UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Diseño de una Nueva Red Sísmica Nacional con la utilización del Mayor Potencial de las Telecomunicaciones en el Perú

TESIS

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO ELECTRONICO

OMAR MIGUEL SILVA SAENZ

Promoción 1984 - II

Lima — Perú

1989

A MIS QUERIDOS PADRES GREGORIO Y ROSA, A MIS HERMANOS, A LILY Y AL MANGAJITO DE LUIS CARLOS. CON MUCHO AMOR.

Mis ojos no quieren ver
lo que hay delante de mi
yo ya no puedo entender
¡ay!
lo que está pasando aquí.

Del grito de libertad
que por las costas se oyó
hablan los himnos en vano
¡ay!
yo no sé quien los gritó

Ojos de piedra tuviera
para poder resistir
y cuando más me dolieran
¡ay!
no los dejara de abrir.

F. PINTO

RESUMEN

TITULO	:	DISEÑO DE UNA NUEVA RED SISMICA NACIONAL CON LA UTILIZACION DEL MAYOR POTENCIAL DE LAS TELECOMUNICACIONES EN EL PERU.
AUTOR	:	OMAR MIGUEL SILVA SAENZ
GRADO QUE SE OPTA:		INGENIERO ELECTRONICO
FACULTAD	:	INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

LIMA - 1989

Las principales características sísmicas del territorio peruano son expuestas en el Capítulo I conjuntamente con la importante función que desarrolla el Instituto Geofísico del Perú (IGP) en el área de Sismología. También se indica la importancia de la obtención de información sísmica brevemente desarrollada en la parte de Sismometría que básicamente trata de los elementos que se usan para detectar un evento sísmico. Se finaliza este capítulo exponiendo las características de un movimiento sísmico encontradas en el campo de la Sismología y el tratamiento que se efectua sobre la señal sísmica para que pueda ser transmitida.

En el capítulo II se describe la Red Sísmica instalada en el Pe

rú, las principales redes mundiales de datos sísmicos y posteriormente se estudian las estaciones sísmicas que son operadas por el IGP y que permiten el monitoreo permanente de la actividad sísmica en nuestro país. Dentro de las estaciones sísmicas se detalla principalmente las estaciones telemétricas ya que sirven como referencia importante en el desarrollo de este estudio.

En el campo de las Telecomunicaciones (Capítulo III) se conoce nuestra realidad en cuanto se refiere a las redes de comunicaciones existentes así como sus proyectos de expansión. Se pone más énfasis en la red de microondas y satelital dada la importancia que tienen ambas en la transmisión de alto tráfico esencialmente telefónico. Asimismo se presenta la posibilidad de incrementar de manera notable la red satelital de servicio público con el soporte del sistema de estaciones satelitales pertenecientes al Estado, esto como consecuencia de la modificación técnica a que son sometidas en la actualidad. En este mismo capítulo se conoce otro sistema de comunicación importante: el de Petro Perú, pero que también utiliza la infraestructura de Entel Perú para la transmisión de sus señales.

Finalmente en el Capítulo IV y tomando en consideración lo estudiado en los otros capítulos se propone un nuevo diseño de la red sísmica. Para ello se plantea la instalación de estaciones telemétricas en puntos de interés sísmico y que han sido determinados por expertos en Sismología para mejorar la determinación hipocentral y focal de los sismos. La resolución de la nueva red es determinada haciendo uso de un programa creado para tal fin en el IGP. Las alternativas de transmisión de la señal sísmica son estudiadas considerando -

la parte técnica así como la económica para finalmente decidirse por la más adecuada considerando la situación actual que vive el Perú, e llo por supuesto sin descuidar la parte técnica en ningún momento.

Concluye este trabajo dando una serie de pautas de modo que la implementación de este proyecto sea factible en el corto o mediano - plazo y así optimizar la transmisión de señales y lograr un adecuado estudio científico de los movimientos sísmicos que son muy frecuen-- tes en nuestro país.

TABLA DE CONTENIDO

		Pag.
INTRODUCCION		9
Capítulo 1	ASPECTOS SISMICOS	12
	1.1 Generalidades	12
	1.2 La Sismometría	15
Capítulo 2 -	LAS ESTACIONES SISMICAS EN EL PERU	21
	2.1 La Red Sísmica Nacional	21
	2.2 Estaciones Sismográficas	26
	2.2.1 Estaciones Sísmicas Telemétricas	27
	2.2.2 Estaciones Sísmicas Portátiles	42
	2.3 Estaciones Acelerográficas	45
Capítulo 3 -	SISTEMAS DE COMUNICACION A NIVEL NACIONAL	47
	3.1 Generalidades	47
	3.2 Red de Radioenlaces VHF/UHF	51
	3.3 Red Troncal de Microondas	52
	3.4 Red Satelital Doméstica (DOMSAT)	54
	3.5 Sistema Integral de Telecomunicaciones de Petro Perú S. A.	63
	3.5.1 Subsistema de Transmisión	64
	3.5.2 Subsistema Telefónico	67
	3.5.3 Subsistema Teleimpresoras	67
	3.5.4 Subsistema Transmisión de datos	67
	3.6 Red Satelital del IGP	70
Capítulo 4 -	MEJORAMIENTO DE LA TRANSMISION DE SEÑALES SISMICAS A NIVEL NACIONAL	75

4.1 Generalidades 75

4.2 Diseño de una Red Sísmica a Nivel Nacional 78

4.3 Alternativas para la Transmisión de Señales Sísmicas 88

CONCLUSIONES 108

REFERENCIAS 110

ANEXOS 112

INTRODUCCION

El Perú se encuentra ubicado en una región de gran actividad sísmica, por esta razón, el Instituto Geofísico del Perú (IGP), órgano rector de la Geofísica en nuestro país, se encarga - entre otros - de monitorear permanentemente la sismicidad del territorio nacional. Este monitoreo comprende: la detección de un evento sísmico y la transmisión de las señales sísmicas hacia el Laboratorio Central de Camacho en Lima para su procesamiento y análisis. La información obtenida es reportada en primera instancia a Defensa Civil, Institución que ejecuta las medidas adecuadas para casos de desastres.

Las señales sísmicas son detectadas y registradas en sismógrafos que se encuentran repartidos en diferentes zonas del Perú. Algunos de ellos transmiten sus señales mediante una Red Telemétrica privada del IGP, la que forma parte del Servicio de Emergencia para la detección de eventos en tiempo real. Esto permite el cálculo rápido de los parámetros hipocentrales. Sin embargo, el uso y mantenimiento de esta infraestructura resulta altamente costosa y es por lo tanto necesario buscar nuevos métodos de transmisión a menor costo que permitan ampliar la Red Sísmica con el fin de mejorar la calidad de la determinación hipocentral.

Esta tesis incluye la doble especialidad de Sismometría y Tele-

comunicaciones que debidamente interrelacionadas permitirán lograr los fines anteriormente descritos, sin pretender ser un tratado en ambos temas.

Este trabajo no hubiera sido posible realizarlo sin el apoyo desinteresado y eficaz de muchas personas dadas las difíciles condiciones que se presentaron y que en algún momento contribuyeron a que se prolongara más de lo debido y que inclusive estuvieron a punto de derrumbar todo lo que se había construido. Un eterno agradecimiento al Instituto Geofísico del Perú (IGP) y específicamente al Dr. Manuel Chang Ching, principal e infatigable propulsor de esta tesis, gracias a su invalorable apoyo, paciencia y comprensión hacia mi persona es que este trabajo llega a su fin, ojalá que cuando lea estas líneas a las que en sí forman el estudio esté satisfecho de la labor realizada. Debo agradecer asimismo al Dr. Angel Velásquez Abarca (Entel-Perú) por su valioso asesoramiento en el tema genérico de las telecomunicaciones, dicho asesoramiento se suma al realizado por el Dr. Chang en las dos especialidades que incluye esta tesis.

Al apoyo recibido de parte de mis asesores se adiciona el brindado por los Ings. Carlos Bustamante (UNI), Daniel Llamas, Antonio Flores y Jhonny Tavera (IGP), así como el de los Ings. Edmundo Giraldo y Walter Carrillo (Entel-Perú), estos últimos colaboraron en lo concerniente a las redes de transmisión a nivel nacional. Asimismo colaboraron en los gráficos el Arquitecto Roberto Tejada y el Sr. Pedro Castañeda (IGP) y en el mecanografiado del texto participaron la Srta. Yliama (UNI) y la Srta Nancy Salazar. A todos ellos un sincero agradecimiento por haberme ayudado a terminar este trabajo de Te-

sis.

Mi reconocimiento al CONCYTEC puesto que su ayuda permitió financiar en parte mi trabajo y dedicación en el desarrollo de esta Tesis.

Finalmente quiero dedicar este último parrafo de agradecimientos a mis padres. Fueron ellos los que con su permanente preocupación y respaldo en el desarrollo de mis estudios hicieron posible que sea un profesional y que hoy en día aquel esfuerzo se vea cristalizado en esta Tesis, que no es mia sino de ellos. De igual manera a mis queridos hermanos así como a mi tia Elia por su invalorable ayuda.

El tiempo que necesité para desarrollar y finalizar esta Tésis ha sido verdaderamente difícil en todo orden de cosas y no hubiera sido posible sin la ayuda de Lily, mi esposa, testigo cercana de mis tropiezos y dificultades y que ha sido sin lugar a dudas la más sacrificada en este tiempo. Tan solo un anhelo de esperanza para que las cosas cambien, aunque es cierto que nosotros debemos cambiarlas.

Capítulo I
ASPECTOS SISMICOS

1.1 Generalidades

Según GUTENBERG y RITCHER (1956), el 75% de la actividad sísmica mundial se localiza en América del Sur, siendo el Perú uno de los países de características sísmicas más relevantes. En nuestro país han sucedido eventos sísmicos muy destructivos como referencia recordemos el que afectó el Callejón de Huaylas, Chimbote, el 31-05-70 (Mb=6.6) y que causó alrededor de 60,000 muertos y muchos daños físicos y materiales.

La intensidad de los movimientos sísmicos, así como los epicentros representados en la fig. 1.1, muestran la actividad sísmica ocurrida en los últimos 500 años, obtenidos recurriendo a datos referenciales, históricos e instrumentales, estos últimos a partir del año 1906 (Ref.CATALOGO SISMICO DEL PERU I.G.P. 1986). Se aprecia en ésta figura que los epicentros de mayor intensidad han ocurrido en la zona de la costa y los eventos más destructivos han sucedido a lo largo de la región sismogénica sub-andina.

Según OCOLA (1983), en el Perú se ha determinado 4 zonas sísmicas principales (Ref. fig.1.2): las zonas de Arica-Nazca y Nazca-Paita a lo largo del borde occidental del continente sudamericano, la zona Ayacucho-Moyobamba que continúa hasta Rio

bamba (Ecuador), conocida también como zona subandina norteña y la zona Abancay-Puno que continúa a través de Cochabamba (Bolivia) hacia el Sur-Este y se le conoce como zona sísmica subandina sureña. Además de estas 4 zonas, la actividad sísmica se ve incrementada fuertemente por la zona Guayaquil-Quito en el Norte del Perú y que continúa hacia Bogotá (Colombia) y Venezuela y también por la zona Arica-Taltal (Chile) en el Sur.

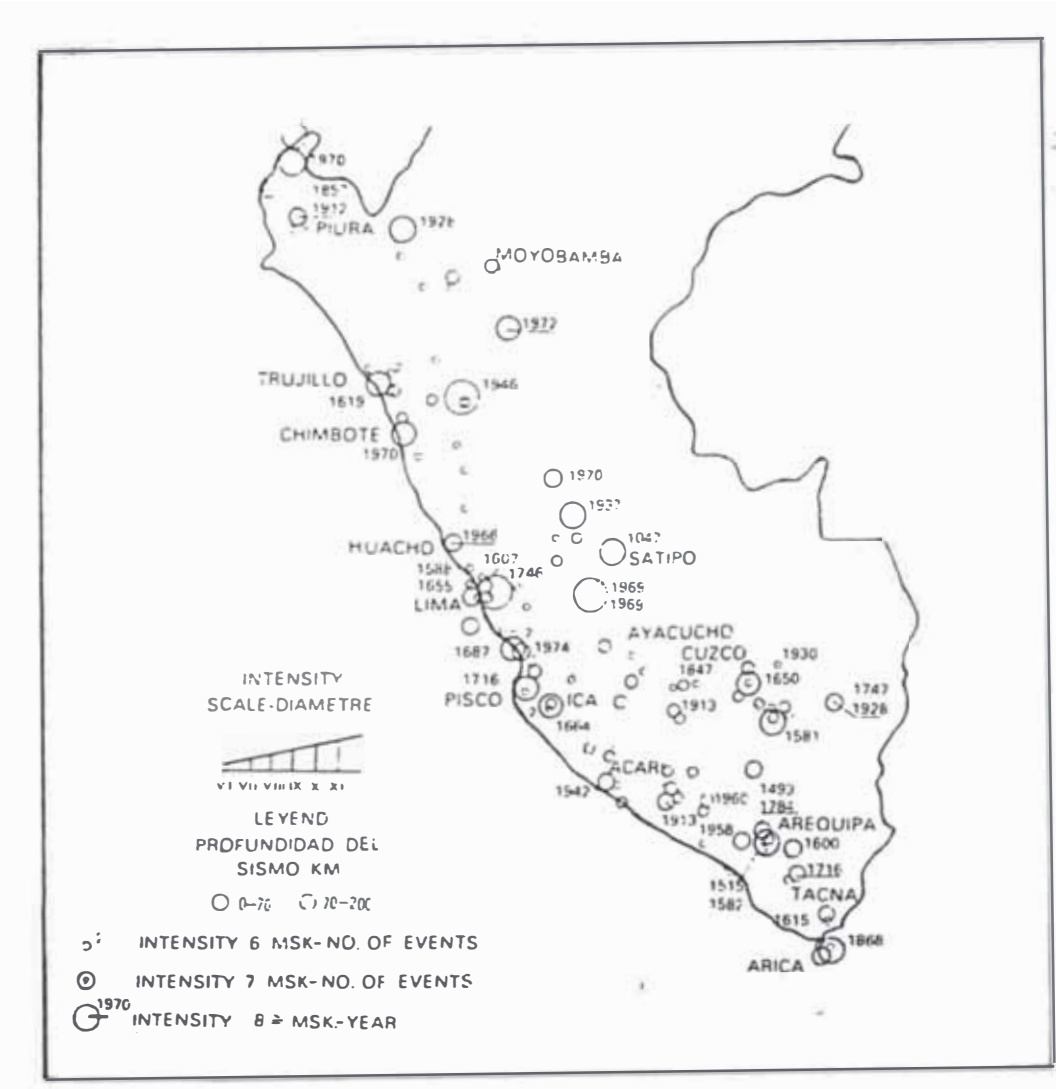

Fig. 1.1. Mapa de intensidad máxima de terremotos historicos ocurridos en el Perú (1471-1974) (ref. OCOLA 1983)

Así mismo, se ha dividido el territorio peruano en zonas sísmicas de acuerdo al nivel de actividad sísmica. Esto se muestra en la fig. 1.3 y en ella las zonas denominadas 1, 2 y 3 significan regiones de alta, media y baja actividad sísmica.

Fig. 1.2 Zonas Sísmicas del Perú (ref. OCOLA 1983)

La obtención de la información sísmica es importante porque brinda datos básicos para diseños estructurales resistentes a terremotos, escencial para la implementación y mejora del Código de Construcción Civil Nacional, además dicha información hace posible el estudio de las características de un movimiento sísmico para entender todos los procesos que en él intervienen (focales, atenuación, etc.), y también en una primera instancia ofrecer a los organismos de gobierno (Defensa Civil, etc.) las informaciones necesarias para entender los fac

Así mismo, se ha dividido el territorio peruano en zonas sísmicas de acuerdo al nivel de actividad sísmica. Esto se muestra en la fig. 1.3 y en ella las zonas denominadas 1, 2 y 3 significan regiones de alta, media y baja actividad sísmica.

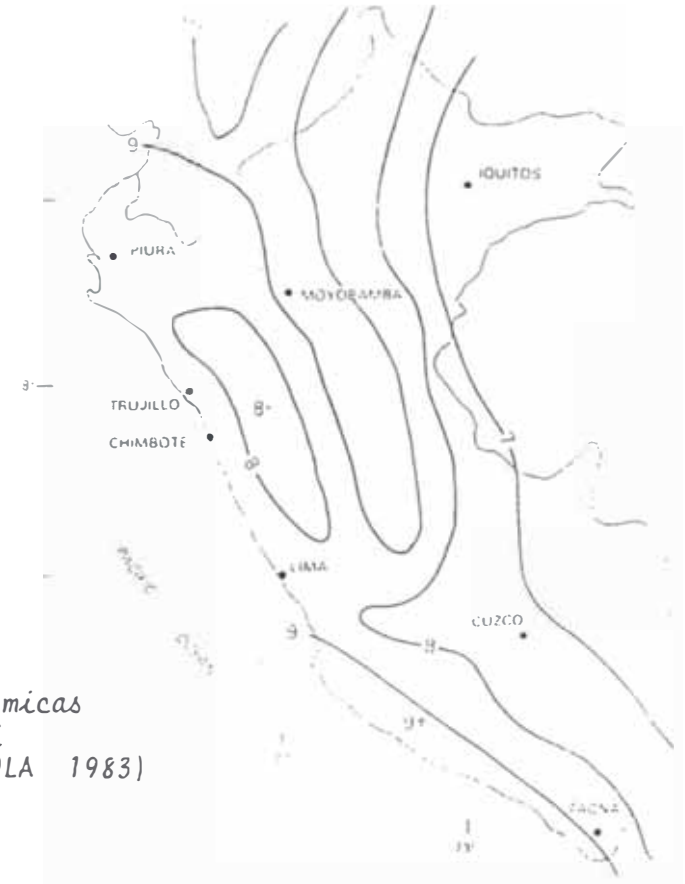

Fig. 1.2 Zonas Sísmicas del Perú (ref. OCOLA 1983)

La obtención de la información sísmica es importante porque brinda datos básicos para diseños estructurales resistentes a terremotos, esencial para la implementación y mejora del Código de Construcción Civil Nacional, además dicha información hace posible el estudio de las características de un movimiento sísmico para entender todos los procesos que en él intervienen (focales, atenuación, etc.), y también en una primera instancia ofrecer a los organismos de gobierno (Defensa Civil, etc.) las informaciones necesarias para entender los fac

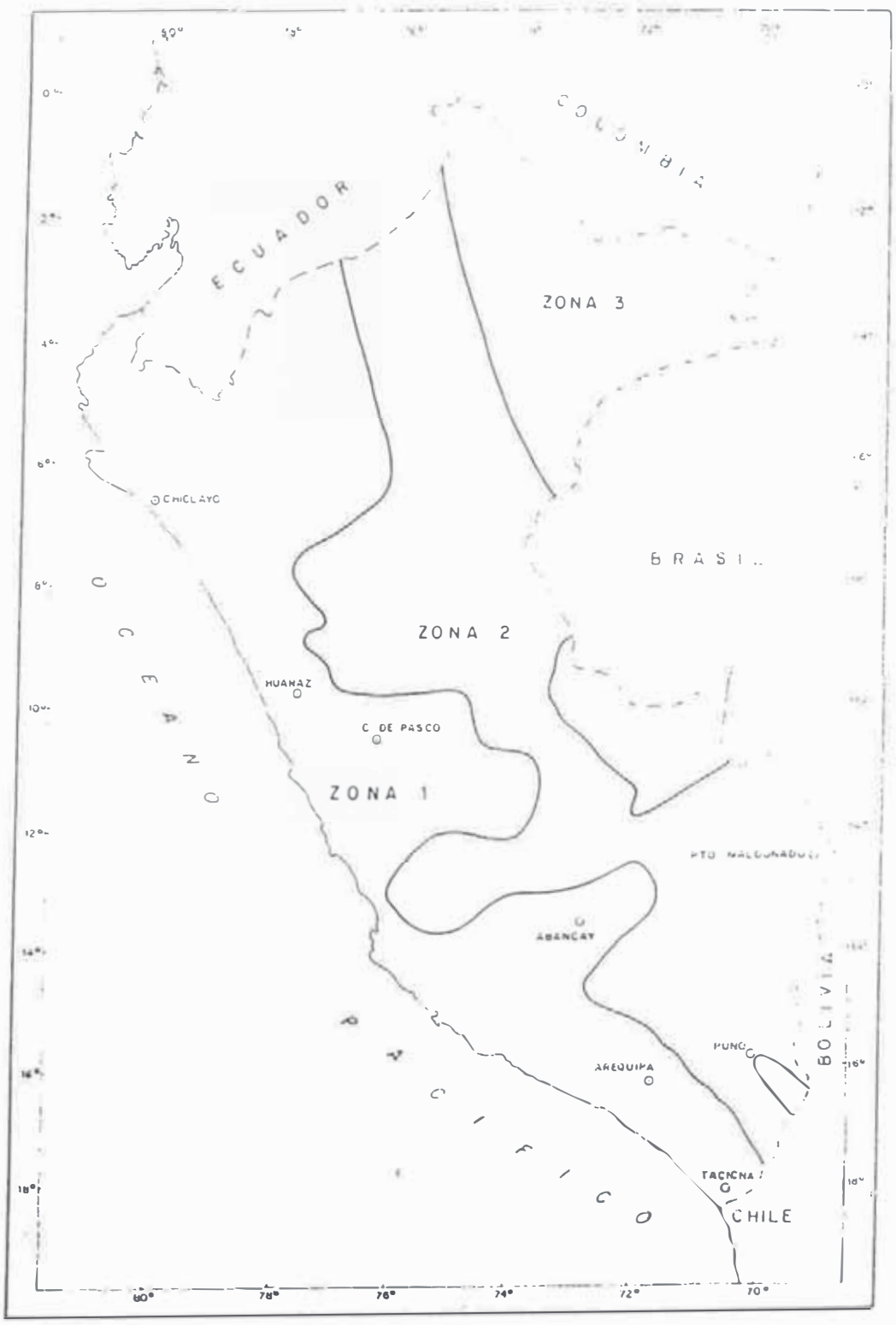

Fig. 1.3. Zonas Sísmicas de acuerdo a la actividad sísmica (ref. Proyecto SISAN - OCOLA 1983)

tores sociales en la ocurrencia de grandes terremotos.

1.2 La Sismometría

Las señales sísmicas pueden ser detectadas y registradas de la siguiente manera: El detector es un dispositivo transductor que responde al movimiento de suelo producido por los sismos y genera una señal eléctrica factible de ser amplificada y grabada o registrada convenientemente; El transductor es de tipo electromagnético, existiendo también otros tipos comunes basados en el cambio de capacitancia y sobre el efecto piezoeléctrico. La señal eléctrica contiene información cuantitativa del movimiento (amplitud, forma de onda, etc.) que el experto en sismología deberá analizar. Este detector de movimiento sísmico es también conocido como Sismómetro; El Registrador es un dispositivo que acepta la señal y preserva la información manteniéndola en forma permanente, de modo que esté disponible para su análisis e interpretación posterior. Puede registrarse una señal de manera análoga (registradores visuales a tinta o papel ahumado y fotográfico) o digital.

El instrumento completo para la grabación del movimiento sísmico se conoce como Sismógrafo el cual consiste de: Sismómetro y Registrador e inclusive un reloj y radio de señal horaria WWVB ó satélite, que nos permite registrar paralelamente el tiempo universal o de Greenwich (T.U.) de llegada de las ondas sísmicas, estos elementos van así mismo acompañados de filtros y amplificadores asociados.

Los movimientos de tierra encontrados en observaciones sis

mológicas casi nunca son periódicos, aunque algunas veces lo son de manera aproximada. Sin embargo, es costumbre hablar de periodo o frecuencia de un movimiento, ésto significa que la señal - puede ser aproximada por una sección de un movimiento periódico, o desde otro punto de vista, si el espectro de la señal es calculado, la mayor parte de la energía será encontrada en las cercanías de una frecuencia predominante.

De acuerdo a KISSLINGER (1967) en el campo de la Sismología se ha encontrado características de movimientos sísmicos tales como:

- frecuencias que van desde cerca a 100 Hz o más altos hasta cerca a 0.00025 Hz (1 ciclo por hora).
  amplitudes del orden de unos pocos milicrones a unos pocos milímetros (raramente unos cuantos centímetros en el caso de ondas de superficie producidas por grandes terremotos).
- dirección de movimiento totalmente arbitraria.

Normalmente los sismógrafos cuya banda pasante se encuentran ubicadas en frecuencias cercanas a 1 Hz - 50 Hz se denominan de "Periodo Corto" y registran señales sísmicas provenientes de sismos locales, y aquellos sismógrafos cuya banda pasante permite registrar señales de 20 seg. a periodos mayores se denominan de "Periodo Largo" y registran señales telesísmicas de epicentros que se encuentran a 1,000 Km o mayor distancia de la estación. Actualmente, gracias al desarrollo de la tecnología en mecánica de materiales y electrónica, pueden diseñarse sistemas que registran movimientos sísmicos de "Periodo Ultra Largo" desde varias horas y días coincidiendo con el periodo propio de la tierra.

El I.G.P. cuenta con sismómetros electromagnéticos, de tipo Kinemetrics mod. SS-1 (ver fig. 1.4) y de otros modelos como: L4CD, Hall & Sears, S7000 de SPRENGNETHER y 5500 de TELEDYNE.

