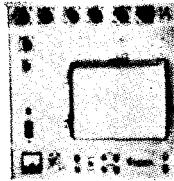


**La mejor
línea completa
de detectores sismicos
que la industria
tiene además
de instrumentos
enteramente integrados
para registro en el campo
y reducción
de los datos**



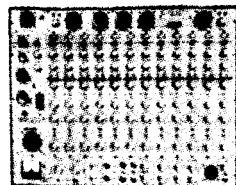
DRUM CROSS SECTION PLOTTER



MODEL 200 RECORDER



HALL SEARS GEOPHONES



MODEL 111 AMPLIFIER



GT-2
INTERVAL TIMER



MODEL RO-6-28 CAMERA



*La NUEVA CABECILLA
en la instrumentación sismica*

GEO SPACE CORPORATION

5803 GLENMONT DRIVE • HOUSTON, TEXAS 77056
TELEPHONE AREA CODE 713—MO 6-1011 • CABLE ADDRESS: GROPA • TELEX: 677-374
Offices in THE HAGUE, PARIS, BRISBANE, LONDON, CALGARY,
Agents in TOKYO, KARACHI, NEW DELHI, MEXICO CITY.



ROSSBACH DE MEXICO, S. A.

FABRICANTES DE INSTRUMENTOS DE PRECISION

Aliada Rossbach tipo
"Geológica"



Modelo 620

Sobre Pedido:
aproximación de 20 segundos

- Tránsito Rossbach Mod. 510R aproximación 1 minuto
- Tránsito Rossbach Mod. 512R aproximación 1 minuto

- Plancheta Rossbach Mod. 600R
- Limnógrafo Rossbach
- Pluviógrafo Rossbach
- Estadales Philadelphia

- Nivel fijo 18" Mca. Rossbach Mod. 191R
- Molinete Eléctrico Rossbach
- Molinete Mecánico Rossbach
- Veletas Embaladas
- Niveles Automáticos
- Tránsitos de 1 segundo

Representantes de Otto Fennel & Son

Representantes de Miller Innsbruck

Representantes de Meopta - Praha

APARATOS PARA OBSERVACIONES METEOROLOGICAS E HIDROMETRICAS DE LA
AFAMADA CASA NEGRETTI & ZAMBRA. LONDRES

ROSSBACH DE MEXICO, S. A.

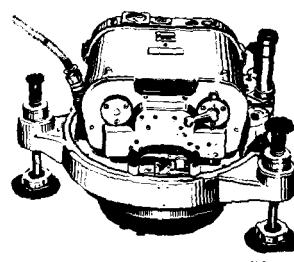
OFICINAS: Diagonal San Antonio 1015 - Tel.: 23-39-72

FABRICA: Calz. Ixtapalapa-Puebla 1629 - Tel.: 39-20-09

COMPAÑIA MEXICANA AEROFOTO, S. A.

LOS SIGUIENTES ELEMENTOS RESPALDAN

NUESTROS 31 AÑOS DE OPERACION.



WILD

EQUIPO DE RESTITUCION PARA PLANOS TOPOGRAFICOS:

- 1 Autógrafo WILD A-7
- 1 Autógrafo WILD A-8
- 1 Autógrafo WILD A-9
(Para fotografías granangulares y supergranangulares)
- 4 Aviôgrafos WILD B-8
- 3 Aparatos de Restitución KELSH
- 1 Múltiples con 8 proyectores

1 Camara fotogramétrica WILD RC-8 1 Cámara fotogramétrica WILD RC-9

- 1 Cámara supergranangular WILD RC-9
- 3 Cámaras fotogramétricas FAIRCHILD
- 1 Cámara fotogramétrica para fotografía infrarroja y a colores.

AVIONES DE ALTURA:

- F-15 Northrop, matrícula XB-FUJ
- Boeing B-17G, matrícula XB-BOE

Douglas Dauntless, matrícula XB-QUC
North American, O-47-B matrícula

XB-YUW

AVIONES DE MEDIANA ALTURA:

- Strato Helio, matrícula XB-YOI
- Beechcraft, matrícula XB-VIG
- Beechcraft, matrícula XB-RAU
- Cessna 190, matrícula XB-KUC

Además equipo completo de laboratorio, mapas para mosaicos, fotografías panorámicas y fotografías rectificadas de reproducción

120 empleados especializados en los distintos aspectos de la fotogrametría

DIRECCION:

Av. Obrero Mundial Núm. 338, Esq. con Pestalozzi
Teléfono: 43-38-30 con tres líneas directas

Méjico 12, D. F.

Talleres de Aviación y Hangares

Lindero Sur, Aeropuerto Central

Tels.: 22-22-58 y 22-29-64



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.

Tanto en
Instrumentación
como en
Interpretación
la compañía
geofísica UNITED
lleva la delantera
en el Mundo al
ofrecer los últimos
adelantos en toda clase
de servicios geofísicos.



UNITED GEOPHYSICAL CORPORATION
SEISMOGRAPH • GRAVIMETER • MAGNETOMETER

P. O. Box M, 2650 E. Foothill Blvd., Pasadena, California
Suite 1804, Bank of the Southwest Bldg., 900 Travis St.
Houston 2, Texas
1908 Liberty Bank Bldg., Oklahoma City, Oklahoma
1202 Petroleum Life Bldg., Midland, Texas
5902 E. Admiral Place, Tulsa, Oklahoma
1700 Broadway, Room 504, Denver 2, Colorado
345 Mt. Lebanon Blvd., Pittsburgh 24, Pennsylvania
Suite 8, 534 Sixth Ave. S.W., Calgary, Alberta, Canada
P.O. Box 1861, Anchorage, Alaska

194 rue de Rivoire, Paris 1er, France
Av. Pres. Vargas, 435, 19º andar, Rio de Janeiro, Brazil
Casilla 26-D, Punta Arenas, Magallanes, Chile
Apartado Interno 9, General Roca, Province of Rio Negro, Argentina
P. O. Box 258, Tripoli, Libya
Calle Triana No. 140, Las Palmas, Gran Canaria, Isles Canarias
P. O. Box 289, Benin City, Nigeria
P. O. Box 939 M, Brisbane, Australia
Avda. Generalissimo, 53-55 Bis, Madrid 16, Spain

FABRIMEX, S. A. DE C.V.



Con las Barrenos FABRIMEX (Tipo Williams) se obtienen más metros perforados y menores costos de perforación.

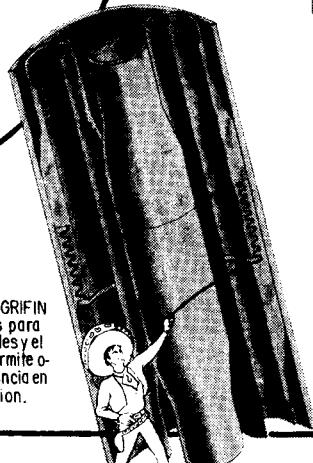
EVITE problemas en las cementaciones primarias utilizando CENTRADORES, RASPADORES Y COLLARINES TOPE TIPO FABRIMEX.



Los PRODUCTOS QUÍMICOS FABRI-NUTRO son una garantía para evitar los problemas de corrosión, parafinamiento, incrustaciones de carbonatos, etc.

Las JUNTAS FABRI-GRIFIN "DS" están diseñadas para terminaciones múltiples y el sello de teflón les permite operar con gran eficiencia en pozos de alta presión.

Con los SELLOS DE TEFLON colocados en el interior de los coples API de las tuberías de producción se eliminan, en su totalidad, las fugas de fluidos.



FABRICACION NACIONAL DE EQUIPO PARA LA INDUSTRIA PETROLERA

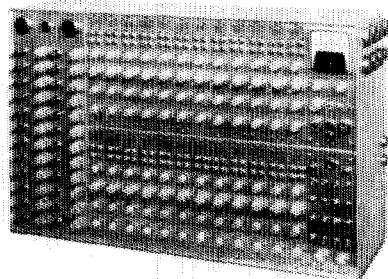
FCO. NOVOA N° 105 MEXICO 14 D.F. TELS: 17-44-10 17-73-51 17-93-79

SUCURSAL EN VERACRUZ Km.435 CARRETERA JALAPA VERACRUZ.

APARTADO POSTAL 659, VERACRUZ, VER.

INSTRUMENTAL GEOFISICO

DA MEJOR RENDIMIENTO, MAYOR DURACION Y A UN COSTO MENOR



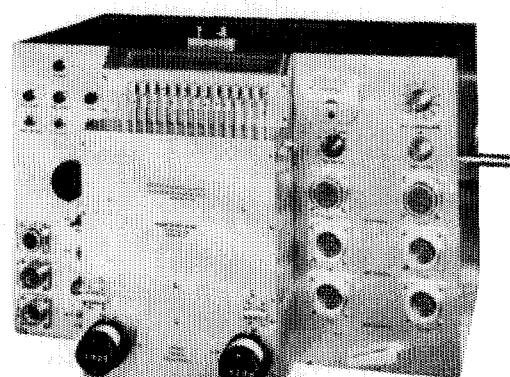
FORTUNE T-1. SISTEMA DE AMPLIFICADORES SISMICOS TRANSISTORIZADOS PARA TRABAJOS DE REFLEXION Y REFRACTION.

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 operarlo con altas ganancias. La relación de señal a ruido, en los amplificadores, es de 20 db a 0.5 microvoltios de entrada.

POTENCIA REQUERIDA — 2 amperes, a 12 voltios 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 levas previamente calibradas y ajustadas a determinada función analítica.

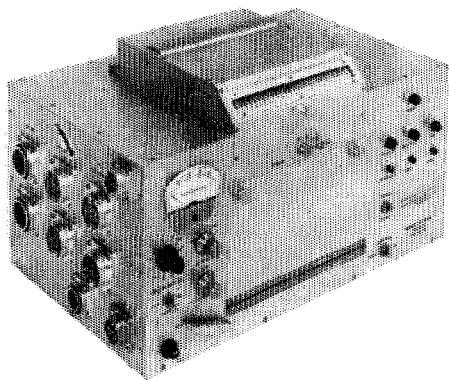
SE AJUSTA A CUALQUIER SISTEMA DE TIRO — No importa el sistema de tiro empleado, ya que mediante una barra universal de tendidos y gracias a medidores ajustables (calibrados en por ciento), es posible aplicar a cada traza la corrección dinámica adecuada.

ESPECIFICACIONES DEL MODELO DC-2B.

Transportador de la cinta. Mediante tambor, cuyo diámetro es de 7 5/8". Número de canales. 24 sismicos, 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. 3.597/segundo. Tiempo útil de grabación. 6 seg. (el tambor da una vuelta completa en 6.6 seg.). Corrección dinámica máxima. 150 miliseg. Característica del motor. De histéresis de 400 ciclos. Acoplado al tambor. Corrección máxima. 700 miliseg/segundo. Rango de corrección estática. ± 50 miliseg. 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 feed). — 36 a 10 cps. Grado de exactitud del sistema de tiempo. ± 1 miliseg. Necesidades de entrada (a 100% el nivel de grabación). 50 milivoltios 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 × 18 × 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).

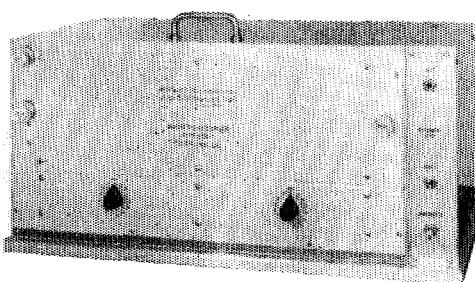
TOTALMENTE TRANSISTORIZADO — La grabadora SR - 5 ofrece los últimos adelantos en sencillez de manejo, presentando características iguales a las de sistemas más costosos y complicados.

PRECISION Y SENCILLEZ — Durante el proceso de grabación, las cabezas magnéticas están gobernadas desde la salida de los amplificadores de manejo. 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 presión a partir del instante de tiro, el arranque de la cámara, etc., todo ello a base de levas. Puede 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 1/2". Número de canales. 24 sísmicos y 2 ó 4 auxiliares. Tamaño de la cinta. 6 1/2 ó 7 1/2" de ancho por 24 1/2" de largo. Velocidad de la cinta. 3.55"/segundo. Tiempo útil de grabación. 6 seg. (el tambor da una vuelta completa en 5.6 seg.) Características del motor. De histéresis de 400 ciclos. Acoplado al tambor. Polarización (bias). 8 milicamperes a 6 kilociclos. Respuesta. De 5 a 200 cps. Correcciones estáticas (opcional). ± 100 milíseg. Relación de señal a ruido. 50 db RMS a RMS. Distorsión armónica total. (A 100% del nivel de grabación. 2.5%) Alimentación cruzada. (Cross feed). Con entrada de 100%. -36 db a 10 cps. Nivel de grabación. 50 milivolts a través de 40 ohms. Potencia requerida. 0.5 amper en vacío y 6.5 amperes con carga. Medida del transportador de la cinta. 11" X 18 1/2" X 11 1/4". Peso. 53 libras (24.040 kgs.).



FORTUNE — LDR.

MICROPISTA - 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 8 pasos, pudiendo instalarles 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.



¿Sabe usted
con qué nombre
se vende
el papel sismográfico
de mayor confianza
en el mundo?

Con el nombre de papel **Kodak** LINAGRAPH 480

GEOFISICOS CONSULTORES PARA
PETROLEOS MEXICANOS



*Seismograph Service Corporation
of Mexico*

AVE. JUAREZ 95 - 207 • MEXICO I, 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**

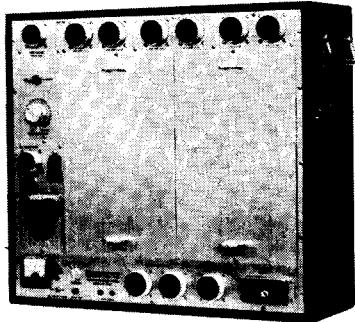
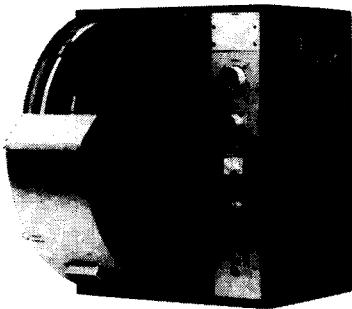
Levantamientos :

- Sismológicos
- Gravimétricos
- 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

GEO SPACE FM-300 Transistorized FM Magnetic Recording System



ESPECIFICACIONES CONDENSADAS

Número de Canales: 24 para Información Geofísica y 4 Auxiliares.

Dimensiones de la Cinta: 4" por 45 1/4" (FM Standard).

Velocidad de la Cinta: 7 1/2 pulgadas por segundo.

Frecuencia Central: 4 KC (FM standard).

Entrada para Máximo Nivel de Registro: 150 milivolts a través 100 K.

Nivel Máximo de Salida: Nivel Alto: 2 volts
@ aprox. 500 ohms.

Nivel Bajo: 300 μ volts
@ aprox. 200 ohms.

Respuesta de Frecuencia: 1.8 cps hasta 450 cps.

Relación Señal - Ruido: 60 db rms a rms (con cancelación de ruido) banda ancha.

60 db rms a rms (sin cancelación de ruido) en banda de 20 a 200 cps.

Distorsión Armónica: Menos de 1%.

Potencia Requerida: 12 V DC @ 12 amps.

Dimensiones de Transporte: 14 1/4" ancho, 17 1/2" alto,
10" largo.

Dimensiones de Caja Electrónica: 19" ancho, 17 1/2" alto,
7 3/4" largo.

¿Requieren sus planes presentes o futuros el empleo de las técnicas de mejoramiento de la información analógica o digital? Si es así, usted necesitará un registrador de campo de la mayor fidelidad y confianza.

El nuevo FM-300 será de su preferencia porque éste recoge los datos de una manera más simple y más económica. El sistema revolucionario del movimiento de tambor multi-contacto se emplea para proporcionar una velocidad de rotación extremadamente suave sin ajustes críticos — de esta manera reduciendo el ruido de fluctuaciones hasta un grado bajo no logrado antes. Este método simple y directo para disminuir el ruido le garantiza a usted una actuación en el campo superior y continua. El banco de cabezas magnéticas está articulado de manera que las cabezas que están suspendidas individualmente son fácilmente accesibles para inspección y aseo. El FM-300 es completamente transistorizado y está auto-contenido en dos cajas que incluyen todas las funciones auxiliares.

GEO SPACE CORPORATION

5803 GLENMONT DRIVE • HOUSTON, TEXAS 77036

TELEPHONE: AREA CODE 713—MO 6-1611 CABLE ADDRESS: GEOSPA TELEX: 077-374

Offices in THE HAGUE, PARIS, BRISBANE, LONDON, CALGARY.

Agents in TOKYO, KARACHI, NEW DELHI, MEXICO CITY, BUENOS AIRES, LA PAZ.

