

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: panorámica,
Infrared y a color.
Fotografía comercial aérea
Fotomurales
Levantamientos fotogramétricos
Localización de obras
Mosaicos fotográficos
Programación electrónica
Topografía

132 empleados especializados.

E Q U I P O

1 Avion Queen Air A-80 Mat. XB-XAK
1 Avion Riley Rocket Mat. XB-SAR
1 Avion Beech Craft Mat. XB-VIG
2 Aviones Piper Aztec Mat. XB-MOJ y NOO
1 Avion Cessna 185 Mat. XB-TIS
Unidad Central de Proceso IBM 1131
Lector-perforadora de tarjetas IBM 1442
Unidad Impresora IBM. 1132
1 Cámara Fotogramétrica Zeiss MRK A
1 Cámara Fotogramétrica Wild RC-9
1 Cámara Fotogramétrica Wild RC-8
1 Cámara Fotogramétrica Wild RC-5
3 Cámaras Fisichild
4 Cámaras para fotografía oblicua
1 Cámaras Rectificadoras

4 Cámaras de Reproducción
3 Unidades de Telémetro MRA-3
4 Teodolitos Wild T-2
2 Niveles automáticos Wild NAK-2
4 Camionetas doble tracción
2 Autógrafos Wild A-7 con Registradora de
coordenadas
1 Estereocartógrafo Wild A-8
1 Autógrafo Wild A-9
4 Autógrafos Wild B-8
1 Bulplex 700, de 7 proyectores
1 Kystar K-5 de 4 proyectores c/u
1 Kystar K-1 de 2 proyectores c/u
1 Multiplex de 9 proyectores c/u

DIRECCIÓN
Av. Obregón Mundial Núm. 128 esq con Pestillozzi
Teléfonos 46-85-25 con tres líneas directas y 13-87-45
Cable AEROFOTO, MÉXICO
Servicios Aéreos Ave. Santos Dumont Núm. 212
MÉXICO 12 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.

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**

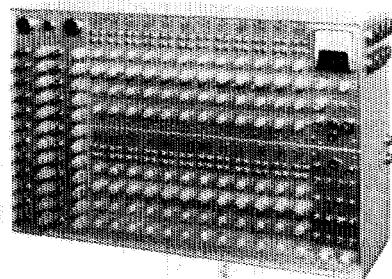
- Levantamientos :
- Sismológicos
- Gravimétricos
- Magnetométricos
- Procesado de Datos Magnéticos
- LORAC - Levantamiento Electrónico

**SERVICIO DE
REGISTRO DE POZOS**

- Registros para Evaluación de Fórmaciones
- 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



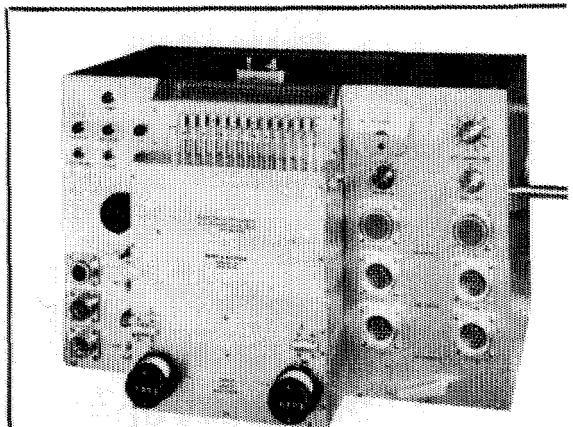
FORTUNE T-1. SISTEMA DE AMPLIFICADORES SISMICOS TRANSISTORIZADOS PARA TRABAJOS DE REFLEXION Y REFRACTION.

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 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 sí. También es posible obtener leves 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 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. 8.55" /segundo.

Tiempo útil de grabación. 6 seg. (el tambor da una vuelta completa en 6.6 seg.).

Corrección dinámico 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 lead). 30 a 10 cps. Grado de exactitud del sistema de tiempo. ± 1 miliseg.

Necesidades de entrada (a 100% el nivel de grabación). 50 milivolts 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.

113 Rue Lammertek, Paris, France.
Technimation
Representante en Europa:

H. H. HARRELL - H. H. HARRELL, JR.

Electronics, Inc.

annals of

Para el diseño de sistemas enteros (de punto continuo) se basa en la combinación de cascadas de peso (weighted step), predictor combinadas los modelos LDR-1 y DC-2B, obtiene resultados casi un equipo simple completo.

Si se desean combinar los resultados de las posiciones de la tira, para punto es deseable que se utilicen combinaciones programadas y amplificadas al igual que se han mencionado. Es posible agrupar los resultados (comúnmente puntos) en un solo resultado que se obtiene de la multiplicación de los resultados de los puntos individuales.

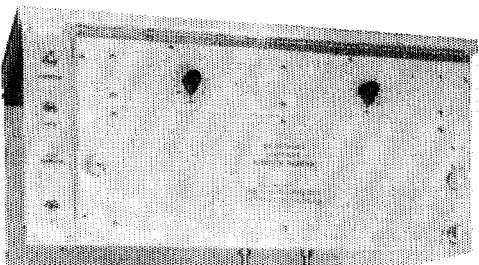
Actualmente los modelos DTR llevan 15, 12 y 8 pasos, pueden tener interacciones capaces de doble mil croquisista, pero grabación simple o doble.

Cada edecas de microscopio girada sobre un eje de 0,006°, teniendo para su control lateral hasta 20 posiciones, en las cuales manejó 6 automática.

PARA USARSE EN OFICINAS O EN EL CAMPO. La sare DDF se obtiene en una dosis de tres tambores. También existe el tipo de un solo tambores. Ambas son 50 cajas de microdispersión que contienen, similidistanciales, una cierta medida de chinches ninfófagos.

MICROPISTA-1 (UNIDAD DE 600 TAMBORRES)

Wet - 2040



© 2018 The McGraw-Hill Companies, Inc.

Motorola DR-5 - Este teléfono móvil es de diseño ergonómico y compacto. Ofrece una amplia gama de funciones que incluyen una agenda de contactos de hasta 100 entradas, un calendario integrado, un reproductor de MP3 y una cámara de 2 megapíxeles.

AMORTIGUAMIENTO.

EN UNA UNIDAD "BUFFERLESS" (DE MEMORIA)

SISTEMA DE GRABACION DIRECTA

Digitized by srujanika@gmail.com

... DE "FORTUNE ELECTRONICS"

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

Punto de Reflexión Común. Técnica de Apilar Datos Horizontales (Data Stacking) por *W. Harry Mayne.*

Método Duyel para Migración Continua, con Tendidos y Distribución de Velocidades del Subsuelo. Variables, por el Ing. *Ernesto Elorduy Téllez*

“La Exploración de Areas Nuevas por el Método Aero-Magnético”, por el Ing. *Alfonso Muriedas Pavón.*

“FORO ABIERTO”.

“Notas sobre la Ley Parabólica del Incremento de la Velocidad”, por el Ing. *V. A. Olhovich.*

Indice General.

ASOCIACION MEXICANA DE GEOFISICOS DE EXPLORACION

MESA DIRECTIVA PARA EL PERIODO 1965-1966

Presidente: Alfonso Cornejo Toledo.

Vice-Presidente: Armando Eguía Huerta.

Vice-Presidente Especial: José Coffin Otero.

Secretario: Jorge Lázaro Nájera Villa.

Tesorero: Roberto Oñate Espinosa.

Vocal de Minas: Jorge Suárez Rodríguez.

Vocal de Petróleo: Antonio Cordero Limón.

Vocal de Ingeniería: Mariano Hernández Moedano.

Editor: Santiago Gutiérrez H.

Presidente Saliente: Guillermo Hernández Moedano.

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

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

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, suscripciones, descuentos especiales a bibliotecas públicas o de Universidades, publicaciones, anuncios, etc., dirigirse a:

ING. SANTIAGO GUTIERREZ H.

Av. Juárez No. 97, Despacho 302.

Teléfonos 18.41-41 y 12-89-70

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.

PUNTO DE REFLEXION COMUN
TECNICA DE APILAR DATOS HORIZONTALES *
(DATA STACKING)

Autor: W. HARRY MAYNE **

I N T R O D U C C I O N

Por muchos años ha sido una preocupación continua de los geofísicos mejorar la relación "Señal-Ruido" de las señales sísmicas. Cuando algunos problemas han sido solucionados, resultan otros nuevos. Desde Klipsh (1936), Rieber (1936), Poulter (1950), Woods (1953), Reynolds (1954), Parr (1955) hasta Graebner (1960), se han descrito varias técnicas para utilizar la propiedad de atenuación del ruido de los arreglos de elementos múltiples. Su aplicación individual o en combinación con otras técnicas, han permitido so-

* Original en inglés. Traducción por el Ing. R. Oñate E., presentada en la III Convención Nacional de Geofísicos de Exploración.

** M. S. Ing. Eléctrica (estudios Menores Matemáticos y Electrónica) en la Universidad de Texas. Vice Presidente, a cargo de Servicios Técnicos en Petty Laboratories, Inc., con 25 años de experiencia en exploraciones geofísicas, con énfasis particular en mejoramientos instrumentales y técnicas especializadas de campo para áreas difíciles (CDP). Ha inventado, diseñado y supervisado la construcción y operación de instrumentos sísmicos novedosos y técnicas aceptadas actualmente en el campo de la geofísica. Con experiencia en el campo de la investigación y desarrollo en general de instrumentos geofísicos para detectar sonido subacuático, biomédico y técnicas de explotación sísmica.

Miembro de IRE, SEG, presidente (1957-1958) de Geophysical Society of South Texas, South Texas Geological Society y la "T" Association (University of Texas). Actualmente Primer Vice Presidente de la Society of Exploration Geophysicists, (1966-1967).

Autor de numerosos trabajos y artículos en "Geophysics", "Electrical Engineering", "Journal of Aviation Medicine", poseyendo numerosas patentes nacionales y extranjeras en los campos de geofísica, electrónica y médica.

lucionar muchos problemas difíciles. Al aumentar la multiplicidad para vencer situaciones complicadas, eventualmente nos enfrentamos con ciertas limitaciones inherentes; por ejemplo, cuando los arreglos se alargan más y más, se promedia una mayor área en el subsuelo y así al sumar o integrar las reflexiones, se puede llegar a tener promedios de áreas del subsuelo de 200 metros o más, lo cual, por supuesto, reduce la posibilidad de marcar los pequeños detalles buscados, dando una visión muy generalizada del horizonte. La técnica de "Punto de Reflexión Común" o "Cubierta Múltiple", se diseñó para obtener un medio más práctico de aumentar la multiplicidad sin estas limitaciones.

DESCRIPCION DEL METODO

El principio básico del método denominado "Punto Común de Reflexión" (CDP), es combinar la información asociada de un cierto punto de reflexión pero registrado con múltiples puntos de tiro y capacitada por los sismómetros en distintos lugares, después de aplicarle a cada una de las señales reflejadas de diversas trayectorias, las correcciones necesarias en tiempo.

La suma de reflexiones resultante, será hasta cierto punto, proporcional al número de señales usadas y los ruidos cuyas trayectorias difieran de las reflexiones, no serán coincidentes y por lo tanto, resultarán reducidos en relación a las mencionadas reflexiones. Por eventual incidencia, la mejoría promedio teórica, será proporcional a la raíz cuadrada del número de señales, lo cual es análogo al comportamiento de un arreglo de múltiples. Por otro lado, en este método la posición de la fuente generadora y los puntos de recepción se selecciona para que sea un sólo punto del subsuelo, común a todas las trayectorias; lo que no sucede con el sistema convencional, donde al aumentar el largo del tendido, se aumenta el área a promediar en el subsuelo.

El espaciamiento horizontal entre la fuente generadora y el receptor está restringido únicamente por las siguientes consideraciones:

1. Las máximas distancias que permitan hacer correcciones con la exactitud necesaria. El error probable en las correcciones totales aumenta con la distancia y debe mantenerse pequeño con respecto al período de reflexión.
2. Las máximas distancias en las cuales las señales reflejadas continúan teniendo la adecuada similitud de forma.

Actualmente existen ya equipos de registro y procesado magnéticos que permiten aplicar las correcciones necesarias y que además efectúan el proceso de suma de señales que exige este método.

ARREGLOS ALTERNOS

En esta técnica es posible usar cualquiera de los métodos de cubierta múltiple. En la figura No. 1 se presenta la configuración de un tendido con tiro central y 12 detectores a cada lado. En este ejemplo, el tendido y el punto de tiro se mueven dos lugares entre tiros sucesivos. de tal manera, que se mantenga una geometría simétrica. Los puntos del subsuelo correspondientes, se han indicado con los puntos abajo del tendido. Se ve que es necesario usar las trayectorias de 12 puntos de tiro para obtener una cubierta completa con multiplicidad de 6. La tabla de la figura No. 2 muestra los canales que deberán usarse para componer los 24 puntos comunes de esta cubierta que a su vez es la misma que resultaría al tirar con el sistema convencional desde el P.T. No. 7.

La expresión general de la multiplicidad desarrollada por cualquier progresión particular puede expresarse como sigue:

$$M = \frac{N S}{2 n}$$

donde:

M = Multiplicidad de las trayectorias según se estableció previamente.

N = Número del detector en el tendido.

n = Número de estaciones que se avanzan en el tendido.

S = Número del P. T. para cada tendido.

