

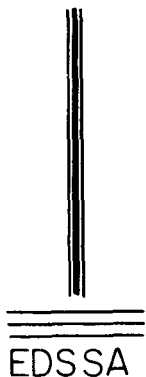


CONSULTORES Y CONTRATISTAS
DE
GEOLOGIA Y GEOFISICA

Compañía Mexicana de Exploraciones, S. A.

RIO BALSAS 101 8º. PISO APDO. POSTAL 5-255
MEXICO 5, D. F.
TELS. 533-62-46

EXPLORACIONES DEL SUBSUELO, S.A.



- OCEANOGRAFIA
- GEOFISICA
- GEOLOGIA
- PERFORACIONES
- REPRESENTANTE EN MEXICO DE
DECCA SURVEY (LATIN AMERICA) INC.

PASEO DE LA REFORMA 393-401
MEXICO 5, D.F. TEL. 511-27-66



Schlumberger

SCHLUMBERGER SURENCO, S. A.

AGENCIA EN MEXICO

Bahia de San Hipólito 56-Desp. 302

Tel. 250-62-11

MEXICO 17, D.F.

**GEOFISICOS CONSULTORES PARA
PETROLEOS MEXICANOS**



*Seismograph Service Corporation
of Mexico*

RIO TIBER 50-101 MEXICO 5, D.F.
TELEFONOS : 514-47-94 514-47-96

SUBSIDIARIA DE
SEISMOGRAPH SERVICE CORPORATION
6200 East 41st. St. • Box 1590 • Tulsa, Oklahoma, U.S.A.

ESPECIALIZADOS EN :

**SERVICIO DE
GEOFISICA**

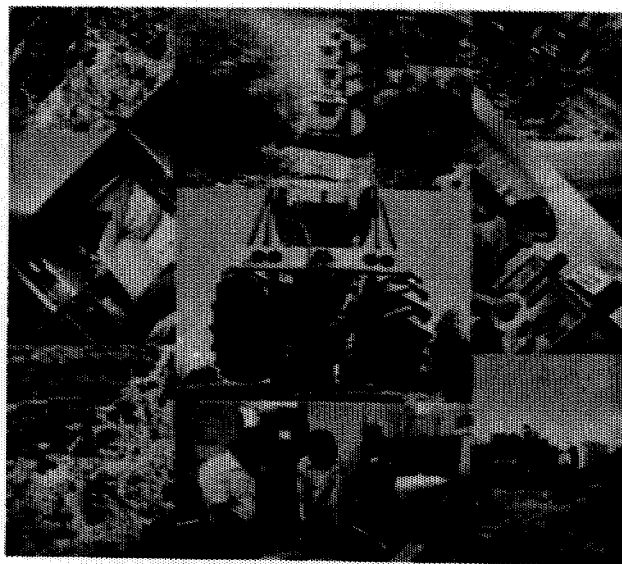
- Levantamientos :
- Sismológicos
 - Gravimetricos
 - Magnetométricos
 - Procesado de Datos Magnéticos
 - LORAC - Levantamiento Electrónico

**SERVICIO DE
REGISTRO DE POZOS**

- Registros para Evaluación de Formaciones
- Registros de Pozos de Producción
- Servicio de Terminación Permanente
- Registro Continuo de Velocidad



EMPRESA 100% MEXICANA
AL SERVICIO DE LA INDUSTRIA
PETROLERA



BRUSELAS 10-3^{er} PISO
COL. JUAREZ
MEXICO 6, D.F.

566 41 44
TELS. 566 43 90
566 42 37

BOLETIN

de la

Asociación Mexicana de Geofísicos de Exploración

S U M A R I O

Diseño de Parámetros de Campo para Ex-
ploración Sísmica Estratigráfica empleando
una Fuente de Energía Explosiva.

Por: M. en C. Rubén Darío Martínez Macías.*

* G.S.I. de México.

ASOCIACION MEXICANA DE GEOFISICOS DE EXPLORACION

MESA DIRECTIVA PARA EL PERIODO 1980-1981

Presidente	Ing. Luis Madrigal Ugalde
Vicepresidente	Ing. Raymundo Acosta Ojinaga
Secretario	Ing. Raymundo Aguilera Ibarra
Tesorero	Ing. Miguel Barrientos Martínez
Editor	Ing. Rogelio Aspiroz Aguilar
Vocal Poza Rica, Ver.	Ing. Ernesto Elorduy Téllez
Vocal Coatzacoalcos, Ver.	Ing. Jorge Reyes Núñez
Vocal Reynosa, Tam.	Ing. Jerónimo Rivera Juárez
Vocal Tampico, Tam.	Ing. Arturo Pérez Galicia
Vocal Córdoba, Ver.	Ing. Rodolfo Bárcenas Pérez
Vocal Instituto Mexicano del Petróleo	Ing. Ricardo Díaz Navarro
Vocal Instituto Politécnico Nacional	Ing. Jorge Franco Páez
Vocal Universidad Nacional de México	Ing. Enrique del Valle Toledo

Este boletín no se hace responsable de las ideas emitidas en los artículos que se publiquen, sino sus respectivos autores.

Este boletín se publica cada tres meses y se distribuye gratuitamente a los socios.

Cuota anual para miembros	\$ 300.00
Suscripción anual (no socios)	\$ 350.00
Números sueltos	\$ 120.00

Para todo asunto relacionado con el boletín: manuscritos, asuntos editoriales, suscripciones, descuentos especiales a bibliotecas públicas o Universidades, publicaciones, anuncios, etc., dirigirse a:

M.C. ROGELIO ASPIROZ AGUILAR
Apdo. Postal 53-077
México 17, D.F.

RESUMEN

La elección cuidadosa de los parámetros de campo en la exploración sísmológica de trampas estratigráficas, es la base para un resultado final exitoso.

Las técnicas tradicionales de campo empleadas para definir estructuras han sido transformadas para resolver problemas estratigráficos. La modificación se enfoca primordialmente a preservar los atributos básicos de la señal reflejada, tales como frecuencia, amplitud y fase, principalmente.

En este trabajo se analiza el diseño de un dispositivo de campo en el que la fuente de energía es explosiva. Los parámetros principales considerados son: distancia a la traza más alejada, distancia a la traza más cercana, intervalo entre grupos, patrón de detección, tipo de tendido, tamaño de la carga, profundidad de la carga, muestreo temporal de registro y su relación con la resolución vertical, filtros de campo, frecuencia natural de los sismo-detectores, cobertura del subsuelo, longitud del sismograma y orientación de las líneas sísmológicas.

El dispositivo de campo se diseña a partir de datos generales previos como son: frecuencia máxima deseada en los reflejos, echado regional y profundidad de los objetivos principalmente.

Todos los parámetros están interrelacionados entre sí. La elección errónea de alguno de ellos puede afectar la elección de algún otro, deteriorando el dispositivo de campo. El procesamiento de datos en el que se incluyen las técnicas de migración e inversión, se ve seriamente afectado con la designación fallida de los parámetros de observación, no pudiendo recuperarse nunca

la información acerca de los atributos físicos de la señal reflejada, elementos básicos en la resolución horizontal y vertical, que son aspectos importantes en la detección de fenómenos estratigráficos. El factor clave en el diseño del dispositivo de campo radica en el concepto de muestreo espacial y temporal de las ondas que viajan a través del subsuelo.

Aplicaciones de los conceptos tratados en este artículo, demuestran la importancia de analizar cuidadosamente el dispositivo de campo a emplear, aunque en la mayoría de los casos se presentan compromisos necesarios, los cuales se balancearán cediendo ante el mejor aspecto de cada uno de ellos, hasta donde sea posible.

Este manuscrito se presenta como un compendio de ideas del autor y de algunos otros que, a través de los últimos años han sido publicadas, para por medio de sismología de alta resolución, determinar la presencia de trampas estratigráficas.

INTRODUCCION

En las últimas dos décadas las técnicas sismológicas de exploración han progresado notablemente, a tal grado que en la actualidad, esta tecnología se emplea cada vez más frecuentemente en la exploración de trampas estratigráficas, algunas de ellas, en ocasiones, de un espesor muy pequeño comparado con los espesores que tradicionalmente se han determinado con el método sísmico de reflexión.

Anteriormente, los objetivos geológicos eran por lo común de tipo estructural, por lo que la sismología de alta resolución no siempre era realmente requerida, considerando sobre todo, aspectos económicos en las técnicas de campo empleadas y disponibilidad de paquetes de programas sofisticados en los centros de pro

cesamiento de datos. Así, el interés desde el punto de vista - sismológico radica, ya no en el simple tiempo de reflexión, sino en los atributos de la ondícula de reflexión; en otras palabras, es posible, en la actualidad, usar la información de amplitud, fase, velocidad y frecuencia, en forma cuantitativa, por medio del procesado por ondícula y análisis de Fourier, en lugar de la manera tradicional de emplear cuantitativamente el tiempo de reflexión, únicamente para definir comportamientos estructurales del subsuelo.

Indudablemente que las técnicas de campo usadas juegan un papel muy importante en los resultados finales, es decir, que de lo - adecuado de las técnicas de campo dependerá, inicialmente, la alta resolución necesaria para llevar a cabo lo que se conoce como "Estratigrafía Sísmica".

En la actualidad, la exploración sísmica estratigráfica de alta resolución obtiene resultados satisfactorios, principalmente, en la definición de algunas trampas estratigráficas someras. Esta aseveración proviene del poco control que se tiene de las altas frecuencias que se pierden, ya sea por transmisión o absorción, a medida que la energía penetra en el subsuelo. Por otro lado, se puede entender entonces que no todas las trampas estratigráficas necesitan "técnicas de campo de alta resolución" (generación de altas frecuencias) para ser definidas, porque algunas de ellas pueden ser determinadas con cierta precisión analizando - las bajas frecuencias, como por ejemplo, los cuerpos arrecifales (Embree P., 1980).

Involucrado en la frase "alta resolución", normalmente lo está el contenido de altas frecuencias, considerando la facilidad que se tiene para preservar las bajas frecuencias y la dificultad para preservar las altas, y esto implica un amplio ancho de banda. Esto es un problema puramente de campo; por ejemplo, en el

caso de los explosivos como fuente de energía, la profundidad y tamaño de la carga determinarán la presencia de altas frecuencias en el espectro, además de la preservación de dichas frecuencias tomando como base la cuidadosa selección de los parámetros geométricos, tales como, tendido, intervalo entre grupos, longitud del patrón de detección, los que funcionan como filtros paso de bajas espaciales. Otro parámetro que no depende de la geometría de detección, pero sí es importante: la frecuencia de muestreo.

Enseguida se indican las razones principales por las cuales las altas frecuencias son necesarias en un trabajo de alta resolución:

- Detección de capas delgadas.
- Precisión en la estimación automática de velocidades.
- Discriminación de reflexiones múltiples de las reflexiones primarias.
- Obtención de registros sísmicos a partir de la traza sísmica (inversión).
- Atenuación inelástica.

(Embree, P., 1980)

Indudablemente que para el diseño de los parámetros sismológicos de campo adecuados en una área, es deseable tener información básica previa, tanto geofísica como geológica. Dentro de esta última se incluyen aspectos geológicos estructurales y estratigráficos del área. Desde el punto de vista geofísico se pueden incluir los siguientes:

- Conocimiento de las características físicas de los ruidos sísmicos.

- Frecuencia máxima deseada en los eventos de reflexión para la definición de un espesor dado.
- Velocidad media al objetivo geológico.
- Echado máximo regional en el área en estudio.

Tal información está asociada básicamente al aspecto estructural. Por otra parte, dado el modelo estratigráfico que se - - piense exista en el área (deltaico, pro-delta, marino etc.), se definirán espesores y extensiones probables de los cuerpos geológicos (lentes arenosos, acuíferos, barras marinas, etc.) esperados. Por consiguiente, con estos datos se podrán diseñar los parámetros de campo apropiados para obtener una resolución vertical y horizontal adecuada que resuelva el caso estratigráfico asociado al estructural.

Para satisfacer las condiciones inherentes al problema geológico expuestas antes, normalmente se tienen que hacer pruebas geofísicas adicionales (si es que se conocen ampliamente las características físicas de los ruidos) necesarias para optimizar los parámetros de campo, tales como, pruebas de carga y - profundidad (muy importante); porque debe recordarse que la extracción de ciertas características físicas de los eventos de reflexión (amplitud, frecuencia y fase principalmente) se hace directamente en el procesamiento de los mismos; pero, para asegurarse de que tales características físicas existen en los datos, es necesario diseñar adecuadamente los parámetros de campo.

En los párrafos subsecuentes, se describirán las condiciones técnicas necesarias para la determinación de los parámetros de campo recomendables en estudios sísmico-estratigráficos, cuyos objetivos geológicos pueden ser cuerpos arenosos, asimismo, se analiza un ejemplo de diseño de parámetros de campo, basándose

en datos reales, como ilustración de los conceptos tratados - aquí.

BASES PARA LA OPTIMIZACION DE LOS PARAMETROS DE CAMPO.

En el diseño de los parámetros de campo existen siempre compromisos que son inevitables. Estos compromisos son controlados en mayor o menor grado por la cantidad de elementos disponibles, tales como, número de canales, detectores, equipo de grabación, economía del levantamiento sísmológico, objetivos geológicos, etc. De esos elementos, uno de los más determinantes es la cantidad de canales, ya que a medida que éstos aumentan, los compromisos en el diseño del dispositivo de campo se reducen. Esto es así, porque los análisis de ruido se hacen innecesarios, debido al mejor control que se tiene de la señal y del ruido, -desde el punto de vista de muestreo espacial primordialmente.

En los párrafos subsecuentes se analizarán los parámetros más importantes a tomar en cuenta en el diseño de un dispositivo de campo, considerando objetivos estratigráficos y una fuente de energía explosiva.

Los parámetros que se analizarán son los siguientes:

- Patrón de detección.
- Distancia a la traza más alejada.
- Distancia a la traza más cercana.
- Intervalo entre grupos.
- Tipo de tendido.
- Tamaño de la carga
- Profundidad de la carga.
- Muestreo temporal de registro y su relación con la reso-

lución vertical.

- Filtros de campo.
- Frecuencia natural de los sismo-detectores.
- Cobertura del subsuelo.
- Longitud del sismograma.
- Orientación de las líneas sismológicas.

Patrón de Detección.- Tal como se dijo antes, en estratigrafía sísmica los atributos físicos de la señal sísmica de reflexión, tales como, amplitud, fase y frecuencia, principalmente, son muy importantes. Uno de los dispositivos que afectan estos atributos durante la recolección de datos, es el patrón de detección empleado, el que como se sabe, es un filtro espacial que actúa o se diseña, para atenuar ruidos coherentes principalmente, que se propagan comúnmente a través de la capa superficial del terreno. Su efectividad para eliminar ruidos, va en función del deterioro de la información de reflexión que se quiera aceptar, sobre todo de aquellos reflejos someros que emergen con un ángulo considerablemente más grande que los profundos. Es frecuente que las trampas estratigráficas en cuencas de sedimentos elásticos, estén a una profundidad relativamente somera, por lo que es recomendable el uso de patrones de detección muy cortos. Lo ideal en estratigrafía sísmica sería, indudablemente, el uso de un detector por canal; pero si el ruido es un problema, obviamente no se conseguiría ningún tipo de atenuación del mismo.

Dada la necesidad de las altas frecuencias en trabajos sísmico estratigráficos, no es conveniente hacer arreglos previos, ni en la fuente de energía (pozos múltiples), ni en los patrones de detección o, la combinación de los dos, dado que estos funcionan como filtros paso de bajas frecuencias: más aún, cuando

al mismo tiempo son indeseables para este tipo de propósitos exploratorios. Hawes y Gerdes (1974) demostraron mediante modelos sintéticos lo anteriormente aseverado.

Un ejemplo de estos resultados es el que se muestra en la figura 1-a y 1-b, en la que se presentan diferentes tipos de longitud de arreglos de detección y de la fuente de energía. En las mismas figuras se puede ver que la respuesta sísmica en el caso de una sola fuente de energía y un solo detector es la que menor distorsión aporta. Es fácil percibir lo nocivo que son para los eventos de reflexión, los patrones de detección o de fuentes de energía que ocupen un amplio espacio, y más aún, la combinación de ambos.

Asimismo, es también sencillo observar cómo los reflejos someros son los más afectados y siendo éstos de mucho interés en la exploración estratigráfica, el geofísico tratará de conservar perfectamente los eventos de reflexión provenientes de capas someras.

Otro ejemplo de la atenuación y distorsión que producen los patrones de detección en la señal útil, es mostrado en la figura 2, en la que en esta ocasión se trata de datos reales. Es indudable que los ruidos coherentes que existían en el sismograma fueron atenuados considerablemente, pero se sacrificó también algo de la energía reflejada.

La atenuación y distorsión producidas por los patrones de detección, provienen de una simple suma de señales que arriban a diferentes detectores, generando con esto diferencias en los tiempos de arribo.

Los factores físicos que producen estas diferencias en los tiem-

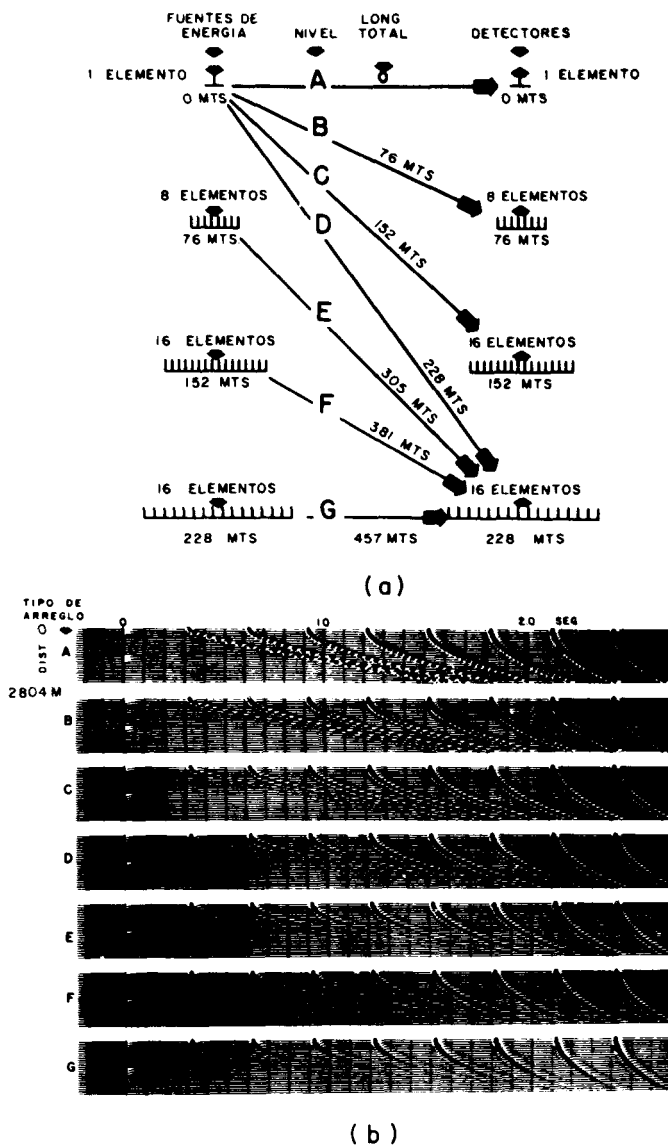


Figura- 1 (a) Diferentes combinaciones de patrones de fuentes de energía y detectores y; (b) las respectivas respuestas sísmicas.