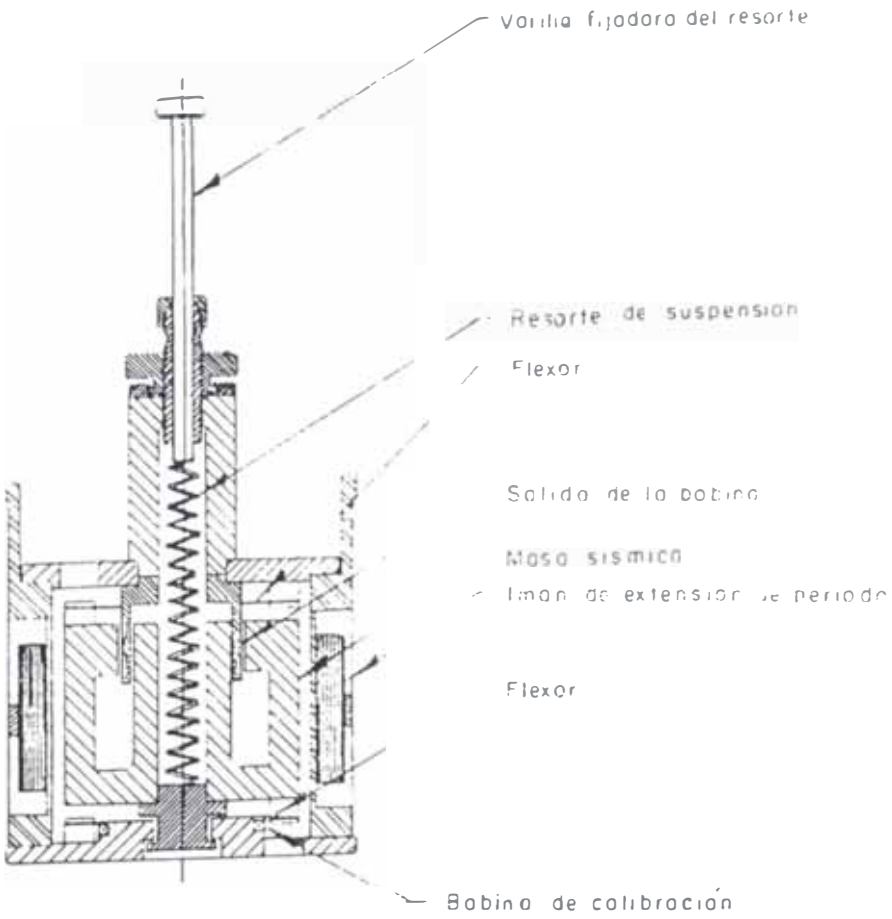

Fig. 1.4 Construcción General del Sismómetro SS-1

El sismómetro SS-1 es un instrumento masa-resorte donde la masa sísmica es un imán permanente sujeto por un resorte helicoidal y puede ser usado tanto en posición horizontal como vertical. En el anexo A-1 se presentan especificaciones técnicas.

La señal eléctrica, que representa el desplazamiento, velocidad o aceleración del suelo, es filtrada selectivamente para rechazar componentes indeseadas de ruido y puede ser grabada numéricamente en cinta magnética para un fácil y posterior procesamiento de datos en un computador digital.

A pesar de que la grabación en cinta magnética es muy usada para varios propósitos de investigación sismológica, algunos observatorios registran la salida del sismómetro, debidamente amplificada y filtrada, empleando un galvanómetro que imprime señales sobre papel fotográfico ahumado o tinta llamado sismograma. Por el alto costo de los equipos de reproducción modernos, donde se procesan las grabaciones en cinta magnética, la mayoría de observatorios continúan usando grabación galvanométrica; el galvanómetro usado casi universalmente es del tipo D'Arsonval o de bobina móvil.

En la fig. 1.5 se aprecia un sismograma en el cual la señal sísmica está gráficada conjuntamente con pulsos horarios (minutos y hora).

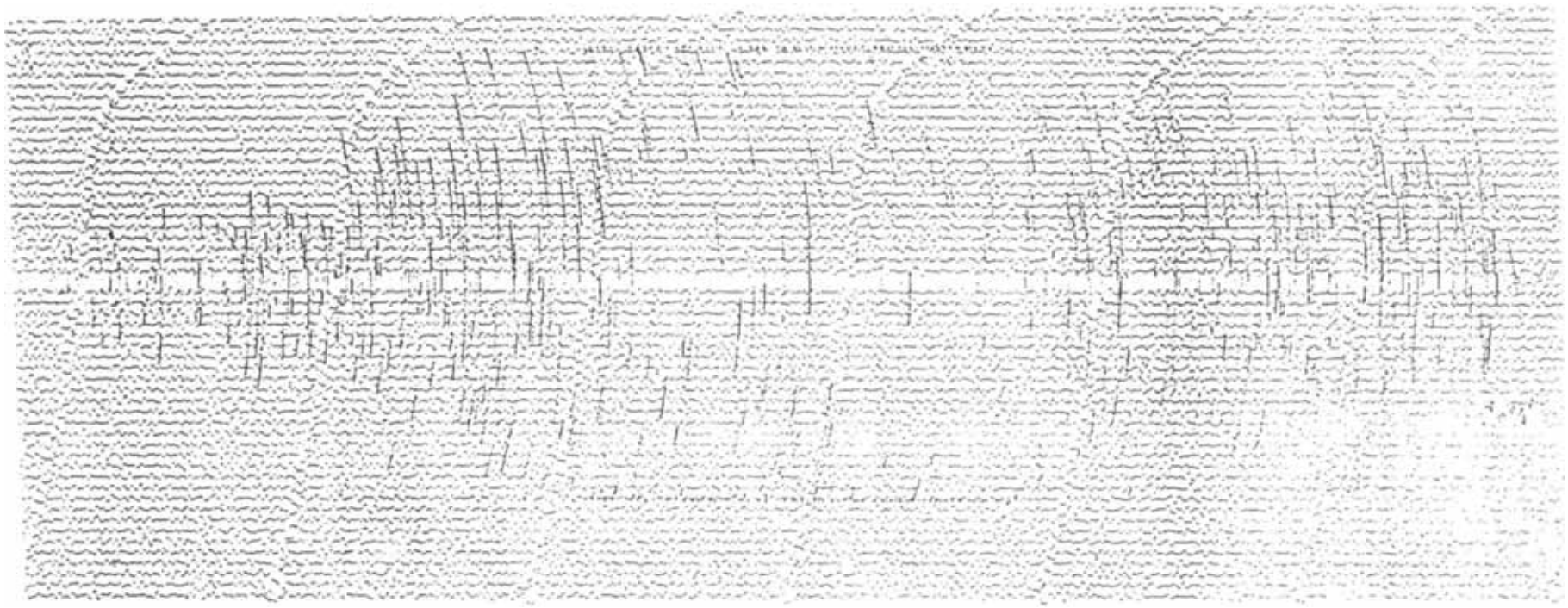

Fig. 1.5 Sismograma de evento ocurrido el 15-09-88, Hora origen: 18h 48 min 01.3 seg. (GMT) Lat: 1.411° Sur, Long: 77.873° Oeste, prof.: 172 Km. mag: 5.8 Mb (Richter). Comp. Z (Estación Ñaña) Intensidad: 5 en Guayaquil, 2 en Quito.

Capitulo II

LAS ESTACIONES SISMICAS EN EL PERU

2.1 La Red Sísmica Nacional

Las estaciones sismográficas y acelerográficas que se encuentran instaladas en el territorio nacional pertenecen a diferentes instituciones, tales como: Universidad San Agustín de Arequipa (UNSA), Pontificia Universidad Católica del Perú, Universidad de Tacna, Electro-Perú y el I.G.P.. En algunos casos las estaciones sísmicas son operadas por el IGP mediante convenio, y la información sísmica obtenida forma parte del banco nacional de datos sísmicos.

El IGP mantiene operativas unas 40 estaciones sismográficas y acelerográficas en todo el territorio nacional, una de estas - (Ñaña) es considerada estación sismológica permanente de la Red Mundial de Sismógrafos Normalizados WWSSN, que cuenta con un total aproximado de 130 estaciones instaladas en diferentes partes del mundo (GLOBER Y RINEHART, 1983), dicha red se presenta en la fig. 2.1.

Puede observarse que la estación de Arequipa operada por - la U.N.S.A. también pertenece a esta red que cuenta con el apoyo de la CARNEGIE INSTITUTION .

Fig. 2.1 Red Mundial de Sismógrafos Normalizados WWSSN

Los datos que procesa la red WWSSN son datos análogos que son depositados en el Centro Nacional de Información de sismos de la USGS (United States Geological Survey) para ser procesados y entregados a otros centros de datos científicos del mundo. Este centro también procesa datos digitales provenientes de otras 48

estaciones digitales agrupadas en la Red Mundial de Sismógrafos GDSN - fig. 2.2 - en la cual no está incluida ninguna estación de Perú. Sin embargo, nuestro país mediante Convenio con la Carnegie Institution mantiene operativa una estacion digital - perteneciente a la Red IDA. (CHANG M., 1983)

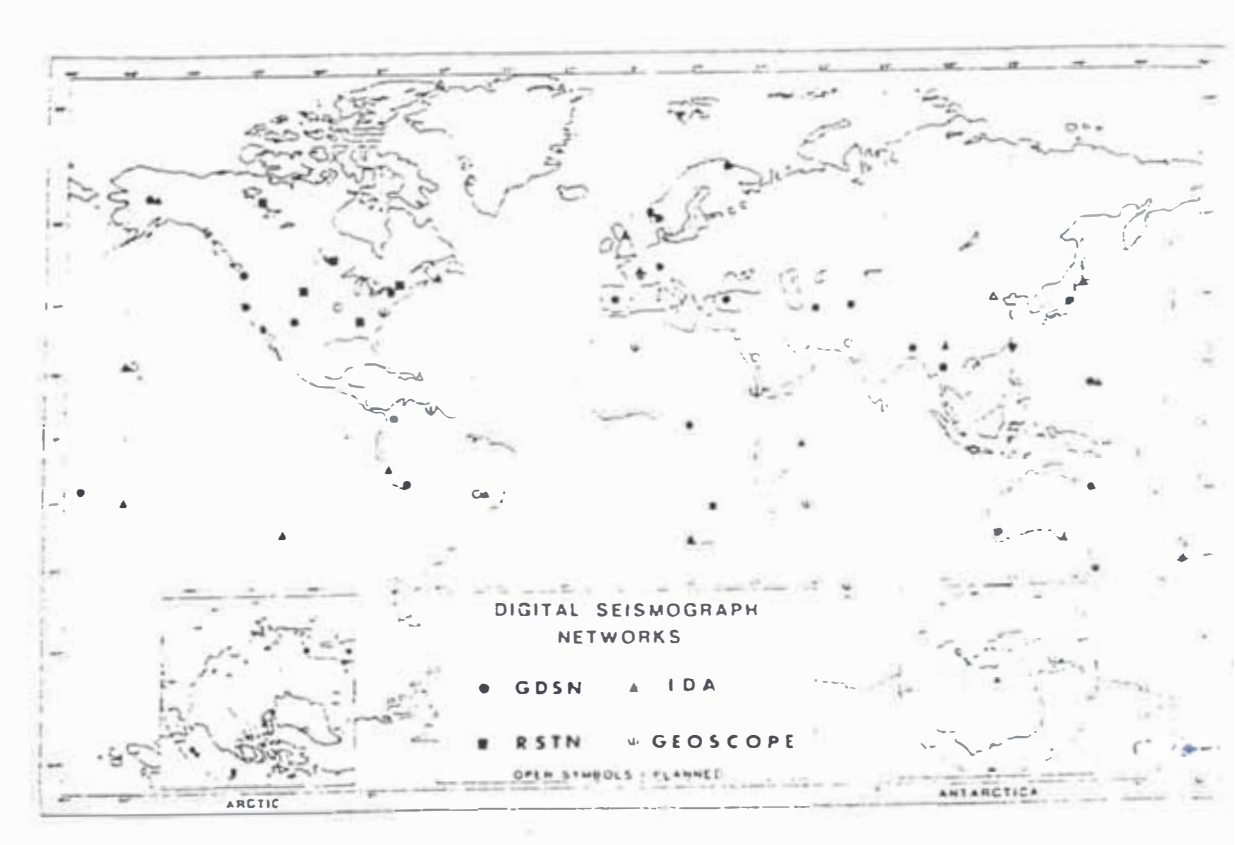

Fig. 2.2 Red Mundial Digital de Sismógrafos GDSN

La USGS tiene también proyectado la transmisión de datos sísmicos mediante vía satélite, para lo cual ha planeado una red mundial que se muestra en la fig. 2.3 (USGS, 1985).

Fig. 2.3 Red Via Satélite planeado por la USGS

Las estaciones que forman la red doméstica o nacional del IGP y que se muestra en la fig. 2.4 está formada por estaciones sísmográficas (portátiles y telemétricas) y estaciones acelerográficas, algunas de ellas pertenecientes a proyectos asociados al IGP como: Chira-Piura, Electro-Perú, AID, etc., que requieren el monitoreo permanente de las señales sísmicas locales para fines de Ingeniería.

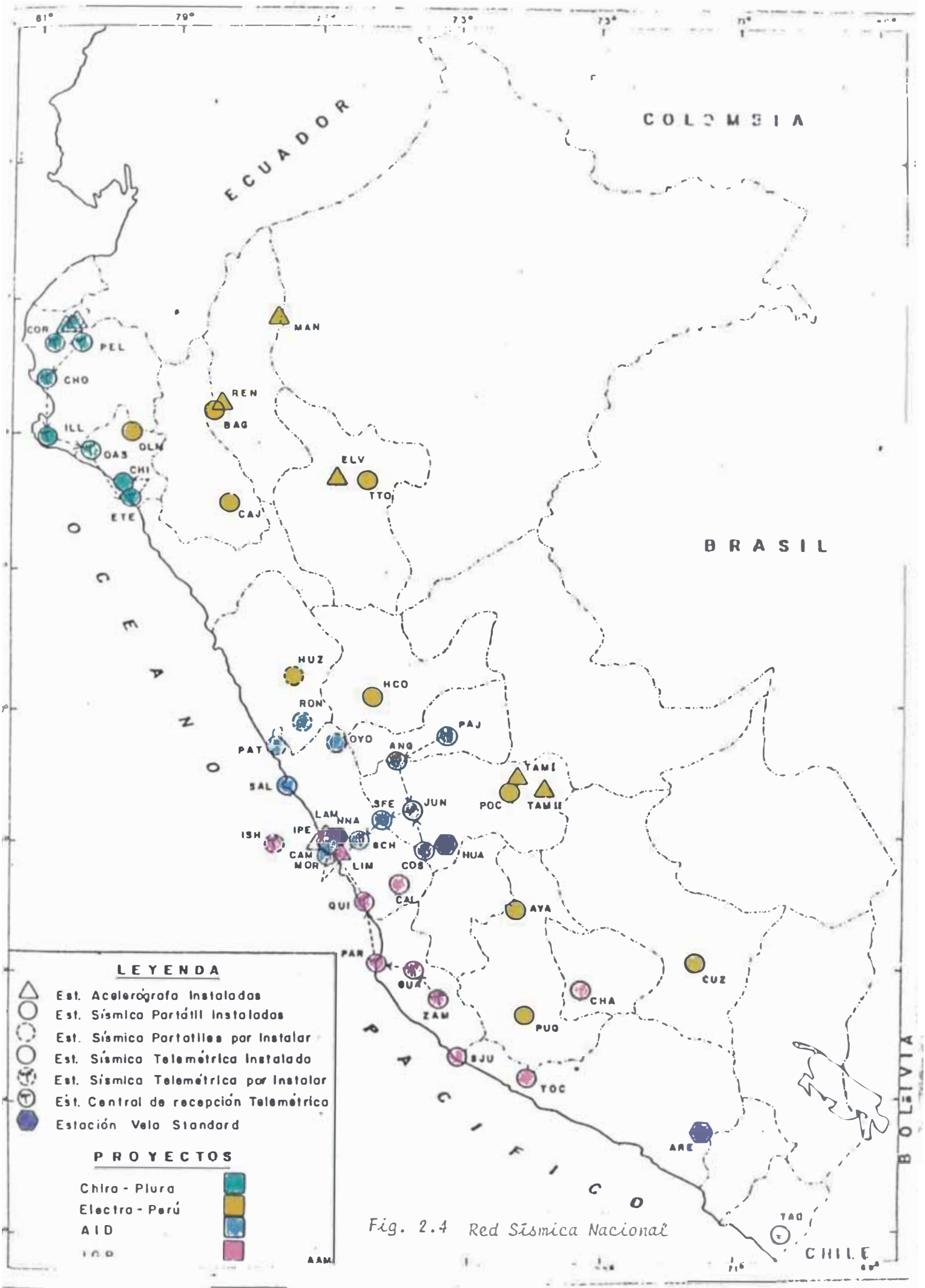

Fig. 2.4 Red Sísmica Nacional

Nuestro interés se centrará en la descripción de la Red Sismica Telemétrica Nacional ya que el motivo de esta Tesis radica principalmente en un nuevo diseño de la misma.

La Red Telemétrica del IGP está formada por 3 grandes Sub-redes regionales conocidas, según su ubicación geográfica, como:

- Sub-Red Telemétrica del Centro, que involucra los departamentos de Lima, Cerro de Pasco y Junín con estaciones en: Pajonal, Angona, Juni, Santa Fe, Suche, Punta Salinas y el Morro Solar. Pertenece al proyecto financiado en sus inicios por la AID.
- Sub-Red Telemétrica del Sur, comprende los departamentos de Ica y Lima, con estaciones en: Zamaca, Guadalupe, Paracas y Quilmana. Es operada con recursos propios del IGP.
- Sub-Red Telemétrica del Norte, que incluye estaciones telemétricas en los departamentos de Piura (Corcovado, Pelados, Chocán, Illescas) perteneciente al Proyecto Chira-Piura y al departamento de Lambayeque con sus estaciones de Oasis, Eten y Chiclayo. El mantenimiento de estas estaciones cuentan con el apoyo de la Estación Central de Chiclayo quien, además, remite a través de transmisión vía microondas (Entel Perú), las señales al Observatorio Central de Camacho.

2.2 Estaciones Sismográficas

Debido a la gran sensibilidad del Sismómetro estas estaciones se instalan en lugares de bajo ruido. De acuerdo al tiempo de disposición de la información sísmica, las estaciones sismográficas se dividen en telemétricas y portátiles.

2.2.1 Estaciones Sísmicas Telemétricas

En este tipo de estaciones, la señal eléctrica que ha sido debidamente filtrada y amplificada es "transmitida" por medio de un sistema de transmisión hacia una central de grabación; esto permite disponer de la información sísmica en tiempo real. El IGP centraliza la información sísmica en Lima (Obs. Camacho) por medio de radioenlaces VHF, para lo cual emplea un Sistema Telemétrico tipo Kinemétrics.

El diagrama de bloques de la fig. 2.5, muestra una estación telemétrica de campo tipo NON-RELAY. Para que sea una estación telemétrica tipo RELAY se le adiciona una antena receptora, un circuito receptor y otro circuito multiplexor.

Esta estación es capaz de transmitir las señales sísmicas captadas por sus sismómetros, así como las señales recibidas de otras estaciones de campo.

El sistema de la fig. 2.5, es un arreglo de 9 canales que están reunidos en grupos de 3 componentes donde cada grupo constituye una estación de campo. Cada estación sísmica consiste de:

- 3 sismómetros de tipo electromagnético de 1s de periodo natural.
- 3 módulos, cada uno de los cuales tiene: amplificador filtro y oscilador controlado por voltaje (VCO).
- 1 Módulo de calibración (Incluye fuente regulada).

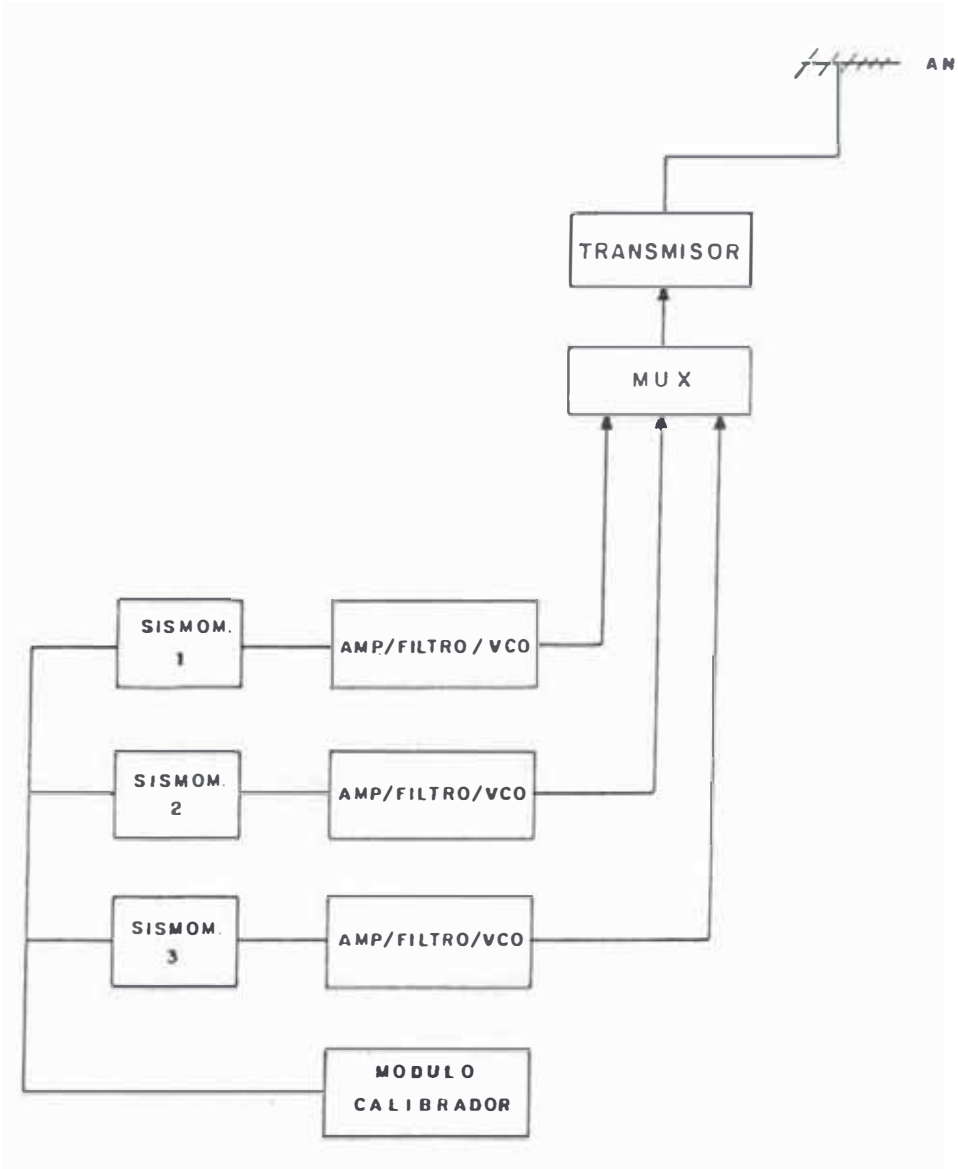

Fig. 2.5 Diagrama de Bloques de Estación Telemétrica Tipo NON - RELAY

.- 1 módulo multiplexor (MUX).

.- 1 panel solar.

.- 1 ensamblaje batería/regulador.

.- 1 transmisor telemétrico.

.- 1 antena transmisora.

La señal eléctrica entregada por el sismómetro es condicionada por el módulo que consta de amplificador, filtro y VCO. De acuerdo al filtro seleccionable mediante un switch, cada señal condicionada (que ha sido amplificada y luego filtrada) es así usada para modular una subportadora, la cual es alimentada a un circuito multiplexor en donde se distribuyen las señales en la división de frecuencia (FDM) para luego ingresar al transmisor de telemetría FM y ser irradiadas por la antena de cinco elementos. Describiremos en forma resumida, las partes de una estación sísmica telemétrica:

a) Sismómetro

Descrito anteriormente.

b) Módulo AOM-1

Consta de amplificador y filtro/VCO. El amplificador y filtro son de bajo consumo, bajo ruido y alta ganancia de amplificación, con filtros seleccionables. La sección de filtros incluyen pasa-bajos y pasa-altos. El amplificador tiene 2 salidas (pre-amplificador y amplificador) y tienen una ganancia de 54 y 36 db respectivamente, (ver fig. 2.6).

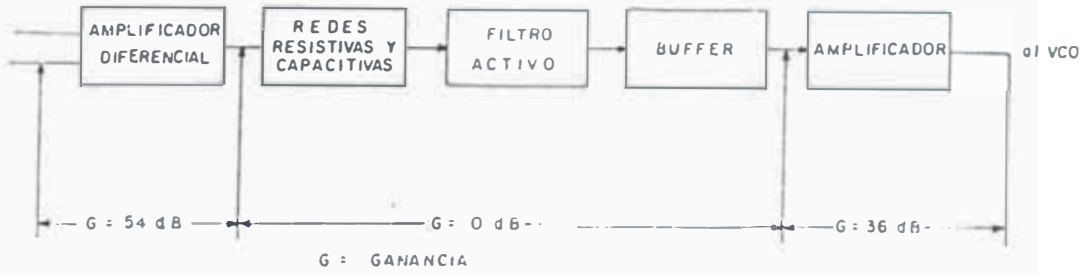

Fig. 2.6 Diagrama de Bloques del Módulo AOM - 1

El VCO es ajustado en fábrica a una de las 8 frecuencias centrales diferentes: 680,1020, 1360, 1700, 2040, 2380,2720 ó 3060 Hz. La frecuencia de 2720 Hz es usada dos veces, de manera que 2 AOM's no deben estar incluidos en una misma estación.

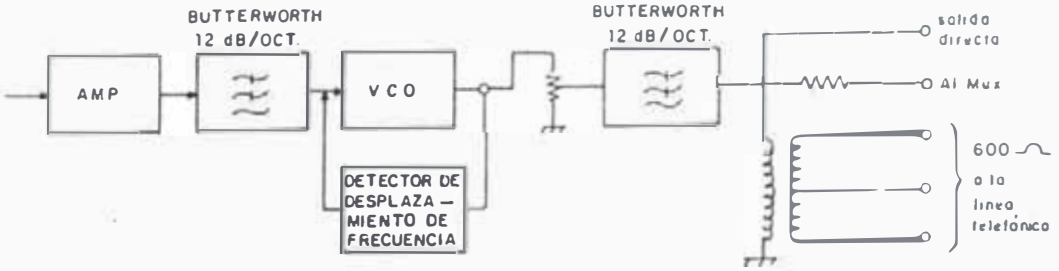

Fig. 2.7 Diagrama de Bloques del VCO

La salida del VCO es alimentada a través de una resistencia de 50 Kohm para que sea multiplexada con las señales de otros VCO's y también alimenta un transformador para la transmisión de señales vía cable telefóni-

co.

