

1988

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Facultad de Ingeniería

**Diseño de un Prospecto y Cálculo de
Parámetros para una Exploración Sísmica
Tridimensional**

T E S I S

Que para obtener el título de:
INGENIERO GEOFISICO
p r e s e n t a :
ARTURO PEREZ ALDANA

México, D. F.

1988



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



FACULTAD DE INGENIERIA
EXAMENES PROFESIONALES
60-1-145

Al Pasante señor ARTURO PEREZ ALDANA,
P r e s e n t e .

En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso el -- Prof. Ing. F. Alejandro Arroyo Carrasco, para que lo desarrolle como tesis en su Examen Profesional de Ingeniero GEOFISICO.

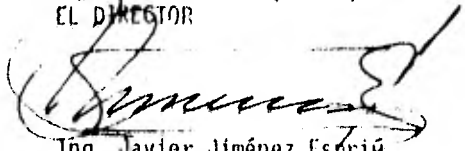
"DISEÑO DE UN PROSPECTO Y CALCULO DE PARAMETROS PARA UNA EXPLORACION SISMICA TRIDIMENSIONAL".

Prólogo

- I.- Introducción
 - II.- Conceptos teóricos fundamentales
 - III.- Obtención de parámetros sísmicos
 - IV.- Diseño de un prospecto tridimensional
- Conclusiones
Bibliografía

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

Atentamente,
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, D.F., a 6 de octubre de 1981
EL DIRECTOR


Ing. Javier Jiménez Espriú

JJE'IRV'mdh,

	<u>CONTENIDO</u>	<u>Página</u>
	PROLOGO	1
I.-	INTRODUCCION	3
II.-	CONCEPTOS TEORICOS FUNDAMENTALES	9
	II.1.- Arreglo de fuentes y detectores	9
	II.2.- Teoría de los detectores múltiples	10
	II.2.1.- Arreglos lineales	15
	II.2.2.- Arreglos pesados	19
	II.2.3.- Arreglos espaciales	20
	II.2.4.- Cálculo de la respuesta de arreglos pesados y espaciales	20
	II.2.4.1.Descomposición de arreglos	22
	II.2.4.2.Modificación de un arreglo	22
	II.3.- Efecto del echado en un arreglo	24
	II.4.- Efecto de la distancia fuente-recep - tor sobre un arreglo	26
	II.5.- Efecto combinado del echado y la dis - tancia fuente-receptor sobre un arre - glo	31
III.-	OBTENCION DE PARAMETROS SISMICOS	38
	III.1.- Hipótesis y consideraciones generales	42
	III.2.- Longitud de onda aparente de la señal como una función de offset	44
	III.3.- Separación entre señal y ruido	47
	III.3.1. Angulo emergente como una función del ruido	49

<u>Contenido</u>	<u>Página</u>
III.4.- Determinación del máximo offset . . .	49
III.4.1.- Caso echado ascendente	50
III.4.2.- Caso echado descendente	50
III.5.- Intervalo de grupo como función de las longitudes de onda de la señal y del ruido	59
III.6.- Distancia horizontal de migración . .	62
III.7.- Configuración de campo y adquisición de los arreglos óptimos de fuentes y detectores	63
III.8.- Cálculo de la curva de atenuación de arreglos	68
III.8.1.- Programa para calculadora TI-59 ó 58	69
IV.- DISEÑO DE UN PROSPECTO TRIDIMENSIONAL	81
IV.1.- Localización	82
IV.2.- Vías de comunicación	82
IV.3.- Clima y vegetación	82
IV.4.- Hidrografía	84
IV.5.- Consideraciones geológicas	84
IV.6.- Objetivos geofísicos	84
IV.7.- Consideraciones sísmicas	85
IV.7.1.- Cálculo de echados	87
IV.7.2.- Cálculo de la máxima distancia hori - zontal de migración	87
IV.7.3.- Longitud de onda de la señal como off set, Caso echado descendente	89

<u>Contenido</u>	<u>Página</u>
IV.7.4.- Variación de los azimuths del patrón de rayos y longitudes de los arreglos	92
IV.7.4.1.- Caso del inciso a)	105
IV.7.4.2.- Caso del inciso b)	105
IV.7.4.3.- Caso del inciso c)	106
IV.7.4.4.- Caso del inciso d)	107
IV.8.- Dispositivo de campo propuesto . .	107
IV.9.- Programa SEISPATCH-SEISLOOP . . .	128
IV.10.- Obtención de los parámetros de registro y de vibración	137
IV.10.1.- Análisis de ruido	142
IV.10.2.- Arreglos de receptores y vibradores	144
CONCLUSIONES	157
BIBLIOGRAFIA	160

LISTA DE FIGURAS

<u>Figura</u>		<u>Página</u>
1.-	Mapa estructural en base a un programa sísmico bidimensional	5
2.-	Mapa estructural en base a un programa sísmico tridimensional	7
3.-	Representaciones gráficas de los datos tridimensionales	8
11-1.-	Detectores uniformemente espaciados a λ .	11
11-2.-	Detectores uniformemente espaciados a $1/2\lambda$	11
11-3.-	Detectores uniformemente espaciados a in- tervalo d	13
11-4.-	Curva de respuesta de un arreglo lineal de 6 detectores	14
11-5.-	Efecto debido al incremento del número de detectores en un arreglo	16
11-6.-	Arreglos y su respuesta relativa	21
11-7.-	Respuesta de un arreglo de 3×3	23
11-8.-	Velocidad aparente para reflector plano y buzante	25
11-9.-	Longitud de onda para un reflector buzan- te	27
11-10.-	Longitudes de onda para un reflector bu- zante	28
11-11.-	Patrón de rayos de un reflector plano . . .	29
11-12.-	Longitud de onda aparente como una fun- ción de velocidad y frecuencia	32

Lista de figuras

<u>Figura</u>		<u>Página</u>
II-13.-	Patrón de rayos para un reflector buzan- te	33
II-14.-	Efectos de disparo echado ascendente y descendente	37
III-1.-	SEISLOOP	39
III-2.-	SEISQUARE	40
III-3.-	SEISWATH	41
III-4.-	Longitud de onda aparente en reflector horizontal	45
III-5.-	Respuesta de un arreglo de longitud efec- tiva L	48
III-6.-	Determinación del máximo offset caso echa- do ascendente	51
III-7.-	Determinación del máximo offset caso echa- do descendente	53
III-8.-	Longitud de onda aparente de la señal co- mo función de offset	55
III-9.-	Efecto debido al echado	56
III-10.-	Efecto debido a la frecuencia	57
III-11.-	Efecto de la velocidad	58
III-12.-	Efecto debido a la variación de la velo- cidad, T_0 , Z , f y θ	60
III-13.-	Atenuación de ruido y efecto de álias.	61
III-14.-	Distancia horizontal de migración	64
III-15.-	Configuración de campo para un análisis de ruido	66

Lista de figuras

<u>Figura</u>		<u>Página</u>
III-16.-	Características de señal y ruido (Histograma)	67
IV-1.-	Plano de localización	83
IV-2.-	Longitud de onda vs. offset	93
IV-3.-	Franja de 8 líneas de receptores	94
IV-4.-	Franja de 6 líneas de receptores	95
IV-5.-	Variación de azimuths	97
IV-6.-	Azimuth de la franja de 6 líneas de receptores	99
IV-7.-	Ejes estructurales del área	101
A.-	Proyección del echado sobre el offset máximo \bar{W}	102
B.-	Curva de atenuación de la combinación de arreglos	104
IV-8.-	Variación del offset	108
IV-9.-	Variación del offset en franja de 8 líneas de receptores	112
IV-10.-	Diagrama de apilamiento	121
IV-11.-	Superficies de cobertura	124
IV-12.-	Plano de localización del programa de la franja	125
IV-13.-	Avance longitudinal (NE-SW)	126
IV-14.-	Avance transversal (NW-SE)	127
IV-12-A.-	Localización del programa SEISPATCH-SEISLOOP	130
IV-15.-	Programa SEISPATCH-SEISLOOP	131

Lista de figura

<u>Figura</u>		<u>Página</u>
IV-15-A.-	Parche A y sus respectivos P.V.	132
IV-15-B.-	Parche B y sus respectivos puntos de vi - brado	134
IV-15-C.-	Parche C y sus respectivos puntos de vi - brado	135
IV-15-D.-	Parche D y sus respectivos puntos de vi - brado	136
IV-16.-	Cobertura del subsuelo de todas las esta - ciones	138
IV-17.-	Cobertura del subsuelo sin las estaciones inaccesibles	139
IV-18.-	Cobertura del subsuelo del programa SEIS - PATCH-SEISLOOP	140
IV-19.-	Cobertura total del subsuelo	141
IV-20.-	Dispositivo de campo para el análisis de ruido	143
IV-21.-	Arreglo lineal pesado	145
IV-22.-	Dispositivo de campo para pruebas de arre - glos de receptores y vibradores	147
IV-23.-	Arreglos de receptores lineales pesados .	148
IV-24.-	Arreglo 'a' de vibradores	150
IV-25.-	Arreglo 'b' de vibradores	151
IV-26.-	Arreglo 'c' de vibradores	152
IV-27.-	Arreglo 'd' de vibradores	153
IV-28.-	Arreglo 'e' de vibradores	154

LISTA DE TABLAS

<u>Tabla</u>		<u>Página</u>
A	Velocidad, echado y profundidad de las formaciones de interés	88
1.-	Profundidades estimadas de los contributores al apilamiento en franja de 6 líneas de receptores	113
2	Profundidades estimadas de los contributores al apilamiento en franja de 8 líneas de receptores	118

P R O L O G O

Dentro de las especialidades que abarca la Prospección Geofísica, la sísmica se ha desarrollado grande y notablemente, con el propósito de dar una mejor idea al geólogo de la composición estructural y estratigráfica del interior de la tierra. El método sísmico se basa en las propiedades elásticas de los materiales del subsuelo y la propagación de las ondas de los mismos.

Las técnicas utilizadas han ido evolucionando conforme a las necesidades del hombre; ésto ha provocado que en un lapso de 50 años el método sísmico sea de los más utilizados y resolutivos que existen dentro de la exploración petrolera, la cual, al requerir una mejor explotación del petróleo, requiere a la vez que la exploración sea mucho más detallada y resolutiva.

Dentro de la prospección sísmica se encuentran dos métodos generales: El de refracción y reflexión.

En los inicios de la exploración sísmica en nuestro país (año de 1926 en la Laguna de Tamiahua), el método de refracción era el que imperaba, pero a partir del año de 1940 el de reflexión ha tenido un mayor auge. En la actualidad dentro del método de reflexión se tiene la técnica del punto de reflejo común, y también dentro del mismo método, se incluyen los sistemas bidimensional y tridimensional.

El propósito del presente trabajo es el de plantear los as

pectos teóricos y aplicación del sistema tridimensional, y, a la vez, se desea que sirva como una introducción al estudio del nuevo sistema, del cual, se tiene muy escasa literatura.

I.- INTRODUCCION.

Es común que en una exploración sísmica bidimensional se programen líneas separadas una gran distancia, o en el mejor de los casos con cruces entre ellas; las cuales, no proporcionan una cobertura total del subsuelo. Esto no es suficiente para proporcionar un buen panorama de las formaciones de interés, sobre todo en lugares donde se tiene una gran complejidad geológica del subsuelo que tiende a producir imágenes distorsionadas.

Para evitar estos problemas, en el año de 1974 se introdujeron estudios sísmicos en tres dimensiones.

La técnica sísmica tridimensional es una colección de datos y sistemas de procesamiento que proporcionan una densidad suficiente de muestras del subsuelo.

Las características principales de ésta técnica incluyen:

- a).- Colocación horizontal y vertical exacta de imágenes de reflexión.
- b).- Eliminación de eventos de difracción.
- c).- Restauración de la amplitud de reflexión exacta por corrección para efectos geométricos y de desenfoque.
- d).- Mapeo más exacto de eventos debido al incremento de puntos de control de densidad.
- e).- Flexibilidad de mostrar orientación.
- f).- Base estática perfeccionada para estimación de correcciones y velocidades en niveles cercanos a la super -

ficie

g).- Métodos de colección de datos de campo que pueden ser adaptados convenientemente a los problemas de la superficie y del subsuelo.

Con relación al punto (g), existen varios sistemas de recolección de datos en 3D, cada uno adaptable a las características del terreno a explorar. Los más utilizados son el SEIS LOOP⁺, el SEISQUARE⁺, el SEISWATH⁺ y el SEISTRACK⁺. El primero y el segundo se emplean en áreas selváticas o montañosas, el SEISWATH⁺ se utiliza en terrenos de fácil accesibilidad, y el último fué diseñado para su utilización en el mar. Es obvio que en determinadas ocasiones se hace necesario el combinar los sistemas, pero independientemente del o de los utilizados, su procesamiento e interpretación es el mismo.

La cubierta tridimensional se consigue cuando el muestreo espacial es suficiente en todas las direcciones para una imagen apropiada de todas las longitudes de onda de interés, y define para el intérprete las zonas estructurales y estratigráficas,

En las figuras 1 y 2, puede observarse la diferencia que existe al hacer una interpretación del subsuelo con baja densidad de líneas de observación (sistema bidimensional) y otra con una gran densidad de líneas (sistema tridimensional).

En la figura 1, el gran espaciamiento entre líneas, hace

⁺TRADEMARK G.S.I.

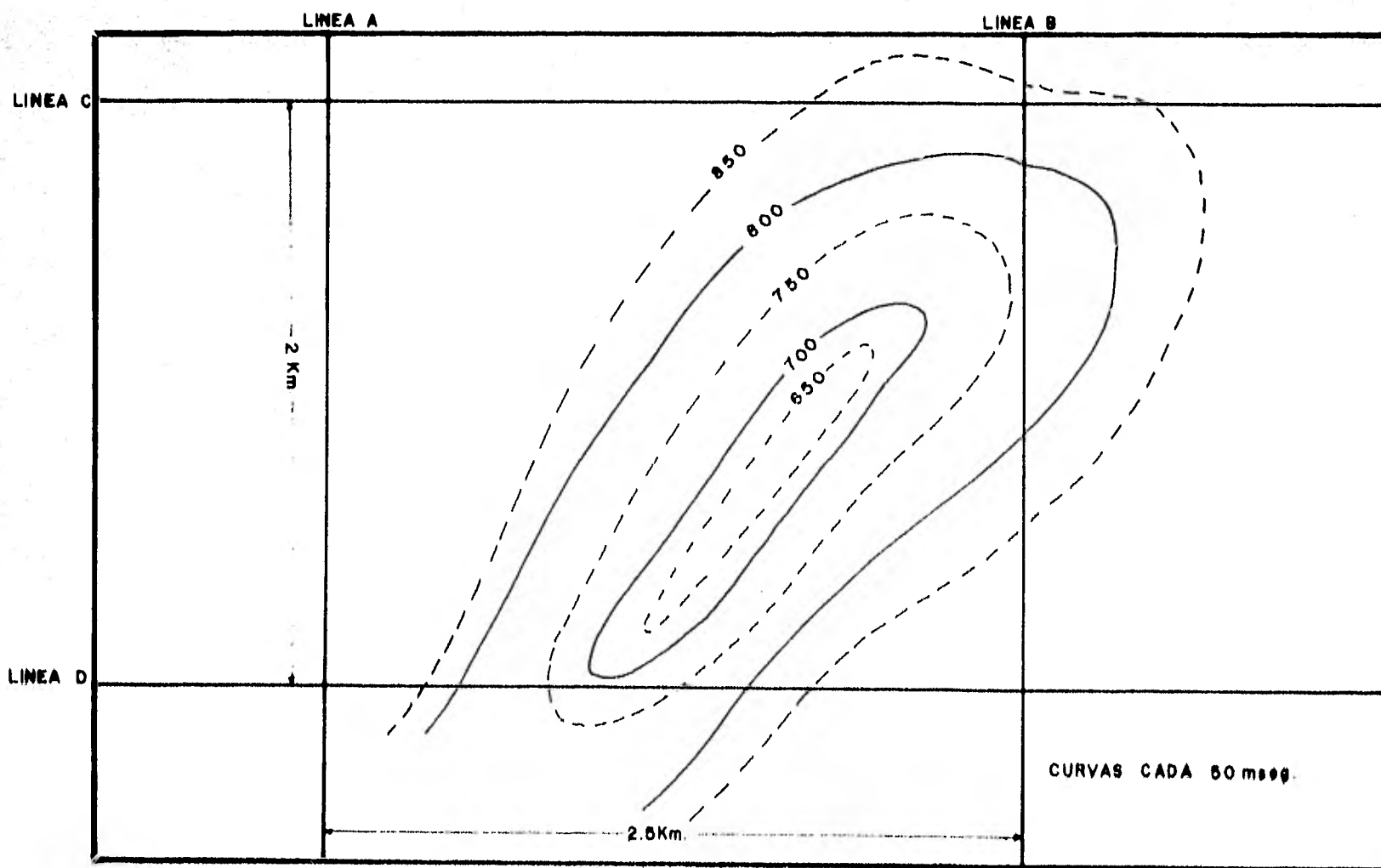


FIG. 1.- Mapa estructural en base a un programa
efémico bidimensional.

que el intérprete, localice una estructura continua de forma anticlinal.

Si sobre esta misma área se aplica un estudio tridimensional, su gran densidad de líneas define dos pequeñas estructuras de forma anticlinal y no una continua (Figura 2).

Como ya se especificó, en el caso bidimensional, solamente se tendrá una serie de líneas de intersección formando una malla. Si se detecta una estructura con cierta orientación particular, se requerirá de más líneas intersectando los ejes de la estructura en ángulos rectos.

En la técnica tridimensional, el caso visto, puede ser simplificado con un adecuado muestreo de campo y la información podrá ser recabada por una gran variedad de líneas.

Otro aspecto importante de la técnica tridimensional es la capacidad a sacar y formar datos dentro de una gran variedad de secciones orientadas como se muestra en la figura 3.

Con lo anterior no se quiere decir que la técnica bidimensional sea innecesaria, por el contrario, como la técnica tridimensional, como ya se bosquejó, es un estudio a mayor detalle, para que sea necesaria su aplicación es menester contar con información sísmica preliminar, la cual será proporcionada mediante una exploración sísmica bidimensional,

El presente trabajo, como su título lo indica, versará sobre la forma de diseñar un prospecto y la manera de calcular los parámetros para poder efectuar una exploración sísmica tridimensional.

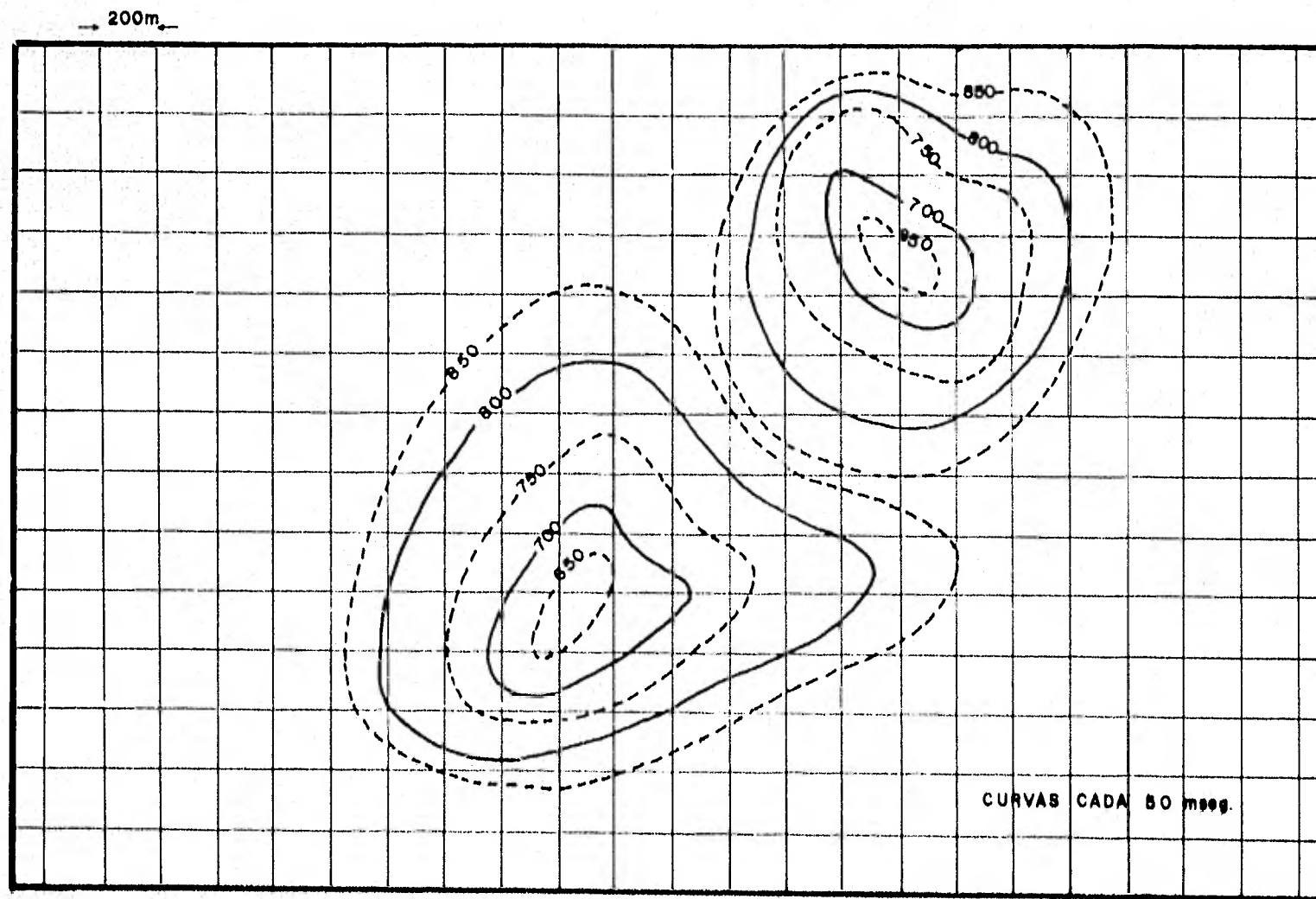


FIG. 2.- Mapa estructural en base a un programa
sísmico tridimensional.

REPRESENTACIONES GRAFICAS DE LOS DATOS TRIDIMENSIONALES

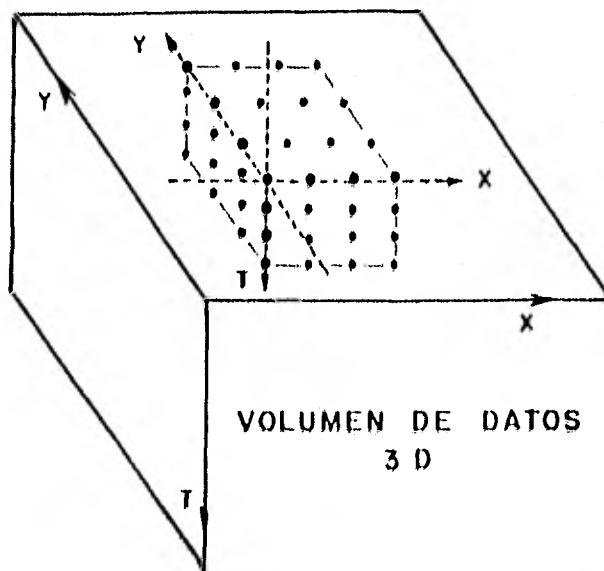
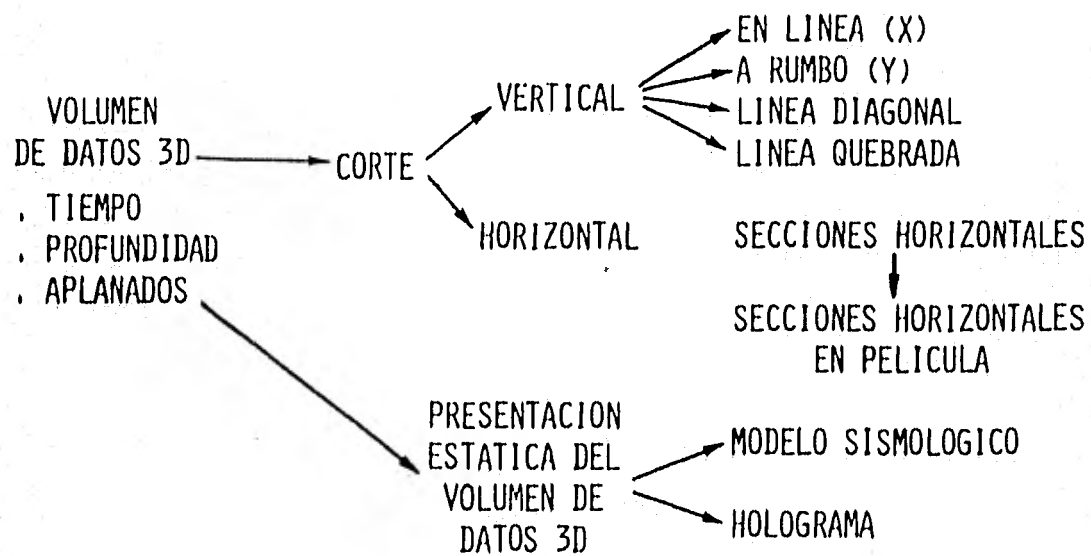


FIG.- 3 .

11.- CONCEPTOS TEORICOS FUNDAMENTALES.

En toda exploración sísmica es fundamental el diseño adecuado de patrones de registro de energía sísmica y a la vez el conocimiento de los efectos que sobre los mismos tienen lugar a consecuencia de la inclinación de los horizontes reflectores y la distancia fuente-receptor.

En los puntos subsiguientes se analizarán adecuadamente cada uno de estos conceptos, tomándose las conclusiones pertinentes en cada caso.

11.1.- Arreglos de fuentes y detectores.

La energía sísmica reflejada que arriba a la superficie es detectada por receptores que a la vez reciben ondas que viajan horizontalmente en las cercanías de la superficie (Onda Rayleigh), ondas que viajan sobre la superficie (Onda de aire) y ondas dispersas. Estas ondas no deseadas pueden definirse como ruido. La señal estará definida como la onda reflejada.

Las ondas cercanas a la superficie (Onda Rayleigh), son abrumadoras en amplitud en relación a la señal. Si tal ruido es registrado puede saturar el rango dinámico del equipo de registro, por lo cual, se hace necesaria su atenuación.

Una forma de atenuar este tipo de ruidos es el empleo de arreglos. El término arreglo, se refiere al patrón dado por un

grupo de receptores, el cual, determina un canal simple de registro; o una distribución de fuentes superficiales de energía, las cuales son accionadas simultáneamente.

Todos los receptores del arreglo reciben simultáneamente una onda que viaja verticalmente hacia la superficie, la cual, al entrar al canal determinado por el arreglo irá sumada constructivamente. Por otro lado, una onda viajando horizontalmente será captada por varios receptores en diferentes tiempos de arribo, ó sea, tendrán un cierto grado de interferencia destructiva. En consecuencia, el arreglo será un medio de filtrado de longitud de onda, discriminando entre la onda reflejada y las ondas de ruido. El objetivo del registro de datos con arreglos es el incrementar la relación señal-ruido.

11.2.- Teoría de los detectores múltiples.

Los ruidos cercanos a la superficie se propagan horizontalmente o aproximadamente horizontal, con una cierta velocidad V y una frecuencia f . La longitud de onda ó longitud de un periodo de la onda será:

$$\lambda = \frac{V}{f}$$

Si un grupo de detectores están uniformemente espaciados a un intervalo λ (Figura 11-1) y las salidas son sumadas, no existirá cancelación de ruido, en todos los detectores la onda será registrada en fase. Si ahora, este espaciamiento se reduce a la

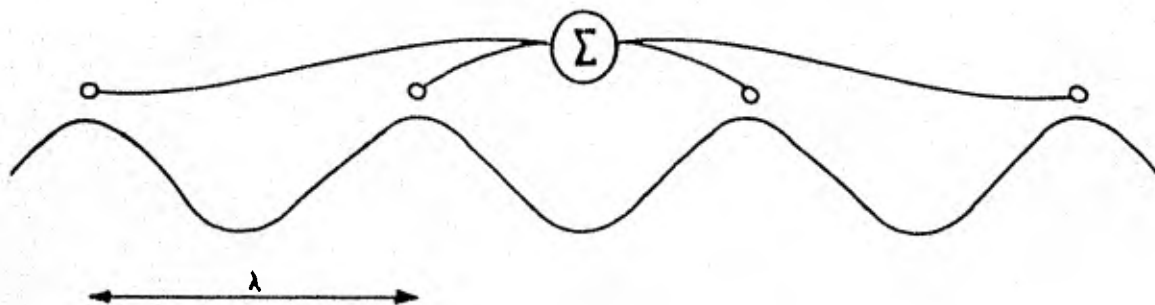


Figura II-1.- Detectores uniformemente espaciados a λ

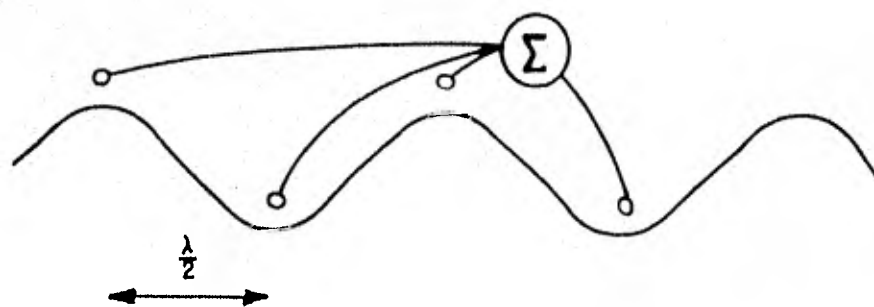


Figura II-2.- Detectores uniformemente espaciados a $1/2 \lambda$

mitad (Figura 11-2), la destrucción de la onda en este caso será completa. Si un arreglo está constituido de n detectores, uniformemente espaciados a intervalos d , atenuará diferentes longitudes de onda a diferentes grados, como se ilustra en la figura 11-3 con 5 detectores. La respuesta del arreglo en ondas de diferentes longitudes podrá ser calculada como en los siguientes casos:

- a).- Si la longitud de onda λ es igual a la separación entre detectores d , ($\lambda = d$), las ondas recibidas estarán en fase y la respuesta del arreglo será 5 veces de la respuesta individual (11-3-a).
- b).- Si $\lambda/d = 2$, la respuesta será $1/5$ de la respuesta del caso anterior (11-3-b).
- c).- Como el signo no es significativo en las características de la atenuación, las respuestas para $\lambda/d=3$ (11-3-c) y $\lambda/d=4$ (11-3-d) pueden ser consideradas equivalentes a $\lambda/d = 2$.
- d).- Cuando $\lambda/d=5$, las contribuciones, positiva y negativa, son iguales, cancelándose una a otra (11-3-e).
- e).- Si la longitud de onda tiende a ser muy larga en comparación a d , $\lambda/d = \infty$, la respuesta será igual que para $\lambda/d=1$ (11-3-f).

El arreglo es usualmente evaluado en términos de respuesta a diferentes longitudes de onda. En la figura 11-4, se observa

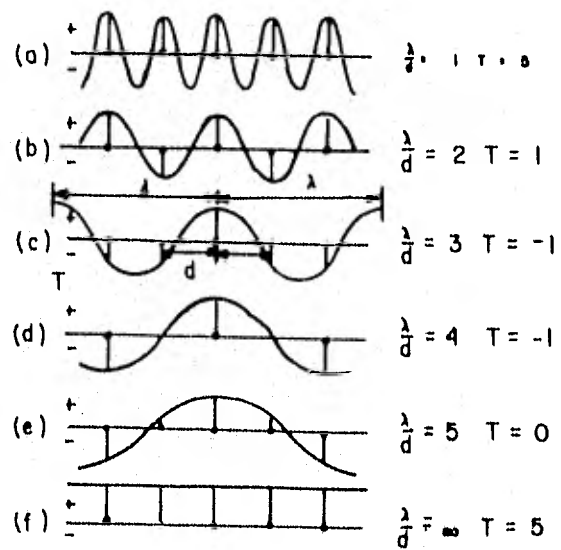


Figura II -3.- Detectores uniformemente espaciados a intervalo d .

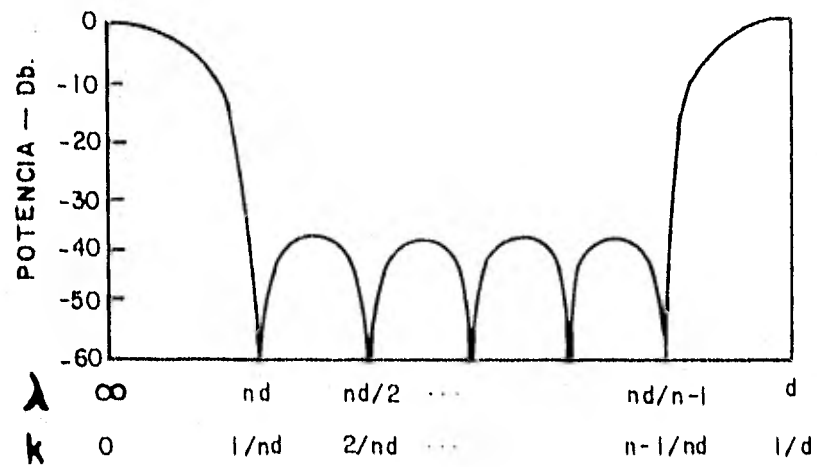


Figura II-4 - Curva de respuesta de un arreglo lineal de 6 detectores.

la respuesta de un arreglo de seis detectores espaciados a un intervalo \underline{d} . La respuesta se grafica contra longitud de onda o número de onda (número de longitud de onda por unidad de distancia), $k = 1/\lambda$. El eje Y está calculado como el espectro de la respuesta relativa:

$$\text{Espectro} = 20 \log (\text{respuesta relativa})$$

La respuesta relativa es la relación de la señal observada con \underline{n} detectores a una distancia \underline{d} de separación entre ellos, con la señal registrada con detectores agrupados ($d=0$).

De la figura 11-4, la respuesta de un arreglo lineal con \underline{n} elementos a distancia \underline{d} , se repite a $\lambda=d$. Existen $(n-1)$ lóbulos y atenuación infinita a $\lambda=nd, nd/2, \dots, nd/n-1$. El lóbulo principal de la curva de respuesta se encuentra entre $\lambda = \infty$ y $\lambda=nd$. La zona de mayor poder de atenuación en que las longitudes de onda del ruido serán atenuadas se localiza entre $\lambda=nd$ y $\lambda=nd/n-1$. Esta zona puede ser expandida incrementando el número de detectores en el arreglo ó la separación entre ellos, determinando el estrechamiento de la banda de paso (primer lóbulo donde $\lambda \geq nd$) e incrementando la pendiente de corte (Fig, 11-5).

11.2.1.- Arreglos lineales.

Un arreglo lineal está definido, como aquel en que los detectores están uniformemente separados en una dirección.

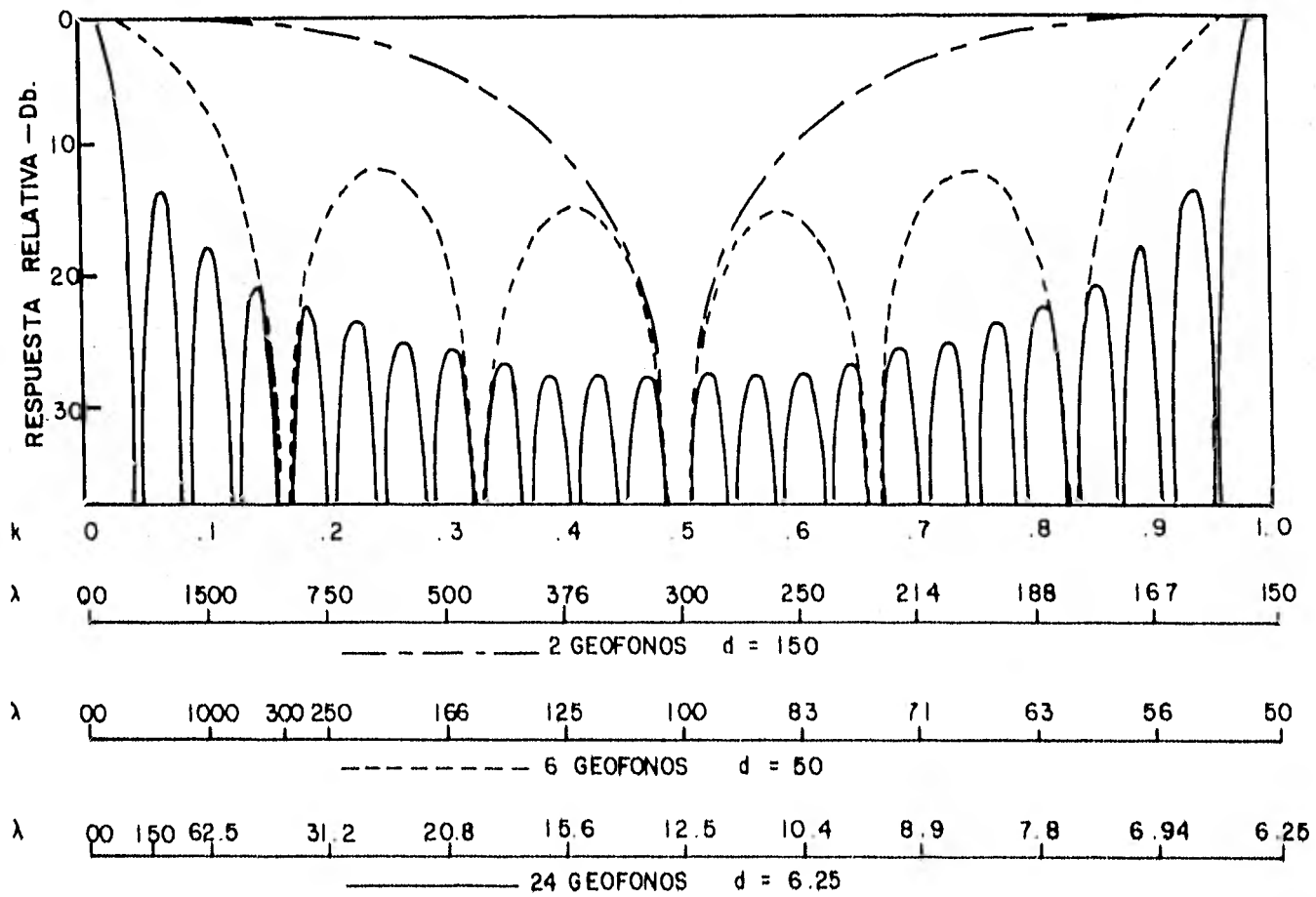


Figura II - 5.- Efecto debido al incremento del número de detectores en un arreglo.

Las ondas que detectan éstos receptores, son ondas senoidales, que viajan con una velocidad V y frecuencia f . Si se tratará de ruido, viajando horizontalmente, V sería su velocidad horizontal de propagación; si se tratara de energía viajando desde el subsuelo hacia la superficie, se tomaría V como la velocidad aparente. La amplitud de la onda senoidal, podrá ser representada matemáticamente como una función de tiempo:

$$A(t) = A_0 \text{ Sen } (2\pi ft) \quad (1)$$

tomando en cuenta que:

$$t = x/V, \quad \text{donde } x \text{ es la distancia de viaje}$$

$$f = 1/T, \quad \text{donde } T \text{ es el periodo de la onda}$$

$$k = 1/\lambda = 1/TV, \quad \text{donde } k \text{ es el número de onda.}$$

sustituyendo en la ecuación (1), se llega a la expresión:

$$A(x) = A_0 \text{ Sen } (2\pi kx) \quad (2)$$

Si se colocan 2 detectores a distancia $(x-d/2)$ y $(x+d/2)$, la suma de sus amplitudes será:

$$A(x) = A_0 \text{ Sen } \{2\pi k(x-d/2)\} + A_0 \text{ Sen}\{2\pi k(x+d/2)\}$$

por identidades trigonométricas y reduciendo términos;

$$A(x) = 2A_0 \{ \text{Sen } (2\pi kx) \} \text{ Cos } (\pi kd) \quad (3)$$

El término entre corchetes es una constante que corresponde a la amplitud de la respuesta de un detector localizado a

una distancia x . Está modificada por un factor $2 \text{ Cos } (\pi kd)$ que es indicativo de dos detectores, con distancia d de separación y respondiendo a un número de onda k .

