

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA



"DISEÑO DEL SISTEMA DE MICROONDAS  
DIGITAL PCM PARA EL CENTRO DE  
CONTROL DE CHIMBOTE I DE  
ELECTRO - PERU S. A."

**TITULACION POR EXAMEN  
PROFESIONAL**

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO ELECTRONICO**

**Gregorio Roberto Garro Lescano**

*Promoción 1982 - 1*

**LIMA - PERU - 1994**

## S U M A R I O

Este proyecto de ingeniería se emmarca en la ciudad de Chimbote en el Dpto. de Ancash y tiene por finalidad enlazar a la Subestación Chimbote Sider y a las Subestaciones Chimbote Norte y Chimbote Sur, con el Centro de Control Regional ubicado en la Subestación Chimbote 1, en base al diseño de un Sistema de Microondas Digital en la banda de 2 Ghz con modulación PCM, superando así las serias limitaciones en los sistemas de onda portadora, teleprotección, cable telefónico y radio existentes, que no satisfacen los nuevos requerimientos de comunicación y que quedarían como respaldo.

El Multiplexor de 30 canales debe permitir la implementación de Enlaces de teleprotección de las Líneas de Alta Tensión involucradas en el estudio, para disminuir el número de fallas, evitar daños en el Sistema Eléctrico y perjuicios para los usuarios al disminuir las restricciones de energía, también debe proveer los canales de BF necesarios para un futuro sistema de telecontrol de las Subestaciones Chimbote Sider, Chimbote Norte y Chimbote Sur desde la Subestación Chimbote 1.

" DISEÑO DEL SISTEMA DE MICROONDAS DIGITAL PCM PARA EL CENTRO DE  
CONTROL DE CHIMBOTE 1 DE ELECTROPERU S.A. "

TEMA : " DISEÑO DEL SISTEMA DE MICROONDAS DIGITAL PCM  
PARA EL CENTRO DE CONTROL DE CHIMBOTE I DE  
ELECTROPERU S.A. "

AUTOR : BACH. ROBERTO GARRO LESCANO

PROYECTO PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE  
I N G E N I E R O E L E C T R O N I C O

FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

LIMA - 1993

## E X T R A C T O

### ANTECEDENTES.-

El Sistema Interconectado Norte inició su operación el año 1958, con la puesta en servicio de dos grupos de generación de la Central Hidroeléctrica Cañón del Pato y una sola línea de transmisión que transportaba la energía a la ciudad de Chimbote casi en forma exclusiva para la Planta Siderúrgica. Desde esa fecha fue desarrollándose como un sistema aislado, cubriendo satisfactoriamente la demanda de energía eléctrica que implicaba el desarrollo socio-económico de la región.

En Octubre de 1980 entra en servicio la línea de transmisión Lima - Chimbote, para 1990 la línea de transmisión en 220 Kv. se extendía a Trujillo, Guadalupe y Chiclayo con interconexión con la Central Hidroeléctrica de Carhuaquero y en 1992 la expansión llega a Piura.

conformandose el gran Sistema Interconectado Centro Norte, con lo cual nace también la necesidad de optimizar y ampliar los sistemas de comunicación existentes, para hacer más eficientes las coordinaciones de los centros de control regional y nacional.

En el Sistema Interconectado Norte Medio, existe en la zona de Chimbote un conjunto de subestaciones en 138 Kv. de importancia extratécnica para el desarrollo socioeconómico de la región y que carecen de una red confiable de comunicaciones con el centro de control regional, por lo que merecen especial atención. Este conjunto de subestaciones está conformado por la S.E. Chimbote Sider, conocida también como la S.E. Chimbote 2 ubicada cerca al centro de la ciudad, y las SS.EE. Chimbote Norte y Sur.

#### **OBJETIVO.-**

El objetivo del presente estudio es enlazar a la S.E. Chimbote Sider y a las SS.EE. Chimbote Norte y Chimbote Sur, con el Centro de Control Regional ubicado en la S.E. Chimbote 1, en base al diseño e implementación de un Sistema de Microondas Digital en la banda de 2Ghz con modulación PCM, que servirá como medio de transmisión principal del Sistema de Telecomunicaciones, en reemplazo de las redes de onda portadora, cable telefónico y radio actualmente existentes y que quedarían como respaldo.

## ALCANCES.-

Esta tesis estudia la alternativa, que en la actualidad tenemos técnicamente, para realizar un sistema de comunicaciones digital PCM via microondas.

Se hará el análisis en lo referente al Plan de Ruta, determinación de las frecuencias de operación y la distribución de canales de BF para voz y datos.

Se indicarán las consideraciones técnicas para el diseño de enlaces PCM por MO en base a una adecuada selección del sitio y evaluación de la calidad del sistema.

Se mostrarán las ventajas de los sistemas digitales con respecto a los analógicos, en los aspectos de economía, alta calidad de transmisión y utilización de frecuencias.

Se mostrará la configuración de un sistema de microondas típico PCM y la configuración de cada tipo de estación.

Se detallarán las especificaciones técnicas de las torres de soporte de antena y sistemas de energía y antena a utilizarse en cada una de las instalaciones consideradas en el estudio.

Se hará una evaluación económica de los costos de equipamiento e infraestructura básica requeridos por el proyecto.

## T A B L A D E C O N T E N I D O

PROLOGO .....	1
CAPITULO I : DESCRIPCION DEL SISTEMA NORTE	
1.1. AMBITO GEOGRAFICO.....	3
1.2. ORGANIZACION EMPRESARIAL.....	6
1.3. ORGANIZACION OPERATIVA.....	7
1.3.1. SUB-SISTEMA SANTA.....	7
1.3.2. SUB-SISTEMA CHANCAY.....	8
1.3.3. SUB-SISTEMA PATIVILCA.....	8
1.4. DESCRIPCION DEL SUB-SISTEMA SANTA.....	9
1.4.1. SISTEMA DE GENERACION.....	9
1.4.2. SISTEMA DE TRANSFORMACION.....	11
1.4.3. SISTEMA DE TRANSMISION.....	14
CAPITULO II : DESCRIPCION DE LA ZONA DEL PROYECTO	
2.1. GENERALIDADES.....	25
2.2. DESCRIPCION GEOGRAFICA.....	26
2.3. MEDIOS ACTUALES DE COMUNICACION.....	27
2.4. LIMITACIONES DEL SISTEMA EXISTENTE.....	32
2.5. OBJETIVOS FRENTE A LA PROBLEMATICA ACTUAL.....	35

4.2.5. ESTUDIO SOBRE INTERFERENCIAS CON EL SISTEMA DE RADAR.....	71
4.3. EVALUACION DE LA CALIDAD DEL SISTEMA.....	73
4.3.1. OBJETIVO.....	73
4.3.2. PARAMETRO DE EVALUACION (BER).....	73
4.3.3. DETERMINACION DEL BER.....	74
4.3.4. CRITERIOS PARA LA CALIDAD DEL SISTEMA.....	74
4.4. EXPLICACIONES SOBRE LOS FACTORES DE RUIDO.....	75
4.4.1. FACTORES DE DEGRADACION FIJA.....	75
4.4.2. FACTORES DE DEGRADACION CONSTANTE.....	76
4.4.3. FACTORES DE DEGRADACION VARIABLE.....	78
4.5. TIEMPO DE INTERRUPCION POR DESVANECIMIENTO.....	80
4.6. EVALUACION DE LA CALIDAD DEL SISTEMA.....	81

CAPITULO V : PROCEDIMIENTO DEL CALCULO

5.1. PERDIDA DEL ESPACIO LIBRE ( $f_0$ ).....	93
• 5.2. NIVEL DE POTENCIA A LA ENTRADA DEL RECEPTOR ( $P_r$ ).....	93
5.3. NIVEL DE UMBRAL ( $P_{th}$ ).....	94
5.4. PROFUNDIDAD DE DESVANECIMIENTO ( $f_d$ ).....	95
5.5. RELACION C/N , POR RUIDO TERMICO.....	97

5.6. RELACION C/N POR RUIDO CAUSADO POR INTERFERENCIA.....	97
5.7. RELACION ENTRE LA POTENCIA DE LA ONDA DESEADA Y LA ONDA NO DESEADA.....	98
5.8. PROBABILIDAD DEL TIEMPO DE INTERRUPCION POR DESVANECIMIENTO ( $T_i, T_o$ ).....	102
5.9. CRITERIO DE PROBABILIDAD DEL TIEMPO DE INTERRUPCION.....	103

CAPITULO VI : CONFIGURACION DEL SISTEMA DIGITAL POR MICROONDAS

6.1. CARACTERISTICAS DEL SISTEMA DIGITAL POR MICROONDAS.....	110
6.2. CONFIGURACION DE UN REPETIDOR DE UN SISTEMA RADIORELEVADOR DIGITAL.....	113
6.3. CONFIGURACION DE UN SISTEMA DE MICROONDAS PCM.....	115
6.4. CONFIGURACION TIPICA DE CADA TIPO DE ESTACION.....	116

CAPITULO VII : SISTEMAS DE ENERGIA Y TORRES DE ANTENA

7.1. SISTEMAS DE ENERGIA.....	125
7.2. SISTEMAS DE ANTENA.....	126
7.3. ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LAS TORRES	

## XII

DE SOPORTE DE ANTENA.....	128
---------------------------	-----

### CAPITULO VIII : RESULTADOS DE LOS CALCULOS REALIZADOS

8.1. CONSIDERACIONES TECNICAS.....	131
8.2 ENLACE S.E. CHIMBOTE 1- S.E. CHIMBOTE SIDER.....	131
8.2.1. TRAMO S.E. CHIMBOTE 1 - Co. TAMBO REAL...	131
8.2.2. TRAMO Co. TAMBO REAL - S.E. CHIMBOTE 2...	132
8.3. ENLACE S.E. CHIMBOTE 2 - S.E. CHIMBOTE NORTE.....	132
8.4. ENLACE S.E. CHIMBOTE 2 - S.E. CHIMBOTE SUR.....	132

### CAPITULO IX : ESTUDIO ECONOMICO DEL PROYECTO

9.1. GENERALIDADES.....	133
9.2. EVALUACION DE COSTOS DEL PROYECTO.....	133
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	137
ANEXO A .....	142
ANEXO B .....	151
ANEXO C .....	157
BIBLIOGRAFIA .....	163

## P R O L O G O

Esta tesis estudia la alternativa, que en la actualidad tenemos técnicamente, para realizar un sistema de comunicaciones digital PCM vía microondas.

Se hará el análisis en lo referente al Plan de Ruta, determinación de las frecuencias de operación y la distribución de canales de BF para voz y datos.

Se indicarán las consideraciones técnicas para el diseño de los enlaces PCM por MO en base a una adecuada selección del sitio y evaluación de la calidad del sistema.

Se mostrarán las ventajas de los sistemas digitales con respecto a los analógicos, en los aspectos de economía, alta calidad de transmisión y utilización de frecuencias.

Se mostrará la configuración de un sistema de microondas típico PCM y la configuración de cada tipo de estación.

Se detallarán las especificaciones técnicas de las torres de soporte de antena y sistemas de energía y antena que se utilizarán en cada una de las instalaciones consideradas en el estudio.

Se hará una evaluación económica de los costos de equipamiento e infraestructura básica requeridos por el proyecto.

El desarrollo del estudio tuvo el apoyo invaluable de un grupo de profesionales de las especialidades de Electricidad y Electrónica del SIM-Norte de Electroperú S.A. y del INICTEL, sin cuyo aporte técnico, documentario y logístico no se hubiera podido realizar. A todos ellos mi más sincero agradecimiento.

Por sus valiosas revisiones y comentarios, al Ing. Julio Díaz Aliaga, por su extremada paciencia al tener que soportar las numerosas llamadas y mensajes que me fueron inevitables realizar. A él mi mayor reconocimiento.

Mi eterna gratitud a mi tío Pedro Rodríguez Barrantes, por su espíritu generoso y bueno, a mi esposa y a mi pequeña hija porque tuvieron que soportar mis continuas ausencias, a mis hermanos porque siempre estuvieron cuando los necesite, a mis tíos Don Marcelo Garro Huerta y Doña Esperanza Lara Barrantes porque siempre me presionaron para que realice mi trabajo de tesis.

Finalmente he querido reservar las últimas, pero más significativas líneas de este singular prólogo, para agradecer a mi abnegada madre Doña Emma María Lescano Barrantes, porque con su onnipresencia yo sé que estuvo siempre conmigo, cada día y cada noche que dediqué al proyecto, al lado de mi computadora y los libros, junto a mis dudas y sueños.

CAPITULO I  
DESCRIPCION DEL SISTEMA NORTE

1.1 AMBITO GEOGRAFICO

Los principales sistemas del servicio público de Electricidad que operan en el País son :

- a) El Sistema Interconectado Centro-Norte
- b) El Sistema Sur-Oeste
- c) El Sistema Sur-Este
- d) Los Sistemas aislados del Oriente

En la Figura 1.1 se muestra el ámbito geográfico del Sistema Interconectado Norte.

El Sistema Interconectado Centro-Norte es el más grande del País, tanto en extensión como en capacidad instalada. Abarca los centros de carga interconectados del Norte (Paramonga,Chimbote,Callejón de Huaylas,Trujillo,Cajamarca,Chiclayo y Piura), Centro (Lima, Huancayo), Sur Medio (Ica, Pisco, Marcona), y sus correspondientes sistemas de generación constituidos principalmente por las centrales hidroeléctricas del Mantaro, Huinco, Cañón del Pato, Carhuaquero y Cahua.

En la Figura 1.2 se muestra el Diagrama unifilar del Sistema Interconectado Centro-Norte.

El Norte y Lima están interconectados mediante la línea de transmisión a 220 Kv. Lima-Chimbote, constituida por las L.A.T. L-213 y L-215.

El Sistema Norte dentro de la actual estructura orgánica (1991) de la Empresa Matriz (ELECTROPERU S.A.) ha sido denominado como Sistema Interconectado Multiregional Norte (SIM-NORTE), correspondiéndole el nivel de Superintendencia, estando bajo su gestión operativa las Empresas Regionales siguientes :

- a) Empresa Regional ElectroNorte Medio S.A. (HIDRAN-DINA), cuyo ámbito geográfico comprende a los departamentos de Ancash y La Libertad; las provincias de Contumazá, Cajamarca, San Pablo, Cajabamba, Celendín y Hualgayoc del departamento de Cajamarca; la provincia de Marañón en el departamento de Huánuco y la Cuenca del río Pativilca en el departamento de Lima.
- b) Empresa Regional ElectroNorte S.A. (ELN), cuya gestión se circunscribe al departamento de Lambayeque.

- c) Empresa Regional ElectroNorOeste S.A. (ENO), que abarca al departamento de Piura.

Es necesario resaltar el acelerado crecimiento del sistema norte en los últimos cinco años, en lo concerniente a la integración de nuevas cargas por atender, destacando también el ingreso de la C.H. Carhuaquero, lo cual se indica a continuación .

- a) 19.07.86 : Puesta en servicio de la L.T. Guadalupe-Chiclayo (L-236) en 220 Kv, con las subestaciones Guadalupe (SEGUA) y Chiclayo Oeste (SECHO).
- b) 04.10.87 : Puesta en servicio de la L.T. Guadalupe-Chepén en 10Kv, dando suministro a Chepén.
- c) 29.10.90 : Puesta en servicio de la L.T. Guadalupe-Cajamarca (L-646) en 60 Kv.
- d) 12.12.90 : Puesta en servicio de la C.H. Carhuaquero con la L.T. Carhuaquero-Chiclayo (L-240) en 220 Kv.
- e) 05.11.91 : Puesta en servicio de la L.T. Guadalupe-Pacasmayo en 10 Kv. dando suministro a Pacasmayo.

- f) 04.05.92 : Puesta en servicio de la L.T. Chiclayo-Piura (L-238) en 220 Kv.

En la Figura 1.3 se muestra el diagrama unifilar del SIM-NORTE.

## 1.2. ORGANIZACION EMPRESARIAL

ELECTROPERU S.A., es una empresa pública donde el Estado es el mayor accionista, y le corresponde las actividades de Generación, Transmisión y Venta en bloques de energía a las distintas empresas regionales, que conforman el Sistema Eléctrico Nacional.

Dentro de la estructura orgánica actual de ELECTROPERU S.A. (Set. 92), la gestión operativa del Sistema Interconectado Centro Norte, está dividida por áreas geográficas, denominándose a la parte norte del país, Sistema Interconectado Multiregional Norte (SIM-NORTE), el cual suministra energía eléctrica en bloques a HIDRANDINA S.A., ELECTRONORTE S.A. y ELECTRONOROESTE S.A.

Cabe resaltar que, en el marco de la política económica del Gobierno, que tiende a eliminar el monopolio estatal en diversas actividades, mejorar y modernizar la gestión de las empresas públicas, se han promulgado los dispositivos legales como son el Decreto Legis-

lativo Nro. 674, Ley de Promoción de Inversiones en el Sector Eléctrico y la R.S. Nro. 289-92/PCM, que designa el Comité Especial de Privatización para ELECTROPERU S.A. y ELECTROLIMA S.A., Ley de Concesiones.

Por su parte, la Alta Dirección de Electroperú S.A., en Abril de 1992, decidió poner en funcionamiento a partir de 1993 y en el Sistema Interconectado Centro-Norte, a las Unidades de Negocios Empresariales, con el fin de optimizar la gestión empresarial, elevar la eficiencia y productividad e introducir elementos de competencia, que permitan captar capital de riesgo en el Sub-Sector Eléctrico.

### 1.3. ORGANIZACION OPERATIVA

El Sistema Interconectado Norte está constituido por tres sub-sistemas que describimos a continuación :

En la Figura 1.4 se muestra el Diagrama unifilar del SIM-Norte por sub-sistemas.

#### 1.3.1. SUB-SISTEMA SANTA

Se desarrolla alrededor de la C.H. Cañón del Pato, la cual se encuentra en la cuenca del río Santa.

Geográficamente abarca los departamentos de Ancash y La Libertad.

Eléctricamente está conformado por la C.H. Cañón

del Pato, las centrales térmicas de Chimbote y Trujillo, las subestaciones del Callejón de Huaylas, las subestaciones principales en 220 Kv. de Trujillo Norte (SETNOR) y Chimbote 1 (SECHIM 1), las subestaciones principales en 138 Kv. de Trujillo Sur (SETSUR), Santiago de Cao (SECAO) Chimbote Sider (SECHIM 2), Chimbote Norte (SECHNOR) y Chimbote Sur (SECHSUR), y las subestaciones secundarias en 138 Kv. que de ellas se derivan.

#### 1.3.2. SUB-SISTEMA CHANCAY

Se desarrolla alrededor de la C.H. Carhuaquero, la cual se encuentra en la cuenca del río Chancay.

Geográficamente abarca los departamentos de Lambayeque y Piura, las provincias de Chepén y San Pedro de Lloc del departamento de La Libertad y provincias del departamento de Cajamarca.

Eléctricamente está conformado por la C.H. de Carhuaquero, las centrales térmicas de Chiclayo, Piura y Cajamarca, las subestaciones principales en 220 Kv. de Chiclayo Oeste (SECHO), Piura Oeste (SEPO) y Guadalupe (SEGUA), y las subestaciones secundarias que de ellas se derivan.

#### 1.3.3. SUB-SISTEMA PATIVILCA

Se desarrolla alrededor de la C.H. Cahua, la cual

se encuentra en la cuenca del río Pativilca. Geográficamente abarca casi exclusivamente el Complejo Industrial de Paramonga (SPL) y las poblaciones Barranca, Pativilca y Supe. Eléctricamente está conformado por la C.H. Cahua, los grupos térmicos de SPL y la S.E. Paramonga Existente (SEPAEX).

#### 1.4. DESCRIPCION DEL SUB-SISTEMA SANTA

A continuación solo vamos a describir los sistemas de Generación, Transformación y Transmisión del Sub-Sistema Santa, porque es en este contexto donde se desarrolla nuestro Proyecto de Microondas Digital, para el Centro de Control de Chimbote 1 y las subestaciones de Chimbote Sider, Chimbote Norte y Chimbote Sur.

##### 1.4.1. SISTEMA DE GENERACION

El Sistema de Generación del Sub-sistema Santa está conformado básicamente por las centrales hidráulicas y térmicas de Electroperú S.A. , que describimos a continuación :

###### a) C.H. CAÑON DEL PATO.-

Se encuentra ubicada en el distrito de Hualanca, en el departamento de Ancash.

Fue construida aprovechando la fuerte pendiente del rio Santa a lo largo del mencionado cañón, de acuerdo a las apreciaciones hechas en 1912 por el Dr. Santiago Antúnez de Mayolo.

Su potencia instalada es de 150 Mw. con 6 grupos de 25 Mw., siendo uno de sus grandes inconvenientes el de no contar con embalse regulador, lo cual limita su generación a 120 Mw. en época de avenida y a 75 Mw. en estiaje por falta de agua.

**b) CENTRAL TERMICA CHIMBOTE SIDER**

Se encuentra ubicada dentro de las instalaciones de SIDERPERU en la ciudad de Chimbote, en el departamento de Ancash.

