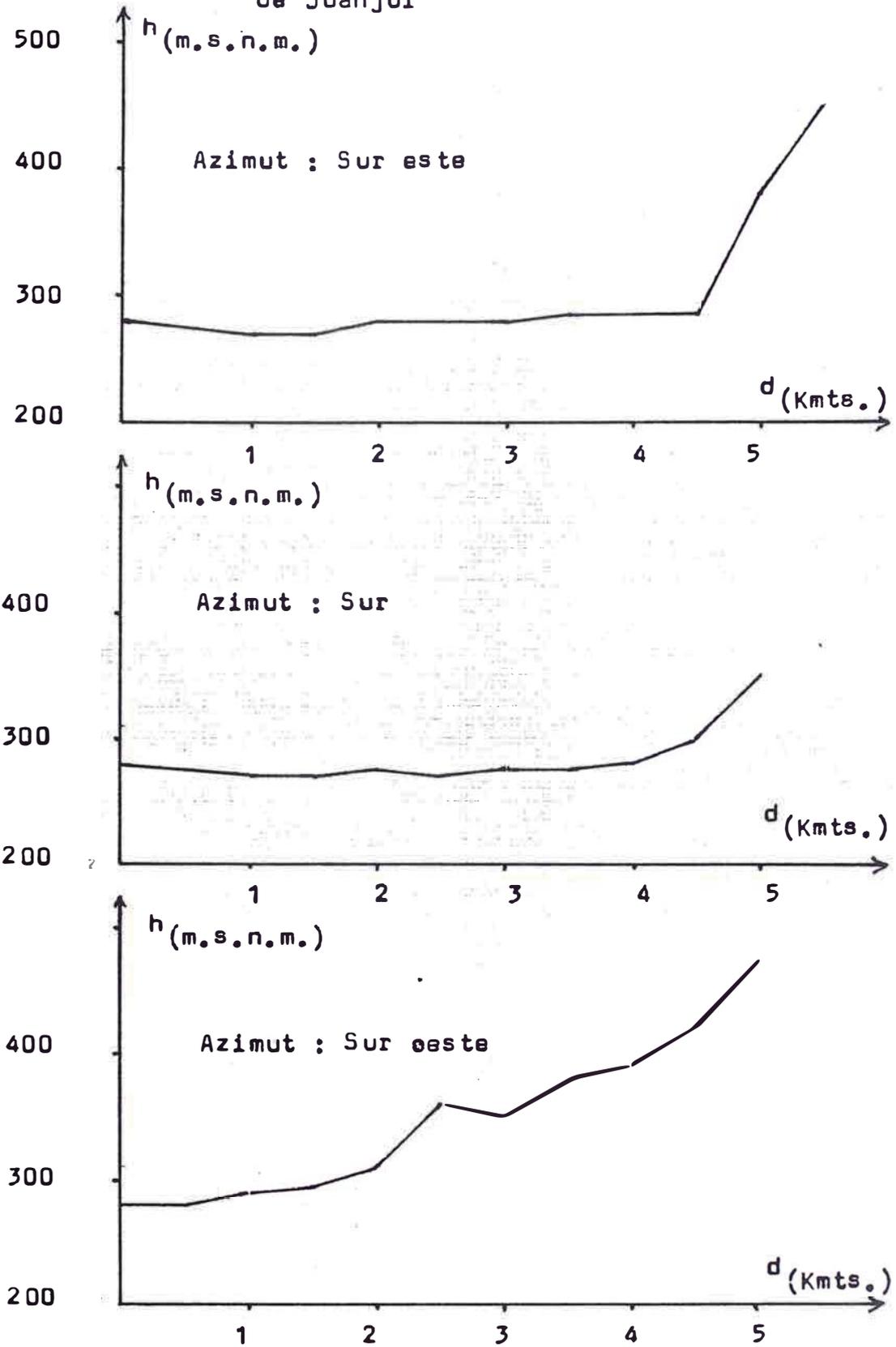
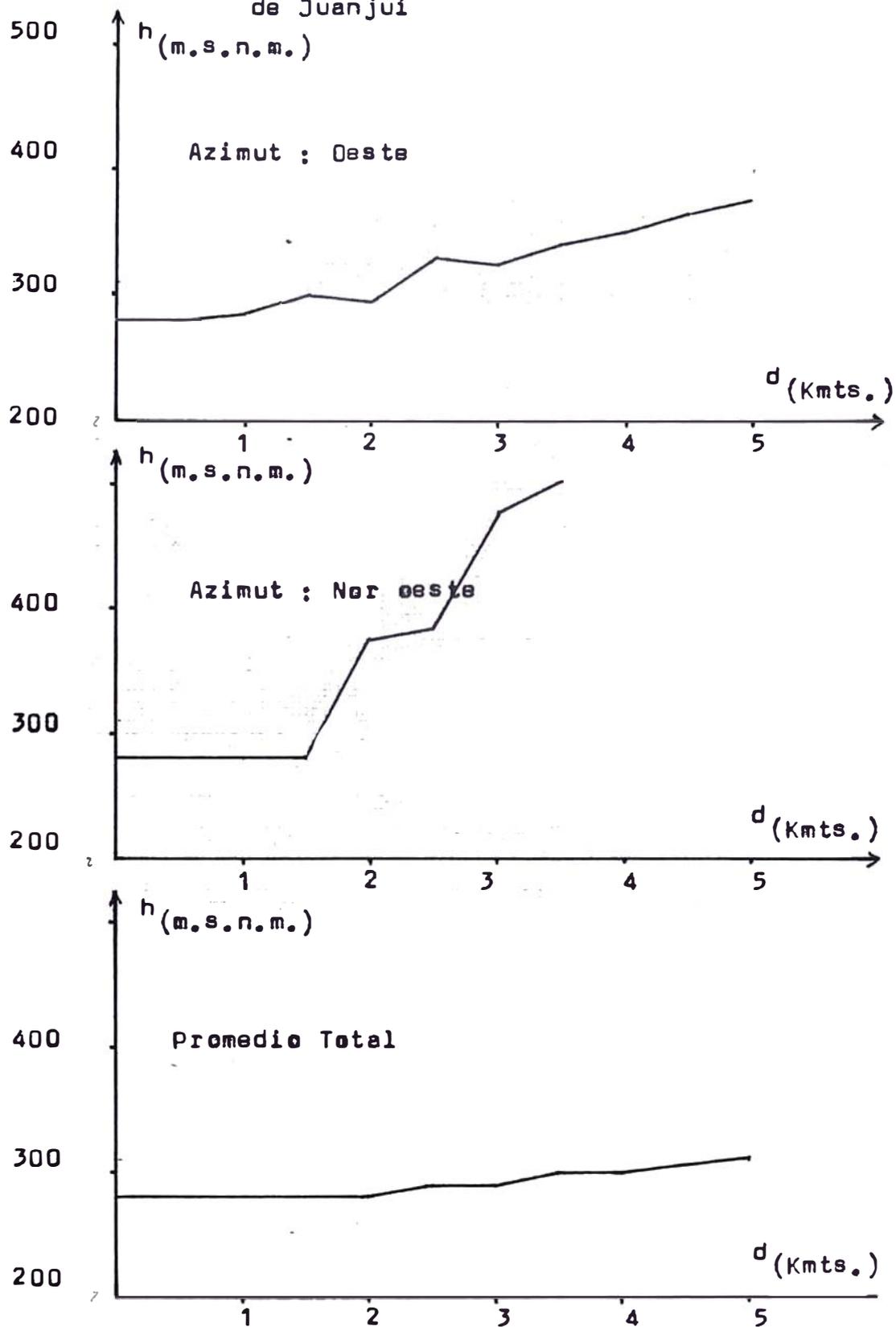


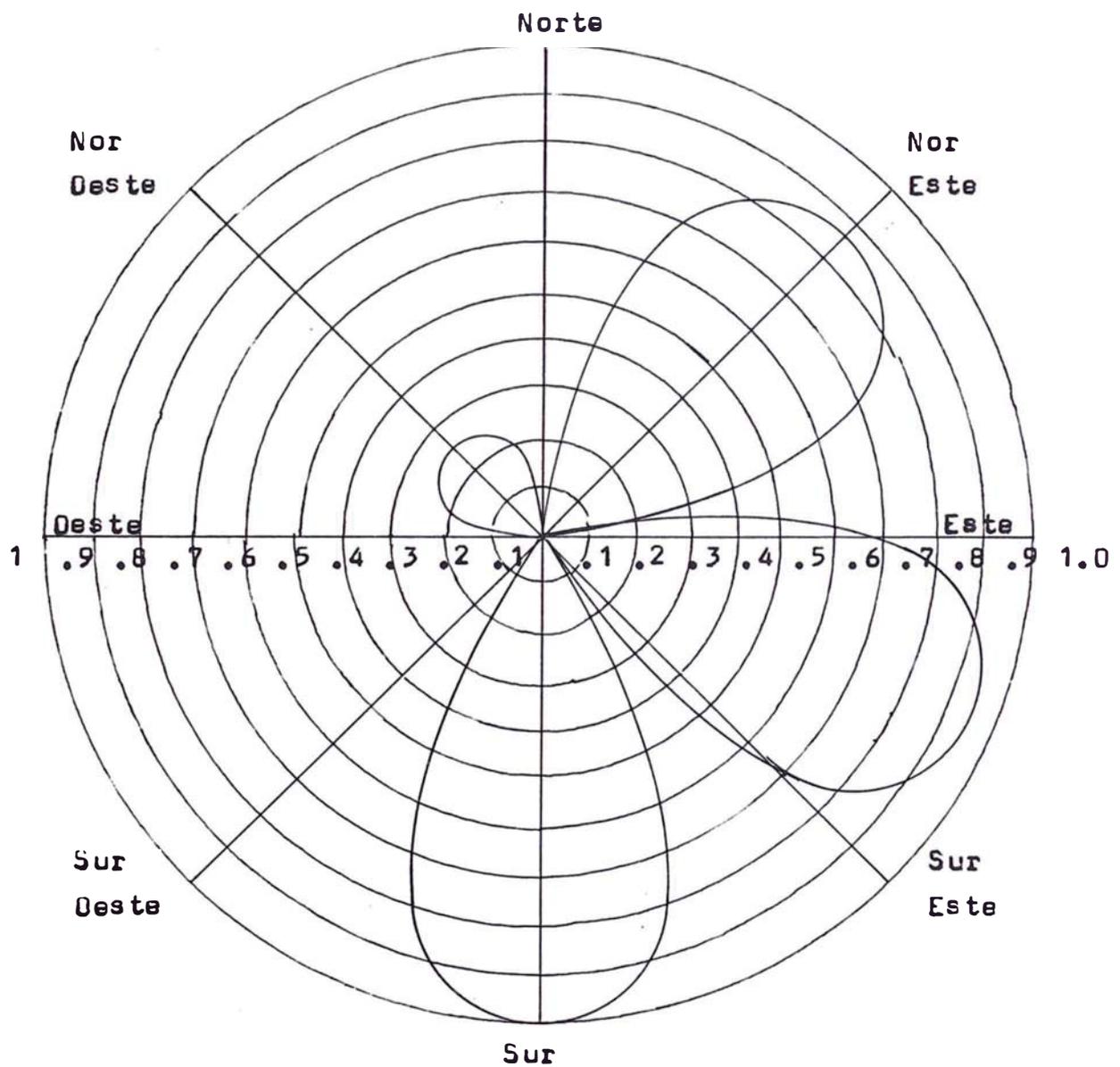
Figura 4.6-c : Perfil del terreno circundante a la torre de Juanjui



Cuadro 4.2: Cotas del area circundante a la torre de antena en Juanjui (en m.s.n.n.m.)

Azimut	Distancias a la torre en metros										Promedio		
	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	A 4000	A 4500	A 5000
Norte	278	274	278	285	280	310	340	340	360	390	298.1	305.0	313.5
Nor este	275	270	275	275	270	278	270	272	270	270	273.8	272.8	272.5
Este	278	270	270	275	277	273	275	278	270	280	274.5	274.0	274.6
Sur este	275	270	270	280	280	280	282	282	289	380	277.3	278.3	288.5
Sur	275	270	270	275	270	275	278	280	300	350	274.1	277.0	284.3
Sur Oeste	283	290	295	310	360	350	380	390	420	560	335.9	345.3	363.8
Oeste	284	286	300	293	330	330	340	350	360	380	304.1	319.2	325.3
Nor oeste	277	275	272	374	380	450	478	400	500	480	363.2	378.4	388.6
Promedio :													
Total	278	276	278	282	289	192	302	301	307	313.5			

Figura 4.7 : Patrón de radiación según la necesidad del terreno circundante al sistema de antena de transmisión en Juanjui.



en la figura 4.7

El cuadro 4.3 muestra las alturas efectivas per azimut y las alturas relativas por azimut, las cuales para mayor ilustración se dan las formulas para su obtención

$$h_{ef/AZ} = h_{antena} - h_{prom/AZ} \quad 4.10$$

$$h_{rel/AZ} = (h_{ef/AZ}) / (h_{ef/AZ_{m\acute{a}ximo}}) \quad 4.11$$

Cuadro 4.3 : Alturas relativas per azimut

Azimut	$h_{ef/AZ}$	$h_{rel/AZ}$
Norte	11.9	0.33
Nor este	31.2	0.86
Este	35.5	0.99
Sur este	32.7	0.91
Sur	35.9	1.00
Sur oeste	-25.9	
Oeste	5.9	0.16
Nor oeste	-53.2	

4.2.3 Plan de frecuencias para el sistema propuesto

El plan de frecuencias tiene per objeto evitar posibles interferencias con canales existentes en la zona o cercanias a la zona del Huallaga Central.

Conocidos los canales en Seposea, Tocache y Tarpeto que son respectivamente los canales 10, 11 y 13, se propone el siguiente plan de frecuencias para el sistema de televisión en la zona del Huallaga Central, mostrado en el cuadro 4.4, en donde la frecuencia central del canal 2 es 57 MHz, del canal 4 es 69 MHz y del canal 6 es 85 MHz.

Cuadro 4.4 : Plan de frecuencias para el sistema
propuesto

ENLACE	CANAL	FRECUENCIA CENTRAL
Juanjui - Juanjui	2	57 MHz
Juanjui - Cerro Biabo	2	57 MHz
Juanjui - Cerro Cayena	2	57 MHz
Cerro Cayena - Cerro Pulcacha	4	69 MHz
Cerro Cayena - V. Huallabamba	4	69 MHz
Cerro Cayena - Campanilla	4	69 MHz
Cerro Biabo - Cerro Sacanche	4	69 MHz
Cerro Biabo - V. Biabo	4	69 MHz
Cerro Biabo - V. Sisa	4	69 MHz
Cerro Biabo - Picota	4	69 MHz
Cerro Pulcacha - Tocacha	6	85 MHz
Cerro Pulcacha - El Valle	6	85 MHz
Cerro Sacanche - V. Saposoa	6	85 MHz

4.2.4 Potencia de transmisión para la ciudad de Juanjui.

4.2.4.1 Frecuencia de transmisión

Según el plan de frecuencias establecido, corresponde para la ciudad de Juanjui el canal 2 cuyo rango de frecuencia está comprendido entre los 54 MHz y 60 MHz, para propósitos de cálculo se tomará la frecuencia central de este rango:

$$f_c = 57 \text{ MHz} \quad 4.12$$

$$f_{\text{port. video}} = 55.25 \text{ MHz}$$

$$f_{\text{port. audio}} = 59.75 \text{ MHz}$$

4.2.4.2 Atenuación en el espacio libre

Para el cálculo de la atenuación en el espacio libre hacemos uso de la ecuación A-XI :

$$L_o = 30.31 + 20\log(f) + 20\log(d)$$

$$L_o = 30.31 + 20\log(57) + 20\log(12)$$

$$L_o = 86.80 \text{ dB} \quad 4.13$$

4.2.4.3 Atenuación por alimentación en TX.

Esta atenuación está compuesto por lo producido por el cable coaxial, los conectores y el distribuidor de potencia :

$$L_a = L_{cc} + L_c + L_d$$

$$L_a = 0.03 \times 40 + 0.1 \times 4 + 0.5$$

$$L_a = 2.1 \text{ dB} \quad 4.14$$

4.2.4.4 Ganancia de las antenas

$$G_t = 5 \text{ dB} \quad 4.15-a$$

$$G_r = 4 \text{ dB} \quad 4.15-b$$

4.2.4.5 Potencia de transmisión para Juanjui

$$P_{TX} = P_{RX} + L_o + L_a - G_t - G_r \quad 4.16$$

Sabiendo que la potencia mínima de recepción es de -54.8 dB_m y reemplazando 4.13, 4.14 y 4.15 en la ecuación 4.16, obtenemos la potencia de transmisión:

$$\begin{aligned}
 P_{TX} &= -54.8 + 86.8 + 2.1 - 5 - 4 \\
 P_{TX} &= 25.1 \text{ dB}_m \\
 P_{TX} &= 339 \text{ mW.} \\
 P_{TX} &= 0.4 \text{ W.}
 \end{aligned}
 \tag{4.17}$$

4.2.5 potencia de transmisión para el enlace Juanjui C^o Cayena

4.2.5.1 Frecuencia de transmisión

Según el plan de frecuencias establecido, corresponde para este enlace el canal 2, cuyo rango de frecuencia está comprendido entre los 54 MHz y 60 MHz y para propósitos de cálculo se tomará la frecuencia central de este rango :

$$f_c = 57 \text{ MHz} \tag{4.18}$$

4.2.5.2 Radio de la primera zona de Fresnel

Para este cálculo hacemos uso de la ecuación 3.26 y de la figura 4.8 :

$$\begin{aligned}
 F_1 &= 548 \left(\left(d_1 d_2 / f d \right) \right)^{1/2} \\
 F_1 &= 548 \left(\left(8,3 \times 6,0 / 57 \times 14,3 \right) \right)^{1/2} \\
 F_1 &= 135,12 \text{ mts.}
 \end{aligned}$$

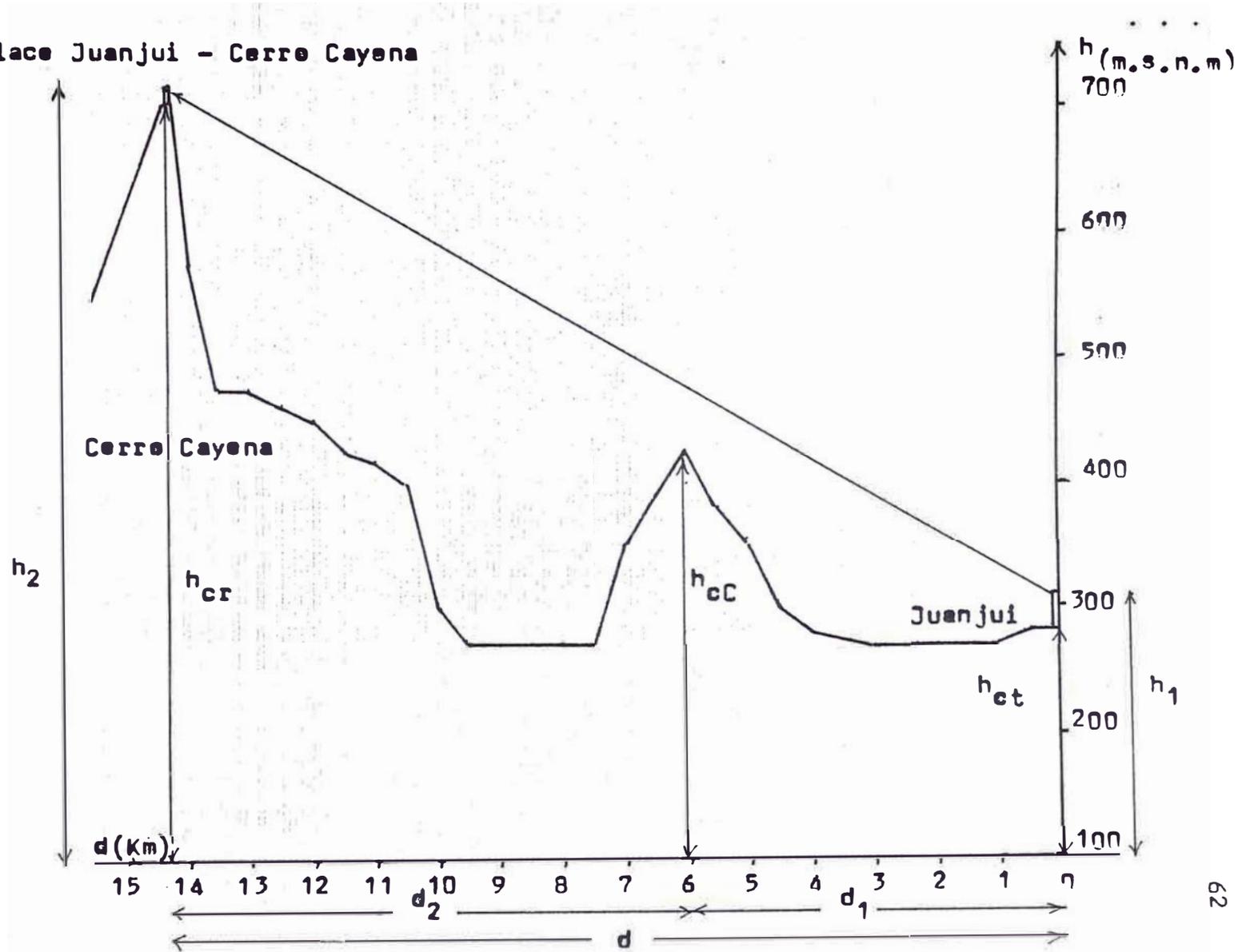
4.2.5.3 Altura de la antena receptora

La altura de la antena receptora tiene relación con el primer radio de Fresnel, dado que una luz igual al radio de fresnel asegurará una mínima atenuación de algún obstáculo en el trayecto del enlace.

La figura 4.8 muestra las características del perfil del enlace en cuestión y las magnitudes de distancia y alturas .

Para el cálculo de la altura de la ante

Figura 4.8 : Enlace Juanjui - Cerro Cayena



na receptora recurrimos a la ecuación A-XIV :

$$h_r = \frac{d}{d_1}(F_1 + h_{cp}) - \frac{d^2}{d_1^2}(h_t + h_{ct}) + 0.0588(d)(d_2) - h_{cr}$$

$$h_r = \frac{14.3}{6}(135.1+425) - \frac{8.3}{6}(30+280)+0.0588(14.3)(8.3)-700$$

$$h_r = 213 \text{ mts.}$$

Este resultado no es práctico por el coste que implica, razón por la cual elije una altura que cumpla la necesidad de visibilidad y la altura no considerada será suplida con una mayor potencia de transmisión desde Juan jui.

$$h_r = 15 \text{ mts.}$$

4.2.5.4 Cálculo de la claridad

La altura de claridad la obtenemos usando la ecuación A-XV :

$$h_c = \frac{d_1}{d}(h_2 - h_1) - h_{cc} + h_1 - 0.0588(d_1)(d_2)$$

$$h_c = (6/14.3)(715 - 310) - 425 + 310 - 0.0588(6)(8.3)$$

$$h_c = 52 \text{ mts.}$$

Con este valor se calcula la altura normalizada para luego con la ayuda de la figura 3.20, se pueda obtener la pérdida por difracción :

$$h_c / F_1 = 0.38$$

$$L_f = -1.0 \text{ dB} \quad 4.19$$

4.2.5.5 Atenuación en el espacio libre

Haciendo uso de la ecuación A-XI :

$$L_{\bullet} = 30.31 + 20 \log(f) + 20 \log(d)$$

$$L_{\bullet} = 30.31 + 20 \log(57) + 20 \log(14.3)$$

$$L_{\bullet} = 88.53 \text{ dB} \quad 4.20$$

4.2.5.6 Atenuación por alimentación en TX y RX

$$L_a = L_{cc} + L_c + L_d + L_f$$

$$L_a = 0.03(40 + 20) + 0.1(4 + 2) + 0.5 + 0.5$$

$$L_a = 3.4 \text{ dB} \quad 4.21$$

4.2.5.7 Ganancia de las antenas

$$G_t = 5.3 \text{ dB} \quad 4.21-a$$

$$G_r = 5.3 \text{ dB} \quad 4.21-b$$

4.2.5.8 Potencia de transmisión Juanjui-C^o Cayena

$$P_{TX} = P_{RX} + L_o - G_t - G_r + L_F + L_a \quad 4.22$$

Sabiendo que la potencia mínima de recepción en una repetidora es de -53 dB_m y reemplazando 4.19, 4.20 y 4.21 en la ecuación 4.22, obtenemos la potencia de transmisión para el enlace Juanjui - Cerre Cayena.

$$P_{TX} = -53 + 88.53 - 5.3 - 5.3 + 1 + 3.4$$

$$P_{TX} = 27.93 \text{ dB}_m$$

$$P_{TX} = 620.87 \text{ mW}$$

4.2.6 Potencia de transmisión para el enlace Juanjui-Cerro Biabo

4.2.6.1 Frecuencia de transmisión

Según el plan de frecuencias establecido, corresponde a este enlace el canal 2, cuyo rango de frecuencia está comprendido entre los 54 MHz y los 60 MHz, para propósitos de cálculo se tomará la frecuencia central de este rango :

$$f_c = 57 \text{ MHz}$$

$$f_{\text{port. video}} = 55.25 \text{ MHz}$$

$$f_{\text{port. audio}} = 59.75 \text{ MHz}$$

4.2.6.2 Atenuación en el espacio libre

Para este cálculo se hace uso de la ecuación A-XI y la figura 4.9 :

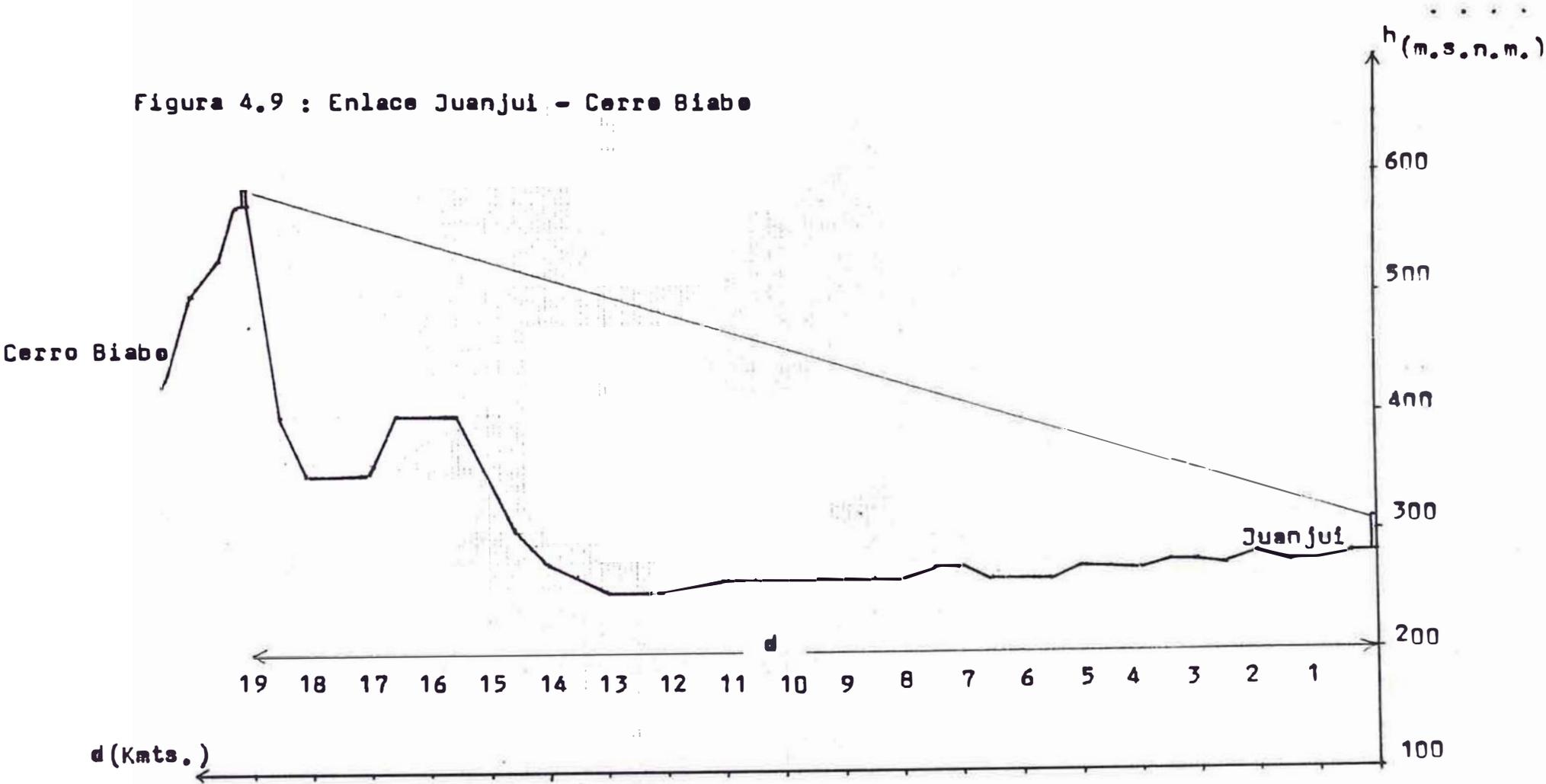
$$L_o = 30.31 + 20 \log(f_c) + 20 \log(d)$$

$$L_o = 30.31 + 20 \log(57) + 20 \log(19)$$

$$L_o = 91 \text{ dB} \quad 4.24$$

4.2.6.3 Atenuación por alimentación en TX y RX

Figura 4.9 : Enlace Juanjui - Cerro Biabo



$$\begin{aligned}
 L_a &= L_{cc} + L_c + L_d + L_f \\
 L_a &= 0.03(40 + 20) + 0.1(4 + 2) + 0.5 + 0.5 \\
 L_a &= 3.4 \text{ dB} \qquad \qquad \qquad 4.25
 \end{aligned}$$

4.2.6.4 Ganancia de las antenas

$$\begin{aligned}
 G_t &= 5.3 \text{ dB} \qquad \qquad \qquad 4.25-a \\
 G_r &= 9.1 \text{ dB} \qquad \qquad \qquad 4.25-b
 \end{aligned}$$

4.2.6.5 Potencia de transmisión Juanjui-C^o Biabe

$$P_{TX} = P_{RX} + L_e + L_a - G_t - G_r \qquad 4.26$$

Sabemos que la potencia mínima de recepción en una repetidora es de -53 dB_m y reemplazando 4.24 y 4.25 en la ecuación 4.26 :

$$\begin{aligned}
 P_{TX} &= -53 + 91 + 3.4 - 5.3 - 9.1 \\
 P_{TX} &= 27.0 \text{ dB}_m \\
 P_{TX} &= 501 \text{ mW.} \qquad \qquad \qquad 4.27
 \end{aligned}$$

4.2.6.6 Potencia del transmisor principal-Juanjui

Para obtener la potencia del transmisor principal, analizamos las potencias obtenidas y observamos que la mayor potencia es de aproximadamente 400 mW, para el enlace Juanjui-C^o Cayena y dado que las otras potencias están próximas a esta, elegimos como la potencia de salida en cada una de las salidas del distribuidor de potencia, la de 400 mW, por lo que la potencia de entrada al distribuidor de potencia será de 1,600 mW lo que equivale a 1.6 Watts.

