

Universidad Nacional de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA
MECÁNICA Y ELÉCTRICA



Titulación Profesional Extraordinaria

TRABAJO PROFESIONAL

Para optar el Título de Ingeniero Electrónico

Daniel Juan Llamas Montoya

LIMA - PERU

1 9 8 3

GRATITUD:

A mis adorados padres GREGORIO e IDA
fuente inagotable de amor y razón de
todo mi existir.

A mis hermanos Ings. IVAN, RAUL, MILTON
Psicóloga ISABEL LLAMAS.

A mi esposa MARIA ANGELA

A mi hija PAMELA JESSICA.

RECONOCIMIENTO:

A los Sres. Catedráticos y Asesores
por la invaluable orientación pro-
fesional que supieron brindarme.

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LA RED TELEMETRICA SISMICA

INTRODUCCION:

CAPITULO I:

- Descripción general de la Red Telemétrica Sísmica.
- Estación Sísmica Telemétrica Inicial.
- Estación Sísmica Telemétrica Intermedia.
- Estación Sísmica Telemétrica Central de Recepción y Procesamiento de DATOS.

CAPITULO II:

Descripción y especificaciones Técnicas de los equipos de las Estaciones Sísmicas Telemétricas.

CAPITULO III:

Pautas para la Instalación de una Red Telemétrica Sísmica.

OBSERVACIONES.

INTRODUCCION.

En este texto detallamos cada una de las partes de este tipo de estaciones sísmicas que vienen a integrar la Red Telesísmica, tendida a nivel nacional; con la finalidad de determinar en la brevedad posible el epicentro de los movimientos telúricos, que en muchas ocasiones , varios pueblos han sido azotados con pérdidas de - muchas vidas y grandes pérdidas materiales (esto es debido a que nos encontramos en una zona de gran actividad sísmica). Luego de de terminado el epicentro, se ubica la zona devastada y con la colaboración de Defensa Civil y además con otras entidades se da apoyo a las zonas en mención.

Es por ello que dicha red telemétrica va adquiriendo mayor importancia, por la exactitud de los datos obtenidos en el mismo instante del evento sísmico; y es así como va creciendo más cada vez, a lo largo del territorio nacional; esto es factible con la ayuda de convenios con entidades nacionales e internacionales a los cuales se les presta servicio, en cuanto a la información de la sismicidad de la zona en estudio.

CAPITULO I

Las redes sísmicas telemétricas están constituidas por una etapa inicial; varias etapas intermedias y una - unidad central de recepción y procesamiento de datos.

La operación del sistema telemétrico es de la siguiente manera:

Empezamos con una ESTACION SISMICA TELEMETRICA INICIAL; la cual está constituida por un sismómetro, el cual se encarga de sensar las señales sísmicas, para luego enviar dicha señal a un amplificador de ganancia inicial - de 60 dB. hasta 120 dB. en pasos de 6 dB. ; el cual también tiene incorporado un par de filtros que son un pasa altos y un pasa bajos que como resultado nos da un pasa banda; este filtro normalmente se encuentra entre 0.2 Hz y 10 Hz. La señal que sale de esta etapa pasa hacia un VCO (oscilador controlado por voltaje), el cual tiene un nivel de sensibilidad de entrada, dependiendo ello de la señal proporcionada por el amplificador.

Este VCO tiene una frecuencia central de operación la cual depende del nivel de entrada para que de esta manera pueda oscilar entre + 125 Hz. y - 125 Hz.; además este oscilador controlado por voltaje nos proporciona una salida regulable, dependiendo del nivel de señal que

se requiera para aplicársele al transmisor de VHF, el -
cual es modulado en frecuencia y nos proporciona una po-
tencia de salida de 500 mW. y con la ayuda de un cable
coaxial RG-8/U y una antena Yagi podemos salir al aire
para llegar hasta la siguiente ESTACION SISMICA TELEMET-
TRICA INTERMEDIA, la cual está constituida por los mis-
mos componentes de la estación inicial con la inclusión
de un mezclador y un receptor; puesto que hasta este pun-
to llega la señal de la estación inicial, la cual es cap-
tada por el receptor de la frecuencia correspondiente, -
encargándose este de demodular y proporcionárnosla para
así llegar al multiplexer y mezclarla con la señal corres-
pondiente de la estación. Las señales ya sumadas se apli-
ca al transmisor para que module en FM a la portadora de
RF; para luego enviarse esta señal hacia las otras esta-
ciones intermedias y poder llegar hasta la ESTACION SIS-
MICA TELEMETRICA CENTRAL DE RECEPCION Y PROCESAMIENTO DE
DATOS; En este punto se tiene un receptor y los discrimi-
nadores respectivos a los VCO de cada una de las estacio-
nes sensoras de datos sísmicos, puesto que del receptor
extraemos la información de todas las estaciones , ellas
se encuentran sumadas ; y como este conjunto de señales
son aplicadas a las entradas de los discriminadores, es-
tos se encargan de extraer su propia frecuencia, la cual
a su vez sufre una segunda demodulación y es cuando obte-
nemos la señal idéntica a la del transductor (sismómetro
Luego esta señal es aplicada al amplificador que tiene -

las mismas características del que se encuentra en el campo, con la diferencia de que este tiene un amplificador de potencia adicional a la salida ya que necesitamos activar el pen motor (es un sistema de transducción de energía eléctrica en energía mecánica), y darle niveles de máxima deflexión a esta aguja de grabación.

Además en esta estación principal tenemos un sistema de tiempo de reloj, el cual nos proporciona la hora exacta ya que tiene una precisión muy buena y es por ello que también se extrae una frecuencia de 50 Hz para accionar a los motorcitos de traslación y rotación, este accionamiento se logra a través de un driver.

De este sistema de tiempo también se extrae los pulsos de horas y minutos, para inyectarse a los sismogramas y así facilitarle la labor a los analistas de sismogramas.

También tenemos un receptor de la WWV, la cual es la hora universal, este se encarga de recepcionarnos dicha hora para aplicársele a los sismogramas, cuya finalidad es constatar la hora correcta de operación de nuestro sistema de tiempo

Como todo equipo electrónico necesita alimentación o energía eléctrica; para lo que tenemos un banco de baterías y que en el caso de las estaciones de campo se cargan permanentemente con celdas solares y la estación principal recibe carga de un conversor de AC a DC.

Toda esta Red sísmica Telemétrica, cumple con una finalidad muy importante, la cual es proporcionarnos registros sísmicos de puntos muy alejados en un mismo instante.

CAPITULO II

Para un buen entendimiento de lo que hace cada una de las estaciones con sus respectivos equipos operando se hace un estudio detallado de los mismos y pasamos a describirlos como sigue:

PARTES DE LA PRIMERA ESTACION SISMICA TELEMETRICA.

- 1.-Sismómetro.
 - 2.-Pre-amplificador.
 - 3.-Filtros.
 - 4.-Amplificador.
 - 5.-Oscilador controlado por voltaje (VCO).
 - 6.-Línea de transmisión (L:T:) RG-8/U de transmisión y recepción.
 - 7.-Transmisor (Tx).
 - 8.-Antena de transmisión.
 - 9.-Celdas solares.
 - 10.-Baterías recargables.
- Ver figura N° 1.

PARTES DE LA ESTACION SISMICA TELEMETRICA INTERMEDIA.

- 1.-Sismómetro.
- 2.-Pre-amplificador.
- 3.-Filtros.
- 4.-Amplificador.
- 5.-Oscilador controlado por voltaje (VCO).
- 6.-Línea de transmisión (L:T.) RG-8 de transmisión

y de recepción.

7.-Transmisor (Tx).

8 .-Antena de recepción y de transmisión.

9 .-Celdas solares.

10.-Baterías recargables.

11.-Receptor (Rx).

12.-Mezclador.

Ver figura No 2.

PARTES DE LA UNIDAD CENTRAL DE RECEPCION Y PROCESAMIENTO
DE DATOS SISMICOS.

6.-Línea de transmisión (L.T.)- RG-8.

8 .-Antena de Rx.

11.-Receptor (Rx).

13.-Discriminadores.

14.-Amplificadores.

15.-Filtros.

16.-Registradores.

17.-Reloj.

18.-Radio receptor de la WWV.

19.-Fuente de alimentación para cargar baterías.

Ver figura No 3.

Descripción de cada una de las partes mencionadas -
anteriormente:

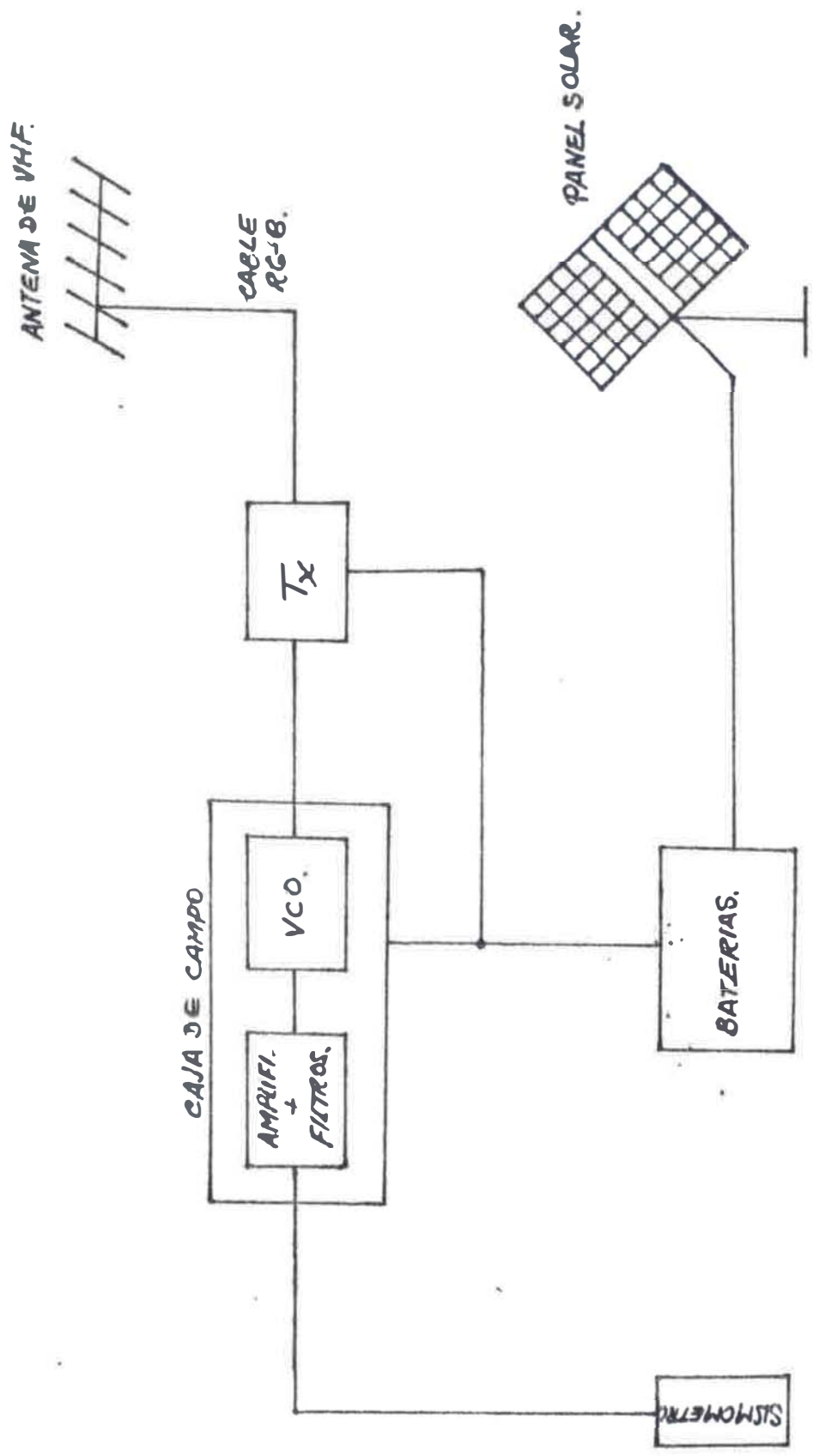


FIGURA Nº 1 ESTACION SISMICA TELEMETRICA INICIAL.