Consta de tres unidades turbogases de rápido arranque, denominadas TG1, TG2 y TG3.

Estas turbogases pueden operar en régimen de generador o compensador síncrono de potencia reactiva, utilizando como combustible petróleo Diesel 2, generando en total una potencia efectiva de 51 Mw.

**c) CENTRAL TERMICA TRUJILLO SUR**

Se encuentra ubicada en la ciudad de Trujillo, en el departamento de La Libertad.

Consta de una unidad turbogas, de similares

condiciones operativas a las de Chimbote Sider, con una potencia efectiva de 18 Mw.

#### 1.4.2. SISTEMA DE TRANSFORMACION

El sistema de transformación del Sub-sistema Santa, está conformado básicamente por las subestaciones de Electroperú S.A. e Hidrandina S.A., las que describimos a continuación :

##### Sub-Estaciones de Electroperú S.A. :

###### a) S.E. CHIMBOTE 1 (SECHIM 1) .

Es la más importante, por ser el punto neurálgico de la interconexión de los sistemas Centro-Norte, ya que en ella convergen la línea Lima-Chimbote y las líneas de la Central Cañón del Pato.

En el nivel de 220 Kv. es de barra simple, mientras que en 138 Kv. es de doble barra con interruptor y medio, lo cual permite una mayor flexibilidad para las actividades de mantenimiento e incrementa la confiabilidad de la operación.

Cuenta con dos bancos de condensadores estáticos de 15 y 20 Mvar en el nivel de 13.8 Kv. para la compensación reactiva.

En la Figura 1.5 se muestra el Diagrama unifilar de la S.E. Chimbote 1.

b) S.E. CHIMBOTE 2 (SECHIM SIDER) .

En el nivel de 138Kv., es de configuración interruptor y medio y doble barra, atendiendo casi exclusivamente la demanda de SIDER-PERU.

En esta sub-estación se encuentran tres (3) turbogases de arranque rápido, que pueden operar tanto como generador o como compensador síncrono.

En la Figura 1.6 se muestra el Diagrama unifilar de la S.E. Chimbote 2.

c) S.E. HUALLANCA (SEHIDRO)

En el nivel de 138 Kv., es de doble barra y suministra energía a la S.E. Chimbote 1.

En el nivel de 66 Kv. atiende al Callejón de Huaylas.

d) S.E. TRUJILLO NORTE (SETNOR) .

En el nivel de 220 Kv. es de doble barra, mientras que en el nivel de 138 Kv. cuenta con un anillo cerrado que le da una operación mas confiable.

e) S.E. TRUJILLO SUR (SETSUR) .

En el nivel de 138 Kv. es de barra simple y atiende a la parte sur de la ciudad de Trujillo.

En esta subestación se encuentra una turbogás de arranque rápido de 18 Mw., que puede operar como generador o como compensador síncrono.

Sub-Estaciones de Hidrandina S.A. :

En el nivel de 138 Kv. tiene las siguientes subestaciones principales :

a) S.E. CHIMBOTE SUR (SECHSUR)

Que cubre la zona sur de Chimbote.

En la Figura 1.7 se muestra el Diagrama unifilar de la S.E. Chimbote Sur.

b) S.E. CHIMBOTE NORTE (SECHNOR)

Que cubre la zona Norte de Chimbote.

En la Figura 1.8 se muestra el Diagrama unifilar de la S.E. Chimbote Norte.

c) S.E. SANTIAGO DE CAO (SECAO)

Que alimenta a la fábrica de Trupal.

En el nivel de 138 Kv. tiene las siguientes

sub-estaciones menores :

- a) Nepeña (SENEPE)
- b) San Jacinto (SESJAC)
- c) Casma (SECASMA)
- d) Santa (SESANTA)
- e) Viru (SEVIRU)
- f) Porvenir (SEPOR)
- g) Motil (SEMOTIL).

En el nivel de 66 Kv. se encuentran las subestaciones del Callejón de Huaylas tales como :

- a) Caraz
- b) Carhuaz
- c) Huaraz
- d) Ticapampa.

#### 1.4.3. SISTEMA DE TRANSMISION

El sistema de transmisión del Sub-sistema Santa está conformado basicamente por las líneas de transmisión de Electroperú S.A. e Hidrandina S.A., las que describimos a continuación :

##### Ls.Ts. de Electroperú S.A. :

En el nivel de 220 Kv. se tienen las líneas si-

guientes :

- a) Paramonga Nueva-Chimbote 1 (L-215) de 221.2 Km.
- b) Chimbote 1-Trujillo Norte (L-232) de 134 Km.
- c) Trujillo Norte-Guadalupe (L-234) de 103 Km.

Las cuales constituyen la red troncal de interconexión del SIN, y que debido a su longitud, son grandes fuentes de energía reactiva capacitiva del orden de los 32Mvar como en el caso de la línea Paramonga Nueva-Chimbote 1.

Estas líneas son costeras y están expuestas al ambiente fuertemente corrosivo, por lo que se emplea el aluminio Aldrey (ACAR) como material de los conductores.

En el nivel de 138 Kv., las líneas más importantes son las siguientes :

- a) Huallanca-Chimbote 1 (A-131,A-132,A-133) de 84.42 Km. ,son tres líneas que transportan la energía de la C.H. Cañón del Pato al SISTEMA. Utiliza ACSR en las zonas de altura.

Las otras líneas en 138 Kv. son costeras y son las siguientes :

- b) Chimbote 1-Chimbote 2 (C-131,C-132).
- c) Chimbote 2-Trujillo Sur (B-131).
- d) Trujillo Norte-Trujillo Sur (B-131A).

Ls.Ts. de Hidrandina S.A. :

En el nivel de 138 Kv. todas las líneas son costeras y utilizan ALDREY, ACAR, AASC, ARVIDAL y son las siguientes :

- a) Chimbote 1-Chimbote Norte (D-131,D-132)
- b) Chimbote 1-Chimbote Sur (E-132)
- c) Chimbote Sur-Nepeña (K-131)
- d) Nepeña-Casma (L-131)
- e) Nepeña-San Jacinto (L-132)
- f) Trujillo Nor-Santiago de Cao (Y-131,Y-132)
- g) Trujillo Norte-Motil (Z-133)

En el nivel de 66 Kv. tiene la línea siguiente :

- h) Central Cañón del Pato-Callejón de Huaylas (C-061), que sale de Huallanca y recorre el Callejón de Huaylas en forma radial. Utiliza ALMELEC.

# SISTEMA INTERCONECTADO NORTE

## AMBITO GEOGRAFICO



FIGURA 1.1



FIGURA 1.3  
DIAGRAMA UNIFILAR  
SIM-N 1892

CANON  
PAPA

TRUJAL

CARHUÁQUERO

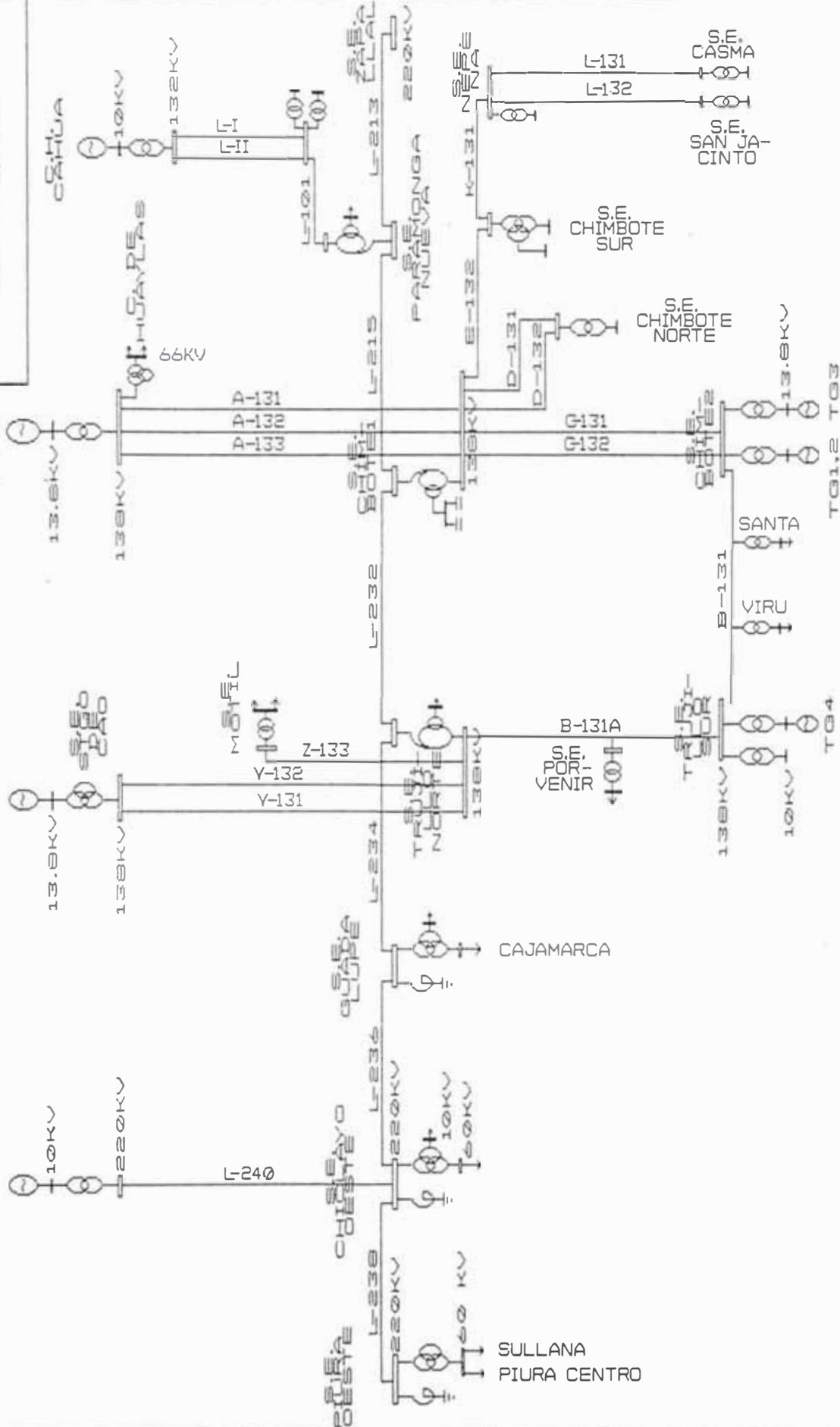
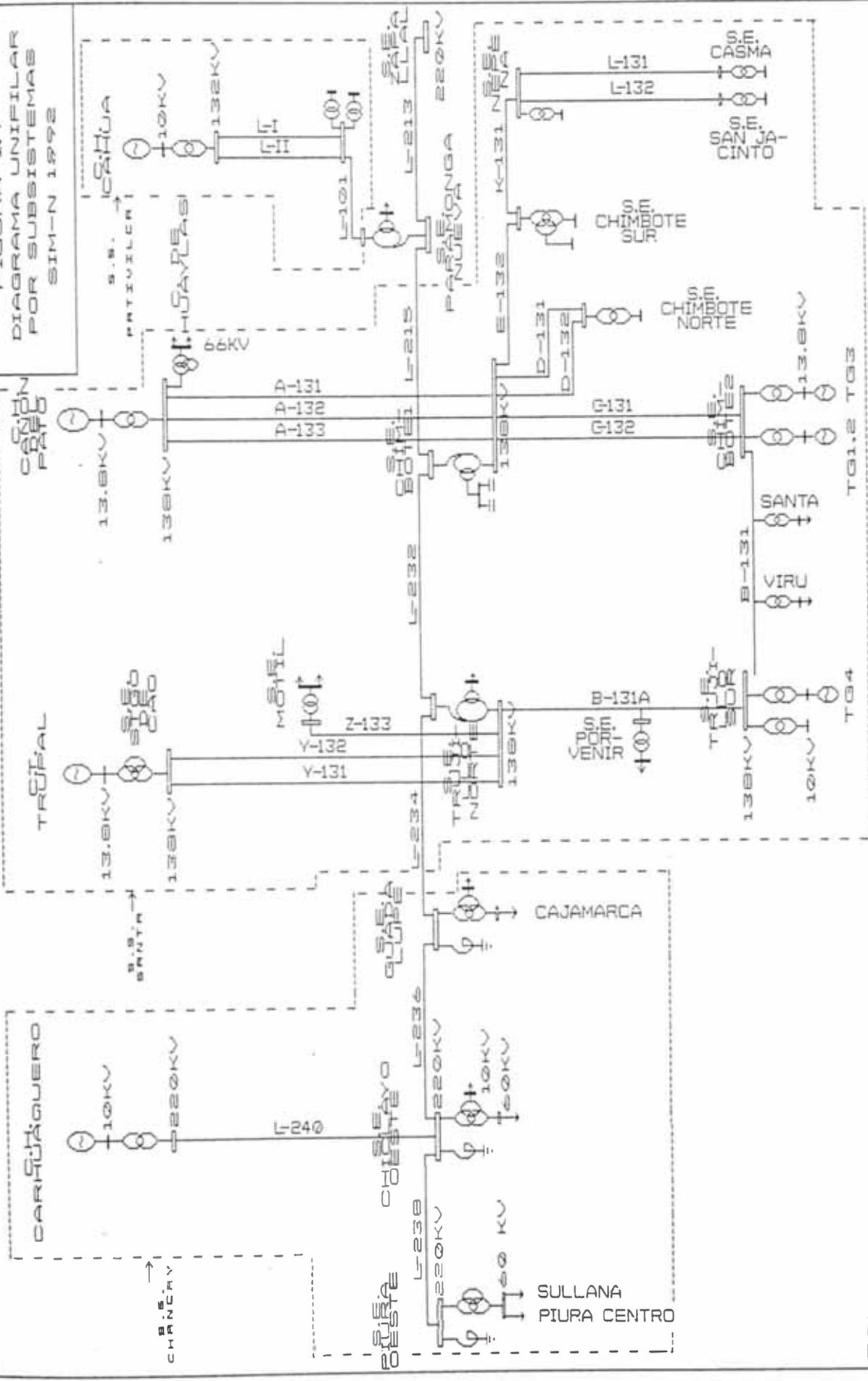