BOLETIN

de la

Asociación Mexicana de Geofísicos de Exploración

S U M A R I O

“Uso de Detectores Múltiples en la Exploración Sismológica”, por el Ing. *Jesús Basurto G.*

“Correlación Sismológica y Geológica”, por el Ing. *Armando Eguía H.*

Nuevos Socios.

ASOCIACION MEXICANA DE GEOFISICOS DE EXPLORACION

MESA DIRECTIVA PARA EL PERIODO 1963-1964

Presidente: Guillermo Hernández Moedano.

Vice-Presidente: Jesús Basurto García.

Secretario: Alfonso Cornejo Toledo.

Tesorero: Alfonso Hernández Osuna.

Vocal de Petróleo: Armando Eguía Huerta.

Vocal de Minas: Ernesto López Ramos.

Vocal de Ingeniería Civil: Enrique del Valle T.

Editor: Vladimir A. Olhovich.

Presidente Directivo Anterior: Santos Figueroa Huerta.

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

El precio de suscripción 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. VLADIMIR A. OLHOVICH

Av. Juárez No. 97 Despacho 302.

Teléfonos 18-41-41 y 12-89-70

México 1, D. F.

USO DE DETECTORES MULTIPLES EN LA EXPLORACION SISMOLOGICA *

Por el Ing. JESUS BASURTO G. **

R E S U M E N

Uno de los problemas fundamentales de la exploración sismológica por reflexión en regiones clasificadas como difíciles, consiste en hacer resaltar las señales útiles que se encuentran oscurecidas debido a la presencia de movimientos secundarios que accionan al geófono, y que técnicamente se consideran como "ruidos". Este mejoramiento de la información se intenta mediante recursos en la generación de energía sísmica, captación de la misma en el área de recepción, su modificación en el sismógrafo, y por último su manipulación en los instrumentos de procesado magnético.

En este trabajo se exponen los principios de mejoramiento de la relación señal-ruido mediante el uso múltiple de detectores distribuidos en línea con el punto de tiro, o cubriendo una superficie, tanto con el empleo de geófonos de igual sensibilidad como de sensibilidad variable.

Finalmente, se muestra el mejoramiento logrado con la aplicación de tendidos de detectores múltiples en algunas áreas en que la respuesta del terreno era desfavorable a las señales sísmicas.

* Presentado en la Convención de Geofísicos en Tampico (21 - 23 de Noviembre de 1963).

** Gerencia de Exploración. Petróleos Mexicanos.

INTRODUCCION

Siendo el método sismológico de reflexión el que ocupa el primer lugar en la exploración geofísica, por su capacidad para rendir la mejor información estructural del subsuelo, es natural que sus recursos para hacerlo más efectivo se analicen una y otra vez. Entre ellos indudablemente se encuentra el relativo a la utilización de tendidos con detectores múltiples, que si bien no es enteramente nuevo pues hace ya más de treinta años que se ha venido empleando, recientemente ha recibido un enfoque más técnico que permite sustituir los tanteos más o menos empíricos que eran comunes inicialmente. Aunque el tema ha sido tratado en publicaciones especializadas a través de magníficos artículos, se considera que la justificación de este trabajo consiste en presentar un resumen, que no pretende ser completo, dirigido a aquellas personas que tienen bajo su responsabilidad la operación de las brigadas exploratorias.

Las observaciones sismológicas, como ocurre en general con todas las mediciones en física, tienen la peculiaridad de que al hacer más sensibles los instrumentos aparece la información que se busca cada vez más interferida por inherentes perturbaciones que la oscurecen. Técnicamente a la información se le llama *señal* y a las perturbaciones se les llama *ruido*. Una medida de la calidad de la información es, pues, la relación entre la magnitud de ambos elementos, que se conoce como *relación señal-ruido*. Una gran parte del esfuerzo que se hace en los trabajos de campo tiende, evidentemente, hacia el mejoramiento de dicha relación con el fin de lograr información más limpia, que permita aumentar el poder de resolución de los métodos exploratorios. Esto es sumamente importante pues es de sobra conocido que cada vez resulta más difícil localizar los yacimientos petrolíferos debido, entre otras causas, a que:

Las estructuras son más profundas.

Las estructuras son de menor extensión, tanto horizontal como verticalmente.

Las trampas son más bien de tipo estratigráfico que estructural.

Se explora en áreas de topografía más accidentada y en áreas de capa meteorizada muy irregular.

La perforación de pozos de tiro se hace en terreno cada vez más difícil, resultando más costosa la generación de energía por el método convencional.

Las señales sísmicas sufren una serie de transformaciones desde su lugar de origen hasta que quedan registradas en los sismogramas finales, debido al efecto de las diferentes etapas por las que pasan, como son las siguientes:

Origen de la energía sísmica que puede ser producida por explosiones, impactos o vibraciones, tanto individuales como múltiples.

Propagación de la energía a través del medio litológico del subsuelo hasta su regreso a la superficie, en el área de detección.

Captación o detección de la energía sísmica y su conversión a energía eléctrica, con elementos individuales o múltiples.

Ampliación de la energía eléctrica y filtrado convencional en el dominio de las frecuencias.

Grabación fotográfica y magnética (sismogramas convencionales y cintas magnéticas).

Procesado de las grabaciones magnéticas para hacer resaltar las señales y atenuar los ruidos, obteniendo secciones procesadas con una relación señal-ruido mejorada.

Aunque el problema general de elevar la relación señal-ruido debe atarse conjuntamente mediante la coordinación de todas las etapas mencionadas, si se quiere obtener el mejor resultado, las condiciones locales y el aspecto económico de la exploración reducen el número de los distintos recursos que pueden ser utilizados simultánea o sucesivamente.

En este trabajo se exponen las posibilidades de mejoramiento mediante el uso múltiple de detectores de igual sensibilidad y de sensibilidad variable, que se pueden distribuir en el terreno sobre una línea o sobre una superficie.

CARACTERISTICAS DEL RUIDO Y LA SEÑAL

El ruido que se observa en los sismogramas tiene distintos orígenes, pero su aspecto general puede dividirse en dos clases:

a)—Ruido incoherente o desorganizado, en el que las ondas observadas no muestran correlación alguna ni en frecuencia, ni en fase, ni en amplitud. Su origen puede ser muy diverso, aunque puede encontrarse que una parte importante de él se origina en el momento en que se genera la energía en el punto de tiro, y otra parte ocurre constantemente debido a causas naturales y artificiales ajenas al trabajo exploratorio.

b)—Ruido coherente u organizado (figura No. 1) en el que las ondas observadas muestran correlación en cuanto a frecuencia, amplitud y principalmente velocidad de fase (o velocidad aparente horizontal). Se trata casi siempre de energía originada en el punto de tiro, pero su trayectoria hasta llegar a los detectores es muy diversa, así como lo es el tipo de onda involucrada. Es muy común encontrar ruido coherente bastante intenso y de baja velocidad aparente cuando los pozos de tiro quedan dentro de la capa de meteorización y cuando no están bien tapados, o cuando se trabaja en áreas pantanosas y de médanos. Por otra parte, el ruido coherente de alta velocidad (aparente) (generalmente de más de 2,000 metros por segundo) puede deberse a refracciones, reflexiones laterales y múltiples, difracciones, reverberaciones, etc. Ocasionalmente aparece en el sismograma algo semejante a un ruido coherente de alta velocidad (por ejemplo 5.000 metros por segundo) que en realidad puede ser un reflejo procedente de una capa muy inclinada o de un plano de falla.

A pesar de la clasificación anterior, los términos coherente e incoherente, por lo que se refiere al ruido sísmico, tienen un sentido relativo pues, como ya ha sido advertido por algunos autores, y como es evidente de las pruebas de campo, mucho del ruido coherente no es observable en los trabajos de rutina debido a que el espaciamiento entre detectores, del orden de 30 metros, es demasiado grande para seguir los eventos en trazas consecutivas del sismograma, y su naturaleza coherente sólo se hace evidente al disminuir su separación a distancias del orden de 3 metros.

La señal por otra parte se caracteriza fundamentalmente por su alta velocidad aparente horizontal, que puede llegar hasta el infinito, lo que se manifiesta en el sismograma por la llegada casi simultánea de los impulsos reflejados.

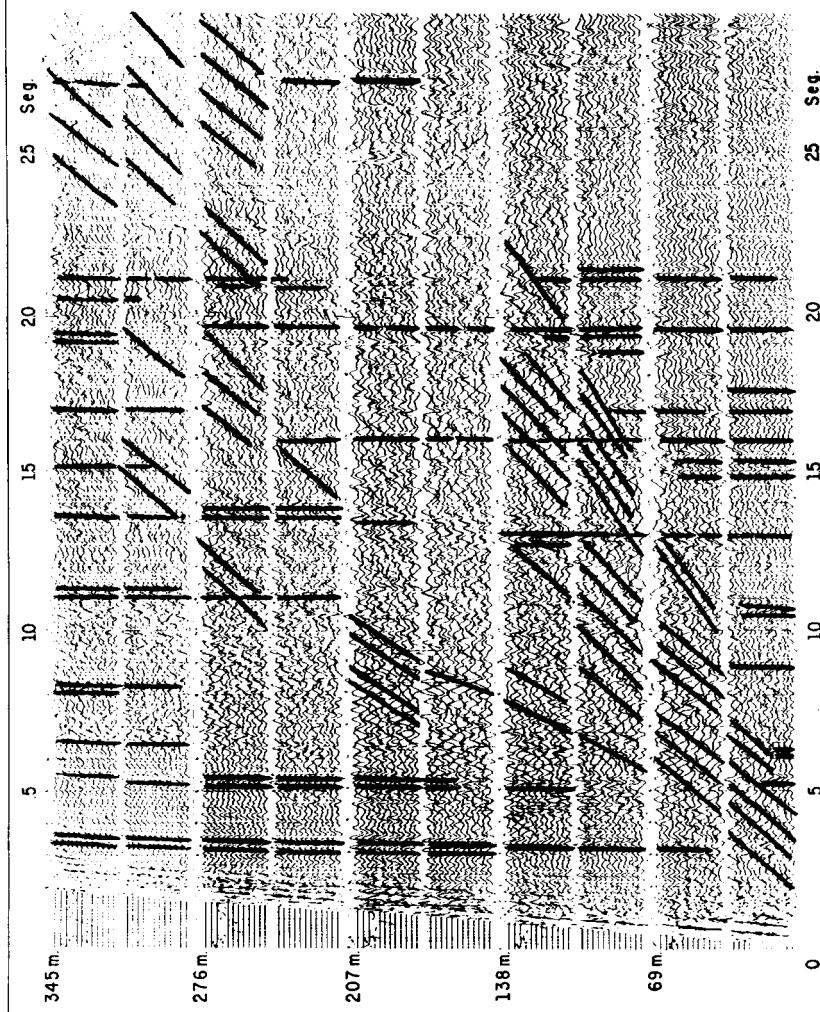


FIG. NO. 1 - PRUEBA DE RUIDOS EN EL AREA DE "LAGUNA MADRE", TAMPS.
DETECTORES DE 20 CICLOS FILTROS 1/20-1/90

Por lo que se refiere al ruido incoherente, su atenuación se funda en una cancelación de tipo estadístico y la mejoría que se espera es proporcional a la raíz cuadrada del número de elementos que se combinan sobre el terreno, independientemente de su distribución y espaciamiento. Es natural que para obtener una reducción importante del ruido incoherente se haga necesario el uso de un gran número de elementos, que puede llevarse a más de 100 detectores por canal sismológico.

La mayoría de los trabajos publicados en relación con la aplicación de detectores múltiples trata de la atenuación del ruido coherente que, mediante ciertas restricciones, se presta a un tratamiento teórico sencillo y conduce al cálculo de la distribución y el espaciamiento más favorables de elementos sobre el terreno que, además, no altere notablemente las señales útiles.

Es aquí oportuno recordar que tanto el ruido como la señal tienen un carácter esencialmente transitorio, figura No. 2, por lo cual su comportamiento en los tendidos de detectores múltiples depende de sus respectivos espectros de frecuencias. Estos, que son continuos (a diferencia de las funciones periódicas que los tienen discontinuos) pueden deducirse mediante la Integral de Fourier a partir de las funciones de la señal o el ruido.

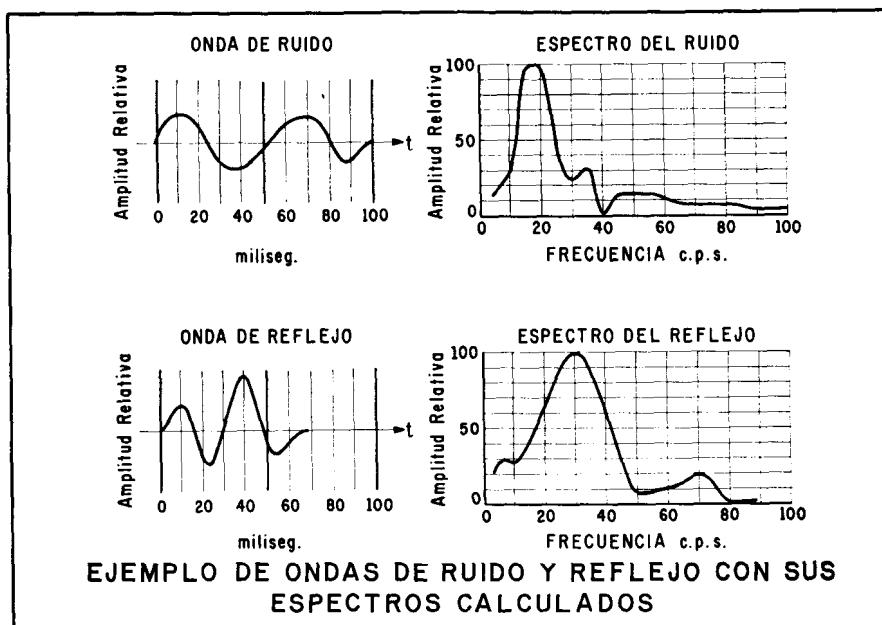


FIG. No. 2

El espectro aproximado de un pulso transitorio cualquiera $G(t)$ de duración T puede calcularse, con la precisión que sea necesaria, mediante las fórmulas:

$$S(f) = \sqrt{a^2(f) + b^2(f)}$$

$$a(t) = \sim \frac{\Delta t}{\pi} \sum_{t=0}^{t=T} G(t) \cdot \cos 2\pi f t$$

$$b(f) = \sim \frac{\Delta t}{\pi} \sum_{t=0}^{t=T} G(t) \cdot \sin 2\pi f t$$

en las cuales Δt es el intervalo apropiado que se escoge para el análisis del pulso y $S(f)$ es la amplitud de la componente de frecuencia f . Para cálculos aproximados es suficiente tomar $\Delta t = 0.002$ segundos, y hacer las sumas indicadas para las frecuencias de 5 a 90 cps. con intervalos de 5 ciclos, para lo cual se pueden emplear formas parcialmente precalculadas. En la figura No. 2 pueden verse pulsos típicos de ruido y de reflejo, obtenidos en una región cercana a Tampico, con sus respectivos espectros de frecuencias. En la actualidad estos análisis pueden hacerse utilizando máquinas y dispositivos electrónicos, que permiten obtener rápidamente y con gran precisión la composición espectral no solo de un pulso, sino de todo un sismograma.

El conocimiento de los espectros continuos, tanto del ruido coherente como de la señal, es fundamental para el diseño apropiado de un tendido, puesto que permite estimar la porción del mejoramiento de la relación señal-ruido que puede obtenerse de los filtros eléctricos de los amplificadores sísmicos, y la que debe requerirse del tendido múltiple. Es evidente que cuando ambos espectros se encuentran muy separados entre sí, los filtros eléctricos pueden hacer casi todo el trabajo, no así cuando los espectros se traslanan apreciablemente.

Para apreciar mejor las características del ruido y la señal es bien sabido que se deben realizar en el terreno pruebas adecuadas con detectores individuales espaciados a corta distancia, cubriendo ampliamente las distancias

usuales de tiro. Para tales pruebas es recomendable el uso de detectores de baja frecuencia natural, filtros anchos y control programado de ganancia.

CALCULO DE TENDIDOS CON DETECTORES DE IGUAL SENSIBILIDAD DISTRIBUIDOS EN LINEA

Cuando a través de pruebas apropiadas se ha observado la presencia de ruido coherente en los sismogramas, puede determinarse su velocidad aparente a distintas distancias de tiro y a distintos tiempos. La gráfica tiempo-distancia que se construye con esos datos muestra objetivamente el grado de interferencia de ruidos y señales (figura N°. 3). Desde luego es evidente la baja velocidad aparente de los ruidos que contrasta con la alta velocidad aparente de los reflejos, aunque en el caso de que éstos procedan de capas fuertemente inclinadas y que los ruidos sean de alta velocidad, puede presentarse cierta semejanza o traslape de magnitudes.