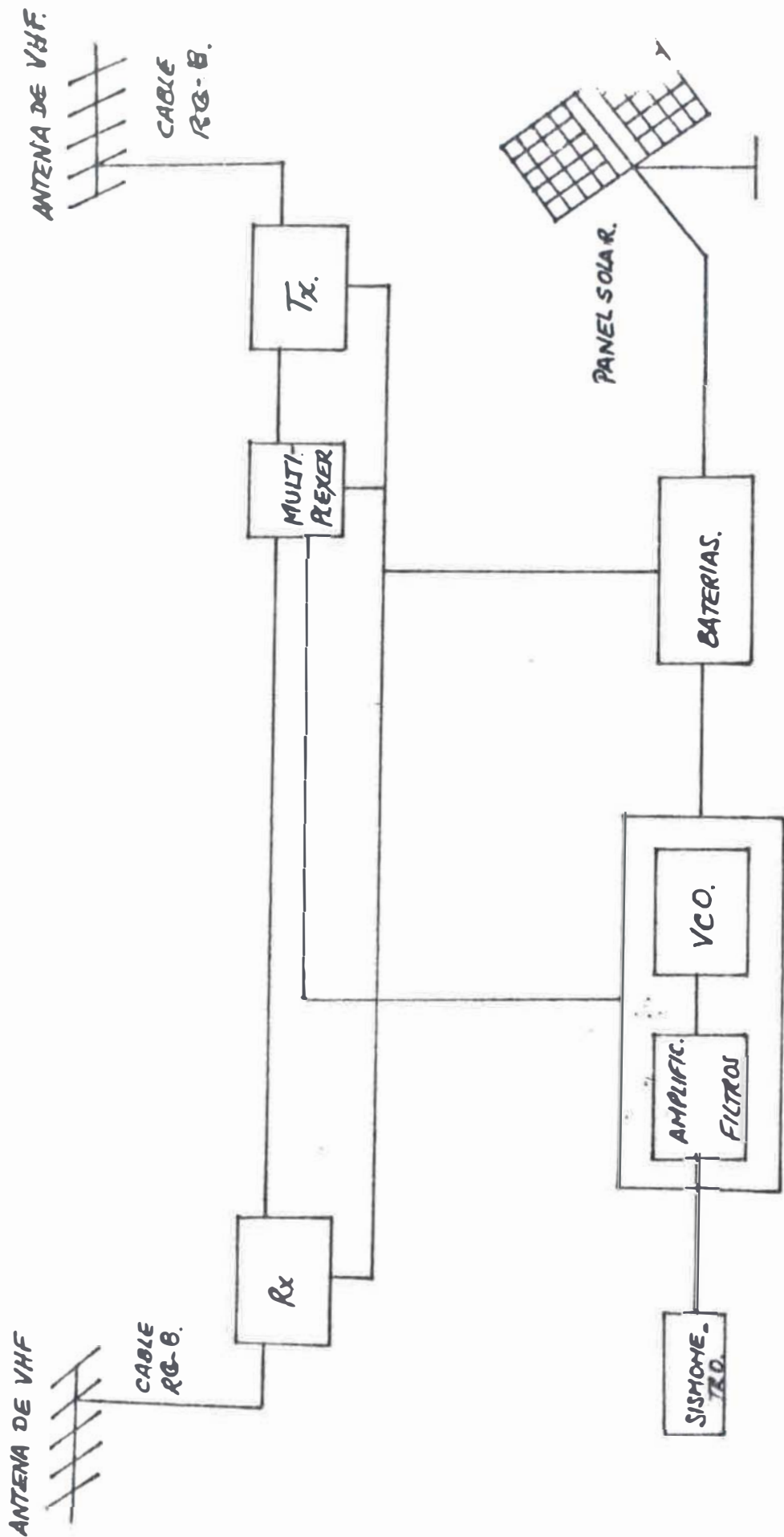


FIGURA N° 2 . ESTACION SISMIICA TELEMETRICA INTERMEDIA.

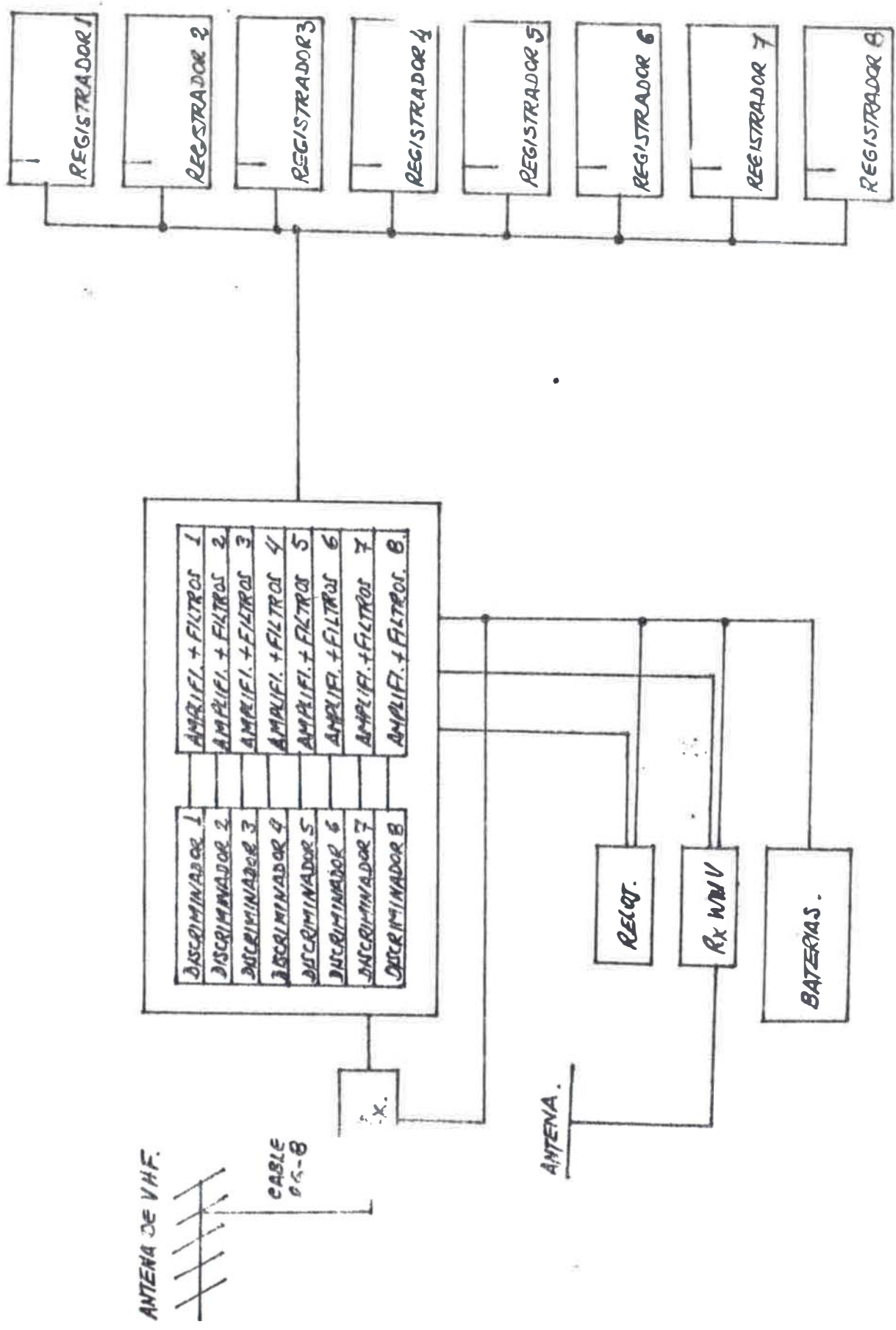


FIGURA N°3 ESTACION SISMICA TELEMETRICA CENTRAL.

1.-SISMOMETRO.

Es el transductor de movimientos terráqueos en energía eléctrica, cuya señal de salida es proporcional a la velocidad y aceleración de la tierra, las cuales son obtenidas a través de pines ubicados en su conector; las salidas son de baja impedancia, por lo que se necesita una resistencia externa para acoplársela con el amplificador; el valor apropiado de la resistencia es hallado en nuestro laboratorio y es inherente a cada transductor dependiendo de las características propias de cada uno de ellos.

Además tiene una bobina auxiliar interna para la calibración del transductor, así como la de todo el sistema completo.

Existen sismómetros para ser usados en posición vertical y es el más común; también los hay para ser usados en posición horizontal, los cuales deben ser orientados según las coordenadas magnéticas ya sea N-S ó E-O; existen también transductores que pueden operar en cualquier posición como es el caso específico del S-500.

Otra característica de estos transductores es que -- pueden ser de periodo largo o de periodo

Principio de operación del S-500.

Este es un sismómetro de periodo corto, el cual se usa para rangos desde 1 Hz. a 100 Hz. ; generalmente se le usa en posición vertical, pero también puede ser usado en posición horizontal o en cualquier otra posición.

El elemento básico del sismómetro es una masa suspendida por un resorte y un sensor que transduce el movimiento de esta masa; la salida del sensor es amplificada y filtrada internamente, produciendo señales de velocidad y aceleración, siendo las frecuencias extremas desde 1 Hz. a 100 Hz.

La frecuencia resonante del sistema masa-resorte es similar al de un instrumento pasabanda, ello se demuestra con las figuras Nº 4,5 y 6.

Este sismómetro contiene un calibrador electromagnético que consiste en una espira montada alrededor de la masa del instrumento; a la cual se le hace atravesar una corriente eléctrica para controlar las unidades mecánicas, sensor y electrónica. La constante de la bobina de calibración se encuentra estampada en la etiqueta de cada instrumento.

