



CONSULTORES Y CONTRATISTAS DE EXPLORACIONES GEOFISICAS

•

PETROLEO

MINERALES

AGUA SUBTERRANEA

Y

APLICACION A LA INGENIERIA CIVIL

•

SERVICIOS GEOFISICOS, S. A. DE C. V.

AV. JUAREZ 97 DESPACHO 302

TELS.: 18 - 41 - 41 Y 12 - 89 - 70

MEXICO 1, D. F.

COMPAÑIA MEXICANA AEROFOTO, S. A.



ESPECIALIDADES

Cartografía
Catastro urbano y rural.
Cálculo electrónico.
Diseño fotogramétrico electrónico de obras de Ingeniería.
Estudios preliminares.
Fotointerpretación.
Fotografía aérea: pancromática, Infrarroja y a color.
Fotografía comercial aérea.
Fotomurales.
Levantamientos fotogramétricos.
Localización de obras.
Mosaicos fotográficos.
Programación electrónica.
Topografía.

132 empleados especializados.

EQUIPO

- | | |
|---|---|
| 1 Avión Queen Air A-80 Mat. XB-XAK | 4 Cámaras de Reproducción |
| 1 Avión Riley Rocket. Mat. XB-SAR | 3 Unidades de Telurómetro MRA-3 |
| 1 Avión Beech Craft Mat. XB-VIG | 4 Teodolitos Wild T-2 |
| 2 Aviones Piper Aztec Mat. XB-MOJ y NOO | 2 Niveles automáticos Wild NAK-2 |
| 1 Avión Cessna 185 Mat. XB-TIS | 4 Camionetas doble tracción |
| Unidad Central de Proceso IBM. 1131 | 2 Autógrafos Wild A-7 con Registradora de coordenadas |
| Lectora-perforadora de tarjetas IBM. 1442 | 1 Estereocartógrafo Wild A-8 |
| Unidad Impresora, IBM. 1132 | 1 Autógrafo Wild A-9 |
| 1 Cámara Fotogramétrica Zeiss MRK-A | 4 Autógrafos Wild B-8 |
| 1 Cámara Fotogramétrica Wild RC-9 | 1 Balplex 760, de 7 proyectores |
| 1 Cámara Fotogramétrica Wild RC-8 | 2 Kelish K-5, de 4 proyectores c u. |
| 1 Cámara Fotogramétrica Wild RC-5 | 3 Kelish K-1, de 2 proyectores c u. |
| 3 Cámaras Fairchild | 2 Multiplex de 6 proyectores c u. |
| 4 Cámaras para fotografía oblicua | |
| 6 Cámaras Rectificadoras | |

DIRECCION

Av. Obrera Mundial Num. 328 esq. con Pestalozzi
Teléfonos: 42-38-30 con tres líneas directas y 19-67-45
Cable: AEROFOTO, MEXICO MEXICO 12, D. F.
Servicios Aéreos: Ave. Santos Dumont Num. 212.

SCHLUMBERGER

SCHLUMBERGER SURENCO, S. A.

AGENCIA EN MEXICO

Av. Morelos 98, Desp. 306

Tels.: 46-85-25 y 46-13-85

MEXICO 6, D. F.

**GEOFISICOS CONSULTORES PARA
PETROLEOS MEXICANOS**



*Seismograph Service Corporation
of Mexico*

**AVE. JUAREZ 95 - 207 • MEXICO 1, D.F.
TELEFONOS : 18-27-25 • 18-56-33**

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

ESPECIALIZADOS EN :

**SERVICIO DE
GEOFISICA**

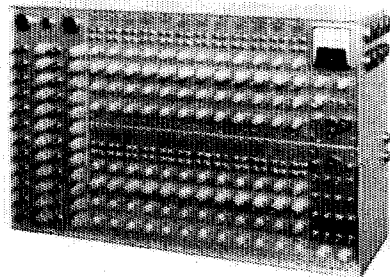
- Levantamientos :**
- Sismológicos
 - Gravimetricos
 - Magnetométricos
 - Procesado de Datos Magnéticos
 - LORAC - Levantamiento Electrónico

**SERVICIO DE
REGISTRO DE POZOS**

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

INSTRUMENTAL GEOFISICO

**DA MEJOR
RENDIMIENTO,
MAYOR DURACION
Y A UN COSTO MENOR**



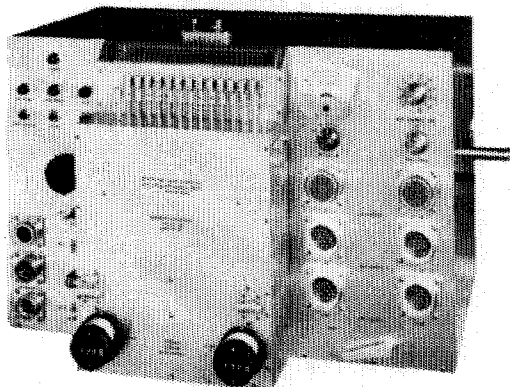
FORTUNE T-1. SISTEMA DE AMPLIFICADORES SISMICOS TRANSISTORIZADOS PARA TRABAJOS DE REFLEXION Y REFRACCION.

BAJO COSTO — El modelo T-1 es el amplificador transistorizado más barato en el mercado.

POCO PESO Y TAMAÑO REDUCIDO — El equipo T-1 de 24 canales, completo, pesa únicamente 73 libras (33.1 Kgs.) y está contenido en una sola caja, cuyas dimensiones son: 25 3/8" de largo, 15 3/4" de alto y 8" de fondo.

ALTA SENSIBILIDAD — Como el ruido propio del equipo es muy bajo, es posible operar con altas ganancias. La relación de señal a ruido, en los amplificadores, es de 20 db a 0.5 microvolts de entrada.

POTENCIA REQUERIDA — 2 amperes, a 12 volts de corriente directa.



FORTUNE DC-2B.

SISTEMA DIRECTO DE GRABACION Y REPRODUCCION.

COMPLETAMENTE TRANSISTORIZADO

El equipo DC-2B es capaz de aplicar, simultáneamente, correcciones estáticas y dinámicas a 24 trazas o más, empleando cintas normales de 6 1/2 ó 7" de ancho. Las correcciones dinámicas se aplican mediante una leva acoplada a la flecha del tambor y que puede ser referida a él. También es posible obtener previamente calibradas y ajustadas a determinada función analítica.

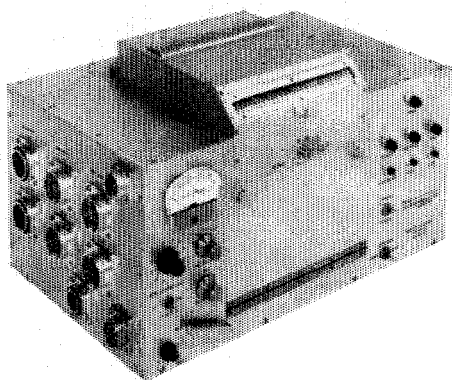
SE AJUSTA A CUALQUIER SISTEMA DE TIRO — No importa el sistema de tiro empleado, ya que mediante una barra universal de tendidos y gracias a medidores ajustables (calibrados en por ciento), es posible aplicar a cada traza la corrección dinámica adecuada.

ESPECIFICACIONES DEL MODELO DC-2B.

Transportador de la cinta. Mediante tambor, cuyo diámetro es de 7.5".
Número de canales. 24 sísmicos, 2 ó 4 auxiliares.
Tamaño de la cinta, 6 1/2 ó 7" de ancho por 24 1/2" de largo.
Distancia entre pistas. 1/4" (de centro a centro).
Velocidad de la cinta. 3.59"/segundo.
Tiempo útil de grabación. 6 seg. (el tambor da una vuelta completa en 5.6 seg.).
Corrección dinámica máxima. 150 miliseq.
Característica del motor. De histéresis de 400 ciclos.
Corrección máxima. 700 miliseq/segundo.
Rango de corrección estática. ± 50 miliseq.
Polarización (bias). 8 miliamperes a 11 Kilociclos.
Respuesta. De 5 a 200 cps.
Relación de señal a ruido. 50 db RMS a RMS.
Distorsión armónica total (a 100% el nivel de grabación). 2.5%.
Alimentación cruzada (cross lead). — 35 a 10 cps.
Grado de exactitud del sistema de tiempo. ± 1 miliseq.
Necesidades de entrada (a 100% el nivel de grabación). 50 milivolt a través de 40 ohms.*
Salida (a 100% el nivel de grabación). 100 microvolts a 50 ohms.
Potencia requerida. 0.5 amper en vacío y 14 amperes con carga.
Tamaño del transportador de la cinta. 15 x 18 x 14".
Peso. 90 libras (40.823 Kgs.).

* Al ordenar un equipo, las necesidades de entrada pueden ser cambiadas al gusto del cliente. Esto puede hacerse sin cambiar las demás especificaciones.

....DE "FORTUNE ELECTRONICS"



FORTUNE SR-5. SISTEMA DE GRABACION DIRECTA EN UNA UNIDAD "BUFFERLESS" (DE MENOR AMORTIGUAMIENTO).

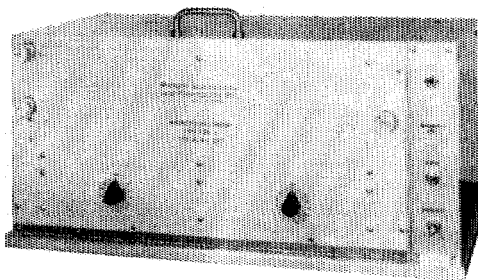
TOTALMENTE TRANSISTORIZADO — La grabadora SR - 5 ofrece los últimos adelantos en sencillez de manejo, presentando características iguales a las de sistemas más costosos y complicados.

PRECISION Y SENCILLEZ — Durante el proceso de grabación, las cabezas magnéticas están gobernadas desde la salida de los amplificadores sísmicos. Para las reproducciones, las cabezas son conectadas directamente a la entrada de los amplificadores. La reproducción queda compensada mediante una red pasiva. La ventaja de todo este tipo de operación es que se obtienen resultados con un mínimo de complicaciones y conexiones.

UN SISTEMA COMPLETO — El modelo SR - 5 está equipado con sistemas Fortune de polarización y manejo, los cuales han sido probados cientos de veces en diferentes partes del Mundo. La unidad contiene los amplificadores necesarios para grabar instante de explosión, tiempo vertical y escala de tiempo. Tiene conexiones exteriores para diversos circuitos, tales como la acción de la supresión a partir del instante de tiro, el arranque de la cámara, etc., todo ello a base de levass. Para acoplar el SR - 5 a un equipo convencional, lo único que se requiere es un juego de cables interconectores.

ESPECIFICACIONES DEL MODELO SR-5.

Transporte de la cinta. Mediante tambor, cuyo diámetro es de 7.5".
 Número de canales. 24 sísmicos y 2 ó 4 auxiliares.
 Tamaño de la cinta. 6 1/2 ó 7" de ancho por 24 1/2" de largo.
 Velocidad de la cinta. 3.59"/segundo.
 Tiempo útil de grabación. 6 seg. (el tambor da una vuelta completa en 6.6 seg.)
 Características del motor. De histéresis de 400 ciclos. Acoplado al tambor.
 Polarización (bias). 8 miliamperes a 6 kilociclos.
 Respuesta. De 5 a 200 cps.
 Correcciones estáticas (opcional) ± 100 miliseg.
 Relación de señal a ruido. 50 db RMS a RMS.
 Distorsión armónica total. (A 100% el nivel de grabación. 2.5%
 Alimentación cruzada. (Cross feed). Con entrada de 100%. —35 db a 10 cps.
 Nivel de grabación. 50 milivoltios a través de 40 ohms.
 Potencia requerida. 0.5 amper en vacío y 8.5 amperes con carga.
 Medida del transportador de la cinta. 11" X 18 1/2" X 11 1/4".
 Peso. 53 libras (24.040 kgs.).



ORTUNE — LDR.

MICROISTA - 1 (UNIDAD DE DOS TAMBORES)

PARA USARSE EN OFICINAS O EN EL CAMPO
 La serie LDR se obtiene en uno, dos o tres tambores. También existe el tipo de un solo tambor ancho, con 54 cabezas de micropista, capaz de manejar, simultáneamente, una cinta ancha o dos cintas angostas.

Cada cabeza de micropista graba sobre un ancho de 0.006", teniendo para su control lateral hasta 20 posiciones, en forma manual o automática.

Actualmente los modelos LDR llevan 15, 12 y 6 pasos, pudiendo instalarse cabezas de doble micropista, para grabación simple o doble.

Si se desean combinar los resultados de diferentes pozos de tiro, para puntos de reflexión común (common depth point), es posible agregarle al equipo conexiones programadas y amplificadores de transcripción.

Para el sistema anterior (de punto común) o trabajos de caídas de peso (weight drop), pueden combinarse los modelos LDR - 1 y DC - 2B, obteniendo así un equipo sísmico completísimo.

*Fortune
Electronics, Inc.*

H. H. HAPPEL - H. H. HAPPEL, Jr.

2505 SOUTH BOULEVARD, HOUSTON, TEXAS

Representante en Europa:

Techmation

113 Rue Lamarck, París, Francia.

Carlos Alemán A.

EXPLORACION

y

PERFORACION

Iturbide No. 36 Desp. 201.

Tel. 10-15-64

MEXICO 1, D. F.

BOLETIN

de la

Asociación Mexicana de Geofísicos de Exploración

S U M A R I O

Notas sobre el Proceso Magnético por los Ings.
Antonio García Rojas, Daniel Gutiérrez Gutiérrez y
Antonio Deza Suárez.

ASOCIACION MEXICANA DE GEOFISICOS DE EXPLORACION

MESA DIRECTIVA PARA EL PERIODO 1967 - 1968

Presidente: Ing. Jesús Basurto García.

Vice-Presidente: Ing. José Coffín Otero.

Secretario: Ing. Martín Cordero Baca.

Tesorero: Ing. Alberto Arroyo Pichardo.

Editor: Ing. Antonio Cordero Limón.

Vocales:

Ing. Raymundo Acosta Ojinaga.

Ing. Héctor Larraga Nadal.

Ing. Miguel Salmón Herrera.

Ing. Alfonso Muriedas Pavón.

Ing. Roberto Hernández Maldonado.

Ing. Fabián Castillo Chavira.

Vice-Presidente Especial para la IV

Convención Nacional: Ing. Roberto Gutiérrez Gil.

Presidente Saliente: Ing. Alfonso Cornejo Toledo.

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

El precio de subscripción para no socios es de \$ 150.00 m/n al año y
de \$ 50.00 m/n número suelto.

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

ING. ANTONIO CORDERO LIMON

Av. Juárez No. 97, Despacho 302 - B.

Teléfono: 12-41-47.

México 1, D. F.

Impreso por Abastecedora de Impresos, S. A. — Dr. Jiménez No. 352 — México 7, D. F.
Teléfono 19-56-75 con 3 líneas.

NOTAS SOBRE EL PROCESO MAGNETICO

Por los Ings. *Antonio García Rojas*

Daniel Gutiérrez Gutiérrez

Antonio Deza Suárez.

I.—INTRODUCCION AL PROBLEMA.

En muchos casos la mejoría que se tiene con el empleo de un número razonable de detectores múltiples de igual sensibilidad no es suficiente para reducir la amplitud del ruido a un nivel que haga fácilmente identificables las señales debidas a las ondas reflejadas.

En esos casos se puede recurrir al empleo de un número mayor de detectores, a tendidos de detectores múltiples de diferentes sensibilidades o al empleo conjunto de tiros y detectores múltiples.

Cuando la distribución de los detectores y explosiones es adecuado, las operaciones mencionadas equivalen a sumar con pequeñas diferencias de fase un número M y N de señales de reflejos primarios defasados entre sí por pocos milésimos de segundo. En cambio, las señales correspondientes a ruidos coherentes e incoherentes con velocidades aparentes menores que las de los reflejos tienden a reducirse en forma muy considerable.

En muchos casos puede lograrse el mismo resultado mediante la suma de un número N de las señales grabadas en registros magnéticos, lo cual puede ser más rápido y económico que el empleo combinado de pozos y detectores múltiples.

Debe hacerse notar que en algunos casos en los que la relación Señal/Ruido es muy baja, se puede justificar el empleo combinado de pozos y detectores múltiples para efectuar posteriormente procesos adicionales, según se discute posteriormente en este trabajo.

La combinación de señales de varias trazas se ha facilitado considerablemente con la introducción de la técnica de registro magnético, mediante la cual es posible obtener una buena reproducción del registro de campo en forma rápida y económica, permitiendo también el desarrollo de muchas operaciones (por métodos analógicos o digitales) que hacen posible aplicar métodos de exploración y de trabajo con los registros, que hasta hace pocos años no podían desarrollarse por falta de instrumentación adecuada.

La serie de operaciones que se ejecutan con los registros magnéticos para atenuar el efecto de las interferencias que oscurecen la presencia de los reflejos primarios se conoce como PROCESO MAGNETICO.

El presente trabajo tiene por objeto presentar, en forma elemental, algunos aspectos fundamentales del proceso magnético y de los sistemas de cálculo para determinar la respuesta de los registros tomados con detectores y pozos múltiples al combinar sus señales en el equipo de proceso magnético.

II.—CORRECCIONES ESTATICAS Y DINAMICAS.

Las señales que se graban en la cinta de campo corresponden a grupos de detectores que se encuentran a diferentes distancias del punto donde ocurre la explosión, con diferentes elevaciones y condiciones de intemperismo, por lo cual el primer paso en el proceso magnético es aplicar las correcciones necesarias para normalizar los datos a una forma más fácil de manejar, tanto desde el punto de vista teórico como instrumental.

Lo anterior básicamente consiste en referir la información a un *datum* de referencia y a una distancia de tiro uniforme, que generalmente corresponde al caso en que coincidieran el lugar de la explosión y del detector. Todos los equipos de proceso magnético pueden efectuar las operaciones anteriores por métodos analógicos o digitales suficientemente aproximados para las aplicaciones prácticas.

Las señales sismológicas que se registran en las cintas magnéticas en el campo tienen trayectorias semejantes a las indicadas en la Figura No. 1, en la que se supone que las trayectorias son líneas rectas y que el horizonte reflector es plano.

La velocidad aparente varía a lo largo de la estación, y está dada con suficiente aproximación por la fórmula:

$$V_{ar} = \frac{V_m}{\frac{X}{2Z} \pm \text{sen } \alpha} \quad (1)$$

donde V_{ar} es la velocidad aparente de la onda reflejada, V_m es la velocidad media al horizonte reflejante, X es la distancia del punto de tiro al receptor considerado, Z es la distancia normal del punto de tiro a la superficie reflejante, y α la inclinación de esta superficie.

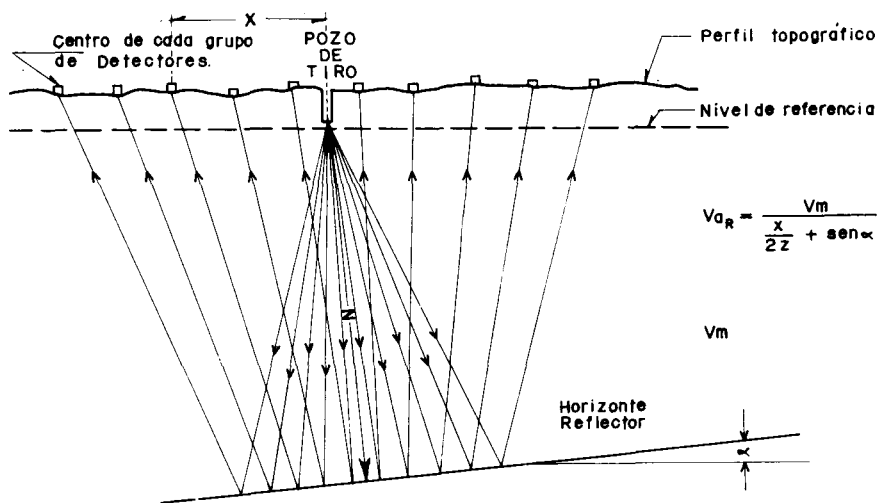


Figura No. 1.—Trayectorias de las ondas reflejadas registradas en una estación sismológica.

Las ondas registradas en cada traza son una función de las señales de salida de cada uno de los detectores del tendido y en caso de que se hayan empleado detectores múltiples existe ya una cancelación parcial de los ruidos coherentes e incoherentes. En los primeros la amplitud relativa se ha reducido en el orden de un 80% para señales con longitud de onda que varía

aproximadamente entre $\lambda_a = L$ y $\lambda_a = L (M-1)$, en donde M es el número de detectores en cada grupo. Las señales de ruido incoherente se han reducido en una relación aproximada de $1/\sqrt{M}$ con relación a su amplitud original.

Las señales de ruido coherente con longitudes de ondas mayores y menores de los límites indicados se han registrado prácticamente sin atenuación en la cinta magnética dentro de los límites de las bandas de paso de los filtros eléctricos (Bibliografía 1).

Hasta ese momento existen diferencias de tiempo de reflejo entre las trazas, debido a diferencias de elevación, intemperismo, profundidad de las cargas explotadas y diferencias entre la distancia media de cada grupo de detectores y el punto de tiro.

Los efectos de elevación, de intemperismo y profundidad de las cargas explotadas se pueden corregir fácilmente en los equipos de proceso magnético, mediante un desplazamiento de la cabeza reproductora, proporcional a la suma de las correcciones por elevación, intemperismo y profundidad de tiro. A esta corrección se le denomina CORRECCION ESTATICA porque su valor se considera constante para cada traza.

(El detalle de la forma de calcular las correcciones estáticas se considera bien conocido y no se discutirá en el presente trabajo).