(Tomado de Hawes y Gerdes, 1974)

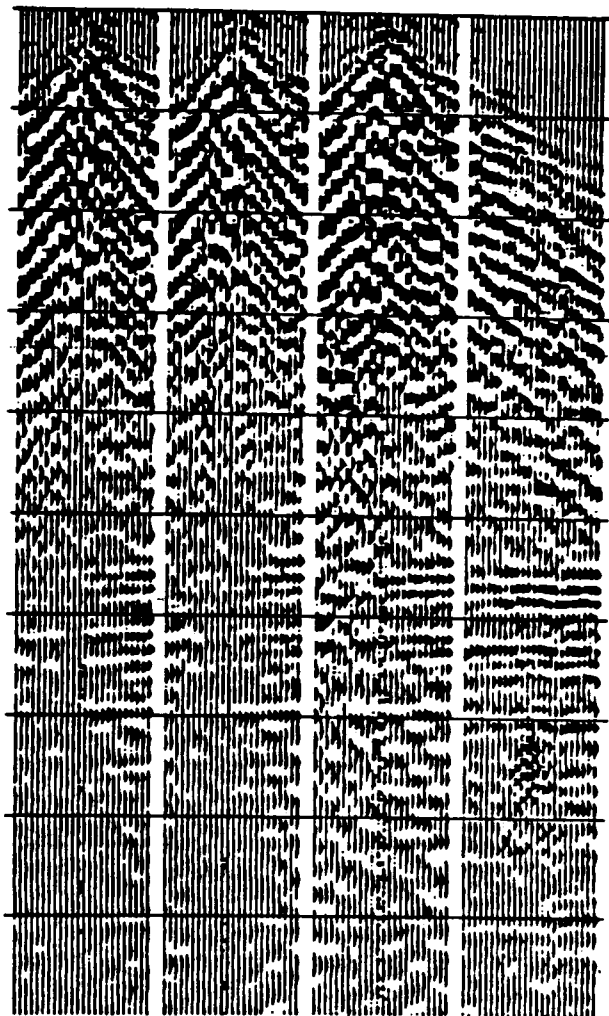


Figura-2 Ejemplificación del efecto del patrón de detección asociado al echado geológico en los tres sismogramas de izquierda a derecha. El echado buza hacia la izquierda. El sismograma de la extrema derecha es un tiro lateral en contra echado.

(Tomado de Ziolkowski, A y Lerwill, W, 1977)

pos de arriba son principalmente tres:

- 1.- Variaciones en la topografía, espesor y velocidad de la capa intemperizada; introduciendo con esto diferencias que pueden estar mal comportadas estadísticamente en tiempo y distancia (figura 3).
- 2.- El echado en los reflectores provoca también estas diferencias de tiempo, ya que la energía reflejada detectada en el patrón de receptores proviene de un segmento de reflector y no de un punto. La diferencia de tiempo es función del echado, en tiempo, a lo largo del segmento.

También este efecto es constante e independiente del tiempo de reflexión y de la distancia de la fuente de energía a los receptores cuando el echado es constante (figura 4).

En los dos casos anteriores las situaciones pueden ser variables, de tal manera, que en algunas ocasiones dichos efectos pueden ser pequeños o inclusive no aparecer.

- 3.- De los efectos más críticos creados por el patrón de detección está la influencia de la longitud de la cubierta de detección en función del ángulo de emergencia de las señales reflejadas. Esto es, que se establece una diferencia en el tiempo de llegada de un elemento del patrón a otro, ocasionando con esto la atenuación de altas frecuencias, e inclusive, si el patrón de detección es muy largo, la atenuación del evento completo es inevitable, después de efectuar la suma de las respuestas de cada elemento del arreglo de detectores. Este efecto es considerado variable en forma continua con el tiempo y la distancia horizontal. La figura 5 ilustra muy objetivamente el caso discutido en

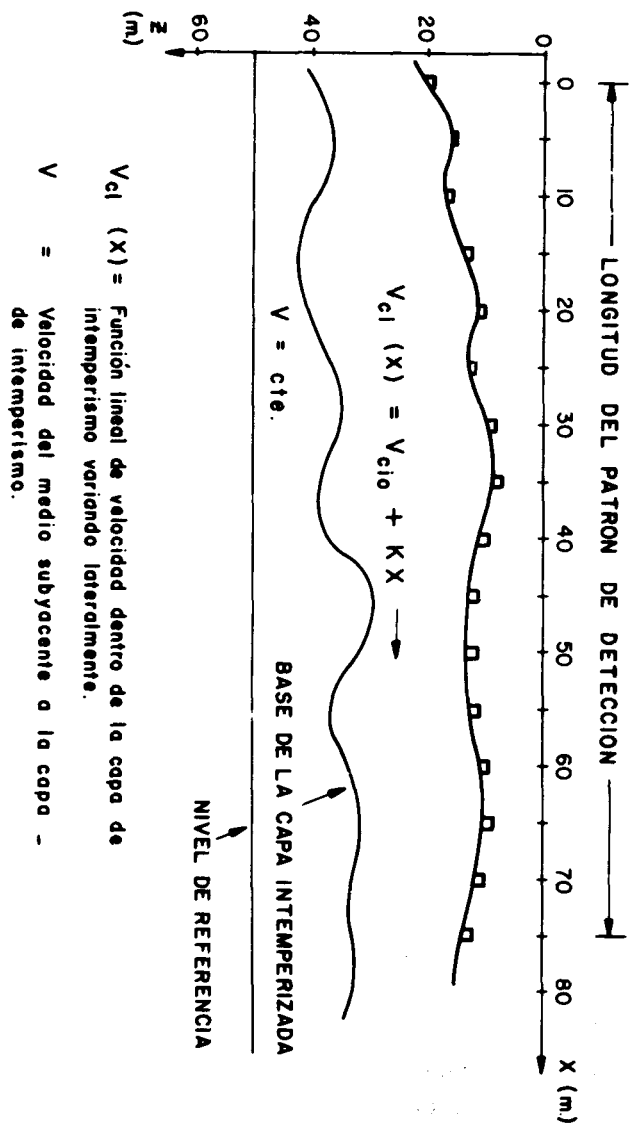


Figura-3 : Aspecto de un patrón de detección en presencia de cambios topográficos bruscos, irregularidades en los espesores de la capa de intemperismo y variaciones laterales de velocidad dentro de la capa intemperizada

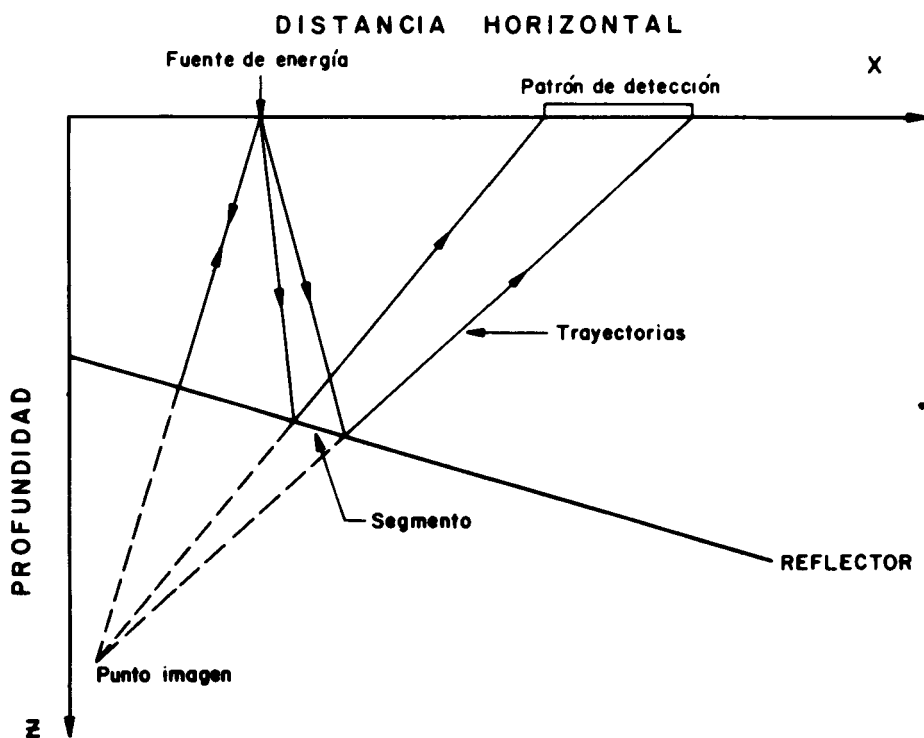


Figura-4 : Ilustración de la evidencia de que la energía que detecta un patron, no proviene de un punto en el subsuelo, sino de un segmento del mismo.

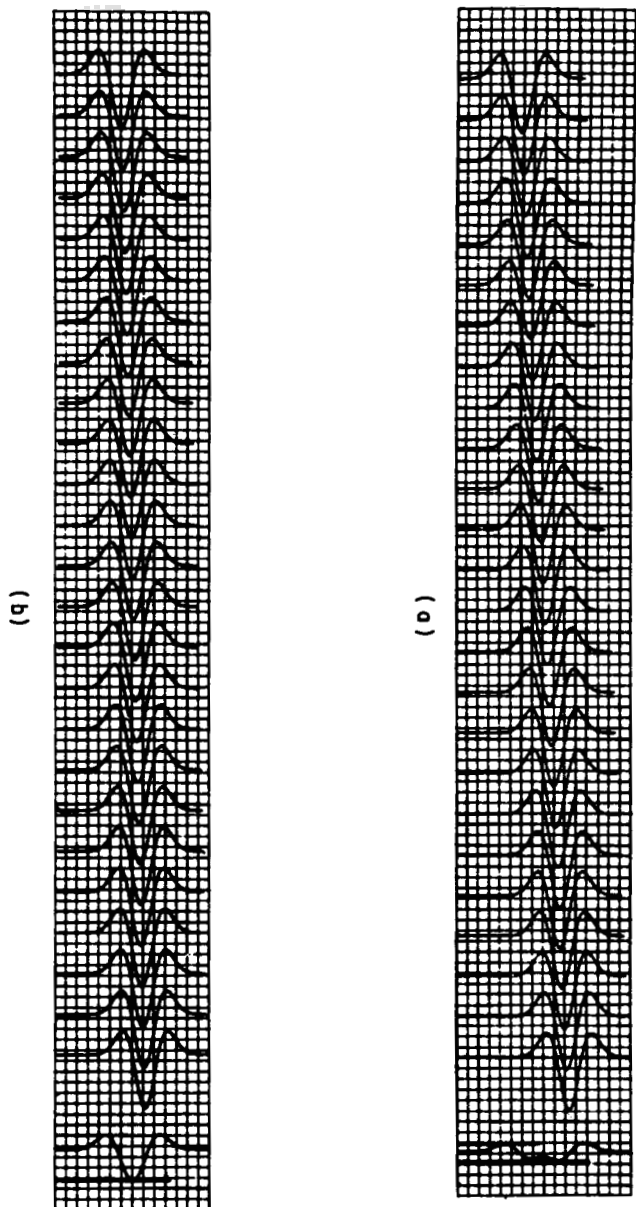


Figura-5 : Ilustración de la atenuación y distorsión que sufren las reflexiones como resultado de emplear patrones de sismode-
tección extensos.
El efecto en (a) es por haberse empleado un patrón de detección mas extenso que en (b).

(Tomado de Morr J.D. , 1971)

este punto.

Cabe mencionar que existen dos puntos prácticos importantes a considerar en el diseño de patrones de sismodetección:

- 1).- La longitud efectiva del patrón se programará igual a la mínima longitud de onda aparente de la señal reflejada.

Esto se debe a que patrones de detección más largos pueden cancelar las señales reflejadas de longitud de onda corta, las que serán generalmente señales de alta frecuencia necesarias en trabajos de estratigrafía sísmica.

- 2).- El espacio entre elementos en el patrón de detección siempre se diseñará en función de la mínima longitud de ruido aparente; esto es para generar un defasamiento entre ondas de ruido, de un elemento del patrón a otro de 180° y así cancelar esas componentes durante la suma horizontal de las respuestas en los elementos del arreglo.

Siendo los atributos físicos de la señal reflejada muy importantes en estratigrafía sísmica, es entonces necesario tomar en cuenta cualitativa y cuantitativamente el efecto de los patrones de detección en dicha señal, sin olvidar por supuesto, la necesidad de emplearlos para cuando menos, si no eliminar, sí atenuar el ruido organizado presente, cuyo residual se podría atenuar aún más o eliminarse con filtrado de velocidad, tomando en cuenta un muestreo adecuado del ruido sísmico.

Distancia a la Traza más Alejada.- Este parámetro es diseñado usualmente en función de algunos factores como son:

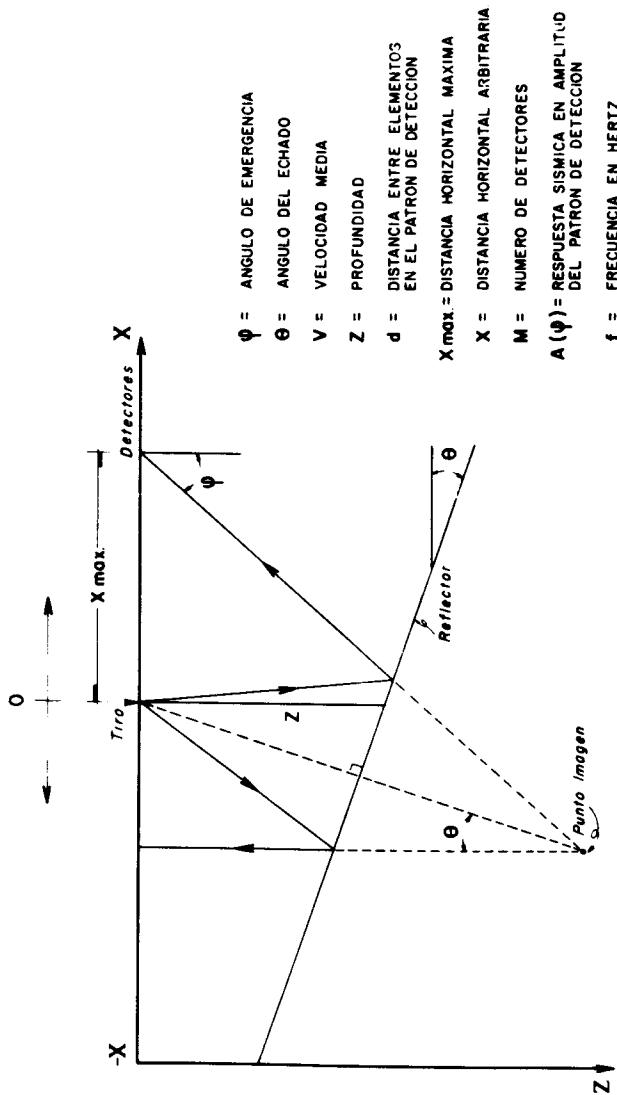
- Profundidad aproximada del objetivo geológico.
- Frecuencia máxima deseada en los eventos de reflexión.
- Echado máximo de las capas geológicas.
- Rango de variación de las velocidades RMS (Raíz cuadrática media).

Otros factores a considerarse en la elección de esta distancia son:

- Consideraciones de muestreo espacial.
- Velocidades de ciertos tipos de propagación (ruidos coherentes)
- Ruidos provenientes de fuera de la línea.
- Resolución requerida en las velocidades estimadas automáticamente.
- Relación de señal a ruido.

Normalmente, para la decisión de este parámetro se sugiere calcular la respuesta de amplitud del patrón de detección a las ondas reflejadas en función de la frecuencia de los reflejos y diferentes distancias horizontales de acuerdo a las ecuaciones mostradas en la figura 6. Estos cálculos se realizan tomando en cuenta los parámetros enlistados antes, tales como, profundidad y velocidad media al horizonte objetivo, así como el echado geológico aproximado y el patrón de detección empleado (figura 6). Con estas curvas de atenuación, el geofísico está en condiciones de establecer el máximo de atenuación que aceptaría en la información reflejada, y así directamente en las gráficas de atenuación se puede estimar la distancia a la traza más alejada, tanto en contra como en favor del echado. Comúnmente se aceptan atenuaciones en los eventos de reflexión no mayores de -3db. Cabe hacer la aclaración que estas atenuaciones calculadas son utilizando un patrón de detección que permita la

MODELO DE SUBSUELO



$$\psi = 90^\circ + \theta - \tan^{-1} \left[\frac{2Z}{X} + \tan \theta \right]$$

$$A(\psi) = \frac{\text{Sen} \left(\pi M d \frac{f \text{ Sen } \psi}{V} \right)}{M \text{ Sen} \left(\pi d \frac{f \text{ Sen } \psi}{V} \right)}$$

Figura—6

atenuación de los ruidos en al menos -20db.

En la práctica, usualmente se piensa en que este parámetro sea menor o igual a la profundidad de interés. Esto permite que los coeficientes de reflexión permanezcan estables en función del ángulo de incidencia, ocasionando que el modelo convolucional de la traza sísmica describa mejor los contrastes físicos en el subsuelo. Otros aspectos que se logran con esta hipótesis, son, la precisión en la aproximación de Dix para la estimación de las velocidades RMS: asimismo, el alargamiento de las trazas producido por la corrección dinámica es menor del 10%, y, la aplicación del corte de las primeras entradas (Mute) tiene mayor grado de libertad.

En la exploración sismo-estratigráfica los cuerpos geológicos buscados son relativamente pequeños y en la mayoría de los casos, están a profundidades someras. Por consiguiente, para este tipo de exploraciones se tiende a pensar en distancias cortas a la última traza, debido principalmente a que una distancia muy grande afectaría dos aspectos básicos, que son:

- Decremento en la multiplicidad de los reflejos someros.
- Pérdida por absorción de altas frecuencias en las trazas alejadas.

Esto tiende a violar lo establecido antes, en relación a los coeficientes de reflexión y a la aproximación de Dix, principalmente. Por lo tanto, es recomendable que la distancia a la última traza sea tal, que el reflejo de interés aparezca apenas por debajo del corte frontal de las primeras entradas (Mute) en la traza más alejada (figura 7-a).

Una distancia a la última traza muy corta puede ser, también, nociva en estratigrafía sísmica. La razón fundamental se esta-

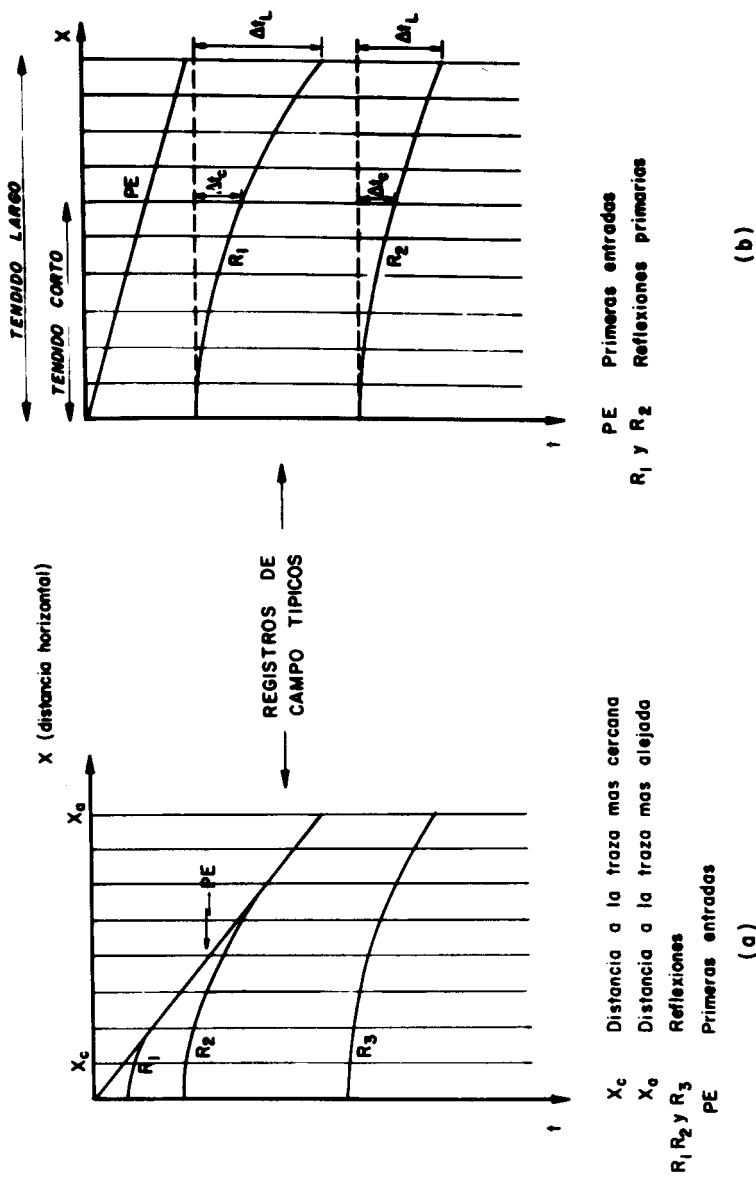


Figura 7 (a) Ilustración del problema generado por el uso de distancias inadecuadas a la traza mas alejada, en los reflejos someros.
(b) Representación esquemática del efecto de tendidos muy cortos en el Δt y, por consecuencia, en la estimación automática de velocidades.

blece en base a la reducción en la resolución de la velocidad RMS, que se emplea principalmente para: estimar profundidades, apilar, separar la energía múltiple y primaria y estimar las velocidades de intervalo. Este caso ocurre frecuentemente, cuando la columna geológica estudiada es de alta velocidad, tal como una secuencia carbonatada, donde generalmente se buscan, desde el punto de vista estratigráfico, desarrollos de porosidad. Por otra parte, en las cuencas terciarias, compuestas generalmente de sedimentos clásticos, las velocidades de propagación son comúnmente bajas. Esto permite reducir la distancia a la traza más alejada, conservando todavía un suficiente Δt para la corrección dinámica, tal, que permita estimar las velocidades adecuadamente (figura 7-b).