FIGURA 1.4  
 DIAGRAMA UNIFILAR  
 POR SUBSISTEMAS  
 SIM-N 1992



# DIAGRAMA UNIFILAR S.E. CHIMBOTE 1

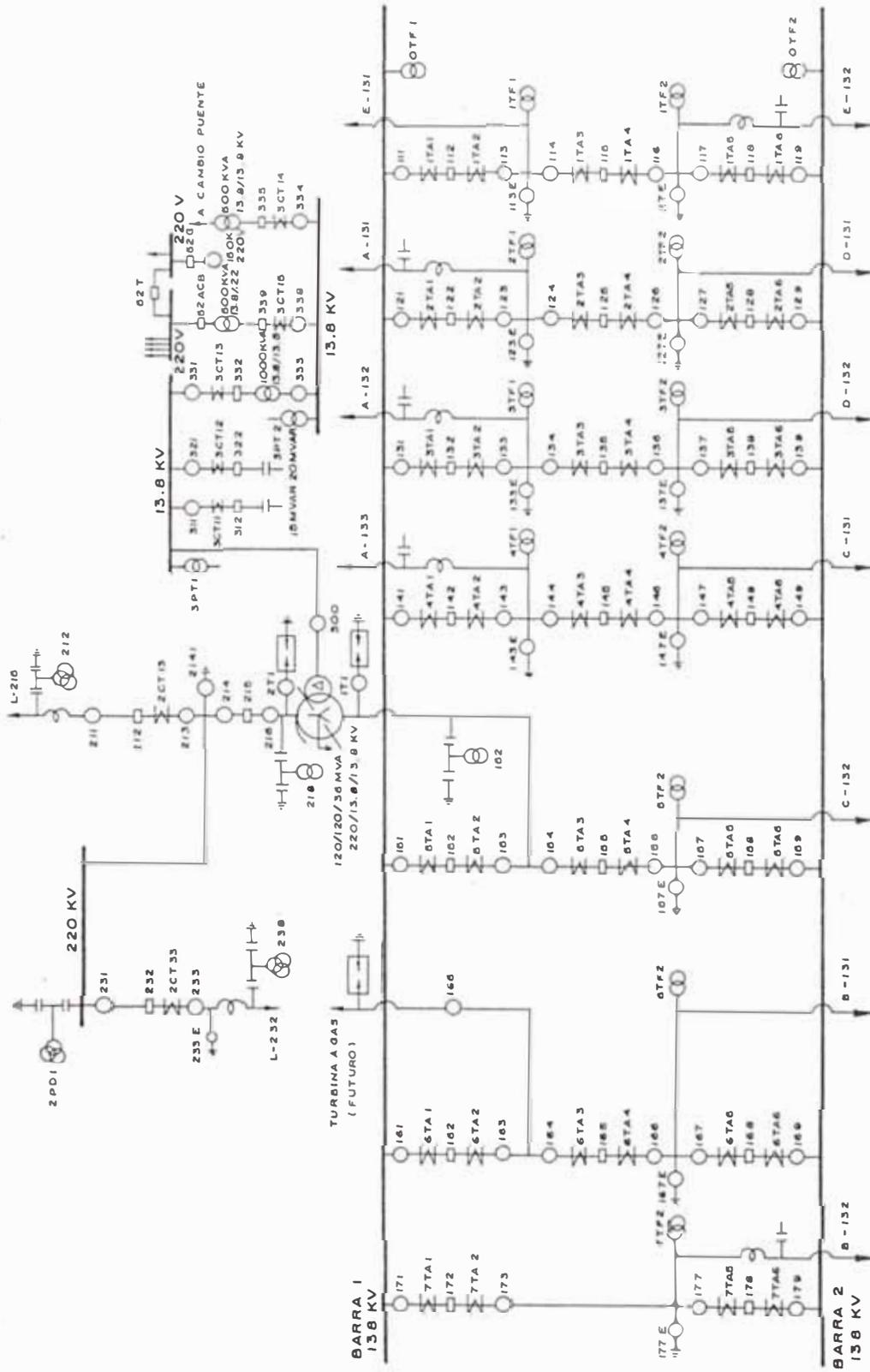


FIGURA 1.6

# DIAGRAMA UNIFILAR S.E. CHIMBOTE 2

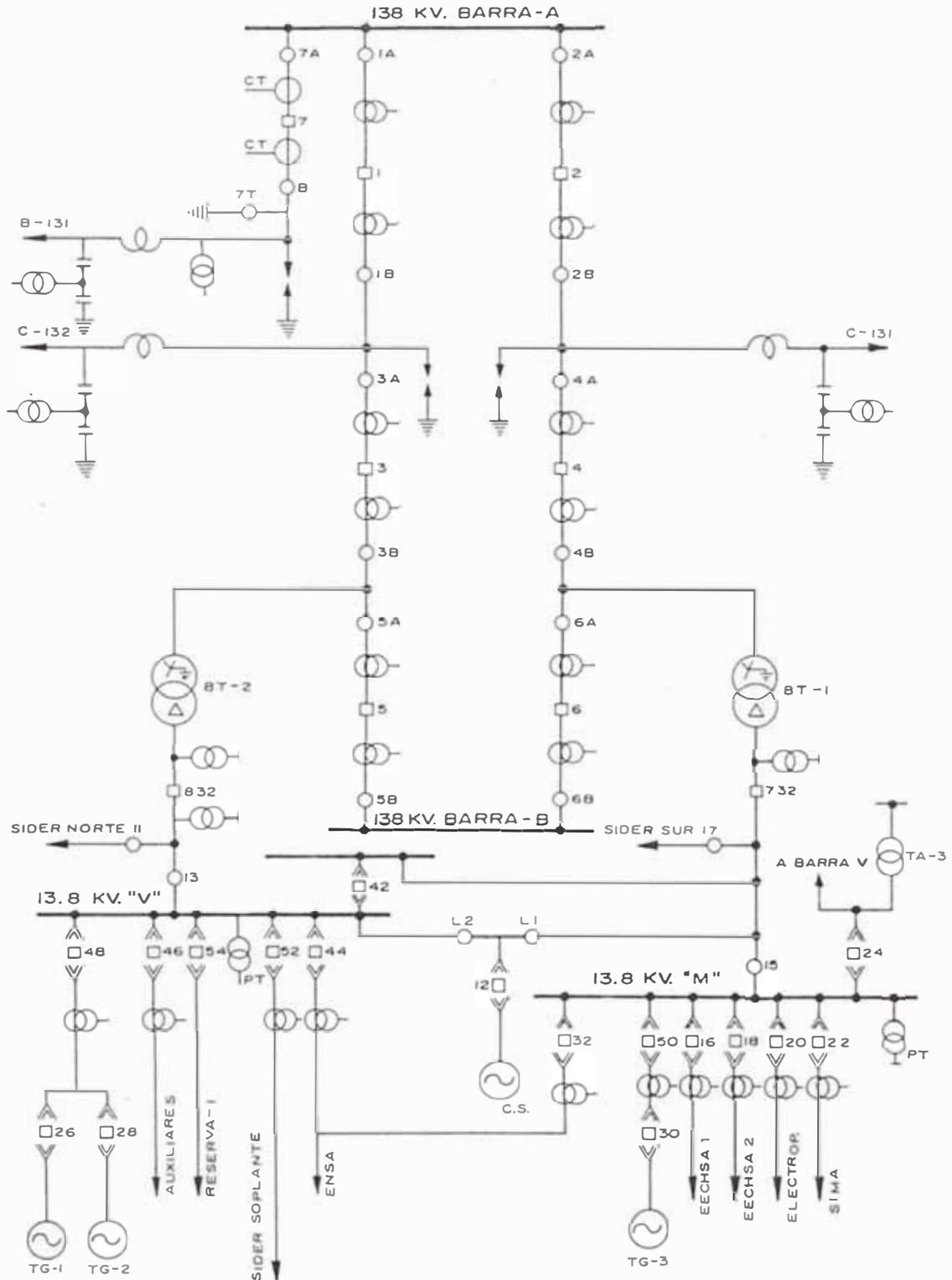


FIGURA 1.6

# DIAGRAMA UNIFILAR S.E. CHIMBOTE NORTE

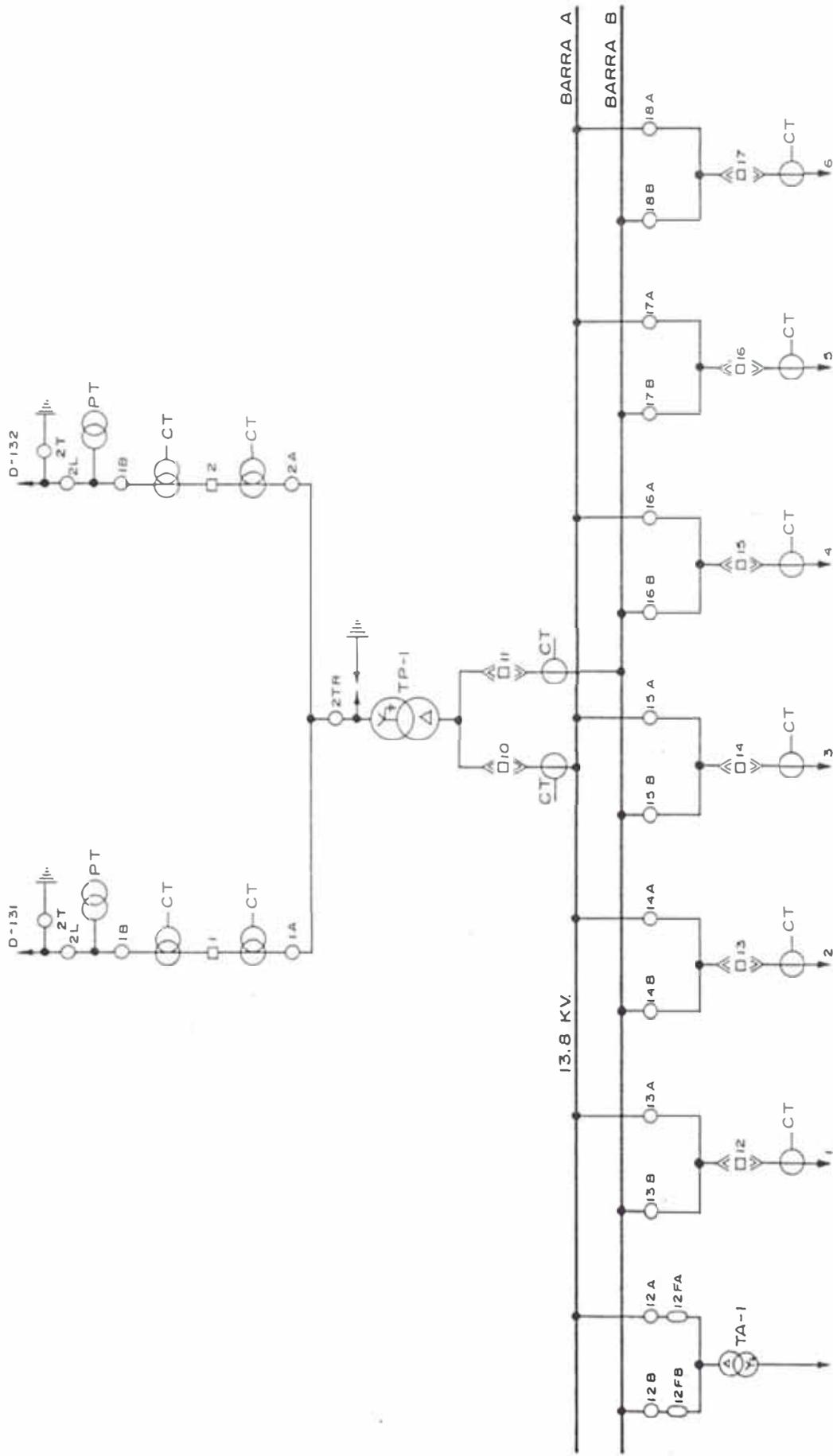


FIGURA 1.7

# DIAGRAMA UNIFILAR S.E. CHIMBOTE SUR

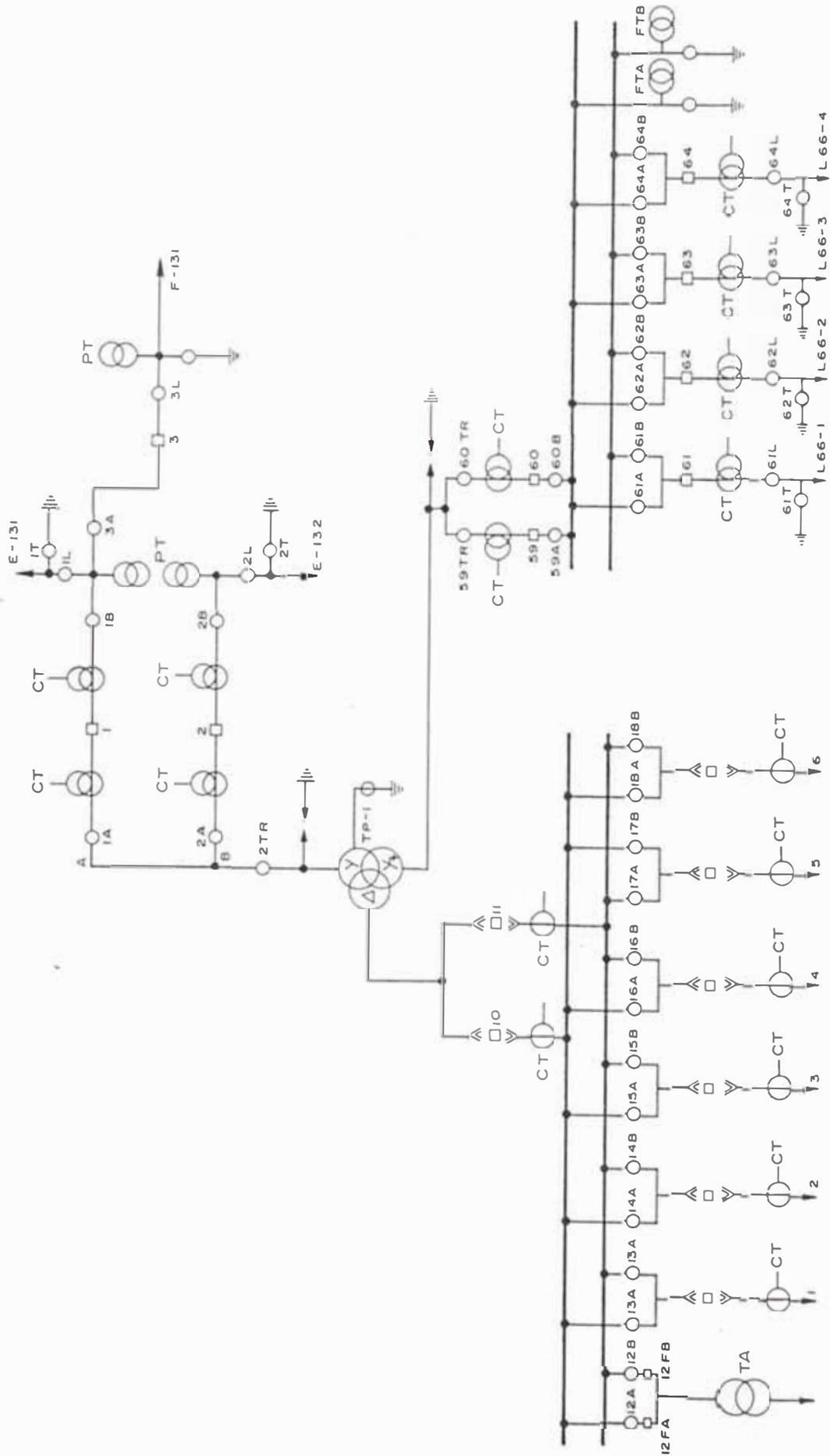


FIGURA 1.8

## CAPITULO II

### DESCRIPCION DE LA ZONA DEL PROYECTO

#### 2.1. GENERALIDADES

En la actualidad las Telecomunicaciones constituyen una actividad, que progresivamente se desarrolla y avanza al ritmo de los adelantos de la Ciencia moderna. Gracias a ello en nuestro país, se vienen utilizando para distancias cortas los sistemas de VHF,UHF y MICROONDAS y para distancias grandes los sistemas de VIA SATELITE.

En lo que respecta al Sistema Interconectado Multiregional Norte, ELECTROPERU S.A. ha previsto el estudio y la implementación de un Sistema Satelital para los centros de generación y transformación principales a nivel nacional, utilizando los servicios del INTELSAT.

En el Sub-Sistema Santa, en la ciudad de Chimbote, solo se ha considerado la instalación de una estación terrena en el Centro de Control de Chimbote 1 (SECHIM 1); siendo esta razón, por la que el Proyecto de Microondas Digital que proponemos, tiene como objetivos no sólo superar las limitaciones de comunicación existentes, entre SECHIM 1 y las SS.EE. Chimbote Sider, Chimbote Norte y Chimbote Sur, sino posibilitar

la implementación de un Sistema de Telemando Regional de estas instalaciones y permitir su integración al Proyecto Satelital, para la transmisión de datos al Centro de Control Nacional en Lima.

## 2.2. DESCRIPCION GEOGRAFICA

El área del proyecto se circunscribe en la ciudad de Chimbote, en el departamento de Ancash al norte del país. Ver Figura 2.1.

El Centro de Control de Chimbote 1, está situado unos 8 Kms. al N.E. de la ciudad de Chimbote, construido sobre un suelo árido y rocoso a la vez. Esta sub-estación fue levantada alejada de la zona urbana, entre otras razones, para evitar la contaminación ambiental y permitir un mejor mantenimiento de las redes de transmisión.

La Sub-estación Chimbote Sider, está situada dentro de las instalaciones de SIDERPERU S.A., próxima a la zona urbana de Chimbote. Fue construida sobre un suelo salitroso y aún mas, por encontrarse muy cerca al mar la contaminación ambiental es muy alta, lo que perjudica el mantenimiento de las redes de transmisión y equipos de protección y de comunicaciones asociados.

La Sub-estación Chimbote Norte, está situada al norte de la ciudad de Chimbote, en plena zona urbana. Fue construida sobre un suelo rocoso y por encontrarse cerca al mar, la contaminación ambiental es alta, perjudicando el mantenimiento de las redes de transmisión y equipos de protección y de comunicaciones asociados.

La Sub-estación Chimbote Sur, está situada al sur de la ciudad de Chimbote, próxima a la zona urbana. Fue construida sobre un suelo árido y rocoso a la vez y por encontrarse cerca al mar, la contaminación ambiental es alta, perjudicando el mantenimiento de las redes de transmisión y equipos de protección y de comunicaciones asociados.

La Estación Repetidora Tambo Real, está situada en el cerro del mismo nombre, a 1.6 Km. cerca de la Sub-estación Chimbote 1, alejada de la zona urbana. No se encuentra expuesta a la contaminación ambiental altamente dañina que existe en la zona urbana costera, lo que permite una adecuada conservación de los equipos, antenas, paneles solares, sistema de energía y demás accesorios vinculados con las repetidoras de VHF y UHF, de fabricación BBC existentes.

### **2.3. MEDIOS ACTUALES DE COMUNICACION**

A continuación describiremos los medios actuales de

comunicación, de cada una de las sub-estaciones principales del Sub-Sistema Santa, éstos con respecto al Centro de Control de Chimbote 1.

a) Enlace SECHIM 1 dirección SECHIM SIDER .

SISTEMA DE ONDA PORTADORA :

Existe un enlace de onda portadora asociado a la L.A.T. C-131, implementado con equipos ETI y dispositivos de acoplamiento de fabricación BBC. Fue puesto en servicio el 31.01.93, recientemente, en reemplazo del cable piloto, que constantemente era objeto de robos sistemáticos, ocasionando continuos malestares en la operación del sistema, al interrumpirse intempestivamente el servicio telefónico y el sistema de teleprotección de las LL.TT. C-131 y C-132. La seguridad de este cable piloto escapaba a las posibilidades de la empresa, por su extensión de aproximadamente 8 Km. y por su recorrido a través de zonas arenosas del Co. San Pedro.

SISTEMA DE RADIO :

Existe un enlace de Radio VHF, implementado con equipos Kenwood, el cual no permite comunicaciones confidenciales de carácter operativo, estando

reservado su uso para coordinaciones de rutina. Este enlace no permite la implementación de un sistema de Teleprotección.

#### SISTEMA CABLE TELEFONICO

La S.E. Chimbote 1, cuenta con cinco líneas telefónicas de ENTELPERU, las cuales utilizan un cable telefónico multipar de 5 Km. de longitud aproximadamente, que al igual que el cable piloto retirado, viene siendo objeto de robos sistemáticos, cuyo control escapa a las posibilidades de nuestra empresa. Es por esta razón que su retiro está previsto una vez se implemente el proyecto desarrollado en el presente estudio.

La S.E. Chimbote Sider, cuenta con tres líneas telefónicas de ENTELPERU, las cuales son utilizadas en forma compartida entre la operación de la sub-estación y Turbogases y la gestión administrativa.

#### SISTEMA DE TELEPROTECCION

Recientemente se ha puesto en servicio un sistema de teleprotección NSD 60 para las líneas de alta tensión C-131 y C-132, utilizando como soporte de

transmisión a la L.A.T. C-131, por lo que este sistema funciona sólo mientras está operativa la línea. En decir que en caso de mantenimiento o falla de esta línea, se anula el sistema de protección existente.

b) Enlace SECHIM 1 dirección CHIMBOTE NORTE.-

SISTEMA DE ONDA PORTADORA

No existe enlaces de onda portadora

SISTEMA DE RADIO -

Existe un enlace de Radio VHF, implementado con equipos Kenwood, el cual no permite comunicaciones confidenciales de carácter operativo, estando reservado su uso para coordinaciones de rutina. Este enlace no permite la implementación de un sistema de Teleprotección.

SISTEMA CABLE TELEFONICO :

La S.E. Chimbote Norte, cuenta con una línea telefónica de ENTELPERU, la cual es utilizada en forma compartida, tanto para las coordinaciones de carácter operativo como para la gestión administrativa de la instalación.

**SISTEMA DE TELEPROTECCION :**

No existe sistema de teleprotección a pesar de contar con dos líneas de alta tensión D-131 y D-132. El sistema existente quedó fuera de servicio al perderse el cable piloto por robos continuos que la Empresa no pudo evitar.

**c) Enlace SECHIM 1 dirección CHIMBOTE SUR****SISTEMA DE ONDA PORTADORA :**

Existe un enlace de onda portadora asociado a la L.A.T. E-132, implementado con equipos ETI y dispositivos de acoplamiento de fabricación BBC. Fue puesto en servicio en el año 1985 dentro de la ejecución del Proyecto Eléctrico de la Línea de Transmisión en 220 Kv. MANTARO-PACHACHACA-CALLAHUANCA. Este enlace vino a reemplazar al cable piloto que existía entre estas instalaciones y que era objeto de robos sistemáticos cuyo control escapaba a las posibilidades de la empresa, por su extensión de aproximadamente de 12 Km. y por su ruta a través de zonas desérticas.

**SISTEMA DE RADIO :**

Existe un enlace de Radio VHF, implementado con

equipos Kenwood, el cual no permite comunicaciones confidenciales de carácter operativo, estando reservado su uso para coordinaciones de rutina. Este enlace no permite la implementación de un sistema de Teleprotección.

#### SISTEMA CABLE TELEFONICO :

La S.E. Chimbote Sur, no cuenta con líneas telefónicas de ENTELPERU.

#### SISTEMA DE TELEPROTECCION :

No existe sistema de teleprotección. Actualmente está en servicio la L.A.T. E-131 y en corto plazo estará en servicio la L.A.T. E-132., por lo que se debe prever la implementación de la protección respectiva. El sistema existente quedó fuera de servicio al perderse el cable piloto por robos continuos que la Empresa no pudo evitar.

### 2.4. LIMITACIONES DEL SISTEMA EXISTENTE

#### SISTEMA DE ONDA PORTADORA

Este sistema, permite el uso de las líneas de alta tensión, como medio de transmisión de señales de telefonía selectiva, teleprotección y

canales superpuestos en la banda suprafónica, estos canales pueden ser utilizados para el servicio de telex, señales de telemando y telemedida entre otras posibilidades.

La limitación existente radica en la poca confiabilidad de las líneas de alta tensión, debido a la frecuencia con la que salen fuera de servicio, sea por fallas en los aisladores, actuación falsa del sistema de protecciones, cortes de energía por mantenimiento o restricción programada, atentados terroristas, errores de operación entre otras causas.

Lo expuesto es el motivo, por el que no puede utilizarse el Sistema de Onda Portadora existente, como soporte principal de la implementación de los Sistemas de Telecomunicaciones, Telemando y Transmisión de Datos.

#### SISTEMA DE RADIO

El Sistema de Radio VHF existente, está implementado sólo para el establecimiento de comunicaciones de rutina en Half Duplex y no permite comunicaciones selectivas excluyentes, entre las sub-estaciones del Sub-Sistema Santa y el Centro de Control de Chimbote 1, ya que todas las insta-

laciones trabajan en las mismas frecuencias.

De lo expuesto se deduce, que no puede utilizarse el Sistema Radial existente, como sistema principal de Comunicaciones, basicamente porque puede ser facilmente interferido, lo que no es conveniente para la seguridad de las instalaciones de la empresa.

#### SISTEMA CABLE TELEFONICO

La experiencia nos ha enseñado, que en la actualidad, los sistemas de comunicaciones que utilizan medios físicos, son los menos confiables que existen. Como referencia tenemos los casos de las sub-estaciones Chimbote Sider, Chimbote Norte y Chimbote Sur, que utilizaban cable piloto para extender abonados, de la central telefónica OKI de la S.E. Chimbote 1 y poder así integrarse al Sistema de Onda Portadora del SIM-NORTE. Lo que sucedió es que estos cables pilotos fueron robados, aislando a estas sub-estaciones de la Red de Onda Portadora y anulando los sistemas de protección de las líneas de alta tensión asociadas a estas instalaciones, comprometiendo seriamente la operación del sistema eléctrico.

#### SISTEMA DE TELEPROTECCION :

Sólo existe entre las Subestaciones Chimbote 1 y Chimbote Sider y utiliza un medio físico como es el sistema de onda portadora. No existe en las Subestaciones Chimbote Norte y Chimbote Sur.

Lo anterior resta confiabilidad a las líneas de transmisión involucradas, comprometiendo la operación del sistema a cargo del Centro de Control y perjudicando a los usuarios.

#### 2.5. OBJETIVOS FRENTE A LA PROBLEMATICA ACTUAL

El Proyecto de Microondas Digital que proponemos, tiene como objetivos :

- a) Superar las limitaciones de comunicación existentes, entre SECHIM 1 y las SS.EE. Chimbote Sider, Chimbote Norte y Chimbote Sur.
  
- b) Instalar sistemas de teleprotección a las líneas de alta tensión asociadas a las subestaciones indicadas, utilizando transmisión vía microondas de las señales de transferencia de disparo y de bloqueo, las que serán utilizadas por los Relés de Distancia y Relés Direccionales instalados en las subestaciones, para evitar daños en los circuitos eléctricos de potencia en caso de pertur-

baciones en las líneas de alta tensión.

- c) Permitir la instalación de Unidades Terminales Remotas (RTU) ESCLAVAS en las Subestaciones Chimbote Sider, Chimbote Norte y Chimbote Sur, y una RTU MASTER en la Subestación Chimbote 1, para el telecontrol de estas instalaciones desde el Centro de Control Regional.

## CAPITULO III

### ANALISIS DEL PROYECTO

#### 3.1. DEFINICION DEL PROYECTO

El proyecto desarrollado, es básicamente un estudio técnico de factibilidad, encargado por la Superintendencia del Sistema Multiregional Norte, para que sea utilizado en la elaboración de las bases de una Licitación Pública Internacional, mediante la cual se adquiera el equipamiento y accesorios necesarios, para implementar un Sistema de Microondas Digital en el Sub-sistema Santa a corto plazo.