Como la dirección tanto hacia el cerro Cayena y al cerro Biabe, coinciden con la cobertura del patrón de radiación, aprovechamos la radiación hacia estos para radiar la ciudad de Juanjui en esas direcciones.

Por lo tanto la potencia será distribuida de la siguiente manera, siguiendo las direcciones de interés según el patrón de radiación mostrado en la figura 4.7

Dirección N-O, hacia Juanjui

0.4 W.

Dirección N-O, hacia La Victoria (Juanjui)	0.65 W.
Dirección N-E, hacia La Merced y C ^o Biabo	0.65 W.
Dirección Este, hacia Pajarillo y Juñao	0.65 W.
Dirección Sur, hacia Juanjuicillo y C ^o Cayena	0.65 W.

$$P_{TX}(\text{Juanjui}) = 2.6 \text{ W.} \quad 4.28$$

=====

4.2.7 Potencia de transmisión para el enlace C^o Cayena C^o Pulcacha

4.2.7.1 Frecuencia de transmisión

Según el plan de frecuencias establecido, corresponde para este enlace el canal 4, con rango de frecuencia entre los 66 MHz y 72 MHz, y para propósitos de cálculo se tomará la frecuencia central de este rango:

$$f_c = 69 \text{ MHz}$$

4.2.7.2 Atenuación en el espacio libre

Para este cálculo hacemos uso de la ecuación A-XI y de la figura 4.10 :

$$\begin{aligned} L_o &= 30.31 + 20\log(f_c) + 20\log(d) \\ L_o &= 30.31 + 20\log(69) + 20\log(45) \\ L_o &= 100.2 \text{ dB} \end{aligned} \quad 4.29$$

4.2.7.3 Atenuación por alimentación en TX y RX

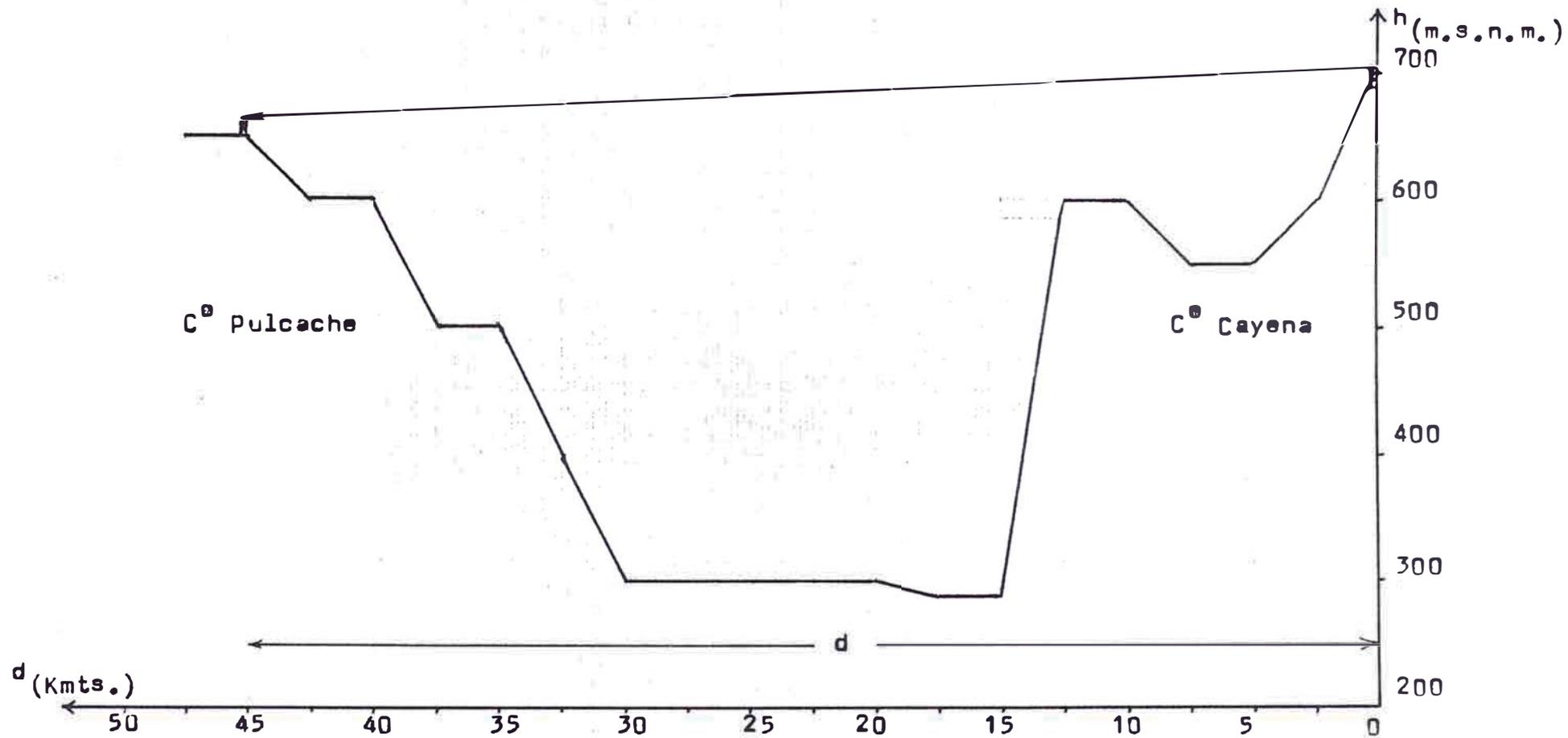
Esta atenuación es provocada por el cable coaxial, los conectores, el distribuidor de potencia y el filtro de entrada en la etapa de recepción del retransmisor en el C^o Pulcacha.

$$\begin{aligned} L_a &= L_{cc} + L_c + L_d + L_f \\ L_a &= 0.03(20 + 20) + 0.1(4+2) + 0.5 + 0.5 \\ L_a &= 2.8 \text{ dB} \end{aligned} \quad 4.30$$

4.2.7.4 Ganancia de las antenas en Tx y RX

$$G_t = G_r = 9.1 \text{ dB} \quad 4.31$$

Figura 4.10 : Perfil para el enlace C^o Cayena - C^o Pulcacho



4.2.7,5 Potencia de transmisión Cerro Cayena
- Cerro Pulcacha

$$P_{TX} = P_{RX} + L_o + L_a - G_t - G_r$$

$$P_{TX} = -53 + 100.2 + 2.8 - 9.1 - 9.1$$

$$P_{TX} = 31.6 \text{ dB}_m$$

$$\underline{P_{TX} = 1,445 \text{ mW.}} \quad 4.32$$

4.2.8 Potencia de transmisión Cerro Cayena - Valle
Huallabamba y Campanilla.

4.2.8.1 Frecuencia de transmisión y distancia

Según el plan de frecuencia correspondiente para este enlace el canal 4, cuya frecuencia central se da a continuación así como la distancia de enlace :

$$f_c = 69 \text{ MHz}$$

$$d = 20 \text{ Kmts.} \quad 4.33$$

4.2.8.2 Atenuación en el espacio libre

Para este cálculo hacemos uso de la ecuación A-XI y de las figuras 4.11a y 4.11b :

$$L_o = 30.31 + 20\log(f_c) + 20\log(d)$$

$$L_o = 30.31 + 20\log(69) + 20\log(20)$$

$$L_o = 93.1 \text{ dB} \quad 4.34$$

4.2.8.3 Atenuación por alimentación

La atenuación por alimentación al receptor doméstico es considerado despreciable :

$$L_a = L_{cc} + L_c + L_d$$

$$L_a = 0.03 \times 20 + 0.1 \times 4 + 0.5$$

$$L_a = 1.5 \text{ dB} \quad 4.35$$

Figura 4.11-a : Perfil para el enlace C^o Cayena con el valle del Huallabamba

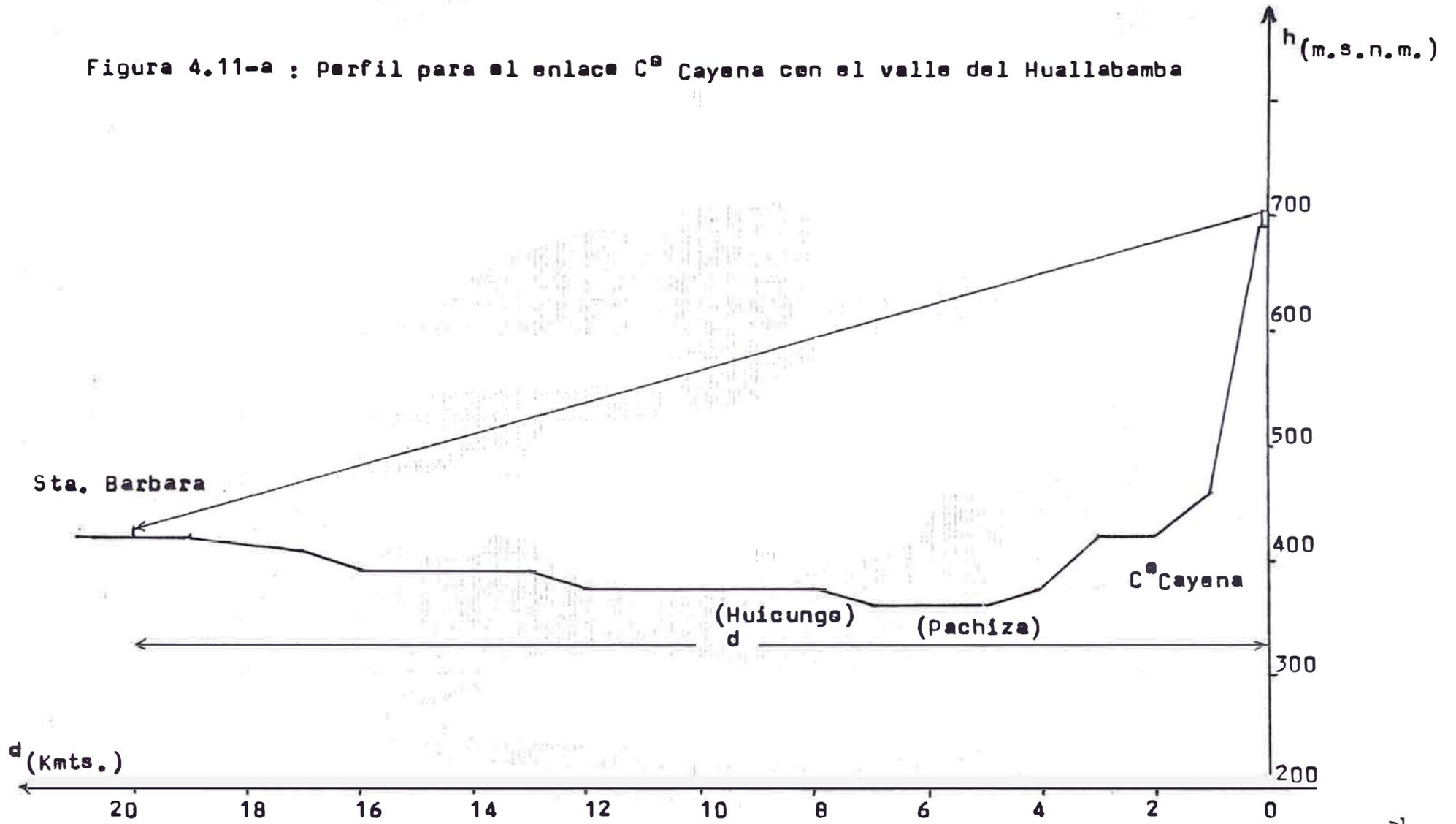
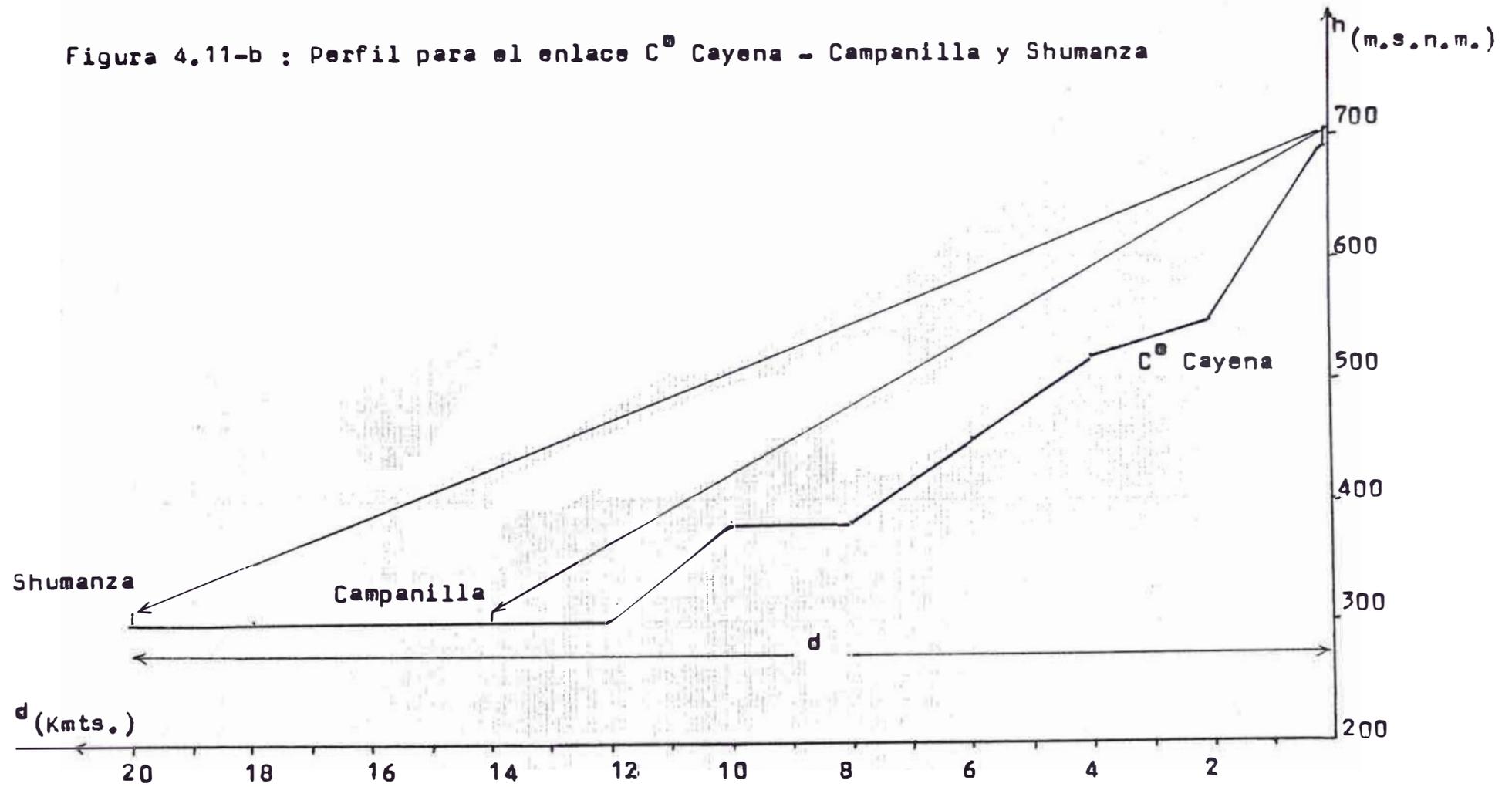


Figura 4.11-b : Perfil para el enlace C^o Cayena - Campanilla y Shumanza



4.2.8.4 Ganancia de las antenas en TX y RX

$$G_t = 5.3 \text{ dB}$$

$$G_r = 4.0 \text{ dB} \quad 4.36$$

4.2.8.5 potencia de transmisión para el valle del Huallabamba y Campanilla

$$P_{TX} = P_{RX} + L_o + L_a - G_t - G_r$$

$$P_{TX} = -54.8 + 93.1 + 1.5 - 5.3 - 4.0$$

$$P_{TX} = 30.5 \text{ dB}_m$$

$$\underline{P_{TX} = 1,122 \text{ mW.}} \quad 4.37$$

4.2.8.6 Potencia de transmisión desde el Cerro Cayena

Tomando como base la potencia obtenida para el enlace con el Cerro Pulcache, hacemos la siguiente distribución de potencia :

Dirección Oeste, hacia el valle del Huallabamba 1.5 W.

Dirección S - O, hacia Campanilla y Shumanza 1.5 W.

Dirección Sur , hacia el cerro Pulcache 1.5 W.

$$\underline{\underline{P_{TX}(\text{Cerro Cayena}) = 4.5 \text{ W.}}} \quad 4.38$$

4.2.9 potencia de transmisión para el enlace Cerro Pulcache - Sur de Juanjui (Tocache)

4.2.9.1 Frecuencia de transmisión

Según el plan de frecuencias establecido, corresponde para este enlace el canal 6, el cual esta comprendido dentro del rango de frecuencias 82 MHz y 88 MHz, y para propósitos de cálculo se tomará la frecuencia central de este rango :

cuyo rango de frecuencia está comprendido entre los 82 MHz y 88 MHz, y para propósitos de cálculo se tomará la frecuencia central de este rango :

$$\begin{aligned} f_c &= 85 \text{ MHz} \\ f_{\text{pert. video}} &= 83.25 \text{ MHz} \\ f_{\text{pert. audio}} &= 87.75 \text{ MHz} \end{aligned}$$

4.2.9.2 Atenuación en el espacio libre

Para este cálculo hacemos uso de la ecuación A-XI y la figura 4.12 :

$$\begin{aligned} L_o &= 30.31 + 20 \log(f_c) + 20 \log(d) \\ L_o &= 30.31 + 20 \log(85) + 20 \log(40) \\ L_o &= 100.9 \text{ dB} \end{aligned} \quad 4.39$$

4.2.9.3 Atenuación por alimentación en TX

Esta atenuación es producida por el cable coaxial, conectores y distribuidor de potencia, es despreciable la atenuación por alimentación en RX.

$$\begin{aligned} L_a &= L_{cc} + L_c + L_d \\ L_a &= 0.03 \times 20 + 0.1 \times 4 + 0.5 \\ L_a &= 1.5 \text{ dB} \end{aligned} \quad 4.40$$

4.2.9.4 Ganancia de las antenas en TX y RX

$$\begin{aligned} G_t &= 6.5 \text{ dB} \\ G_r &= 6.0 \text{ dB} \end{aligned} \quad 4.41$$

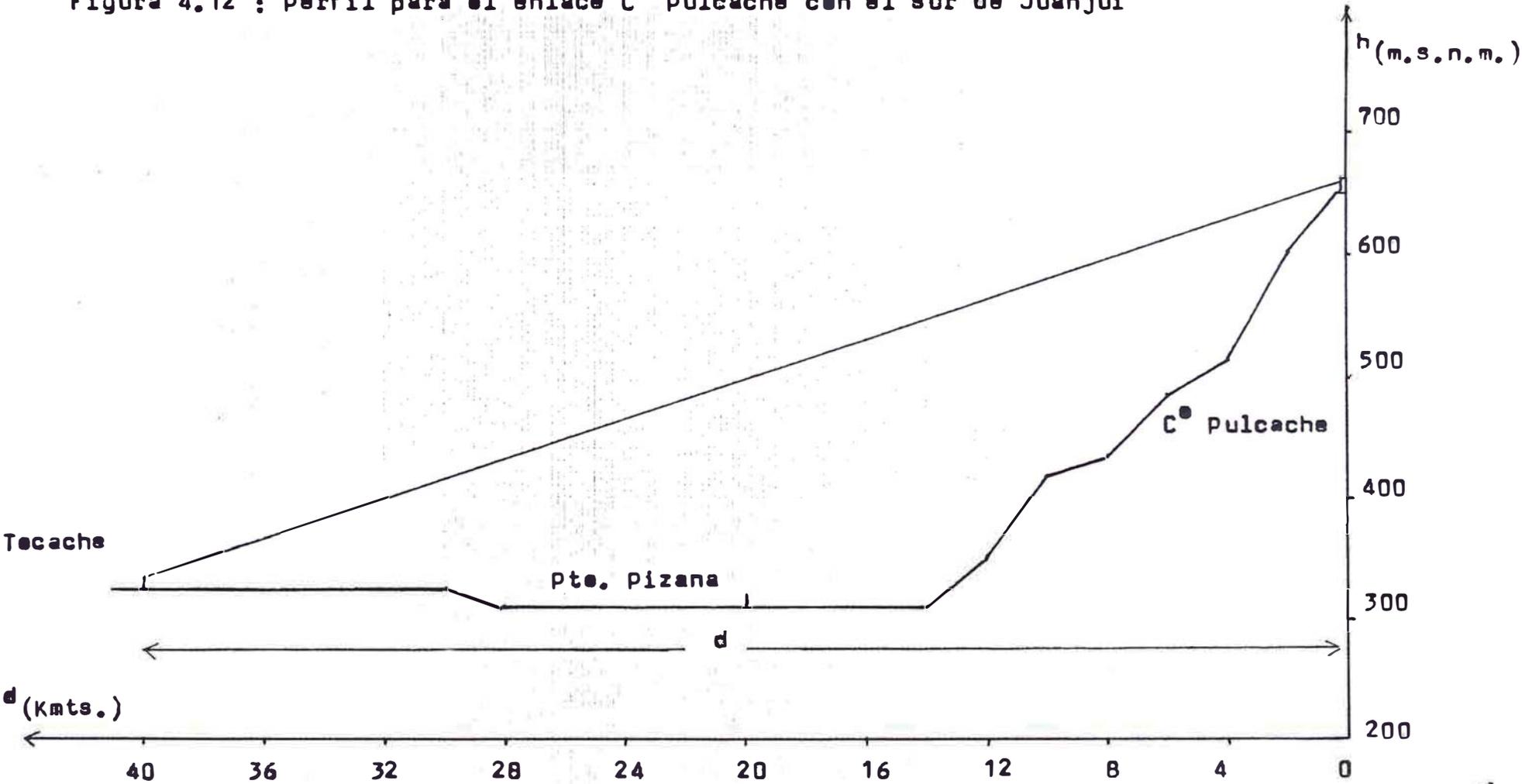
4.2.9.5 Potencia de transmisión para el enlace C^o Pulcacho - Tecache

$$\begin{aligned} P_{TX} &= P_{RX} + L_o + L_a - G_t - G_r \\ P_{TX} &= -54.8 + 100.9 + 1.5 - 6.5 - 6.0 \\ P_{TX} &= 35.1 \text{ dB}_m \\ P_{TX} &= 3,236 \text{ mW.} \end{aligned} \quad 4.42$$

4.2.9.6 Potencia del transmisor en el Cerro Pulcacho

La potencia obtenida corresponde pa-

Figura 4.12 : Perfil para el enlace C^o Pulcacho con el sur de Juanjui



ra una sola dirección y desde la posición del C^o Pulcacho necesitamos cubrir dos direcciones, los cuales se mencionan a continuación .

Dirección Oeste, hacia El Valle, Huacamayo y Balsayacu 3.2W
 Dirección Sur, hacia Pto. Pizana y Tocache 3.2W

$$\underline{\underline{P_{TX}(\text{Cerro Pulcacho}) = 6.4 W.}} \quad 4.43$$

4.2.10 Potencia de transmisión para el enlace Cerro Biabe - Cerro Sacanche

4.2.10.1 Frecuencia de transmisión

Según el plan de frecuencias establecido, corresponde para este enlace el canal 4, cuyo rango de frecuencia está comprendido entre los 66 MHz y 72 MHz, y para propósitos de cálculo se tomará la frecuencia central de este rango :

$$\begin{aligned} f_c &= 69 \text{ MHz} & 4.44 \\ f_{\text{pert. video}} &= 67.25 \text{ MHz} \\ f_{\text{pert. audio}} &= 71.75 \text{ MHz} \end{aligned}$$

4.2.10.2 Atenuación en el espacio libre

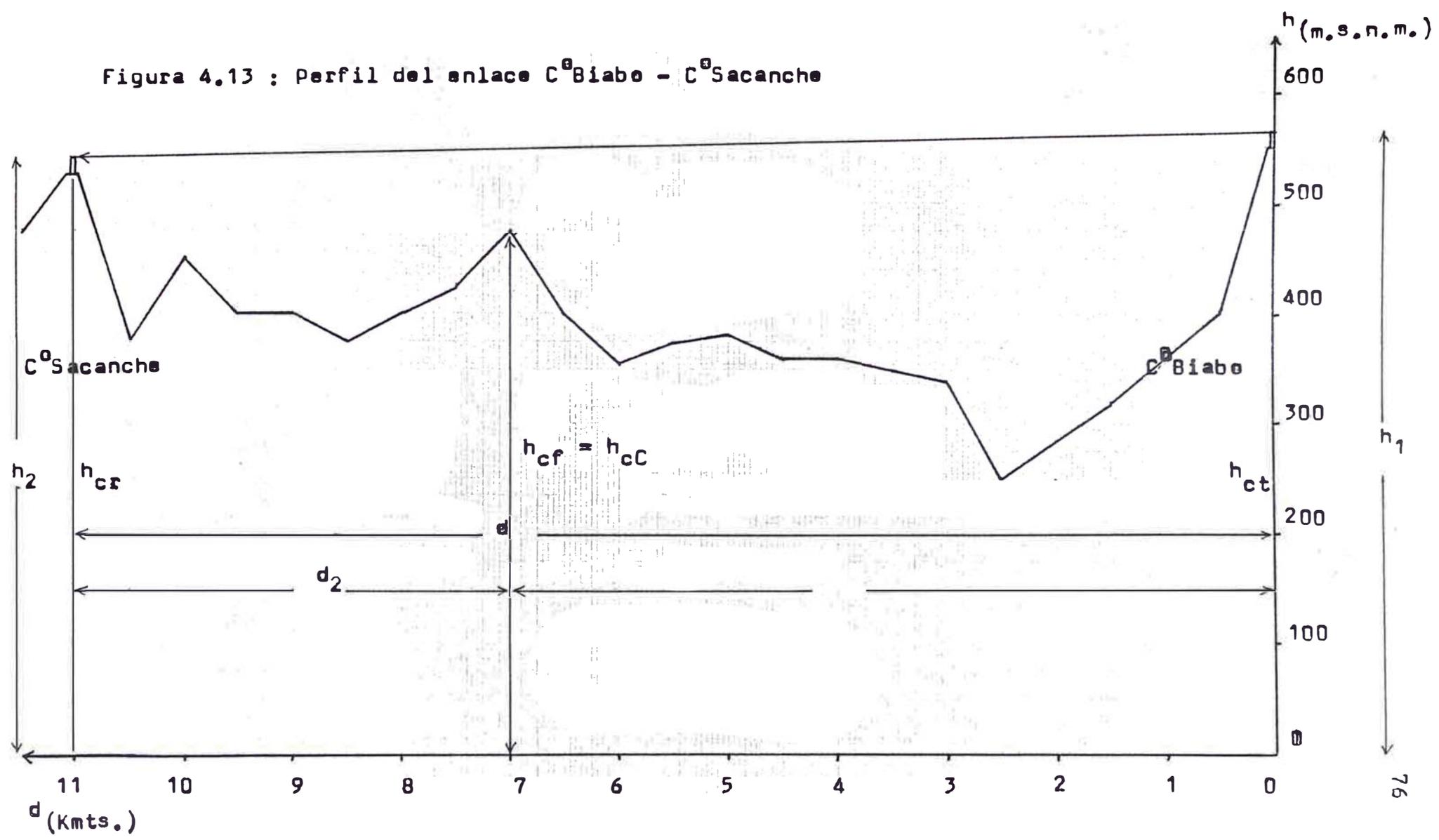
Para obtener esta atenuación hacemos uso de la ecuación A-XI y de la figura 4.13 :

$$\begin{aligned} L_{\bullet} &= 30.31 + 20\log(f_c) + 20\log(d) \\ L_{\bullet} &= 30.31 + 20\log(69) + 20\log(11) \\ L_{\bullet} &= 87.92 \text{ dB} & 4.45 \end{aligned}$$

4.2.10.3 Atenuación por alimentación en TX y RX.

$$L_{\bullet} = L_{cc} + L_c + L_d + L_f$$

Figura 4.13 : Perfil del enlace C^oBiabo - C^oSacanche



$$L_a = 0.03(20 + 20) + 0.1(4 + 2) + 0.5 + 0.5$$

$$L_a = 2.8 \text{ dB} \quad 4.46$$

4.2.10.4 Ganancia de las antenas en TX y RX

$$G_t = 5.3 \text{ dB} \quad 4.47-a$$

$$G_r = 5.3 \text{ dB} \quad 4.47-b$$

4.2.10.5 Radio de la primera zona de Fresnel

Para obtener este radio hacemos uso de la ecuación 3.26 con la ayuda de la figura 4.13 :

$$F_1 = 548 (d_1 d_2 / fd)^{1/2}$$

$$F_1 = 548 (7 \times 4 / 69 \times 11)^{1/2}$$

$$F_1 = 105.3 \text{ mts.} \quad 4.48$$

4.2.10.6 Altura de la antena en recepción

Para obtener esta altura hacemos uso de la ecuación A-XIV, con la ayuda de la figura 4.13

$$h_r = (d/d_1)(F_1 + h_{cf}) - (d_2/d_1)(h_t + h_{ct}) + 0.0588 d d_2 - h_{cr}$$

$$h_r = (11/7)(105.3 + 475) - (4/7)(15 + 550) + (0.0588 \times 11 \times 4) - 525$$

$$h_r = 66.6 \text{ mts.}$$

Esta altura obtenida no es práctica implementar, razón por la cual, se decide considerar elegir una altura de 15 mts. como en las demás repetidoras y la atenuación que esto implicaría sería compensado con una mayor potencia de transmisión para este enlace.

$$h_r = 15 \text{ mts.} \quad 4.49$$

4.2.10.7 Cálculo de la claridad

Para obtener esta claridad que presenta el obstáculo hacemos uso de la ecuación A-XVI y con la ayuda de la figura 4.13 :

$$h_c = (d_2/d)(h_1 - h_2) - h_{cc} + h_1 - 0.0588 d_1 d_2$$

$$h_c = (4/11)(565 - 540) - 475 + 565 - 0.0588 \times 7 \times 4$$

$$h_c = 97.5 \text{ mts} \quad 4.50$$

4.2.10.8 Atenuación por despeje de Fresnel

Para obtener esta atenuación, normalizamos la calridad con respecto al radio de la primera zona de Fresnel:

$$h_C / F_1 = 0.93$$

Con este valor recurrimos a la figura 3.20 para obtener la atenuación por despeje de Fresnel :

$$L_F = 0.75 \text{ dB (atenuación positiva=ganancia según el gráfico de la figura 3.20)}$$

$$L_F = 0.75 \text{ dB} \quad 4.51$$

4.2.10.9 Potencia de transmisión para el enlace C^o Biabe - C^o Sacanche

Para calcular esta potencia, hacemos una igualdad de potencias positivas con las negativas, tal como se muestra a continuación :

$$P_{TX} + G_t + G_r + L_F = P_{RX} + L_e + L_a$$

Despejando la potencia de transmisión obtenemos :

$$\begin{aligned} P_{TX} &= P_{RX} + L_e + L_a - L_F - G_t - G_r \\ P_{tx} &= -53 + 87.92 + 2.8 - 0.75 - 5.3 - 5.3 \\ P_{TX} &= 26.57 \text{ dB}_m \end{aligned}$$

$$P_{TX} = 454 \text{ mW.} \quad 4.52$$

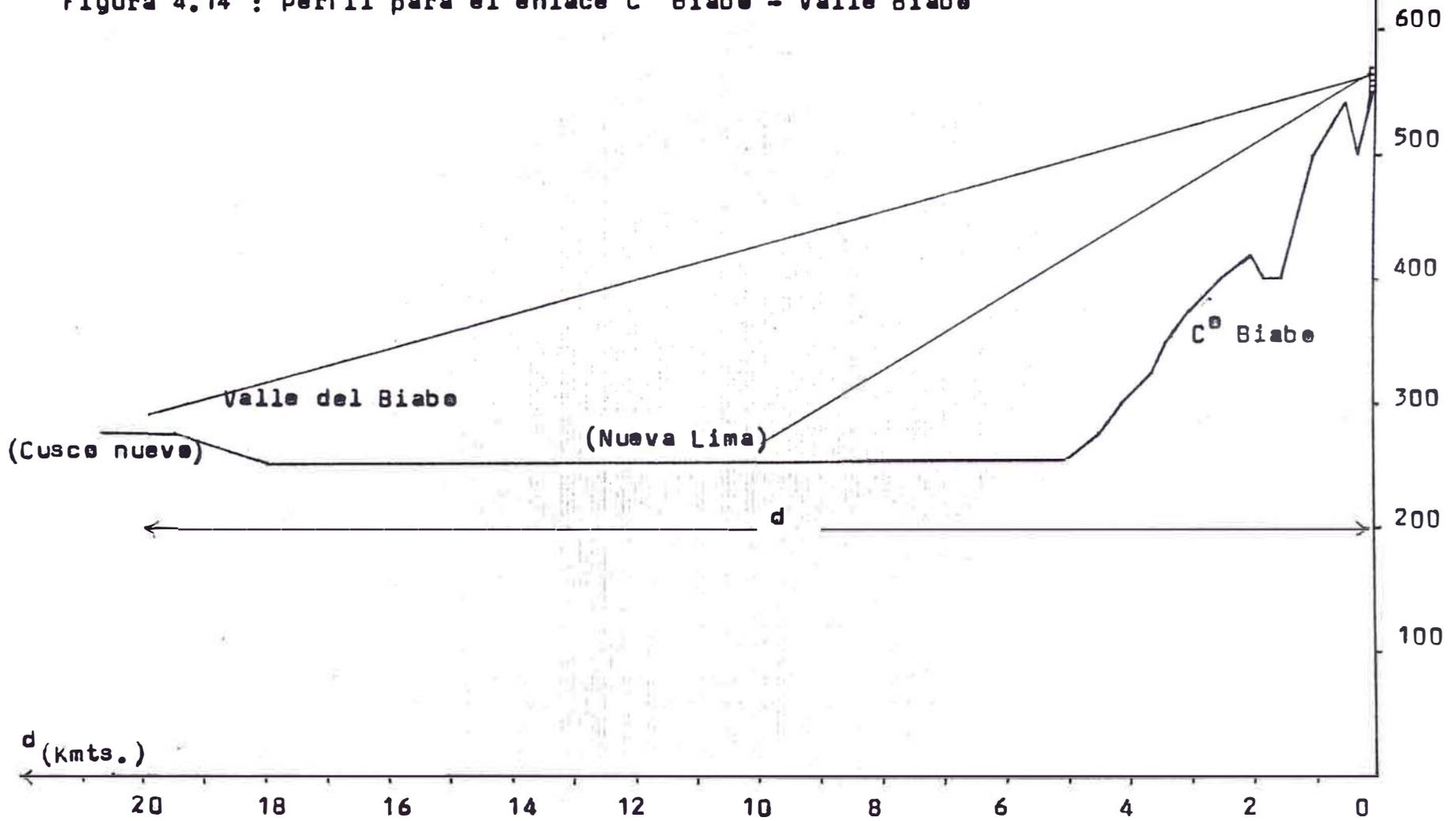
4.2.11 potencia de transmisión para el valle del Biabe.