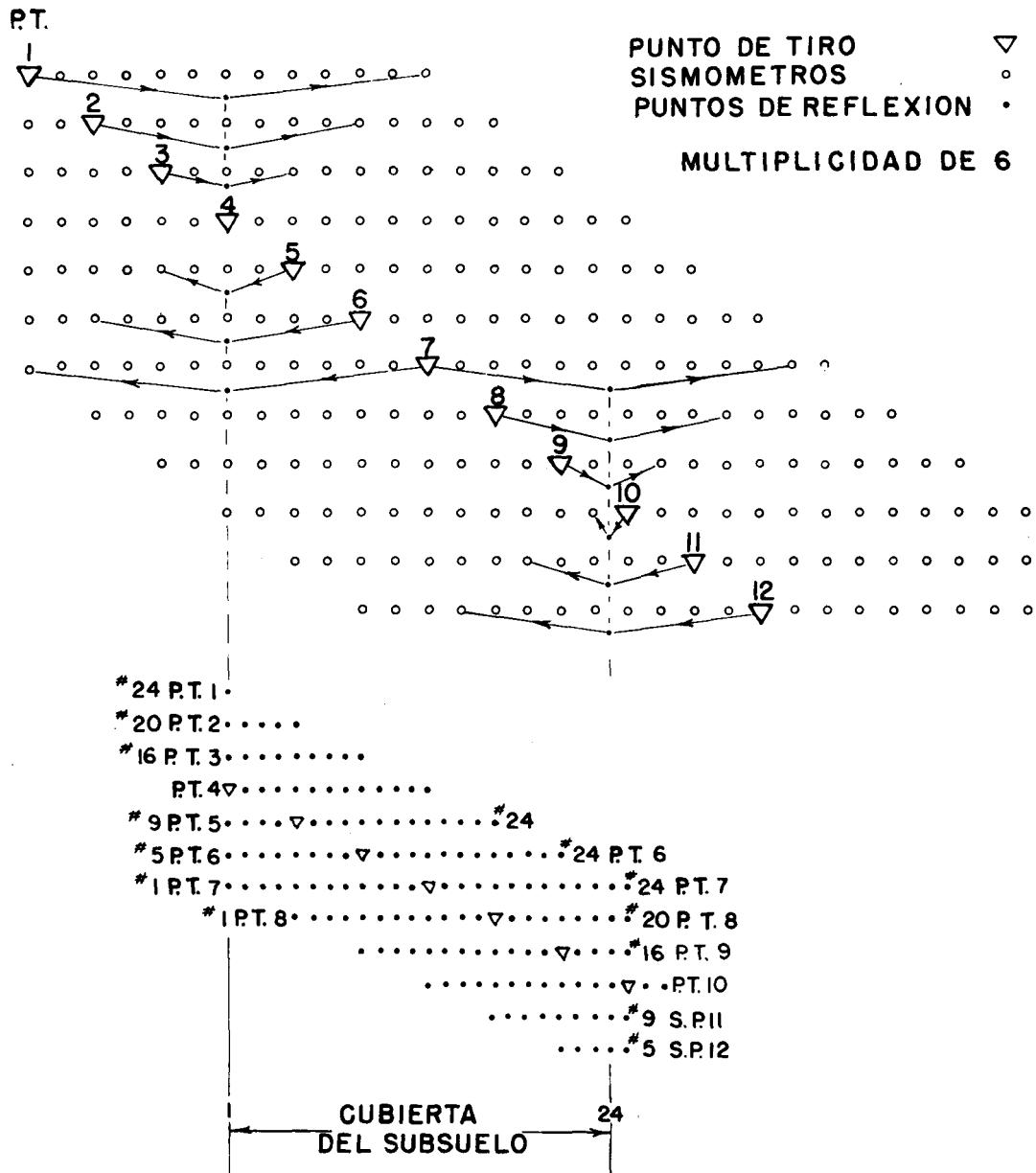


FIGURA No. 1

NO. P.T.		PUNTO EN EL SUBSUELO																									
1	24	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
2	20	21	22	23	24																						
3	16	17	18	19	20	21	22	23	24																		
4	-	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24														
5	9	10	11	12	-	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24										
6	5	6	7	8	9	10	11	12	-	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24						
7	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	-	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
8																											
9																											
10																											
11																											
12																											

FIGURA No. 2

REFLEXIONES MULTIPLES

Ellsworth, Sloat et al (1948), presentó evidencias poderosas que confirmaron la existencia de reflexiones múltiples y posteriormente la experiencia ha indicado que la ocurrencia de estas formas incisivas de "ruido" son dañinas y comunes.

La técnica de "Punto Común de Reflexión" puede ser una herramienta excelente cuando se trata de reducir las reflexiones múltiples, con tal que la velocidad promedio varíe en función de la profundidad o del tiempo. Es esencial que la velocidad promedio sea diferente en las zonas que recorran los primarios y las de los múltiples. Cuando así suceda, las reflexiones primarias mostrarán un alineamiento en función de la distancia de tiro y distinta a la de los múltiples. En las figuras Nos. 3 y 3-A se muestra un ejemplo. La velocidad considerada varió con la profundidad según la función $V = 6,000 + 0.2 Z$. El objetivo de mayor interés está postulado a la profundidad de 8.690 pies, equivalente a un tiempo de doble trayectoria de 2.3 segundos. Las reflexiones de segundo orden (primeros múltiples) provenientes de un reflector somero a 3,700 pies tendrá también un tiempo de trayectoria de 2.3 segundos y dado que su trayectoria está confinada en la zona de baja velocidad, mostrará el punto de reflexión según su distancia de tiro, como lo indica la curva superior. La reflexión primaria profunda seguirá los puntos indicados por la curva media. La curva inferior, muestra la diferencia entre los dos eventos para cada distancia de tiro.

Si un número de canales con diferentes distancias de tiro se corrijen de tal forma que los eventos primarios queden en coincidencia de tiempo, los múltiples resultarán fuera como se indica en la curva inferior. Supongamos por ejemplo que se combinan 5 trayectorias y que el múltiple tiene un período de 0.035 segundos. Para los efectos de atenuación, será semejante al caso de arreglo de 5 detectores múltiples. Podremos tener entonces, un mínimo de $0.035/5$ o sean, 0.007 segundos de diferencia de tiempo de las trayectorias, o sea, un total de 0.028 segundos entre los extremos si es que se va a obtener la atenuación de los múltiples de ese período. En la curva inferior, los puntos encerrados en círculos y numerados del 1 al 5 muestran las distancias que son necesarias para obtener las diferencias en tiempos.

Nótese que la distancia al canal 5 el más alejado, es de 1.500 pies; distancias más cortas reducirán seriamente la atenuación, puesto que los componentes de la señal estarán aproximadamente en fase y su vector suma aumentará rápidamente. Con distancias más grandes no se afectará seriamente

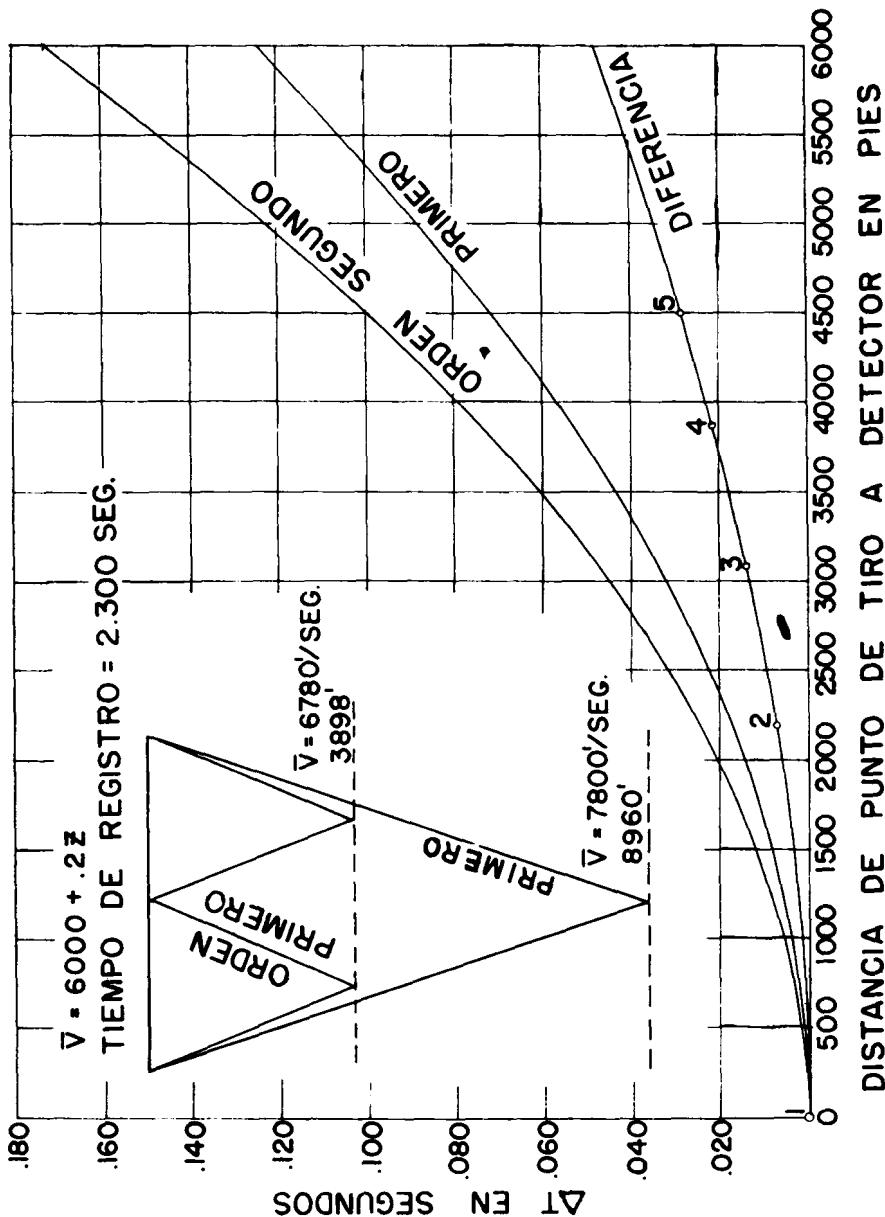


FIGURA No. 3

NO. ESTACION	DISTANCIA	Δt HORIZONTAL VERDADERO	Δt NECESARIO PARA ATENUACION OPTIMA
1	215		0
5	1070		
9	1925	.006	.007
13	2785	.011	.014
17	3640	.019	.021
21	4500	.028	.028

ATENUACION REAL CON SUMA DE 5 CANALES > 4.5 A I

FIGURA No. 3-A

la atenuación pero tenderán a ser proporcionalmente más difíciles desde el punto de vista operación.

Cuando se trata de evitar un excesivo promedio del subsuelo deberán usarse trayectorias con punto común de reflexión. De igual importancia es el hecho de que la magnitud y dirección del echado de cualquier reflector no resulta significativo si se aplica adecuadamente la geometría de Punto de Reflexión Común.

Del ejemplo presentado en la placa, resulta un problema en la programación de las sumas, y es que la distancia horizontal debe ir variando de punto a punto para conservar la misma diferencia de tiempo que exige la atenuación óptima. Supongamos que se trata de un arreglo de 6 sumas con el tiro hecho en un extremo de un tendido de 24 canales. En la figura No. 4 se ilustran las estaciones que tendrían el mismo punto común de reflexión. Si entre la estación 1 y la estación 21 se desarrolla la requerida incidencia de 0.028 segundos, nuestro intervalo de estación deberá ser de $4.500/21$ o aproximadamente 215 pies. La tabla de la figura No. 5 muestra la comparación entre la incidencia teórica deseada y los verdaderos valores obtenidos. Esas aproximaciones darán una mejoría teórica en la amplitud de más de 4.5 a 1 de primario a múltiple, considerando ondas senoidales y cuando se omite el quinto canal. Hay tan pequeña diferencia en las incidencias entre los canales más próximos (1 a 4) y los siguientes 5 a 8 que éstos (5 a 8) deben omitirse para mejorar la atenuación. El uso de todos los 6 canales reduciría la relación correspondiente de 2.5 a 1, a menos que se emplee igual pesada de amplitud en los canales apropiados.