La amplitud de la respuesta de un arreglo de dos detectores a $\pm d/2$ desde una distancia x será entonces:

$$A(kd) = 2 \text{ Cos } (\pi kd) \quad (4)$$

Por consiguiente, la amplitud de la respuesta de un arreglo de detectores múltiples podrá ser calculada por separación en pares a igual distancia desde el centro del arreglo (x), sumando las amplitudes de respuesta correspondientes.

Por otro lado, considerando lo anterior, para el caso de n detectores en un arreglo, la amplitud de la respuesta del mismo estará dada por:

$$A(kd) = \frac{\text{Sen } (n\pi kd)}{n \text{ Sen } (\pi kd)} \quad (5)$$

La respuesta relativa es usualmente graficada en decibels, tratándose de la respuesta para un valor dado de kd mostrado como el número de decibeles de atenuación desde $kd=0$, $d=0$ ó $\lambda = \infty$.

Para arreglos de detectores lineales, la longitud de onda atenuada por 3 decibeles, corresponderá a un valor $\lambda = nd/0,44$

De esta manera, en la designación de un arreglo, el geofísico de campo, o en su defecto el encargado del área técnica

de la brigada, considera no solamente la atenuación de ruido por el arreglo (>15 db) sino también el paso de señal con atenuación menor de 3 db.

Como una regla empírica, la longitud de un arreglo puede ser también igual o menor que 0.44 de la mínima longitud de onda de la señal:

$$nd \leq 0.44 \lambda s \quad (6)$$

II.2.2.- Arreglos pesados.

Se comprobó, que un mejoramiento en la atenuación del ruido se obtiene si la sensibilidad de los receptores de un arreglo es estrechada de tal manera que la mayor respuesta se encuentre en su centro, con un decremento hacia ambos lados.

Este estrechamiento puede ser obtenido por controles individuales, como potenciómetros, en cada detector. En la práctica esto se logra, colocando dos o más geófonos en la misma localización o por el cambio de espaciamiento entre detectores.

Como se muestra en la figura II-6-b, un arreglo pesado de 5 detectores igualmente espaciados, con tres elementos al centro, dos en la segunda y cuarta posiciones y uno a ambos lados, su respuesta dará una pendiente suave en el primer lóbulo y mayor atenuación de las sucesivas unidades, o sea, una

menor atenuación de la señal y máxima de ruidos.

11.2.3.- Arreglos espaciales.

El ruido frecuentemente viaja en direcciones que no coinciden con la de la línea de disparo y receptores. Esto suele ocurrir cuando el ruido inicialmente viaja en una dirección diferente a partir de la extensión fuente-detector, reflejada por algunas características como: un escarpe vertical, la base de una montaña, el cauce de un río o una irregularidad lateral uniforme del subsuelo. Cuando esto ocurre, se hace necesario el disponer detectores en área, por ejemplo bidimensional, mejor que un patrón lineal. Los patrones dispuestos en área pueden ser en forma de paralelogramos, rombos, estrellas, etc.

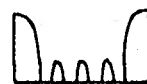
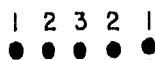
En la figura 11-6-c se muestran dos ejemplos de arreglos espaciales. Correspondiendo el primero a un paralelogramo y el segundo a un medio rombo. Ambos tienen la misma respuesta en la dirección X, haciéndose obvio lo anterior al tener un número de elementos proyectándose al eje citado. Por otra parte, defieren en su respuesta al ruido en la dirección Y, el paralelogramo tiene una respuesta de 3 elementos igualmente pesados mientras el medio rombo posee 3 elementos pesados.

11.2.4.- Cálculo de la respuesta de arreglos pesados y espaciales.

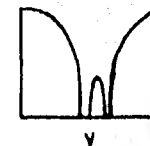
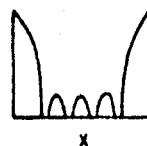
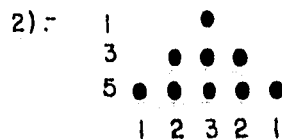
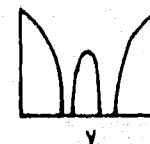
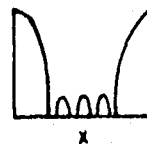
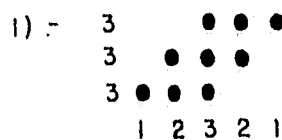
A ARREGLO LINEAL



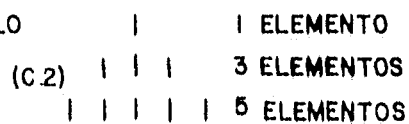
B ARREGLO PESADO



C ARREGLO ESPACIAL



D DESCOMPOSICION DE UN ARREGLO



E MODIFICACION DE UN ARREGLO

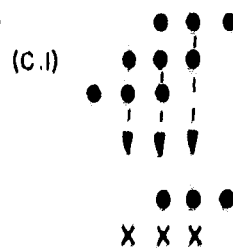


Figura II-6.- Arreglos y su respuesta relativa

La respuesta de arreglos pesados y espaciales puede ser calculada por dos métodos: descomposición y modificación.

II.2.4.1.- Descomposición de arreglos.

El cálculo se realiza simplemente descomponiendo el arreglo en diferentes grupos igualmente pesados y sumando sus respuestas. El arreglo espacial de la figura II-6-c-2 podrá ser descompuesto como se muestra en la figura II-6-d. En este caso se puede calcular la respuesta de 5 elementos, 3 elementos y 1 elemento, sumándose éstas.

II.2.4.2.- Modificación de un arreglo.

Cuando la respuesta sísmica pasa directamente por dos o más arreglos, éstos la modifican, siendo la respuesta total la convolución de la respuesta individual de los arreglos. Por ejemplo, la respuesta total de arreglos en el campo, es la modificación (o convolución) de la respuesta del arreglo de fuentes con la respuesta del arreglo de receptores.

La respuesta total es el producto de las respuestas individuales, o la suma de las respuestas individuales en decibeles. En la figura II-6-e, se observa que la respuesta de un paralelogramo de 3 x 3 es también el de un arreglo lineal de 3 elementos. En la figura II-7 se ilustra la respuesta de un arreglo en forma de paralelogramo de 3 x 3.

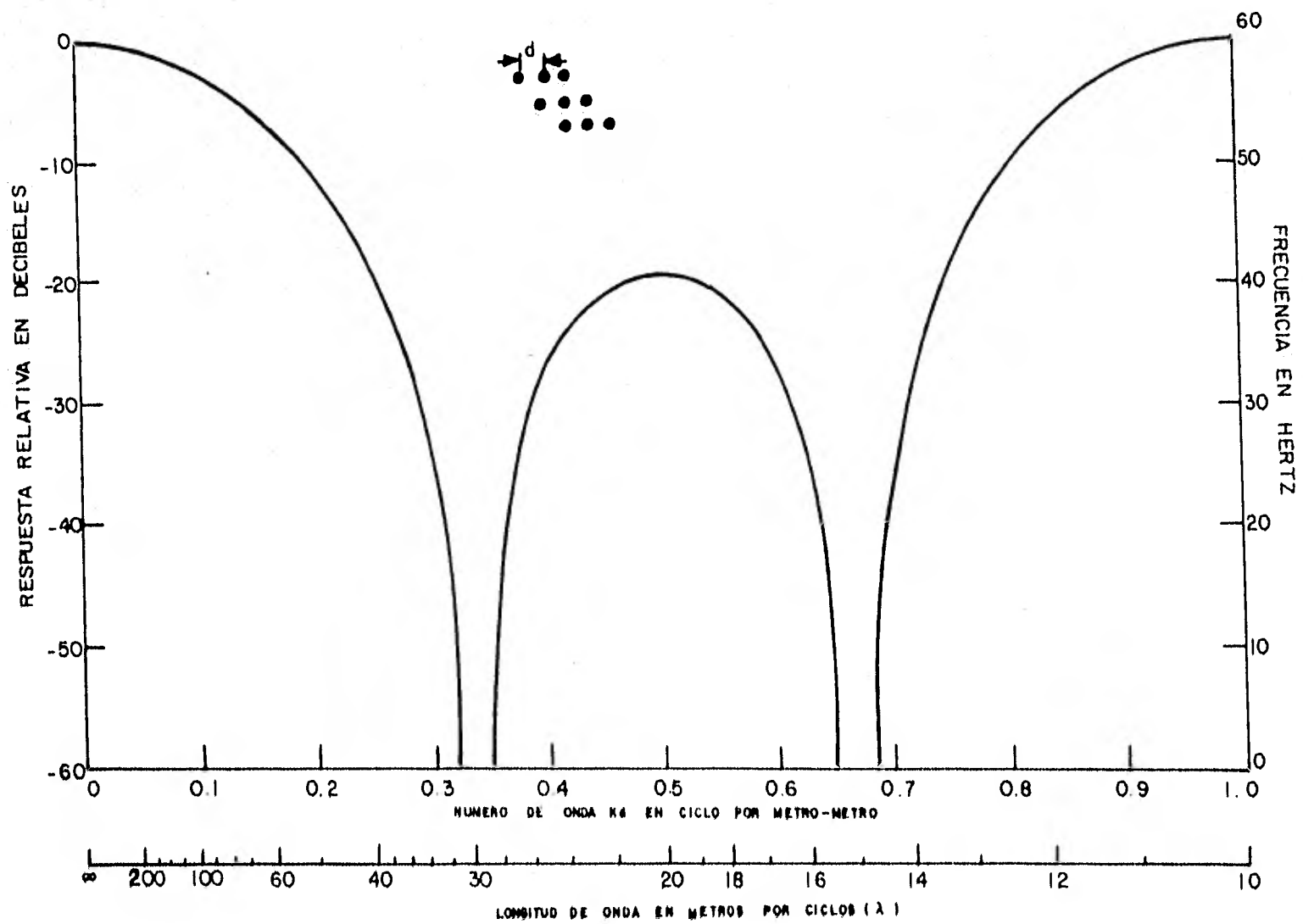


Figura II-7.- Respuesta de un arreglo de 3 x 3 (Paralelogramo)

11.3.- Efecto del Echado en un Arreglo.

La velocidad aparente, para dos detectores es $\Delta X/\Delta t$ donde ΔX es la separación de ellos y Δt es la correspondiente diferencia de tiempo. La velocidad aparente para un reflector plano es ∞ , donde la onda desde el reflector llega a los detectores simultáneamente. En caso de un reflector con determinado echado (Figura 11-8), la velocidad aparente será:

$$\Delta X / \Delta t = V / (2 \text{ Sen } \theta) \quad (7)$$

donde V es la velocidad promedio al reflector y θ es el ángulo de buzamiento. La longitud de onda aparente se relaciona a la velocidad aparente y a la frecuencia como:

$$\lambda = (\Delta X/\Delta t) / f$$

Por consiguiente la longitud de onda aparente quedaría:

$$\lambda = V/2 (f \text{ Sen } \theta) \quad (8)$$

Para un reflector plano ($\theta = 0^\circ$), la longitud de onda aparente sería ∞ mientras que para el horizonte buzante, la longitud de onda es menor que infinito. Como se mencionó anteriormente, para preservar la señal con no más de 3 db de atenuación:

$$\lambda_s \leq \text{nd} / 0.44 \quad (9)$$

Consecuentemente, el geofísico de campo estará consciente que la longitud del arreglo será corta en presencia de un echa-

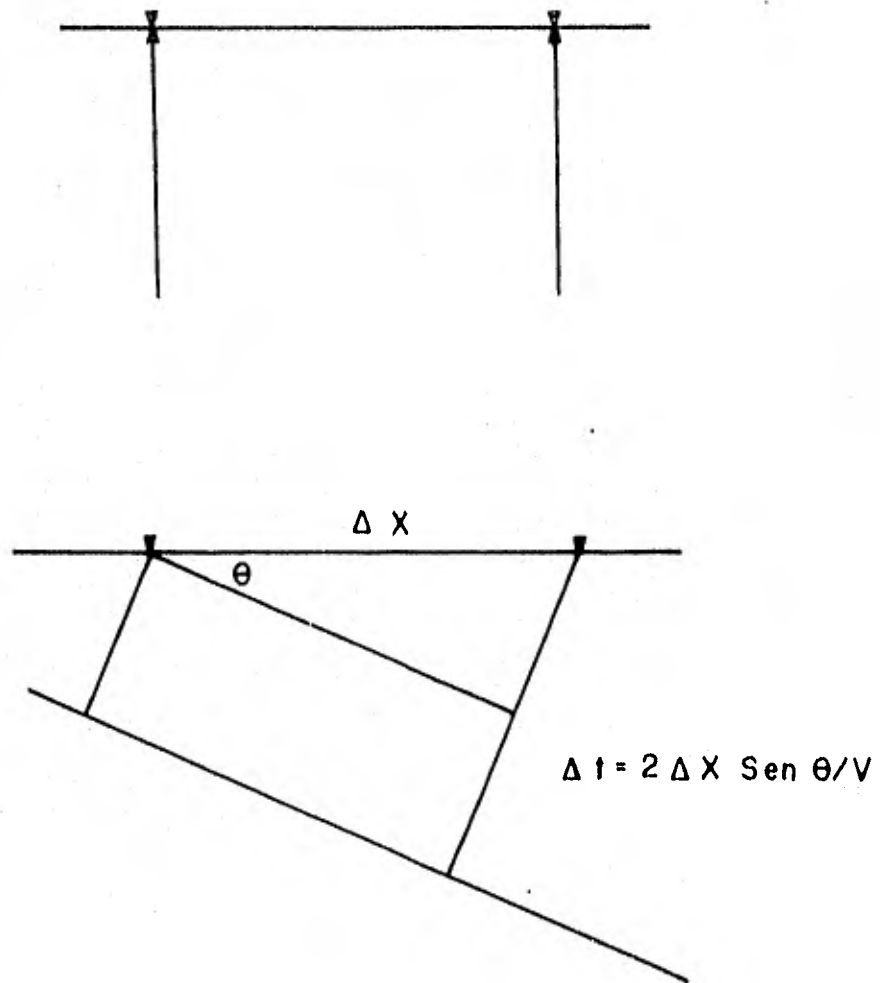


Figura II - 8.- Velocidad aparente para reflector plano y buzante.

do abrupto. Si se permite que la longitud del arreglo sea larga, obrará como un filtro de corte para señales recibidas desde horizontes con echado. Las figuras 11-9 y 11-10 se obtuvieron a partir de la ecuación (8), en éstas, la longitud aparente se muestra como una función de frecuencias y echado para una velocidad de 7000 ft/seg y 10000 ft/seg., respectivamente. Como se observa, al incrementar la velocidad promedio, se cambia el patrón equi-longitudinal de onda (Véase parte inferior figura 11-10).

11.4.- Efecto de la distancia fuente-receptor sobre un arreglo.

Previamente se asume que la fuente y el detector están localizados en la misma posición. En la práctica, al registrar con diferentes posiciones del detector, se considera el efecto del desplazamiento normal. De la figura 11-11:

$$T_x^2 = T_0^2 + (x^2 / v^2) \quad (10)$$

La cual se trata de la ecuación del tiempo de reflexión donde V es la velocidad al reflector y T_0 es el tiempo vertical de reflexión. El desplazamiento será la diferencia de tiempo entre los offsets de los diferentes detectores:

$$T_{mx}^2 - T_{mn}^2 = 1/V^2 (X_{mx}^2 - X_{mn}^2) \quad (11)$$

donde X_{mx} y X_{mn} son las posiciones de los detectores finales en un arreglo. Haciendo:

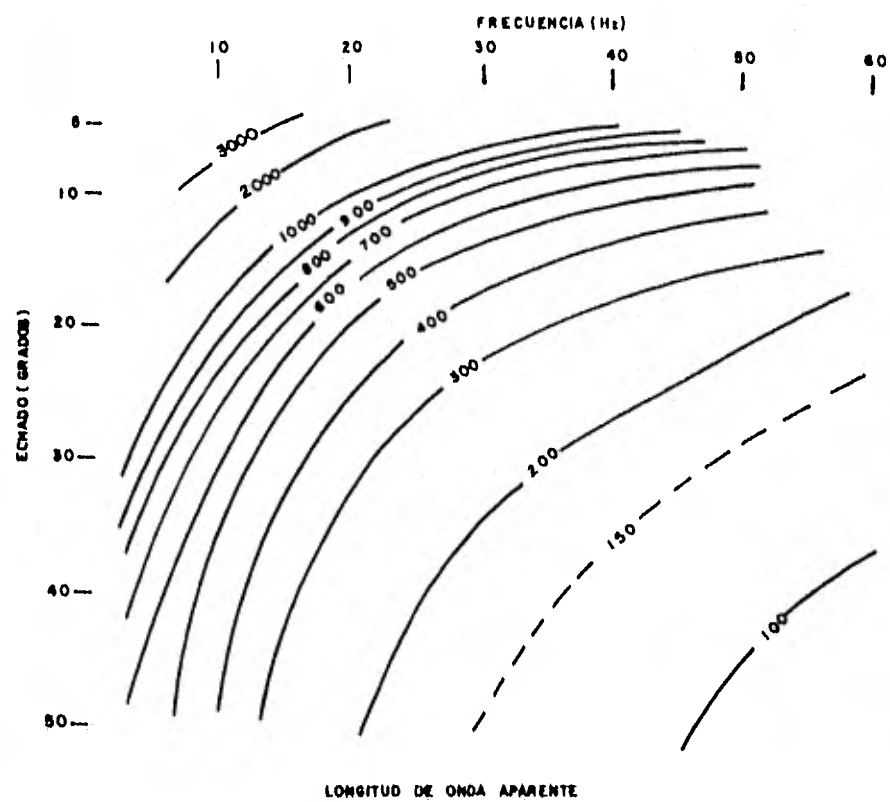


Figura II-9 - Longitud de onda para un reflector buzante

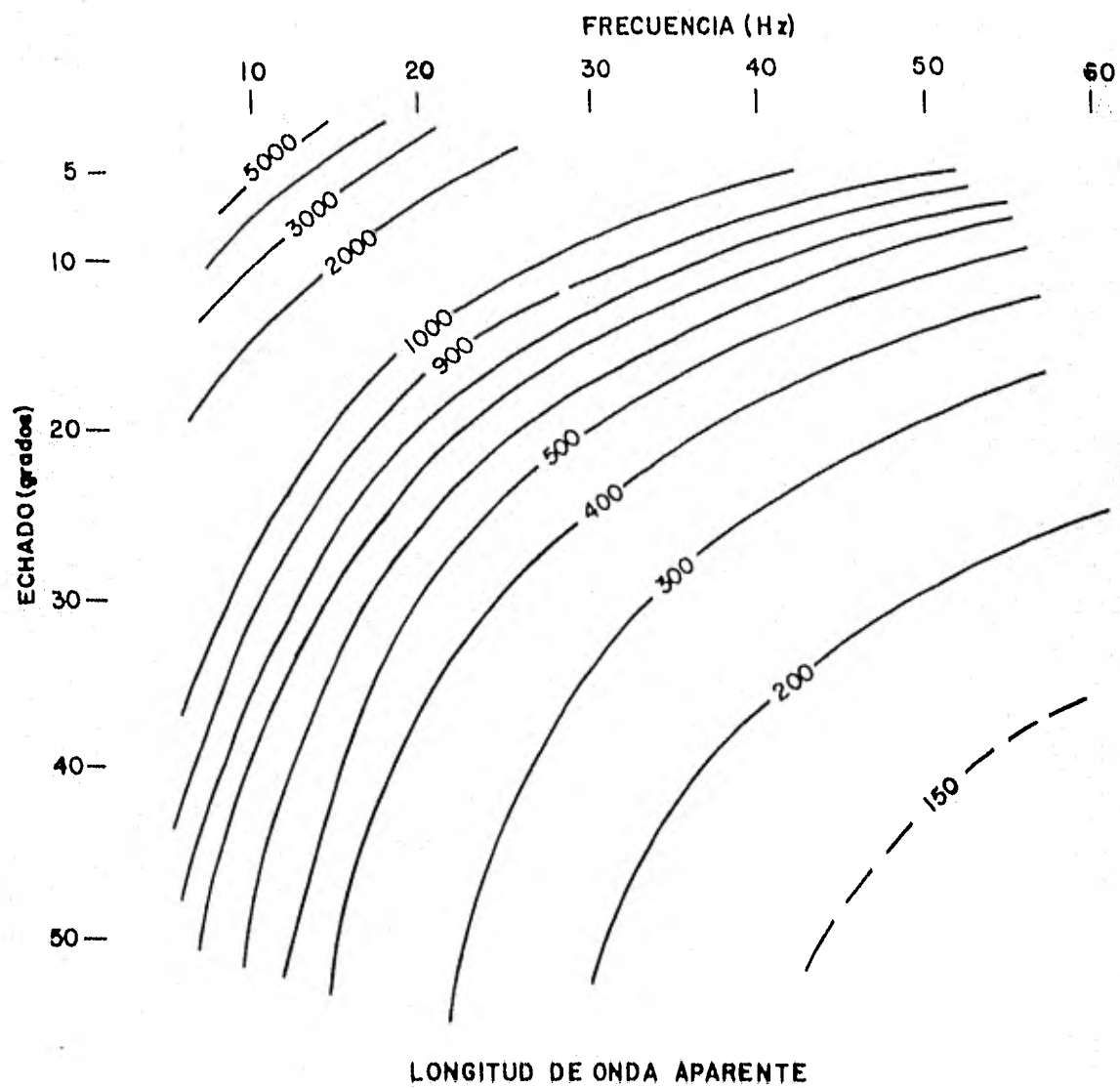


Figura II-10.- Longitudes de onda para un reflector buzante

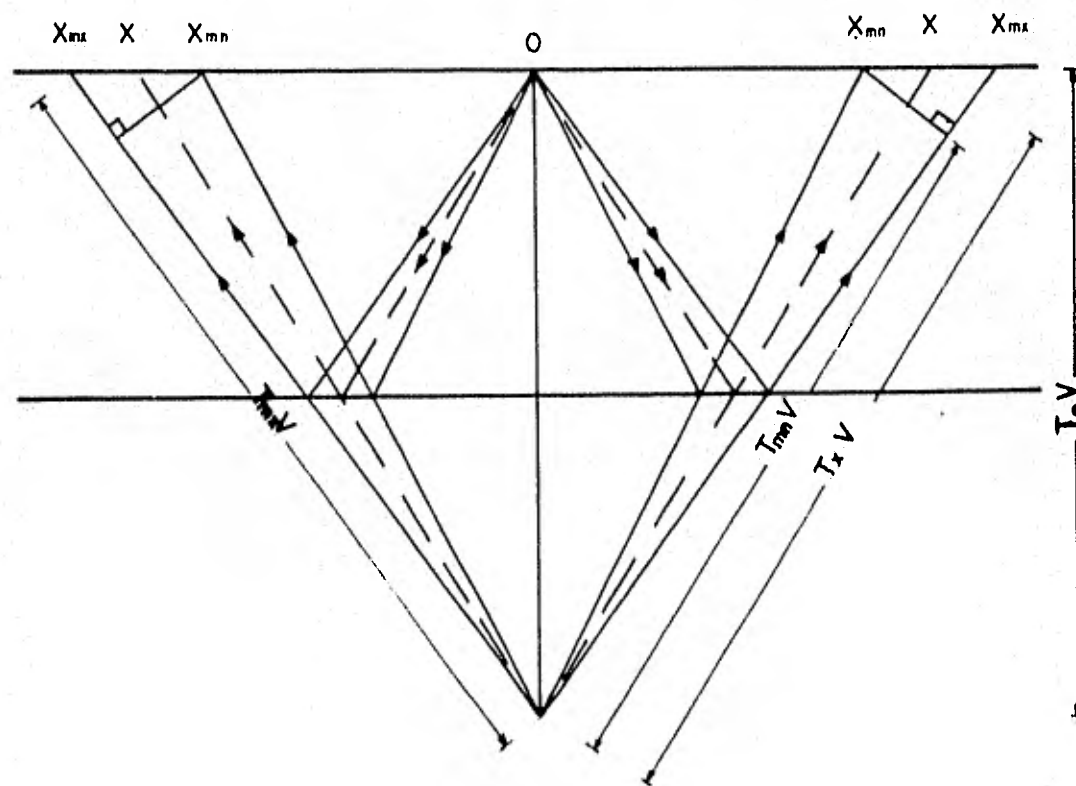


Figura II - II · Patrón de rayos de un reflector plano

$$T_{mx} - T_{mn} = \Delta T$$

$$T_{mx} + T_{mn} = 2T_x$$

$$X_{mx} - X_{mn} = \Delta X$$

$$X_{mx} + X_{mn} = 2X$$

sustituyendo estos valores en la ecuación (11) y resolviendo:

$$\Delta X / \Delta T = V^2 T_x / X \quad (12)$$

la cual viene siendo la velocidad aparente para el arreglo.

Por varias razones, en el proceso de datos hay una tendencia generalizada hacia un offset, que será ligeramente más grande que la profundidad del reflector. Se asume que el máximo offset que se podría procesar sería 1.5 veces la profundidad, o sea:

$$X = 3/2 Z$$

donde Z = Profundidad del reflector, o en su defecto:

$$X = 3/4 (VT_0) \quad (13)$$

llevando (13) a (12) y resolviendo:

$$(\Delta X / \Delta T) \frac{3Z}{2} = \frac{4}{3} \frac{T_x}{T_0} V \quad (14)$$

Haciendo la misma consideración, $X = 1.5Z$, la ecuación (10) resultará:

$$T_x = \frac{5}{4} T_0 \quad (15)$$

Sustituyendo T_x en la ecuación (14), se obtiene la veloci-

dad aparente en función de la velocidad al reflector:

$$(\Delta X / \Delta t) \frac{3}{2} Z = 5/3 V \quad (16)$$

y la longitud de onda aparente quedará expresada como:

$$\lambda = 5/3 V / f \quad (17)$$

La figura 11-12 muestra la longitud de onda aparente como una función de la velocidad al reflector y la frecuencia dominante del evento.

11.5.- Efecto Combinado del Echado y la Distancia Fuente-Receptor sobre un Arreglo.

El efecto de la distancia fuente-receptor, es simplemente una función de offset, pero el efecto combinado de ésta y el echado dependen de que el arreglo de receptores este echado arriba o echado abajo. De la figura 11-13 se obtiene por el teorema de los cosenos:

$$\overline{BC^2} = \overline{AB^2} + \overline{AC^2} \pm 2\overline{AB} \overline{AC} \cos \theta$$

$$\overline{BC^2} = \overline{AB^2} + \overline{AC^2} \mp 2\overline{AB} \overline{AC} \sin \theta$$

$$(T_X/V)^2 = (T_0/V)^2 + X^2 \mp 2T_0 X \sin \theta$$

o también

$$T_X^2 = T_0^2 + X^2 / V^2 \mp 2T_0 X \sin \theta / V \quad (18)$$

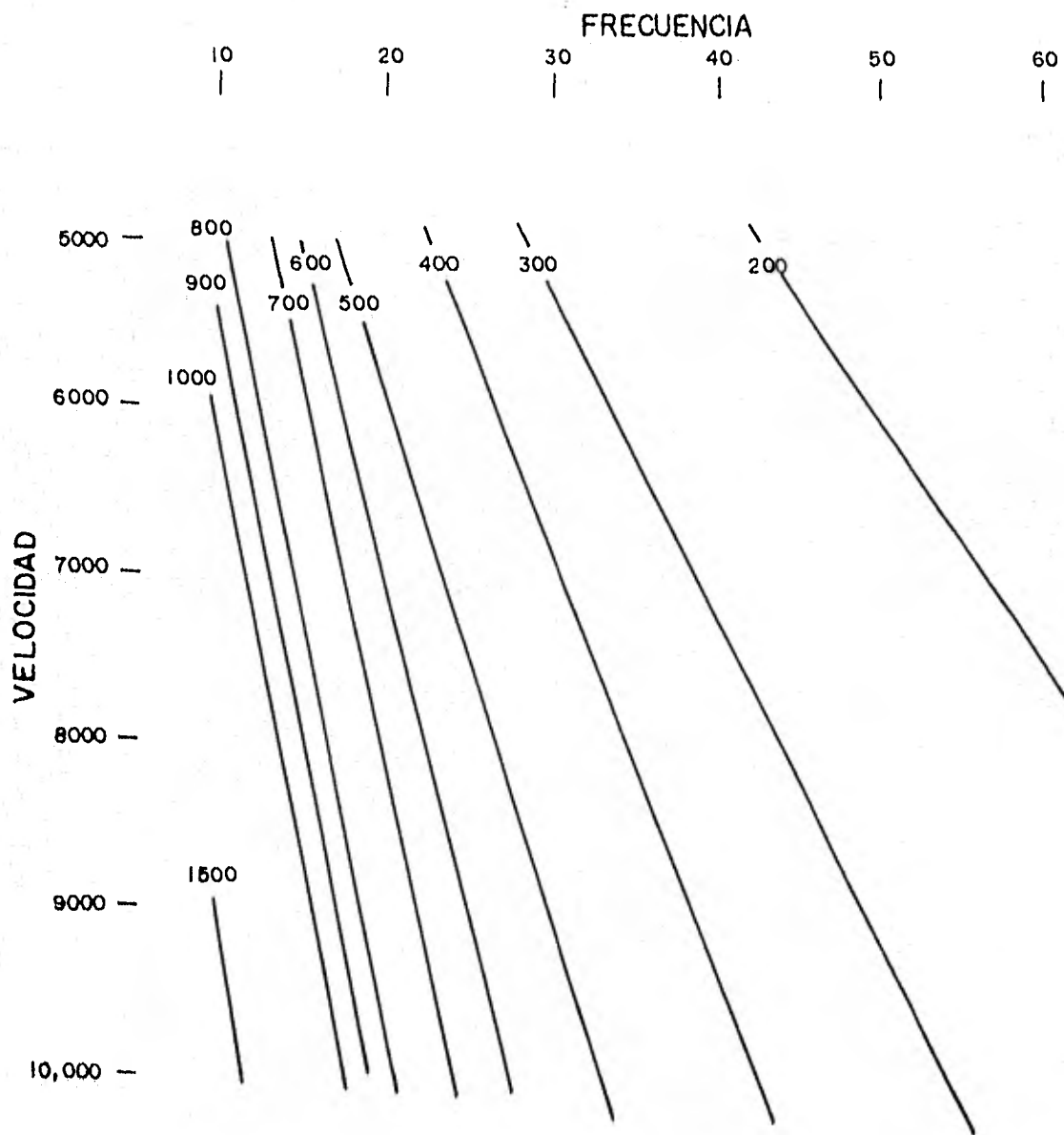


Figura II-12. Longitud de onda aparente como una función de Velocidad y Frecuencia.

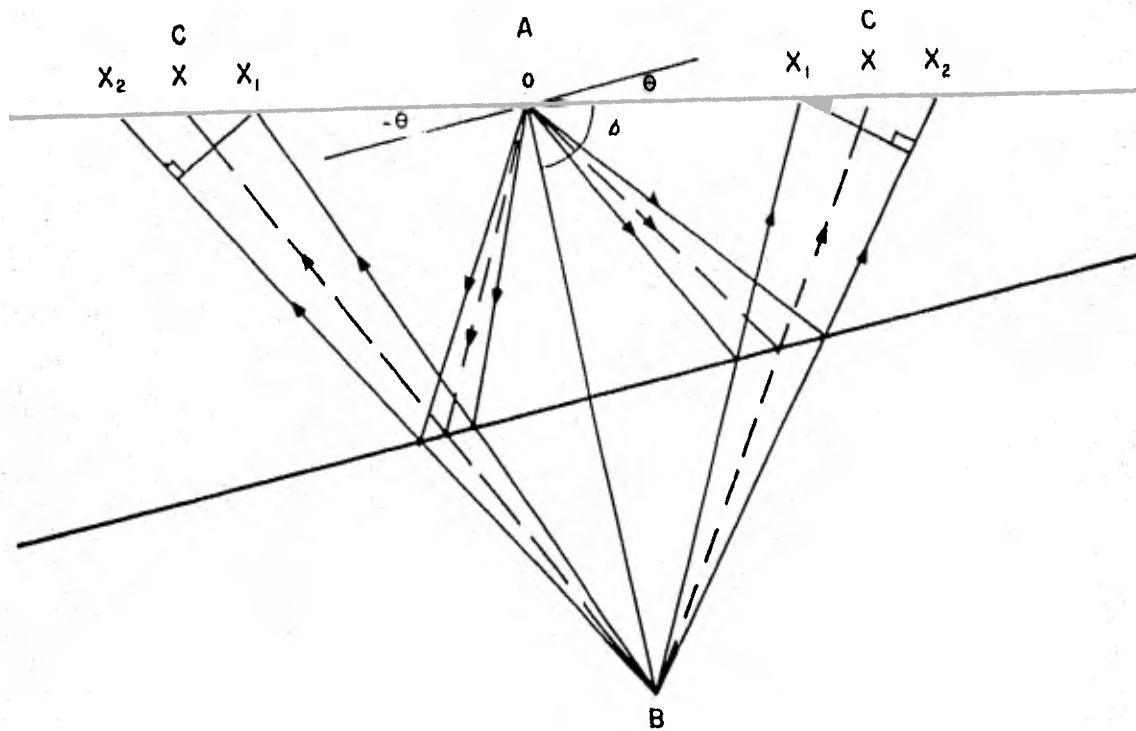


Figura II-13. Patrón de rayos para un reflector buzante

El tercer término de la ecuación (18) será negativo cuando se dispare la fuente de energía echado arriba y será positivo cuando se efectúe echado abajo.

El desplazamiento entre los detectores finales X_2 y X_1 , de un arreglo sería:

$$Tx_2^2 - Tx_1^2 = (1/V^2) (X_2^2 - X_1^2) \mp (1/V) 2To \text{ Sen} \theta (X_2 - X_1)$$

sustituyendo por:

$$Tx_2 - Tx_1 = \Delta T$$

$$X_2 - X_1 = \Delta X$$

$$Tx_2 + Tx_1 = 2Tx$$

$$X_2 + X_1 = 2X$$

resulta la ecuación:

$$\Delta T = (1/TxV^2) \Delta X \mp (1/TxV) To \text{ Sen} \theta \Delta X \quad (19)$$

Se observa que el desplazamiento consta de dos componentes, una es debida al offset y la segunda al echado. Nótese que cuando se tiene la fuente echado arriba, las dos componentes son de signos opuestos, resultando un desplazamiento más corto a una velocidad aparente mayor que cuando se encuentra la fuente echado abajo.

De la ecuación (19) se obtiene la velocidad aparente como:

$$\Delta X / \Delta T = (TxV^2) / (X \mp To V \text{ Sen} \theta) \quad (20)$$

Recordando que el máximo offset es 1.5 veces la profundidad de interés, por consiguiente, sustituyendo la ecuación (13) en las expresiones (18) y (20), y efectuando operaciones, resulta:

$$\Delta X/\Delta T = (5/3) V \{1 \mp (24/25) \text{Sen} \theta\}^{1/2} / \{1 \mp (4/3) \text{Sen} \theta\} \quad (21)$$

Como previamente se hizo notar, cuando la fuente se encuentra echado arriba, la velocidad aparente es mayor que cuando está echado abajo. Por ejemplo, para un horizonte con 30° de buzamiento y 2500 m/seg de velocidad promedio, la velocidad aparente para una reflexión a profundidad de $(2/3)X$ es de 9014 m/s cuando se trata del primer caso, mientras que la correspondiente al segundo sería de 3040 m/s.

La longitud de onda aparente quedará:

$$\lambda = (\Delta X/\Delta T) / f \quad (22)$$

En la designación de un arreglo, el geofísico de campo considerará señales de paso desde los reflectores buzantes hasta la mayor frecuencia esperada. Por ejemplo, para el caso de echado arriba, $V = 2500$ m/s, $\theta = 30^\circ$, e interesa preservar ondas de 50 Hz:

$$\lambda = 9014 / 50 = 180 \text{ m.}$$

En consecuencia si la señal se atenúa en no más de 3db, la longitud del arreglo será:

$$\lambda \leq 0.44 (180) = 79 \text{ m.}$$

Ahora bien, para el caso de echado abajo en el mismo modelo geológico, la longitud de onda aparente será de 61 m., y la longitud del arreglo que se requiere para preservar la señal resultará de 27 m. En la práctica, por lo tanto, no sólo se emplean arreglos de receptores sino además, un arreglo de fuentes de energía.

Se ha visto que disparando desde un punto fuente echado arriba a un arreglo de detectores, se tiene como efecto un desplazamiento más corto (una mayor velocidad aparente) comparándolo con el efecto del echado abajo. La figura 11-14 ilustra las dos situaciones de un arreglo de fuentes accionadas y registradas por un punto receptor. Ahora, lo inverso es válido, existirá un menor desplazamiento en tiempo a través del arreglo de fuentes echado abajo que cuando se trata de echado arriba.

Si ambos arreglos, fuentes y receptores son de igual longitud, la red resultante no será diferente a lo esperado en respuesta a un reflector buzante si se dispara como en los dos casos antes mencionados.

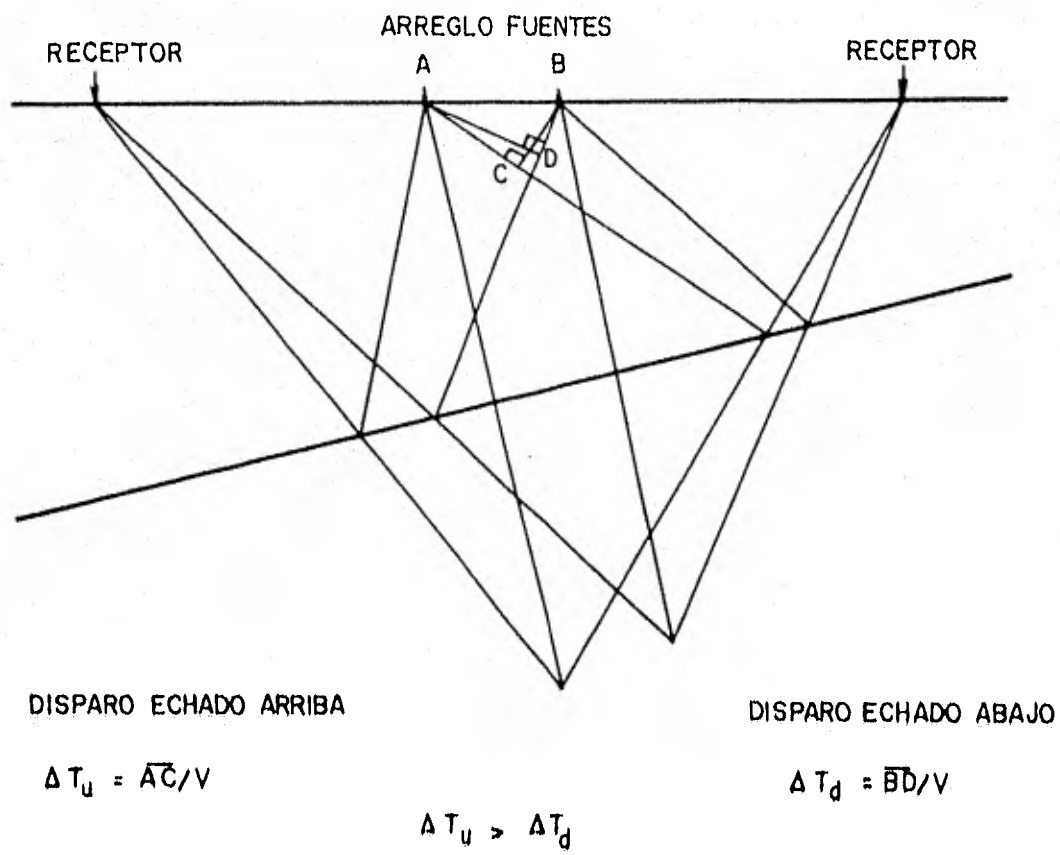


Figura II-14. Efectos de disparo echado ascendente y descendente

III.- OBTENCION DE PARAMETROS SISMICOS.

En la exploración sísmica tridimensional, se tiene que efectuar un adecuado cubrimiento del terreno para obtener una mejor información tendiente a lograr en última instancia una buena interpretación de los horizontes de interés.