Además de la corrección estática las señales producidas por los reflejos primarios tienen un tiempo de llegada que puede expresarse por la fórmula:

$$t_x = \frac{\sqrt{X^2 + 4Z^2}}{V_m} \quad (2)$$

Siendo X la distancia de tiro, Z la profundidad del horizonte reflejante y V_m la velocidad media de propagación a la profundidad Z . Si los resultados se corrigen para el caso en que el pozo de tiro y el punto receptor coincidan ($X=0$) la diferencia de tiempos será la corrección que debe aplicarse por el efecto de la distancia, a la cual se le llama CORRECCION DINAMICA, porque varía con el tiempo de registro.

El valor de la corrección dinámica es:

$$\Delta t_{C.D.} = \frac{\sqrt{X^2 + 4Z^2}}{V_m} - \frac{2Z}{V_m} = \frac{2Z}{V_m} \left\{ \left[1 + \left(\frac{X}{2Z} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} - 1 \right\} =$$

$$= \frac{2Z}{V_m} \left\{ \frac{1}{2} \left(\frac{X}{2Z} \right)^2 - \frac{1}{8} \left(\frac{X}{2Z} \right)^4 + \frac{1}{16} \left(\frac{X}{2Z} \right)^6 - \dots \right\} \approx \frac{X^2}{4V_m Z} \quad (3)$$

Cuando las distancias de tiro son pequeñas con relación a la profundidad del horizonte reflejante, la corrección dinámica se aproxima por el primer término de la serie anterior. Esto es la condición que se considera adelante, pero no afecta en nada la validez de los temas tratados.

Haciendo un desplazamiento adicional de las cabezas a lo largo de la cinta proporcional a la corrección dinámica, se corrige por diferentes distancias de tiro obteniéndose tiempos de reflejo para incidencia normal correspondientes al punto medio entre el lugar de la explosión y el centro del tendido.

El detalle de la forma de calcular las correcciones dinámicas se considera bien conocido y no se discutirá en el presente trabajo.

Las señales corregidas en la forma indicada anteriormente pueden ser registradas directamente en una sección, o grabadas en otra cinta magnética auxiliar para proceso adicional, en el cual se tiende a obtener una reducción en las señales que oscurecen a las de los reflejos primarios.

Las ondas reflejadas que quedan grabadas en la cinta magnética auxiliar ya corregida, se encuentran referidas a una distancia $X = 0$ y al nivel de referencia correspondiente a la condición indicada en la figura No. 2.

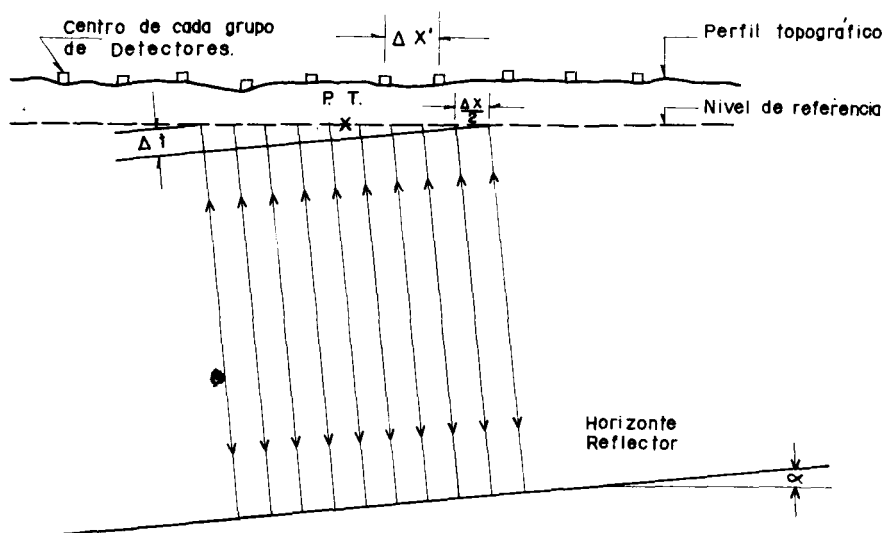


Figura No. 2.—Trayectoria equivalente de las ondas grabadas en la cinta magnética auxiliar.

Según puede observarse en la Figura No. 2, los tiempos de reflejo en la cinta corregida son equivalentes a trayectorias de incidencia normal, y en caso de que el horizonte reflector sea plano se obtiene un alineamiento en las señales debidas a los reflejos primarios que corresponde a un frente de onda plano, en donde las diferencias de tiempo se deben exclusivamente al echado de la formación, y la velocidad aparente de los reflejos resulta igual a:

$$\frac{\Delta X}{\Delta t} = V'_{4R} = \frac{V_m}{\text{sen } \alpha} \quad (4)$$

la cual es diferente de la velocidad aparente V'_{4R} que se puede calcular de los registros originales, ocupando menor espacio dentro de la banda de las ondas reflejadas, según se indica en la Figura No. 3. (Nótese que V'_{4R} no es la misma velocidad aparente que se emplea en el cálculo del número de detectores a que se hace referencia en las "Notas Sobre el Empleo de Detectores Múltiples").

Por otra parte, en la cinta magnética auxiliar, las velocidades aparentes de las ondas de ruido coherente sólo sufren un aumento ligero por las correcciones que se han introducido para alinear a las ondas reflejadas, debido a que corresponden a diferencias de tiempo notablemente mayores, y por lo tanto se modifica muy poco la posición que originalmente tenían en el espacio de las ondas de ruido, según se indica en las Figuras 3-a y 3-b.

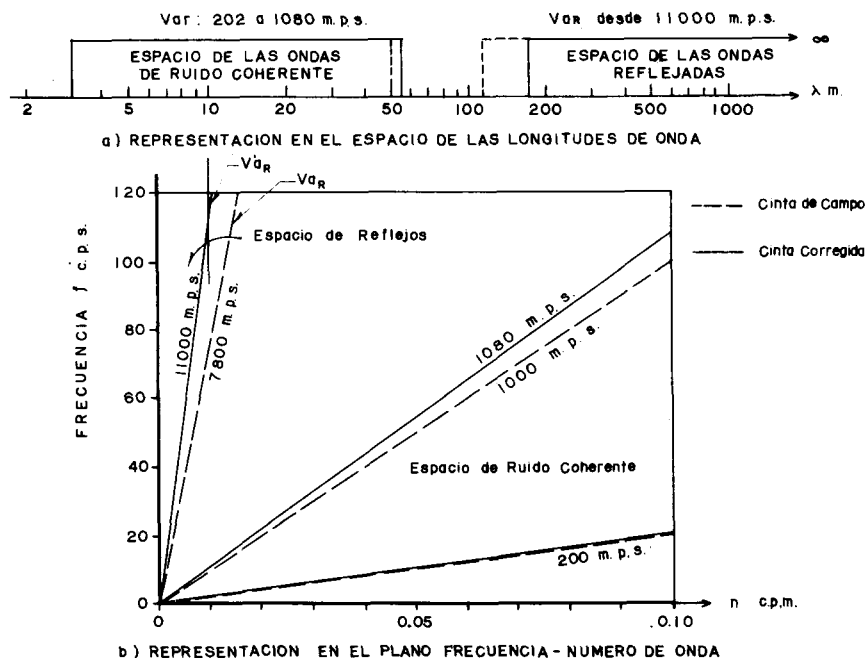


Figura No. 3.—Modificación que sufren los espacios de las ondas reflejadas y de las ondas de ruido al hacer las correcciones dinámicas y estáticas.

Al aplicar las correcciones estáticas y dinámicas, las trazas están prácticamente alineadas y en condiciones más fáciles de tratar, tanto desde el punto de vista teórico como instrumental, por lo cual el primer paso en todas las operaciones de proceso magnético es obtener registros o cintas auxiliares corregidas.

En algunos casos, especialmente cuando hay variaciones grandes en las correcciones de una traza a otra, por ejemplo en trabajos desarrollados en áreas con diferencias de elevación importantes, es posible obtener una sección fácil de interpretar solamente con la aplicación de las correcciones estáticas y dinámicas. Sin embargo, en el caso general, es necesario recurrir a procesos más elaborados.

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

- 1.—A. GARCIA ROJAS Y D. GUTIERREZ.—La integral de Fourier y su aplicación al estudio de señales y equipos sismológicos. — Publicación interna de Petróleos Mexicanos - 1963.

III.—*DISMINUCION DE LAS AMPLITUDES DEL RUIDO COHERENTE E INCOHERENTE AL SUMAR LAS SEÑALES DE VARIAS PISTAS.*

Primera Parte.—Respuesta a señales periódicas.

El problema de los ruidos coherentes de baja velocidad aparente y el de los ruidos incoherentes ha sido discutido con detalle en otras publicaciones (Bibliografía 1 y 2), por lo cual en este trabajo sólo se presentan los aspectos principales de este problema, en la parte en que tienen relación con el registro magnético.

Este tipo de señales en muchas ocasiones se presenta en los registros sísmológicos sin que su existencia se pueda comprobar en los registros normales, en los cuales la distancia entre detectores es del orden de 20 a 30 metros, según se puede ver en la Figura No. 4.

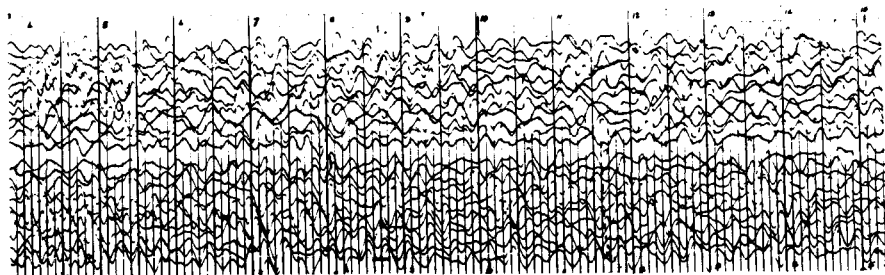


Figura No. 4.—Registro observado en una área de la zona de Tampico empleando un detector por traza. (Nótese que los ruidos coherentes no son discernibles).

Como se hacen observaciones para análisis de ruidos, con distancia entre detectores del orden de 3 metros (Bibliografía 3) en la mayoría de los casos es posible distinguir claramente la existencia de ruidos coherentes, según puede verse en la Figura No. 5.

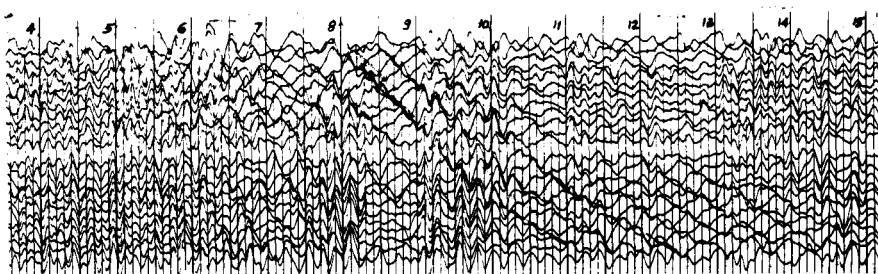


Figura No. 5.—Registro de un tiro hecho para análisis de ruidos, con distancia de tres metros entre detectores, en la misma localidad y condiciones que el registro de la Figura 1. (Nótese que la interferencia entre los reflejos y las señales de ruido son claramente discernibles).

En muchos casos el empleo de detectores múltiples, distribuidos de una manera adecuada (Bibliografía 1), da origen a un mejoramiento considerable en la calidad del registro y los reflejos son claramente discernibles, según se indica en la Figura No. 6.

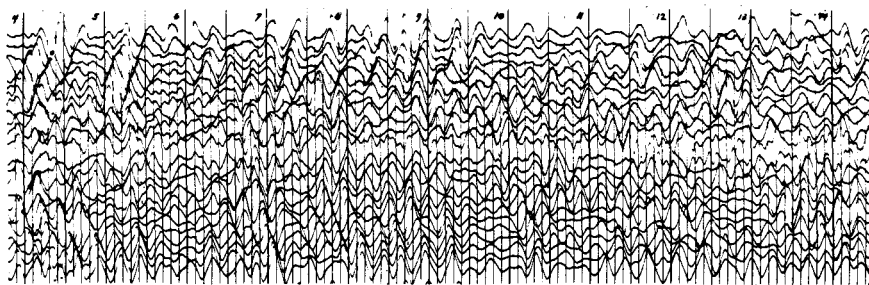


Figura No. 6.—Registro obtenido mediante el empleo de detectores múltiples en la misma localidad que las observaciones de los registros de las figuras 1 y 2 (Nótese que en la parte final del registro no hay una mejoría importante).

En muchos casos la mejoría que se tiene con el empleo de un número razonable de tiros y detectores múltiples de igual sensibilidad no es suficiente para reducir la amplitud del ruido a un nivel que haga fácilmente identificables las señales debidas a las ondas reflejadas, según se ilustró en la Figura 3 para la última parte que se muestra del registro.

En estos casos es factible reducir la amplitud de las ondas de ruido coherente e incoherente mediante la suma de las señales grabadas en las diferentes pistas de un registro magnético auxiliar, en el que se hayan aplicado las correcciones estáticas y dinámicas a las señales grabadas en las cintas de campo.

En la cinta magnética auxiliar las señales debidas a las ondas reflejadas se encuentran alineadas, con pequeñas diferencias de tiempo entre las diferentes trazas, mientras que siguen existiendo diferencias de tiempo considerables para las señales que corresponden a los ruidos coherentes, según se indica en forma esquemática en la Figura No. 7.

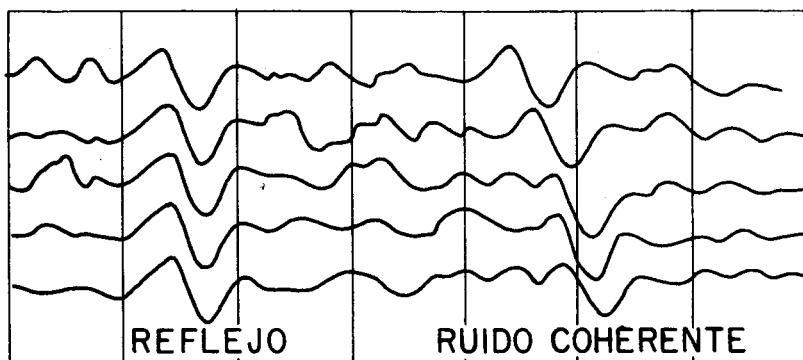


Figura No. 7.—Esquema mostrando las diferencias de tiempo entre diferentes trazas para señales correspondientes a reflejos y a ruido coherente.

Las señales grabadas en el campo y en la cinta magnética auxiliar han pasado por los mismos filtros, por lo que aunque las componentes de su espectro de frecuencia tengan diferente amplitud y fase, las frecuencias de sus componentes son iguales.

Considerando la suma de una sola componente, de frecuencia f , al sumar las señales de N trazas, se tiene:

$$S = A \sin 2\pi f t + A \sin 2\pi f (t + \Delta t) + A \sin 2\pi f (t + 2\Delta t) + \dots + A \sin 2\pi f [t + (N-1)\Delta t] \quad (5)$$

en donde S es la suma de las señales, A la amplitud de la señal en cada una de las pistas del registro magnético auxiliar, f la frecuencia considerada y Δt la diferencia de tiempo entre pistas consecutivas.

Procediendo en la misma forma que para el caso de detectores múltiples se llega a la fórmula:

$$S = A \sin 2\pi f \left[t + \frac{(N-1)\Delta t}{2} \right] \frac{\sin 2\pi f \frac{N\Delta t}{2}}{\sin 2\pi f \frac{\Delta t}{2}} \quad (6)$$

En la fórmula 6 el primer término en función del seno corresponde en amplitud y fase al de una traza (o pista) situada en el centro de las trazas consideradas y por lo tanto puede ponerse:

$$S = A \sin 2\pi f t_c \frac{\sin (\pi f N \Delta t)}{\sin (\pi f \Delta t)} = A \frac{\sin (N \omega \frac{\Delta t}{2})}{\sin \omega \frac{\Delta t}{2}} \sin \omega t_c \quad (7)$$

en donde t_c es el tiempo promedio de las trazas consideradas.

Las respuestas típicas del sistema, considerando como variable a $N f \Delta t$ y para diferentes valores de N se indica en la Figura 8. El estudio de esta figura y de la fórmula (4) muestra que el sumar las señales de una serie de trazas equivale a aplicar un filtro en el dominio del tiempo, semejante al de los tendidos de detectores múltiples.

Las curvas de la Figura No. 8 muestran aspectos de gran importancia relativos al proceso magnético indicado según se muestra adelante:

- a).—Para valores de $N f \Delta t$ comprendidos entre 0 y 0.37, la amplitud resultante de la suma de N señales de la misma amplitud media es igual o mayor que 0.7 N veces la amplitud de la señal de cada traza.

A este espacio se le designará en adelante como la banda de paso del sistema de proceso magnético, y dentro de ella deben quedar todos los productos para las señales que corresponden a los reflejos primarios, siendo Δt la diferencia de tiempo entre trazas consecutivas.

- b).—Entre $Nf\Delta t = 0.8$ y $Nf\Delta t = N - 0.8$ se encuentra la banda de atenuación (Figura No. 8); esta banda está bien limitada por la banda de paso principal y la primera banda de paso asociada. Para construir la curva de la Figura No. 8 se puede usar la Tabla No. 2 (ver al final), C vs. L/λ usando la substitución:

$$f\Delta t = \frac{1}{N-1} \cdot \frac{L}{\lambda a} \quad (8)$$

- c).—Además de la primera banda de paso comprendida entre $Nf\Delta t = 0.4$ aproximadamente y de la primera banda de atenuación comprendida entre $Nf\Delta t = 0.8$ y $Nf\Delta t = N - 0.8$ aproximadamente, existen otras bandas de paso y atenuación que se repiten hasta el infinito y que se localizan como sigue:

$$\text{Bandas de paso:} \quad Nf\Delta t = Nn \pm 0.4$$

$$\text{Bandas de atenuación entre:} \quad Nf\Delta t = Nn + 0.8$$

$$\text{y} \quad Nf\Delta t = 2Nn - 0.8$$

siendo n el número de la banda de paso asociada.

- d).—En las partes comprendidas entre las bandas de paso y las de atenuación (mostradas en blanco en la Figura No. 8) la variación en la amplitud relativa de la suma de N señales es muy rápida y por lo tanto debe evitarse que caigan en ella las señales que se desean hacer destacar (ondas reflejadas) o las que se desean eliminar.

e).—La eliminación de las bandas de paso asociadas, dentro de los límites prácticos para el trabajo sismológico, pueden hacerse mediante la combinación del proceso magnético y de detectores múltiples, según se trata en las páginas 136 a 139.

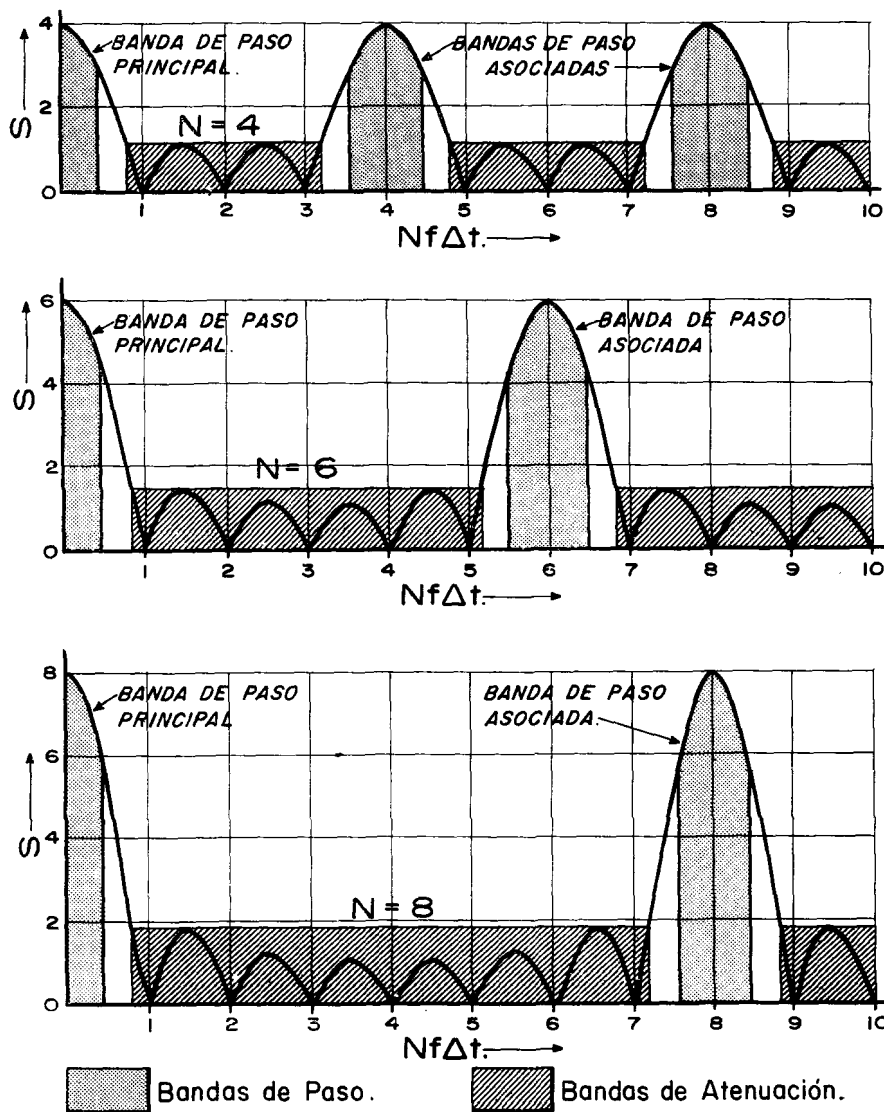


Figura No. 8.—Amplitud relativa de la suma de N señales de la misma amplitud, defasadas uniformemente a lo largo de un registro.