4.2.11.1 Frecuencia de transmisión

Según el plan de frecuencias establecido, corresponde para este enlace el canal 4, cuyo rango de frecuencia está comprendido entre los 66 MHz y 72 MHz, para propósitos de cálculo se tomará la frecuencia central de este rango :

$$f_c = 69 \text{ MHz} \quad 4.53$$

Figura 4.14 : Perfil para el enlace C^o Biabe - Valle Biabe



4.2.11.2 Atenuación en el espacio libre

Para obtener esta atenuación hacemos uso de la ecuación A-XI y de la figura 4.14 :

$$\begin{aligned} L_e &= 30.31 + 20\log(f_c) + 20\log(d) \\ L_e &= 30.31 + 20\log(69) + 20\log(20) \\ L_e &= 93.11 \end{aligned} \quad 4.54$$

4.2.11.3 Atenuación por alimentación en RX.

$$\begin{aligned} L_a &= L_{cc} + L_c + L_d \\ L_a &= 0.03 \times 20 + 0.1 \times 4 + 0.5 \\ L_a &= 1.5 \text{ dB} \end{aligned}$$

4.2.11.4 Ganancia de las antenas en TX y RX

$$\begin{aligned} G_t &= 6.5 \text{ dB} & 4.55-a \\ G_r &= 4.0 \text{ dB} & 4.55-b \end{aligned}$$

4.2.11.5 Potencia de transmisión para el enlace C^o Biabe - Valle del Biabe

$$\begin{aligned} P_{TX} &= P_{RX} + L_e + L_a - G_t - G_r \\ P_{TX} &= -54.8 + 93.11 + 1.5 - 6.5 - 4.0 \\ P_{TX} &= 29.31 \text{ dB}_m \end{aligned}$$

$$P_{TX} = 853 \text{ mW.} \quad 4.56$$

4.2.12 Potencia de transmisión para el valle del Sisa

4.2.12.1 Frecuencia de transmisión

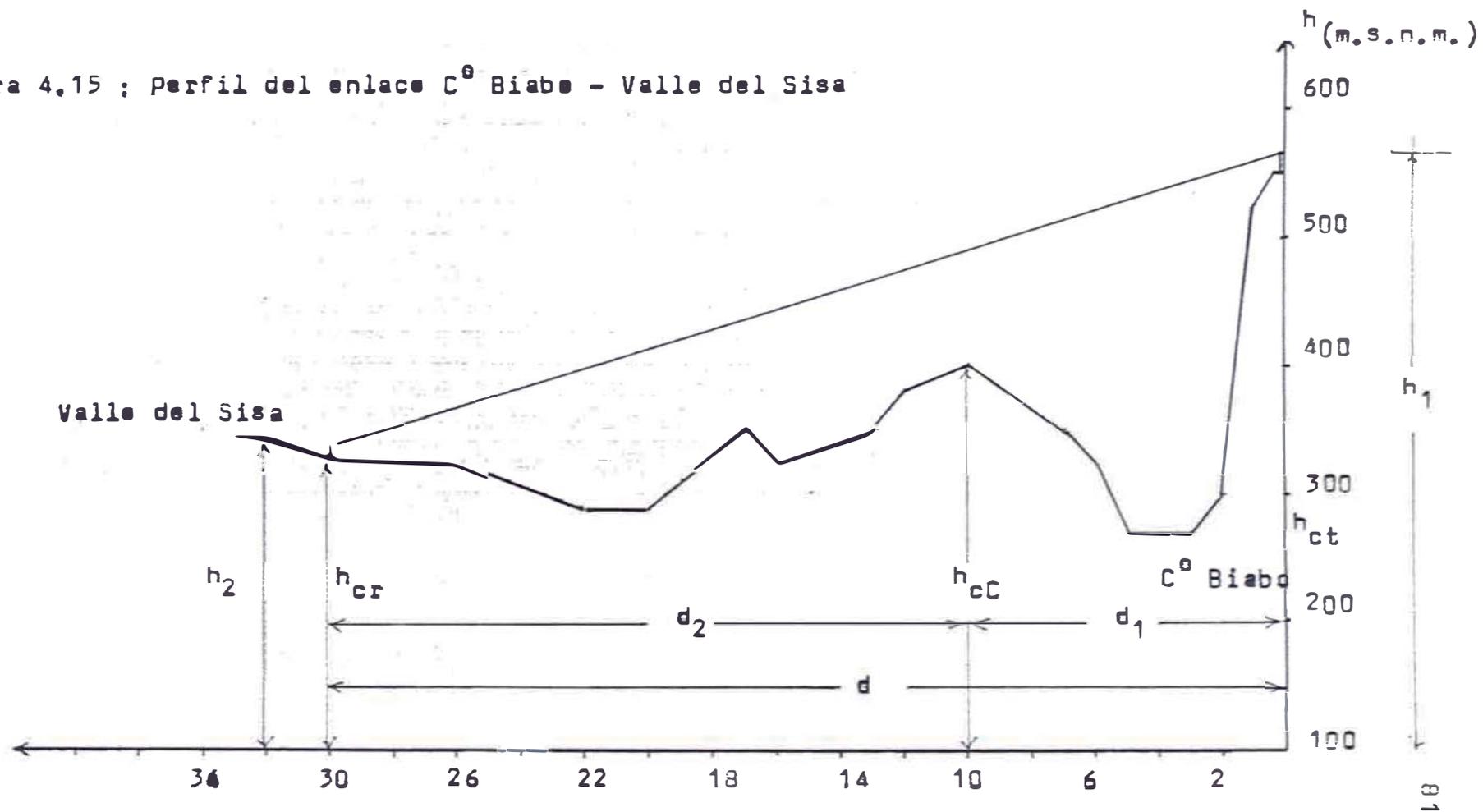
Según el plan de frecuencias establecido, corresponde para este enlace el canal 4, cuyo rango de frecuencia está comprendido entre los 66 MHz y 72 MHz para propósitos de cálculo se tomará la frecuencia central de este rango :

$$f_c = 69 \text{ MHz} \quad 4.57$$

4.2.12.2 Atenuación en el espacio libre

Para obtener esta atenuación hacemos uso de la ecuación A-XI y de la figura 4.15 :

Figura 4.15 : Perfil del enlace C^o Biabo - Valle del Sisa



$$\begin{aligned}
 L_e &= 30.31 + 20\log(f_c) + 20\log(d) \\
 L_e &= 30.31 + 20\log(69) + 20\log(30) \\
 L_e &= 96.63 \text{ dB} \qquad \qquad \qquad 4.58
 \end{aligned}$$

4.2.12.3 Ganancia de las antenas en TX y RX

$$\begin{aligned}
 G_t &= 6.9 \text{ dB} \qquad \qquad \qquad 4.59-a \\
 G_r &= 4.0 \text{ dB} \qquad \qquad \qquad 4.59-b
 \end{aligned}$$

4.2.12.4 Altura de la antena en RX

Normalmente la altura de la antena receptora de los televidentes tiene como altura promedio 10 mts, razón por la cual será tomado como dato para obtener la claridad que presenta el obstáculo :

$$h_r = 10 \text{ mts.} \qquad \qquad \qquad 4.60$$

4.2.12.5 Radio de la primera zona de Fresnel

Para obtener este radio hacemos uso de la ecuación 3.20 , con la ayuda de la figura 4.15 :

$$\begin{aligned}
 F_1 &= 548 (d_1 d_2 / f d)^{1/2} \\
 F_1 &= 548 (10 \times 20 / 69 \times 30)^{1/2} \\
 F_1 &= 170.32 \text{ mts.} \qquad \qquad \qquad 4.61
 \end{aligned}$$

4.2.12.6 Cálculo de la claridad

Para este cálculo hacemos uso de la ecuación A-XVI y de la figura 4.15 :

$$\begin{aligned}
 h_c &= (d_2/d)(h_1 - h_2) - h_{cC} + h_1 - 0.0588d_1d_2 \\
 h_c &= (20/30)(565 - 360) - 400 + 565 - 0.0588 \times 10 \times 20 \\
 h_c &= 290 \text{ mts.} \qquad \qquad \qquad 4.62
 \end{aligned}$$

4.2.12.7 Atenuación por despeje de Fresnel

Para obtener la atenuación por despeje de Fresnel primero normalizamos la altura de claridad con respecto al radio de la primera zona de Fresnel:

$$h_C / F_1 = 1.7 \quad 4.63$$

Con este dato recurrimos a la figura 3.20 para obtener la atenuación por despeje de Fresnel :

$$L_F = +0.6 \text{ (según el gráfico de la figura 3.20 resulta ser una ganancia)} \quad 4.64$$

4.2.12.8 Potencia de transmisión del Cerro Biabe al Valle del Sisa

Para el cálculo de esta potencia hacemos una igualdad de potencias positivas con las negativas :

$$P_{TX} + G_t + G_r + L_F = P_{RX} + L_o + L_a$$

$$P_{TX} = P_{RX} + L_o + L_a - G_t - G_r - L_F$$

$$P_{TX} = -54.8 + 96.63 - 1.5 - 6.9 - 4.0 - 0.6$$

$$P_{TX} = 31.33 \text{ dB}_m$$

$$P_{TX} = 1.358 \text{ mW.} \quad 4.65$$

4.2.13 Potencia de transmisión para el enlace C⁰ Biabe - Picota

4.2.13.1 Frecuencia de transmisión

Según el plan de frecuencias establecido, corresponde para este enlace el canal 4, cuyo rango de frecuencia está comprendido entre los 66 MHz y 72 MHz, para propósitos de cálculo se tomará la frecuencia central de este rango :

$$f_c = 69 \text{ MHz} \quad 4.66$$

4.2.13.2 Atenuación en el espacio libre

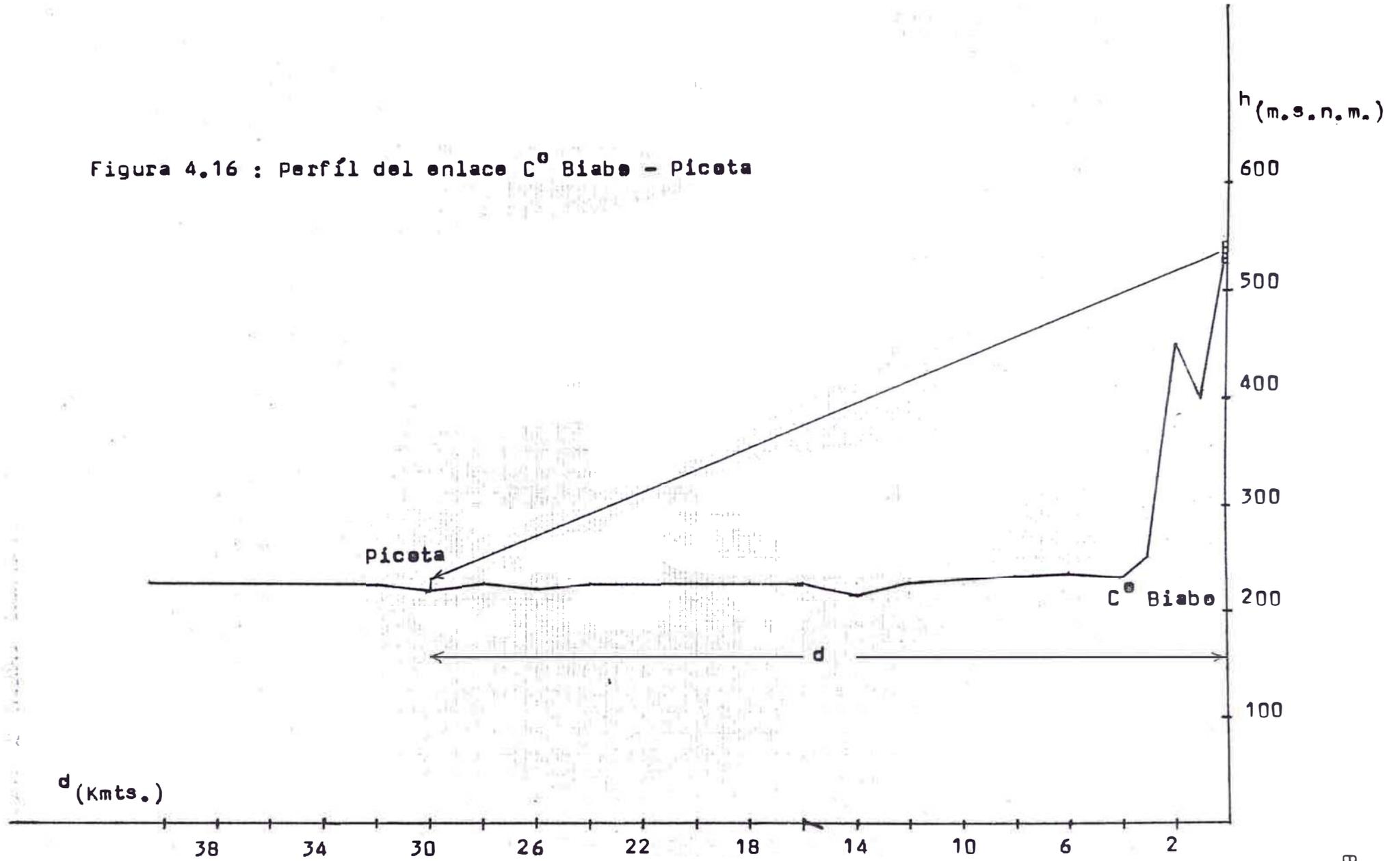
Para obtener esta atenuación hacemos uso de la ecuación A-XVI y de la figura 4.16 :

$$L_o = 30.31 + 20 \log(f_c) + 20 \log(d)$$

$$L_o = 30.31 + 20 \log(69) + 20 \log(30)$$

$$L_o = 96.63 \text{ dB} \quad 4.67$$

Figura 4.16 : Perfil del enlace C^o Biabo - Picota



4.2.13.3 Ganancia de las antenas en TX y RX

$$G_t = 6.9 \text{ dB} \quad 4.68-a$$

$$G_r = 4.0 \text{ dB} \quad 4.68-b$$

4.2.13.4 Potencia de transmisión hacia Picota

$$P_{TX} = P_{RX} + L_g + L_a - G_r - G_t$$

$$P_{TX} = -54.8 + 96.63 + 1.5 - 4.0 - 6.9$$

$$P_{TX} = 32.43 \text{ dB}_m$$

$$P_{TX} = 1,749 \text{ mW.} \quad 4.69$$

4.2.13.5 Potencia del transmisor en el C^o Biabe

Las potencias calculadas en cuatro direcciones, desde el C^o Biabe, arrojan una potencia máxima de 1,250 mW. aprox. y una mínima de 400 mW. aprox.

Lo cual nos hace tomar como potencia base la de 1,250 mW. para cumplir con la demanda por un lado y por que el distribuidor de potencia distribuye por igual la potencia suministrada a este.

Dirección Norte, hacia el valle del Sisa	1,750mW.
Dirección N-E, hacia Picota	1,750mW.
Dirección S-O, hacia el valle del Biabe	1,750mW.
Dirección N-O, hacia el valle del Saposea	1,750mW.

$$\underline{\underline{P_{TX}(C^o \text{ Biabe}) = 7.0 \text{ W.}}} \quad \dots\dots\dots 4.70$$

4.2.14 Potencia hacia el valle del Saposea directamente desde el C^o Biabe.

4.2.14.1 Frecuencia de Transmisión

Según el plan de frecuencias establecido corresponde para este enlace el canal 4, cuyo rango de frecuencia está comprendido entre los 66 MHz y 72 MHz y para propósitos de cálculo se tomará la frecuencia central de este rango :

$$f_c = 69 \text{ MHz} \quad 4.71$$

4.2.14.2 Atenuación en el espacio libre

Esta atenuación la obtenemos haciendo uso de la ecuación A-XI y con la ayuda de la figura 4.17 :

$$\begin{aligned} L_{\bullet} &= 30.31 + 20 \log(f_c) + 20 \log(d) \\ L_{\bullet} &= 30.31 + 20 \log(69) + 20 \log(17) \\ L_{\bullet} &= 91.5 \text{ dB} \end{aligned} \quad 4.72$$

4.2.14.3 Atenuación por alimentación en TX.

$$\begin{aligned} L_a &= L_{cc} + L_c + L_d \\ L_a &= 0.03 \times 20 + 0.1 \times 4 + 0.5 \\ L_a &= 1.5 \text{ dB} \end{aligned} \quad 4.73$$

4.2.14.4 Altura del obstáculo

Esta altura la obtenemos haciendo uso de la ecuación A-XVI y con la ayuda de la figura 4.17:

$$\begin{aligned} h_c &= (d_2/d)(h_1 - h_2) - h_{cC} + h_2 - 0.0588 d_1 d_2 \\ h_c &= (6.5/17)(565 - 315) - 500 + 315 - 0.0588 \times 10.5 \times 6.5 \\ h_c &= -93.4 \text{ mts.} \end{aligned} \quad 4.74$$

4.2.14.5 Atenuación por difracción

Para el cálculo de esta atenuación hacemos uso de la ecuación 3.34, del gráfico de la figura 3.16 y de la figura 4.17 :

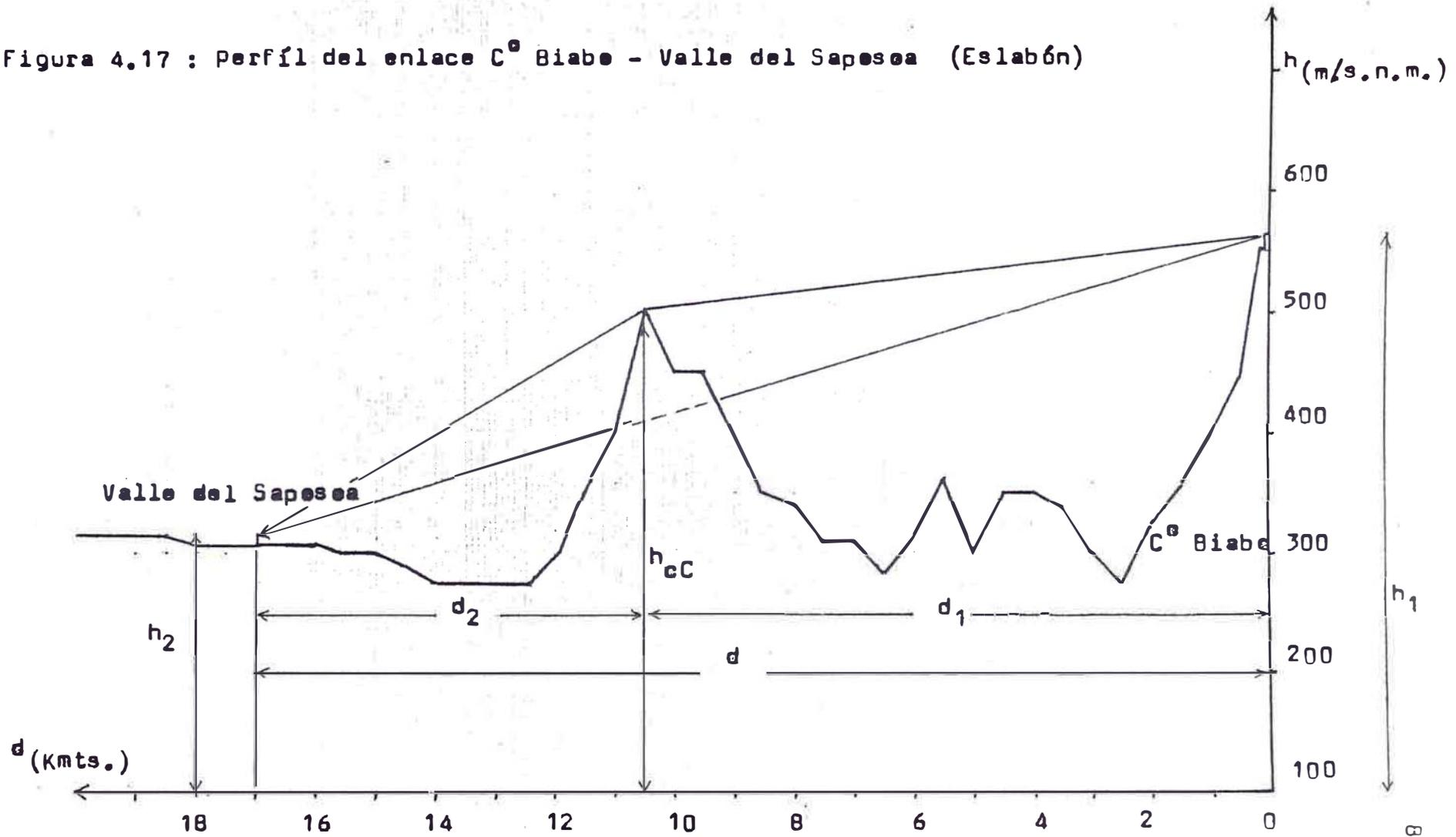
$$\begin{aligned} v &= h_c \left(\frac{2}{\lambda} \left(\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} \right) \right)^{1/2} \\ v &= 93.4 (2/4.35) \left(\frac{1}{10.5} + \frac{1}{6.5} \right)^{1/2} \times \frac{1}{31.62} \\ v &= 0.99 = 1.0 \quad 4.75 \\ L_D &= -14 \text{ dB} \quad 4.76 \end{aligned}$$

4.2.14.6 Potencia de transmisión desde el C^o

Biabe hacia el valle del Sapeosa

$$P_{TX} = P_{RX} + L_{\bullet} + L_a + L_D - G_t - G_r$$

Figura 4.17 : Perfil del enlace C^o Biabe - Valle del Saposea (Eslabón)



$$P_{TX} = -54.8 + 91.5 + 1.4 + 14 - 6.9 - 4.0$$

$$P_{TX} = 41.2 \text{ dB}_m$$

$$P_{TX} = 13,183 \text{ mW.}$$

$$\underline{P_{TX} = 13.2 \text{ W.}} \quad 4.77$$

4.2.15 Potencia de transmisión para el enlace C^o Biabo - Ciudad de Sapesoa

4.2.15.1 Frecuencia de transmisión

$$f_c = 69 \text{ MHz} \quad (\text{canal 4}) \quad 4.78$$

4.2.15.2 Atenuación en el espacio libre

Esta atenuación la obtenemos haciendo uso de la ecuación A-XI y con la ayuda de la figura 4.18 :

$$L_e = 30.31 + 20 \log(f_c) + 20 \log(d)$$

$$L_e = 30.31 + 20 \log(69) + 20 \log(28)$$

$$L_e = 96 \text{ dB} \quad 4.79$$

4.2.15.3 Atenuación por alimentación en TX

$$L_a = L_{cc} + L_c + L_d$$

$$L_a = 0.03 \times 20 + 0.1 \times 4 + 0.5$$

$$L_a = 1.5 \text{ dB} \quad 4.80$$

4.2.15.4 Altura del obstáculo

Esta altura la obtenemos haciendo uso de la ecuación A-XVI y con la ayuda de la figura 4.18:

$$h_c = (d_2/d)(h_1 - h_2) - h_{cC} + h_2 - 0.0588d_1d_2$$

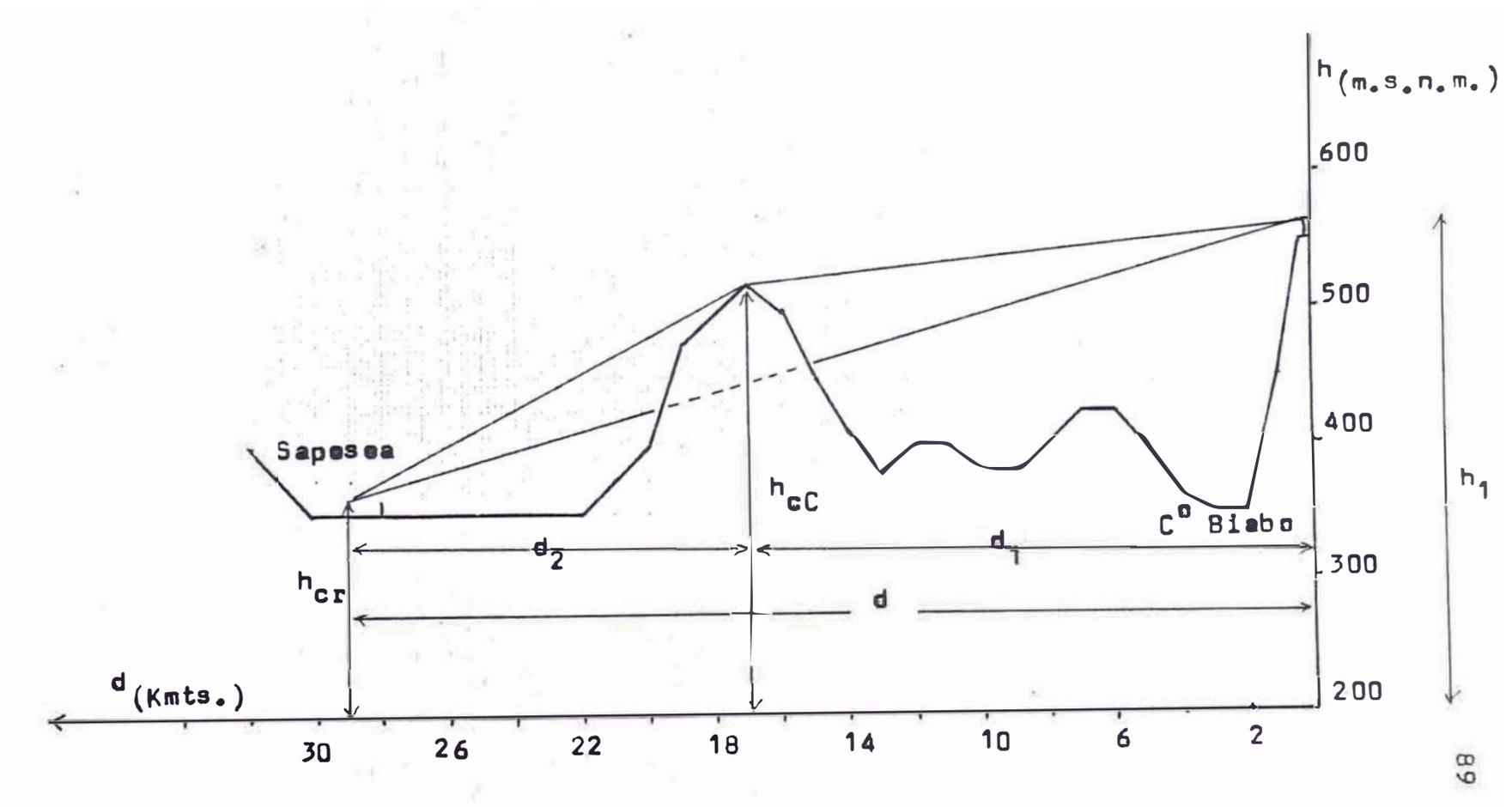
$$h_c = (11/28)(565-350) - 520 + 350 - 0.0588 \times 17 \times 11$$

$$h_c = -96,5 \text{ mts.} \quad 4.81$$

4.2.15.5 Atenuación por difracción

Para el cálculo de esta atenuación hacemos uso de la ecuación 3.34, del gráfico de la figura 3.16 y de la figura 4.18 :