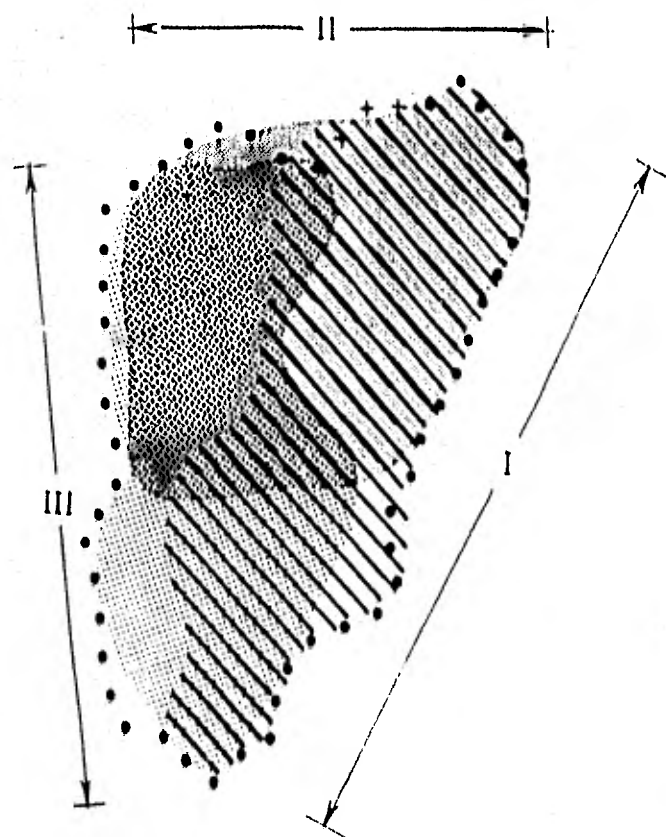
Para el efecto se hace necesario calcular las extensiones superficiales, las cuales deberán englobar completamente las estructuras del subsuelo al proyectarse éstas hacia la superficie. En pocas palabras, delimitar adecuadamente el prospecto.

Es importante el seleccionar adecuadamente el sistema tridimensional apropiado según las características del terreno y restricciones de acceso al prospecto.

Como ya se especificó, existen varios sistemas de recolección de datos, los más usados comunmente son el SEISLOOP⁺ (Figura III-1), SEISQUARE⁺ (Figura III-2) y el SEISWATH⁺ (Figura III-3). El método Seisloop hace posible la cubierta tridimensional en montañas o junglas sin salirse de caminos buenos. Los receptores son colocados alrededor del perímetro. Como se nota en la figura se tendrá un apilamiento discontinuo en algunas zonas del prospecto. En áreas donde varios caminos dividen el prospecto en rectángulos, el Seisquare brinda los mismos resultados pero con más simetría geométrica, teniendo hacia el centro del prospecto bajo apilamiento

⁺ TRADEMARK G.S.I.

"SEISLOOP"*



Leyenda.




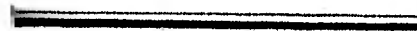
- GRUPOS DE RECEPTORES
- + LOCALIZACION DE LA FUENTE DE ENERGIA
-  LADO I COBERTURA DE SUBSUELO
-  LADO II COBERTURA DE SUBSUELO
-  LADO III COBERTURA DE SUBSUELO
- † TRADEMARK GEOPHYSICAL SERVICE INC

FIG. III-1.

* TRADEMARK G.S.I.



1 MILLA

ESPACIAMIENTO ENTRE GRUPOS 100m.
 ESPACIAMIENTO ENTRE TIROS 50m.

48 CANALES EN TOTAL
 96 PUNTOS DE TIRO

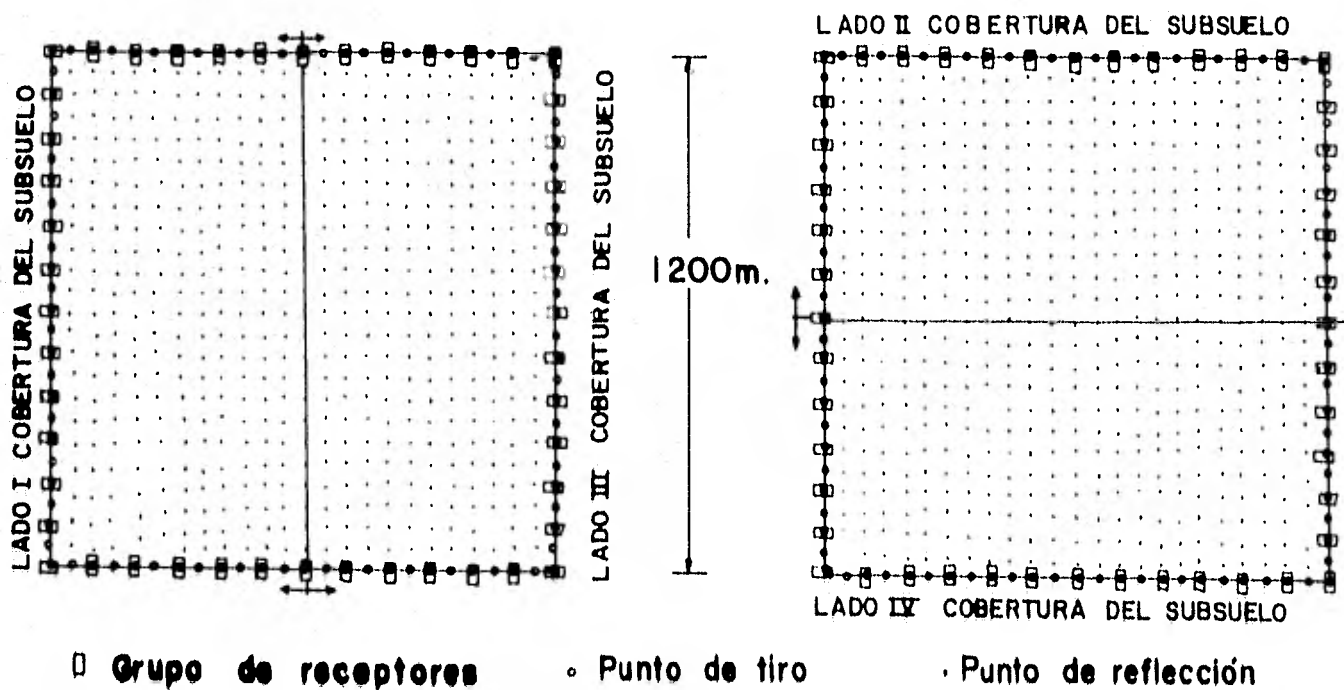
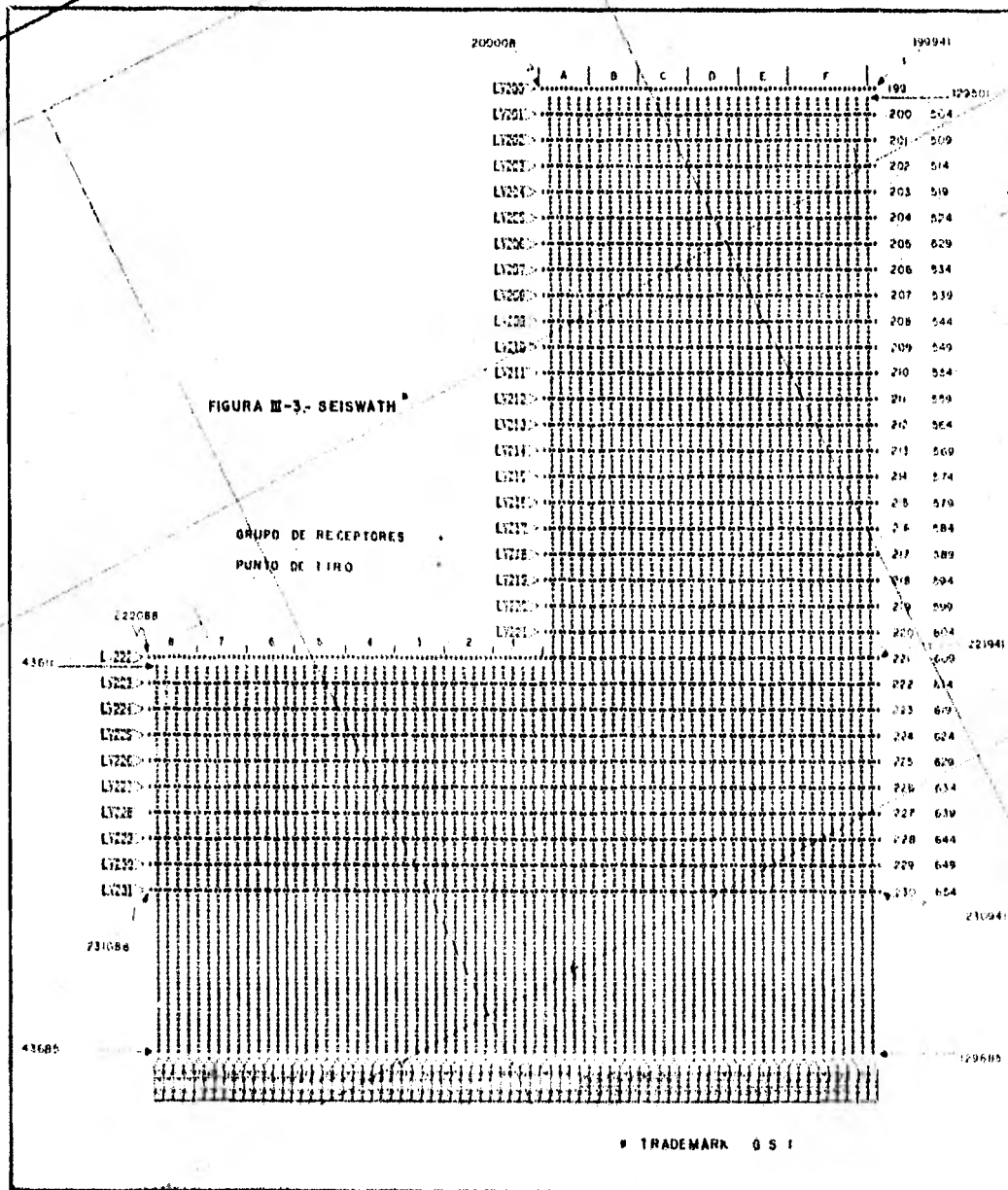


Figura III-2.- SEISQUARE[®]

* TRADEMARK G. S. I.



to y haciéndose mayor hacia los extremos (sin llegar al límite). El sistema Seiswath es normalmente empleado en áreas donde el acceso no es restringido, pudiéndose obtener un apilamiento máximo uniforme hacia el centro del prospecto y disminuyendo en los bordes.

Se debe de tomar en consideración, ya delineado el prospecto, los parámetros de registro, los cuales serán calculados tomando en consideración los antecedentes del capítulo anterior.

Es menester contar con una herramienta útil para poder tomar el mejor arreglo tanto de fuentes como de detectores para un buen registro de los datos, ésta se da en forma de un programa de cálculo de curvas de atenuación.

III.1.- Hipótesis y consideraciones generales.

Las características de la reflexión del objetivo (profundidad, frecuencia máxima, echado y velocidad) determinarán la geometría del pliegue.

Por lo tocante al análisis de ruido, éste tendrá prioridad en el sistema cuando se disponga de pocos canales.

El número de canales (N) que se requieren, depende de:

- a) Intervalo de grupo en línea, en metros ΔX
- b) Distancia máxima de la fuente al detec

tor (Offset), en metros	$X_{m\acute{a}x}$
c) Divisi3n simétrica (Factor)	2
d) Cubrimiento lateral, en metros	$Y, Y_{m\acute{a}x}$

Por consiguiente el número de canales requeridos, quedará dado por la expresi3n:

$$N = (2) \frac{X_{m\acute{a}x}}{\Delta X} \left(\frac{Y_{m\acute{a}x}}{\Delta Y} \right) \quad (1)$$

El intervalo de grupo y la longitud de propagaci3n dependen de:

a) Profundidad de máxímo interés, en metros	$Z_{m\acute{a}x}$
b) Máxíma frecuencia, en Hertz	$f_{m\acute{a}x}$
c) Echado máxímo, en grados	θ
d) Rango de velocidad dinámíca, en m/s	$V, V_{m\acute{i}n}, V_{m\acute{a}x}$

Además de:

- e) Consideraciones de muestreo
- f) Velocidades del ruido modelo
- g) Dispersi3n
- h) Velocidad de resoluci3n requerida
- i) Relaci3n seál a ruido

Dentro del diseño del sistema, se requerirán consideraciones de:

a) Distancia fuente-detector, en metros	X
---	-----

b) Tiempo de reflexión, a offset cero y λ , en segundos.	t_0, t_λ
c) Velocidad horizontal de la señal aparente debido al offset y el echado, en m/s	V_λ
d) Número de onda, en ciclos/metro	K
e) Longitud de onda, en metros	λ
f) Longitud efectiva del arreglo, en metros	l
g) Números de onda de paso y rechazo para un arreglo, en ciclos/metro	K_{pas}, K_{rech}

III.2.- Longitud de onda aparente de la señal como una función de offset.

Supóngase que se tiene un reflector horizontal como se muestra en la figura III-4, de donde:

$$\overline{SI} + \overline{IR} = \lambda_s$$

y:

$$\overline{SI} = \overline{S'I}$$

$$\overline{S'R} = \lambda_s$$

Analizando la figura, al incrementar la distancia fuente de-

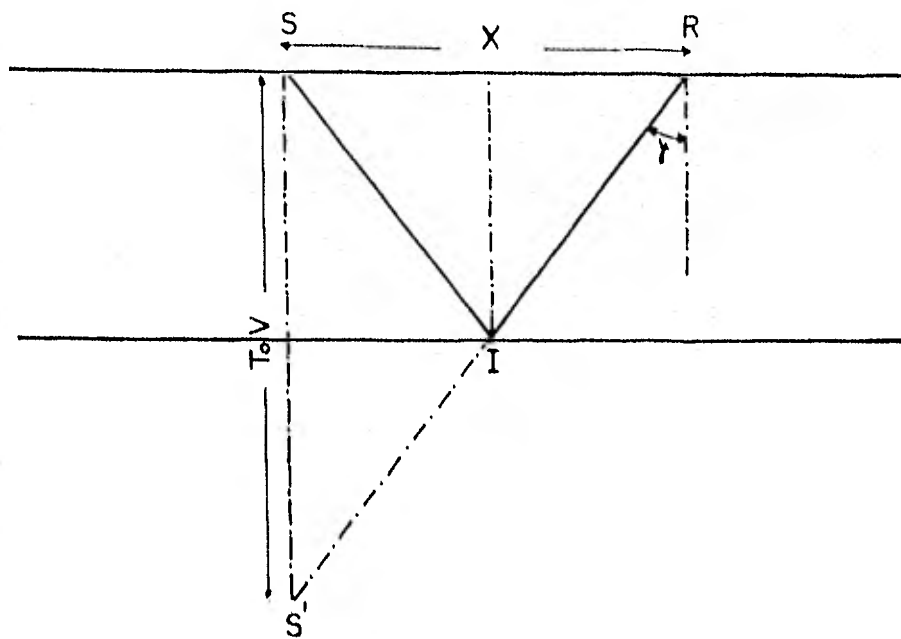


Figura III- 4.- Longitud de onda aparente en reflector horizontal.

lector, la longitud de onda aparente de la señal decrece y el ángulo emergente aumenta. Por lo tanto:

$$\text{Sen } \sigma = \frac{X}{S'R} = \frac{\lambda}{\lambda_s}$$

pero:

$$\lambda = v / f_s$$

$$\lambda_s = v / f_s \text{ Sen } \sigma \quad (2)$$

donde:

v = Velocidad al reflector

σ = Angulo emergente

X = Offset (Distancia fuente-detector)

f_s = Frecuencia de la señal

λ_s = Longitud de onda aparente de la señal

De la ecuación (2), cuando $\sigma = 90^\circ$, la longitud de onda aparente de la señal será igual a la longitud de onda real de la señal.

Esta expresión servirá de base para cálculos posteriores de la longitud de onda de la señal.

Como la distancia entre el origen y el arreglo de receptores se incrementa, la longitud de onda aparente de la señal decrece debido al correspondiente incremento del ángulo emergente, su magnitud tiende a aproximarse al valor de la máxima longitud aparente del ruido.

Por consiguiente un arreglo de receptores determinado atenúa la generación de ruido y como la longitud de onda de la señal cambia en la banda de rechazo del arreglo, este tiene también efectos de atenuación sobre la señal.

III.3.- Separación entre señal y ruido.

De la figura III-5, $K_{pas}L = 0.44$ y $K_{rech}L = 0.91$, donde L es la longitud efectiva del arreglo.

Por consiguiente:

$$\lambda_{smín}/\lambda_{rmáx} = 2.05 \quad (3)$$

donde:

$\lambda_{smín}$ = La mínima longitud de onda de la señal atenuada por - 3Db por arreglo.

$\lambda_{rmáx}$ = La máxima longitud de onda del ruido atenuada por - 20 Db por arreglo.

De la ecuación (3) se saca en conclusión, que la longitud de onda de la señal esté restringida por:

$$\lambda_{smín} \geq 2.05 \lambda_{rmáx} \quad (4)$$

Tomando en cuenta que:

$$K_r L = 0.91$$

la longitud efectiva para atenuar la máxima longitud de onda del

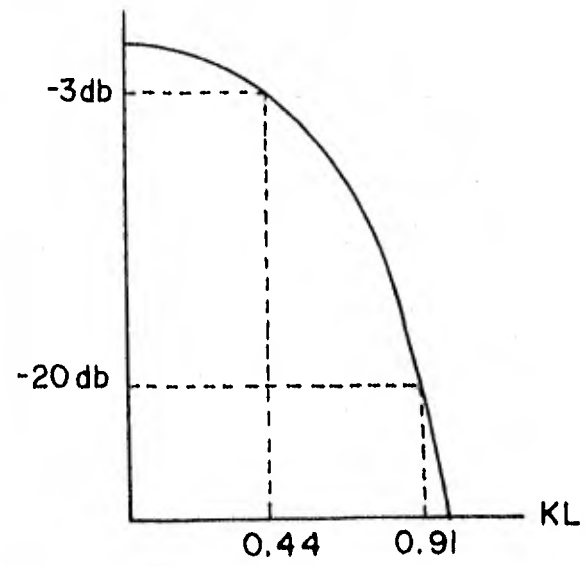


Figura III.-5.- Respuesta de un arreglo de longitud efectiva L .

ruido en - 20 Db será:

$$L = 0.91 \lambda_{r\text{m}\acute{a}x} \quad (5)$$

Tambi3n, para asegurar que la m3nima longitud de onda de la se3al no sea atenuada por m3s de - 3 Db:

$$\begin{aligned} K_s L &= 0.44 \\ L &\leq 0.44 \lambda_{s\text{m}\acute{a}x} \end{aligned} \quad (6)$$

Despejando de la ecuaci3n (6), $\lambda_{s\text{m}\acute{a}x}$ y sustituy3ndola en la ecuaci3n (2):

$$L \leq 0.44 \frac{V}{f_{s\text{m}\acute{a}x}} \text{ Sen } \sigma_{\text{m}\acute{a}x} \quad (7)$$

La expresi3n (7) permite mostrar la longitud efectiva del arreglo como una funci3n incremento de la velocidad aparente de la se3al.

III.3.1.- Angulo emergente como una funci3n del ruido.-

Tomando en consideraci3n, que al incrementarse el 3ngulo emergente, la longitud de onda de la se3al tiende a aproximarse a la m3xima longitud de onda del ruido (III.2), se calcular3 su m3ximo valor para que permita el registro de se3al con no m3s de - 3Db de atenuaci3n.

Sustituyendo la ecuaci3n (5) en ecuaci3n (7)

$$\sigma_{\text{m}\acute{a}x} = \text{Sen}^{-1} \left(\frac{V}{2.05 \lambda_{r\text{m}\acute{a}x} f_{s\text{m}\acute{a}x}} \right) \quad (8)$$

III.4.- Determinaci3n del m3ximo offset.-

En la determinación de la máxima distancia entre la fuente de energía y el último grupo de receptores, se considera si se encuentran colocados echado ascendente o echado descendente.

III.4.1.- Caso echado ascendente.-

De la figura III-6 se tiene que:

$$\begin{aligned} B_{\text{máx}} &= \sigma_{\text{máx}} + \theta; \quad \sigma_{\text{máx}} = B_{\text{máx}} - \theta \\ X_1 &= T_0 V \text{ Sen } \theta \\ X_{\text{máx}} &= X_1 + X_2 \\ X_2 &= T_0 V \tan \sigma_{\text{máx}} \text{ Cos } \theta \end{aligned} \quad (9)$$

Sustituyendo los valores de X_1 , X_2 en la ecuación (9), así como el correspondiente a $\sigma_{\text{máx}}$,

$$X_{\text{máx}} = T_0 V \text{ Sen } \theta + T_0 V \tan (B_{\text{máx}} - \theta) \text{ Cos } \theta$$

por identidades trigonométricas:

$$\begin{aligned} X_{\text{máx}} &= T_0 V \{ \text{Sen } \theta + ((\text{Tan } B_{\text{máx}} - \text{Tan } \theta) / \\ &\quad (1 + \text{Tan } B_{\text{máx}} \text{ Tan } \theta) \} \text{Cos } \theta \end{aligned}$$

efectuando operaciones, queda la expresión:

$$X_{\text{máx}} = \frac{T_0 V \text{ Tan } B_{\text{máx}}}{\text{Cos } \theta + \text{Tan } B_{\text{máx}} \text{ Sen } \theta} \quad (10)$$

III.4.2.- Caso echado descendente.-

Partiendo del análisis de la figura III-7, se encuentra que:

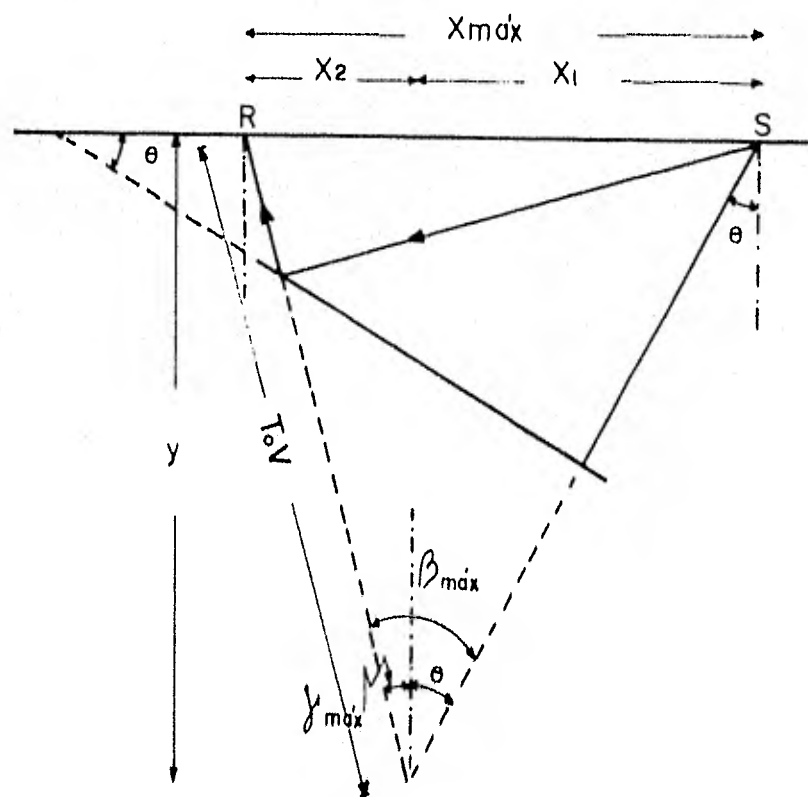


Figura III-6 - DETERMINACION DEL MAXIMO OFFSET CASO ECHADO ASCENDENTE.

$$B_{\text{máx}} = \sigma_{\text{máx}} - \theta; \sigma_{\text{máx}} = B_{\text{máx}} + \theta$$

$$X_{\text{máx}} = D - d \quad (11)$$

$$d = T_0 V \text{ Sen } \theta$$

$$D = T_0 V \text{ Tan } \sigma_{\text{máx}} \text{ Cos } \theta$$

Sustituyendo d , D y $\sigma_{\text{máx}}$ en la ecuación (11):

$$X_{\text{máx}} = T_0 V \text{ Tan } (B_{\text{máx}} + \theta) \text{ Cos } \theta - T_0 V \text{ Sen } \theta$$

por identidades trigonométricas:

$$X_{\text{máx}} = T_0 V \left\{ \left(\frac{\text{Tan } B_{\text{máx}} + \text{Tan } \theta}{1 - \text{Tan } B_{\text{máx}} \text{ Tan } \theta} \right) \text{ Cos } \theta - \text{Sen } \theta \right\}$$

y resolviendo,

$$X_{\text{máx}} = \frac{T_0 V \text{ Tan } B_{\text{máx}}}{\text{Cos } \theta - \text{Tan } B_{\text{máx}} \text{ Sen } \theta} \quad (12)$$

Las ecuaciones (10) y (12) indican el modo de calcular el offset máximo de registro en cada uno de los dos casos mencionados. Para lo anterior bastará con calcular el valor de $B_{\text{máx}}$ a partir del ángulo emergente $\sigma_{\text{máx}}$, lo cual, se efectuará partiendo de la ecuación (8).

Para el caso de echado descendente, se deducirá la expresión que permita calcular la longitud de onda aparente de la señal en función del offset, la velocidad al reflector, el echado y la frecuencia de la señal.

Partiendo de la ecuación (2):

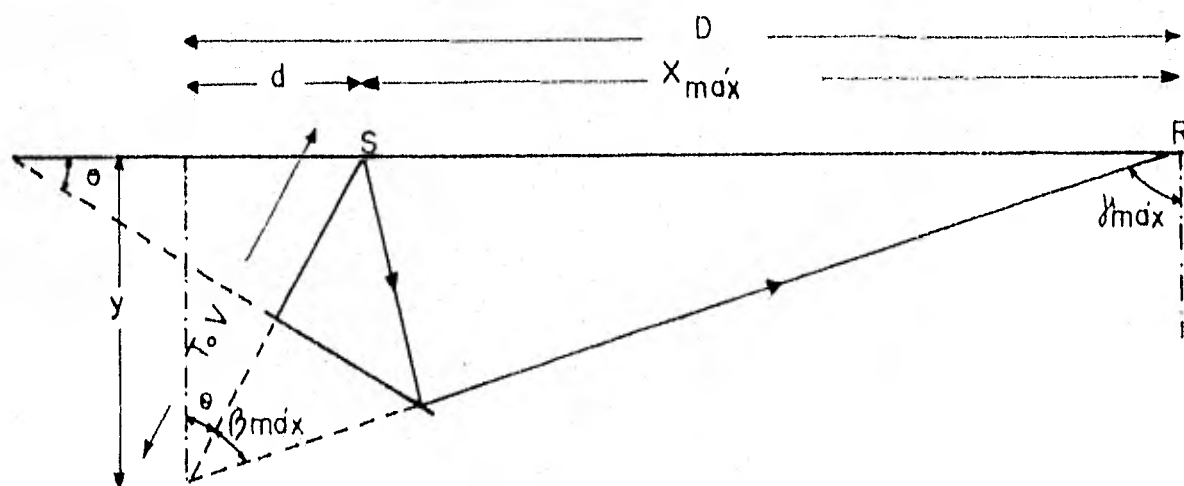


Figura III-7.- Determinación del máximo offset caso echado descendente

$$\lambda_s = v / f_s \text{ Sen } \alpha \quad (2)$$

y de la figura III-8, donde:

$$\begin{aligned} \text{Cos} \left(\frac{\pi}{2} - \alpha \right) &= \text{Sen } \theta \\ 1/\text{sen } \alpha &= 1 / \left(\overline{RT} / \overline{RT'} \right) = \overline{RT'} / \overline{RT} \end{aligned}$$

por el teorema de los cosenos

$$\overline{RT'} = \left\{ T_o^2 V^2 + X^2 - 2 T_o V X \text{Cos} \left(\frac{\pi}{2} + \theta \right) \right\}^{\frac{1}{2}}$$

de donde:

$$\begin{aligned} \text{Cos} \left(\frac{\pi}{2} + \theta \right) &= - \text{Sen } \theta \\ \overline{RT'} &= \left\{ T_o^2 V^2 + X^2 + 2 T_o V X \text{Sen } \theta \right\}^{\frac{1}{2}} \end{aligned}$$

pero

$$\begin{aligned} \overline{RT} &= X + T_o V \text{Sen } \theta \\ 1/\text{Sen } \alpha &= \frac{\left\{ T_o^2 V^2 + X^2 + 2 T_o V X \text{Sen } \theta \right\}^{\frac{1}{2}}}{\left(X + T_o V \text{Sen } \theta \right)} \end{aligned}$$

Sustituyendo $1/\text{Sen } \alpha$ en la ecuación (2), se obtiene:

$$\lambda_s = \frac{V \left\{ T_o^2 V^2 + X^2 + 2 T_o V X \text{Sen } \theta \right\}^{\frac{1}{2}}}{f_s \left(X + T_o V \text{Sen } \theta \right)} \quad (13)$$

En las figuras III-9, III-10, III-11, se muestran los efectos que sobre la longitud de onda aparente de la señal producen el hacer variar el echado, la frecuencia y la velocidad, respectivamente.

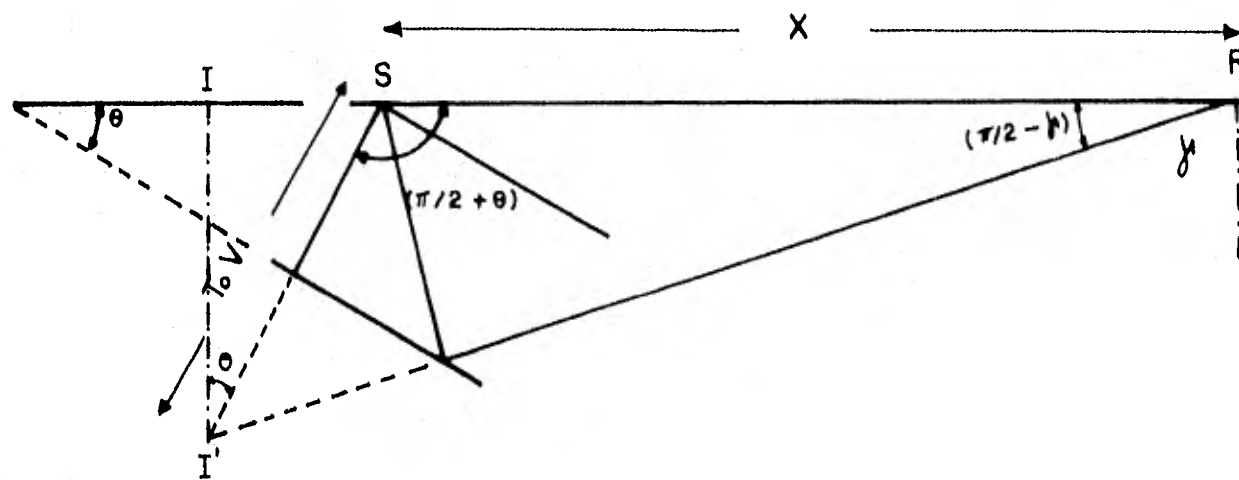


Figura III-8.- Longitud de onda aparente de la señal como una función de offset.

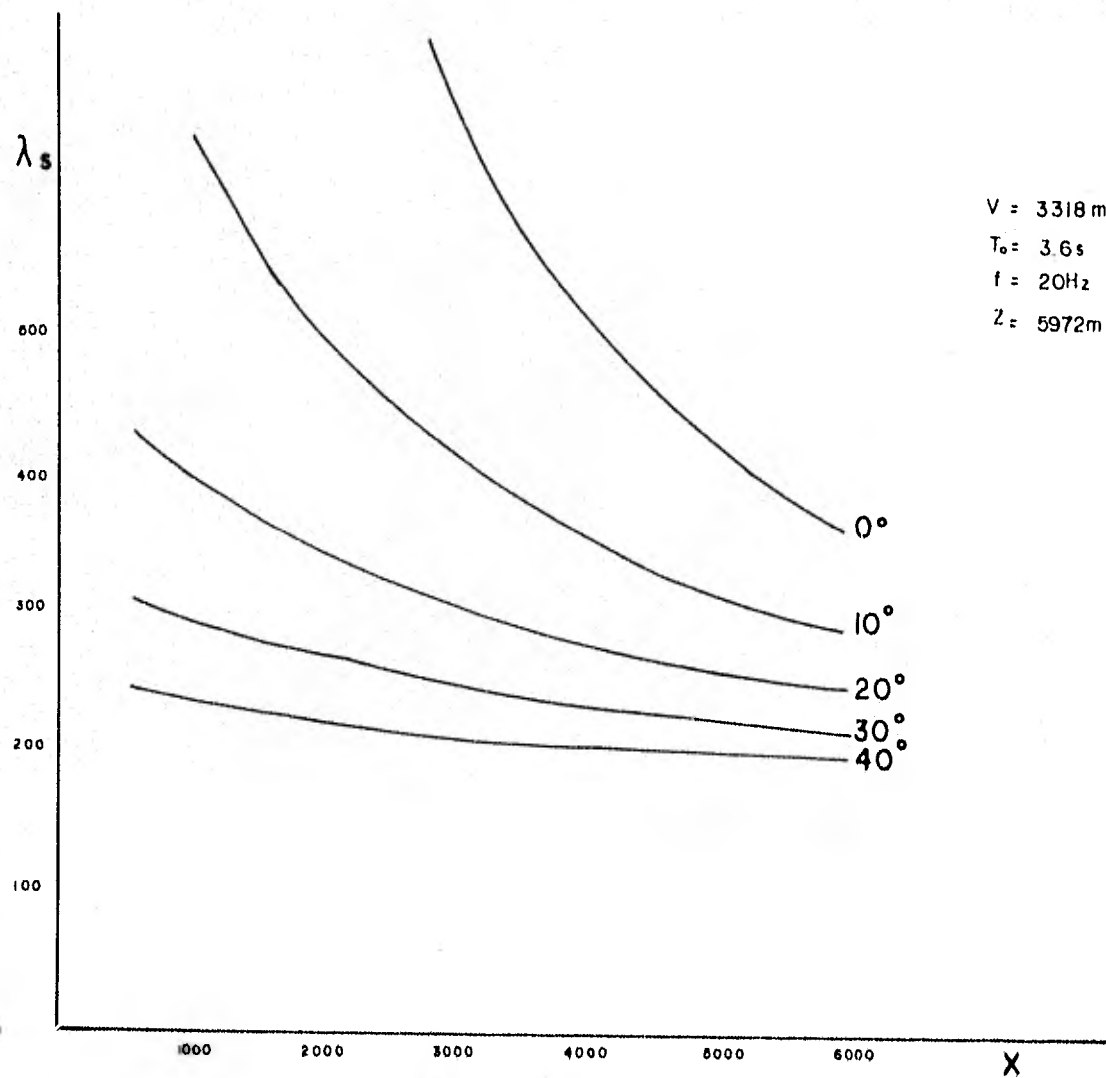


Figura III- 9. - Efecto debido al echado

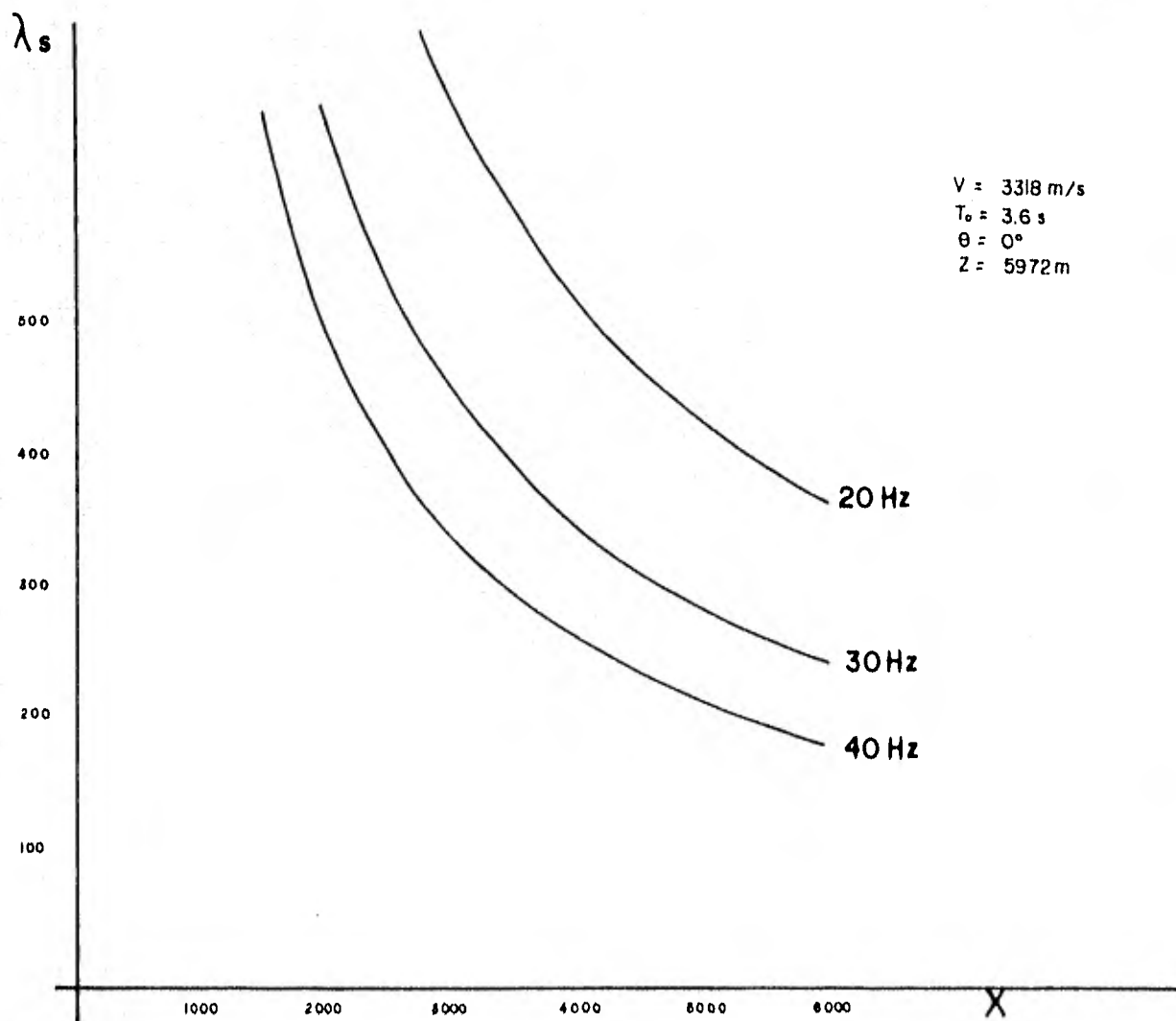


Figura III-10. Efecto debido a la frecuencia.