Ruido incoherente.—En diferentes trabajos se ha mostrado que mediante el empleo de detectores múltiples el nivel de ruido incoherente se reduce aproximadamente de acuerdo con la fórmula:

$$\frac{A_1}{A_M} = \frac{1}{\sqrt{M}} \quad (9)$$

siendo A_1 la amplitud media cuando se tiene solamente un detector por traza y A_M la amplitud media cuando se tienen M detectores por traza.

Al sumar las señales de N pistas de la cinta magnética se reproduce el mismo fenómeno, y la amplitud de las señales de ruido incoherente se reduce de acuerdo con la fórmula:

$$\frac{A_M}{A_{MN}} = \frac{1}{\sqrt{N}} \quad (10)$$

en donde las A tienen un significado equivalente.

Un análisis más detallado que el de la cita bibliográfica 2, y los trabajos experimentales de Pieuchot y Richards muestran que la reducción es del orden del 80% de la que se obtiene aplicando las fórmulas (9) y (10).

La disminución de la amplitud de los niveles de ruido incoherente con relación a los niveles de la señal reflejada quedan expresados aproximadamente por la fórmula:

$$\frac{A_R}{A_{ri}} = \frac{1.25}{\sqrt{MN}} \quad (11)$$

Aplicando la fórmula anterior se ve que es factible la reducción de la amplitud del ruido incoherente de acuerdo con lo que se indica adelante:

TABLA No. 1

Número de trazas sumadas	Reducción relativa A/A_n
4	.75
6	0.61
10	0.48
20	0.34

Efecto Conjunto de los Detectores y el Proceso Magnético

En los resultados finales, después de aplicar el proceso magnético, la reducción total en la amplitud de las señales correspondientes a las ondas reflejadas y a las señales de ruido es el resultado conjunto del empleo de detectores múltiples y del proceso magnético.

Si en forma semejante al caso de detectores múltiples se define como respuesta relativa del proceso magnético a la relación:

$$C_{pm} = \frac{1}{N} \cdot \frac{\text{sen } N \omega \frac{\Delta t}{2}}{\text{sen } \omega \frac{\Delta t}{2}} \quad (12)$$

La respuesta del conjunto de detectores y del sistema magnético es:

$$C_t = C_d \cdot C_{pm} \quad (13)$$

siendo C_t la respuesta total y C_d la respuesta del grupo de detectores.

Como C_d normalmente se expresa en función de la longitud aparente de onda de la señal sísmológica y C_{pm} está referida a las diferencias de tiempo

entre trazas, es necesario que ambas queden en función de la misma unidad, lo cual puede hacerse fácilmente teniendo en cuenta que

$$\Delta t = \frac{\Delta X^1}{V_a} \quad (14)$$

siendo ΔX la distancia entre los centros de los grupos de detectores y V_a la velocidad aparente de las señales.

Substituyendo la fórmula (14) en la fórmula (12) y recordando que $\lambda_a = \frac{V_a}{f}$ se tiene:

$$C_{pm} = \frac{1}{N} \cdot \frac{\text{sen } \frac{\pi N \Delta X}{\lambda_a}}{\text{sen } \frac{\pi \Delta X}{\lambda_a}} \quad (15)$$

La variación de C_{pm} puede calcularse de la Tabla No. 2, que da los valores de C_d para detectores múltiples haciendo:

$$\zeta = (N - 1) \Delta X^1 \quad (16)$$

Las respuestas relativas de un grupo determinado de detectores y del proceso magnético para N trazas (o pistas) de amplitud semejante, así como la respuesta del conjunto detectores-proceso magnético se indican en la Tabla 2 y en la Figura 9, en la que se ve claramente que la cancelación de las señales de muy baja velocidad aparente (que corresponden a longitudes de onda muy bajas) se debe casi exclusivamente al empleo de detectores múltiples y a pozos múltiples.

Esto se debe a que las bandas de paso asociadas de la respuesta del proceso magnético se agrupan mucho en la zona de bajas longitudes de onda,

por lo cual es difícil lograr que las bandas de atenuación asociadas (del proceso magnético) coincidan con la primera banda de paso asociada de los detectores.

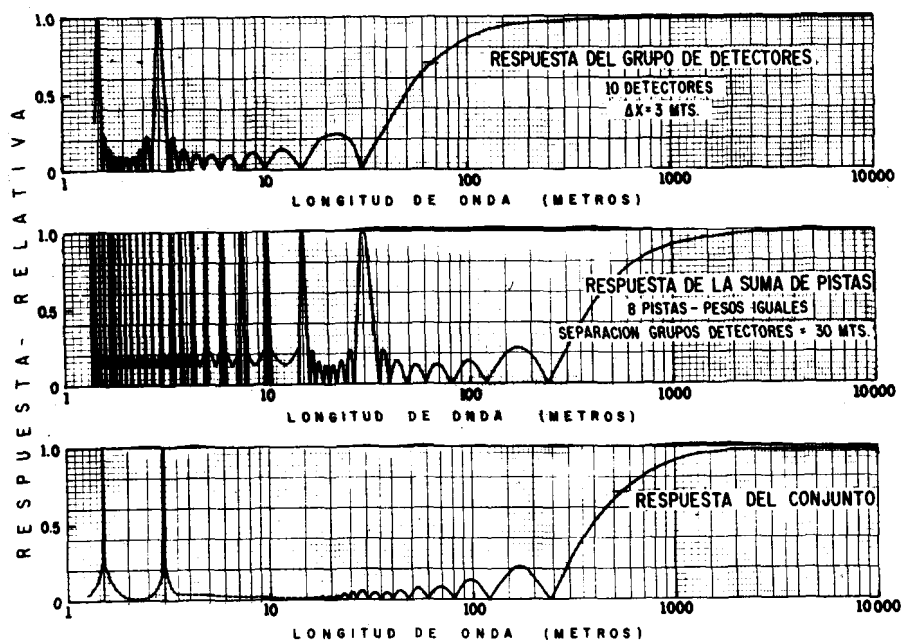


Figura No. 9.- Respuesta relativa del conjunto de 10 detectores y de la suma de 8 trazas con igual peso.

En el caso de la figura 9 y de la Tabla No. 2, la relación entre la separación de grupos de detectores y la separación de detectores tienen una relación que da un número entero, lo cual origina que los máximos de la banda de paso del proceso magnético coincidan con valores de cero en la respuesta del grupo de detectores. Cuando esta condición no se verifica se pueden tener coincidentes uno o varios máximos de la banda de paso del proceso magnético y de la respuesta del grupo de detectores, dando posibilidades a la presencia de ruido de amplitud considerable para ciertas frecuencias y velocidades aparentes.

Sin embargo, esto generalmente no da origen a máximos de valor muy alto, según se indica en la Figura 10, para condiciones ligeramente diferentes de las de la Figura 9.

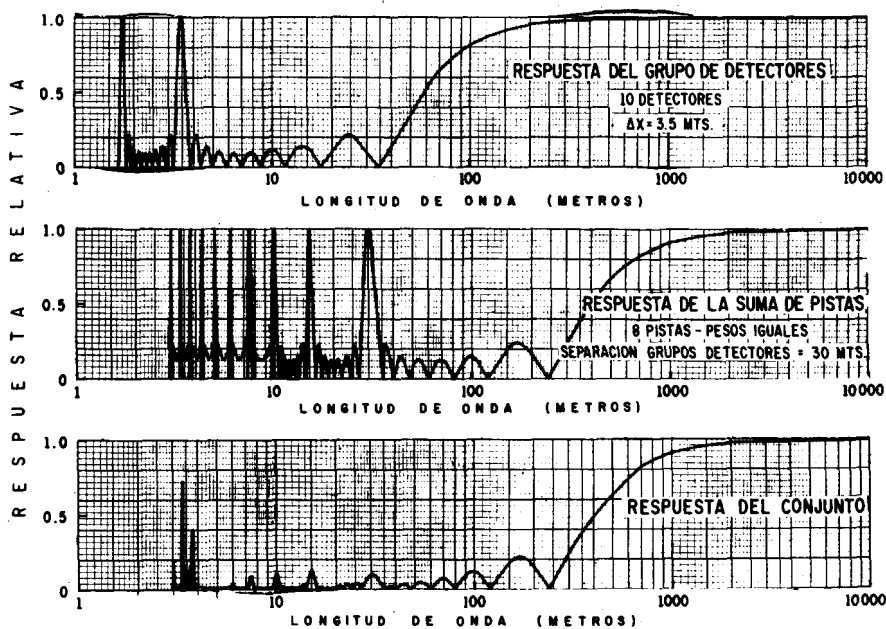


Figura No. 10.—Respuesta del conjunto Detectores-Registro Magnético. Cuando la distancia entre detectores no es un sub-múltiplo exacto de la distancia entre grupos de detectores. Nótese los máximos intermedios de valores más altos que para el caso de la figura 9.

Segunda Parte.—Respuesta del Proceso de Suma de Varias Trazas a Señales Transitorias.

Las señales grabadas en los Registros Magnéticos que se obtienen en el trabajo sismológico de exploración son de carácter netamente transitorio, lo cual hace necesario estudiar la respuesta del sistema de proceso a esta clase de señales.

La respuesta del conjunto Detectores-Proceso Magnético a señales periódicas permite tener una idea rápida y muy aproximada, de lo que ocurre para el caso de señales transitorias, aún cuando sólo sea para justificar la aplicación de lo tratado en la Primera Parte de III.

Las señales transitorias grabadas en la cinta magnética pueden ser de carácter coherente o de carácter incoherente, estando caracterizadas las primeras por la presencia de señales de amplitud y forma semejantes, separadas por pequeñas diferencias de tiempo, que varían uniformemente en las diferentes pistas de la cinta. Las señales de carácter incoherente no tienen un alineamiento definido a lo largo de las cintas y su localización puede considerarse como fortuita.

Los dos tipos de señales mencionadas aparecen simultáneamente en las cintas y uno de los objetivos fundamentales del proceso magnético es atenuar las señales de carácter coherente de velocidad aparente baja (menor de unos 5000 mts/seg.) y las señales de carácter incoherente, a fin de hacer más fácilmente observables a las señales de carácter coherente con velocidad aparente elevada, ya que entre éstas se encuentran las de los reflejos primarios, que son las que permiten obtener información sobre la forma y continuidad de las capas reflejantes.

En registros magnéticos tomados en condiciones adecuadas de operación, la amplitud promedio de las señales de las diferentes pistas es aproximadamente uniforme, por lo cual, si se suman las señales de N pistas, la amplitud relativa de las señales debidas al ruido incoherente se reduce en la relación aproximada de $1/\sqrt{N}$ (Bibliografía 2).

Las señales de carácter coherente de velocidad aparente baja tienden a oscurecer la presencia de reflejos primarios, por lo cual se procura atenuarlas, lo que puede lograrse en muchos casos porque las diferencias de tiempo con que aparecen en trazas consecutivas es generalmente mayor que las que corresponden a los reflejos primarios.

Las señales de carácter coherente, después de hacer correcciones estáticas y dinámicas tienen un alineamiento de la forma mostrada en la Figura 11, aún cuando se encuentren entremezcladas con otras señales.

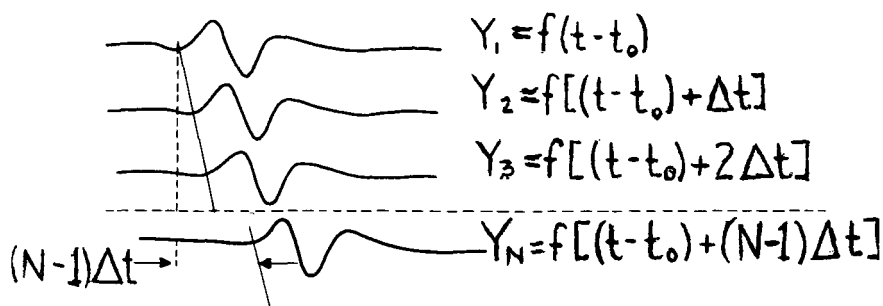


Figura No. 11.—Forma y secuencias típicas en un registro sismológico de las señales debidas a las ondas reflejadas.

Al sumar las señales de la forma indicada en la figura 11, la señal resultante será función de:

- La forma y frecuencia aparente típica de las señales.
- El defasamiento de las señales de una pista a otra.
- El peso que se dé a las diferentes señales al sumarlas.

En forma teórica experimental se ha comprobado que las señales producidas por las ondas reflejadas tienen una forma definida que se ha designado con el nombre de Pulso de Ricker, el cual al ser registrado a través de detectores y amplificadores toma una forma muy parecida a la que se muestra en la Figura 12.

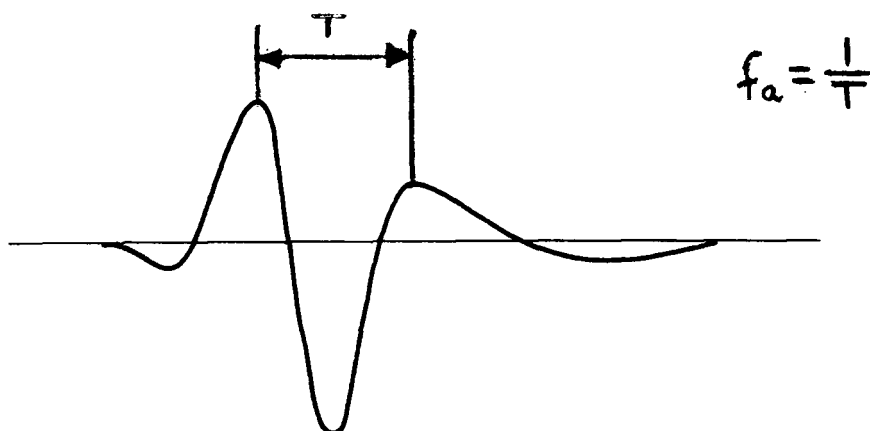


Figura No. 12.—Forma del Pulso de Ricker modificado al pasar por detectores y amplificadores.

Si las señales son iguales en las diferentes trazas del registro, se puede poner:

$$y_1 = f(t - t_0); y_2 = f[(t - t) + \Delta t];$$

$$y_n = f[(t - t_0) + (N - 1) \Delta t]$$

en donde $y = f(t - t_0)$ es la señal de onda coherente la cual puede ser considerada como obtenida experimentalmente y N es el número de la traza.

La suma de N señales a las cuales se dé el mismo peso será:

$$\begin{aligned} \gamma &= \gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3 + \dots + \gamma_N = f(t - t_0) + f[(t - t_0) + \\ &+ \Delta t] + f[(t - t_0) + 2\Delta t] + \dots + f[(t - t_0) + (N - 1) \Delta t] \\ &= \sum_{n=1}^N f[(t - t_0) + (n - 1) \Delta t] \quad \dots \quad (17) \end{aligned}$$

Esta señal puede definirse en función del número de períodos aparentes transcurridos desde que se observa el principio del pulso hasta el tiempo "t" considerado, poniendo:

$$y = f(t - t_0) = f(\tau),$$

en donde

$$\tau = \frac{t - t_0}{T} \quad (18)$$

debiéndose poner, en este caso: $\Delta \tau = \frac{\Delta t}{T}$

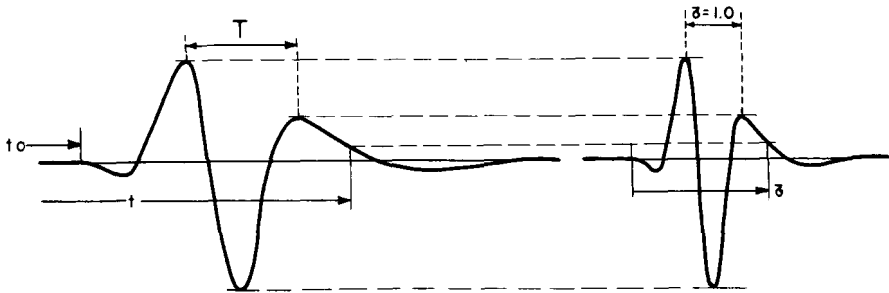


Figura No. 13.—Impulso sísmico transitorio en función del tiempo ($t - t_0$) y en función del número

Reemplazando t y Δt en la fórmula (17) por los valores de t y de $\Delta \tau$ se tiene:

$$\gamma = \sum_{n=1}^N f[\tau - (n-1)\Delta\tau] t \dots \dots \dots (19)$$

en donde el cambio variable equivale a un cambio de escala, según se indicó en la figura 13, en la que se ve que para transformar los valores de $Y = f(\tau)$ a valores de $y = f(t - t_0)$ es suficiente con multiplicar los valores de τ por $(t - t_0)$. Esta transformación permite —teniendo la forma de una señal— obtener la suma de N señales en función de su forma típica, y después, por medio de una simple multiplicación, obtener el mismo resultado para diferentes valores del tiempo t , correspondientes a diferentes períodos aparentes T .

En las fórmulas (17) y (19) se ha considerado que las señales se suman dándoles igual peso. En este caso la amplitud total de la señal resultante puede variar entre $Y = NY$, cuando Δt ó $\Delta \tau$ son iguales a 0, a un valor muy bajo para ciertos valores de $N \Delta t$ ó de $N \Delta \tau$, según se ilustra en la figura 14.

La suma de N señales producidas por un Pulso de Ricker depende fundamentalmente de la frecuencia aparente $f_a = (1/T)$ y de la diferencia de tiempos entre las señales registradas en pistas consecutivas del registro. (La banda de paso de los filtros influye también, aún cuando en forma mucho menor si su anchura es adecuada para reproducir el pulso sin deformarlo en forma importante).

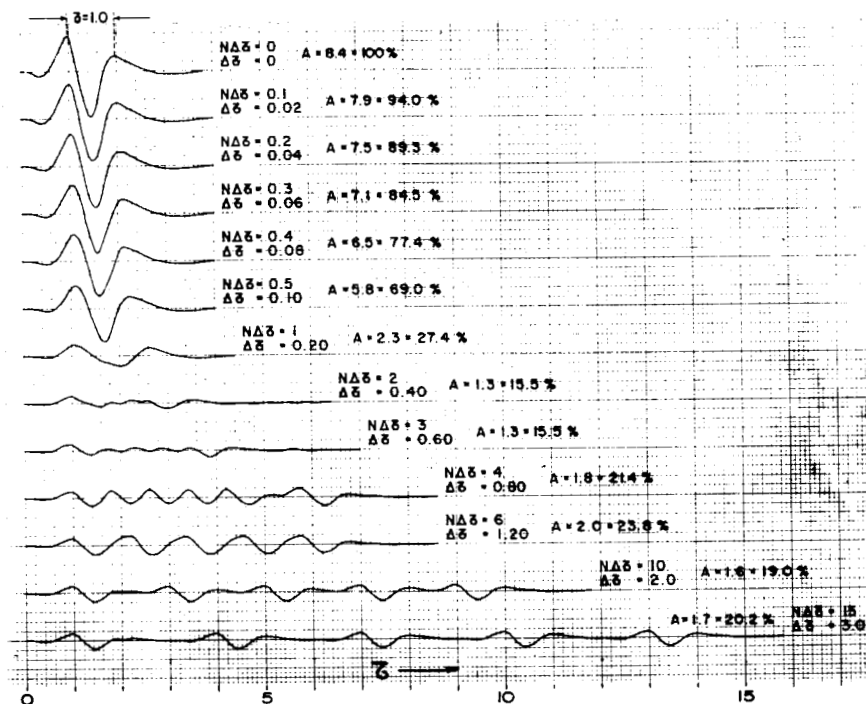


Figura No. 14.—Suma de 5 señales para diferentes desplazamientos uniformes de la señal entre trazas consecutivas, en función de $N\Delta\tau$.

En las figuras Nos. 15-A y 15-B se indican las amplitudes máximas de las señales resultantes de la suma de varias trazas con señales de igual amplitud en función de $N\Delta\tau = Nf_n\Delta t$.

Los resultados indicados en la figura 15 muestran:

- a).—Para valores de $Nf_n\Delta t$ entre 0 y 0.5 la amplitud resultante de la suma de N señales (del tipo de las que se observan en los registros sísmológicos) varía de Ny a $0.7Ny$ siendo “ y ” la amplitud de la señal de cada traza.

A este espacio se le designará como banda de paso del proceso magnético y dentro de ella deben quedar las señales que se desean hacer resaltar.

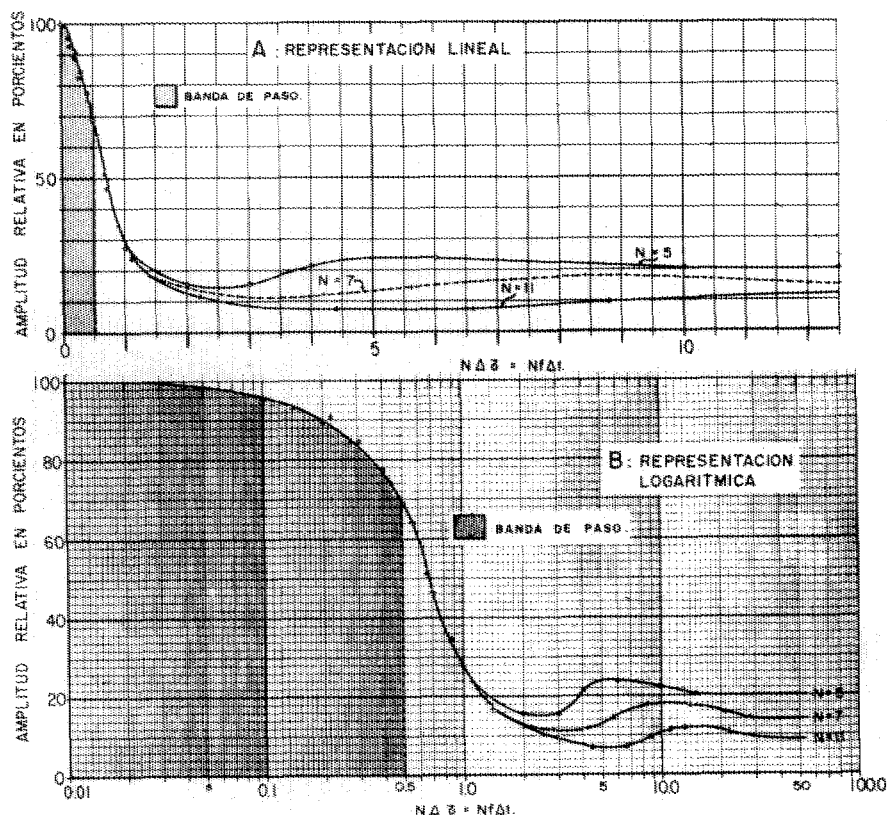


Figura No. 15.—Representación en escala lineal (A) y en escala logarítmica (B) de la amplitud relativa de la suma de N señales de igual amplitud (Pulso de Ricker modificado) para diferentes valores de N .

b).—Para valores mayores de $N f_a \Delta t = 1$ se observa que la amplitud resultante es mucho menor que la correspondiente a la banda de paso, alcanzando valores máximos en magnitudes del orden siguiente:

Trazas Sumadas.	Amplitud Relativa Máxima.	Valores de $N f_a \Delta t$ a partir de los cuales la amplitud resultante es igual o menor al valor de la columna 2.
N		
5	0.25	≥ 1.1
7	0.16	≥ 1.4
9	0.14	≥ 1.6
11	0.13	≥ 1.8

TABLA No. 3

A los valores $Nf_n \Delta t$ que quedan en el espacio indicado en la columna (3) se les denominará banda de atenuación.