El Estudio prevee la superación de las limitaciones existentes que se han descrito en el capítulo anterior, la implementación del Sistema de Telemando Regional desde la S.E. Chimbote 1 y la Transmisión de Datos al Centro de Control de la S.E. San Juan en Lima.

Para alcanzar las metas definidas, se requiere de un soporte de transmisión altamente confiable, por lo que se considera en el estudio, un Sistema de Microondas Digital con modulación PCM en la banda de 2Ghz (llamado Sistema 2S-2P), el cual es apropiado para distancias cortas, con capacidad de 30 canales telefóni-

cos distribuidos ponderadamente entre cada uno de los tres enlaces previstos.

### 3.2. DETERMINACION DE LA RUTA.-

La parte principal de un diseño de Microondas, sobre el cual giran los demás cálculos, sean de propagación o de ruido, es la elección de la Ruta a seguir, la cual se realiza en dos etapas que son básicamente el Estudio de Gabinete y las Pruebas de Campo.

#### Estudio de Gabinete :

En esta etapa de análisis, se hizo uso de los Mapas del I.G.M. de la Zona de Chimbote, con los cuales se elaboró los perfiles topográficos de los enlaces que comprende el proyecto y que son los siguientes :

Enlace Sechim 1    Sechim 2

Enlace Sechim 1    Sechnor

Enlace Sechim 1    Sechsur

Estos mapas se encuentran trazados a escala, siendo ésta de 1:100,000 y nos permitió el levantamiento preliminar de las rutas más convenientes para cada uno de los enlaces indicados, evitando los obstáculos más elevados, consiguiendo con ello, que las alturas de las antenas sean lo menor posible, optimizando de esta manera costos pero sin comprometer la garantía de una

buena performance.

Del estudio de gabinete se obtienen datos preliminares muy importantes como son :

- a) Ubicación de las estaciones.
- b) Línea de vista entre estaciones.
- c) Análisis del terreno.
- d) Altura de las estaciones sobre el nivel del mar.
- e) Altura del obstáculo sobre el nivel del mar.
- f) Distancia entre estaciones.
- g) Determinación del punto de reflexión.
- h) Distancia de las estaciones al obstáculo.
- i) Distancia de las estaciones al punto de reflexión.

#### Estudio de Campo :

En esta etapa se comprueban los datos obtenidos en el estudio de gabinete, así tenemos :

- a) Verificación de las rutas preliminares.
- b) Confirmación de que el lugar teórico seleccionado para la ubicación de las estaciones corresponde al lugar geográfico visitado.
- c) Comprobación de la línea de vista para la determinación práctica de la altura de las antenas.
- d) Monitoreo de señales para orientación de las antenas.

En las pruebas de campo se empleó básicamente brújulas para la determinación del rumbo y el ángulo de elevación, altímetros para verificar las alturas sobre el nivel del mar de las estaciones, equipos de radio y medidores de intensidad de campo para determinar la orientación de las antenas, espejos para las pruebas de línea de vista y cámaras fotográficas para la obtención de las referencias para cuando se realicen los trabajos de montaje y puesta en servicio.

### 3.2.1. ENLACE SECHIM 1 - SECHIM 2

Luego de efectuarse el reconocimiento de la ruta, se ha previsto para el enlace entre las SS.EE. Chimbote 1 y Chimbote 2, el uso de una estación repetidora en el Co. Tambo Real.

Los datos geográficos de las estaciones consideradas en este enlace son los siguientes :

#### UBICACION DE LAS ESTACIONES

##### SECHIM 1 :

Altitud	:	80	m.s.n.m.
Longitud Oeste	:	78° 33' 13.29"	
Latitud Sur	:	9° 00' 23.95"	

##### SECHIM 2 :

Altitud	:	15	m.s.n.m.
---------	---	----	----------

Longitud Oeste : 78° 35' 52.04''  
 Latitud Sur : 9° 03' 36.84'

**Co. TAMBO REAL :**

Altitud : 457 m.s.n.m.  
 Longitud Oeste : 78° 34' 14.96''  
 Latitud Sur : 9° 00' 37.01'

El perfil topografico del tramo Sechim 1 - Co Tambo Real se muestra en el Figura 3.1.

El perfil topográfico del tramo Co Tambo Real - Sechim 2 se muestra en el Figura 3.2.

**3.2.2. ENLACE SECHIM 2 - SECHNOR**

Luego de efectuarse reconocimiento de la ruta, se ha determinado que el enlace entre las SS.EE. Chimbote 2 y Chimbote Norte, no requiere el uso de estaciones repetidoras, por la corta distancia que existe entre estas instalaciones y la ausencia de obstáculos importantes.

Los datos geográficos de las estaciones consideradas en este enlace son los siguientes :

**UBICACION DE LAS ESTACIONES .**

**SECHIM 2 :**

Altitud : 15 m.s.n.m.

Longitud Oeste : 78° 35' 52.04'  
 Latitud Sur : 9° 03' 36.84''

**SECHNOR :**

Altitud : 40 m.s.n.m.  
 Longitud Oeste : 78° 34' 53.00'  
 Latitud Sur : 9° 03' 21.16''

El perfil topogáfico del tramo Sechim 2 - Sechim Norte se muestra en el Figura 3.3.

**3.2.3. ENLACE SECHIM 2 - SECHSUR**

Luego de efectuarse el reconocimiento de la ruta, se ha determinado que el enlace entre las SS.EE. Chimbote 2 y Chimbote Sur, no requiere el uso de estaciones repetidoras, por la corta distancia que existe entre estas instalaciones y la ausencia de obstáculos importantes.

Los datos geográficos de las estaciones consideradas en este enlace son los siguientes :

**UBICACION DE LAS ESTACIONES**

**SECHIM 2 :**

Altitud : 15 m.s.n.m.  
 Longitud Oeste : 78° 35' 52.04'

Latitud Sur : 9° 03' 36.84''

**SECHSUR :**

Altitud : 80 m.s.n.m.

Longitud Oeste : 78° 30.7' 0.62'

Latitud Sur : 6.0' 0.63''

El perfil topográfico del tramo Sechim 2 - Sechim Sur se muestra en el Figura 3.4.

### 3.3. DETERMINACION DE LAS FRECUENCIAS .

Para determinar las frecuencias de operación de los enlaces de microondas que comprende el presente proyecto, se ha tomado en cuenta la disposición de los canales de radiofrecuencia para la banda de 2 Ghz. mostrados en el Cuadro 3.1.

En nuestro diseño utilizaremos la banda de 2110 a 2290 Mhz. con una frecuencia central " fo " de 2203 Mhz. y 30 canales de voz distribuidos en 4 radioenlaces.

Por lo tanto, las frecuencias que se han considerado son las siguientes :

<u>CANAL DE RADIO :</u>	<u>FRECUENCIA :</u>
S.E. Chimbote 1 - Co. Tambo Real	2122.5 Mhz.
Co. Tambo Real - S.E. Chimbote 1	2213.5 Mhz.

Co. Tambo Real - S.E. Chimbote 2	2136.5	Mhz.
S.E. Chimbote 2 - Co. Tambo Real	2227.5	Mhz.
S.E. Chimbote 2 - S.E. Chimbote Nor	2150.5	Mhz.
S.E. Chimbote Nor - S.E. Chimbote 2	2241.5	Mhz.
S.E. Chimbote 2 - S.E. Chimbote Sur	2164.5	Mhz.
S.E. Chimbote Sur - S.E. Chimbote 2	2255.5	Mhz.

#### 3.4. DISTRIBUCION DE CANALES PARA TELECONTROL

Considerando que las SS.EE. Chimbote Norte y Chimbote Sur no se integrarán a la S.E. Chimbote 1 mediante enlaces directos, porque ello implicaría duplicidad innecesaria de equipamiento en la estación repetidora del Co. Tambo Real, lo que se reflejaría en el costo del proyecto y además por razones de seguridad de los equipos, es que se ha seleccionado a la S.E. Chimbote Sider como una estación de derivación e inserción, para el tránsito de los canales de BF de las instalaciones indicadas a la S.E. Chimbote 1, por lo que en el enlace entre las SS.EE Chimbote 1 y Chimbote 2, se ha recargado los canales que corresponden a las subestaciones Chimbote Norte y Chimbote Sur.

El resumen de la distribución de canales es el siguiente :

ENLACE SECHIM 1 - SECHIM 2 : 20 + 5 + 5 - 30

ENLACE SECHIM 2 - SECHNOR : 6  
 ENLACE SECHIM2 - SECHSUR : 6

### 3.4.1. SISTEMA SECHIM 1 - SECHIM 2 :

El detalle de la distribución de canales es el siguiente :

CANAL	DESCRIPCION
-------	-------------

1	D A T O S
---	-----------

TELEMANDO :

a) Nivel de 138 Kv :

Interruptor 1

Interruptor 2

Interruptor 3

Interruptor 4

Interruptor 5

Interruptor 6

Interruptor 7

b) Nivel de 13.8 Kv

Interruptor 732

Interruptor 832

Interruptor 50 TG3

Interruptor 48 TG1,TG2

Interruptor radial CPS

Interruptor radial SIMA

Interruptor soplante auxiliar

Servicios Auxiliares

c) Alarmas :

Alarma general

TELESEÑALIZACION :

a) Nivel de 138 Kv :

Interruptor 1

Interruptor 2

Interruptor 3

Interruptor 4

Interruptor 5

Interruptor 6

Interruptor 7

b) Nivel de 13.8 Kv :

Interruptor 732

Interruptor 832

Interruptor 50 TG3

Interruptor 48 TG1, TG2

Interruptor radial CPS

Interruptor radial SIMA

Interruptor soplante aux. SIDER

Servicios Auxiliares

c) Alarmas :

Alarma general

TELEMEDIDA :

a) Telemedida 1

Tensión Barra 138 Kv.

b) Telemedida 2 :

Tensión Barra "m" 13.8 Kv.

c) Telemedida 3 :

Tensión Barra "v" 13.8 Kv.

d) Telemedida 4 :

Potencia activa Bco. 1

e) Telemedida 5 :

Potencia reactiva Bco. 1

f) Telemedida 6 :

Potencia activa Bco. 2

g) Telemedida 7 :

Potencia reactiva Bco.

h) Telemedida 8 :

Potencia activa L.A.T. B-131

i) Telemedida 9 :

Potencia reactiva L.A.T. B-131

j) Telemedida 10 :

Potencia activa CPS

k) Telemedida 11 :

Potencia activa SIMA

## 1) Telemedida 12 :

Potencia activa Soplante Auxiliar

15

V O Z

## a) TELEFONIA .

Línea de Entel Perú 321788

Línea de Entel Perú 322956

Línea de Entel Perú 322967

Línea de Entel Perú 326126

Línea de Entel Perú 326124

Línea de Siderperú 233

Línea de Onda Portadora extendida  
desde la S.E. Chimbote 1

## b) TELEX

Línea Telex 44021

## c) TELEPROTECCION .-

Canal de Transmisión C-131

Canal de Recepción C-131

Canal de Transmisión C-132

Canal de Recepción C-132

## d) SERVICIOS INFORMATICOS .

Línea Modem-fax

Línea Fax

Línea Red-Lan

### 3.4.2. SISTEMA SECHIM 1 - SECHIM NORTE :

La distribución de canales es el siguiente :

CANAL	DESCRIPCION
1	D A T O S
	TELEMANDO
	a) Nivel de 138 Kv :
	Interruptor 1
	Interruptor 2
	b) Nivel de 13.8 Kv :
	Interruptor 10 Barra " A "
	Interruptor 11 Barra " B "
	Interruptor radial Humboldt
	Interruptor radial Pardo
	Interruptor radial Industrial
	Interruptor radial Florida
	Interruptor radial séptima Norte
	Interruptor radial octava Norte
	Interruptor radial novena Norte
	Interruptor radial Coishco
	Interruptor radial Ensa
	Servicios Auxiliares
	c) Alarmas :
	Alarma general

## TELESEÑALIZACION .-

## a) Nivel de 138 Kv :

Interruptor 1

Interruptor 2

## b) Nivel de 13.8 Kv :

Interruptor 10 Barra " A "

Interruptor 11 Barra " B "

Interruptor radial Humboldt

Interruptor radial Pardo

Interruptor radial Industrial

Interruptor radial Florida

Interruptor radial séptima Norte

Interruptor radial octava Norte

Interruptor radial novena Norte

Interruptor radial Coishco

Interruptor radial Ensa

Servicios Auxiliares

## c) Alarmas :

Alarma general

## TELEMEDIDA .-

## a) Telemedida 1 :

Tensión de barra de 138 Kv.

- b) Telemedida 2 :  
Tensión de barra " A " de 13.8 Kv.
- c) Telemedida 3 :  
Tensión de barra " B " de 13.8 Kv.
- d) Telemedida 4  
Potencia activa del transformador principal
- e) Telemedida 5 :  
Potencia reactiva del transformador principal
- f) Telemedida 6 :  
Potencia activa radial Humboldt
- g) Telemedida 7 :  
Potencia activa radial Industrial
- h) Telemedida 8 :  
Potencia activa radial Florida
- i) Telemedida 9 :  
Potencia activa radial séptima
- j) Telemedida 10 :  
Potencia activa radial octava
- k) Telemedida 11 :  
Potencia activa radial novena
- l) Telemedida 12 :  
Potencia activa radial Coishco
- m) Telemedida 13 :  
Potencia activa radial Ensa

## a) TELEFONIA .

Línea de Onda Portadora extendida  
desde la S.E. Chimbote 1.

## b) TELEPROTECCION.-

Canal de transmisión para el KTI  
Canal de recepción para el KTI

## c) SERVICIOS INFORMATICOS .-

Línea Fax

1

R E S E R V A

3.4.3. SISTEMA SECHIM 1 - SECHIM SUR :

El detalle de la distribución de canales es el  
siguiente :

CANAL	DESCRIPCION
-------	-------------

1

D A T O S

TELEMANDO .

## a) Nivel de 138 Kv :

Interruptor 1

Interruptor 2

b) Nivel de 13.8 Kv :

Interruptor 10 Barra " A "

Interruptor 11 Barra " B "

Interruptor radial séptima Sur

Interruptor radial octava Sur

Interruptor radial novena Sur

Servicios Auxiliares

c) Alarmas :

Alarma general

TELESEÑALIZACION

a) Nivel de 138 Kv :

Interruptor 1

Interruptor 2

b) Nivel de 13.8 Kv .

Interruptor 10 Barra " A "

Interruptor 11 Barra " B "

Interruptor radial séptima Sur

Interruptor radial octava Sur

Interruptor radial novena Sur

Servicios Auxiliares

c) Alarmas :

Alarma general

## TELEMEDIDA .

- a) Telemedida 1 :  
Tensión de barra de 138 Kv.
- b) Telemedida 2 :  
Tensión de barra " A "
- c) Telemedida 3 :  
Tensión de barra " B "
- d) Telemedida 4 :  
Potencia activa Transformador principal.
- e) Telemedida 5 :  
Potencia reactiva Transformador principal.
- f) Telemedida 6 :  
Potencia activa L.A.T. K-131
- g) Telemedida 7 :  
Potencia reactiva L.A.T. K-131
- h) Telemedida 8 :  
Potencia activa L.A.T. E-132
- i) Telemedida 9 :  
Potencia reactiva L.A.T. E-132
- j) Telemedida 10 :  
Potencia activa radial séptima Sur
- k) Telemedida 11  
Potencia activa radial octava Sur

## a) TELEFONIA .

Línea de onda portadora extendida  
desde la S.E. Chimbote 1.