Figura 4.18 : Perfil para el enlace C^o Biabo - Ciudad de Sapesoa



$$v = h_c \left(\frac{2}{\lambda} \left(\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} \right) \right)^{1/2}$$

$$v = 96.5 \left(\frac{2}{4.35} \left(\frac{1}{17} + \frac{1}{11} \right) \right)^{1/2} \times \left(\frac{1}{31.62} \right)$$

$$v = 0.8 \quad 4.82$$

$$L_D = 13 \text{ dB} \quad 4.83$$

4.2.15.6 Potencia de transmisión para el enlace C^o Biabe - Ciudad de Sapeoa

$$P_{TX} = P_{RX} + L_e + L_a + L_D - G_t - G_r$$

$$P_{TX} = -54.8 + 96 + 1.4 + 13 - 6.9 - 4.0$$

$$P_{TX} = 44.7 \text{ dB}_m$$

$$P_{TX} = 29,512 \text{ mW.}$$

$$\underline{P_{TX} = 29.5 \text{ W.}} \quad 4.84$$

4.2.16 Potencia de transmisión para el enlace C^o Sacancho - Sacancho

4.2.16.1 Frecuencia de transmisión

Según el plan de frecuencias, corresponde para este enlace el canal 6, cuyo rango de frecuencia está comprendido entre los 82 MHz y 88 MHz, y para propósitos de cálculo se tomará la frecuencia central de este rango de frecuencia :

$$f_c = 85 \text{ MHz} \quad 4.85$$

4.2.16.2 Atenuación en el espacio libre

Esta atenuación la obtenemos haciendo uso de la ecuación A-XI y con la ayuda de la figura 4.19 :

$$L_e = 30.31 + 20 \log(f_c) + 20 \log(d)$$

$$L_e = 30.31 + 20 \log(85) + 20 \log(10)$$

$$L_e = 88,88 \text{ dB} \quad 4.86$$

4.2.16.3 Atenuación por alimentación en TX

Figura 4.19 : Perfil del enlace C^o Sacancho - Sacancho

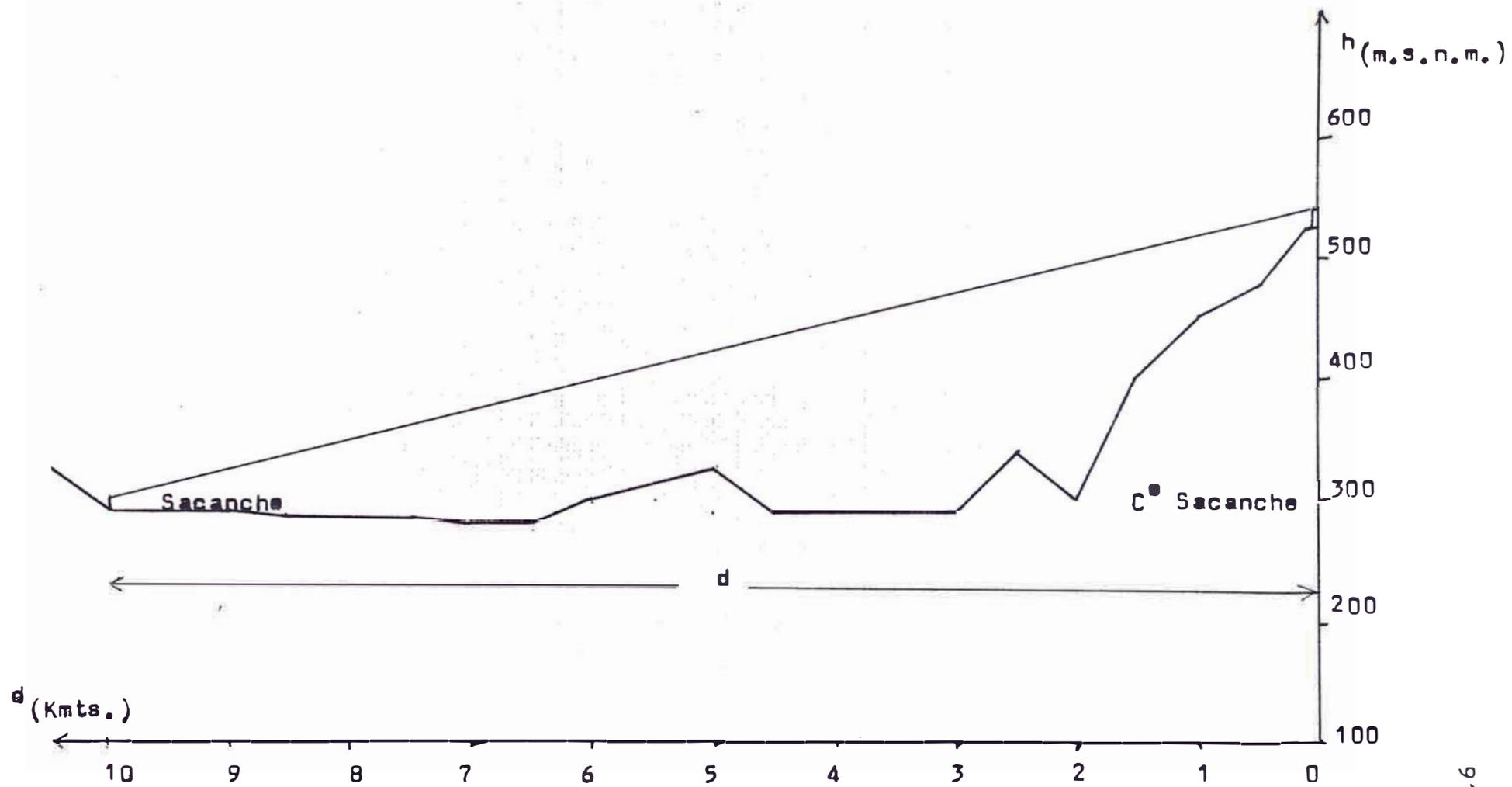
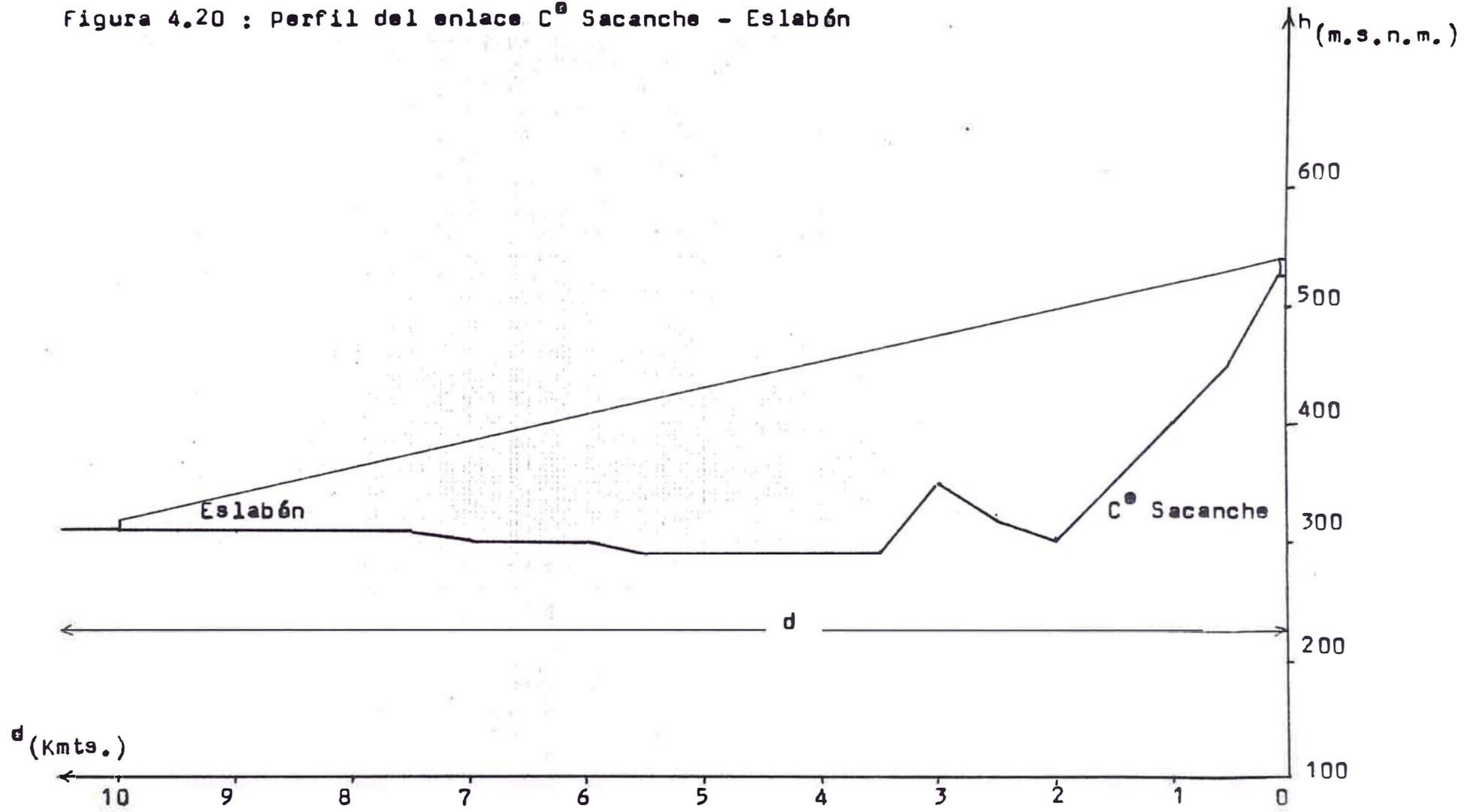


Figura 4.20 : Perfil del enlace C^o Sacanche - Eslabón



$$L_a = L_{cc} + L_c + L_d$$

$$L_a = 0.03 \times 20 + 0.1 \times 4 + 0.5$$

$$L_a = 1.5 \text{ dB} \quad 4.87$$

4.2.16.4 Ganancia de las antenas en TX Y RX

$$G_t = 6.5 \text{ dB}$$

$$G_r = 4.0 \text{ dB} \quad 4.88$$

4.2.16.5 Cálculo de la potencia para el enlace C⁰ Sacancho - Sacancho

$$P_{TX} = P_{RX} + L_e + L_a - G_t - G_r$$

$$P_{TX} = -54.8 + 88.88 + 1.5 - 6.5 - 4.0$$

$$P_{TX} = 25.08 \text{ dB}_m$$

$$P_{TX} = 322 \text{ mW.} \quad 4.89$$

4.2.17 Potencia de transmisión para el enlace C⁰ Sacancho - Eslabón

4.2.17.1 Frecuencia de transmisión

$$f_c = 85 \text{ MHz} \quad 4.90$$

4.2.17.2 Atenuación en el espacio libre

$$L_e = 30.31 + 20 \log(f_c) + 20 \log(d)$$

$$L_e = 30.31 + 20 \log(85) + 20 \log(10)$$

$$L_e = 88.88 \text{ dB} \quad 4.91$$

4.2.17.3 Atenuación por alimentación en TX

$$L_a = L_{cc} + L_c + L_d$$

$$L_a = 0.03 \times 20 + 0.1 \times 4 + 0.5$$

$$L_a = 1.5 \text{ dB} \quad 4.92$$

4.2.17.4 Ganancia de las antenas en TX y RX

$$G_t = 6.5 \text{ dB}$$

$$G_r = 4.0 \text{ dB} \quad 4.93$$

4.2.17.5 Cálculo de la potencia para el enlace C^o Sacanche - Eslabón

$$P_{TX} = P_{RX} + L_e + L_a - G_t - G_r$$

$$P_{TX} = -54.8 + 88.88 + 1.5 - 6.5 - 4.0$$

$$P_{TX} = 25.08 \text{ dB}_m$$

$$P_{TX} = 322 \text{ mW.} \quad 4.94$$

4.2.18 Potencia de transmisión para el enlace C^o Sacanche - Sapesoa

4.2.18.1 Frecuencia de transmisión

$$f_c = 85 \text{ MHz} \quad (\text{canal } 6) \quad 4.95$$

4.2.18.2 Atenuación en el espacio libre

$$L_e = 30.31 + 20 \log(f_c) + 20 \log(d)$$

$$L_e = 30.31 + 20 \log(85) + 20 \log(18)$$

$$L_e = 94.01 \text{ dB} \quad 4.96$$

4.2.18.3 Atenuación por alimentación en TX

$$L_a = L_c + L_{cc} + L_d$$

$$L_a = 0.1 \times 4 + 0.03 \times 20 + 0.5$$

$$L_a = 1.5 \text{ dB} \quad 4.97$$

4.2.18.4 Ganancia de las antenas en TX y RX

$$G_t = 6.5 \text{ dB}$$

$$G_r = 4.0 \text{ dB} \quad 4.98$$

4.2.18.5 Cálculo de la potencia para el enlace C^o Sacanche - Ciudad de Sapesoa

$$P_{TX} = P_{RX} + L_e + L_a - G_t - G_r$$

$$P_{TX} = -54.8 + 94.01 + 1.5 - 6.5 - 4.0$$

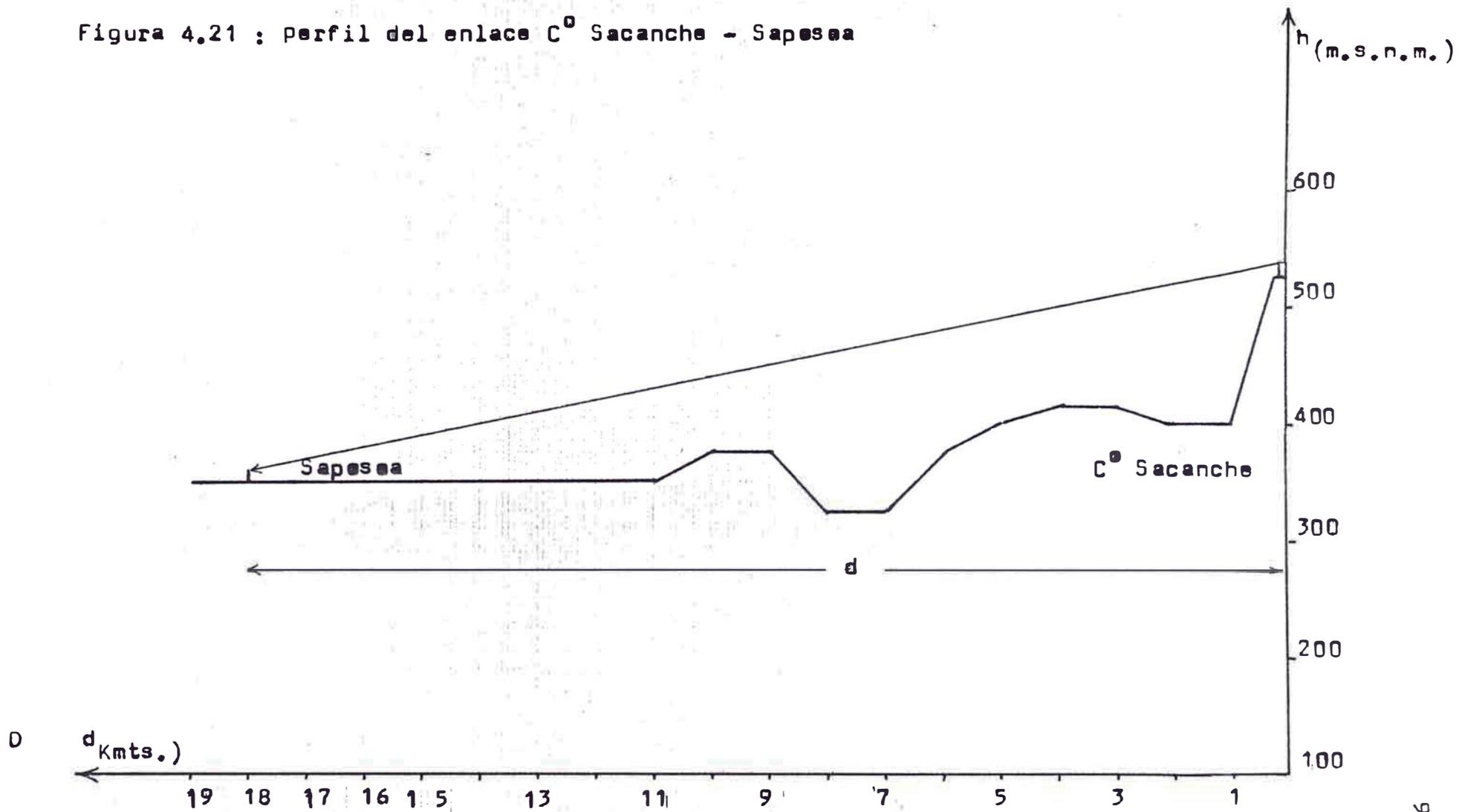
$$P_{TX} = 30.31 \text{ dB}_m$$

$$P_{TX} = 1,074 \text{ mW.} \quad 4.99$$

4.2.18.6 Potencia del transmisor en el C^o

Sacanche :

Figura 4.21 : perfil del enlace C^o Sacanche - Sapesoa



El valle del río Saposoa necesita de un sistema que cubra toda su extensión, para lo cual desde el C^o Sacanche se ha previsto distribuir la señal en tres direcciones, los cuales se muestran a continuación :

Dirección Sur, hacia Sacanche y T. de Saposoa	1.1 W.
Dirección Oeste, hacia Eslabón y Piscuyacu	1.1 W.
Dirección N-O, hacia la ciudad de Saposoa	1.1 W

$$\underline{\underline{P_{TX}(C^o \text{ Sacanche}) = 3.3 \text{ W.}}} \quad 4.100$$

4.2.19 Potencia de transmisión C^o Cayena - Sur de Juanjui (Tecache)

4.2.19.1 Frecuencia de transmisión

$$f_c = 69 \text{ MHz (canal 4)} \quad 4.101$$

4.2.19.2 Distancia del tramo entre el C^o Cayena y Tecache

$$d = 84 \text{ Kmts.} \quad 4.102$$

4.2.19.3 Atenuación en el espacio libre

Esta atenuación la obtenemos haciendo uso de la ecuación A-XI y con la ayuda de la figura 4.21 :

$$L_e = 30.31 + 20 \log(f_c) + 20 \log(d)$$

$$L_e = 30.31 + 20 \log(69) + 20 \log(84)$$

$$L_e = 108.55 \text{ dB} \quad 4.103$$

4.2.19.4 Atenuación por alimentación

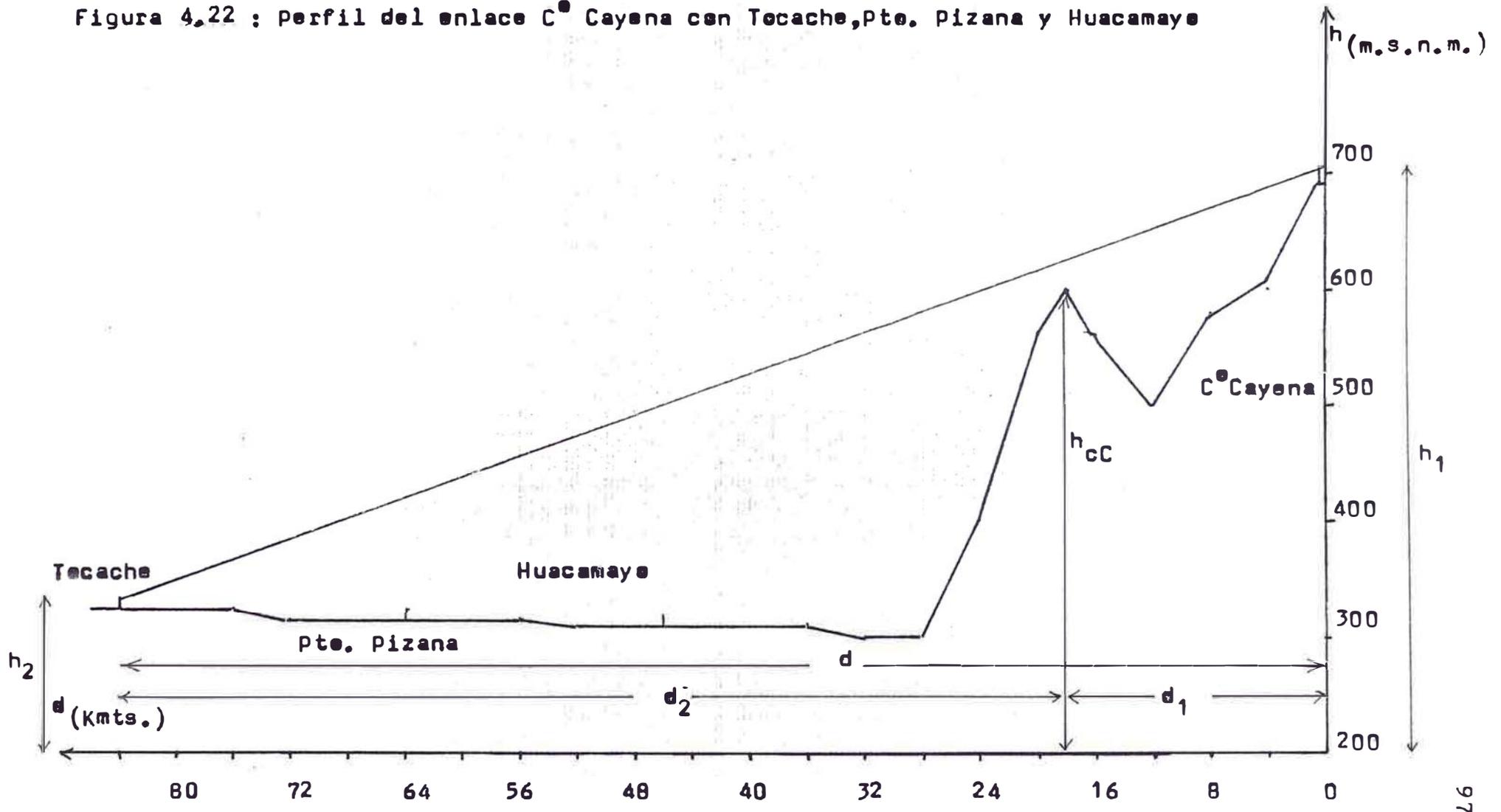
$$L_a = L_{cc} + L_c + L_d$$

$$L_a = 0.03 \times 20 + 0.1 \times 4 + 0.5$$

$$L_a = 1.5 \text{ dB} \quad 4.104$$

4.2.19.5 Ganancia de las antenas

Figura 4,22 : Perfil del enlace C^o Cayena con Tecache, Pto. Pizana y Huacamayo



$$G_t = 6.5 \text{ dB}$$

$$G_r = 4.0 \text{ dB} \quad 4.105$$

4.2.19.6 Radio de la primera zona de Fresnel en el punto del obstáculo.

$$F_1 = 548 (d_1 d_2 / fd)^{1/2}$$

$$F_1 = 548 (18 \times 66 / 69 \times 84)^{1/2}$$

$$F_1 = 248 \text{ mts.} \quad 4.106$$

4.2.19.7 Claridad de propagación

Obtenemos la claridad haciendo uso de la ecuación A-XVI y con la ayuda de la figura 4.21 :

$$h_C = (d_2/d)(h_1 - h_2) - h_{cC} + h_2 - 0.0588 d_1 d_2$$

$$h_C = (66/84)(705 - 335) - 600 + 335 - 0.0588 \times 18 \times 66$$

$$h_C = -44.14 \text{ mts.} \quad 4.107$$

4.2.19.8 Atenuación por difracción

Esta atenuación la obtenemos haciendo uso de la ecuación 3.34, del gráfico de la figura 3.16 y de la figura 4.22 :

$$v = h_C ((2/\lambda)(1/d_1 + 1/d_2))^{1/2}$$

$$v = 44.14 ((2/4.35) (\frac{1}{48} + \frac{1}{66}))^{1/2} \times \frac{1}{31.62}$$

$$v = 0.25$$

$$L_D = -8.5 \text{ dB} \quad 4.108$$

4.2.19.9 Potencia de transmisión para el enlace C^o Cayena - Tecache

$$P_{TX} = P_{RX} + L_{\bullet} + L_{\bullet} + L_D - G_t - G_r$$

$$P_{TX} = -54.8 + 108.55 + 1.4 + 8.5 - 6.5 - 4.0$$

$$P_{TX} = 44.65 \text{ dB}_m$$

$$P_{TX} = 29,174 \text{ mW}$$

$$P_{TX} = 29.2 \text{ W.} \quad 4.109$$

4.2.20 Potencia de transmisión C^o Cayena - Sur de Juanjui (El Valle)

4.2.20.1 Frecuencia de transmisión

$$f_c = 69 \text{ MHz (canal 4) } \quad 4.110$$

4.2.20.2 Distancia C^o Cayena - El Valle

$$d = 32 \text{ Kmts.}$$

4.2.20.3 Atenuación en el espacio libre

Esta atenuación la obtenemos haciendo uso de la ecuación A-XI y con la ayuda de la figura 4.22 :

$$L_{\bullet} = 30.31 + 20 \log(f_c) + 20 \log(d)$$

$$L_{\bullet} = 30.31 + 20 \log(69) + 20 \log(32)$$

$$L_{\bullet} = 97.11 \text{ dB} \quad 4.111$$

4.2.20.4 Atenuación por alimentación TX

$$L_a = L_c + L_{cc} + L_d$$

$$L_a = 0.1 \times 4 + 0.03 \times 20 + 0.5$$

$$L_a = 1.5 \text{ dB} \quad 4.112$$

4.2.20.5 Ganancia de las antenas en TX y RX.

$$G_t = 6.5 \text{ dB}$$

$$G_r = 4.0 \text{ dB} \quad 4.113$$

4.2.20.6 Claridad de propagación

Para obtener esta claridad hacemos uso de la ecuación A-XVI y con la figura 4.23 :

$$h_c = (d_2/d)(h_1 - h_2) - h_{cC} + h_2 - 0.0588d_1d_2$$

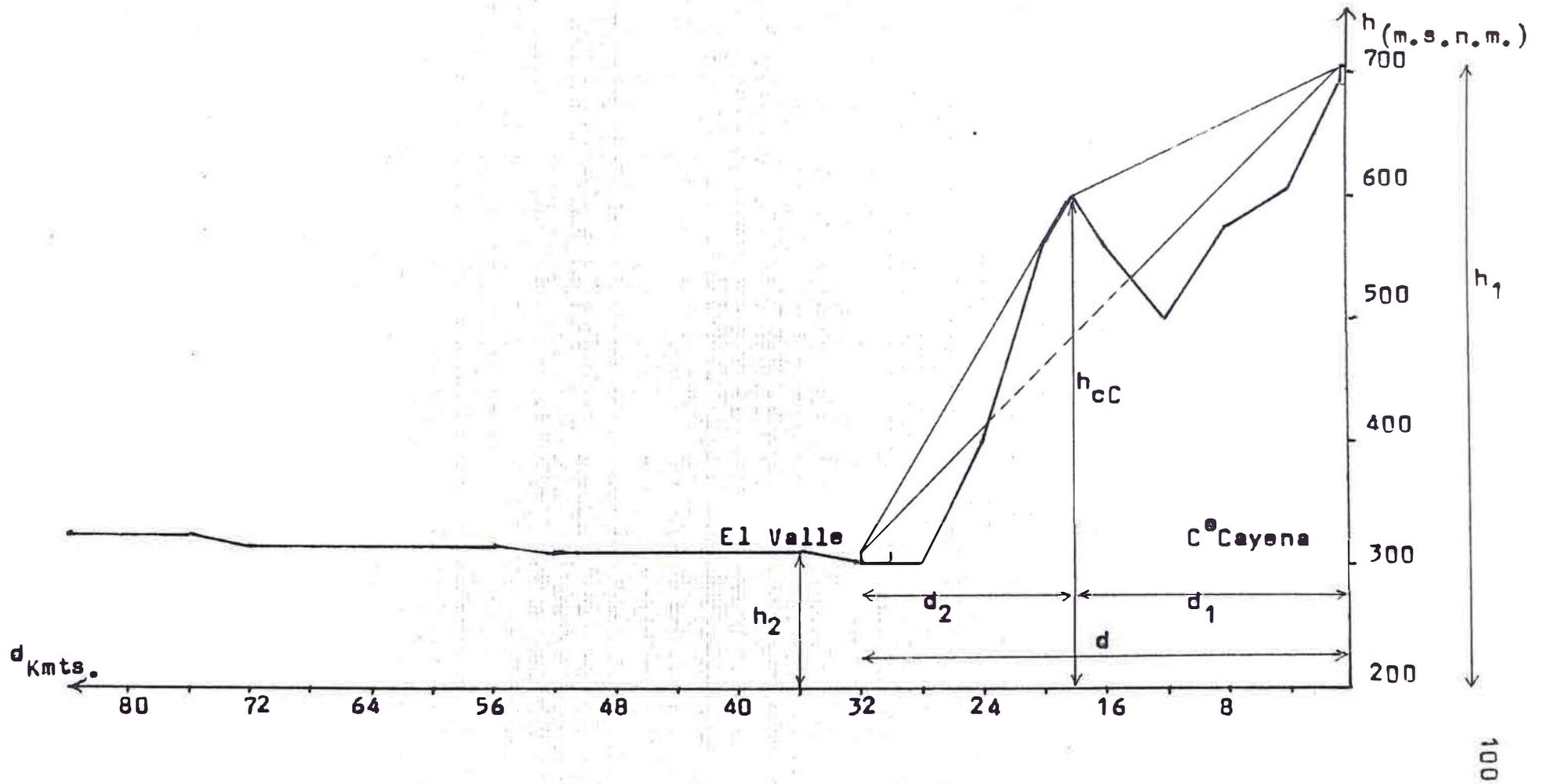
$$h_c = (14/32)(705 - 310) - 600 + 310 - 0.0588 \times 18 \times 14$$

$$h_c = -132 \text{ mts.}$$

4.2.20.7 Atenuación por difracción

Esta atenuación la obtenemos haciendo uso de la ecuación 3.34, del gráfico de la figura 3.16 y de la figura 4.23 :