PROCESADO DE LOS DATOS

A medida que se va empleando el método de "Punto Común de Reflexión", se diseñan y construyen equipos más versátiles. Los primeros equipos de corrección solamente disponían de una capacidad de 150 milisegundos de corrección por distancia (NMO) pero la experiencia pronto indicó que su capacidad tendría que llevarse arriba de 1,000 milisegundos. También fue práctica común, atenuar o reducir hasta cero las amplitudes de las señales en ciertos canales durante el tiempo de aplicación de grandes correcciones. Llegó a ser posible eliminar la energía refractada originada por las grandes distancias de tiro, así como el efecto adverso del cambio de frecuencia producido por el rápido cambio de corrección necesario en las reflexiones someras. Esta atenuación puede aplicarse como una función arbitraria del tiempo, como una

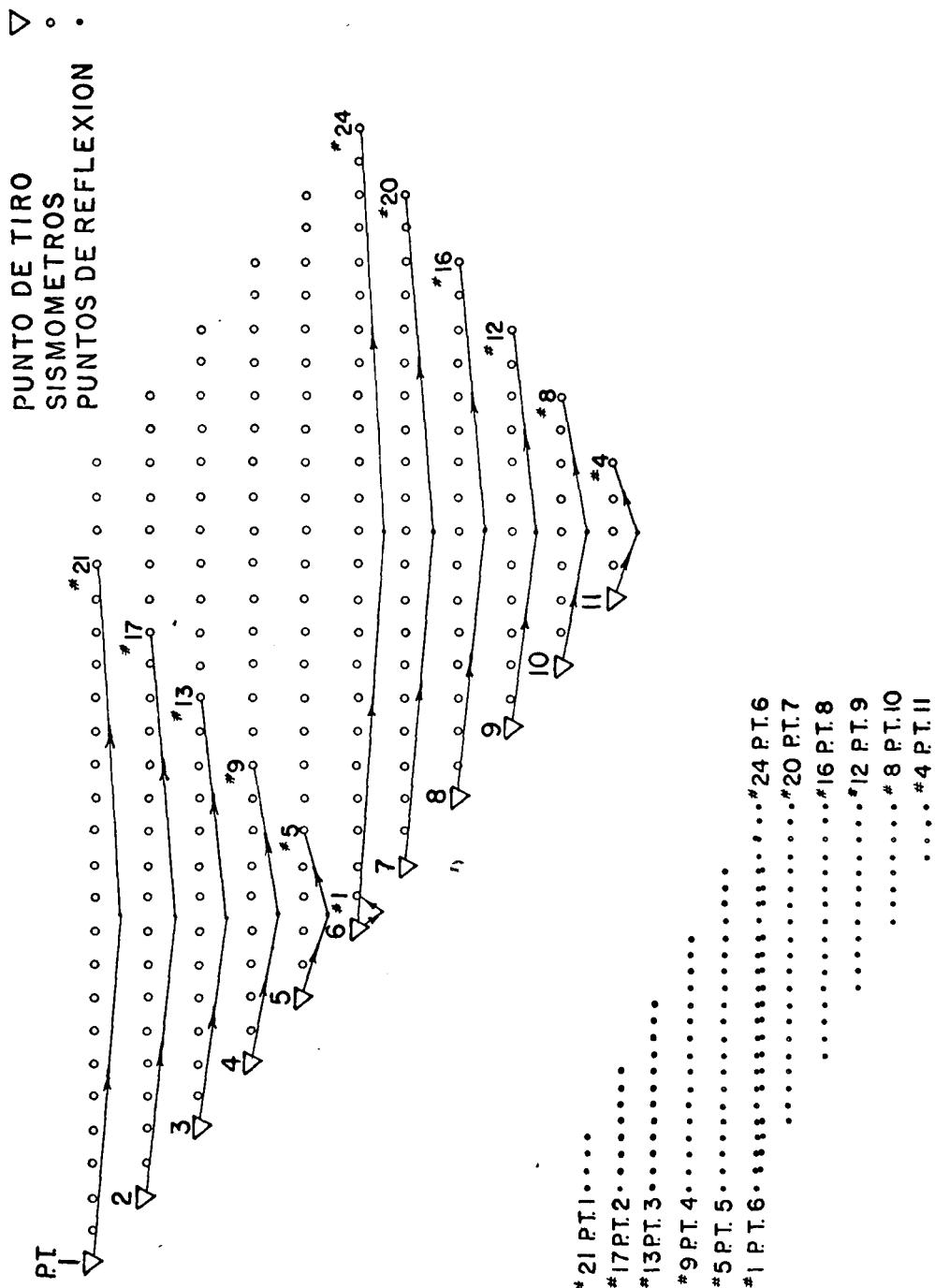


FIGURA No. 4

NO.		PUNTO EN EL SUBSUELO																						
P.T.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	21	22	23	24																				
2	17	18	19	20	21	22	23	24																
3	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24												
4	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24								
5	OMITIDO	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20											
6	1	2	3	4	OMITIDO	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24			
7		1	2	3	4	OMITIDO	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20						
8						1	2	3	4	OMITIDO	9	10	11	12	13	14	15	16						
9											1	2	3	4	OMITIDO	9	10	11	12					
10																1	2	3	4	OMITIDO				
11																					1	2	3	4

FIGURA No. 5

función de la corrección total aplicada o de la rapidez de cambio de la corrección.

La gran capacidad de corrección (1,000 milisegundos) junto con la atenuación, permitirán obtener correcciones precisas en los canales de tendido corto en la primera parte de los registros y mejoría en cualquier evento superficial. Por ejemplo, la atenuación típica de un grupo de datos de 6 sumas pueden suministrar una multiplicidad verdadera de 3, desde cero hasta 7 segundos y aumentar hasta la total multiplicidad de 6 a 1.4 segundos, dando la corrección debida desde 0.2 segundos de tiempo de registro.

Se debe disponer de suficiente capacidad de almacenaje para evitar la manipulación múltiple de las cintas de campo. Por ejemplo, para obtener una suma de multiplicidad 12, con los datos de 24 canales, se requerirá disponer de una capacidad de almacenaje de 12×48 o sean 576 canales. Se han estado usando una variedad de máquinas con tambores múltiples, pero últimamente se han hecho populares los equipos con sólo dos tambores y un sistema de grabación en micropista. La transposición de canales ajustada al sistema de tiro, se obtiene por medio de tableros prealambrados según el programa, relevadores, selectores de pasos y sistemas mecanizados para situar las cabezas registradoras sobre los tambores.

EXPERIENCIA DE CAMPO

Se ha acumulado considerable experiencia de campo en la aplicación de este método en diferentes terrenos y aunque ésta varía de lugar a lugar, se han podido establecer ciertas consideraciones generales:

1.—**FILTROS.** Debido a la mejor atenuación de las ondas superficiales (Ground Roll) y otros ruidos extraños de baja frecuencia, se pueden usar generalmente filtros amplios que mejoran el carácter y el amortiguamiento aparente de las reflexiones. También en cierta forma, se reduce el efecto de correcciones imprecisas.

2.—**TENDIDOS.** Deberán ser tan largos como sea práctico. No solo resultan más eficientes desde el punto de vista de producción, sino que además, la calidad de los datos mejora. Los detectores deberán situarse cuando menos a 220 pies de distancia (66 metros) y a 440 pies (133 mts.) cuando las condiciones lo permitan. Los tendidos largos son mucho menos vulnerables a las reflexiones múltiples y complementan

más efectivamente la multiplicidad que se puede obtener de los arreglos convencionales.

3.—ARREGLOS. Deberán emplearse los arreglos que indiquen las consideraciones económicas. La multiplicidad adicional disponible de esta técnica deberá usarse como un suplemento del número adecuado de sismómetros, de la óptima profundidad de los pozos de tiro o del número de éstos en los arreglos.

4.—PRUEBA. Se tirarán secciones preliminares de un área con mayor multiplicidad de la que pueda ser necesaria y se harán pruebas de procesado para seleccionar el arreglo más económico.

5.—CORRECCIONES. Las de distancia (NMO), intemperismo y elevación deberán determinarse con exactitud y aplicar con precisión. La Edición cuidadosa de las correcciones y la eliminación de datos pobres puede resultar finalmente un beneficio.

6.—PRODUCCION. Aproximadamente se puede mantener la misma producción diaria usando este método que con el convencional.

C O N C L U S I O N E S

La técnica de “Punto Común de Reflexión” o apilamiento horizontal de datos, ha añadido un nuevo orden a la magnitud de los arreglos que pueden usarse. Se ha mejorado la relación “Señal-Ruido” muy abajo del punto de saturación de los métodos convencionales.

La figura No. 6, ilustra algunas comparaciones típicas entre la cubierta simple convencional y la de punto de reflexión común sobre la misma superficie. Se eligió este primer ejemplo de Oklahoma del Sur, no tanto para ilustrar la mejoría de los datos, dado que aparentemente es poca, sino para mostrar que no se tienen efectos adversos asociados con el uso del método, aún cuando se tengan echados fuertes y geología compleja.

La figura No. 7 muestra una comparación similar de datos obtenidos en Tamaulipas, Noreste de México.

En cada uno de estos ejemplos, los parámetros instrumentales fueron los mismos para ambos registros y los datos para las cubiertas simples, se tomaron de las cintas apropiadas, seleccionándolas de la secuencia usada en la técnica de “Punto Común de Reflexión”.