Distancia a la Traza más Cercana.- Si los objetivos geológicos son muy someros, esta distancia deberá ser corta y del orden de la profundidad más somera que se pretende investigar (figura 8). Una de las desventajas de usar distancias grandes es que se afecta la multiplicidad de los eventos someros. Así, esta distancia se diseña de tal manera que se asegure la máxima cobertura en el subsuelo.

Un aspecto negativo del empleo de distancias muy cortas, es el ruido generado por la fuente de energía, degradando así los reflejos someros; pero esto, aún, no es un problema serio, si se compara con el de las distancias grandes, considerando la necesidad de preservar información somera relacionada con trampas - estratigráficas a expensas de la efectividad del filtrado de velocidad en el procesado.

Sin embargo, aunque en menor proporción, las distancias grandes a la primera traza redundarán en una pérdida de amplitud menor por divergencia esférica (Waters, 1978).

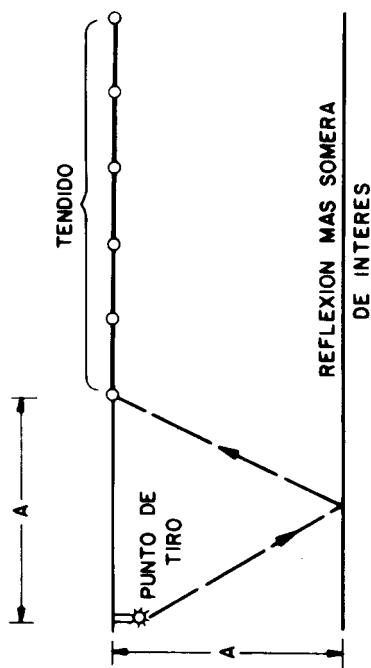
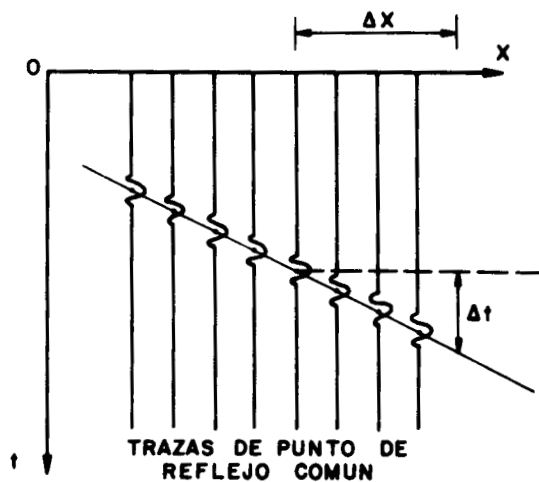


Figura-8: La distancia del punto de tiro a la traza mas cercana no debe exceder la profundidad de la reflexión mas somera de interes

(Tomado de Denham, L. R , 1979)



$$\Delta\theta = \frac{\Delta t}{2\Delta x}$$

$$\lambda_{\min} = \frac{v_{\max}}{f_{\max}}$$

$$I_m = \frac{1}{f_{\max} \Delta\theta}$$

SECCION APILADA SIN MIGRAR

Figura-9 : Expresión del intervalo máximo entre grupos, a partir de ciertas condiciones de echado, en tiempo, en una sección apilada sin migrar

Desde un punto de vista práctico, no existe problema alguno si la distancia a la primera traza es igual, o el doble de la distancia entre grupos, que es lo generalmente recomendable.

Intervalo entre Grupos.- Este parámetro está involucrado directamente con el rendimiento diario de una brigada; en otras palabras, afecta directamente al costo del levantamiento sísmológico.

El intervalo entre grupos es diseñado empleando el concepto de muestreo espacial; es decir, que un evento podrá ser migrado adecuadamente por los métodos conocidos de la ecuación de onda, de la longitud de onda mínima de esa onda reflejada, es muestreada espacialmente en forma adecuada. Esta onda reflejada, cuya longitud de onda es mínima, contendrá la máxima frecuencia f_{max} , de los eventos de reflexión y provendrá del reflector más inclinado de la línea. Empleando los conceptos de muestreo espacial, el intervalo máximo de muestreo que se podría utilizar entonces estaría dado por $l_m = 1/f_{mx} \Delta\theta$, donde $\Delta\theta$ es igual al echado en la sección sin migrar, en segundos por metro (Denham, L.R., 1979) (figura 9). Físicamente, esto se interpreta así:

El evento de reflexión de longitud de onda mínima, comparado con las longitudes de onda de los demás eventos, no podrá ser muestreado adecuadamente si se emplea un intervalo entre grupos mayor que l_m . En ese caso no se tendría el mínimo de muestras necesario para reconstruir espacialmente la dicha señal. Por otro lado, se tendrán que considerar también las longitudes de onda de ciertos ruidos que no se logren atenuar con los patrones de detección. Tal cosa implica que si éstos son muestreados aceptablemente, pueden, entonces, ser eliminados o atenuados mediante el filtrado de velocidad. Por lo tanto, se buscará reducir más el intervalo entre grupos en función de la longitud de onda mínima de dichos ruidos

remanentes y de otros parámetros, tales como los filtros de grabación. Así, la efectividad del preprocesado, con la intención de mejorar la relación señal a ruido, va también en función de este parámetro de campo.

Los factores que se toman en cuenta para la elección de este parámetro son aquellos que se consideraron en la descripción de la distancia a las trazas más alejadas y más cercanas.

Desde el punto de vista práctico, es indudable que un intervalo grande afecta más a la información considerada somera, tal como lo es el caso estratigráfico. Esto provoca que algunas suposiciones básicas en estratigrafía sísmica tiendan a ser violadas alejándose un poco de la teoría. Tales suposiciones son, entre otras, la estabilidad de los coeficientes de reflexión debido al efecto de la incidencia oblicua y la retención de la condición hiperbólica de la curva T-X, asegurando con esto que la aproximación de Dix sea válida.

Otro aspecto importante a considerar en el diseño de este parámetro, es el de las dimensiones laterales de los cuerpos geológicos que se intenta definir, como por ejemplo, el caso de cuerpos arenosos.

Con esto se quiere decir que por más esfuerzos que se hagan en las fases de procesamiento e interpretación, si esta distancia (el intervalo entre grupos) es muy amplia, pueden llegar a perderse detalles del borde de los cuerpos geológicos de interés (resolución horizontal). Lo anterior debe planearse en función a la separación que se obtendrá entre trazas apiladas de punto de reflejo común (PRC).

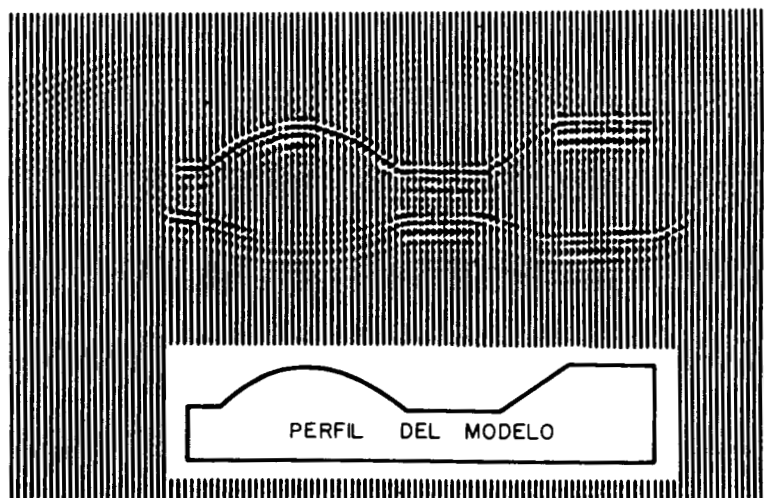
Por otra parte, otro efecto del intervalo entre grupos es en el proceso automático de migración. La importancia de este paráme-

tro ha sido discutida ampliamente por diferentes autores. Un elegante análisis fué hecho por Gardner, et al (1974), quien usó un modelo sintético para demostrar este efecto. De esta investigación se dedujo que un muestreo espacial adecuado del subsuelo contribuye a obtener una imagen migrada con el mínimo de imágenes falsas.

En las figuras 10-a, 10-b, 10-c y 10-d, se puede ver cómo un muestreo de 35 m. aproximadamente es suficiente para migrar adecuadamente los datos, mientras que a medida que esta distancia de muestreo es mayor, se empiezan a generar imágenes falsas como se pueden ver en las figuras 10-b, 10-c y 10-d. Cabe aclarar que la distancia de muestreo no es el intervalo entre grupos, sino que es la separación entre las trazas de PRC en la sección apilada. Dicha separación está en función del intervalo entre grupos, el número de canales y el porcentaje de apilamiento deseado.

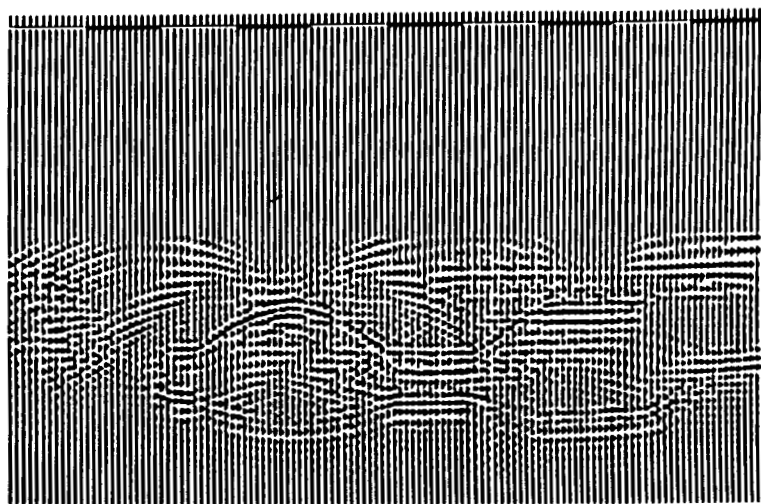
Tipo de Tendido.- La decisión acerca del tipo de tendido a usar, constituye un compromiso, tomando en cuenta que los parámetros tales como, patrón de detección, intervalo entre grupos, distancia a las trazas cercana y alejada, han sido ya determinados considerando una serie de factores tales como:

- Profundidad máxima de interés.
- Frecuencia máxima.
- Echado geológico.
- Rango de velocidades esperado.
- Consideraciones de muestreo espacial.
- Resolución en la estimación automática de velocidades
- Relación señal a ruido.



Distancia entre trazas de PRC \cong 35 mts.

Figura-10 a



Distancia entre trazas de PRC \cong 140 mts.

Figura-10 b



Distancia entre trazas de PRC \cong 105 mts.

Figura-10 d

La situación de compromiso aparece en función del número de canales disponible. Por ejemplo, si se tienen 96 canales, y la distancia a la primera y a la última traza y el intervalo entre grupos es de tal manera que se necesiten 48 canales, entonces se presenta la oportunidad de usar un tendido bilateral, el cual proporcionaría una doble multiplicidad a la que se puede esperar con 48 canales, al mismo tiempo de que se están cumpliendo los requerimientos básicos en la adquisición de los datos. Esto genera una mejoría en la relación señal a ruido del orden de 3db aproximadamente, que no es una mejoría muy notable, pero aceptable (Denham, L.R., 1979). Por otro lado, si los canales disponibles son 48, para el mismo ejemplo, entonces tendría que emplearse un tendido lateral, que permita cubrir los requerimientos con que fue establecido el problema. En esta última situación siempre habría que tomar en cuenta el echado regional de las capas y realizar los tiros contra el echado para disminuir los efectos del patrón de detección, principalmente.

Un aspecto interesante discutido por Denham (1979), es que a medida que se aumenta el número de canales, la calidad de los sismogramas de campo aumenta en relación a un sismograma obtenido con menos canales, aunque la multiplicidad conseguida fuese la misma.

Otro aspecto interesante de comentar, es que en algunas ocasiones el geofísico desea obtener información de capas geológicas profundas y someras a la vez. Una opción para tratar de alcanzar este objetivo es usando tendidos asimétricos, es decir, cortos de un lado y largos del otro. Asimismo, el tendido asimétrico es útil para mantener constante la atenuación provocada por el patrón de detección en la traza más alejada en favor y en contra del echado (figura 6).

Tamaño de la Carga.- En general, si el ruido ambiental en la localidad en estudio no es un problema serio, las cargas pequeñas tienden a dar una resolución vertical mayor; es decir, que el contenido de altas frecuencias en la traza sísmica se incrementa y tiende a definir mejor los cuerpos geológicos de interés estratigráfico. Estos cuerpos geológicos normalmente son delgados en espesor, y se desea definirlos tratando de obtener reflexiones tanto de la base como de la cima de dichos cuerpos.

Indudablemente que el reducir la carga al máximo, no implica tener una estupenda resolución. Las cargas muy pequeñas pueden llegar a ser nocivas en el momento en que el nivel de ruido sea pobre. Esto es debido a que, a menor carga, las altas frecuencias se incrementan pero la amplitud decrece. En la figura 11 se muestra un ejemplo de lo mencionado antes, donde se puede ver más resolución a medida que la carga de masa M disminuye. Asimismo la relación señal a ruido es más pobre para el sismograma (d), para el cual se utilizó la carga más pequeña. Una manera de notar la influencia de cargas diferentes, es observando los espectros de amplitud de un conjunto de datos recolectados con cargas variadas. En estos casos se observa en general que los espectros (ancho de banda) tienden a desplazarse hacia las altas frecuencias en función de la disminución de la carga.

Así pues, la prueba de diferentes cargas y el análisis de Fourier de los datos darán la pauta a seguir para la optimización de este parámetro tan importante en trabajos de alta resolución.

Cuando el ancho de banda de frecuencias generado por una detonación no es lo suficientemente amplio, el uso de cargas múltiples podría resolver el problema, y en forma adicional, la relación señal a ruido podría también mejorar empleando la técnica de apilado vertical; pero hay que recordar, tal como se mencionó

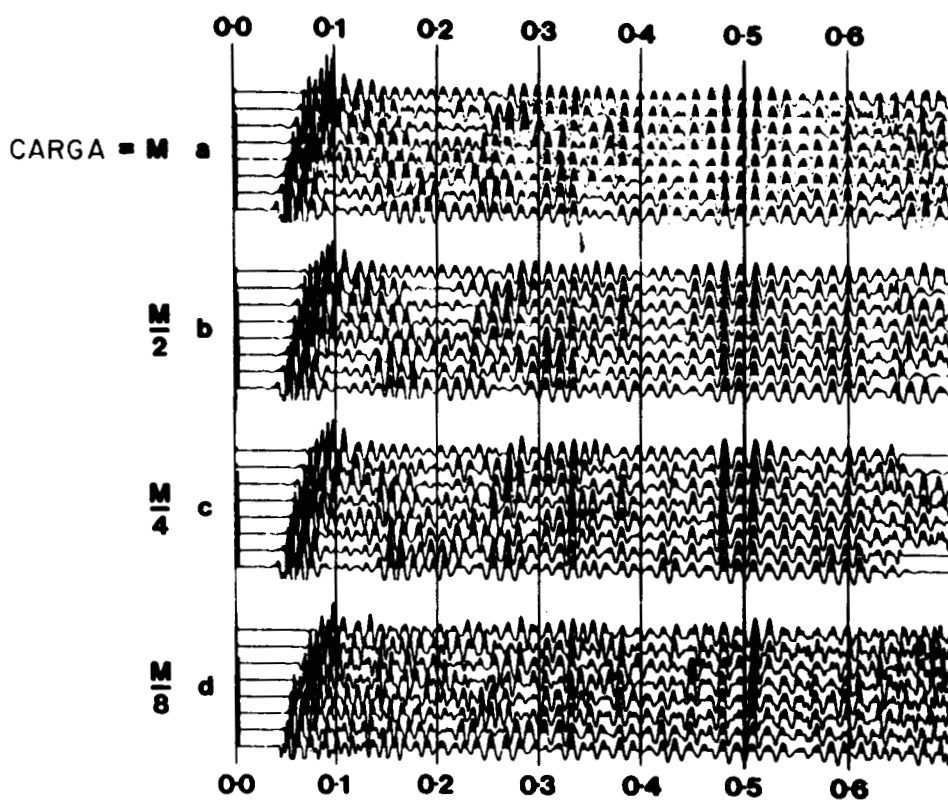


Figura-II Comparación de la relación señal a ruido y resolución vertical entre sismogramas obtenidos con diferentes cargas.

(Tomado de Ziolkowski, A. y Lerwill, W., 1977)

antes, que los arreglos en la fuente de energía amplios no son recomendables en estratigrafía sísmica, especialmente para objetivos someros.

Profundidad de la Carga.- La profundidad de la carga influye principalmente en dos factores:

El contenido de frecuencias en el sismograma, y, en la relación de señal a ruido provista por la fuente de energía.

De los dos factores, el segundo es el más importante a tomar en consideración, porque es en él, que se manifiestan más claramente los efectos de la variación en la profundidad de la carga.