Para determinar la amplitud equivalente al desplaza-

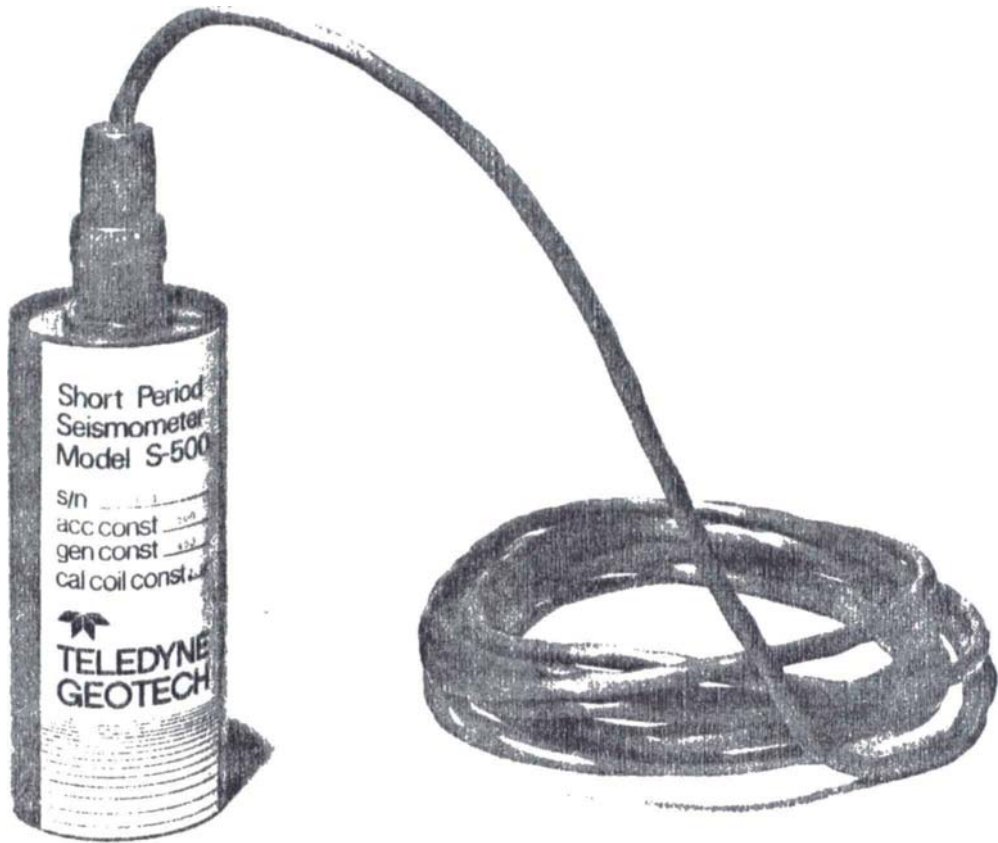


FIG. # 4. SISMOMETRO S-500

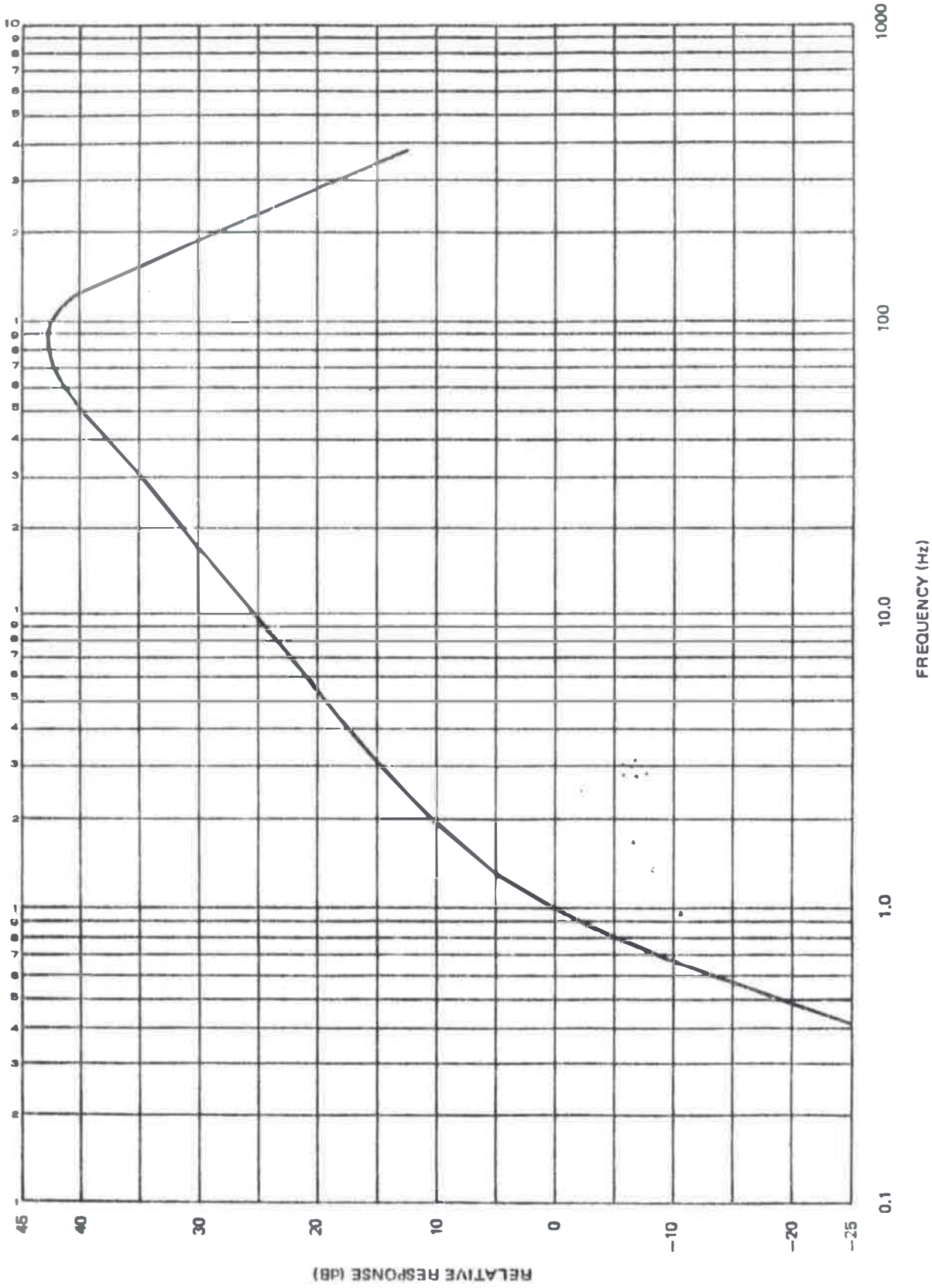
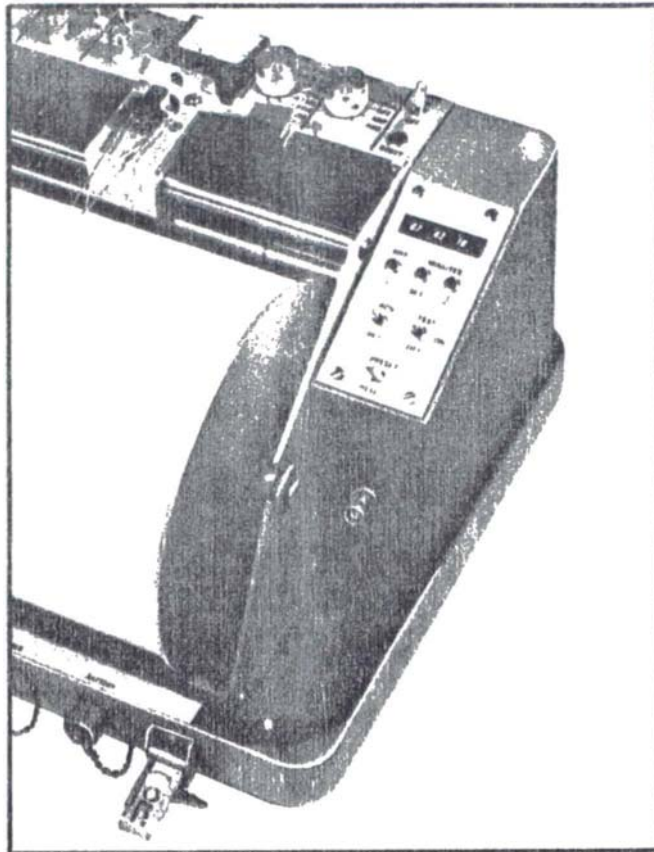


FIG. # 5. Response of velocity channel to constant displacement

G 9865



TS 400

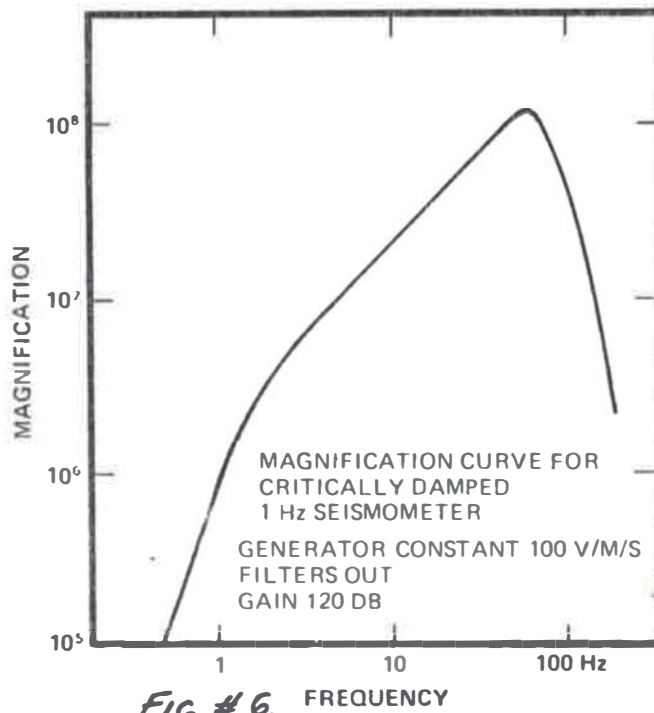


FIG. # 6.

miento de la tierra se usa la siguiente fórmula:

$$Y = \frac{K i}{4 \pi^2 f^2}$$

donde:

Y es el equivalente al movimiento de la tierra en metros.

K es el factor de calibración en $\frac{m}{\text{Amp. seg}^2}$

f es la frecuencia de la señal de calibración en Hz

i es la corriente a través de la espira de calibración en Amp. (máxima corriente = .15 Amp.).

Si i es medida en Amp. pp entonces Y estará en m pp.

Si i es medida en Amp. rms entonces Y estará en m rms.

Para determinar la aceleración equivalente de la tierra se hace uso de la siguiente fórmula:

$$a = \frac{K i}{9.8} g$$

donde:

a es el equivalente de la aceleración de la tierra en g's.

donde $g = 9.8 \text{ m/seg}^2$

i es la corriente a través de la espira de calibración en Amp. (máxima corriente = .15 Amp.).

K es el factor de calibración en $\frac{m}{\text{Amp. seg}^2}$

Si i es medida en Amp. cero a pico entonces la aceleración estará dada en g de cero a pico.

si i es medida en Amp. rms entonces la aceleración estará en g rms.

Algunas características de operación del S-500.

Respuesta en frecuencia.

Canal de velocidad.- de 1 Hz. a 100 Hz.

Canal de aceleración.- de 1 Hz. a 100 Hz.

Linealidad.

0.1 % de lectura.

Calibración.

Tipo.- electromagnético.

Resistencia de la bobina.- $50\Omega \pm 10\%$.

Sensibilidad.- (K).- 3.0 m/Amp.seg² nominal.

Corriente máx. .- 150 mA.

Polaridad del movimiento en el conector de salida.

Canal de velocidad.- Positivo.

Canal de aceleración.- Negativo.

Impedancia de salida.

Canal de velocidad.- 10Ω

Canal de aceleración.- 10Ω

Resonancia espúrea.

Ninguna debajo de 500 Hz.

Energía requerida.

Voltaje.- ± 12 Vdc. Común. - 12 Vdc.

Corriente.- 2 mA.

Potencia.- 48 mW.

Temperatura de operación.

- 35 C a † 60 C

Temperatura de almacenamiento.

- 55 C a † 70 C.

DETERMINACION DE LA MAGNIFICACION (M) DE UN SISTEMA, U -
SANDO EL SISMOMETRO S-500.

La magnificación del sistema es definido como el resultado por el cual el equivalente al movimiento de la tierra es magnificado, cuando la salida del sistema es grabado.

Dado por:

$$M = \frac{A}{Y}$$

donde:

A es el trazo de la amplitud pp en metros.

Y es el equivalente al movimiento de la tierra en m como:

$$Y = \frac{K i}{4 \pi^2 f^2}$$

entonces

$$M = \frac{4 \pi^2 f^2 A}{K i}$$

donde:

K es el factor de calibración en $m/Amp. seg^2$.

i corriente senoidal pp a través de la espira de calibración en Amp.

f frecuencia de la señal senoidal en Hz.

Magnificación (desplazamiento) = es la relación de la amplitud grabada al desplazamiento de la tierra.

2.-PRE-AMPLIFICADOR.

El pre-amplificador es parte de la etapa de amplificación y está constituido normalmente por un amplificador operacional de precisión; además esta etapa nos proporciona una ganancia de 60 dB.

3.-FILTROS.

La señal saliente del pre-amplificador la pasamos a través de un par de filtros pasa-bajos y pasa-altos, con lo que obtenemos un pasa-banda; esto se hace con la finalidad de seleccionar las señales sísmicas solamente y rechazar las señales espúreas; como son las ocasionadas por los vientos, el paso de objetos móviles, etc.

Estos filtros son normalmente usados entre los rangos de 0.2 Hz. a 10 Hz.; dependiendo dicho rango de frecuencias, de la zona de trabajo, ya sean tipos de suelos, factores climatológicos.

El filtro pasa-altos tiene las siguientes frecuencias de corte: 0.2, 5 y 10 Hz.

El filtro pasa-bajos tiene las siguientes frecuencias de corte: 100, 30, 10 y 5 Hz.

4.-AMPLIFICADOR.

Es una unidad que varía entre las escalas de amplificación de 60 dB. a 120 dB. de ganancia en pasos de 6 dB.

Los componentes usados en esta etapa son de precisión. En nuestro caso las etapas Pre-amplificador, Filtros y el Amplificador se encuentran incorporados en un mismo módulo con la denominación AS-110 de la SPRENGNETHER.

Este módulo se puede simplificar en el siguiente diagrama de bloques mostrado en la figura No 7.

Las especificaciones técnicas de este amplificador son las siguientes:

Impedancia de entrada diferencial = 100 K

Impedancia de salida = 100

Rechazo al modo común = 100 dB. a 60 Hz.

Ganancia de 120 dB.

Tensión de alimentación \pm 12 Vdc.

Corriente de consumo = 6 mA.

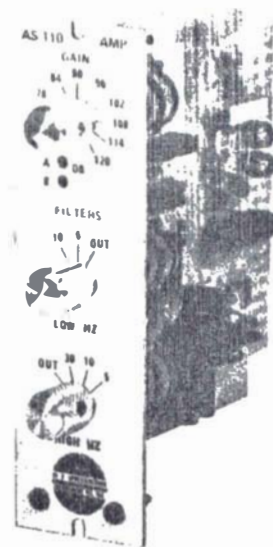
Ver figura No 8.

MANUFACTURERS OF
SEISMOLOGICAL · GEOPHYSICAL · AND · ENGINEERING INSTRUMENTS · 4567 SWAN AVE.