COMPARACION DE CUBIERTA SENCILLA CONVENCIONAL Y CUBIERTA DE SEIS
SUR DE

CUBIERTA SIMPLE CONVENCIONAL
FILTRO: 20-50 SIN MEZCLADO

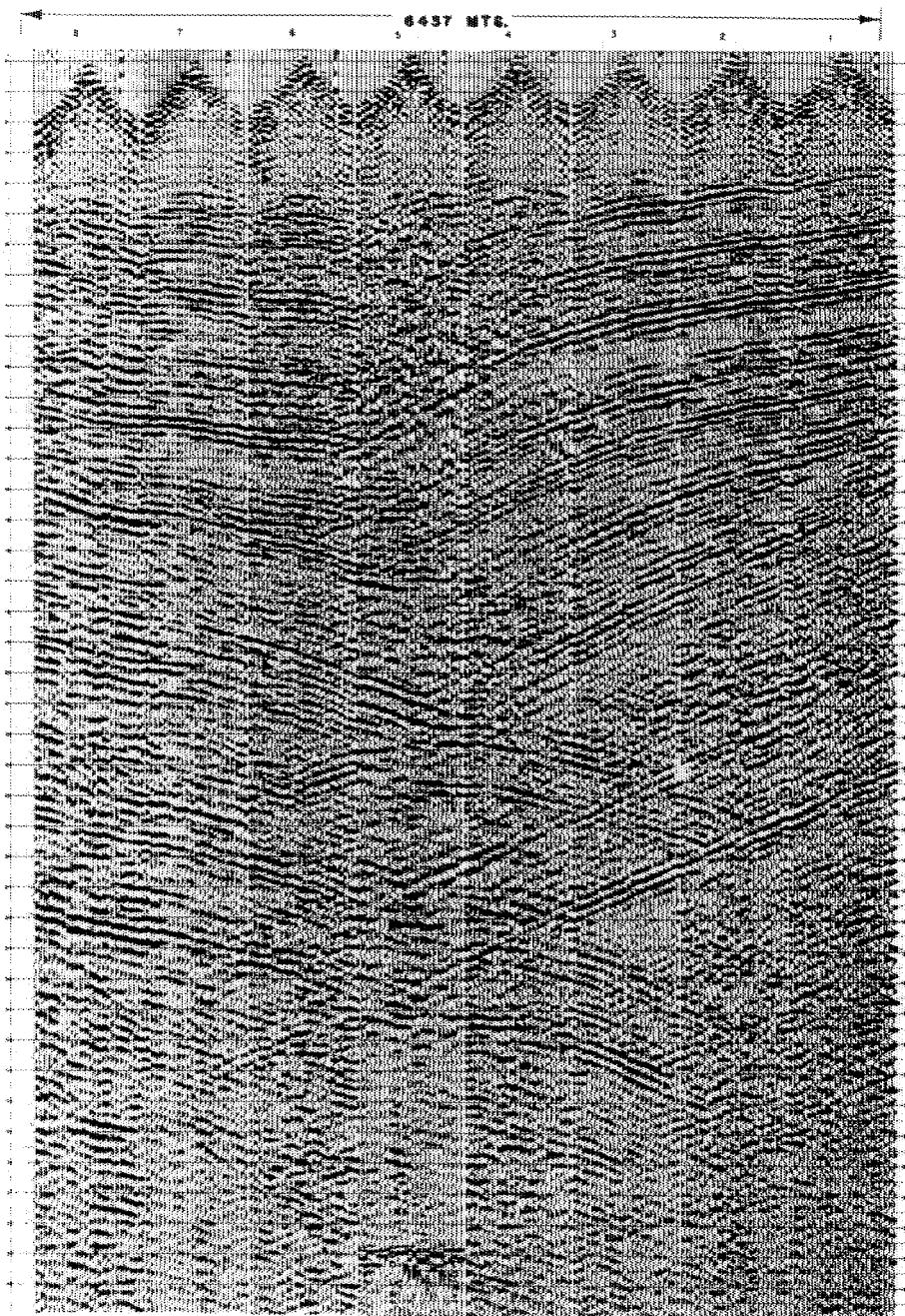


FIGURA No. 6



LADOS APIADOS HORIZONTALMENTE SOBRE EL MISMO TRAMO DEL SUBSUELO
OKLAHOMA

CUBIERTA DE SEIS LADOS APIADOS HORIZONTALMENTE
FILTROS: 20-50 SIN MEZCLADO

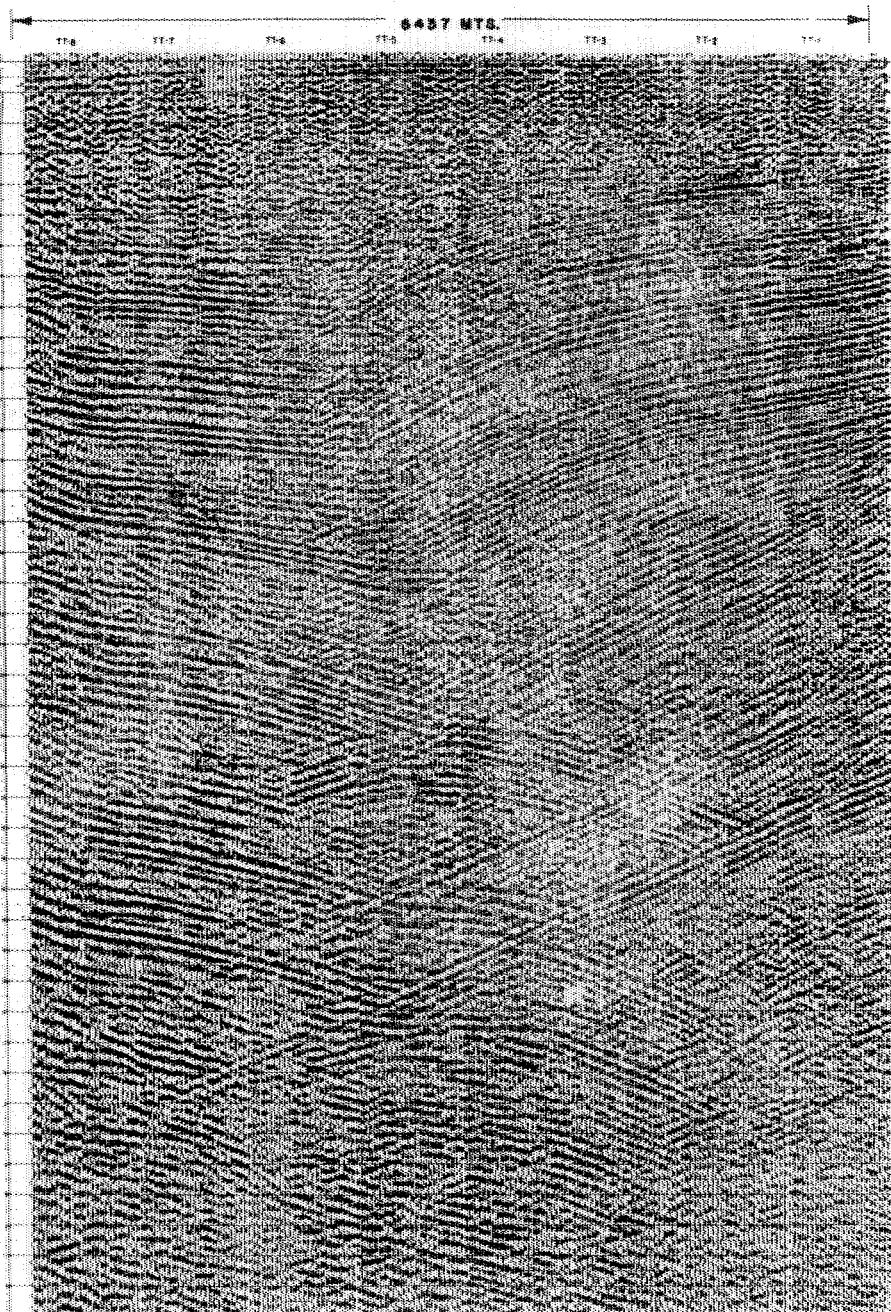


FIGURA No. 6



PETROLEOS

NORESTE

COMPARACION DE CUBIERTA SENCILLA CONVENCIONAL Y
SOBRE EL MISMO

CUBIERTA SIMPLE CONVENCIONAL
FILTROS FUERA-47 MEZCLADO 20 % CUBIERT.

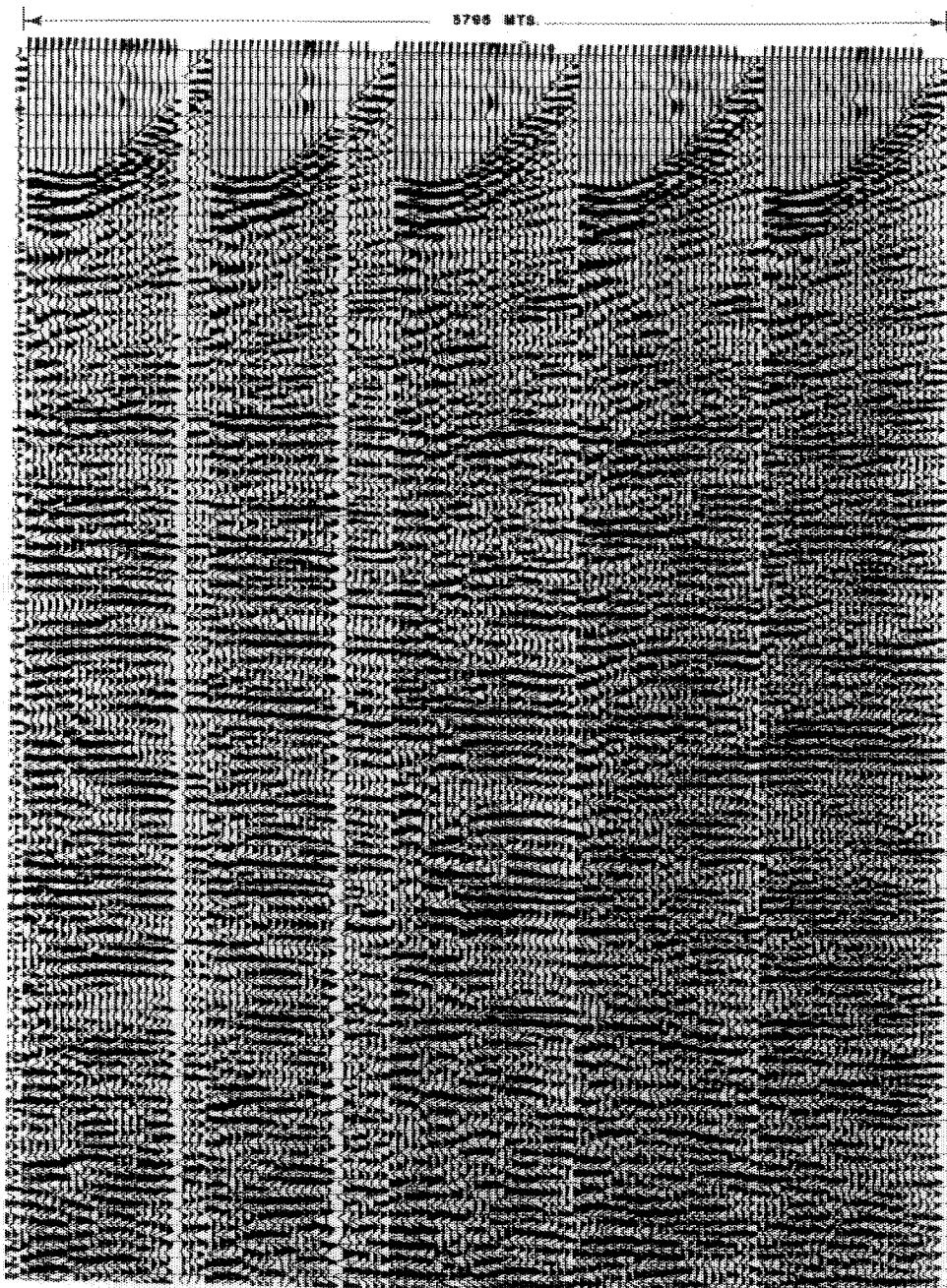


FIGURA N°. 7

MEXICANOS

DE MEXICO

CUBIERTA DE SEIS LADOS APILADOS HORIZONTALMENTE
TRAMO DEL SUBSUELO



CUBIERTA DE SEIS TENDIDOS APILADOS HORIZONTALMENTE
FILTROS FUERA -- 47 MEZCLADO 20 %, CUBIERTO

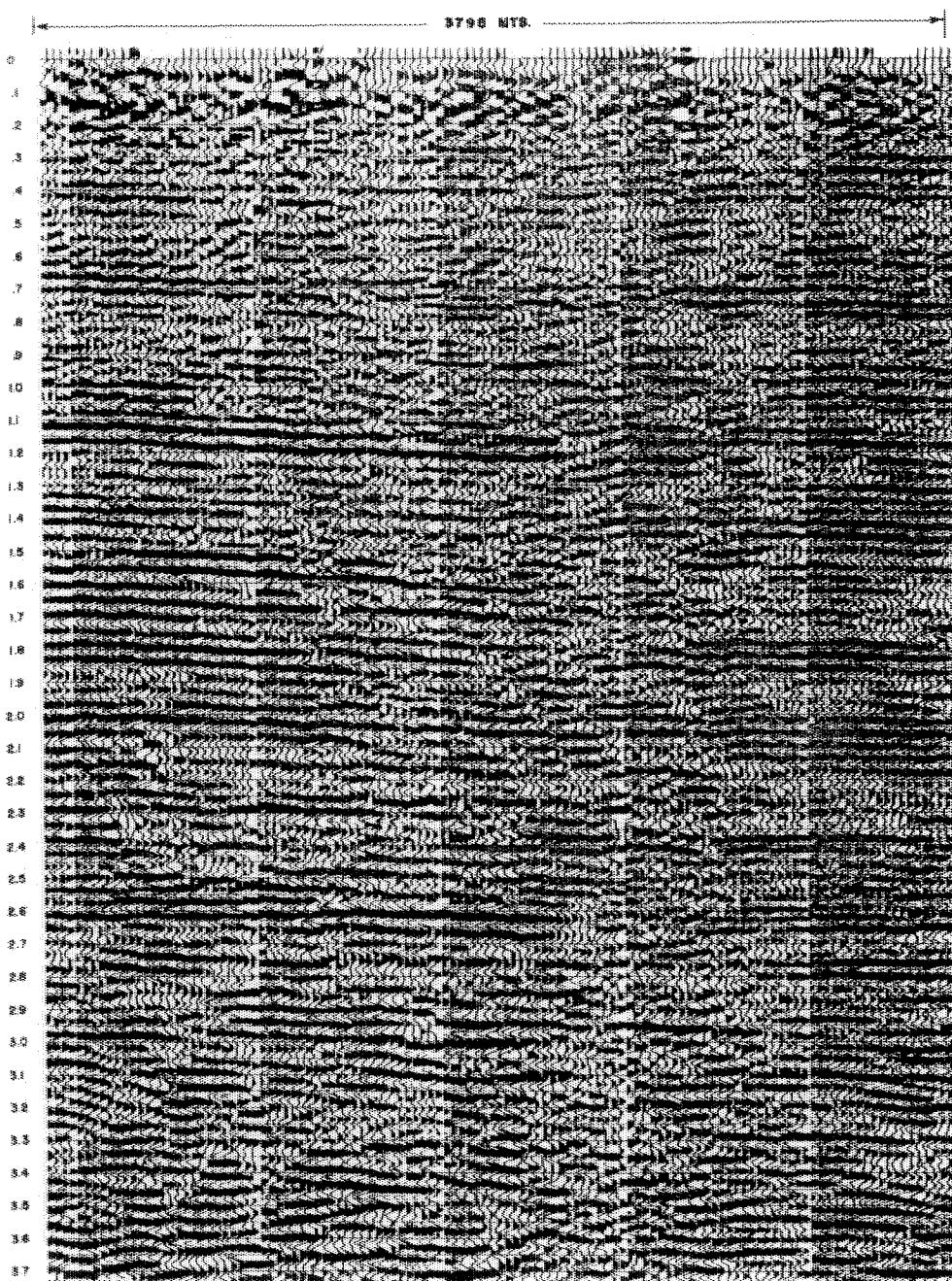


FIGURA No. 7

METODO DUYEL PARA MIGRACION CONTINUA, CON TENDIDOS Y DISTRIBUCION DE VELOCIDADES DEL SUBSUELO. VARIABLES *

Por el Ing. ERNESTO ELORDUY TELLEZ **

INTRODUCCION

Uno de los problemas que ha sido motivo de preocupación de los Geofísicos, es el control de la variación de la velocidad. El conocimiento de la velocidad real en cada punto es necesario, para poder estimar la verdadera posición y profundidad de los puntos de reflejo en el subsuelo y de esa manera, poder llegar a una correcta interpretación de la información sismológica.

De acuerdo con el Sr. Milton Dobrin, la interpretación sismica "es 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".

Desde hace años, este problema ha sido abordado por numerosos autores que sugieren variados e ingeniosos métodos para controlar la variación de la velocidad. El presente trabajo es un intento más de resolver este importante problema y en él se propone el empleo de un aparato universal para fijar en forma continua y en su verdadera posición, los puntos de reflejo a partir de valores aproximados a la realidad de los parámetros V_0 y K que son dentro de la distribución de velocidades del tipo de la función $V_z = V_0 + Kz$, los que varían tanto en sentido vertical como lateral.

Las variaciones verticales V_0 y K pueden ser controladas por la determinación directa en pozos o por otros métodos ampliamente conocidos, en tanto

* Presentada en la III Convención Nacional de Geofísicos de Exploración.

** Ingeniero de Servicios Geofísicos, S. A. de C. V.

que los cambios laterales no pueden ser medidos directamente, pero pueden ser deducidos comparando las velocidades verticales de dichos pozos.

Si conocemos las variaciones de la velocidad en ambos sentidos (vertical y lateral) es posible conocer aproximadamente el valor de V_o y K en cualquier punto y si contamos con un dispositivo que nos permita usarlos en forma expedita, será posible aproximarnos al conocimiento de la verdadera posición que guardan las capas en el subsuelo.

VARIACIONES DE V_o y K

Las condiciones que se encuentran bajo un punto, tratadas como un medio, deben ser diferentes a las existentes en otro punto, localizado lateralmente, pues ambos son afectados —aunque se trate de las mismas formaciones— por los diferentes espesores de las capas, por su diferente grado de compacidad, por la profundidad relativa, por la litología de la formación, etc.

Si partimos del hecho de que el medio litológico es diferente de un punto a otro, nos valdremos de la velocidad de propagación de las ondas sísmicas como un patrón para representar todo el medio bajo un punto.

Esto es posible si contamos con una arma que nos permita conocer la variación de velocidades de la columna geológica o medio, tanto vertical como lateralmente.

Bajo este punto de vista y con el fin de hacerlo de aplicación general, usamos la función lineal: $V_z = V_o + KZ$ que nos determina la forma de propagación de velocidades de ondas sísmicas en un punto.

La función o ley lineal, es una curva que en cualquier condición nos puede dar la representación media de velocidades de los datos observados de un pozo profundo o de un perfil de velocidades. (*)

Como una exposición objetiva del método que se presenta, se hizo la aplicación de éste, sobre una superficie de 130,000 Km² aproximadamente,

(*) (Ver artículo "Cálculo matemático de leyes de velocidad. Método "Σ" Sigma. Publicado en el Boletín de esta A.M.G.E. Vol. VI, Núm. 1 de 1965).

donde se localizan unos 150 pozos profundos en que se habían efectuado determinaciones de la velocidad de propagación longitudinal.