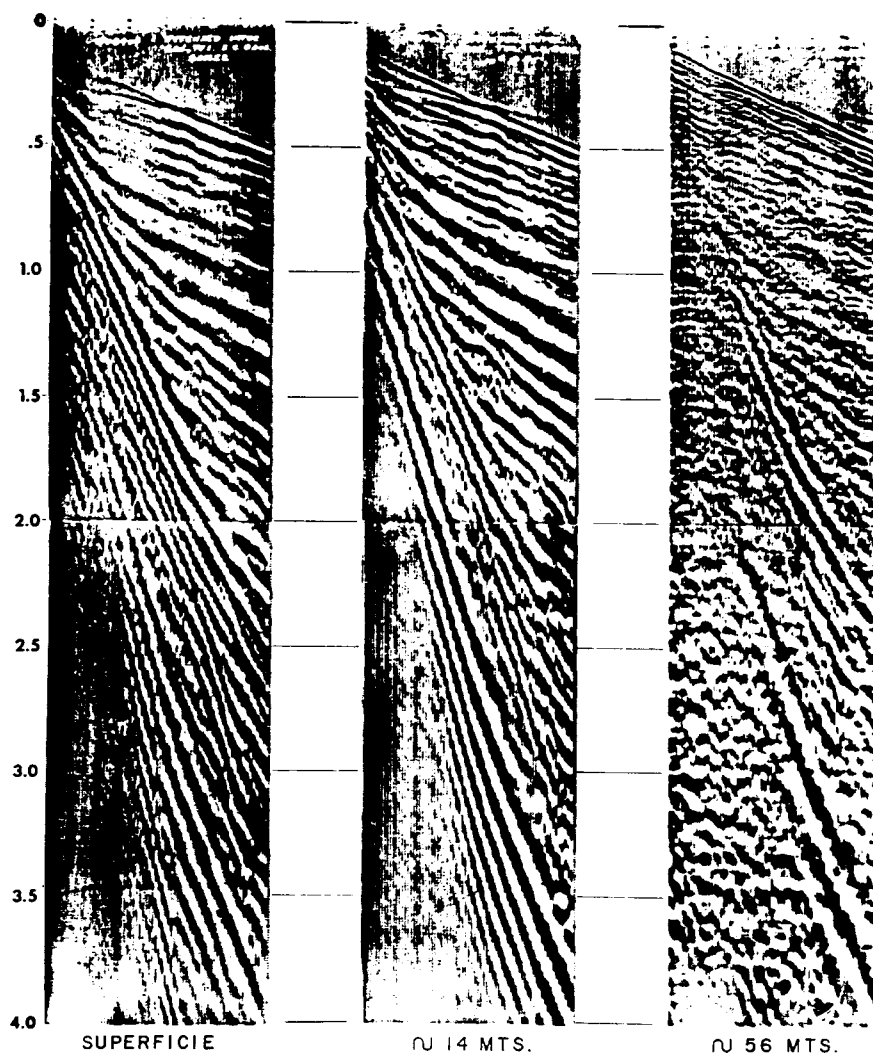


Figura 12: Relación de la cantidad de ruido coherente con respecto a la profundidad de la fuente de energía, en un lugar de Texas, donde la capa interperizada es gruesa y las velocidades superficiales son bajas. Las profundidades de la fuente son cero, 14 y 56 mts.

(Tomado de Jolly, R. y Mifsud, J., 1971)

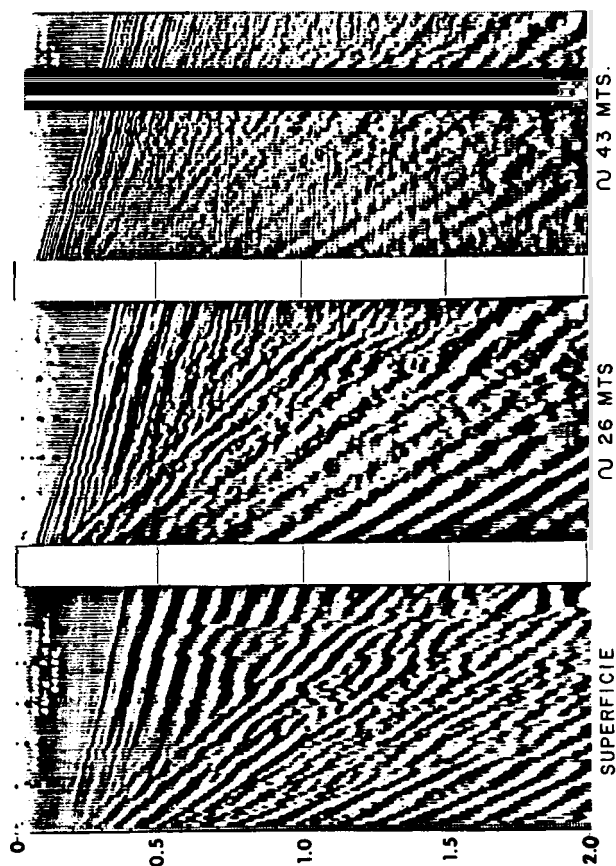


Figura 13: Relación de la cantidad de ruido, coherente con respecto a la profundidad de la fuente de energía, en un lugar de Oklahoma, donde la capa intemperizada es delgada y las velocidades superficiales son altas. Las profundidades de la fuente son cero, 26 y 43 mts.

(Tomado de Jolly, R. y Mifsud, J., 1971)

desaparecer y el ruido incoherente tiende a dominar el sismograma. En tanto que los patrones de dispersión no presentan cambios relacionados con la profundidad de la carga, contenido de frecuencias, velocidad aparente, coherencia y amplitud. Asimismo es evidente que la distancia de la fuente de energía a los detectores causa la separación de los patrones de ruido, lo cual es debido, principalmente, al carácter dispersivo de las ondas superficiales.

Referente a las figuras 12 y 13 de nuevo, en ellas se pueden constatar grandes diferencias en las características físicas de los ruidos causadas por diferentes condiciones superficiales. En la figura 12 la capa intemperizada es del orden de los 32 metros y está compuesta por arcillas arenosas y lutitas rojas subyaciendo a éstas. La velocidad de las ondas compresionales es del rango de los 1700 a los 2600 m/seg. En la figura 13 la capa de intemperismo es muy delgada y, por debajo de ésta, existen capas de yeso con velocidades del orden de los 6000 m/seg. Asimismo, se puede ver claramente que las velocidades de las ondas de ruido, en el caso de la capa de intemperismo muy delgada, son quizá, dos veces mayores que aquellas de la capa que tiene 32m. de espesor.

A partir de ciertos experimentos, se ha notado que la velocidad aparente de los ruidos es, en general, invariable con la profundidad de la carga, no siéndolo así para la amplitud. Dobrin, et al (1951), mediante varios experimentos demostraron que la amplitud de los ruidos sísmicos en un medio homogéneo, disminuye con la profundidad de la carga en forma exponencial como sigue:

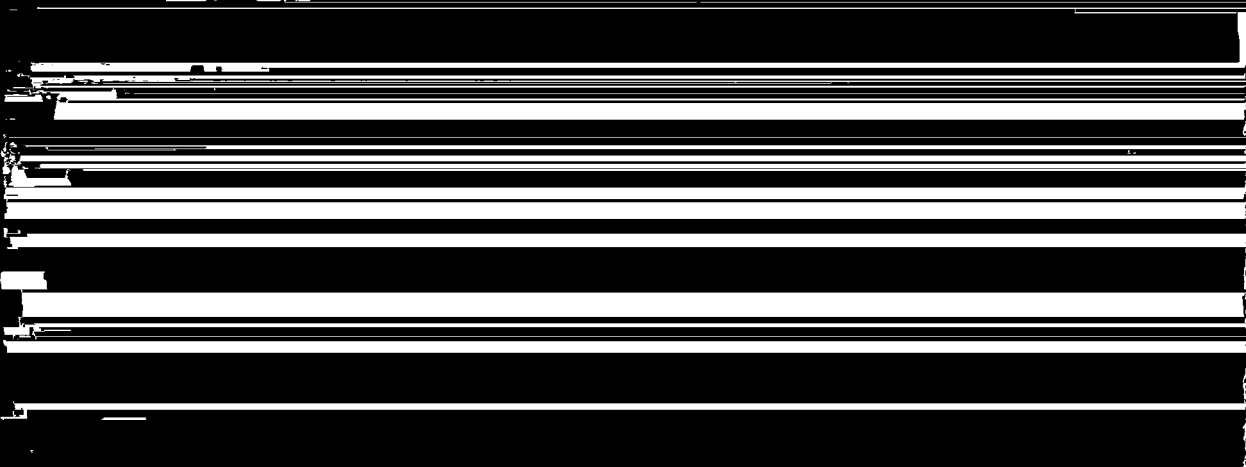
$$e^{-kZ/\lambda}$$

donde λ es la longitud de onda, k es aproximadamente 5.8 para una fuente de energía puramente compresional, y Z es la profundidad de carga.

Para probar la validez del comportamiento exponencial mencionado, se llevaron a cabo algunos experimentos en una área donde el espesor de la capa de intemperismo es de 7 m. aproximadamente. Se observó que, a medida que se profundizaba la carga dentro de la capa de intemperismo, la amplitud de las ondas superficiales aumentaba; esto, debido al incremento de la consolidación del material dentro de la capa intemperizada con la profundidad, produciendo así una mejor transmisión de la energía. Al tener la fuente de energía una profundidad de 7 m., el grado de consolidación de la capa subyacente a la de intemperismo, no es ya muy sensitivo a la profundidad de la carga, mostrando entonces para profundidades más grandes de la carga, una variación en la amplitud, A, de acuerdo a la relación:

$$A = C e^{-0.012 Z}$$

donde C es una constante que depende de las condiciones físicas de la capa subyacente a la de intemperismo. En la figura 14, se ilustra cuantitativa y gráficamente el comportamiento de la amplitud del ruido coherente con la profundidad de la carga, para el experimento descrito anteriormente.



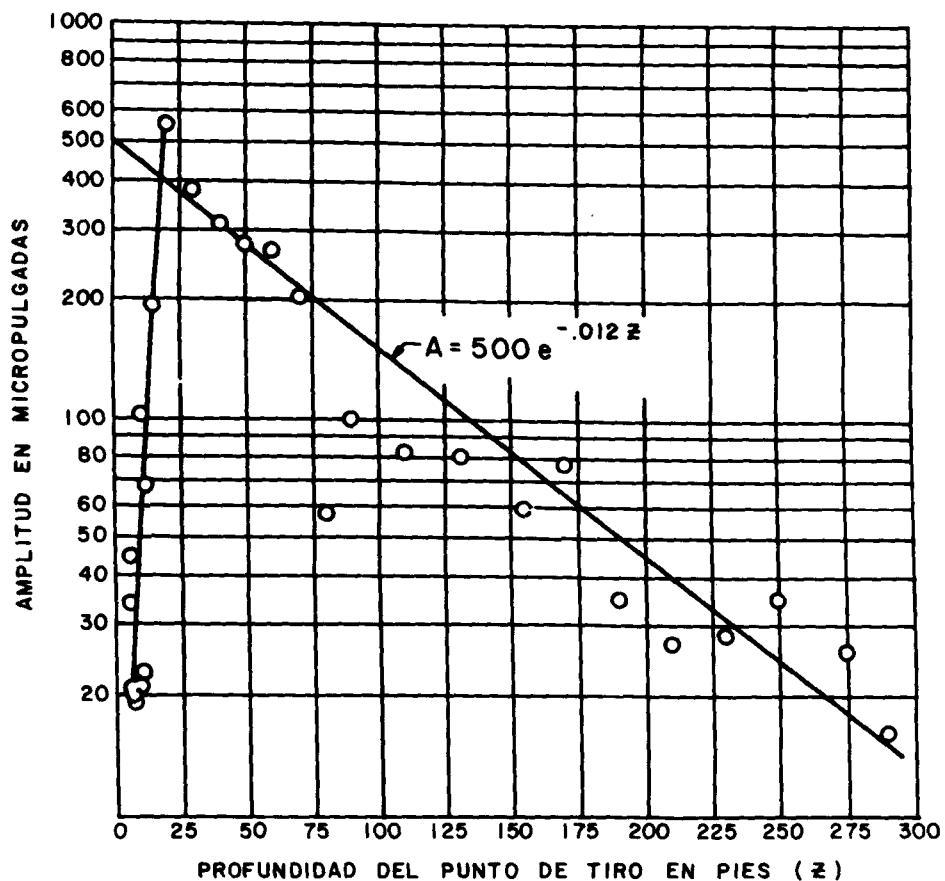


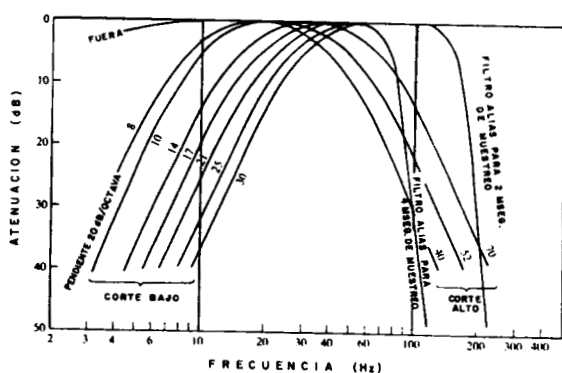
Figura 14 : Variación de la amplitud de la Onda Rayleigh generada por una explosión de 5 libras de dinamita en función de la profundidad del punto de tiro.

(Tomado de Dobrin, et al., 1951)

Muestreo Temporal de Registro y su Relación con la Resolución Vertical.- La resolución vertical puede definirse en forma breve, como la separación mínima entre reflectores, de tal manera, que sea fácil identificar sísmológicamente dos contactos geológicos en lugar de uno solo (Sheriff, R., 1979).

La resolución vertical se encuentra intrínsecamente relacionada a la razón de muestreo temporal empleada en el equipo de registro de campo. Por otra parte, el muestreo temporal usado determinará automáticamente el corte alto del filtro de campo evitando con esto el fenómeno de alias en la información. Este corte alto del filtro es normalmente igual a la frecuencia temporal de Nyquist, a aproximadamente -40dB de atenuación. El valor de la frecuencia de Nyquist es la mitad de la frecuencia de muestreo (Sheriff, R., 1976) (figura 15).

El intervalo de muestreo, también se condiciona a los requerimientos de resolución vertical que se tengan. Por ejemplo, en estratigrafía sísmica, el proceso de inversión está adquiriendo una importancia especial, porque una sección de verdadera amplitud (amplitud de sismo-detector) en la cual se identifican puntos brillantes, oscuros y planos, deja inconclusa en muchas ocasiones la interpretación, dado que las anomalías sísmicas no siempre son debidas a la presencia de hidrocarburos en el subsuelo; por consiguiente, si la inversión de las trazas sísmicas va a ser llevada a cabo, para generar registros sónicos hipotéticos, entonces habrá que pensar en el contenido de altas frecuencias, necesario para definir los límites geométricos superior e inferior de las trampas estratigráficas y obtener, mediante la inversión, los coeficientes de reflexión asociados a dichos límites. Este contenido de altas frecuencias es determinado a partir



(Tomado de Telford, et al, 1976)

Figura-15

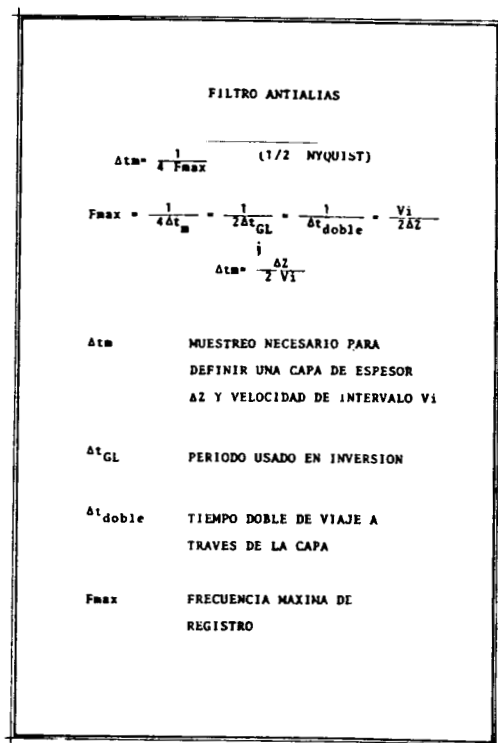


Figura-16

del muestreo temporal empleado y éste, a su vez, se estima con el espesor mínimo a definir y la velocidad de intervalo de la capa geológica o trampa estratigráfica esperada, según datos geológicos previos (figura 16).

Si por alguna causa no se contempla la razón de muestreo relacionada con los requerimientos de resolución vertical, los resultados finales pueden ser negativos a pesar de que el procesamiento aplicado a los datos sea el adecuado.

Filtros de Campo.- Los filtros instrumentales del equipo de grabación normalmente se describen en términos de frecuencias de esquina y de corte. Las características de los filtros de campo empleados actualmente son que estos son filtros del tipo "Butterworth" y generalmente son de fase mínima (Neale, G.,1977).

En estratigrafía sísmica el corte bajo del filtro de campo es usualmente alto, sobre todo cuando el ruido organizado es un problema en el área en estudio. Asimismo, el corte bajo alto clarifica el contenido de altas frecuencias en el espectro de la traza sísmica, no permitiendo interferencias en los reflejos, generadas por energía de frecuencia y velocidad aparente baja. Otra razón por la cual es recomendable usar un corte de bajas alto, es por la respuesta natural en frecuencia de los detectores. Frecuencias de corte en el filtro de campo, por debajo de la frecuencia natural de los detectores, crea irremediamente una severa distorsión en la fase de los eventos; además, un corte de bajas bajo crea la necesidad de tener que emplear arreglos de detectores con una cubierta grande, lo cual, para objetivos estratigráficos someros, como se describió antes, no son recomendables.

El corte alto del filtro de campo se determina en base a la fre-

cuencia de muestreo temporal empleada en el sismógrafo. Este corte alto es definido igual a la frecuencia temporal de Nyquist, con el objeto de eliminar la posibilidad del fenómeno de alias.

Uno de los problemas que generan los filtros de campo es la distorsión de fase que introducen en la información. Los filtros son determinados, como se dijo antes, en términos de frecuencias de corte y de esquina. Las frecuencias de esquina se definen en un punto del espectro donde la amplitud es de -3dB para el corte bajo y -6dB para el alto, por debajo del nivel plano del espectro de amplitud. La pendiente describe la caída hacia la frecuencia de corte, tanto en la parte baja como en la alta. La pendiente se mide generalmente en dB/octava.

Los filtros de campo comúnmente empleados en estratigrafía sísmica son de 18/18-124Hz., esto indica 18Hz de frecuencia de corte bajo, 18 dB/octava de pendiente y 124Hz de corte alto.

Otros filtros comúnmente empleados son: el de 18/36-124Hz, 27/18-124Hz y 27/36-124Hz. Estos últimos son útiles para la eliminación de ruido organizado que esté creando problemas serios por su alto nivel de amplitud y baja frecuencia.

El corte alto del filtro de campo puede llegar a tener frecuencias tan altas como 250Hz, sobre todo para muestreos del orden de 2 mseg., pero se ha visto que con los geófonos empleados comúnmente, las frecuencias del orden de 150Hz en adelante, entran en resonancia, por lo que aún para muestreos de 2 mseg. se han encontrado buenos resultados empleando 124Hz de corte alto, para sismógrafos DFS-IV y 128Hz para DFS-V, ambos de Texas Instruments.

Para efectos de comparación, en la figura 17 se muestran las distorsiones generadas por filtros típicos de campo.

La diferencia en los filtros de campo empleados en este modelo, es el corte alto de dichos filtros; en este caso, fueron de 18/18-62Hz y 18/36-62Hz, considerando las dos pendientes de 18 y 36 dB/octava.

Las respuestas al impulso unitario de los dos filtros (las mostradas en la parte superior izquierda) fueron convolucionadas con una función de reflectividad sintética que se muestra al centro de la figura 17. En la parte derecha se pueden ver las respuestas al impulso unitario, convolucionadas con la misma función de reflectividad pero en su equivalencia de fase cero.

Cabe hacer notar que la elección de la pendiente óptima en el corte bajo del filtro de campo, estará relacionada como se dijo antes, con la problemática del ruido superficial. En otras palabras, la pendiente de 36 dB/octava es más severa que la de 18 dB/octava, de tal manera que, las ondas superficiales tienden a ser más eficientemente atenuadas por el filtro cuya pendiente es de 36 dB/octava.