SAINT LOUIS MO 63110 U.S.A.
Telephone: 435-1667
Telex: 51101

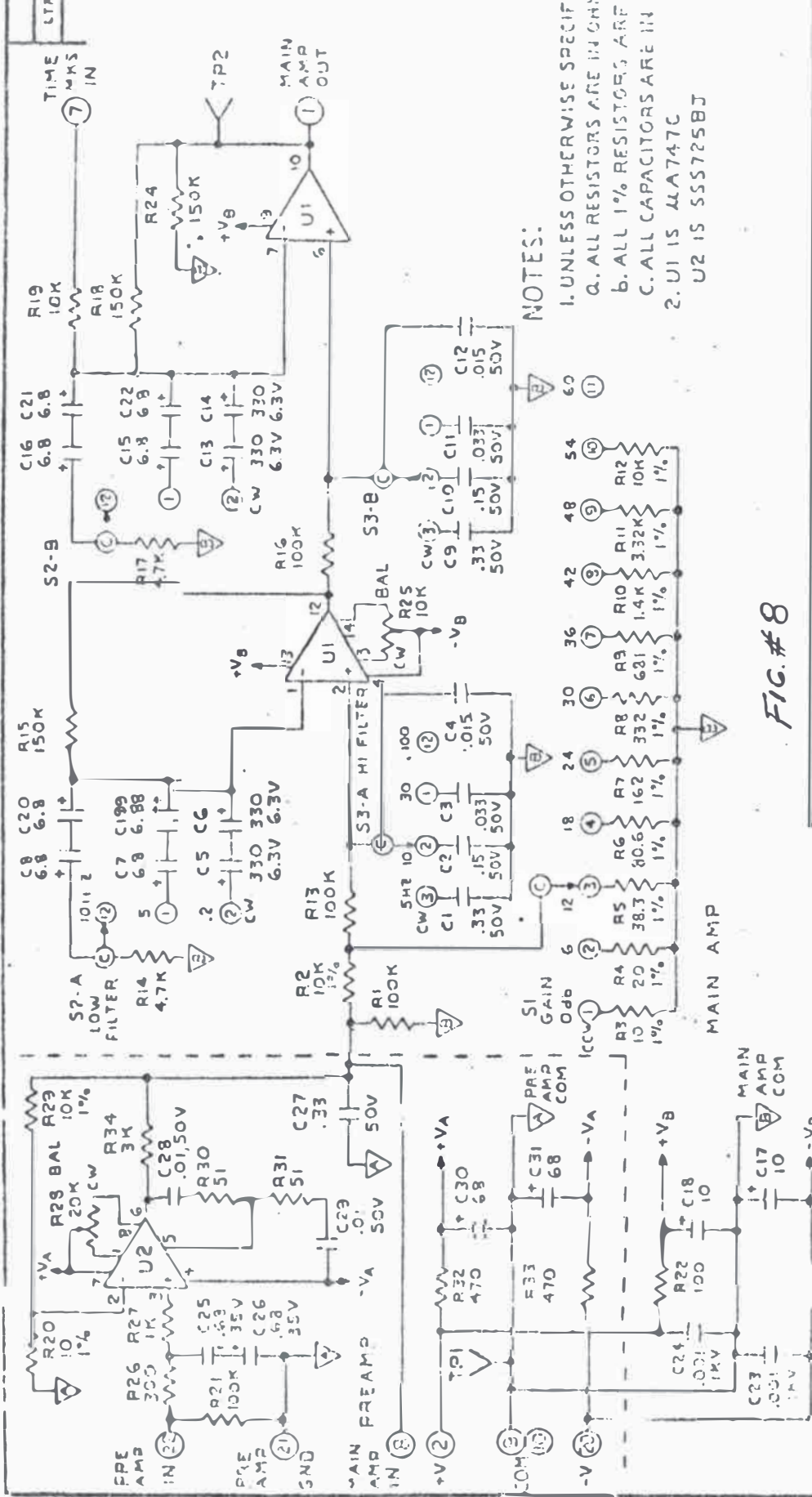
- Variable Gain (60-120dB)
- Low Noise ($< 0.2 \mu\text{V}$)
- 0.2 to 100 Hz
- Selectable Filters



SPRENGNETHER HIGH GAIN AMPLIFIER AS-110

FIG. # 7

REVISIONS		
CTR	UNIT	DATE



NOTES:

1. UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 - a. ALL RESISTORS ARE IN OHMS, 1/4W, 5%.
 - b. ALL 1% RESISTORS ARE 1/8W.
 - c. ALL CAPACITORS ARE IN MF, 16V.
2. U1 IS 44A747C
- U2 IS 55S725BJ

FIG. #8

W. F. SPRINGFIELD INSTRUMENT CO. INC. 4567 SWAN AVE. ST. LOUIS, MISSOURI 63110		DATE: 12-26-64
TITLE: SCHEMATIC-AS110A TELEMETRY AMPLIFIER		SIZE: DRAWING NO. 20E0013
DESIGN: []	CHECK: []	ENG'GS: []
PRODUCT CATEGORY: []		DEVELOPMENT NO. []
MATERIAL: []		REVISIONS: []
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED DIMENSIONS ARE IN INCHES TOLERANCES ARE: DECIMALS .1 INCHES .XXX1 ANGLES		10000022-2 TELEMETRY
REMOVE BURRS & SHARP EDGES R. USE ONLY UNLESS MAX BEST OF SCALE THIS PRINT		DATE: 12-26-64
NO. 10000022-2 TELEMETRY		REV. 1A

5.-OSCILADOR CONTROLADO POR VOLTAJE (VCO).

Este VCO recibe la señal que sale del amplificador, para que dicha señal sísmica nos accione el oscilador controlado por voltaje y tengamos una oscilación alrededor de una frecuencia central que propia del oscilador en uso.

La frecuencia central mencionada cumple la siguiente ecuación:

$$f_{on} = (n+1)340 \text{ Hz.}$$

donde:

$$n = 1, \dots, 8.$$

Esto quiere decir que tenemos un VCO en las frecuencias de 680 Hz., 1020, 1360, 1700, 2040, 2380, 2720 y 3060 Hz.

Nuestro VCO oscila entre -125 Hz y +125 Hz. alrededor de la frecuencia central.

Las especificaciones técnicas del VCO TC-10 SPRENGETHER son:

Impedancia de entrada simple.- 100 K Ω

Impedancia de salida.- 600 Ω

Linealidad.- \pm 0.25 % del total del ancho de banda, de la frecuencia de salida al voltaje de entrada.

Frecuencias centrales.- 680 Hz., 1020 Hz., 1360 Hz., 1700 Hz., 2040 Hz., 2380 Hz., 2720 Hz. y 3060 Hz.

Desviación.- \pm 125 Hz. escala completa; \pm 135 Hz. máximo.

Sensibilidad de desviación con el cambio de temperatura.
= 1 % de la escala completa -18°C a 70°C .

Corrimiento de la frecuencia central.-

= 0.05 % de la frecuencia central sobre las 200 horas de trabajo continuo a una temperatura constante.

Tensión máxima de entrada.- 100 V. en pasos de :

.05; .1; .2; .5; 1; 2; 5; 10
20; 50 y 100 V.

Tensión de salida nominal.- 1 Vrms. nominal en 600Ω

Ahora mostramos el diagrama de bloques del TC-10 en la figura No 9.

Tensión de alimentación.- \pm 12 Vdc.

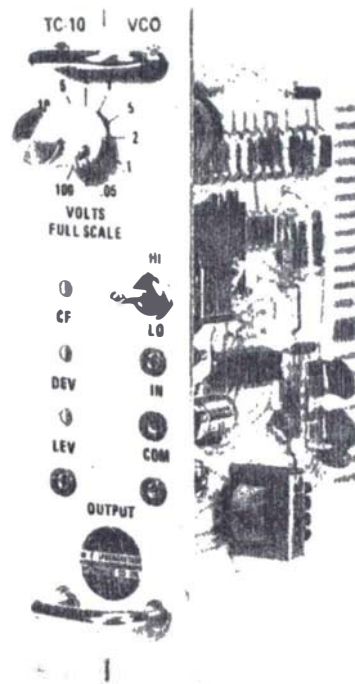
Corriente de consumo.- 15 mA.

El VCO se encuentra en un módulo, con la nomenclatura de TC-10; este módulo y el AS-110 se colocan dentro de una caja de campo, la cual es hermética y tiene como nomenclatura el PTS-1. Esta caja de campo tiene un coneccionado interno para entrelazar las señales de ambos módulos; para sacar e inyectar señales de este PTS-1 se

MANUFACTURERS OF
SEISMOLOGICAL · GEOPHYSICAL · AND · ENGINEERING · INSTRUMENTS · · 4567 · SWAN · AVE ·



· SAINT · LOUIS · MO · 63110 · U · S · A ·
Telephone: 314-535 1682
Cable: SPRENCO



SPRENGNETH

TELEMETRY VCO

TC-10

FIG. # 9.

tienen conectores de entrada y salida.

6.-LINEA DE TRANSMISION (L.T.).

El usado en nuestra instalación es el RG-8; este es un cable coaxial con dieléctrico sólido, el cual presenta un $Z_0 = 50\Omega$ (impedancia característica) y tiene una velocidad de propagación igual a 0.79 y como estamos trabajando entre las frecuencias de 164 MHz. y 218 MHz., nos encontramos en los límites entre 144 MHz. y 220 MHz. los cuales nos dan una atenuación de 6.0 dB./100 pies. y 8 dB./100 pies. respectivamente, por lo tanto en nuestros cálculos trabajamos con 8.0 dB./100 pies. de atenuación.

La potencia límite en la cual podríamos trabajar sería de 125 W. pero nosotros lo hacemos con 500 mW. como máximo.

Los terminales de esta línea de transmisión son del tipo N plug para el Tx., Rx., de igual manera para las antenas.

En cuanto a las dimensiones de los cables usados, son múltiplos de $\lambda/2$ de operación, para evitar la onda reflejada; de igual manera son de la menor dimensión posible, para evitar pérdidas innecesarias.

7.-TRANSMISOR (Tx.).

El Tx. usado en la telemetría opera en el rango de - VHF y es modulado en FM; entre los límites de 164 MHz. a 218 MHz. con una potencia de 500 mW.; cuya estabilidad de frecuencia es de 0.0005 % dentro de un rango de temperatura de operación de - 20°C a + 60°C.

El rechazo a la señal espúrea es mayor que 50 dB. de bajo de la portadora.

Tiene un AGC entre 50 mVpp. a 5 Vpp.

Modulación en frecuencia de 300 Hz. a 3000 Hz.

Distorsión de modulación, menor que 5 % para cualquier condición de operación.

Impedancia de entrada.- 100 K Ω puenteado con un condensador de 30 pF.

Tensión de Alimentación.- de 10 a 15 Vdc.y cuyo consumo de corriente es de 125 mA. cuando se le alimenta con 12 Vdc y se tiene una potencia de salida de 500 mW.

Usa conectores de entrada de 4 pines BENDIX tipo PT02H-4-8P. ; para la salida de RF es uno de tipo N.

Las conexiones en el BENDIX son:

pin A.- - 12 Vdc.

pin B.- entrada de señal.

pin C.- tierra.

pin D.- Tierra.

Descripción somera de las partes del Transmisor EMHISER
RAND INDUSTRIES.

Diodos de protección de polaridad.- Este diodo evita que un error en la inversión de la tensión de alimentación dañe el aparato, ya que este trabaja con +12 Vdc.

Regulador de voltaje.- Este regulador nos proporciona 9Vdc. para aplicársele al oscilador de cristal, también para la polarización de los diodos varactores, ubicados en el modulador de fase.

Este regulador nos da 9 Vdc cuando a la entrada tenemos entre 10 Vdc y 14 Vdc.; está constituido por una fuente de corriente y depende de la energía requerida por el oscilador de cristal y la polarización de los diodos varactores.

Amplificador de la señal modulante y AGC.- La señal del VCO o del mezclador entra al amplificador y AGC.

Este circuito limita la desviación de la frecuencia a ser transmitida, la cual tiene una ganancia aproximada de 500; donde parte de la señal de salida se realimenta para que a la salida nos de 1.5 Vrms. (nominal) y pase al amplificador seguidor.

El amplificador de la modulante y circuito AGC mantiene constante la salida con una entrada que varía desde 50 mVrms. a 1Vrms.

Una señal de 10 Vrms. no daña el transmisor pero si distorsiona la señal modulante.

Es recomendable que la señal de entrada tenga un rango de 50 mVpp a 5 Vpp.

Ecualizador de la modulación y control de la desviación.- El control de la desviación es un potenciómetro de $1\text{ K}\Omega$, conectado a la salida del amplificador de la modulante y AGC.

El potenciómetro regula el nivel de señal para el Ecualizador; el circuito del ecualizador varía la polarización en los diodos varactores en el modulador de fase.

La combinación de la respuesta de las características del ecualizador y modulador de fase resulta una verdadera respuesta en FM para el Tx.

Oscilador de cristal.- La frecuencia de transmisión es controlado por un cristal de cuarzo en una frecuencia fundamental que depende de la frecuencia seleccionada en cada banda.

El oscilador usado en este caso es un COLPITTS.

Se usa compensación de temperatura para la estabilidad de la frecuencia.

Cuando se hace un cambio de canal de frecuencia, entonces es necesario compensar el cristal y el circuito de compensación; así también el condensador de 33 pF. que se encuentra en serie con el cristal. De 33 pF NPO a

33 pF. N5600 para mantener la estabilidad de la frecuencia sobre el rango de temperatura de $- 20^{\circ}\text{C}$ a $+ 60^{\circ}\text{C}$.

Modulador de fase.- El modulador de fase es sintonizado a la frecuencia del cristal. Este emplea un transistor PNP con la base acoplada al oscilador a través de una capacidad de 12 pF.

La tensión que alimenta a los varactores es de 3 V.

Una señal de audio del ecualizador varía la polarización en los varactores, el cual modula la fase de transmisión.

Sintonía de Armónicos.- La salida del modulador de fase es acoplado a la base del primer sintonizado; el colector del primer multiplicador es sintonizado al tercer armónico de la frecuencia del cristal y es acoplado a la base del segundo multiplicador a través de un filtro pasa-banda. El colector del segundo multiplicador es sintonizado al sexto armónico de la frecuencia del cristal y este es acoplado a la base del tercer multiplicador a través de un filtro pasa-banda. El tercer multiplicador es sintonizado al dieciocho armónico de la frecuencia del cristal y es acoplado a la base del amplificador de potencia, llevado a través de un filtro pasa-banda.

Amplificador de potencia.- La señal de 3 mW a la salida del tercer multiplicador es amplificado a 30 mW

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSMISIONES
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLOS
BIBLIOTECA

de aquí pasa al amplificador de potencia donde llegamos a tener una potencia de 500 mW.

Filtro pasa-bajos.- El colector del transistor de potencia es acoplado a un filtro pasa-banda, y este a su vez es adaptado a 50Ω y conectado a la salida de RF.

Ver figuras N^o 10 y 11.