Ahora bien, si usamos un mismo método para el cálculo de dicha ley lineal, tendremos una forma homogénea de comparar las variaciones de velocidades del subsuelo de un punto a otro en igualdad de tolerancias.

Para el ejemplo que presentamos, se usó un método matemático, denominado método “ Σ ” Sigma para ley lineal, que nos garantizó una tolerancia mínima en el cálculo de la velocidad inicial V_0 y la constante acelerativa K correspondiente a la expresión lineal $V_z = V_0 + KZ$, para cada pozo. Estos parámetros analizados individualmente nos dan las características generales del medio y de su análisis podemos deducir en forma aproximada la variación de velocidades y consecuentemente las características físicas y geológicas de las formaciones.

De la observación de estos parámetros, de inmediato podemos deducir que valores bajos de V_0 son indicativos de la existencia de capas no consolidadas y por ende de baja velocidad.

En forma contraria, valores altos de V_0 corresponden a afloramientos de capas consolidadas de alta velocidad.

La constante K nos da una idea de la forma en que varía la pendiente de la curva, a mayor valor de K , mayor será la pendiente y mayor la velocidad media en cada incremento de profundidad.

La combinación de V_0 y K , norma la idea del medio geológico en cada punto. Así tendremos que valores de V_0 y K bajos, indican que las capas de baja velocidad o recientes (y para este caso del Terciario) se proyectan a profundidad.

Siendo V_0 un valor bajo y K alto, las capas recientes o de baja velocidad son superficiales e inmediatamente deben existir formaciones de alta velocidad. Como una idea de estos valores, tenemos que la velocidad inicial (V_0) varía entre 1,000 y 6,500 m/s. y la K entre 0.05 y 4.00 seg^{-1} en pozos observados dentro del territorio Nacional.

Si configuramos en un plano los valores de V_o y K correspondientes a cada pozo, tendremos un plano tridimensional de estos parámetros y consecuentemente (por interpolación) los valores de V_o y K en cualquier punto que se deseé.

La exactitud con que se pueden determinar dichos parámetros dependerá principalmente del control de la velocidad vertical o número de pozos con determinación de velocidades y de la aproximación a la realidad, que pueda tener la interpretación de estos valores.

La figura No. 1, muestra una configuración de los valores de V_o , deducidos en cada pozo. Como ejemplo puramente ilustrativo se presentan curvas a intervalos de 500 m/s. Sin embargo se puede comprobar que cuando existen variaciones laterales de V_o se están cometiendo errores al tomar una velocidad constante, los cuales pueden ser de consecuencias cuando el gradiente es alto.

La figura No. 2 presenta la configuración de los valores de la constante de aceleración K determinada para los mismos puntos. Con estos 2 planos de (V_o y K) tenemos los elementos necesarios para tratar nuestros datos desde un punto de vista más representativo.

En la figura No. 3 se muestra la combinación de V_o y K y junto con ellos se ha situado una línea sismológica. Es obvio que para cada P.T. de esta línea corresponderá un par de valores de V_o y K diferentes que nos servirán para situar tramos detectados con una aproximación mayor a la realidad, que si usamos un valor promedio de V_o y K tal como se ilustra en la figura No. 4.

Existiendo variaciones de la función lineal y habiendo controlado sus gradientes, sería necesario una infinidad de plantillas o frentes de onda para migrar en profundidades, lo que resultaría sumamente impráctico.

La exposición de este trabajo tiene como objeto mostrar a ustedes la forma en que se ha resuelto el problema de migrar en forma práctica con cualquier variación de la velocidad inicial V_o , de la constante de aceleración K y de la longitud de las cubiertas de detectores en un sentido, que en la práctica es usual que no sea constante. Asimismo se hace un breve análisis de la teoría en que se basa el dispositivo y el manejo del mismo.