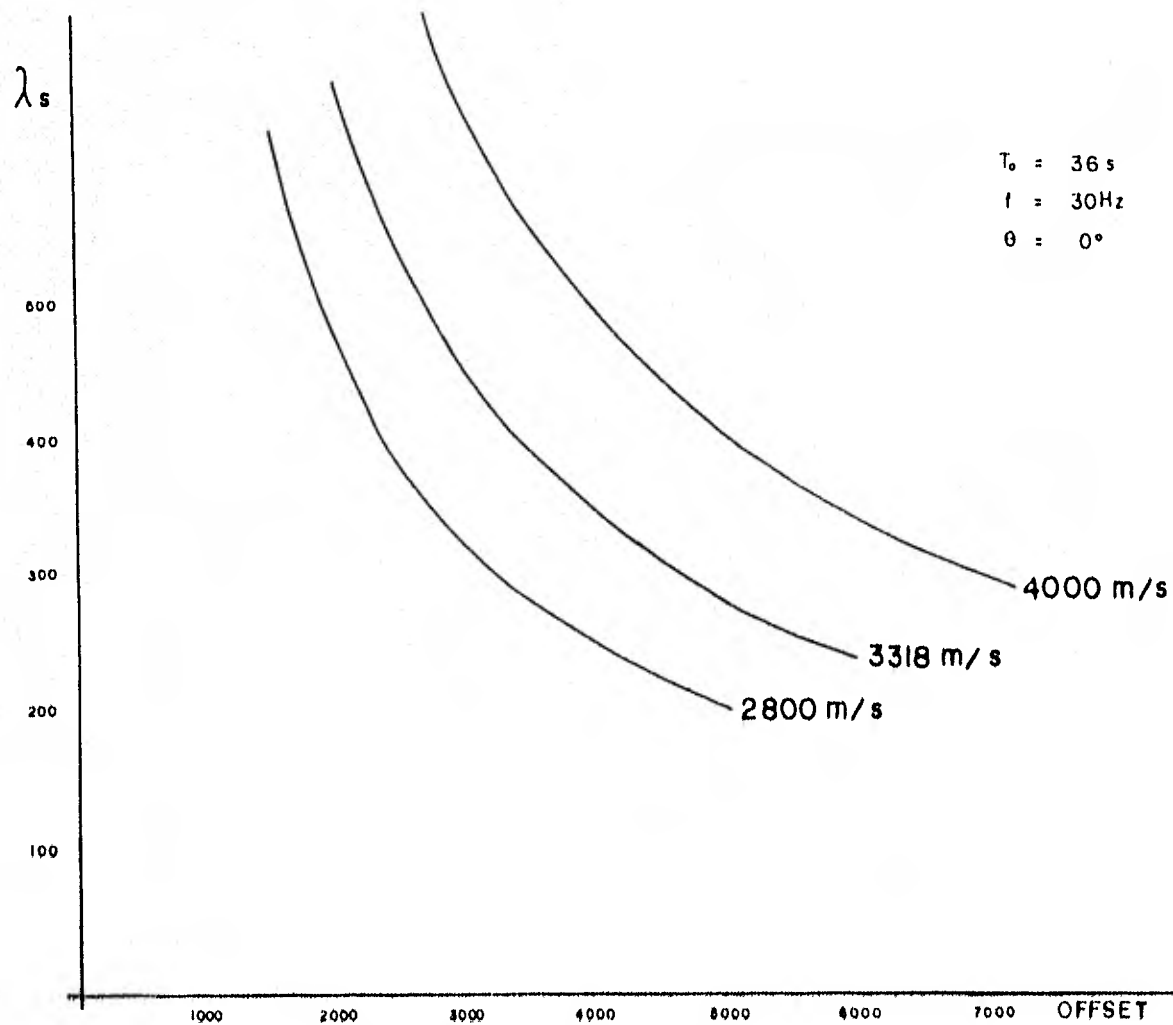


Figura III - II - Efecto de la velocidad

La figura III-12 ejemplifica el comportamiento de la longitud de onda aparente de la señal, al hacer variar los parámetros indicados en el recuadro superior (cálculo efectuado a partir de la ecuación (13) con datos hipotéticos).

III.5.- Intervalo de grupo como función de las longitudes de onda de la Señal y del Ruido.

Según la teoría del muestreo, para conseguir un adecuado espacio de muestreo en la superficie, de un frente de onda reflejado, el intervalo de grupo (intervalo de muestreo) no debe ser mayor que la mitad de la mínima longitud de onda aparente de la señal.

$$e \leq \lambda_{smín} / 2$$

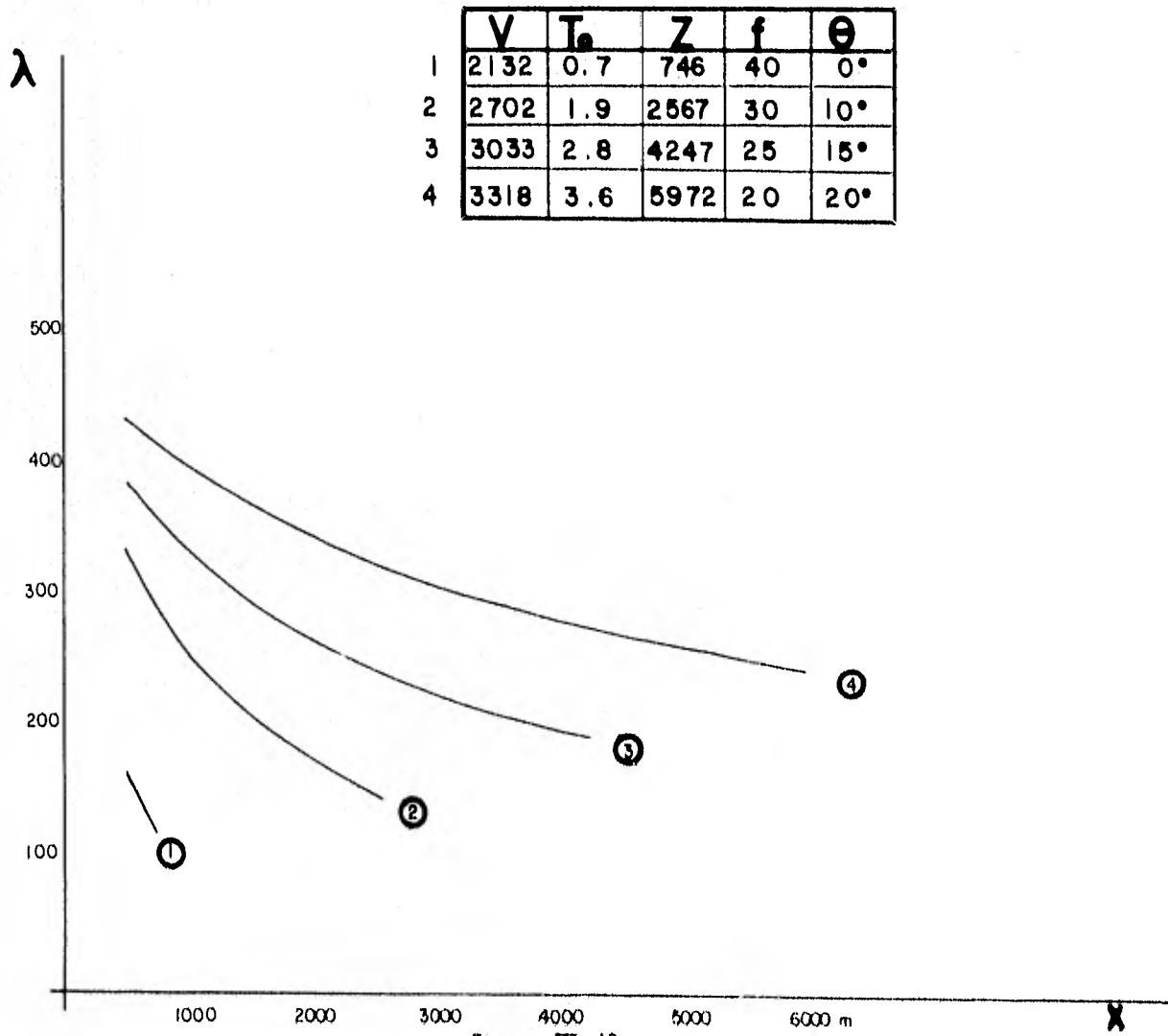
Todas las longitudes de onda más pequeñas que $\lambda_{smín}$ serán inferiores a la muestra y por consiguiente repetición con respecto al número de onda Alias,

$$K_A = 1/2 e$$

Tomando en consideración lo anterior (muestreando $\lambda_{smín}$ únicamente dos veces), el número de onda Alias quedará:

$$K_A = 1 / \lambda_{smín} \quad (14)$$

En la figura III-13, se observa que al moverse el eje hacia la



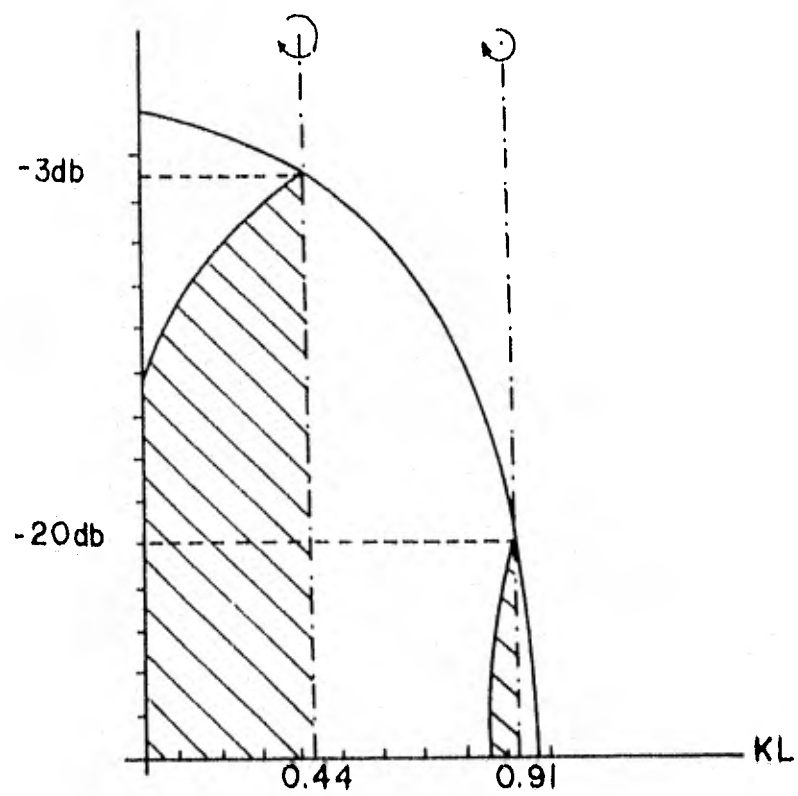


Figura III-13.- Atenuación de ruido y efecto de alias.

derecha, se obtiene una mayor atenuación y repetición débil del ruido.

Tomando en cuenta que el número de onda Alias del ruido será:

$$K_{AR} = 1 / \lambda_{Rm\acute{a}x}$$

de la relación señal a ruido

$$K_{AR} = 2.05 / \lambda_{sm\acute{i}n}$$

y como:

$$K_{AR} \leq 1/2 \ell$$

$$\ell \leq \lambda_{sm\acute{i}n} / 4.1 \quad (15)$$

o también llevando (15) a la ecuación (2):

$$\ell \leq v / 4.1 \quad f_{sm\acute{a}x} \quad \text{Seno m\acute{a}x} \quad (16)$$

Las ecuaciones (15) y (16) señalan, que para reducir el intervalo de grupo a evitar Alias del ruido, la mínima longitud de onda de la señal, deberá ser muestreada en un mínimo de 4,1 veces.

III,6.- Distancia horizontal de migración.

Para poder cubrir en toda su magnitud el horizonte de inte

rés, se hace necesario calcular la máxima distancia horizontal de migración.

De la figura III-14

$$X_{\text{mig}} = Z \text{ Tan } \theta \quad (17)$$

o también

$$X_{\text{mig}} = (T_0 V/2) \text{ Sen } \theta \quad (18)$$

Las ecuaciones anteriores indican la máxima distancia horizontal que un evento puede ser migrado.

III.7.- Configuración de campo y adquisición de los arreglos óptimos de Fuentes y Detectores.

La configuración de campo para un análisis de ruido se diseña de tal modo que se puedan determinar fácilmente las características de la señal y el ruido. El muestreo de los datos se hará a intervalos cortos, 5 a 10 metros. Existen varias formas de conducir un test de análisis de ruido. Una de ellas es el tomar un disparo de la fuente tendiéndose los geófonos a intervalos cortos, se mueve el tendido o el disparo a una distancia igual al número de localizaciones de receptores, el intervalo entre ellos se conserva.

El acceso dentro del prospecto y el tipo de fuente determina-

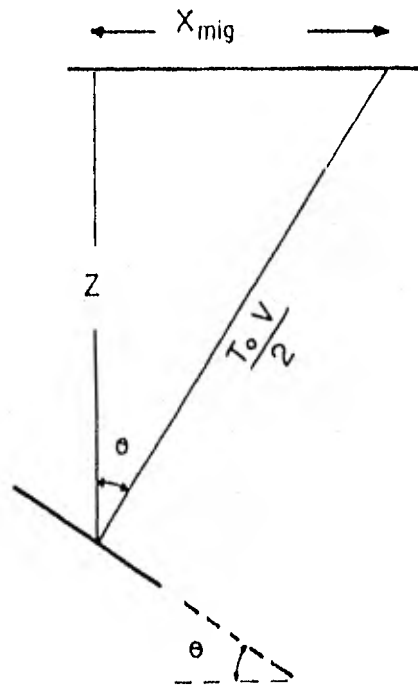


Figura III - 14 - Distancia horizontal de migración.

rán si es más conveniente mover la fuente o los detectores, siendo preferible lo primero cuando se trata de vibrosismos. Es conveniente utilizar el mismo número de receptores que los que se emplearán, en el tendido de observación normal.

Estos receptores pueden ser agrupados o extendidos a intervalos iguales perpendiculares a la línea fuente-receptor, esto también actúa como arreglo lineal de banda ancha de atenuación de ruido. Es costumbre mantener la banda ancha del ruido igual que el ruido en línea, para lograrlo se coloca otro tendido perpendicular al tendido en línea.

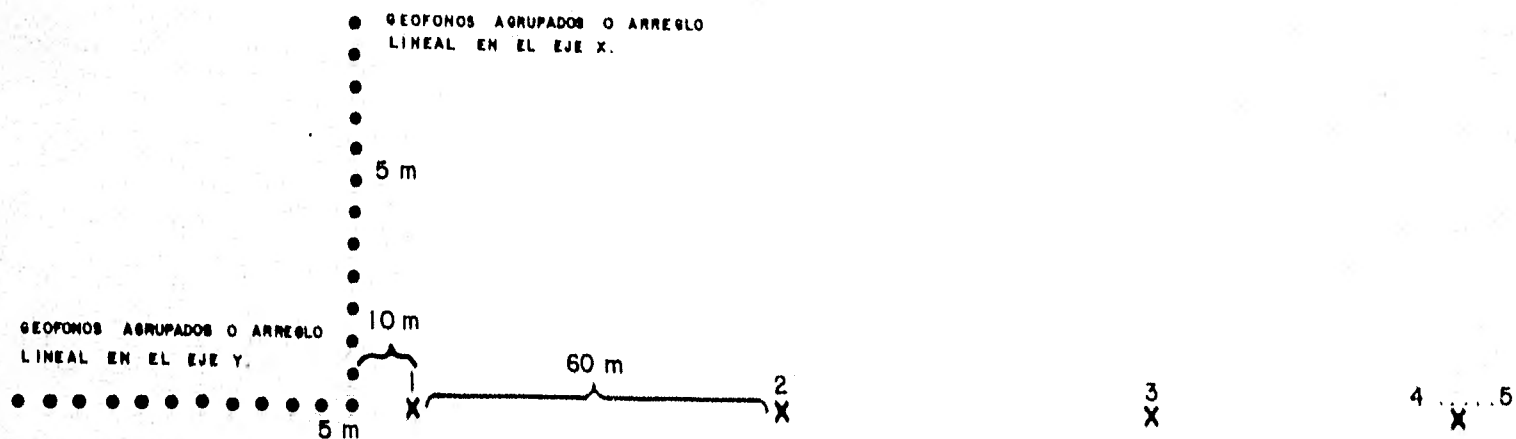
Por otra parte, los geófonos por localización pueden ser extendidos en una dirección en línea tal que solamente se muestree la banda ancha del ruido.

El máximo offset deberá ser igual a, o mayor que la longitud del tendido de observación normal y los datos del análisis de ruido deberán ser registrados sin ningún filtro analógico.

En la figura III-15 se muestra una posible configuración para un análisis de ruido.

De este análisis, se obtienen las características de los ruidos (diferentes ondas), formando posteriormente un histograma, el cual, será como el mostrado en la figura III-16.

Este histograma será comparado (a la misma escala) con las diferentes curvas de atenuación dadas por la respuesta relativa



TIRO	RANGO	OFFSET	
1			10 - 65 m
2			70 - 125 m
3			130 - 185 m
4			190 - 245 m

MAXIMO OFFSET IGUAL O MAYOR QUE EL DE PRODUCCION

Figura III-15.-Configuración de campo para un análisis de ruido.

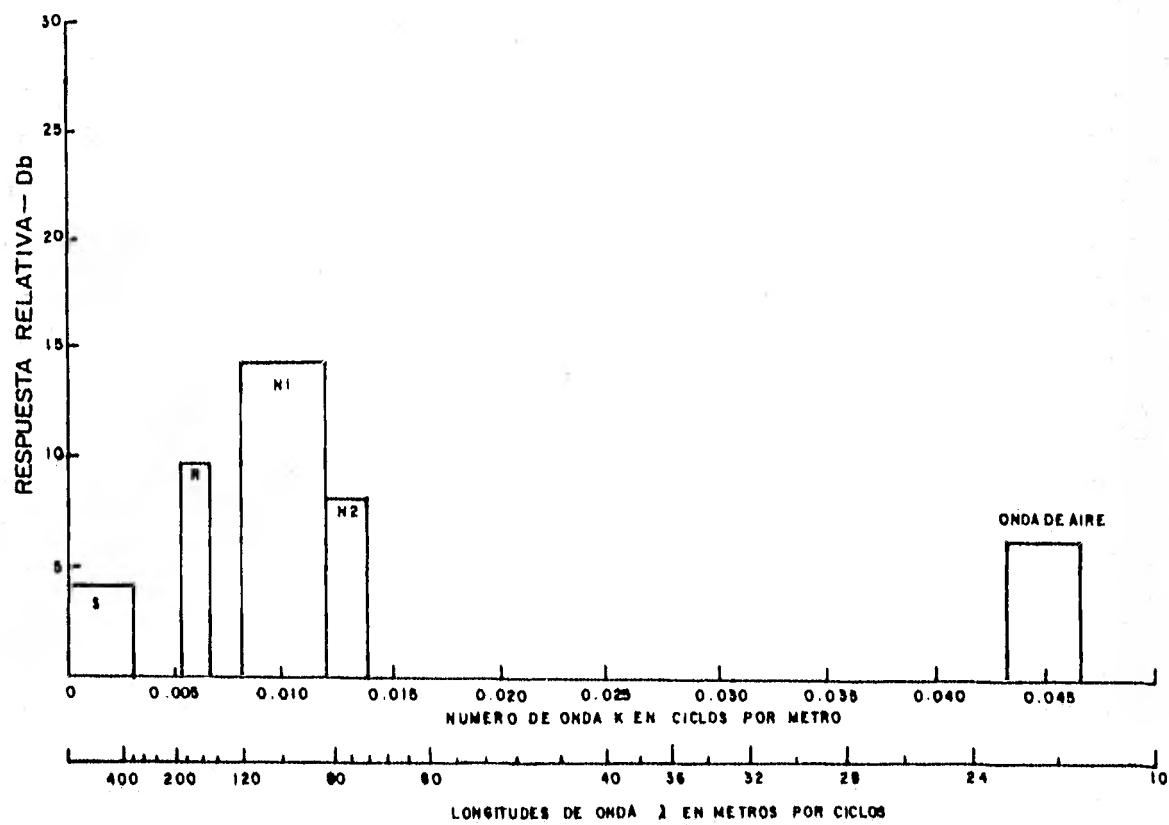


Figura III-16.- Características de señal y ruido.- Histograma

de los arreglos de geófonos y fuentes, éstos en su oportunidad se utilizarán para analizar cuales dan mejor calidad en la información sísmica.

Se toman los arreglos (geófonos y fuentes) que presenten mayor banda de paso a la señal y mayor atenuación de ruido.

III.8.- Cálculo de la curva de atenuación de arreglos.

Las curvas de atenuación estarán dadas en decibeles para cada número de onda K.

Dicho cálculo se efectuará a partir de la ecuación:

$$\text{ATENUACION EN DECIBELES} = F \log \frac{(\text{Sen } \pi KNI)}{(N \text{ Sen } \pi KI)}$$

Donde:

F = Factor de atenuación (normalmente ± 20)

K = Número de onda

N = Número de elementos del arreglo

II = Separación entre elementos del arreglo

Para efectuar el cálculo se debe tener en cuenta que es necesario hacer la combinación de arreglos de fuentes y detectores (tantas combinaciones como arreglos se dispongan).

Tomando en consideración que dicho cálculo puede ser efectuado en el campo o en un centro de procesamiento de datos, para

el efecto se proporciona un programa, para ser utilizado en una calculadora TI-59 ó 58.

III.8.1.- Programa para calculadora TI-59 ó 58.

Este programa calcula la curva de atenuación a partir de uno hasta cuatro arreglos de fuentes y/o detectores, dando como resultado la atenuación (A) que sufre un número de onda (K) según la combinación de arreglos dados de entrada..

El número de onda (K) podrá ser dado de 2 formas:

- a) Manual (5).- Los valores se darán en su etapa correspondiente, siendo éstos los que el usuario considere necesarios.
- b) Automática (0).- Cuando se utiliza esta opción, la máquina pedirá los valores de el número de onda inicial, número de onda final y el incremento del número de onda (los que considere útiles el calculista).

El valor del incremento del número de onda (K) regirá mientras se describa el primer lóbulo, después de esto, la máquina calcula los valores de K donde la atenuación es máxima o mínima para cada arreglo. Obviamente éstos valores de K no representan los números de onda que tengan atenuación máxima o mínima en la curva resultante para dos ó más arreglos (para un arreglo sí), sin embargo no dejan de ser K's aleatorias que facilitan el trazado de la curva ahorrando tiempo máquina, conviene afinar ésta con

otros valores de K introducidos en su etapa correspondiente.

Una vez finalizado el cálculo tanto en versión automática como manual, el programa puede calcular la atenuación para un valor K que el usuario considere necesario.

Los resultados se expresan (en pantalla o en impresora) con 4 dígitos decimales, sin embargo, los cálculos son efectuados en punto flotante, lo cual es importante para la verificación de resultados.

Si durante el proceso sucede una indeterminación (caso común en este cálculo), aparecerán en la pantalla una serie de números 9 con un signo (+ ó -), para poder continuar bastese con oprimir la tecla CLR introduciendo seis nueves con el signo respectivo.

INSTRUCCIONES DE USO.

ETAPAS	ENTRADA	TECLAS	LECTURA EN PANTALLA
1.- Limpiar la memoria	0	2nd CP	0
2.- Generar la partición	3	2nd OP17	719,29
3.- Introducir el programa con las cintas magnéticas (T1-59) Código BB-1		CLR	1,
		CLR	2,
		CLR	3,

ETAPAS	ENTRADA	TECLAS	LECTURA EN PANTALLA
		CLR	J.
		CLR	
4.- Inicialización	0	A	0
5.- Nº de arreglos (hasta 4) M	M	R/S	0
6.- Nº elementos del primer arreglo	N_1	R/S	0
7.- Distancia entre elementos del primer arreglo	H_1	R/S	0
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
8.- Nº de elementos del arreglo M.	N_m	R/S	0
9.- Distancia entre elementos del arreglo M.	H_m	R/S	0
10.- Valor del factor F (Normalmente -20)	± 20	R/S	0

Generación del número de onda (K)

AUTOMÁTICA (0) ETAPAS 11 A

MANUAL (5) ETAPA 11 B

11M.- Generación manual de K	5	R/S	0
Valor de K_1 deseado	K_1	R/S	Atenuación (10 pausas)

ETAPAS	ENTRADA	TECLAS	LECTURA DE PANTALLA
Valor de K_n deseado (Ver nota 1)	K_n	R/S	Atenuación (10 pausas)
11A.- Generación automática de K	0	R/S	0.0000
Valor de K inicial	$K_{inicial}$	R/S	0
Valor de K final	K_{final}	R/S	0
Incremento de K	K	R/S	Valor K (9 pausas) Valor A (10 pausas)
Al visualizar 0 el cálculo ha finalizado			
Ver notas 1 y 2			
12.- Introducción de K's deseadas	K	R/S	Valor A (10 pausas)

NOTAS:

- 1.- Para la introducción de nuevos arreglos repetir los procedimientos a partir de la etapa 1.
- 2.- Si la última K generada automáticamente es menor o igual que K final se calcula su atenuación, en caso contrario no se efectúa, apareciendo 0 en la pantalla indicativo de que el cálculo finalizó, pudiéndose introducir valores extras de K.

Para poder ser mejor comprendido el procedimiento de la etapa 5

a la 9, tomemos el siguiente ejemplo:

Se dispone de un arreglo de fuentes vibrosismo compuesto de 4 elementos, distancia entre unidades de 22.5m (de plancha a plancha), desplazamiento entre barridos 7.5m y con un número de 12 barridos cada uno por Punto Vibrado.

Por otra parte contamos con un arreglo lineal pesado de receptores compuesto de : 3 cuerdas de geófonos, con 6 elementos cada una, 14 metros de desplazamiento entre cuerdas y 7 metros de separación entre geófonos.

Por consiguiente:

Número de arreglos $(M) = 4$

Número de elementos del primer arreglo $(N_1) = 4$

Distancia entre elementos primer arreglo $(H_1) = 22.5m$

Nº elementos del segundo arreglo $(N_2) = 12$

Distancia entre elementos del segundo arreglo $(H_2) = 7.5m$

Número de elementos del tercer arreglo $(N_3) = 6$

Distancia entre elementos tercer arreglo $(H_3) = 7m.$

Número de elementos del cuarto arreglo $(N_4) = 3$

Distancia entre elementos del cuarto arreglo $(H_4) = 14m.$

000	76	LBL	
001	11	R	
002	47	CMS	
003	29	CP	
004	70	RRD	
005	86	STF	
006	08	08	
007	93	.	
008	05	5	
009	42	STD	
010	18	18	
011	42	STD	
012	19	19	
013	42	STD	
014	20	20	
015	42	STD	
016	21	21	
017	01	1	
018	05	5	
019	04	4	
020	01	1	
021	01	1	
022	03	3	
023	03	3	
024	01	1	
025	03	3	
026	07	7	
027	69	DP	
028	01	01	
029	03	3	
030	02	2	
031	03	3	
032	06	6	
033	00	0	
034	00	0	
035	01	1	
036	03	3	
037	03	3	
038	05	5	
039	69	DP	
040	02	02	
041	03	3	
042	05	5	
043	01	1	
044	07	7	
045	02	2	
046	02	2	
047	02	2	
048	07	7	
049	03	3	
050	02	2	
051	69	DP	
052	03	03	
053	03	3	
054	06	6	
055	00	0	
056	00	0	
057	03	3	
058	06	6	
059	03	3	
060	02	2	
061	03	3	
062	01	1	
063	69	DP	
064	04	04	
065	69	DP	
066	05	05	
067	25	CLR	
068	91	R/S	
069	42	STD	
070	10	10	
071	69	DP	
072	06	06	
073	65	x	
074	02	2	
075	95	=	
076	42	STD	
077	11	11	
078	32	X/T	
079	86	STF	
080	40	IND	
081	10	10	
082	03	3	
083	01	1	
084	02	2	
085	00	0	
086	00	0	
087	01	1	
088	42	STD	
089	00	00	
090	02	2	
091	03	3	
092	02	2	
093	00	0	
094	00	0	
095	01	1	
096	42	STD	
097	09	09	
098	01	1	
099	07	7	
100	03	3	

101	01	1
102	00	0
103	00	0
104	01	1
105	07	7
106	03	3
107	06	6
108	69	DP
109	01	01
110	03	3
111	03	3
112	01	1
113	07	7
114	03	3
115	05	5
116	01	1
117	03	3
118	00	0
119	00	0
120	69	DP
121	02	02
122	01	1
123	06	6
124	01	1
125	07	7
126	00	0
127	00	0
128	01	1
129	06	6
130	01	1
131	03	3
132	69	DP
133	03	03
134	03	3
135	07	7
136	03	3
137	02	2
138	03	3
139	06	6
140	00	0
141	00	0
142	00	0
143	00	0
144	69	DP
145	04	04
146	98	RDV
147	69	DP
148	05	05
149	01	1
150	44	SUN

151	12	12
152	69	DP
153	20	20
154	43	RCL
155	00	00
156	69	DP
157	04	04
158	25	CLR
159	91	R/S
160	72	ST*
161	12	12
162	69	DP
163	06	06
164	01	1
165	44	SUN
166	12	12
167	69	DP
168	29	29
169	43	RCL
170	09	09
171	69	DP
172	04	04
173	25	CLR
174	91	R/S
175	72	ST*
176	12	12
177	69	DP
178	06	06
179	43	RCL
180	12	12
181	22	INV
182	67	EO
183	01	01
184	49	49
185	98	RDV
186	25	CLR
187	91	R/S
188	42	STD
189	16	16
190	69	DP
191	00	00
192	02	2
193	06	6
194	00	0
195	00	0
196	03	3
197	00	0
198	01	1
199	03	3
200	03	3

201	01	1	
202	69	DP	
203	01	01	
204	04	4	
205	01	1	
206	01	1	
207	03	3	
208	02	2	
209	07	7	
210	00	0	
211	00	0	
212	07	7	
213	01	1	
214	69	DP	
215	02	02	
216	69	DP	
217	05	05	
218	05	5	
219	32	XIT	
220	03	3	
221	06	6	
222	02	2	
223	04	4	
224	69	DP	
225	04	04	
226	25	CLR	
227	91	R/S	
228	67	EQ	
229	02	02	
230	44	44	
231	03	3	
232	01	1	
233	03	3	
234	02	2	
235	69	DP	
236	04	04	
237	25	CLR	
238	69	DP	
239	06	06	
240	98	RDV	
241	61	GTD	
242	02	02	
243	49	49	
244	69	DP	
245	06	06	
246	98	RDV	
247	86	STF	
248	05	05	
249	02	2	
250	00	0	
251	02	2	
252	06	6	
253	42	STD	
254	17	17	
255	02	2	
256	00	0	
257	01	1	
258	03	3	
259	42	STD	
260	09	09	
261	87	IFF	
262	05	05	
263	05	05	
264	32	32	
265	12	B	
266	87	IFF	
267	01	01	
268	02	02	
269	81	81	
270	13	C	
271	87	IFF	
272	02	02	
273	02	02	
274	81	81	
275	14	D	
276	87	IFF	
277	03	03	
278	02	02	
279	81	81	
280	15	E	
281	25	CLR	
282	58	FIX	
283	04	04	
284	91	R/S	
285	42	STD	
286	13	13	
287	25	CLR	
288	91	R/S	
289	42	STD	
290	14	14	
291	25	CLR	
292	91	R/S	
293	42	STD	
294	15	15	
295	43	RCL	
296	13	13	
297	32	XIT	
298	43	RCL	
299	17	17	
300	69	DP	

301	04	04	351	66	PAU
302	43	RCL	352	66	PAU
303	22	22	353	66	PAU
304	77	GE	354	66	PAU
305	03	03	355	66	PAU
306	08	08	356	69	DP
307	32	XIT	357	06	06
308	87	IFF	358	43	RCL
309	01	01	359	09	09
310	03	03	360	69	DP
311	38	38	361	04	04
312	43	RCL	362	43	RCL
313	23	23	363	11	11
314	77	GE	364	42	STD
315	03	03	365	00	00
316	18	18	366	43	RCL
317	32	XIT	367	13	13
318	87	IFF	368	65	*
319	02	02	369	89	#
320	03	03	370	65	*
321	38	38	371	73	RC*
322	43	RCL	372	00	00
323	24	24	373	65	*
324	77	GE	374	42	STD
325	03	03	375	26	26
326	28	28	376	69	DP
327	32	XIT	377	30	30
328	87	IFF	378	73	RC+
329	03	03	379	00	00
330	03	03	380	95	=
331	38	38	381	38	SIN
332	43	RCL	382	55	+
333	25	25	383	53	(
334	77	GE	384	73	RC+
335	03	03	385	00	00
336	38	38	386	65	*
337	32	XIT	387	43	RCL
338	43	RCL	388	26	26
339	14	14	389	38	SIN
340	22	INV	390	54	?
341	77	GE	391	95	=
342	04	04	392	50	1*1
343	88	88	393	28	LDG
344	32	XIT	394	65	*
345	42	STD	395	43	RCL
346	13	13	396	16	16
347	66	PAU	397	95	=
348	66	PAU	398	44	SUM
349	66	PAU	399	27	27
350	66	PAU	400	97	DEC
			401	00	00

402 03 03
403 66 66
404 43 RCL
405 27 27
406 66 PAU
407 66 PAU
408 66 PAU
409 66 PAU
410 66 PAU
411 66 PAU
412 66 PAU
413 66 PAU
414 66 PAU
415 66 PAU
416 69 DP
417 06 06
418 98 ADV
419 00 0
420 42 STD
421 27 27
422 87 IFF
423 05 05
424 05 05
425 32 32
426 43 RCL
427 13 13
428 32 MIT
429 43 RCL
430 22 22
431 22 INV
432 67 E0
433 04 04
434 39 39
435 12 B
436 61 GTD
437 02 02
438 98 98
439 87 IFF
440 01 01
441 04 04
442 81 81
443 43 RCL
444 33 33
445 22 INV
446 67 E0
447 04 04
448 53 53
449 13 C
450 61 GTD

451 02 02
452 98 98
453 87 IFF
454 02 02
455 04 04
456 81 81
457 43 RCL
458 24 24
459 22 INV
460 67 E0
461 04 04
462 67 67
463 14 D
464 61 GTD
465 02 02
466 98 98
467 87 IFF
468 03 03
469 04 04
470 81 81
471 43 RCL
472 25 25
473 22 INV
474 67 E0
475 04 04
476 81 81
477 15 E
478 61 GTD
479 02 02
480 98 98
481 43 RCL
482 15 15
483 44 SUM
484 13 13
485 61 GTD
486 02 02
487 95 95
488 32 MIT
489 69 DP
490 06 06
491 69 DP
492 00 00
493 02 2
494 01 1
495 02 2
496 04 4
497 03 3
498 01 1
499 02 2
500 00 0

501	02	2
502	00	0
503	69	DP
504	01	01
505	02	2
506	03	3
507	04	4
508	00	0
509	01	1
510	04	4
511	01	1
512	07	7
513	03	3
514	05	5
515	69	DP
516	02	02
517	03	3
518	01	1
519	01	1
520	03	3
521	02	2
522	07	7
523	04	4
524	00	0
525	03	3
526	05	5
527	69	DP
528	03	03
529	69	DP
530	05	05
531	98	RIW
532	43	RCL
533	17	17
534	69	DP
535	04	04
536	22	INV
537	86	STF
538	40	IND
539	10	10
540	22	INV
541	86	STF
542	05	05
543	25	CLP
544	22	INV
545	58	FID
546	91	RFS
547	58	FID
548	04	04
549	42	STD
550	13	13

551	69	DP
552	06	06
553	86	STF
554	40	IND
555	10	10
556	86	STF
557	05	05
558	61	GTO
559	03	03
560	58	58
561	76	LBL
562	12	B
563	93	.
564	05	5
565	44	SUM
566	18	18
567	43	RCL
568	18	18
569	55	+
570	53	(
571	43	RCL
572	01	01
573	65	x
574	43	RCL
575	02	02
576	54)
577	95	=
578	42	STD
579	22	22
580	32	XIT
581	43	RCL
582	23	23
583	67	EO
584	05	05
585	63	63
586	43	RCL
587	24	24
588	67	EO
589	05	05
590	63	63
591	43	RCL
592	25	25
593	67	EO
594	05	05
595	63	63
596	92	RTH
597	76	LBL
598	13	C
599	27	.
600	05	5

601	44	SUM	653	43	RCL
602	19	19	654	22	22
603	43	RCL	655	67	EQ
604	19	19	656	06	06
605	55	*	657	35	35
606	53	()	658	43	RCL
607	43	RCL	659	23	23
608	03	03	660	67	EQ
609	65	*	661	06	06
610	43	RCL	662	35	35
611	04	04	663	43	RCL
612	54	()	664	25	25
613	95	=	665	67	EQ
614	42	STD	666	06	06
615	23	23	667	35	35
616	32	XIT	668	92	RTH
617	43	RCL	669	76	LBL
618	22	22	670	15	E
619	67	EQ	671	93	.
620	05	05	672	05	5
621	99	99	673	44	SUM
622	43	RCL	674	21	21
623	24	24	675	43	RCL
624	67	EQ	676	21	21
625	05	05	677	55	=
626	99	99	678	53	()
627	43	RCL	679	43	RCL
628	25	25	680	07	07
629	67	EQ	681	65	*
630	05	05	682	43	RCL
631	99	99	683	08	08
632	92	RTH	684	54	()
633	76	LBL	685	95	=
634	14	D	686	42	STD
635	93	.	687	25	25
636	05	5	688	32	XIT
637	44	SUM	689	43	RCL
638	20	20	690	22	22
639	43	RCL	691	67	EQ
640	20	20	692	06	06
641	55	*	693	71	71
642	53	()	694	43	RCL
643	43	RCL	695	23	23
644	05	05	696	67	EQ
645	65	*	697	06	06
646	43	RCL	698	71	71
647	06	06	699	43	RCL
648	54		700	24	24
649	95	=	701	67	EQ
650	42	STD	702	06	06
651	24	24	703	71	71
652	32	XIT	704	92	RTH

IV.- DISEÑO DE UN PROSPECTO TRIDIMENSIONAL.

(PROSPECTO PATRICIO 3D)

El método tridimensional es utilizado para lograr un buen detalle de las estructuras del subsuelo, por lo tanto, es necesario haber efectuado en el área una exploración sísmica bidimensional.

En base a lo anterior, para principiar con el diseño, es menester contar en primer lugar, con un plano sismológico del área (mapas estructurales de los horizontes de interés), o en su defecto, con secciones sísmicas procesadas e interpretadas, posteriormente, se toman consideraciones geológicas, se delimitan objetivos geofísicos y consideraciones sísmicas.

En base al conocimiento del terreno, en algunos casos, es necesario conjugar dos o más técnicas de exploración tridimensional, como en el presente, en que la no uniformidad en accesibilidad al área en estudio obliga a ello.

La elección de los parámetros de operación es llevada a cabo de la misma forma que para el caso bidimensional, tomándose en cuenta, que el muestreo espacial de la señal reflejada y del ruido sea adecuado, con el fin de que durante el procesamiento de los datos, la resolución horizontal y vertical se eleven, y la atenuación, ó, eliminación de los ruidos se lleve a cabo, aunque de antemano, en el dispositivo de campo (pa-

trones de detección y fuentes), se contemplará la atenuación de los ruidos, tanto como sea posible sin afectar los atributos (frecuencia, amplitud y fase principalmente) de la señal reflejada, dejando pasar aquellos ruidos que puedan ser eliminados o atenuados en la fase preliminar de el procesamiento de los datos.

IV.1.- Localización.

El prospecto tomado como ejemplo es el Patricio, localizado al Noroeste del estado de Nuevo León y parte del estado de Coahuila, aproximadamente a 90 Km. al Noreste de la ciudad de Monclova y al Sur de la presa Don Martín; cubriendo una superficie de aproximadamente 437 Km² (Figura IV-1).

Geográficamente el centro del prospecto queda comprendido entre los 27°16' de Latitud Norte y 100°35' de longitud Oeste.

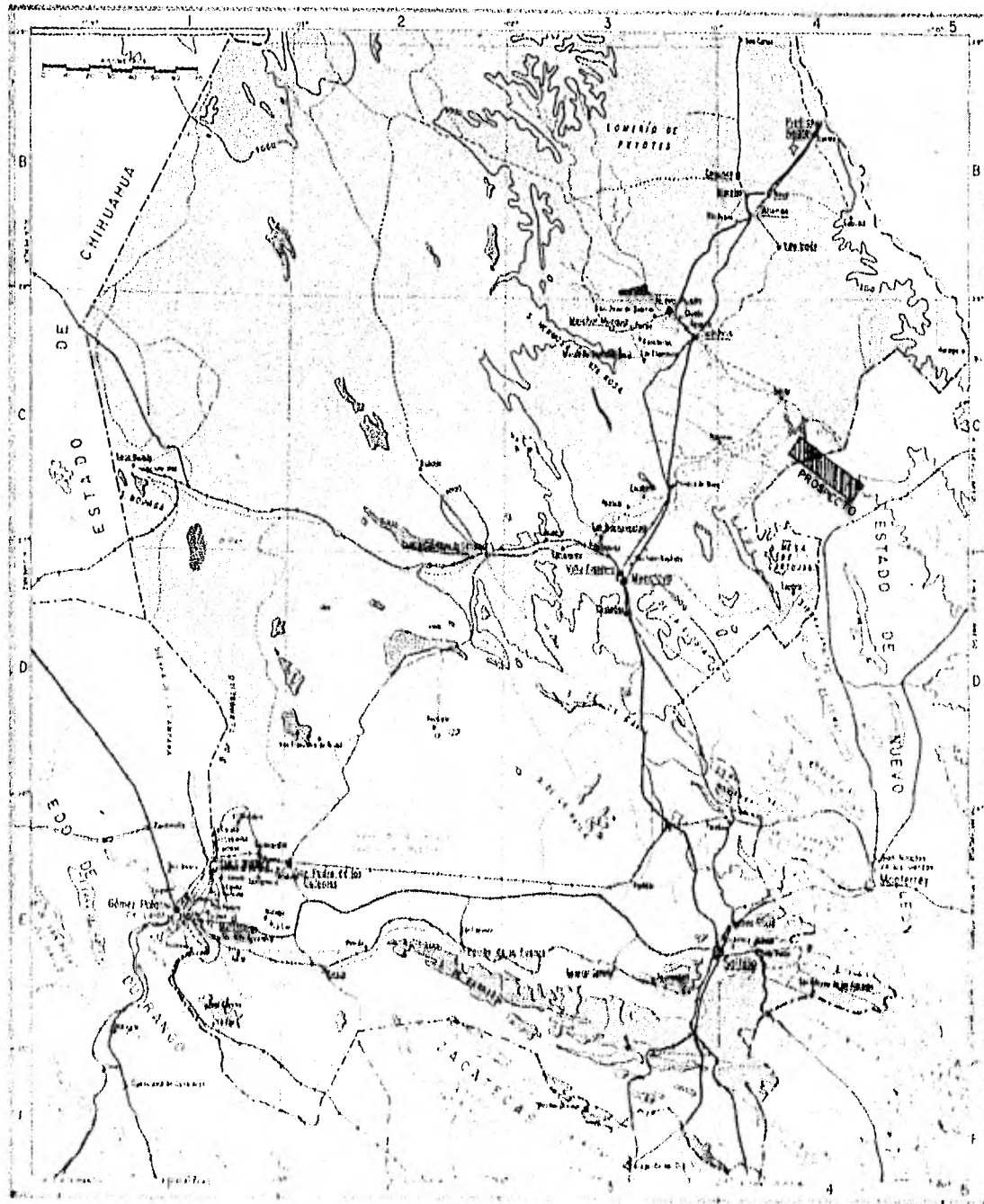
IV.2.- Vías de comunicación.