Los módulos de Amplificador/filtro/VCO, de calibración y de multiplexaje con la respectiva fuente regulada - de voltaje en el modelo TH-3 tiene un receptor interno de señales horarias WWVB (modelo CS-60B), que nos - brinda una referencia de tiempo (día, hora, minutos y segundos), a fin de conocer el instante preciso de - llegada de la onda sísmica. La señal horaria WWVB - tiene una precisión en la frecuencia de 0.1×10^{-10} Hz. (MANUEL OF SEISMOLOGICAL, 1979) y es transmitida en frecuencia de 5, 10 y 15 Mhz y vía satélite en - frecuencias de 4, 6 y 8 Mhz (satélite GOES, ubicado a 75° longitud Oeste).

c) Módulo de calibración - (Modelo CM-1)

Brinda un pulso de corriente continua para cada uno de los sismómetros de una estación de campo. Este pulso sirve para calibrar los sismógrafos y es producido una vez cada 24 h. Su diagrama de bloques se muestra en la fig. 2.8 y se aprecia un oscilador a cuarzo de 200 Khz, frecuencia que es dividida en 24+ 10 etapas. La salida del divisor de 10 etapas excita a un multivibrador monoestable que genera y determina la longitud del pulso de salida (es ajustable - desde 5 hasta 25 seg. y tiene una amplitud de 0 a 70 miliamperios con una carga de 100 ohms- de la bobina de calibración del sismóme-

tro). Este pulso es alimentado a los transistores de salida a través de un buffer y suministran la corriente de alimentación para las bobinas de calibración. (Ver especificaciones técnicas en Anexo A-4).

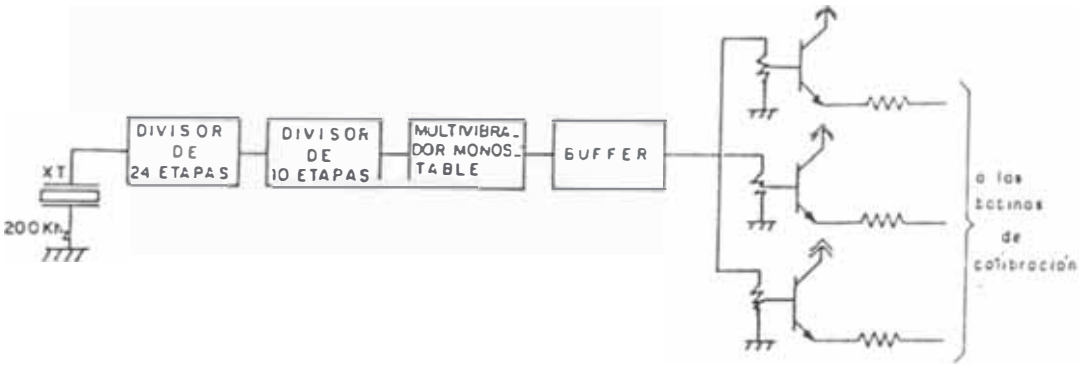

Fig. 2.8 Diagrama de Bloques del Módulo de Calibración (CM-1)

d) Multiplexor

Las señales provenientes de los VCO ingresan al multiplexor, en donde se realiza la translación en frecuencia de las señales a diferentes posiciones del espectro. Esto es conocido como técnica de multiplexaje en el dominio de la frecuencia (FDM). Posteriormente, la señal compuesta de banda base ingresa al transmisor telemétrico (Ver fig. 2.9)

A la salida del sumador se tiene una señal de banda base cuya distribución en frecuencia será como se muestra en la fig. 2.10 para frecuencia de VCO de 680, 1360 y 2720 Hz.

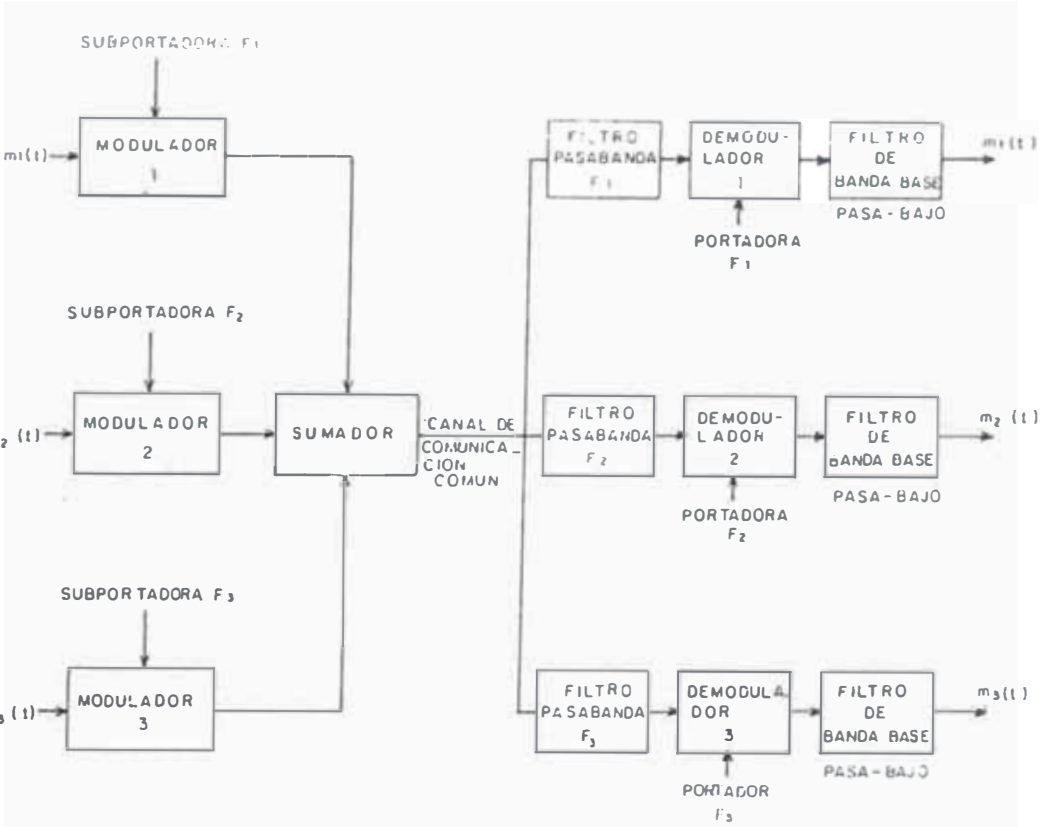

Fig. 2.9 Multiplexaje de Señales sobre un Canal Simple de Comunicación (TAUB - SCHILLING. 1971)

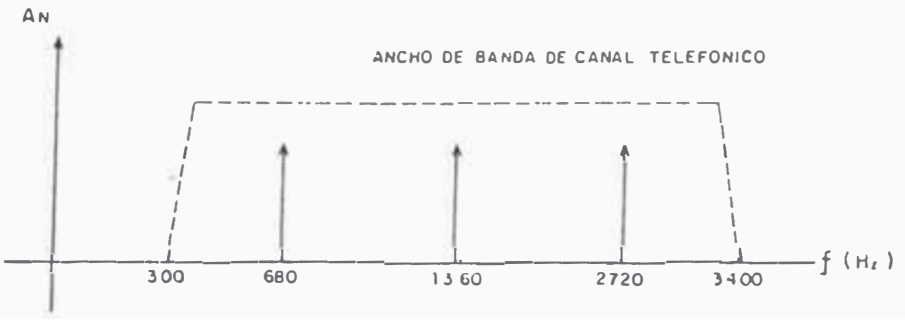

Fig. 2.10 Señal de Banda Base a la Salida del Sumador de la fig. 2.9

Las otras estaciones sísmicas de campo van distribuyendo otras subportadoras, de manera que, en un arreglo lineal se tiene una señal de banda base con todas las se-

ñales sísmicas (9 en total)

e) Transmisor (Marca Monitron, Modelo TR150).

De estado sólido, brinda señales en la banda de 150-175 Mhz (VHF), con potencia de salida de 0.5 w, de bajo consumo y de excelente pureza espectral. La distorción de la señal modulante es muy baja, junto con una respuesta en frecuencia esencialmente plana sobre el ancho de banda de la modulación (300 Hz a 3 Khz).

La técnica de modulación que emplean es la modulación en frecuencia (FM). Su diagrama de bloques se representa en la fig. 2.11.

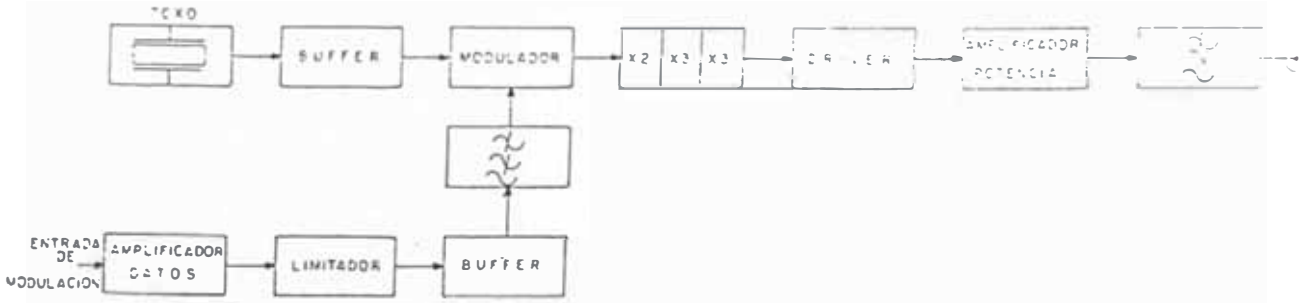

Fig. 2.11 Diagrama de Bloques del Transmisor Telemétrico

Se describe a continuación brevemente los principales componentes del transmisor:

- Oscilador a cristal compensado en temperatura (TCXO), con una estabilidad de frecuencia del orden de $^{+}$ 0.0005 %. El valor de la frecuencia está dado por:

$$Fcrist = \frac{Fsalida}{18} \quad (Mhz) \ldots\ldots (2.1)$$

- Buffer (etapa en seguidor emisivo)

  Asegura que el TCXO esté aislado de los efectos de las etapas subsiguientes.

- Modulador (de fase)

  Combinado con una red de énfasis produce una señal de FM sobre el ancho de banda de la modulación. El modulador de fase (en cascada), usa diodos VARICAP - para mantener la distorción de fase inferior al 5 %.

- Multiplicador de frecuencia

  Consta de 3 etapas, las que, cada una de ellas multiplican sus respectivas señales de entrada (las 3 estaciones multiplican la frecuencia x2, x3 y x3 respectivamente). La señal en su salida tiene la frecuencia deseada.

- Driver y amplificador de potencia.

  Amplifican la señal que llega de la etapa multiplicadora al nivel adecuado. Los armónicos son atenuados con un filtro pasa bajo.

- Limitador de modulación.

  Recorta las señales de modulación que exceden un nivel pre-determinado.

Se adjuntan las especificaciones técnicas del transmisor en el anexo A-5.

f) <u>Receptor</u> (Marca Monitrón, modelo R15F, R16F ó R17F)

De banda angosta, capta señales cuya frecuencia va desde 150 a 175 Mhz (banda VHF). Tiene una excelente sen

sitividad (0.5 μV) y selectividad, la señal de audio - recuperada sufre muy baja distorsión y su respuesta en frecuencia es esencialmente plana sobre el ancho de banda de la modulación. Sus especificaciones se adjuntan - el anexo A-6 y su diagrama de bloques se presenta en la fig. 2.12.

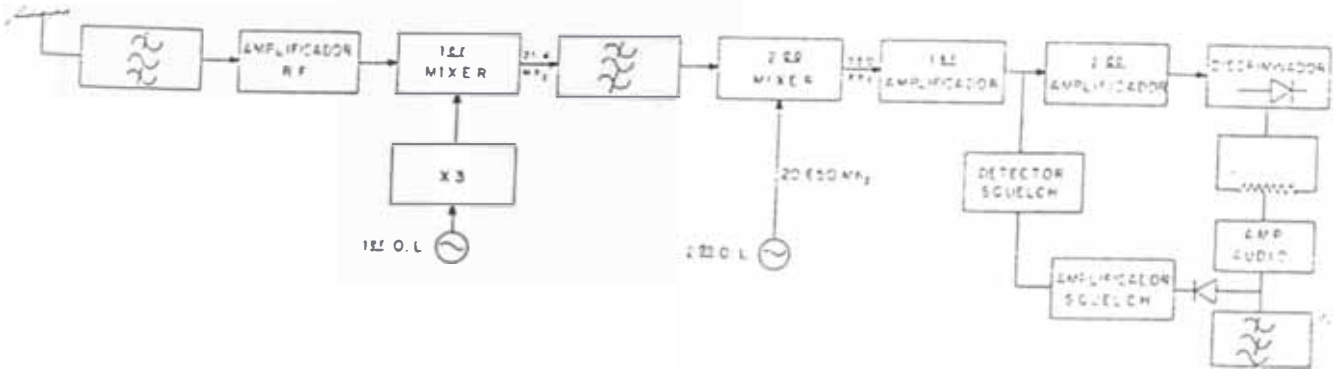

Fig. 2.12 Diagrama de Bloques del Receptor

De acuerdo a la fig. 2.12, el receptor está formado por:

Filtro de entrada de RF.

Filtro pasa banda que adapta el receptor a una entrada de RF de 50 ohm, además, rechaza la frecuencia imagen y adapta la entrada de RF al amplificador de RF.

- Amplificador de RF.

  Compensa las pérdidas del filtro que lo precede.

- Primer oscilador local (1er. O.L.).

  Oscilador Colpitts que emplea cristal y capacitores compensados en temperatura para mantener una alta estabilidad en frecuencia. La frecuencia del cristal - está dado en la expresión (2.2).

$$Fcrist = \frac{Frecib - 21.4}{3} \text{ (Mhz)} \ldots\ldots\ldots (2.2)$$

- Primer triplicador de frecuencia del oscilador local.
  Triplica la frecuencia del 1er. O.L. y la inyecta al mezclador. De la relación (2.2), apreciamos que esta frecuencia de inyección está 21.4 Mhz debajo de la -- frecuencia recibida.
- Primer Mezclador.
  Combina la señal RF de entrada y la señal del 1er. O. L. para producir una señal de FI de 21.4 Mhz.
- Filtro de Selectividad de 21.4 Mhz.
  Emplea un filtro pasa banda (de 8 polos) a cristal. A segura un rendimiento óptimo del receptor en áreas congestionadas de la banda VHF y además determina su selectividad.
- Segundo oscilador local (2do. O.L.).
  Es un oscilador Colpitts con frecuencia de 20.650 Mhz. Su estabilidad no es muy crítica como la del 1er O.L.
- Segundo Mezclador.
  Acepta la señal de 21.4 Mhz del FI y la señal del 2do. O.L. para producir la 2da. señal de FI de 750 Khz. Su circuito de entrada se adapta a la salida - del filtro de selectividad y el circuito de salida re mueve los productos indeseados, mientras que adapta - los 750 Khz al primer amplificador de 750 Khz.
  Primer y segundo amplificador de 750 Khz.
  Conectados en cascada para brindar más de 100 db de ganancia a la 2da. señal de FI.

Adiciona selectividad.

- Discriminador y Amplificador de Audio.

  El discriminador convierte la frecuencia a voltaje, por lo que "detecta" la 2da. FI de frecuencia modulada. El audio recuperado es entonces aplicado a un amplificador de audio para obtener el nivel deseado de salida.

- Filtro de Audio.

  Filtro activo Butterworth de 3 polos, atenúa las señales de audio que están sobre los 3 Khz. Esto resulta en una elevación de la relación señal a ruido (S/N) a la salida del receptor.

- Squelch.

  Es sensitivo al nivel de RF. Una muestra de la 2da señal de FI es tomada después del 1er.amplificador de 750 Khz el cual es ilimitado para señales débiles de entrada

  Sus especificaciones pueden verse en el anexo A-6.

g) Antena

Son antenas Yagi de 5 elementos, con ganancia de 9 db - sobre el dipolo. Usadas tanto para transmisión como para recepción.

En el anexo A-7 se presentan mayor cantidad de especificaciones de la antena.

Las estaciones sísmicas de campo pueden configurarse en un arreglo lineal (fig. 2.13) para la transmisión de señales hacia una estación central de grabación. Con es-

te arreglo lineal se requiere sólo un circuito de recep ción y una antena. Las señales recibidas son combinadas en una caja de distribución y alimentadas a los discriminadores (9 en total) los que demodulan cada uno de los canales de FM para recuperar los datos.

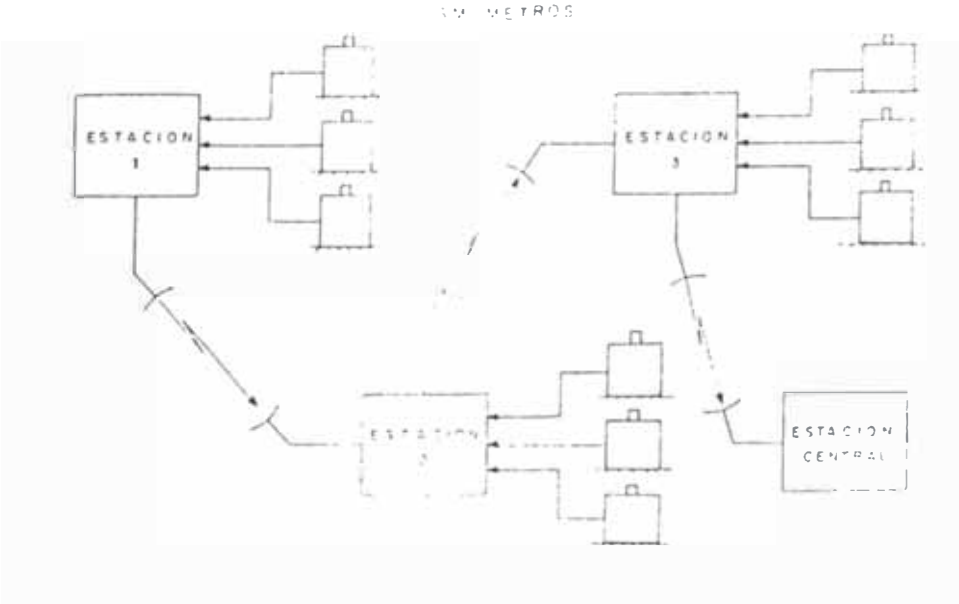

Fig. 2.13 Estaciones distribuidas en Arreglo Lineal

A continuación se describe la estación central de grabación.

H) Estación Central de Grabación.

Consta de:

- Antena
- Receptor

Cuya descripción fue hecha en los acápites (g) y (f).

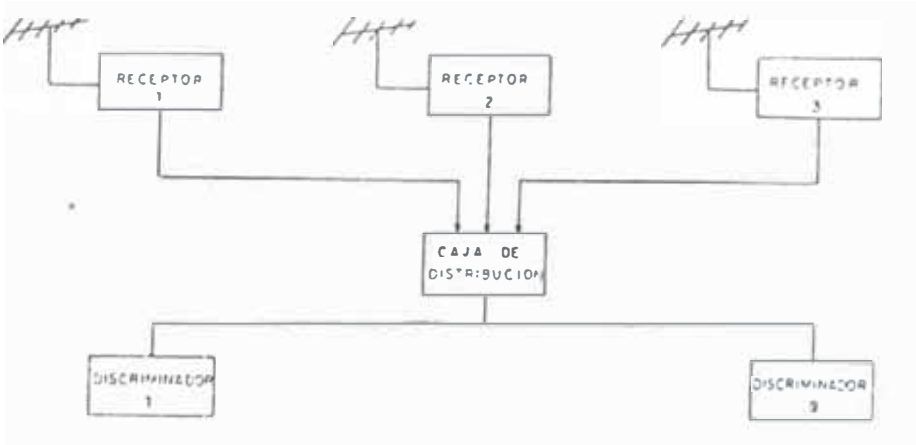

Fig. 2.14 Estación Central de Grabación

Discriminadores (Modelo DM-1 Kinemetrics)

Son 9 en total, cada uno de los cuales, corresponde a un canal de datos. Están disponibles en sólo uno de los 8 canales normalizados de ancho de banda constante, con frecuencias centradas en: 680, 1020, 1360, 1700, - 2040, 2380, 2720 y 3060 Hz.

El circuito de entrada tiene un filtro pasa banda de 3 secciones y brinda al menos 20 dB de atenuación para las señales del canal adyacente, esto permite la transmisión multicanal de datos con mínima interferencia entre los canales (KINEMETRICS, 1983). Este filtro es para la frecuencia particular del canal. Luego la señal es amplificada (60 db) y conformada en onda cuadrada, la que habilita al discriminador demodulando las variaciones de frecuencia de portadora. La corriente generada por las variaciones, es luego filtrada y am-

plificada para dar un voltaje que representa la señal de información desde la frecuencia de portadora modulada.

El discriminador es un multivibrador monostable, habilitado en el flanco negativo de la señal que viene del circuito cuadrador. Habilita a un filtro Butterworth de 3 polos, con 3 dB a una frecuencia de corte a 25Hz. LED's muestran la presencia de portadora y si está en la banda superior o inferior.

A continuación, la señal de salida de cada discriminador es amplificada y filtrada, para después ser nuevamente introducida a un amplificador conjuntamente con la señal horaria, se le dé el nivel adecuado y finalmente pase a través de un galvanómetro, que registrará el movimiento sísmico en un papel especial.

En A-8 mostramos sus especificaciones y en la fig.2.15 su diagrama de bloque.

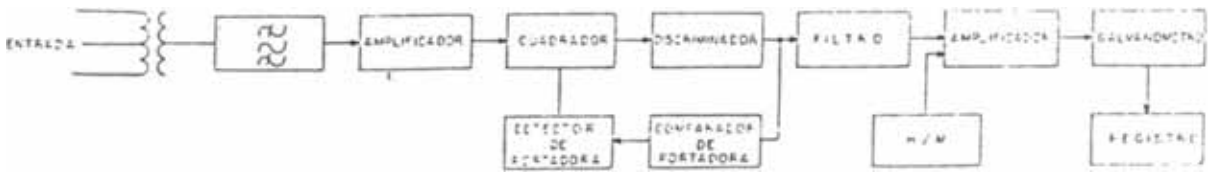

Fig. 2.15 Diagrama de Bloques del Discriminador (DM - 1)

2.2.2 Estaciones Sísmicas Portátiles

El IGP cuenta con estaciones portátiles Sprengnether (mod. MEQ-800), Kinemetrics (mod. PDR-1) y otros, y son sistemas de registro sísmico con un rango de sensibilidad muy amplio (60 a 120 dB de ganancia variable discretamente cada 6 dB).

Normalmente operan en lugares "tranquilos" p. ej. - 94 dB de amplificación (amplitud en el registro/amplitud del movimiento de suelo) se obtiene un fondo de ruido de 1 mm. pico a pico en el registro analógico y banda pasante de 5-12.5 Hz siendo posible registrar señales a nivel de microsismos. Sin embargo, si son operadas en baja amplificación pueden registrarse sismos moderadamente fuertes, esto es posible si se usa atenuador externo opcional.

En la fig. 2.16 observamos que el sistema incluye:

.- Sismómetro
.- Sistema digital de precisión de tiempo (puede incluir radio receptor horario WWV u otro)
.- Panel de control
.- Amplificador - filtro
.- Registrador
.- Baterías

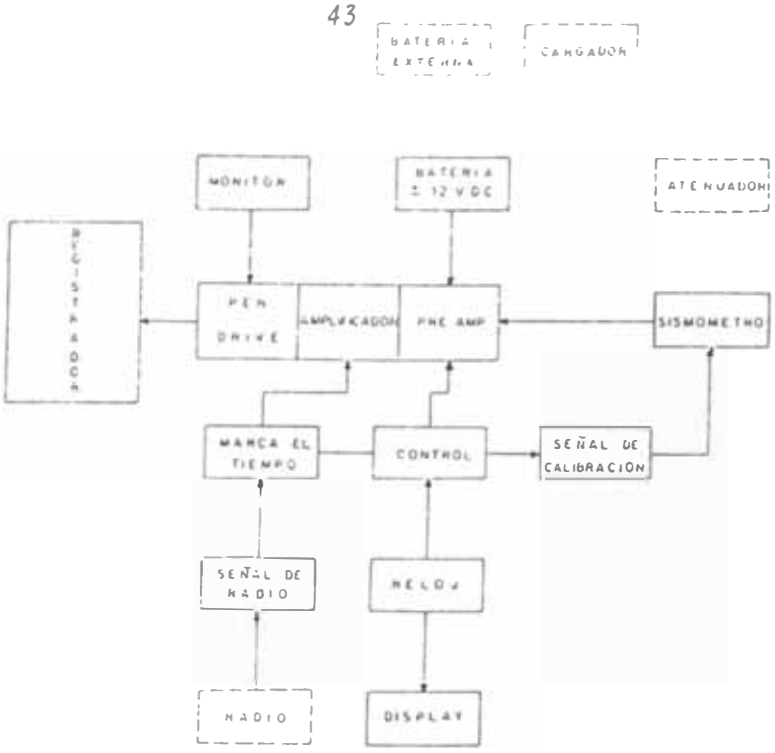

Fig. 2.16 Diagrama de Bloques de Estación Portátil Sprengnether (1982)

El sistema de tiempo de estado sólido es obtenido a - partir de un cristal de cuarzo de alta precisión (cronómetro mod. TS-300), su estabilidad es de $\pm$ 5x10^{-9}/ día, es decir que para temperaturas en el rango operativo de trabajo (0° a 50°C) equivale a $\pm$ 0.432 msg/día.

El panel de control aloja la red de acondicionamiento de la señal que conecta el sismómetro y registrador a través de las unidades de atenuación y amplificación.

La etapa del amplificador y filtro es muy parecido en su principio de funcionamiento al módulo AOM-1 de la estación telemétrica y el amplificador tiene una ganancia de voltaje máxima de 60 dB y mínima de 30 dB. Los filtros -- son de tipo Butterworth pasa-bajo a frecuencias seleccionables de 5, 10 y 30 Hz y pasa-alto a frecuencias seleccionables de 0.25, 5 y 10 Hz.

El registrador Sprengnether (mod. R-6040), de tipo tambor, está diseñado para ser incorporado a un sismógrafo de banda ancha para el monitoreo de microsismos y de réplicas de sismos fuertes. También es usado para fines de ingeniería (p. ej. estudio de represas, explosiones, etc.).

El registrador está instalado junto con el excitador del tambor y con el galvanómetro (pen-motor). Así mismo, para controlar la rotación del tambor y la translación de la pluma galvanométrica, se utilizan motores síncronos (tipo inductivo) de corriente alterna (AC).

El motor de AC es excitado a través de un amplificador de potencia que acepta y amplifica la señal de 60 Hz del reloj por lo que se tiene una frecuencia con estabilidad igual a la del reloj.

Durante 24 horas continuas y dependiendo de la velocidad de rotación del tambor, pueden registrarse en un sólo sismograma las señales sísmicas en papel fotográfico, ahumado o a tinta. La pluma galvanométrica se traslada de izquierda a derecha y la composición de estos dos movimientos simultáneos, hace posible que, el registro de la señal sísmica sobre el papel sea una línea sin fin, teniendo ésta determinada inclinación o pendiente con respecto a la horizontal (ver p. ej. sismograma de la fig. 1.5)

En el anexo A-9 se indican las características de este tipo de estación sísmica.