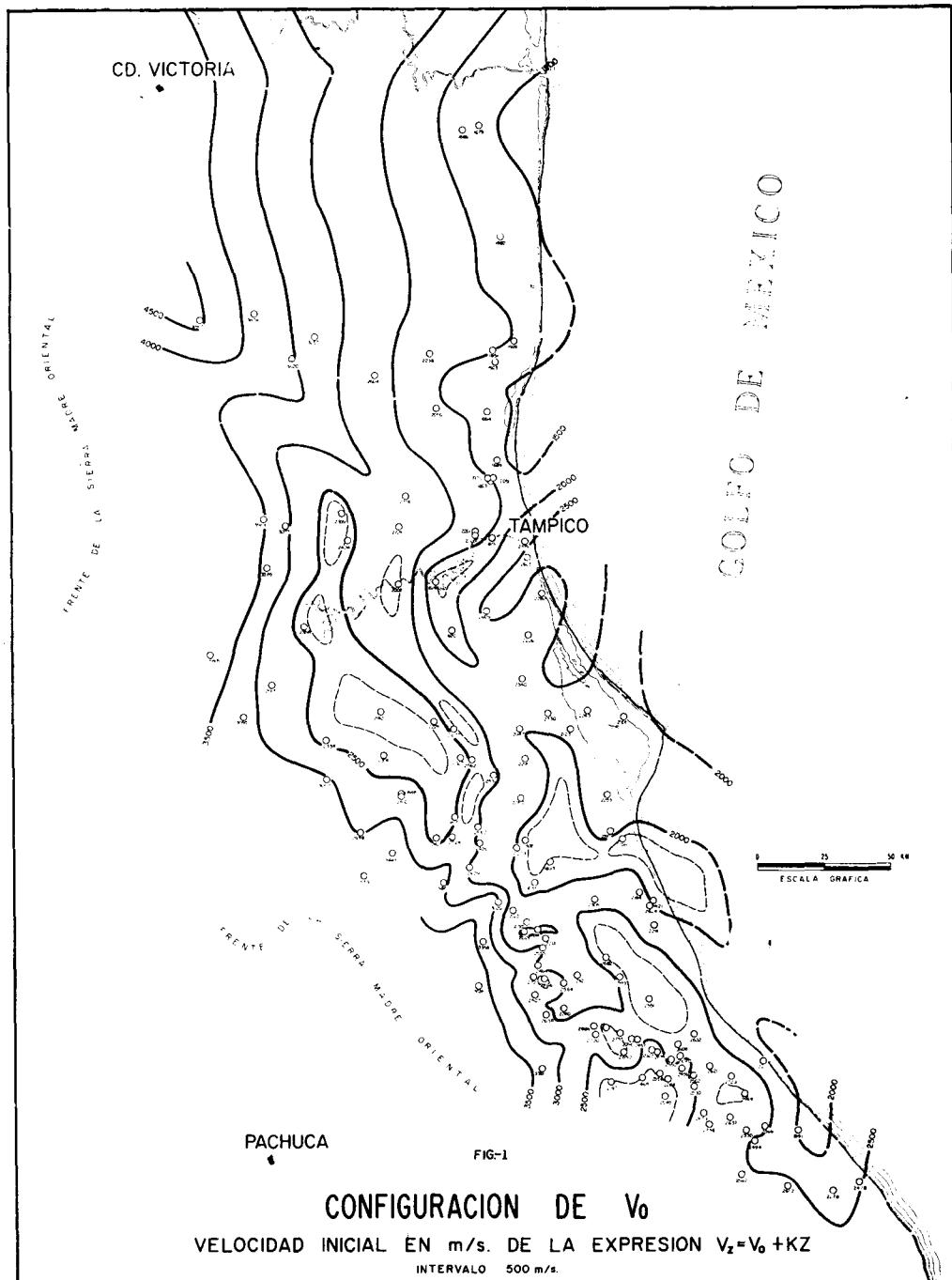


FIGURA No. 1

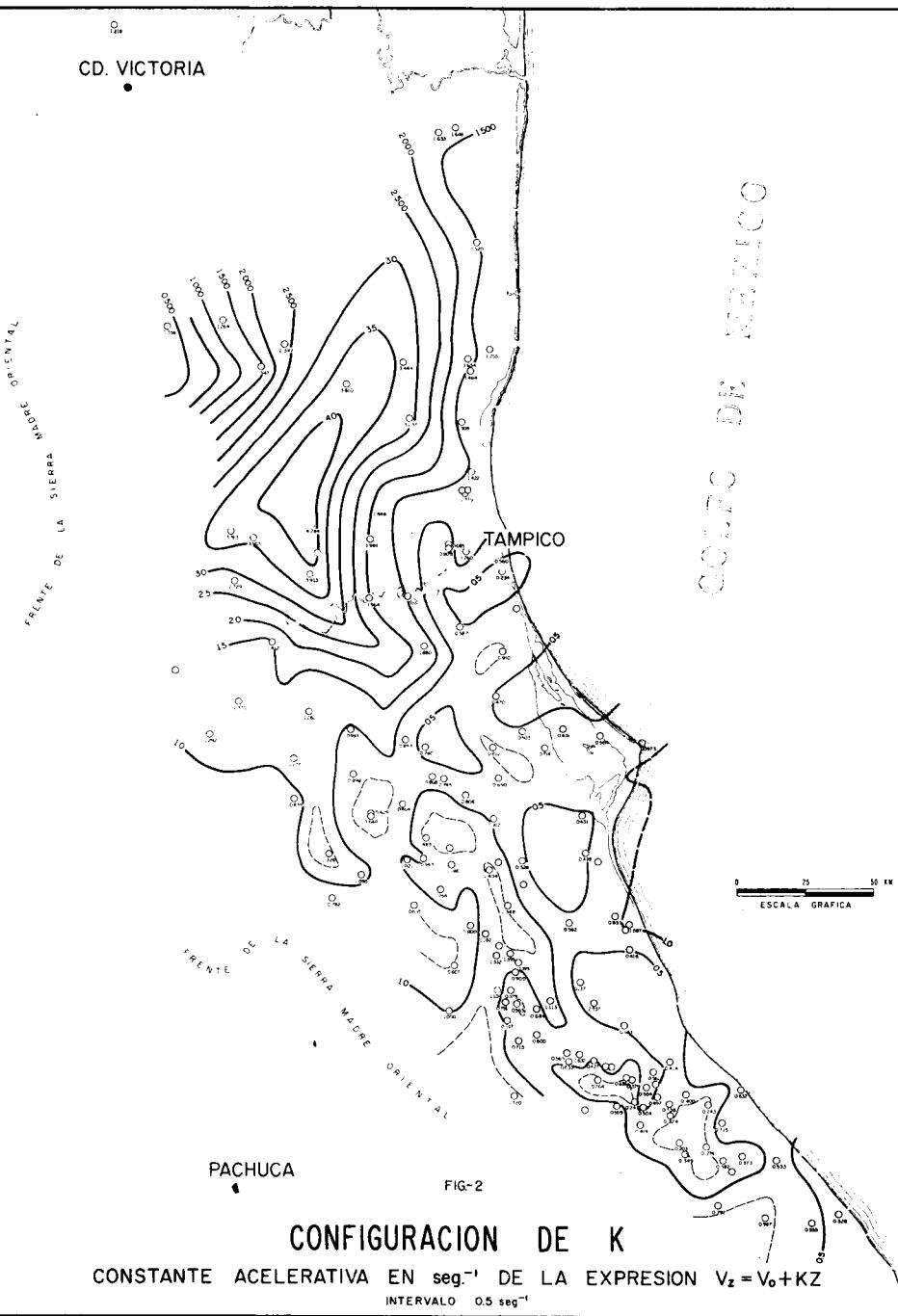


FIGURA No. 2

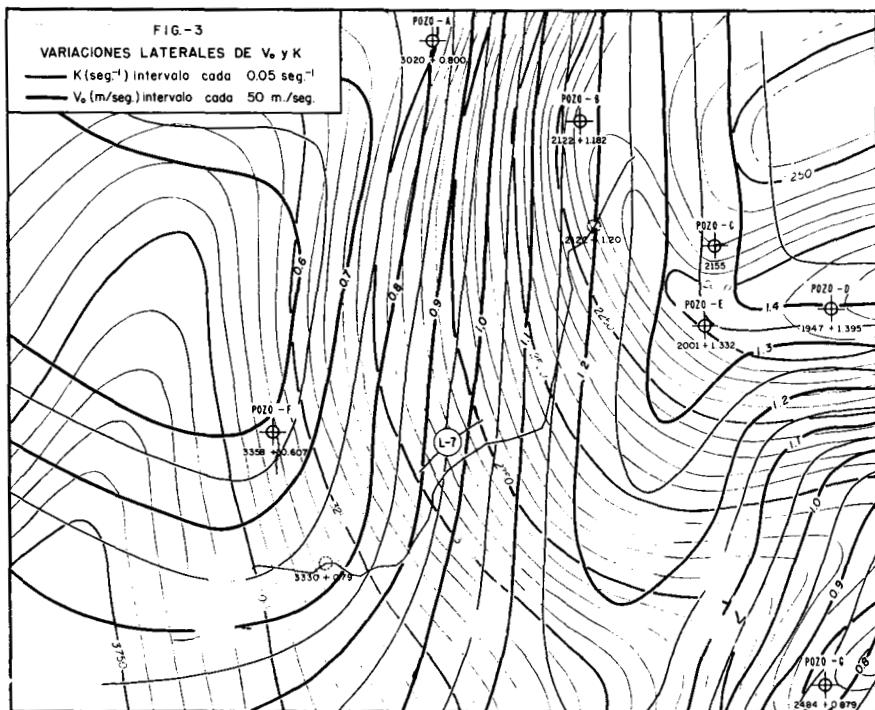


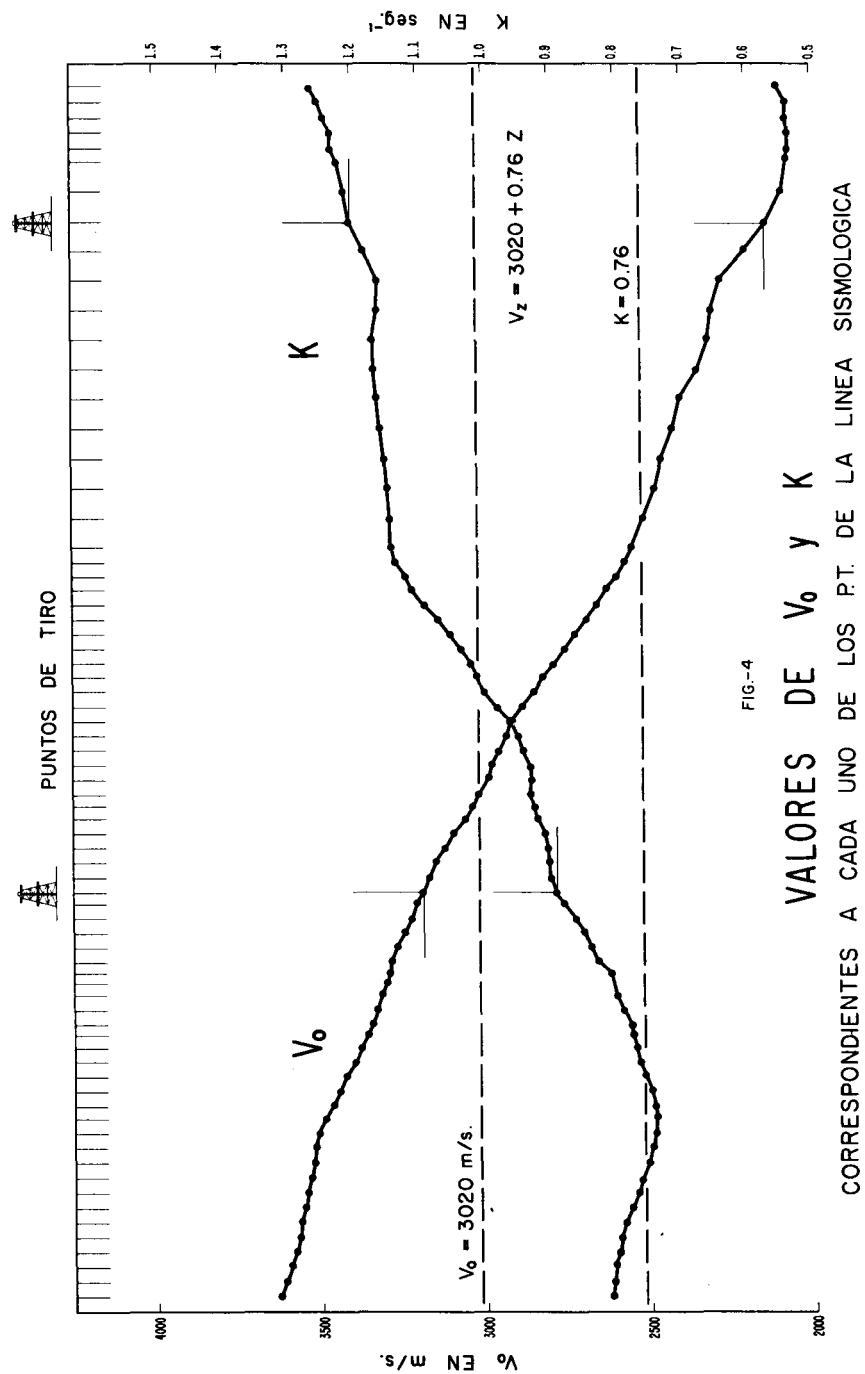
FIGURA No. 3

La figura No. 5, corresponde a un frente de ondas o plantilla para migrar en profundidades, para una ley constante. Es obvio el trabajo laborioso que implica la construcción de esta gráfica, pero nos servimos de ella para ilustrar cuáles son las funciones que entran para su construcción.

Estas son 3 cantidades únicas para cada T_o observado, un ΔT o diferencia de tiempos de un mismo reflector que nos da el ángulo de buzamiento del tramo detectado y Δx .

Para esta construcción se requieren 3 cantidades que son: h , R y el ángulo i que marca el ángulo del reflejo situado.

A continuación (figura No. 6) se presenta el mecanismo o aparato que nos da los valores de estas 3 cantidades para situarlas con cualquier variable de V_o , K y Δx , basándose en los datos del sismograma T_o (Tiempo observado en segs.) y ΔT .



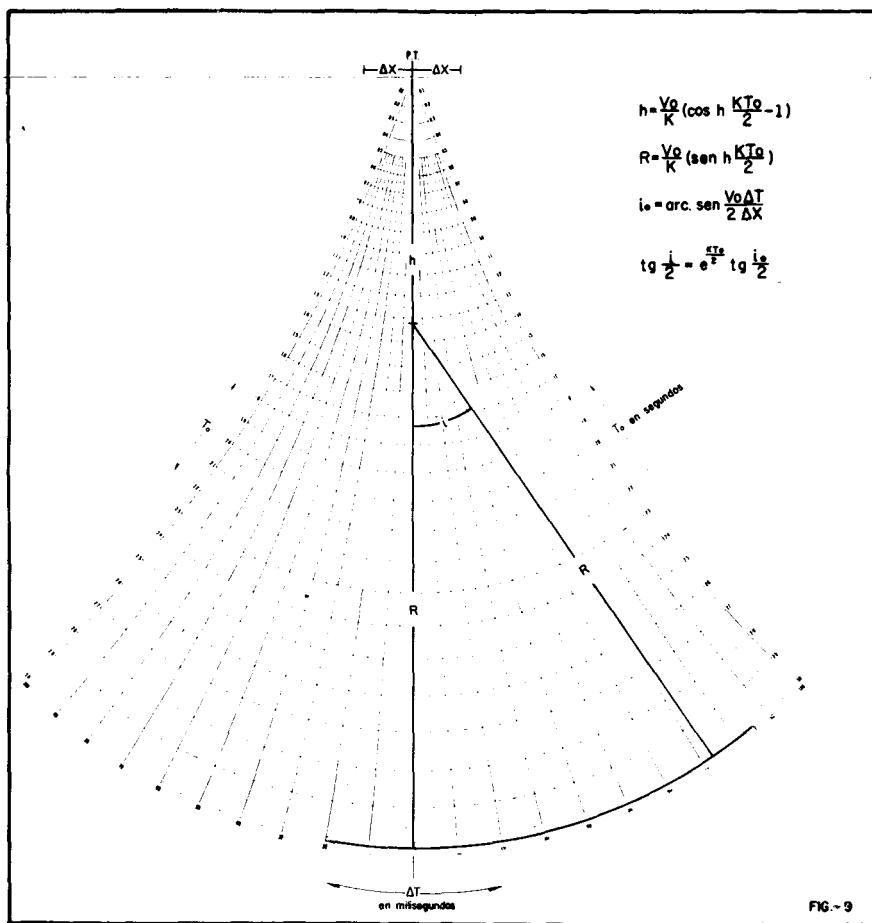


FIGURA No. 5

Los pasos para la obtención de estas tres cantidades, es sumamente rápido contando con práctica, un sismograma con 5 reflejos en promedio queda migrado totalmente en 4 minutos, así que en una línea de unos 30 Kms. se haría en 4 días de trabajo aproximadamente y en general es un 30% mayor el tiempo requerido por este método que por los convencionales; este tiempo se da por bien empleado si se toma en cuenta los mejores resultados que se obtienen.

ARTEFACTO PARA MIGRAR EN PROFUNDIDADES

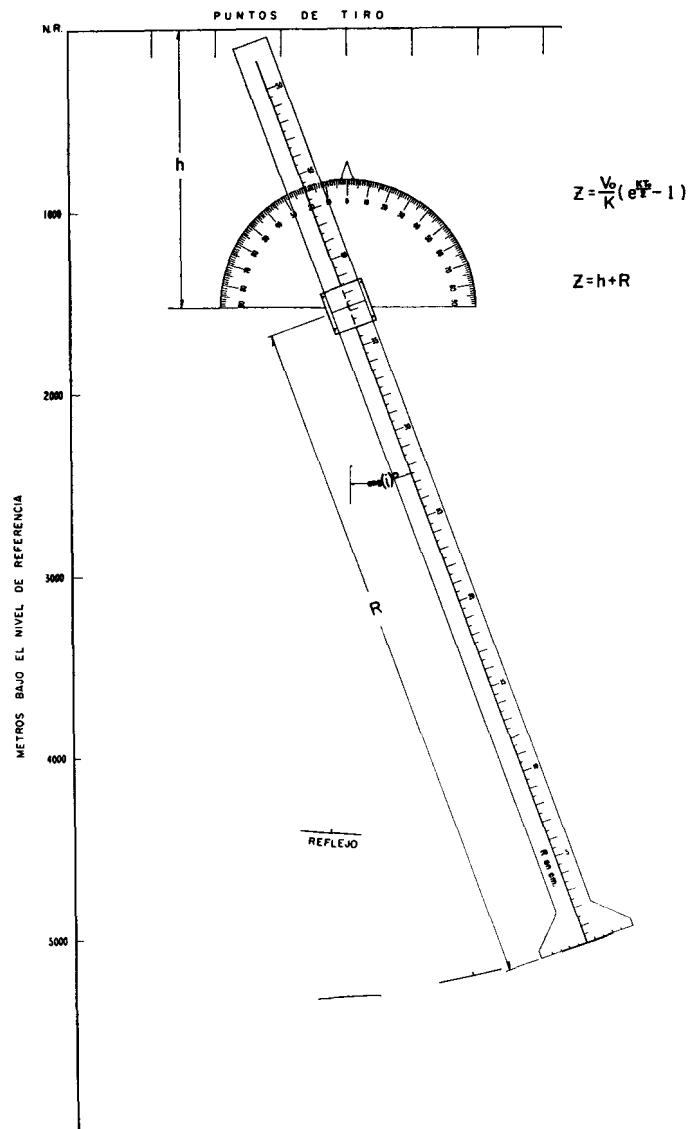


FIG.-17

FIGURA No. 6

La figura No. 7 ilustra el primer paso, que une K y T_0 , obteniendo en la escala 1.

$$1. = (\cosh \frac{KT_0}{2} - 1).$$

$$2. = (\operatorname{senh} \frac{KT_0}{2}).$$

$$3. = e^{\frac{KT_0}{2}}$$

Figura No. 8.— K y V_0 que definen el cociente V_0/K en un punto sobre este riel.

Figura No. 9.—Paso 3; el punto anterior V_0/K es pivote para marcar los valores de la escala 1 y 2 en la escala X dando el valor de h y

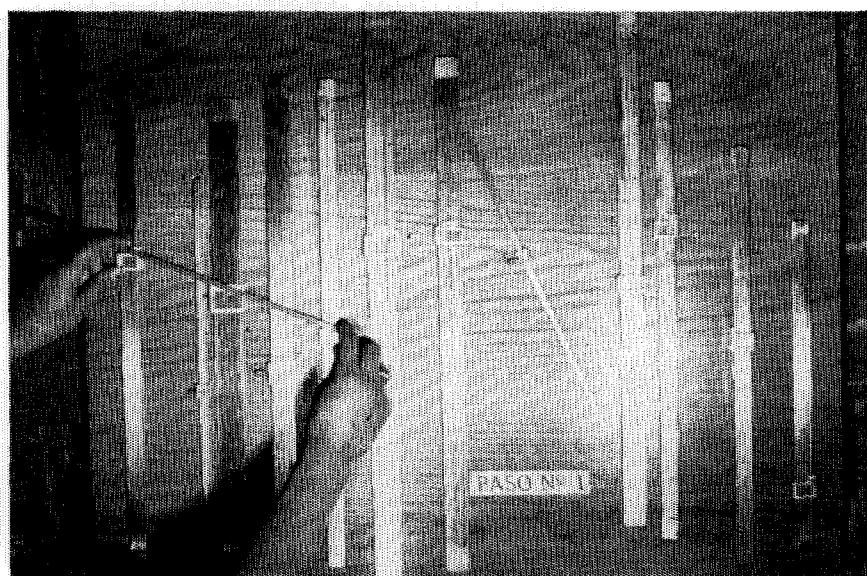


FIGURA No. 7

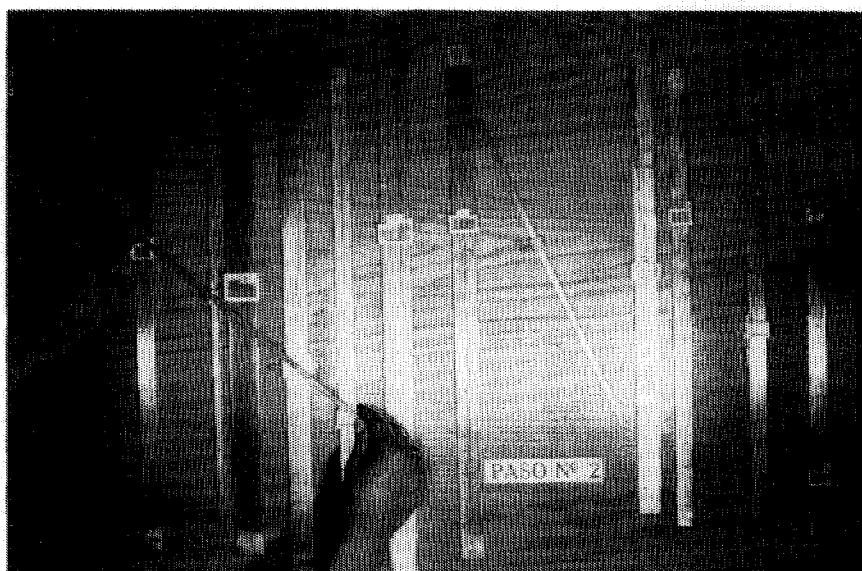


FIGURA No. 8

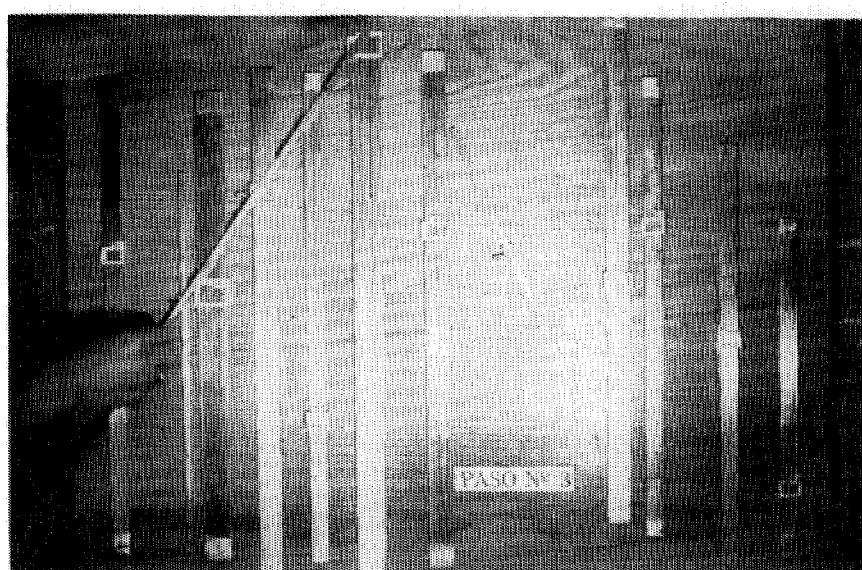


FIGURA No. 9

Figura No. 10.—Paso 4; el valor de R .