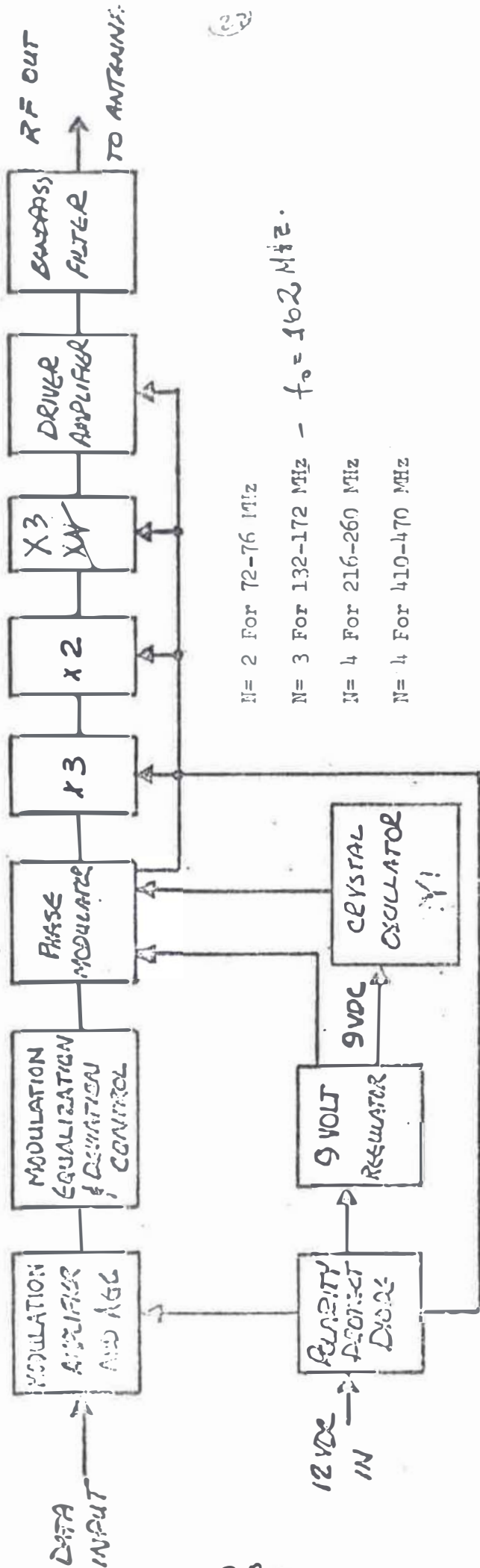
8.-ANTENA DE VHF (YAGI):

Para la transmisión y recepción de nuestras señales sísmicas usamos las antenas Yagi en el rango de VHF. Estas a su vez están constituidas por cinco elementos y un eje principal que actúa como soporte; todos ellos son de aluminio anodizado (tres directores, un dipolo doblado y un reflector), con dicho arreglo obtenemos una ganancia de 8 dB.

Ver figura N^o 12.

Además para un buen acoplamiento de cargas usa un BALUN en paralelo con el dipolo; dicho empalme termina en un acoplador tipo N mate, para ser conectado a la línea de transmisión (cable de bajada o subida ya sea para el receptor o transmisor respectivamente).

Dicha antena es usada opcionalmente ya sea con polarización horizontal o con polarización vertical; ello depende del criterio de la instalación.



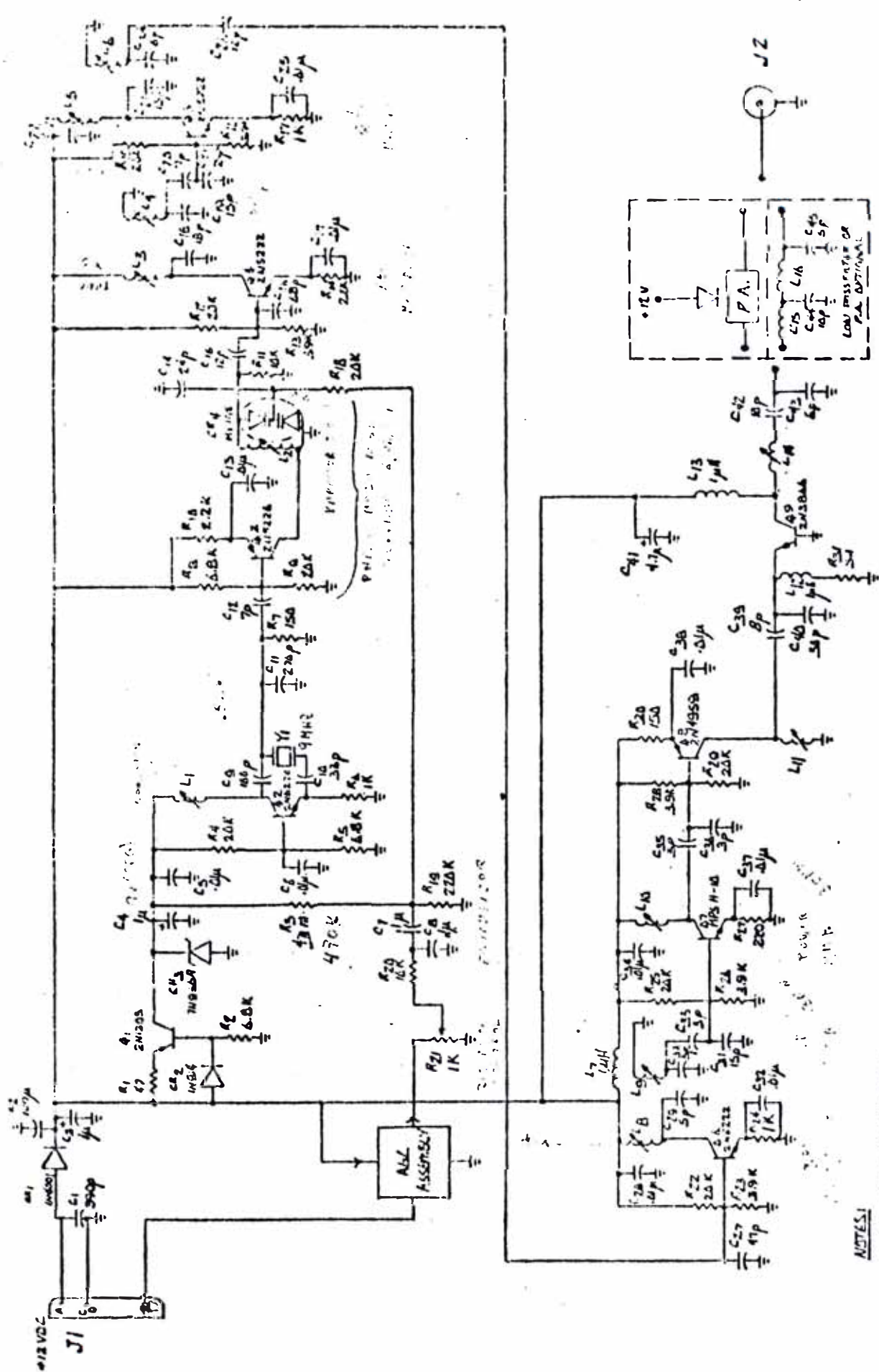
(22)

- N= 2 For 72-76 MHz
- N= 3 For 132-172 MHz - $f_o = 162$ MHz.
- N= 4 For 216-260 MHz
- N= 4 For 410-470 MHz

Y1= 6 MHz for 72-76 MHz band

Y1= 9 MHz for all other bands

FIG. #10 BLOCK DIAGRAM JDT 1000 SERIES DATA TRANSMITTER



NOTES:

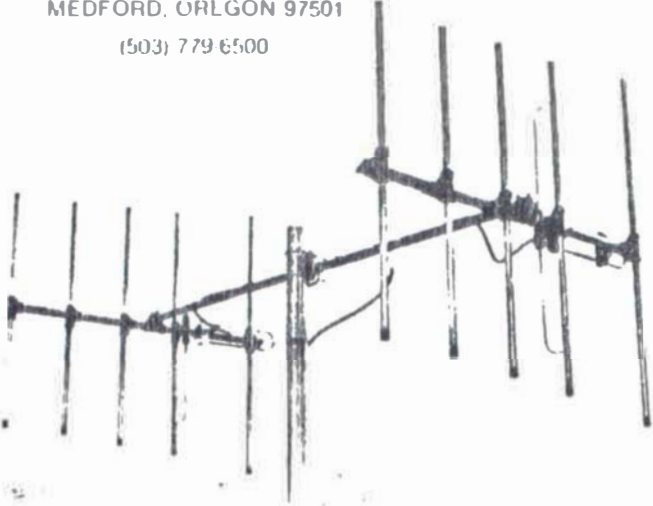
- 1. ALL CAPACITORS IN FARADS
- 2. ALL RESISTORS IN OHMS

FIG. # 11

SCALA ELECTRONIC CORPORATION

POST OFFICE BOX 4580
MEDFORD, OREGON 97501
(503) 779 6500

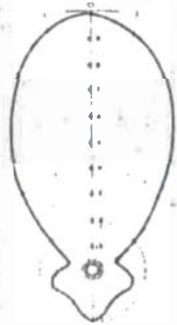
CA5-150 COMMUNICATIONS YAGI



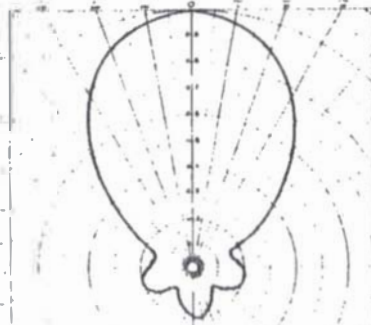
2CA5-150V



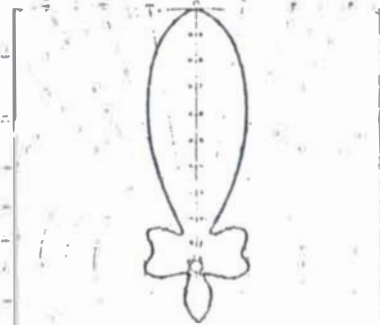
CA5-150H



Scala CA5-150H Yagi
Horizontal Polarization
Horizontal Pattern
(Relative Voltage)



Scala CA5-150V Yagi
Vertical Polarization
Horizontal Pattern
(Relative Voltage)



Scala 2CA-5-150 Yagi Array
Vertical Polarization
Horizontal Stack
Horizontal Pattern
(Relative Voltage)

The Scala CA5-150 is a ruggedized precision five-element yagi designed to meet the requirements of

FIG.# 12.

La antena YAGI fabricada por SCALA presenta las siguientes especificaciones técnicas.

Rango de frecuencias:

150 MHz. a 175 MHz. y

200 MHz. a 220 MHz.

Relación Frente-atrás:

20 dB.

Terminal:

RG-8/U es un conector tipo N mate.

Además el sistema de antena incluye un mástil o soporte de antena, el cual implica usar templadores, también es necesario una orientación perfecta para obtener un buen enlace entre transmisor y recepción; para ello - las personas encargadas de la instalación, trabajan con un generador, un osciloscopio, u atenuador y un audífono

9.-CELDA SOLARES Y FUENTES DE ALIMENTACION.

La celda solar usada es unipanel y del tipo 4200J de 36 placas circulares las cuales son de silicón de alta eficiencia y las células solares se encuentran enseriadas.

Las células solares se encuentran montadas en una plancha de Polyester y encapsulada en una goma de Silicón estabilizada, a fin de proveer un empaque transparen-

te, resistente a la humedad y a la corrosión.

Todo el empaque se encuentra protegido por una caja de aluminio anodizado por la parte posterior.

Rendimiento del panel solar tipo 4200J.