## b) TELEPROTECCION .-

Canal de transmisión para el KTI  
Canal de recepción para el KTI

## c) SERVICIOS INFORMATICOS .-

Línea Fax

1

R E S E R V A

# ENLACE MICROONDAS DIGITAL PCM

PERFIL : S.E. CHIMBOTE 1 - Co. TAMBO REAL

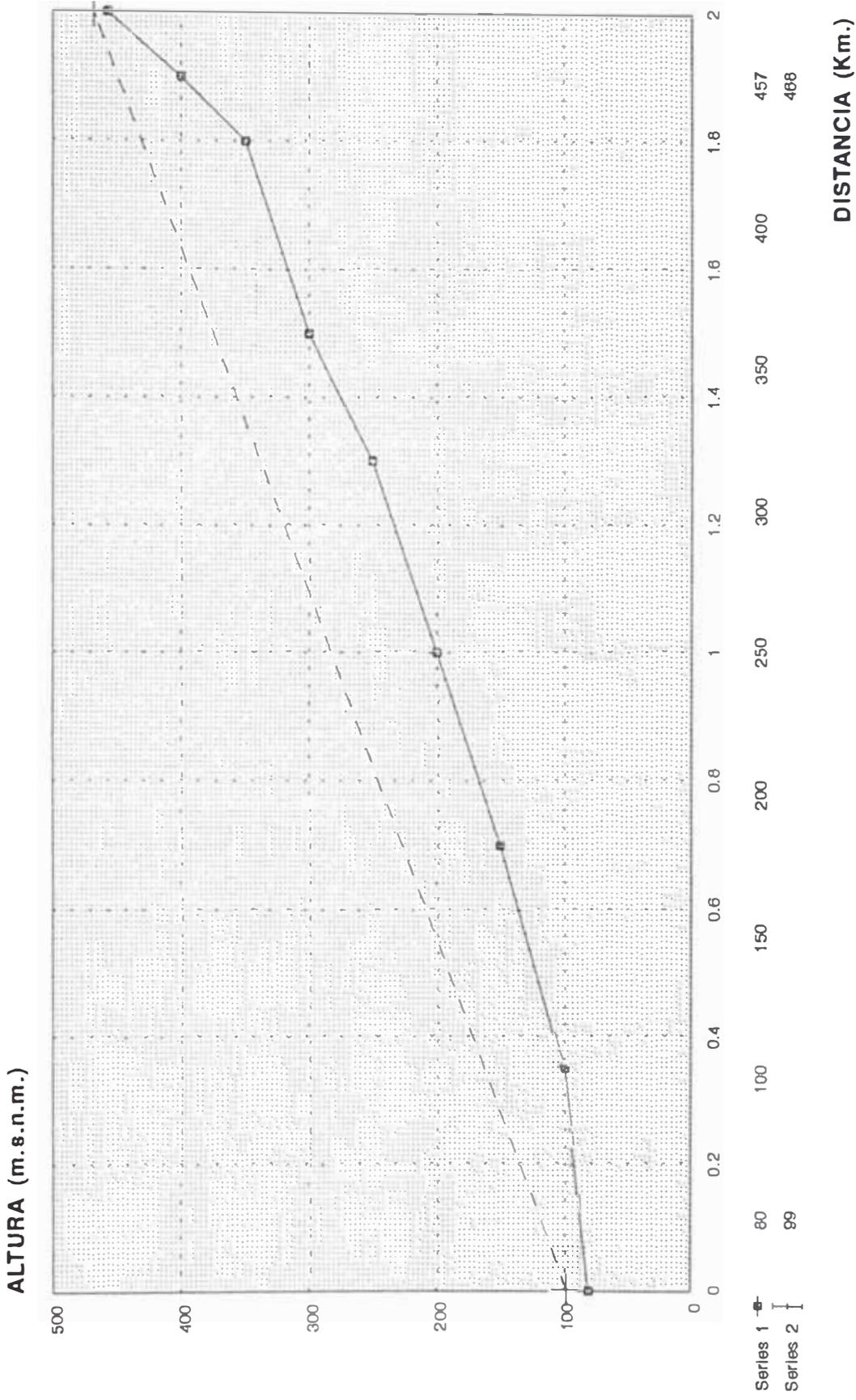


Figura 3.1

# ENLACE MICROONDAS DIGITAL PCM

PERFIL : Co. TAMBO REAL - S.E. CHIMBOTE 2

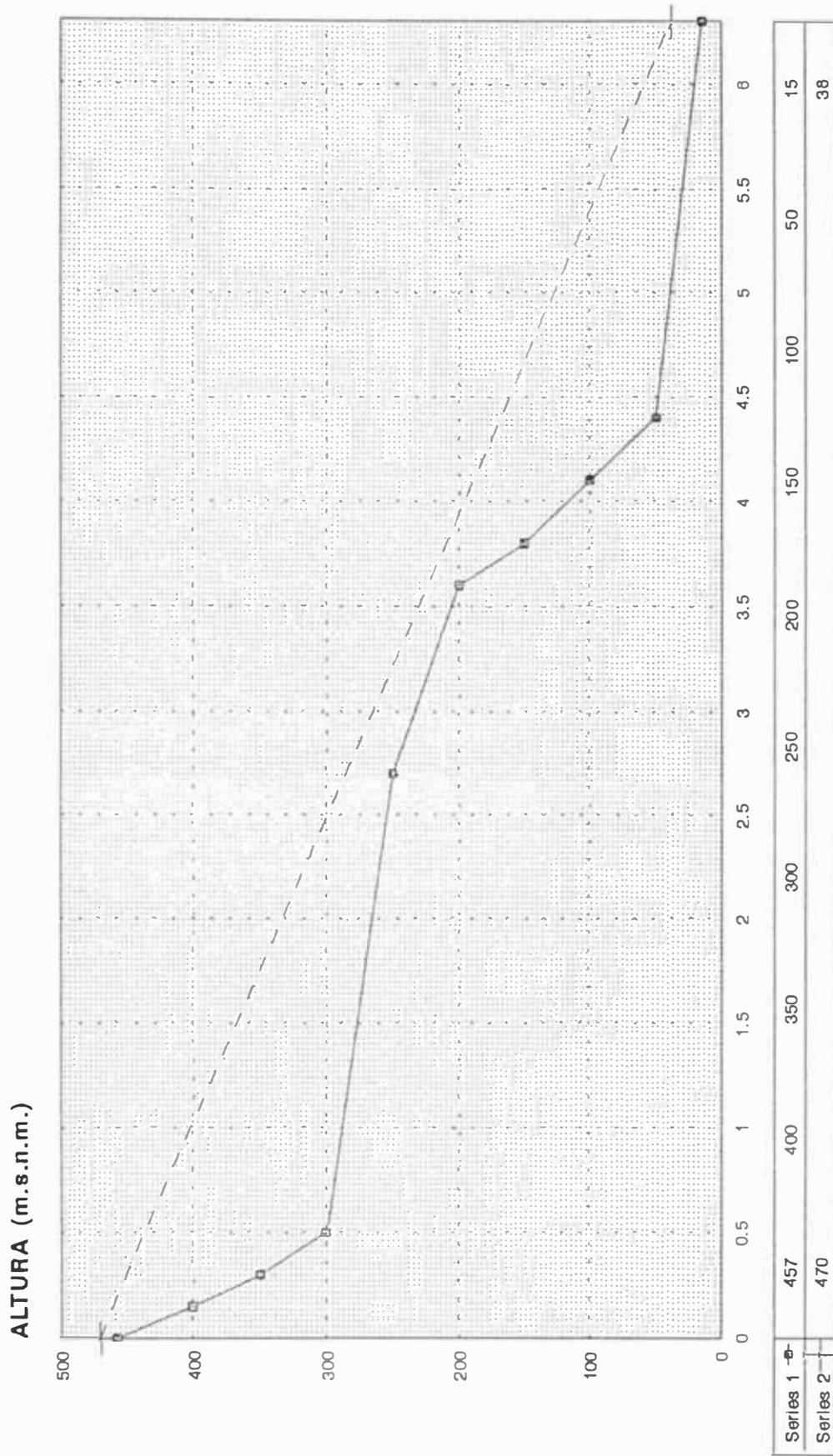
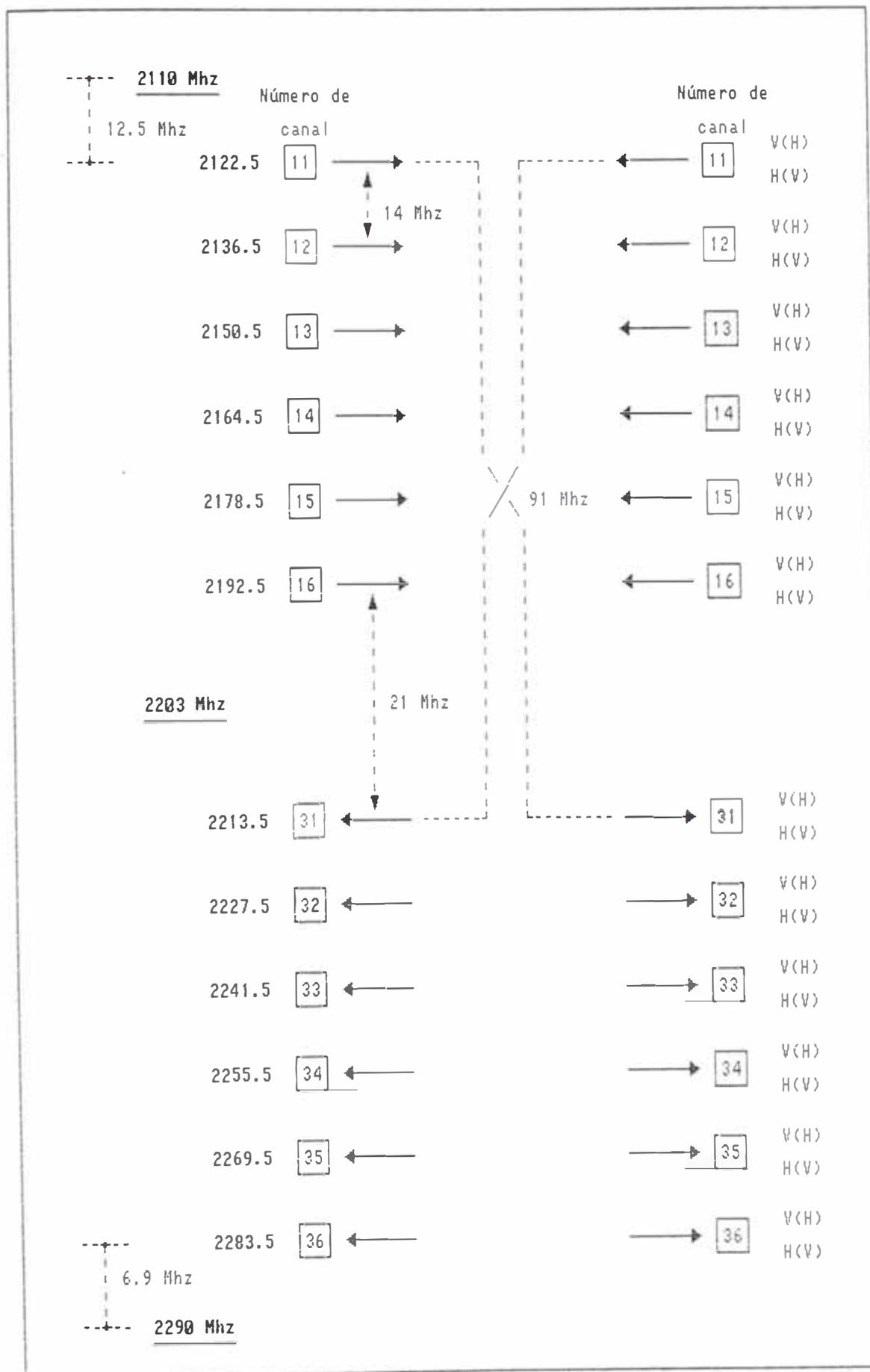


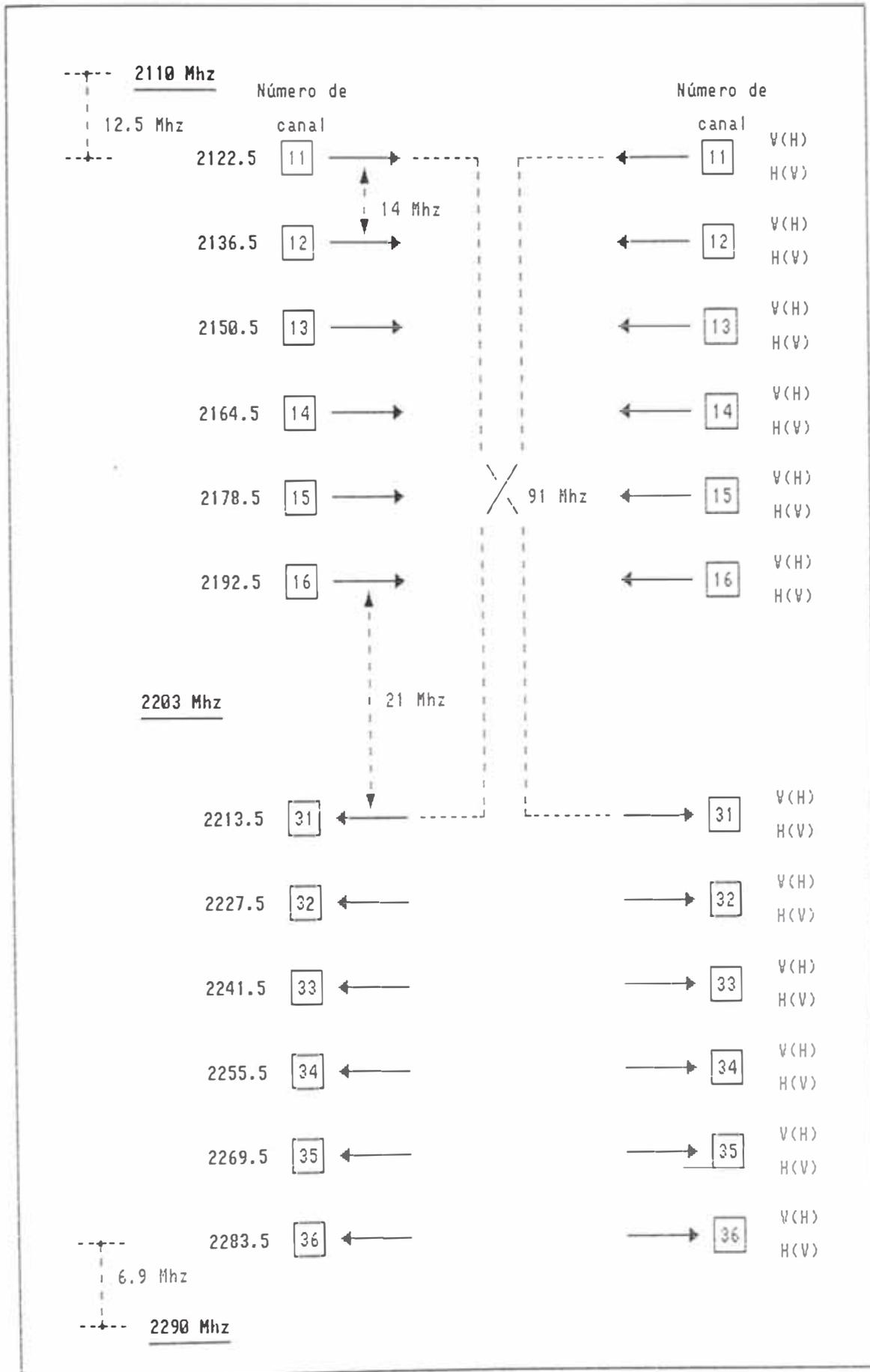
Figura 3.2

# DISPOSICION DE LOS CANALES DE RADIOFRECUENCIA PARA LA BANDA DE 2 GHz



CUADRO 3.1

# DISPOSICION DE LOS CANALES DE RADIOFRECUENCIA PARA LA BANDA DE 2 GHZ



CUADRO 3.1

## ANALISIS DEL SITIO PROPUESTO

ESTACION	LATITUD SUR	LONGITUD OESTE	ELEVACION (m.s.n.m)	ALTURA DE LA TORRE SOBRE LA TIERRA(m)	ALTURA DEL SOPORTE (m)	ALTURA DE LA ANTENA (m.s.n.m)	LONGITUD DEL ALIMENTADOR (m)	DIRECCION
S.E. CHIMBOTE 1	9° 00' 23.95"	78° 33' 13.29"	80	9	10	99	50	C° TAMBO REAL
C° TAMBO REAL	9° 00' 37.01"	78° 34' 14.96"	457	4	7	468	17	S.E. CHIMBOTE 1
					9	470	19	S.E. CHIMBOTE 2
S.E. CHIMBOTE 2	9° 03' 36.84"	78° 35' 52.04"	15	6	17	38	30	C° TAMBO REAL
					15	36	30	S.E. CHIMBOTE NORTE
S.E. CHIMBOTE NORTE	9° 03' 21.16"	78° 34' 53"	40	6	13	34	30	S.E. CHIMBOTE SUR
					10	56	55	S.E. CHIMBOTE 2
S.E. CHIMBOTE SUR	9° 06' 0.63"	78° 30.7' 0.62"	80	6	14	100	60	S.E. CHIMBOTE 2

CUADRO 3.2

CAPITULO IV  
DISEÑO DE ENLACES PCM POR MICROONDAS

4.1. CONSIDERACIONES TECNICAS

El diseño de los sistemas PCM por microondas se hace de acuerdo al diagrama de flujo que se muestra en la Figura 4.1.

El diseño se realiza en dos etapas :

- a.- Selección del Sitio.
- b.- Evaluación de la Calidad del Sistema.

Los procedimientos para la selección del sitio es semejante a los empleados en otros sistemas tales como el FDM.

Para explicar la evaluación de la calidad del sistema se usan los datos e informaciones del sistema 2S-P2, que se muestran en el Cuadro 4.1.

4.2. SELECCION DEL SITIO

4.2.1. DISEÑO DE LA RUTA DE PROPAGACION.-

I.- DECISION DE LA ALTURA DE LA ANTENA

Usando los datos del perfil del trayecto, se

pueden determinar las alturas de las antenas como sigue :

Fórmula 1 .

$$ha1 = \frac{d(ho+hs)}{d2} - \frac{d1(hg2+ha2)}{d2} + \frac{d1d}{2ka} - hg1 \dots\dots\dots m$$

Fórmula 2

$$ho = \text{SQRT} [Ld1d2 / (d1+d2)] \dots\dots\dots m$$

Leyenda 1,2 .

ha1 : Altura de la antena de la estación sobre el nivel del suelo.

ha2 : Altura de la antena de la estación 2 sobre el nivel del suelo.

ho : Radio de la primera zona de Fresnel

hs : Altura del obstáculo sobre el nivel del mar.

hg1 : Altura de las antenas sobre el nivel del mar.

hg2 : Altura de las antenas sobre el nivel del mar.

En la Figura 4.2 se muestra el significado de las letras.

## II.- ESTUDIO SOBRE LA ONDA REFLEJADA

### A) Posición del Punto de Reflexión

Usando el perfil y el mapa, se determina el punto de reflexión y su altura aproximada.

Para el efecto se calcula como sigue :

#### Fórmula 3

$$h_{10} = h_1 - h_r$$

$$h_{20} = h_2 - h_r$$

En donde,  $h_r$  es la altura del punto de reflexión sobre el nivel del mar.

#### Fórmula 4

$$c = (h_{10} - h_{20}) / (h_{10} + h_{20})$$

$$m = (1/2) (1/2ka) [d^2 / (h_{10} + h_{20})]$$

Con los valores de  $c$  y  $m$ , obtenemos  $b$  usando la Figura 4.3.

Con  $b$ , se determinan las distancias al punto de reflexión  $dr1$  y  $dr2$ , como sigue :

Fórmula 5 .

$$dr1 = d(1+b) / 2$$

$$dr2 = d - dr1$$

El significado de las letras se muestra en la Figura 4.4.

#### B) Pérdida de Potencia de la Onda Reflejada

. Pérdida en el punto de reflexión  
( $L_r$ ) :

Los valores de las pérdidas dependen de las condiciones de la superficie terrestre.

El Cuadro 4.2 muestra las pérdidas en db.

11.- Pérdida por directividad de la antena  
( $D_\Phi$ ) :

La pérdida por la directividad de la antena, se puede determinar mediante los ángulos entre la onda directa y reflejada ( $\Phi$ ), que son calculados partir de los datos del perfil, con las

fórmulas siguientes :

Fórmula 6

$$\alpha_1 \quad [ (h_{10}-h_{20})/d + d/2ka ] \quad \dots\dots\text{mrad}$$

$$\alpha_1 \quad [ (h_{20}-h_{10})/d + d/2ka ] \quad \dots\dots\text{mrad}$$

Fórmula 7

$$\beta_1 \quad [ h_{10}/dr_1 + dr_1/2ka ] \quad \dots\dots\text{mrad}$$

$$\beta_2 \quad - - [ (h_{20}/dr_2 + dr_2/2ka ] \quad \dots\dots\text{mrad}$$

Fórmula 8

$$\phi_1 \quad \alpha_1 - \beta_1 \quad \dots\dots\dots\text{mrad}$$

$$\beta_2 \quad \dots\dots\dots\text{mrad}$$

$$h_{10}/dr_1 - (h_{10}-h_{20})/d - dr_2/2ka$$

$$\phi_2 \quad h_{20}/dr_2 \quad (h_{20}-h_{10})/d \quad dr_1/2ka$$

Fórmula 9 .

$$(D/U)_r - L_r + D\phi_1 + D\phi_2 \quad \dots\dots\dots\text{db}$$

Si este valor es inferior a 10 db, hay que adoptar la diversidad, para evitar el desvanecimiento del tipo K.

#### 4.2.2. DISEÑO DEL SISTEMA DE ANTENA .

##### I . Elección de la Clase de Antena

Para decidir la clase de antena a emplear, hay que determinar la ganancia necesaria para mantener la potencia standard a la entrada del receptor.

##### Fórmula 10

$$G_{ts} + G_{rs} - P_{rs} + \int_0 + L_f - P_t \dots\dots\dots db$$

##### Leyenda 10

$P_{rs}$  : Potencia standard a la entrada del receptor.

: Pérdida de Espacio Libre.

$L_f$  : Pérdida en alimentadores del transmisor y receptor.

$G_{ts}$  : Ganancia Standard antena del transmisor.

$G_{rs}$  : Ganancia Standard de la antena del receptor.

Con  $G_{ts}$  y  $G_{rs}$ , se determina el tamaño o diámetro de las antenas.

## II.- Diseño del Reflector

### A) Colocación del reflector

Dependiendo del ángulo entre las estaciones adyacentes, se usan tres formas de colocación de los reflectores, los cuales se muestran en la Figura 4.5.

### B) Decisión del tamaño del reflector

i .- Ganancia necesaria del reflector

Fórmula 11

$$G_p - P_{rs} + \alpha_{o1} + \alpha_{o2} - (G_t + G_r) - P_t \dots \text{db}$$

Leyenda 11 .

$P_{rs}, G_t, G_r, P_t$  : Son iguales a la fórmula 10

$\alpha_{o1}, \alpha_{o2}$  : Son pérdidas de espacio libre.

Ver Figura 4.6.

ii.- Area efectiva del reflector ( $A_e$ )

Fórmula 12

$$20 \log(A_e) - G_p + 20 \log(L^2/n) - 142 \dots \text{db}$$

## Leyenda 12

$n$  : Es la eficiencia del reflector

111.- Area necesaria de reflector (A)

Fórmula 13 .

$$A = A_e / \cos(\phi) \dots\dots\dots m^2$$

## 4.2.3. DISEÑO DE DIVERSIDAD

Cuando la pérdida de potencia de la onda reflejada es menor de 10 db, se necesita la adopción de diversidad. En el caso de 2 Ghz., usamos el sistema de multi-antena como diversidad.

La Figura 4.7 muestra este concepto. La separación de las dos antenas se calcula como sigue :

Fórmula 14 .

$$136 / 2\phi \dots\dots\dots m$$

## Leyenda 14

: Es el ángulo entre las ondas directa y reflejada. (mili-radianes).

#### 4.2.4. ESTUDIO SOBRE INTERFERENCIAS CON EL SISTEMA DE COMUNICACIONES POR SATELITE .-

Las frecuencias que se usan en el sistema de comunicaciones por satélite son 4, 5, 6, 11, 15 Ghz., que se emplean también en los sistemas terrestres de comunicaciones públicas.

Por tanto, hay posibilidad de ocurrencia de interferencia entre ellos. Las relaciones entre los sistemas se muestran en la Figura 4.8.

#### 4.2.5. ESTUDIO SOBRE INTERFERENCIAS CON EL SISTEMA DE RADAR .-

Generalmente, la onda emitida de radar tiene muchas armónicas. de manera que se tiene que estudiar la interferencia con dichas armónicas, como sigue :

Fórmula 15.-

$$D/U - Pr - Prsp \dots\dots\dots db$$

Fórmula 16.-

$$Prsp - Ptsp - fosp - Ls + Gr - Lfr - D\phi \dots dbm$$

## Fórmula 17.-

$$P_{tsp} = P_t + G_{tsp} - L_{fsp} - L_{sf} - L_{sp} \dots\dots\dots \text{dbm}$$

## Leyenda 15,16,17

$P_r$  : Potencia deseada de entrada al receptor.

$P_{rsp}$  : Potencia no deseada de entrada al receptor.

$P_{tsp}$  : Potencia de salida de armónico de radar.

$f_{osp}$  : Pérdida de espacio libre entre la estación de radar y la de microondas.

: Pérdida por obstáculo que existe entre la estación de radar y la de microondas.

$G_{tsp}$  : Ganancia de la antena de radar.

$L_{sp}$  : Pérdida de la armónica.

$L_{fsp}$  : Pérdida en el alimentador de radar.

$L_{sf}$  : Pérdida en el filtro de radar.

La Figura 4.9 muestra las relaciones entre el radar y la estación de microondas. El valor de D/U no debe ser menor de 30 db.

### 4.3. EVALUACION DE LA CALIDAD DEL SISTEMA

#### 4.3.1. OBJETIVO

El objeto de la evaluación es confirmar, si el sistema satisface los criterios de la calidad, a partir de los datos determinados en el diseño de selección del sitio.

#### 4.3.2. PARAMETRO DE EVALUACION (BER) .

En los sistemas FDM, los ruidos generados en el circuito de transmisión influyen directamente en las señales telefónicas y empeoran la calidad del sistema. Por eso se evalúa la calidad con la relación señal a ruido S/N.