La representación convencional de ruidos y reflejos en el plano (o espacio) tiempo-distancia (según se ve en la parte superior de la figura), aunque útil para el cálculo de tendidos múltiples tiene la limitación inherente de que sobre ella no puede incluirse la composición espectral de los pulsos que se reciben. Para hacer una gráfica que incluya toda la información disponible en una prueba completa de ruidos, es preciso recurrir a una representación en función de la frecuencia f , la velocidad aparente V_a y la longitud aparente de onda λ_a (o su recíproca: el número de onda K), (según se ve en la parte inferior de la misma figura). Si sobre el eje de las ordenadas se lleva la frecuencia y sobre el eje de las abscisas el número de onda, entonces la velocidad aparente de cada evento observado aparecerá como una línea recta que pasa por el origen, puesto que

$$f = \frac{V_a}{\lambda_a} = V_a \cdot K$$

Con esta forma de mostrar los datos, que se conoce como representación en el plano (o espacio) frecuencia-número de onda, sobre la recta que

representa la velocidad aparente de cada reflejo o ruido observado se puede anotar la amplitud de las componentes del espectro, adquiriendo así la gráfica un carácter tridimensional.

Con las amplitudes de espectro correspondientes a cada velocidad aparente puede hacerse una configuración de amplitudes para los ruidos y otra para los reflejos, expresando los contornos en decibeles para tener una cómoda

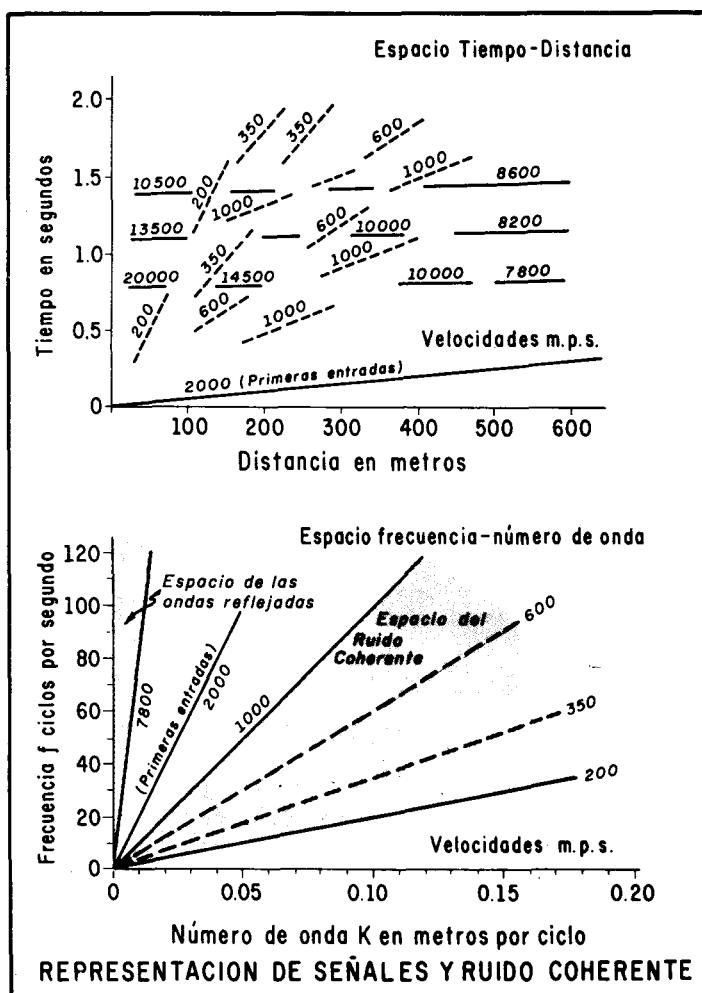


FIG. No. 3

comparación de sus magnitudes como se muestra en la figura No. 4, basada en un perfil de ruido en que se emplearon detectores con frecuencia natural de 7.5 ciclos por segundo, filtros de banda ancha de 0 a 120 cps y ganancia programada. (Ejemplo tomado de una publicación de la Geophysical Service Inc.).

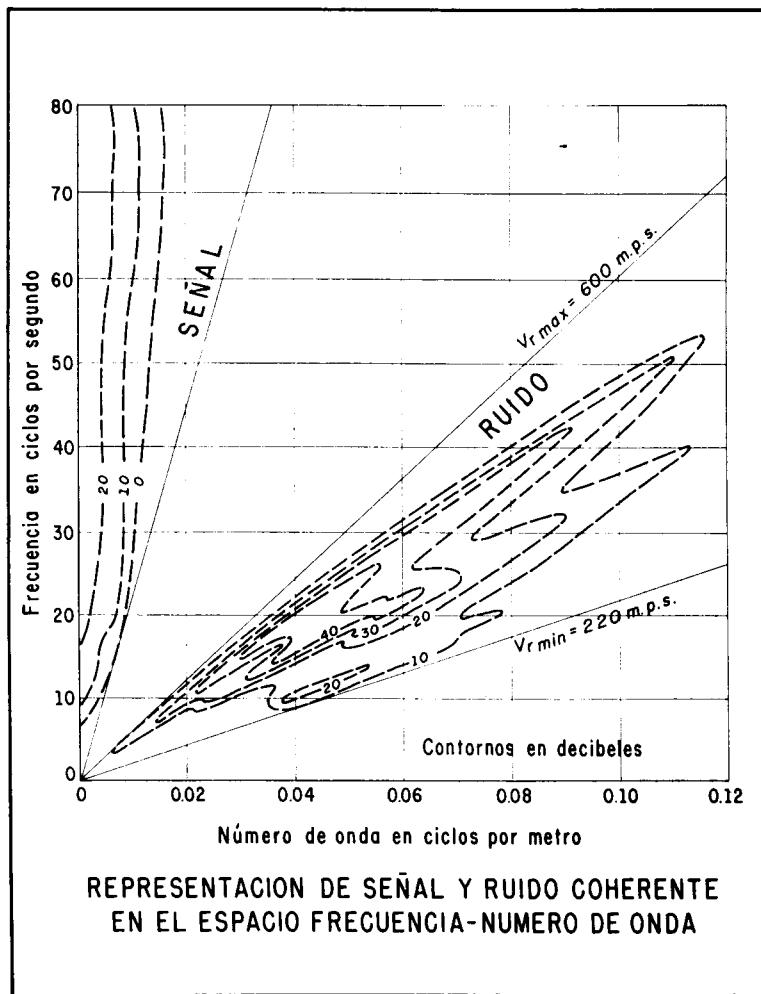


FIG. No. 4

De la gráfica es evidente la preponderancia del ruido coherente de 10 a 50 ciclos por segundo, que alcanza su máxima intensidad entre 15 y 25 c.p.s. con números de onda entre 0.03 y 0.06 ciclos por metro (equivalentes a longitudes aparentes de onda entre 33 y 15 metros). Este es un caso típico de baja relación señal-ruido para las frecuencias más comunes del espectro de reflejos, que puede calcularse de la fórmula

$$\frac{(db_{señal} - db_{ruido})}{20}$$

$$\frac{\text{Amplitud señal}}{\text{Amplitud ruido}} = 10$$

y que para el caso que se muestra llega a tener valores tan bajos como $\frac{1}{10}$. Es obvio que los filtros eléctricos no podrán hacer resaltar la señal sobre el ruido.

Cualquiera que sea la forma de presentar la información de una prueba de ruidos, el cálculo práctico de los tendidos de detectores múltiples para la atenuación del ruido coherente se funda, principalmente, en la diferente velocidad aparente de los eventos registrados cuando se reciben frentes planos de onda en el terreno (figura No. 5).

En esta figura, en que se han supuesto frentes de onda planos, terreno horizontal y capa de intemperismo de espesor uniforme, puede observarse que las velocidades aparentes que se registran dependen básicamente del ángulo de emergencia θ . Pueden considerarse dos casos generales: el primero, cuando las ondas solo se propagan dentro de la capa de intemperismo, la velocidad aparente puede variar entre un mínimo igual a V_o y un máximo igual a V_1 (velocidad debajo del contacto); y el segundo, cuando las ondas proceden del subsuelo, como ocurre con los reflejos y los ruidos de alta velocidad, entonces la velocidad aparente puede encontrarse entre un mínimo igual a V_1 y un máximo igual a infinito. Si se considera una componente senoidal del espectro, de frecuencia f , el grado de atenuación relativa que se puede obtener al sumar

la salida de M detectores de igual sensibilidad espaciados entre sí una distancia ΔX , está dado por la bien conocida fórmula:

$$C = \frac{\frac{\Delta X}{\sin \pi M f - \frac{V_a}{\Delta X}}}{M \sin \pi f - \frac{V_a}{\Delta X}}$$

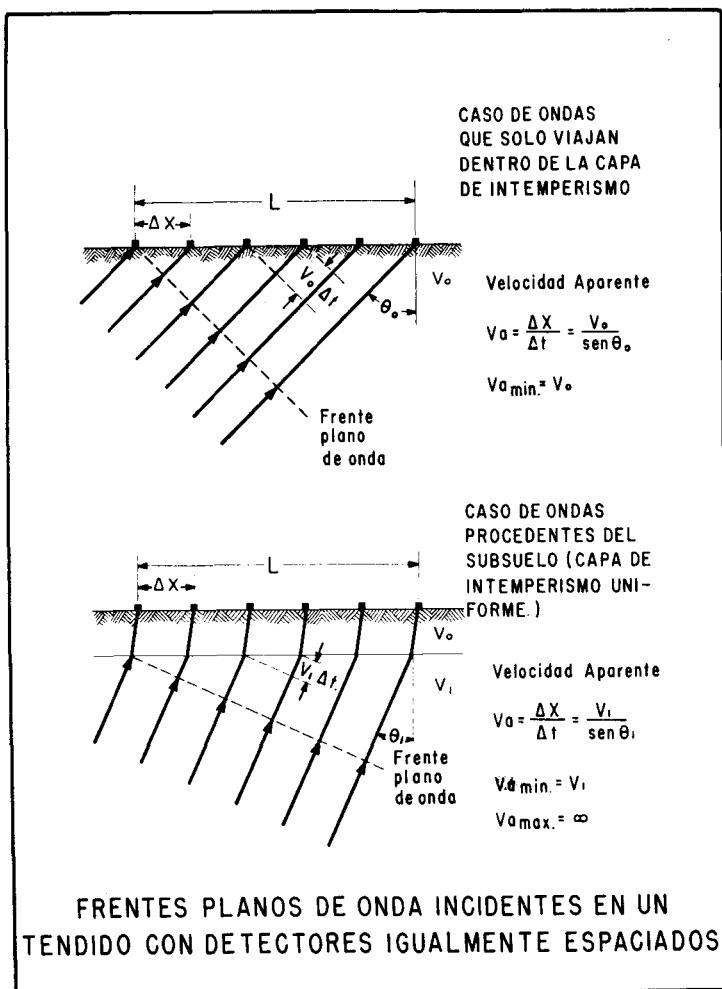


FIG. No. 5

en la cual

$$f \cdot \frac{\Delta X}{V_a} = K \cdot \Delta X = \frac{L}{(M-1) \lambda_a} = f \cdot \Delta t = \frac{\Delta t}{T}$$

siendo L = Largo total del tendido = $(M-1) \cdot \Delta X$

$$T = \text{Período de la componente senoidal considerada} = \frac{1}{f}$$

Δt = Defasamiento entre detectores.

En la figura No. 6 se muestra el resultado de sumar cinco ondas senoidales continuas (como lo son las que forman el espectro) de igual amplitud A

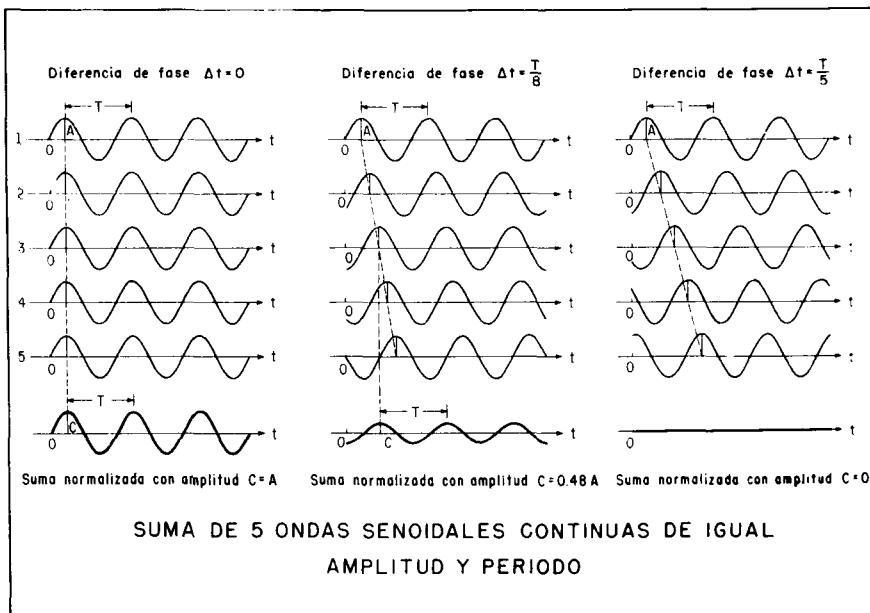


FIG. No. 6

y período T , con tres defasamientos típicos. Cuando $\Delta t = 0$ la suma es idéntica a las componentes; cuando $\Delta t = \frac{T}{8}$ la suma tiene una amplitud igual a $0.48 A$; y cuando $\Delta t = \frac{T}{5}$ la suma es cero para cualquier instante del tiempo t .

Puede observarse que la onda suma es siempre del mismo período que las componentes y está en fase con la onda central, y por convención se toma como la suma algebraica de las componentes dividida entre el número de ondas que se adicionan, a fin de facilitar las comparaciones.

Si en la fórmula anterior se considera sólo la magnitud de la suma normalizada se encuentra que todos sus valores se presentan en el intervalo de 0 a 1 del producto $K \cdot \Delta X$, y dentro de él ocurren valores nulos cuando $K \cdot \Delta X$ es múltiplo entero de la fracción $\frac{1}{M}$. En los casos especiales en que $K \cdot \Delta X = 0$ y $K \cdot \Delta X = 1$ no se presenta atenuación alguna.

En la figura No. 7 se muestran las curvas de respuesta relativa para tendidos con 6 y 12 detectores de igual sensibilidad e igualmente espaciados. De su inspección se desprende que al aumentar el número de detectores se presenta una banda central de atenuación más ancha, y una mayor atenuación dentro de ella.

Para fines de diseño se puede establecer la condición de que todos los ruidos observados queden confinados dentro de la banda central de atenuación, cuyos límites inferior y superior se definen en este caso por los valores de $K \cdot \Delta X$ que dan el primero y el último valor nulo de la atenuación relativa, que son respectivamente, $\frac{1}{M}$ y $1 - \frac{1}{M}$, y se encuentra sobre esta base un número teórico de detectores igual a:

$$M = \frac{\lambda r_{\max} + \lambda r_{\min}}{\lambda r_{\min}}$$

en donde $\lambda r_{máx}$ y $\lambda r_{mín}$, son las longitudes aparentes máxima y mínima respectivamente, de los ruidos que se desea atenuar, los cuales, en una área, dependen, naturalmente, de las velocidades aparentes máxima y mínima que se observen y de las frecuencias inferior y superior de los filtros usuales en la misma.

$$(\lambda r_{máx} = \frac{Var_{máx}}{f_{mín}} ; \quad \lambda r_{mín} = \frac{Var_{mín}}{f_{máx}})$$

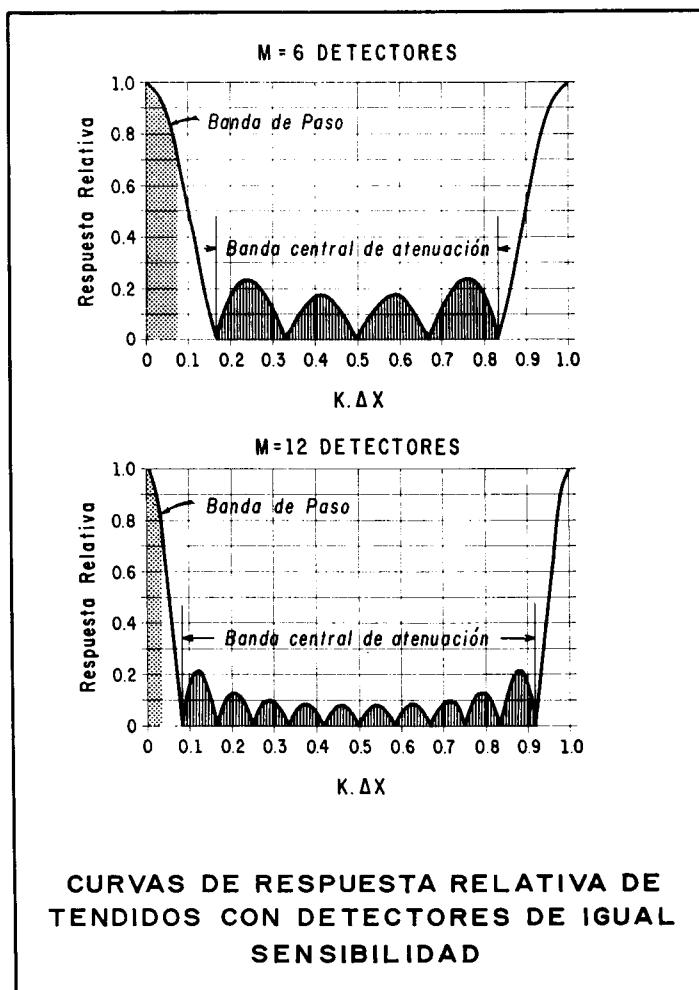


FIG. No. 7

Como las frecuencias nominales de los filtros corresponden convencionalmente a una respuesta de 70%, será aún más conservador considerar en los cálculos de longitud de onda de los ruidos, a las frecuencias reales que correspondan al 50% de respuesta (las cuales dependerán del empleo de 1 ó 2 secciones) a fin de obtener un número más satisfactorio de detectores.