Estas cantidades las da el artefacto directamente en cms. ya que las secciones convencionales corresponden a 1,000 m. == 10 cms.

Figura No. 11.—Paso 5; se inicia el cálculo del ángulo i en función de V_0 y Δx fijando este pivote para marcar el valor de ΔT .

Figura No. 12.—Paso 6; que nos define un valor en la escala 5 que equivale a la $T_g i_0/2$ que ponemos en $5'$.

Figura No. 13.—Paso 7; y unimos con $3'$ que tiene el valor dado por la escala 3 —marcado antes— y el cruce nos define el ángulo i en grados.

En general para cada V_0 y K quedan fijos 2 pivotes lo que simplifica la obtención de las constantes para cada reflejo. En la práctica resulta muy sencillo el manejo de estos cursores.

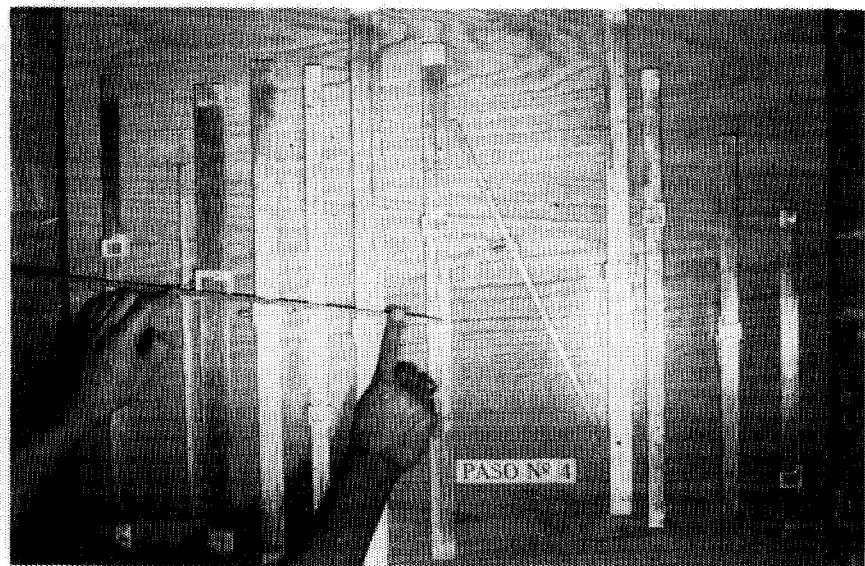


FIGURA No. 10

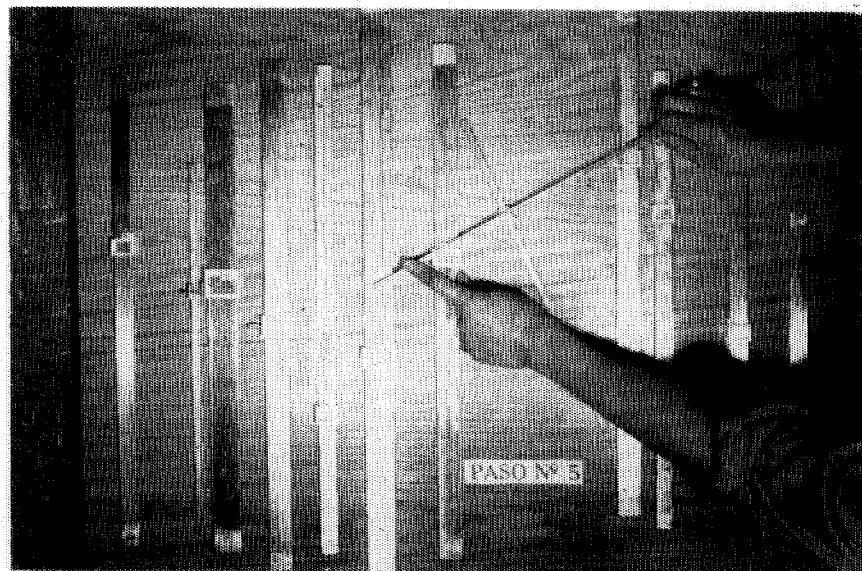


FIGURA No. 11

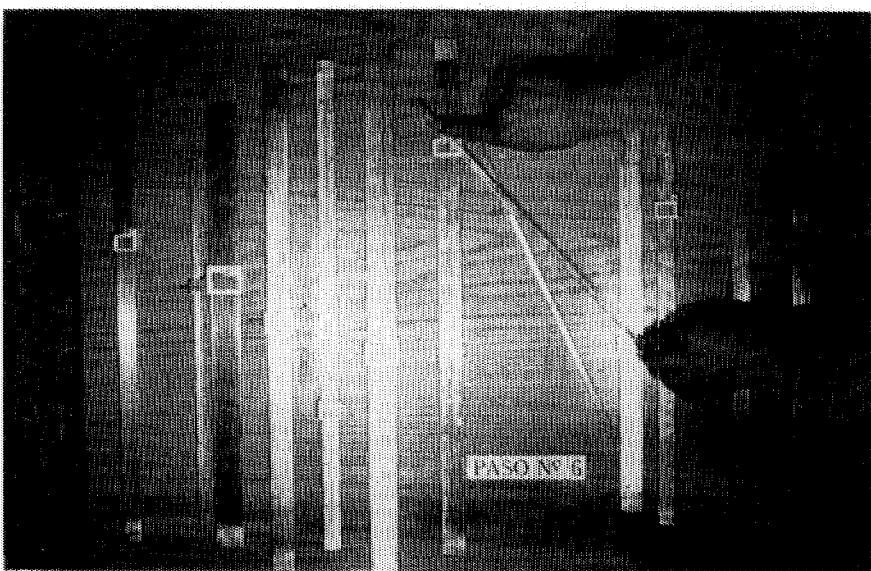


FIGURA No. 12

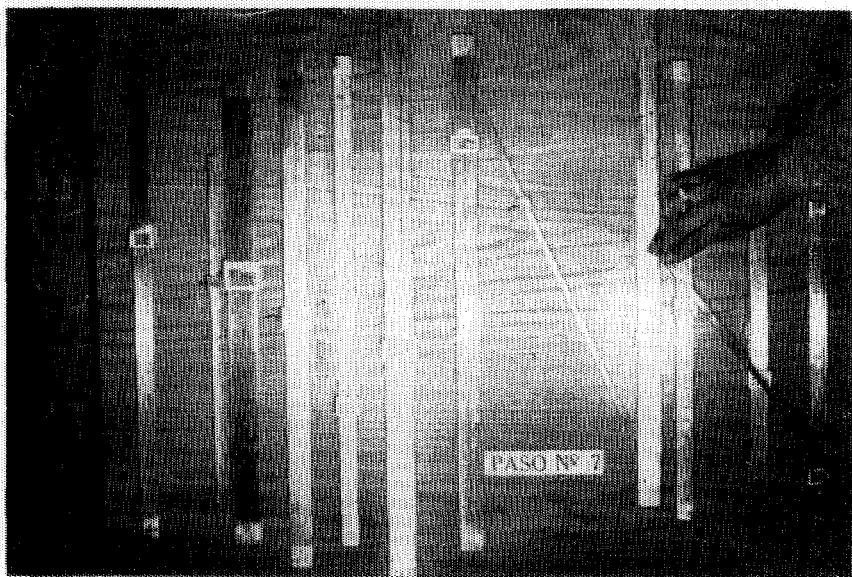


FIGURA No. 13

Con estos datos obtenidos, nos servimos ahora del dispositivo de la figura No. 17 para dibujarlos en la sección. Estas escalas, constan de un transportador marcado en grados y una escala en milímetros en material transparente.

La escala que mide la longitud del valor de R desliza dentro del cursor que gira en el centro del transportador, a su vez la posición del transportador fija la distancia h dada por el aparato. La escala R gira fijando la tercera cantidad obtenida en grados y que corresponde al ángulo i .

Para demostrar la bondad del método, en las figuras siguientes se hace una comparación de resultados; se muestra la sección en tiempos observados sin migrar, obtenida de la línea sismológica ilustrada anteriormente (figura No. 14). Los datos de esta sección corresponden solamente a reflejos de calidad media o buena.

A continuación (figura No. 15) la sección en profundidades migradas correspondientes a los tiempos de la figura anterior, esta sección está construida con una ley constante o promedio que fue ilustrada en la figura No. 5.