En el caso de los sistemas PCM, las señales telefónicas son transmitidas en forma numérica mediante la posición de los pulsos. Por lo tanto si los ruidos no alteran el número o la posición de los pulsos, la calidad del sistema no es empeorada por ellos.

La Figura 4.10 muestra la relación entre pulsos y ruidos. Es decir, únicamente si los pulsos transmitidos, por acción del ruido, son convertidos de 1 a 0 o de 0 a 1, la calidad del sistema em-

peora.

La probabilidad de esta conversión es definida con Tasa de Errores o BER del inglés Bit Error Rate.

#### 4.3.3. DETERMINACION DEL BER .

En la etapa de diseño del sistema no se puede saber directamente la tasa de errores. Sin embargo, se puede determinar teóricamente la relación entre la tasa de errores y la relación C/N (proporción entre el nivel de la portadora al ruido) sobre cada proceso de modulación y demodulación. La Figura 4.11 muestra un ejemplo de esta relación. Por lo tanto, se puede saber la tasa de errores, si con los datos de diseño, se calcula la relación C/N.

#### 4.3.4. CRITERIOS PARA LA CALIDAD DEL SISTEMA

Sobre el sistema 2S-2P, hay dos criterios que son la Norma de Tiempo Largo y la Norma de Tiempo Corto.

Considerando que la variación de la relación C/N causada por desvanecimiento es del orden de decenas de db, si un sistema satisface la norma de

tiempo corto, satisface también la de tiempo largo.

a) Norma de tiempo largo :

La tasa promedio de errores para cualquier hora no debe exceder de  $5 \times 10^{-7}$

b) Norma de tiempo corto :

En un mes con desvanecimiento severo, la probabilidad de que el tiempo en que la tasa de errores exceda  $10^{-6}$ , debe ser menor que 0.005 %

De la Figura 4.11 sabemos que la relación C/N, correspondiente a la tasa de errores  $10^{-6}$ , es 14 db. Estos db en caso de sistemas 2S-P2, se distribuye de acuerdo a lo indicado en el Cuadro 4.3.

#### 4.4. EXPLICACIONES SOBRE LOS FACTORES DE RUIDO

##### 4.4.1. FACTORES DE DEGRADACION FIJA .

Estos factores originan ruidos debido a la imperfección de los equipos, y se originan por :

- a) Interferencia intersímbolo por el límite de anchura de pasa-banda.

- b) Degradación por el empeoramiento de las características de los componentes, causado por la variación de la temperatura de ambiente.
- c) Degradación por el empeoramiento de las características de los componentes causados por el tiempo.
- d) Degradación causada por fluctuaciones (Jitter).
- e) Degradación causada por la variación de nivel de la portadora.

La degradación originada por estos factores se estima en 5 db.

#### 4.4.2. FACTORES DE DEGRADACION CONSTANTE

Este ruido es generado independientemente de la ocurrencia de desvanecimientos e incluye las interferencias siguientes

##### a) Interferencia por eco :

La interferencia por eco se produce en la antena o en los filtros. El valor permisible es de 40 db.

b) **Interferencia F/B de la antena en transmisión**

Del inglés Front to Back ratio, esta interferencia ocurre en el caso en que la onda deseada y la no deseada pasan por la misma ruta, y son al mismo tiempo influidos por el desvanecimiento. En la Figura 4.12, la magnitud de esta interferencia es determinada por la directividad de la antena de transmisión. Su ruido permisible es de 39 db.

c) **Interferencia por interpolarización**

Esta interferencia ocurre cuando las polarizaciones vertical y horizontal se usan al mismo tiempo y en las mismas frecuencias.

El ruido producido por esta interferencia es determinado por la característica de directividad de interpolarización. Su ruido permisible es de hasta 28 db.

d) **Interferencia por canales adyacentes**

La magnitud de este ruido depende de la asignación de las frecuencias. En el caso de una separación de 14 Mhz. entre canales adyacentes, la relación C/N permisible es hasta 27 db.

e) **Interferencia por frecuencia de imagen**

Se introduce en los mezcladores del transmisor o receptor. El valor necesario no debe ser menor de 40 db.

f) **Interferencia entre la transmisión y la recepción**

Esta interferencia ocurre en el caso en que el transmisor y el receptor están conectados en la misma estación, tal como se muestra en la Figura 4.13, en donde la ruta de interferencia se muestra con línea de puntos.

#### 4.4.3. FACTORES DE DEGRADACION VARIABLE

Este factor de ruido varía de acuerdo a las condiciones del trayecto de propagación, tales como desvanecimiento o intensidad de lluvias en caso de frecuencias más altas a los 10 Ghz.

Incluye los ruidos siguientes :

a) **Ruido térmico**

Este es un ruido térmico introducido por el repetidor y es determinado por la anchura de pasa-banda del repetidor, el factor de ruido del receptor, la potencia a la entrada del receptor, etc. La relación C/N necesaria es mayor que 24.5 db.

b) Ruido de interferencia :

Incluye las interferencias siguientes :

1.- Interferencia F/B de antena en recepción

Del inglés Front to Back Ratio, esta interferencia ocurre en los tramos adyacentes que emplean la misma frecuencia. Este tipo de interferencia se produce sólo cuando la onda deseada se encuentra bajo los efectos del desvanecimiento. Como se muestra en la Figura 4.14, la relación C/N de esta interferencia se determina por la directividad de la antena en recepción. La relación C/N permisible es de 27 db.

11.- Interferencia O/R

Del inglés Over Reach, si se sobrepasan dos estaciones, la frecuencia emitida por la primera estación interfiere a la misma frecuencia de recepción de la última.

La Figura 4.15, muestra la ruta de esta interferencia. El valor de la relación C/N es determinada por la directividad de las antenas de transmisión y recep-

ción. Además es necesario tener presente la pérdida por obstáculos que pueda existir entre las dos estaciones correspondientes. Se requiere una relación C/N no menor de 40 db.

#### iii.- Interferencia F/S .

Del inglés Front to Side Ratio, tal como se muestra en la Figura 4.16, esta interferencia se origina en el circuito de derivación. La relación C/N necesaria es de más de 29 db.

#### iv.- Interferencia por otra ruta .

Es una interferencia producida por otras rutas PCM o FDM cercanas al sistema. El valor de la relación C/N tiene que ser mayor de 29 db.

### 4.5. TIEMPO DE INTERRUPCION POR DESVANECIMIENTO

En el sistema diseñado, si ocurre un desvanecimiento muy profundo, la tasa de errores excederá de  $10^{-6}$  debido al empeoramiento de la relación C/N.

En el circuito de referencia, el tiempo de interrupción debido a este fenómeno, debe ser menor que 0.005 por ciento.

#### 4.6. EVALUACION DE LA CALIDAD DEL SISTEMA

Finalmente se evalúa la calidad del sistema diseñado comparándola con las normas. Los criterios son :

a) **Relación C/N :**

Suma de las relaciones C/N de todos los ruidos de cada tramo.

b) **Tiempo de interrupción :**

Suma de los tiempos de interrupción entre las dos estaciones terminales.

# DATOS TECNICOS DEL SISTEMA 2S-P2

P A R T E	CARACTERISTICA DE FUNCIONAMIENTO
MODULACION	MODULACION DE FASE DE 4 NIVELES
POTENCIA DE TRANSMISION	20 dbm ( 100 mw )
SISTEMA DE REPETICION	SISTEMA DE REGENERACION DE LA SEÑAL
POTENCIA DE RECEPCION NORMAL	- 58.3 dbm
POTENCIA DE RECEPCION PERMISIBLE	- 45.0 dbm
DEMULACION	DETECCION COHERENTE E INSTANTANEA
NIVEL DE COMMUTACION	- 73.0 dbm
NIVEL DE SILENCIAMIENTO	- 83.0 dbm
FIGURA DE RUIDO	+ 8.2 db
ANCHO DE BANDA DE RUIDO EQUIVALENTE	6.312 Mhz
CANAL DE RF EN BANDA DE 2 Ghz	5 + 1    6    11 + 1
CAPACIDAD	192 CANALES TELEFONICOS ( 1 DE RF )
DISTANCIA NORMAL DEL SALTO	25 Km
TEMPERATURA AMBIENTAL 20 <sup>o</sup> C	

CUADRO 4.1

## DIAGRAMA DE FLUJO DE DISEÑO DE SISTEMAS PCM POR MICROONDAS

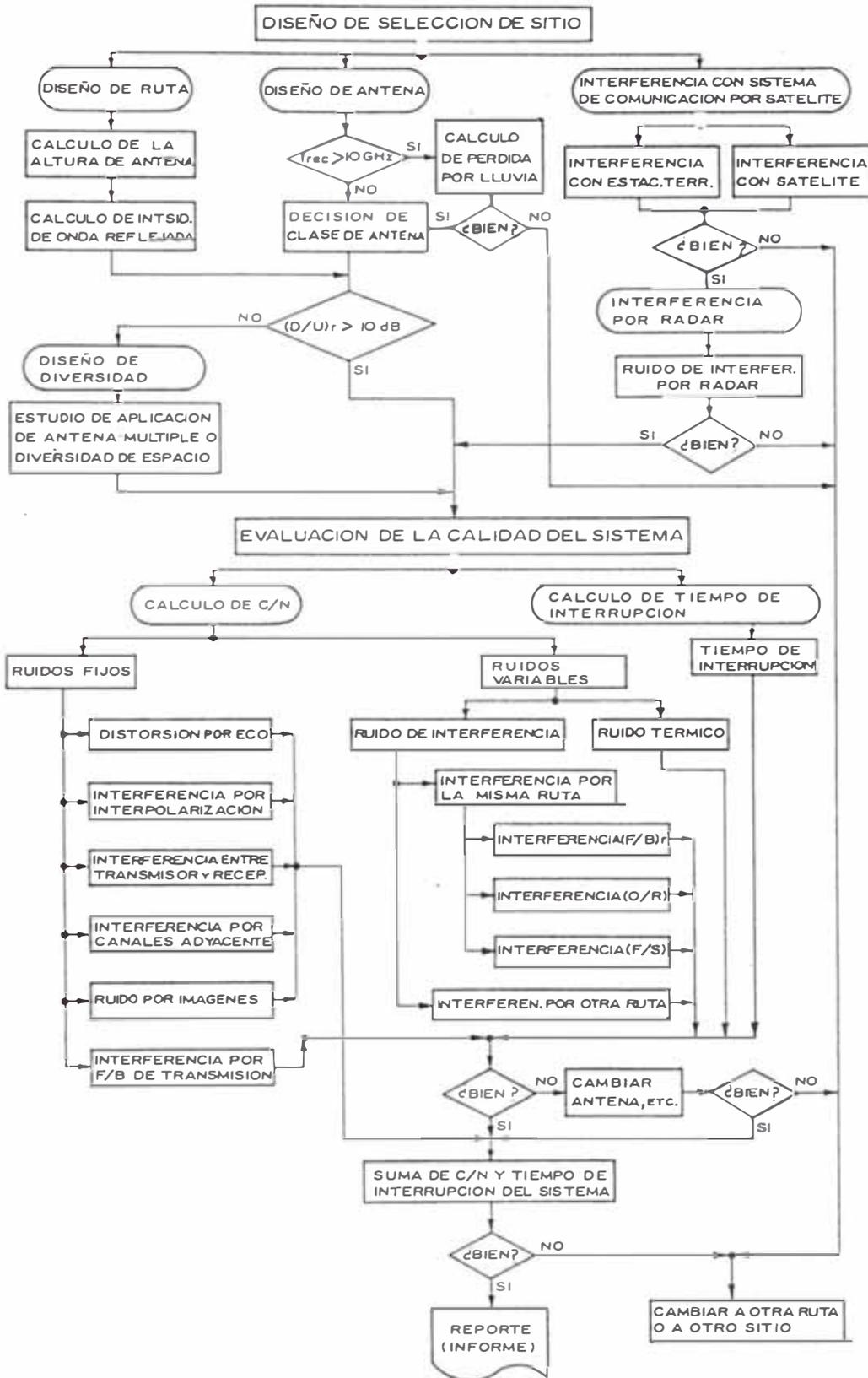


FIGURA 4.1

## CALCULO DE LA ALTURA DE ANTENA

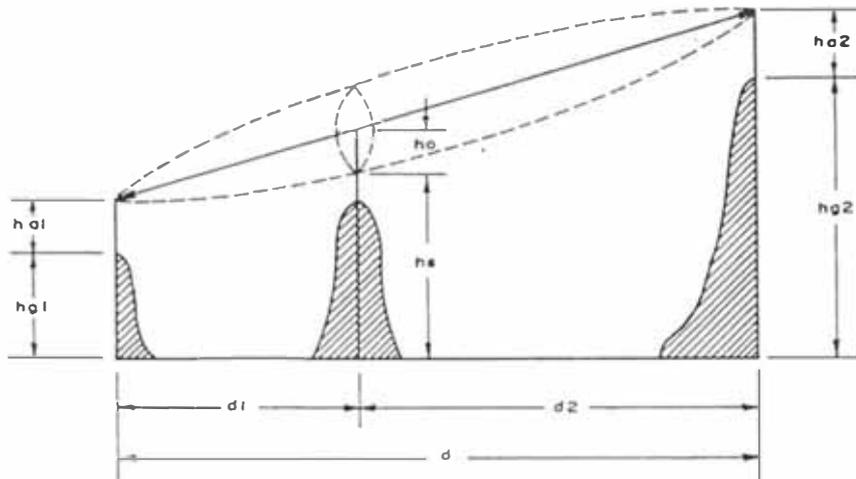
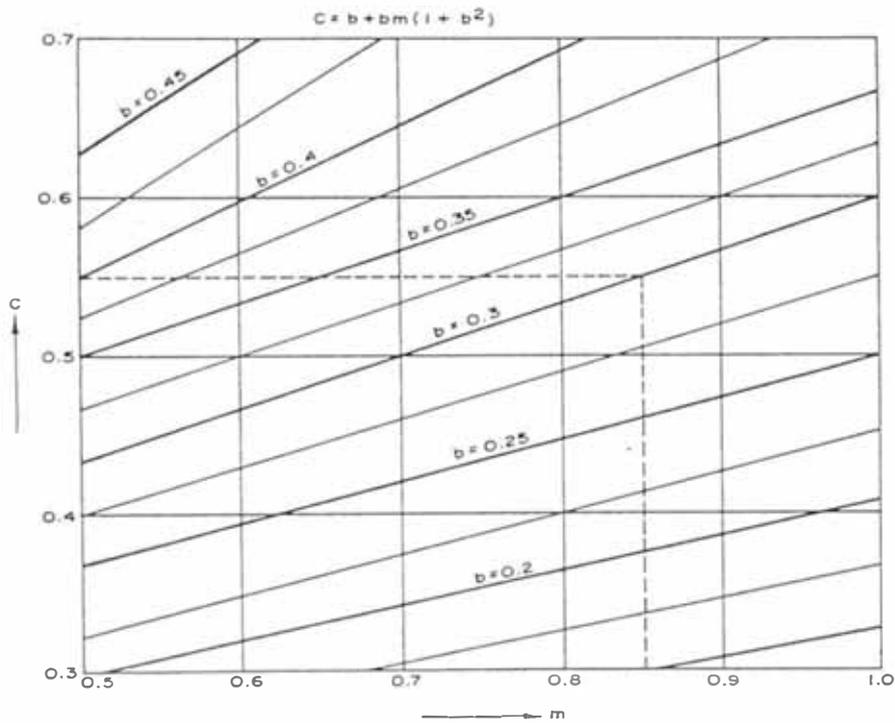


FIGURA 4.2

## GRAFICO DE c, m y b



Ejemplo:

$C = 0.55$ ,  $m = 0.85$ ,  $d = 50$  Km.

sale  $b = 0.3$

$$\therefore d_1 = \frac{d}{2}(1+b) = \frac{50}{2}(1+0.3) = 32 \text{ (Km)}$$

$$d_2 = d - d_1 = 50 - 32.5 = 17.5 \text{ (Km)}$$

FIGURA 4.3

## ESTUDIO DE ONDA REFLEJADA

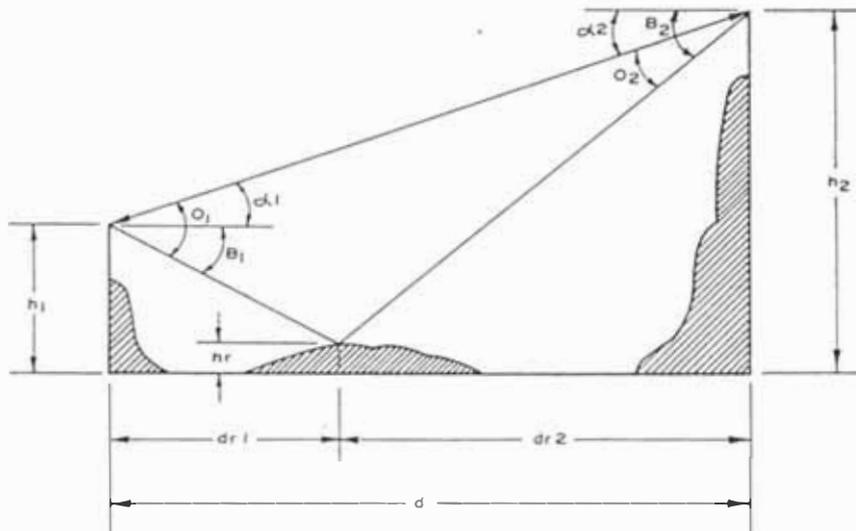


FIGURA 4.4

## PERDIDA DE REFLEXION

(dB)

SUPERFICIE FRECUENCIA	AGUA	ARROZAL CON AGUA	CAMPO SECO	CIUDAD, BOSQUE, MONTE
2 GHz	0	2	4	10
4 GHz	0	2	6	14
6 GHz	0	2	6	14
11 GHz	0	2	8	16