Se ha notado que en estratigrafía sísmica, por ser los objetivos geológicos relativamente someros y que el ruido superficial es más intenso cerca de la fuente de energía, el filtro 18/36 dB/octava-124Hz., da mejores resultados que el de 18/18 dB/octava-124Hz. Esto es debido a que para una atenuación de -40dB, el primer filtro corta a 8Hz aproximadamente, en tanto que para la misma atenuación el segundo filtro corta a 4Hz, lo cual explica la menor severidad del segundo filtro sobre el ruido superficial. Esta última descripción es considerada para un equipo DFS-III de Texas Instruments, cuyas curvas de respuesta

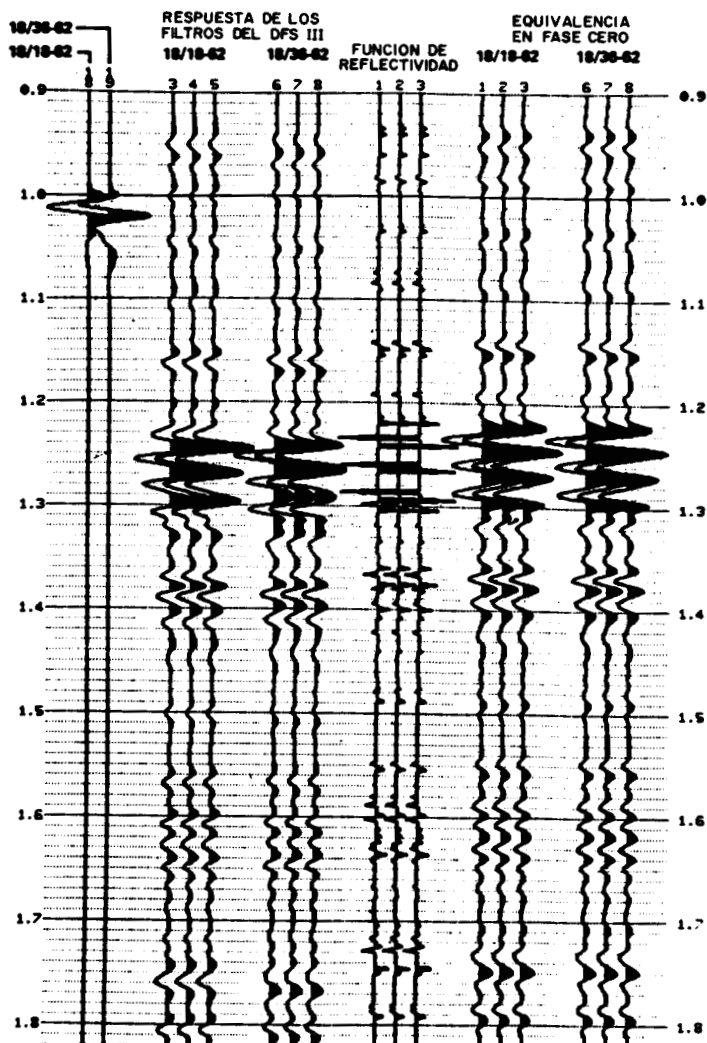


Figura-17 : Comparación entre las respuestas al impulso unitario de los filtros de campo con diferentes pendientes y su equivalencia en fase cero.

(Tomado de Neale G. H., 1977)

para diferentes cortes bajos de 8, 12, 18 y 27Hz, y, 124Hz de corte alto, con 18 y 36 db/octava de pendiente, son mostradas en las figuras 18-a y 18-b respectivamente.

Es necesario mencionar que las distorsiones en la amplitud y fase creadas por los filtros de campo, son adecuadamente removidas en condiciones normales, debido al conocimiento físico preciso de los filtros mismos, siendo el diseño del operador inverso relativamente sencillo. Este aspecto es cubierto durante el procesamiento por ondícula.

Frecuencia Natural de los Sismo-¹detectores.- En discusión previa, se estableció que la elección de un corte bajo del filtro de campo, por debajo de la frecuencia natural de los sismo-detectores, ocasiona una distorsión en la fase de los eventos; así pues, esto indica que la elección de los detectores está muy relacionada con el valor de la frecuencia de corte bajo del filtro de campo.

En trabajos sísmico-estratigráficos, sobre todo cuando el objetivo es definir trampas estratigráficas someras se piensa en preservar las altas frecuencias. En este caso, se requiere el uso de detectores con frecuencia natural alta. Además, es evidente la eliminación de ruido de alta amplitud y baja frecuencia. Pero por otro lado, el contenido de bajas frecuencias es también extremadamente importante ya que los procesos de inversión de la traza sísmica requieren de un ancho de banda bastante amplio. Esto es válido aceptarlo, siempre y cuando haya una buena atenuación o eliminación del ruido de alta amplitud y de baja frecuencia existente, cuando se emplean sismo-detectores de frecuencia natural baja.

En la actualidad, los detectores comúnmente usados son aquellos

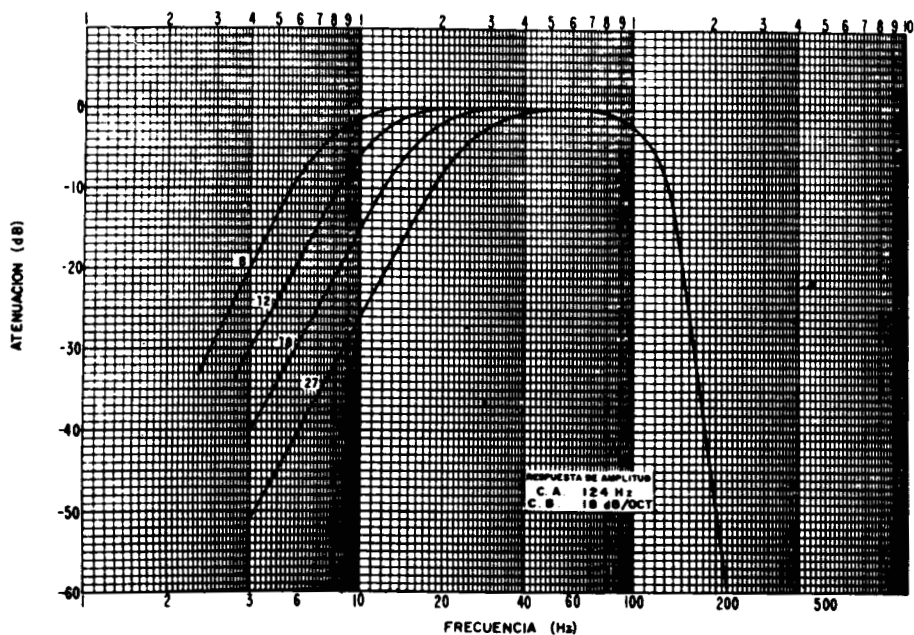


Figura 18-a

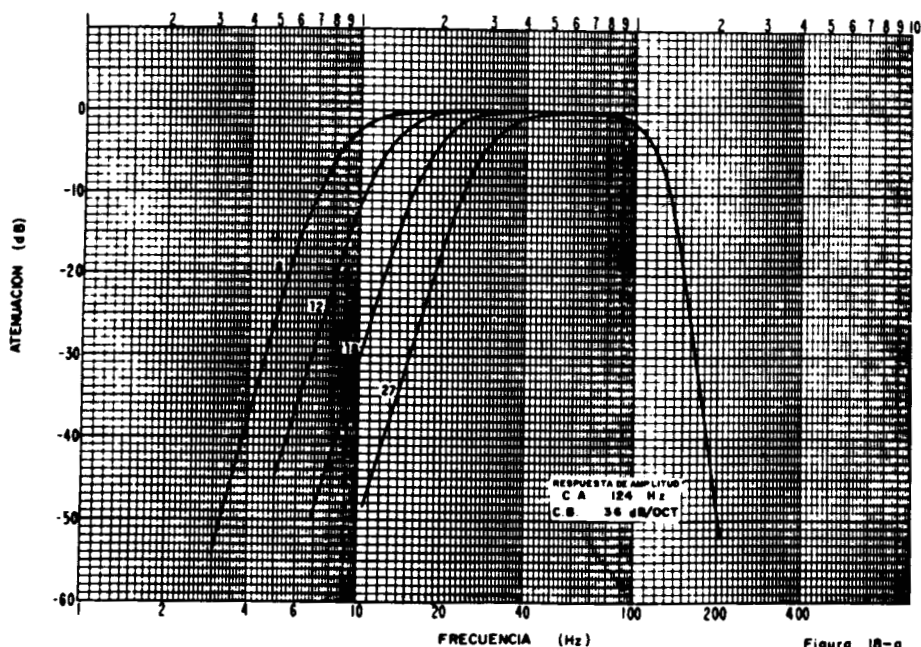


Figura 18-b

con frecuencias naturales entre los 8 y 10 Hz, aunque también son utilizables, especialmente para la preservación de altas frecuencias, detectores con frecuencias naturales del orden de los 28Hz.

Cabe mencionar adicionalmente, que los detectores con frecuencias naturales bajas, normalmente generan resonancias espúreas en el rango de 150 a 250 Hz (Denham, L., 1979).

Cobertura del Subsuelo.- Este parámetro es mejor conocido como apilamiento o multiplicidad. Como es bien sabido, la cobertura en el subsuelo se entiende como la cantidad de veces que se refuerza la información de reflexión en un punto de reflejo común. Esto es, que este sistema funciona como un realzador de la relación señal a ruido. En general, con este procedimiento se disminuye el nivel de ruido blanco presente en el espectro de la traza sísmica. En estudios sísmico-estratigráficos, obviamente, éste es un parámetro importante que se debe considerar por estar muy relacionado con los atributos básicos de la señal sísmológica.

Experiencias de algunos estudios en la materia, han revelado teóricamente un incremento en la relación señal a ruido de 3dB, simplemente doblando la multiplicidad (Denham, L.R., 1979). En la práctica se ha notado que a medida que la cobertura es más alta del 1200%, las mejorías son muy pequeñas. Por supuesto, estas mejorías son variables y se dan casos en que sí es significativa. En muy contadas ocasiones la teoría confirma los incrementos en forma cuantitativa de la relación señal a ruido, por lo que, casi siempre es recomendable probar en el área en estudio diferentes multiplicidades, a fin de conocer las mejorías de la relación señal a ruido en forma más precisa.

Las multiplicidades altas son generalmente recomendables cuando los objetivos geológicos son ambos; someros y profundos.

En la figura 19 se muestra un ejemplo de datos reales apilados con multiplicidades de 600%, 1200% y 2400%. Se puede notar fácilmente cómo la mejoría más notable es entre 600% y 1200%, en tanto que de 1200% a 2400% las diferencias no son tan marcadas. Cabe hacer notar que, de cualquier forma y si la economía del levantamiento sismológico lo permite, las altas multiplicidades serán las más deseadas en trabajos de alta resolución, por las razones expuestas antes en relación a los atributos físicos de la señal reflejada.

Longitud de Grabación.- Es recomendable que este parámetro se determine con base al objetivo geológico en tiempo de reflexión. Normalmente, esta longitud se elige al tiempo de reflexión del horizonte objetivo más profundo, si es que se cuenta con datos de trabajos exploratorios previos. Asimismo, se adiciona al tiempo de reflexión del reflector más profundo, un tiempo igual al doble de la longitud del operador de deconvolución empleado, también en trabajos previos, en el procesamiento de datos.

Orientación de las Líneas Sismológicas.- No es nuevo establecer que un programa de líneas sismológicas está siempre basado en el conocimiento que se tenga por trabajos previos, los que, inclusive, pueden ser también, sismológicos. O bien, si el área va a ser explorada sismológicamente por primera vez, se aprovechan otros trabajos, tales como, gravimetría, magnetometría, geología superficial o geología de subsuelo.

Cuando un trabajo de estratigrafía sísmica va a ser realizado, es indispensable, obviamente, conocer el modelo estratigráfico y el comportamiento estructural de las capas del subsuelo. Con esto, y tomando en consideración el muestreo espacial y temporal,

600 %



1200 %



2400 %

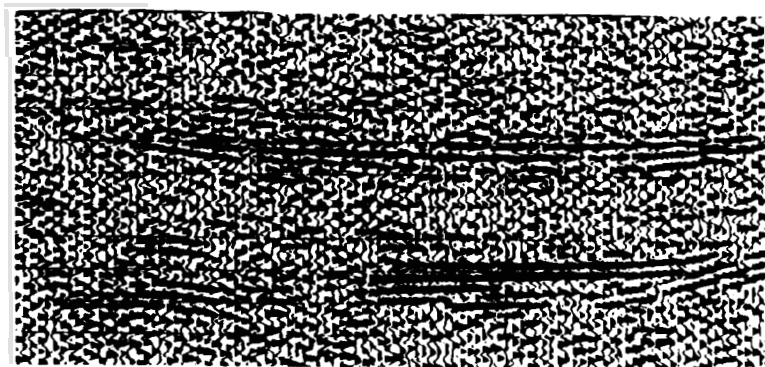


Figura 19 Comparación entre datos reales apilados con diferentes multiplicidades

se establecen los requerimientos de resolución tanto vertical como horizontal, para la detección de cuerpos geológicos que ya han sido burdamente definidos en naturaleza.

Es recomendable, desde el punto de vista geofísico, diseñar las líneas con una separación de aproximadamente la mitad de la mínima longitud de onda de la señal calculada a partir de datos, tales como, la frecuencia dominante necesaria para definir con suficiente resolución vertical y horizontal el objetivo geológico, así como la velocidad media, profundidad y echado estructural de dicho objetivo, con el fin de tomar en cuenta la migración de los datos de reflexión obtenidos.

La orientación de las líneas, es como tradicionalmente se programan, es decir, en la dirección del echado regional y a rumbo, de tal manera que, con el espaciamiento especificado antes se controlen adecuadamente las variaciones de las características geológicas en las dos direcciones básicas. Cuando las variaciones de las características geológicas a rumbo son fuertes, entonces es recomendable acercar aún más las líneas en la dirección del echado. Aunque el geofísico usualmente modifica este parámetro en función de una interpretación estructural preliminar de las líneas observadas.

Cuando las variaciones de las características geológicas en las direcciones del echado y del rumbo son igualmente fuertes, entonces el método sismológico tridimensional es el más adecuado, sobre todo por tener el muestreo espacial de las características geológicas, ideal para efectuar la migración tridimensional que sin duda alguna, resuelve el problema más satisfactoriamente que si las líneas fueran observadas y migradas en dos dimensiones.

En cuanto a la longitud de la línea, ésta debe ser lo suficiente

mente larga para que los eventos de reflexión, una vez migrados, sigan siendo suficientes para la definición del caso geológico establecido previamente. La prolongación de la línea se puede hacer, cuantificando la distancia de migración en los dos extremos de la línea, empleando los conceptos de migración básicos (teoría del rayo recto).

Es necesario comentar, que a primera vista, los trabajos sísmico-estratigráficos aparentan ser antieconómicos, pero si estos parámetros no se diseñasen pensando estrictamente en el objetivo estratigráfico a investigar, los resultados podrían ser desastrosos desde el punto de vista de las resoluciones vertical y horizontal, y, en ese caso, no hay técnicas de procesamiento (procesamiento por ondícula, inversión, etc.) capaces de poder dar la solución deseada al objetivo geológico.

En el Apéndice I se muestra un ejemplo numérico del diseño de parámetros de campo empleando los conceptos aquí tratados.

CONCLUSIONES

Después del análisis que se ha realizado de los principales parámetros involucrados en un dispositivo de campo, se puede concluir en forma definitiva, que el diseño de dicho dispositivo es un proceso que tiene que ser llevado a cabo, no en forma automática, sino de acuerdo al caso geológico que se quiera resolver. Esto es, que en estratigrafía sísmica, donde los trabajos exploratorios se consideran de alta resolución, no se puede acudir a emplear en forma rutinaria parámetros estimados para explorar zonas aledañas al área de interés.

Otro aspecto fácil de notar es, que en el diseño de las modernas

técnicas de campo de alta resolución, van involucrados intensamente ciertos conceptos de procesamiento de datos y de interpretación, de tal manera que, si éstos no fuesen tomados en cuenta, en el dispositivo de campo, por mucha experiencia que se tenga, no se podría optimizar la resolución deseada. Esto quiere decir que los atributos de la información de reflexión, (amplitud, frecuencia y fase principalmente), no son recuperables en el procesado y que lógicamente la interpretación sería poco contributiva en la solución del problema geológico. Esto es tomando en cuenta que en la actualidad, como se hace notar antes, no es suficiente el tiempo de reflexión que proporciona un conocimiento estructural del subsuelo, sino, el análisis de los atributos físicos de las reflexiones. Estos atributos proporcionarán el camino, mediante procesos posteriores (inversión), a la detección directa de hidrocarburos, objetivo final de la exploración.

APENDICE I

EJEMPLO DE LA APLICACION DE LOS CONCEPTOS ANALIZADOS EN ESTE - ARTICULO

En el área en estudio en particular el objetivo geológico es esencialmente estratigráfico.

Se trata particularmente de delinear lentes arenosos dentro de una secuencia arenas - lutitas, que en este caso corresponde a formaciones del terciario.

La resolución vertical y horizontal requerida se encuentra estrechamente relacionada con la geometría de los lentes arenosos buscados. En el área de estudio se establece que la distancia horizontal mínima de los cuerpos geológicos buscados es del orden de 200 m., mientras que el espesor mínimo encontrado por pozos exploratorios es de 15.0 m.

La determinación de los parámetros óptimos para ejecutar la exploración sísmico - estratigráfica es hecha en base a la secuencia establecida a lo largo del artículo.

El área en estudio, en particular, no presenta problemas relacionados con la topografía o variaciones notables en la capa intemperizada, tanto en geometría como en el gradiente de velocidades de la misma.

Un modelo geofísico representativo del problema geológico en cuestión está definido de la siguiente forma:

Profundidad $Z = 1500$ metros

Velocidad media $\bar{V} = 2400$ m/seg

Echado geológico

regional $\alpha = 6^\circ$

Algunos datos geofísicos adicionales deducidos de pruebas de campo previas son como siguen:

Para la señal reflejada:

$\lambda_s \text{ max} = 460.0 \text{ m}$, $f=25 \text{ Hz}$ y $V_{ap}=11500 \text{ m/seg}$.

$\lambda_s \text{ min} = 153.0 \text{ m}$, $f=75 \text{ Hz}$ y $V_{ap}=11500 \text{ m/seg}$.

dónde

λ_s = Longitud de onda de la señal reflejada.

f = Frecuencia temporal

V_{ap} = Velocidad aparente

Para el ruido sísmico remanente despues de haber usado un filtro de campo 18-18 dB/oct - 124 Hz a - 20 dB de atenuación se lee:

es altamente nociva cuando ésta es muy larga en estratigrafía sísmica.