Figura 4.23 : Perfil del enlace C^o Cayena - El Valle



$$v = h_c \left(\frac{2}{\lambda} \left(\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} \right) \right)^{1/2}$$

$$v = 132 \left(\frac{2}{4.35} \left(\frac{1}{18} + \frac{1}{14} \right) \right)^{1/2} \times 1/3162$$

$$v = 1.01$$

$$L_D = 14 \text{ dB}$$

4.115

4.2.20.8 Potencia de transmisión

$$P_{TX} = P_{RX} + L_e + L_a + L_D - G_t - G_r$$

$$P_{TX} = -54.8 + 97.11 + 1.5 + 14 - 6.5 - 4.0$$

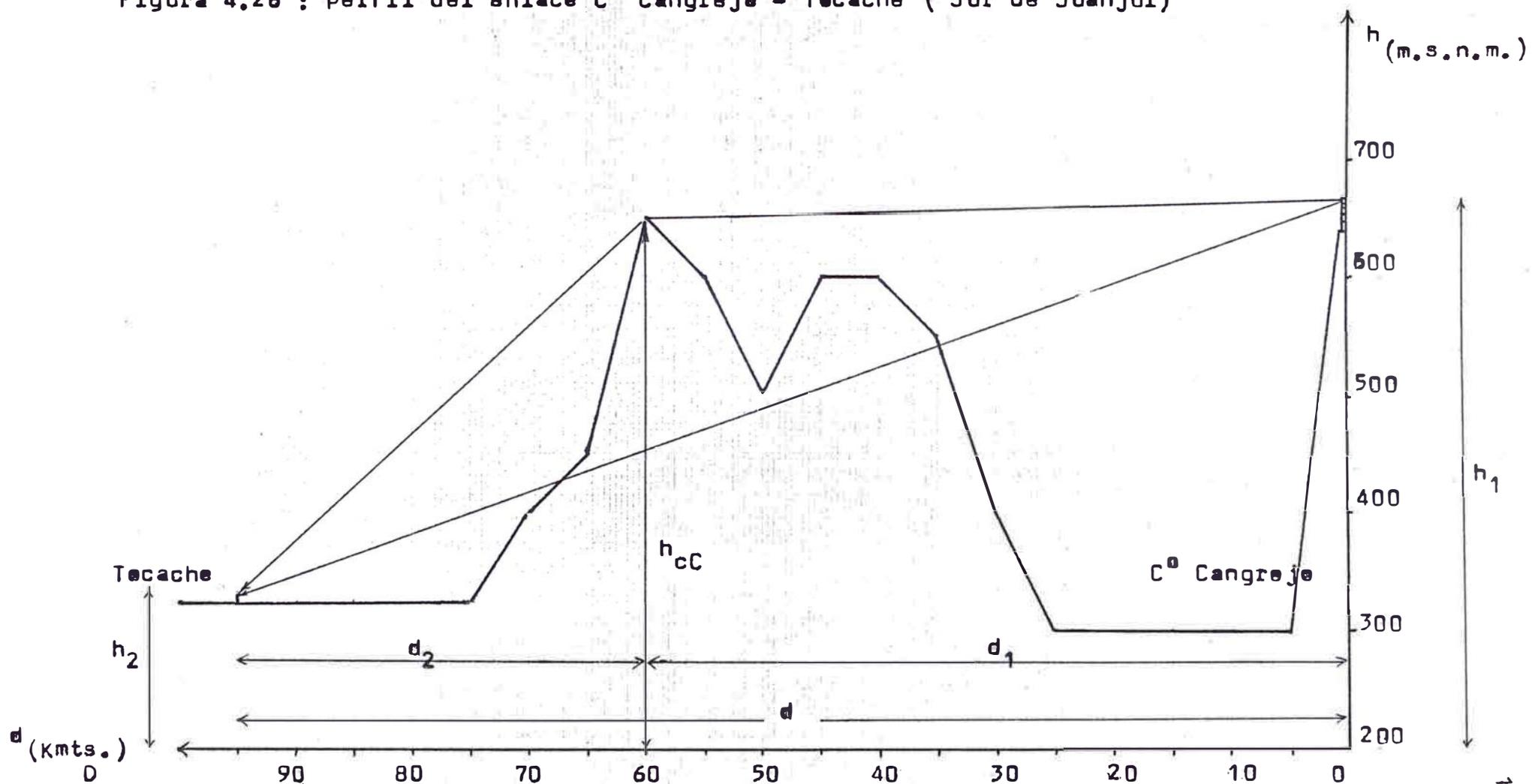
$$P_{TX} = 47.41 \text{ dB}_m$$

$$P_{TX} = 55,081 \text{ mW}$$

$$\underline{P_{TX} = 55 \text{ W.}}$$

4.116

Figura 4.26 : Perfil del enlace C^o Cangrejo - Tecache (Sur de Juanjui)



4.2.21 Potencia de transmisión Cerro Cangrejo - Valle del Huallabamba.

4.2.21.1 Frecuencia de transmisión

Para este sistema alternativo se ha designado como canal de transmisión a toda la zona del Huallaga Central el canal 4 :

$$f_c = 69 \text{ MHz} \quad 4.117$$

4.2.21.2 Distancia C^o Cangrejo-Pachiza

Para obtener esta distancia hacemos uso de la figura 4.24 :

$$d = 10 \text{ Kmts.} \quad 4.118$$

4.2.21.3 Atenuación en el espacio libre

Para obtener esta distancia hacemos uso de la ecuación A-XI y las ecuaciones 4.117 y 4.118 :

$$\begin{aligned} L_o &= 30.31 + 20\log(f_c) + 20\log(d) \\ L_o &= 30.31 + 20\log(69) + 20\log(10) \\ L_o &= 87.10 \text{ dB} \end{aligned} \quad 4.119$$

4.2.21.4 Atenuación por alimentación en TX.

$$\begin{aligned} L_a &= L_{cc} + L_c + L_d \\ L_a &= 0.03 \times 40 + 0.1 \times 4 + 0.5 \\ L_a &= 2,1 \text{ dB} \end{aligned} \quad 4.120$$

4.2.21.5 Ganancia de las antenas en TX y RX

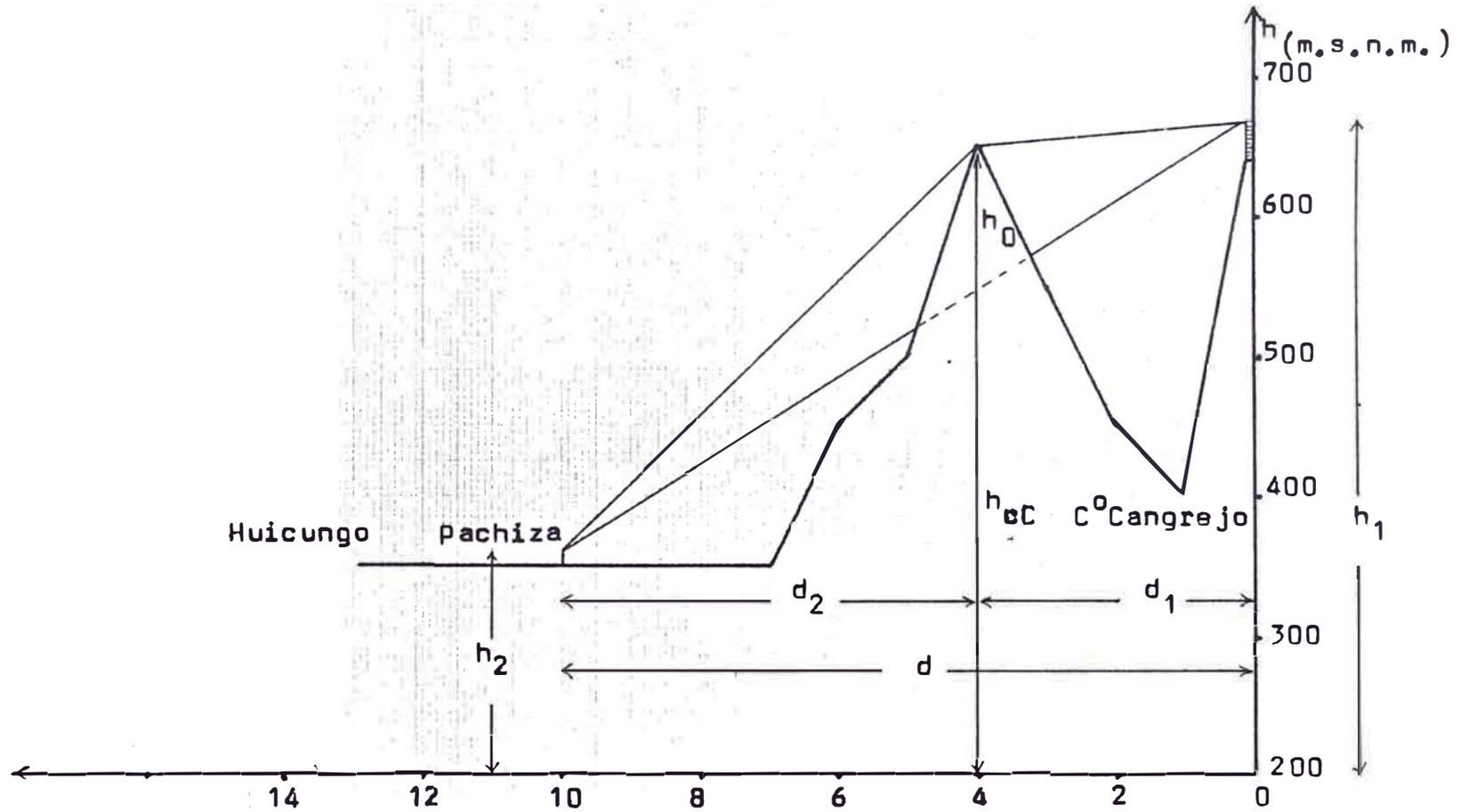
$$\begin{aligned} G_t &= 6.9 \text{ dB} \\ G_r &= 4.0 \text{ dB} \end{aligned} \quad 4.121$$

4.2.21.6 Altura del obstáculo

Para obtener esta altura hacemos uso de la ecuación A-XVI y de la figura 4.24 :

$$\begin{aligned} h_c &= (d_2/d)(h_1 - h_2) - h_{cc} + h_2 - 0.0588d_1d_2 \\ h_c &= (6/10)(670 - 360) - 650 + 360 - 0.0588 \times 4 \times 6 \\ h_c &= -105.4 \text{ mts} , \quad h_0 = 105.4 \text{ mts} \end{aligned} \quad 4.122$$

Figura 4.24 : Perfil del enlace C° Cangrejo-Valle del Huallabamba (Pachiza)



4.2.21.7 Atenuación por difracción

Para obtener esta atenuación hacemos uso de la ecuación 3,34, del gráfico de la figura 3.16 y de la figura 4.24 :

$$v = h_0 \left((2/\lambda)(1/d_1 + 1/d_2) \right)^{1/2}$$

$$v = 105.4 \left((2/4.35)(1/4 + 1/6) \right)^{1/2} \times (1/31.62)$$

$$v = 1.46$$

$$L_D = 16.5 \text{ dB.} \quad 4.123$$

4.2.21.8 potencia de transmisión requerida

$$P_{TX} = P_{RX} + L_o + L_a + L_D - G_t - G_r$$

$$P_{TX} = -54.8 + 87.10 + 2.10 + 16.5 - 6.9 - 4.0$$

$$P_{TX} = 40 \text{ dB}_m$$

$$P_{TX} = 10,000 \text{ mW}$$

$$P_{TX} = 10 \text{ W.} \quad 4.124$$

=====

4.2.22 potencia de transmisión Cerro Cangrejo-Valle del Huallabamba (Shepte)

4.2.22.1 Frecuencia de transmisión y distancia

$$f_c = 69 \text{ MHz} \quad 4.125$$

$$d = 35 \text{ Kmts.} \quad 4.126$$

4.2.22.3 Atenuación en el espacio libre

$$L_o = 30.31 + 20\log(f_c) + 20\log(d)$$

$$L_o = 30.31 + 20\log(69) + 20\log(35)$$

$$L_o = 97.97 \text{ dB} \quad 4.127$$

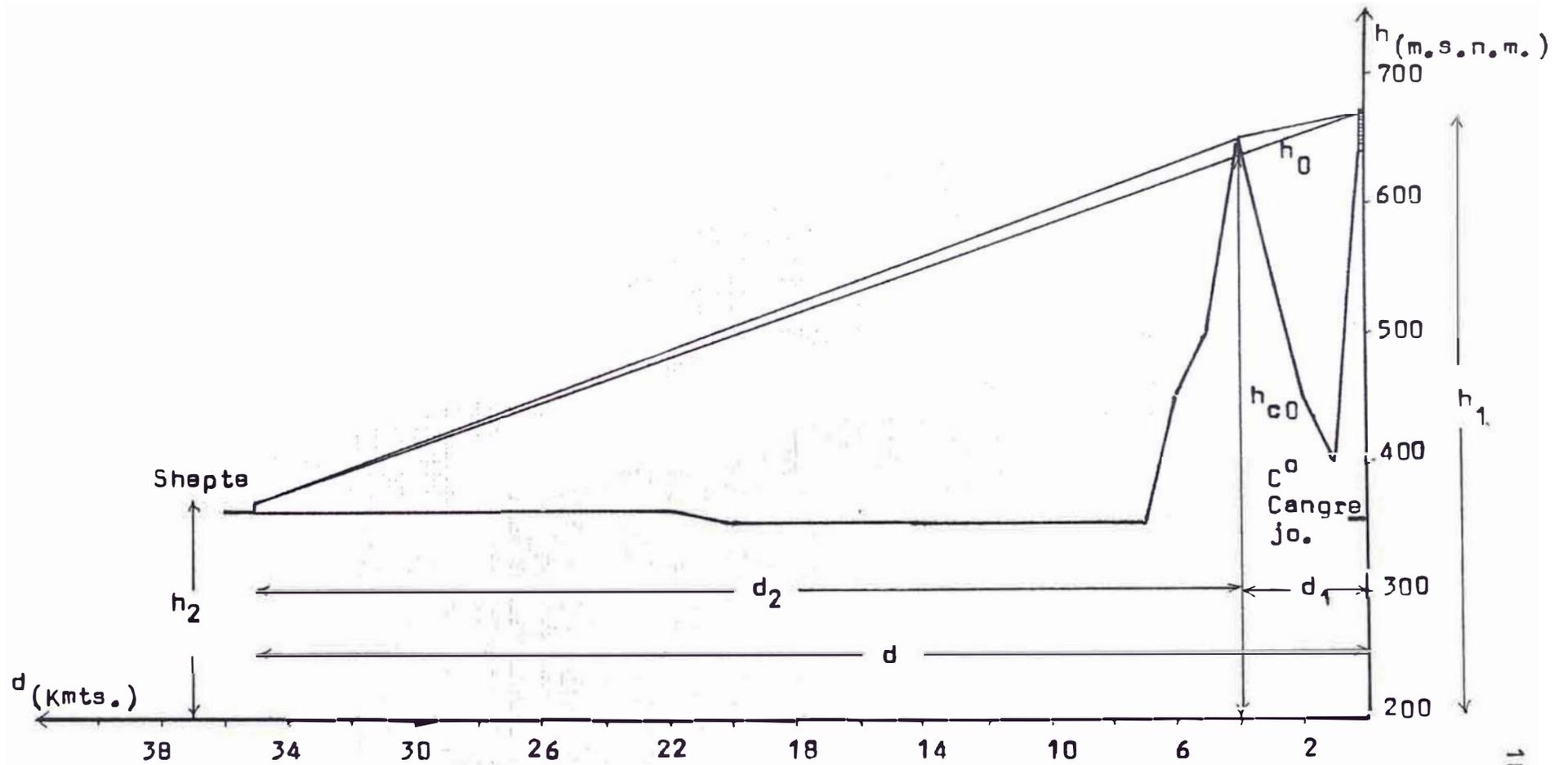
4.2.22.4 Atenuación por alimentación

$$L_a = L_{cc} + L_c + L_d$$

$$L_a = 0.03 \times 40 + 0.1 \times 4 + 0.5$$

$$L_a = 2.1 \text{ dB} \quad 4.128$$

Figura 4.25 : perfil del enlace C^o Cangrejo-Valle Huallabamba (Shepte)



4.2.22.5 Ganancia de las antenas en Tx y RX

$$G_t = 6.9 \text{ dB}$$

$$G_r = 4.0 \text{ dB} \quad 4.129$$

4.2.22.6 Altura del obstáculo

$$h_c = (d_2/d)(h_1 - h_2) - h_{cc} + h_2 - 0.0588d_1d_2$$

$$h_c = (31/35)(670 - 370) - 650 + 370 - 0.0588 \times 4 \times 31$$

$$h_c = -21.6 \text{ mts.}, \quad h_0 = 21.6 \text{ mts.} \quad 4.130$$

4.2.22.7 Atenuación por difracción

$$v = (h_0^2 (2/\lambda) (1/d_1 + 1/d_2))^{1/2}$$

$$v = h_0 ((2/4.35) (1/4 + 1/31))^{1/2} \times (1/31.62)$$

$$v = 0.24$$

$$L_D = 8.2 \text{ dB} \quad 4.131$$

4.2.22.8 Potencia de transmisión requerida

$$P_{TX} = P_{RX} + L_o + L_a + L_D - G_t - G_r$$

$$P_{TX} = -54.8 + 97.97 + 2.1 + 8.2 - 6.9 - 4.0$$

$$P_{TX} = 42.57 \text{ dB}_m$$

$$P_{TX} = 18,071.7$$

$$P_{TX} = 18.1 \text{ W.} \quad 4.132$$

=====

4.2.23 Potencia de transmisión C⁰ Cangrejo - Tocache

4.2.23.1 Frecuencia de transmisión y distancia

$$f_c = 69 \text{ MHz} \quad 4.133$$

$$d = 95 \text{ Kmts.} \quad 4.134$$

4.2.23.3 Atenuación en el espacio libre

$$L_o = 30.31 + 20 \log(f_c) + 20 \log(d)$$

$$L_o = 30.31 + 20 \log(69) + 20 \log(95)$$

$$L_o = 106.64 \text{ dB} \quad 4.135$$

4.2.23.4 Atenuación por alimentación en TX.

$$L_a = L_{cc} + L_c + L_d$$

$$L_a = 0.03 \times 40 + 0.1 \times 4 + 0.5$$

$$L_a = 2.1 \text{ dB} \quad 4.136$$

4.2.23.5 Ganancia de las antenas en TX y RX

$$G_t = 6.9 \text{ dB}$$

$$G_r = 4.0 \text{ dB} \quad 4.137$$

4.2.23.6 Altura del obstáculo

$$h_c = (d_2/d)(h_1 - h_2) - h_{cc} + h_2 - 0.0588d_1d_2$$

$$h_c = (35/95)(670 - 335) - 650 + 335 - 0.0588 \times 60 \times 35$$

$$h_c = -315 \text{ mts.}, h_0 = 315 \text{ mts.} \quad 4.138$$

4.2.23.7 Atenuación por difracción

$$v = h_0 \left((2/\lambda)(1/d_1 + 1/d_2) \right)^{1/2}$$

$$v = 315 \left((2/4.35)(1/60 + 1/35) \right)^{1/2} \times (1/31.62)$$

$$v = 1.44$$

$$L_D = 16.5 \text{ dB} \quad 4.139$$

4.2.23.8 Potencia requerida

$$P_{TX} = P_{RX} + L_e + L_a + L_D - G_t - G_r$$

$$P_{TX} = -54.8 + 106.64 + 2.1 + 16.5 - 6.9 - 4.0$$

$$P_{TX} = 59.54 \text{ dB}_m$$

$$P_{TX} = 899,497 \text{ mW.}$$

$$P_{TX} = 900 \text{ W.} \quad 4.140$$

=====

4.2.24 potencia de transmisión C^o Cangrejo - Valle del Biabo (Cusco Nuevo)

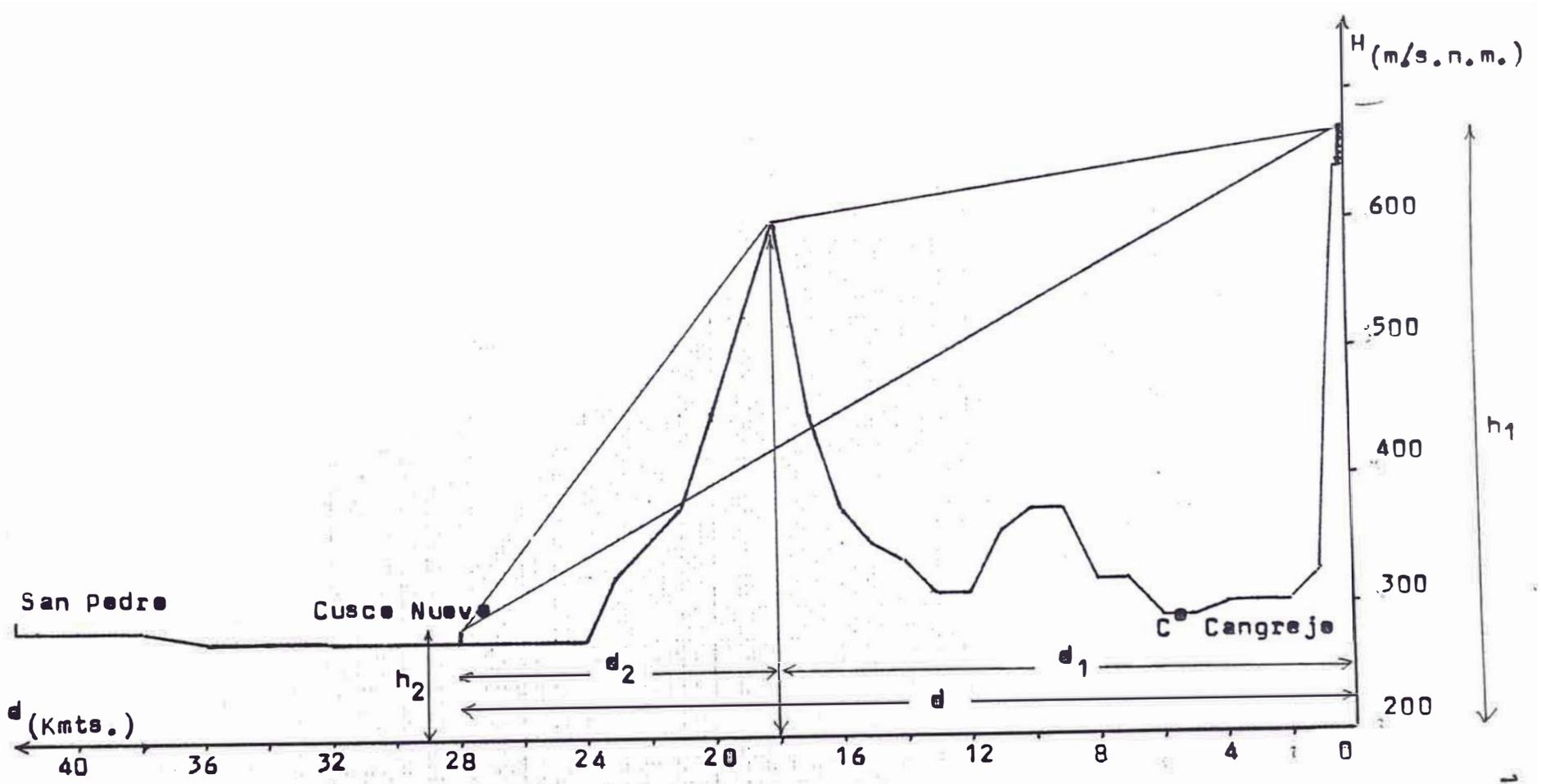
4.2.24.1 Frecuencia de transmisión

$$f_c = 69 \text{ MHz} \quad 4.141$$

4.2.24.2 Distancia C^o Cangrejo - Cusco Nuevo

$$d = 28 \text{ Kmts.} \quad 4.142$$

Figura 4.27 : perfil del enlace C° Cangrejo - Cusco Nuevo (Valle del Biabo)



4.2.24.3 Atenuación en el espacio libre

$$L_{\bullet} = 30.31 + 20 \log(f_c) + 20 \log(d)$$

$$L_{\bullet} = 30.31 + 20 \log(69) + 20 \log(28)$$

$$L_{\bullet} = 96.03 \text{ dB} \quad 4.143$$

4.2.24.4 Atenuación por alimentación en TX

$$L_a = L_{cc} + L_c + L_d$$

$$L_a = 0.03 \times 40 + 0.1 \times 4 + 0.5$$

$$L_a = 2.1 \text{ dB} \quad 4.144$$

4.2.24.5 Ganancia de las antenas en TX y RX

$$G_t = 6.9 \text{ dB}$$

$$G_r = 4.0 \text{ dB} \quad 4.145$$

4.2.24.6 Altura del obstáculo

$$h_C = (d_2/d)(h_1 - h_2) - h_{cC} + h_2 - 0.0588d_1d_2$$

$$h_C = (10/28)(670 - 285) - 600 + 285 - 0.0588 \times 18 \times 10$$

$$h_C = -188 \text{ mts.}, \quad h_0 = 188 \text{ mts.} \quad 4.146$$

4.2.24.7 Atenuación por difracción

$$v = h_0 \left((2/\lambda)(1/d_1 + 1/d_2) \right)^{1/2}$$

$$v = 188 \left((2/4.35)(1/18 + 1/10) \right)^{1/2}$$

$$v = 1.28$$

$$L_D = 16 \text{ dB} \quad 4.147$$

4.2.24.8 Potencia requerida

$$P_{TX} = P_{RX} + L_{\bullet} + L_a + L_D - G_t - G_r$$

$$P_{TX} = -54.8 + 96.03 + 2.1 + 16 - 6.9 - 4.0$$

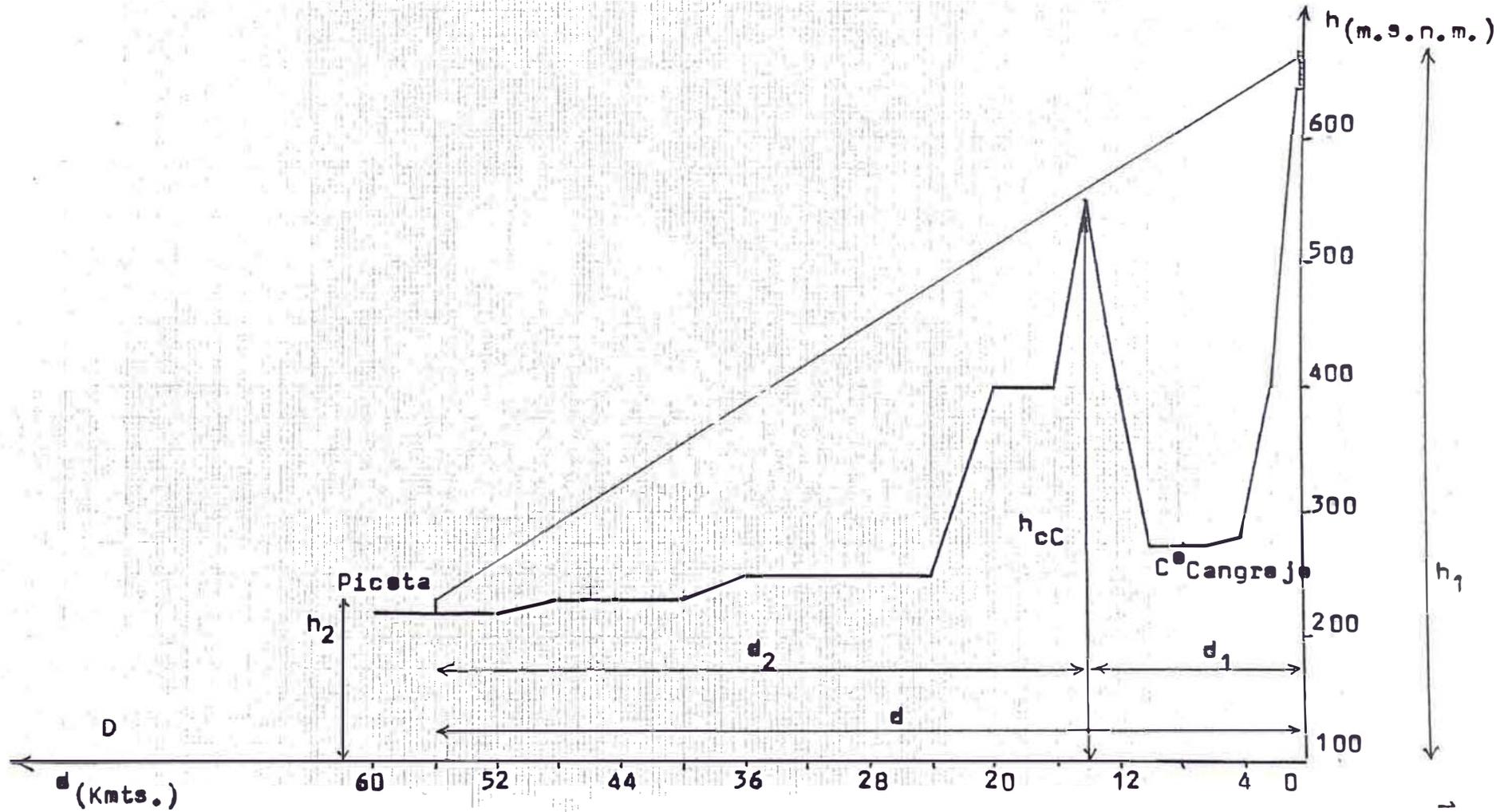
$$P_{TX} = 48.43 \text{ dB}_m$$

$$P_{TX} = 69,662 \text{ mW.}$$

$$P_{TX} = 70 \text{ W.} \quad 4.148$$

=====

Figura 4.28 : perfil del enlace C^o Cangrejo - Picota (Valle del Sisa)