CUADRO 4.2

**INTERFERENCIA (F/B) ↑**

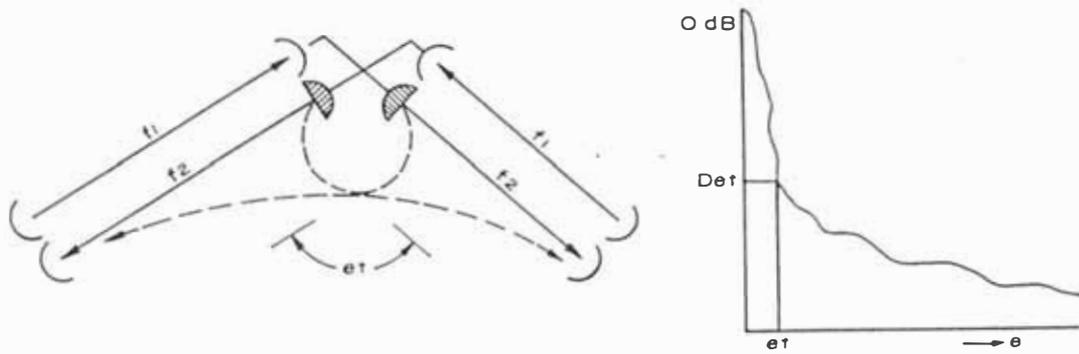


FIGURA 4.12

**INTERFERENCIA ENTRE TRANSMISOR Y RECEPTOR**

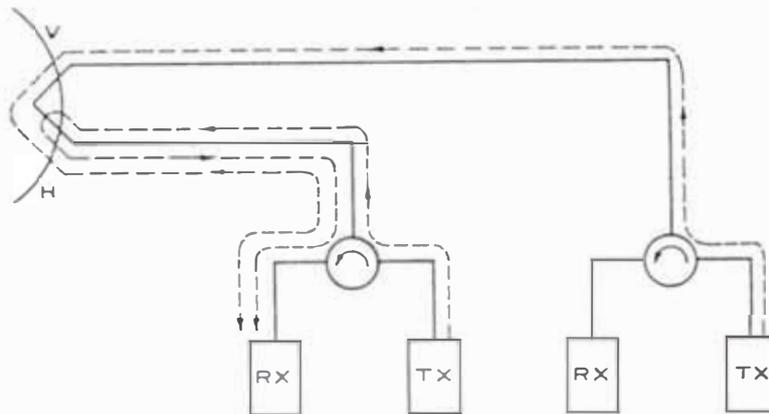


FIGURA 4.13

**INTERFERENCIA (F/B) ↓**

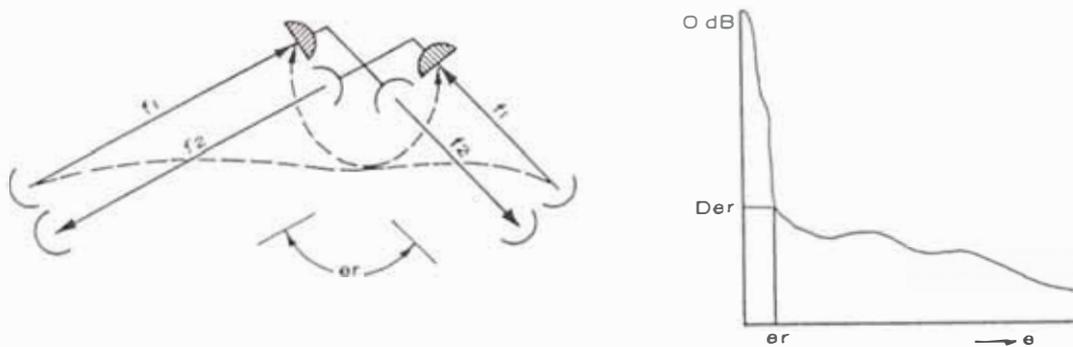


FIGURA 4.14

### INTERFERENCIA (O/R)

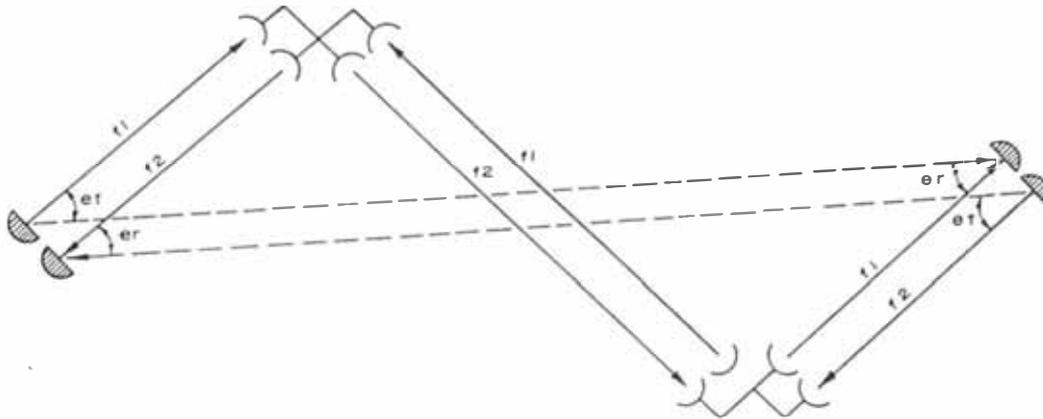


FIGURA 4.15

### INTERFERENCIA (F/S)

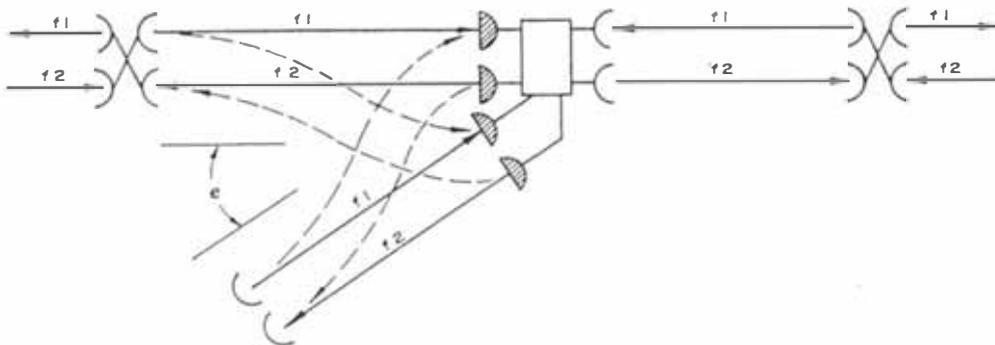


FIGURA 4.16

CAPITULO V  
PROCEDIMIENTO DEL CALCULO

5.1. PERDIDA DE ESPACIO LIBRE ( $\rho_0$ )

Fórmula 18 .-

$$\rho_0 = 20\log(d) + 20\log(f) + 32.4 \dots \text{db}$$

Leyenda 18 .-

- d : Distancia del tramo en Km.  
f : Frecuencia en Mhz.

5.2. NIVEL DE POTENCIA A LA ENTRADA DEL RECEPTOR ( $P_r$ )

- a) En el caso de que no se use reflectores :

Fórmula 19 .-

$$P_r = P_t + (G_t + G_r) - \rho_0 - (L_{ft} + L_{fr}) \dots \text{dbm}$$

Leyenda 19 .-

- $P_t$  : Potencia de salida del transmisor.  
 $G_t$  : Ganancia de la antena de transmisión en db.  
 $G_r$  : Ganancia de la antena de recepción en db.  
 $L_{ft}$  : Pérdida del alimentador de transmisión en db.

Lfr : Pérdida del alimentador de recepción  
db.

b) En el caso de que en el tramo se use reflector :

Fórmula 20 .-

$$Pr = Pt + (Gt + Gr) - (fo1 + fo2) + Gp - (Lft+Lfr) \dots \dots \dots \text{dbm}$$

Fórmula 21 .-

$$Gp = 20 \log(4 \pi n Ae / L^2)$$

Leyenda 20, 21 .-

Gp : Ganancia del reflector.

n : Eficiencia del reflector.

Ae : Superficie efectiva del reflector en m<sup>2</sup>.

L : Longitud de onda en m.

La relación de estas letras se muestra en la Figura 5.1.

### 5.3. NIVEL DE UMBRAL (Pth)

Fórmula 22 .-

$$Pth = 10 \log(K T B F) \dots \dots \dots \text{dbm}$$

## Leyenda 22 .-

- K : Constante de Boltzman, su valor es el siguiente :  $K = 1.38 \times 10^{-23}$  joule/°K
- T : Temperatura absoluta ( °K ), su relación es la siguiente :  $0 \text{ °K} = 273 \text{ °C}$
- B : Anchura de Pasa-banda.
- F : Factor de ruido del receptor.

5.4. PROFUNDIDAD DE DESVANECIMIENTO (fd)

## Fórmula 23 .-

$$fd = 10 \log(P_r/T) \dots \dots \dots \text{db}$$

## Leyenda 23 .-

- $P_r$  : Probabilidad de ocurrencia de desvanecimiento tipo Rayleigh.
- T : Probabilidad de Tiempo permisible de interrupción.

- a) Probabilidad de ocurrencia de desvanecimiento tipo Rayleigh :

$$P_r = (f/4)^{1.2} Q d^{2.5} \dots \dots \dots$$

En donde :

- f : Frecuencia en Ghz.
- d : Distancia del tramo en km.
- Q : Coeficiente de la trayectoria.

Nota :

A.- Zona montañosa .-

$$Q = 2.1 \times 10^{-9}$$

B.- Zona plana .-

$$Q = 5.2 \times 10^{-9}$$

C.- Zona costera o Mar .-

$$Q = 3.8 \times 10^{-7} \times \text{SQRT}(1/h^-)$$

En donde :

$$h^- = (h_1 + h_2)/2$$

$h^-$  : Altura media del trayecto en mts.

b) Probabilidad del tiempo permisible de interrupción :

$$T = t \times d/D \dots\dots\dots\%$$

En donde :

$t$  : Probabilidad del tiempo de interrupción en el circuito de referencia.

$D$  : Longitud del circuito de referencia.

$d$  : Longitud del tramo.

### 5.5. RELACION C/N POR RUIDO TERMICO

a) Sin desvanecimiento :

Fórmula 26 .-

$$(C/N)_o = Prd - 10\log(KTBF)$$

b) Con desvanecimiento :

Fórmula 27 .-

$$(C/N)_d = Prd - 10\log(KTBF) \dots \dots \dots db$$

$$(C/N)_d = Pro - fd - 10\log(KTBF) \dots \dots \dots db$$

### 5.6. RELACION C/N POR RUIDO CAUSADO POR INTERFERENCIA

Fórmula 28 .-

$$C/N = D/U - fd + ENV \dots \dots \dots db$$

Leyenda 28 .-

D/U : Proporción entre la potencia de la onda deseada (Desired) y la potencia de la onda no deseada (Undesired).

fd : Margen de degradación por desvanecimiento diferencial. Generalmente se usa 15 db para este margen.

Ver Figura 5.2

ENV : Margen por empleo de la curva envolvente del patrón de radiación de las antenas. Generalmente se considera 4 db para este margen.

Ver Figura 5.3

5.7. RELACION ENTRE LA POTENCIA DE LA ONDA DESEADA Y LA ONDA NO DESEADA

a) Interferencia F/B de la antena de transmisión :  
Se describe en la Figura 5.4.

Fórmula 29

$$D/U = D\phi_t + N_{pt} + (P_t - P_{tu}) + (G_t - G_{tu}) - (L_{ft} - L_{ftu}) \dots \dots \dots db$$

b) Interferencia F/B de la antena de recepción :  
Se describe en la Figura 5.5.

Fórmula 30

$$D/U = D\phi_r + N_{pr} + (P_t - P_{tu}) + (G_t - G_{tu}) - (L_{ft} - L_{ftu}) - (f_o - f_{ou}) \dots \dots \dots db$$

## c) Interferencia por O/R :

Se describe en la figura 5.6.

## Fórmula 31 .-

$$D/U = (D\phi_t + D\phi_r) + N_p + L_s + (P_t - P_{tu}) + (G_t - G_{tu}) - (L_{ft} - L_{ftu}) - (\rho_o - \rho_{ou}) \dots db$$

## d) Interferencia por F/S de la antena de recepción o transmisión :

Se describe en la Figura 5.7.

## Fórmula 32 .-

$$D/U = D\phi + N_p + (P_t - P_{tu}) + (G_t - G_{tu}) - (L_{ft} - L_{ftu}) - (\rho_o - \rho_{ou}) \dots db$$

## e) Interferencia por otra ruta :

Se describe en la Figura 5.8.

## Fórmula 33 .-

$$D/U = (D\phi_t + D\phi_r) + N_p + L_s + (P_t - P_{tu}) + (G_t - G_{tu}) - (L_{ft} - L_{ftu}) - (\rho_o - \rho_{ou}) \dots db$$

## Leyenda 29, 30, 31, 32, 33 .-

$D\phi_t$  : Atenuación por la directividad de la antena de transmisión.

$D\phi_r$  : Atenuación por la directividad de la antena de recepción.

- Npt : Atenuación por la directividad de interpolación de la antena de transmisión.
- Npr : Atenuación por la directividad de interpolación de la antena de recepción.
- Ls : Atenuación por obstáculo existente en la ruta de la onda no deseada.
- Np : Emplear el valor de Npt o Npr más pequeño.

f) Atenuación por obstáculo :

Se describe en la Figura 5.9.

i.- Altura del obstáculo (he) .-

Fórmula 34 .-

$$h_e = h_{gs} - h_1 + \frac{d_1(h_1 - h_2)}{d} + \frac{d_1 d_2}{2K_a} \dots \dots \dots m$$

Leyenda 34 .-

- h<sub>gs</sub> : Altura del obstáculo sobre el nivel del mar en m.
- h<sub>1</sub> : Altura de la antena de transmisión sobre el nivel del mar en m.
- h<sub>2</sub> : Altura de la antena de receptor sobre el nivel del mar en m.
- d : Distancia entre las dos estaciones

en Km.

d1 : Distancia de la estación 1 al obstáculo en Km.

d2 : Distancia de la estación 2 al obstáculo en Km.

11.- Radio de la primera zona de fresnel .

Fórmula 35

ho  $\text{SQRT}(L \text{ d1 d2 / d})$

111.- Si  $h_e/h_o > 3$

Fórmula 36

Ls  $20\log(h_e / h_o) + 16 \dots\dots\dots\text{db}$

1v.- Si  $h_e/h_o < 3$  .

La atenuación por obstáculo se muestra en la Figura 5.10.

g) Procedimiento para mejorar la relación D/U .

A.- Aumentar la atenuación por directividad de la antena Do cambiando su diámetro.

B.- Cambiar la polarización para usar la atenuación por Np.

C.- Bajar la potencia del transmisor inter-ferente, insertando un atenuador.

D.- Cambiar las frecuencias.

### 5.8. PROBABILIDAD DEL TIEMPO DE INTERRUPCION POR DESVANECIMIENTO ( $T_i$ , $T_o$ )

Fórmula 37 .-

$$T_i = P_R / f_d$$

Fórmula 38 .-

$$T_o = T_1 + T_2 + T_3 + \dots + T_n$$

Leyenda 37 .-

$P_R$  : Probabilidad de ocurrencia de desvanecimiento tipo Rayleigh.

$f_d$  : Profundidad de desvanecimiento que empeora la tasa de errores a un valor menor que el criterio.

Fórmula 39 .-

En número positivo :

$$f_d = 10^{(f_d)_{db}/10}$$

Fórmula 40 .-

$$(fd)_{db} = P_{ro} - 10 \log(KTBF) - (C/N)_d \dots\dots\dots db$$

En donde :

- a)  $(C/N)_d$  se obtiene de la relación entre el C/N y la tasa de errores mostrada en la figura 4.11.
- b) En el caso del sistema 2S-2P,  $(C/N)_d$  es 24.5 db correspondiente a una tasa de errores de  $10^{-6}$ .

#### 5.9. CRITERIO DE PROBABILIDAD DEL TIEMPO DE INTERRUPCION

Fórmula 41 .-

$$T = 0.005 \times D / 200 \dots\dots\dots\%$$

En donde :

$$D = d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_i + \dots + d_n$$

Siendo "n" el número de tramos entre estaciones terminales.

### DIAGRAMA DE NIVELES TIPO

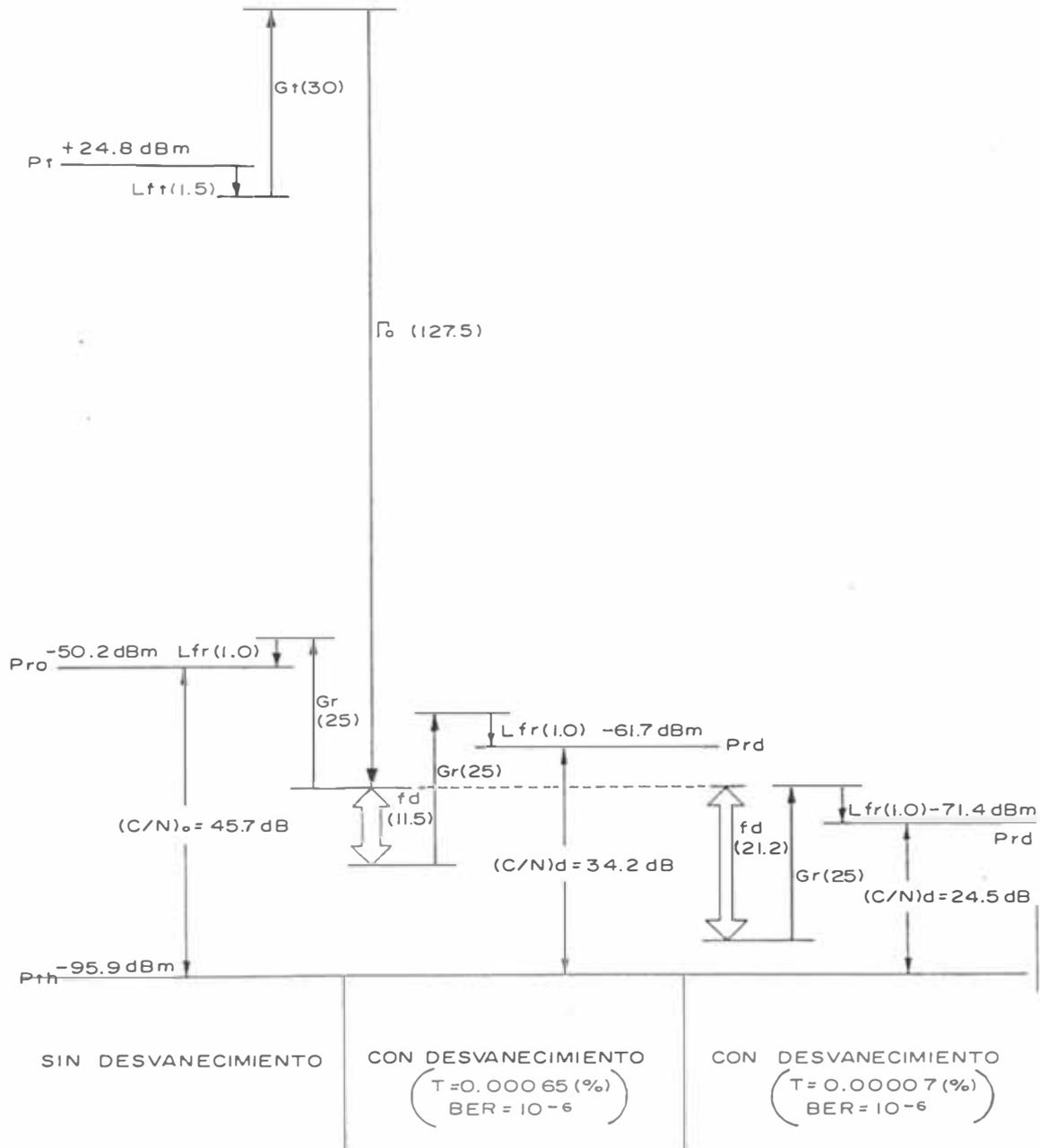


FIGURA 5.1

## CAPITULO VI

### CONFIGURACION DEL SISTEMA DIGITAL POR MICROONDAS

#### 6.1. CARACTERISTICAS DEL SISTEMA DIGITAL POR MICROONDAS

En la Figura 6.1 se muestra el Diagrama de bloques de un Sistema Radiorelevador Digital de Microondas típico.

Las ventajas de un sistema digital, comparado con las de un sistema análogo son las siguientes :

##### a) Economía

Los equipos de los sistemas digitales realizan una considerable reducción de costos debido a la ausencia de filtros caros, los que son necesarios para los equipos terminales de los sistemas FDM. La reducción de costos en los equipos terminales contribuye grandemente a la economía total del sistema, porque el costo por canal se ha reducido fuertemente debido a las técnicas de estado sólido. Además, el sistema digital requiere de menos potencia de transmisión, en comparación con los sistemas FM, de tal manera que la economía en los equipos es completamente realizable, incluyendo los efectos indirectos del pequeño tamaño y el bajo consumo de potencia.

**b) Alta Calidad .**

Los repetidores regenerativos permiten una transmisión de alta calidad. En un sistema FM, el ruido térmico, el ruido de intermodulación y el ruido de interferencia generados en todo el proceso de transmisión, generan un efecto acumulativo que afecta al canal de voz.

En un sistema digital, los bits errados generados por la degradación de los equipos, producen un ruido de tipo "clic" al canal de voz. Por tanto, la regeneración de los códigos en cada estación repetidora intermedia elimina el ruido y la distorsión generada en las secciones de repetición previas. Esto da por resultado que el ruido no se suma a lo largo de todo el enlace, excepto para unos cuantos bits errados causados por el regenerador.

**c) Transmisión de Datos**

Un sistema de transmisión digital es adecuado para la transmisión de diferentes tipos de información, incluyendo transmisión de datos, y flexibilidad de la red es que técnicamente se puede hacer una derivación y/o inserción fácilmente.

d) **Utilización de Frecuencias .**

Es favorable desde el punto de vista de interferencia de radio. Un sistema de microondas digital tiene un pequeño efecto en otros circuitos de radio, debido a su baja potencia de transmisión, mientras que es relativamente inmune a otras interferencias de radio. Como resultado, es práctico que se haga enrutamiento múltiples para diferentes direcciones desde un lugar escogido. Esto permite que los circuitos sean altamente flexibles.

Sin embargo, las señales digitales necesitan de un gran ancho de banda. esto presenta un problema puesto que las bandas de frecuencia están limitadas. Como las microondas se utilizan para muchos servicios, el factor importante que afecta la transmisión es la cantidad de información que puede manejar una banda de frecuencia dada. Para vencer esta limitación, se han estudiado varias medidas, incluyendo el uso de sistemas que emplean modulación de niveles múltiples. lo que permite el uso de la misma radiofrecuencia y las limitaciones del espectro.

La modulación de fase multinivel es aplicable sistema digital por microondas. Por ejemplo una modulación de 4 fases hace posible la transmisión

de dos veces más cantidad de información en la misma banda de frecuencia, comparado con un modulador de 2 fases, que es necesaria para la transmisión del código binario.

El uso múltiple de la misma radiofrecuencia significa el uso de señales polarizadas vertical y horizontalmente. con lo que se puede notar que por una frecuencia se puede enviar dos radiocanales independientes. Esto se hace basado en la característica de los sistemas digitales de ser inmunes a la interferencia. Además la limitación del espectro depende de las características del filtro; en un sistema digital se puede lograr una separación de canales considerablemente cercana.

Por tanto, se encontró que adoptando estas medidas, un sistema digital por microondas, podía hacer una utilización de frecuencia tan eficientemente como un sistema FM; además, se espera un incremento de transmisión haciendo un planeamiento adecuado de rutas múltiples.

## 6.2. CONFIGURACION DE UN REPETIDOR DE UN SISTEMA RADIORELEVADOR DIGITAL

El repetidor básico en un sistema de radiorelevadores digital es el Repetidor Regenerativo, debido a que

causa una pequeña degradación en una señal transmitida a través de muchos repetidores. Generalmente es un repetidor regenerativo de banda base, el cual demodula la señal recibida, la regenera mediante el muestreo de los pulsos de reloj. y vuelve a modular la portadora con los pulsos ya regenerados.