Para el número teórico de detectores, determinado con el criterio anterior, corresponde un espaciamiento que se obtiene por la relación:

$$\Delta X = \frac{\lambda r_{\max} - \lambda r_{\min}}{\lambda r_{\max} + \lambda r_{\min}}$$

y consecuentemente el largo del tendido será:

$$L = (M - 1) \cdot \Delta X$$

Una segunda condición importante en el diseño de un tendido de detectores múltiples es, evidentemente, que las componentes de los reflejos con menor longitud de onda λaR_{\min} que se esperan en una área, no sufran una atenuación relativa de más del 30%. Dichas longitudes dependen de las velocidades aparentes más bajas, que se espera encontrar para cada área de trabajo y que pueden estimarse en función de la profundidad Z , el echado ϕ , y la velocidad media V_m al contacto reflejante, así como de la distancia X del punto de tiro al último detector de la estación, mediante la fórmula aproximada:

$$VaR_{\min} \cong \frac{V_m}{(X/2Z) + \operatorname{sen} \phi}$$

Esta segunda condición implica que el largo L del tendido nunca excede de $0.4 \lambda aR_{\min}$.

Aunque el cálculo del número de detectores y su espaciamiento es sencillo, puede hacerse con mayor facilidad mediante la gráfica de la figura 8 en

la cual se entra con las longitudes aparentes máximas y mínima de los ruidos. El ejemplo ilustrado, para $\lambda r_{\max} = 40$ metros y $\lambda r_{\min} = 5$ metros, muestra que se requieren 9 detectores con un espaciamiento de 4.45 metros. Es evidente de la figura que, para los datos suministrados, el número de detectores es mínimo y el espaciamiento es máximo, por lo cual se podrán utilizar tendidos con mayor número de detectores y menor espaciamiento, por ejemplo: 12 detectores con espaciamiento de 4 metros. Con esta solución práctica, se mejorará la banda de atenuación de ruidos que ahora cubrirá de 48 a 4.4 metros y sólo habrá que cuidar que el largo del tendido, 44 metros, no exceda de $0.4 \lambda a R_{\min}$ para preservar los reflejos. Todas las variantes del tendido teórico, que mejoran las condiciones de atenuación de los ruidos, se encontrarán siempre a la derecha y hacia abajo del punto original indicado en la gráfica.

CALCULO DE TENDIDOS CON DETECTORES DE SENSIBILIDAD VARIABLE

Según se puede apreciar en las curvas de respuesta relativa de tendidos con igual sensibilidad, éstas tienen una serie de máximos, dentro de lo que se

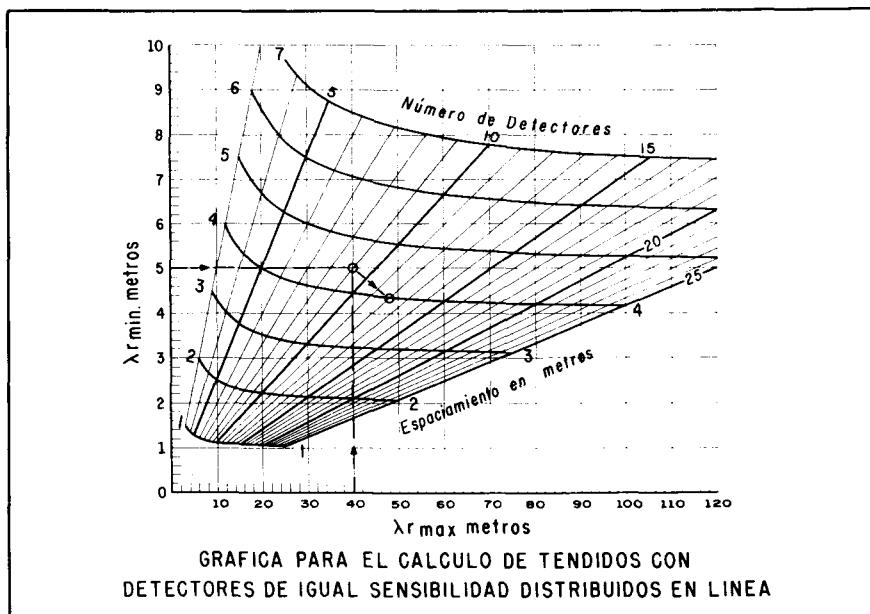


FIG. No. 8

ha considerado como banda de atenuación, de los cuales el mayor es un 24% de la respuesta máxima, para seis detectores, y de un 22% para doce detectores. Si el número de detectores se hiciera muy grande, y teóricamente se llevara al infinito, dicho máximo sólo bajaría al 21%, particularidad que muestra una limitación inherente de los tendidos formados con detectores de igual sensibilidad y que hace pensar en la necesidad de emplear detectores de sensibilidad variable si se quiere hacer más efectiva la banda de atenuación.

La característica ideal de respuesta de un tendido de detectores sería aquella en la cual el espectro completo de las señales pasara sin atenuación alguna, y por otra parte, se redujera a cero el espectro completo de los ruidos. Si las longitudes de onda de las componentes de las señales no se traslaparan con las de los ruidos podría representarse la característica ideal como se indica en la figura No. 9, en la cual la banda de paso de las señales está limitada por el número de onda Kr_{\min} correspondiente a la mayor longitud de onda de los ruidos λr_{\max} . Obsérvese que el número de onda puede ser positivo o negativo, dependiendo de que las velocidades aparentes sean positivas o negativas, lo cual puede ocurrir tanto para los ruidos como para las señales.

La solución teórica del problema, una consecuencia de la aplicación de la Integral de Fourier, es un tendido de longitud infinita con un número infinito de detectores cuya sensibilidad relativa varíe de acuerdo con la curva de la parte inferior de la figura, donde puede observarse, además, que los detectores deben alternar su polaridad cada vez que su distancia X al centro del tendido pase por un múltiplo de la mitad de la longitud aparente máxima de onda de los ruidos λr_{\max} , que es la recíproca del número mínimo de onda Kr_{\min} .

Una solución práctica, y al mismo tiempo suficientemente buena, para la utilización de tendidos con detectores de sensibilidad variable, consiste en aprovechar sólo el lóbulo principal positivo de la característica teórica de sensibilidades, con lo cual todos los detectores serán de la misma polaridad y la longitud L del tendido se reducirá a λr_{\max} . Como no sería lógico que los detectores extremos tuvieran una sensibilidad nula, se puede establecer la condición, en cierto modo arbitraria, de que el valor cero corresponda a un punto situado a una distancia ————— hacia afuera del tendido, con lo cual el espacio entre detectores resultará:

$$\Delta X$$

$$\frac{2}{2}$$

$$\Delta X = \frac{\lambda r_{\max}}{M}$$

y naturalmente el número M de detectores se hará lo más grande que sea necesario para que el espaciamiento nunca exceda de λr_{\min} . La sensibilidad de cada uno de los detectores puede entonces tomarse de la curva teórica y se

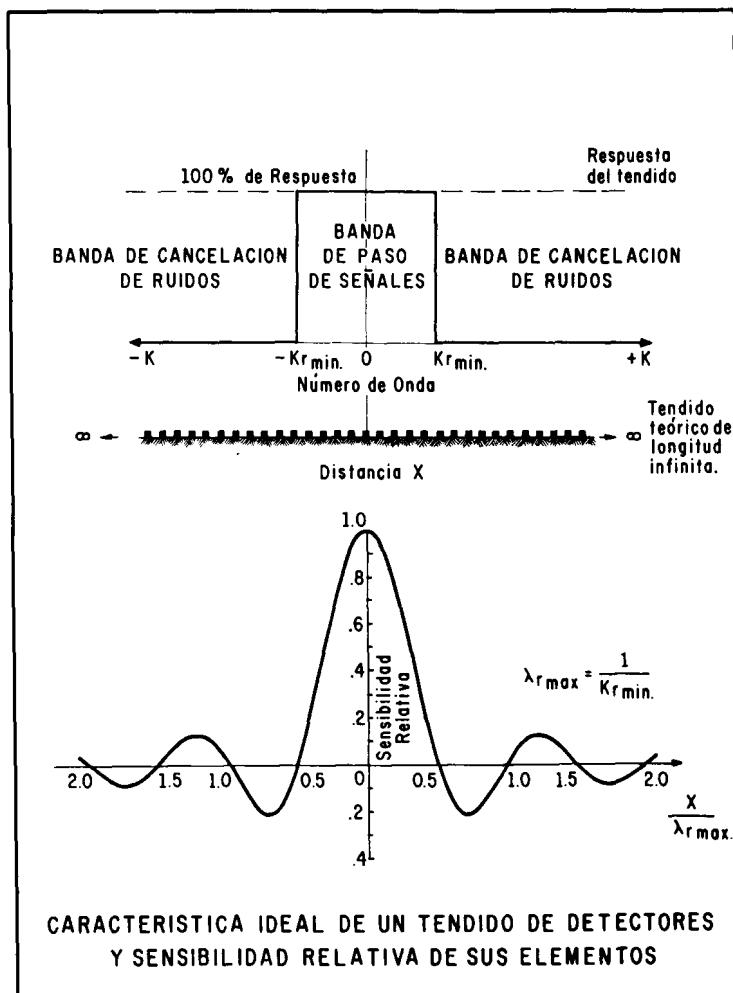


FIG. No. 9

puede hacer el cálculo de la respuesta real del tendido, que será más laborioso que en el caso de detectores de igual sensibilidad. Desde luego, las sensibilidades se darán simétricas con relación al centro del tendido, lo cual le conferirá propiedades de respuesta idénticas en ambos sentidos.

Dado que las ondas senoidales que se suman son de igual frecuencia, como ocurría cuando la sensibilidad de los detectores era uniforme, su resul-

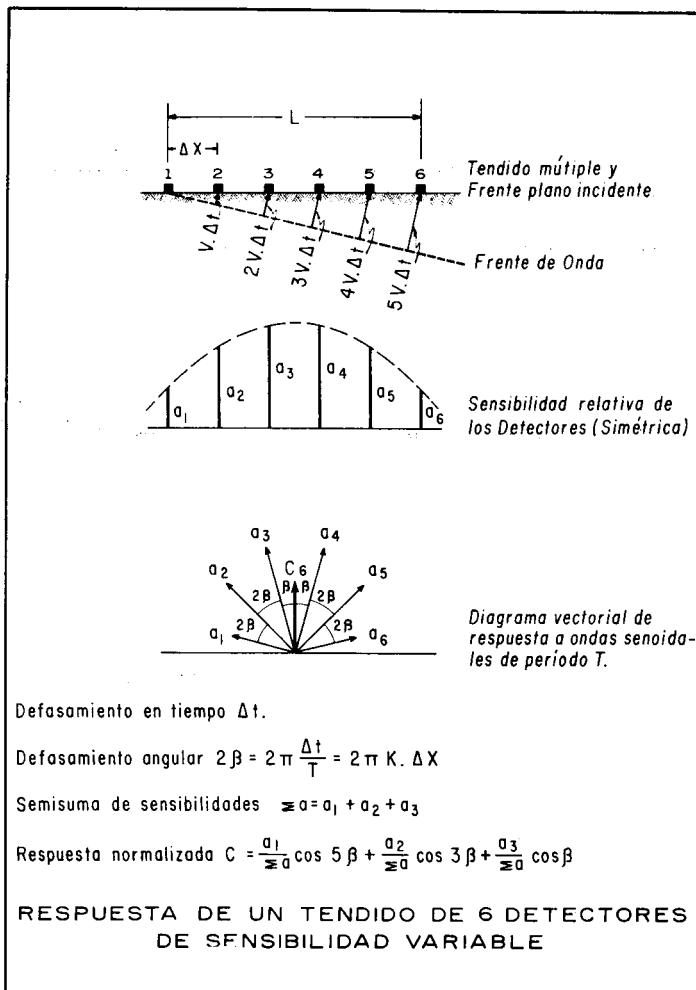


FIG. No. 10

tante normalizada puede obtenerse fácilmente componiendo vectorialmente las amplitudes de cada una de ellas, las cuales son proporcionales a las sensibilidades, como se indica en la figura No. 10 para el caso particular de 6 detectores. El defasamiento entre los vectores 2β , expresado en radiantes, es igual a $2\pi k \cdot \Delta x$ y la respuesta del tendido es, por lo tanto:

$$C_6 = \frac{a_1}{\Sigma a} \cos 5\pi K \cdot \Delta x + \frac{a_2}{\Sigma a} \cos 3\pi K \cdot \Delta x + \\ + \frac{a_3}{\Sigma a} \cos \pi K \cdot \Delta x$$

y generalizando la anterior, la ecuación general de respuesta de los tendidos de detectores en línea, igualmente espaciados y con sensibilidad variable, tiene la forma de una serie de Fourier en cosenos de argumento impar en β si es par el número de detectores, y de argumento par en β si es impar el número de detectores.

En la parte superior de la figura No. 11 se muestra la característica respuesta de un tendido de seis detectores cuya sensibilidad ha sido tomada del lóbulo central de la curva de la figura No. 9 que para el ejemplo escogido da:

$$a_1 = a_6 = 0.19$$

$$a_2 = a_5 = 0.64$$

$$a_3 = a_4 = 0.95$$

$$\Sigma a = 1.78$$

por lo cual

$$C_6 = 0.107 \cos 5\beta + 0.360 \cos 3\beta + 0.533 \cos \beta$$

De manera similar se hizo el cálculo para un tendido de 12 detectores, cuya característica se presenta en la misma figura, y además se han puesto

las respuestas de los tendidos correspondientes a detectores de igual sensibilidad, para apreciar sus diferencias.

De dicha figura es evidente la gran mejoría en la respuesta mediante la utilización de detectores con sensibilidad variable, aunque por el contrario se reduce la anchura de la banda de atenuación de ruidos. Para cada caso de aplicación será necesario asegurarse de que el grupo y el espaciamiento entre

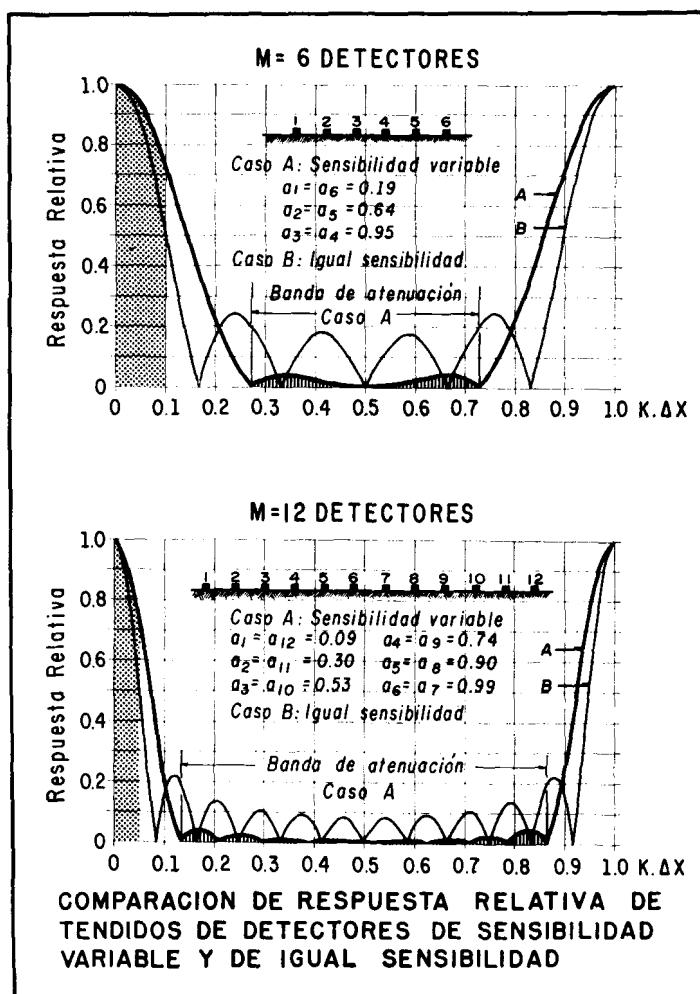


FIG. No. 11

detectores sea el correcto para preservar los reflejos, como para cancelar los ruidos. En el caso de 12 detectores con espaciamiento de 5 metros la banda de cancelación de ruidos quedaría entre 5.8 y 36 metros, y el valor mínimo de longitud de onda de reflejos de 96 m.