4.2.25 Potencia de transmisión C^o Cangrejo-Picota

4.2.25.1 Frecuencia de transmisión

$$f_c = 69 \text{ MHz} \quad 4.149$$

4.2.25.2 Distancia C^o Cangrejo - Picota

$$d = 56 \text{ Kmts.} \quad 4.150$$

4.2.25.3 Atenuación en el espacio libre

$$L_{\theta} = 30.31 + 20 \log(f_c) + 20 \log(d)$$

$$L_{\theta} = 30.31 + 20 \log(69) + 20 \log(56)$$

$$L_{\theta} = 102.05 \text{ dB} \quad 4.151$$

4.2.25.4 Atenuación por alimentación en TX

$$L_a = L_{cc} + L_c + L_d$$

$$L_a = 0.03 \times 40 + 0.1 \times 4 + 0.5$$

$$L_a = 2.1 \text{ dB} \quad 4.152$$

4.2.25.5 Ganancia de las antenas en TX y RX

$$G_t = 6.9 \text{ dB}$$

$$G_r = 4.0 \text{ dB} \quad 4.153$$

4.2.25.6 Claridad de propagación

$$h_c = (d_2/d)(h_1 - h_2) - h_{cc} - h_2 - 0.0588d_1d_2$$

$$h_c = (42/56)(670 - 230) - 550 + 230 - 0.0588 \times 14 \times 42$$

$$h_c = -24 \text{ mts.}, h_0 = 24 \text{ mts.} \quad 4.154$$

4.2.25.7 Atenuación por difracción

$$v = h_0 \left(\frac{2}{\lambda} \left(\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} \right) \right)^{1/2}$$

$$v = 24 \left(\frac{2}{4.35} \left(\frac{1}{14} + \frac{1}{42} \right) \right)^{1/2} \times (1/31.62)$$

$$v = 0.16$$

$$L_D = 7.5 \text{ dB} \quad 4.155$$

4.2.25.8 Potencia requerida

$$P_{TX} = P_{RX} + L_{\theta} + L_a + L_D - G_t - G_r$$

$$P_{TX} = -54.8 + 102.05 + 2.1 + 7.5 - 6.9 - 4.0$$

$$P_{TX} = 45.95 \text{ dB}_m$$

$$P_{TX} = 39,355 \text{ mw.}$$

$$P_{TX} = 40 \text{ W.}$$

4.156

=====

4.2.26 Potencia de transmisión C^o Cangrejo-Sacancho

4.2.26.1 Frecuencia de transmisión

$$f_c = 69 \text{ MHz} \quad 4.157$$

4.2.26.2 Distancia C^o Cangrejo - Sacancho

$$d = 19 \text{ Kmts.} \quad 4.158$$

4.2.26.3 Atenuación en el espacio libre

$$L_{\theta} = 30.31 + 20 \log(f_c) + 20 \log(d)$$

$$L_{\theta} = 30.31 + 20 \log(69) + 20 \log(19)$$

$$L_{\theta} = 92.67 \text{ dB} \quad 4.159$$

4.2.26.4 Atenuación por alimentación en TX

$$L_a = L_{cc} + L_c + L_d$$

$$L_a = 0.03 \times 40 + 0.1 \times 4 + 0.5$$

$$L_a = 2.1 \text{ dB} \quad 4.160$$

4.2.26.5 Ganancia de las antenas en TX y RX

$$G_t = 6.9 \text{ dB}$$

$$G_r = 4.0 \text{ dB} \quad 4.161$$

4.2.26.6 Altura del obstáculo

$$h_c = (d_2/d)(h_1 - h_2) - h_{cc} + h_2 - 0.0588 d_1 d_2$$

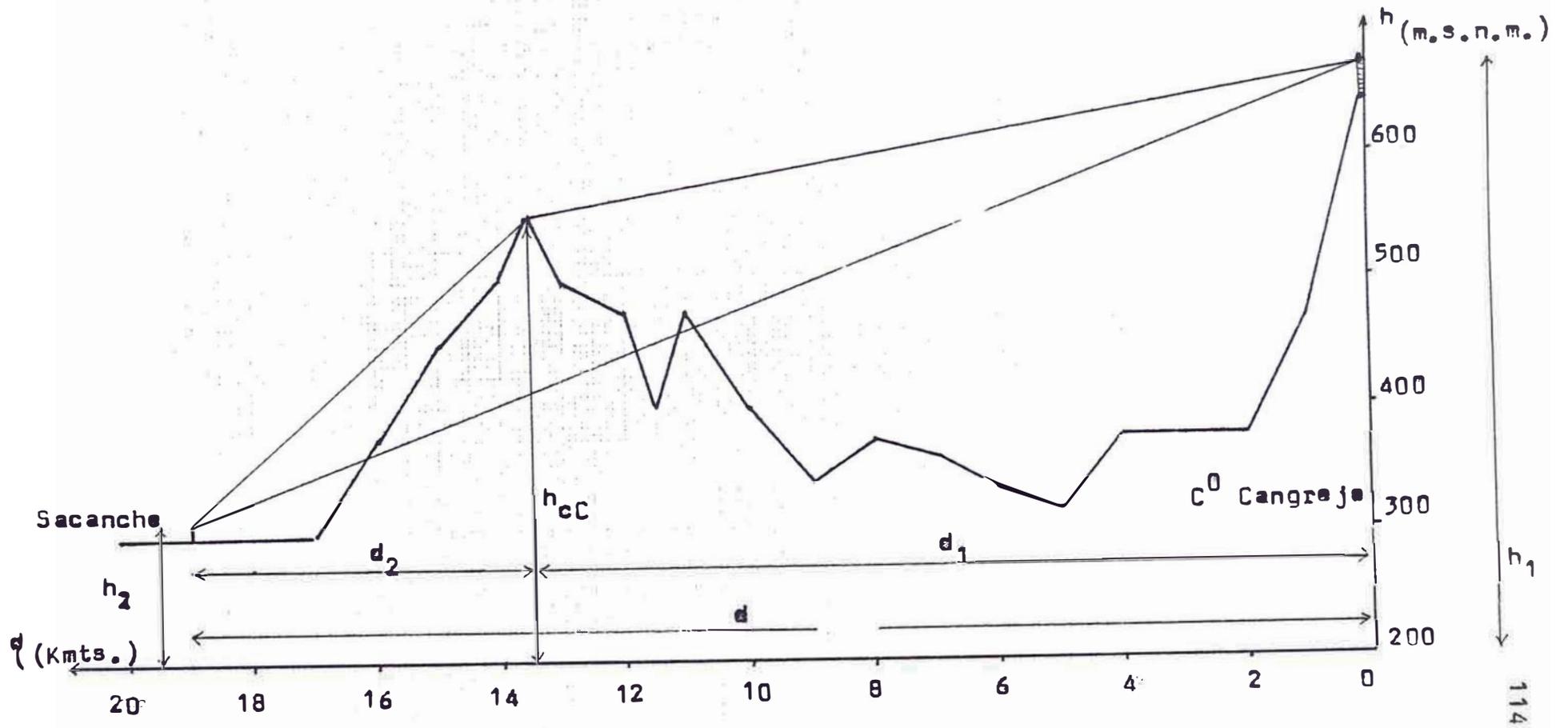
$$h_c = (5.5/19)(670-310) - 550 + 310 - 0.0588 \times 13.5 \times 5.5$$

$$h_c = -140.16 \text{ mts.} \quad , \quad h_0 = 140.16 \text{ mts} \quad 4.162$$

4.2.26.7 Atenuación por difracción

$$v = h_0 \left(\frac{2}{\lambda} \left(\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} \right) \right)^{1/2}$$

Figura 4.29 : Perfil del enlace C⁰ Cangrejo - Sacancho (Valle del Sapeosa)



$$v = 140 \left(\frac{2}{4.35} \right) \left(\frac{1}{13.5} + \frac{1}{5.5} \right)^{1/2} \left(\frac{1}{31.62} \right)$$

$$v = 1.52$$

$$L_D = 17 \text{ dB} \quad 4.163$$

4.2.26.8 Potencia requerida

$$P_{TX} = P_{RX} + L_e + L_a + L_D - G_t - G_r$$

$$P_{TX} = -54.8 + 92.67 + 2.1 + 17 - 6.9 - 4.0$$

$$P_{TX} = 46.07 \text{ dB}_m \quad 4.$$

$$P_{TX} = 40,457 \text{ mW.}$$

$$P_{TX} = 40.5 \text{ W.} \quad 4.164$$

=====

4.2.27 Potencia de transmisión C^o Cangrejo-Saposea

4.2.27.1 Frecuencia de transmisión

$$f_c = 69 \text{ MHz} \quad 4.165$$

4.2.27.2 Distancia C^o Cangrejo - Saposea

$$d = 32 \text{ Kmts.} \quad 4.166$$

4.2.27.3 Atenuación en el espacio libre

$$L_e = 30.31 + 20 \log(f_c) + 20 \log(d)$$

$$L_e = 30.31 + 20 \log(69) + 20 \log(32)$$

$$L_e = 97.19 \text{ dB} \quad 4.167$$

4.2.27.4 Atenuación por alimentación en TX

$$L_a = L_{cc} + L_c + L_d$$

$$L_a = 0.03 \times 40 + 0.1 \times 4 + 0.5$$

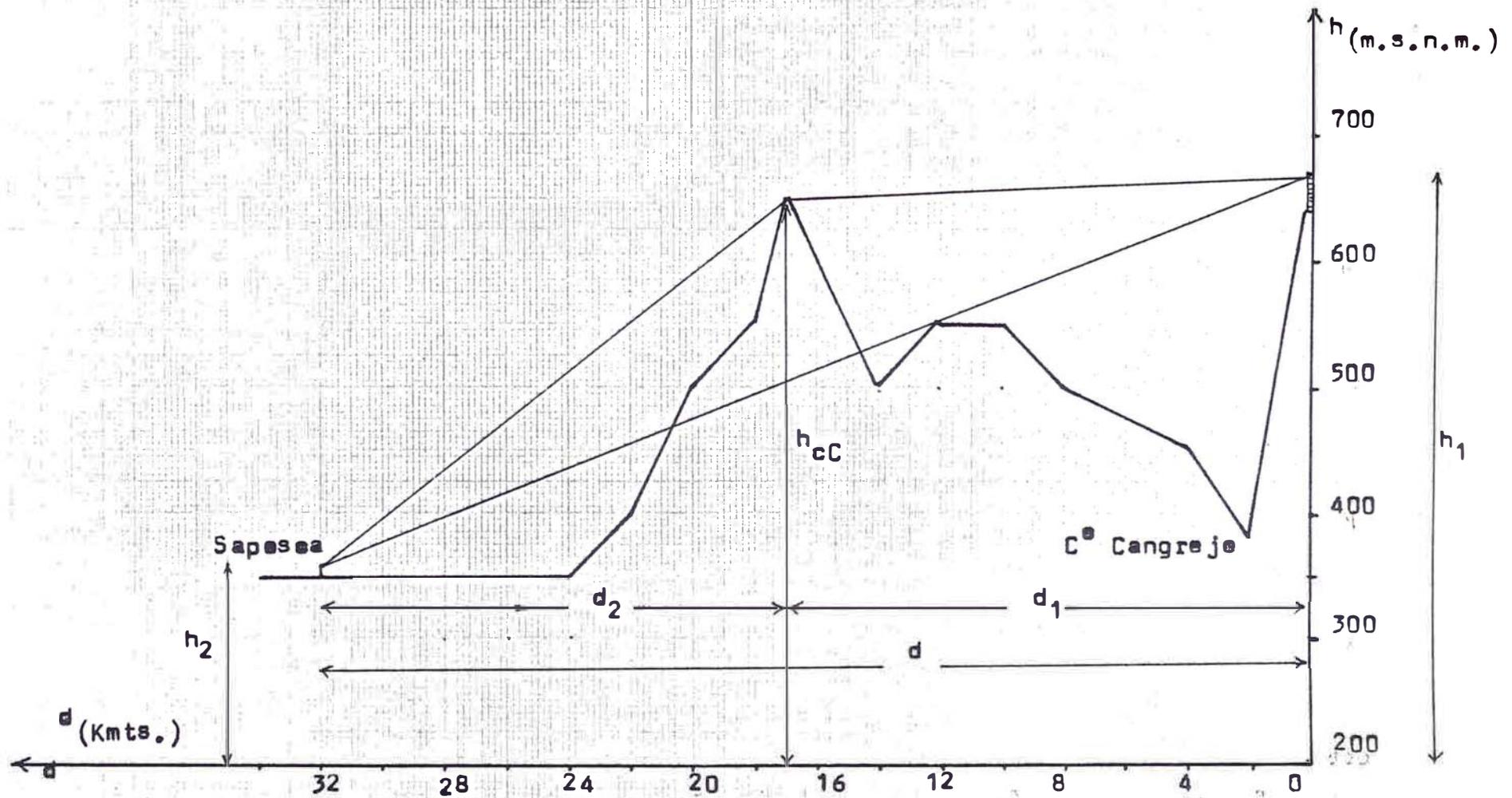
$$L_a = 2.1 \text{ dB} \quad 4.168$$

4.2.27.5 Ganancia de las antenas en TX y RX

$$G_t = 6.9 \text{ dB}$$

$$G_r = 4.0 \text{ dB} \quad 4.169$$

Figura 4.30 : Perfil del enlace C^o Cangrejo - Saposoa



4.2.27.6 Altura del obstáculo

$$h_C = (d_2/d)(h_1-h_2) - h_{cC} + h_2 - 0.0588d_1d_2$$

$$h_C = (15/32)(670-360) - 650 + 360 - 0.0588 \times 17 \times 15$$

$$h_C = -112.80 \text{ mts.}$$

$$h_0 = 112.80 \text{ mts} \quad 4.170$$

4.2.27.7 Atenuación por difracción

$$v = h_0 \left((2/\lambda) (1/d_1 + 1/d_2) \right)^{1/2}$$

$$v = 112.8 \left((2/4.35) (1/17 + 1/15) \right)^{1/2}$$

$$v = 0.86$$

$$L_D = 12.5 \text{ dB} \quad 4.171$$

4.2.27.8 Potencia requerida

$$P_{TX} = P_{RX} + L_e + L_a + L_D - G_t - G_r$$

$$P_{TX} = -54.8 + 97.19 + 2.1 + 12.5 - 6.9 - 4.0$$

$$P_{TX} = 46.09 \text{ dB}_m$$

$$P_{TX} = 40,644 \text{ mW.}$$

$$P_{TX} = 40.7 \text{ W.} \quad 4.172$$

=====

4.2.28 potencia de transmisión C^o Pulcache - El Valle

4.2.28.1 Frecuencia de transmisión

$$f_c = 85 \text{ MHz} \quad 4.173$$

4.2.28.2 Distancia C^o pulcache - El Valle

$$d = 26 \text{ Kmts.} \quad 4.174$$

4.2.28.3 Atenuación en el espacio libre

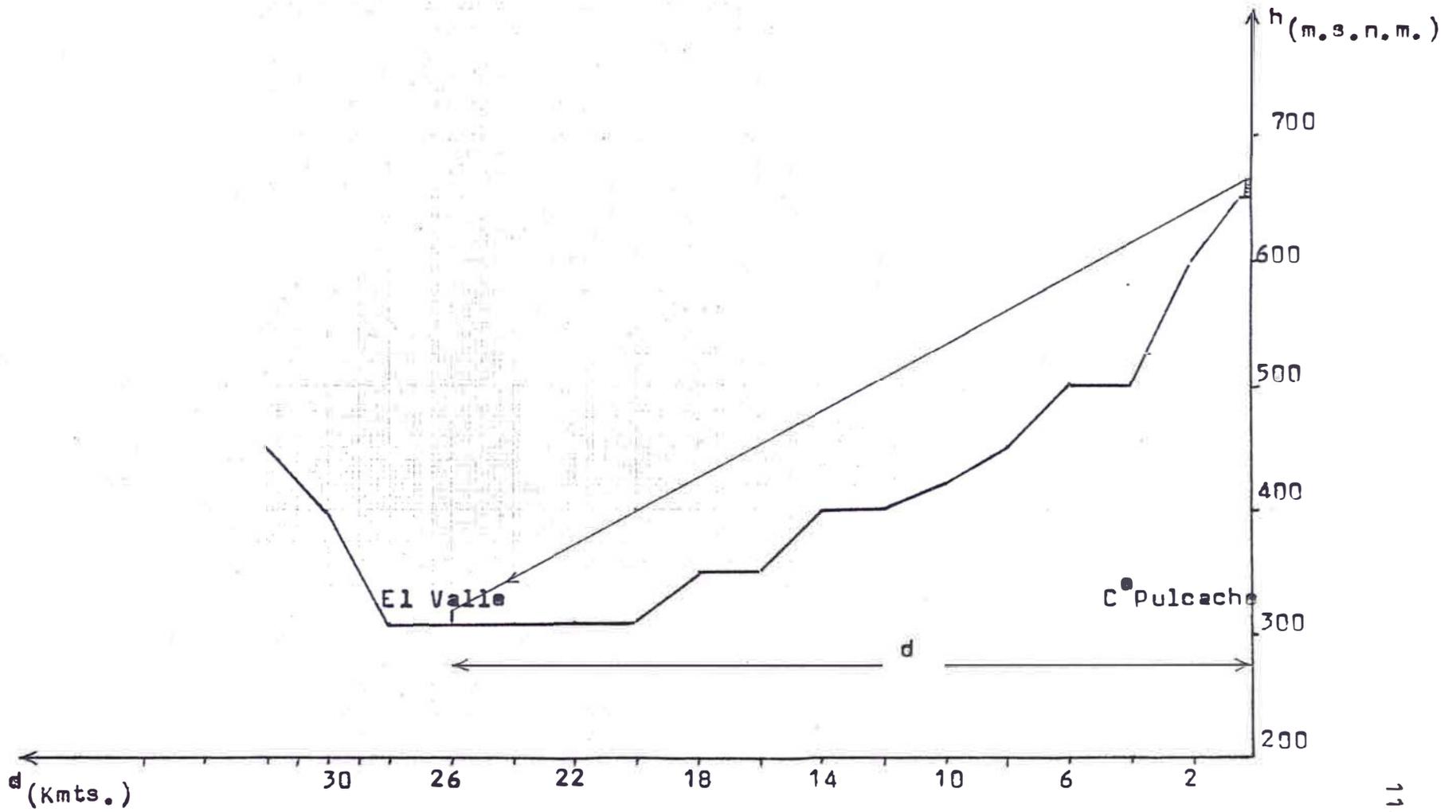
$$L_e = 30.31 + 20 \log(f_c) + 20 \log(d)$$

$$L_e = 30.31 + 20 \log(85) + 20 \log(26)$$

$$L_e = 97.2 \text{ dB} \quad 4.175$$

4.2.28.4 Ganancia de las antenas en TX y RX

Figura 4.31 : Perfil del enlace C^o Pulcacho - El Valle (Sur de Juanjui)



$$G_t = 6.5 \text{ dB}$$

$$G_r = 4.0 \text{ dB} \quad 4.176$$

4.2.28.5 Atenuación por alimentación

$$L_a = L_{cc} + L_c + L_d$$

$$L_a = 0.03 \times 20 + 0.1 \times 4 + 0.5$$

$$L_a = 1.5 \text{ dB} \quad 4.177$$

4.2.28.6 Potencia de transmisión para el enlace C^o pulcacho - El Valle

$$P_{TX} = P_{RX} + L_e + L_a - G_t - G_r$$

$$P_{TX} = -54.8 + 97.2 + 1.5 - 6.5 - 4.0$$

$$P_{TX} = 33.4 \text{ dB}_m$$

$$P_{TX} = 2,188 \text{ mW.}$$

$$\underline{P_{TX} = 2.2 \text{ W.}} \quad 4.178$$

4.2.29 Resumen del cálculo de propagación

4.2.29.1 Potencia requerida para el sistema propuesto

El cuadro 4.5 muestra un resumen de las potencias obtenidas desde cada punto transmisor o retransmisor hacia las direcciones de necesidad, para luego determinar una potencia de referencia que nos permitirá calcular la potencia necesaria en cada Transmisor o Retransmisor.

4.2.29.2 Potencia requerida para el sistema alternativo.

El cuadro 4.6 muestra un resumen de las potencias obtenidas para los enlaces desde el C^o Cangrejo hacia los Valles del Huallabamba, Biabo, Sisa, Saposea y al sur de Juanjui, para luego determinar la potencia de referencia que nos permitirá calcular la potencia

Cuadro 4.5 : Resumen de las potencias obtenidas para el sistema propuesto

Enlace	Dirección	Potencia obtenida	Potencia asignada (Parcial)	Potencia asignada (Total)	Potencia del T. o RT.
T. Juanjui - Juanjui	Nor oeste	0.40 W.	0.65 W.		
T. Juanjui - Cerro Biabo	Nor este	0.50 W.	0.65 W.		
T. Juanjui - Juanjui	Este	0.40 W.	0.65 W.		
T. Juanjui - Cerro Cayena	Sur	0.65 W.	0.65 W.	2.60 W.	5.00 W.
RT. C ^o Cayena- C ^o Pulcacho	Sur	1.50 W.	1.50 W.		
RT. C ^o Cayena- V. Huallabamba	Oeste	1.15 W.	1.50 W.		
RT. C ^o Cayena- Campanilla	Sur este	1.15 W.	1.50 W.	4.50 W.	10.00 W.
RT. C ^o Pulcacho - Tecacho	Sur	3.20 W.	3.20 W.		
RT. C ^o Pulcacho - El Valle	Oeste	2.20 W.	3.20 W.	6.40 W.	10.00 W.
RT. C ^o Biabo - C ^o Sacanche	Nor oeste	0.50 W.	1.75 W.		
RT. C ^o Biabo - Valle Sisa	Norte	1.40 W.	1.75 W.		
RT. C ^o Biabo - Valle Biabo	Sur este	0.90 W.	1.75 W.		
RT. C ^o Biabo - Picota	Nor este	1.75 W.	1.75 W.	7.00 W.	10.00 W.
RT. C ^o Sacanche - Sacanche	Sur	0.35 W.	1.10 W.		
RT. C ^o Sacanche - Eslabón	Oeste	0.35 W.	1.10 W.		
RT. C ^o Sacanche - Sapesoa	Nor oeste	1.10 W.	1.10 W.	3.30 W.	5.00 W.

Cuadro 4.6 : Resumen de las potencias obtenidas y asignadas para el sistema alternativo

ENLACE	DIRECCION	POTENCIA OBTENIDA	POTENCIA ASIGNADA (PARCIAL)	POTENCIA ASIGNADA (TOTAL)	POTENCIA DEL RETRANSMISOR
C ^o Cangrejo-Valle Huallabamba	Sur-Oeste	18.1 W.	75.0 W.		
C ^o Cangrejo-Valle Saposoa	Norte	40.7 W.	75.0 W.		
C ^o Cangrejo-Valle Sisa	Nor-Este	40.0 W.	75.0 W.		
C ^o Cangrejo-Valle Biabo	Este	70.0 W.	75.0 W.		
C ^o Cangrejo-Tocache	Sur	900.0 W.	900.0 W.	1,200 W.	2 KW.

cia necesaria en el Retransmisor ubicado en el C^o Cangrejo (7 Kmts. al sur oeste de Juanjui).

4.3 Configuración del sistema de televisión

4.3.1 Introducción

La configuración del sistema de televisión propuesto para la zona del Huallaga Central será expuesto en base al cuadro 4.5, ya que el sistema alternativo por la potencia excesiva con respecto al propuesto, no resulta práctica su implementación por dos razones principales la primera su elevado costo y segunda porque dejaríamos de aprovechar el retransmisor existente en el C^o Cangrejo que es de 50 W., el cual sí sería aprovechable en el sistema propuesto.

La potencia que tendría el transmisor principal ubicado en la ciudad de Juanjui, sería de 5 W. e igual potencia tendría el retransmisor ubicado en el C^o Saucancho, los retransmisores ubicados en los C^{os} Cayana, Pulcacho y Biabe serían de 10 W. cada uno, ambas potencias tienen un margen de 50% de resguardo, como se puede observar en el cuadro 4.5.

La retransmisión de los programas de televisión provenientes de la ciudad de Lima, a través de la Estación Terrena de Juanjui, sería complementada por programas producidas en una Central de Televisión ubicada en la ciudad de Juanjui, con el propósito de complementar el acontecer nacional y mundial con el acontecer local, así como también propiciar la facilidad de este medio a los sectores de Educación, Salud, Agricultura y otros, para que desarrollen programas que permitan elevar el nivel técnico, cultural y social de sus respectivos sectores a nivel de todo el Huallaga Central.

4.3.2 Transmisor de televisión

4.3.2.1 Especificaciones técnicas

- Norma de TV : " M " - NTSC
- Tipo de emisión : Video ASC
Audio F3
- Potencia de salida : 5 W.
- Canal de operación : Canal 2, Banda I-VHF
- Relación de potencia Video/audio : 5/1
- Estabilidad de frecuencia de port. : ± 150 Hz/mes
- Impedancia de sal. : 50 Ohms, desbalanc.
- Impedancia de ent. : 75 Ohms, desbalanc.
- Nivel de entrada : Video 0.7 V.
Audio ± 10 dB_m
- Imp. de ent. audio : 600 Ohms balanceado
- Ruido en AM : -52 dB
- Ruido en FM : -60 dB
- Tropicalización : Temp. -10 a 45 °C
Humedad 95 %
Altitud 1000 m.s.n.m.
- Energía : 220 V. AC ± 20 %
60 Hz, monofásico

4.3.2.2 Diagrama de bloques

La figura 4.32 muestra el diagrama de bloques de un transmisor de televisión

cia necesaria en el Retransmisor ubicado en el C^o Cangrejo (7 Kmts. al sur oeste de Juanjui).

4.3 Configuración del sistema de televisión

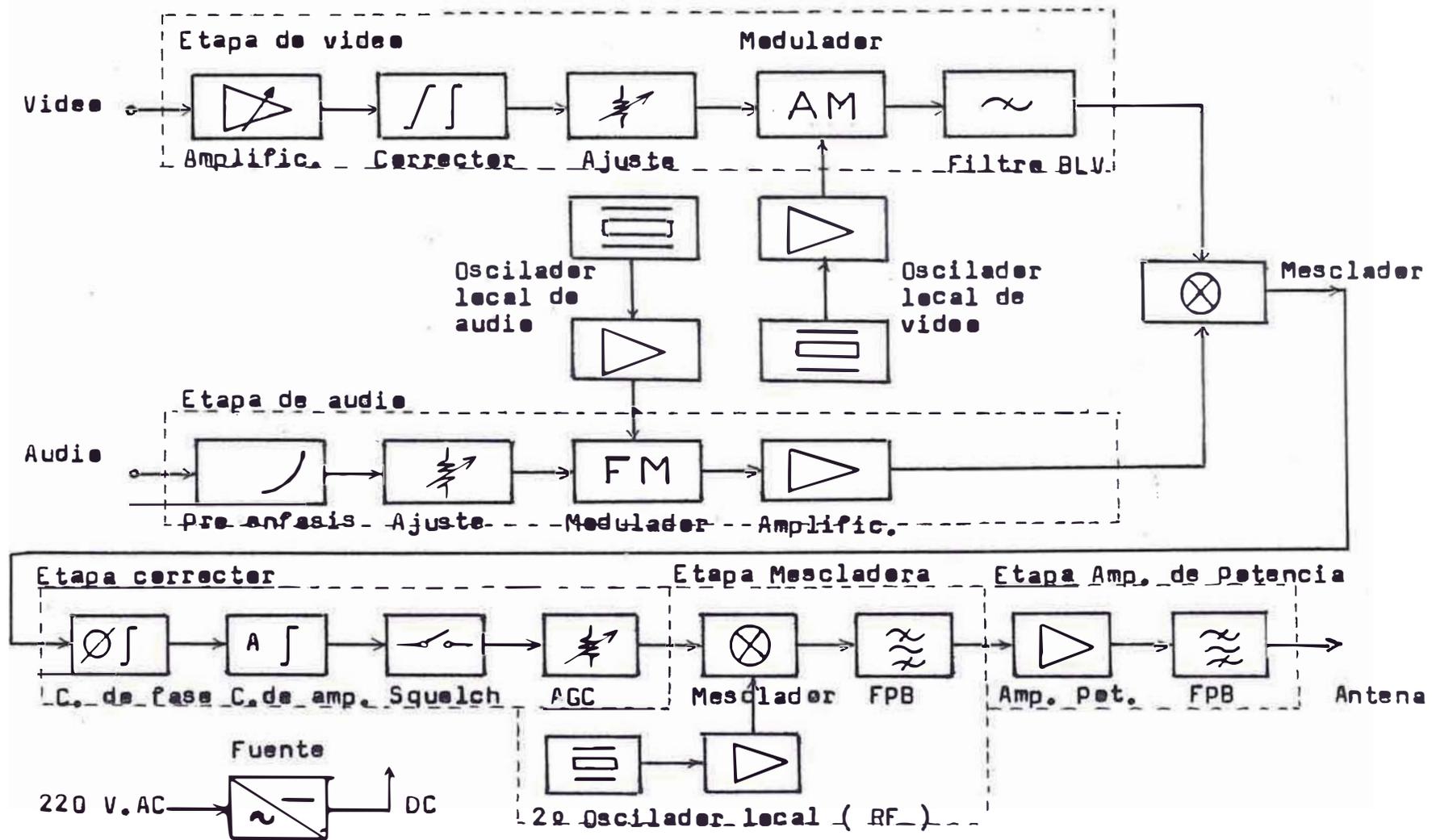
4.3.1 Introducción

La configuración del sistema de televisión propuesto para la zona del Huallaga Central será expuesto en base al cuadro 4.5, ya que el sistema alternativo por la potencia excesiva con respecto al propuesto, no resulta práctico su implementación por dos razones principales la primera su elevado costo y segunda porque dejaríamos de aprovechar el retransmisor existente en el C^o Cangrejo que es de 50 W., el cual sí sería aprovechable en el sistema propuesto.

La potencia que tendría el transmisor principal ubicado en la ciudad de Juanjui, sería de 5 W. e igual potencia tendría el retransmisor ubicado en el C^o Sacanche, los retransmisores ubicados en los C^{os} Cayena, Pulcacho y Biabo serían de 10 W. cada uno, ambas potencias tienen un margen de 50% de resguardo, como se puede observar en el cuadro 4.5.

La retransmisión de los programas de televisión provenientes de la ciudad de Lima, a través de la Estación Terrena de Juanjui, sería complementada por programas producidas en una Central de Televisión ubicada en la ciudad de Juanjui, con el propósito de complementar el acontecer nacional y mundial con el acontecer local, así como también propiciar la facilidad de este medio a los sectores de Educación, Salud, Agricultura y otros, para que desarrollen programas que permitan elevar el nivel técnico, cultural y social de sus respectivos sectores a nivel de todo el Huallaga Central.

Figura 4.32 : Diagrama de bloques de un transmisor de televisión



4.3.3 Retransmisor de televisión

4.3.3.1 Especificaciones técnicas

- Norma de televisión : "M" - NTSC
- Nivel de entrada : 0.2 a 10.0 mV.
- Impedancia de entrada y de salida : 50 Ohms desbal.
- pérdida del retorno : Más que 20 dB
- Respuesta de frec. : Menor que ± 0.75 dB
(-1.25 a +4.75 MHz)
- Característica AGC : Variación de la potencia de salida menor que ± 1 dB con variación de +14 dB y -20 dB alrededor del nivel de entrada de: 0.35 mV @ 51 dB_{UV}.
- Intermodulación : Menor que -51 dB
- Relación S/N : Más que 50 dB
- Ganancia diferencial: Menor que 0.3 dB
- Fase diferencial : Menor que $\pm 5^\circ$
- Retarde de grupo : Menor que 50 nSeg.
(-0.75 a +4 MHz)
con respecto a la frecuencia de portadora de video.

- Estabilidad de la
frecuencia local : Menor que 500 Hz.
- Potencia de salida: 10 Watts
- Radiación espúrea : Menor que -70 dB
- Energía : 220 V. AC \pm 20 %
60 Hz.
- Tropicalización : Temperatura
-10 °C a +45 °C
Humedad 95 %
Altitud 1000m.s.n.m.

4.3.3.2 Diagrama de bloques

La figura 4.33 muestra el diagrama de bloques de un retransmisor de televisión, como el que se usaría en las casetas de retransmisión en los Cerros Cayena, Pulcache, Biabo, y Sacanche.