En la Figura 6.2 se muestra un diagrama de bloques de un sistema Repetidor 4PSK en una estación terminal.

En el terminal de transmisión, un par de pulsos modula a la portadora de microondas después de la conversión del código en el circuito lógico para la modulación de fase diferencial.

Luego la señal es modulada en amplitud por la señal de supervisión y después es transmitida a la antena a través del filtro de derivación.

En el lado de recepción, la señal de microondas recibida es convertida a frecuencia intermedia y luego se amplifica.

Luego pasa al circuito detector de fase y es transformada nuevamente en dos trenes de pulsos. De esta manera estos pulsos se regeneran y se reforman.

La señal de supervisión se extrae de la frecuencia intermedia extraída que pasa por un detector de envolvente.

### 6.3. CONFIGURACION DE UN SISTEMA DE MICROONDAS PCM

En la Figura 6.3 se muestra la configuración de un Sistema de Microondas PCM, basado en equipos de 30 canales.

Se dispone de dos equipos principales que son el Multiplexor y el Equipo de Radio.

#### Multiplexor

Puede ser de cuatro tipos :

Primario

Secundario

Terciario o

Cuaternario

Estos tipos se han adoptado de acuerdo a la capacidad de canales requerido para el sistema de transmisión. Es decir, por ejemplo para una capacidad de transmisión de 480 canales se han adoptado multiplexores primario, secundario y terciario.

En esta configuración cuando la conmutación asociada es del tipo digital, los multiplexores primario (y secundario) se pueden eliminar, debido a que el conmutador digital se conecta directamente con los multiplexores de nivel más alto.

#### Equipo de Radio

Consiste principalmente de :

Transmisores receptores

Sistema de antena y

Equipo de Supervisión

Normalmente se debe trabajar con un sistema de reserva, utilizando dos tipos de transmisores receptores, uno en Stand by y el otro trabajando; para lo cual, se antepone un circuito de commutación (switch over o combinador) entre el canal de trabajo y el canal de reserva.

En el transmisor receptor, se usa un sistema de antena en común para la transmisión y recepción de señales, al cual se le ha antepuesto un circuito de derivación.

El Sistema de antena consiste de una antena parabólica, alimentadores y equipo de presurización.

El Equipo de Presurización mantiene el interior de los alimentadores siempre seco.

El Equipo de Supervisión hace la supervisión remota y las funciones de circuito de servicio (y algunas veces la función de control remoto).

#### 6.4. CONFIGURACION TIPICA DE CADA TIPO DE ESTACION

Se consideran estaciones típicas que son, terminales, repetidoras y de Derivación e Inserción (D/I). A continuación describimos brevemente cada una

de estas configuraciones.

a) Estación Terminal

Dentro de esta clasificación se han considerado a las subestaciones Chimbote 1, Chimbote Norte y Chimbote Sur.

En la Figura 6.4 se muestra la configuración típica de este tipo de estación. Esta figura muestra un sistema de 480 canales, N+1 (N de trabajo y 1 de reserva) para la jerarquía de 30 canales.

El equipo de control de conmutación hace la conmutación automática entre la ruta de trabajo y la de espera. En un sistema 1+1, no es necesario el SW CONT debido a que en este sistema la conmutación automática transcurre sólo al terminal de recepción.

b) Estación Repetidora .

En este caso, no ocurre COMMUTACION y existen dos tipos de repetidores :

Repetidor de Banda Base

Repetidor Heterodino

Como ya conocemos, en un sistema de transmisión digital, los ruidos en el sistema se limitan demodulando la señal y de acuerdo con esto, el comportamiento del repetidor de banda base es

mucho mejor que el heterodino.

Pero, en un sistema donde el número de estaciones repetidoras es grande y cuando la degradación causada en los repetidores heterodinicos es aceptable, entonces se adopta el repetidor heterodino.

En nuestro Proyecto se ha considerado el uso de un repetidor de banda base en el Co. Tambo Real. En la Figura 6.5 se muestran los dos tipos de repetidores.

c) Estación de Derivación e Inserción .

En la Figura 6.6 se muestra una configuración típica de este equipo, el cual se coloca espalda a espalda con el equipo de radio en un terminal. En nuestro Proyecto se ha considerado el uso de una estación de Derivación e Inserción en la Subestación Chimbote Sider.

## CAPITULO VII

### SISTEMAS DE ENERGIA Y TORRES DE ANTENA

#### 7.1. SISTEMAS DE ENERGIA

Es aquel que suministra las tensiones y corrientes de alimentación necesaria a todo el sistema de radio y multiplex y que esta constituido por la combinación de baterías, rectificadores, cargadores de baterías, grupos electrógenos, celdas solares y reguladores automáticos de tensión.

En nuestro proyecto se han considerado los siguientes sistemas de energía :

##### S.E. Chimbote 1 .

Se utilizará la energía de los servicios auxiliares de la subestación, así como la capacidad instalada del Banco de Baterías y el grupo de emergencia de 220 v.

##### Co. Tambo Real

Se ha previsto la adquisición de Paneles de Solares, Banco de Baterías de libre mantenimiento y Controladores automáticos de carga; debido a que el equipamiento de energía existente, no es suficiente para ser considerado en el proyecto.

#### S.E. Chimbote 2 .

Se ha previsto la utilización de los servicios auxiliares y grupo electrógeno de la subestación en 220 v. y el reemplazo del Banco de Baterías.

#### S.E. Chimbote Norte

Se ha previsto la utilización de los servicios auxiliares y grupo electrógeno de la subestación en 220 v. y el reemplazo del Rectificador-Cargador y Banco de Baterías.

#### S.E. Chimbote Sur .

Se ha previsto la utilización de los servicios auxiliares y grupo electrógeno de la subestación en 220 v. y el reemplazo del Rectificador-Cargador y Banco de Baterías.

### 7.2. SISTEMAS DE ANTENA

En nuestro proyecto se han considerado antenas parabólicas con un 65% de eficiencia para todas las radioenfases. El resumen de los cálculos realizados es el siguiente :

#### S.E. Chimbote 1

Se ha previsto una torre del tipo ventada de 10 metros de altura, soportará una antena parabólica de 25 db de

1.0 metro de diámetro con dirección al Co. Tambo Real.

#### Co. Tambo Real

Se ha previsto una torre del tipo ventada de 10 metros de altura, soportará dos antenas parabólicas, una de 25 db y 1.0 metro de diámetro con dirección a la S.E. Chimbote 1 y otra antena de 27 db y 1.2 metros de diámetro con dirección a la S.E. Chimbote 2.

#### S.E. CHimbote 2 .

Se ha previsto una torre del tipo ventada de 18 metros de altura, soportará tres antenas parabólicas de, una de 25 db y 1.0 metro de diámetro con dirección a la S.E. Chimbote Norte, otra de 27 db y 1.2 metros de diámetro con dirección al Co. Tambo Real y otra de 30 db y 1.7 metros de diámetro con dirección a la S.E. Chimbote Sur.

#### S.E. CHimbote Norte .

Se ha previsto una torre del tipo ventada de 12 metros de altura, soportará una antena parabólica de 25 db y 1.0 metro de diámetro con dirección a la S.E. Chimbote 2.

#### S.E. CHimbote Sur

Se ha previsto una torre del tipo ventada de 15 metros de altura, soportará una antena parabólica de 30 db

y 1.7 metros de diámetro con dirección a la S.E. Chimbote 2.

### 7.3. ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LAS TORRES DE SOPORTE DE ANTENA

Las torres deberán ser requeridas para cada estación de acuerdo a los diagramas y perfiles que se adjuntan y a la cantidad de antenas que se usarán en cada estación, incluyendo los materiales de instalación.

Las especificaciones técnicas son las siguientes :

- a) Tipo : Ventada.
- b) Material : Fierro Galvanizado.
- c) Sección . Triangular.
- d) Base : De bisagra.
- e) Vel.de viento : A ~~100~~ Km/h y con la disposición más ventajosa de las antenas, la torre no debe ~~variar~~ en el plano horizontal o en el vertical en mas de 1.5%.
- f) Luz de balizaje : En las torres se instalarán faros de seguridad para aviones en vuelo, conforme a los reglamentos de las autoridades

de Aeronáutica Civil. Estos faros serán de encendido automático y manual.

g) Pintura

Las torres deben pintarse con los colores reglamentarios, rojo y blanco por secciones, con base anticorrosiva.

h) Altura

: De acuerdo a la instalación. En el Cuadro 7.1 se detalla las alturas correspondientes.

i) Pararrayos

: El conductor del pararrayos debe estar sólidamente conectado a la torre y al sistema de tierra existente.

## SISTEMA DE ANTENA

ESTACION	ALTURA DE LA TORRE DE ANTENA (m)	ALTURA DEL EDIFICIO (m)	ALTURA DEL SOPORTE (m)	LONGITUD DEL ALIMENTADOR (m)	GANANCIA DE LA ANTENA (db)	DIAMETRO DE LA ANTENA (m)	DIRECCION
S.E. CHIMBOTE 1	12	9	10	50	25	1	Cº TAMBO REAL
Cº TAMBO REAL	10	4	7	17	25	1	S.E. CHIMBOTE 1
			9	19	27	1.2	S.E. CHIMBOTE 2
S.E. CHIMBOTE 2	18	6	17	30	27	1.2	Cº TAMBO REAL
			18	30	25	1	S.E. CHIMBOTE NORTE
			13	30	30	1.7	S.E. CHIMBOTE SUR
S.E. CHIMBOTE NORTE	12	6	10	88	25	1	S.E. CHIMBOTE 2
S.E. CHIMBOTE SUR	15	6	14	60	30	1.7	S.E. CHIMBOTE 2

CUADRO 7.1

## CAPITULO VIII

### RESULTADOS DE LOS CALCULOS REALIZADOS

#### 8.1. CONSIDERACIONES TECNICAS

En el ANEXO A se muestran los resultados más significativos obtenidos, siguiendo las consideraciones técnicas y el procedimiento de cálculo descrito en los capítulos IV y V.

En el ANEXO B se hace un detalle del equipamiento e infraestructura básica prevista para cada instalación considerada en el proyecto.

En el ANEXO C se dan las consideraciones generales sobre los sistemas de teleprotección y se presenta el esquema simplificado de funcionamiento propuesto para estos sistemas, utilizando enlaces de microondas como medio de transmisión de señales de transferencia de disparo y bloqueo.

#### 8.2. ENLACE S.E. CHIMBOTE 1 - S.E. CHIMBOTE SIDER

##### 8.2.1. TRAMO S.E. CHIMBOTE 1 - Co. TAMBO REAL

En los Cuadros 8.2.1.1. y 8.2.1.2 del ANEXO A se resumen los resultados más importantes.

#### 8.2.2. TRAMO Co. TAMBO REAL - S.E. CHIMBOTE SIDER

En los Cuadros 8.2.2.1. y 8.2.2.2 del ANEXO A se resumen los resultados más importantes.

#### 8.3. ENLACE S.E. CHIMBOTE 2 - S.E. CHIMBOTE NORTE

En los Cuadros 8.3.1. y 8.3.2 del ANEXO A se resumen los resultados más importantes.

#### 8.4. ENLACE S.E. CHIMBOTE 2 - S.E. CHIMBOTE SUR

En los Cuadros 8.4.1. y 8.4.2 del ANEXO A se resumen los resultados más importantes.

## CAPITULO IX

### ESTUDIO ECONOMICO DEL PROYECTO

#### 9.1. GENERALIDADES

En el presente capítulo se presentan algunas consideraciones económicas respecto al equipamiento y construcción del sistema, estando estas consideraciones sujetas a las variaciones económicas del mercado internacional.

Los costos que se dan a continuación, se han expresado en dólares y corresponden a los radioenlaces digitales e infraestructura básica necesaria en todas las instalaciones.

#### 9.2. EVALUACION DE COSTOS DEL PROYECTO

El presupuesto se ha calculado a suma aizada y se ha considerado que la mayoría de los equipos son adquiridos en el extranjero.

En el Cuadro 9.1 se presenta un resumen sencillo de la distribución del costo de adquisición del equipamiento necesario para los radioenlaces digitales por instalaciones y por sistemas.

En el Cuadro 9.2 se presenta un resumen de la distribución del costo de adquisición de la infraestructura básica por instalación.

El presupuesto tiene carácter de base y por lo tanto no se han considerado los gastos de montaje, supervisión y puesta en servicio, así como tampoco se han considerado los gastos administrativos y financieros.

El presupuesto estimado válido para el mes de Julio de 1993 es de U.S. 275.10 Dólares Americanos FOB para la adquisición de equipamiento importado, incluido los sub-sistemas de energía para la Repetidora del Co. Tambo Real y subestaciones consideradas en el proyecto, y de U.S. 18.30 Dólares Americanos para la adquisición de la infraestructura básica en el Mercado Nacional.

Si consideramos un factor de 2 sobre el valor FOB de los equipos, para aproximar el costo de ellos puestos en los almacenes de Electoperú S.A. en Chimbote, tenemos un presupuesto base de U.S. 568.50 Dólares Americanos.

**COSTO DEL EQUIPAMIENTO E INFRAESTRUCTURA BASICA**  
(EN MILES DE DOLARES)

EQUIPAMIENTO	EQUIPAMIENTO										SUB-TOTAL (FOB) (A)	
	RADIOENLACE DIGITAL SECHIM 1 - SECHIM 2 (FOB)					RADIOENLACE DIGITAL SECHIM 2 - SECHIM NORTE - SECHIM SUR (FOB)						DOCUMENTACION
	MULTIPLLEXOR PCM	TRANSCCEPTOR (Tx/Rx)	SUB-SISTEMA DE ANTENA (1)	EQUIPAMIENTO COMUN (2)	MULTIPLLEXOR CM	TRANSCCEPTOR (Tx/Rx)	SUB-SISTEMA DE ANTENA (1)	EQUIPAMIENTO COMUN (2)	DOCUMENTACION			
S.E. CHIMBOTE NORTE	-	-	-	-	10.7	15	2.4	2.0	1.0	31.1		
S.E. CHIMBOTE SUR	-	-	-	-	10.7	15	2.4	2.0	1.0	31.1		
S.E. CHIMBOTE 1	13.2	15.0	3.5	2.0	-	-	-	-	1.0	34.7		
S.E. CHIMBOTE 2	13.2	15.0	3.5	2.0	21.4	30	4.0	2.0	3.0	94.1		
C° TAMBO REAL	-	30.0	5.1	2.0	-	-	-	-	2.0	39.1		
											230.1	

NOTA:  
(1) INCLUYE EL COSTO DE LA ANTENA Y EL CABLE  
(2) INCLUYE MATERIALES DE INTEGRACION

REF:  
1 U.S. \$ = 2.0 NUEVOS SOLES

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

- 1.- Con la implementación del Proyecto Microondas Digital PCM, se superará las limitaciones existentes en los sistemas de onda portadora, teleprotección, línea telefónica y radio de la zona de Chimbote del Sub-Sistema Santa; al brindar un medio de transmisión moderno, confiable y eficiente, que no solo proporcionará una vía alternativa para el servicio de las Telecomunicaciones, sino que será el soporte principal del Sistema de Telecontrol de las SS.EE. Chimbote 2, Chimbote Norte y Chimbote Sur desde el Centro de Control de Chimbote 1.
  
- 2.- En el diseño se ha considerado un enlace troncal entre las SS. EE. Chimbote 1 y Chimbote 2, que posibilitarán la transmisión de los canales de BF de interés de las SS.EE. Chimbote Norte y Chimbote Sur, mediante una adecuada derivación e inserción de canales a nivel del Sistema de Multiplex en la S.E. Chimbote 2.
  
- 3.- Al no existir línea de vista entre las SS.EE. Chimbote 1 y Chimbote 2, se ha considerado el uso de

una Estación Repetidora en el Co. Tambo Real, por su altura, ubicación geográfica y porque dispone de una infraestructura básica importante de obras civiles y acceso carrozable para su mantenimiento.

4.- Se ha considerado a la S.E. Chimbote 2 como una Estación de D/I, no sólo para disminuir el número de enlaces de microondas y por ende disminuir los costos de implementación del Proyecto, sino también para brindar una mayor seguridad a los equipos transceptores y de multiplex a adquirirse, al estar instalados en una subestación de propiedad de Electroperú S.A. que cuenta con las medidas de seguridad necesarias para el cuidado de los equipos y finalmente, porque dispone de área física suficiente para una adecuada ubicación de los mismos.

5.- El uso específico de los canales de BF que se han definido para la transmisión de señales de telemando, teleseñalización y telemedida, se han establecido para implementar un Sistema de Telecontrol de las subestaciones Chimbote 2, Chimbote Norte y Chimbote Sur desde el Centro de Control de Chimbote 1.

6.- Las variables eléctricas consideradas para el Proyecto de Telecontrol, se determinaron en base a

coordinaciones realizadas con las diferentes áreas operativas del SIM-Norte.

- 7.- En lo que respecta al Sistema de Telefonía Selectiva, se ha previsto el uso de cuatro canales de BF para rehabilitar dos enlaces telefónicos BBC tipo KTI instalados entre las Sub-estaciones Chimbote 1 - Chimbote Sur y Chimbote 1 - Chimbote Norte.
- 8.- En lo que respecta al Sistema de Teleprotección, una vez que los enlaces KTI estén en servicio, harán factible la operación de los equipos de teleprotección de doble terna del tipo NSD, los cuales en conjunto con los Relés de Distancia y Relés Direccionales, permitirán la transmisión de señales de transferencia de disparo y/o bloqueo, para proteger a las LL.TT. D-131, D-132, E-132 y E-131 (Futuro), evitando daños en las Redes Eléctricas y perjuicios para los usuarios.
- 9.- Si bien es cierto en el caso de las Subestaciones Chimbote Norte y Sur se hubieran podido utilizar canales independientes para los equipos KTI y NSD, se ha visto por conveniente no hacerlo así, para optimizar el uso de los canales disponibles y porque en la práctica la actuación de los Relés de Protección no es permanente y por lo tanto sus señales deben ser sólo transmitidas sólo cuando son necesari-

rias, ocupando sólo en esos momentos el canal de BF a exclusividad. Esto es posible debido a que ante una perturbación en la línea de transmisión, uno de los contactos de los Relés de Protección, desconecta la telefonía del KTI, permitiendo así que en su lugar sea transmitida la señal de teleprotección.

- 10.- La extensión de líneas de Entel Perú y de procesamiento de información, hacia las SS.EE. Chimbote 1, Chimbote Norte y Chimbote Sur desde la S.E. Chimbote 2, harán que las coordinaciones de carácter operativo sean más confiables, seguras y oportunas, lo que redundará en una disminución sustancial de los tiempos de maniobra, que utiliza el personal de operaciones y de mantenimiento en los circuitos de potencia, con el consiguiente ahorro para la Empresa y una mejora en el servicio para el usuario.

#### RECOMENDACIONES

- 1.- Se ha estudiado una Red de Microondas que cubre las subestaciones principales de Electroperú S.A. e Hidrandina S.A. en la zona de Chimbote en el Dpto. de Ancash, por lo que recomendamos se amplíe el estudio a las zonas Norte, Sur y Este del SIM-Norte.
- 2.- Con la información concentrada en la Subestación Chimbote 1, recomendamos transmitir los datos más

importantes al Centro de Control Nacional en la Subestación San Juan, aprovechando la Estación Terrena proyectada para la Subestación Chimbote 1 dentro del Proyecto Satelital y el uso del Satélite INTELSAT.

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

1.- TRANSMISION DIGITAL POR MICROONDAS.

Autor : INICTEL LIMA PERU.

Fecha : 1993

2.- DISEÑO DE ENLACES PCM POR MICROONDAS.

Autor : INICTEL LIMA PERU.

Fecha : 1993

3.- REPORTE DE UN DISEÑO PARA UN SISTEMA  
DE RADIORELEVADORES.

Autor : INICTEL LIMA PERU.

Fecha : 1993

4.- TRANSMISION DIGITAL.

Autor : INICTEL LIMA PERU.

Fecha : 1993

5.- ENGINEERING CONSIDERATIONS FOR MICROWAVE COM-  
MUNICATIONS SYSTEMS.

Autor : CENRUT ELECTRIC CO. CALIFORNIA USA.

Fecha : JUN. 1970

6.- DISEÑO DEL ENLACE CHIMBOTE-CAÑON DEL PATO VIA MICROON-  
DAS PARA HIDRANDINA S.A.

Autor : ING. WILLIAM AYASTA RODRIGUEZ

Fecha : 1986

7.- RECUPERACION DEL SISTEMA INTERCONECTADO NORTE ANTE UN COLAPSO GENERAL.

Autor : ING. PEDRO BARRETO ARANDA

Fecha : 1992

8.- MANUAL EQUIPO DE TELEPROTECCION TDP-15 DIMAT.

Autor : DIMAT

Fecha : 1991

9.- RECOMENDACIONES DE LA CCITT Y CCIR PARA RADIOCOMUNICACIONES.

Autor : INICTEL

Fecha : 1990