2.3 Estaciones Acelerográficas

Se utilizan, entre otros, equipos marca Kinemetrics modelos DSA-1 ó SMA-1 y son llamados acelerógrafos de movimiento fuerte triaxial. Esta clase de estaciones se activa solamente con la presencia de sismos fuertes (4 a 5 grados de magnitud) y su salida es proporcional a la aceleración. El DSA-1 convierte la salida análoga de tres fuerzas balanceadas de un acelerómetro en valores digitales proporcionales y graba el dato digital sobre un cassette digital de cuatro pistas. Normalmente el equipo está en condición de espera (standby) hasta que un movimiento de tierra habilita un disparador (trigger) sísmico sensitivo, para así hacer actuar el grabador de cinta y grabar electrónicamente. El SMA-1 es un acelerógrafo analógico que graba las señales sísmicas fuertes en papel fotográfico de 70 mm. de ancho

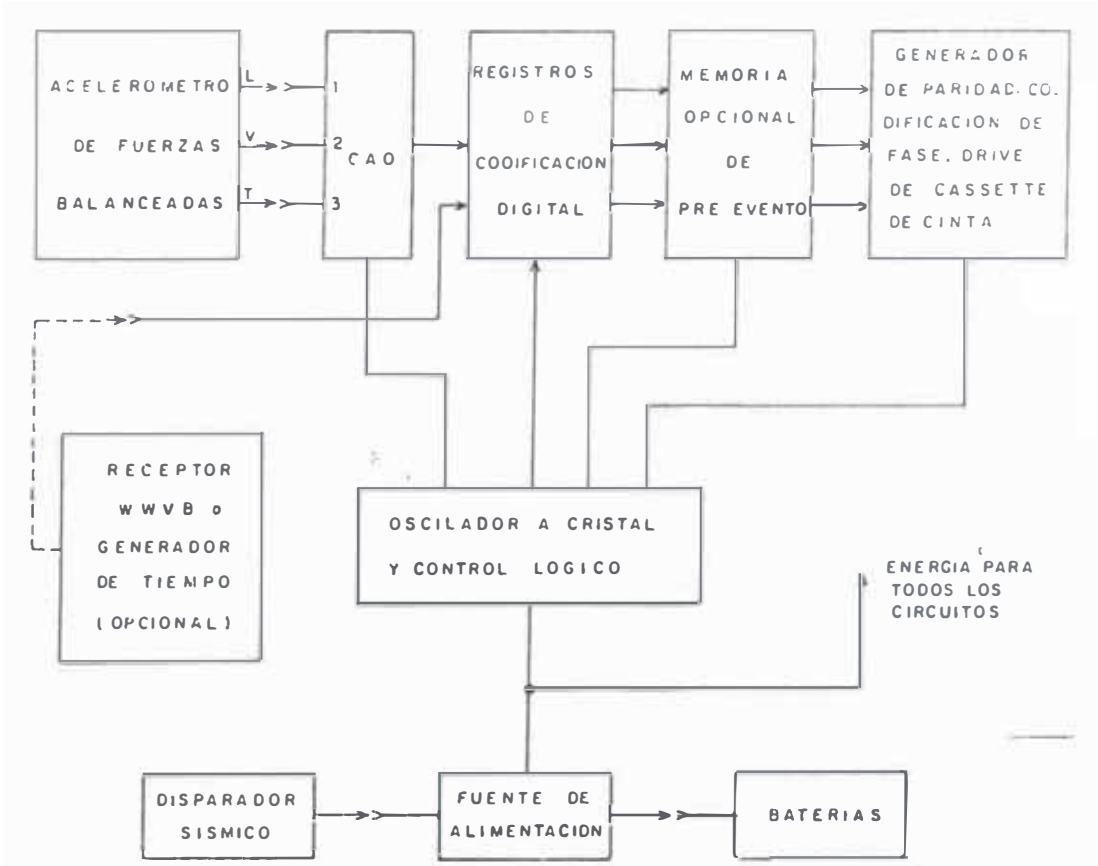

Fig. 2.17.-Diagrama de bloques de acelerógrafo de grabación digital

En la fig. 2.17 apreciamos que las señales análogas del acelerómetro, están conectadas al módulo de conversión análogo-digital. En realidad estas señales son llevadas en primer lugar a través de un filtro activo, luego son multiplexadas dentro de un amplificador sample and hold y la salida es luego conectada a un convertidor análogo-digital (CAD) de 12 bits.

Las salidas paralelas del CAD son almacenadas en unos cerrojos (latches) correspondiendo a los acelerómetros horizontales y vertical. Cuando el acelerómetro transversal es muestreado, todas las muestras (3 en total) son cargadas en un registro de desplazamiento (shift-register) paralelo-serie. Cada medición (SCAN) completa, así como la conversión de los acelerómetros LVT, es realizado 200 veces por segundo. Los 3 canales de datos digitales son desplazados serialmente hacia un circuito de codificación de fase. En algunos casos, el equipo incluye una memoria de pre-evento (solo de manera opcional) por lo que los datos en serie son desplazados hacia este circuito y después al codificador de fase. En paralelo con la entrada del codificador de fase hay un generador de paridad cuya salida es también codificada en fase.

Los datos codificados en fase son almacenados en circuitos latch. Estos cerrojos (4 en total; 3 de datos más el de paridad impar) son conectados a los circuitos drivers cabezales de cinta. La velocidad de la cinta es 2 1/2 pulgadas por segundo y la densidad de bit es 1280 bpi (KINEMETRICS, 1985).

Se dan las especificaciones técnicas de este modelo de acelerógrafo en el anexo A-10.

Capitulo III

SISTEMAS DE COMUNICACION A NIVEL NACIONAL

3.1 Generalidades

Las telecomunicaciones son la base del desarrollo y bienestar de los paises, esto se comprueba por la alta densidad telefónica (número de teléfonos por cada 100 habitantes) de los paises industrializados como Estados Unidos de Norte América con densidad telefónica (d.t.) igual a 71, el Japón(con d.t.=53) y que - contrasta con la correspondiente a los paises en desarrollo como Venezuela (con d.t.=6.4), Bolivia (con d.t.=2.5), Perú (d.t.=2.2) entre otros (VELASQUEZ A. a, 1986).

El desarrollo y explotación de los servicios de telecomunicaciones en el país se encuentran a cargo de Entel-Perú, empresa asociada designada por el estado para la explotación de sus servicios públicos tanto nacionales como internacionales de comunicaciones, que tiene como misión general ampliar los servicios de comunicaciones a nivel nacional, atendiendo-además- zonas rurales y fronterizas del Perú.

Los sistemas de comunicación conocidos, tienen atribuidos bandas de frecuencia indicados en el Cuadro 3.1 de acuerdo a la clasificación realizada por la IEEE y UIT (Unión Internacional - de Telecomunicaciones). Asimismo, se muestra en el cuadro 3.2 - la designación por letras de las respectivas bandas (ver p.e MAR

TIN J. 1978).

En el diseño de radioenlaces y considerando las caracteristicas de propagación de las ondas electromagnéticas (O.E.M.) en VHF y UHF, se considera a éstas como un solo sistema de comunicación VHF/UHF.

En la banda SHF, se conocen dos sistemas de comunicación: el sistema de microondas (enlace terrestre) y el sistema vía satélite (enlace espacial)

Cuadro 3.1.- Designación de bandas de radio frecuencia

NOMBRE DE LA BANDA	RANGO DE FRECUENCIA	SUBDIVISION METRICA (U.I.T.)	BANDA N° (U.I.T.)
VLF	3 - 30 Khz	miriamétricas	4
LF	30 - 300 Khz	kilométricas	5
MF	300 - 3000 Khz	hectométricas	6
HF	3 - 30 Mhz	decamétricas	7
VHF	30 - 300 Mhz	métricas	8
UHF	300 - 3000 Mhz	decimétricas	9
SHF	3 Ghz - 30 Ghz	centimétricas	10
EHF	30 - 300 Ghz	milimétricas	11
	300 - 3000 Ghz	decimilimétricas	12

Cuadro 3.2. Designación por letras de las bandas de frecuencia

BANDA	RANGO DE FRECUENCIA Ghz.
P	0.225 - 0.39
J	0.35 - 0.53
L	0.39 - 1.55
S	1.55 - 5.2
C	3.9 - 6.2
X	5.2 - 10.9
K	10.9 - 36.0
Ku	15.35 - 17.25
Q	36 - 46
V	46 - 56
W	56 - 100

Para el caso de las Radiocomunicaciones punto a punto por - onda de espacio, es importante tener en cuenta el concepto de Fresnel en la interferencia de onda: un frente de onda que viaja desde una fuente transmisora, consiste de un número infinito de fuentes secundarias, por lo tanto, aún en el caso más simple de transmisión de energía desde un transmisor T al receptor R, en el espacio libre, hay un número infinito de trayecto-- rias a considerar y estas se originan en una fuente secundaria en el frente de onda que viaja.

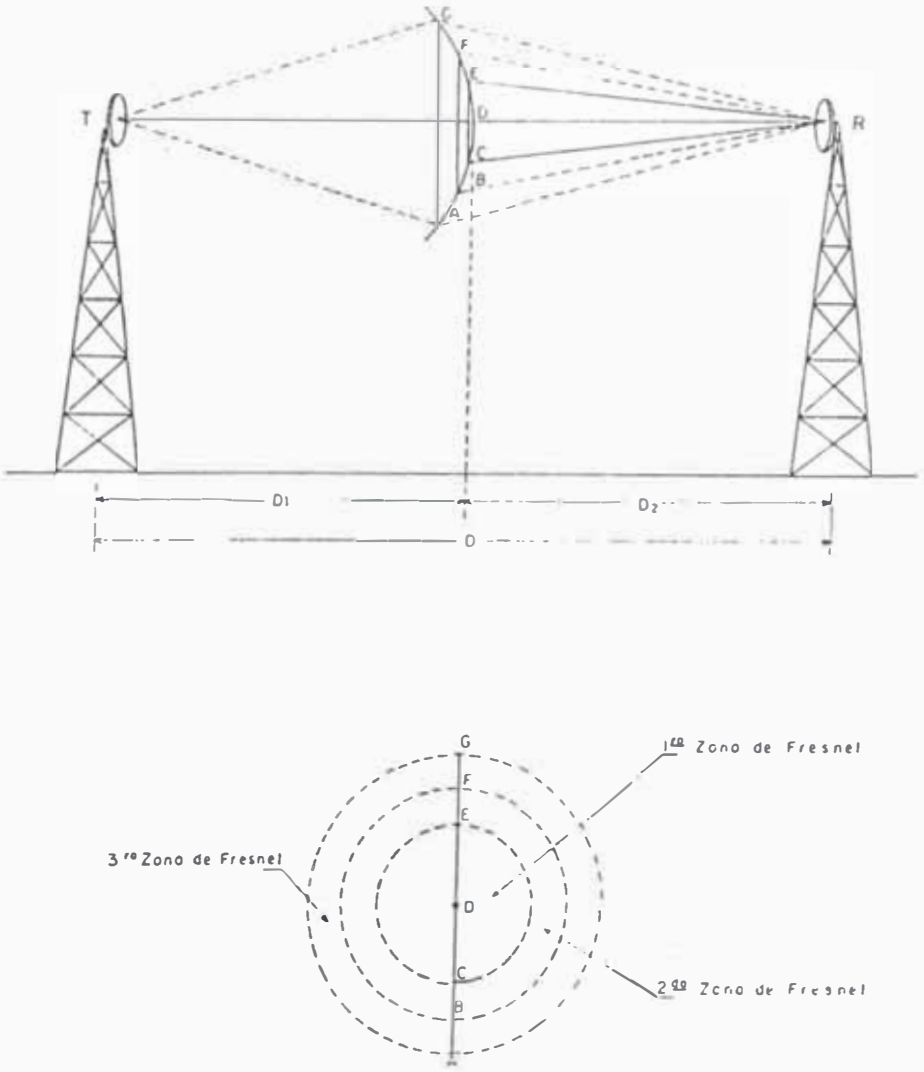

Fig. 3.1 Zonas de FRESNEL

El radio de los círculos cuyos diámetros son AG, BF y CE se escogen de manera que la longitud total de la trayectoria desde T a R en dirección de cada círculo es m. λ/2 mayor que la trayectoria más corta TDR, donde m es un número entero, es decir:

$$TER = TDR + \lambda/2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3.1)$$

$$TFR = TDR + \lambda \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3.2)$$

$$TGR = TDR + 3\lambda/2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3.3)$$

Las regiones circulares formadas por los radios se denominan "Zonas de Fresnel", las cuales no son iguales y decrecen en energía en proporción a la distancia de la 1ra. zona de Fresnel.

Para hallar el radio de la 1ra. zona, se emplea la relación siguiente:

$$R_1 = \left(\frac{\lambda D_1 \cdot D_2}{D} \right)^{\frac{1}{2}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3.4)$$

Donde λ es la longitud de onda

El campo entregado por cada zona en el punto R es la suma vectorial de todos y la región descrita como la 1ra. zona contribuye con aproximadamente 1/4 del total de la energía recibida y, en consecuencia, sería deseable que en toda trayectoria esta zona se encuentre libre de interferencias para obtener en el punto receptor una señal de intensidad máxima. Asimismo, para asegurar el trabajo en la 1ra. zona se debe tener antenas direccionales de un haz reducido.

Para la explotación de los servicios públicos de telecomunicaciones Entel-Perú ha diseñado la Red Nacional de Telecomunicaciones en el Perú. La red está conformada por: la red troncal de microondas, las redes secundarias de radioenlaces VHF/UHF y líneas físicas y la red doméstica de telecomunicaciones por satélite(DOMSAT).

3.2 Red de Radioenlaces VHF/UHF

Un sistema de radioenlaces VHF/UHF es usado para transmisión de baja capacidad y también como enlace de derivación de un enlace SHF (microondas). En la actualidad las Redes Secundarias

de radioenlaces VHF/UHF se vienen instalando como complemento de la Red Troncal de Microondas y forman parte del "Plan de Comunicaciones Rurales - I Etapa" de ENTEL; éste incluye la ampliación de los servicios de telecomunicaciones a 197 poblados. Para el mes de diciembre de 1987, se alcanzó a servir 125 localidades ubicadas principalmente en los departamentos de la costa y sierra (ENTEL PERU, 1987). En la fig. 3.2 se muestra la Red de radioenlaces VHF/UHF como complemento de la Red Troncal de microondas.

3.3 Red Troncal de Microondas (RTMO)

Mediante ésta red Entel Perú brinda servicio actualmente a 30 ciudades, la mayoría ubicadas a lo largo de la costa y en la zona de la sierra sur. Actualmente se cuenta con un total de 89 repetidoras. En la fig. 3.2 se presenta la red en operación así como la red en proyecto.

Nuestro interés se centraliza en las estaciones terminales (de 300 a 960 canales) y no en las repetidoras puesto que éstas no presentan la posibilidad de accesar señales en frecuencia de audio; por ésta razón en la fig. 3.2 no se indican las estaciones repetidoras.

Así mismo se indican las principales ciudades que cuentan con Redes Secundarias de radioenlaces VHF/UHF.

Lo indicado en la fig. 3.2 como "Microondas ZAS" está referido al enlace de microondas en la Zona Afectada por el Sismo que afectó el Callejón de Huaylas en 1970. Lo denominado como "Micro ondas G.E.C." se refiere a la nueva disposición de equipos de microondas a válvulas fabricados por la General Electric, que opera

desde tres o más décadas y que por consiguiente han sido modificados parcialmente mediante dispositivos de estado sólido.

Fig. 3.2 Red Troncal de Microondas y VHF/UHF
Fuente: Gerencia de Transmisiones Entel - Perú

Entel Perú tiene como proyecto de ampliación de la Red Troncal, la instalación de la llamada Red de microondas Norte Nor-Oriente y que brindará servicio a las ciudades de Iquitos, Nauta,-Requena, Yurimaguas, Tarapoto, Juanjuí, Moyobamba, Rioja,Mendoza, Chachapoyas, Bagua Grande, Jaén, Celendín, Cajamarca; uniéndose a la Red Troncal en la ciudad de Trujillo.

En el año 1987 se amplió la capacidad de la RTMO con la puesta en servicio del sistema (2+1) mediante la instalación de 996 circuitos (zona sur 672, en Lima 252 y en el oriente 72). En los siguientes años (1987-1990) se ampliará en un canal de -radio adicional a la red actual (1+1) en los tramos: Lima-Chi--clayo, Lima-Ica y Lima-Huancayo con un total de 2760 nuevos -circuitos telefónicos a nivel nacional. También se ampliará la cobertura del servicio de telecomunicaciones a la zona del Nor-Oriente del país con una red de microondas digital en los tramos Chiclayo-Junín, Tarapoto-Moyobamba y Tarapoto-Yurimaguas con una capacidad de 480 canales telefónicos. Dentro del plan de desarrollo 1991-1995 se ampliará la cobertura del servicio de larga -distancia completando la infraestructura de transmisión digital en el Nor-Oriente para los tramos de Cerro de Pasco-Pucallpa-Tarapoto-Iquitos (ENTEL PERU, 1987).

3.4 Red Satelital Doméstica (DOMSAT)

Entel Perú ha priorizado el uso de la tecnología satelital complementada con radioenlaces terrestres para lo cual ha programado atender con servicios de telefonía, télex, datos y televi- -sión a 220 localidades rurales y poblaciones fronterizas durante los años 1986-1990 (VELASQUEZ A. a,1986).

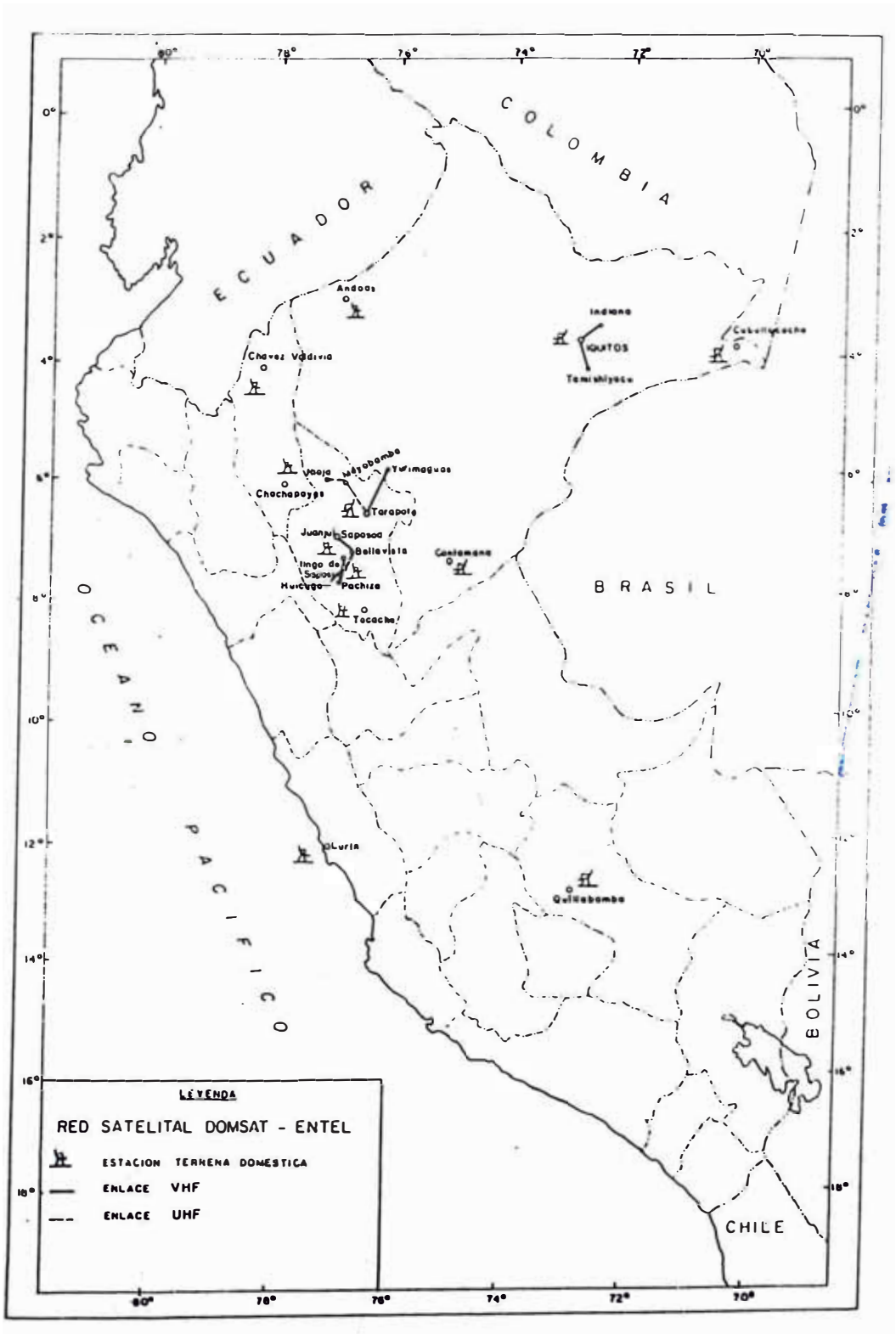

Fig. 3.3 Red DOMSAT

Fuente: Dirección de Asuntos Internacionales Entel - Perú

A partir de 1979, Entel Perú empezó a instalar 12 estaciones terrenas para servicio nacional que han sido referidas en el cuadro 3.3, donde se indican sus principales características, las ciudades donde actualmente se encuentran instaladas, la capacidad de tráfico, así como el fabricante de las mismas. En la figura 3.3 se presenta la red DOMSAT conjuntamente con las 10 localidades secundarias de las áreas rurales que son servidas por dicha red mediante radienlaces VHF/UHF.

A los 206 canales portadores monocanal SCPC hay que añadir 5 canales piloto y comandos para totalizar 211 canales SCPC.

Además, las estaciones de Lima e Iquitos operan 69 canales con portadoras CFDM/FM (Multiplexadas en frecuencia compandida/modulación en frecuencia) cada una. Igualmente, en octubre de 1986 entró en operación otra portadora CFDM/FM en Tarapoto.

Las estaciones de Lurín-2 Doméstica, Tarapoto, Iquitos, conjuntamente con las estaciones de Juanjuí, Tocache y Saposoa forman la Red Experimental del Proyecto Piloto "Servicios de Comunicaciones Rurales"(SCR) que Entel Perú, en convenio con la AID (1983), implementó para brindar servicios de telefonía, telex, telegrafía y audioteleconferencia (ATC). Cuatro localidades de menor población: Bellavista, Tingo de Saposoa, Huicungo y Pachiza, se interconectan a la red a través de radioenlaces VHF que convergen a las estaciones de Saposoa y Juanjuí (VELASQUEZ A.b.1986). Se ha demostrado entre otras cosas que, la configuración estrella de radioenlaces VHF convergentes en una estación terrena es la más apropiada para servir a las poblaciones apartadas en las áreas rurales. (Ver fig. 3.4)

Cuadro 3.3 RED DE ESTACIONES TERRENAS DOMSAT

AÑO DE INSTALACION	DENOMINACION	UBICACION DE LAS ESTACIONES			N° DE CANALES SCPC	DIAMETRO DE ANTENA	SENSIBILIDAD DE RECEPCION(G/T)	FABRICANTE
		CIUDAD	LONGITUD OESTE	LATITUD SUR				
1979	DOMSAT I	Lima (Lurín 2)	76°52'00"	12°17'00"	87	13 mts	33.4 dB/°K	NEC
		Iquitos	73°14'00"	3°43'00"	32			
		Tarapoto	76°23'00"	6°31'00"	41			
		Quillabamba	72°40'00"	12°51'00"	10			
1981	DOMSAT II	Caballococha	70°30'00"	3°54'30"	2	12 mts	32.5 dB/°K	PHILIPS
		Contamana	75°00'00"	7°34'00"	5			
		Chachapoyas	77°37'00"	6°23'00"	6			
		Andoas *	76°27'30"	2°48'30"	4			
1983	DOMSAT III	Chavez Valdivia	78°06'00"	4°21'00"	2	8 mts	29.2 dB/°K	COMSAT
		Juanjui	76°44'00"	7°08'00"	7	6.1mts	25 dB/°K	HARRIS
		Tocache	76°31'00"	8°11'00"	7			
		Saposoa	76°46'00"	6°56'00"	3			
	T O T A L	12 E.T.		NUMERO TOTAL DE CANALES SCPC	206 CANALES			

- Fuente: Dirección de Asuntos Internacionales - ENTEL PERU S. A.