4.3.4 Antenas de recepción

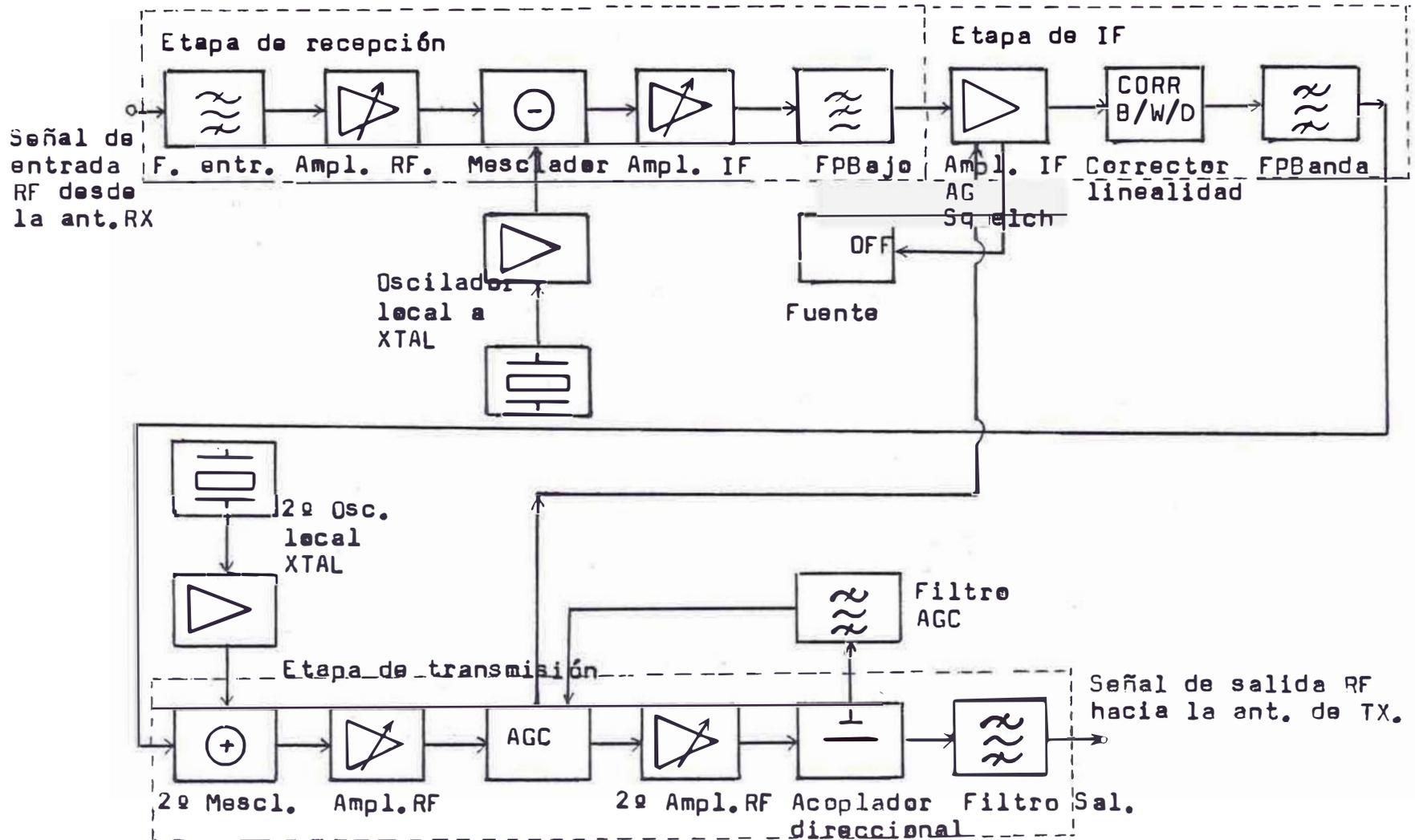
4.3.4.1 Especificaciones técnicas para la antena en el Cerro Cayena

- Frecuencia : 54 - 60 MHz (canal 2)
- Patrón de radiación : Unidireccional (Norte)
- Ganancia : 5.3 dB
- Tipo de antena : Yagi de 4 elementos
- Ancho de haz horiz. : \pm 30 grados
- Polarización : Horizontal
- Impedancia : 50 Ohms desbalanceado
- V.S.W.R. : Mejor que 1.2
- Protección : Contra la corrosión, el viento y la lluvia
- Ubicación : 76°44'15" Long. Oeste
7°18'10" Latitud Sur
- Altitud : 705 m.s.n.m.

4.3.4.2 Especificaciones técnicas para la antena en el Cerro Pulcache

- Frecuencia : 66 - 72 MHz (canal 4)

Figura 4.33 : Diagrama de bloques de un retransmisor de televisión



- Patrón de radiación : Unidireccional (Norte)
- Ganancia : 9.1 dB
- Tipo de antena : Yagi de 10 elementos
- Ancho de haz horiz. : \pm 30 grados
- Polarización : Horizontal
- Impedancia : 50 Ohms desbalanceado
- V.S.W.R. : Mejor que 1,2
- Protección : Contra la corrosión,
el viento y la lluvia
- Ubicación : 76°38'45" Long. Oeste
7°46'30" Latitud Sur
- Altitud : 665 m.s.n.m.

4.3.4.3 Especificaciones técnicas para la antena en el Cerro Biabo

- Frecuencia : 54 - 60 MHz (canal 2)
- Patrón de radiación : Unidireccional (S-0)
- Ganancia : 9.1 dB
- Tipo de antena : Yagi de 10 elementos
- Ancho de haz horiz. : \pm 30 grados
- Polarización : Horizontal
- Impedancia : 50 Ohms desbalanceado
- V.S.W.R. : Mejor que 1,2
- Protección : Contra la corrosión,
el viento y la lluvia
- Ubicación : 76°36'15" Long. Oeste
07°0'30" Latitud Sur
- Altitud : 590 m.s.n.m.

4.3.4.4 Especificaciones técnicas para la antena en el Cerro Sacanche

- Frecuencia : 66 - 72 MHz (canal 4)
- Patrón de radiación: Unidireccional (S-E)
- Ganancia : 5.3 dB
- Tipo de antena : Yagi de 4 elementos
- Ancho de haz horiz.: \pm 30 grados
- Polarización : Horizontal
- Impedancia : 50 Ohms desbalanceado
- V.S.W.R. : Mejor que 1.2
- Protección : Contra la corrosión,
el viento y la lluvia
- Ubicación : 76°48'20" Long. Oeste
07°01'10" Latitud Sur
- Altitud : 540 m.s.n.m.

4.3.5. Antenas de transmisión

4.3.5.1 Especificaciones técnicas para las antenas en Juanjui

- Frecuencia : 54 - 60 MHz (canal 2)
- Patrón de radiación : Unidireccional
 - Nor oeste
 - Nor este
 - Este
 - Sur
- Ganancia : 5.3 dB

- Tipo de antena : Yagi de 4 elementos
- Ancho de haz horiz. : \pm 30 grados
- Polarización : Horizontal
- Impedancia : 50 Ohms desbalancea.
- V.S.W.R. : Mejor que 1.2
- Protección : Contra la corrosión,
el viento y la lluvia
- Ubicación : 76°43'45" Long. Oeste
07°07'40" Latitud Sur
- Altitud : 310 m.s.n.m.

4.3.5.2 Especificaciones técnicas para las antenas en el Cerro Cayena

- Frecuencia : 66 - 72 MHz (canal 4)
- Patrón de radiación : Unidireccional
 - Sur este
 - Sur
 - Oeste
- Ganancia : 5.3 dB
- Tipo de antena : Yagi de 4 elementos
- Ancho de haz horiz. : \pm 30 grados
- Polarización : Horizontal
- Impedancia : 50 Ohms desbalanceado
- V.S.W.R. : Mejor que 1.2
- Protección : Contra la corrosión,
el viento y la lluvia
- Ubicación : 76°44'15" Long. Oeste
07°18'10" Latitud Sur

- Altitud : 705 m.s.n.m.

4.3.5.3 Especificaciones técnicas para las antenas en el Cerro Pulcache

- Frecuencia : 82 - 88 MHz (canal 6)

- Patrón de radiación : Unidireccional

- Sur (Tocache)
- Oeste (El Valle)

- Ganancia : 6.5 dB

- Tipo de antena : Yagi de 4 elementos

- Ancho de haz horiz. : \pm 30 grados

- Polarización : Horizontal

- Impedancia : 50 Ohms desbalanceado

- V.S.W.R. : Mejor que 1.2

- Protección : Contra la corrosión, el viento y la lluvia

- Ubicación : 76°38'30" Long. Oeste
07°46'30" Latitud Sur

- Altitud : 665 m.s.n.m.

4.3.5.4 Especificaciones técnicas para las antenas en el Cerro Biabe

- Frecuencia : 66 - 72 MHz (canal 4)

- Patrón de radiación : Unidireccional

- Norte (V. Sisa)
- N-E (Picota)
- S-E (V. Biabe)
- N-O (C^oSacanche)

- Ganancia : 5.3 dB
 - N-O (C^oSacanche)
 - 6.9 dB
 - Norte (V. Sisa)
 - N-E (Picota)
 - S-E (V. Biabo)
- Tipo de antena : Yagi de 4 elementos
 - N-O (C^oSacanche)
 - Dipolo cuadrado con reflector
 - Norte (V. Sisa)
 - N-E (Picota)
 - S-E (V. Biabo)
- Ancho de haz horiz. : \pm 30 grados
- Polarización : Horizontal
- Impedancia : 50 Ohms desbalanceado
- V.S.W.R. : Mejor que 1.2
- Protección : Contra la corrosión
el viento y la lluvia
- Ubicación : 76^o36' 15" Long. Oeste
07^o03' 30" Latitud Sur
- Altitud : 590 m.s.n.m.

4.3.5.5 Especificaciones técnicas para las antenas en el Cerro Sacanche

- Frecuencia : 82 - 88 MHz (canal 6)
- patrón de radiación : Unidireccional

Cuadro 4.7 : Resumen de las antenas a ser utilizadas en el sistema propuesto

LUGAR	ANTENAS DE RECEPCION				ANTENAS DE TRANSMISION			
	f_c (MHz)	Ganancia	Cantidad	Tipo	f_c (MHz)	Ganancia	Cantidad	Tipo
Juanjui	----	----	----	----	57	5.3 dB	4	Yagi 4E
C ^o Cayena	57	5.3 dB	1	Yagi 4E	69	5.3 dB	3	Yagi 4E
C ^o Pulcache	69	9.1 dB	1	Yagi 10E	85	6,5 dB	2	Yagi 4E
C ^o Biabo	57	9.1 dB	1	Yagi 10E	69	5.3 dB	1	Yagi 4E
						6.9 dB	3	Cuadro 1R
C ^o Sacanche	69	5.3 dB	1	Yagi 4E	85	6.5 dB	3	Yagi 4E

Figura 4.35 : Caseta de material noble a ser utilizado en las repetidoras del sistema propuesto.

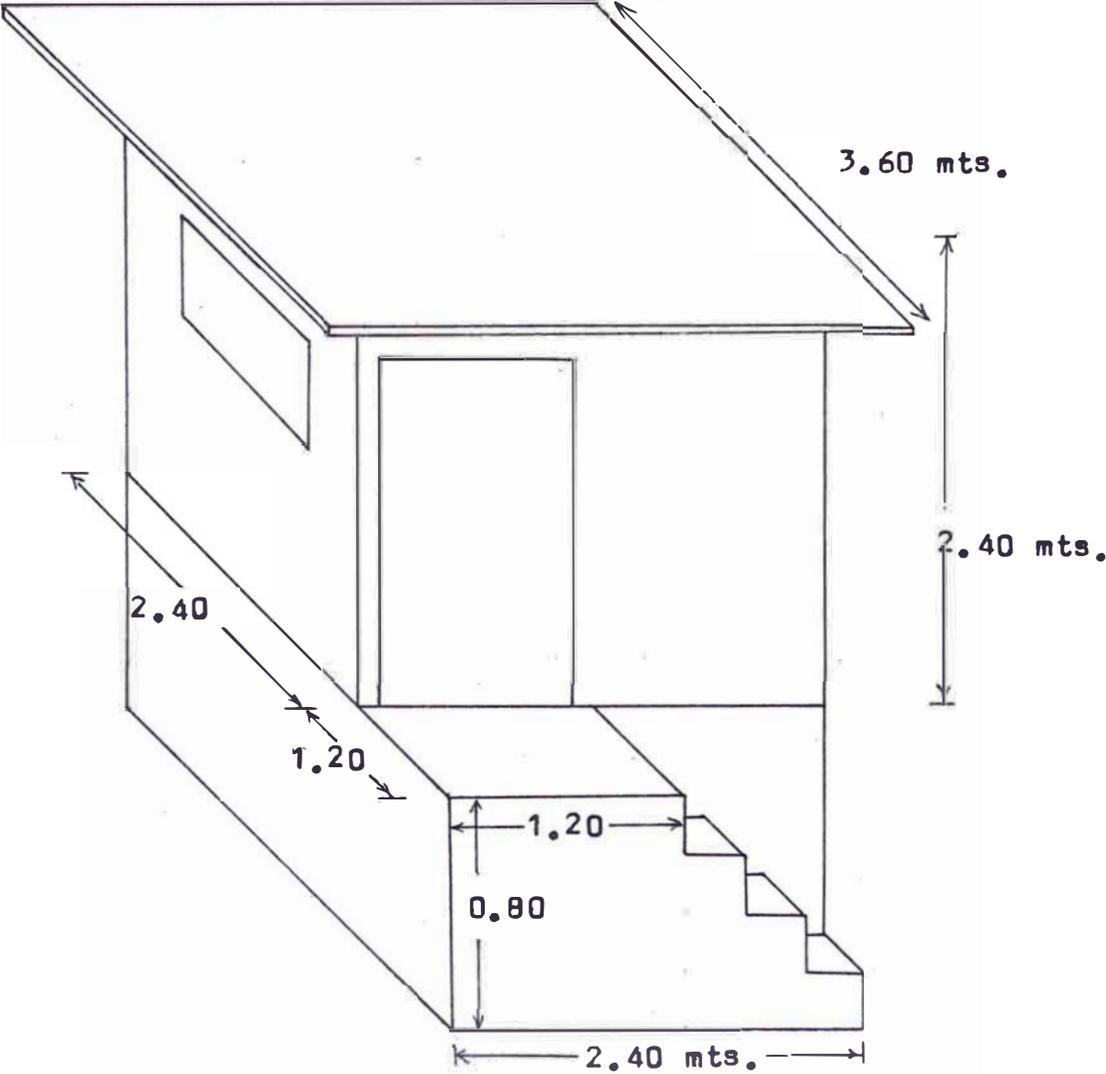
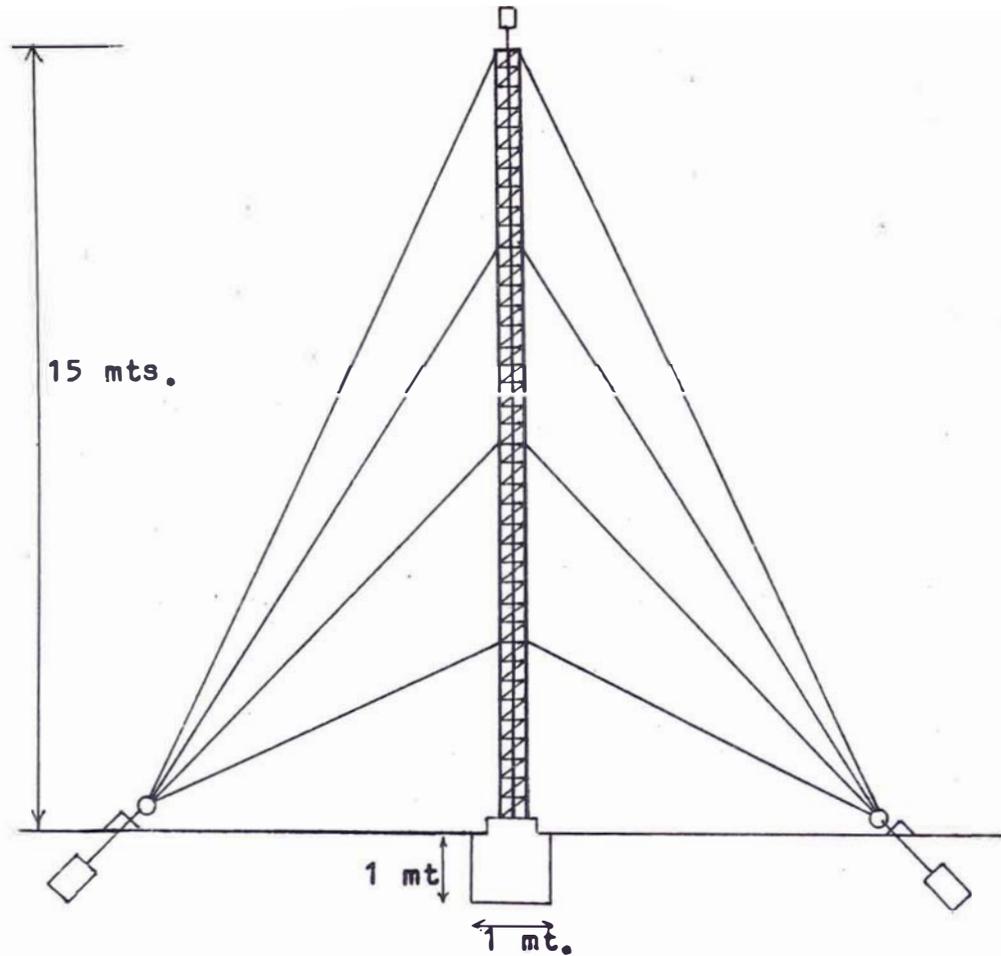
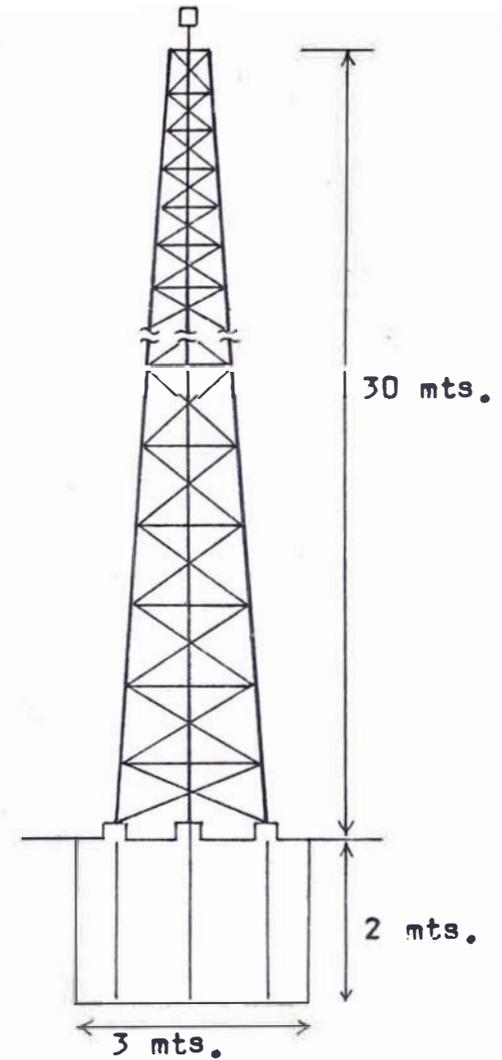


Figura 4.34 : Tipos de torres a ser utilizados en el sistema propuesto



Torre a ser utilizado en las repetidoras de los Cerros Cayana, Pulcacho, Biabe y Sacanche.



Torre a ser utilizado con el Transmisor Principal de Juanjui

- Sur (Sacanche)
- Oeste (Eslabón)
- N-O (Sapesoa)
- Ganancia : 6.5 dB
- Tipo de antena : Yagi de 4 elementos
- Ancho de haz horiz.: \pm 30 grados
- Polarización ; Horizontal
- Impedancia : 50 Ohms desbalanceado
- V.S.W.R. : Mejor que 1.2
- Protección : Contra la corrosión,
el viento y la lluvia
- Ubicación : 76°48'20" Long. Oeste
07°01'10" Latitud Sur
- Altitud : 540 m.s.n.m.

4.3.6 Torres

La figura 4.34 muestra los tipos de torres que serán utilizados en el sistema propuesto.

4.3.7 Casetas

La figura 4.35 muestra el tipo de caseta a ser utilizado tanto para el transmisor como para las repetidoras del sistema propuesto.

4.3.8 Estación de televisión en Juanjui

4.3.8.1 Introducción

La Estación de televisión a ser utilizada en el sistema de televisión en la zona del Huallaga Central y que estará ubicado en la ciudad de Juanjui, constará de tres áreas las cuales son : El área de Administración, de Operaciones y de anexos.

El área de Administración, constará a su vez de una Jefatura, una secretaría, redacción y - programación.

El área de Operaciones, constará de un sistema de Producción, de grabación, de control, de edición, de slides y de energía.

El área de anexos, constará de una videoteca, un almacén y depósito.

4.3.8.2 Diagrama de bloques del área de Operaciones.

Las figuras 4.36-a,b y c muestran la distribución funcional de los equipos en el área de Operaciones de la Estación de Televisión en Juanjui.

4.3.8.3 Distribución de ambientes

La figura 4.37 muestra la distribución de ambientes de la Central de Televisión en Juanjui

Figura 4.36-a : Sistema de producción de televisión y sistema de Slides

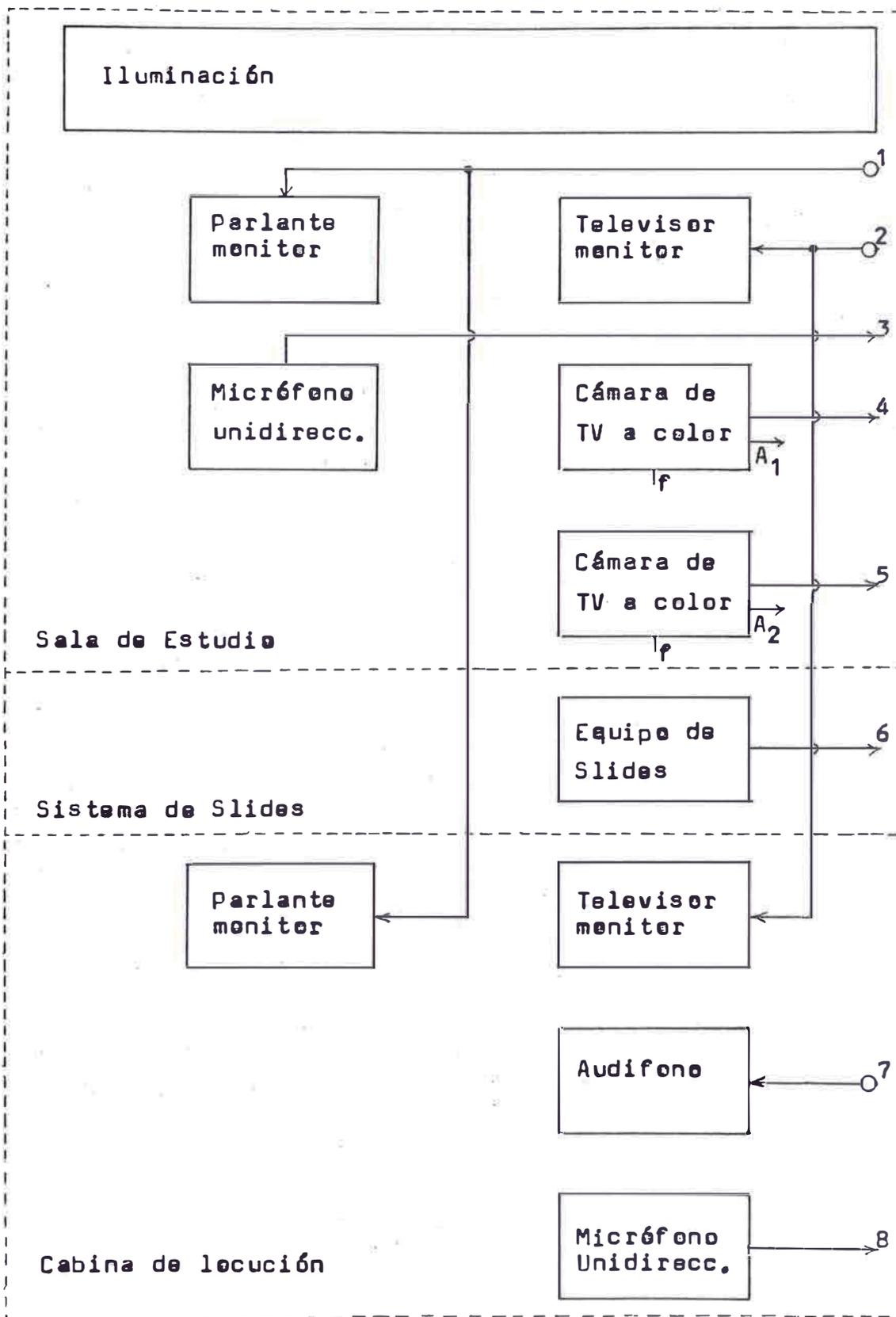


Figura 4.36-b : Sistema de control de audio y video

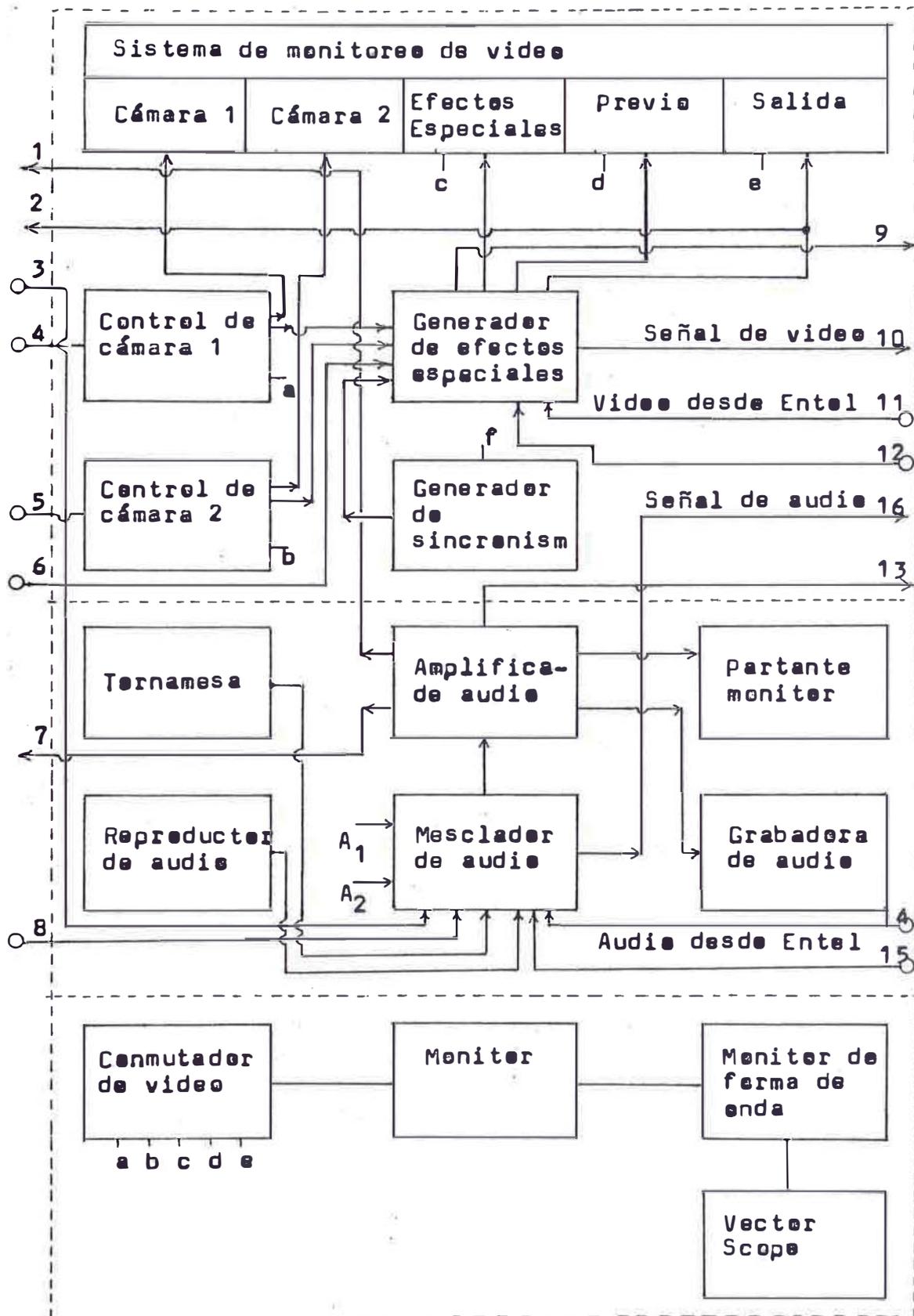


Figura 4.36-c : Sistema de grabación y edición

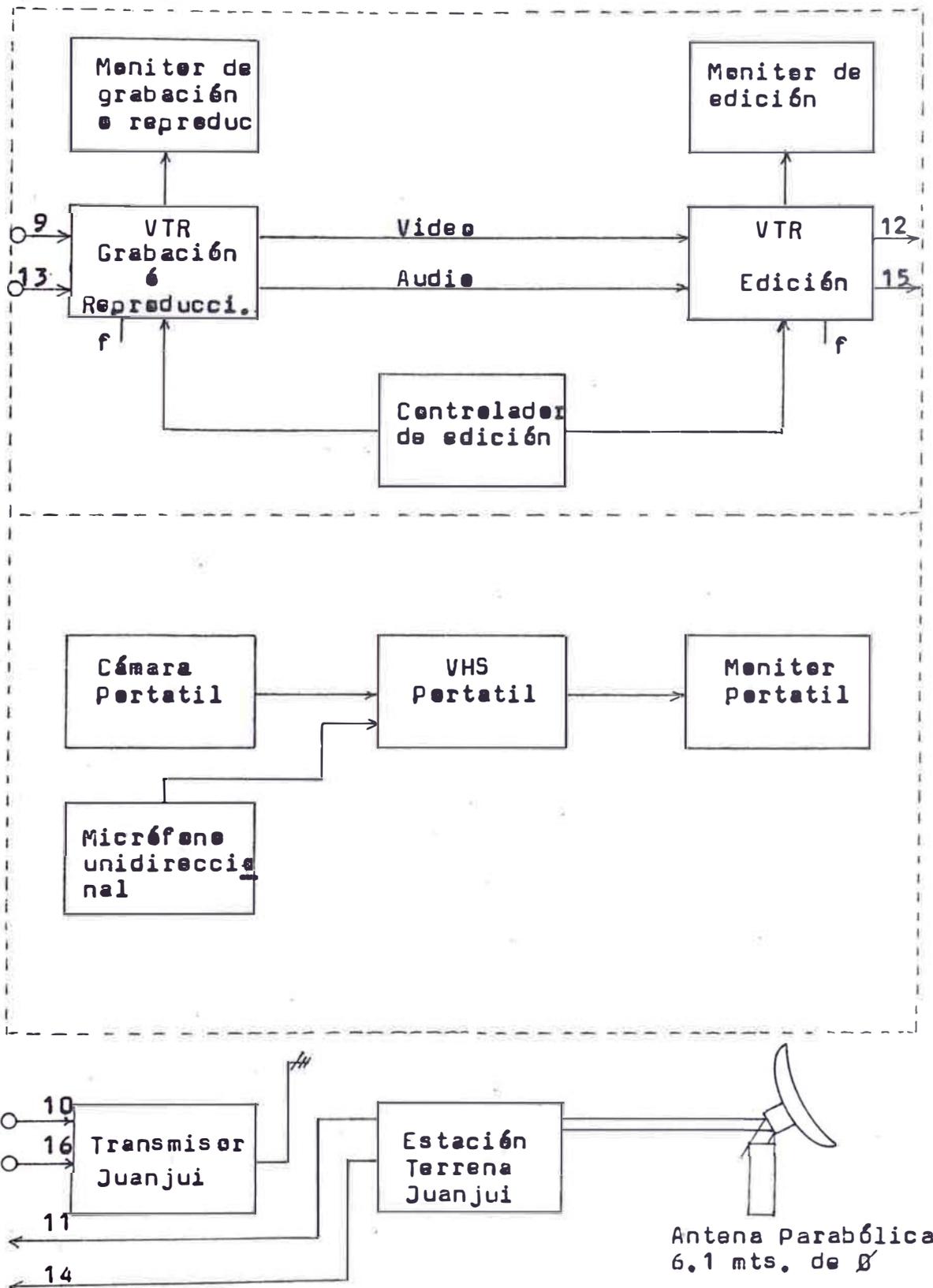


Figura 4.37-a : Distribución de ambientes de la Central de televisión de Juanjui (primer piso)