Patrón de Detección.- Después de analizar la naturaleza de los datos, se intentará usar el patrón de detección pesado al centro

GRAFICA DE ATENUACION

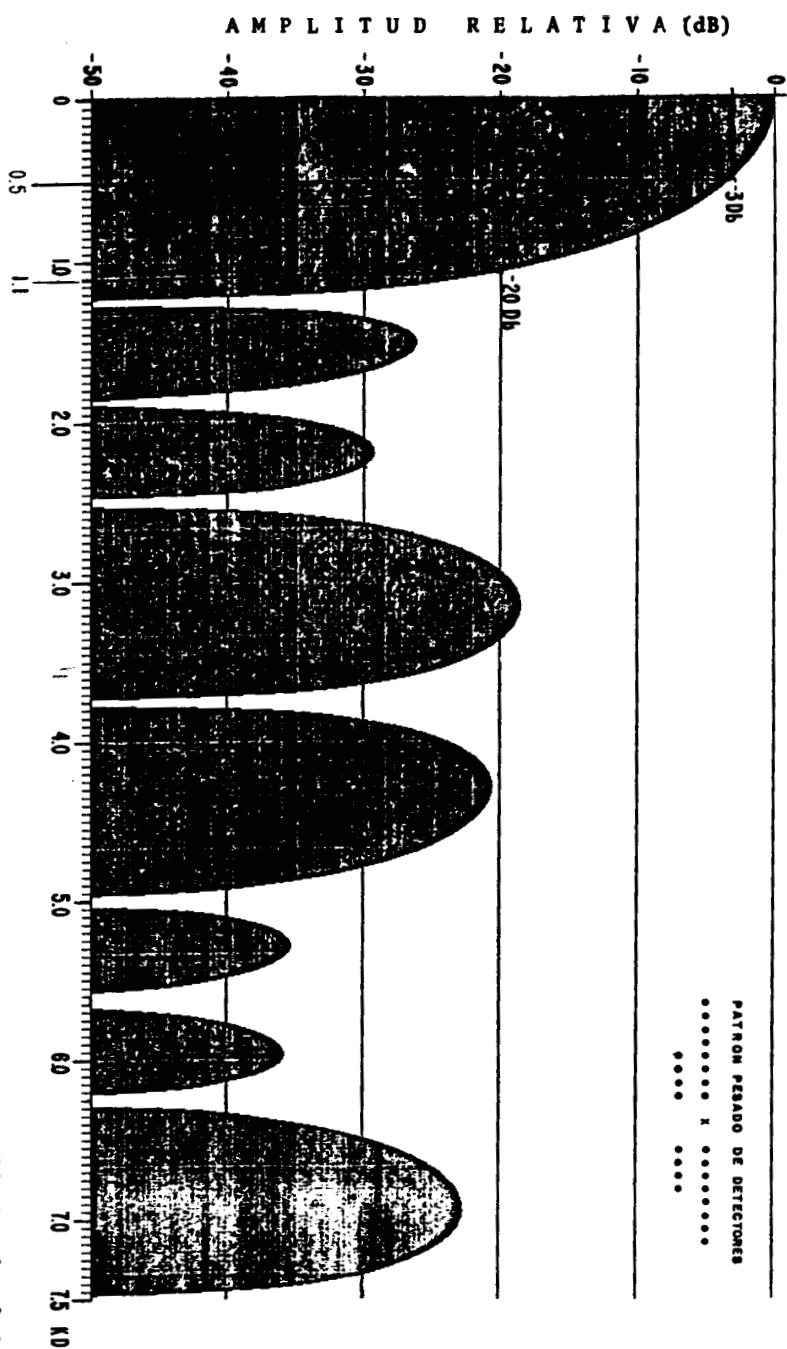
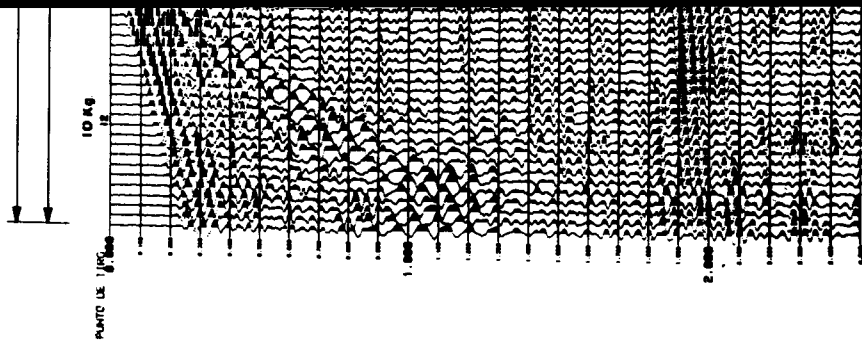
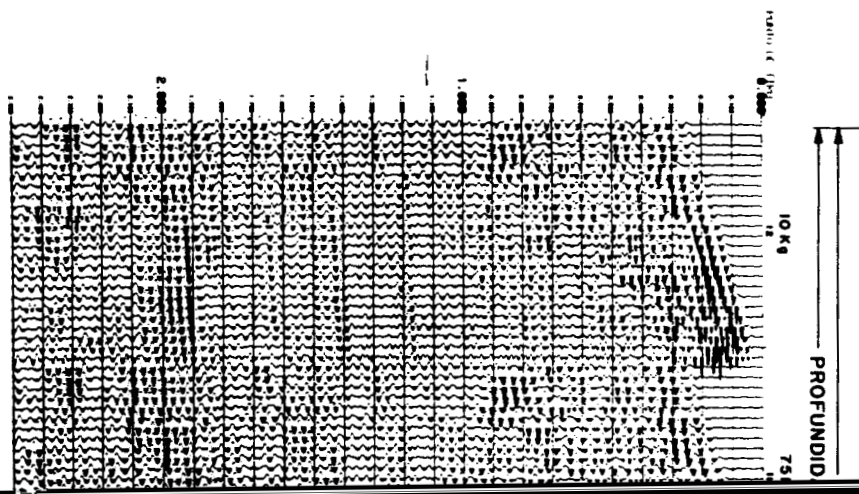
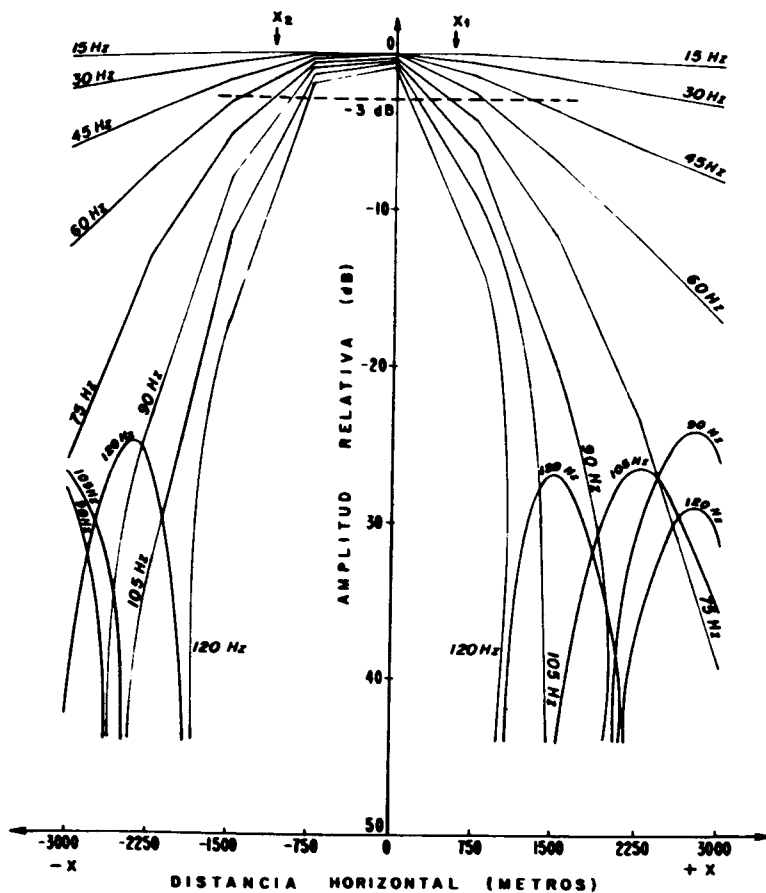


FIGURA A-1







MODELO DE SUBSUELO

$Z = 1500$ mts.

$V = 2400$ m/seg.

$\theta = 6^\circ$

$d = 3.66$ mts.

$M = 24$

PATRON DE DETECCION

1-1-1-2-2-2-2 # 2-2-2-2-1-1-1

FIGURA A-4

frecuencia de aproximadamente 75 Hz y una atenuación de no más de -3 dB. Así la distancia a la traza más alejada en favor del echado es leída directamente en la gráfica y es de 510 m. mientras que en contra echado es del orden de 11 10 m.

Distancia a la Traza más Cercana.- De acuerdo con lo establecido en este artículo la formación más somera de interés se encuentra desde la superficie hasta unos 300 m. de profundidad. Esto hace pensar que esta distancia puede ser igual a una o dos veces el intervalo entre grupos asegurando así un apilamiento completo en los eventos someros.

Intervalo entre Grupos.- Utilizando la relación $Im = 1/f_{max} \Delta\theta$ ya explicada en este texto, el intervalo entre grupos máximo tolerado es de 306 m. Esto es asumiendo los parámetros geofísicos del objetivo y una frecuencia de 75 Hz. Un espaciamiento menor o igual a 306 m. permitirán resolver el problema de migración, es decir la resolución vertical y horizontal se verán favorecidas con esta condición. Cabe hacer notar que en este cálculo el efecto del patrón de detección se consideró despreciable, ya que una vez considerado el intervalo entre grupos, éste se ve reducido por la atenuación que el patrón de detección causa a los eventos de reflexión.

Sabiendo el valor máximo del intervalo entre grupos que se puede emplear y el tipo de tendido, a partir de las curvas mostradas en la figura A-4, es posible deducir el intervalo entre grupos óptimo que se puede emplear considerando el patrón de detección y los parámetros físicos del subsuelo.

Esta estimación se hace en este caso considerando 48 canales y tomando en cuenta las distancias X_1 y X_2 ; $X_1 = 510$ m. y $X_2 = 1110$ m., de aquí se deduce que en la parte larga del tendido el intervalo entre grupos que puede emplearse es de 46.25 m., mientras que en la porción corta es de 21.25 m.

Para fines prácticos, estas distancias pueden ser 45.0 m. y 20.0 m. para las partes larga y corta del tendido respectivamente, lo cual garantiza tener un buen muestreo espacial de los eventos reflejados para ser migrados adecuadamente.

En cuanto a la resolución horizontal obtenida, ésta puede ser calculada a partir del radio de la "Zona de Fresnel" en función de los parámetros del modelo geofísico propuesto. Esto es:

$$R = \frac{v}{4} \sqrt{\frac{1}{f}} = \frac{2400}{4} \sqrt{\frac{1.25 \text{ segs.}}{75 \text{ Hz}}} = 77.4 \text{ m}$$

Esto implica que cuerpos con longitudes menores que 154.8 m. no podrán ser detectados adecuadamente. Se había establecido inicialmente una longitud mínima de los cuerpos geológicos buscados en esta área de 200 m., por lo tanto la resolución horizontal conseguida con $f=75$ Hz, se puede considerar suficiente.

Tipo de Tendido.- Como se estableció en la discusión de este parámetro en el cuerpo del artículo, los factores a considerar son los mismos que para el diseño de la distancia a la traza más alejada y cercana. Para la decisión de este parámetro es fundamental auxiliarse de la figura A-4 que está construida en base a los parámetros del modelo de subsuelo del objetivo geológico.

Dado que el echado es regional y suave a la profundidad del objeti

vo se aconsejaría en este caso el empleo de un tendido asimétrico, con la porción más larga del tendido en contra echado y con la porción más corta del tendido en favor del echado; esto permite tener una atenuación de la señal reflejada de no más de -3 dB en cualquier dirección del tendido.

Además, existe la oportunidad de tener una resolución bastante aceptable en la estimación de velocidades proporcionada por la parte más larga del tendido. Esto es partiendo de la base de que a medida que el tendido es más largo la resolución en las velocidades es mejor. Asimismo, teniendo la necesidad de tendidos relativamente cortos en estratigrafía sísmica, la obtención de frecuencias altas se hacen necesarias para la discriminación y atenuación de las reflexiones múltiples durante el apilamiento.

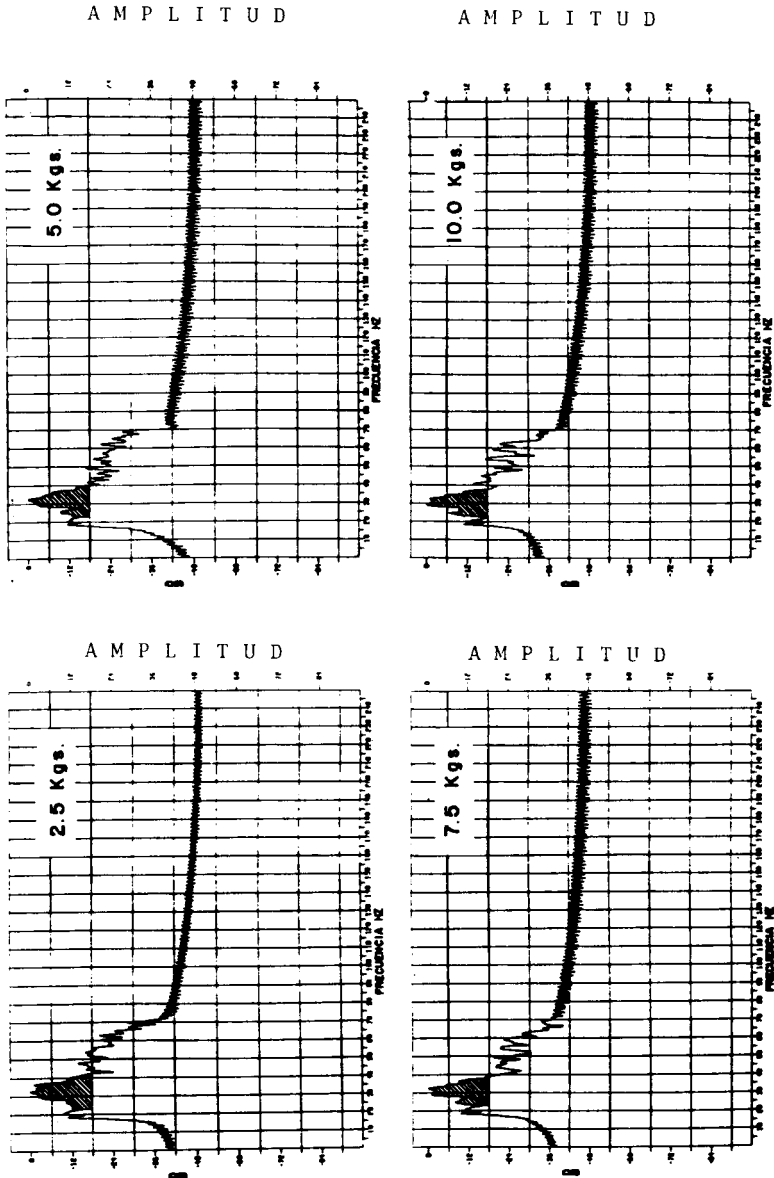
Tamaño de la Carga.- En la figura A-5, se muestran cuatro espectros de amplitud, de un tramo de traza equivalente en posición y ventana de tiempo. En la parte superior derecha de cada espectro aparece la carga que se aplicó al dicho tramo de traza, que intencionalmente fué elegido en una porción de información reflejada.

Los parámetros que varían de un espectro a otro son las cargas empleadas, que fueron de 2.5, 5.0, 7.5 y 10.0 Kgs. de dinamita. Este análisis de Fourier fué llevado a cabo con el fin de determinar parámetros de tiro óptimos para estratigrafía sísmica.

Se puede ver claramente como el espectro de amplitud, partiendo de la carga de 10.0 Kgs., se mueve hacia las altas frecuencias a medida que la carga disminuye, tal como se espera teóricamente.

La porción achurada es la que más claramente indica este suceso.

PRUEBAS DE CARGA
(TRAMO DE TRAZA FILTRADA)



PROFUNDIDAD DEL POZO DE TIRO: 25.0 mts.

FIGURA A-5

PRUEBAS DE CARGA
(TRAMO DE TRAZA SIN FILTRAR)

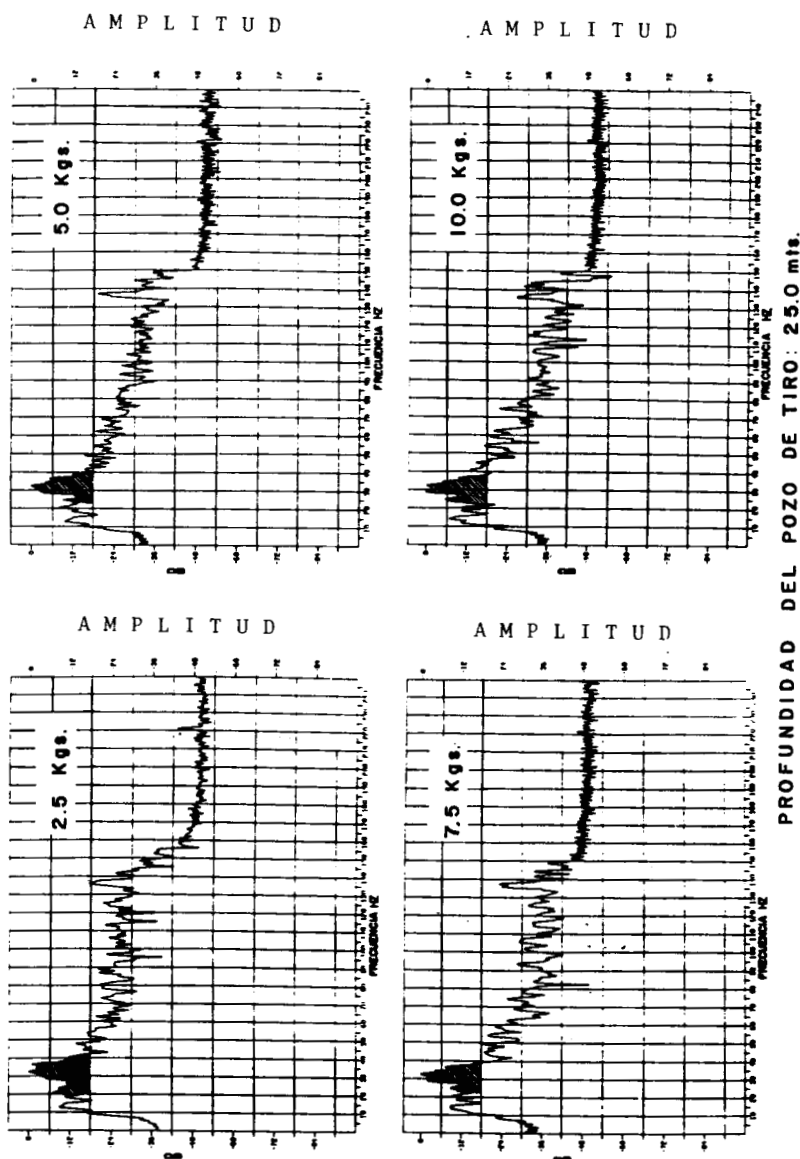
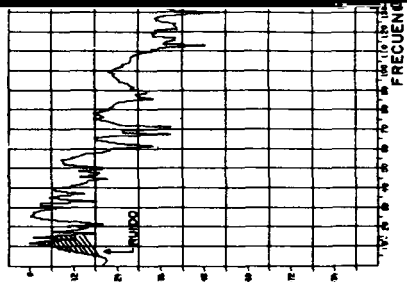
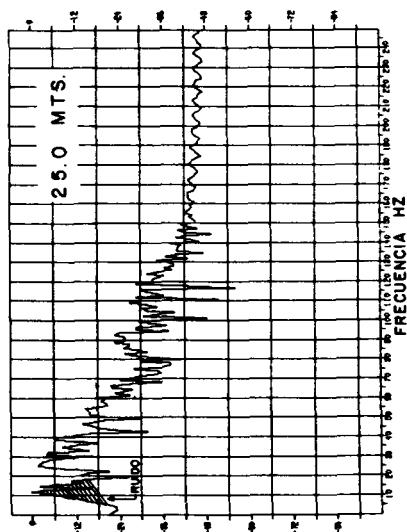
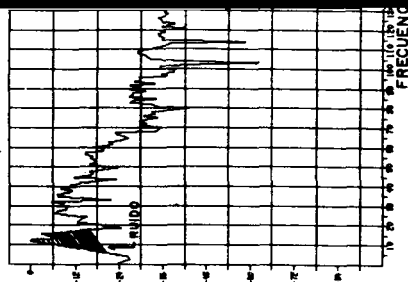
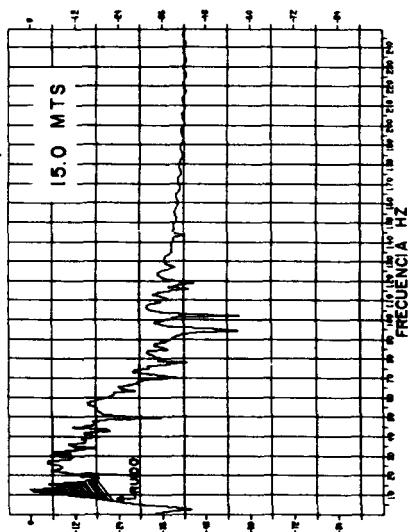


FIGURA A-6

FIGURA A-7

PRUEBAS DE PROFUNDIDAD
(TRAMO DE TRAZA SIN FILTRAR)



CARGA EMPLEADA : 2.5 Kg s.

campo T-X. (Figura A-9).