* Estación perteneciente a la Occidental Petroleum Company

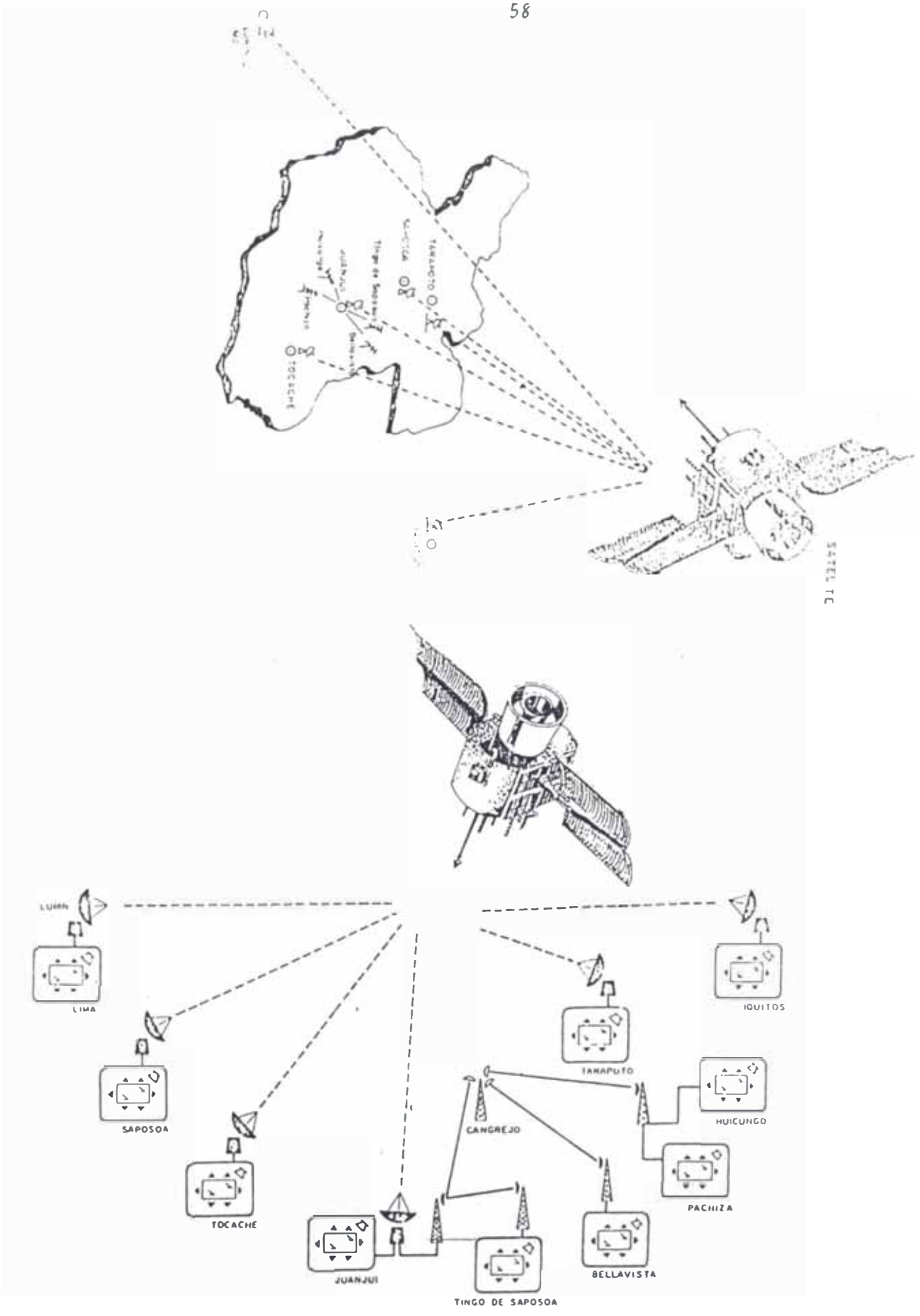

Fig. 3.4 Red de Comunicaciones Rurales en el Departamento de San Martín

Para el servicio doméstico peruano se emplea la capacidad espacial del satélite INTELSAT V-A (F-13)ubicado a 53° Oeste sobre la región del Atlántico. En 1987, Entel Perú alquiló tres transportadores de 36 Mhz lo cual implica que la capacidad espacial para las telecomunicaciones nacionales será mayor por lo que habrá una expansión en el número de canales que opera cada estación terrena así como la instalación de otras que están contempladas en el Proyecto del Sistema Peruano de Telecomunicaciones por Satélite (SPTS), programa de implementación que incluye la compra de la capacidad espacial necesaria, así como la ampliación progresiva de la red de estaciones terrenas a casi todas las poblaciones rurales y fronterizas del Perú

Dicho proyecto está programado dentro del Plan quinquenal 1986-1990, con una ampliación estimada para el segundo quinquenio 1991-1995.

Durante los años 1986-1990 se ha planeado el alquiler de 3 transpondedores y la ampliación progresiva del segmento terrestre hasta 100 estaciones terrenas y 120 radioenlaces VHF/UHF para extender los servicios de telefonía y TV a 220 localidades más (VELASQUEZ A.a,1986)

Entel Perú, en base a estudio de necesidades de telecomunicaciones ha llegado a identificar 68 nuevas localidades primarias que serán implementadas con una estación terrena y otras 85 localidades secundarias que se interconectarán a las primeras mediante radioenlaces VHF/UHF. Estas localidades primarias y secundarias por departamento se indican en el Cuadro 3.4.

Los servicios que brindarán las estaciones terrenas son: telefonía, télex y recepción de televisión.

Cuadro 3.4.- Localidades apropiadas para ser atendidas por el sistema peruano de telecomunicaciones por satélite. Programa 1986-1995.

DEPARTAMENTO	LOCALIDADES		POBLACION (1981) POR SERVIR	Canales Satélite (1990)
	PRIMARIAS	SECUNDARIAS		
Amazonas	2	1	8,052	5
Apurímac	3	9	51,341	14
Arequipa	2	6	28,297	10
Ayacucho	4	13	121,412	28
Cajamarca	1	5	136,198	19
Cuzco	2	5	76,069	12
Huancavelica	4	7	75,318	18
Huánuco	4	8	87,947	24
Junín	4	4	103,711	23
La Libertad	2	6	28,889	10
Lima	2	-	6,946	6
Loreto	23	8	131,819	56
Madre de Dios	2	2	42,155	11
Pasco	3	3	47,817	14
Piura	1	-	1,000	1
Puno	2	6	48,532	13
Tumbes	1	1	1,000	1
Ucayali	6	1	25,653	14
TOTALES : 18	68	85	922,156	279

Instalaciones complementarias

- Estaciones terrenas sub-maestras 4
- Localidades primarias (E.T.) 10
- Localidades secundarias (R.E.) 35

Fuente: ENTEL PERU S.A.- Oficina de Asuntos Internacionales. Doc. AIN-054-86-TC/ENTEL.

También se ha programado la instalación y operación de otras 100 TVRO que conjuntamente con las TVRO del Sistema Nacional de Comunicación Social (SINACOSO) distribuirán señales de televisión a casi todas las poblaciones rurales y fronterizas del país.

El SINACOSO tiene un proyecto para instalar 76 estaciones terrenas de recepción de televisión solamente (TVRO), de las cuales 40 son de 7 mts.(ya se han instalado 34) y 36 son de 3.6 mts. (ya se han instalado 27)(fig.3.5). La estación principal es de 11 mts. de diámetro. Existen 6 TVRO de 7 mts. que están siendo modificados para brindar servicios de telefonía, de ellos las ubicadas en Tingo María (75° 59' 52" longitud Oeste, 9° 17' 08" latitud Sur y 4 canales SCPC de capacidad) y Pucallpa (74° 31' 30" longitud Oeste, 8° 22' 24" latitud Sur y 80 canales en FDM de capacidad) están siendo operadas por Entel Perú dentro de la red DOMSAT (ver fig.3.3), por lo que el número total de canales SCPC es 215.

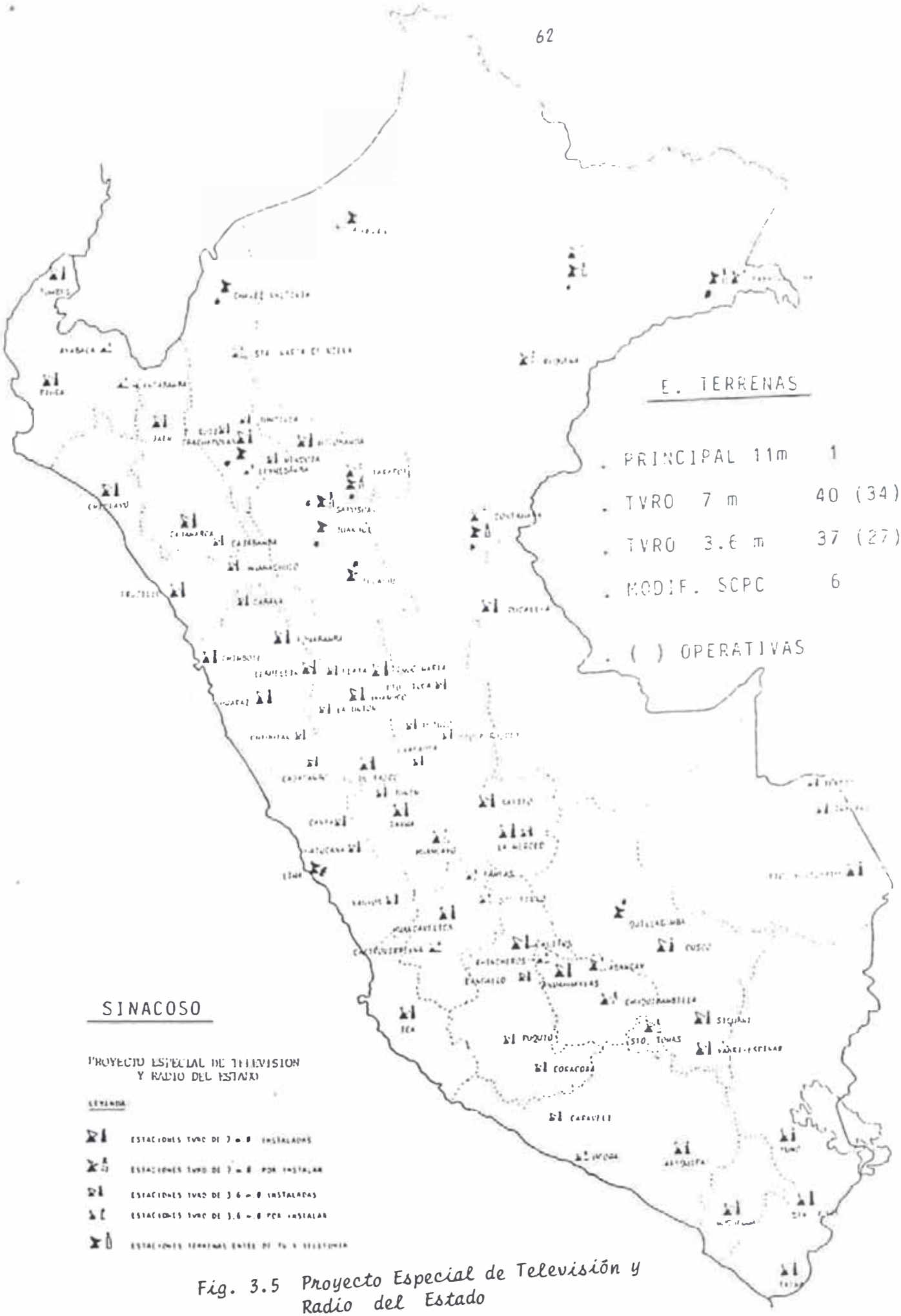

Fig. 3.5 Proyecto Especial de Televisión y Radio del Estado

Debemos indicar que las estaciones del sistema DOMSAT tienen acceso al satélite para la transmisión de sus señales, desde el punto de vista de utilización de circuitos, mediante el acceso múltiple pre-asignado (PAMA) en el cual las frecuencias de portadora son asignadas a priori y no son cambiadas.

Entel Perú para servicio internacional tiene 2 estaciones terrenas instaladas: "Lurín 1" (1969) cuya antena tiene 33 metros de diámetro y una capacidad de 320 circuitos y la estación Miguel Colina Marie" (1985) ubicada en Sicaya (Huancayo) con antena de 30 metros de diámetro y 350 circuitos telefónicos.

Utilizan capacidad espacial de los satélites Intelsat V (F-11) Primario(27.5° Oeste)y Trayectoria Principal I respectivamente. Las señales recibidas en la estación de Sicaya son transmitidas a Lima vía microondas.

3.5 Sistema Integral de Telecomunicaciones de Petro Perú S.A.

Petro Perú ha considerado en su Sistema Integral de Telecomunicaciones la instalación y/o reemplazo de equipos de telecomunicaciones en las zonas del Nor-Oeste, Oleoducto, Selva Norte, Selva Central y Lima Metropolitana. Este sistema consiste en el mejoramiento de las telecomunicaciones locales mediante la instalación de centrales telefónicas, redes de microondas, radios móviles y portátiles, terminales de teleimpresoras, teleprocesos, facsimil, etc. y la integración de estos servicios como un sistema, usando canales alquilados vía satélite y vía microondas, a Entel Perú lo que proporciona los medios necesarios para instalar sistemas especiales (p. e.: sistemas de control, telemedida,

señalización, etc.).

El sistema integrado de Telecomunicaciones está clasificado en los siguientes sub-sistemas:

3.5.1 Subsistema de Transmisión

Comprende todos los medios de transmisión(microondas, satélite, etc.) que sirven de enlace entre puntos distantes y por los que (y con la asignación de canales necesarios) se enlazan las centrales telefónicas, terminales de datos y otros servicios especiales (ver fig.3.6)

Contempla los siguientes enlaces o ampliaciones:

a.- Enlaces locales

Nor-Oeste

- Red de microondas Talara, El Alto, Somatito, Los Organos.
- Enlaces Talara-Planta Fertilizante, Talara-Negro - de Humo, Talara-Planta de Gas.

Oleoducto

- Enlace microondas Piura-Bayóvar.
- Interconexión red de microondas Oleoducto Principal con redes de microondas:
  . Ramal Norte en Estación 5.
  . Ramal del Sistema de Recolección de Crudos Selva Norte con Estación 1, en San José de Saramuro.
- Ampliación de canales de voz y datos en la red de - microondas del oleoducto y Ramal Norte.

Selva Norte

- Enlace Microondas Iquitos-Refinería Iquitos.
- Ampliación de la red de microondas Recolección Crudo Selva con la instalación del enlace Pavayacu-Nueva Esperanza.

Selva Central

- Anexo extendido de la central telefónica de Pucallpa con Aguas Calientes y Pucalpillo.
- Interconexión de Maquia y Puerto Oriente al servicio público de Entel Perú en Contamana.

Lima Metropolitana

- Enlaces de microondas entre: Oficina Principal- La Pampilla, Oficina Principal-Callao, Oficina Principal-Conchán.

b.- Enlaces Larga Distancia

Uso de los medios de transmisión de Entel Perú, mediante el alquiler de canales dedicados (Vía Microondas o Satélite), que sirven como medios de interconexión de las diferentes áreas geográficas mencionadas.

- Canales Vía Microondas
  . Oficina Principal - Pucallpa
  . Oficina Principal - Talara

- Canales Vía Satélite

  Mediante convenio con Entel, se instalarán estaciones terrenas en Talara y Trompeteros, así como la am

pliación del equipamiento en las existentes en Iquitos, Contamana y Lima.

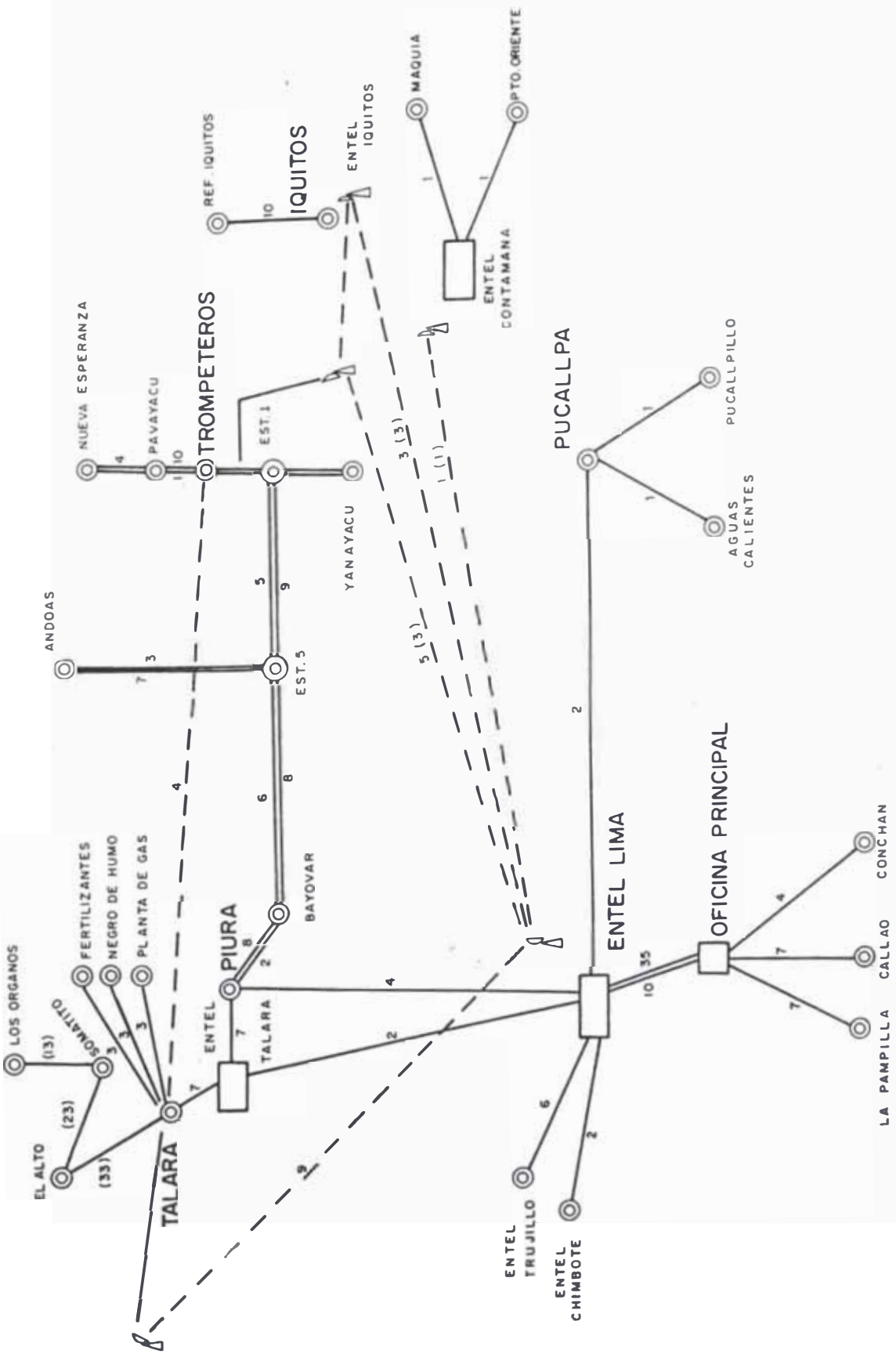

Fig. 3.6 Sub- Sistema de Transmisiones de Petro Perú

3.5.2 Sub-Sistema Telefónico

Comprende la instalación de centrales telefónicas automáticas para servicio local así como la interconexión a otras centrales distantes (fig.3.7). Los proyectos considerados esencialmente se refieren al reemplazo de centrales telefónicas manuales (p.e.: El Alto y Los Organos, Piura, Bayovar, Refinería Iquitos) por centrales digitales. La instalación de nuevas centrales fue en Trompeteros, Pucallpa (con anexos extendidos en Aguas Calientes, Pucallpillo) y Contamana (Maquia y Puerto Oriente). La instalación de anexos extendidos de la central telefónica de Talara (en Planta Fertilizantes, Negro de Humo y Planta de Gas) y la de Huancayo (en Pucallpa)

3.5.3 Sub-Sistema Teleimpresoras

Instalación de máquinas teleimpresoras en lugares importantes que tienen facilidad de transmitir y recibir -- mensajes escritos, configurando así una red privada de télex. Se instaló equipos teleimpresoras propios de Petro Perú en la Oficina Principal, La Pampilla, Callao, Conchán, Talara, El Alto, Los Organos, Piura Bayovar, Estación 5, Trompeteros, Iquitos, Pucallpa.

3.5.4 Sub-Sistema Transmisión de Datos

Proporciona los medios de transmisión necesarios para que se realice la instalación de terminales de teleprocesoa la computadora central ubicada en la Oficina Principal (ver fig.3.8). Los lugares incluidos en el Sistema Integrado de Telecomunicaciones de Petro Perú, tendrán facilidades de

transmisión de datos a través de la red de datos de Entel Perú.

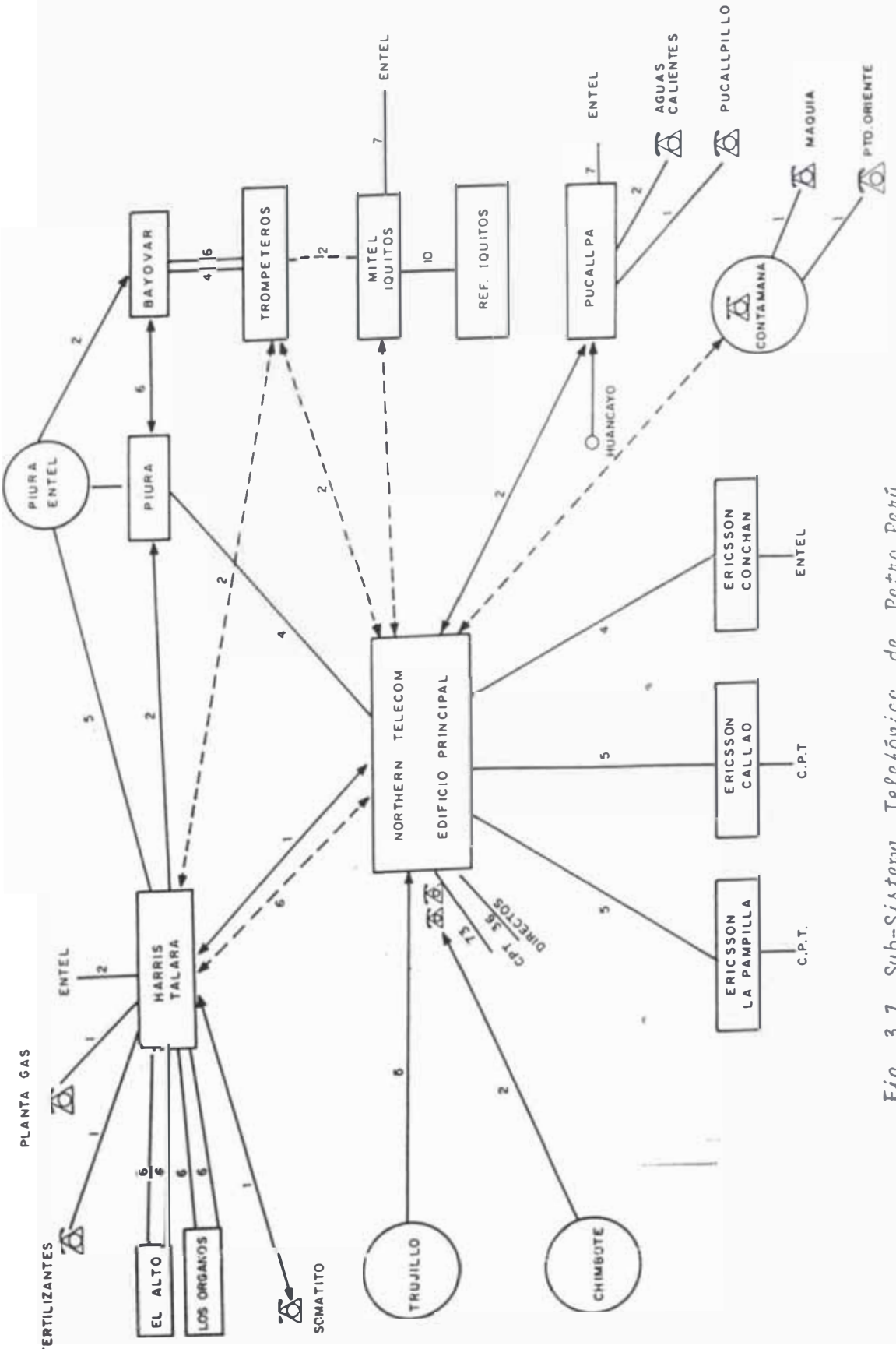

Fig. 3.7 Sub-Sistema Telefónico de Petro Perú

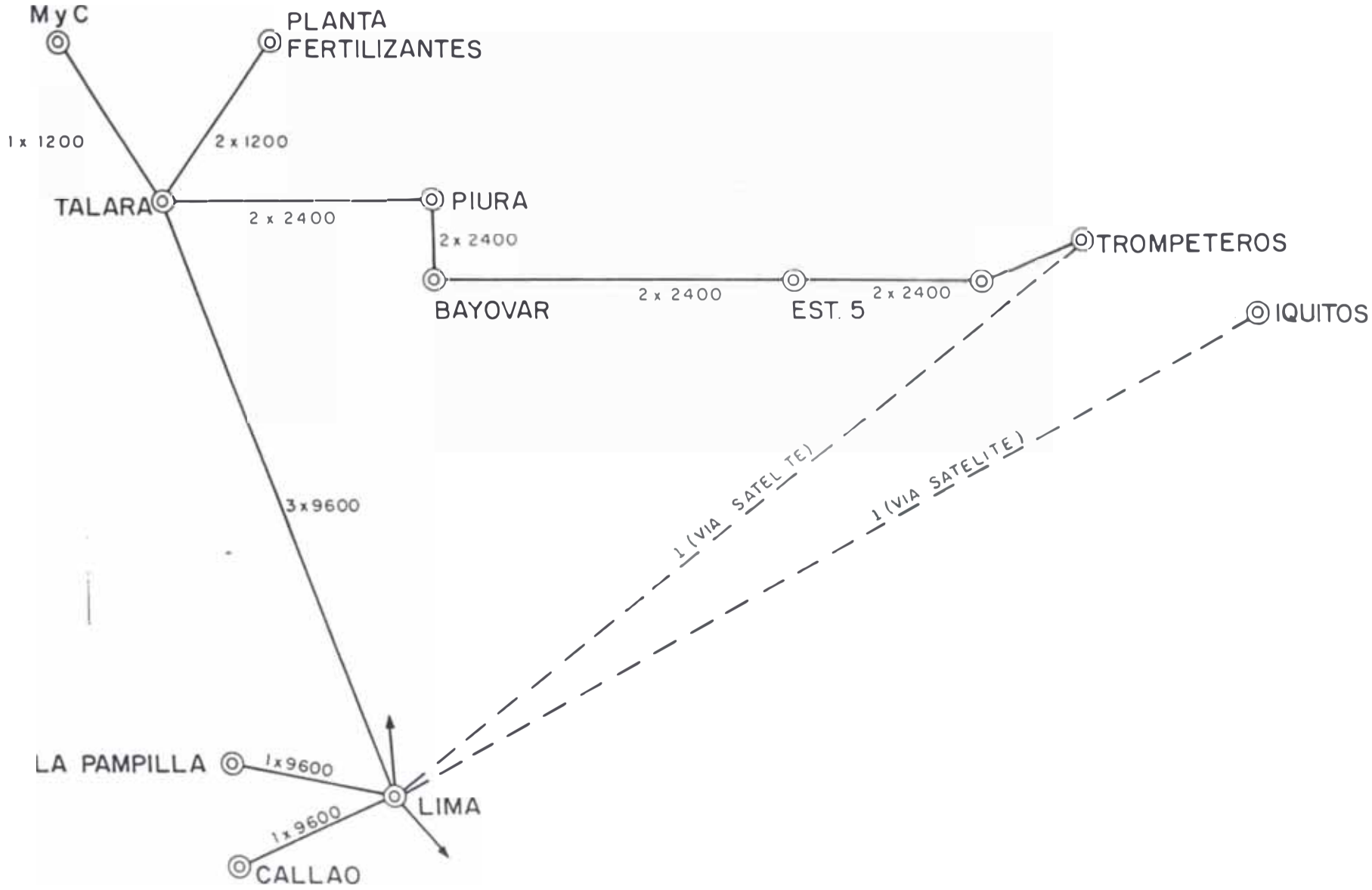

Fig. 3.8 Sub-Sistema de Transmisión de datos de Petro Perú

Aparte de los sub-sistemas descritos existen otros que por no ser de interés para los efectos de este estudio no se considerarán.