Cuenta con una carretera revestida que entronca con la carretera Saltillo-Piedras Negras a la altura de Sabinas Coahuila; hacia el estado de Nuevo León se comunica por medio de un camino de terracería con la población de Anahuac.

IV.3.- Clima y vegetación.

El clima es extremo, con temperaturas fluctuantes entre

FIGURA IV-1.-Plano de localización



los 35° y 40°C en la Primavera, Verano y parte de Otoño, descendiendo hasta los 0°C en el Invierno. La vegetación es la característica de zonas semi-desérticas.

IV.4.- Hidrografía.

Al Noroeste del prospecto se localiza la presa Don Martín a la cual confluyen los ríos Salado de Nadadores y Sabinas. También es atravesado por cauces de arroyos, secos durante la mayor parte del año.

IV.5.- Consideraciones geológicas.

El prospecto se encuentra comprendido dentro de la Cuenca Mesozoica del Golfo de Sabinas. Los plegamientos y afallamientos de la estratificación Mesozoica dieron lugar a la formación de estructuras. La traza y el eje de la falla y del pliegue principales, respectivamente, se encuentran orientados en la dirección NW-SE.

La presencia de hidrocarburos ha sido detectada a 11 diferentes niveles, comprendidos entre los 540 y 3583 metros de profundidad.

IV.6.- Objetivos geofísicos.

Definición e interpretación sísmica de los aspectos estructurales.

turales de las formaciones productoras, incluyendo truncamientos, delineación de planos de falla, localización del eje estructural y la posible identificación de las zonas de fractura, reconociéndose que éste último objetivo es difícil de obtener.

IV.7.- Consideraciones Sísmicas.

Se cuenta con los siguientes datos:

a).- Datos sísmicos

Apilamiento	1200 %
Fuente	Vibrosismo
Frecuencia de barrido	14 - 56 Hz

b).- Dispositivo de tiro

Offset	0-400-2700 mts.
Intervalo de grupo	100 m.
Arreglo de detección	30 geófonos/grupo
No. de canales	24

c).- Parámetros de grabación.

Relación de muestreo	4 milisegundos
Longitud de grabación	3.1 seg. - 2.6 seg.

d).- Velocidad

La función de velocidades RMS estimadas de la línea

19-104 PV 600-764.

To (seg)	V _{RMS} (m/seg)	V _{PROM} (m/seg)	Z (m)	V _{INT} (m/seg)	FORMACION
0	2500	2500	0	3702	
.400	3700	3699	740	4561	Austin
.900	4200	4178	1880	5055	Tamaulipas
1.150	4400	4369	2512	5912	La Peña
1.300	4600	4547	2955	6463	La Casita
1.700	5100	4998	4248	5996	
2.150	5300	5206	5597	6382	
2.900	5600	5511	7990		

e).- Frecuencias de la señal.

De la línea 19-109, en el P.V. 375, se calcularon las siguientes frecuencias:

T ₀ (seg)	f _s (Hz)
.6	22
.9	25
1.2	20
1.5	20

IV.7.1.- Cálculo de echados. -

A partir de los mapas estructurales o de secciones procesadas e interpretadas, se obtienen diferencias de tiempo y de distancia horizontal (correspondiente al ΔT) de las formaciones de interés. La estimación de la velocidad de las formaciones entre los tiempos tomados, se efectúa interpolando los valores de la tabla de función de velocidades RMS. Los datos anteriores se sustituyen en la ecuación:

$$\theta = \text{Sen}^{-1} \frac{\Delta TV}{2\Delta X}$$

Para el caso de la estimación de la profundidad, se toma como T_0 el tiempo promedio de los puntos extremos de ΔX , $T_{\text{máxima}}$ y $T_{\text{mínima}}$ y se sustituyen en la ecuación:

$$Z = \frac{T_0 V}{2}$$

dando los resultados consignados en la tabla A.

Se hace notar, que en el cálculo de los parámetros necesarios para el diseño, se toman los valores de los datos extremos con el propósito de colocarse en las situaciones más desfavorables que puedan surgir.

IV.7.2.- Cálculo de la máxima distancia horizontal de migración. -

Utilizando la ecuación 18 del capítulo III, con datos de

TABLA A						
T_M	T_m	ΔT	$L X$	V	α	Z
(seg)	(seg)	(seg)	(m)	(m/seg)	grados	(m)
LINEA 19-109			PV 360 - 390			
FLANCO NORESTE						
0.650	0.600	0.050	550	3900	10.2	1219
1.000	0.905	0.095	750	4300	15.8	2048
1.220	1.110	0.110	800	4500	18.0	2621
1.560	1.470	0.090	650	4800	19.4	3636
FLANCO NOROESTE						
0.660	0.590	0.070	700	3900	11.2	1219
1.010	0.910	0.100	750	4300	16.7	2064
1.200	1.110	0.090	650	4500	18.1	2599
1.525	1.445	0.080	600	4800	18.7	3564
LINEA 17 - 104			PV 799 - 763			
SALTO NOROESTE						
0.890	0.840	0.050	1700	4100	3.5	1773
1.035	0.990	0.045	1700	4300	3.5	2192
SALTO SURESTE						
0.880	0.840	0.040	700	4100	6.7	1763
1.425	1.390	0.035	1300	4700	3.6	3307

las tres formaciones de interés extremos, tomados en diferentes direcciones, se calculan las siguientes longitudes:

T_0 (Seg)	θ	V (m/seg)	$X_{mig.}$ (m)	Dirección
1.515	19.4°	4800	1208	NE. y SW.
0.960	16.7°	4300	593	NW.
1.410	3.6°	4700	208	SE.

IV.7.3.- Longitud de onda de la señal como offset

Caso echado descendente.

Llevando las condiciones a valores extremos, se toma el valor máximo del echado calculado en IV.7.1, un T_0 promedio, así como la velocidad característica de cada una de las formaciones objetivo, sustituyéndose en la expresión 13 del capítulo III.

Para el máximo offset de registro ($X_{m\acute{a}x}$), se supone que $X_{m\acute{a}x} \leq Z$, en base a que la máxima profundidad que se puede registrar no debe de sobrepasar a $X_{m\acute{a}x}$.

Probable formación Austin

$$T_0 = 0.625 \text{ seg.} \quad V = 3900 \text{ m/seg.} \quad C_s = 30 \text{ Hz.} \quad \theta = 11,2^\circ$$

<u>X (m)</u>	<u>λ s (m)</u>
1219	225
1000	248
500	345

Probable formación Tamaulipas

$$T_o = 0.960 \text{ seg.} \quad V = 4300 \text{ m/seg.} \quad f_s = 30 \text{ Hz.} \quad \theta = 16.7^\circ$$

<u>X (m)</u>	<u>λ s (m)</u>
2064	226
1500	255
1000	296
500	365

$$T_o = 0.860 \text{ seg.} \quad V = 4100 \text{ m/seg.} \quad f_s = 30 \text{ Hz.} \quad \theta = 6.7^\circ$$

<u>X (m)</u>	<u>λ s (m)</u>
1763	259
1500	285
1000	366
500	543

Probable formación La Peña

$$T_0 = 1.155 \text{ seg.} \quad V = 4500 \text{ m/seg.} \quad f_s = 30 \text{ Hz.} \quad \theta = 18.1^\circ$$

<u>X (m)</u>	<u>λ_s (m)</u>
2599	231
2000	254
1500	281
1000	320
500	381

Probable formación La Casita

$$T_0 = 1.515 \text{ seg.} \quad V = 4800 \text{ m/seg.} \quad f_s = 30 \text{ Hz.} \quad \theta = 19.4^\circ$$

<u>X (m)</u>	<u>λ_s (m)</u>
3621	242
3000	258
2500	275
2000	296
1500	322
1000	358
500	409

$$T_0 = 1.410 \text{ seg.} \quad V = 4700 \text{ m/seg.} \quad f_s = 30 \text{ Hz.} \quad \theta = 3.6^\circ$$

<u>X (m)</u>	<u>λ s (m)</u>
3307	319
3000	341
2500	388
2000	451
1500	563
1000	748
500	1141

Las curvas de los casos anteriores se observan en la figura IV-2, tómesese en cuenta que han sido calculadas para el caso echado descendente, ó sea, el caso más desfavorable que puede darse.

IV.7.4.- Variación de los azimuths del patrón de rayos y longitudes de los arreglos.-

Se proyectan dos casos de dispositivo de campo que quedan dentro del sistema de la franja sísmica (Seiswath)[†]: el de la figura IV-3, el cual se trata de una franja compuesta por 8 líneas con 30 grupos de receptores cada una, y el de la figura IV-4 de 6 líneas con 40 grupos de receptores por línea.

Se asume además que los arreglos siguientes serán los utilizados en la observación del prospecto:

[†]TRADEMARK G.S.I.

FORMACION	V(m/s)	T _c (s)	(Hz)	θ	Simb.
AUSTIN	3900	0.625	30	11.2°	△
TAMAULIPAS	4300	0.960	30	16.7°	■
LA PEÑA	4800	1.155	30	18.1°	●
LA CASITA	4800	1.515	30	19.4°	▲

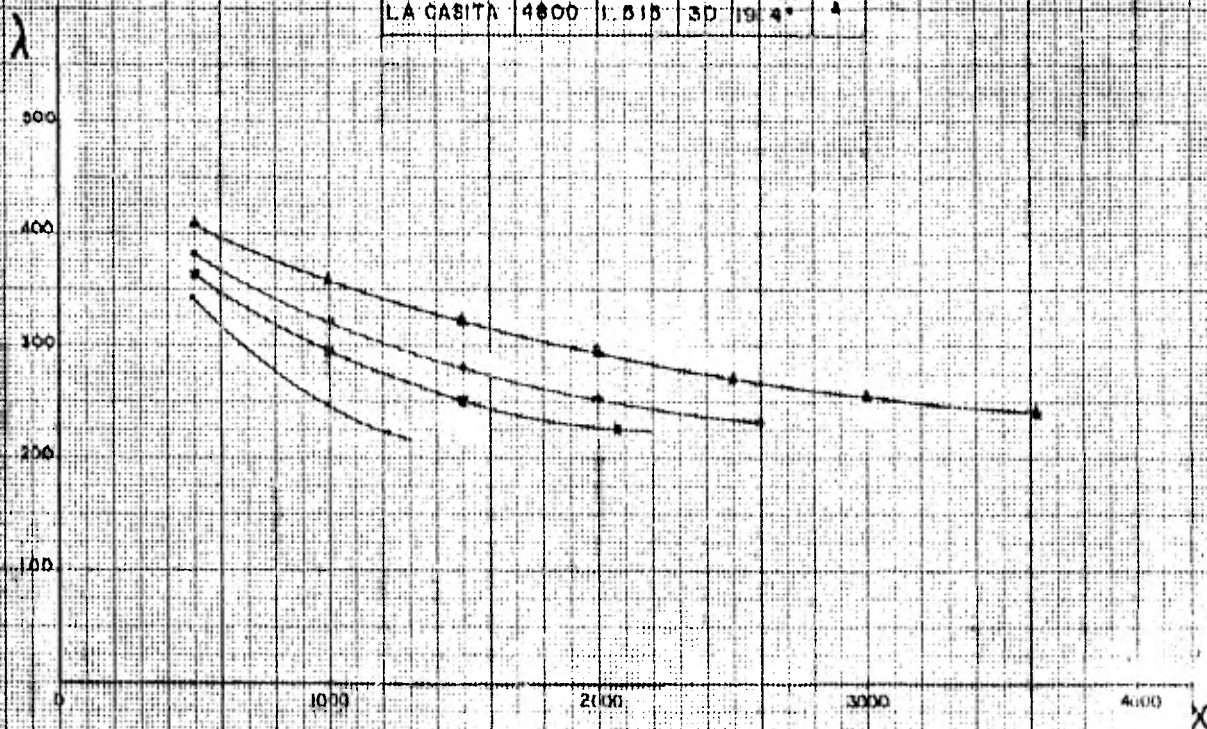


FIG. IX -2.- Longitud de onda vs. offset.

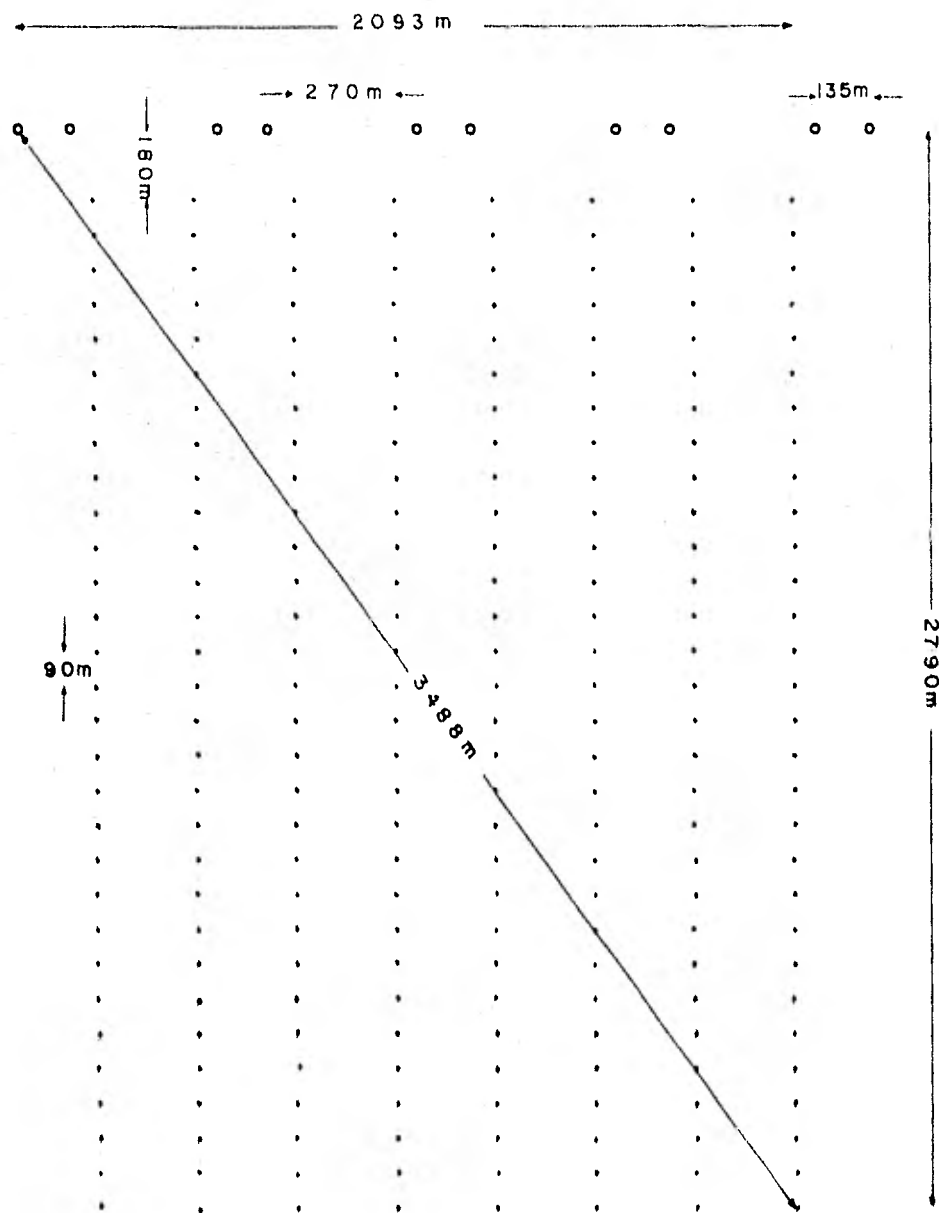


FIG. IV - 3. Franja de 8 líneas de receptores.

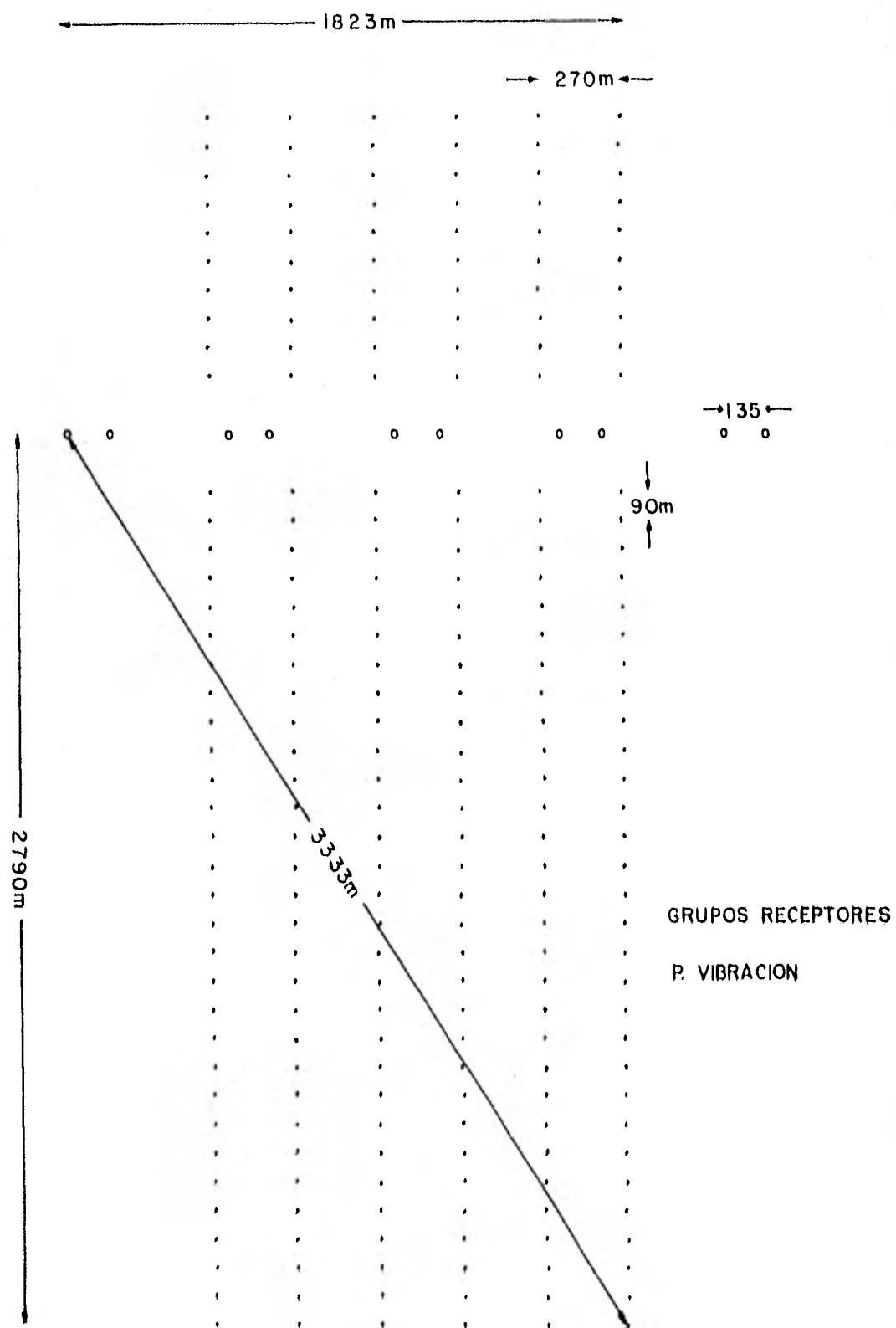


FIG IX-4.- Franja de 6 líneas de receptores

Arreglo de fuentes:

No. de vibradores	4
Distancia entre vibradores	15 metros
Desplazamiento entre cada barrido	7.5 metros
No. de barridos	12

Arreglo de receptores:

Lineal pesado

Separación entre geófonos 6 metros

111111222222 * 222222111111

A partir de estos arreglos:

$$\Delta S_o = 7.5 \times 12 = 90 \text{ m.}$$

$$\Delta R_o = 18 \times 6 = 108 \text{ m.}$$

donde:

Az = Azimuth.

 ΔS_o = Longitud efectiva del arreglo de fuentes, con Az = 90° ΔR_o = Longitud efectiva del arreglo de receptores, con Az=0°.

Dejando el offset longitudinal constante y variando el transversal a distancias, máxima, media y cero, se obtienen los siguientes casos:

a), - De la figura IV-5-1:

$$Az_1 = \tan^{-1} \frac{2092}{2790} = 36.9^\circ$$

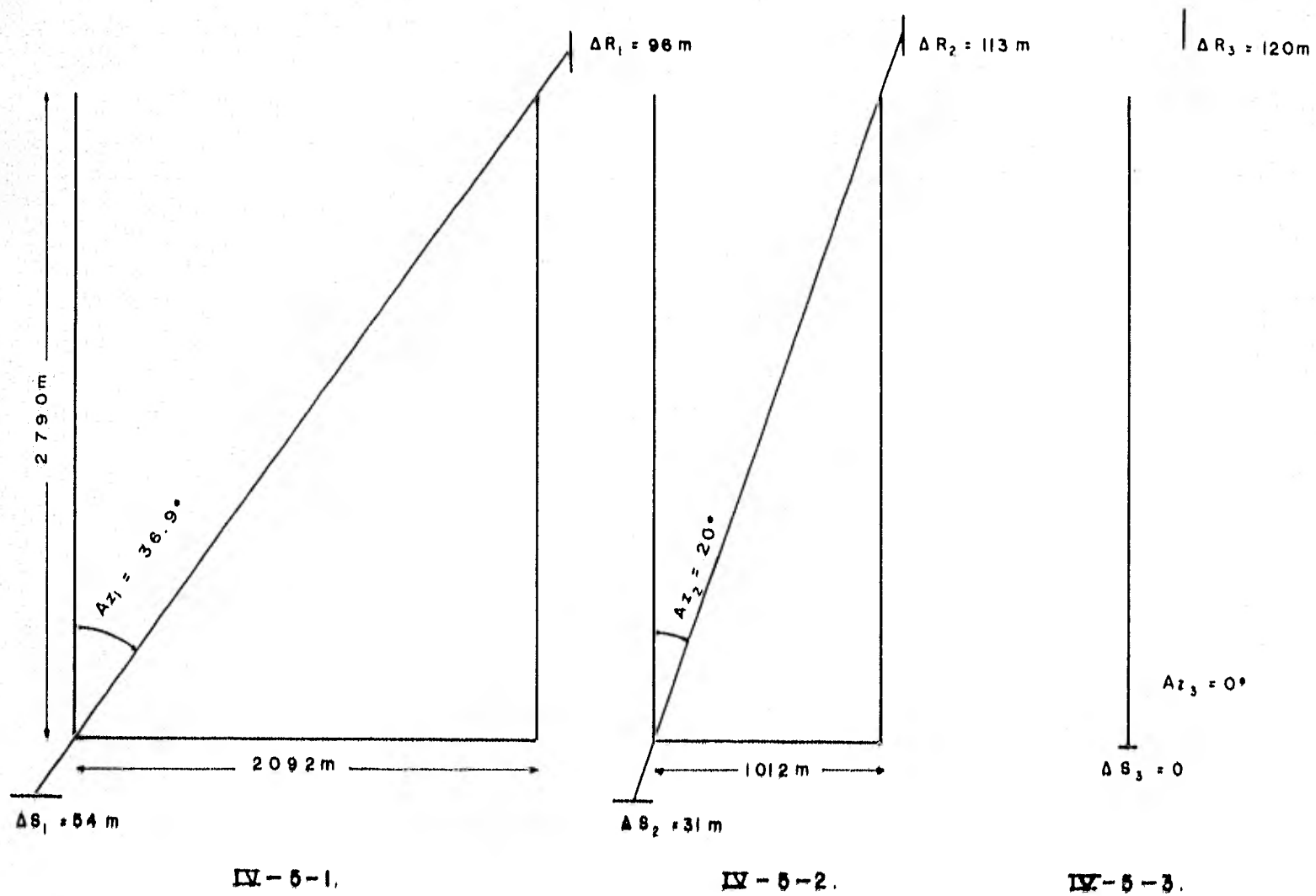


FIG. IV-5.-Variación de azimuts.

$$\Delta S_1 = (90) (\text{Sen } \Lambda z_1) = 54 \text{ m.}$$

$$\Delta R_1 = (108) (\text{Cos } \Lambda z_1) = 65 \text{ m.}$$

b).- De la figura IV-5-2:

$$\Lambda z_2 = \text{Tan}^{-1} \frac{1012}{2790} = 20^\circ$$

$$\Delta S_2 = (90) (\text{Sen } \Lambda z_2) = 31 \text{ m.}$$

$$\Delta R_2 = (108) (\text{Cos } \Lambda z_2) = 101 \text{ m.}$$

c).- Para el caso de la figura IV-5-3:

$$\Lambda z_3 = 0^\circ$$

$$\Delta S_3 = (90) (\text{Sen } \Lambda z_3) = 0$$

$$\Delta R_3 = (108) (\text{Cos } \Lambda z_3) = 120 \text{ m.}$$

d).- Para la franja de 6 líneas de receptores, figura IV-6:

$$\Lambda z_4 = \text{Tan}^{-1} \frac{1822}{2790} = 33,15^\circ$$

$$\Delta S_4 = (90) (\text{Sen } \Lambda z_4) = 49 \text{ m.}$$

$$\Delta R_4 = (108) (\text{Cos } \Lambda z_4) = 90 \text{ m.}$$

En este dispositivo (6 líneas de receptores), los casos en que el offset transversal es medio y nulo, son iguales a los de las figuras IV-5-2 y IV-5-3, respectivamente.

Es necesario calcular además el corte de frecuencia a que va a ser sometida la señal atenuada a -3 db, debido a los arreglos, tanto de fuentes como detectores, offsets máximos y echado.

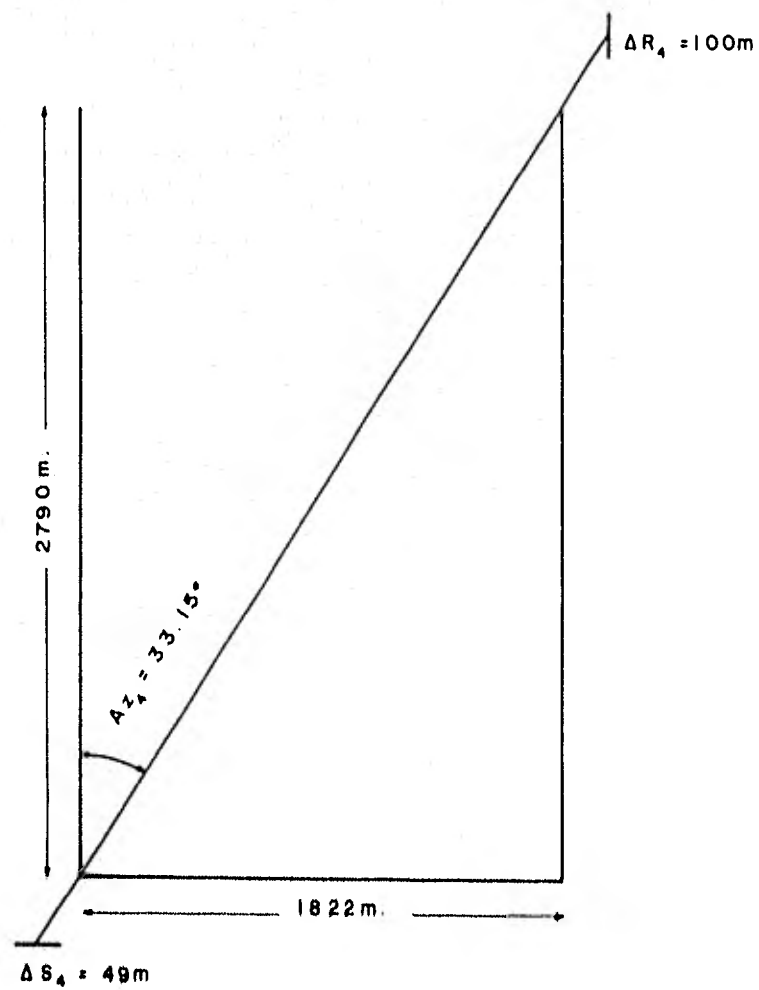


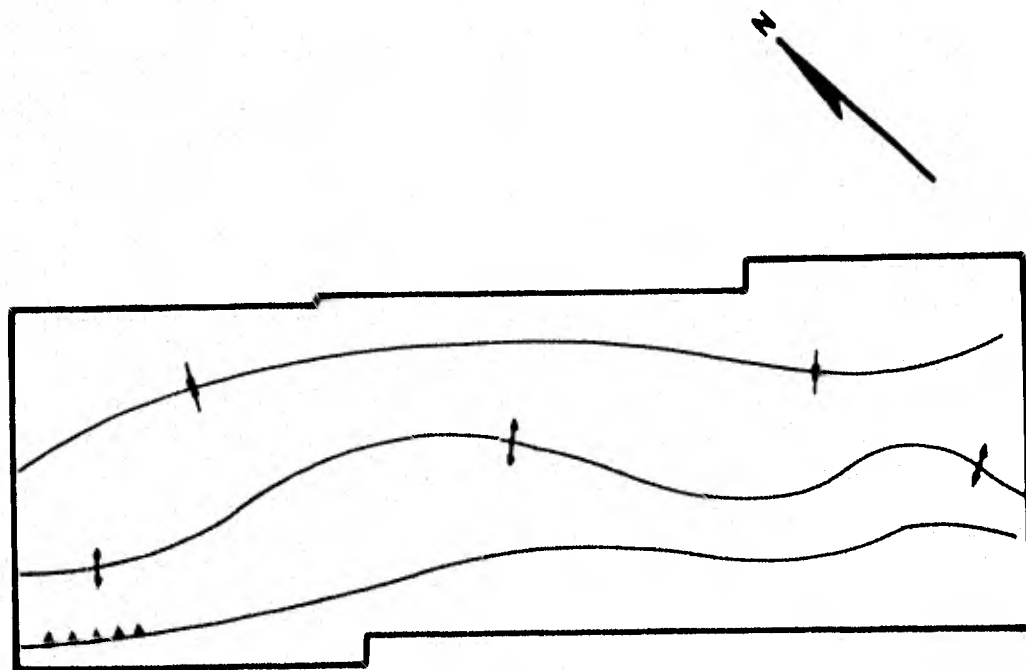
FIG. IV - 6.- Azimuth de la franja de 6 líneas de receptores.

Si el caso fuera como el de la figura IV-5-3, el problema se reduciría a calcular el corte echado ascendente y descendente, puesto que los echados coinciden con la dirección de las líneas de receptores, lo cual, se observa en la figura IV-7. Pero, tomando en consideración que los offsets en el dispositivo de tiro siempre quedarán en dirección no coincidente con el echado. Esto se ve claro, considerando que las líneas de fuentes estarán en dirección NW-SE, las de receptores en dirección NE-SW, y nunca una posición de fuente será una posición de receptores (Figuras IV-3 y IV-4).

Por consiguiente es mejor efectuar los cálculos, tomando en consideración la componente del echado en la dirección del offset, la cual será diagonal a las direcciones antes mencionadas.

En la figura A, llámese:

\bar{X}	Longitud de la línea de fuentes	•
\bar{Y}	Longitud de la línea de receptores	
\bar{Z}	Profundidad	
\bar{W}	Offset máximo	
Az	Azimuth	
\varnothing	Echado	
\varnothing_w	Componente del echado en la dirección \bar{W} .	



EJE DEL ANTICLINAL +
EJE DEL SINCLINAL -
EJE DEL PATRON DE FALLAS ▲▲▲



FIG. IV-7.- EJES ESTRUCTURALES
DEL AREA.

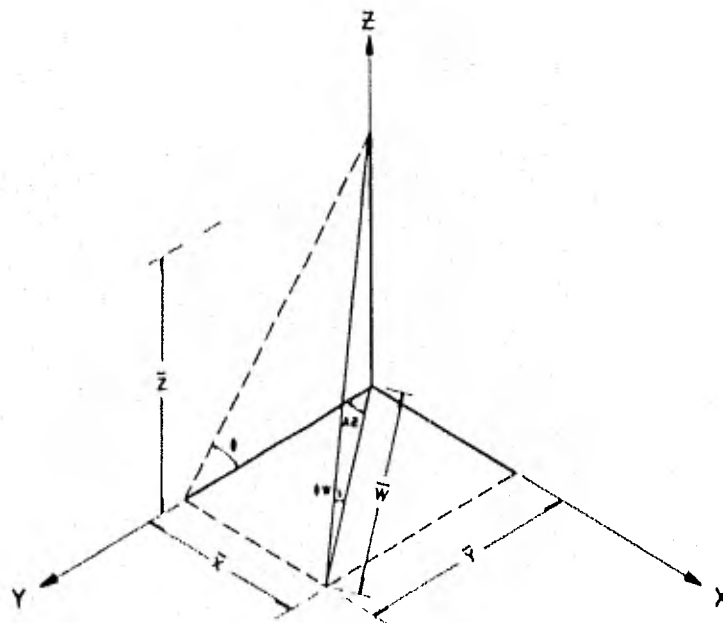


FIG. A.- PROYECCION DEL ECHADO SOBRE EL OFFSET
MAXIMO \bar{W} .

$$\bar{W} = (\bar{X}^2 + \bar{Y}^2)^{\frac{1}{2}} \quad - \quad (1)$$

$$\bar{Z} = \bar{Y} \tan \theta \quad - \quad (2)$$

$$\theta_w = \tan^{-1} \frac{\bar{Z}}{\bar{W}} \quad - \quad (3)$$

Sustituyendo (1) y (2) en (3)

$$\theta_w = \tan^{-1} \frac{\bar{Y}}{(\bar{X}^2 + \bar{Y}^2)^{\frac{1}{2}}} \tan \theta \quad - \quad (4)$$

Se calcula la atenuación de la señal (su corte en frecuencias) para los objetivos extremos, el más somero y el más profundo.

Utilizando la ecuación (4), se efectúa el cálculo de la componente del echado en la dirección del offset para cada uno de los casos antes mencionados. Sobre la curva de atenuación resultante de la combinación de arreglos de fuentes y detectores propuestos (figura B), se obtiene la longitud de onda (λ_s) de la señal que va a ser atenuada a lo máximo en -3 db., con este dato, además de el tiempo vertical de arribo (T_o), la velocidad característica de la formación (V) y el offset máximo (W), se hacen los cálculos para dos situaciones diferentes, echado ascendente y echado descendente.

4) Echado ascendente.- De la expresión (10) del capítulo III, se obtiene $B_{m\acute{a}x}$, de donde se despeja el valor del ángulo emergente θ , el cual se sustituye en la ecuación

(2) del mismo capítulo, obteniéndose así, la frecuencia de corte.

ii) Echado descendente.- Aquí se reduce el problema despejando la frecuencia de la ecuación (13) del capítulo III y sustituyendo los datos mencionados líneas arriba.

IV.7.4.1.- Caso del inciso a):

$$Az = 36.9^\circ$$

$$\bar{X} = 2092 \text{ m.}$$

$$\bar{Y} = 2790 \text{ m.}$$

$$\bar{W} = 3488 \text{ m.}$$

Probable formación Austin

$$T_o = 0.625 \text{ seg.} \quad V = 3900 \text{ m/seg.} \quad \theta_w = 9^\circ$$

$$\text{Frecuencia de corte echado ascendente} \quad 18 \text{ Hz.}$$

$$\text{Frecuencia de corte echado descendente} \quad 16 \text{ Hz.}$$

Probable formación La Casita

$$T_o = 1.515 \text{ seg.} \quad V = 4800 \text{ m/seg.} \quad \theta_w = 15.73^\circ$$

$$\text{Frecuencia de corte echado ascendente} \quad 80 \text{ Hz.}$$

$$\text{Frecuencia de corte echado descendente} \quad 26 \text{ Hz.}$$

IV.7.4.2.- Caso del inciso b):

$$\begin{aligned} \Lambda z &= 20^\circ \\ \bar{X} &= 1012 \text{ m.} \\ \bar{Y} &= 2790 \text{ m.} \\ \bar{W} &= 2968 \text{ m.} \end{aligned}$$

Probable formación Austin

$$T_0 = 0.625 \text{ seg.} \quad V = 3900 \text{ m/seg.} \quad \theta_w = 10.5^\circ$$

Frecuencia de corte echado ascendente 19 Hz.

Frecuencia de corte echado descendente 17 Hz.

Probable formación La Casita

$$T_0 = 1.515 \text{ seg.} \quad V = 4800 \text{ m/seg.} \quad \theta_w = 18.3^\circ$$

Frecuencia de corte echado ascendente 170 Hz.

Frecuencia de corte echado descendente 28 Hz.

IV.7.4.3.- Caso del inciso c):

$$\begin{aligned} \Lambda z &= 0^\circ \\ \bar{X} &= 0 \text{ m.} \\ \bar{Y} &= 2790 \text{ m.} \\ \bar{W} &= 2790 \text{ m.} \end{aligned}$$

Probable formación Austin

$$T_0 = 0.625 \text{ seg.} \quad V = 3900 \text{ m/seg} \quad \theta_w = 0 = 11.2^\circ$$

Frecuencia de corte echado ascendente 20 Hz.

Frecuencia de corte echado descendente 17 Hz.

Probable formación La Casita

$T_0 = 1.515 \text{ seg.}$ $V = 4800 \text{ m/seg.}$ $\theta_w = \theta = 19.4^\circ$

Frecuencia de corte echado ascendente 309 Hz.

Frecuencia de corte echado descendente 28 Hz.

IV.7.4.4.- Caso del inciso d):

$Az = 33.15^\circ$

$X = 1822 \text{ m.}$

$Y = 2790 \text{ m.}$

$W = 3333 \text{ m.}$

Probable formación Austin

$T_0 = 0.625 \text{ seg.}$ $V = 3900 \text{ m/seg.}$ $\theta_w = 9.4^\circ$

Corte de frecuencia echado ascendente 18 Hz.

Corte de frecuencia echado descendente 16 Hz.

Probable formación La Casita

$T_0 = 1.515 \text{ seg.}$ $V = 4800 \text{ m/seg.}$ $\theta_w = 16.4^\circ$

Corte de frecuencia echado ascendente 93 Hz.

Corte de frecuencia echado descendente 27 Hz.

IV.8.- Dispositivo de campo propuesto.

Sistema a utilizar

Franja, división asimétrica.

No. de canales	240
Intervalo de grupo de receptores	90 m.
No. de línea de receptores	6
Intervalo entre líneas de receptores	270 m.
No. de estaciones/línea	40
Intervalo entre P.V.	135 m.
No. de P.V./línea	10
Offset longitudinal	180 m.
Máximo offset	3333 m.
Mínimo offset	192 m.
Receptáculo de P.R.C.	45 x 67.5 m.

La menor variación en los echados que se encuentran a lo largo de la dirección de el eje estructural, sugiere un espaciamiento amplio de los puntos de reflejo común en la dirección NW-SE. (rumbo de capa), en contrapartida a lo requerido en el rumbo del echado (NE-SW).

En la figura IV-7 se bosqueja a groso modo el prospecto, dentro del cual se han colocado los ejes estructurales además del patrón de fallas.