Dicho ancho de banda se colocó en los espectros de amplitud localizando la zona de ruidos en el dominio F, llegando enseguida a medir la amplitud del ruido. Esta amplitud fué posteriormente graficada contra la profundidad de la carga, mostrando aproximadamente un comportamiento exponencial, que es el esperado de acuerdo a lo expuesto en discusión previa.

Del gráfico mostrado en la figura A-10, se puede deducir que la amplitud del ruido llega a disminuir de los 25.0 metros en adelante, mostrando con esto que una profundidad del pozo de tiro de entre los 25.0 y 30.0 metros puede ser técnica y económicamente óptimo.

Muestreo Temporal de Registro y su Relación con la Resolución Vertical.- Se habló en el inicio de este apéndice que se requería resolver sísmicamente espesores del orden de 15.0 m. Si se asume una velocidad de intervalo $V_i = 2000$ m/seg. en un cuerpo arenoso, el muestreo temporal necesario para poder conseguir la resolución vertical requerida, es calculado de la siguiente forma:

$$\Delta t_m = \frac{\Delta Z}{2V_i} = \frac{15.0 \text{ m}}{2(2000 \text{ m/seg.})} = 0.00375 \text{ seg.}$$

Esto implica que un intervalo de muestreo $\Delta t_m = 0.002 \text{ seg.} = 2 \text{ mseg.}$ es suficiente para poder definir inclusive alguna característica geológica más delgada que 15.0 m. Es necesario aclarar de cualquier forma, que debido a las pérdidas de altas frecuencias por

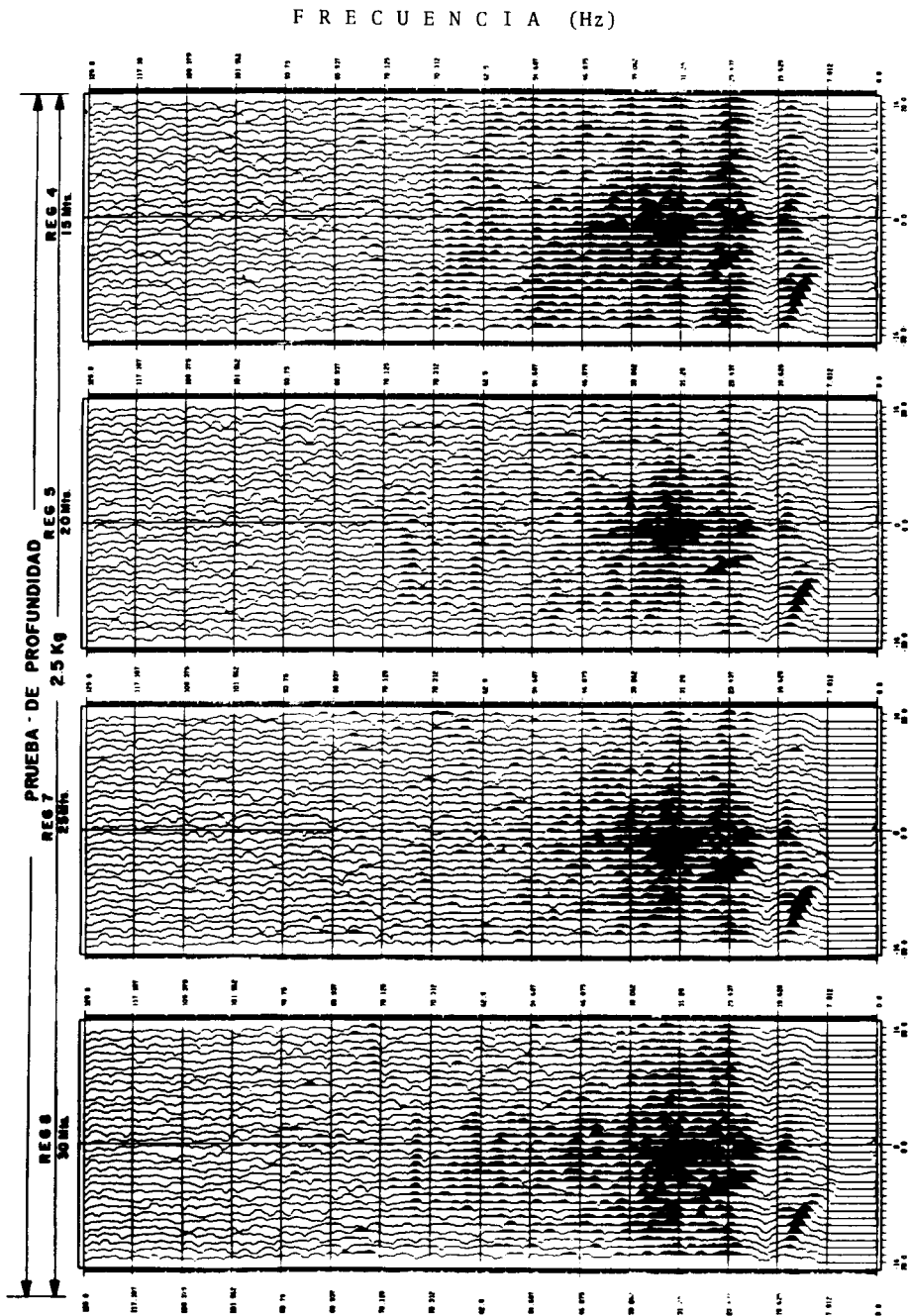


FIGURA A - 9

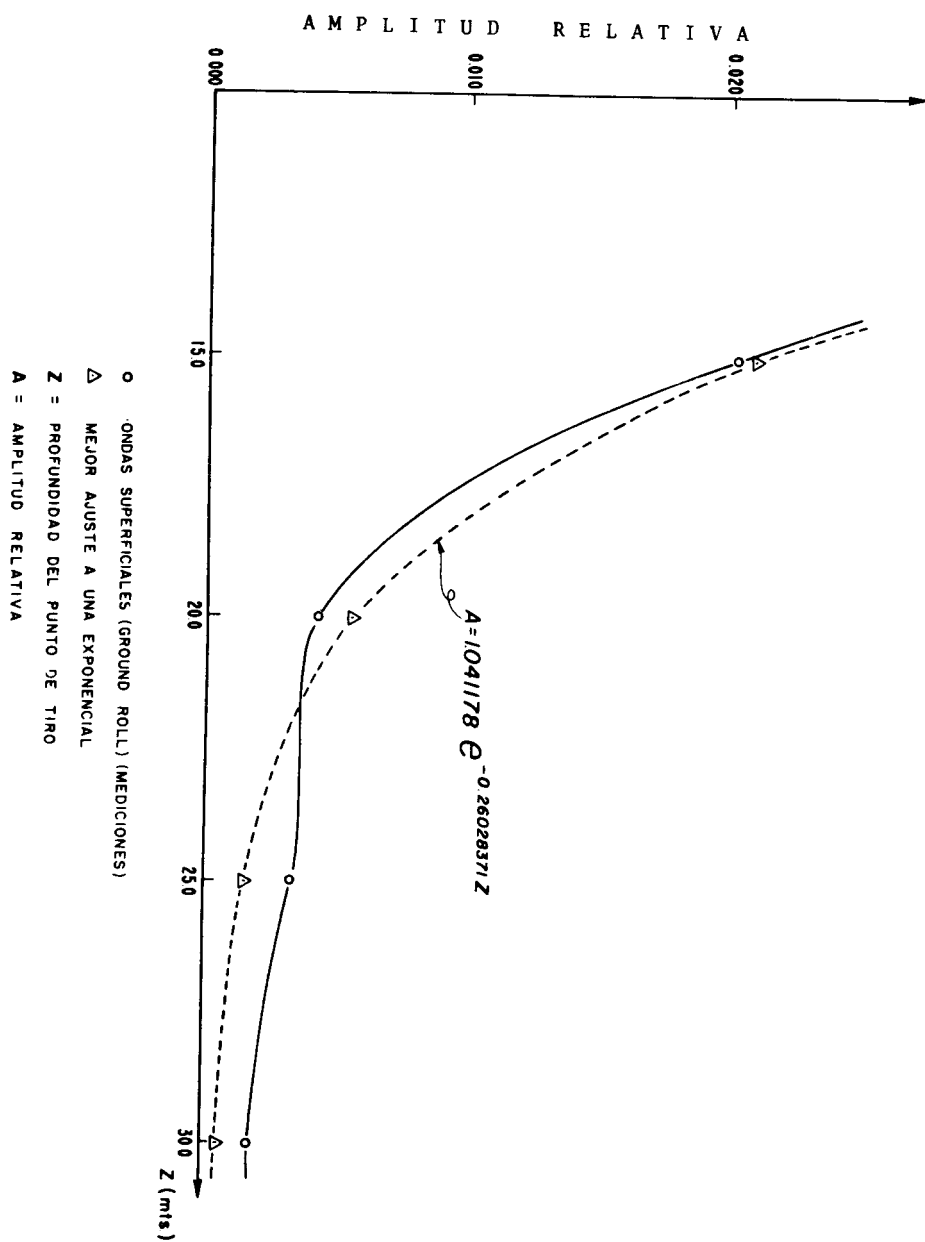


FIGURA A-10

absorción y transmisión es necesario dejar un cierto rango de resolución que permita cubrir este efecto inevitable.

Filtros de Campo.- Un filtro razonablemente bueno para el caso específico de un sismógrafo DFS-IV puede ser el de 18-36 dB/oct-124 Hz. Esencialmente, dos son las razones por las cuales este filtro es elegido. Una, se relaciona con el corte alto del filtro, es decir, a pesar de poder emplear un corte alto hasta de 250 Hz para 2 mseg. de muestreo, se recomiendan 124 Hz debido a que con los detectores con los que se cuenta en este caso (10 Hz de frecuencia natural), entran en resonancia a frecuencias mayores de los 150 Hz. La segunda razón está relacionada al corte bajo del filtro elegido. Para problemas sísmico-estratigráficos que se piensen resolver a través del proceso de inversión de la traza sísmica, es necesario tener un contenido suficiente de bajas frecuencias para definir el modelo inicial de baja frecuencia de velocidad de intervalo. Estas bajas frecuencias sólo pueden ser posibles usando un corte bajo del filtro de campo no muy alto.

Por otro lado, la pendiente en la parte baja del filtro de -36 dB/oct es deseable porque ayuda a atenuar en forma más efectiva el ruido coherente, especialmente "Ground Roll" remanente, ya que corta a -20 dB con $f = 12.5$ Hz. La pendiente de 18 dB/oct, es por otro lado, un poco más complaciente con el ruido sísmico cortando a aproximadamente $f = 8.4$ Hz a -20 dB de atenuación.

Frecuencia Natural de los Sismo-detectores.- En este caso en particular, los sismo-detectores de aproximadamente 10 Hz de frecuencia natural, podrían funcionar adecuadamente. La razón principal de no usar detectores de una frecuencia natural más alta es la ya explicada, en relación a la fuerte distorsión

de fase causada por detectores de frecuencia natural por encima de la frecuencia del corte bajo del filtro de campo.

Si en este trabajo en particular no se intenta realizar el proceso de inversión a la traza sísmica, posiblemente detectores de más alta frecuencia natural pudiesen funcionar adecuadamente, como por ejemplo de 28 Hz. Esto es, se debe cambiar naturalmente el corte bajo del filtro de campo.

Cobertura del Subsuelo.- Tomando en cuenta que la relación señal a ruido en el área de estudio es buena, se puede decir en forma práctica que 1200% de apilamiento pudiera ser económicamente una cobertura de subsuelo aceptable. Para poder apoyar esta sugerencia, se podría pensar en tirar un tramo de línea experimental con 2400% de apilamiento. Esto permitirá construir secciones de 600%, 1200% y por supuesto de 2400%. De estas versiones se - podría elegir sobre una base más clara el porcentaje de apilamiento.

La decisión de 1200% para este caso en particular, proviene de experiencias sismológicas previas en el área en estudio y la buena señal a ruido existente.

Longitud del Sismograma.- Tomando en consideración el modelo geofísico establecido previamente la profundidad para el objetivo geológico fué de 1500 m. Considerando una velocidad media de 2400 m/s, es posible decir que una longitud del sismograma de 2.500 seg. podría ser económicamente suficiente dado que el echado es considerablemente suave. Esto es aceptando que no existen reflexiones profundas.

Orientación de las Líneas Sismológicas.- Se sabe que el echado geológico es suave, y mantiene una dirección de buzamiento constante hacia el Este. De aquí que no se esperan cambios abruptos en el comportamiento estructural en la dirección a rumbo. Bajo estas condiciones y tomando en cuenta la longitud de la onda mínima de la señal reflejada se podría trazar un plan de exploración como el esquematizado en la figura A-11, donde la distancia entre líneas podría tener 76.0 m. Por supuesto este cubriría todas las necesidades de muestreo espacial, pero se antoja un poco anti-económico. Probablemente convenga en este caso comparar el costo del levantamiento en dos dimensiones con uno de tres dimensiones.

Otro aspecto importante a considerar es la distancia adicional que se le debe dar a la línea sismológica después de la última intersección con alguna perpendicular, diagonal, etc. En la práctica es posible decidir este parámetro tomando en cuenta una y media veces la longitud total del tendido. En este caso esta distancia sería del orden de 2430.0 m.

Aún después de esta decisión, la distancia de migración es la más importante a considerar. Dicha distancia se puede calcular empleando la teoría del rayo recto. Esto es que:

$$X_{mig} = Z \tan \alpha$$

dónde:

X_{mig} = distancia de migración

α = ángulo del echado geológico

Z = profundidad del objetivo

Si $Z = 1500\text{m}$ y $\alpha = 6^\circ$, la distancia de migración $X_{mig} = 157.6\text{ m}$ Esto implica que es necesario que los bordes de la

ORIENTACION DE LAS LINEAS SISMOLOGICAS

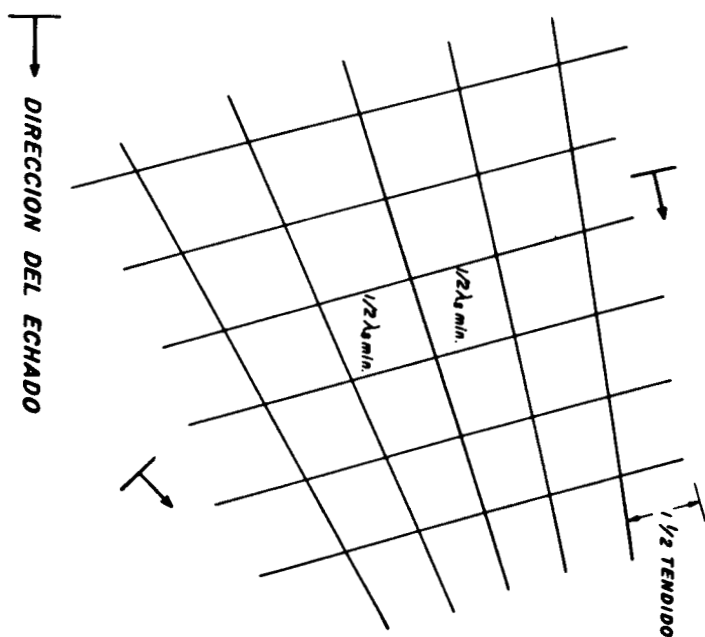


FIGURA A-II

línea diseñada se amplien en al menos X_{mig} . Esto permitirá - tener respuesta sísmica del subsuelo de interés. Esto será útil sobre todo si la línea que intercepta a la diseñada se en cuenta casi en el borde de ésta.

Por supuesto en el caso práctico del uso de un tendido y medio, se está automáticamente cubriendo la distancia de migración ya estimada.

BIBLIOGRAFIA

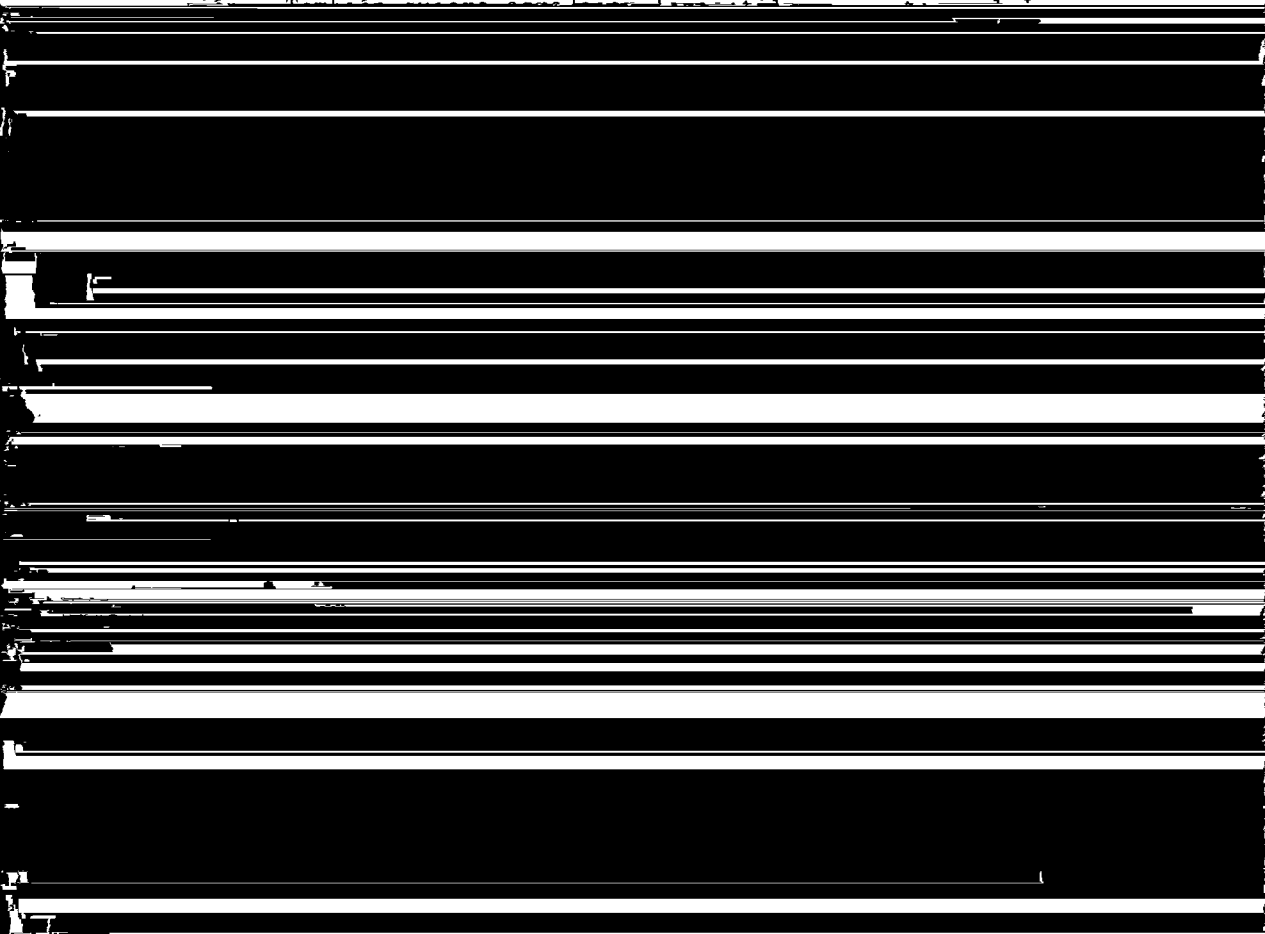
- Cox, Henry, 1973, Line array performance when the signal coherence is spatially dependent: Journal Acoustical Society of America, V-54, pp. 1743-1746.
- Denham, L.R., 1979, Field Technique design for seismic reflection exploration: Presentado en la convención de la SEG en Nueva Orleans, Louisiana.
- Dobrin, M.B., Simon, R.F., y Lawrence, P.L., 1951, Rayleigh waves from small explosions: Transactions of the American Geophysical Union, V-32, pp. 822-832.
- Embree, P., 1978, Space sampling considerations for data collection designs: Presentado en la convención EAEG en Dublin, Irlanda.
- _____, 1980, Notes on high resolution: Reporte privado de Geophysical Service Inc. (MEMO, June 30th-80).
- Gardner, G.H., 1974, Elements of migration and velocity analysis: Geophysics, V-39, No. 6.
- Grant, F.S. y West, G.F., 1965, Interpretation theory in applied geophysics; Mc Graw Hill Book Company.
- Hawes, W. y Gerdes, L., 1974, Some effects of spatial filters on signal: Geophysics, V-39, No. 4, pp. 464-498.
- Hoover, G.M., et al, - - , Seismic parameter selection using wave tests: Artículo interno de Phillips Petroleum Co., Research and Development.
- Kerekes, Albin K., 1979, Seismic array design - A practical approach: Presentado en la convención de la SEG en Nueva Orleans, Louisiana.
- Martínez Rubén D., 1980, Aspectos importantes en el diseño de técnicas de campo y en la secuencia de procesamiento de datos para estratigrafía sísmica: Reporte Privado de GSI de México.
- Martínez Rubén D. e Islas J., 1981, Técnicas de exploración sísmológica que se usan en México: Presentado en la convención de la Unión Geofísica Mexicana, en Mayo de 1981, en la Cd. de Manzanillo, Colima.