	60°C	28°C
Watts (pico)	17.1	20.5
Amp. (14 V. nom.)	1.27	1.3
Voltaje (pot. pico)	13.5	16.0

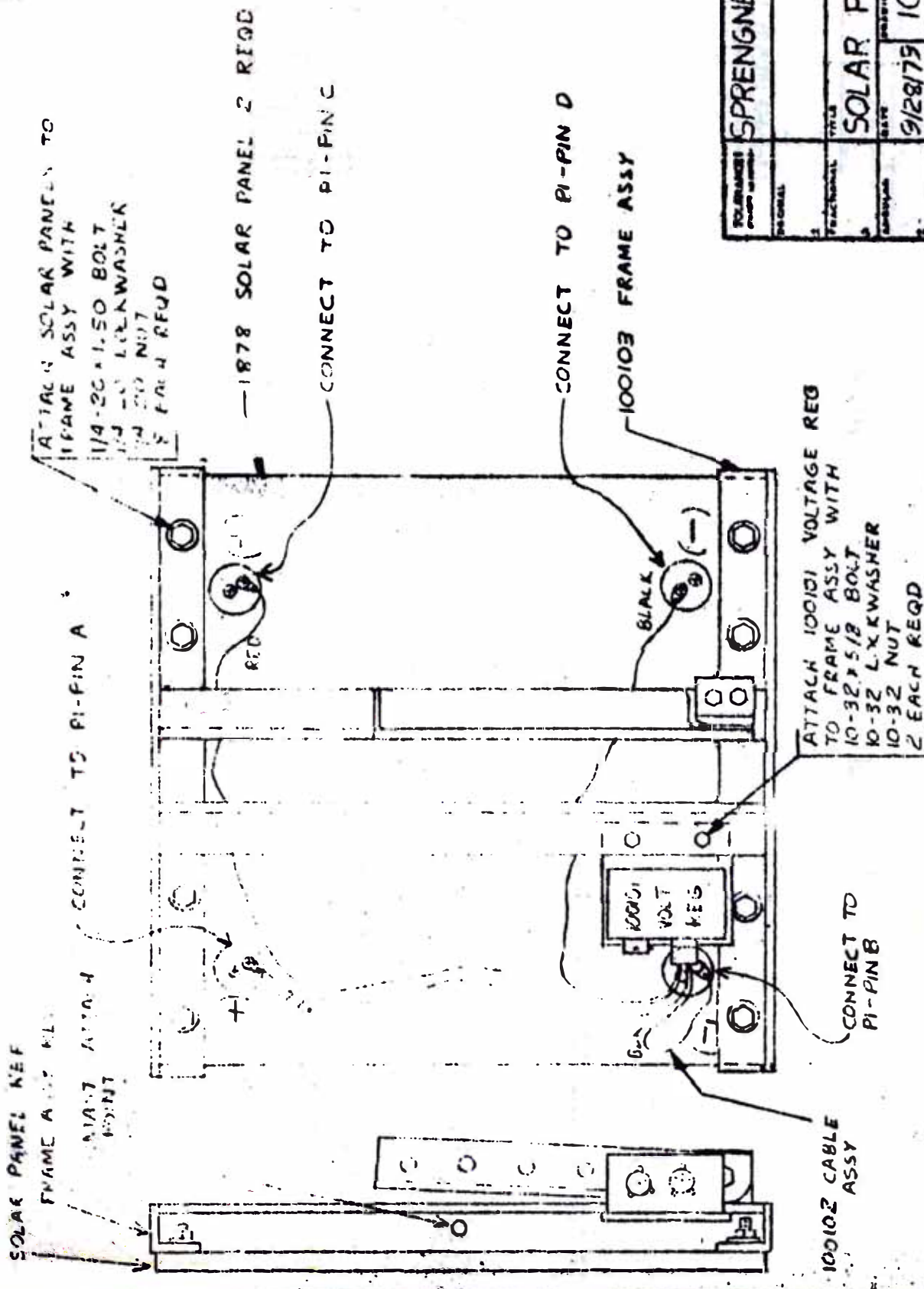
La máxima potencia de salida se obtiene cuando los rayos solares caen perpendiculares al plano de las células solares, obteniéndose así 100 mV/cm².

Este panel es colocado en la mejor posición de recepción de los rayos solares. Para su instalación permanente requiere de varias pruebas previas para asegurarnos de su mejor aprovechamiento. Ver figura No 13.

Además, este panel tiene un conjunto de diodos de protección, los cuales sirven también para estabilizar la tensión de salida cuya conexión es como se muestra en la figura No 14.

Este panel solar es usado en zonas casi inaccesibles puesto que se necesitan recargar las baterías de alimentación para los equipos.

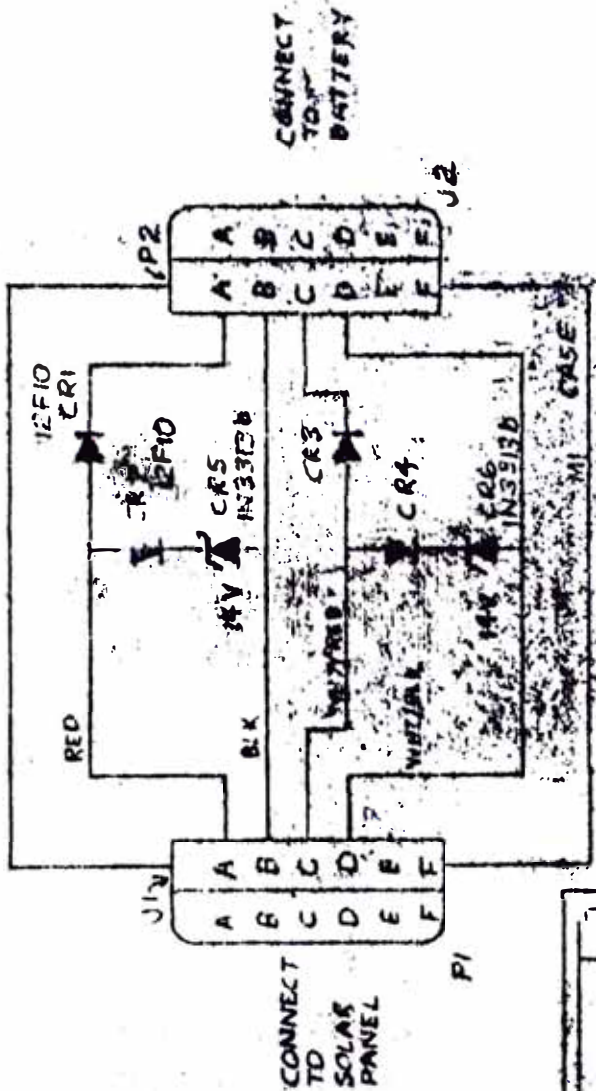
El conjunto de células solares se comporta como una fuente de alimentación, esto es convirtiendo la energía



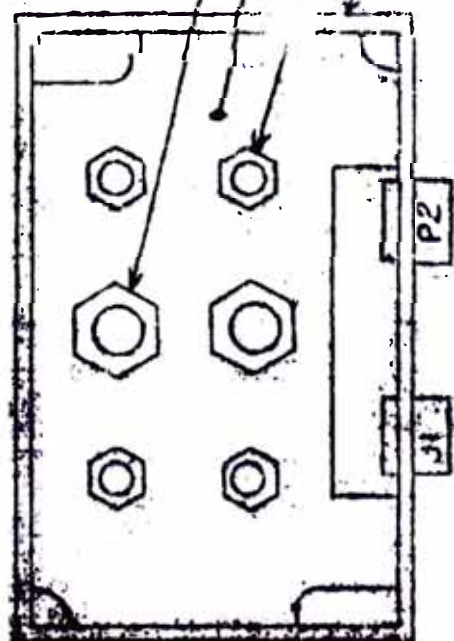
DESIGN	SCALE	DATE	BY
	NONE		H/NS/7N
SPRENGNETHET INST INC			
TITLE	DATE	REVISION NUMBER	
SOLAR PANEL ASSY	9/28/79	100100	

FIG. # 13

ME ALL RIGHTS RESERVED



SCHMATIC



SPRENGNETHER INST. INC.	
DESIGNED BY	HEINSON
PRODUCED BY	
VOLTAGE REGULATOR	
PART NO.	100101
REV.	

FIG. #14

solar en energía eléctrica, la cual es acumulada en baterías recargables; y a su vez estas baterías alimentan nuestro sistema electrónico.

Otro tipo de fuente de alimentación es el convertidor de la tensión de línea a un nivel de DC que es de ± 12 Vdc, Común, -12 Vdc.; aunque ello depende de los requerimientos de cada estación telemétrica.

Otro tipo de fuente de alimentación que está en estudio son los generadores eólicos.

En otros casos usamos un simple cargador de baterías

Todas las fuentes de alimentación mencionadas tienen una misión; es la de acumular energía eléctrica en las baterías recargables o acumuladores; que son los encargados de alimentar cada estación sísmica.

10.-BATERIAS.

Las baterías usadas especialmente en telemetría son de carbón y recargables; tienen un tiempo de vida de cinco años; esto es cuando se les mantiene una carga permanente:

La marca de estas baterías es GELL CELL de fabricación estadounidense, este tipo de baterías nos da la opción de ir a hacerle un mantenimiento a cada estación en periodos de cada cuatro meses.

En las zonas de fácil acceso a las estaciones telemétricas se usan baterías con placas de plomo, con ácido

sulfúrico diluido; estas baterías son cambiadas para su recarga en periodos de veinte días ya que durante este lapso de tiempo nos asegura la operatividad de la estación telemétrica, luego las baterías se llevan al laboratorio para su recarga.

Las tensiones usadas en cada estación son de :
+ 12 Vdc.; Común; - 12 Vdc.. Con un consumo de corriente máxima de 200 mA. Ver figura No 15.

11.-RECEPTOR.

El receptor de igual manera que el transmisor; es de muy buena calidad, trabaja con FM (frecuencia modulada) y en la gama de VHF; es de la serie SDR 8400, fabricado por la EMHISER RAND INDUSTRIES; en su totalidad constituido por componentes semiconductores de precisión de igual manera el resto de sus componentes.

Este receptor así como el transmisor son usados para transmitir datos de cada una de las estaciones remotas.

La unidad de recepción es bastante útil por el bajo consumo de energía (14 mA con 12 Vdc); esta unidad es de vida prolongada.

Se encuentra constituido principalmente por dos osciladores locales, un filtro pasa-banda muy estrecho, un discriminador y la salida de audio; además de las etapas mencionadas tenemos otras partes, las cuales se pueden observar en el diagrama de bloques que se muestra en la

figura Nº 16.

Su sensibilidad en óptimas condiciones es de 0.5 a 1 uV.

Su estabilidad de frecuencia es de 0.0025 % sobre un rango de temperatura de - 20°C a 60°C.

Su impedancia de entrada es de 50Ω.

La salida de audio es ajustable desde - 6 dB. a - 10 dB. en 600Ω de línea balanceada.

También tiene un Squelch de nivel ajustable.

La tensión de alimentación es de 10 a 14 Vdc.

Cuya corriente de consumo es de 14 mA. máx.

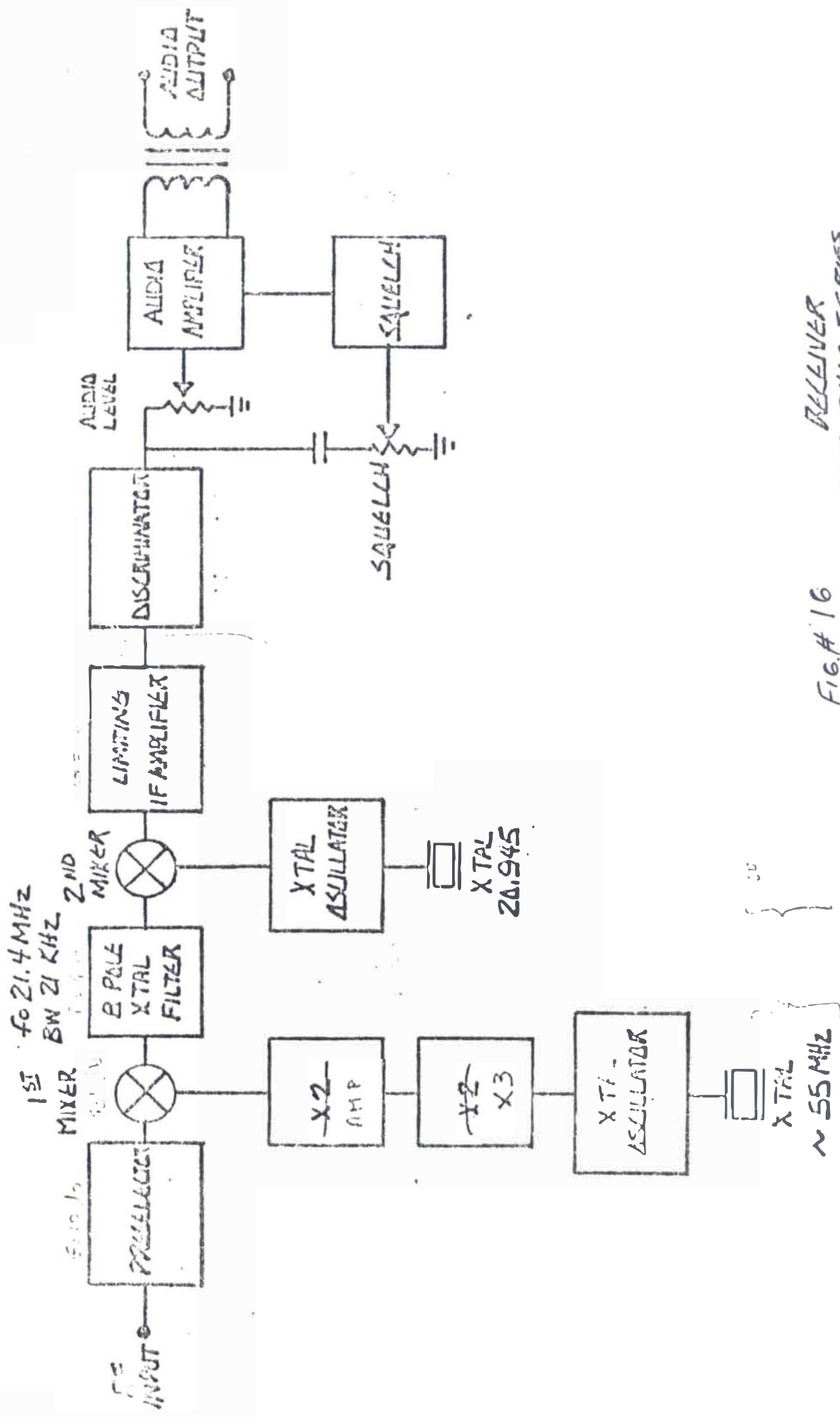
Estos receptores necesitan ser recalibrados cada año debido al envejecimiento de los componentes.