- c).—Para valores de $Nf_n \Delta t$ comprendidos entre 0.5 y los valores indicados en la tabla del párrafo anterior, la amplitud relativa de la señal resultante varía rápidamente, por lo que debe procurarse que no caigan en este espacio las señales que se desea hacer resaltar o que se trata de eliminar.

La reducción de las señales incoherentes sería igual a la que se indica en las fórmulas (10) y (11) de la página 135.

De los datos indicados en el párrafo b) se observa que la disminución en el nivel de las señales de ruido coherente de la banda de atenuación disminuye muy lentamente cuando se suman más de 12 trazas, según se indica en la Figura 16.

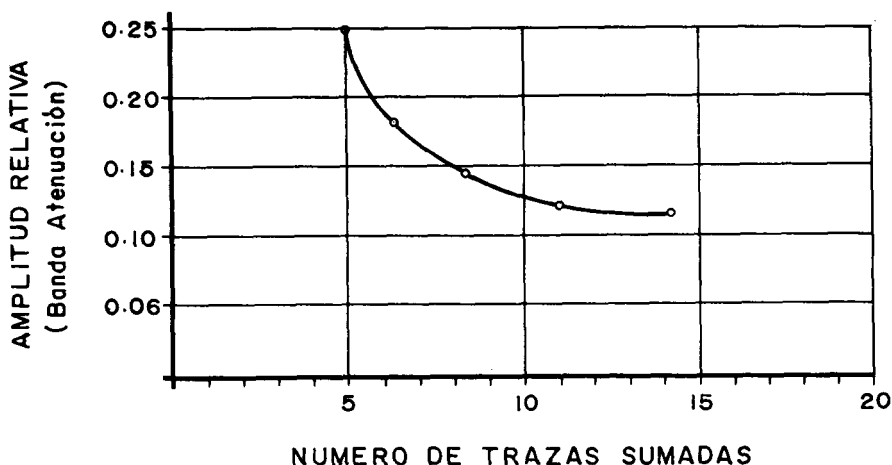


Figura No. 16.—Valores máximos de la amplitud relativa en la banda de atenuación.

La respuesta del conjunto de detectores proceso magnético es:

$$C_t = C_d \cdot C_{pm}. \quad (13)$$

que puede determinarse fácilmente con ayuda de las tablas 2 y 4. (Véase Figura 17).

Los cálculos para determinar si las señales de las ondas reflejadas y los ruidos coherentes quedan en las bandas de paso y de atenuación respectivamente son muy fáciles según se indica en la forma de cálculo recomendada, ilustrada en la Figura No. 17.

La suma de trazas en la forma tratada anteriormente se emplea para hacer resaltar a las señales de las ondas reflejadas y para cancelar señales de ruido coherente y de reflejos múltiples. (Este último aspecto se discute con mayor detalle en la parte de reflejos múltiples).

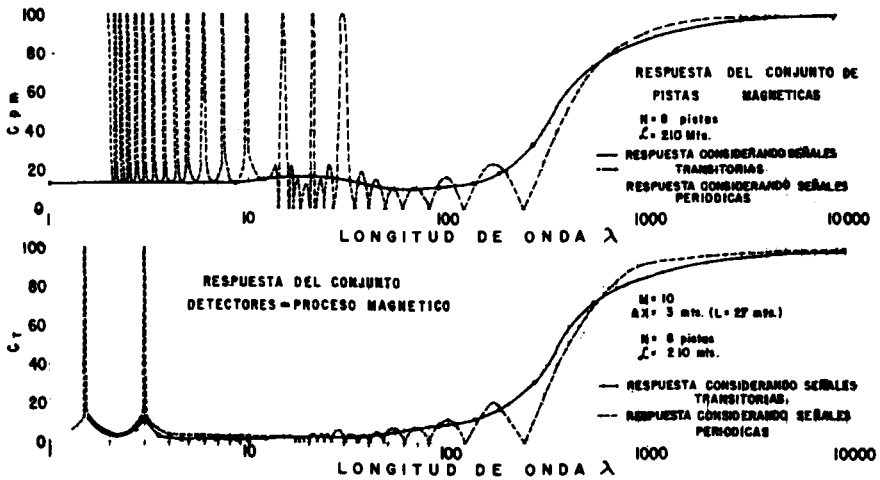


Figura No. 17.—Respuesta conjunta Detectores-Proceso Magnético.
(La línea punteada corresponde al caso en la Figura No. 9).

(NF Δ t) N Δ τ	N								
	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	%	%	%	%	%	%	%	%	%
0.00	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
0.10	95.2	95.2	95.2	95.2	95.2	95.2	95.2	95.2	95.2
0.20	89.2	89.2	89.2	89.2	89.2	89.2	89.2	89.2	89.2
0.30	84.5	84.5	84.5	84.5	84.5	84.5	84.5	84.5	84.5
0.40	77.4	77.4	77.4	77.4	77.4	77.4	77.4	77.4	77.4
0.50	69.0	69.0	69.0	69.0	69.0	69.0	69.0	69.0	69.0
0.60	64.2	64.2	64.2	64.2	64.2	64.2	64.2	64.2	64.2
0.70	46.5	46.5	46.5	46.5	46.5	46.5	46.5	46.5	46.5
0.80	36.9	36.9	36.9	36.9	36.9	36.9	36.9	36.9	36.9
1.00	27.4	27.4	27.4	27.4	27.4	27.4	27.4	27.4	27.4
2.00		15.5		13.1				12.4	
3.00		15.5		11.5				11.2	
4.00		21.4		11.5				7.5	
5.00		23.8		13.0				6.9	
7.50		23.4		17.0				8.0	
10.00		22.2		18.0				10.7	
12.00		21.4		18.0				11.7	
14.00		20.8		17.4				12.0	
16.00		20.2		17.2				12.0	
18.00		20.0		16.6				11.8	
20.00		20.0		16.1				11.2	
25.00		20.0		14.8				10.0	
30.00		20.0		14.3				9.4	
35.00		20.0		14.3				9.2	
50.00		20.0		14.3				9.1	
		20.0		14.3				9.1	

TABLA No. 4.—Amplitud relativa de la suma de N señales sísmicas de igual amplitud (pulso de Ricker modificado) para diferentes defasamientos de la señal.

Los cálculos para determinar si las señales de las ondas reflejadas y los ruidos coherentes quedan en las bandas de paso y atenuación respectivamente son muy fáciles según se indica en la forma de cálculo recomendada, ilustrada en la Figura No. 18.

DETECTORES M = 10 $\Delta x = 3 \text{ m } L = 27 \text{ m}$			SUMA DE PISTAS N = 8 $\Delta x' = 30 \text{ m } \mathcal{L} = 210$		RESPUESTA TOTAL
L / λ	λ	C _d	N f Δt	C _{pm}	C _{pm} x C _d = C _T
0.000	00	1.000	0.000	1.000	1.000
0.050	540.00	0.992	0.450	0.730	0.724
0.100	270.00	0.980	0.890	0.325	0.318
0.150	180.00	0.956	1.333	0.185	0.177
0.200	135.00	0.921	1.778	0.135	0.124
0.250	108.00	0.878	2.221	0.120	0.105
0.300	90.00	0.829	2.666	0.110	0.091
0.400	67.50	0.707	3.560	0.105	0.074
0.500	54.00	0.567	4.441	0.106	0.060
0.750	36.00	0.193	6.670	0.135	0.026
1.300	20.77	0.220	11.560	0.165	0.036
2.230	12.11	0.141	19.820	0.150	0.021
3.130	8.63	0.112	22.800	0.125	0.014
4.040	6.68	0.101	35.900	0.125	0.013
4.960	5.44	0.101	44.100	0.125	0.013
5.870	4.60	0.112	52.150	0.125	0.014
6.770	3.99	0.141	60.000	0.125	0.018
7.700	3.51	0.220	68.400	0.125	0.028
8.700	3.10	0.829	77.400	0.125	0.104
9.000	3.00	1.000	80.000	0.125	0.125
9.300	2.90	0.829	82.800	0.125	0.104

TABLA No. 5.—Respuesta combinada de detectores y Proceso-Magnético.

Notas: Los valores de N f Δt están calculados a partir de la fórmula

$$N f \Delta t = \frac{N}{N-1} \cdot \frac{\mathcal{L}}{\lambda} = \frac{240}{\lambda} \quad (20)$$

Los valores de C_{pm} están tomados de las gráficas de la Figura No. 15.

Obsérvese que solo se utilizan los máximos para C_d.

DETERMINACION DE LOS ESPACIOS OCUPADOS POR REFLEJOS Y RUIDO COHERENTE.

DATOS

Número de Trazas Sumadas:	$N = 6$
Frecuencia aparente de Reflejos:	$F_{ar} = 30 \text{ cps}$
Frecuencia aparente de Ruidos:	$f_{ar} = 20 \text{ cps}$

ONDAS REFLEJADAS.

Banda de Paso:	$Nf \Delta t$ entre 0 y 0.5
t_{Rmax} entre señales de trazas adyacentes.	$= \frac{0.5}{6 \times 30} = 0.0029 \text{ seg.}$

Diferencia de tiempos máxima entre las señales de las pistas extremas para que la resultante quede en la banda de paso.

$$t = (N-1) \Delta t_{Rmax} = 5 \times 0.0029 = 0.015 \text{ seg. App}$$

ONDAS DE RUIDO

Banda de Atenuación:	$= Nf \Delta t = 1.1$
$t_{r \text{ min}}$ entre las señales de ruido entre trazas adyacentes.	$= \frac{1.1}{6 \times 20} = 0.0092 \text{ seg.}$

Diferencia de tiempo mínima entre las pistas extremas para que la señal resultante quede en la banda de atenuación.

$$(N-1) \Delta t_{r \text{ min}} = 5 \times 0.0092 = 0.046 \text{ seg.}$$

REDUCCION DEL RUIDO INCOHERENTE:

$$\frac{1}{\sqrt{N}} = \frac{1}{\sqrt{6}} = \frac{1}{2.4}$$

Figura No. 18.—Forma de cálculo recomendada para determinación del espacio ocupado por los reflejos y las señales de ruido coherente.

Tercera parte.—Suma de trazas con diferentes pesos.

a).—En lo que se ha tratado anteriormente se ha considerado que al hacer la suma de señales de varias trazas cada una de ellas tiene la misma amplitud promedio y que se les dá igual peso al hacer la suma.

Estas condiciones se emplean frecuentemente, sin embargo, según se ha mostrado en el caso de detectores múltiples, la atenuación de los ruidos coherentes es mayor cuando al efectuar la suma da un peso adecuado a la señal de cada detector, lo cual es difícil de hacer en el campo, pero relativamente fácil cuando se hace el proceso magnético.

Si se tienen cintas en las cuales es igual la amplitud promedio de las señales grabadas la contribución de cada una de ellas a la señal resultante al darles un peso a_n será:

$$\begin{array}{ll}
 i_1 = a_1 f(t - t_0) & \text{Equivalente a:} \quad i_1 = a_1 f(\tau) \\
 i_2 = a_2 f[(t - t_0) - \Delta t] & i_2 = a_2 f(\tau - \Delta \tau) \\
 i_3 = a_3 f[(t - t_0) - 2\Delta t] & i_3 = a_3 f[\tau - 2\Delta \tau] \\
 \hline
 \hline
 i_N = a_N f[(t - t_0) - (N - 1)\Delta t] & i_N = a_N f[\tau - (N - 1)\Delta \tau]
 \end{array}$$

En donde las “a” representan el peso que se da a las señales, (que varía de cero a la unidad). La señal resultante será:

$$\begin{aligned}
 I_R &= \sum_{n=1}^N a_n f[(t - t_0) + (n - 1)\Delta t] \\
 I_R &= \sum_{n=1}^N a_n f[\tau - (n - 1)\Delta \tau] \quad (21)
 \end{aligned}$$

El peso que se debe dar a las señales queda definido por la curva de la figura No. 19, que se ha tomado de la cita bibliográfica No. 1, en la cual se muestra la forma de efectuar estos cálculos, los cuales a pesar de ser sen-

cillos son muy laboriosos, por lo que se recomienda hacerlos en máquinas electrónicas.

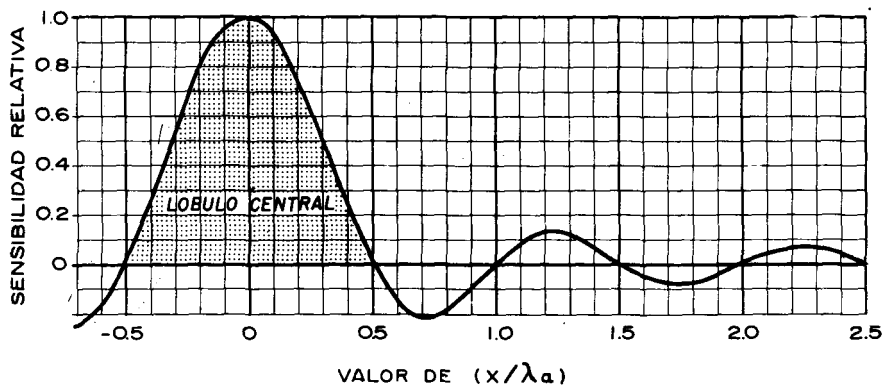


Figura No. 19.—Distribución teórica del peso que se debe dar a las señales de los registros para cancelar en forma total las señales de ruidos coherente con longitud de onda mayor de $\lambda_a = N \mathcal{L} / (N - 1)$.

Generalmente se obtiene una reducción considerable de la relación Señal-Ruido utilizando solamente los valores del lóbulo principal de la Figura No. 19, recomendándose los valores indicados en la Tabla No. 6.

a/N	$N=4$	$N=5$	$N=7$	$N=8$	$N=8$	$N=9$	$N=10$	$N=11$	$N=12$
a_1	0.30	0.23	0.19	0.16	0.14	0.12	0.11	0.10	0.09
a_2	0.90	0.76	0.64	0.54	0.54	0.47	0.37	0.33	0.30
a_3	0.90	1.00	0.95	0.87	0.78	0.71	0.64	0.58	0.53
a_4	0.30	0.76	0.95	1.00	0.97	0.92	0.86	0.80	0.73
a_5		0.23	0.64	0.87	0.97	1.00	0.98	0.94	0.90
a_6			0.19	0.54	0.78	0.92	0.98	1.00	0.99
a_7				0.16	0.47	0.71	0.86	0.94	0.99
a_8					0.14	0.41	0.64	0.80	0.90
a_9						0.12	0.37	0.58	0.73
a_{10}							0.11	0.33	0.53
a_{11}								0.10	0.30
a_{12}									0.09

TABLA No. 6.—Pesos adecuados para reducir la interferencia de señales coherentes (Basadas únicamente en el primer lóbulo de la Figura 19).

Los resultados para señales coherentes en la suma con pesos de trazas que originalmente tienen la misma amplitud se indican en las figuras del anexo 1.

b).—La amplitud del ruido incoherente resultante, en el caso en que se den pesos a las señales originales, es como se indica en la siguiente fórmula:

$$A_{inc} = \sqrt{\sum_{n=1}^{n=N} a_n^2} A_{ri} = A_{ri} \sqrt{\sum_{n=1}^{n=N} a_n^2} \quad (22)$$

en donde A_{inc} es la amplitud probable de la suma de las señales de ruido incoherente, A_{ri} es la amplitud promedio del ruido incoherente en las trazas del registro magnético, la cual tiene la misma amplitud promedio de cada pista y a_n es el peso que se dá a cada señal.

La reducción relativa en el nivel del ruido incoherente que se tiene al final del proceso es:

$$1 / \sqrt{\sum_{n=1}^{n=N} a_n^2} \quad (23)$$

Los resultados que se obtienen al hacer las sumas con los pesos indicados en la Tabla No. 7 y las que se obtienen dándoles igual peso se indican adelante.

REDUCCION RELATIVA.

Número de trazas.	Con pesos de la tabla 6.	Con pesos iguales.
4	0.746	0.500
5	0.665	0.447
6	0.610	0.409
7	0.562	0.378
8	0.528	0.354
9	0.495	0.333
10	0.470	0.317
11	0.449	0.302
12	0.432	0.289

TABLA No. 7

Los datos anteriores muestran que la reducción en la amplitud relativa del nivel de ruido incoherente es mayor cuando se da igual peso a las señales. Esto hace recomendable efectuar el proceso con pesos iguales cuando el nivel de ruido incoherente es alto con relación a la señal reflejada, lo cual generalmente sucede para reflejos profundos (de tiempo mayor de 1.75 segundos).

IV.—*Cuarta parte.—Observaciones relacionadas con la suma de señales de varias trazas.*

Los puntos tratados anteriormente, junto con las citas bibliográficas a esta parte del trabajo, dan una idea general sobre el problema de la suma de señales de varias trazas. Sin embargo, en la práctica se presentan varios problemas de operación que afectan a los resultados, según se menciona adelante.

- a).—En lo que se ha tratado anteriormente se parte de la base de que es uniforme el defasamiento de las señales entre las trazas (una vez corregidas por diferencias de distancia de tiro y de elevación).

Esta condición, que da por resultado la máxima cancelación en la banda de atenuación, no es exacta en la práctica, puesto que depende de la precisión con que se hagan las correcciones estáticas y dinámicas. En condiciones favorables, las correcciones estáticas tienen un error del orden de ± 1 milésimo de segundo, pudiendo alcanzar valores de ± 3 milésimos de segundo, lo cual da origen a que la reducción de la relación Señal-Ruido, o sea la relación entre la señal de la banda de paso a la señal en la banda de atenuación sea menor que lo que se obtiene de los casos teóricos tratados anteriormente (Bibliografía Mayne y G.S.I).

- b).—La corrección dinámica solo es exacta en el caso en que las capas reflejantes sean horizontales o de echado muy pequeño. Cuando esto no sucede, las diferencias de tiempo entre las trazas dejan de ser uniformes, lo cual es un efecto equivalente al mencionado en el punto anterior. (En la práctica la combinación de estos errores con los mencionados en el punto “a” pueden empeorar o mejorar las condiciones mencionadas).

c).—En lo tratado anteriormente se ha considerado que la amplitud media de las señales grabadas en las diferentes pistas magnéticas es igual, lo cual en la práctica puede aproximarse mucho con una operación adecuada de los aparatos de registro.

Si esta condición no se llena, la diferencia de amplitud de las señales equivale a emplear un peso arbitrario al sumar las trazas y por lo tanto a operar en condiciones más favorables. (En casos extremos de variación de amplitud de la señal grabada se pueden aplicar métodos durante el trabajo de proceso magnético encaminados a uniformizar la amplitud de las señales, pero esto se logra a costa de un mayor tiempo de operación y de reducir la relación señal-ruido).

d).—Al emplear el control automático de ganancia en varias operaciones sucesivas se tiende a igualar la amplitud de todas las señales, según se indica esquemáticamente en la Figura No. 19. Esta condición de operación tiende a hacer que la amplitud de las señales de ruido y de la señal sísmica sean iguales, con lo cual se pierde una de las características más importantes que permite la identificación de las ondas reflejadas.

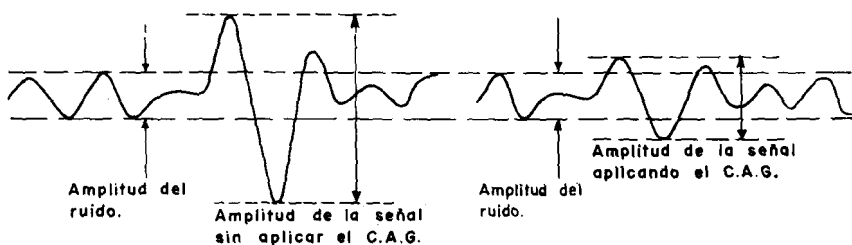


Figura No. 20.—Efecto del control automático de ganancia tendiendo a igualar la amplitud de la señal producida por las ondas reflejadas y por el ruido.

El problema anterior hace recomendable el empleo de control programado de ganancia en el trabajo de campo (lo cual permite recuperar la forma original de la señal posteriormente).

El empleo de control programado de ganancia da origen a problemas de operación, puesto que es difícil lograr un registro de campo de amplitud uniforme en la parte útil para la interpretación. Por esta razón resulta práctico emplear el control automático de ganancia en el trabajo de campo y hacer todas las operaciones del proceso magnético con un control de ganancia constante.