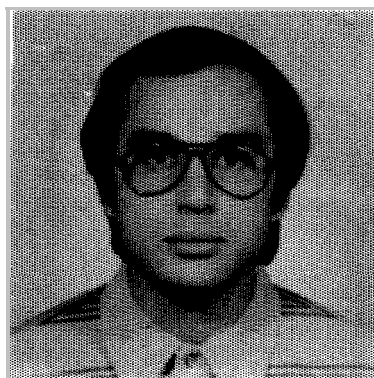
Marr, John D., 1971, Seismic stratigraphic exploration Part I:
Geophysics, V-36, No. 2, pp. 311-329.

_____, 1971, Seismic stratigraphic exploration Part II:
Geophysics V-36 No. 3 pp. 533-553

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece muy atentamente a la compañía Geophysical Service Inc., el permiso para la publicación de este artículo. Asimismo, se le dan las gracias al Ing. Andres Ramírez B. por su apoyo en todo momento para la elaboración de esta publica-





CURRICULUM VITAE

El Ing. Rubén Dario Martínez Macías es originario de la Ciudad de Torreón, Coahuila, México.

Realizó sus estudios superiores de Ingeniería Geofísica en el Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, Ciencias de la Tierra durante los años de 1970 a 1975, graduándose con el título de Ingeniero Geofísico y obteniendo la primera mención honorífica de la carrera en 1977. El título de la tesis presentada fué: "Estudio Sismológico del Prospecto Magiscatzin Tampico".

Durante dos años (1975 - 1977) fungió como interprete de datos sismológicos en la Cía. G.S.I. de México, S. A. de C. V.

Durante los mismos años (1975 - 1977) desarrolló la labor de maestro adjunto en la carrera de Ingeniero Geofísico del Instituto Politécnico Nacional, (ESIA), Ciencias de la Tierra.

A mediados de 1977 inició sus estudios de Postgrado en Geofísica, en la Colorado School of Mines, (Escuela de minas de Colorado E.U.) obteniendo en Diciembre de 1979 el grado de maestro en Ciencias (Geofísica), defendiendo la tesis titulada: "Inversión de Tiempos de Viaje de las Ondas P para la Estimación de Gradientes Laterales de Velocidad".

Ha participado en ciclos de conferencias sobre el método sísmico lógico de tres dimensiones ofrecidas a Petróleos Mexicanos en sus zonas petroleras. Asimismo ha ofrecido conferencias sobre temas variados de Sismología de Exploración en el Instituto -

Politécnico Nacional, Universidad Nal. de México, Instituto Mexicano del Petróleo y Pemex.

Uno de sus últimos trabajos a publicarse es el titulado "Técnicas de Exploración Sismológica que se usan en México", después de haber sido presentado en la convención de la Unión Geofísica Mexicana, realizada en Manzanillo, Colima.

Actualmente se desarrolla como Supervisor Técnico de la Cía. G.S.I. de México, S. A. de C. V., de los trabajos sismológicos que ésta desarrolla en la República Mexicana encargándose directamente de supervisar los trabajos de recolección (campo), procesado (centro de proceso) e interpretación de datos sismológicos para fines petroleros.

Es profesor titular en la carrera de Ingeniero Geofísico del Instituto Politécnico Nacional, Area Ciencias de la Tierra, ESIA.

FE DE ERRATAS

(Volúmen XX, Julio - Diciembre 1979, Núms. 3 y 4)

<u>Página:</u>	<u>Dice:</u>	<u>Debe decir:</u>
67	Termalidad Y	Termalidad A
76	$V = I/R$	$V = IR$
97	$V_M = \frac{\rho L}{2} \left(\frac{1}{A_M} - \frac{1}{B_M} \right)$	$V_M = \frac{\rho I}{2} \left(\frac{1}{A_M} - \frac{1}{B_M} \right)$ Cambia \underline{L} por \underline{I} en las subse- cuentes ecuaciones.
101	$K = \frac{L^2 - I^2}{4L}$	$K = \frac{L^2 - I^2}{4L}$ Ecu. 20 Cambia \underline{I} x \underline{L} en las ecuacio- nes subsecuentes.
109	$T = \sum_{i=1}^n \rho_i h_i$	$T = \sum_{i=1}^n \rho_i h_i$ Ecuación 25
138	Baja	Hoja
141	Figura 14	Figura 20

ASOCIACION MEXICANA DE GEOFISICOS DE EXPLORACION

Asociación Mexicana de Geofísicos de Exploración, A. C.

APDO. POSTAL 53-077 TELS: 254-20-44 Y 250-26-11 EXTS. 2107, 2436, 2089 Y 533-26-98

MEXICO 17, D. F.

MESA DIRECTIVA

1980-1981

Presidente:

Ing. Luis Madrigal Ugalde

Vicepresidente:

Ing. Raymundo Acosta Ojinaga

Secretario:

Ing. Raymundo Aguilera Ibarra

Tesorero:

Ing. Miguel Barrientos Martínez

Editor:

Ing. Rogelio Aspíroz Aguilar

Presidentes de Secciones Locales:

Ing. Jorge Reyes Núñez
Coatzacoalcas, Ver.

Ing. Jerónimo Rivera Juárez
Reynosa, Tam.

Ing. Arturo Pérez Galicia
Tampico, Tam.

Ing. Ernesto Elorduy Téllez
Poza Rica

Ing. Ricardo Díaz Navarro
Vocal I.M.P.

Ing. Rodolfo Bárcenas Pérez
Córdoba, Ver.

Ing. Jorge Franco Páez
Vocal I.P.N.

Ing. Enrique del Valle Toledo
Vocal U.N.A.M.

A LOS INTEGRANTES DE NUESTRA ASOCIACION:

Se comunica a nuestros socios de las inmemnizaciones otorgadas a los beneficiarios de nuestros compañeros fallecidos, de acuerdo a los términos del Seguro de Grupo que esta Asociación tiene suscrito con la Compañía de Seguros La Nacional, así como por concepto de Ayuda Mutua.

Atentamente,

EL EDITOR

Parámetros de Campo para Exploración Sísmica Estratigráfica

Asociación Mexicana de Geofísicos de Exploración, A. C.

APARTADO POSTAL 53-077 TELS: 545-74-60 EXTS. 3713, 3075, 3398 Y 567-82-61

MEXICO 17, D. F.

11 de diciembre de 1978.

Con esta fecha y estando presentes los Señores Ingenieros Alberto Arroyo Pichardo, Héctor Palafox Rayón, -
Mario Rossello Guzmán, Vicepresidente, Secretario y Teso-
nario, respectivamente, de la Asociación Mexicana de Geofísicos de Exploración, A. C.

MESA DIRECTIVA

Asociación Mexicana de Geofísicos de Exploración, A. C.

APARTADO POSTAL 53-077 TELS: 545-74-60 EXTS. 3713, 3075, 3398 Y 567-82-61

MEXICO 17, D. F.

México, D.F., junio 25 de 1979.

MESA DIRECTIVA

1977-1979

Presidente:

Ing. Antonio Deza Suárez

Vicepresidente:

Ing. Alberto Arroyo Pichardo

Secretario:

M. C Héctor Palafox Rayón

Tesorero:

Ing. Mario Rosello Guzmán

Editor:

M. C. Rogelio Aspiroz Aguilar

Vocales:

M. C. José Ponce de León

Coatzacoalcos, Ver.

Ing. Armando Núñez Núñez

Reynosa, Tam.

Ing. Carlos López Ramírez

Tampico, Tam.

Ing. Sergio Figueroa Arias

Poza Rica

Ing. Rodolfo Marín Campos

Vocal I.M.P.

Ing. Serafín Ortega Aguilar

Córdoba, Ver.

Ing. Jorge Franco Pérez

Vocal I.P.N.

M. C. Luis del Castillo

Vocal U.N.A.M.

Presidente Saliente:

Ing. Raúl Silva Acosta

Siendo las doce horas del día 25 de junio de 1979, reunidos en las oficinas del Centro Administrativo de Petróleos Mexicanos, los beneficiarios del ingeniero Francisco F. Mastache Baena, los representantes de la Asociación Mexicana de Geofísicos de Exploración y los de la Compañía de Seguros La Nacional, se hizo entrega a los primeros de la protección a que tienen derecho por haber pertenecido el citado ingeniero Francisco F. Mastache Baena al grupo de socios de la AMGE asegurados por la compañía arriba anotada.

Beneficiarios:

Esther Espinoza de Nu.
Sra. Esther Núñez Espinoza de Mastache

Elysa Mastache
Sra. Elysa Mastache Núñez

Aldo Mastache
Sr. Aldo Mastache Núñez

Javier Mastache
Sr. Javier Mastache Núñez

José Xicotencatl Mastache
José Xicotencatl Mastache Núñez

Francisco Fausto Mastache
Francisco Fausto Mastache Núñez

Marco Dino Mastache
Marco Dino Mastache Núñez

Asociación Mexicana de Geofísicos de Exploración, A. C.

APARTADO POSTAL 53-077 TELS: 545-74-60 EXTS. 3713, 3075, 3398 Y 567-82-61

MEXICO 17, D. F.

Por la Asociación Mexicana de Geofísicos de
Exploración:

MESA DIRECTIVA

1977-1979

Presidente:

Ing. Antonio Deza Suárez


Vicepresidente:

Ing. Alberto Arroyo Pichardo

Secretario:

M. C Héctor Palafox Rayón

Tesorero:


Ing. Alberto Arroyo Pichardo
Vicepresidente


Ing. Mario Rossello Guzmán

ASOCIACION MEXICANA DE GEOFISICOS DE EXPLORACION

R E C I B O

México D.F., Marzo 7 de 1980.

R e c i b í de la Asociación Mexicana de Geofísicos de Exploración, el Cheque número 000061,-
contra la Banca Serfín, por la cantidad de -----
\$ 25,000.00 (VEINTICINCO MIL PESOS 00/100) los
que se me entregan en mi calidad de beneficiaria
del Sr. Ing. Guillermo Aguilar García, quien parti-
cipó en la integración y mantenimiento del Fondo
de Ayuda Mutua que se ha formado con miembros de
la citada Asociación.

RECIBI DE CONFORMIDAD:


SRA. CONSUELO MORENO VOA DE AGUILAR

Parámetros de Campo para Exploración Sísmica Estratigráfica

A C T A

México D.F., Marzo 7 de 1980.

A las once horas del día siete de los corrientes, en las Oficinas del Centro Administrativo de Petróleos Mexicanos sitas en Marins Nacional 329, se hizo entrega a la Sra. Consuelo Moreno Vda. de Aguilar, de la cantidad de \$ 124,000.00 (CIENTO VEINTICUATRO MIL PESOS/CEERO CENTAVOS) importe del pago del Seguro de Vida al que como beneficiaria del Ing. Guillermo Aguilar García era socredora. El pago fué efectuado por la Compañía de Seguros La Nacional S.A. de acue- do a lo establecido para el Seguro de Vida de Grupo de la Asociación Mexicana de Geofísicos de Exploración en la póliza 3625G.

En el acto de entrega estuvieron presentes además de la beneficiaria, los Ingenieros Alberto Arroyo Pichardo, Mario Rosello Guzmán y Rogelio Aspiroz Aguilar de la Mesa Directiva de la Asociación Mexicana de Geofísicos de Exploración; el Sr. Leonardo Rodríguez representante de la Compañía de Seguros La Nacional y los señores Ingenieros Miguel Barrientos Martínez y Marcelo Hernández Pastrana quienes atestiguaron el acto.

Ma. Consuelo M. de Aguilar
Sra. Consuelo Moreno Vda. de Aguilar

Ing. Alberto Arroyo Pichardo Vicepresidente AMGE.

ING. Mario Rosello Guzmán Tesorero

Ing. Rogelio Aspiroz Aguilar Editor

Sr. Leonardo Rodríguez Rep. Cía. La Nacional

Ing. Miguel Barrientos Martínez Testigo

Ing. Marcelo Hernández Pastrana Testigo

Asociación Mexicana de Geofísicos de Exploración, A. C.

APARTADO POSTAL 53-077 TELS: 545-74-60 EXTS. 3713, 3075, 3398 Y 567-82-61

MEXICO 17, D. F.

MESA DIRECTIVA

1977-1979

Presidente:

Ing. Antonio Deza Suárez

Vicepresidente:

Ing. Alberto Arroyo Pichardo

Secretario:

M. C. Héctor Palafox Rayón

Tesorero:

Ing. Mario Rosello Guzmán

Editor:

M. C. Rogelio Aspiroz Aguilar

Vocales:

M. C. José Ponce de León

Coatzacoalcos, Ver.

Ing. Armando Núñez Núñez

Ixmiquilpan, Tam.

Ing. Carlos López Ramírez

Tampico, Tam.

Ing. Sergio Figueroa Arias

Pozos Rica

Ing. Rodolfo Marín Campos

Vocal I.M.P.

Ing. Serafín Ortega Aguilar

Córdoba, Ver.

Ing. Jorge Franco Páez

Vocal I.P.N.

M. C. Luis del Castillo

Vocal U.N.A.M.

Presidente Saliente:

Ing. Raúl Silva Acosta


R E C I B O -

México D.F., Marzo 20 de 1980.

RECIBI, del Fondo de Ayuda Mutua de la Asociación Mexicana de Geofísicos de Exploración, el cheque No. 00064 contra la Banca Serfín por la cantidad de \$ 25,000.00 (VEINTICINCO MIL PESOS CERO CENT.) los que se me entregan en mi calidad de Beneficiaria del Ing. FERNANDO DURAN LARA, quien colaboró para la institución y mantenimiento de dicho fondo.

BENEFICIARIA: SRA. ELSY DEL SOCORRO MONROY

Pagado con cheque
000664


27/3/80

Asociación Mexicana de Geofísicos de Exploración, A. C.

APARTADO POSTAL 53-077 TELS: 545-74-60 EXTS. 3713, 3075, 3398 Y 567-82-61

MEXICO 17, D. F.

- R E C I B O -

MESA DIRECTIVA

1977-1979

Presidente:

Ing. Antonio Deza Suárez

Vicepresidente:

Ing. Alberto Arroyo Pichardo

Secretario:

M. C Héctor Palafox Rayón

Tesorero:

Ing. Mario Rosello Guzmán

México D.F., Marzo 20 de 1980

RECIBIMOS del Fondo de Ayuda Mutua de la Asociación
Mexicana de Geofísicos de Exploración, el Cheque No.

08855 contra la Banca de México, la cual se

ASOCIACION MEXICANA DE GEOFISICOS DE EXPLORACION

México, D.F., junio de 1980

Recibimos del fondo de ayuda mutua integrado por miembros de la Asociación Mexicana de Geofísicos - de Exploración, A.C., la cantidad de \$25,000.00 (VEINTICINCO MIL PESOS, 00/100 M.N.), en nuestra calidad de beneficiarios del señor ingeniero GUSTAVO CORTEZ MARTINEZ.

SILVIA ARGELIA CORTEZ VALDEZ

GUSTAVO CORTEZ VALDEZ

LILI PATRICIA CORTEZ VALDEZ

SERGIO CORTEZ VALDEZ

JORGE ALBERTO CORTEZ VALDEZ

SOCIOS PATROCINADORES

PETROLEOS MEXICANOS

COMPAÑIA MEXICANA DE EXPLORACIONES, S. A.

C A A S A

D U P O N T

SERCEL INC.

WESTERN GEOPHYSICAL

GEOPHYSICAL SERVICE DE MEXICO, S.A. DE C.V.

PETTY GEOPHYSICAL ENGINEERING DE MEXICO

Tres veces mejor.

Litton Resources Group (El Grupo de Recursos Litton) se halla compuesto de tres compañías bien conocidas en el terreno de la exploración geofísica.

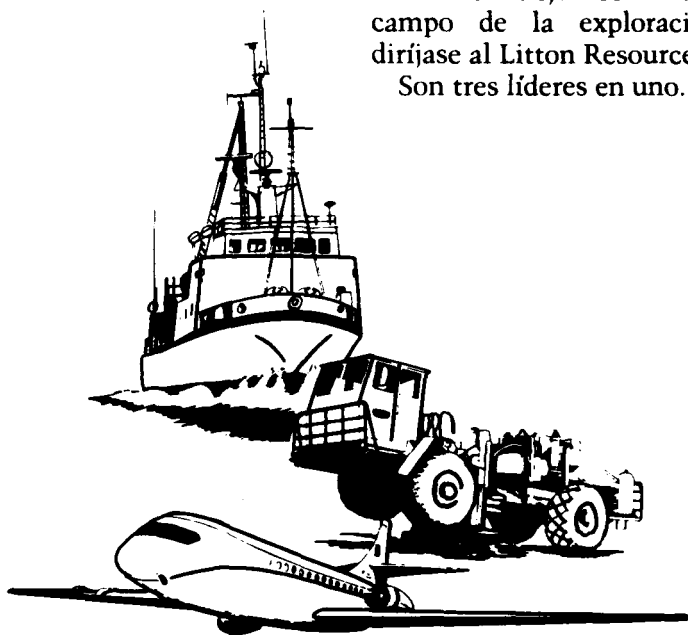
Western Geophysical es una de las líderes de la industria en servicios de exploración terrestre y marítima. Para ello utiliza métodos sísmicos gravitacionales y magnéticos, entre otros, para obtener en casi todas las regiones del mundo entero la información geofísica requerida.

Aero Service se distingue por la forma en que lleva a cabo toda clase de levantamientos aéreos y todo tipo de aerocartografía desde el radar de visión lateral hasta los métodos fotogramétricos y de espectro múltiple más modernos.

Litton Resources Systems es una líder en la manufactura de equipo electrónico y mecánico de exploración. Es la única compañía en el mundo entero que ha diseñado y construido una línea completa de equipo sísmico para uso en tierra y mar. LRS distribuye esta línea de equipo en todos los países del mundo.

Para el mejor servicio total en el campo de la exploración geofísica diríjase al Litton Resources Group.

Son tres líderes en uno.



LITTON RESOURCES GROUP

P.O. Box 2469, Houston, Texas 77001

sísmica de alta relación señal-ruido.

Multiple Applications Processor (TIMAP*)
producen información sísmica muy
efectiva en costo, rapidez y alta fidelidad.

Para mayores informes comuníquese a GSI de
Mexico, S. A. de C. V., Av. Juárez 119, Despacho
42, Mexico 1, D. F. Telefono 566-92-44.

GSI de MEXICO, S.A. de C.V.
SUBSIDIARIA DE
TEXAS INSTRUMENTS
INCORPORATED