12.-MEZCLADOR.-

Es una etapa previa intermedia a la salida del transmisor, tal como su nombre lo indica, recibe dos o más señales; que en nuestro caso pueden ser hasta 8, debido al ancho de banda del transmisor y receptor.

Este es un mezclador común y corriente, acoplado a la entrada directamente, pero la salida sí se encuentra desacoplada por un transformador de baja impedancia (600Ω) Ver la figura Nº 17.

Se le alimenta con = 12 Vdc. y tiene un consumo de corriente menor que 10 mA.



RECEIVER
SDR EX100 SERIES

FIG. # 16

MANUFACTURERS OF

SEISMOLOGICAL GEOPHYSICAL AND ENGINEERING INSTRUMENTS 4567 SWAN AVE.



SAINT LOUIS MO 63110 U.S.A.

Telephone 314 5351682

Cable SPRENCO



SPRENGNETH TELEMETRY MULTIPLEXER TC-30

FIG.#17.

13.-DISCRIMINADOR.

Debido a que las señales sísmicas son enviadas a través de una señal de RF; y como son varias señales sísmicas, entonces es necesario multiplexarlas; por lo que en la estación central necesitamos restituir cada una de las señales enviadas; es por ello que usamos discriminadores.

Es así como cada uno de los discriminadores, con la ayuda de un selector de frecuencia, obtenemos cada una de las informaciones sísmicas a distancias muy lejanas de la estación central.

Este discriminador está constituido por dos filtros; un pasa-altos seguido de un pasa-bajos, es así como obtenemos un pasa-banda de 250 Hz., con una frecuencia central propia de cada discriminador, además tiene un comparador de frecuencia y un demodulador de FM; la siguiente etapa es un integrador activo pasa-bajos para luego salir a través de un amplificador donde ya tenemos la señal demodulada, la cual podemos decir es la señal sísmica. En la figura N° 18 podemos observar el respectivo diagrama de bloques del discriminador.

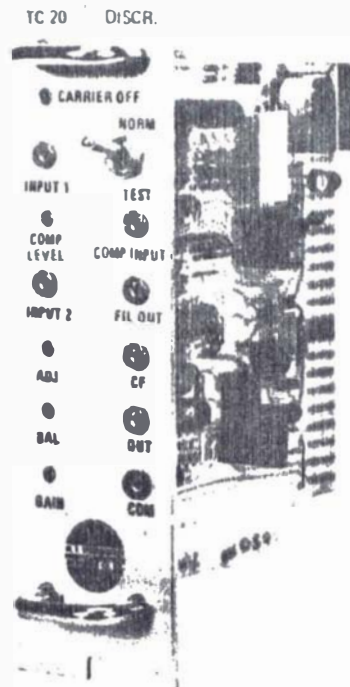
El discriminador TC-20 SPRENGNETHER consume una corriente menor que 15 mA. con una fuente de = 12 Vdc.

14.-AMPLIFICADOR. 15.-FILTROS.

MANUFACTURERS OF
SEISMOLOGICAL · GEOPHYSICAL · AND · ENGINEERING · INSTRUMENTS · · · 4567 · SWAN · AVE ·



· SAINT · LOUIS · MO 63110 · U · S · A ·
Telephone 314 535 1682
Cable: SPRENCO



SPRENGNETHER TELEMETRY DISCRIMINATOR TC-20

FIG. # 18.

La señal que sale del discriminador hacia este amplificador es similar a la que sale del sismómetro; motivo por el cual necesitamos procesar la señal respectiva, amplificando dicha señal, para luego pasar por los filtros pasa-altos y pasa-bajos (ubicados en las escalas de 0.2 Hz. a 10 Hz.); también tenemos un control de máxima desviación mm/V., este último control nos da el rango de deflexión de la aguja de grabación (normalmente se encuentra en 25 mm/V.) y la ganancia lo dejamos en 72 dB. aunque este valor depende de la amplificación que le demos al amplificador ubicado en la caja de campo.

El diagrama de bloques de la figura Nº 19 nos detalla dicho amplificador.

16.-REGISTRADOR.

El registrador que usamos en nuestra unidad central de recepción es de la versión del MEQ-800, fabricado por la SPRENGNETHER.

Esta unidad como su nombre lo indica registra los datos sísmicos enviados desde lugares muy remotos, esto se logra con la ayuda del galvanómetro incorporado en dicho aparato, el cual se encarga de transducir los pulsos eléctricos en desplazamientos mecánicos, puesto que el comportamiento del galvanómetro es el inverso a lo realizado por el sismómetro; para poder lograr su cometido necesita usar un brazo apoyado a su eje, es como logramos im-

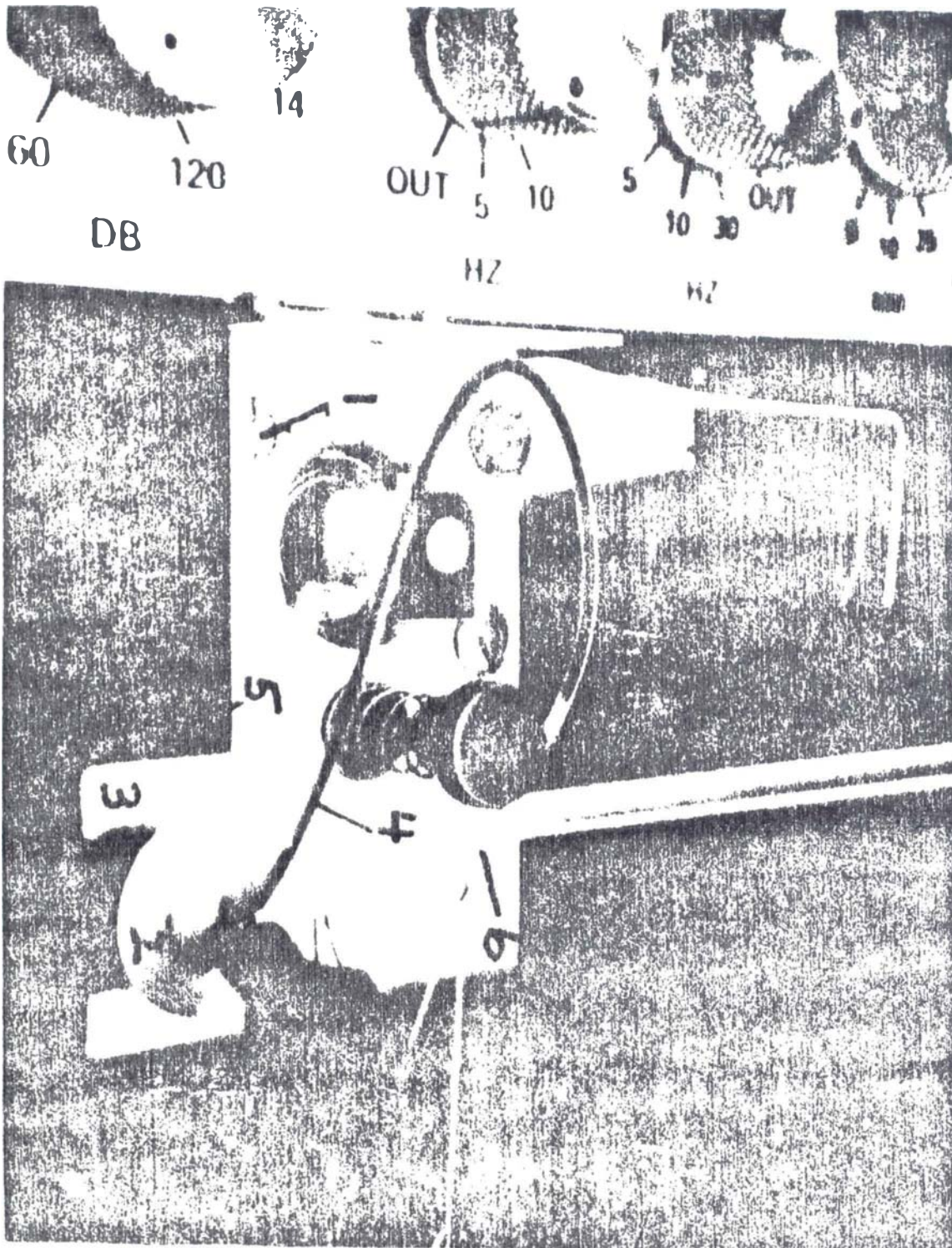


FIG. # 19. AMPLIFICADOR.

primir en un papel ahumado las señales sísmicas de la telemetría; como necesitamos grabar una información sobre papel, es necesario tener un cilindro que gire, esto se logra con un motorcito de 2 RPM, además es necesario que la aguja de grabación se traslade sobre un eje con la ayuda de un motorcito de 1/3 RPM; es así como con estas combinaciones logramos grabar nuestros datos sísmicos en papeles procesados especialmente para que los analistas de sismogramas puedan manipularlos.

Es necesario que al galvanómetro le lleguen las señales sísmicas y las marcas de tiempo, como son los pulsos de horas y de minutos, los cuales son proporcionados por un sistema detiempo; la finalidad de añadir estas marcas de tiempo es para que la lectura de eventos en el sismograma se hagan más fáciles y no tediosa como sería sin ellas.

La duración de los registros normalmente es de 24 horas; pero existen opciones dependiendo de cambios de poleas los cuales nos pueden dar otros tiempos de registro.

Además incluye el amplificador de potencia para accionar a los motorcitos.

17.-RELOJ.

Todo registro necesita tener un control de marca de tiempo; para ello usamos un reloj de muy buena calidad, por lo que tiene una estabilidad de 5×10^{-8} y usa un

oscilador de cristal con compensación de temperatura; el cual también nos presenta una salida a lector numérico, donde podemos leer las horas, minutos y los segundos. Para la puesta en la hora correcta, tenemos botones que se encuentran en el panel delantero; todo esto se hace con la finalidad de sincronizar con la hora universal WWV, - la que nos sirve de patrón para todas las estaciones sísmicas que se encuentran en el mundo; puesto que al producirse un evento este es sentido por varias estaciones.

Es necesario que los pulsos de minutos sean de 2 milisegundos (ms), y los pulsos de hora de 4 ms.; además - nos proporciona los pulsos de 50 Hz. para accionar a los motorcitos que se encuentran en el registrador.

18.-RADIO RECEPTOR GARINGELA PARA LA WWV.

Este es un receptor especialmente diseñado para la - señal de la WWV y opera en las siguientes frecuencias: 5 MHz. , 10 MHz. y 15 MHz.; cada frecuencia está controlada por cristales; este receptor es usado en cada una - de las estaciones centrales, pero para su aprovechamiento requerimos adaptarle un filtro activo de 1 KHz. para obtener la marca de tiempo en los registros.