En trabajos encaminados a buscar trampas estratigráficas y en trabajos marinos, se hace indispensable emplear el sistema de deconvolución (que no se trata en este trabajo) y por lo tanto es esencial el empleo de control programado de ganancia, la recuperación de la forma verdadera de la señal y posteriormente el empleo de ganancia constante durante todo el proceso magnético.

- e).—En las aplicaciones actuales del trabajo sísmico el valor absoluto de la señal no interviene en los trabajos de interpretación, por lo cual en el proceso magnético en máquinas analógicas se emplean circuitos eléctricos y electrónicos que permiten tener una señal proporcional a la señal grabada en ellas. Estos circuitos se describen en detalle en el capítulo 8 del libro de Seely, que se cita en la bibliografía.

BIBLIOGRAFIA (PARTE III)

- 1.—GARCIA ROJAS A.—Detectores múltiples de igual sensibilidad situados en línea. Boletín de la Asociación Mexicana de Geofísicos de Exploración. Vol. II, No. 2 año de 1961.
- 2.—GARCIA ROJAS A. Y G. BASURTO G.—Reducción de las señales de Ruido incoherente mediante el empleo de detectores múltiples. — Publicación interna de Petróleos Mexicanos. Incluida en el trabajo. Boletín de la Asociación Mexicana de Geofísicos de Exploración.
- 3.—VARIAS PERSONAS.—Notas sobre análisis de Ruidos.—2a. edición Publicación interna de Petróleos Mexicanos.—Publicado con menos detalle con el nombre: Análisis de Ruidos en el Boletín de la Asociación Mexicana de Geofísicos de Exploración.
- 4.—MAYNE W. H.—Common Reflection Point Horizontal Data Stacking Techniques Geophysics, Vol. XXVII No. 6 parte II (Diciembre de 1962).
- 5.—SCHNEIDER W. A.—Optimum Horizontal Stack.—Trabajo presentado por la 33a. Convención Anual de la Society of Exploration Geophysics (Octubre de 1963). G. S. I. Technical Bulletin 63-3.

IV.—REDUCCION DE LA INTERFERENCIA CAUSADA POR REFLEJOS MULTIPLES.

a).—INTRODUCCION AL PROBLEMA DE LOS REFLEJOS MULTIPLES.

Los reflejos múltiples son aquellos en los cuales se repite más de una vez la trayectoria sísmica dentro de un cuerpo o formación al propagarse la señal desde el lugar de la explosión hasta el horizonte reflejante más profundo o en el camino de regreso de éste a la superficie, según se indica adelante en la Figura No. 22.

La existencia de reflejos múltiples ha sido comprobada plenamente en los trabajos sísmicos de exploración (Bibliografía: Bennet y Mouritzen) y es una consecuencia lógica de las leyes que siguen la propagación de las ondas elásticas, de acuerdo con las cuales se produce energía reflejada en los contactos entre capas del subsuelo cuando entre ellas existe un cambio en la velocidad con que se propagan las ondas elásticas o cuando difieren en densidad.

La relación entre las amplitudes de la onda incidente y la onda reflejada en el contacto entre dos capas de velocidades V_1 y V_2 , con densidad d_1 y d_2 respectivamente, está dado por la fórmula de la Figura 1, en donde las barras indican que se debe tomar el valor absoluto de la relación indicada.

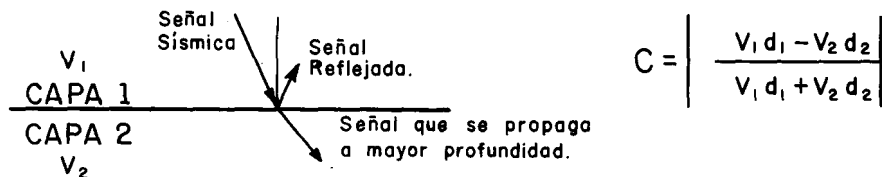


Figura No. 21.—Esquema ilustrando el fenómeno de reflexión entre dos capas
(Bibliografía No. 5)

El signo de la ecuación define la fase de cada componente de la señal reflejada con relación a la fase correspondiente de la señal sísmica que llega al horizonte reflejante.

En la Figura 22 se muestran esquemas de algunas de las trayectorias de reflejos múltiples que pueden presentarse en el caso de la distribución de los horizontes reflejantes indicados. Los símbolos empleados para distinguir las diferentes trayectorias están compuestos de letras que designan cada horizonte reflejante, indicándose con letras mayúsculas las partes de las trayectorias de los reflejos hacia arriba del horizonte reflejante y letra minúscula las trayectorias hacia abajo del horizonte reflejante.

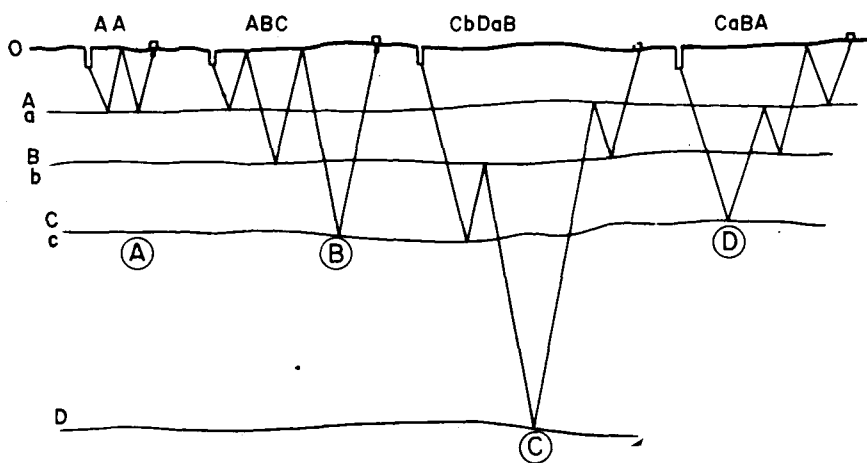


Figura No. 22.—Esquemas de algunas trayectorias posibles para reflejos múltiples (Tomado de A. D. Bennett)

En algunos casos, por ejemplo el reflejo ABC, puede ocurrir con seis secuencias diferentes, correspondientes al orden en que ocurren los reflejos en los horizontes A, B y C. Estas secuencias son ABC, ACB, BAC, BCA, CAB y CBA, todas las cuales tendrán al mismo tiempo de reflejo si los horizontes en el subsuelo son paralelos. Esta condición tiende a producir reflejos múltiples de gran amplitud puesto que las señales de las diferentes trayectorias que tienen el mismo tiempo de registro, se suman en los detectores.

Lo anterior muestra la complejidad del problema de los reflejos múltiples. Sin embargo, la atenuación que sufren las señales en recorridos muy largos, y el hecho de que sean bajos algunos de los coeficientes de reflexión

dados por la fórmula de la Figura 21, generalmente ayuda a simplificar el problema, ya que las amplitudes de reflejos múltiples intercapas son pequeñas.

El registro continuo de velocidades, que actualmente se hace en muchos pozos, ha mostrado que las variaciones de velocidad son mucho más frecuentes que lo que se creía anteriormente, cuando se disponía únicamente de determinaciones de velocidades hechas por tiros en pozos.

Partiendo de registros continuos de velocidades para pozos dentro del área en estudio, pueden hacerse sismogramas sintéticos, los cuales pueden mostrar solamente las señales correspondientes a los reflejos primarios, las señales debidas a los reflejos múltiples o ambas a la vez. Los sismogramas sintéticos con reflejos primarios y múltiples tienen mayor semejanza a los registros que se obtienen con los trabajos de reflexión que la que tienen los sismogramas sintéticos sin múltiples.

La experiencia muestra que los múltiples entre un horizonte reflejante y la superficie son los que dan origen a mayores problemas de interferencia, siendo además los más fáciles de eliminar. Sin embargo, S. A. Mouritzen (Bibliografía) ha demostrado que localmente (en Canadá) los múltiples entre horizontes reflejantes pueden dar origen a interpretaciones erróneas.

- a).—*Reflejos Fantasma* (Ghost Reflections).—Reflejos múltiples para los cuales la primera parte de su trayectoria queda entre el punto de explosión y la superficie (ya sea en el contacto tierra-aire o en la base de la Zona de Intemperismo).
- b).—*Reflejos múltiples de superficie*.—Corresponden a aquellos en los cuales la señal sísmica se ha propagado dos o más veces entre las capas superficiales o el contacto tierra-aire y un horizonte reflejante.
- c).—*Reverberaciones* (Singing).—Corresponde a aquellos en los cuales la señal sísmica, después de reflejarse entre un horizonte profundo y la superficie tiene una serie de reflejos múltiples entre la superficie y un horizonte reflejante de poca profundidad.

Las trayectorias típicas de estos tipos de reflejos se indican en la Figura No. 23.

La técnica actual no permite atenuar las señales debidas a reflejos múltiples de los casos más complicados, que se indican en la Figura (B a D), pero es evidente que el problema de los reflejos múltiples será estudiado en detalle por numerosos investigadores, y de las soluciones que se encuentren para atenuar sus efectos dependerán muchas de las nuevas técnicas de exploración sismológica. (El método de deconvolución, que no se trata en este trabajo, parece ser aplicable a este tipo de problemas).

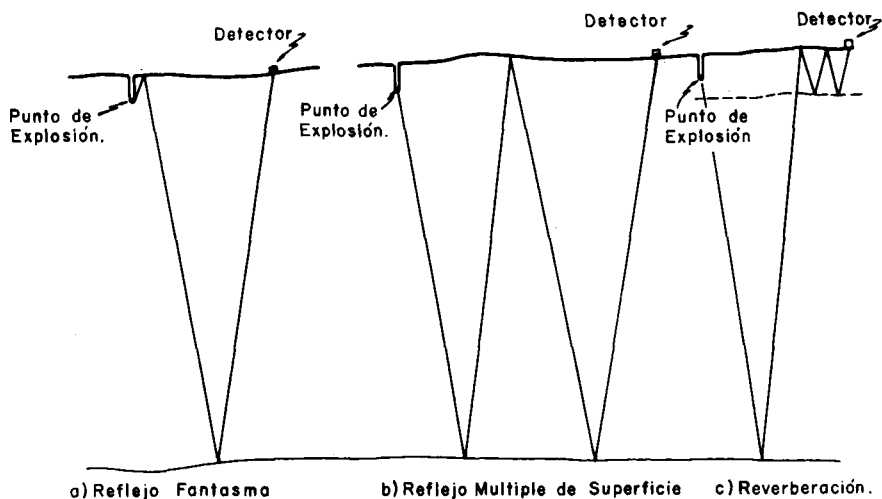


Figura No. 23.—Trayectorias típicas de los reflejos múltiples para los cuales se puede lograr atenuar considerablemente la amplitud de la señal.

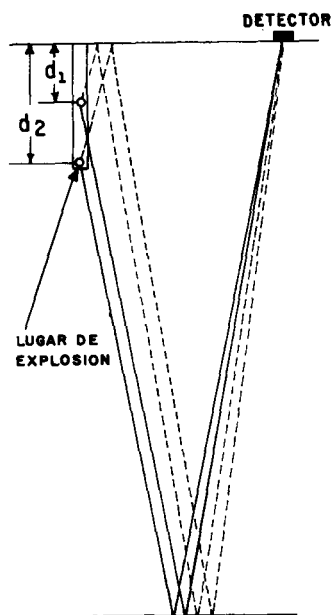
Actualmente se está estudiando la posibilidad de determinar la distribución detallada de velocidades en el subsuelo a partir de los registros sismológicos obtenidos en los trabajos de rutina (Bibliografía Kunetz), lo cual, si se logra hacer con suficiente precisión, podría establecer las bases para una resolución de carácter general al problema que presentan los reflejos múltiples.

b).—REDUCCION DE LA INTERFERENCIA CAUSADA POR REFLEJOS FANTASMA.

Los reflejos fantasmas siguen las trayectorias indicadas en la Figura 24, en donde se muestran también las trayectorias de los reflejos primarios.

Un exámen de la Figura 24 permite ver fácilmente que los tiempos de propagación de los reflejos primarios disminuye al aumentar la profundidad de tiro, mientras que el tiempo de propagación del reflejo fantasma aumenta.

Otra propiedad básica, es que las fases del reflejo fantasma están 180° fuera de fase con relación a la de los reflejos primarios.



PARA TIRO A PROFUNDIDAD d_1

$$\text{Ref. Primario: } t_{r1} = t + \frac{d_2 - d_1}{V}$$

$$\text{Ref. Fantasma: } t'_{r1} = t + \frac{d_2 - d_1}{V} + \frac{2d_1}{V}$$

PARA TIRO A PROFUNDIDAD d_2

$$\text{Ref. Primario: } t_{r2} = t$$

$$\text{Ref. Fantasma: } t'_{r2} = t + \frac{2d_2}{V}$$

t = Tiempo reflejo primario a contar de la profundidad d_2

V = Velocidad en la formación donde quedan localizados los tiros.

$$t_{r1} - t_{r2} = \frac{d_2 - d_1}{V}$$

$$t'_{r2} - t'_{r1} = \frac{d_2 - d_1}{V}$$

Figura No. 24.—Esquema mostrando las trayectorias de los reflejos fantasmas y las relaciones de sus tiempos de reflejo con los de los reflejos primarios.

La Figura No. 25, muestra la porción de un registro sísmológico en donde se han grabado las señales obtenidas para un solo grupo de detectores.

Cada traza representa la señal obtenida a una profundidad de tiro y en el registro se observa la interferencia producida por reflejos fantasmas.

Esa interferencia se hace evidente al estudiar las Figuras 25-b y 25-c. En la Figura 25-b se muestra separadamente el reflejo primario, cuando se ha corregido por la interferencia de reflejos fantasmas, aplicando los métodos que se tratan adelante. En la Figura 25-c se muestran solamente los reflejos fantasmas, eliminando la influencia de los reflejos primarios mediante la aplicación de la misma técnica.

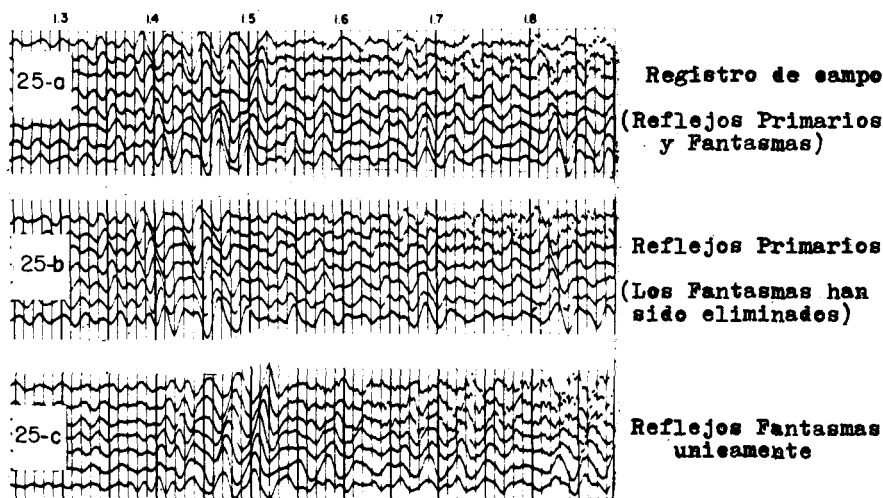


Figura No. 25.—Porción de registro basado de una determinación de velocidades en un pozo de tiro, en donde las señales de una misma traza para tiros a diferentes profundidades se han utilizado para la formación de un registro en el que se observan un reflejo primario y un reflejo fantasma. (Bibliografía 5).

El registro anterior muestra claramente la existencia de los reflejos fantasmas, los cuales no son detectables directamente en los registros de los trabajos de rutina. Sin embargo, en muchos casos la calidad de los reflejos varía considerablemente de un registro a otro por los cambios en profundidad de tiro y espesor de la zona intemperizada. (Bibliografía 3).

La primera de las propiedades a las que se hizo referencia en la página 162 y los resultados indicados en la Figura (24) sirven de base para el desa-

rollo de la técnica aplicable para atenuar el efecto de los reflejos fantasmas, la cual consiste básicamente en lo siguiente:

- a).—Hacer registros de campo tirando a dos profundidades de tiro diferentes en cada estación, la diferencia de profundidad de las cargas debe ser aproximadamente:

$$d_2 - d_1 = \frac{V \Delta T}{4} \quad (24)$$

en donde las letras tienen el significado que se indica en la Figura (24).

- b).—Aplicar las correcciones estáticas y dinámicas a los registros magnéticos, con lo cual los reflejos primarios quedan referidos a un mismo datum y a una distancia de tiro uniforme, traspasando esta información a una cinta magnética auxiliar. En la cinta magnética auxiliar los reflejos fantasmas del tiro más profundo quedan atrasados un tiempo

$$t = \frac{2 (d_2 - d_1)}{V} = \frac{\Delta T}{2} \quad (25)$$

con relación a los de la cinta magnética auxiliar del tiro de menor profundidad. (Ver Figura 25).

- c).—Sumar las señales de las trazas correspondientes, según se indica esquemáticamente en la Figura (26) con lo que se obtiene una reducción considerable en la amplitud de los reflejos fantasmas.

Las operaciones anteriores pueden hacerse rápidamente en un equipo de proceso simultáneo empleando el "Decatrack".

En general, se puede emplear la suma de las señales de más de dos registros, distribuidos convenientemente, para reducir el efecto de interferencia de los reflejos fantasmas, aplicando la misma teoría que para detectores

o trazas múltiples. Sin embargo, generalmente se emplean solamente dos tiros porque el costo del trabajo aumenta al crecer el número de tiros.

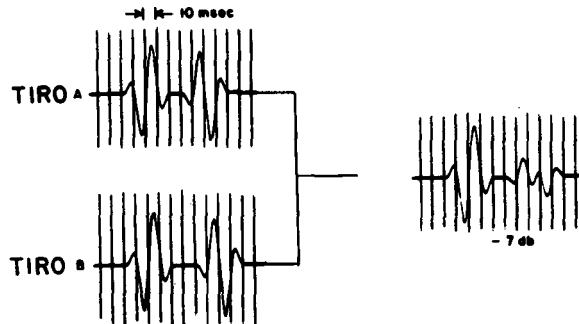


Figura No. 26.—Esquema mostrando la atenuación de las señales de los reflejos fantasmas al sumar las señales de dos tiros de diferentes profundidades, según lo indicado en los párrafos anteriores.

En un trabajo publicado sobre los resultados de aplicar la teoría de Wiener sobre el filtro óptimo (en el cual no se dan detalles del filtro empleado) se indica que es posible lograr una cancelación mucho mayor (según se indica en la Figura 27), que la que se obtiene mediante la suma de las señales grabadas en los dos registros.

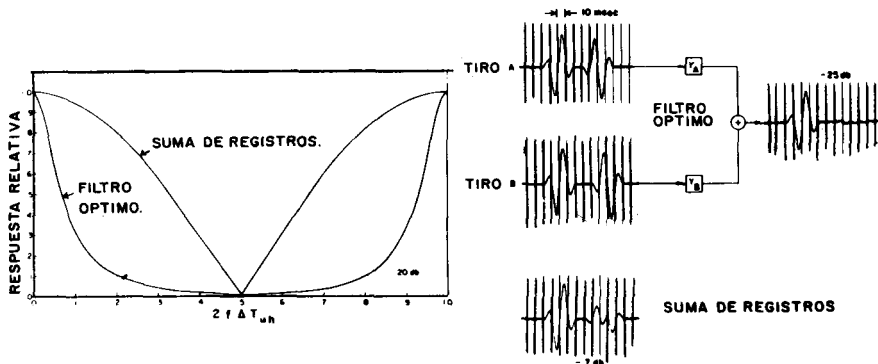


Figura No. 27.—Respuesta teórica de la suma de dos señales empleando el método convencional y el filtro óptimo (Bibliografía 5).

J. W. Hammond, en su trabajo sobre la atenuación de los reflejos fantasmas, indica que estos se pueden producir en el contacto aire-tierra o en el contacto de la base de la capa de intemperismo y llega a las siguientes conclusiones:

- 1.—Hay una mejoría considerable en los registros cuando se emplean técnicas para eliminar las interferencias causadas por los reflejos fantasmas, puesto que se preserva más fielmente la forma de los reflejos primarios.
- 2.—La cancelación es más efectiva cuando se emplean filtros de banda ancha, ya que se evitan las colas en las señales producidas por los reflejos.
- 3.—El empleo de dos tiros para atenuar el efecto de los reflejos fantasmas es generalmente más barato que el emplear cargas continuas (tipo salchicha) puesto que requiere menor profundidad del pozo de tiro y en general menor cantidad de explosivos.

BIBLIOGRAFIA (PARTE IV)

- 1.—GARCIA ROJAS A. Y J. BASURTO.—Notas sobre el empleo de detectores múltiples, (Primera parte) Gerencia de Exploración, Petróleos Mexicanos.
- 2.—GARCIA ROJAS A. Y J. BASURTO.—Respuesta de detectores múltiples a señales sísmicas transitorias.—Gerencia de Exploración, Petróleos Mexicanos.
- 3.—GUTIERREZ D.—Efecto direccional de cargas distribuídas linealmente y su empleo en la exploración petrolera.—Gerencia de Exploración.—Petróleos Mexicanos.
- 4.—HAMMOND J. W.—Gohst Elimination from Reflection Records.—Geophysics, Vol. XXVII, No. 1 Febrero 1962.
- 5.—Anónimo.—Optimum Wide-Band Stack. Geophysical Service Inc.—Boletín 63-2.

Referencias bibliográficas adicionales en los trabajos anteriores.

c).—INTERFERENCIAS PRODUCIDAS POR
REFLEJOS MÚLTIPLES.

Los reflejos múltiples pueden dar origen a una interpretación equivocada de las condiciones del subsuelo cuando sus tiempos de registro son semejantes a los reflejos primarios correspondientes a horizontes más profundos, según se indica en la Figura No. 28 para un caso posible.