Como se habrá observado de la exposición anterior sobre la forma de atacar el cálculo de tendidos con detectores de sensibilidad variable, se trata, en realidad, de un proceso de tanteos, que ha sido puesto recientemente (Holzman, 1963) sobre una base teórica más perfecta, en la cual el número de detectores, su espaciamiento y las sensibilidades de los mismos, se determinan directamente a partir de la relación que se desee entre la máxima respuesta de la banda de paso y los picos de la banda central de atenuación (cuyos máximos se obligan a ser de igual amplitud) y de las longitudes máxima y mínima de los ruidos que se pretende cancelar. El procedimiento echa mano de los polinomios de Chebyshev y conduce al mínimo número de detectores y a las sensibilidades relativas, que dan el ancho más grande posible de banda de atenuación.

En la figura se muestra, para fines de comparación, el ejemplo que presenta el autor de dicho trabajo que consiste en un tendido de 8 detectores

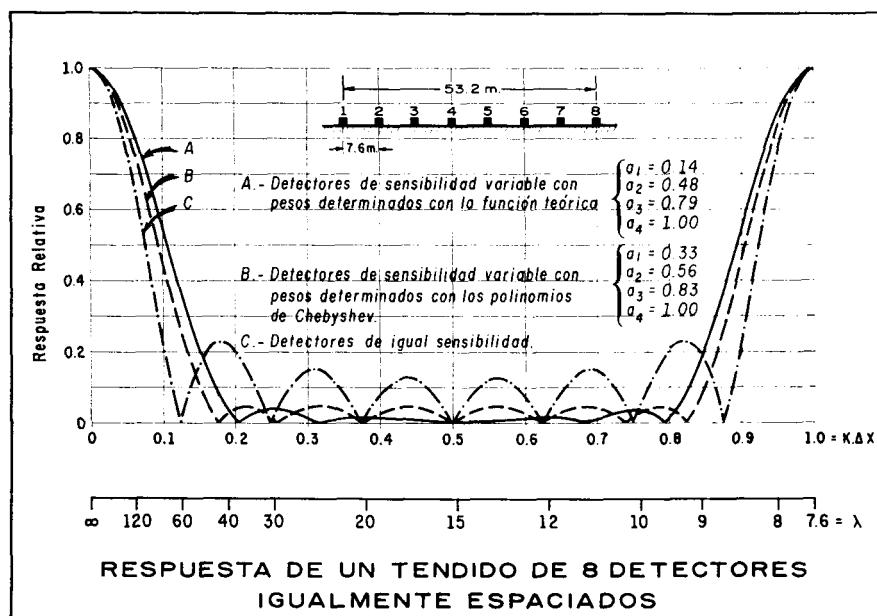


FIG. No. 12

con espaciamiento de 7.6 metros calculado para atenuar ruidos de 9 a 45 metros de longitud de onda. Puede advertirse de inmediato (Curva B) que todos los máximos dentro de la banda central de atenuación son de igual magnitud (que por condición en el ejemplo tienen un valor relativo de $\frac{1}{22} = 0.045$),

y que la anchura de banda es mayor que la que se obtiene (Curva A) dando las sensibilidades a partir de la función teórica de la figura No. 9. También se muestra en la curva C la respuesta del mismo tendido con detectores de igual sensibilidad. Desde un punto de vista práctico no parece muy grande la diferencia entre las respuestas A y B.

DETECTORES MULTIPLES DISTRIBUIDOS EN UNA SUPERFICIE

Cuando existe ruido coherente, evidenciado por los análisis de campo, procedente de direcciones diferentes a las de la línea de tiro, es conveniente

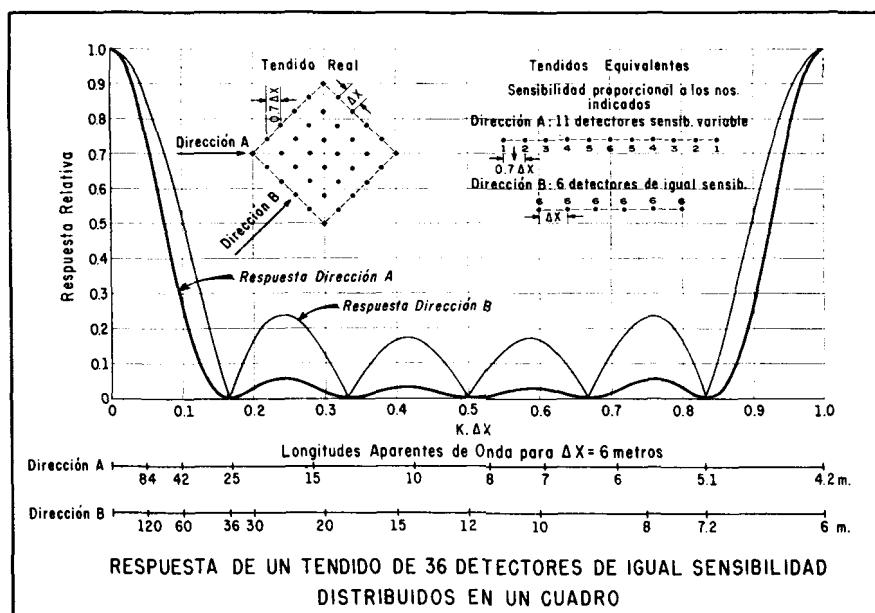


FIG. No. 13

distribuir los detectores en una superficie para darle al tendido propiedades atenuadoras en tales direcciones. La respuesta del tendido dependerá de la orientación que se considere y además de la sensibilidad de los detectores, que puede ser uniforme o variable. En todos los casos se supone que llega al tendido un frente plano de onda.

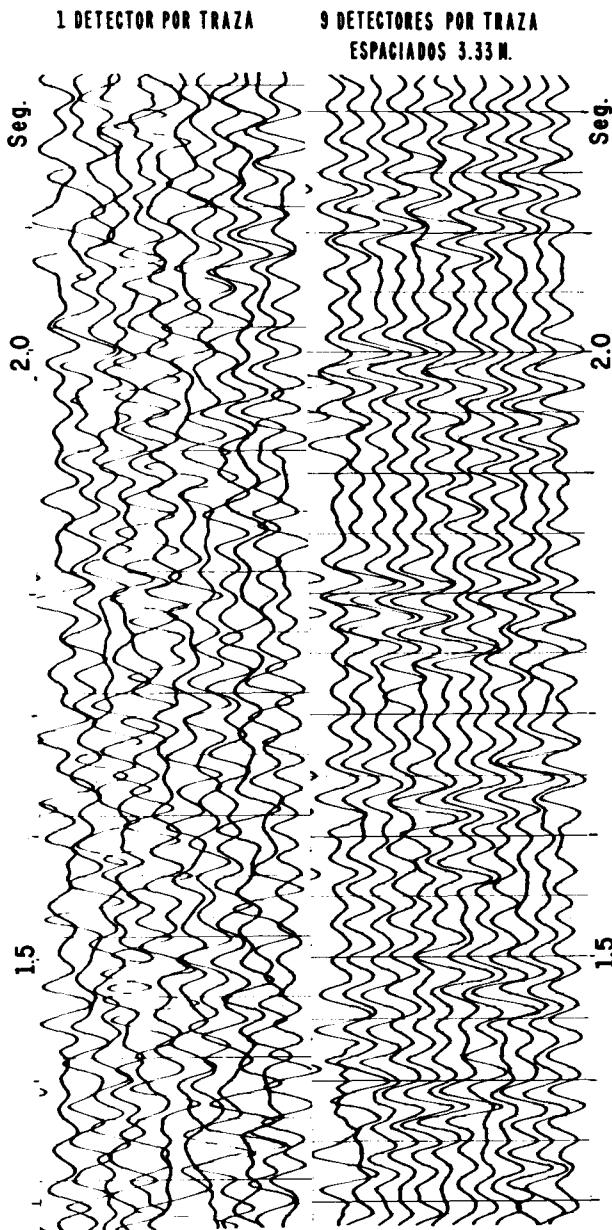
Si se toma como ejemplo un tendido formado por 36 detectores de igual sensibilidad distribuidos sobre una superficie cuadrada, como se muestra en la figura No. 13, la respuesta de las direcciones normales a los lados del cuadrado (Dirección B) será igual a la de un tendido lineal de seis detectores de igual sensibilidad, con espaciamiento ΔX . Pero si se considera la dirección A a lo largo de la línea de tiro, se tendrá una respuesta equivalente a la de un tendido lineal de 11 detectores con sensibilidad variable y espaciamiento $\Delta X' = 0.7 \cdot \Delta X$. En este caso las sensibilidades varían como se indica en el tendido equivalente de la misma figura.

La respuesta del tendido de 36 detectores en las dos direcciones principales hace evidente la excelente característica en la dirección de tiro, mostrándose las longitudes de onda, que corresponden a $\Delta X = 6$ metros para la dirección B y $\Delta X' = 4.2$ metros para la dirección A. En el caso considerado se podría acentuar la banda de cancelación con el empleo de detectores de sensibilidad variable, pero desde luego con la reducción inherente de la anchura de la misma banda.

EJEMPLOS DEL MEJORAMIENTO DE SISMOGRAMAS EN ALGUNAS AREAS

A continuación se muestran sismogramas obtenidos en áreas muy diferentes del país, sobre la planicie costera del Golfo de México, que han sido estudiadas por el método de reflexión y que dan una idea bastante objetiva de la mejoría obtenida con el uso de tendidos de detectores múltiples exclusivamente, pues en todos los casos se utilizó un solo pozo de tiro. En los ejemplos incluidos se emplearon detectores equidistantes y de igual sensibilidad colocados en línea.

1.—Área de Laguna Madre, Tamps. PT-3340 (figura No. 14). Esta es una área en la que predominan los ruidos de baja velocidad aparente como



COMPARACION DE SISMOGRAMAS DEL AREA "LAGUNA MADRE", TAMPS.

FILTROS 1/20 - 1/92

FIG. NO. 14

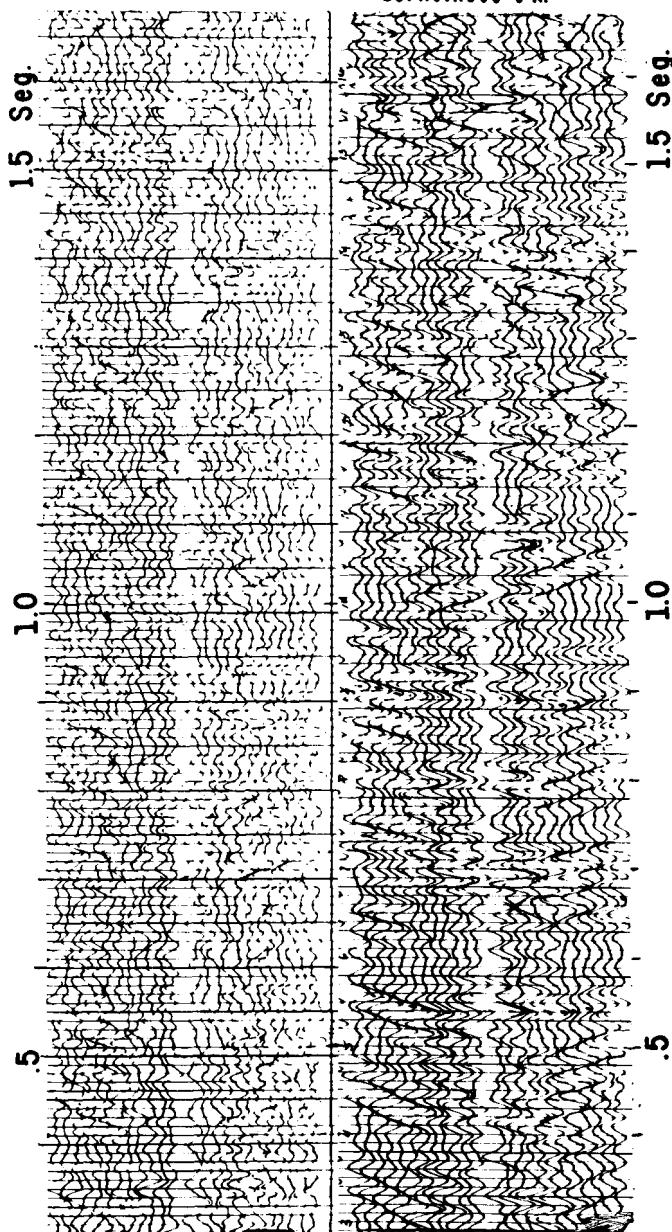
pudo observarse en la figura No. 1 de este trabajo. El sismograma que se muestra es una reproducción sin filtros de una cinta magnética grabada con los filtros 1/20 - 1/92. La porción superior es el resultado de emplear un detector por traza y en la porción inferior se tiene el sismograma que se obtuvo empleando 9 detectores, SIE-S-16, de 18 c.p.s. de frecuencia natural colocados en línea y espaciados 3.33 m., lo que da un largo de tendido de 26.6 metros. La conexión eléctrica fue de 3 series de 3 detectores cada una, en paralelo, lo que da una impedancia equivalente a la de un solo detector. La distancia entre centros de grupo fue de 30 metros. De la comparación es evidente la gran mejoría lograda en la relación señal-ruido. En la figura se muestra solo un lado de la estación sismológica, que fue tirada con punto de tiro central.

2.—Área de Asunción-Tuxpan, Ver. PT-12295 (figura No. 15). Esta es una área de topografía relativamente accidentada en la cual el ruido interfiere en forma importante a los reflejos desde 0.3 hasta 1.5 seg. El sismograma superior tirado con un detector por traza apenas muestra los reflejos, que en el sismograma inferior aparecen ya con bastante buena calidad. El tendido múltiple consistió de 8 detectores, SIE-S-16, de 18 c.p.s. en línea y espaciados 3 m. con un largo de tendido de 21 metros. La conexión eléctrica fue serie sencilla. La estación es de punto de tiro central.

3.—Área de Encrucijada, Tab. P.T.—1311 (figura No. 16). Esta es una área de topografía plana en la cual el ruido interferente, en algunas localidades, dificulta mucho la observación de las señales de los reflejos en casi toda la extensión de los sismogramas. Los filtros más favorables son 2/30 - 1/42. En la parte superior de la figura se muestra un sismograma típico con un detector por traza de 18 ciclos de frecuencia natural. En la parte inferior se tiene el resultado de 9 detectores por traza con espaciamiento de 4.45 m. La estación es de punto de tiro central con distancia entre centros de grupo de 22 m. La conexión eléctrica empleada fue de serie sencilla.

4.—Área de Tanayal, Ver P. T. (figura No. 17). Esta es una área de topografía relativamente accidentada en que la observación de los reflejos es a veces difícil, cuando se tiene con un solo detector por traza según se muestra en la parte superior de la figura. El sismograma central se obtuvo empleando

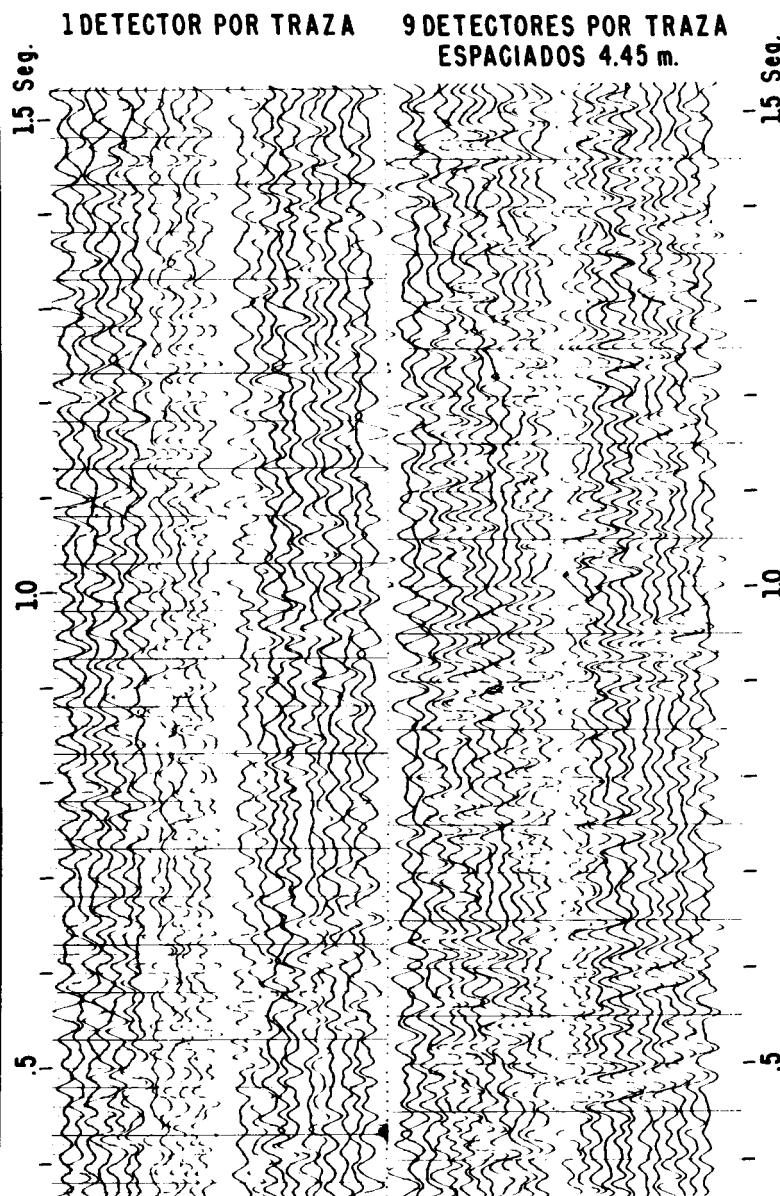
1 DETECTOR POR TRAZA 8 DETECTORES POR TRAZA
ESPACIADOS 3 M.