La ejecución de todos los proyectos componentes del Sistema Integral de Telecomunicaciones, se realizó mediante etapas que finalizaron en 1987.

3.6 Red Satelital del IGP

Dentro de los diversos sistemas de satélites destacan los de investigación, que han demostrado una excelente habilidad para observar por ejemplo el océano y los parámetros climáticos. Uno de estos sistemas es el conformado por la familia de satélites GOES y que es usado por el IGP para recibir información de fenómenos meteorológicos oceanográficos e hidrológicos tales como: caudal, temperatura entre otros.

Motivados por los avances científicos en el campo de la meteorología y la oceanografía se inició en 1983 la elaboración de un proyecto de investigación científica y tecnológica sobre la predicción climática y su aplicación al desarrollo nacional. Este proyecto contempló la implementación de un sistema de observación en el oceano y en el continente, empleando tecnología avanzada y desarrollada en los últimos años.

Existen plataformas automáticas de recolección de datos en lugares remotos las que usan técnicas modernas de comunicación y procesamiento para así realizar un seguimiento continuo de las condiciones climáticas.

Con el apoyo de la Agencia Canadiense para el desarrollo Internacional (ACDI) y del Programa TOGA (E.E.U.U.) se logra a fines de 1987, la implementación de la mayor parte del sistema de observación, transmisión, recepción y procesamiento de los datos e imágenes del Centro de Prevención Climática del IGP.

Las imágenes transmitidas por el satélite GOES VII (ubicado a 108° Longitud Oeste) son tomados cada 30 minutos en dos bandas espectrales y el tiempo que dura la transmisión es de 20 minutos. Las dos bandas espectrales corresponden al visible (que se utiliza en determinación de áreas con cielo despejado y en el análisis de la cobertura y los tipos de nubes) y al infrarrojo que es usado en el análisis de la temperatura superficial de las nubes, del continente y del mar en áreas libres de nubes, así como en el análisis de la concentración de vapor de agua suspendida en la atmósfera. En base a estas informaciones se determina las áreas en proceso de precipitación fluvial.

Se tiene pensado instalar también plataformas recolectoras de datos en la región andina y en la selva las que conjuntamente con las ubicadas a lo largo de la costa, permitirán analizar permanentemente los rápidos cambios de las condiciones ambientales teniendo como objetivo ahorrar tiempo, dinero y vidas. Algunas de estas aplicaciones inmediatas tienen que ver con el servicio de alerta de huaycos, inundaciones, operación, manejo y seguridad de reservorios; y control de los sistemas de irrigación en general (LAGOS P. 1988)

Actualmente los trabajos de cientificos y especialistas -

estan orientados al conocimiento del fenómeno de El Niño, al estudio de las características y alteraciones climáticas en ca da una de las regiones del Perú y a la implementación de un sis tema de alerta para prevenir desastres climáticos.

El sistema de observación, transmisión y recepción de datos oceanográficos y metereológicos consta de barcos científi-- cos debidamente equipados. Boyas instrumentadas y ancladas al océano van registrando la temperatura del mar y otras variables. Boyas a la deriva con sensores especializados van registrando la temperatura del mar y las corrientes oceánicas. Plataformas recolectoras de datos instaladas en el continente forman parte de un sistema de alerta para prevenir las inundaciones - antes de que causen daño.

Cuadro 3.5 Posición aproximada de boyas ancladas en el oceano

LATITUD	LONGITUD
0°	130° Oeste
0°	110° Oeste
10° Sur	110° Oeste
10° Norte	110° Oeste
20° Sur	90° Oeste
15° Sur	105° Oeste

Fuente: Centro de Prevención Climática - IGP.

Las plataformas recolectoreas de datos se encuentran en: Talara, Isla Lobos, Iquitos, Callao, Pichis, Cuzco, Huancayo y Juliaca.

Toda la información transmitida al satélite GOES por las boyas y plataformas es recibida en la estación terrena de Ancón a una frecuencia de 1494.7 Mhz (el tratamiento de la señal e información se muestra en la fig. 3.9).

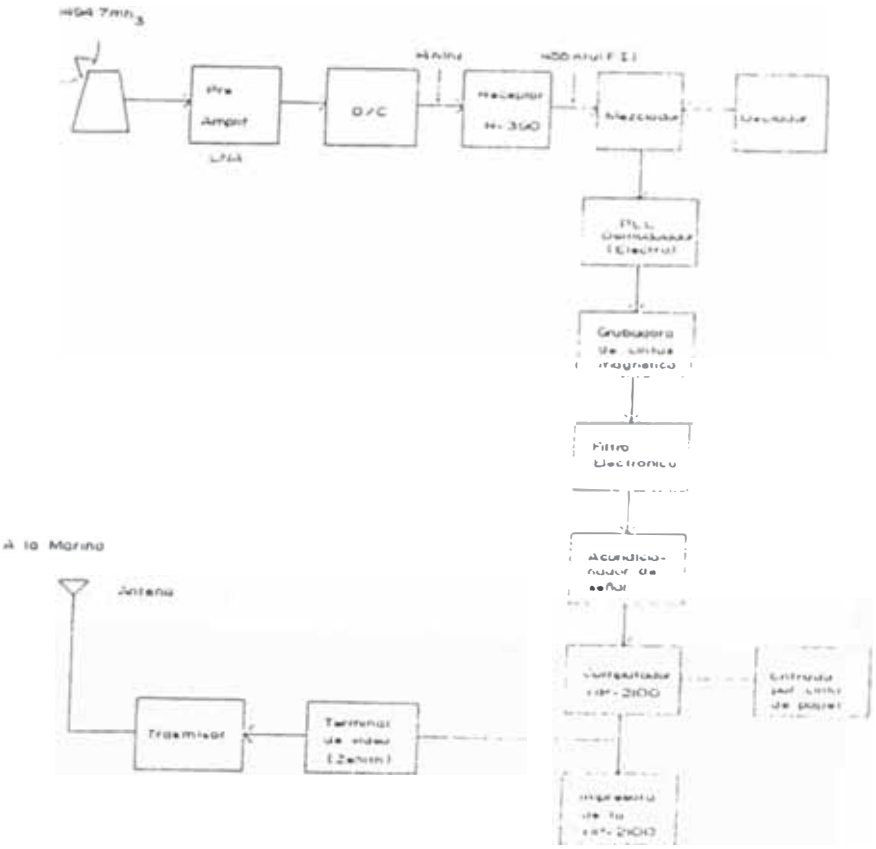

Fig. 3.9 Diagrama de Bloques del Tratamiento de Señal e Información en la Estación Terrena de Ancón (IGP)

Cabe señalar que el equipamiento básico de una estación recolectora de datos está formada por : sensores, estación metereológica, mareógrafos, computadora, equipo de comunicación y antena Yagi. La potencia de transmisión es de 12 W.

Aprovechando la infraestructura existente para la transmisión de datos oceanográficos y metereológicos se debe profundizar el estudio de factibilidad técnica para que también se pue-

da transmitir señales sísmicas en cuyo caso por ejemplo se necesitaría un sistema inteligente que sea capaz de identificar las diferentes fases de un movimiento sísmico y que transmita la señal cuando este suceda. Además se debe considerar el hecho de que probablemente la estación central de grabación de Camacho deba trasladarse a Ancón, con los inconvenientes consiguientes. En caso contrario, realizar enlace entre Ancón y Camacho. Esta alternativa escapa el alcance de este trabajo pero que puede ser estudiado en caso se la considere en el futuro.

Capitulo IV

MEJORAMIENTO DE LA TRANSMISION DE SEÑALES SISMICAS A NIVEL NACIONAL

4.1 Generalidades

La transmisión de señales sísmicas telemétricas del IGP se realizan en la banda VHF (Cap. II), el radio-enlace entre la estación ubicada en el Morro Solar y el Laboratorio Central de Camacho lo es también en esa banda.

La presencia de estaciones transmisoras ("piratas") cuyas frecuencias de trabajo son cercanas a las del Instituto, ocasiona pérdida de la señal debido a la interferencia producida.

La señal sísmica de la red del Norte es transmitida a Lima vía la red troncal de microondas de Entel Perú y posteriormente se emplea línea telefónica dedicada para llevar la señal hacia Camacho (directamente al computador y a los discriminadores).

El mantener operativas las estaciones sísmicas significa un gasto importante dentro del presupuesto del IGP y que se muestran en los cuadros 4.1 y 4.2 para el caso de la red de estaciones telemétricas y estación temporal respectivamente y se considera una situación de trabajo ordinaria. Los costos son parte del presupuesto estimado promedio anual a noviembre de 1988.

Número de mantenimientos preventivos anuales	6	
Número de días de mantenimiento anual	12	
Número de personas	3	
Viáticos (I/.3,500 por día)	I/.	126,000
Remuneraciones 2 Técnicos(144 días a I/1,500/día)	I/.	216,000
1 Chofer (72 días a I/ 1,200/día)	I/.	86,400
Repuestos	I/.	1'000,000
Batería, papel para sismogramas, funjibles, etc.	I/.	600,000
Seguros de personal y equipos	I/.	250,000
Movilidad local, gasolina y carburantes	I/.	800,000
Depreciación vehicular	I/.	3'000,000
Gastos administrativos (10 %)	I/.	608,000
T O T A L	I/.	6'686,400

Cuadro 4.1.- Presupuesto estimado de la operatividad de la red de estaciones telemétricas

Fuente: Dirección de Servicios Técnicos (IGP)

Estación Temporal	Ayacucho
Número de viajes de mantenimiento anual	6
Número de días de viaje	5
Viáticos (1 persona, 30 días, I/.3,500 por persona	I/. 105,000
Remuneración instrumentista (30 días, I/,1,500 por día	I/. 45,000
Pasajes aéreos (ida y vuelta, 4 viajes)	I/. 240,000
Movilidad local	I/. 50,000
Repuestos y funjibles	I/. 200,000
Baterías, papel de registro, remisión de registros, etc.	I/. 200,000
Seguro personal y equipos	I/. 50,000
Gastos generales (10%)	I/. 89,000
T O T A L	I/. 979,000

Cuadro 4.2.- Presupuesto estimado de la operatividad de esta-- ción temporal (Ayacucho).

Fuente: Dirección de Servicios Técnicos (IGP)

Asimismo, hay que indicar que el costo de una estación telemétrica es de aproximadamente $ 10,000 USA, por lo tanto y tomando como referencia la fig. 2.4 para la sub-red telemétrica del Sur por ejemplo (estaciones en Zamaca, Guadalupe, Paracas, Quilmaná y Lima) el costo de equipamiento total de esta sub-red es de $ 40,000 dólares USA.

Por lo dicho anteriormente y de la información de los cuadros 4.1 y 4.2, podemos decir de que los costos totales para mantener operativo el sistema de redes sísmicas es muy elevado por lo que debemos buscar alternativas más eficaces de transmisión considerando los costos mínimos de aplicación y así mejorar la operatividad del sistema.

4.2 Diseño de una Red Sísmica a Nivel Nacional

Con el fin de mejorar la determinación hipocentral de los sismos, así como lograr una buena operatividad de las redes sísmicas, expertos en Geofísica del IGP han planteado un nuevo diseño de la red sísmica a nivel nacional (ver fig. 4.1). Para esto, han considerado diversos puntos de interés sísmico (ver fig. 1.2 y 1.3) desde los cuales la información deberá ser transmitida hacia Lima en tiempo real.

Para efectos de esta Tesis vamos a considerar solamente los puntos de transmisión hacia Lima, pudiendo existir una red local en dichos lugares y que permita estudiar la sismicidad de la zona (fig.4.1). La configuración de la red local podría ser lineal (ver fig.2.13) o tipo estrella y el estudio de radiopropagación puede ser motivo de trabajo de tesis.

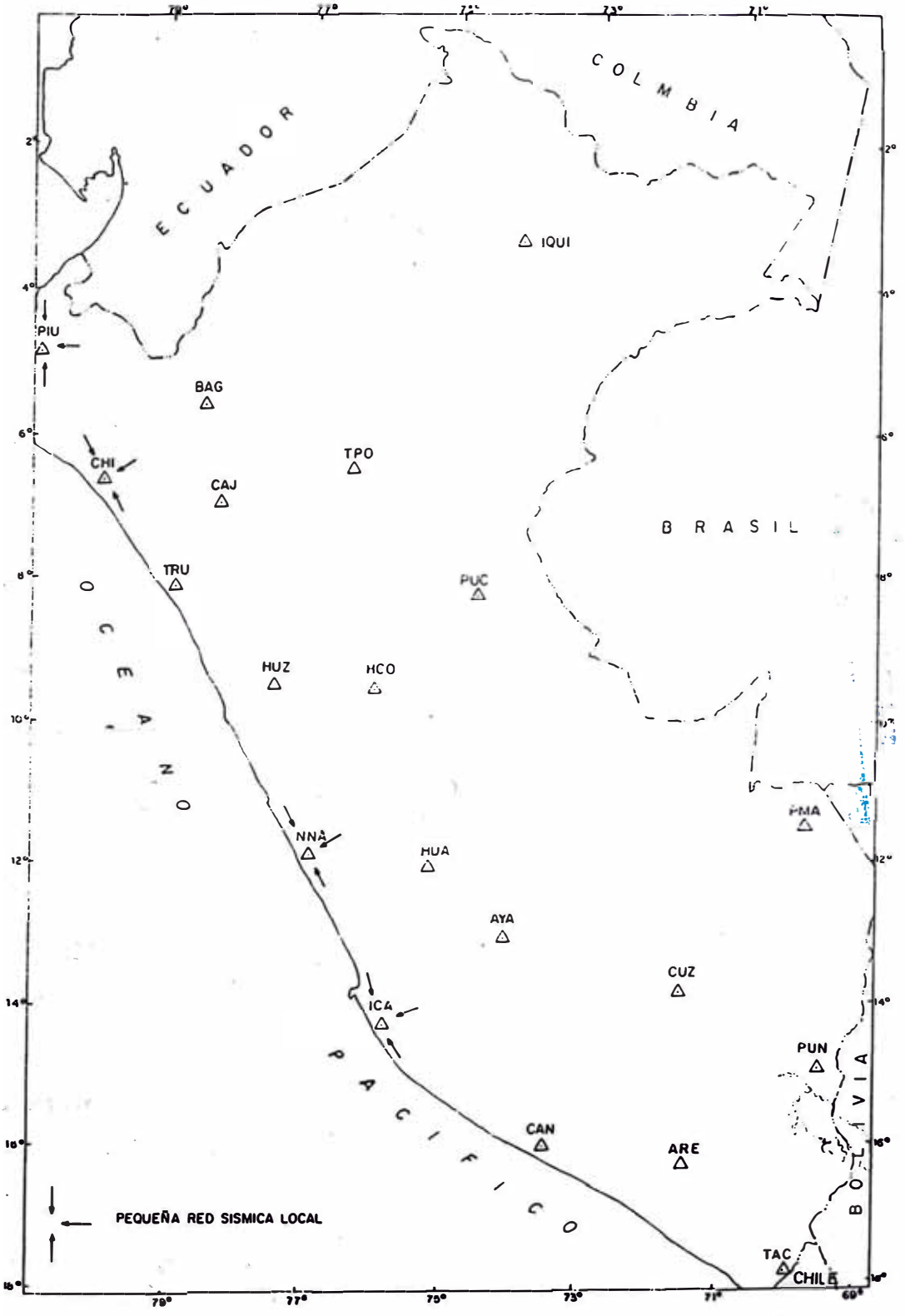

Fig. 4.1 Proyecto de la Nueva Red Sísmica

Este proyecto puede tener una implementación progresiva y de acuerdo a los proyectos de ampliación de las redes de telecomunicaciones vistos en el capítulo anterior, se dispondrá en el futuro de una mayor y mejor infraestructura que permita la instalación de estaciones sísmicas a mediano y largo plazo.

En el IGP, la determinación de los parámetros hipocentrales y focales de un sismo se realiza gráficamente y automáticamente (con ayuda de computador). La determinación es función del número de estaciones usadas. (se necesitan la lectura de por lo menos 3 estaciones sísmicas para obtener resultados más acertados).

RODRIGUEZ L. y VASQUEZ M. (1987) crearon un programa que optimiza el proceso de determinación de coordenadas focales y genera un patrón con relación a los epicentros calculados. En el se discute la resolución de la red en cuanto se refiere a la certeza de los datos obtenidos. Esto se realizó debido a la discrepancia en la solución de la determinación de un epicentro que se presentaba al comparar los resultados del sistema de detección sísmica en tiempo real y los del programa Fasthypo que estaba siendo utilizado en los reportes y boletines sísmicos emitidos rutinariamente para diversos fines. De modo que era necesario evaluar dicho programa para tener la certeza de la veracidad de los resultados que se obtienen en base a las condiciones que determina la red sísmica telemétrica.

Por ello se creó un programa denominado Sintetic, el cual calcula las lecturas de las fases P y S en un lugar previamente

especificado y a una profundidad deseada para las estaciones que uno crea conveniente.

En la entrada de este programa se introducen datos de longitud y latitud de las estaciones que serán empleadas, se considera su altitud y una corrección en tiempo que el usuario puede dar y también la profundidad en donde se desea generar los "sismos" hipotéticos. La salida de este programa es exactamente igual a la entrada de datos del Fasthypo.

Si generamos un "sismo" para unas estaciones dadas y luego se procesa estos datos en el Fasthypo (o en cualquier otro), teóricamente se debe obtener como resultado los mismos datos de entrada del programa Sintetic, es decir la misma longitud y latitud donde se generó el evento y la profundidad respectiva(ver fig. 4.2).

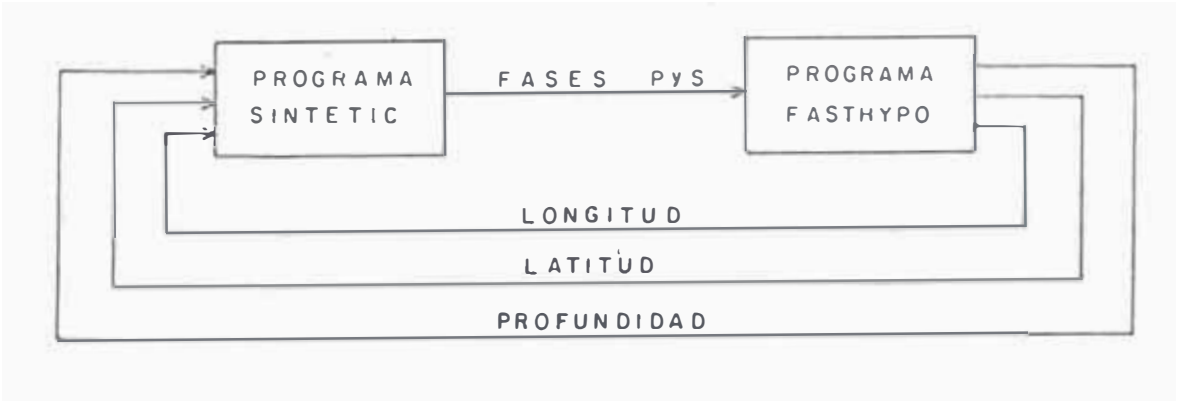

Fig. 4.2 Relación entre Programas Sintetic y Fasthypo

Con estas consideraciones y para determinar la resolución de la red mostrada en la fig. 4.1, se realizaron diversas simulaciones de movimientos sísmicos que a continuación se comentan.

La primera evaluación se efectuó considerando todas las estaciones de la fig 4.1, se generaron sismos hipotéticos cada un grado desde los 2 a 18 grados de Latitud Sur y desde los 60 a 82 grados de Longitud Oeste y a una profundidad de 60 Km. La fig. 4.3 muestra los resultados obtenidos expresados de manera gráfica, en dicha figura observamos una zona de envolvente - de trazo continuo, en ella los epicentros han sido resueltos en valores de Latitud y Longitud, en lo que se refiere a la Profundidad ha sido resuelto aproximadamente y con un error que oscila entre el 30 y 50 por ciento. Fuera de la envolvente los - valores de Latitud y Longitud han sido resueltos correctamente pero no así la profundidad porque no hay absolutamente ninguna resolución en ella, el programa no arroja ningún valor de este parámetro, o el error producido es demasiado alto (100a 150 por ciento) . Ver resultados analíticos en el anexo A-11.

Las siguientes evaluaciones fueron hechas considerando algunas estaciones, las que son indicadas en las figuras 4.4, 4.5 y 4.6. Estas evaluaciones se realizaron para determinar la resolución de las estaciones que llamaremos del norte, del centro y del Sur. Apreciamos que respecto a la fig. 4.3 se ha incrementado el área encerrada por la envolvente, esto se aprecia con mayor claridad en la fig. 4.5. Este incremento se debe a que existe una estrecha relación entre la distancia epicentral y la

la profundidad del evento, es decir entre A/h donde A es la distancia epicentral a las estaciones y h es la profundidad del sismo. Cuando más pequeña sea esta razón, el área de resolución de la red considerada aumenta, pero esto es referido exclusivamente a la profundidad ya que no se presentan problemas en la ubicación del evento. Se ha podido determinar en investigaciones anteriores que la profundidad de los sismos es resuelta cuando la relación A/h toma el valor promedio de menor o igual a 3.5 (RODRIGUEZ L. y VASQUEZ M. - 1987).

Como aspecto importante hay que señalar que el número de estaciones influye en el cálculo mejorando la resolución de la profundidad siempre que la razón A/h se mantenga o disminuya respecto al valor indicado. Asimismo las estaciones alejadas (p.e. Iquitos) influyen en la resolución de la profundidad (ver fig. 4.3), es por eso que se sugiere que para la determinación de los parámetros de un evento sísmico se utilizen estaciones que no estén muy alejadas del epicentro de manera que se tengan resultados más exactos.

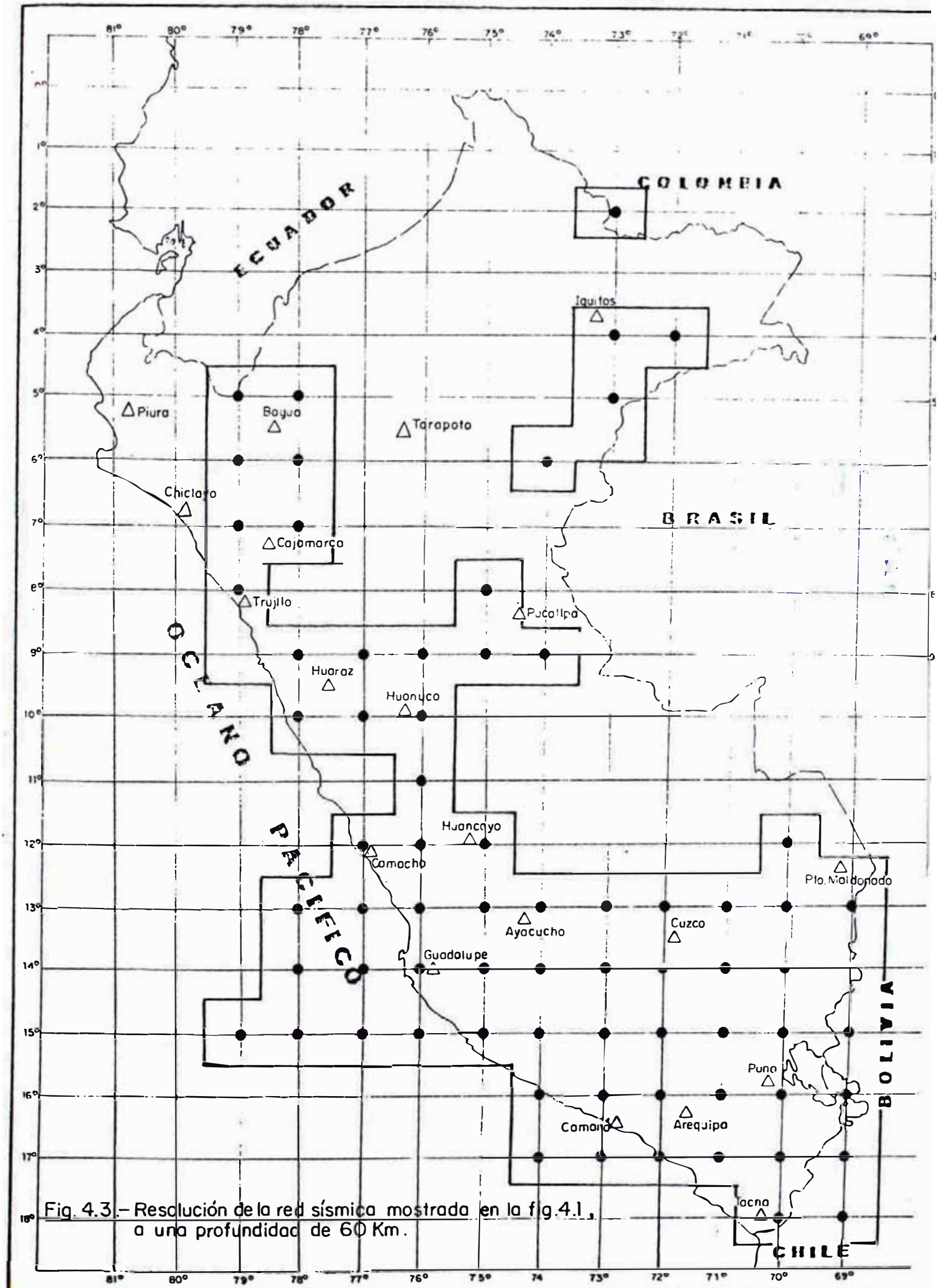

Fig. 4.3.- Resolución de la red sísmica mostrada en la fig.4.1, a una profundidad de 60 Km.