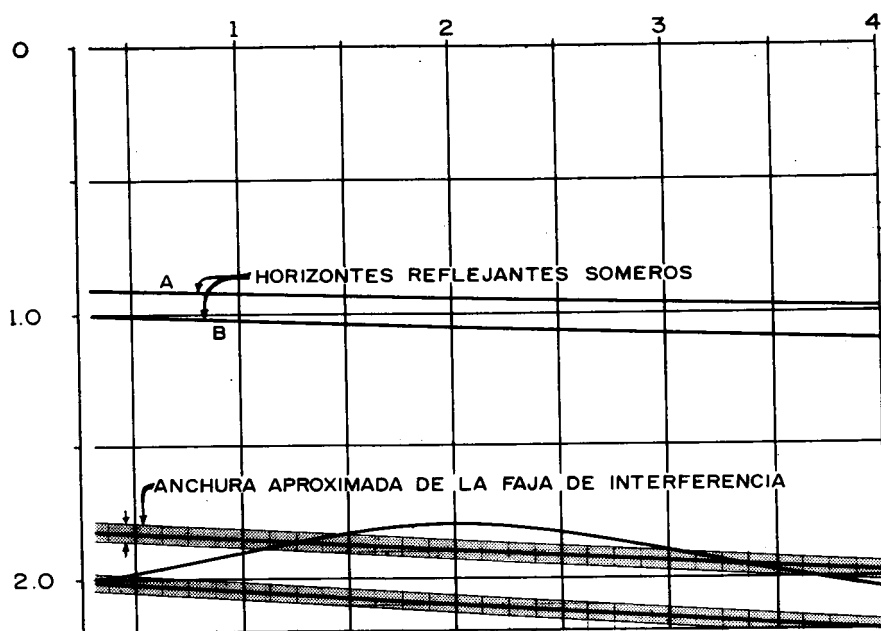


Figura No. 28.—Ejemplo hipotético mostrando la posibilidad interferencia de reflejos múltiples de horizontes someros con un reflejo primario profundo.

El problema de identificación de los reflejos primarios, ilustrado en la Figura 28 es más complicado en la práctica que lo que se indica en la figura por las siguientes causas:

- a).—Frecuentemente las señales de los reflejos múltiples tienen una amplitud mayor que la de los reflejos primarios con el mismo tiempo de registro.

b).—Las señales correspondientes a reflejos primarios profundos generalmente son de amplitud ligeramente mayor o semejante a la del nivel de ruido ambiente.

Para poder hacer resaltar los reflejos primarios se hace necesario aplicar métodos adecuados para atenuar la amplitud de los reflejos múltiples y del nivel del ruido.

Lo primero puede lograrse mediante la suma de señales de varias trazas puesto que su velocidad aparente es generalmente menor que la de los reflejos primarios, según se indica en la gráfica T-X de la Figura No. 29, calculada para la distribución de velocidades en la Faja del Oligoceno de la Zona Noreste.

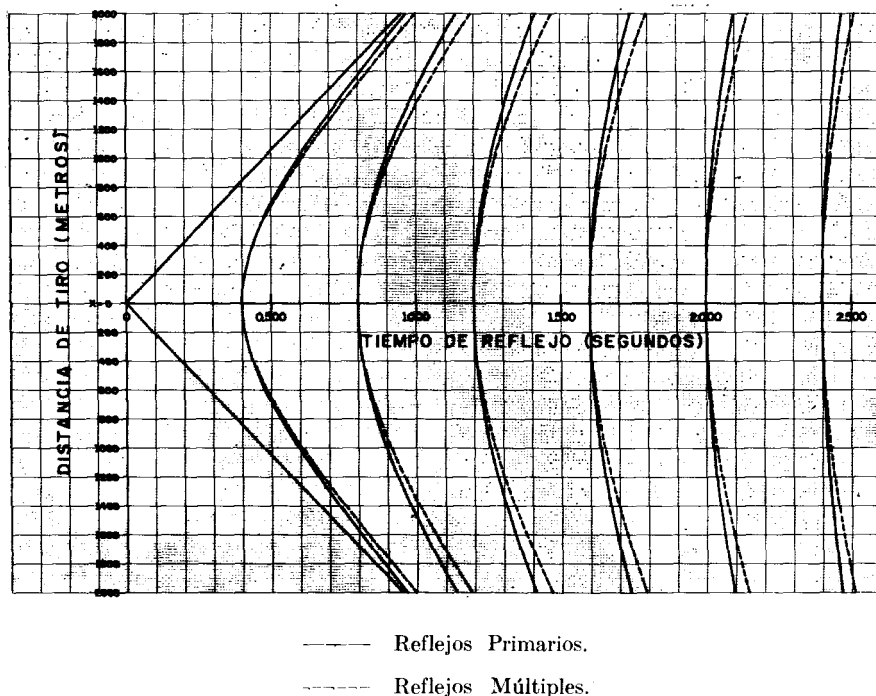


Figura No. 29.—Gráficas tiempo-distancia de tiro para diferentes tiempos de reflejo vertical en la Faja del Oligoceno de la Zona Noreste.

Las fórmulas para calcular los tiempos de reflejo para los reflejos primarios y para los reflejos múltiples se indica en la Figura No. 30 en donde V_{mp} y V_{mm} son las velocidades medias desde la superficie hasta los horizontes mencionados.

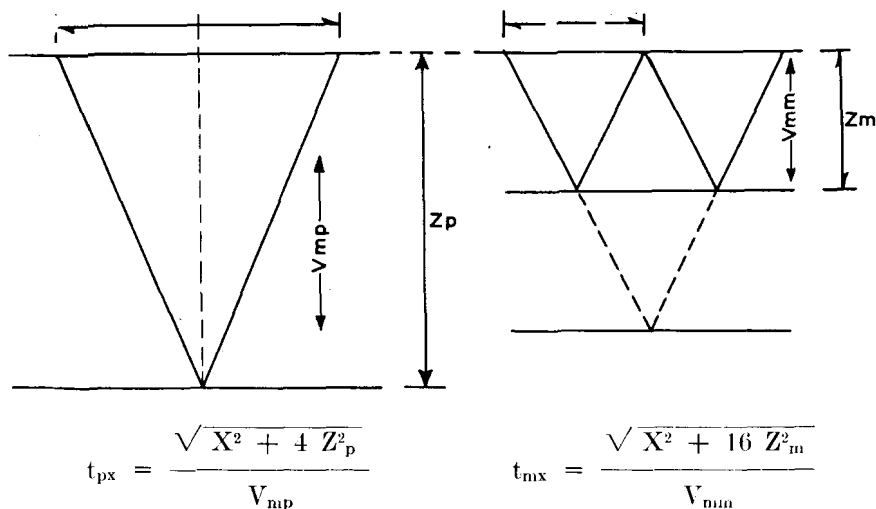


Figura No. 30.—Figura ilustrando las trayectorias para los reflejos primarios y para los reflejos múltiples y las fórmulas para calcular el tiempo de reflejo correspondiente.

Las fórmulas de la Figura 30 muestran que para que los reflejos primarios y los múltiples indicados en la figura tengan el mismo tiempo de registro para $X = 0$ se requiere que $V_{zm} < V_{zp}$ lo cual sucede en la mayor parte de las regiones en que se hacen trabajos sismológicos de exploración, ya que la velocidad generalmente aumenta en la profundidad. Así mismo se vé que cuando $V_{zm} = V_{zp}$ los valores t_{px} y t_{mx} son iguales.

Lo anterior muestra claramente una de las condiciones fundamentales necesarias para poder atenuar las señales correspondientes a los reflejos múltiples, que es el aumento de la velocidad con la profundidad.

Si los tiempos de reflejo de la Figura 29 se corrigen por el efecto de distancia de tiro aplicables a los reflejos primarios se obtendrán los resultados indicados en la Figura 31 para los reflejos correspondientes a los tiempos de

0.4, 0.8, 1.6 y 2.4 segundos respectivamente, en la que se vé que en el caso de horizontes planos o con echado suave es posible lograr, mediante la suma de un número adecuado de señales de pistas magnéticas (corregidas por efectos de elevación y distancia de tiro) que las señales primarias queden dentro de la banda de paso y las señales de los reflejos múltiples caigan dentro de la banda de atenuación.

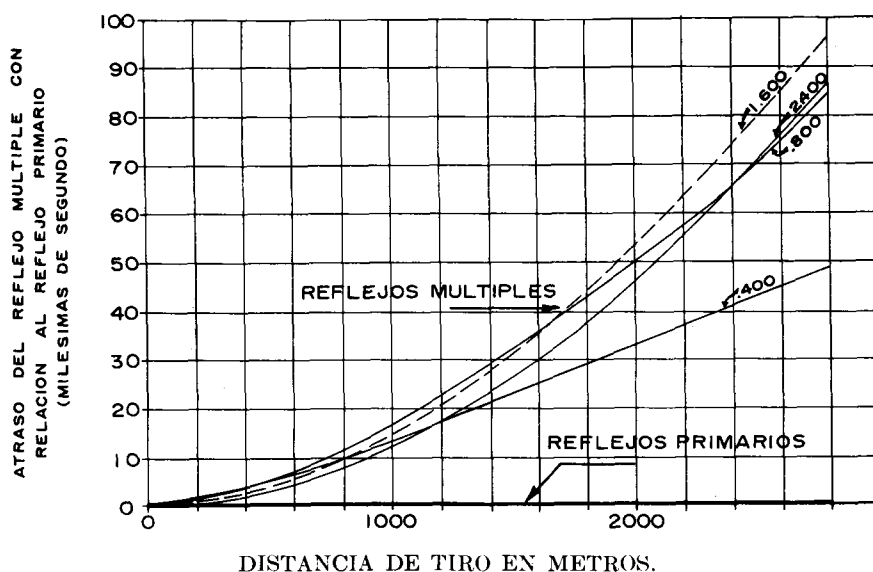


Figura No. 31.—Diferencias de tiempo para reflejos primarios y múltiples corregidos por el efecto de distancia de tiro aplicable a los reflejos primarios.
(Caso de capas horizontales).

En el caso de capas horizontales las diferencias de tiempo entre trazas para los reflejos primarios es únicamente la debida a los errores con que se calculan las correcciones estáticas y dinámicas, pero en caso de que exista un echado la diferencia de tiempos máxima entre las trazas que se suman debe ser como sigue:

REFLEJOS PRIMARIOS:

$$\Delta t_p = \frac{0.5 (N - 1)}{N f_a} \quad (26)$$

REFLEJOS MULTIPLES:

$$\Delta t_m \geq \frac{0.5 (N - 1)}{N f_a} \quad (27)$$

Siendo Δt la diferencia de tiempos de reflejo entre las N trazas que suman y f_a la frecuencia aparente de las ondas consideradas.

Las fórmulas anteriores muestran que la diferencia de profundidad máxima entre las distancias extremas de tiro debe ser tal que:

$$\Delta t_p = \frac{2 \Delta Z}{V_m} \quad (28)$$

en donde ΔZ es la diferencia de profundidades de la formación reflejante, que no debe exceder de unos 10 a 15 mts.

Esta condición especial hace necesario recurrir a un sistema de tiro como el indicado en la Figura 32, en donde las trazas que suman corresponden a tiros hechos con diferentes distancias de tiro, manteniendo constante el punto medio entre el grupo de detectores y el pozo de tiro correspondiente, lo cual, aún para echados relativamente fuertes, no da origen a desplazamientos excesivos del punto de reflejo y por lo tanto a valores grandes de ΔZ . Este método de trabajo ha sido designado con varios nombres, siendo el más usado el de "Punto de Reflejo Común".

En el método de punto de reflejo común (que se designa como PRC), los puntos de reflejo de los diferentes tiros no coinciden debido al echado de las formaciones, pero las distancias que los separan pueden determinarse fácilmente si se conoce el echado máximo en el área en estudio. La diferencia de tiempos que los reflejos primarios tienen entre los puntos de reflejo extremos es:

$$\Delta t = \frac{AB \cdot \text{Sen } \alpha}{V_m} \quad (29)$$

siendo AB la distancia máxima entre los puntos de reflejo en el subsuelo, α el ángulo de echado y V_m la velocidad media al horizonte reflejante.

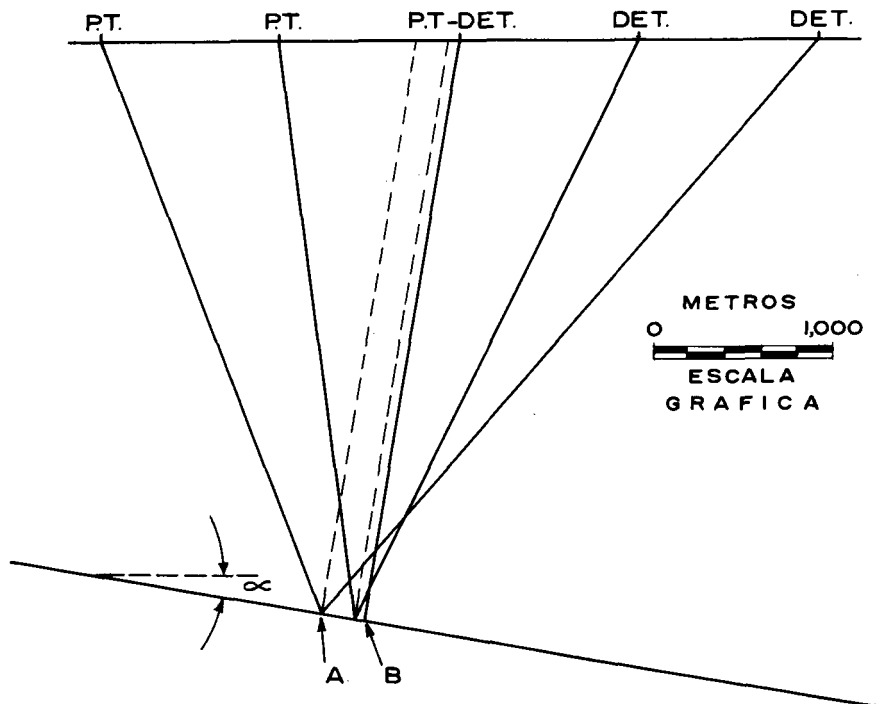


Figura No. 32.—Esquema que ilustra el método llamado de punta de reflejo común, mostrando las posiciones extremas de los puntos de reflejo debidas al echado de la formación reflejante.

La condición para que las señales queden dentro de la banda de paso, de acuerdo con la ecuación (26), es:

$$\Delta t_{\alpha} \leq \frac{0.5 (N - 1)}{N f_a} \approx \frac{0.5}{f_a} \quad (30)$$

Siendo Δt_{α} la diferencia de tiempos, N el número de trazas que se suman y f_a la frecuencia aparente de la señal.

La banda de atenuación para la suma de N señales transitorias comienza a partir del valor indicado en la Figura 15, que se ha tomado de los datos mostrados en el párrafo b de la página 168.

La Figura 33 muestra un conjunto de curvas que representan las Δt_{mx} diferencias entre trazas consecutivas que existen entre reflejos múltiples y reflejos primarios después de aplicar la corrección dinámica, cada una de las curvas corresponde a una diferente profundidad en que se origina un múltiple. De la Figura 33 observamos que cada una de las curvas se pueden dividir en dos porciones principales, la primera corresponde a la parte de la curva en que las diferencias entre trazas son variables y la segunda porción corresponde a la parte de la curva en la que las diferencias entre trazas son constantes.

En la primera porción de la curva la variación en la pendiente de la curva indica que la diferencia entre trazas son variables y por esta razón al sumar las diversas trazas entre sí al aplicar el sistema de "punto de reflejo común" no es posible desde el punto de vista práctico cancelar en forma total las señales que no se desean dejar pasar.

La Figura 33 nos muestra que para cada una de las diferentes profundidades en que se originan reflejos múltiples, hay una distancia de tiro a partir de la cual las diferencias entre trazas permanecen constantes, esto hace ver que para los reflejos múltiples bastará con sumar las trazas de tal manera que su diferencia esté calculada por la ecuación (27), sin embargo esto no es del todo posible ya que cuando se trata de eliminar reflejos múltiples provenientes de capas profundas la distancia de tiro para la cual las diferencias de tiempo entre trazas permanece constante es muy grande, obligando este hecho a que se necesiten aparatos de proceso, que sean capaces de admitir valores muy grandes de corrección dinámica, el límite práctico en los equipos de proceso no es mayor de 0.800 Seg. de tiempo, esta limitación de orden instrumental está señalada en la Figura 33 por medio de la línea cortada y representa el límite máximo de corrección dinámica en los equipos de procesado, en la Figura 33 se puede apreciar que hacia la derecha de esta línea está señalado el espacio con corrección dinámica mayor de 0.800 Seg. y a su izquierda está comprendida la operación de los equipos, en esta parte queda también la región donde no hay una cancelación efectiva y como se observa de la Figura 33 la zona de cancelación es relativamente reducida especialmente para reflejos múltiples de origen profundo. La limitación a la que se hace referencia da como resultado que para obtener la cancelación de reflejos múltiples se tenga que programar la suma de trazas del sistema del "Punto de Reflejo Común" de manera que corresponda a distancias de tiro en las que hay cancelación para el múltiple que se desea eliminar.

Es precisamente esta una de las limitaciones que ha originado el estudio de otros métodos para la eliminación de reflejos múltiples, entre los que se encuentran los de correlación.

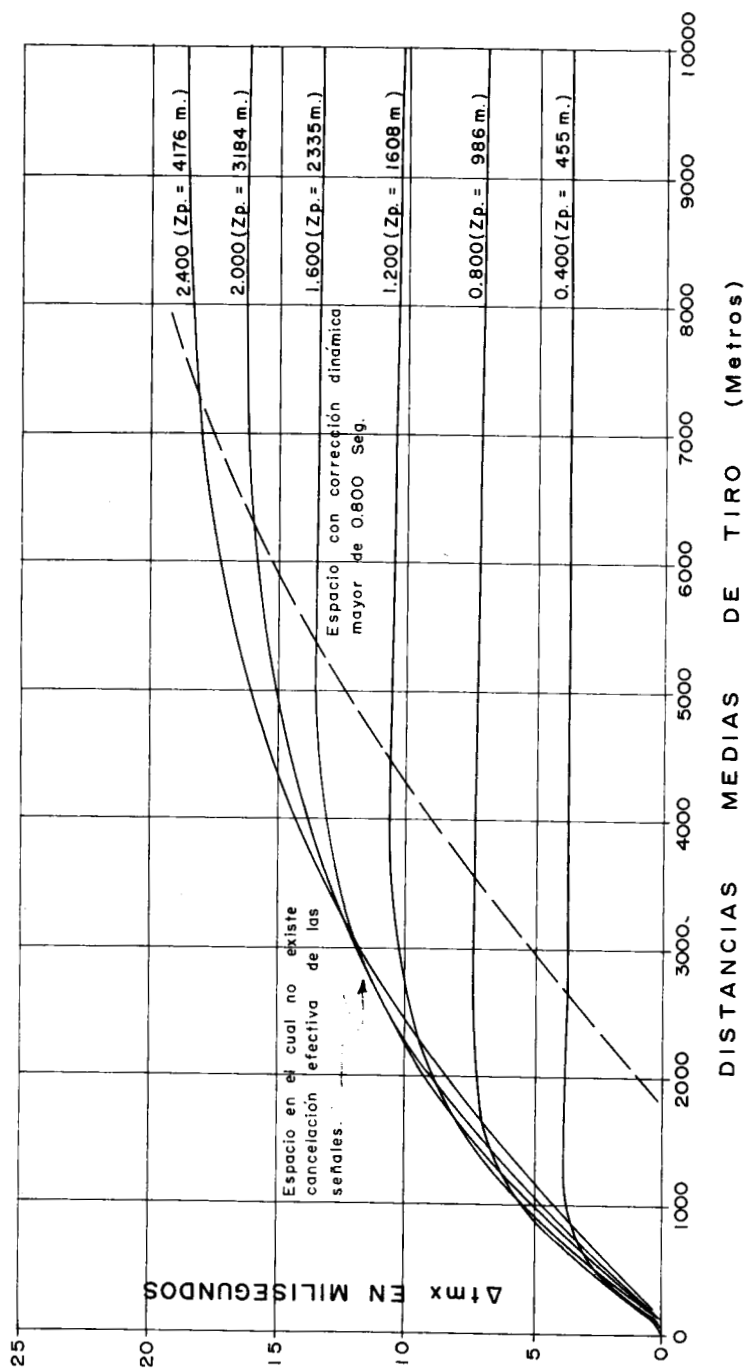


Figura No. 33.—Gráfica de las diferencias de tiempo para trazas consecutivas empleando el método del punto de reflejo común, para horizontes reflejantes con echado de cero grados y para la distribución de velocidades en el área del Oligoceno superior del Noroeste de México.

BIBLIOGRAFIA SOBRE REFLEJOS MULTIPLES.

- 1.—BENNET A. D. Study of Multiple Reflections Using o One Dimensional Seismic Model — Geophysics, Volumen XXVII No. 1, Febrero de 1962.
- 2.—DELAPLANCHE J., R. F. HAGEMAN & P.G.C. BOLLARD.—An Example of the Use of Syntetic Seismograms. — Geophysics, Vol. XXVIII No. 5, segunda parte.—Octubre de 1963.
- 3.—GUTIERREZ D. Trabajo presentado en la segunda convención de la Asociación Mexicana de Geofísicos de Exploración. Noviembre 21-23 de 1963 - Tampico, Tamps.
- 4.—OLHOVICH V. Trabajo presentado en la segunda convención de la Asociación Mexicana de Geofísicos de Exploración.
- 5.—HOWELL B. F. Introduction to Geophysics.—McGraw Hill Book Co. Inc. New York.
- 6.—KUNETZ. Trabajo presentado en la Convención de la Society of Exploration Geophysics.
- 7.—MAYNE W. H. Horizontal Data Stacking Techniques.—Geophysics, Vol. XXVII No. 6, parte 2. Diciembre de 1962.
- 8.—MOURITZEN, Stanley A. Multiple Reflection Problems in Western Canada.—Geophysics, Vo. XXVIII No. 5, Parte 2 - Octubre de 1963.
- 9.—SHERWOD J. W. C. The Seismoline, an Analog Computer of Theoretical Seismograms.—Geophysics, Vol. XXVII No. 1 - Febrero de 1962.
- 10.—SHOCK Lorenz. Roll Along and Drop Along Seismic Technique - Geophysics, Vol. XXVIII No. 5, Parte 2 - Octubre de 1963.