COMPARACION DE SISMOGRAMAS DEL AREA ASUNCION - TUXPAN, VER.

FILTROS 1/27-1 / 65

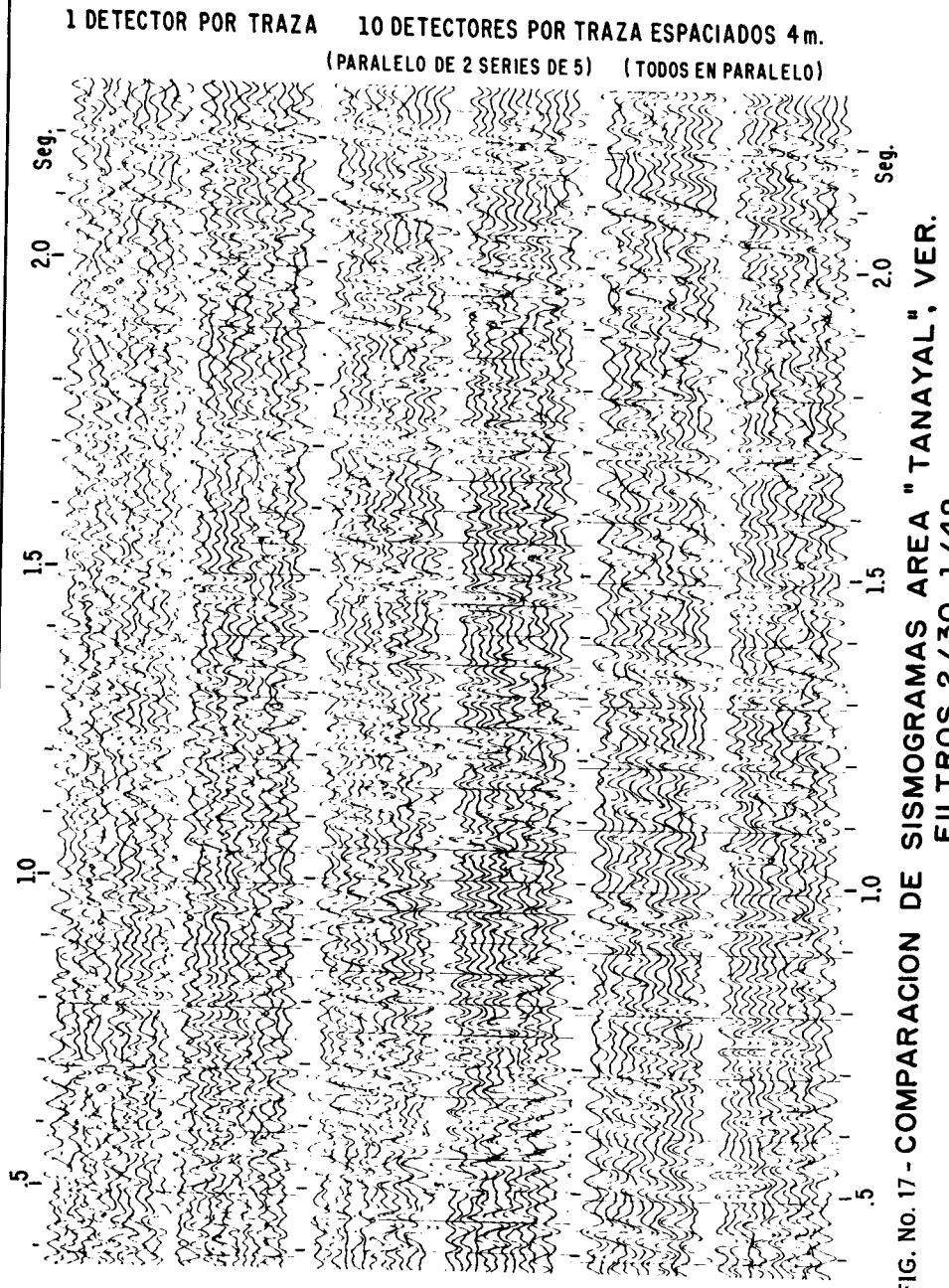
FIG. No. 15



COMPARACION DE SISMOGRAMAS AREA "ENCRUCIJADA", TAB.

FILTROS 2/30-1/42

FIG. No. 16



tendidos de 10 detectores por traza espaciados 4 m. con 2 series de 5 detectores, conectadas eléctricamente en paralelo. En el sismograma inferior se muestra el resultado de hacer la conexión en paralelo de los mismos 10 detectores.

CONCLUSIONES

De lo anteriormente expuesto se concluye que el uso de tendidos de detectores múltiples es no sólo aconsejable, sino indispensable en casi todas las áreas que se explotan actualmente por el método sismológico de reflexión, pero teniendo en cuenta puntos muy importantes para no sobreestimar su utilidad, como los siguientes:

a).—Que en los tendidos se empleen los detectores que por su frecuencia natural y amortiguamiento, tengan la característica más adecuada para el área en estudio, y que el plantado de los mismos sea efectivo y uniforme.

b).—Que las condiciones topográficas y de intemperismo no tengan variaciones tan extremas que hagan inoperante la teoría básica de los frentes planos de onda.

c).—Que los tendidos no sean demasiado largos, a fin de no dañar las señales reflejadas, en áreas de echados relativamente fuertes, o de capas reflectantes de poca profundidad.

d).—Que las condiciones estructurales del subsuelo sean relativamente "normales" y que las condiciones de propagación de energía sean razonablemente favorables.

e).—Que la energía útil que captén los detectores haya sido mejorada previamente empleando, en el área en que se origina, las técnicas más apropiadas de generación.

f).—Que los filtros eléctricos de los amplificadores sean juiciosamente seleccionados.

g).—Que las técnicas de procesado magnético sean adecuadas para hacer resaltar la información útil del subsuelo.

La idea fundamental al emplear detectores múltiples debe ser siempre un diseño técnico de los tendidos, basado invariablemente en la observación experimental de las características de ruidos y reflejos, a fin de no caer en la práctica viciosa de los ensayos empíricos que generalmente son ineficientes.

B I B L O G R A F I A

GARCIA ROJAS, ANTONIO y GUTIERREZ G., DANIEL.—“La Transformada de Fourier y su aplicación en el Estudio de los Equipos Sismológicos”. (Comunicación Interna).

GARCIA ROJAS, ANTONIO.—“Notas sobre el Empleo de Sismodetectores Múltiples.—1a. Parte”. Boletín Asociación Mexicana de Geofísicos de Exploración. Vol. III, No. 2, 1962.

GARCIA ROJAS, ANTONIO y BASURTO G., JESUS.—“Notas Sobre el Empleo de Sismo detectores Múltiples.—2a. parte”. Boletín AMGE. Vol. IV, No. 2, 1963.

GARCIA ROJAS, ANTONIO; OCHOA E., RAUL; DEL VALLET T., ENRIQUE; BASURTO G., JESUS.—“Algunas Perturbaciones que Obscurecen los Registros Sismológicos de Reflexión”. Boletín de la AMGE. Vol. IV, No. 2, 1963.

GRAEBNER, R. J.—“Seismic Data Enhancement.—A Case History”. Geophysics 1960, Vol. XXV, No. 1.

HOLZMAN, MARK.—“Chebyshev Optimized Geophone Arrays”. Geophysics. Vol. XXVIII, No. 2, 1963.

LIMON, ANTONIO C.—“Aspectos Sobre el Uso de Detectores Múltiples”.—Boletín de la Asociación Mexicana de Geofísicos de Exploración, 1961, Vol. II, No. 1.

PARR, J. O., Jr. and MAYNE, W. H.—“A New Method of Pattern Shooting”. Geophysics.—1955, Vol. XX, No. 3.

SAVIT, CARL H., BRUSTAD, JOHN T., and SIDER, JOSEPH.—“The Moveout Filter”. Geophysics, 1958, Vol. XXIII, No. 1.

SMITH, MARK K.—“Noise Analysis and Multiple Seismometer Theory”. Geophysics, 1956, Vol. XXI, No. 2.

CORRELACION SISMOLOGICA Y GEOLOGICA *

Por el Ing. ARMANDO EGUIA H. **

INTRODUCCION

Ha sido una característica propia de la Exploración Petrolera, el constante desarrollo de nuevas técnicas basadas en los principios científicos más modernos. Esto le ha permitido ir mejorando sus procedimientos, haciendo posible el descubrimiento de nuevas reservas de petróleo en lugares que habían sido condenados.

Pero, en áreas donde existe una tectónica complicada, es, principalmente, la correcta interpretación de la información obtenida en el campo y la adecuada correlación de los datos sismológicos y geológicos, el factor determinante que conduce a un conocimiento más completo de la situación estructural de las capas del subsuelo.

El año de 1859, cuando el coronel E. Drake encontró en Blue Creek una pequeña producción de aceite al perforar un pozo de 18 m., marca el principio de la evolución que han tenido la técnica petrolera y el ingenio del hombre para localizar y extraer el petróleo, que las entrañas de la tierra parecen guardar cada vez con mayor celo.

Es entonces cuando nace el Geólogo Petrolero, que cambia las "fantasías teóricas", como la del "arroyo", derivada del pozo Drake, en teorías con base científica como la del "anticlinal" del Henry D. Roger.

* Presentado en la Convención de la AMGE en Tampico, Tamps. (21 - 23 de Noviembre de 1963).

** Gerencia de Exploración, Petróleos Mexicanos.

La “teoría anticinal” fue un principio básico en la exploración petrolera durante largos años; pero el concepto de que: “la acumulación del petróleo se halla solamente a lo largo de líneas de pliegues y perturbaciones tectónicas”, fue modificado 20 años después, cuando en 1880, I. C. White redescubrió la “teoría estructural” y aplicó conocimientos geológicos más amplios en sus exploraciones, los que dieron como resultado, el descubrimiento de numerosos yacimientos aceitíferos.

Más tarde, cuando ya resultaba difícil descubrir estructuras por medio de los estudios de geología superficial y cuando se había cubierto la mayoría de las áreas accesibles donde existían afloramientos, se hizo necesario encontrar procedimientos de exploración que no estuviesen limitados a la información directa de las rocas aflorantes. Fue entonces cuando, ante la necesidad de emplear métodos indirectos en la investigación del subsuelo, se desarrollaron los métodos geofísicos de exploración.

La Exploración Geofísica, que probablemente comenzara alrededor de 1640 cuando se usó por primera vez la brújula para localizar yacimientos de hierro en Suecia, se introdujo en la exploración petrolera, ya como un sistema de estudio en el año de 1922, casi simultáneamente en México y en los E. U. A. con el uso de la Balanza de Torsión de Eötvös e inmediatamente, en 1923, cuando se aplicó el Sismógrafo, usando técnicas de la sismología de refracción.

De inmediato fueron descubiertos gran número de domos salinos y de estructuras anticlinales que no se reflejaban en la superficie; el Magnetómetro es empleado en los años treinta y encuentra algunos yacimientos de aceite asociados con intrusiones ígneas. De sus observaciones, es posible deducir la topografía y la profundidad del basamento, y consecuentemente, la potencia de la columna sedimentaria. Poco después, la sismología de reflexión hacía predicciones acerca de la extensión y cierre de las estructuras y de la profundidad de las posibles zonas productoras y se convertía en el arma más eficaz de la exploración petrolera.

Y así llegamos a nuestros días, cuando la mayoría de las estructuras sencillas han sido localizadas, y se presenta el problema de encontrar el petróleo asociado con trampas que obedecen a una tectónica complicada. El poder definir: discordancias, lentes, cambios de facies, fallas, recumbencias, etc., será el futuro que le espera a la exploración petrolera.

En parte, el problema ha sido resuelto por la geofísica de exploración, al mejorar las técnicas de campo y el diseño de los instrumentos, los que han alcanzado un alto grado de perfeccionamiento.

Las técnicas de campo que mejoran la recepción de la energía sísmica que regresa del subsuelo, así como los nuevos dispositivos instrumentales que permiten registrarla en cinta magnetizada, son las técnicas actuales que suministran, en definitiva, una información susceptible de ser analizada según variados puntos de vista y en consecuencia, hacer una mejor investigación de las condiciones estructurales del subsuelo.

Por lo tanto, es obvio que, si contamos con el material adecuado, el éxito final dependerá en gran parte, de los conocimientos y del ingenio que el hombre ponga en juego para interpretar correctamente, la información sismológica, en términos de la geología.

LOS DATOS SISMOLOGICOS Y SU INTERPRETACION GEOLOGICA

La correlación geofísica y geológica puede definirse como la interpretación de los datos físicos en términos de los datos y conceptos de la geología local y regional del área en estudio.

Para llegar a una correlación efectiva entre estas dos técnicas de exploración, es necesario que, tanto el geólogo como el geofísico, que tratan de resolver el mismo problema utilizando procedimientos de investigación muy diferentes, reúnan sus respectivas observaciones y el conjunto de ellas, dará como resultado final, una interpretación de las condiciones geológicas del subsuelo más aproximada a la realidad.

Pero, posiblemente, el punto más importante, es que ambos comprendan las limitaciones de cada método de investigación y la forma en que éstos se complementan entre sí.

La correlación comienza cuando se tiene la primera interpretación puramente sismológica de los datos de campo, en la forma de secciones construidas, ya sea en tiempo o en profundidades.

En la actualidad se dispone también de secciones que se obtienen mediante el procesado de las cintas magnéticas que se registran en el campo. El procesado tiene por objeto aprovechar la grabación magnética, fijándole un programa de operación mediante procedimientos electrónicos, de acuerdo con la solución de un problema determinado; es indudable por lo tanto que el procesado de una sección, representa un paso importante en la interpretación.

Sin embargo, los datos procesados forman secciones en tiempo que por su aspecto pueden interpretarse como perfiles geológicos que nos muestran un corte de las formaciones subterráneas. Este concepto puede conducir a errores, ya que la sección procesada representa un conjunto de eventos sismológicos, que comprenden múltiples tipos de ondas, que genéricamente pueden clasificarse como ondas reflejadas, refractadas, difractadas o combinaciones de otras. Por lo tanto, se comprende fácilmente, que una sección procesada en tiempo, no debe ser tomada a priori como indicativa de la actitud estructural de las capas subterráneas, sino que es imprescindible juzgarla con criterio de sismólogo, para conocer su significado geológico.

El siguiente paso consiste, en buscar la significación geológica de los fenómenos sísmicos consignados en las secciones, estableciendo correlaciones de los datos sismológicos con los de subsuelo y guiándose por el criterio geológico regional.

INTERPRETACION DE SECCIONES SISMOLOGICAS

La interpretación de los datos sísmicos, representa la conversión de los fenómenos físicos, registrados desde la superficie, en cantidades y términos que puedan ser correlacionables con los estratos del subsuelo.

La interpretación de una sección sismológica de registro, no es tarea sencilla. La sola correlación de los eventos sísmicos implica un entrenamiento especializado. La identificación de los reflejos, en algunos casos perturbados por interferencias que les restan claridad, requiere conocimientos y experiencia; el problema se agudiza en áreas de respuesta sísmica pobre, en donde lógicamente, no hay continuidad de los reflejos y en áreas, en las que por sus características, ha sido preciso emplear un filtro de banda angosta; la correlación de un evento sísmico en este caso, presenta dificultades, al perderse el "carácter" de los reflejos, necesario para su identificación.

Por otra parte, los sismogramas siempre registran reflejos de apariencia anómala los que, en algunos casos, pueden tener un significado positivo cuando se conocen los fenómenos físicos que los producen. En general, en áreas de tectónica complicada, el sismólogo debe poner especial cuidado en el análisis de tales echados anómalos ya que son éstos los que, en ciertos casos, nos dan la clave para la interpretación.