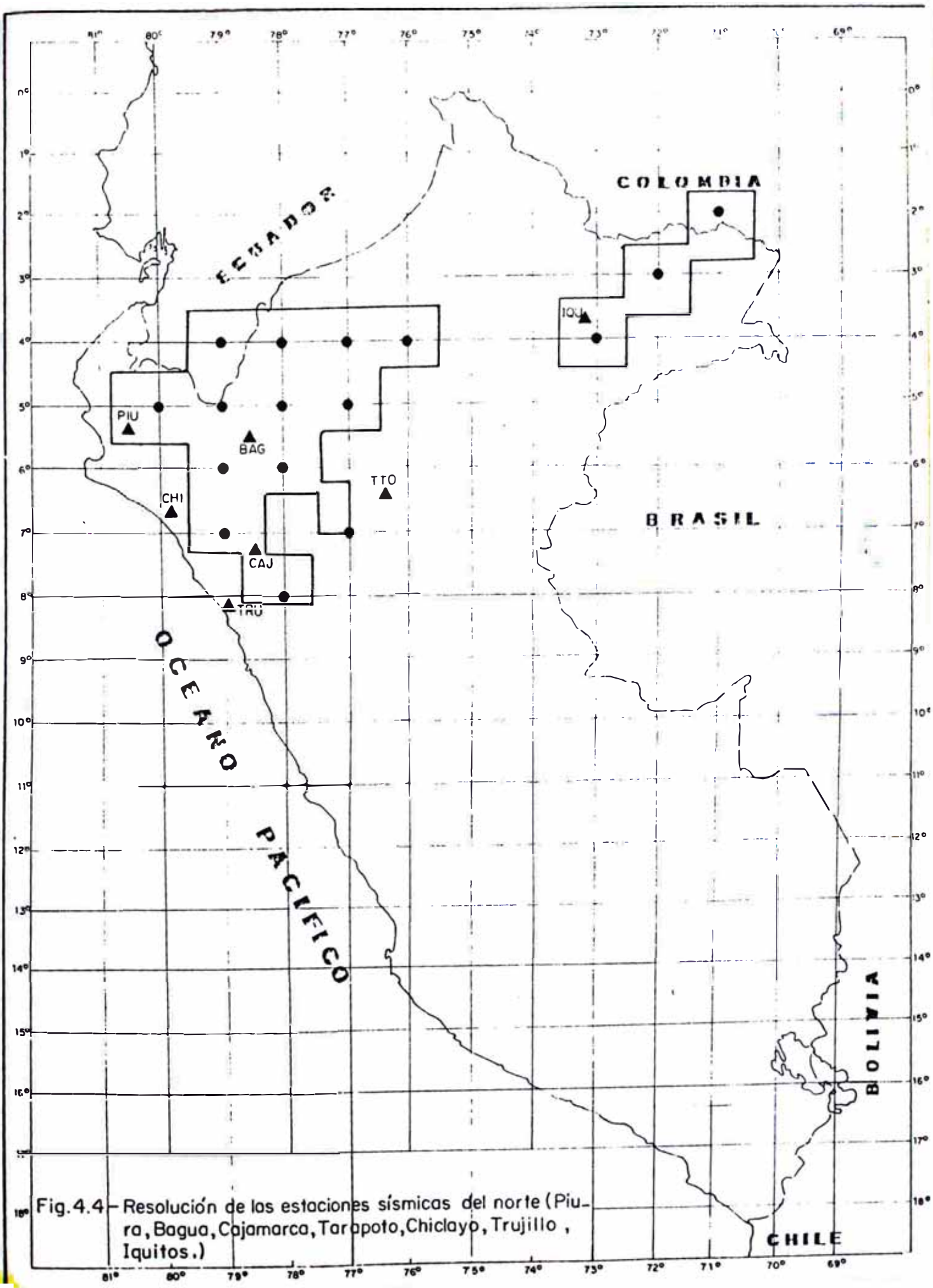

Fig.4.4– Resolución de las estaciones sísmicas del norte (Piura, Bagua, Cajamarca, Tarapoto, Chiclayo, Trujillo, Iquitos.)

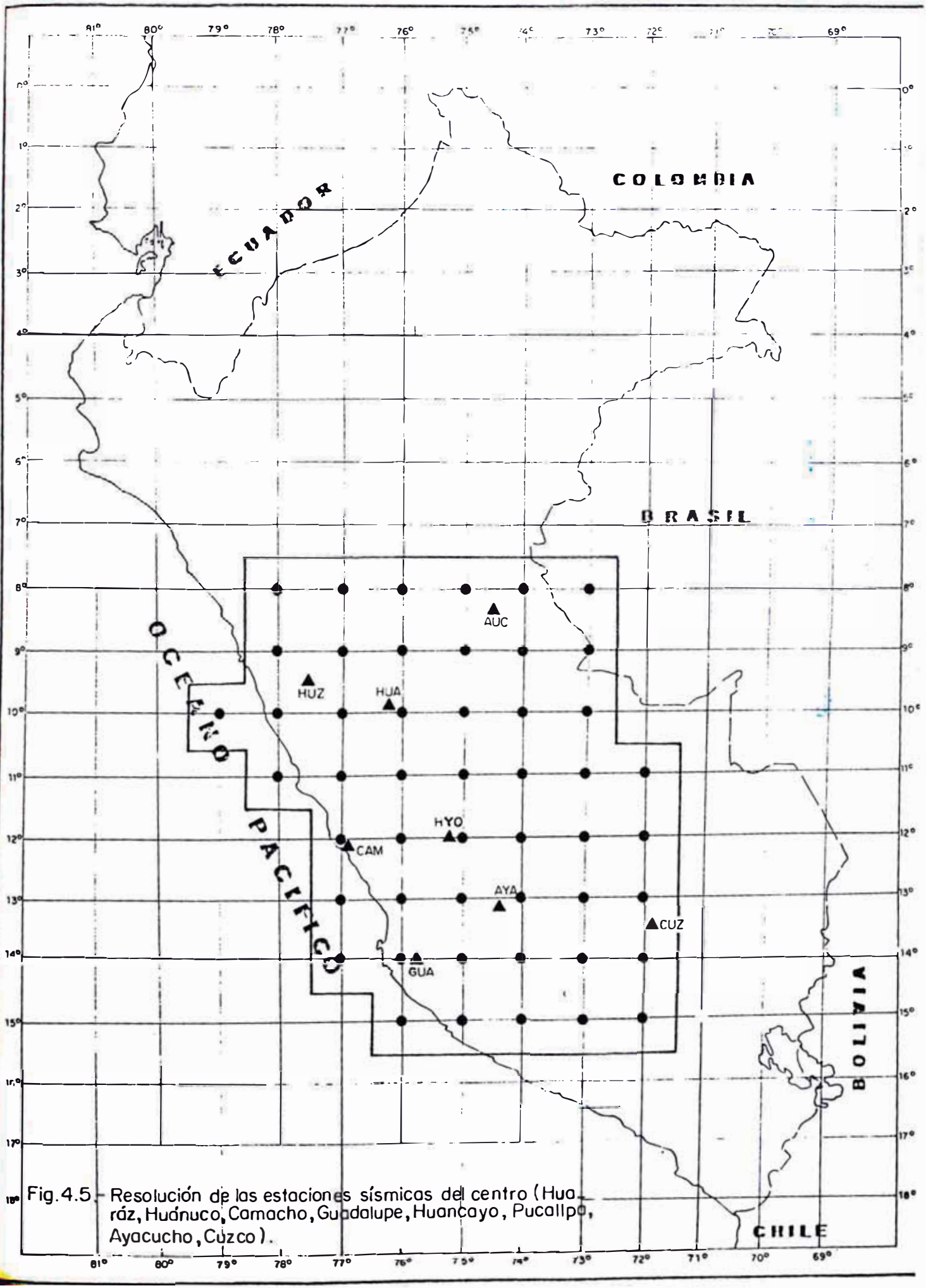

Fig. 4.5 - Resolución de las estaciones sísmicas del centro (Huaráz, Huánuco, Camacho, Guadalupe, Huancayo, Pucallpa, Ayacucho, Cuzco).

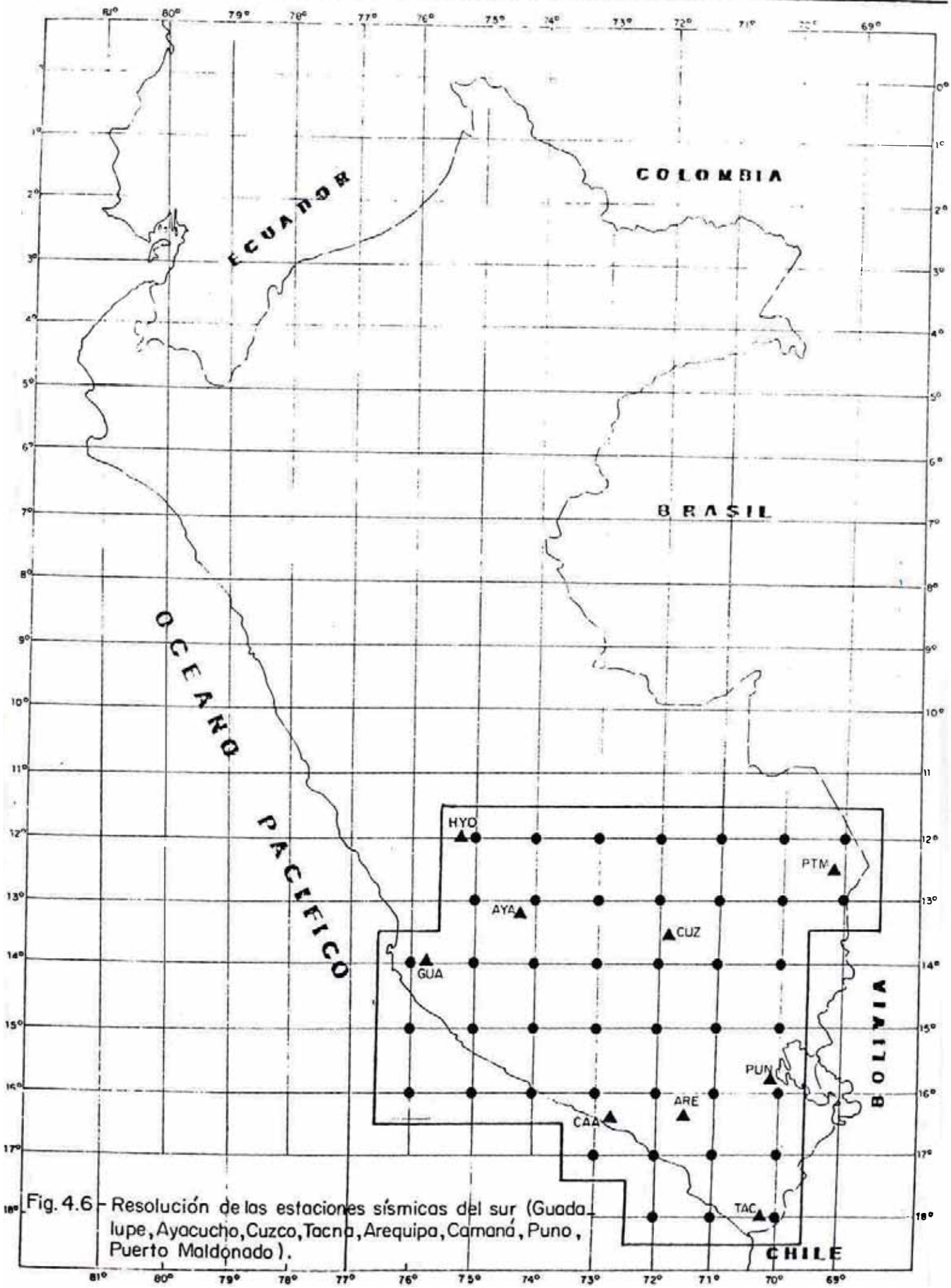

Fig. 4.6 - Resolución de las estaciones sísmicas del sur (Guadalupe, Ayacucho, Cuzco, Tacna, Arequipa, Camaná, Puno, Puerto Maldonado).

4.3 Alternativas para la transmisión de señales sísmicas

La tecnología satelital tiene varias ventajas sobre los medios convencionales de comunicación terrestre, pero los costos de equipamiento de una estación terrena imposibilita operar una red satelital propia. VELASQUEZ A. d. (1987) indica los valores mostrados en el cuadro 4.3 para estaciones terrenas de diferente diámetro de antena y capacidad. Los valores son para estaciones terrenas instaladas y en ellos no se consideran los costos de importación que son del orden de 80 % del precio FOB.

Cuadro 4.3 Costos de E. T. en función del diámetro de antena y de capacidad

Diametro de antena	Capacidad	Costo FOB aprox.
4.5 mts	4 canales	$. 320,000
6 mts	12 canales	$. 440,000
7 mts	24 canales	$. 520,000

De los datos del cuadro 4.3 y de lo expuesto en el ácapite 4.1 se concluye que la alternativa para optimizar la transmisión de señales sísmicas es utilizar la infraestructura de telecomunicaciones de Entel Perú y Petro Perú. Es obvio que en las localidades consideradas en la fig. 4.1 la instalación de estaciones sísmicas debe ser hecha por el IGP.

Entel Perú brinda entre otros servicios; telefonía y telex a nivel nacional, empleando sus redes instaladas de radioenlaces VHF/UHF, troncal de microondas y satelital DOMSAT. La manera co

mo se transmite canales telefónicos usando satélite (con microon das es análoga) es detallada de modo sintetizado a continuación (obviaremos la red VHF/UHF puesto que es usada como complemento a las redes anteriores).

La señal telefónica va a través de la central de conmuta-- ción local hacia un sistema denominado MUX 1 (ver fig. 4.7)en el que, el mínimo nivel de entrada para buena calidad de señal debe ser -16 dBm (ref. Gerencia de Transmisiones-Entel Perú). La co nexión puede ser hecha directamente a MUX 1 obviando la central de conmutación. Las señales telefónicas se conforman en MUX 1 - en una señal de banda base la que ingresa a RADIO 1 para ser mo- dulada en frecuencia (con portadora a 70 $\pm$ 18 Mhz), elevada en frecuencia y amplificada debidamente antes de ser irradiada por la antena hacia la estación terrena transmisora local. La fre- cuencia de enlace es 7 ó 8 Ghz (enlace microondas) ó 800 Mhz en caso de enlace UHF. La distancia de enlace es de 6 a 10 Km aproximadamente.

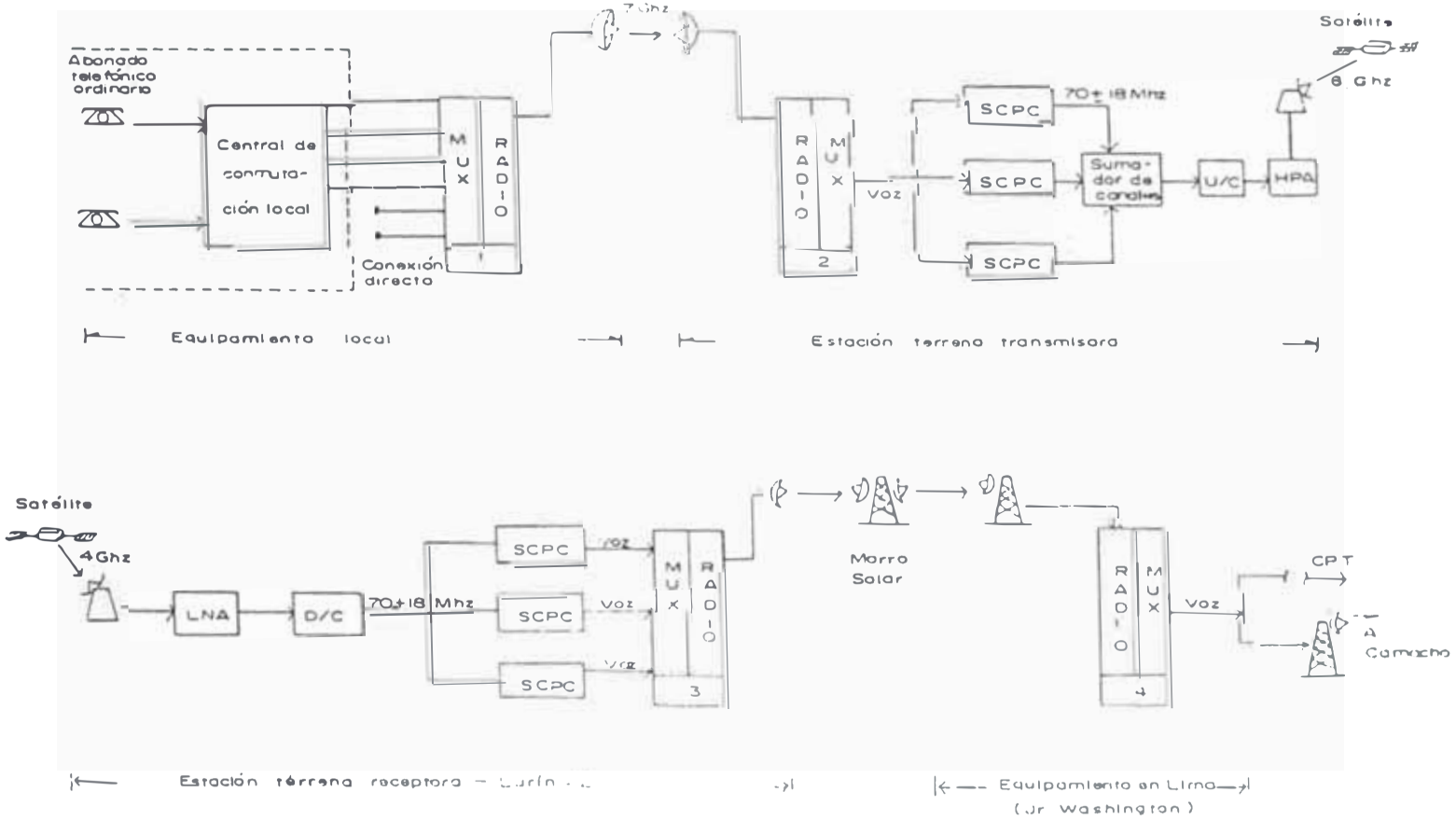

Fig. 4.7 Transmisión de Canales Telefónicos usando el Satélite
Fuente: Gerencia de Transmisiones - Entel Perú

En la estación terrena transmisora y después que se ha recuperado la señal de voz(previa demodulación), ésta ingresa al módulo SCPC para modular a la portadora. En su salida la señal está a 70 $\pm$ 18 Mhz (señal de FI). El espaciamiento entre portadoras es de 22.5 Khz pudiendo ser también de 45 ó 30 Khz. A continuación se conforma la señal en el sumador de canales para después ser elevada en frecuencia (6 Ghz) y ser transmitida al sátelite por la antena parabólica. En este caso asumimos la técnica de transmisión de portadora monocanal o SCPC (Single Carrier per Channel) que normalmente usa modulación en frecuencia o también CMF, modulación Delta o modulación por desplazamiento de fase (VELASQUEZ A. c, 1986).

El satélite en sí se comporta como una repetidora, recibe señales a 6 Ghz y las transmite hacia la tierra a 4 Ghz.

La señal enviada por el satélite es recibida en la estación terrena receptora (p.e. Lurín 2); amplificada en el amplificador de bajo ruido (LNA) y después bajada en frecuencia (hasta 70 $\pm$ 18 Mhz) en el down converter (D/C). A continuación la voz es recuperada mediante el bloque SCPC (demodulador) y luego ingresa al MUX y RADIO 3 (cuyo funcionamiento es idéntico al descrito MUX y RADIO 1) para ser enviada vía enlace de microondas hacia la repetidora ubicada en el Morro Solar desde donde es transmitida hasta el local de Entel Perú ubicada en el Jr. Washington. Allí se recupera la señal de banda base (en RADIO y MUX 4). El nivel de señal de voz que entrega Entel es de 4 dBm (ref. Gerencia de Transmisiones - Entel Perú).

Las estaciones telemétricas instaladas del IGP, permiten co

locar hasta nueve señales sísmicas (de 50 Hz de ancho de banda aproximado) en todo el ancho de banda de un canal telefónico (3.1 Khz), pero consideremos óptimamente siete señales sísmicas por canal, las que mediante el uso de VCO's y multiplexor son colocadas a frecuencias de: 680, 1020, 1360, 1700, 2040, 2380, 2720 ó 3060 Hz (ver capítulo II).

En todo el ancho de banda de un canal telefónico es posible colocar en FDM hasta 24 canales telex con ancho de banda de 120 - Hz cada uno (por razones prácticas). Esto es posible cuando la velocidad de transmisión de señales télex o telegráficas es 50 baudios. La señal telex, está codificada en Código Baudot básico de cinco unidades por caracter [proporciona 32 caracteres posibles que son virtualmente doblados mediante el uso de dos de las combinaciones para transmitir señales "de identificación" para números y letras denominadas respectivamente "cifras" y "letras" e indican que tras ellas van a ser enviados números o letras (Ver p.e. CONNOR F. R., 1974)].

Cada uno de los caracteres consiste en una combinación de - cinco impulsos de corriente, positivos o negativos llamados de corriente simple (0 y 40 mA) o corriente doble ($\pm$ 20 mA), de igual duración (20 mseg para el caso de 50 baudios) y que se conocen con el nombre de marca (M) y espacio (S). Los niveles indicados dependen del equipo del usuario, Entel Perú tiene adaptadores para cualquiera de los casos. Antes de enviar un caracter, para poner en marcha el teletipo y con ello sincronizar el Transmisor y Receptor, se envía un impulso de arranque (start) de una unidad (20 mseg) y después del caracter, un impulso de parada (stop) de 1.5

unidades (30 mseg) teniendo en total 7.5 unidades (150 mseg) por caracter. La transmisión es pues asincrónica (start/stop) serial y el tiempo necesario para enviar cada caracter es fijo (ver fig. 4.8)

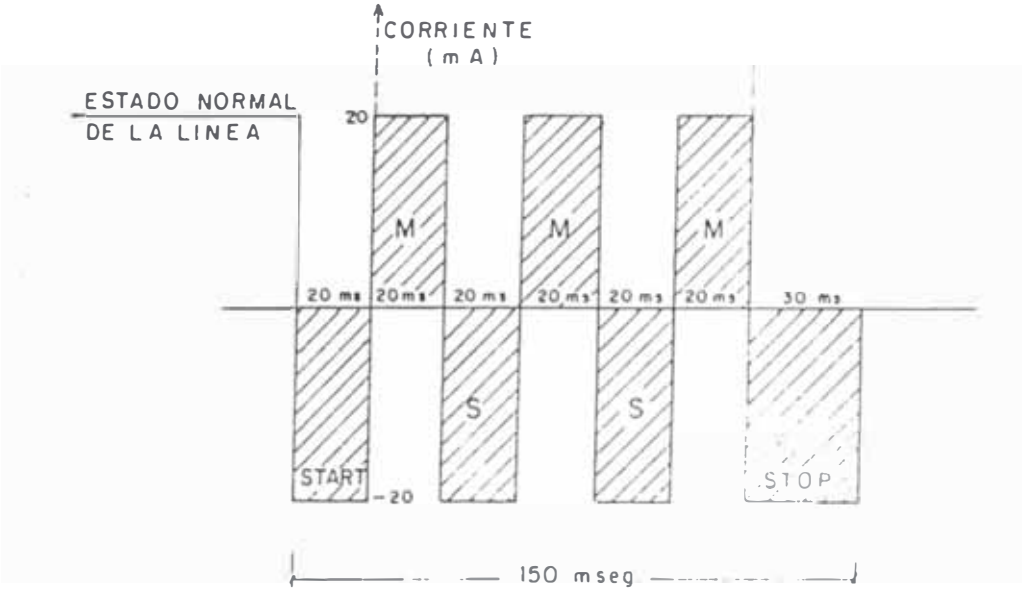

Fig. 4.8 Letra R en Código Baudot con impulsos de Corriente Doble (CONNOR F.R., 1974)

En FDM existe una separación entre las frecuencias centrales de los canales en función de la cantidad de canales en la banda vocal. Esto se muestra en el cuadro 4.4 conjuntamente con la velocidad nominal de transmisión y el desplazamiento de frecuencia

cuadro 4.4.- Relaciones de velocidad, cantidad de canales y separación entre frecuencias centrales

Velocidad Nominal (Baudios)	Cantidad de Canales en la Banda local	Separación entre Frecuencias centrales de los canales (Hz)	Desplazamiento de frecuencia (Hz)
50	24	120	± 30
100	12	240	± 60
200	6	480	± 120
600	2	1440	± 200

Para hallar el valor de las frecuencias centrales de las portadoras se usa la siguiente relación en el caso de 24 canales (50 baudios).

$$Fc = 420 + n.120 \qquad 1 \leq n \leq 23 \qquad (4.1)$$

Donde el valor 420 indica la frecuencia central inferior.

De (4.1) hallamos que las otras frecuencias centrales están en: 540, 660, 780, 900, 1020, 1140,..., 1380, ... , 1740, ... , 2100, ... , 2340, , 2820, 2940, 3060, 3180, Hz. De estos valores coinciden los correspondientes a 1020 y 3060 Hz con las frecuencias de portadora de la señal sísmica (dados por el VCO) que fueron indicadas en el Cap. II.

Para transmitir 12 canales (100 baudios), la relación empleada es:

$$Fc = 480 + n.240 \quad , \quad 1 \leq n \leq 11$$

Ahora, la frecuencia central inferior es 480 Hz y las siguientes están en: 720, 960, 1200, 1440, 1680, 1920, 2160, 2400, 2640, 2880 y 3120 Hz. La separación entre portadoras es ahora

240 Hz.

Cabe señalar que usando técnica TDM es posible transmitir hasta 46 canales telex en un canal telefónico.

Para la transmisión de canales telex se utiliza similar procedimiento que el empleado para transmitir canales telefónicos , solamente hay que añadir una etapa de multiplexaje (en canal telefónico) previa (ver fig. 4.9), de modo que tenga una determinada distribución de las señales telex en todo el ancho de banda de 3.1 Khz.