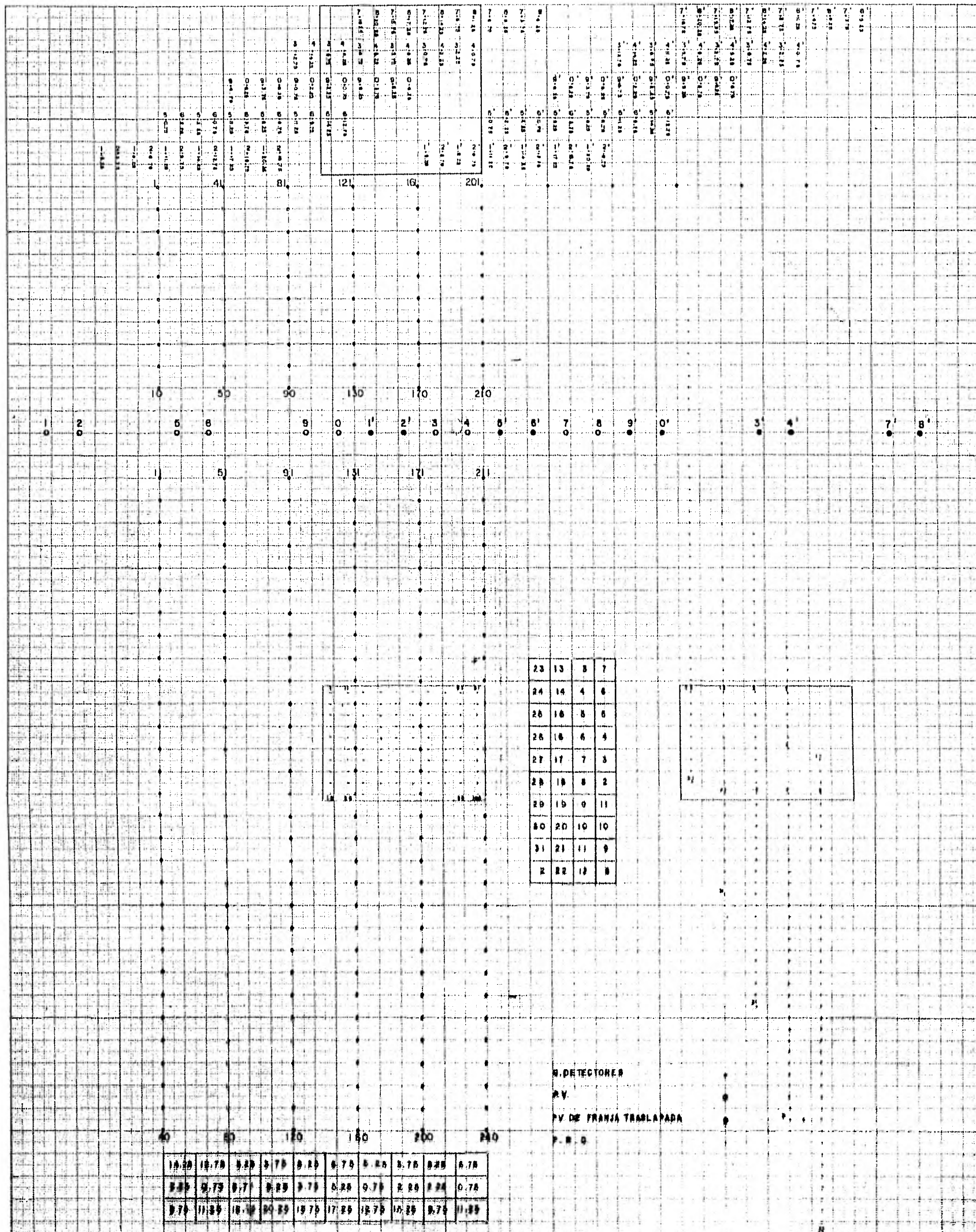
La menor variación en esa dirección (rumbo de la capa), indica que se puede incrementar el espaciamiento entre las líneas de receptores, de 180 m. (Prospectos Monclova, Buenaventura y Oro) a 270 m., con lo cual, se logran receptáculos de

P.R.C. de 45 x 67.5 m., orientado el lado mayor en la dirección del rumbo (NW-SE).

Si en una franja de 8 líneas de receptores, se considera el incremento a 270 metros en la separación de ellas, se llega al caso de tener un offset transversal de 2092 metros en relación a uno longitudinal, comparativamente corto de 2790 metros (Figura IV-3). Además, los azimuths del patrón de rayos serán grandes, lo cual, vendrá siendo una característica no deseable de un sistema tridimensional, sobre todo si se espera una gran complejidad estructural y variación lateral de velocidades. Teniendo en cuenta también, que en este caso, la banda de frecuencias queda reducida (IV.7.4.1.) por lo tanto, no es recomendable una separación mayor de 180 metros entre las líneas de receptores en franjas de ocho líneas.

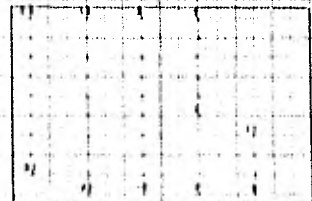
Por lo anterior, es recomendable considerar, una franja de 6 líneas con disposición asimétrica de los grupos de receptores (Figura IV-4), lo cual, reducirá el máximo offset transversal a 1823 metros.

Como el número de grupos por línea de receptores y su espaciamiento, está en función del offset máximo de registro, el cual a su vez se calcula en base a la profundidad de las formaciones objetivo, y tomando en consideración que se logra un aumento más rápido en el apilamiento (Figura IV-8), este dispositivo será el más apropiado en la observación del prospecto.



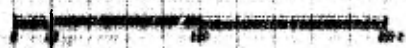
1. 100 0.00 0.00
 2. 100 0.00 0.00
 3. 100 0.00 0.00
 4. 100 0.00 0.00
 5. 100 0.00 0.00
 6. 100 0.00 0.00
 7. 100 0.00 0.00
 8. 100 0.00 0.00
 9. 100 0.00 0.00
 10. 100 0.00 0.00
 11. 100 0.00 0.00
 12. 100 0.00 0.00
 13. 100 0.00 0.00
 14. 100 0.00 0.00
 15. 100 0.00 0.00
 16. 100 0.00 0.00
 17. 100 0.00 0.00
 18. 100 0.00 0.00
 19. 100 0.00 0.00
 20. 100 0.00 0.00
 21. 100 0.00 0.00
 22. 100 0.00 0.00
 23. 100 0.00 0.00
 24. 100 0.00 0.00
 25. 100 0.00 0.00
 26. 100 0.00 0.00
 27. 100 0.00 0.00
 28. 100 0.00 0.00
 29. 100 0.00 0.00
 30. 100 0.00 0.00
 31. 100 0.00 0.00
 32. 100 0.00 0.00
 33. 100 0.00 0.00
 34. 100 0.00 0.00
 35. 100 0.00 0.00
 36. 100 0.00 0.00
 37. 100 0.00 0.00
 38. 100 0.00 0.00
 39. 100 0.00 0.00
 40. 100 0.00 0.00
 41. 100 0.00 0.00
 42. 100 0.00 0.00
 43. 100 0.00 0.00
 44. 100 0.00 0.00
 45. 100 0.00 0.00
 46. 100 0.00 0.00
 47. 100 0.00 0.00
 48. 100 0.00 0.00
 49. 100 0.00 0.00
 50. 100 0.00 0.00
 51. 100 0.00 0.00
 52. 100 0.00 0.00
 53. 100 0.00 0.00
 54. 100 0.00 0.00
 55. 100 0.00 0.00
 56. 100 0.00 0.00
 57. 100 0.00 0.00
 58. 100 0.00 0.00
 59. 100 0.00 0.00
 60. 100 0.00 0.00
 61. 100 0.00 0.00
 62. 100 0.00 0.00
 63. 100 0.00 0.00
 64. 100 0.00 0.00
 65. 100 0.00 0.00
 66. 100 0.00 0.00
 67. 100 0.00 0.00
 68. 100 0.00 0.00
 69. 100 0.00 0.00
 70. 100 0.00 0.00
 71. 100 0.00 0.00
 72. 100 0.00 0.00
 73. 100 0.00 0.00
 74. 100 0.00 0.00
 75. 100 0.00 0.00
 76. 100 0.00 0.00
 77. 100 0.00 0.00
 78. 100 0.00 0.00
 79. 100 0.00 0.00
 80. 100 0.00 0.00
 81. 100 0.00 0.00
 82. 100 0.00 0.00
 83. 100 0.00 0.00
 84. 100 0.00 0.00
 85. 100 0.00 0.00
 86. 100 0.00 0.00
 87. 100 0.00 0.00
 88. 100 0.00 0.00
 89. 100 0.00 0.00
 90. 100 0.00 0.00
 91. 100 0.00 0.00
 92. 100 0.00 0.00
 93. 100 0.00 0.00
 94. 100 0.00 0.00
 95. 100 0.00 0.00
 96. 100 0.00 0.00
 97. 100 0.00 0.00
 98. 100 0.00 0.00
 99. 100 0.00 0.00
 100. 100 0.00 0.00

23	13	8	7
24	14	4	6
25	15	5	6
26	16	6	4
27	17	7	3
28	18	8	2
29	19	9	11
30	20	10	10
31	21	11	9
32	22	12	8



10.20	10.70	9.20	9.70	8.20	8.70	7.20	7.70	6.20	6.70
5.20	5.70	4.70	4.20	3.70	3.20	2.70	2.20	1.20	0.70
0.70	11.20	10.70	10.20	9.70	9.20	8.70	8.20	7.70	7.20

S. DETECTOR
 PV
 PV DE FRANJA TRASLAPADA
 P. B. O



Otra manera de saber cual dispositivo es el más recomendable se deduce de las figuras IV-8 y IV-9. En ellas se han consignado los puntos de reflejo común generados tanto en dirección de la línea de vibradores como en la dirección de las líneas de receptores. Nótese el mejor y más rápido apilamiento logrado en la franja de 6 líneas (Figura IV-8). Los círculos en blanco numerados del 1 al 10, corresponden a las estaciones de puntos de vibración que se utilizan por franja y los círculos en negro (con números 1', 2', 3', ..., 10') a las estaciones de la franja siguiente que se traslapa (1 línea de receptores en figura IV-8 y 3 en figura IV-9) para la continuación de la observación del prospecto. Los puntos de reflejo común aparecen a los extremos de los dispositivos, cada uno con la distancia de separación entre el P.V. y la línea correspondiente de receptores, tomándose como unidad, la separación entre los grupos de receptores (90 m.). Se consiguen además, en el interior de los dispositivos, los puntos de reflejo común con un apilamiento del 1200%. A partir de los datos de las figuras arriba mencionadas, se calcula la distancia horizontal de los puntos de reflejo común, proyectándose en superficie, con apilamiento del 1200%, teniendo en cuenta, que las distancias a obtener, serán diagonales a las distancias transversal y longitudinal.

De esta manera se forman las tablas 1 y 2; por cada punto de reflejo común se calculan 12 longitudes.

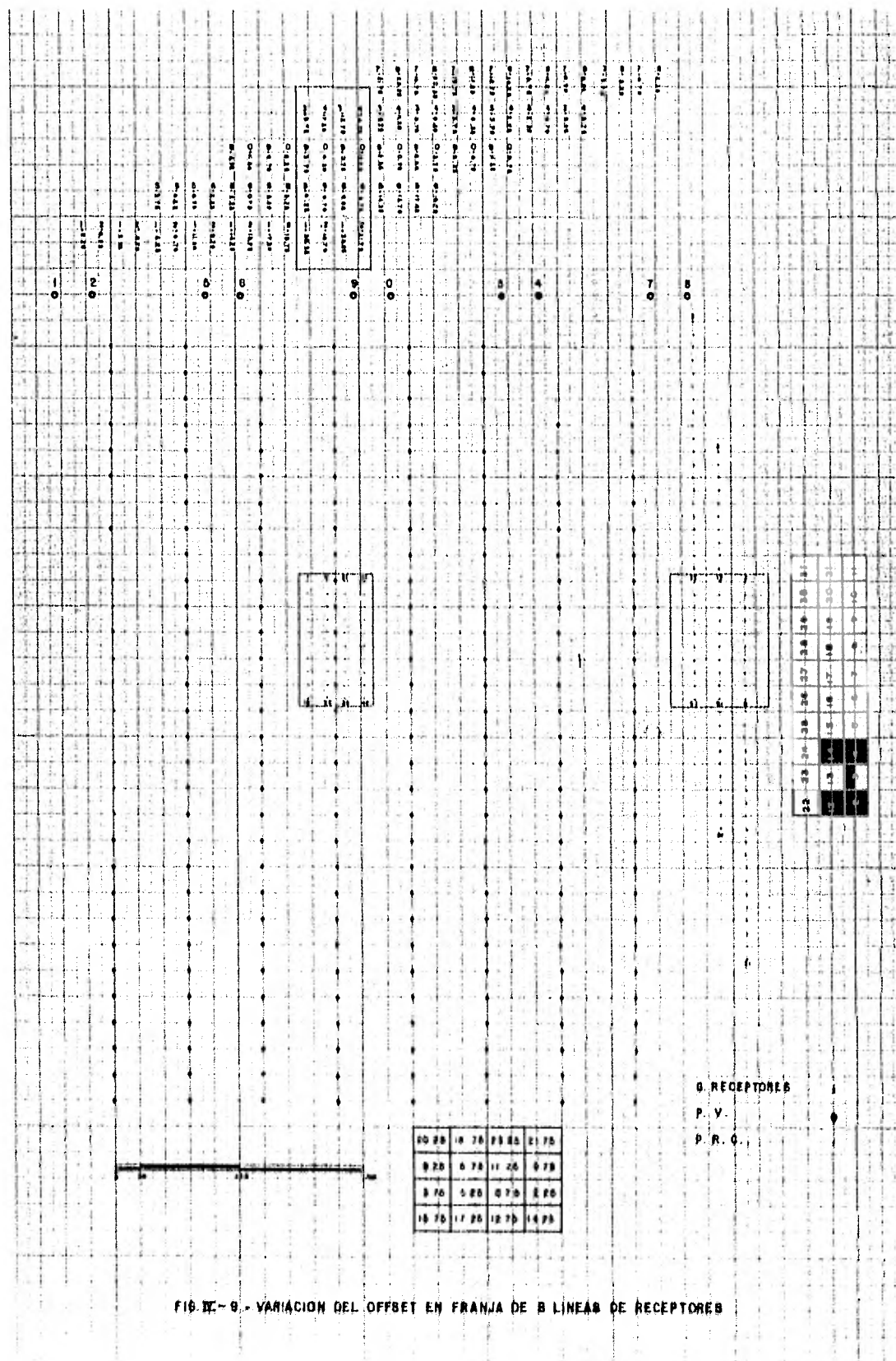


FIG. IX-9.- VARIACION DEL OFFBET EN FRANJA DE 8 LINEAS DE RECEPTORES

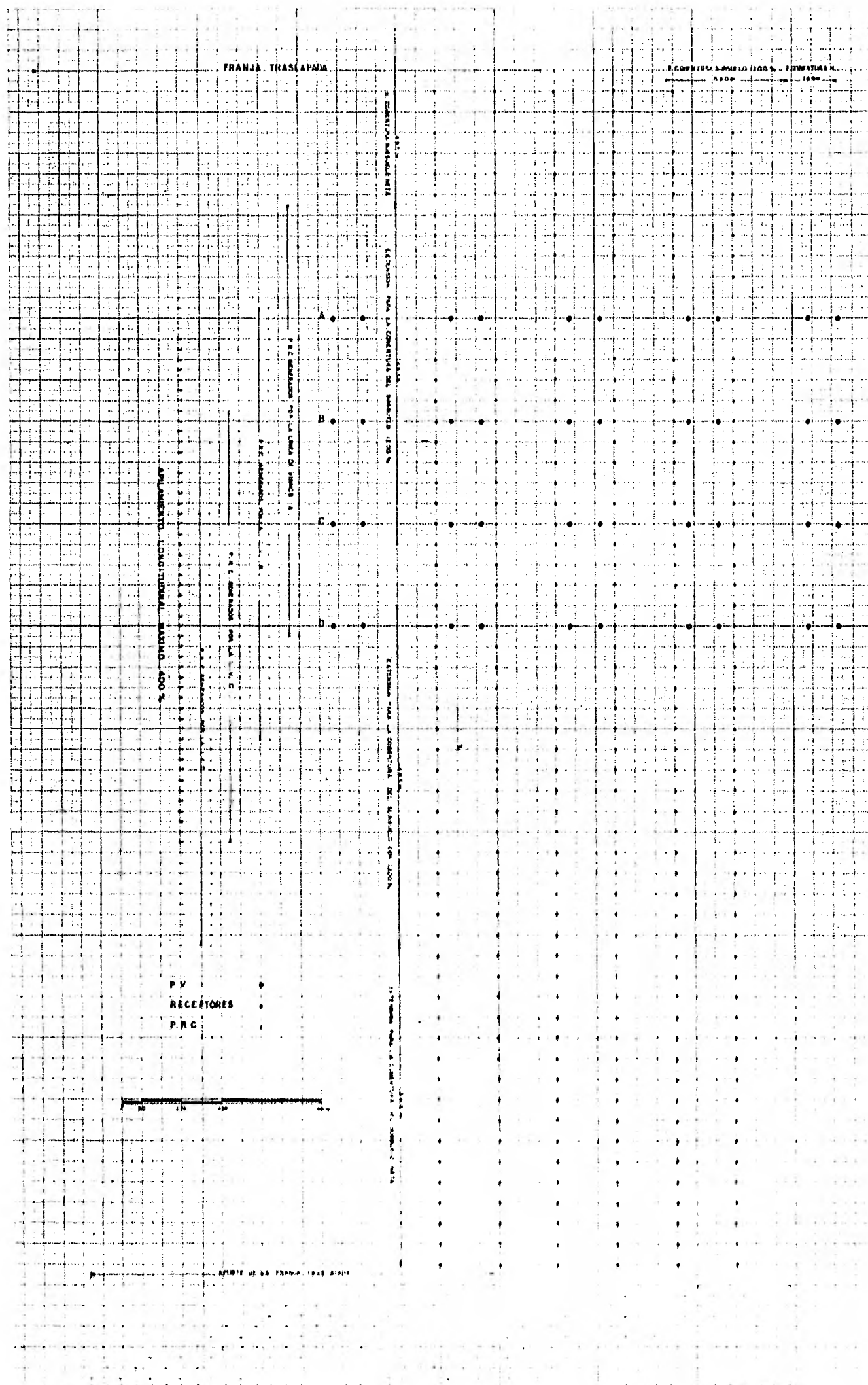
P. R. C.	TABLA N° 1. - FRANJA DE 6 LINEAS											
	CONTRIBUTORES											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
61	2123	2071	2367	1262	1172	1630	544	278	1170	788	634	1309
62	2211	2161	2440	1346	1262	1704	594	366	1203	718	544	1268
63	2299	2251	2526	1430	1352	1772	653	455	1233	653	455	1233
64	2387	2341	2606	1516	1442	1841	718	544	1268	594	366	1203
65	2476	2431	2687	1601	1531	1913	788	634	1309	544	278	1179
66	2564	2521	2769	1688	1621	1985	861	723	1355	506	192	1162
67	2652	2611	2851	1774	1711	2059	938	813	1405	1097	992	1516
68	2741	2701	2934	1861	1801	2135	1016	903	1458	1016	903	1458
69	2830	2791	3017	1948	1891	2211	1097	992	1516	938	813	1405
70	506	192	1162	2036	1981	2288	1179	1082	1576	861	723	1355
71	2097	2080	2435	1218	1187	1736	432	338	1311	715	662	1429
72	2186	2169	2512	1304	1276	1798	493	413	1332	637	577	1392
73	2275	2259	2590	1392	1365	1862	563	493	1359	563	493	1359
74	2374	2349	2668	1479	1454	1928	637	577	1392	493	413	1332
75	2453	2438	2748	1567	1543	1999	715	662	1429	432	338	1311
76	2543	2528	2828	1655	1633	2066	795	748	1471	383	123	1295
77	2632	2618	2908	1743	1722	2138	878	835	1517	1046	1010	1620
78	2721	2708	2989	1831	1811	2210	961	923	1567	961	923	1567
79	2810	2797	3071	1920	1901	2284	1046	1010	1620	878	835	1517
80	383	271	1295	2009	1990	2356	1132	1099	1677	795	748	1471

Si se toma en consideración que la distancia horizontal es igual a la profundidad (consideración en todo trabajo sísmico), y que, el objetivo más somero se localiza a una profundidad de aproximadamente 780 metros, bajo el plano de referencia (Formación Austin), comparando las dos tablas antes mencionadas, se llega a la conclusión que la franja de 8 líneas de receptores proporciona un porcentaje menor en elementos de apilamiento que la de 6 líneas a ese nivel, y por consiguiente, se reafirma la recomendación antes mencionada.

Después de llegar a la determinación del dispositivo de tiro a emplearse, el siguiente paso es el de conformar debidamente la totalidad del programa.

Uno de los objetivos que se pide en todo trabajo sísmico, es el procesamiento e interpretación de la información obtenida en el campo, siendo el aspecto más importante el llevar los eventos a su posición real (Migración). Se hace necesario el diseño de las extensiones tanto de la cobertura del subsuelo (proyectada en superficie), como de la extensión para lograr dicha cobertura.

Supóngase que la franja de la figura IV-10 es el final del prospecto. En ella se observan 4 líneas de fuentes a vibrarse, con un total de 40 grupos de receptores por línea. En dirección longitudinal se han consignado los puntos de reflejo común generados por cada línea de vibradores, además del apilamiento a que dan lugar, y por consiguiente, también



APILAMIENTO TRANSVERSO. MÁXIMO 200%

FIG. 2.-19 - Diagrama de gradientes.

en dirección transversal se encuentran los puntos de reflejo común que generaron los P.V. a cada línea de receptores, con su correspondiente apilamiento. La zona del 1200%, es aquella formada en la intersección del apilamiento máximo longitudinal (400%) y el apilamiento máximo transversal (300%).

Igualmente en la figura IV-10 son de notarse las extensiones, para cobertura neta del subsuelo y para cobertura del subsuelo con el 1200% de apilamiento. La primera se toma a partir del primer grupo de receptores al primer punto de reflejo común (dirección transversal); la segunda, del primer punto de reflejo común al primer punto de reflejo común con apilamiento máximo, en las dos direcciones.

Las extensiones citadas son las siguientes:

a).- Para cobertura del subsuelo con 1200% de apilamiento.

<u>Dirección</u>	<u>Longitud</u>
SW y NE	1485 m.
SE y NW	540 m.

b).- Para cobertura neta del subsuelo.

<u>Dirección</u>	<u>Longitud</u>
NE	495 m.
SW	1395 m.
SE y NW	169 m.

Con las anteriores longitudes y las obtenidas en IV.7.2, se le da la debida forma al programa total del prospecto, el cual se puede observar en la figura IV-11.

En el plano de la figura IV-12, puede observarse el total del programa ideal sobre el prospecto, ya vaciado sobre un mapa topográfico. Se tiene en su totalidad 26 franjas, con 5340 puntos de vibración. Su distribución es la siguiente:

<u>Franja No.</u>	<u>Líneas de vibración</u>	<u>Estaciones de vibración</u>
1 - 8	19	1520
9	20	200
10 - 19	18	1800
20 - 26	20	1820

El avance en el vibrado (avance longitudinal) sobre cada franja se hará como se ilustra en la figura IV-13, cada línea de vibración contará con 10 estaciones. En cada una de las líneas, el registro de la señal será efectuado por 240 grupos de receptores, divididos en 6 líneas de 40 cada una. En la citada figura se ilustra además el tendido para cada una de las líneas de vibración.

Por otro lado, el avance en dirección transversal (SE), se hará por traslape entre franjas, figura IV-14; la última línea de la franja 1 corresponde a la primera de la 2, y así

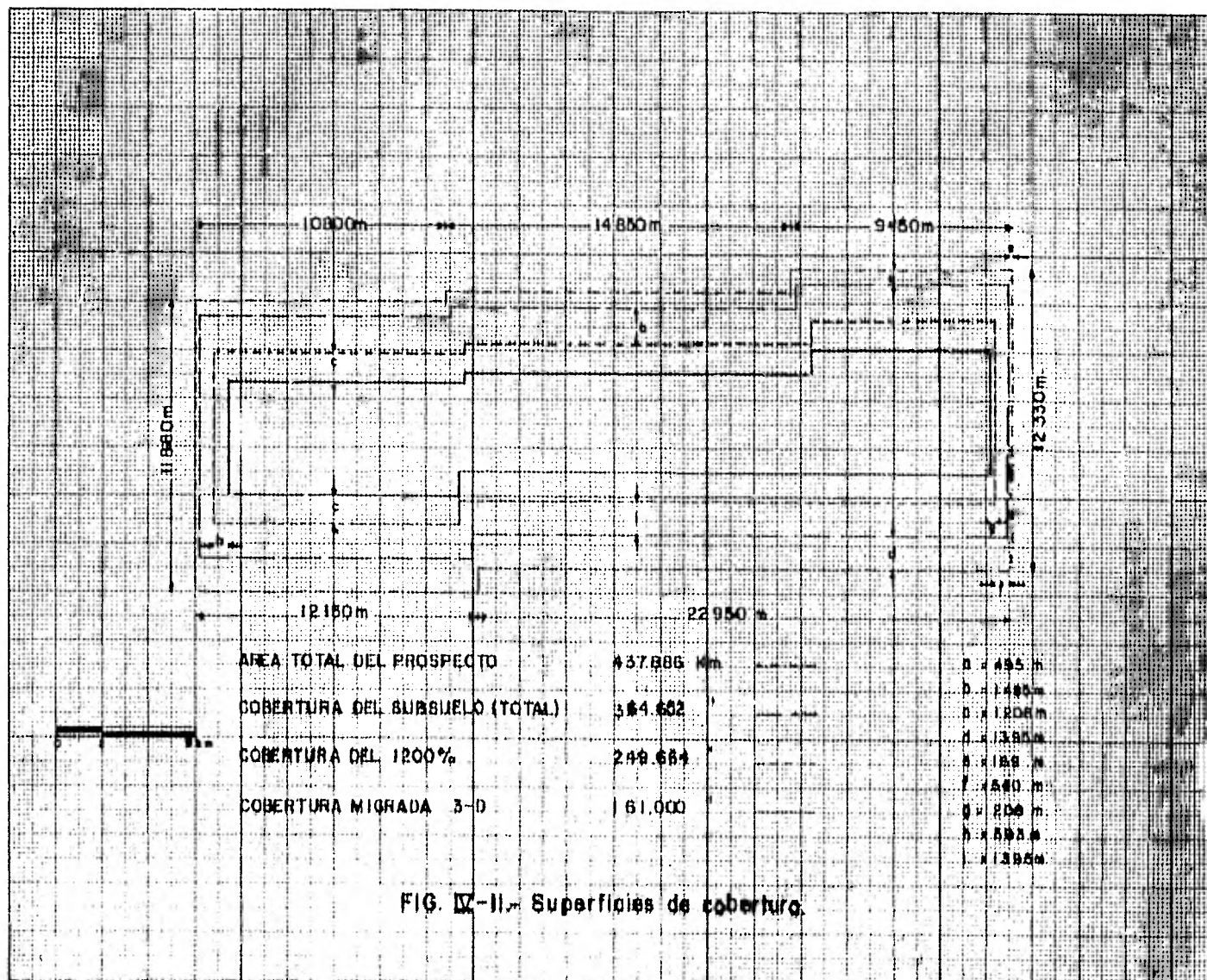
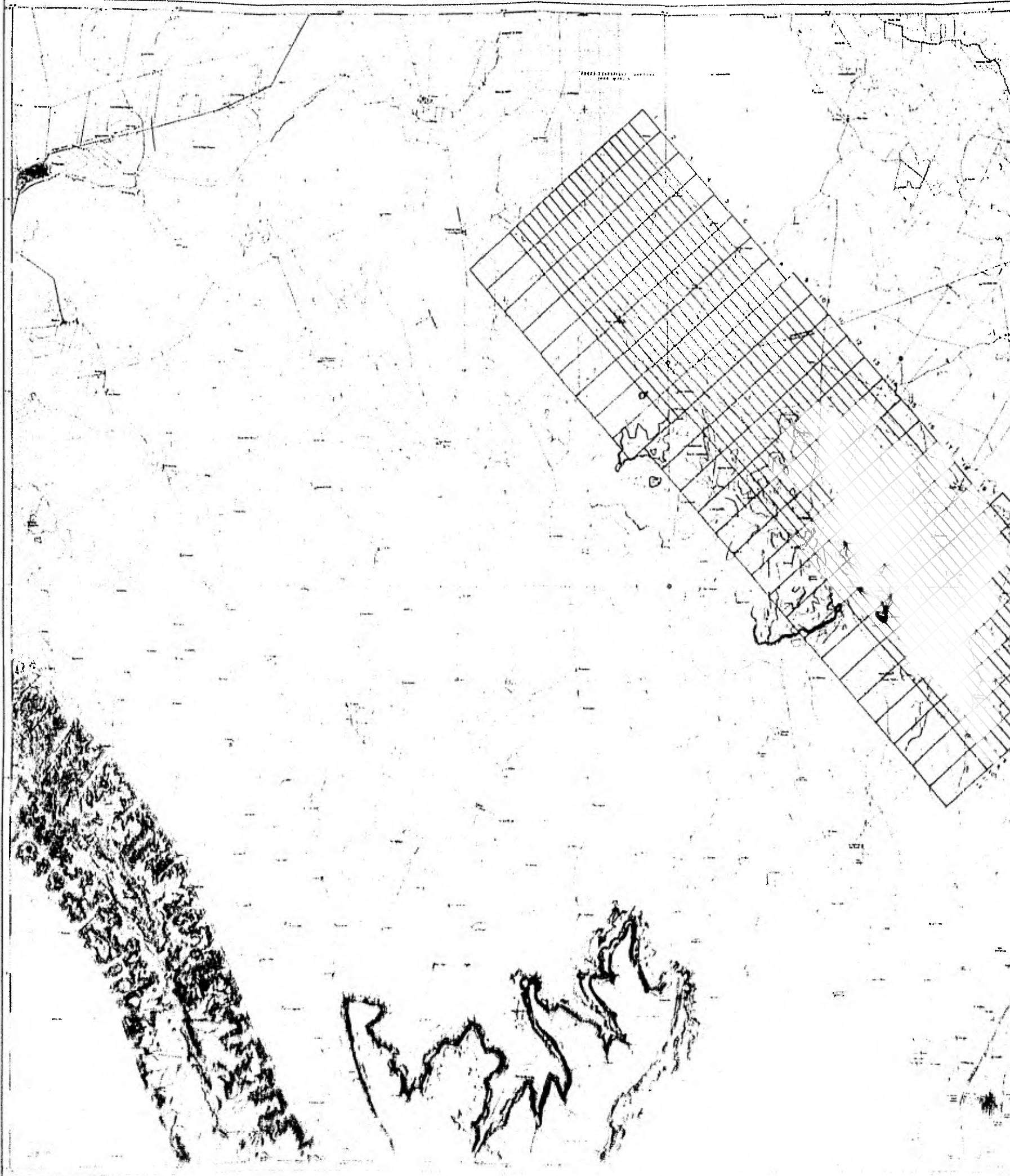


FIG. IX-11.- Superficies de cobertura.

FIGURA IX-12 - PLANO DE LOCALIZACION DEL PROGRAMA DE LA FRANJA.





SIGNOS CONVENCIONALES

**PUEBLA
GUANAJUATO
CHAPALA
Carmen
Arulman
Carmen**

POBLACIONES
 170 000 y más habitantes
 100 000 y más habitantes
 50 000 y más habitantes
 20 000 y más habitantes
 10 000 y más habitantes
 5 000 y más habitantes
 2 000 y más habitantes

PARQUES
 Parque de 100 y más hectáreas
 Parque de 50 y más hectáreas
 Parque de 20 y más hectáreas
 Parque de 10 y más hectáreas
 Parque de 5 y más hectáreas
 Parque de 2 y más hectáreas

AGUAS
 Aguas superficiales
 Aguas subterráneas
 Aguas de lluvia
 Aguas de riego
 Aguas de drenaje
 Aguas de consumo
 Aguas de uso industrial
 Aguas de uso doméstico

LINEAS DE COMUNICACION
 Líneas de ferrocarril
 Líneas de telégrafo
 Líneas de teléfono
 Líneas de radio
 Líneas de televisión
 Líneas de cable

OTROS SIGNOS CONVENCIONALES
 Línea de frontera
 Línea de propiedad
 Línea de posesión
 Línea de usufructo
 Línea de dominio público
 Línea de dominio privado
 Línea de dominio estatal
 Línea de dominio municipal
 Línea de dominio comunal
 Línea de dominio particular
 Línea de dominio colectivo
 Línea de dominio individual
 Línea de dominio familiar
 Línea de dominio personal
 Línea de dominio profesional
 Línea de dominio intelectual
 Línea de dominio moral
 Línea de dominio físico
 Línea de dominio jurídico
 Línea de dominio político
 Línea de dominio económico
 Línea de dominio social
 Línea de dominio cultural
 Línea de dominio científico
 Línea de dominio artístico
 Línea de dominio literario
 Línea de dominio musical
 Línea de dominio cinematográfico
 Línea de dominio teatral
 Línea de dominio televisivo
 Línea de dominio radiofónico
 Línea de dominio fonográfico
 Línea de dominio discográfico
 Línea de dominio editorial
 Línea de dominio editorial gráfico
 Línea de dominio editorial audiovisual
 Línea de dominio editorial multimedia

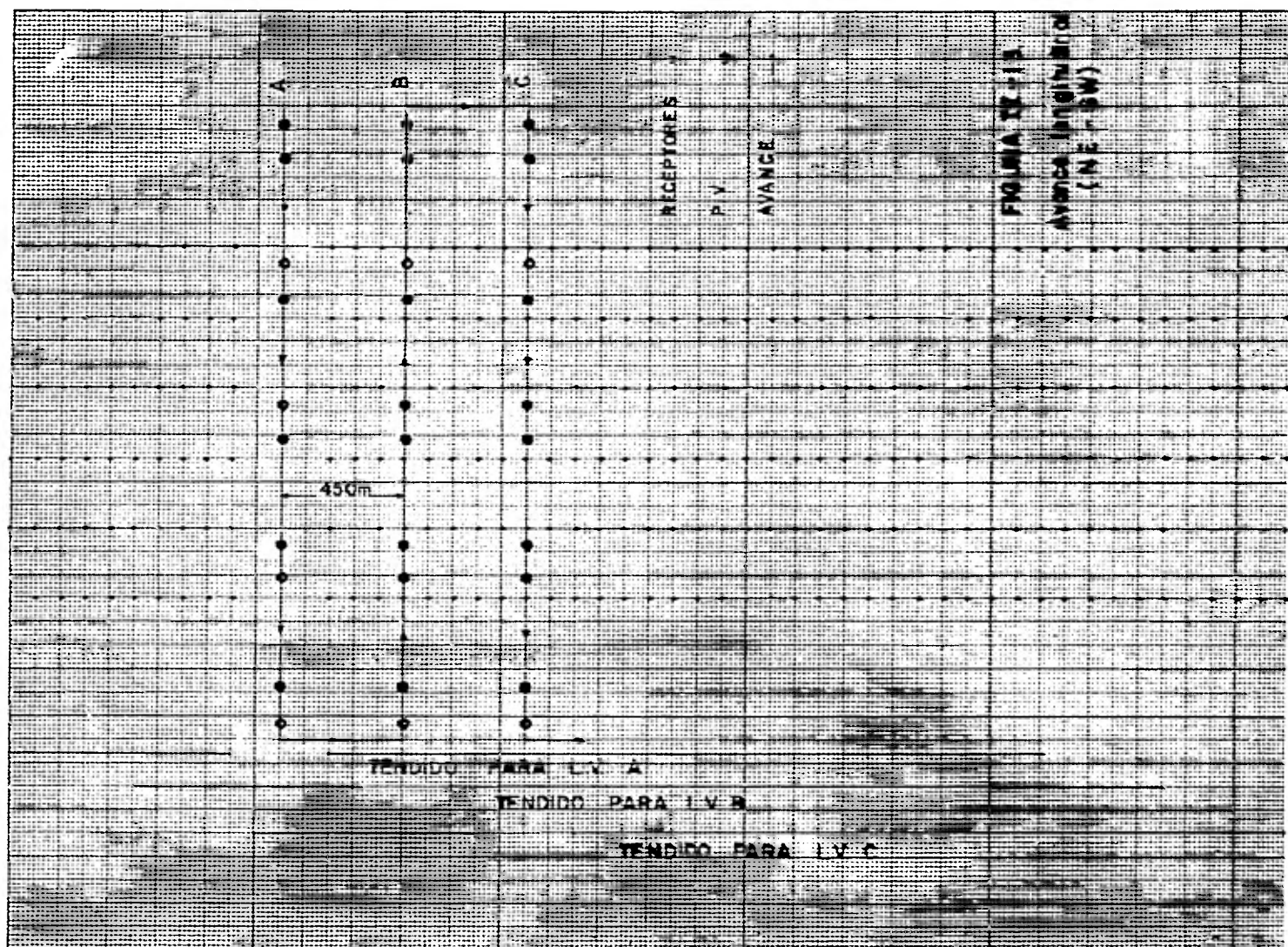
ESCALA 1:50,000

10 METROS

ESCALA	1:50,000
1 cm	500 m
2 cm	1,000 m
3 cm	1,500 m
4 cm	2,000 m
5 cm	2,500 m
6 cm	3,000 m
7 cm	3,500 m
8 cm	4,000 m
9 cm	4,500 m
10 cm	5,000 m

PROYECTO DE LA FRANJA DE LA FRANJA





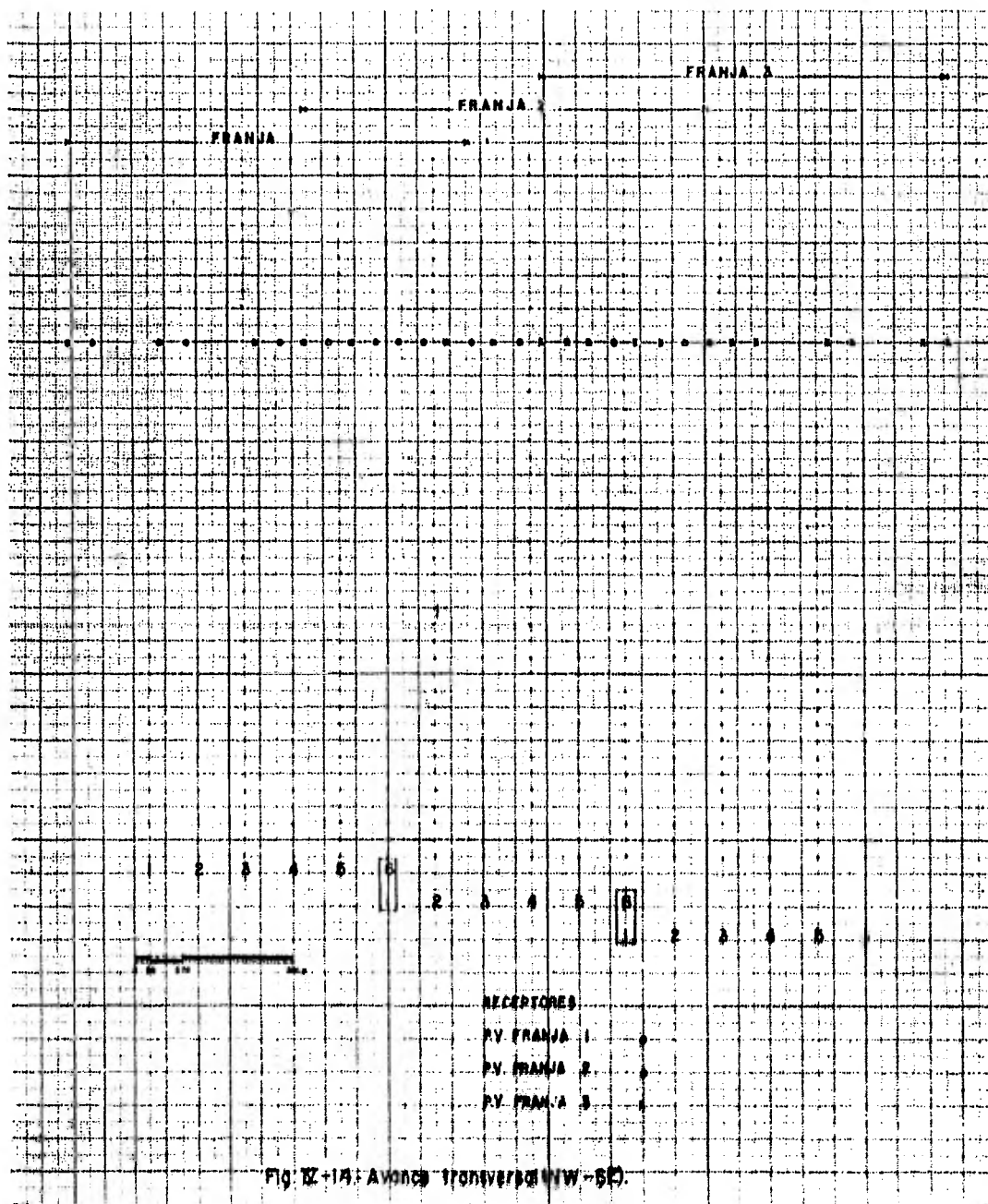


Fig. IX-14. Avionc Transferor MW-50.

sucesivamente. Nótese que todas las estaciones (cada 135 metros) de las líneas de vibradores son tomadas en consideración, con excepción de la primera y última franjas del prospecto.