Uno de los fenómenos físicos que comúnmente se registran en los sismogramas es la difracción de las ondas elásticas. La difracción es un fenómeno natural, producido por ciertas condiciones estructurales y que al ser interpretado correctamente, significa un auxiliar valioso en la interpretación.

En el ejemplo que se presenta en la figura 1, aparece este fenómeno registrado en una sección procesada (parte inferior) en que se ha interpretado una falla inversa basada en la identificación de los arcos de difracción y en la parte superior se muestra la correspondiente sección en profundidades, en la que los arcos de difracción se han situado sobre los puntos que los originaron.

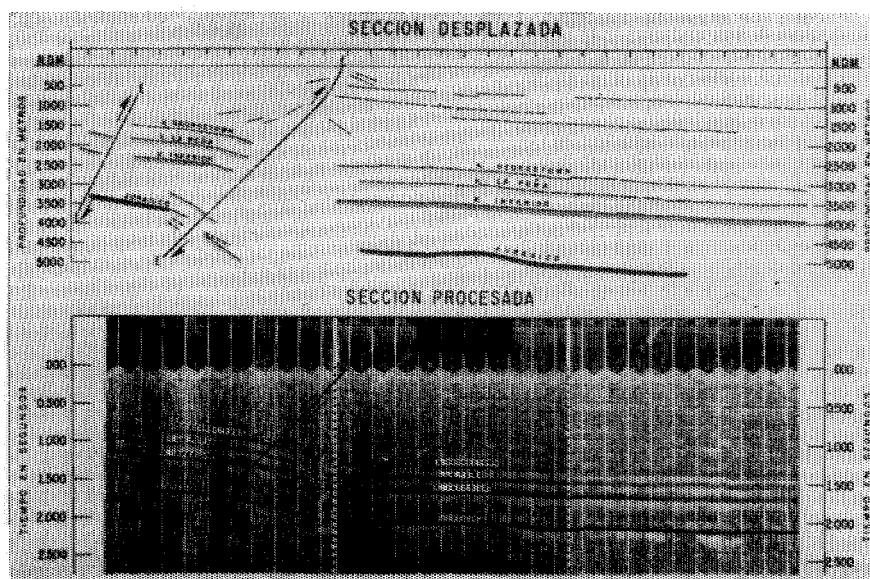


FIG. No. 1

Un factor de trascendencia que interviene en la interpretación, es la limitación en el conocimiento de la distribución de velocidades. Es sabido por todos, que el método sismológico mide el tiempo de viaje de las ondas elásticas y que la determinación de la profundidad de las capas reflejantes, depende, en parte, de la correcta geometría de las trayectorias seguidas por las ondas, y en parte, de la exactitud con que se conozca la velocidad con que se ha propagado su recorrido. El conocimiento incompleto de las variaciones de la velocidad en sentido vertical y horizontal, entre puntos relativamente próximos, que nos impide tener un control adecuado de la distribución de velocidades, es una de las limitaciones del método.

En efecto, para que las secciones sismológicas puedan representar un perfil geológico, es necesario, en primer lugar, conocer la profundidad a que se encuentran los horizontes reflejantes, pero lo que es más importante, en áreas de tectónica complicada y en general, donde haya fuertes cambios de echado, se deben situar los puntos de reflejo en su posición verdadera para poder llegar a una interpretación, que será más aproximadamente correcta, en cuanto mejor sean determinadas las velocidades sísmicas.

Es por esto que algunos autores definen la interpretación sismológica “como el problema de resolver una distribución de velocidades a partir de datos medidos en términos de tiempo y que deben ser presentados en términos geológicos”.

En cualquier caso, siempre estaremos más próximos a la realidad, cuando la interpretación se base en secciones “desplazadas”, que cuando se analizan las secciones de tiempos, ya que éstas tienen limitaciones y se corre el riesgo de pasar por alto accidentes estructurales de importancia, así como tomar como tales, datos que son aparentes.

Este hecho se trata de explicar en la figura 2, la que representa una sección de sismogramas observada en una cuenca salina; en ella se ha registrado un reflejo de buena calidad que cruza los reflejos provenientes del subsuelo y que en dicha sección no se le ve significado estructural.

Al desplazar esos eventos aparentemente anómalos a su verdadero punto de reflejo, se aprecia que corresponden a reflejos laterales, originados en el flanco de un cuerpo salino y que son precisamente esos reflejos los que definen el rasgo estructural más importante de la sección.

Sin embargo, en ciertos casos, las secciones trazadas en tiempo tienen que usarse como base para la interpretación de los datos sismológicos. Un ejemplo típico de tales casos, se tiene cuando se investiga el comportamiento sismológico de los crecimientos de origen orgánico.

Debido a que los "arrecifes", por sus características de formación, generalmente no se comportan como buenos reflectores, es necesario auxiliarse de algunas de las "características secundarias" producidas por ellos, para poder deducir en una forma indirecta su situación.

De tales "características secundarias" el efecto de la velocidad diferencial, que nos produce anomalías aparentes en horizontes inferiores al arrecife, parece ser la más importante. En este caso, las anomalías en las secciones de tiempo tienen un significado físico, que nos permite relacionarlas con la posición relativa del cuerpo de caliza orgánica.

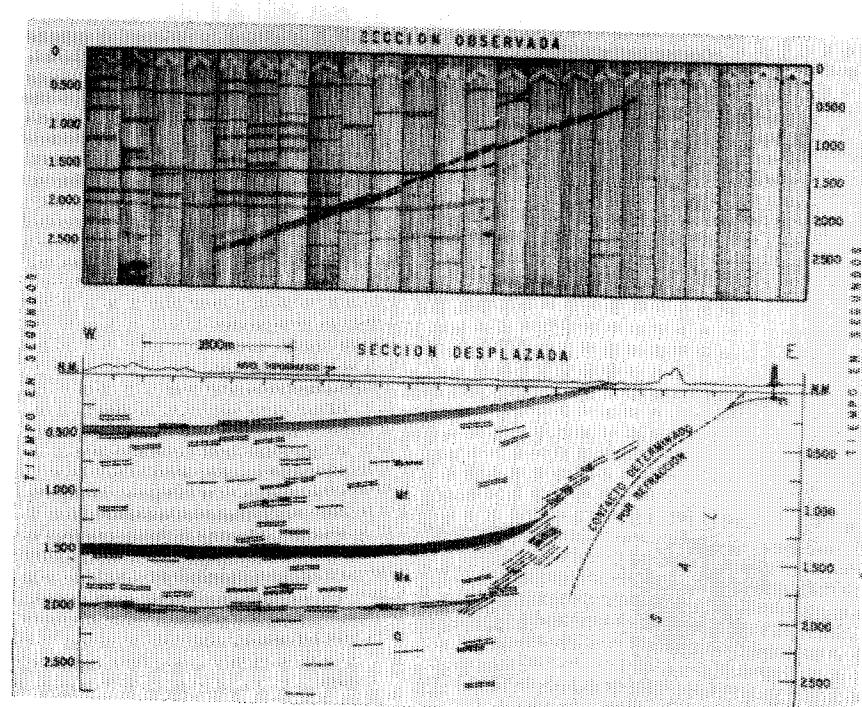


FIG. No. 2

El efecto de la velocidad diferencial entre la caliza arrecifal y los sedimentos encajonantes se ilustra en la figura 3, que representa una sección transversal en tiempo del conocido arrecife de la Faja de Oro y en la cual, no fue posible obtener información sismológica que permitiera definir la topografía del mismo; en este caso, los reflejos procedentes de un horizonte subyacente al arrecife (posiblemente Jurásico) mostraron un alto estructural aparente, producido por la aceleración de las ondas sísmicas al pasar por un medio de mayor velocidad, que el de los sedimentos circunvecinos. Perforaciones posteriores comprobaron que dicho "alto estructural" de velocidad, tenía correspondencia con la parte culminante del arrecife.

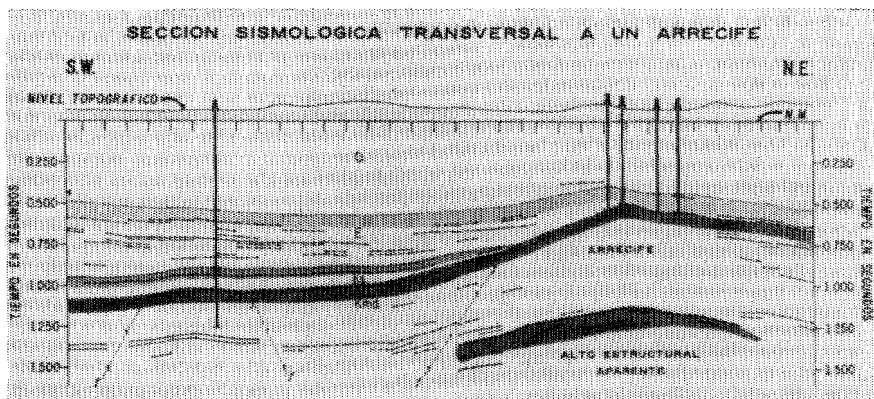


FIG. No. 3

CORRELACION ENTRE LA SISMOLOGIA Y LA GEOLOGIA

Por medio de la serie de ejemplos que a continuación se presentan, se trata de exponer, de una manera objetiva, cuál es la utilidad práctica que se obtiene, al interpretar, en términos geológicos, las secciones sismográficas.

La figura 4 muestra un ejemplo del resultado que es posible lograr, en una área de fuertes buzamientos, cuando la interpretación se cimenta en la integración racional de la información técnica de que se dispone.

En la parte superior se presenta una sección sismológica observada en una localidad próxima al frente de la Sierra y transversalmente a los pliegues regionales que con un rumbo de NW a SE se alinean paralelamente a ella. La sección muestra una zona anómala, donde se han registrado echados aparentemente erráticos que tienen poco o ningún significado geológico.

En la parte inferior, se ha hecho la correspondiente interpretación geológica, para lo cual se tomó en cuenta: a) —la geología superficial, representada por los afloramientos y los echados medidos en la superficie; b) —los contactos estratigráficos proporcionados por los pozos, y c) —los echados definidos por la sismología. La correlación lógica de toda esta información, nos ha permitido definir la existencia de un pliegue recumbente fallado, que fue probado más tarde, por el pozo que se localiza hacia el extremo izquierdo y el cual comprobó la interpretación.

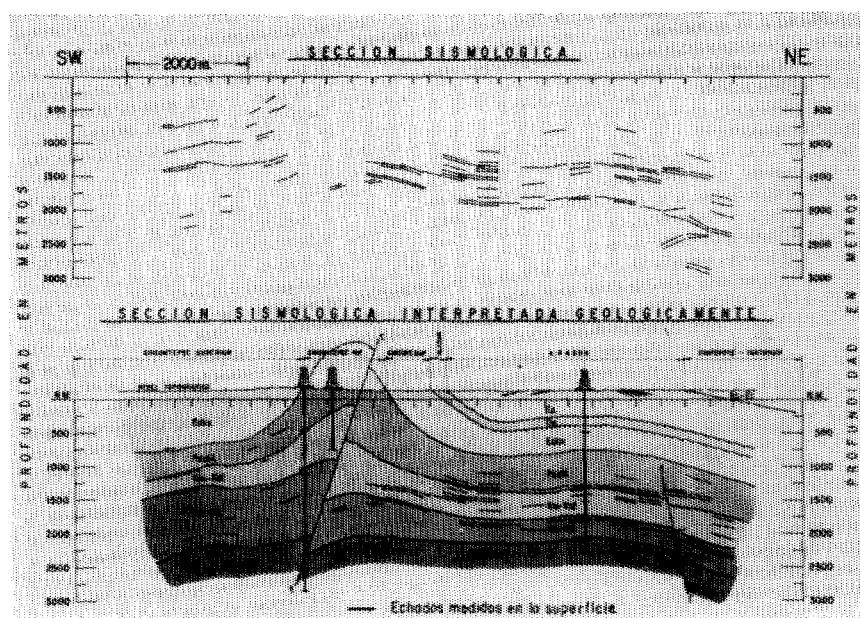


FIG. No. 4

En la figura 5 se ve una sección observada transversalmente a los posibles límites de una área de la cual se sabe por las perforaciones, que en ella se encuentran ausentes las formaciones del Kimmeridgiano del Jurásico Superior y a la cual se le ha dado el nombre de "Isla Jurásica".

La interpretación correspondiente se ha hecho con ayuda de los contactos estratigráficos de los pozos y basándose en las siguientes consideraciones teóricas: que hacia los flancos del levantamiento del basamento, que dio origen a que se erosionara o que no se depositaran las formaciones del Kimmeridgiano, estas formaciones jurásicas, lógicamente se acuñarían contra la isla y que los sedimentos depositados durante esa época, deberían estar formados de rocas clásticas y oolíticas con buen desarrollo, que podrían constituir trampas favorables para la acumulación de hidrocarburos.

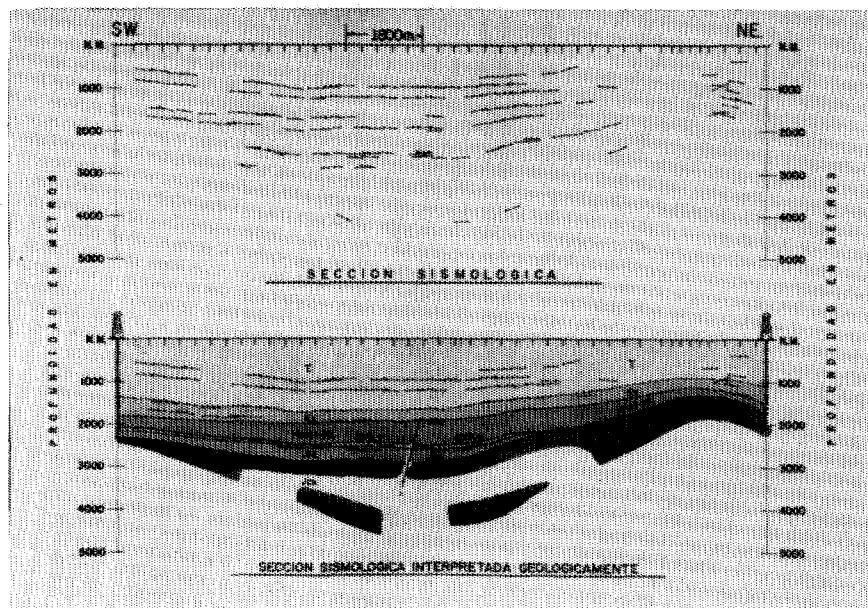


FIG. No. 5

Al hacer la correlación de los echados sismológicos con la Geología de subsuelo y guiándose por las suposiciones antes anotadas, fue posible llegar a la interpretación que se postula y que está de acuerdo con las consideraciones teóricas.

La figura 6 exhibe la comparación entre los datos obtenidos en el campo que se ven en una sección de sismogramas (parte superior) observada en una cuenca salina, con la correspondiente interpretación (parte inferior) basada en la correlación de los echados sismológicos, en un pozo que encontró la sal y principalmente en la identificación por el carácter de los reflejos, del límite superior de la sal.

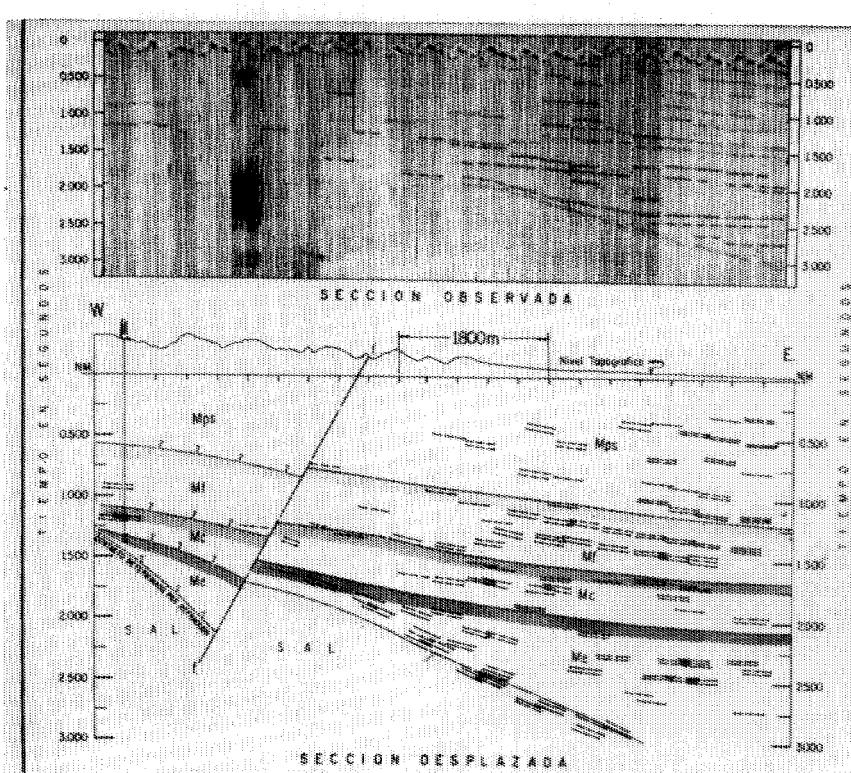


FIG. No. 6

Hacia el flanco oriental del cuerpo salino, se observa el acuñamiento de las formaciones terciarias, dando lugar a trampas estratigráficas favorables para la acumulación de hidrocarburos.