TABLA No. 2

RESPUESTA DE UN GRUPO DE M DETECTORES EQUIDISTANTES DE IGUAL SENSIBILIDAD PARA DIFERENTES
RELACIONES DE LA LONGITUD DEL TENDIDO A LA LONGITUD APARENTE DE ONDA

M=2		M=3		M=4		M=5		M=6		M=7		M=8		M=9		M=10		M=12	
L/ λ_a	C	L/ λ_a	C	L/ λ_a	C	L/ λ_a	C	L/ λ_a	C	L/ λ_a	C	L/ λ_a	C	L/ λ_a	C	L/ λ_a	C	L/ λ_a	C
0	1.000	0	1.000	0	1.000	0	1.000	0	1.000	0	1.000	0	1.000	0	1.000	0	1.000	0	1.000
0.025	0.997	0.050	0.991	0.050	0.994	0.050	0.993	0.050	0.995	0.050	0.993	0.050	0.992	0.050	0.992	0.050	0.992	0.050	0.994
0.050	0.988	0.100	0.968	0.100	0.973	0.100	0.975	0.100	0.977	0.100	0.979	0.100	0.980	0.100	0.979	0.100	0.980	0.100	0.979
0.100	0.951	0.150	0.927	0.150	0.939	0.150	0.946	0.150	0.949	0.150	0.951	0.150	0.953	0.150	0.952	0.150	0.956	0.150	0.956
0.150	0.891	0.200	0.873	0.200	0.894	0.200	0.904	0.200	0.910	0.200	0.915	0.200	0.918	0.200	0.919	0.200	0.921	0.200	0.925
0.200	0.809	0.250	0.805	0.250	0.837	0.250	0.852	0.250	0.862	0.250	0.869	0.250	0.873	0.250	0.876	0.250	0.878	0.250	0.883
0.250	0.707	0.300	0.725	0.300	0.769	0.300	0.792	0.300	0.805	0.300	0.814	0.300	0.821	0.300	0.825	0.300	0.829	0.300	0.834
0.300	0.588	0.350	0.636	0.350	0.611	0.350	0.647	0.350	0.669	0.350	0.683	0.350	0.694	0.350	0.702	0.350	0.707	0.350	0.716
0.350	0.454	0.400	0.539	0.400	0.433	0.400	0.483	0.400	0.513	0.400	0.533	0.400	0.547	0.400	0.559	0.400	0.567	0.400	0.580
0.400	0.309	0.450	0.333	0.450	0.250	0.450	0.311	0.450	0.311	0.450	0.311	0.450	0.311	0.450	0.311	0.450	0.311	0.450	0.311
0.500	0	0.500	0	0.500	0	0.500	0	0.500	0	0.500	0	0.500	0	0.500	0	0.500	0	0.500	0
0.600	0	0.600	0	0.600	0	0.600	0	0.600	0	0.600	0	0.600	0	0.600	0	0.600	0	0.600	0
0.700	0	0.700	0	0.700	0	0.700	0	0.700	0	0.700	0	0.700	0	0.700	0	0.700	0	0.700	0
0.800	0.809	0.850	0.260	0.950	0.230	1.000	0.200	1.000	0.166	1.100	0.205	1.100	0.200	1.050	0.160	1.100	0.170	1.100	0.165
1.000	1.000	1.000	0.333	1.100	0.270	1.150	0.250	1.200	0.239	1.250	0.229	1.250	0.225	1.250	0.222	1.300	0.220	1.300	0.218
1.200	0.809	1.150	0.260	1.250	0.224	1.300	0.217	1.400	0.183	1.400	0.200	1.400	0.200	1.450	0.180	1.500	0.170	1.500	0.185
1.500	0	1.333	0	1.500	0	1.600	0	1.666	0	1.714	0	1.750	0	1.780	0	1.800	0	1.830	0
1.800	0.809	1.750	0.805	1.750	0.224	1.800	0.140	1.900	0.140	1.950	0.125	2.000	0.130	2.000	0.120	2.000	0.100	2.100	0.120
2.000	1.000	2.000	1.000	1.900	0.270	2.000	0.200	2.060	0.173	2.143	0.159	2.150	0.150	2.200	0.145	2.230	0.141	2.250	0.137
2.200	0.809	2.250	0.805	2.050	0.230	2.200	0.140	2.200	0.150	2.300	0.125	2.300	0.130	2.400	0.110	2.400	0.115	2.400	0.120
2.500	0	2.666	0	2.250	0	2.400	0	2.500	0	2.571	0	2.620	0	2.670	0	2.700	0	2.750	0
2.800	0.809	2.850	0.260	2.750	0.840	2.700	0.217	2.800	0.150	2.800	0.100	2.900	0.110	2.900	0.095	3.000	0.100	3.000	0.080
3.000	1.000	3.000	0.333	3.000	1.000	2.850	0.250	2.940	0.173	3.050	0.143	3.050	0.127	3.100	0.118	3.130	0.112	3.200	0.105
3.200	0.809	3.150	0.260	3.250	0.840	3.000	0.200	3.100	0.140	3.200	0.100	3.200	0.110	3.300	0.090	3.250	0.100	3.350	0.090
3.500	0	3.333	0	3.750	0	3.200	0	3.333	0	3.429	0	3.500	0	3.560	0	3.600	0	3.670	0
3.800	0.809	3.750	0.805	3.950	0.230	3.700	0.792	3.600	0.183	3.700	0.125	3.800	0.110	3.800	0.085	3.900	0.090	3.900	0.070
4.000	1.000	4.000	1.000	4.100	0.270	4.000	1.000	3.800	0.239	3.857	0.159	3.950	0.127	4.000	0.111	4.040	0.101	4.100	0.090
4.200	0.809	4.250	0.805	4.250	0.224	4.300	0.792	4.000	0.166	4.050	0.125	4.100	0.110	4.200	0.085	4.200	0.085	4.300	0.070
4.500	0	4.666	0	4.500	0	4.800	0	4.167	0	4.286	0	4.380	0	4.440	0	4.500	0	4.580	0
4.800	0.809	4.850	0.260	4.750	0.224	5.000	0.200	4.700	0.805	4.600	0.200	4.700	0.130	4.700	0.090	4.800	0.085	4.900	0.075
5.000	1.000	5.000	0.333	4.900	0.270	5.150	0.250	5.000	1.000	4.750	0.229	4.850	0.150	4.900	0.118	4.960	0.101	5.040	0.841
5.200	0.809	5.150	0.260	5.050	0.230	5.300	0.217	5.300	0.805	4.900	0.205	5.000	0.130	5.100	0.095	5.100	0.090	5.200	0.070
5.500	0	5.333	0	5.250	0	5.600	0	5.666	0	5.143	0	5.250	0	5.330	0	5.400	0	5.500	0
5.800	0.809	5.750	0.808	5.750	0.840	5.800	0.140	6.000	0.166	5.700	0.814	5.600	0.200	5.600	0.110	5.750	0.100	5.800	0.070
6.000	1.000	6.000	1.000	6.000	1.000	6.000	0.200	6.200	0.239	6.000	1.000	5.750	0.225	5.800	0.145	5.870	0.112	5.960	0.841
6.200	0.809	6.250	0.805	6.250	0.840	6.200	0.140	6.400	0.183	6.300	0.814	5.900	0.200	6.000	0.120	6.000	0.100	6.100	0.075
6.500	0	6.666	0	6.750	0	6.400	0	6.666	0	6.857	0	6.125	0	6.220	0	6.300	0	6.420	0
6.800	0.809	6.850	0.260	6.950	0.230	6.700	0.217	6.900	0.140	7.100	0.205	6.700	0.821	6.550	0.180	6.600	0.115	6.700	0.070
7.000	1.000	7.000	0.333	7.100	0.270	6.850	0.250	7.060	0.173	7.250	0.229	7.000	1.000	6.750	0.222	6.770	0.141	6.900	0.090
7.200	0.809	7.150	0.260	7.250	0.224	7.000	0.200	7.200	0.150	7.400	0.200	7.300	0.821	6.950	0.160	7.000	0.100	7.100	0.070
7.500	0	7.333	0	7.500	0	7.200	0	7.500	0	7.714	0	7.875	0	7.110	0	7.200	0	7.330	0
7.800	0.809	7.750	0.805	7.750	0.224	7.700	0.792	7.800	0.150	7.950	0.125	8.100	0.200	7.700	0.825	7.500	0.170	7.650	0.090
8.000	1.000	8.000	1.000	7.900	0.270	8.000	1.000	7.940	0.173	8.143	0.159	8.250	0.225	8.000	1.000	7.700	0.220	7.800	0.105
8.200	0.809	8.250	0.805	8.050	0.230	8.300	0.792	8.100	0.140	8.300	0.125	8.400	0.200	8.300	0.825	7.900	0.170	8.000	0.080
8.500	0	8.666	0	8.250	0	8.800	0	8.333	0	8.571	0	8.750	0	8.890	0	8.100	0	8.250	0
8.800	0.809	8.850	0.260	8.750	0.840	9.000	0.200	8.600	0.183	8.800	0.100	9.000	0.130	9.050	0.160	8.700	0.829	8.600	0.120
9.000	1.000	9.000	0.333	9.000	1.000	9.150	0.250	8.800	0.239	9.000	0.143	9.150	0.150	9.250	0.222	9.000	1.000	8.750	0.137
9.200	0.809	9.150	0.260	9.250	0.840	9.300	0.217	9.000	0.166	9.200	0.100	9.300	0.130	9.450	0.180	9.300	0.829	8.900	0.120
9.500	0	9.333	0	9.750	0	9.600	0	9.166	0	9.429	0	9.620	0	9.780	0	9.900	0	9.170	0

SUMARIO DE ARTICULOS PUBLICADOS EN GEOPHYSICS,

Vol. XXXII, No. 2, Abril de 1967. (Con permiso de publicación
otorgada por la Society of Exploration Geophysicists).

EXPLORACION SISMICA MODERNA DEL TREND SMACKOVER DE LA COSTA DEL GOLFO.

R. R. Rosenkrans y John D. Marr.

Los métodos sísmicos modernos, que atenúan las reflexiones múltiples, demuestran la existencia de reflexiones primarias consistentes claves, originadas en formaciones profundas del Cretácico Inferior, en formaciones Jurásicas y en la base de la sal, a lo largo del trend Smackover, que cruza Texas, Louisiana y Mississippi. Estos datos hacen posible, por primera vez, una configuración realista de la estructura profunda del Subsuelo. Se muestran datos sísmicos típicos a lo largo del trend y se relacionan con la geología del subsuelo. Se indican ciertos conceptos nuevos en la tectónica salina a lo largo de este trend. El final del tiempo del SMACKOVER fue el principio del primer período principal de flujo salino, con plegamientos y afallamientos concurrentes. La formación Buckner, con espesor probable de hasta 1500 metros, representa el material de relleno depositado alrededor de mantos de Smackover sobre las protuberancias salinas del pre-Cotton Valley. Existe evidencia de un lecho salino alimentador de hasta 1800 metros de espesor. Existe la posibilidad de crecimientos arrecifales del Buckner en la cima de algunos altos calizos del Smackover sobre las protuberancias salinas. La tectónica del flujo salino creó sinclinales periféricos que tienden a impedir la migración de hidrocarburos hacia los cierres del Smackover generados por la sal. La evaluación óptima de los prospectos del Smackover requiere la determinación de la edad, causa y magnitud de los cierres (incluyendo los sinclinales periféricos si están presentes) y además, si es posible, la detección de crecimientos arrecifales.

HORIZONTES EXPLORATORIOS DERIVADOS DE NUEVOS CONCEPTOS SISMICOS DE PRC Y PROCESOS DIGITALES

John D. Marr y Edward F. Zagst.

Los más recientes desarrollos en las técnicas de punto de reflejo común para atenuar reflexiones múltiples, han conducido a una aptitud exploratoria comparable al desarrollo del método sísmico de reflexión. La combinación de nuevos conceptos en el procesamiento digital de los datos sísmicos con las técnicas de PRC está creando horizontes exploratorios imprevistos, con información sísmica ampliamente mejorada. Los progresos más importantes en la atenuación de reflexiones múltiples, y de reverberaciones, se alcanzan actualmente con la adecuada geometría del PRC y con procedimientos especiales de apilamiento del PRC. Mejorías importantes adicionales son claramente evidentes en el futuro inmediato con el uso de técnicas de apilamiento y filtraje digital multicanal, y con la aplicación de deconvolución como primer paso en el procesamiento de datos sísmicos. Se describen brevemente las técnicas de PRC y se evalúan con datos reales y experimentales. Se emplean datos sintéticos para ilustrar que toda la información sísmica de reflexión debiera ser “deconvuelta” como primer paso de su proceso.

CONSIDERACIONES PRACTICAS EN EL USO DE LAS TECNICAS DE PUNTO DE REFLEJO COMÚN.

Harry Mayne.

La efectividad de la técnica de apilamiento horizontal de punto de reflejo común, depende de la exactitud con la cual las señales deseables (reflexiones primarias), registradas con diferentes trayectorias, puedan alinearse en fase para su suma.

Pueden ocurrir inexactitudes por la aplicación de una corrección dinámica incorrecta, por correcciones inadecuadas de efectos superficiales, y por variación de la forma de onda de la señal sobre los canales que deben apilarse. El último efecto puede ocurrir debido a diferencias en las trayectorias y/o en cambios introducidos al procesar.

Se describe un caso típico para ilustrar la magnitud de los errores observados en un levantamiento, y los ajustes que se requirieron para establecer la coincidencia de tiempo de las reflexiones primarias.

Las consideraciones teóricas que definen los errores máximos permisibles en el alineamiento de fase para diferente número de canales, indican que el error aceptable no debe de exceder de un medio del período del reflejo, independientemente del número de canales, y que la precisión requerida aumenta rápidamente al disminuir el número de canales. Por ejemplo, un apilamiento de 1,200% permitirá casi el doble de error tolerable que un apilamiento de 300% para el mismo resultado final.

EXPERIENCIAS CON METODOS SISMICOS DE CUBRIMIENTO MULTIPLE

W. H. Courtier y H. L. Mendenhall

Diferentes comparaciones de áreas en operación actualmente muestran la mejoría de los datos con los procesos de apilamiento del PRC. El uso de tendidos de geófonos para 24 trazas de 2160 - 0 - 2160 metros ha sido desarrollado para la mayoría del trabajo ejecutado por la Phillips Petroleum Company, después de una experiencia de más de 100 brigadas-año. Las secciones comunes de cable, perforación y operaciones adelantadas limitadas, amplias comunicaciones por radio, numeración apropiada de puntos de tiro y operaciones eficientes de perforación han producido promedios anuales de costo de 1000 Dólares por kilómetro para un cubrimiento de 1200%. Esto incluye los costos de todas las áreas y toda la reproducción, proceso e interpretación.

EL PAPEL DE LA COMPUTADORA DIGITAL EN EL MEJORAMIENTO Y LA INTERPRETACION DE LOS DATOS SISMICOS DEL MAR DEL NORTE.

Donald W. Rockwell

El Mar del Norte, con su geología compleja y sus velocidades sísmicas variables rápidamente, es un campo de pruebas muy apropiado para las

nuevas técnicas digitales de mejoramiento de datos y de cálculo. La calidad de registro es buena, pero los múltiples de período largo y corto frecuentemente oscurecen la información profunda deseada (Pérmico o más profundo).

Se ha obtenido una considerable mejoría en la calidad de registro por una combinación de apilamiento triple o séxtuple y filtraje en el dominio del tiempo o de reverberación (deconvolución), como se ilustra en los ejemplos que cubren una selección representativa de situaciones estructurales y tipos de sismogramas (trampas estratigráficas, fallas, posibles arrecifes, y tectónica salina). La contribución del filtraje en el dominio del tiempo, de operador largo, es la más significativa hasta la fecha del proceso de computadora, ya que un buen apilamiento ordinario puede también obtenerse por medios analógicos si se le presta cuidado.

En el aspecto de determinación de velocidades, la computadora ha sido empleada para mejorar los cálculos de los datos de los tendidos para tal fin, teniendo en cuenta la refracción de los rayos, proporcionando así velocidades de intervalo más precisos.

Los cálculos de profundidad, empleando modelos de velocidad con capas múltiples, correlacionadas con la estratigrafía, se han hecho con éxito para más de 100,000 puntos de tiro del Mar del Norte mediante computadora, y los resultados han sido graficados también con computadora.

Se han perfeccionado sobre la marcha los programas de computación para aplicaciones tales como determinación automática de velocidades, apilamiento con filtraje multicanal, migración de datos, así como graficación y configuración.

LEVANTAMIENTO DE VETAS DE GILSONITA POR EL METODO ELECTRICO DE RESISTIVIDAD.

Walter W. Haya, Otto W. Nuttli y LeRoy Scharon

Un equipo de resistividad eléctrica tipo Gish-Rooney se empleó para levantar la localización y la actitud estructural de vetas de gilsonita en la Unita Basin, al sureste de Vernal, Utah. Se hicieron perfiles horizontales normales al rumbo de las vetas de gilsonita usando la configuración Werner de electrodos. Se observaron anomalías muy acentuadas con un valor pico

de resistividad aparente del orden de 20,000-25,000 ohms-cm. Los valores pico se midieron sobre el centro de la veta, pero también se observaron máximos auxiliares menores, espaciados simétricamente a cada lado de la veta. La posición del alto auxiliar variaba como una función del espaciamiento de electrodos y se encontró que ocurría cuando la estaca de corriente estaba localizada en la gilsonita. Los perfiles de campo observados fueron comparados con varios perfiles teóricos calculados a partir de expresiones teóricas de resistividad aparente, derivados a través del uso de imágenes. La mejor correlación se obtuvo cuando se supuso que el modelo teórico tenía una resistividad infinita, con relación a la del material que le rodeaba. Esta correlación apoya la conclusión de que las vetas de gilsonita, debido a su resistividad extremadamente grande y a su actividad vertical, actúan como una lámina vertical aisladora al flujo de la corriente eléctrica en el suelo.

UNA HISTORIA GEOFISICA DEL CAMPO DE LACQ

P. Jenner y J. Dienesch

Mientras que el primer éxito de la exploración petrolera en Francia (el depósito de gas en el anticlinal de Saint-Marcet, en la región de Saint Gaudens) se basó esencialmente sobre exploraciones geológicas, el segundo (los depósitos de gas y aceite en el anticlinal de Lacq, cerca de Pau) fue el resultado de técnicas geofísicas. De hecho, el anticlinal de Lacq no puede ser detectado por geología superficial, debido a la cubierta Terciaria y Cuaternaria.

EXPLORACION GEOFISICA DE VALLES SEPULTADOS EN UNA AREA AL NORTE DE TWO HILLS, ALBERTA

D. H. Lennor y V. Carlson

Las técnicas geofísicas pueden emplearse en la exploración de aguas subterráneas para la detección de tales aguas propiamente dichas, para la detección de acuíferos potenciales, y para la detección de situaciones geológicas favorables para la ocurrencia de acuíferos. En Alberta, estos valles preglaciales sepultados contienen comunmente depósitos de arenas y gravas

permeables que, si son de suficiente espesor y extensión, pueden constituir importantes acuíferos. De esta manera, la localización de los valles por medios geofísicos conduce a la identificación de áreas en las cuales la exploración de aguas subterráneas presenta una mejor probabilidad de éxito. Si, adicionalmente, pueden emplearse los métodos geofísicos para indicar si existen espesores adecuados de depósitos permeables en los valles —esto es, para indicar los acuíferos— pueden limitarse mejor las áreas apropiadas para la exploración, posiblemente a una o más localidades con prospectos particularmente alentadores de un buen abastecimiento de aguas subterráneas.

La resistividad fue útil para la detección de depósitos permeables tanto someros como profundos y, por lo tanto tiene alguna capacidad para la localización de los cursos de los valles sepultados siempre que éstos contengan depósitos apreciables de arena y grava. El método tuvo aplicación limitada, sin embargo, a la medición de profundidades a la roca firme debido a la falta de contraste de resistividad entre los materiales de relleno y la roca firme, para una gran parte del área en estudio.

El método sísmico de refracción fué razonablemente eficaz en la determinación de profundidades de la roca firme y, por lo tanto, en la localización de valles sepultados. El éxito, sin embargo, depende de un conocimiento previo de las condiciones de velocidad en los materiales superficiales y en las capas superiores de la roca firme, a fin de entender y atacar el problema interpretativo presentado por una falta de contraste de velocidad entre los materiales del relleno y de la roca firme, en regiones de roca firme elevada.

Las profundidades anómalamente grandes calculadas para regiones de roca firme elevada fueron sumariamente rechazadas. Otro problema interpretativo resultó por la presencia de una zona ciega dentro de los materiales superficiales. Se introdujeron segmentos de velocidad de zona ciega en todas las gráficas tiempo-distancia en las cuales esta velocidad característica no aparecía, método que tuvo éxito en las dos terceras partes de los casos.

No hubo indicación, aparte de una espuria eliminada por evidencia independiente, de correlación entre los resultados gravimétricos y la distribución de valles sepultados o de cualquier material cercano a la superficie.

La investigación de Two Hills demostró efectivamente la importancia de un control adecuado —tanto geofísico como geológico— para la interpretación de los resultados de la exploración geofísica somera de las llanuras de Alberta.

RESUMENES DE ARTICULOS DEL VOL. XXXII,
No. 4. DE AGOSTO DE 1967.