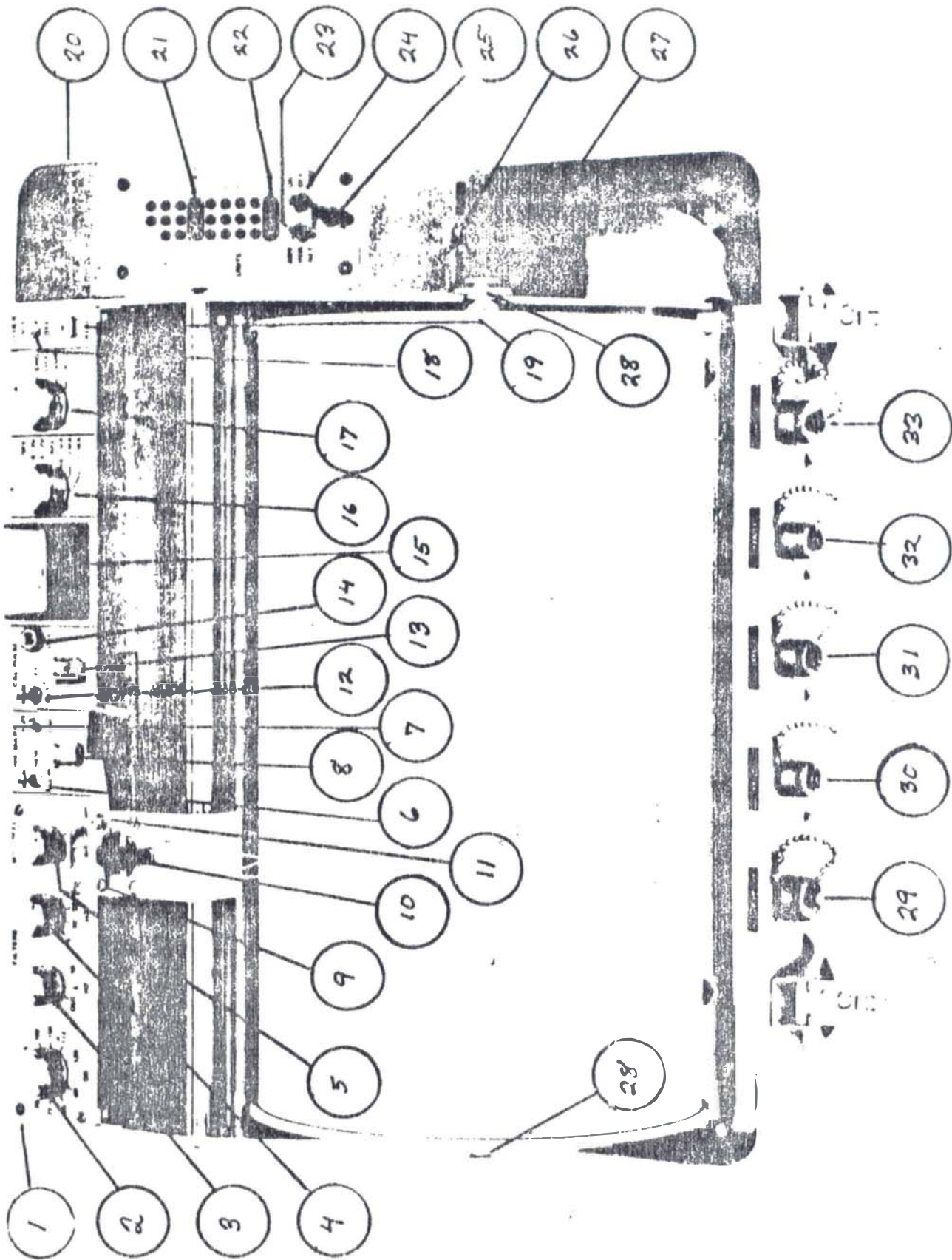
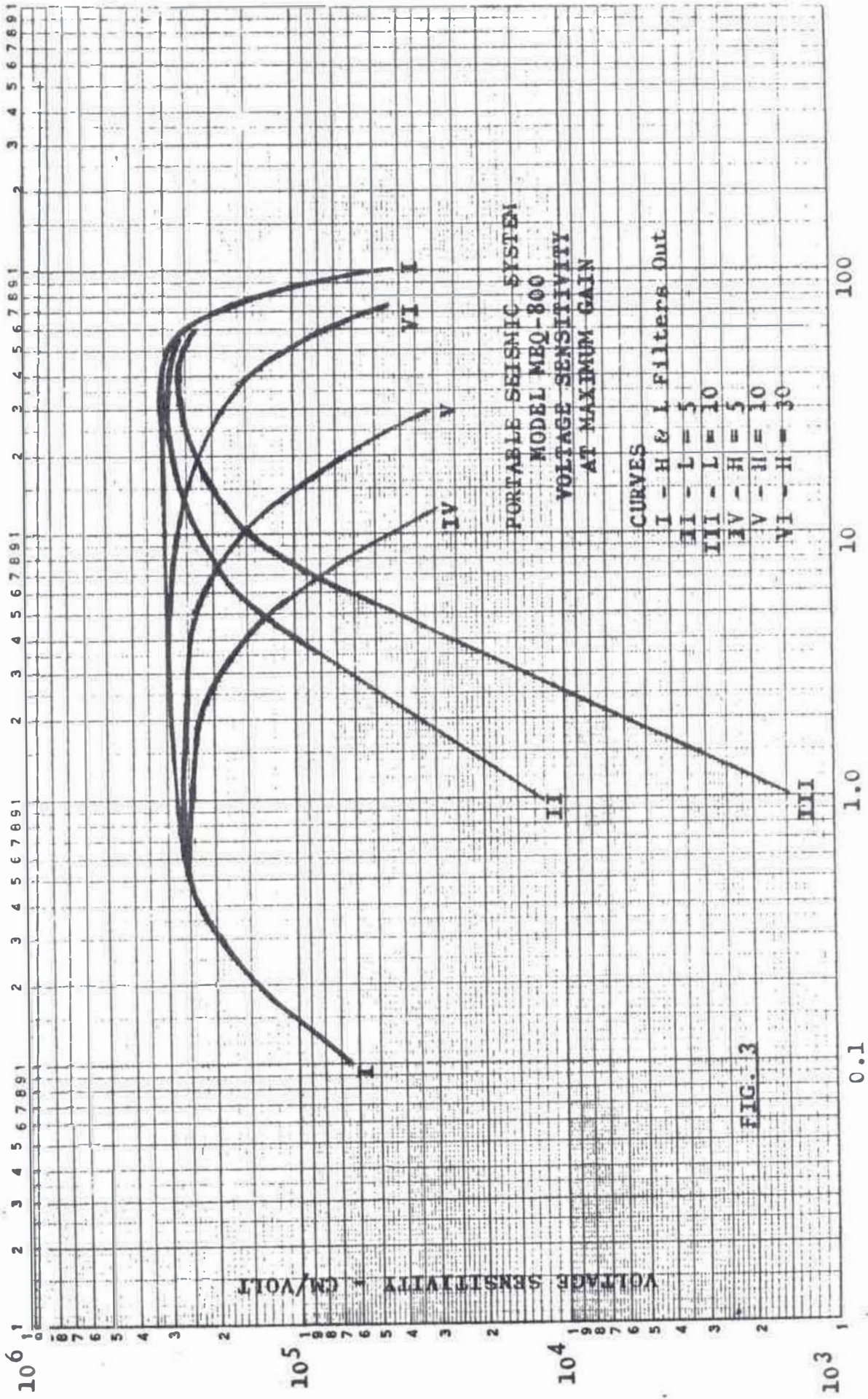


FIG. #20. REGISTRADOR



FREQUENCY - HZ

19.-CARGADOR DE BATERIAS.

En el laboratorio tenemos un cargador de baterías de carga lenta y carga rápida; tiene opción para cargar baterías en serie o en paralelo dependiendo de un conmutador, el cual nos da autorización para cargar hasta 6 baterías en serie y normalmente se le usa en carga lenta.

CAPITULO III

PROCEDIMIENTO PARA LA INSTALACION DE UNA RED TELEMETRICA.

-Primero se ubican los puntos entre los cuales se desea enlazar, esto se logra con la ayuda de un mapa con líneas a desnivel, en la escala de 1/100,000, los cuales se pueden conseguir en el Instituto Geográfico Militar del Perú.

-Luego se halla el perfil entre los puntos elegidos para aceptar la posibilidad de enlace se debe cumplir con las ecuaciones respectivas de la segunda zona de Fresnell ya que nuestro enlace es en FM.

-Después de ver la factibilidad de enlace entre los dos puntos; de los mapas sacamos las coordenadas como son la Longitud y la Latitud; de donde podemos obtener la orientación de la antena para el transmisor y el receptor.

-Luego de preparar los equipos a ser instalados en el campo; se va con el siguiente material de trabajo para las pruebas necesarias del caso:

- 1.-Un transmisor de VHF.
 - 2.-Una antena Yagi de la frecuencia del transmisor.
 - 3.-El cable RG-8/U de subida.
 - 4.-Baterías.
 - 5.-Una brújula.
 - 6.-Un Watímetro.
 - 7.-Un generador de funciones.
 - 8.-Un osciloscopio.
 - 9.-Un frecuencímetro.
 - 10.-Un conversor de DC a AC.
 - 11.-Un sismómetro.
 - 12.-Un VCO TC-10.
 - 13.-El amplificador AS-110.
 - 14.-Una caja de campo PTS-1.
 - 15.-Un multímetro.
 - 16.-Conectores y cables.
- Los equipos mencionados anteriormente son llevados a la estación transmisora.

- 1.-Un receptor de VHF.
- 2.-Una antena Yagi de la frecuencia del receptor.
- 3.-El cable de bajada RG-8/U.
- 4.-Baterías.
- 5.-Un atenuador variable.
- 6.-Un osciloscopio.
- 7.-Un frecuencímetro.
- 8.-Un conversor de DC a AC.

Las partes mencionadas anteriormente son llevadas a la estación receptora.

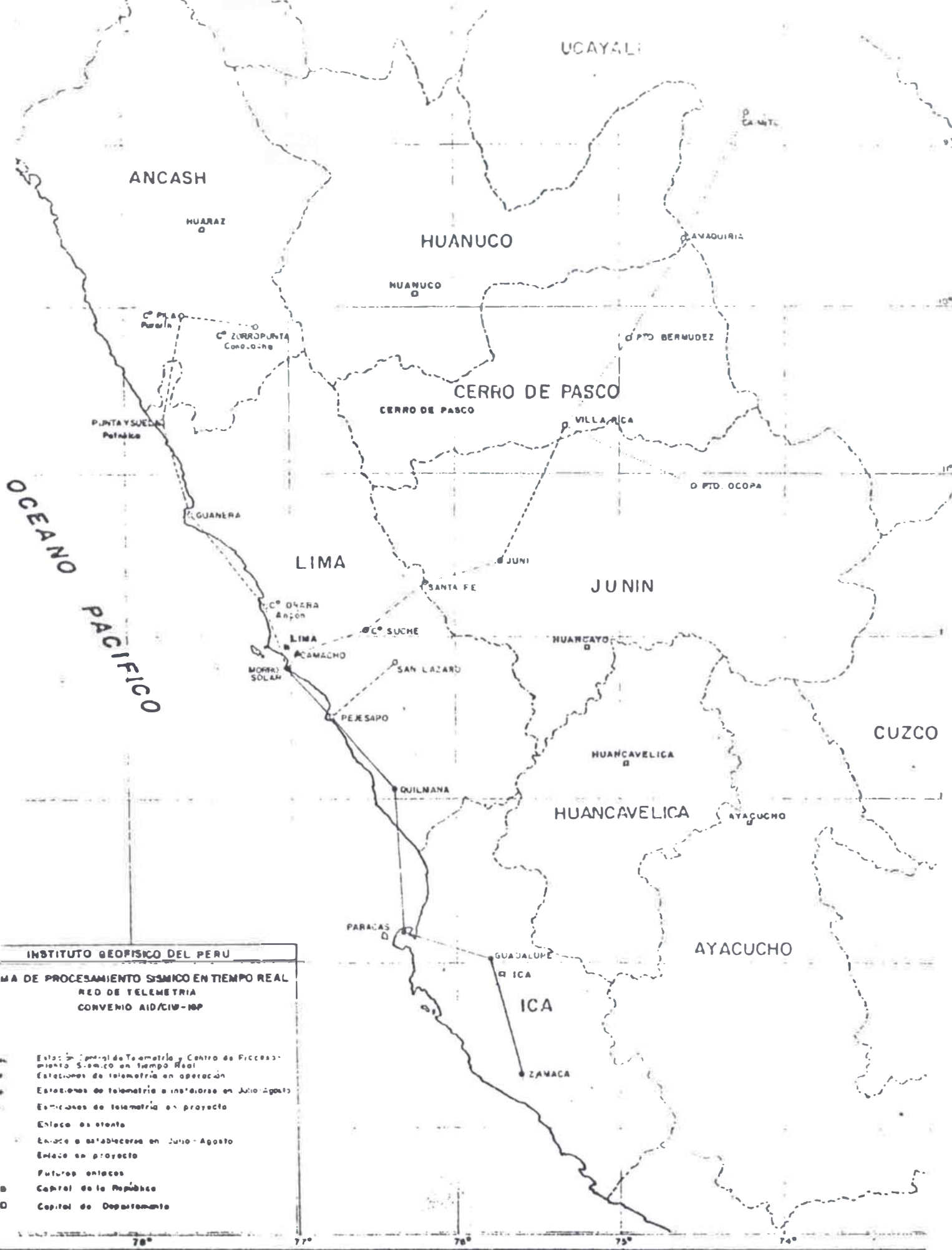
Si se obtiene un buen enlace, se instalan las estaciones respectivas.

OBSERVACIONES.

La importancia de las Redes Telemétricas Sísmicas se hace notar, puesto que al mínimo tiempo tenemos información sísmica; de varios puntos lejanos a la estación de grabación.

Otro aspecto importante es la presencia del sismómetro o transductor S-500; puesto que es uno de los mejores, ya que este puede operar en cualquier posición, ya sea vertical, horizontal, inclinado o en cualquier posición, dándonos siempre la misma información.

Es muy importante el uso de los cargadores solares puesto que de esta manera nos ahorramos dificultades en cuanto al mantenimiento de cada estación telesísmica.



ANCASH

UCAYALI

HUANUCO

HUARAZ

HUANUCO

YANAHUAS

PLAZA

ZURROPUNTA

PTO BERMUDEZ

CERRO DE PASCO

CERRO DE PASCO

VILLA RICA

PUNTAYSLAS

PTO. OCOPE

OCEANO PACIFICO

LIMA

JUNI

JUNIN

SANTA FE

OSERA

SUCHE

HUANCAYO

LIMA

SAN LAZARO

CUZCO

HUANCVELICA

HUANCVELICA

AYACUCHO

PARACAS

AYACUCHO

GUADALUPE

ICA

ZAMACA

78°

77°

76°

75°

74°

BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Manual de mantenimiento del EMHISER RAND INDUSTRIES SDR-8400. RECEIVER and TRANSMITER.
- 2.-Manual de mantenimiento de los Discriminadores, Amplificadores, Oscilador Controlado por Voltaje (VCO); de la SPRENGNETHER INST. INC.
- 3.-CATALOGO del PANEL SOLAR SPRENGNETHER INST. INC.
- 4.-CATALOGO de baterías GELL-CELL.