En la figura 7 se muestra una sección observada en el Continente y transversalmente al eje de la Faja de Oro.

Esta sección sismológica fue la responsable, en gran parte, del descubrimiento de la extensión Sureste del arrecife denominado "Nueva Faja de Oro". Sin embargo, para llegar a esta interpretación, fue necesario contar con experiencia en la respuesta sismológica del arrecife, ya que como se hace patente en la figura, un error fácil de cometer en este caso, es el de correlacionar los reflejos procedentes de la cima del crecimiento orgánico, con los reflejos terciarios superyacentes al pre-arrecife.

En la interpretación geológica (parte inferior) que se funda en la correlación de los echados sismológicos con los contactos estratigráficos, se puede apreciar la sorprendente correspondencia que existe entre la geología de subsuelo y la información sismológica,

The figure consists of two vertically aligned seismic sections. The top section is labeled 'SECCION SISMOLÓGICA' and the bottom section is labeled 'SECCION INTERPRETADA GEOLÓGICAMENTE'. Both sections have 'NIVEL TOPOGRAFICO' (Topographic Level) at the top and 'PROFUNDIDAD EN METROS' (Depth in meters) on the right side. The depth scale ranges from 0 to 3500 meters. The top section shows various seismic reflections with horizontal tick marks indicating specific horizons. The bottom section shows the same reflections interpreted geologically, with vertical lines connecting them to the corresponding horizons in the top section. Labels 'S.W.' and 'N.E.' indicate the orientation of the sections. A legend on the left side of the top section identifies different seismic reflection patterns.

FIG. No. 7

Un ejemplo de las secciones que finalmente comprobaron que la Faja de Oro es un crecimiento orgánico del tipo de Atolón, se ve en la figura 8 y corresponden a secciones procesadas, paralelas entre sí y observadas transversalmente al cuerpo arrecifal. En estas secciones marinas fue posible obtener información sismológica de los sedimentos cercanos a la masa de caliza, debido posiblemente a que en esta parte no existía la influencia negativa de una topografía accidentada. Las secciones se encuentran afectadas por reflejos laterales (frecuentes en las secciones marinas), que se registran en forma de arcos y que probablemente tienen su origen en el fondo marino (figura 9).

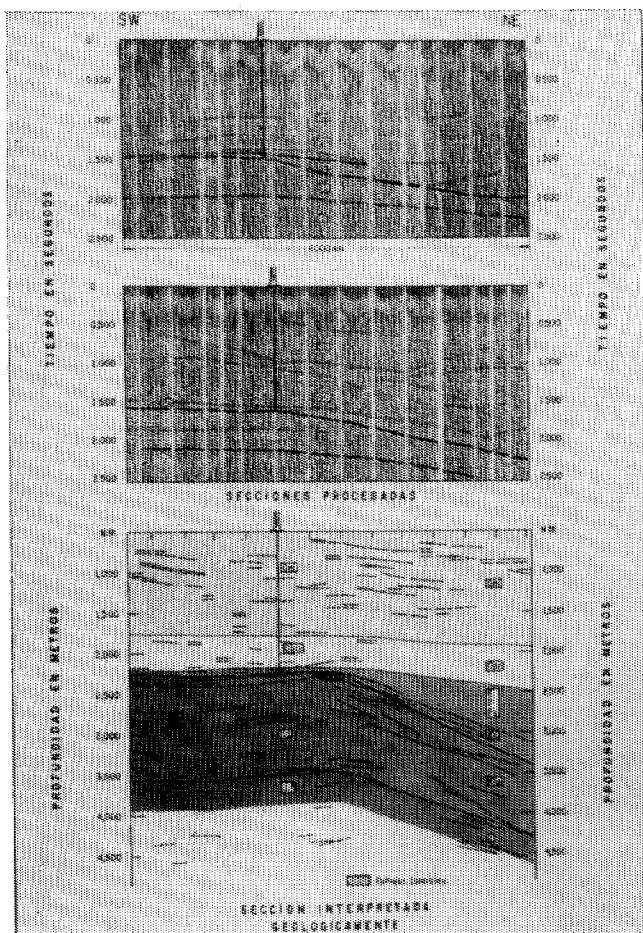


FIG. No. 8

En general el tipo de información descrito, fue la base para el descubrimiento de la rama oriental del Atolón, que se proyecta bajo las aguas del Golfo de México.

La interpretación geológica (parte inferior figura 8) resultado de la correlación entre los echados sismológicos con los contactos geológicos, tiene gran semejanza con la de las secciones observadas en tierra y comprueba que se trata del mismo cuerpo geológico con características sedimentológicas parecidas.

La figura 10 que corresponde a una sección marina procesada, fue observada en una cuenca salina y se distingue por la buena calidad de la información sismológica registrada. Por las características de la sección, se puede predecir tentativamente, que se está detectando un cuerpo salino asociado con fuertes echados que de acuerdo con la sección procesada, no tienen un significado geológico definido.

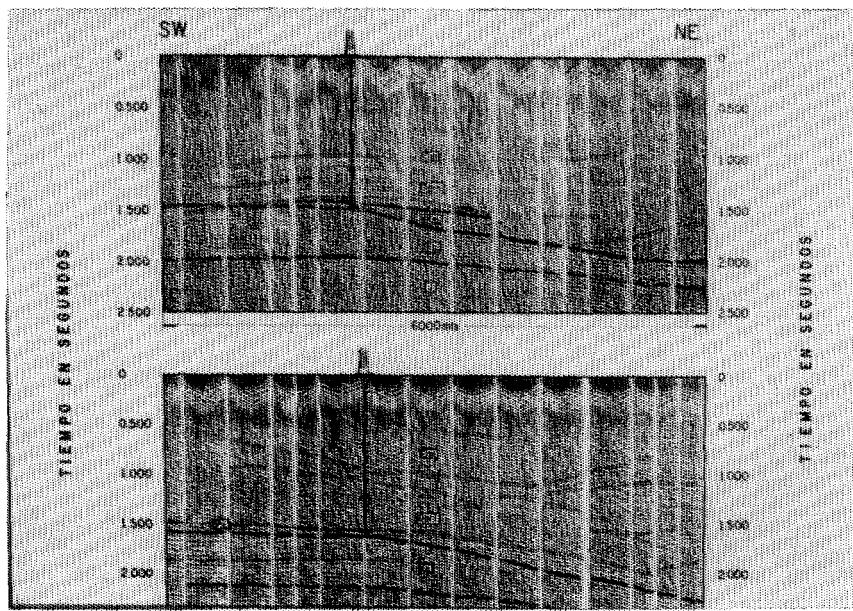


FIG. No. 9

En la sección interpretada, los echados de fuerte buzamiento se han situado en su verdadera posición, permitiéndonos llegar a una interpretación más completa, tomando en consideración los focos de difracción, origen de dichos echados (marcados con un círculo). Estos focos de difracción, nos permiten definir mejor, el límite de la sal (nótese que a mayor profundidad no se tienen reflejos) así como las fallas radiales al domo, que dan origen al "Graben" que aparece, descansando y en correspondencia con su parte culminante.

Finalmente, tratando de patentizar, que en toda interpretación debe de prevalecer un determinado criterio, para poder llegar a una correcta correlación, se muestra en la figura 11 un ejemplo de una sección procesada condensada, observada en una cuenca salina. De la figura es fácil deducir, que cuando tratamos con echados moderados, las secciones de este tipo, sí pueden ser representativas del comportamiento estructural de las formaciones del subsuelo, lo cual se comprueba con la sección desplazada en profundidades de la parte

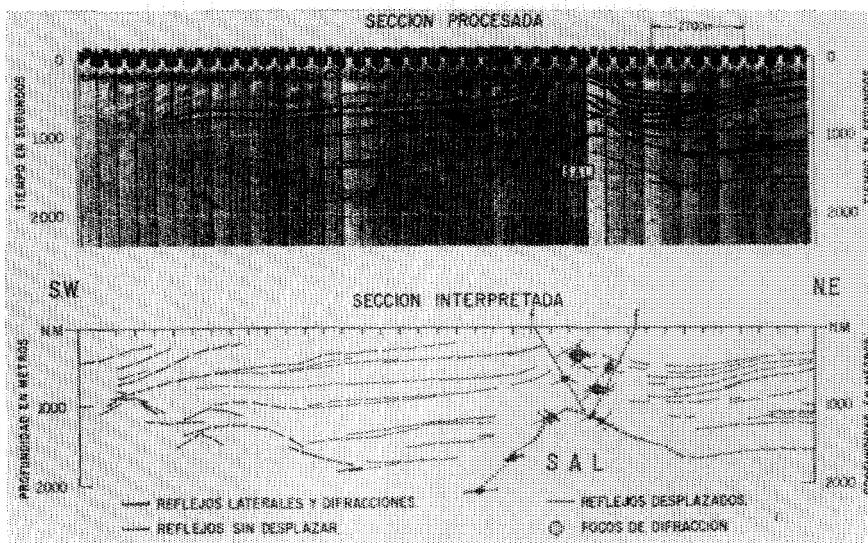


FIG. No. 10

inferior que estructuralmente concuerda con la sección procesada en tiempos de la parte superior.

La suposición de que hacia el SW el levantamiento que se delinea, puede corresponder a la culminación de la sal, se basa en su posición relativa dentro de un alineamiento conocido de domos salinos.

En conclusión, podemos establecer que el Geofísico siempre debe tratar de comprender la relación que existe entre los efectos medidos geofísicamente y las propiedades de los cuerpos que los producen, para en esa forma, poder deducir la historia geológica de las rocas, que nos conduzca al mejor conocimiento estructural del subsuelo.

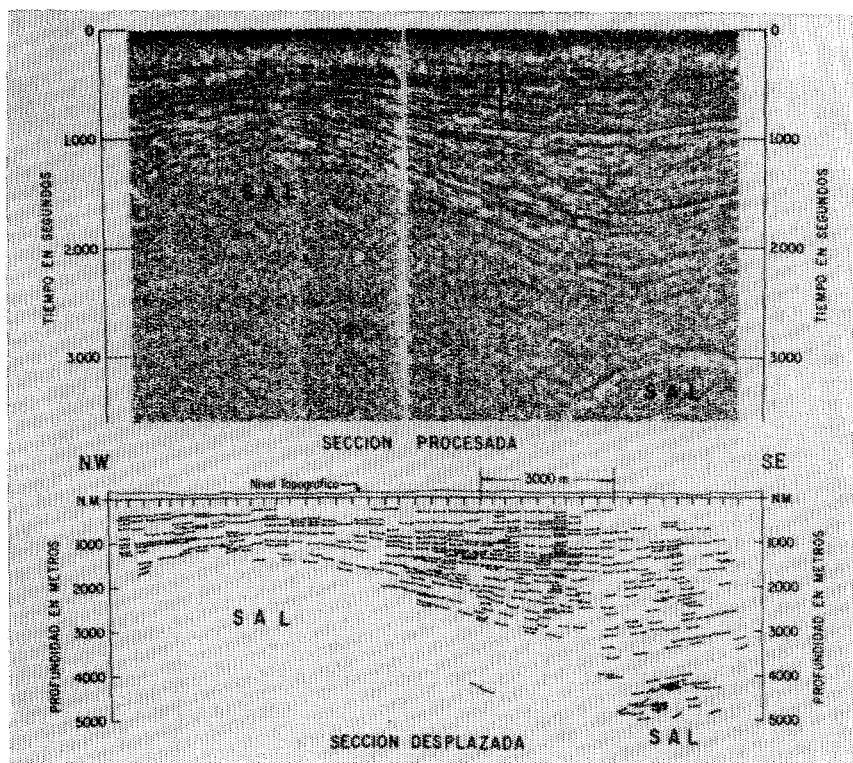


FIG. No. 11

Que recuerden los Geofísicos que sus interpretaciones deben ser técnicamente audaces a pesar de la crítica y que un pozo estéril apoyado en una interpretación inteligente, solo es un fracaso aparente que nos pueda señalar el camino que nos acerque al petróleo, motivo de nuestras preocupaciones.



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

DOBRIN, M.—"Introducción a la prospección geofísica. Editorial OMEGA. 1960.

NUEVOS SOCIOS

Ing. José Manuel de la Fuente Navarro.
Zapote No. 212 Altos.
Col. Aguilá.
Tampico, Tamps.

Ing. Jorge Patiño Rebollar.
Av. Cuzco No. 951.
Col. Lindavista.
México 14, D. F.

Mr. Willie Franks Kaulfus.
3800 W. Alabama.
Houston, Texas, 77027.
U. S. A.

Ing. Viriato Gilberto Gomes de Oliveira.
Calle de López No. 34, 3er. Piso.
México 1, D. F.

Ing. Francisco Montiel Galiana.
Gerencia de Exploración.
Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos.
Casilla Correo No. 401.
La Paz, Bolivia.
Sud. América.

Carlos Alemán &

EXPLORACION

y

PERFORACION

Iturbide No. 36 Desp. 201. Tel. 10-15-64

MEXICO 1, D. F.

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.

CURSO

DE

SISMOLOGIA APLICADA

Por el Ing. V. A. OLHOVICH



En las principales librerías

o directamente en la

ASOCIACION MEXICANA DE GEOFISICOS DE EXPLORACION

Av. Juárez 97. Desp. 302.

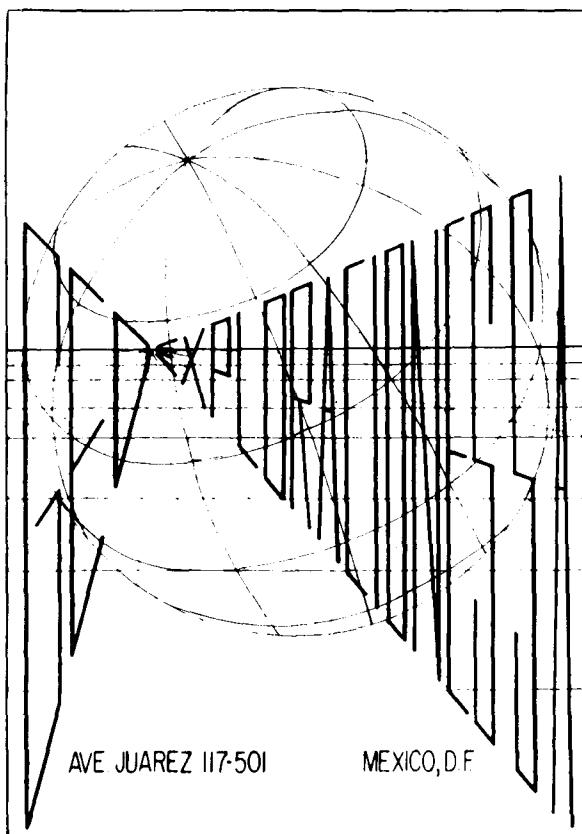
México 1, D. F.

S E R V I C I O S

GEOFISICOS

GEOLOGICOS

FOTOGEOLÓGICOS



TEL. 46 - 11 - 81

GEOHIDROLOGICOS

RADIOACTIVOS

TOPOGRAFICOS

EXPLORACIONES, S. A.



ITURBIDE No. 36 DESP. 201

TEL. 10 - 15 - 64

MEXICO 1, D. F.

...SISMOLOGIA... GRAVIMETRIA... GEOQUIMICA...

MAGNETOMETRIA... ...SUE*

...PROCESADO DE DATOS MAE**

A R E A S :

Grandes o pequeñas, marinas o terrestres.

PROBLEMAS:

Técnicos u operacionales.

INFORMACION:

Superficial o profunda.

F O R M A :

Utilizando los métodos y equipos más modernos compatibles con áreas y presupuestos.

**GEOPHYSICAL SERVICE
INCORPORATED**

**Exchange Bank Bldg.,
100 Exchange Park North,
DALLAS 35, TEXAS.
Tel. FLeetwood 7-4311**

**Avenida Juárez No. 119,
Despacho 42,
Tels. 46-37-20 - 21-74-67
MEXICO 1, D. F.**

***Seismic Underwater Exploder.**

**** Multiple Analyzer Eliminator.**

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.

S O C I O S

\$ 100.00

N O S O C I O S

\$ 150.00



ADQUIERA UD. LOS VOLUMENES NUMEROS I -
II - III Y IV CORRESPONDIENTES A LOS AÑOS DE
1960 - 1961 - 1962 Y 1963 EMPASTADOS EN KERATOL
CON SUS INICIALES GRABADAS EN ORO.

PEDIDOS A LA
ASOC. MEX. DE GEOF. DE EXPL.