Como se observa en el plano de la figura IV-12, existen problemas de accesibilidad a algunas partes del área, más sin embargo, la mayor parte del prospecto puede ser trabajada con la técnica de la franja.

Los problemas de accesibilidad se tienen en la parte en que una serie de cerros y mesetas atraviesan el prospecto casi en su parte media, lo cual, repercute principalmente en los vibradores, siendo en menor escala con las líneas de receptores. Lo anterior incidirá en una falta de cobertura del subsuelo en las zonas del Cerro el Barbero y las Mesillas, siendo muy preocupante en la primera.

El objetivo es de que se registren todas las estaciones de puntos de vibración accesibles empleando la técnica de la franja, llenando los huecos de la cobertura del subsuelo con una combinación de las técnicas SEISPATCH SEISLOOP⁺ especialmente diseñado para este objetivo.

IV.9.- Programa SEISPATCH - SEISLOOP (Cerro el Barbero)

La idea de este programa radica en colocar los 240 gru-

⁺ TRADEMARK G.S.I.

pos de receptores en un parche, cuyas estaciones se localizarán en las intersecciones de los rectángulos de 90 x 135 metros que lo dividen, a la vez que los P.V. estarán en lugares accesibles, registrando con ésto señal del subsuelo y aportando cobertura a la no completada por las franjas.

En el plano de la figura IV-12-A, se ilustra el total del programa, con la localización de los parches y los puntos de vibración en sus respectivas posiciones con respecto a un plano topográfico, el cuál, ha sido ampliado en escala para la mejor visualización del programa.

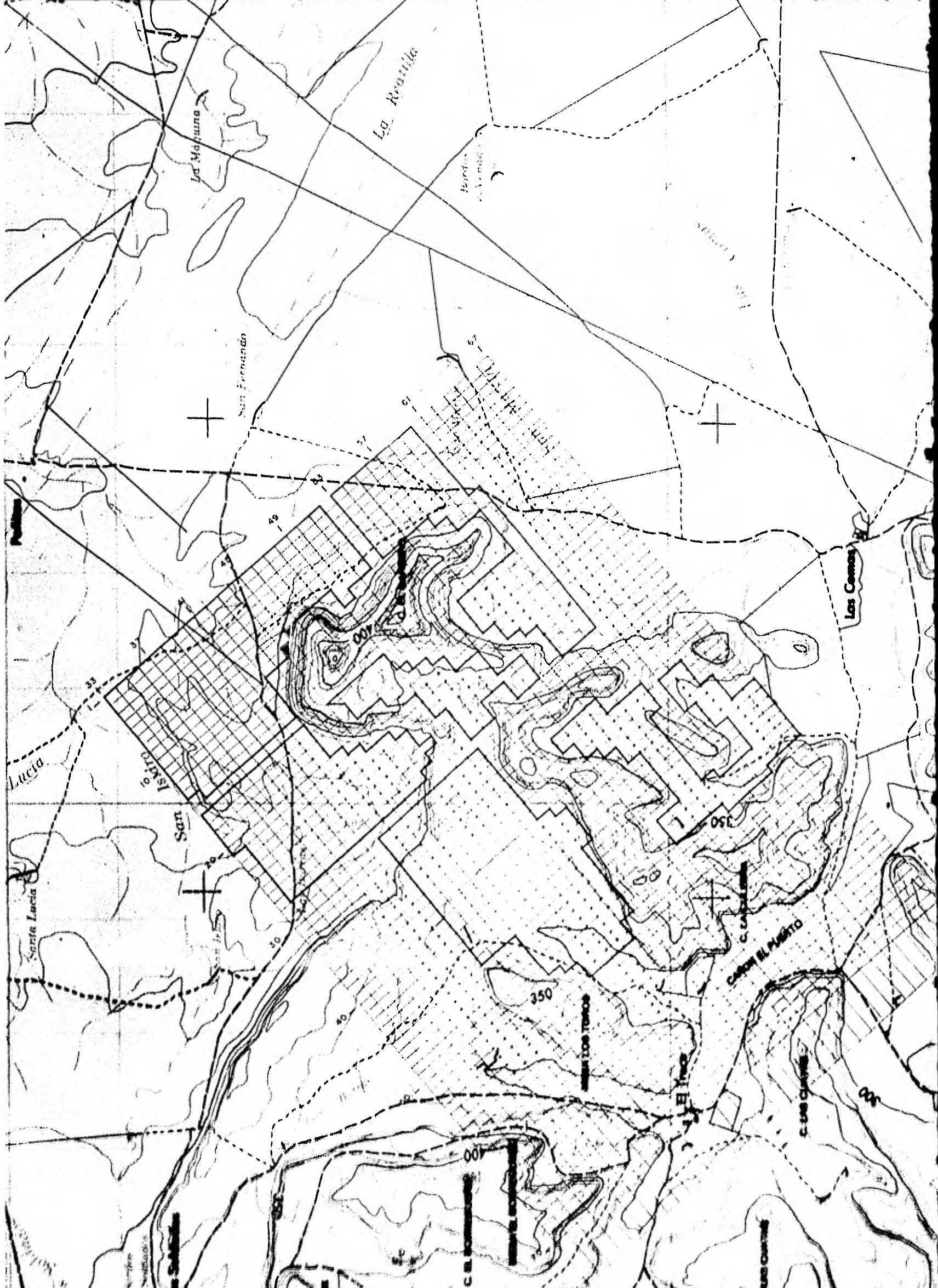
Por otro lado, como una posición de P.V., en algunos casos, será posición de uno o dos más, y para completar los 240 grupos en los parches, se hará necesario combinar dos de ellos, el total del programa se ha llevado a la figura IV-15. En ella se observan los parches A, B, C, D y E, y las estaciones donde se tendrá 1 P.V., 2 P.V. y 3 P.V.

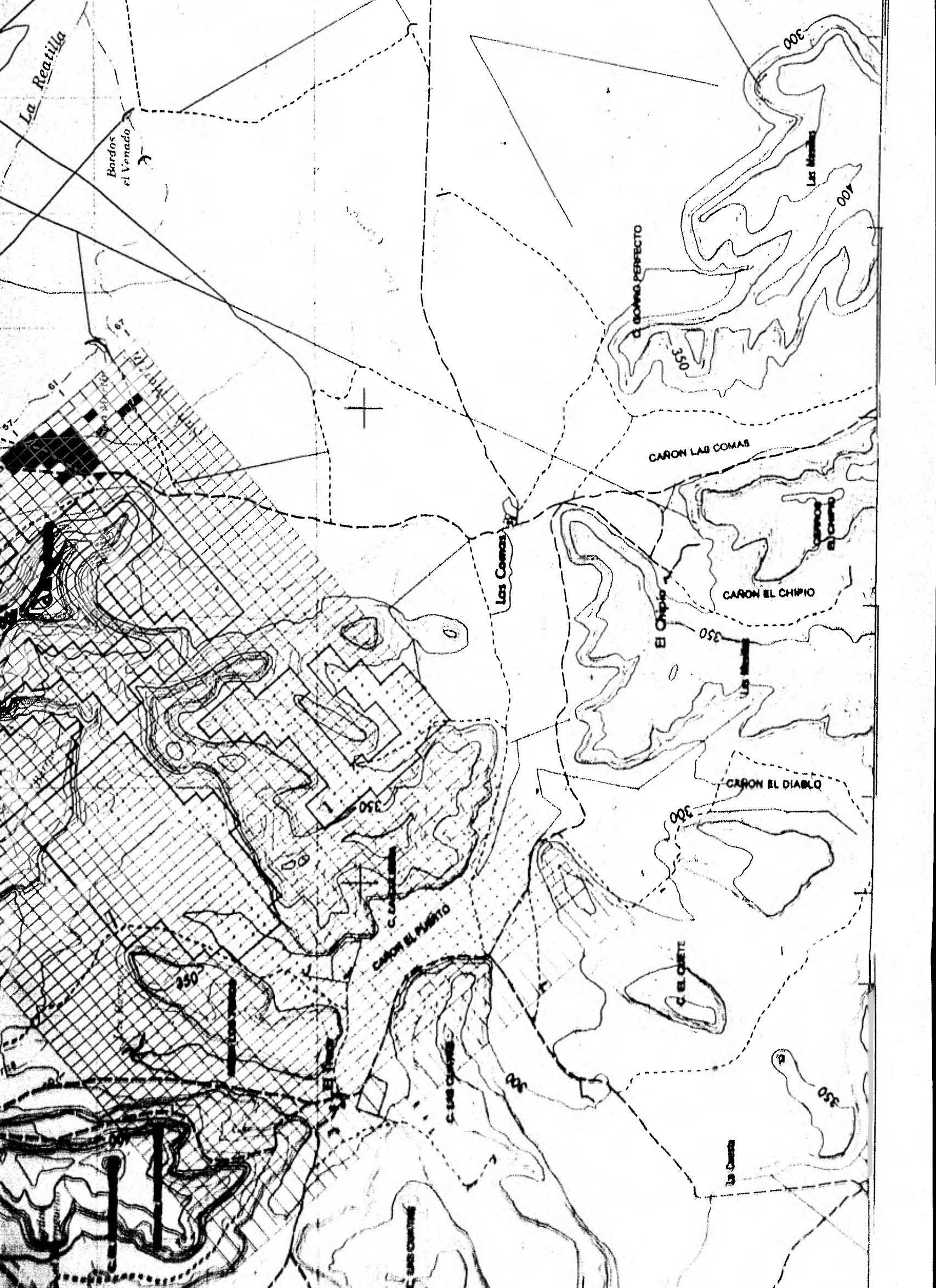
Pero además, como en la citada figura, la comprensión del programa puede ser un poco difícil, se desglosa de la siguiente manera:

a).- Programa del parche A

De la figura IV-15-A,

Estaciones de grupos receptores	240
Estaciones de P.V.	127





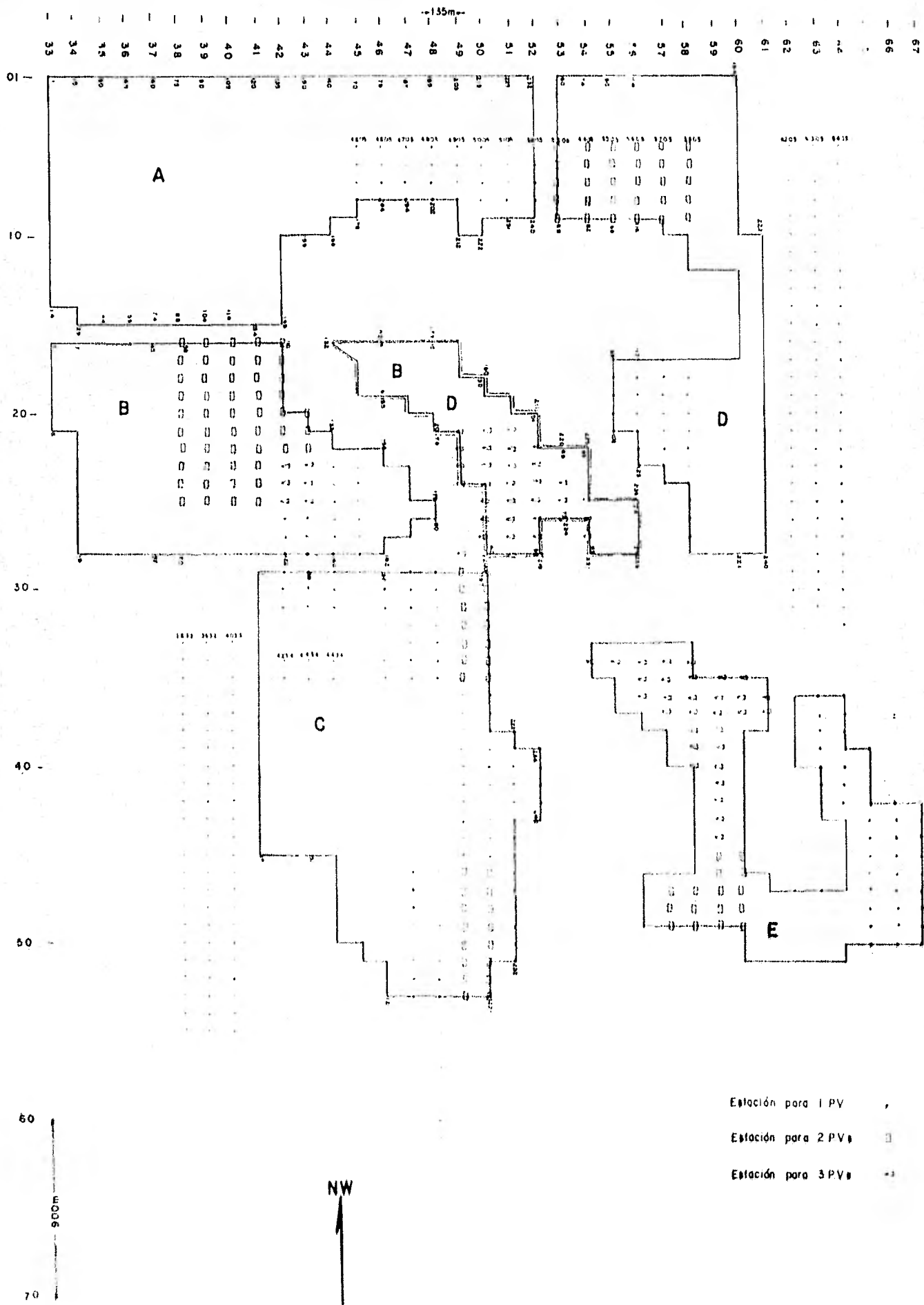
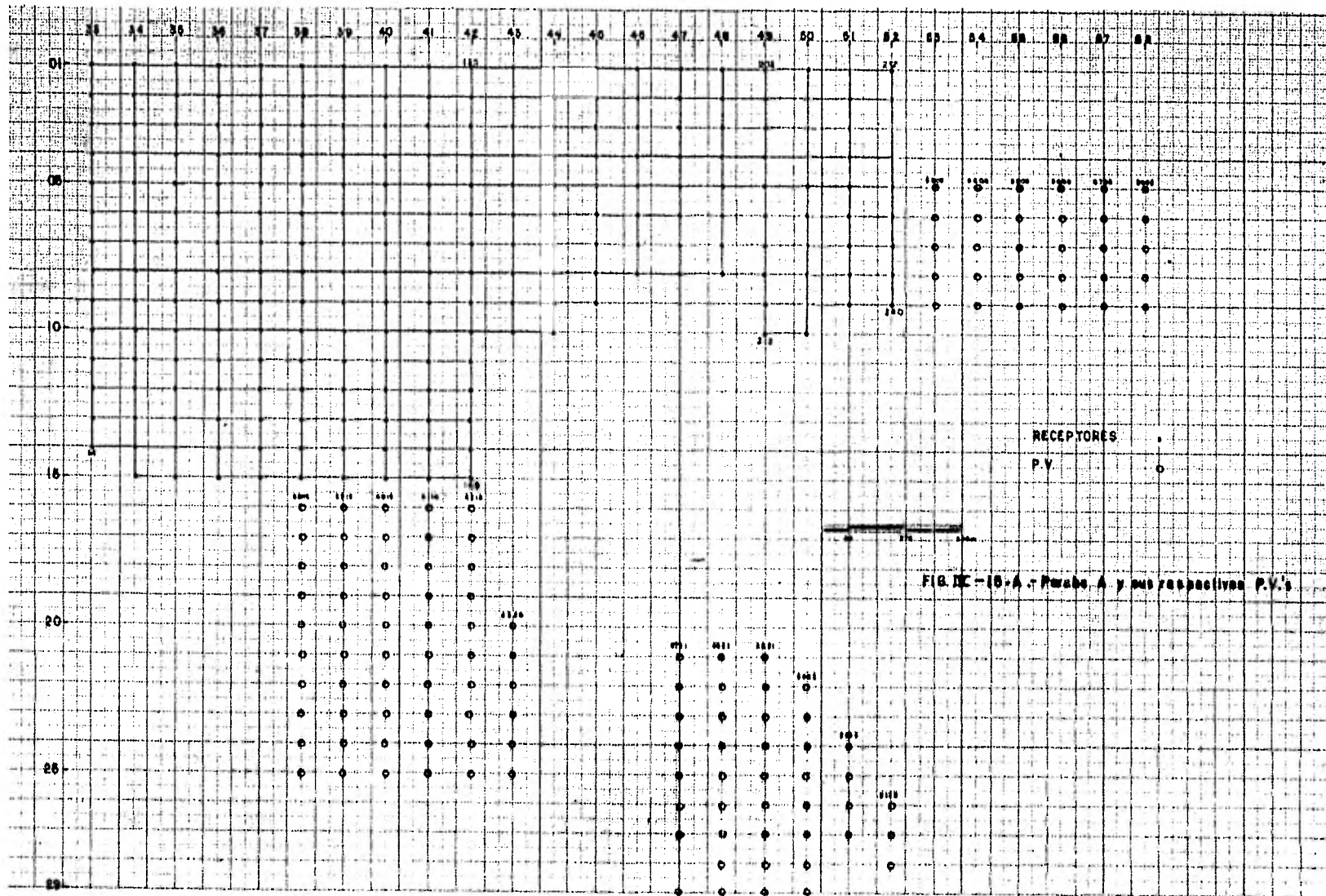


Fig. IX-15. -- Programa SEISPATCH-SEISLOOP.*



b) Programa del parche B

En esta parte para completar el número de grupos requeridos, se combinan dos distintos parches, uno de los cuales además, servirá para el programa D (figura IV-15-B).

Estaciones de grupos receptores	239
Estaciones de P.V.	138

c).- Programa del parche C

De la figura IV-15-C,

Estaciones de grupos receptores	240
Estaciones de P.V.	221

d).- Programa del parche D

Igualmente que para el inciso b, para este programa se combinan dos parches diferentes (figura IV-15-D),

Estaciones de grupos receptores	240
Estaciones de P.V.	175

e).- Programa del parche E

Como se observa en la figura IV-12-A, es muy difícil el conectar este parche con algunos de los demás, por lo cual, puede ser trabajado solamente con 180 grupos de recep

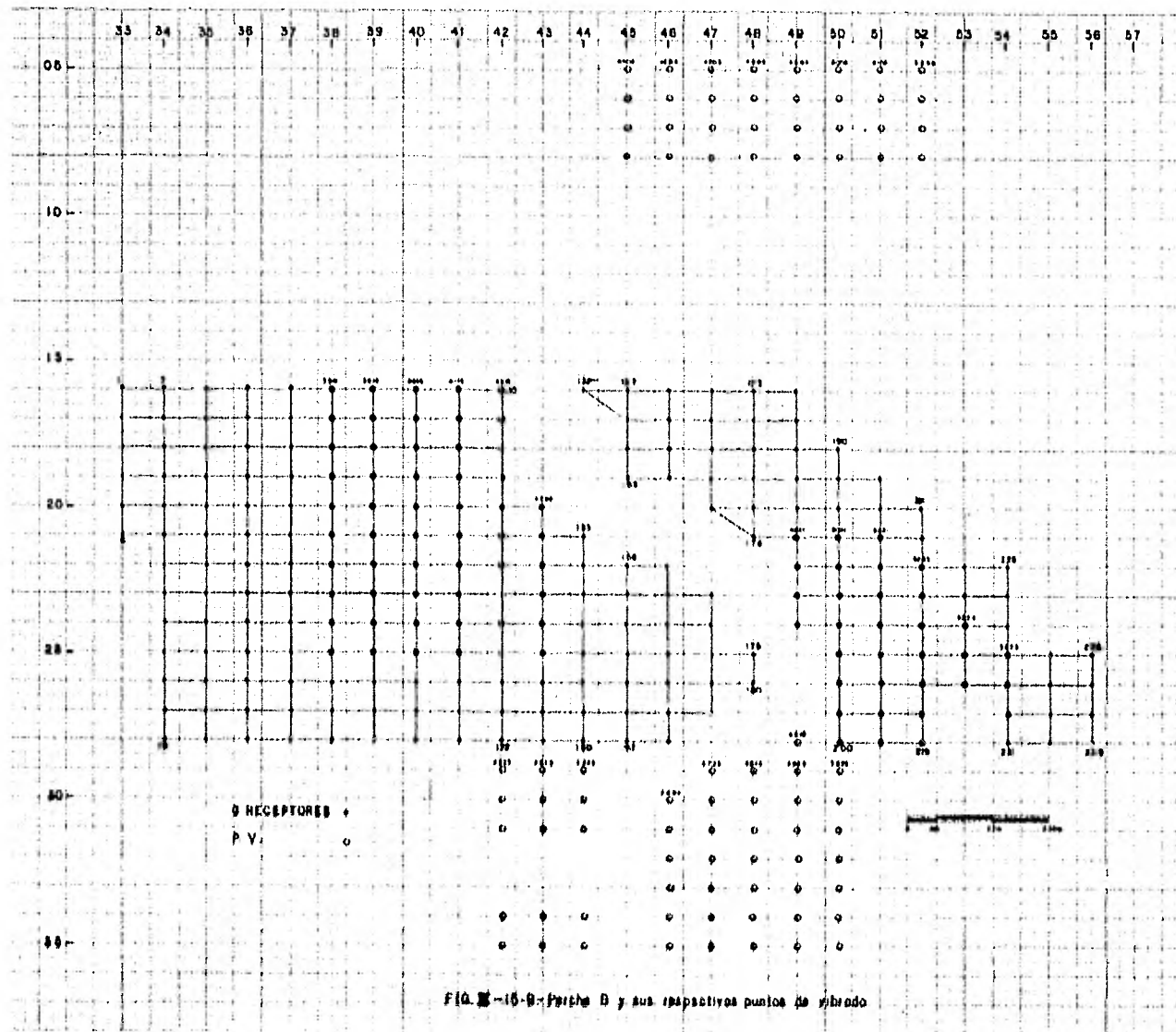
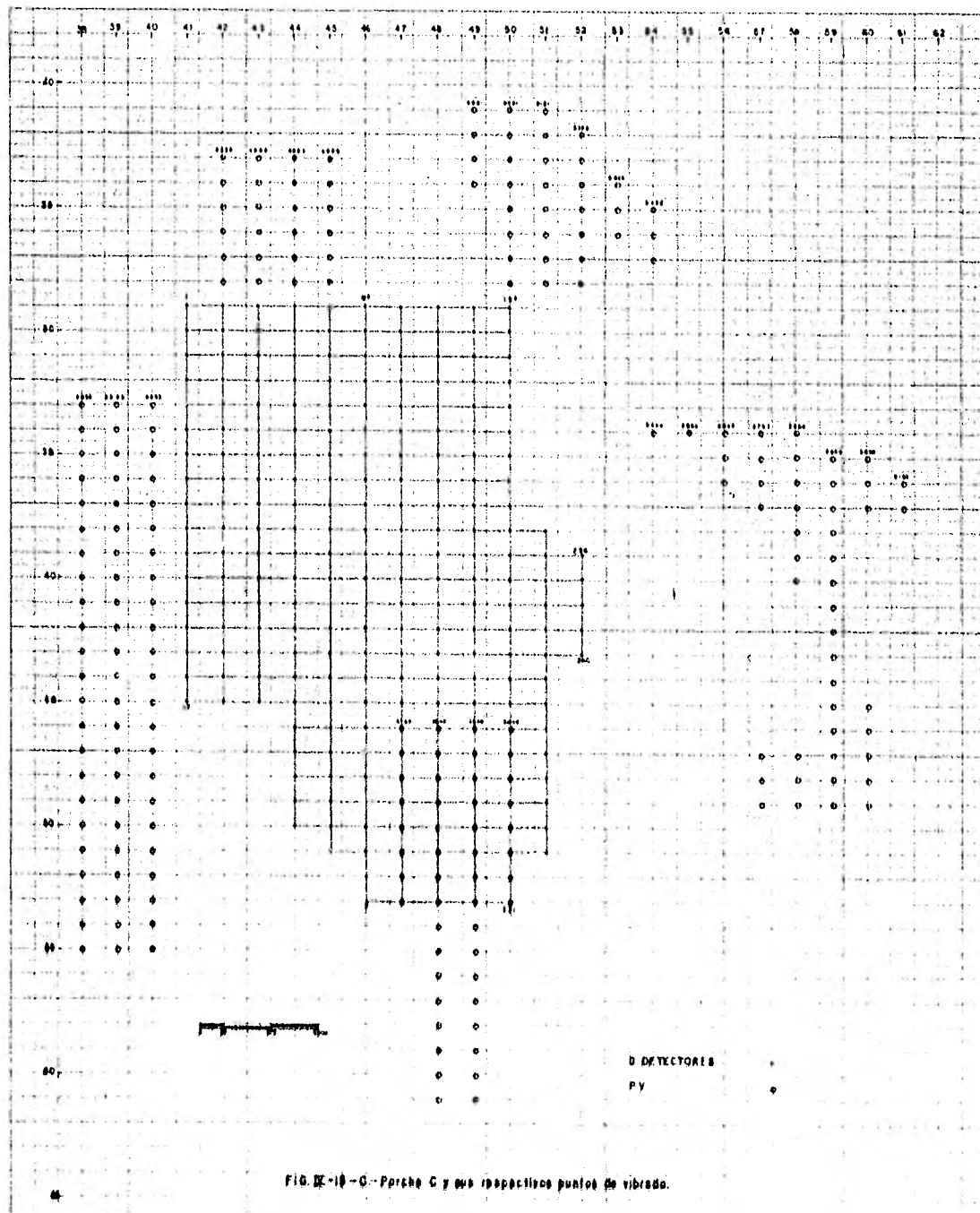


FIG. 15-9-Pista B y sus respectivos puntos de vibrado



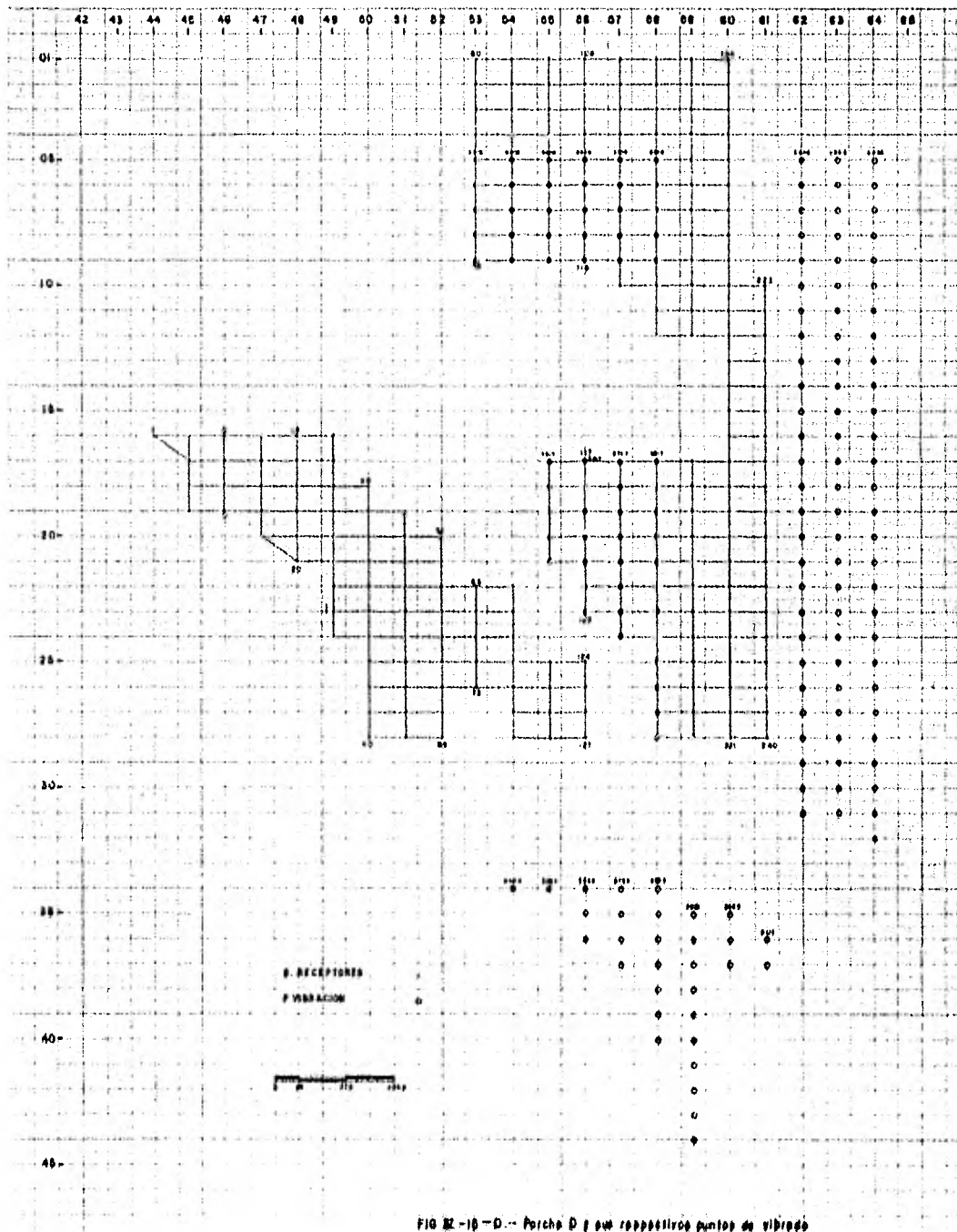


FIG. 32-10-D.- Porche D y sus respectivos puntos de vibración

tores.

Para percatarse si el programa es aceptable, la única forma de tomar conocimiento de lo anterior, se ilustra en las figuras IV-16, IV-17, IV-18 y IV-19:

i).- Figura IV-16.- La cobertura del subsuelo, si todas las estaciones fueran accesibles.

ii).- Figura IV-17.- La cobertura del subsuelo, al ser removidas todas las estaciones inaccesibles.

iii).- Figura IV-18.- La cobertura del subsuelo, originada del programa SEISPATCH - SEISLOOP⁺, o sea, la cobertura compuesta del cubrimiento individual de cada uno de los cinco parche.

iiii).- Figura IV-19.- La cobertura total de subsuelo, derivada de la composición de ii e iii, con offset de hasta 4000 metros.

Como se observa, quedarán zonas sin cubrimiento (figura IV-19), pero ya no será tan preocupante como antes del programa.

IV.10.- Obtención de los parámetros de registro y de vibración.

Para la obtención del patrón de vibradores y de receptores, es necesario efectuar pruebas de campo para las cuales se elegi-

FIG. IV - 16

TRACE DISTRIBUTION PAGE-

3 (OFFSET)

8. 10

4000.

DISTRIBUTION PAGE-

2 (OFFSET)

8. 10

START # - 100.

4000.

521.

522.

523.

524.

525.

526.

527.

528.

529.

530.

531.

532.

533.

534.

535.

536.

537.

538.

539.

540.

541.

542.

543.

544.

545.

546.

547.

548.

549.

550.

551.

552.

553.

554.

555.

556.

557.

558.

559.

560.

561.

562.

563.

564.

565.

566.

567.

568.

569.

570.

571.

572.

573.

574.

575.

576.

577.

578.

579.

580.

581.

582.

583.

584.

585.

586.

587.

588.

589.

590.

591.

592.

593.

594.

595.

596.

597.

598.

599.

600.

FIG. IV - 17

TRACE DISTRIBUTION PAGE START A = 500.	1 10/15/51 6, 10 1000.	DISTRIBUTION PAGE 1 10/15/51 6, 10
500.
501.
502.
503.
504.
505.
506.
507.
508.
509.
510.
511.
512.
513.
514.
515.
516.
517.
518.
519.
520.
521.
522.
523.
524.
525.
526.
527.
528.
529.
530.
531.
532.
533.
534.
535.
536.
537.
538.
539.
540.
541.
542.
543.
544.
545.
546.
547.
548.
549.
550.
551.
552.
553.
554.
555.
556.
557.
558.
559.
560.
561.
562.
563.
564.
565.
566.
567.
568.
569.
570.
571.
572.
573.
574.
575.
576.
577.
578.
579.
580.
581.
582.
583.
584.
585.
586.
587.
588.
589.
590.
591.
592.
593.
594.
595.
596.
597.
598.
599.
600.

FIG. IV - 19

TRACE DISTRIBUTION PAGE -
17481 20 - 300.

1 OFF 3511 0. FD 1000.

DISTRIBUTION PAGE -
1 OFF 3511 21 10 1000.
100.

```

4821. 9AAAAA AAAA AAAAAA AAAAAA AAAAAA AAAAAA AAAAAA AAAAAA AAAAAA AAAAAA AAAAAA AAAAAA AAAAAA
4937. AAAA AAAA AAAA AAAA AAAA AAAA AAAA AAAA AAAA AAAA AAAA AAAA AAAA AAAA AAAA AAAA AAAA AAAA
5271. AAAAAA AAAAAA AAAAAA AAAAAA AAAAAA AAAAAA AAAAAA AAAAAA AAAAAA AAAAAA AAAAAA AAAAAA
5187. AAAAAA AAAAAA AAAAAA AAAAAA AAAAAA AAAAAA AAAAAA AAAAAA AAAAAA AAAAAA AAAAAA AAAAAA
5101. DDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDDD
4937. BBBBBBBB BBBBBB BBBBBB BBBBBB BBBBBB BBBBBB BBBBBB BBBBBB BBBBBB BBBBBB BBBBBB BBBBBB
4859. CCCCCCCCCC CCCC CCCC CCCC CCCC CCCC CCCC CCCC CCCC CCCC CCCC CCCC CCCC CCCC CCCC CCCC
4771. EEEEEEEEEE EEEEEE EEEEEE EEEEEE EEEEEE EEEEEE EEEEEE EEEEEE EEEEEE EEEEEE EEEEEE EEEEEE
4687. FFFFFFFF FFFF FFFF FFFF FFFF FFFF FFFF FFFF FFFF FFFF FFFF FFFF FFFF FFFF FFFF FFFF FFFF
4603. GGGGGGGG GGGG GGGG GGGG GGGG GGGG GGGG GGGG GGGG GGGG GGGG GGGG GGGG GGGG GGGG GGGG
4517. HHHHHHHH HHHH HHHH HHHH HHHH HHHH HHHH HHHH HHHH HHHH HHHH HHHH HHHH HHHH HHHH HHHH
4431. IIIIIIII IIII IIII IIII IIII IIII IIII IIII IIII IIII IIII IIII IIII IIII IIII IIII IIII
4345. JJJJJJJJ JJJJ JJJJ JJJJ JJJJ JJJJ JJJJ JJJJ JJJJ JJJJ JJJJ JJJJ JJJJ JJJJ JJJJ JJJJ
4271. KKKKKKKK KKKK KKKK KKKK KKKK KKKK KKKK KKKK KKKK KKKK KKKK KKKK KKKK KKKK KKKK KKKK
4187. LLLLLLLL LLLL LLLL LLLL LLLL LLLL LLLL LLLL LLLL LLLL LLLL LLLL LLLL LLLL LLLL LLLL
4103. MMMMMMMM MMMM MMMM MMMM MMMM MMMM MMMM MMMM MMMM MMMM MMMM MMMM MMMM MMMM MMMM
4017. NNNNNNNN NNNN NNNN NNNN NNNN NNNN NNNN NNNN NNNN NNNN NNNN NNNN NNNN NNNN NNNN
3931. OOOOOOOO OOOO OOOO OOOO OOOO OOOO OOOO OOOO OOOO OOOO OOOO OOOO OOOO OOOO OOOO OOOO
3845. PPPPPPPP PPPP PPPP PPPP PPPP PPPP PPPP PPPP PPPP PPPP PPPP PPPP PPPP PPPP PPPP PPPP
3759. QQQQQQQQ QQQQ QQQQ QQQQ QQQQ QQQQ QQQQ QQQQ QQQQ QQQQ QQQQ QQQQ QQQQ QQQQ QQQQ
3673. RRRRRRRR RRRR RRRR RRRR RRRR RRRR RRRR RRRR RRRR RRRR RRRR RRRR RRRR RRRR RRRR
3587. SSSSSSSS SSSS SSSS SSSS SSSS SSSS SSSS SSSS SSSS SSSS SSSS SSSS SSSS SSSS SSSS
3501. TTTTTTTT TTTT TTTT TTTT TTTT TTTT TTTT TTTT TTTT TTTT TTTT TTTT TTTT TTTT TTTT
3415. UUUUUUUU UUUU UUUU UUUU UUUU UUUU UUUU UUUU UUUU UUUU UUUU UUUU UUUU UUUU UUUU
3329. VVVVVVVV VVVV VVVV VVVV VVVV VVVV VVVV VVVV VVVV VVVV VVVV VVVV VVVV VVVV
3243. WWWWWWWW WWWW WWWW WWWW WWWW WWWW WWWW WWWW WWWW WWWW WWWW WWWW WWWW WWWW
3157. XXXXXXXX XXXX XXXX XXXX XXXX XXXX XXXX XXXX XXXX XXXX XXXX XXXX XXXX XXXX
3071. YYYYYYYY YYY YYY YYY YYY YYY YYY YYY YYY YYY YYY YYY YYY YYY YYY YYY YYY YYY YYY
2985. ZZZZZZZZ ZZZZ ZZZZ ZZZZ ZZZZ ZZZZ ZZZZ ZZZZ ZZZZ ZZZZ ZZZZ ZZZZ ZZZZ ZZZZ ZZZZ
2900. AAAAAAAAAA AAAAA AAAAA AAAAA AAAAA AAAAA AAAAA AAAAA AAAAA AAAAA AAAAA AAAAA AAAAA
2814. BBBBBBBB BBBBB BBBBB BBBBB BBBBB BBBBB BBBBB BBBBB BBBBB BBBBB BBBBB BBBBB BBBBB
2728. CCCCCCCC CCCCC CCCCC CCCCC CCCCC CCCCC CCCCC CCCCC CCCCC CCCCC CCCCC CCCCC CCCCC
2642. DDDDDDDD DDDDD DDDDD DDDDD DDDDD DDDDD DDDDD DDDDD DDDDD DDDDD DDDDD DDDDD DDDDD
2556. EEEEEEEE EEEEE EEEEE EEEEE EEEEE EEEEE EEEEE EEEEE EEEEE EEEEE EEEEE EEEEE EEEEE
2470. FFFFFFFF FFFF FFFF FFFF FFFF FFFF FFFF FFFF FFFF FFFF FFFF FFFF FFFF FFFF FFFF
2384. GGGGGGGG GGGG GGGG GGGG GGGG GGGG GGGG GGGG GGGG GGGG GGGG GGGG GGGG GGGG GGGG
2298. HHHHHHHH HHHH HHHH HHHH HHHH HHHH HHHH HHHH HHHH HHHH HHHH HHHH HHHH HHHH HHHH
2212. IIIIIIII IIII IIII IIII IIII IIII IIII IIII IIII IIII IIII IIII IIII IIII IIII IIII
2126. JJJJJJJJ JJJJ JJJJ JJJJ JJJJ JJJJ JJJJ JJJJ JJJJ JJJJ JJJJ JJJJ JJJJ JJJJ JJJJ
2040. KKKKKKKK KKKK KKKK KKKK KKKK KKKK KKKK KKKK KKKK KKKK KKKK KKKK KKKK KKKK KKKK
1954. LLLLLLLL LLLL LLLL LLLL LLLL LLLL LLLL LLLL LLLL LLLL LLLL LLLL LLLL LLLL LLLL
1868. MMMMMMMM MMMM MMMM MMMM MMMM MMMM MMMM MMMM MMMM MMMM MMMM MMMM MMMM MMMM
1782. NNNNNNNN NNNN NNNN NNNN NNNN NNNN NNNN NNNN NNNN NNNN NNNN NNNN NNNN NNNN
1696. OOOOOOOO OOOO OOOO OOOO OOOO OOOO OOOO OOOO OOOO OOOO OOOO OOOO OOOO OOOO OOOO
1610. PPPPPPPP PPPP PPPP PPPP PPPP PPPP PPPP PPPP PPPP PPPP PPPP PPPP PPPP PPPP PPPP
1524. QQQQQQQQ QQQQ QQQQ QQQQ QQQQ QQQQ QQQQ QQQQ QQQQ QQQQ QQQQ QQQQ QQQQ QQQQ QQQQ
1438. RRRRRRRR RRRR RRRR RRRR RRRR RRRR RRRR RRRR RRRR RRRR RRRR RRRR RRRR RRRR
1352. SSSSSSSS SSSS SSSS SSSS SSSS SSSS SSSS SSSS SSSS SSSS SSSS SSSS SSSS SSSS
1266. TTTTTTTT TTTT TTTT TTTT TTTT TTTT TTTT TTTT TTTT TTTT TTTT TTTT TTTT TTTT
1180. UUUUUUUU UUUU UUUU UUUU UUUU UUUU UUUU UUUU UUUU UUUU UUUU UUUU UUUU UUUU
1094. VVVVVVVV VVVV VVVV VVVV VVVV VVVV VVVV VVVV VVVV VVVV VVVV VVVV VVVV VVVV
1008. WWWWWWWW WWWW WWWW WWWW WWWW WWWW WWWW WWWW WWWW WWWW WWWW WWWW WWWW
922. XXXXXXXX XXXX XXXX XXXX XXXX XXXX XXXX XXXX XXXX XXXX XXXX XXXX XXXX XXXX
836. YYYYYYYY YYY YYY YYY YYY YYY YYY YYY YYY YYY YYY YYY YYY YYY YYY YYY YYY YYY
750. ZZZZZZZZ ZZZZ ZZZZ ZZZZ ZZZZ ZZZZ ZZZZ ZZZZ ZZZZ ZZZZ ZZZZ ZZZZ ZZZZ ZZZZ
664. AAAAAAAAAA AAAAA AAAAA AAAAA AAAAA AAAAA AAAAA AAAAA AAAAA AAAAA AAAAA AAAAA
578. BBBBBBBB BBBBB BBBBB BBBBB BBBBB BBBBB BBBBB BBBBB BBBBB BBBBB BBBBB BBBBB
492. CCCCCCCC CCCCC CCCCC CCCCC CCCCC CCCCC CCCCC CCCCC CCCCC CCCCC CCCCC CCCCC
406. DDDDDDDD DDDDD DDDDD DDDDD DDDDD DDDDD DDDDD DDDDD DDDDD DDDDD DDDDD DDDDD
320. EEEEEEEE EEEEE EEEEE EEEEE EEEEE EEEEE EEEEE EEEEE EEEEE EEEEE EEEEE EEEEE
234. FFFFFFFF FFFF FFFF FFFF FFFF FFFF FFFF FFFF FFFF FFFF FFFF FFFF FFFF FFFF
148. GGGGGGGG GGGG GGGG GGGG GGGG GGGG GGGG GGGG GGGG GGGG GGGG GGGG GGGG GGGG
52. HHHHHHHH HHHH HHHH HHHH HHHH HHHH HHHH HHHH HHHH HHHH HHHH HHHH HHHH HHHH

```

rá una zona dentro del prospecto que sea característica del mismo.