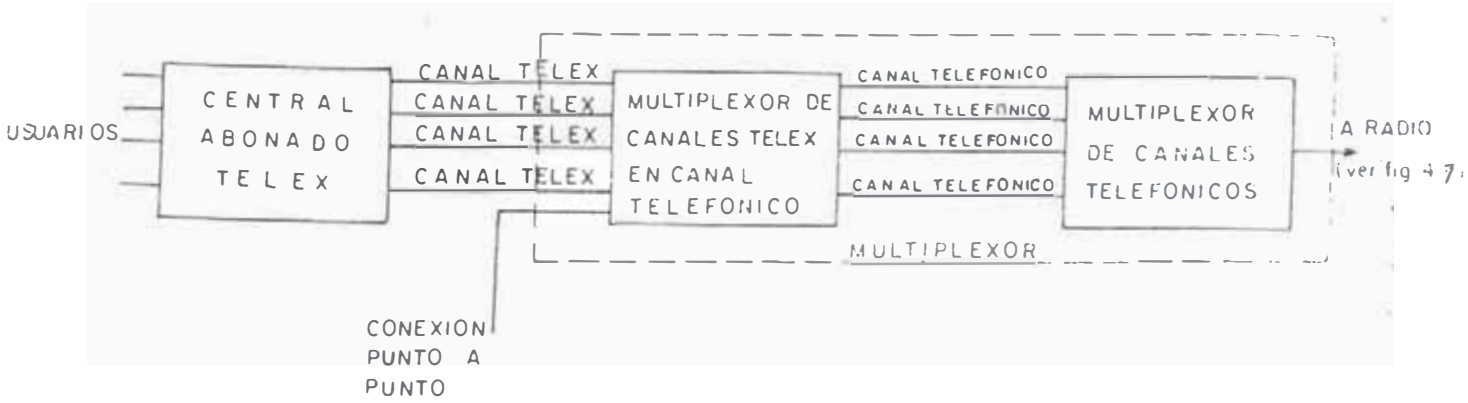

Fig. 4.9 Modo Básico de Transmisión de Señales Telex

De la fig. 2.9 observamos que $m_1(t)$, $m_2(t)$, $m_3(t)$ serían las correspondientes señales de telex para tres canales que son modulados con valores de portadora determinados que dependen del número de canales telex que se van a transmitir dentro del canal telefónico. A continuación se realizará el multiplexaje de los canales telefónicos como se explicó anteriormente con ayuda de la fig. 4.7 en el bloque MUX y RADIO 1. Es obvio que en el caso

de transmisión de señales telex, el bloque "central de conmutación local" de la fig. 4.7 será en realidad una central telex denominada también "de abonado" o "local", a la cual están conectadas las teleimpresoras de los usuarios y que realiza idéntica función que la central telefónica; es decir, interconecta equipos teleimpresores de acuerdo a un código o "número" determinado. Ambas centrales telefónicas y telex son totalmente independientes en su funcionamiento.

Por lo expuesto es pues factible transmitir señales sísmicas como si fueran señales telex, disminuyendo el costo de transmisión desde las localidades consideradas en el Proyecto de la Nueva Red Sísmica (fig. 4.1) ya que el alquiler de línea dedicada para señal telex es aproximadamente I/80,000 mensual (ref. Gerencia de Telex y Telegrafía - Entel Perú - Nov. 1988).

Para poder transmitir una señal sísmica dentro del canal telex se debe hacer una conexión denominada "punto a punto". Esto significa que la conexión no debe hacerse a la central de abonado de telex (puesto que ésta recibe señales codificadas en Baudot en cambio la señal sísmica es análoga) sino directamente al multiplexor de señales telex (ver fig. 4.9). Inclusive se puede obviar ésta etapa puesto que el IGP tiene equipos multiplexores que permiten trasladar la señal sísmica a señales de voz dentro del ancho de banda del canal telefónico, por lo que la conexión sería hecha al equipo multiplexor de canales telefónicos (ver fig. 4.7). Este tipo de servicio es denominado por Entel como "servico especial" puesto que no está dentro del servicio común que prestan. Para tener portadoras de señal sísmica que

coincidan en frecuencia con las portadoras adecuadas para señales telex -que dependen del número de canales por transmitirse- se debe realizar ajustes en los equipos telemétricos del IGP (específicamente en los VCO) de modo que se realize la transmisión de señales sísmicas en canales telex y a valores de portadora es tablecidos.

Asimismo; debemos indicar que es posible diseñar un sistema inteligente que permita codificar la señal sísmica en código Baudot para lo cual se hace necesario profundizar este punto específico. Esto se puede hacer como parte de un programa de desarrollo y que el IGP lo puede considerar en el futuro. En esta Tesis no lo consideraremos por salirse un tanto de los alcances de ella.

La Red de telex y telegrafía de Entel Perú tiene tres centrales importantes ubicados en Lima, Arequipa y Trujillo las que se comunican directamente entre sí y a las cuales están conectadas "centrales de abonado" ubicados en algunas localidades del país y que reciben la información de los usuarios (equipos teleimpresores). En el siguiente cuadro (4.5) se indica la distribución de equipamiento y abonados de la Red de Telex y Telegrafía referida al 31.10.88, en él se presentan: las centrales telex así como los abonados interurbanos, capacidad máxima y equipada de centrales, las posiciones telex disponibles así como la disponibilidad de canales para abonados telex.

La distribución mostrada en el cuadro 4.5 se presenta también en la fig. 4.10, en donde se aprecia la conexión que hay en

tre las diferentes centrales de abonado y las centrales de Lima, Arequipa y Trujillo.

Cuadro 4.5.- Distribución de equipamiento y abonados de la Red Telex - Telegrafía

	TLX + TG.				
CIUDAD	1	2	3	4	5
AREQUIPA	350	224	199 + 8(-)	17	-
CAMANA	-	16	13 + 1(-)	2	-
ILO	-	32	22 + 2(-)	8	13
MATARANI	-	5	3	2	1
MOLLENDO	-	33	26 + 3(-)	4	3
MOQUEGUA	-	23	16 + 2(-)	5	5
CUAJONE	-	3	2	1	4
APLAO	-	5	-	5	-
CHALA	-	2	- + 1(-)	1	-
CHUCUIBAMBA	-	4	- + 2(-)	2	-
ORCOPAMPA	-	3	1	2	1
VITOR	-	-	-	-	1
+CALLAO	180	180	128 + 4	52	-
+CUSCO	190	125	106 + 6(-)	13	-
ABANCAY	-	15	12 + 2(-)	1	-
ANDAHUAYLAS	-	11	6 + 2(-)	3	-
MACHUPICHU	-	3	2	1	1
PTO.MALDONADO	-	25	16 + 2(-)	7	2
SICUANI	-	9	6 + 2(-)	1	-
TINTAYA	-	2	-	2	-
+CHICLAYO	150	95	87 + 6	8	-
BAGUA CHICA	-	11	1	10	11
CHACHAPOYAS	-	12	10 + 2	2	-
CHOTA	-	3	1	2	5
JAEN	-	24	12	12	16
LAMBAYEQUE	-	3	1	2	1
CUTERVO	-	2	1	1	1
+CHIMBOTE	120	80	65 + 3	15	-
HUARAZ	-	34	31 + 3	3	-
CARAZ	-	3	1	2	2
CASMA	-	3	1	1	2
+HUANCAYO	190	68	62 + 5	6	-
AYACUCHO	-	35	31 + 3	4	8
HUANCAVELICA	-	17	16 + 2	1	4
HUANTA	-	5	4	1	2
JAUJA	-	8	6	2	3
LA MERCED	-	16	11	5	7
LA OROYA	-	12	10 + 2	2	3
SAN RAMON	-	6	6	-	-

TARMA	-	20	19 + 2	1	1
PAMPAS	-	3	1	2	2
+HUANUCO	90	44	40 + 4	4	-
CERRO DE PASCO	-	19	16 + 2	3	3
AUCAYACU	-	3	-	3	-
TINGO MARIA	-	24	21 + 2	3	5
+ICA	140	50	45 + 4	5	-
CHINCHA	-	28	16 + 2	12	12
NAZCA	-	16	12 + 2	4	5
PISCO	-	40	27 + 2	13	12
S.JUAN DE MARCONA	-	5	3	2	3
PALPA	-	1	1	-	-
+IQUITOS	120	119	106 + 4	13	-
CABALLOCOCHA	-	1	1	-	-
+JULIACA	100	41	37 + 3(-)	1	-
AZANGARO	-	3	-	3	1
HUANCANE	-	3	-	3	1
ILAVE	-	-	-	-	1
PUNO	-	42	38 + 3(-)	1	-
AYAVIRI	-	6	4	2	1
YUNGUYO	-	5	1	4	-
EDX-LIMA	722	587	471 + 7(-)	109(X)	-
BARRANCA	-	8	8	-	4
CHANCAY	-	4	4	-	2
HUACHO	-	46	28 + 2(-)	16	5
HUARAL	-	27	9	18	3
PARAMONGA	-	3	3	-	1
SUPE	-	4	4	-	-
CAÑETE	-	16	16	-	-
CHOSICA	-	1	1	-	L.F.
SICAYA	-	1	1	-	-
LURIN	-	1	1	-	-
QUILLABAMBA	-	17	15 + 2(-)	-	-
PASAJE PIURA	-	1	- + 1(-)	-	-
INDEPENDENCIA	-	4	- + 4(-)	-	-
SAN BORJA	-	2	2	-	-

(X).- POSICIONES TELEX O TRONCALES

+LIMA I	500	499	454	45	-
CHOSICA		1	1	-	L.F.
PASAJE PIURA			+ 12	-	-
M. MAYORISTA			+ 1	-	-
MIRAFLORES			+ 6	-	-
AV. BOLIVIA			+ 1	-	-
LAMPA			+ 13	-	-
BARRANCO			+ 2	-	-
CHORRILLOS			+ 1	-	-
PUEBLO LIBRE			+ 4	-	-
M. INTERIOR			+ 1	-	-
CORREOS			+ 1	-	-
JESUS MARIA			+ 1	-	-
FONOGRAMAS			+ 1	-	-
T. CARDENAS			+ 6	-	-

COMAS			+ 2	-	-
+LIMA II	420	410	370	40	-
LURIN	-	1	1	-	-
PUENTE PIEDRA	-	3	3	-	-
CONTAMANA	-	5	5	-	1
FIORI	-	1	1	-	-
+PIURA	260	117	91 + 4	26	-
PAITA	-	23	20 + 1	3	7
SULLANA	-	19	15 + 2	4	6
TALARA	-	61	50 + 2	11	28
TUMBES	-	30	29 + 3	1	-
AGUAS VERDES	-	4	3	1	1
CHULUCANAS	-	3	-	3	-
BAYOVAR	-	3	-	3	-
+PUCALLPA	70	70	63 + 3	7	-
+SAN ISIDRO I	500	500	434	66	-
+SAN ISIDRO II	300	300	123	177	-
+TACNA	70	70	62 + 4(-)	4	-
+TARAPOTO	100	50	40 + 2	10	-
JUANJUI	-	5	4	1	2
MOYOBAMBA	-	14	10 + 2	4	3
YURIMAGUAS	-	15	10	5	5
RIOJA	-	6	1	5	5
SAPOSOA	-	4	1	3	-
TOCACHE	-	6	4	2	6
+TRUJILLO	180	117	113 + 7	4	-
CAJAMARCA	-	25	24	1	3
CHEPEN	-	10	9	1	1
GALLITO CIEGO	-	2	1	1	2
PACASMAYO	-	13	12 + 1	1	7
SALAVERRY	-	8	5	3	-
CASAGRANDE	-	3	-	3	5
OTUSCO	-	2	1	1	-
	4752	3826	137(59)	867	248

(1) CAPACIDAD MAXIMA DE CENTRAL

(2) CAPACIDAD ECUIPADA

(3) ABONADOS EN SERVICIO TELEX, TG.

(4) POSICIONES TELEX DISPONIBLES

(5) DISPONIBILIDAD DE CANALES PARA ABONADOS TELEX

(+) CENTRALES DE TELEX, EL RESTO SON ABONADOS INTERURBANOS

(-) POSICIONES TG INTEGRADAS A CENTRALES TELEX

Fuente: Gerencia de Telex y Telegrafía Entel Perú

El proyecto mostrado en la fig. 4.1 incluye la utilización de veinte canales telex dedicados alquilados a Entel Perú. Se dijo anteriormente que el costo por servicio telex es de I/. 80,000.- mensual por lo que el IGP deberá invertir por mes I/.1'600,000 (costos a noviembre de 1988).

Puesto que es necesario -debido a la presencia de ruido- instalar sismómetros en lugares un tanto alejados de la ciudad, la transmisión de señales sísmicas hacia el local de Entel Perú puede ser hecha mediante enlace de radio para lo cual se utilizaría los equipos telemétricos de propiedad del IGP y que fueron detallados en el cap. II. En el local de Entel se instalaría el equipo receptor el cual incluye los discriminadores, en cuya salida se tiene señales sísmicas en rango de frecuencias de voz las que son aplicadas al equipamiento de Entel (MUX 1 de la fig. 4. 7) para ser enviadas a Lima como se explicó anteriormente. Esta alternativa no implicaría mucha inversión puesto que se emplearía equipamiento que ya tiene en parte el IGP. La segunda alternativa es tender un cable telefónico desde el local donde se encuentra el equipamiento de Entel Perú que realiza el multiplexaje de canales telex, hasta el lugar de instalación del sismómetro, esto implica una inversión adicional a la prestación del servicio puesto que se tendría que pagar el costo de cada instalación. Como referencia, la línea telefónica que Entel alquila en forma exclusiva al IGP para la transmisión de señales sísmicas en Chiclayo tiene un costo de I/.40,000 mensual al mes de noviembre de 1988 (ref. Dirección de Servicios Técnicos IGP). A esto se adiciona la presencia de ruido que se

induce en la línea telefónica lo cual provoca una transmisión - de señal sísmica ruidosa.

Lo deseable, tanto para evitar la presencia del ruido como la instalación de mucha infraestructura previa para el tendido de línea telefónica e incluso para evitar realizar el enlace radioeléctrico mencionado, es instalar sismómetros en lugares - cercanos a la estación terrena (por ejemplo) dentro de un radio de cien metros, de modo que se haga un tendido de cable telefónico desde el sismómetro hasta el equipamiento de la estación - terrena para realizar la transmisión. Esto es factible puesto que la ubicación de una estación terrena es en lugares alejados de fuentes de ruido y que es el caso también de la instalación de estaciónes sísmicas. Debido a que el equipamiento de microondas o VHF/UHF normalmente está ubicado en plena ciudad, se tiene que implementar lo ya indicado: radioenlace entre estación sísmica y local de Entel Perú. En algunos casos sería - necesario modificar las estaciones telemétricas existentes y en otros se debe adquirir equipamiento moderno, esto de acuerdo a la implementación progresiva del proyecto.

Para la transmisión de las señales sísmicas desde el local de Entel Perú (Jr. Washington) hasta el Laboratorio de Camacho y dado que se tiene un total de veinte canales telex (señales sísmicas), estos pueden ser multiplexados en el ancho de la banda del canal telefónico para su transmisión de manera que - en Camacho sean demultiplexados (usando discriminadores), registradas y procesadas directamente por el computador. Si en el futuro el proyecto de la fig. 4.1 es ampliado, se necesitará

disponer de otra línea telefónica así como de circuito multiplexor y discriminador.

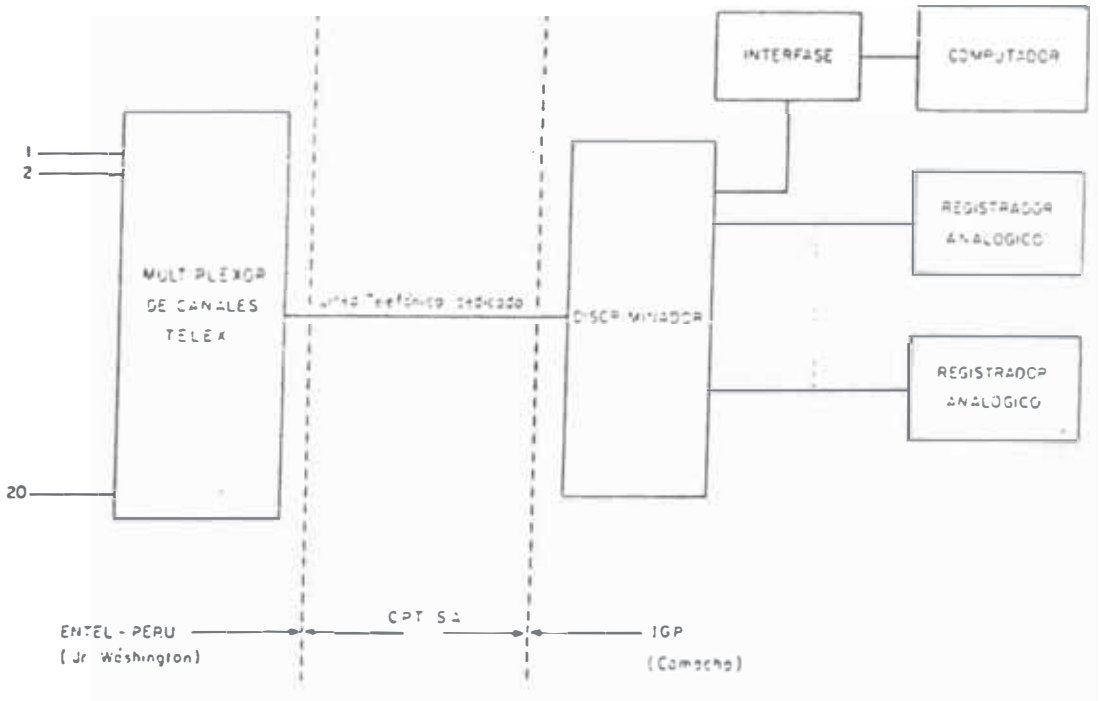

Fig. 4.11 Esquema de Transmisión de Señales Sísmicas usando Línea Telefónica

El diseño de multiplexor de canales telex puede formar parte de un programa de desarrollo que el IGP debe realizar, el principio del funcionamiento de dicho bloque está mostrado en la figura 2.9.

El alquiler de una línea telefónica dedicada en Lima es de I/.40,000 mensual (línea usada por el IGP para las señales sísmicas transmitidas desde Chiclayo)(ref. DST-IGP- Nov. 1988). Por lo tanto, el costo de implementar el proyecto de la fig.4.1, considerando tan solo la prestación de servicio de telex y el alquiler de línea telefónica en Lima es: I/.1'640,000.

En los siguientes cuadros 4.6, 4.7, se presentan los costos aproximados de implementación de las alternativas - indicadas, así como las necesidades requeridas en cada caso.

Cuadro 4.6.- Costos Alternativa 1: Transmisión de Señales - Sísmicas en canales telex con enlace radioeléctrico estación sísmica - estación Entel.

Número de Canales Telex	Costo Por Canal (Servicio)	Costo Linea Telefónica (Lima)	Gasto Total
20	I/.80,000	I/.40,000	I/.1'640,000

Requerimientos: Equipamiento para enlace radioeléctrico (el IGP ya cuenta con algunos de ellos) Multi-- plexor, Demultiplexor en Lima (Ver fig. 4.11)

Cuadro 4.7.- Costos Alternativa 2: Transmisión de Señales - Sísmicas en canales telex.
Enlace estación sísmica - estación Entel median te cable telefónico

Número de Canales Telex	Costo Por Canal (Servicio)	Costo Linea Telefónica (Local)	Costo Linea Telefónica (Lima)	Gasto Total
20	I/.80,000	I/.40,000*	I/.40,000	I/.2'440,000

* Costo por Linea

Requerimientos: Instalación de infraestructura para tendido de cable telefónico (postes, etc).
Multiplexor, Demultiplexor en Lima (ver fig. 4.11)

De los cuadros 4.6 y 4.7, así como de lo explicado en

relación a los niveles de ruido y otros aspectos más concluímos de que la alternativa técnica-económica más recomendable es la Alternativa 1 (Cuadro 4.6).

Los costos del cuadro 4.6 pueden ser significativamente reducidos mediante convenios con instituciones que prestan apoyo para la transmisión de las señales sísmicas como por ejemplo Entel Perú y Petro Perú y que en el caso de Entel ya se ha hecho efectivo para la transmisión de señales desde Chiclayo hacia Lima en el cual el costo por servicio es nulo. Además se deben continuar los convenios con otras instituciones tales como Electro Perú, que hagan posible la instalación y operación de redes sísmicas locales con fines de ingeniería u otros.

En el cuadro 4.7 se presentan de modo sintetizado los costos que implica el mantener operativa la red telemétrica (ver cuadro 4.1) y el costo total de las estaciones temporales para las que consideramos una cantidad de 15 estaciones operativas y cuyo monto fué referido en el cuadro 4.2.Asimismo, se incluye el costo que significa el implementar el presente proyecto y que se mostró en el cuadro 4.6. Tales cantidades están anualizadas al mes de Noviembre de 1988.

Cuadro 4.7.- Costos comparativos anuales al operar estaciones telemétricas y temporales- con el proyecto mostrado en la fig.4.1.

Costo anual red telemétrica	I/.6'686,400
Costo anual alquiler línea telefónica en Chiclayo	I/. 480,000
Costo anual alquiler línea telefónica en Lima	I/. 480,000
Costo total anual red telemétrica	I/.7'646,400
Costo total anual estaciones temporales (15 estaciones)	I/.14'685,000
COSTO TOTAL ANUAL RED SISMICA	I/.22'331,400
COSTO TOTAL ANUAL PROYECTO RED SISMICA	I/.19'680,000

Costos a Noviembre de 1988.

Fuentes: Dirección de Servicios Técnicos IGP.

Gerencia de Telex y Telegrafía Entel Perú.

CONCLUSIONES

Del estudio realizado y debido a la importancia de tener información sísmica en tiempo real que posibilite el monitoreo rápido y eficaz de los eventos sísmicos así como a la problemática existente en la operatividad de la red sísmica nacional y a los altos costos que significa mantenerla operativa es que se plantea un nuevo diseño de la red. Para ello y de acuerdo a lo expuesto es que se debe usar la infraestructura instalada de telecomunicaciones de otras instituciones como Entel Perú y Petro Perú.

La instalación de sismógrafos debe ser en lugares de bajo ruido, preferentemente cercanos al equipamiento de Entel Perú (p. e. estación terrena) en cuyo caso será necesario llevar la señal sísmica mediante cable telefónico directamente al equipo de transmisión. El sismómetro (y equipo necesario) deberá estar en lugares no alejados de la estación terrena dentro de un radio de cien metros. Será necesario instalar en algún caso postes para el tendido de la línea.

En lugares en los que no se tenga estación terrena sino por ejemplo equipo de microondas cuya ubicación normalmente es en plena ciudad se realizará enlace radioeléctrico entre el lugar de instalación del sismómetro y el local de Entel. El estudio de los diferentes enlaces puede ser motivo de Tesis considerando las características propias de cada lugar, específicamente el índice de refracción y su geo

grafía entre otros.

Estas implementaciones así como el servicio brindado por Entel Perú y la transmisión de las señales sísmicas en Lima vía la Compañía Peruana de Telefonos fueron desarrolladas y comparadas técnica y económicamente, optándose éstas por ser las más adecuadas a las necesidades del IGP.

Los costos de utilizar la infraestructura de Entel Perú pueden ser reducidos significativamente mediante la firma de convenios de manera que el proyecto presentado sea implementado y así mejorar la calidad de la señal sísmica transmitida y lograr una adecuada determinación de los parámetros hipocentrales y focales de un evento sísmico.

Técnicamente es posible transmitir señales sísmicas dentro del ancho de banda de canal telex si es que se realiza una conexión punto a punto sin hacerlo a la central de conmutación local. Esta condición es importante para que el equipamiento de multiplexaje - de canales telex asuma que lo que está ingresando a su circuito es una señal telex, siendo en realidad una señal sísmica.

La implementación del proyecto implica a su vez el desarrollo - de otros proyectos complementarios que posibiliten la capacitación permanente de los técnicos e ingenieros del IGP de modo que se establezca una menor dependencia tecnológica del extranjero y una disminución de costos de los equipos incluyendo por supuesto la óptima - operatividad del sistema desarrollado.

REFERENCIAS

- CONNOR F.R., 1974 - *Señales y Modulación*
  Labor. 1974.

- CHANG M., 1983 *Installation et étalonnage d'une station sismologique longue-période a Rennes. Acquisition et traitement du signal: aplication au séisme de Coalinga (California) du 2 Mai 1983.*
  Tesis de Doctor en Ingenieria. Universidad de Rennes - Francia.

- ENTEL PERU S.A., 1987.- *Memoria 1987*

- GUTENBERG B. and RICHTER C.F., 1956.- *Earthquake Magnitud, Intensity Energy and acceleration.*
  Bulletin Seismic Society American, 46, 105-145.

- GLOBER P. and RINEHART W.A., 1983.- *Catalog of seismogram archives.*
  National Geophysical Data Center, Boulder Co. USA.

- KINEMETRICS, 1983.- *Manual de Estación Sísmica Telemétrica.*

- KINEMETRICS, 1985.- *Manual de Acelerógrafo DSA-1*

- KISSLINGER C., 1967.- *Lecture notes on seismological instrumentation*
  International Institute of Seismology and Earthquake Engineering, Tokio, Japan
  Pag 1-7, 57-61.

- LAGOS P., 1988.- *Climasat.*
  Centro de Prevención Climática - IGP

- MANUEL OF SEISMOLOGICAL OBSERVATORY PRACTICE, 1979.- *World Data Center A for Solid Earth Geophysics Report SE-20. P.L. Willmore Ed. U. S. Depart. of Commerce NOAA.*

- MARTIN J., 1978.- *Satellite Communication Systems.*
  Prentice- hall Inc. Englewood Cliffs, N.J.

- NEC, 1986.- *Sistema Multiplex de onda portadora N 50005*

- OCOLA L., 1983 *Engineering Aspects of Seismological Studies in Perú*
  Earthquake Information Bulletin. Vol 14, Num. 1, pag. 33 - 38.

- PETROPERU, 1985.- *Sistema Integral de Telecomunicaciones de Petro Perú*

- RODRIGUEZL. y VASQUEZ M., 1987.- Problemas asociados a la determinación hipocentral. Optimización ICP.

- SPRENGNETHER, 1982.- MEQ-800 Instruccion Manual Sprengnether Instrument Co. Inc.

- TAUB H. and SCHILLING D., 1971.- Principles of Communication System. Mc Graw-Hill, Inc. pag. 107-109, 311-313

- USGS, 1985.- Distribution of global Seismic Data and information bulletins. USGS National Earthquake Information Center

- VELASQUEZ A.a, 1986.- Tecnología Satelital al servicio de las áreas rurales en el Perú. DOC.AIN -054-86- TC/ENTEL.

- VELASQUEZ A.b, 1986.- Audioteleconferencia: un medio efectivo de capacitación a distancia II Reunion especializada sobre recursos humanos. DOC AIN - 060-86.

- VELASQUEZ A.c, 1986.- Apuntes del curso: Sistema de Comunicación Vía Satélite. Escuela de Post-Grado FIEE - UNI.

- VELASQUEZ A.d, 1987.- Apuntes del Curso: Telecomunicaciones y Desarrollo. Escuela de Post-Grado FIEE- UNI.