LA APLICACION DE INSTRUMENTOS DE PERCEPCION
REMOTA A LA EXPLORACION DE RECURSOS
TERRESTRES.

(Por *Peter C. Badgley, Leo Childs y William L. Vest*)

La Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA) está auspiciando la investigación en aquellas áreas de percepción aérea y espacial que se relacionan con el estudio de recursos naturales y biológicos. Los recursos que pueden ser estudiados de esta manera incluyen distritos minerales, cuencas petroleras no exploradas, áreas costeras poco conocidas, suelos y humedad de los mismos, cosechas, madera, tierra y uso de la misma en áreas agrícolas y urbanas, áreas de captación de aguas, circuitos de transporte, propiedad marina, vida marina somera, etc. Los instrumentos de percepción remota en las naves espaciales con órbita terrestre poseen ciertas ventajas inherentes, entre las cuales se encuentran: la rapidez y continuidad de las observaciones, visión de conjunto para análisis regionales, tiempo reducido para la adquisición de datos, libertad relativa de perturbaciones meteorológicas, costos reducidos para aquellas características que requieran mediciones periódicas, y mejor calidad de datos de algunos tipos. Se expone el progreso logrado por la NASA en tales áreas.

EL COEFICIENTE DE COHERENCIA: SU ESTIMACION
Y USO EN EL PROCESO DE DATOS GEOFISICOS.

Por *M. R. Foster y N. J. Guinzy.*

El coeficiente de coherencia entre series de tiempo estacionarias fué introducido por Wiener en 1930. Está ligado con la relación señal-ruido, con

el error mínimo de predicción y tiene importantes propiedades de invariancia. Como una estimación de este parámetro, la mayoría de los geofísicos han empleado la llamada "Coherencia de Muestreo". Una distribución aproximada de la coherencia de muestreo para datos Gaussianos ha sido derivada por N. R. Goodman. Hemos verificado esta distribución por medio de experimentos de Monte Carlo por lo que se refiere a validez y vigor (insensitividad a la suposición Gaussiana). Y a pasado la prueba.

La distribución de Goodman proporciona un medio de hacer estimaciones de la coherencia verdadera que son mejores que la ampliamente usada coherencia de muestreo. También puede usarse para calcular intervalos de confianza. Finalmente, forma una base para seleccionar la ventana de retraso y la ventana de datos necesarios para la mejor estimación de la coherencia verdadera.

Para hacer buenas estimaciones de la coherencia verdadera, se deben observar dos precauciones:

1.—El espectro cruzado y los espectros de potencia de las dos series de tiempo deben variar gradualmente sobre el ancho de la ventana espectral.

2.—La relación de la longitud de la ventana de datos a la ventana de retraso debe ser grande.

Para la mayoría del trabajo sísmico, el segundo requisito limita severamente la resolución espectral. Los ejemplos muestran que pueden resultar grandes errores si esta resolución no es suficiente para satisfacer el primer requisito.

En muchos estudios geofísicos el parámetro de interés es la relación señal-ruido. Debido a su relación con la coherencia, también la distribución de Goodman ofrece una base para su estimación.

ESTIMACION DEL RUIDO SISMICO EMPLEANDO COMPONENTES HORIZONTALES

Por Thomas F. Potter y Robert B. Roden.

El uso de tendidos de geófonos que contienen instrumentos tanto de componente horizontal como vertical para la atenuación del ruido de ondas

superficiales ha sido estudiado teóricamente. Si se puede definir un proceso para estimar la componente vertical del ruido operando sobre las salidas de uno o más sismómetros de componente horizontal, la estimación puede restarse del registro de componente vertical para mejorar la relación señal-ruido. Las formas de onda exactas de señales con incidencia vertical pueden ser preservadas en una operación de esta clase.

Se han desarrollado fórmulas para describir la respuesta de un sistema que emplea tres componentes medidas en un solo punto. Se encuentra que este sistema es solo útil en los casos en que el ruido es fuertemente direccional. Es necesaria una separación física entre los instrumentos de componente vertical y horizontal, para resolver las dificultades causadas por incertidumbre en el sentido del vector de velocidad de propagación y el vector de órbita de partícula. Las fórmulas, derivadas para sistemas que consisten de anillos circulares que contienen horizontales orientados radialmente y un central vertical, muestran que una eliminación útil de ruido puede obtenerse aún en el caso más desfavorable de distribución uniforme azimutal de ruido. La efectividad de los tendidos de esta clase no se ve muy afectada por el ruido incoherente o el ruido de ondas Love. Las comparaciones con tendidos similares que solo contienen sismómetros de componente vertical indican que, para algunos de los modelos de ruido estudiados, el tendido multicomponente debe ofrecer una eliminación útil del ruido sobre un mayor ancho de banda y a mayores longitudes de onda, que un tendido totalmente vertical de las mismas dimensiones.

INVESTIGACION DE EXPLOSIONES CON MODELOS EN MEDIOS PRE-ESFORZADOS.

Por W. H. Kim y C. Kisslinger.

Se investigan los efectos sísmicos de explosiones y la propagación de ruptura en modelos bidimensionales pre-esforzados (plexiglas, aluminio), así como la anisotropía producida por el campo de esfuerzos. Una explosión en un medio pre-esforzado libera una porción de la energía de deformación almacenada, por uno o más de los siguientes mecanismos:

- (1) formación de fracturas direccionales, especialmente en materiales quebradizos, (2) liberación de energía de deformación en la zona elástica exterior a la cavidad, y (3) propagación de ruptura. Los fenómenos asociados con todos estos mecanismos fueron observados en la presente investigación.

Las explosiones en Plexiglas pre-esforzado producen fracturas en direcciones preferidas, la intensidad de las cuales aumenta con el esfuerzo aplicado. Las explosiones en láminas de aluminio pre-esforzado no causan fracturas sino más bien deformación plástica alrededor de la explosión. Los modos rectos y ramificados de fracturas móviles iniciales por explosiones en Plexiglas pre-esforzado pueden ser aplicados sobre la base de distribución de esfuerzo adelante de las puntas de las fracturas.

Los patrones de radiación observados resultantes de explosiones en medios pre-esforzados, indican campos asimétricos de radiación que son una consecuencia directa de la liberación de energía de deformación para el caso del aluminio, y por los efectos combinados de fracturamiento direccional y liberación de energía en la zona elástica para el caso del Plexiglas. Las explosiones en medios pre-esforzados generan ondas trasnversales. La magnitud observada de estas ondas aumenta bruscamente con el nivel del campo de esfuerzos existente para una cantidad dada de liberación de energía de deformación. Se concluye que este fenómeno es atribuible a la conversión efectiva de liberación de energía a radiación sísmica para elevados campos de esfuerzo ambientes. En otras palabras, la efectividad de la generación de ondas transversales está gobernada por la rapidez con que se libera la energía de deformación existente.

Un efecto definido de anisotropía fué observado en modelos pre-esforzados, pero no es suficientemente grande para afectar la propagación ondulatoria en el rango de las cargas tensionales aplicadas.

DIPOLO ELECTRICO SOBRE UNA TIERRA ANISOTROPICA E INHOMOGENEA

Por Ajit Kumar Sinha y Prabhat K. Bhattacharya.

Los campos electromagnéticos de un dipolo eléctrico horizontal de baja frecuencia colocado sobre una tierra de dos capas, han sido derivados. Se considera que la capa superior es isotrópica transversalmente con respecto a la conductividad. El eje principal desigual del tensor de conductividad es normal a las capas. El sustrato se toma como isotrópico. Los potenciales vectoriales en la superficie de la tierra han sido evaluados y expresados de tal manera que los campos pueden ser fácilmente calculados. Hemos considerado los casos especiales de un conductor perfecto, un aislador perfecto, y un sustrato cuya conductividad es muy cercana a la conductividad longitudinal de la capa superyacente. También han sido calculadas las expresiones asintóticas para los campos. Todos los resultados se dan en términos de funciones conocidas, y han sido incluidos algunos resultados numéricos.

CAMPOS ELECTROMAGNETICOS EN UN MEDIO-ESPACIO ANISOTROPICO DE N CAPAS.

Por *Douglas P. O'Brien y H. F. Morrison.*

Partiendo de las ecuaciones de Maxwell y de la ley de Ohm para un medio horizontalmente anisotrópico, se puede demostrar que dos modos independientes de ondas planas se propagan perpendicularmente al plano de la anisotropía. Las condiciones de frontera en los contactos de un modelo de N- capas permiten el cálculo, por multiplicaciones matriciales sucesivas, de los campos en la superficie en función de los campos en el medio-espacio infinito basal. La especificación del campo magnético en la superficie permite el cálculo de los campos eléctricos resultantes, y el cálculo de las entradas de una relación tensorial de imperancias. Estos cálculos han sido programados para la computadora digital y así puede hacerse una interpretación de impedancias obtenidas a partir de mediciones de campo, en función de una estratificación anisotrópica. Además, han sido calculadas las resistividades aparentes en direcciones ortogonales, para modelos específicos, y se han comparado con los datos experimentales. Es aparente que la gran dispersión de las resistividades observadas puede ser debida a pequeños cambios en la polarización del campo magnético.

CALCULO DE LA MAGNETIZACION DE LEVANTAMIENTOS MEDIANTE LA COMBINACION DE RECONOCIMIENTOS TOPOGRAFICOS MAGNETICOS.

Por *M. L. Richards, V. Vacquier y G. D. Van Voorhis.*

La dirección y magnitud de la magnetización de una estructura magnetizada puede ser calculada mediante la combinación de reconocimientos topográficos y magnéticos. El método previamente reportado ha sido extendido para incluir más de una estructura, cada una poseyendo su particular magnetización. También, la base de la estructura no necesita ser un plano horizontal sino que puede ser una superficie arbitraria.

El método fué aplicado a 21 montículos marinos, un lacolito y dos volcanes Aleutianos. Se encontró que cuatro de los montículos marinos estaban inversamente magnetizados. Las posiciones polares paleomagnéticas virtuales para 16 montículos del Océano Pacífico, representando tres localidades ampliamente separadas, son significativamente diferentes de la posición polar geomagnética actual, pero cerca de las posiciones polares mesozoicas virtuales desde Australia. Para dos localidades, las determinaciones

radiométricas de edad dan una fecha media para su formación en el Cretácico. La desviación aparente de 30° en la latitud geomagnética de los montículos se intepreta como el resultado de movimientos en gran escala del piso del Océano Pacífico o, alternativamente, como el resultado de que el ecuador paleomagnético haya estado al Norte de su posición actual en el Pacífico durante el crecimiento de los montículos marinos.

UN METODO PARA CALCULAR ANOMALIAS RESIDUALES PARTIENDO DEL MAPA GRAVIMETRICO DE BOUGUER MEDIANTE LA APLICACION DE LA TECNICA DE RELAJACION.

Por *M. K. Paul.*

Se ha desarrollado un nuevo método de cálculo de anomalías residuales para los datos de exploración gravimétrica partiendo del mapa gravimétrico de Bouguer. Para llegar al método propuesto, se ha examinado inicialmente el comportamiento del campo gravimétrico regional desde un punto de vista analítico. Con los conceptos así adquiridos en mente, se considera el caso de redes cuadriculares con una separación tal entre estaciones que en una área elemental, formada por la unión de cuatro estaciones próximas alrededor de una estación central, el campo regional pueda ser representado por una función lineal de las coordenadas Cartesianas en la superficie horizontal de observación. Haciendo uso de la relación formal entre los valores gravimétricos residual, regional y de Bouguer, se ha podido formular en este caso un conjunto de ecuaciones lineales simultaneas -una por cada estación de observación- con los valores residuales de las esquinas de las redes como las incógnitas en los miembros izquierdos de tales ecuaciones, y alguna función lineal de los valores de Bouguer de las esquinas de las redes como las cantidades conocidas, en los miembros derechos. Con algunas estimaciones plausibles a mano de los valores residuales de las estaciones de los linderos, tales ecuaciones pueden ser resueltas eficientemente con la ayuda de la técnica de relajación, que ha sido ilustrada en los casos de modelos teóricos así como en los de datos de campo.

REGIMEN TERMICO DE UNA PERFORACION DE GRAN DIAMETRO: INESTABILIDAD DE LA COLUMNA DE AGUA Y COMPARACION DE CONDICIONES DE LLENADO DE AIRE Y DE AGUA.

Por *William H. Diment.*

Se midieron temperaturas como una función del tiempo y la profundidad en una perforación, antes y después de que había sido llenada con

agua. El pozo es de 25 centímetros de diámetro y 340 metros de profundidad y se encuentra efectivamente sellado del influjo de agua subterránea. Las mediciones revelan que: (1) Las diferencias de temperatura entre el pozo lleno de aire y el pozo lleno de agua (después de que se ha disipado la perturbación del agua de inyección) no exceden de 0.05°C para la misma profundidad. (2) Las temperaturas en el pozo lleno de agua exhiben oscilaciones a todas las profundidades en donde la temperatura aumenta hacia abajo, pero son estables en el fondo y cerca de la superficie donde la temperatura disminuye con la profundidad. (3) Las oscilaciones de la temperatura tienen períodos que varían desde algunos minutos hasta algunas horas. (4) Las amplitudes de las oscilaciones son de algunos centésimos de grado, y son burdamente proporcionales al gradiente geotérmico cercano al punto de medición, sugiriendo tal cosa que el tamaño de las celdas o remolinos es más bien constante y que la distancia del movimiento de agua no es mayor de algunas veces el diámetro interior del revestimiento. (5) No se detectaron oscilaciones en el pozo lleno de aire, pero debido a que las constantes de tiempo del instrumento son grandes en el pozo lleno de aire, no puede excluirse la posibilidad de oscilaciones de corto período.

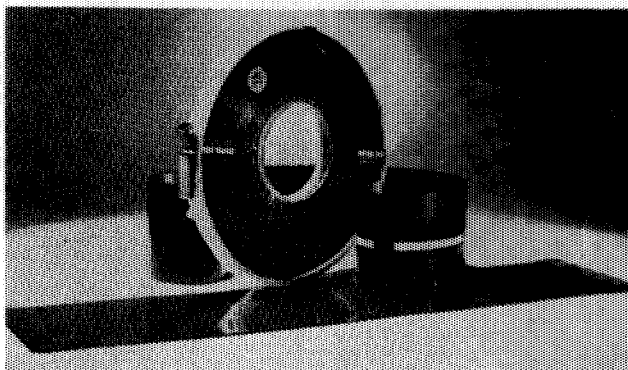
UN INFORME EXPERIMENTAL SOBRE LA INESTABILIDAD TERMICA DE POZOS DE GRAN DIAMETRO.

Por *Peter E. Gretenier*.

Un fluido en un tubo a un gradiente térmico será estable mientras este gradiente no exceda de un cierto valor crítico. La evidencia experimental que se presenta muestra que el fluido en pozos de gran diámetro, como en pozos petroleros, sujeto al gradiente geotérmico normal es, realmente, inestable como lo predice la teoría. Nuestras observaciones independientes apoyan la evidencia presentada por Diment (1967) en un trabajo técnico acompañante.

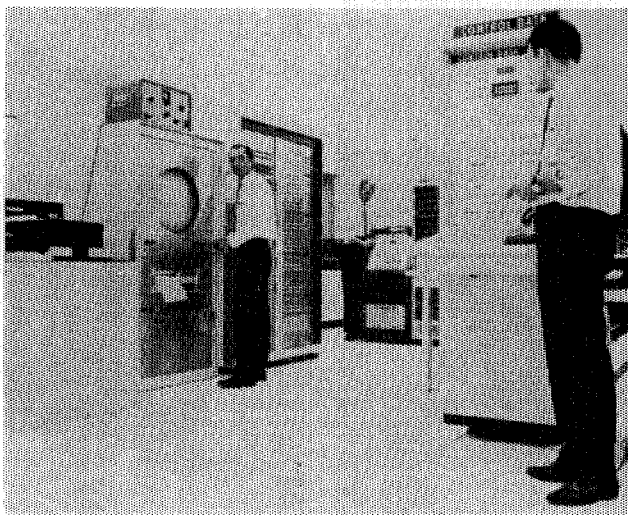
Petty procesa cintas como estas

(Grabaciones Sismológicas,
analógicas o digitales hechas
por usted o por Petty)



en estas computadoras

(El muy completo centro de
Proceso de Petty en San Antonio,
Texas, incluye un sistema de
Computación CDC, asociado con
equipo de conversión ADA, de
máxima capacidad sísmica
y un grupo experimentado de
programación Geofísica)



con

programas sofisticados

(Punto Común de Reflección,
apilamiento, deconvolución
de reverberación filtrado de
face O, etc.)

Para encontrar más aceite, lo
invitamos a usar los 40 años de
experiencia de Petty,
en Exploración Geofísica.



HOME OFFICE: TOWER LIFE BUILDING
SAN ANTONIO, TEXAS, U.S.A. — TEL: 512 CA 6-1393

PETTY GEOPHYSICAL ENGINEERING CO. DE MEXICO, S. A. DE C. V.
Av. Juárez 97 — Desp. 405-406 — Tel. 21-08-34 — México 1, D.F.

EXPLORACIONES:

GEOHIDROLOGICAS

PETROLERAS

GEOFISICAS

MINERAS

ESTUDIOS:

CORROSION SUBTERRANEA

MECANICA DE SUELOS

AGUA SUBTERRANEA

REG. ELEC. EN POZOS

TOPOGRAFICOS



FABRICACION Y VENTA DE EQUIPOS:

RELACION DE CAIDAS DE POTENCIALES

REGISTROS ELECTRICOS DE POZOS

RESISTIVIDAD ELECTRICA

POLARIZACION INDUCIDA

SOLICITE INFORMES A: SAN JUAN DE LETRAN 475-B-103

CIUDAD TLATELOLCO — MEXICO 3, D. F.

EXPLORACIONES,

===== S. A. =====



Iturbide No. 36 Desp. 201

Tel. 10 - 15 - 64

MEXICO, D. F.



DE LA

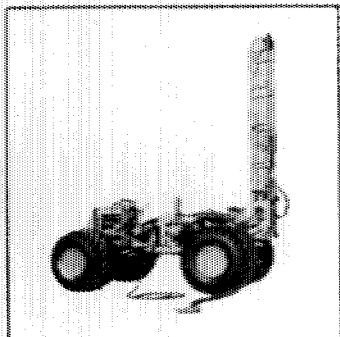
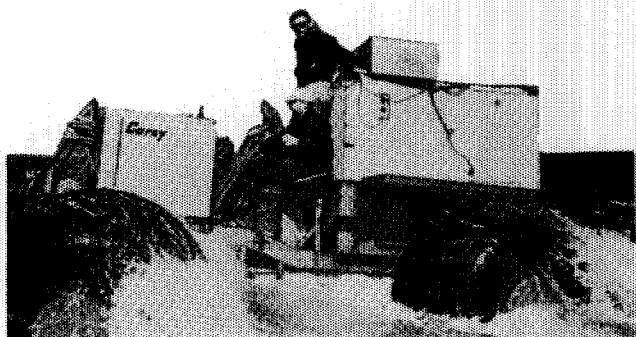
ASOCIACION MEXICANA
DE GEOFISICOS
DE EXPLORACION

EN

COATZACOALCOS, VER.

DEL 15 AL 18 DE NOVIEMBRE DE 1967

TEMA CENTRAL: **ANALISIS DE LAS
NUEVAS TECNICAS EN LA
EXPLORACION GEOFISICA**



LA UTILIDAD DEL TRANSPORTADOR FLOTANTE "CAREY"
EN ACCION EN EL AREA MAR DEL NORTE.

"TRANSPORTADOR FLOTANTE CAREY"

Considere estas ventajas cuando usted planee su próximo trabajo:

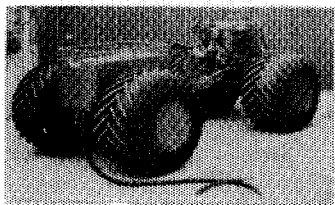
ROBUSTEZ.—Eje de Conducción Planetario (standard en todos los "transportadores flotantes" CAREY) elimina rompimientos del eje y diferencial.

SEGURIDAD.—Es fácilmente obtenible un servicio de campo completo y garantiza un máximo de eficiencia. Todos los "transportadores flotantes", utilizan máquina de encendido automático, dirección de poder, y en la parte trasera tiene un cabrestante o malacate. Es aprovechable para 24 hrs. de servicio.

VERSATILIDAD.—Los "transportadores flotantes" vienen equipados, con equipo de perforación, tanques de agua, cabina de instrumentos, soportes, y son completamente anfibios para todas las operaciones. Dependiendo del terreno, son opcionales las llantas de tierra firme o llantas de agricultura.

Permita que CAREY trabaje con usted para sus diseños en áreas difíciles o pantanosas según sea su aplicación específica. Se puede tener rentado o comprado.

Llame o escriba a CAREY MACHINE & SUPPLY CO., 5810 South Rice Ave., Houston, Texas 77036. Teléfono 713 Mo 7-5695 o en México a Distribuidores Industriales. Lafragua No. 13-201, México 1, D. F., Tel. 35-24-07.



VEHICULO ANFIBIO CAREY
ROBUSTEZ - SEGURIDAD - ECONOMIA

REPRESENTANTES EN MEXICO:
DISTRIBUIDORES INDUSTRIALES, S. A.
Lafragua No. 13 - 201

PERFORACIONES, S. A.

**CONTRATISTA DE PERFORACION
EXPLORATORIA DESDE 1950 PARA**

PETROLEOS MEXICANOS

SECRETARIA DE MARINA

CONSTRUCTORA MALTA, S. A.

NATIONAL SOIL SERVICES, CO.

**CIA. FUNDIDORA DE FIERRO Y
ACERO DE MONTERREY, S. A.**

Y PARTICULARES

AVENIDA JUAREZ No. 119 - 5o. PISO

Teléfonos: 21-37-25 y 21-36-42

MEXICO 1, D. F.