El equipo (sismógrafo, cables y receptores), debe de encontrarse en óptimas condiciones, para que los datos a obtenerse sean fiel reflejo del subsuelo, ésto requiere de un chequeo minucioso de los cables y receptores. Se efectúan pruebas instrumentales al sismógrafo y se verifica que no exista transposición de canales (cada grupo corresponda al canal de referencia).

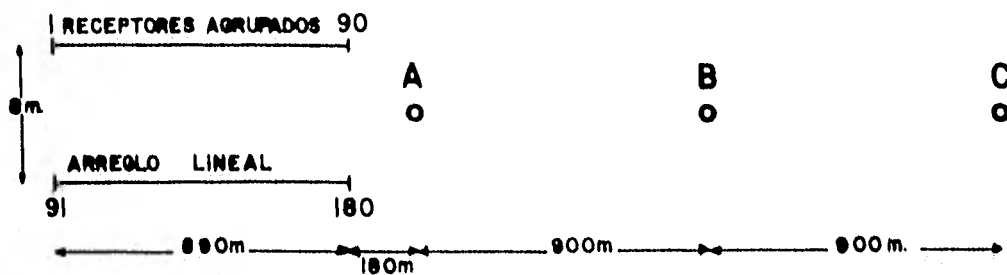
IV.10.1.- Análisis de ruido.

En este tipo de prueba, se trata de grabar las diferentes bandas de ruido, las cuales se tratarán de atenuar con los respectivos patrones.

Para el efecto, puede ser adecuado el siguiente dispositivo:

Se colocan dos líneas de receptores con separación de 10 metros entre ellas, cada línea contará con 90 estaciones separadas una de otra 10 metros, figura IV-20, tres posiciones de vibración, con lo cual, se tendrá un total de 270 trazas, necesarias para la clasificación de los ruidos.

Los offsets entre las posiciones de los vibradores y los grupos de receptores extremos de cada línea serán:



NUMERO DE VIBRADORES	4
NUMERO DE BARRIDOS	12 /P.V.
DESPLAZAMIENTO	NINGUNO
LONGITUD DE BARRIDO	11 seg.
LONGITUD DE GRABACION	16 seg.
FRECUENCIA DE BARRIDO	14 - 56 Hz.

POSICIONES DE VIBRADO ○

LINEA DE RECEPTORES —

FIG. IX-20.-Dispositivo de campo para el análisis de ruido.

<u>Posición</u>	<u>Grupos 90 y 180</u>	<u>Grupos 1 y 91</u>
A	180 m.	1070 m.
B	1080 m.	1970 m.
C	1980 m.	2870 m.

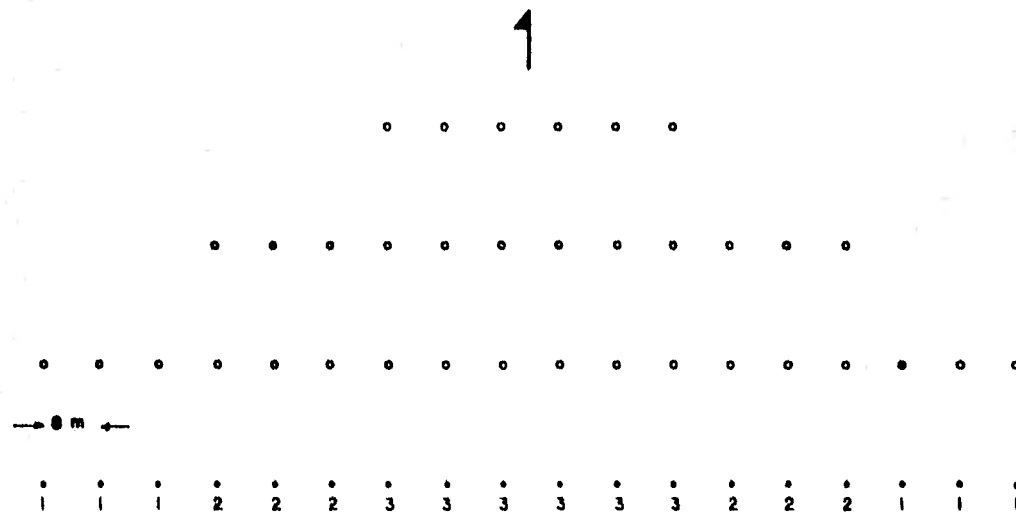
El vibrado se efectuará con 4 vibradores, 12 barridos por posición, sin avance entre barrido y barrido, longitud de barrido de 11 segundos, longitud de grabación de 16 segundos y frecuencia de barrido de 14 a 56 hertz. En cada posición, los vibradores se colocarán en línea y sin separación entre ellos, con una dirección perpendicular a la dirección de las líneas de receptores, ésto, para que su arreglo no tenga ingerencia en la atenuación del ruido.

El sembrado de los receptores será el siguiente:

- a).- Estaciones 1-90, una cuerda con 6 receptores agrupados por estación.
- b).- Estaciones 91 a 180, arreglo lineal pesado, compuesto de 6 cuerdas, 36 receptores, 8 metros de separación entre ellos. En la figura IV-21 se muestra el patrón referido.

El tendido consignado en el punto b será con la finalidad de ver hasta que punto se atenúa el ruido y se obtiene señal.

IV.10.2.- Arreglos de receptores y vibradores.



POSICION DE LA ESTACA	↑
RECEPTOR	○
PESOS	.

FIG. IX-21.- Arreglo lineal pesado.

Para este tipo de prueba es necesario tomar en consideración el dispositivo de tiro que se tendrá en la operación normal, las distancias entre grupos de receptores y distancias entre puntos de vibración.

Se ubican 6 líneas de receptores con 40 estaciones cada una, con separación de 8 metros entre las 3 primeras líneas y 270 metros entre las líneas 2 y 5, la separación entre estaciones será de 90 metros. Los puntos de vibración se colocan perpendiculares a la dirección de las líneas de receptores, teniendo una separación entre el primer punto de vibración y la línea 2 de 67.5 metros. Como en la operación normal se tendrán traslapes entre franjas y por consiguiente puntos de vibración a cada 135 metros, las primeras 4 posiciones tendrán esa separación, igualmente se toman en consideración los puntos de vibración que se localizarán a 405 metros.

Lo anterior puede observarse en la figura IV-22, en la cual, los puntos de vibración corresponden a las posiciones A, B, C, D, E, F, G y H. Sobre las líneas 1 a 6 se colocan 3 diferentes arreglos de receptores, de la siguiente manera:

Grupos 1 a 40 (línea 1) y 121 a 160 (línea 4), arreglo lineal pesado con 6 cuerdas, 36 receptores (geófonos) y 8 metros de separación entre ellos (figura IV-23-c),

Grupos 41 a 80 (línea 2) y 161 a 200 (línea 5), una cuerda con 6 geófonos agrupados.

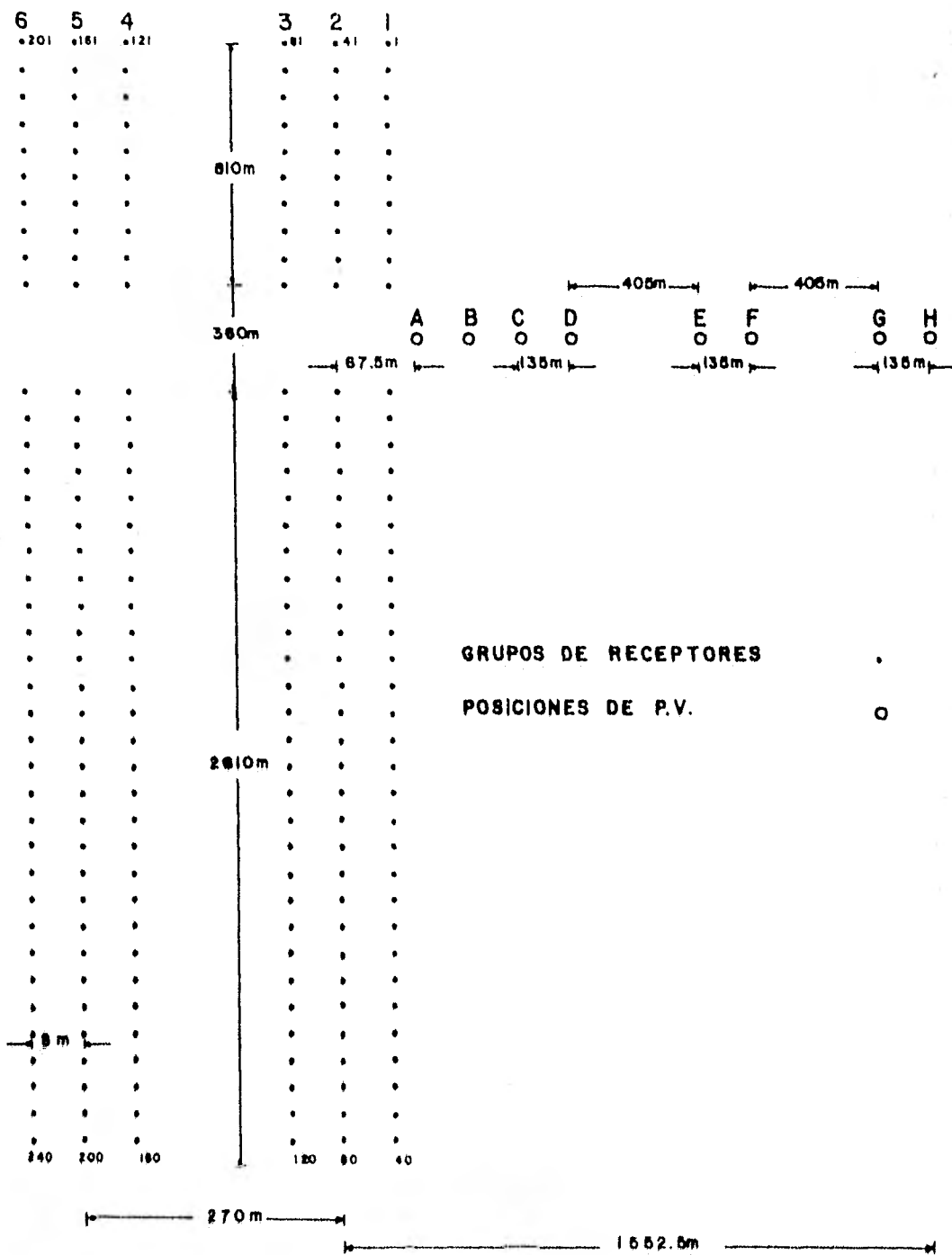


FIG. IX-22.-Dispositivo de campo para pruebas de arreglos de receptores y vibradores.

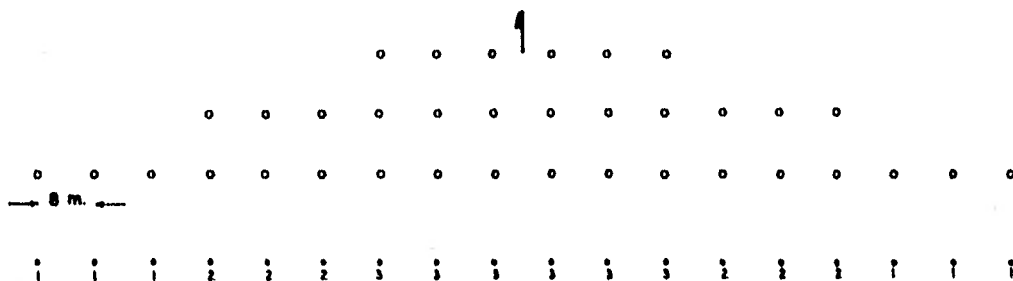


FIG. III-23i.-Arreglo de las líneas 1 y 4.

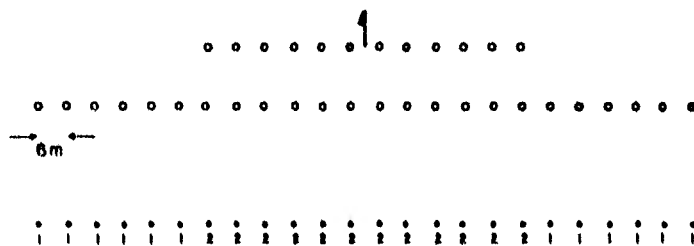


FIG. III-23ii.-Arreglo de las líneas 3 y 6.

POSICION DE LA ESTACA	1
RECEPTOR	.
PESOS	.

FIG. III-23.-Arreglos de receptores lineales pesados.

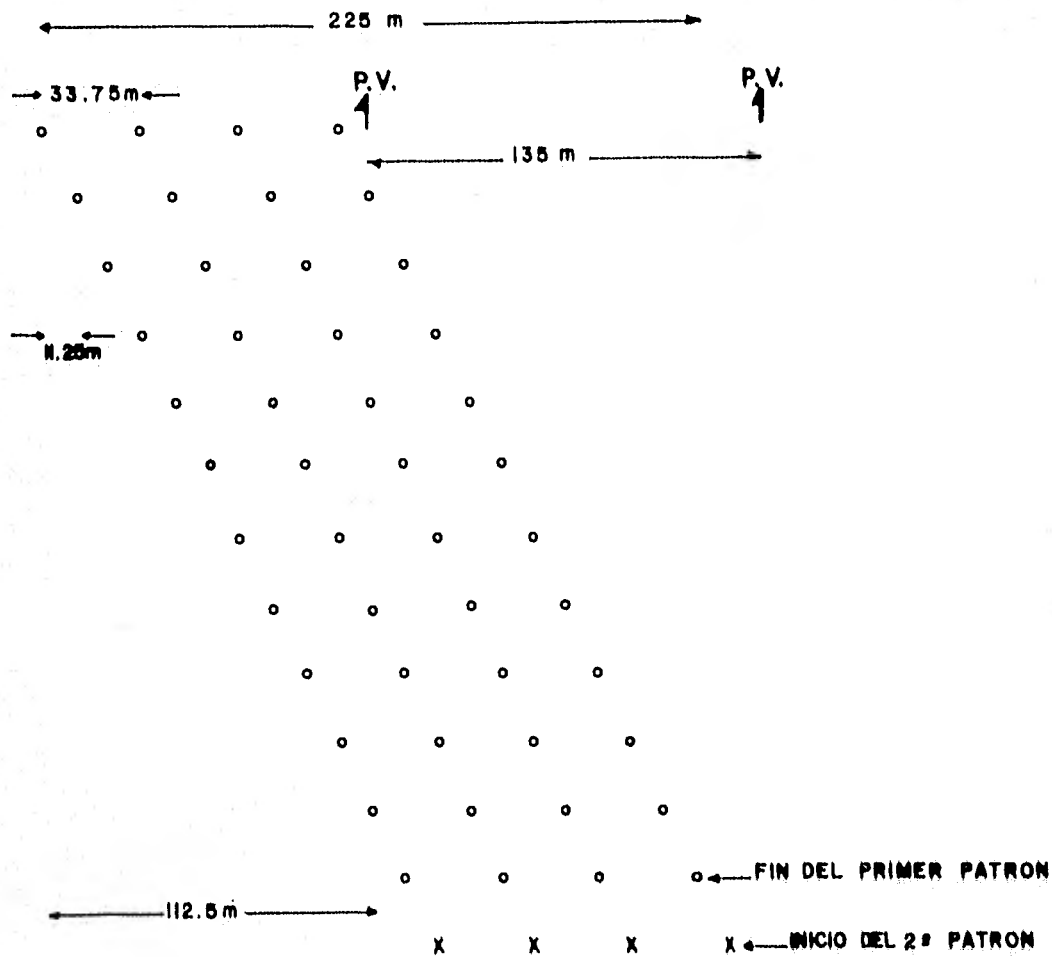
Grupos 81 a 120 (línea 3) y 201 a 240 (línea 6), arreglo lineal pesado, 6 cuerdas, 36 geófonos y separación entre ellos de 6 metros (figura IV-23-ii).

Se probarán a la vez 5 diferentes arreglos de vibradores a, b, c, d y e, los cuales se ilustran en las figuras IV-24, IV-25, IV-26, IV-27 y IV-28, respectivamente.

Nótese que se efectúa una combinación de arreglos de receptores y de vibradores.

Este tipo de prueba se efectúa siguiendo la secuencia siguiente:

- 1).- Utilizando los arreglos de fuentes a, b y c, se vibra perpendicularmente a las líneas de receptores desde las posiciones A a la H, registrándose 240 trazas.
- 2).- Usando los arreglos de fuentes d y e, se vibra de igual forma que el punto anterior. En esta parte se efectúa la prueba a diferente número de barridos puesto que estos arreglos constan de 16 y no 12 como en los a, b y c.
- 3).- Se prueban diferentes frecuencias de barrido, Tomando el arreglo óptimo de vibradores (los analizados en el punto 1), se vibra de la misma forma que en los puntos anteriores, las 8 posiciones con una mis-

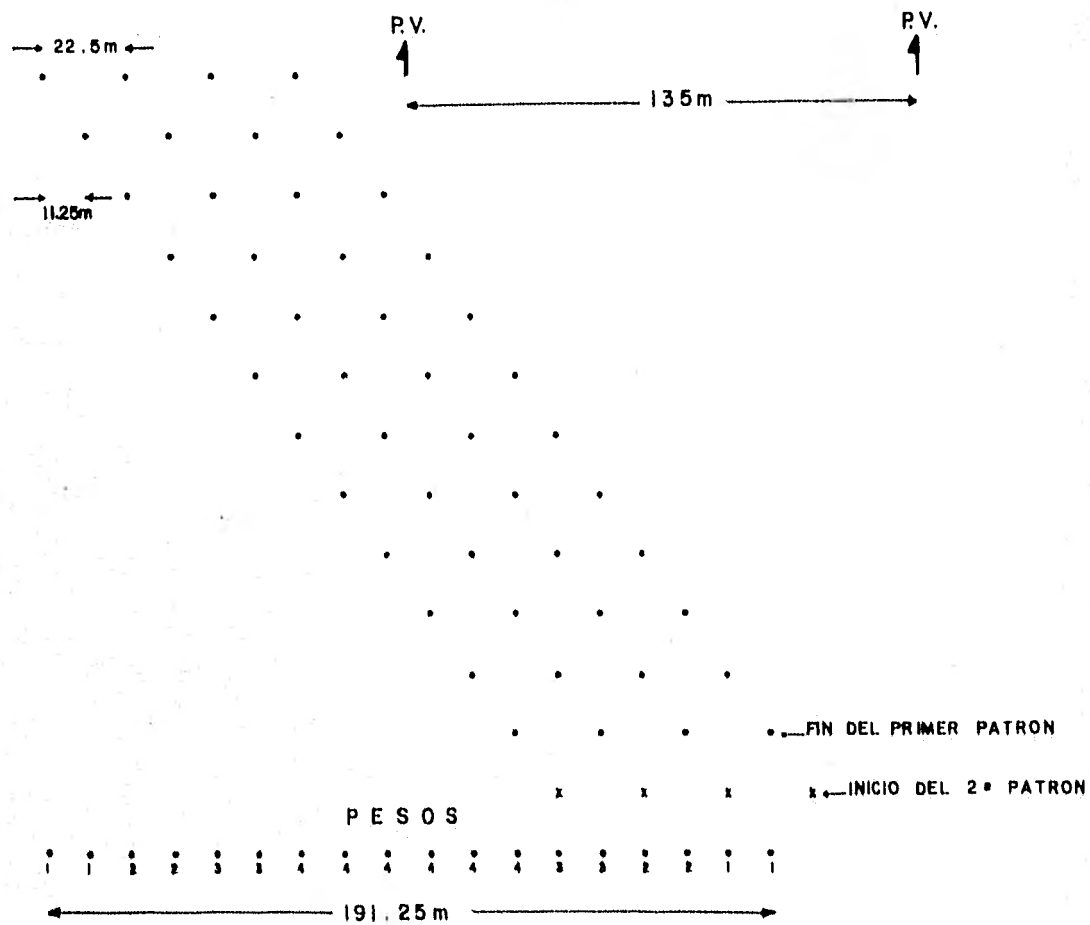


PESOS

1 1 1 2 2 2 3 3 3 4 4 4 3 3 3 2 2 2 1 1 1

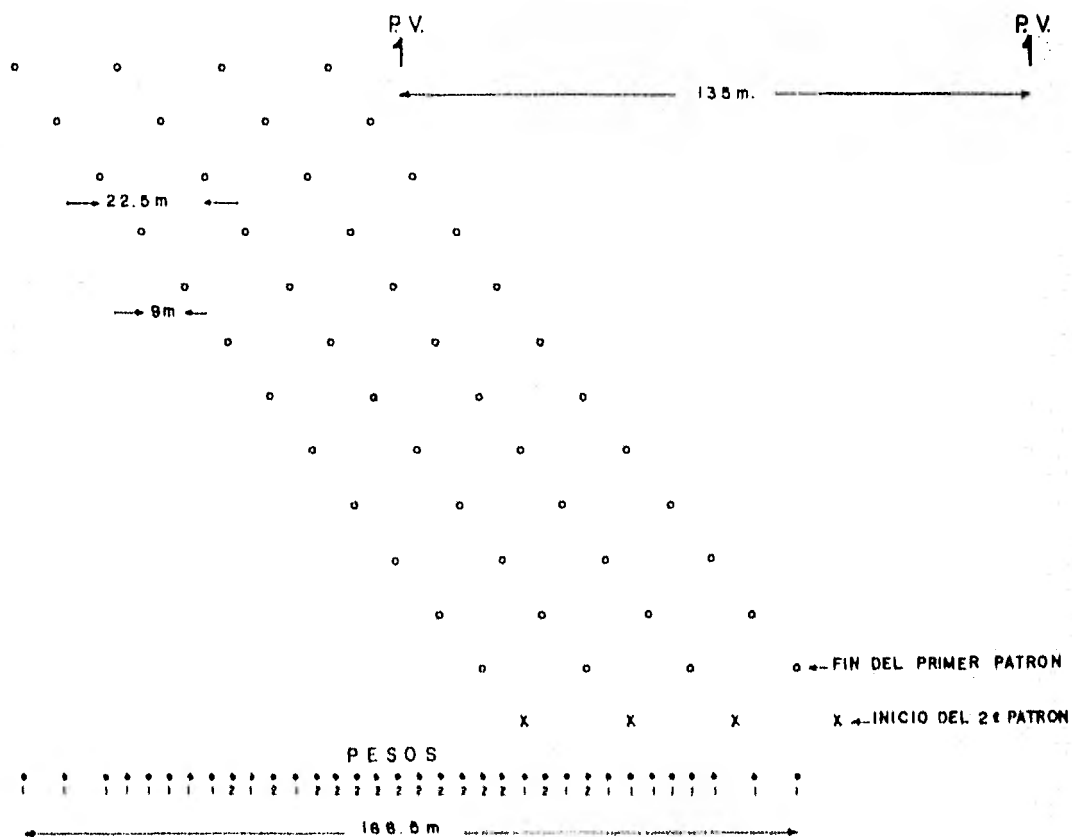
NUMERO DE VIBRADORES	4
DISTANCIA ENTRE VIBRADORES	33.75 m
DESPLAZAMIENTO	11.25 m
NUMERO DE BARRIDOS	12
LONGITUD DE BARRIDO	11 seg.
LONGITUD DE GRABACION	10 seg.
FRECUENCIA DE BARRIDO	14 - 50 Hz.

FIG. IV-24.- Arreglo 'a' de vibradores.



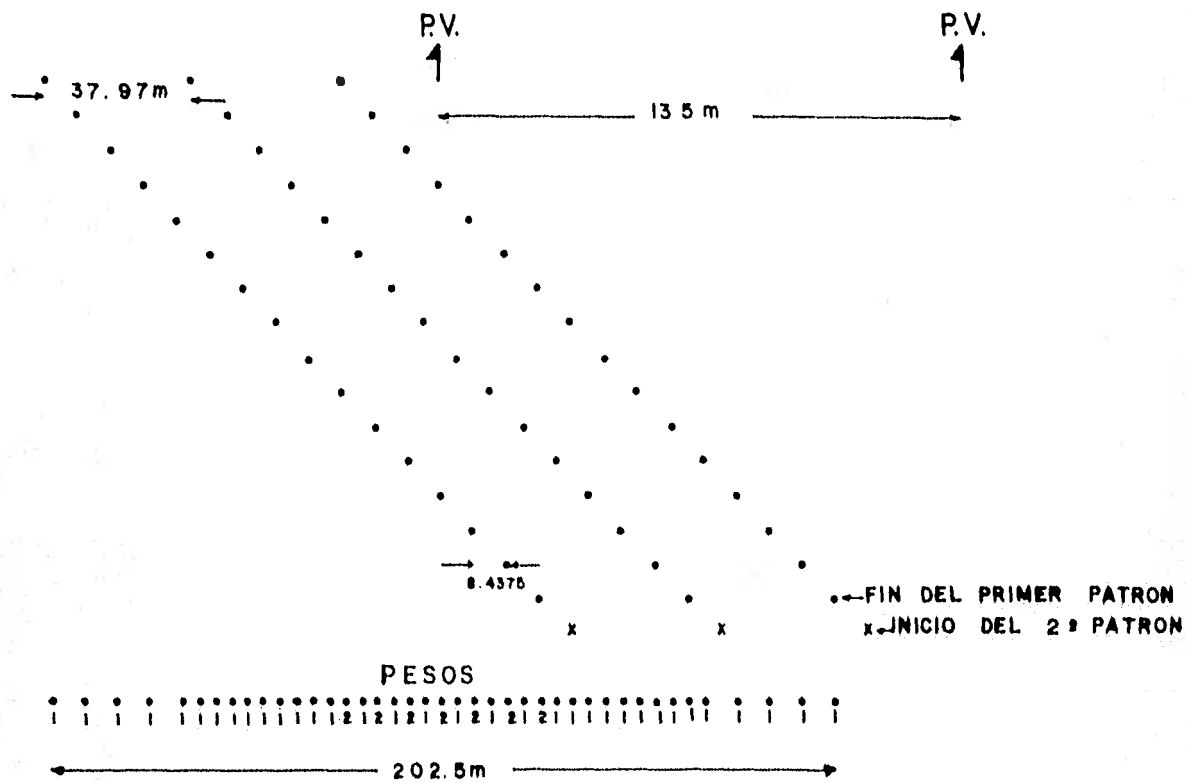
NUMERO DE VIBRADORES	4
DISTANCIA ENTRE VIBRADORES	22.5m.
DESPLAZAMIENTO	11.25m
NUMERO DE BARRIDOS	12
LONGITUD DE BARRIDO	11 seg.
LONGITUD DE GRABACION	16 seg.
FRECUENCIA DE BARRIDO	14-56 Hz.

FIG. IV-25.- ARREGLO 'b' DE VIBRADORES.



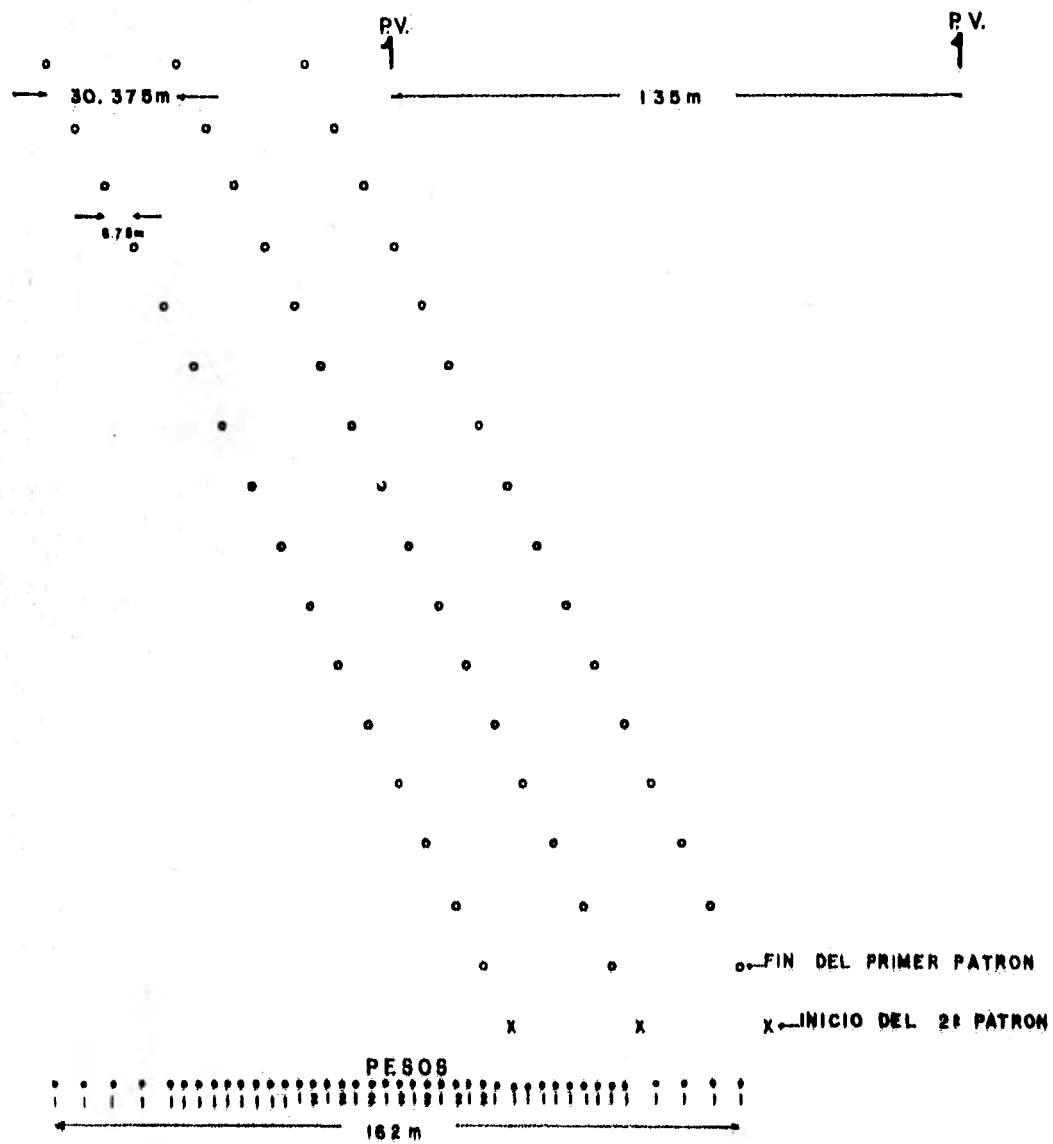
NUMERO DE VIBRADORES	4
DISTANCIA ENTRE VIBRADORES	22.5 m
DESPLAZAMIENTO	9 m
NUMERO DE BARRIDOS	12
LONGITUD DE BARRIDO	11 seg.
LONGITUD DE GRABACION	16 seg.
FRECUENCIA DE BARRIDO	14 - 56 Hz.

FIG. IV - 26 - ARREGLO 'c' DE VIBRADORES.



NUMERO DE VIBRADORES	3
DISTANCIA ENTRE VIBRADORES	37.97 m
DESPLAZAMIENTO	8.4375m
NUMERO DE BARRIDOS	16
LONGITUD DE BARRIDO	1100g.
LONGITUD DE GRABACION	1600g.
FRECUENCIA DE BARRIDO	14 - 56 Hz

FIG. IV - 27 - ARREGLO 'd' DE VIBRADORES.



NUMERO DE VIBRADORES	3	LONGITUD DE BARRIDO	11 000.
DISTANCIA ENTRE VIBRADORES	30.375m	LONGITUD DE GRABACION	16 000
DEPLAZAMIENTO	6.75m	FRECUENCIA DE BARRIDO	14 - 56 Hz.
NUMERO DE BARRIDOS	16		

FIG. IV - 2B. - ARREGLO 'o' DE VIBRADORES.

ma frecuencia de barrido, con longitud de barrido y de grabación de 11 y 16 segundos, respectivamente. Siendo las frecuencias a probarse: 14-56 Hz., 18-56 Hz., y 18-86 Hz.

- 4).- A partir de los resultados obtenidos en el punto 3, arreglo óptimo de vibradores y frecuencia óptima de barrido, y efectuando el mismo programa de vibrado, se prueban diferentes longitudes de barrido y de grabación, siendo éstas las siguientes:

<u>Longitud de barrido</u>	<u>Longitud de grabación</u>
9 segundos	14 segundos
7 segundos	12 segundos

En los monitores resultantes (sismogramas) del análisis de ruido, se calcula la frecuencia, velocidad y longitud de onda de las diferentes bandas de ruido, las cuales se analizan sobre las curvas de atenuación resultantes de la combinación de los arreglos probados (se combinan fuentes con receptores), para percatarse si son rechazadas o pasadas, o hasta que grado son atenuadas.

Los arreglos óptimos de receptores y de vibradores se obtienen mediante un análisis comparativo de cada uno de los monitores de campo resultantes, se toman aquellos que proporcionan una mejor calidad en la información registrada y por ende que atenúen más ruido.

Igualmente, para la frecuencia de barrido, longitud de barrido y de grabación, se hace un análisis comparativo en cada uno de los monitores de campo.

Con esta parte, se dar por finalizado el proyecto, para poder inicializar esperando buenos resultados, una Exploración Sísmica Tridimensional.

CONCLUSIONES

En primer lugar, es indispensable tomar en cuenta el orden a seguir en el diseño. Al tener conocimiento del área a estudiarse, se necesita proveerse de las características geológicas del lugar así como de resultados arrojados de programas sísmicos bidimensionales. El efectuar un análisis de ruido, es de primordial importancia, puesto que el conocer la máxima longitud de onda del ruido y la mínima de la señal, es de gran ayuda en el cálculo estimativo del intervalo entre grupos de receptores. Con lo anterior no se quiere decir que el orden seguido en el presente trabajo sea erróneo, ésto puede tener pequeñas variaciones, sobre todo en base a condicionamientos en todo trabajo sísmico, económicos principalmente. Observando los resultados obtenidos en el cálculo de la longitud de onda de la señal a un offset máximo de 3333 metros, en promedio 270 metros, el intervalo entre grupos receptores de 90 metros es aceptable, tomando como mínimo 3 muestras. Además, la variación de echados condiciona lo anterior.

El empleo de arreglos lineales de receptores en este tipo de exploración, no es el adecuado, puesto que al tender una posición de vibración a una posición de receptores, el arreglo de vibradores no tiene ingerencia sobre la atenuación del ruido, además de que al estar en situación de offset máximo, la longitud efectiva del arreglo de receptores se reduce (IV,7,4.). Lo ideal sería el empleo de arreglos areales (estrella, rombo, pa-

ralelogramo, etc.), en los cuales, al tender a offset máximo, la reducción en una dirección quedaría minimizada por la ingenerencia de la componente del arreglo, además de la proporciónada por el arreglo de vibradores. Igualmente, al quedar nula la contribución del arreglo de fuentes, las dos componentes del arreglo de receptores proporcionarían una buena atenuación del ruido. El empleo de los arreglos en área, es técnicamente adecuado, más sin embargo aumentan los costos de operación.

Al estar en operación, un punto muy importante es el de las recuperaciones, las cuales se efectúan para evitar pérdidas en el apilamiento. Al ser imposible el vibrado en una posición, el desplazamiento debe ser proporcional al intervalo entre grupos de receptores (múltiplos de intervalo). El desplazamiento del primer grupo de receptores que esté registrando la señal será en sentido contrario y a igual número de posiciones que el movimiento del punto de vibración. Esto es hacia la dirección de las líneas de receptores, pues hacia las líneas de fuentes se necesitaría mover todo el tendido. El efectuar recuperaciones a distancias no múltiplos del intervalo entre grupos de receptores, trae como consecuencia atenuación de la señal; tomando en consideración la obtención de un ΔX no deseado y por ende un Δt que a la postre es perjudicial al efectuarse en el procesamiento de los datos la suma de trazas que contribuyen a un punto de reflejo común.

Por lo tocante a la pérdida en el apilamiento al no vibrarse una posición, ésta no será de un 300% como puede pen -

sarse al observar el apilado tanto en la dirección de la línea de vibradores como en las de las líneas de receptores, si no que simplemente se tendrá una pérdida del 100%, ésto se minimiza por el traslape entre franjas, lo cual no ocurre al dejar de vibrarse las posiciones centrales de las franjas, las cuales nunca podrán ser recuperadas, puesto que el traslape se efectúa a los extremos. Por lo cual, no es recomendable el dejar de vibrarse esas posiciones.

La objetiva observación de estos detalles es imprescindible para el logro de buenos resultados en la utilización de este dispositivo.

BIBLIOGRAFIA

Bernal Héctor (1981)

Programa para el cálculo de la curva de atenuación de arreglos. Sin publicar.

Geophysical Service Inc. (1979)

Field Seismologists Handbook. Publicación interna.

Geophysical Service Inc. (1975)

Manual 3D. Publicación interna.

Geophysical Service Inc. (1981)

Informe del Prospecto Patricio 3D. Elaborado por el Ing. Roberto Rosales. Documentación interna.

Pérez Aldana Arturo. (1981)

Apuntes de Sismología Tridimensional. Sin publicar.

W.M. Telford, L.P. Geldart, R.E. Sheriff, D.A. Keys,

Applied Geophysics (1976). Cambridge University Press,