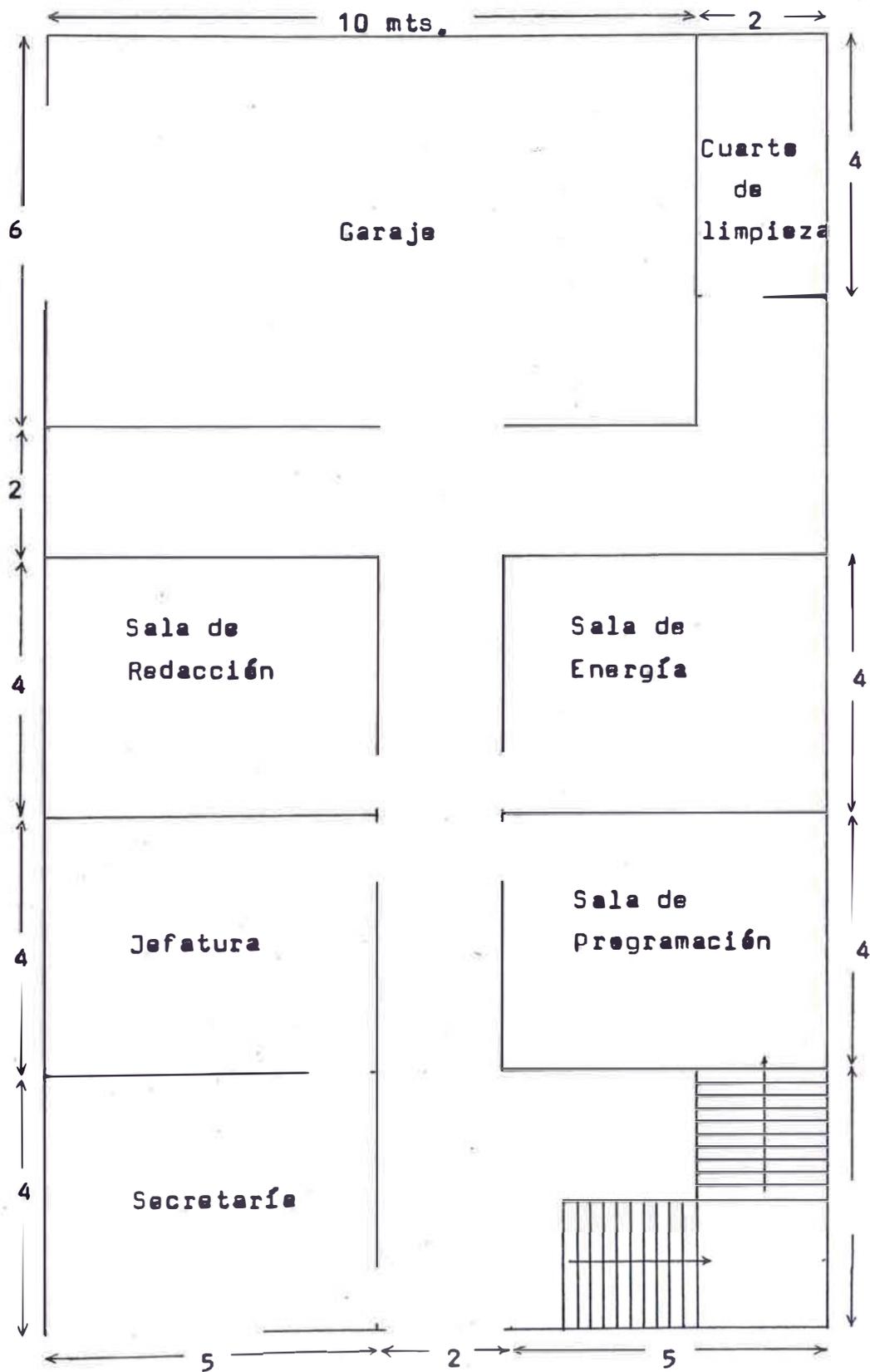
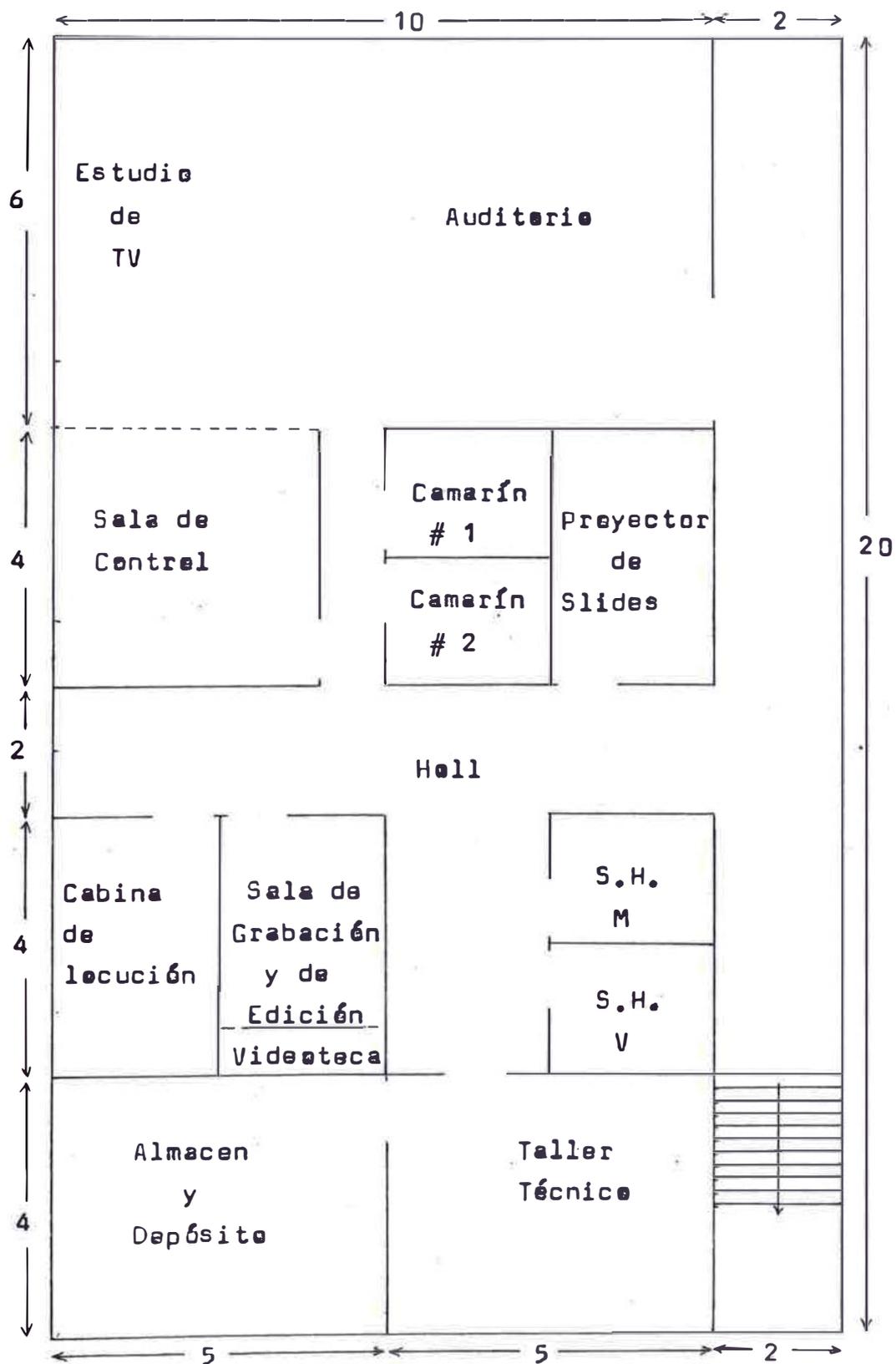


Figura 4.37-b : Distribución de ambientes de la Central de televisión en Juanjui (segundo piso)



4.3.9 Energía

4.3.9.1 Energía en el cerro Pulcacha

Para satisfacer la demanda de energía en la Estación Repetidora del cerro Pulcacha, la cual presenta una carga de 300 W., se ha decidido instalar un sistema de energía solar, dado que su costo solo representa un 30% del costo de un sistema de energía convencional, haciendo una comparación de costos proyectados a 12 años por la garantía de vida útil del sistema solar.

A continuación se detallan los costos de ambos sistemas de energía :

Energía convencional

Un generador de 500 W.	I/	10,000.00
Combustible para 12 años		760,320.00
Operador con 2400 Intis de sueldo por 12 años		345,600.00
Construcción de un camino carresable (1 Kmt.)		50,000.00
Costo Total	I/	1,165,920.00
Equivalente en dólares		\$ 80,408.00

Energía solar

42 módulos solares a \$603.75 c/u \$25,357.50

(El fabricante garantiza 12 años de vida útil)

La zona del Huallaga Central presenta 5 horas de sol pico
Se estima que el número de horas de trabajo sea 20 h/día
Requerimos un voltaje de salida de la fuente de 24 V. dc
Cada módulo tiene un voltaje de salida de 15 V. dc y una
intensidad de corriente de 2.73 Amperios.

4.3.9.2 Energía en el cerro Cayena

Para satisfacer la demanda de energía en la Estación Repetidora del cerro Cayena, la cual presenta una carga de 300 W., se decidió instalar un sistema de energía convencional por la existencia de Central hidroeléctrica ubicado a 8 Kmts. de la estación repetidora de Tv y cuyo costo proyectado a 12 años representa menos del 70% del costo de un sistema de energía solar

A continuación se detallan los costos de ambos sistemas de energía :

Energía convencional

160 postes de quinilla de 10 mts.	I/ 80,000.00
8000 mts. de cable 8 AWG	64,000.00
Accesorios para el tendido del cable	16,000.00
Instalación 30% del costo de materiales	48,000.00
Costo de energía comercial proy. a 12 años	16,000.00
Mantenimiento de la línea proy. a 12 años	30,000.00
Costo total	I/ <u>254,000.00</u>
Costo equivalente en dolares	\$ 17,517.24

Energía solar

42 módulos solares a \$603.75	\$25,357.50
(Con una garantía de 12 años de vida útil)	
300 W. (20 horas/día) (1/24 V. dc) = 250 Ah/d	
250 Amp.h/d (1/5 h de sol pico/d) = 50 Amp.	
50 Amp (1.12 de fact. de corr.) = 56 Amp.	
56 (1/2.73 Amp por módulo)	= 20.5 mód.

Estos 21 módulos tienen un voltaje de salida de 15 V. dc pero como deseamos 24 V. dc tenemos que enseriar dos módulos de 15 V. dc, razón por la cual necesitaremos 42 módulos, lo cual representa una acumulación de 1,720 W.

4.3.9.3 Energía en el cerro Biabe

En este lugar se ha decidido instalar un sistema de energía solar, por el 30% que representa su costo con respecto al costo de un sistema de energía convencional, este cerro Biabe presenta características similares con el cerro Pulcacho, en el cual el costo del sistema solar es de 25,357.50 dólares, y el costo del sistema convencional se ha determinado en 80,408 dólares.

4.3.9.4 Energía en el cerro Sacancho

En este cerro también es conveniente instalar un sistema de energía solar por el costo reducido respecto al costo de un sistema de energía convencional y que en porcentaje representa un 25% de este último, es decir 20,527.50 dólares que es el costo de 34 módulos de energía solar, para satisfacer la demanda de energía de un retransmisor de 5 W. y un sistema de balizaje.

4.3.9.5 Energía en la ciudad de Juanjui

En Juanjui se dispone de energía las 24 horas del día, razón por la cual la demanda de energía sería satisfecha tanto para la estación de TV como para el transmisor principal de 5 W. de potencia.

4.3.10 Sistema de puesta a tierra

El propósito de un sistema de puesta a tierra es la de proteger la integridad física del personal - que de una u otra manera tiene acceso a los equipos y las torres que soportan las antenas de transmisión y recepción

Esta protección es contra voltajes peligrosos entre el terreno y los equipos o torre y descargas atmosféricas.

De por sí el terreno es un mal conductor eléctrico pero la conducción del terreno es fundamentalmente de carácter electroquímico, es por esa razón que el terreno es tratado con capas de carbón y sal u otras sustancias como el Sanik Gel y la Bentonita.

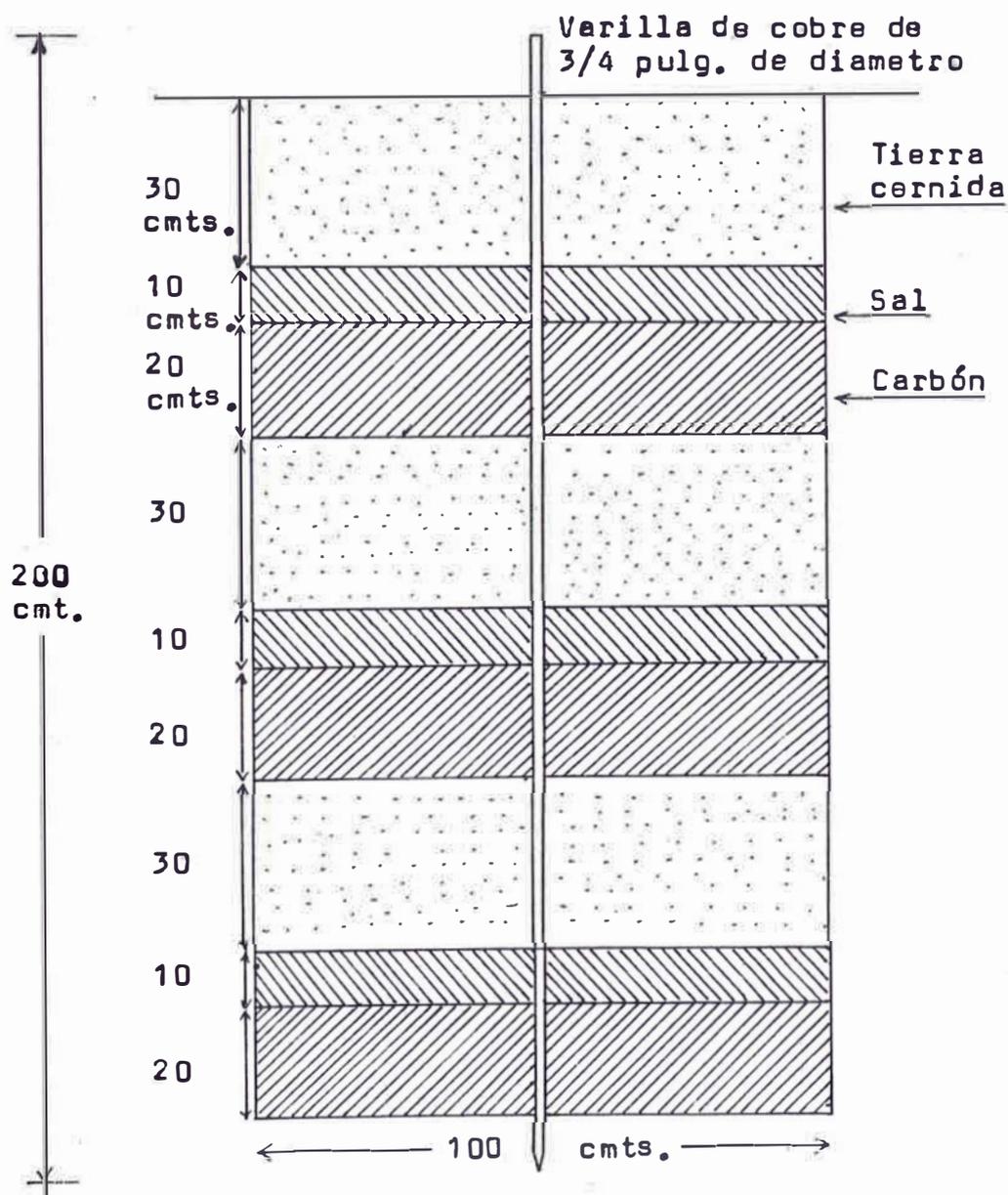
La zona del Huallaga Central posee un terreno húmedo en épocas de lluvia pero en épocas de sequía o de verano este terreno se convierte en seco, esto obliga construir sistemas de tierra en cada Estación tanto de transmisión como las de retransmisión, en las estaciones repetidoras de los cerros Pulcache, Cayena, Biabo y Sacanche se tendrá que construir cuatro posos de tierra dada la poca profundidad del terreno, mientras que en Juanjui será suficiente dos sistemas de tierra tratada, tal como se muestra en la figura 4.38.

Cuando el terreno sea poco profundo como - en los cerros se tomará dimensiones de profundidad proporcionales al mostrado en la figura 4.38 y lógicamente el número de posos tendrá que incrementarse para compen

sar la reducción de la profundidad del terreno.

Por razones económicas se ha optado por tratar el terreno con carbón y sal, se debe tener presente - que el periodo de mantenimiento será de dos años debido - a que la sal es una sustancia corrosiva y esto podría ocasionar un aislamiento del sistema de tierra con los equipos y torre.

Figura 4.38 : Terreno tratado con sal y carbón



Cuadro 4.8 : Requerimiento de equipos y materiales para implementar el sistema propuesto

Descripción	Requerimiento de equipos y materiales					Total
	Cerro Pulcacho	Cerro Cayana	Cerro Biabo	Cerro Sacanche	Juanjui	
Transmisor de 5 Watts	-	-	-	-	1	1
Retransmisor de 5 Watts	-	-	-	1	-	1
Retransmisor de 10 Watts	1	1	1	-	-	3
Antena Yagi de 4 elementos	2	4	1	4	4	15
Antena Yagi de 10 elementos	1	-	1	-	-	2
Antena en cuadro con reflector	-	-	3	-	-	3
Distribuidor de potencia	1	1	1	1	1	5
Cable coaxial	40	40	40	40	30	190 mts.
Conectores tipo N	8	10	12	10	10	50
Terre de 15 mts.	1	1	1	1	-	4
Terre de 30 mts. autoseportada	-	-	-	-	1	1
Caseta para repetidoras	1	1	1	1	-	4
Sistema de balizaje	1	1	1	1	1	5
Sistema de tierra	1	1	1	1	1	5
Estación de televisión	-	-	-	-	1	1
Sistema de iluminación para un estudio de TV de 30 mt.	-	-	-	-	1	1
Televisor monitor de 8 pulgad.	-	-	-	-	8	8
Parlante monitor	-	-	-	-	3	3
Micrófono de pie unidireccional	-	-	-	-	1	1
Micrófono de mesa "	-	-	-	-	1	1
Micrófono dinámico "	-	-	-	-	1	1
Cámara de TV para estudio	-	-	-	-	2	2
Proyector tipo carrusel	-	-	-	-	1	1
Control de cámara de estudio	-	-	-	-	2	2

Cuadro 4.8a: Requerimiento de equipos y materiales para implementar el sistema de televisión propuesto.

Descripción	Requerimiento de equipos y materiales					Total
	Cerro Pulcacho	Cerro Cayena	Cerro Biabo	Cerro Sacanche	Juanjui	
Generador de efectos especiales	-	-	-	-	1	1
Generador de sincronismo	-	-	-	-	1	1
VTR Grabadora reproductora	-	-	-	-	1	1
VTR Grabadora rep. y editora	-	-	-	-	1	1
Tablero de control de edición	-	-	-	-	1	1
Amplificador de distribución de video	-	-	-	-	1	1
Generador de caracteres	-	-	-	-	1	1
Corrector de base de tiempo	-	-	-	-	1	1
Cámara de televisión portátil	-	-	-	-	1	1
VTR Grabadora reproductora port	-	-	-	-	1	1
Consola de control de audio	-	-	-	-	1	1
Amplificador de audio	-	-	-	-	1	1
Tornamesa	-	-	-	-	1	1
Grabadora reproduct. de cinta	-	-	-	-	1	1
Grabadora reproduct. de casset	-	-	-	-	1	1
Monitor de forma de onda y vect	-	-	-	-	1	1
Multímetro digital	-	-	-	-	1	1
Herramientas y accesorios (Juego	-	-	-	-	1	1
Repuestos de equipamientos (Jueg	-	-	-	-	1	1
Estabilizador de tensión	-	1	-	-	1	2
Sistema de energía solar	1	-	1	1	-	3

CAPITULO V

5 COSTOS

5.1 Introducción

Los costos que se dan a continuación están expresados en Dólares Americanos (precios F.O.B.) para el equipamiento ha adquirirse en el extranjero y en moneda Nacional los costos de las necesidades que se pueden adquirir en el país

5.2 Costo del equipamiento

El equipamiento a ser utilizado en el sistema de televisión propuesto será adquirido en el extranjero, - razón por la cual en el cuadro 5.1 se muestran los precios en moneda extranjera tanto por unidad como el total del costo.

5.3 Costo de infraestructura de apoyo

La infraestructura de apoyo al ser adquirida en - el mercado nacional serán expresados en Intis, tal como lo muestra el cuadro 5.2 tanto por unidad como el total del costo por este concepto.

Cuadro 5.1 : Costos del equipamiento

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNIT. F.O.B. (\$)	PRECIO TOT. F.O.B. (\$)
01	Transmisor de TV, canal 2, 5 W.	1	16,000	16,000
02	Retransmisor de TV, canal 6, 5 W.	1	10,000	10,000
03	Retransmisor de TV, canal 4, 10 W.	2	12,200	24,400
04	Retransmisor de TV, canal 6, 10 W.	1	12,200	12,200
05	Antena Yagi de 4 elementos, canal 2, 5.3 dB	5	800	4,000
06	Antena Yagi de 4 elementos, canal 4, 5.3 dB	5	750	3,750
07	Antena Yagi de 4 elementos, canal 6, 6.5 dB	5	700	3,500
08	Antena cuadro con reflector, canal 4, 6.9 dB	3	900	2,700
09	Antena Yagi de 10 elementos, canal 2, 9.1 dB	1	950	950
10	Antena Yagi de 10 elementos, canal 4, 9.1 dB	1	900	900
11	Distribuidor de potencia de 2 salidas, canal 6	1	300	300
12	Distribuidor de potencia de 3 salidas, canal 4	1	350	350
13	Distribuidor de potencia de 3 salidas, canal 6	1	320	320
14	Distribuidor de potencia de 4 salidas, canal 2	1	400	400
15	Distribuidor de potencia de 4 salidas, canal 4	1	380	380
16	Cable coaxial para transmisión	110	8	880
17	Cable coaxial para recepción	80	6	480
18	Estabilizador de tensión de 1 KW.	1	2,000	2,000

Cuadro 5.1a : Costos de equipamiento

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNIT. F.O.B. (\$)	PRECIO TOT. F.O.B. (\$)
19	Sistema de energía solar (carga 300 W.)	2	25,357.50	50,715.00
20	Sistema de energía solar (carga 250 W.)	1	20,527.50	20,527.50
21	Sistema de iluminación para estudio de TV	1	1,276.00	1,276.00
22	Televisor monitor de 8 pulgadas a color	8	520.00	4,160.00
23	Televisor receptor de 12 pulgadas a color	1	700.00	700.00
24	Cámara de TV para estudio (equipo completo)	2	35,000.00	70,000.00
25	Control de cámara de estudio	2	950.00	1,900.00
26	Proyector de Slides tipo carousel	1	750.00	750.00
27	VTR Grabadora reproductora 3/4"	1	5,680.00	5,680.00
28	VTR Grabadora editora	1	7,600.00	7,600.00
29	Control de edición	1	1,680.00	1,680.00
30	Cámara portátil	1	2,100.00	2,100.00
31	Baterías recargables	4	72.00	288.00
32	Generador de efectos especiales	1	7,800.00	7,800.00
33	Generador de sincronismo	1	3,200.00	3,200.00
34	Generador de caracteres	1	3,550.00	3,550.00
35	Corrector base de tiempo	1	17,200.00	17,200.00
36	VTR Grabadora reproductora portátil	1	4,800.00	4,800.00

Cuadro 5.1b : Costos de equipamiento

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNIT. F.O.B. (\$)	PRECIO TOTAL F.O.B. (\$)
37	Amplificador distribuidor de video	1	450.00	450.00
38	Amplificador distribuidor de sincronismo	1	400.00	400.00
39	Amplificador distribuidor de audio	1	380.00	380.00
40	Consola de control de audio	1	1,250.00	1,250.00
41	Tornamesa	1	720.00	720.00
42	Grabadora reproductora de cinta	2	1,380.00	2,760.00
43	Grabadora reproductora de cassette	1	420.00	420.00
44	Parlante monitor	3	240.00	240.00
45	Micrófonos	3	180.00	540.00
SUB TOTAL :				\$ 294,596.00
Flete y seguro (15% del sub total)				44,189.40
Transporte a la zona del Huallaga Central (2.5% del sub total)				7,364.90
Imprevistos (5% del sub total)				14,729.80
Costo de instalación (15% del sub total)				44,189.40
Equipos de medición y herramientas (10% del sub total)				29,459.60
Repuestos y accesorios (5% del sub total)				14,729.80
COSTO TOTAL :				\$ 449,258.90

Cuadro 5.2 : Costos de infraestructura de apoyo

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNIT. EN INTIS	PRECIO TOTAL EN INTIS
01	Caseta para estaciones repetidoras	4	8,000.00	32,000.00
02	Sistema de tierra	5	3,000.00	15,000.00
03	Construcción de trochas hacia las repetid.	4	15,000.00	60,000.00
04	Generador de emergencia 5 KW.(Estación TV)	1	20,000.00	20,000.00
05	Terreno para la Estación de TV	300 mt ²	60,000.00	60,000.00
06	Local de la Estación de TV en Juanjui	1	360,000.00	360,000.00
07	Moviliario para la Estación de TV.	1	36,000.00	36,000.00
08	Torre autosoportada de 30 mts	1	60,000.00	60,000.00
09	Torre arriostrada de 15 mts.	4	25,000.00	100,000.00
10	Sistema de balizaje	5	400.00	2,000.00
11	Energía convencional para el cerro Cayena	1	254,000.00	254,000.00
SUB TOTAL :				999,000.00
Transporte de las torres a la zona del H. C. (5% costo)				8,000.00
Instalación de torres y sistema de balizaje (15% costo)				24,000.00
Imprevistos (5% del Sub Total)				49,950.00
COSTO TOTAL :				1'080,950.00

Cuadro 5.3 : Costos de equipamiento para el sistema alternativo

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNIT/ F.O.B. (\$)	PRECIO TOTAL F.O.B. (\$)
01	Transmisor de TV, canal 2, 5W.	1	16,000.00	16,000.00
02	Retransmisor de TV, canal 4, 2 KW.	1	160,000.00	160,000.00
03	Antena cuadro con reflector, canal 4, 6.9 dB.	6	900.00	5,400.00
04	Antena Yagi 4 elementos, canal 2, 5.3 dB.	4	800.00	3,200.00
05	Distribuidor de potencia de cuatro salidas	2	380.00	760.00
06	Distribuidor de potencia de tres salidas	1	350.00	350.00
07	Cable coaxial para transmisión	80	8.00	640.00
08	Cable coaxial para recepción	80	6.00	480.00
09	Estabilizador de tensión de 20 KW	1	3,000.00	3,000.00
SUB TOTAL :			\$	189,830.00
Flete y seguro (15% del sub total)				28,474.50
Transporte a la zona del Huallaga Central (2.5% del sub total)				4,745.75
Imprevistos (5.0% del sub total)				9,491.50
Costos de instalación y supervisión (15% del sub total)				28,474.50
Equipos de medición, herram. y capacitac. (10% del sub total)				18,983.00
Repuestos y accesorios (5% del sub total)				4,745.75
COSTO TOTAL			\$	239,490.00
COSTO TOTAL				239,490.00

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Luego de haber desarrollado el presente proyecto en base a fundamentos teóricos y recomendaciones técnicas, se plantean las siguientes conclusiones y recomendaciones producto de los resultados obtenidos :

- Para establecer el plan de frecuencias a ser utilizados en los diferentes enlaces del sistema propuesto se ha tenido en cuenta las frecuencias existentes en lugares próximos o dentro de la zona del Huallaga Central.

- El sistema de Televisión propuesto se justifica dado que el nivel de señal recibido en el Cerro Cangre está 18.92 dB por debajo del nivel mínimo necesario que es -53 dB_m . Razón por la cual la señal de televisión en Juanjui tiene la evaluación subjetiva de 1, calificada como " Mala ".

- Al hacer un análisis comparativo entre el sistema propuesto, (compuesto de un transmisor de 5 W., 3 retransmisores de 10 W. y 1 de 5 W.) y el sistema alternativo (compuesto por un transmisor de 5 W. y un retransmisor -

de 2 Kw.), económicamente el sistema propuesto representa un ahorro de 48,084 Dolares inicialmente y proyectado a 12 años su costo de energía y mantenimiento alcanza la suma de 154,825 Dolares de ahorro.

- Se recomienda el uso de sistema de energía solar - en las repetidoras de Pulcache, Biabo y Sacanche por la falta de energía convencional permanente en dichos lugares y que de implementarse un sistema de energía convencional permanente, su coste representaría un 217% mayor que la de un sistema de energía solar , tal como se demuestra en la sección 4.3.9 de energía.

- Se recomienda la implementación de una Estación de Televisión en la ciudad de Juanjui para complementar la señal de TV. via satélite directa de Lima, con programas locales de interés y de necesidad para el desarrollo armónico de los diferentes sectores existentes en la zona del Huallaga Central, aislados y casi olvidados por la falta de este medio tan importante como es la señal de Televisión.

- Se recomienda que el Retransmisor existente en el Cangrejo sea acondicionado para que sea utilizado como Transmisor principal en la ciudad de Juanjui (canal 2)

BIBLIOGRAFIA

1. Antennas
John Kraus
M^C Graw Hill
2. Catálogo Broadcast equipment
Allied International
1986
3. Catálogo Aerials and accessories bands I to V
L G T - Laboratoire General des Telecommunications
1986
4. Catálogo Broadcast Equipment
Thomson - Departament radio - emision
1985
5. Catálogo Especificaciones técnicas de radio y TV.
Rohde E. Schwarz
NEC - 4^a Edición
6. Catálogo Audio Visual System
National
1986
7. Catálogo Audio Video Systems
Panasonic
1986
8. Catálogo Audio Video Equipment
Sony
1986

9. Diseño de Estaciones de Televisión
 Hideo Hiroba
 Japan International Cooperations Agency - 1978

10. Electromagnetic waves and radiating systems
 Edward Jordan
 Prentier Hall N.Y.

11. Fundamentos de antenas
 A. Belotserkovski
 Marcombo Boixareu Editores

12. Ingeniería de antenas
 Edmund Laport
 H.A.S.A. 1963

13. Ingeniería electrónica y de radio
 Federic Therman
 1968

14. Instituto Nacional de Planificación
 Oficina departamental - Moyobamba
 1985

15. Instituto Nacional de Estadística
 VIII Censo de población y III de vivienda 1981
 Compendio estadístico 1985

16. Fundamentals of optics and modern Physics
 Hugh D. Young
 1970

17. Photovoltaic Modules
 Solar Electric Systems
 BP - 1986

18. Sistema de energía y aplicación de paneles solares
Leonardo Correa
Cuartas Jornadas Andinas de Telecomunicaciones 1981
19. Supplying Solarex PV systems
Solarex Corporation
1985
20. San Martín : Reto y futuro
Remigio Ruiz Piña
Ediciones El Trebol 1984
21. Sistemas de Televisión en colores
Asociación Electrotécnica Peruana
1978
22. Técnica de propagación en VHF y UHF
C.L. Lopez Giovanelli
Centro de Investigaciones Regionales - Argentina
23. Televisión - Recomendaciones e Informes
Comite Consultivo Internacional de Radiocomunicac.
CCIR - 1984
24. Telebras
Revista Brasileña técnica
Diciembre 1983
25. Television Studio Lighting
J.E.T.U.
Marzo 1980