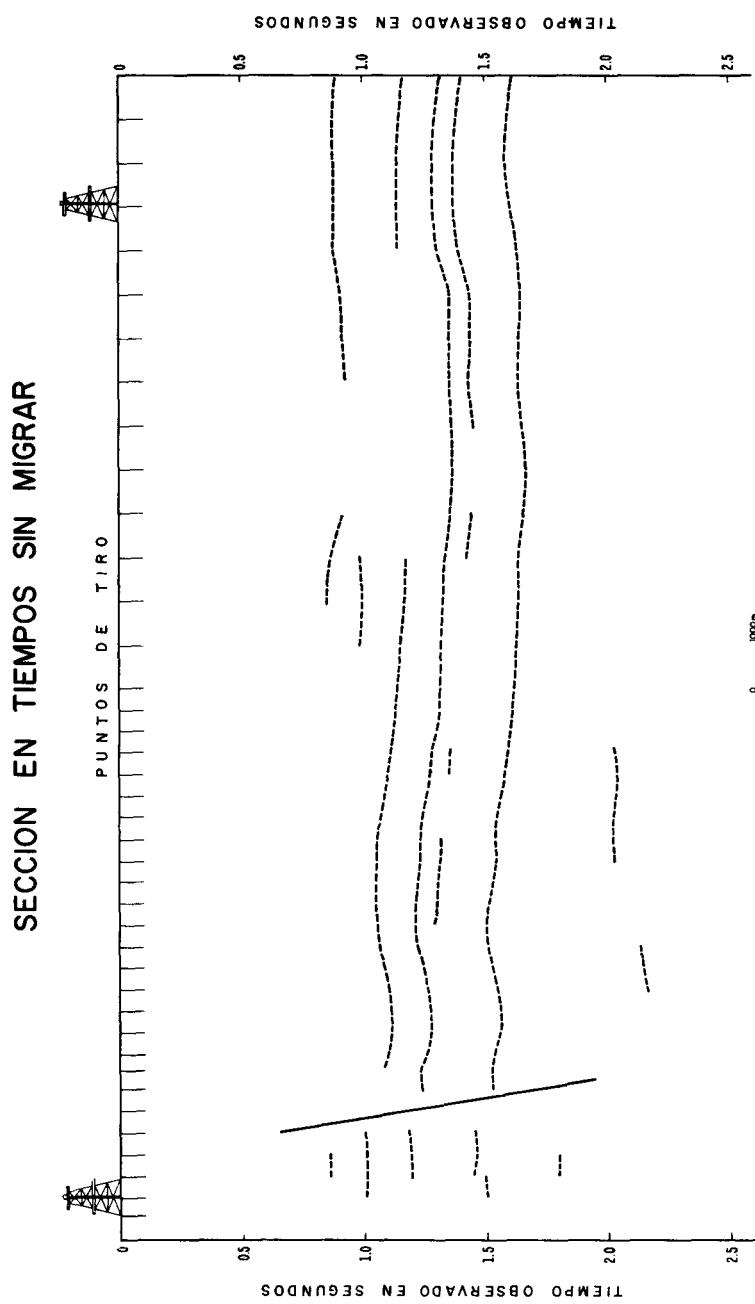


FIG.-5

FIGURA No. 14

SECCION EN PROFUNDIDADES MIGRADAS CON LEY UNIFORME

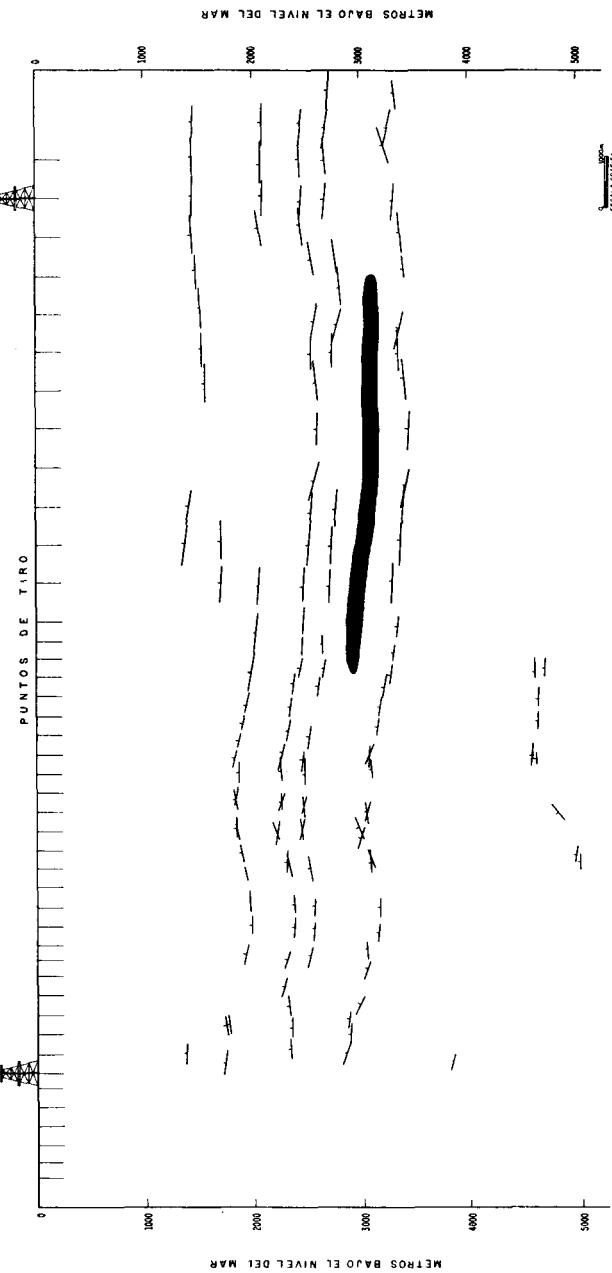


FIG.-6

FIGURA No. 15

Aquí anotamos ya el desplazamiento clásico al migrar los tiempos observados:

Figura No. 16.—La presente figura corresponde a la misma sección migrada, pero ahora ha sido desplazada usando un par de valores de velocidad inicial V_0 y K diferentes en cada P.T. que se han deducido en la gráfica de la figura No. 4.

Es notorio de inmediato la mejoría de esta última sección. En primer término, los reflejos se correlacionan mejor y en segundo y tal vez más importante es que los accidentes estructurales son más acentuados como por ejemplo el anticinal en el extremo derecho de la sección y que limita un yacimiento situado a unos 5 Km. al Oriente de este lugar, aparece claro y bien definido.

Recordando lo mencionado anteriormente, proyectamos las 2 bandas de mayor continuidad de cada sección migrada (figura No. 17) en forma de horizontes ideales basados únicamente en los datos presentados.

En esta figura se pueden comparar directamente los resultados de ambos sistemas, las discrepancias en profundidades de los horizontes y el marcado contraste de las estructuras geológicas, debido a las variaciones relativas de V_0 y K a lo largo de la sección.

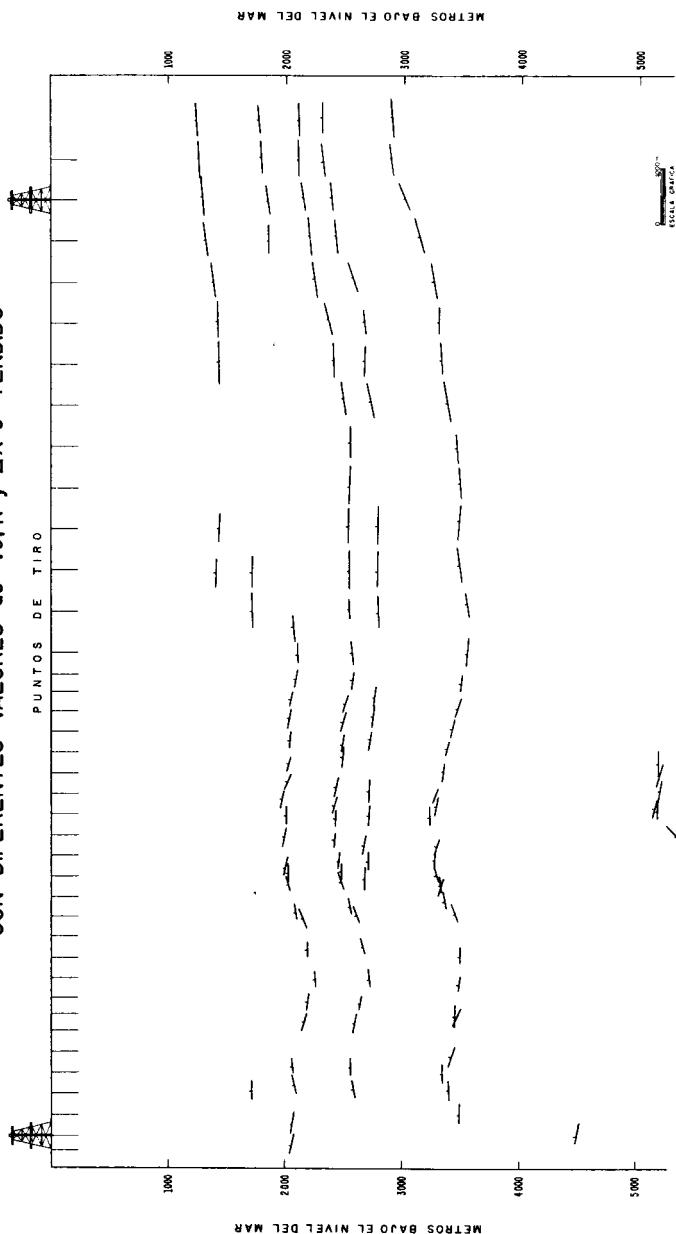
Sólo me resta agregar, que este artefacto está sujeto a modificaciones para su mejor rendimiento, tanto en rapidez como en calidad.

MANEJO DEL APARATO MIGRADOR

Contando con la configuración de los valores de la constante de aceleración K y de V_0 , se va a tener una K y una V_0 para cada punto.

Para migrar en profundidad, con una ley constante se requieren tres cantidades que son: h , R y el ángulo i que indica el ángulo de reflejo.

SECCION EN PROFUNDIDADES MIGRADAS
CON DIFERENTES VALORES de V_0 , K y ΔX ó TENDIDO



SECCION COMPARATIVA EN PROFUNDIDADES

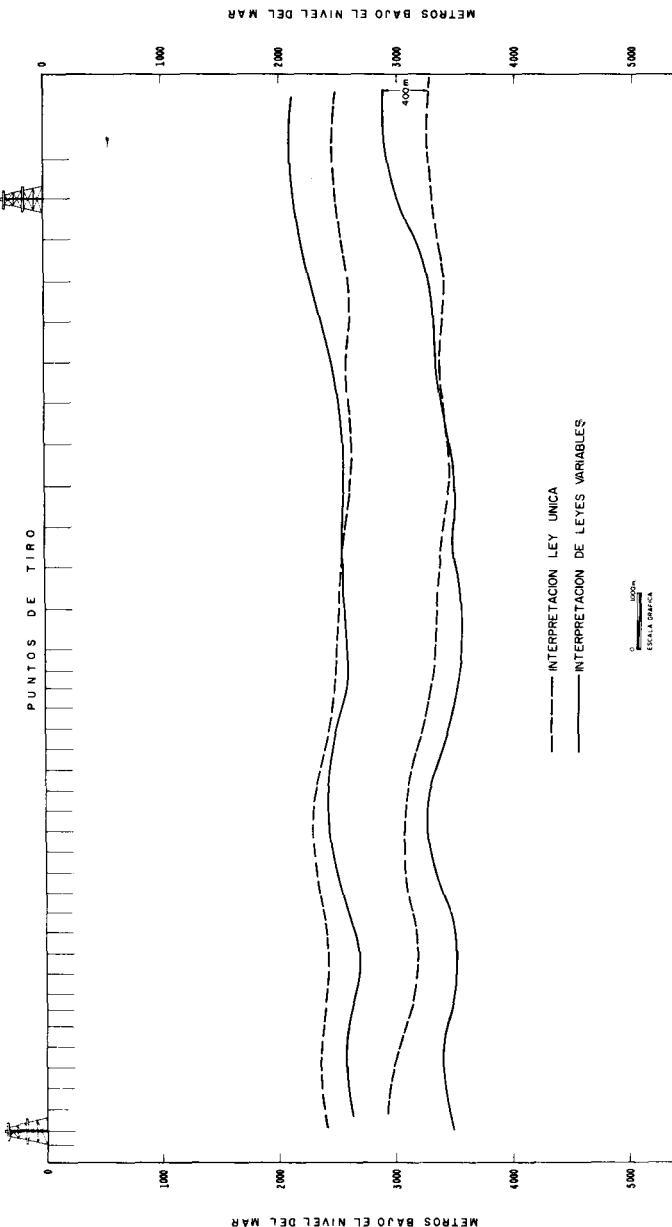


FIG-8

FIGURA No. 17

Ahora bien el mecanismo de este aparato que nos da los valores de estas tres cantidades para situarlas con cualquier variable de V_o , K y X , basándose en los datos del sismograma T_o y X , es el siguiente:

Primer paso:

Se une K y T_o en donde se obtienen tres lecturas. En la escala (1) se tiene el término $(\cosh \frac{KT_o}{2} - 1)$; en la escala (2) el término $\operatorname{Senh} \frac{KT_o}{2}$ y en la escala (3) $e^{KT_o/2}$

Segundo paso.

Se une K y V_o interpolando el eje (4) en donde se define el cociente $\frac{V_o}{K}$.

Tercer paso.

Unir el punto $\frac{V_o}{K}$ de la escala (4) con el valor de la escala (1) puesto en X , dando como resultado el valor de h .

Cuarto paso.

Unir el punto de (4) con el valor de la escala (2) puesto en X , dando como resultado el valor de R .

Estas cantidades las da el aparato directamente en cm.

Quinto paso.

Se une V_o y X , posteriormente se une T con el cruce anterior y se lee (5). El valor definido en la escala (5) equivale a $\operatorname{tg} \frac{i_o}{2}$ y se pone en (5').

Sexto paso.

Se une el valor de (5') con (3') correspondientes a (5) y (3). El cruce nos define el ángulo i en grados, este valor se encuentra en la escala (6).

Séptimo paso.

El valor obtenido en (6) se pone en X o X' y se une con el valor de R leyendo C .

"LA EXPLORACION DE AREAS NUEVAS POR EL
METODO AEREO MAGNETICO" *

Por el Ing. ALFONSO MURIEDAS PAVON **

R E S U M E N

Los métodos magnéticos de exploración, sin lugar a dudas, son los más antiguos. Mil años antes de nuestra era fueron observados los efectos del magnetismo terrestre y, ya en 1640, se usó la brújula para localizar minerales de fierro.

La idea de efectuar exploraciones aéreas con magnetómetros se remonta a los primeros años de este siglo; sin embargo, no había podido llevarse a la práctica por la carencia de instrumentos con la precisión requerida y que no fueran sensibles a la aceleración del movimiento.

A partir de la terminación de la 2da. Guerra Mundial se desarrolló el magnetómetro discriminador de flujo, que tuvo gran aplicación en exploraciones aereomagnéticas. Posteriormente se desarrollaron los magnetómetros de precesión nuclear, que por su precisión y ligereza han permitido la difusión del método aereomagnético. La principal característica de este método es su gran velocidad de sondeo y su bajo costo por unidad de área explorada.

I N T R O D U C C I O N

Nuestro país está en la etapa de buscar nuevas provincias petrolíferas. Es necesario que, alentados por los deslumbrantes éxitos obtenidos en la plata-

* Trabajo presentado en la III Convención de la Asociación Mexicana de Geofísicos de Exploración, Monterrey, N. L. Octubre de 1965.

** Jefe del Departamento de Geofísica. Superintendencia de Exploración, Zona Norte.

forma continental del Golfo de México, nos adentremos en la exploración de nuevas áreas, no importa que algunas de ellas hayan sido consideradas, hasta ahora, con pocas posibilidades petroleras. Para esto, el método aereomagnético es especial, sin embargo, deseo enfatizar desde un principio, que este método debe emplearse exclusivamente en la exploración de reconocimiento, para determinar sólo los grandes relieves de las rocas basales, pues "la detección magnética de la topografía del basamento con relieves moderados, es virtualmente imposible". Zietz, 1961. Por otro lado, el método aeromagnético se caracteriza por su gran velocidad de sondeo y el costo tan reducido que se obtiene por unidad de área explorada, cuando ésta es de grandes proporciones. En Estados Unidos, el costo era en 1962 de 6.07 Dls. por milla lineal de vuelo para exploración minera. (Reford y Sumner, 1964).

La Compañía Aero Service Corp. de aquel país vende mapas de anomalías magnéticas a razón de 2.95 Dls. por milla cuadrada. Estos datos, que no deben inducirnos a pensar en costos similares en nuestro país, nos dan una idea de la baratura de este tipo de prospección.

Si no olvidamos las limitaciones del método, sobre lo que se insistirá más adelante, podremos llegar a la conclusión de que la aeromagnetometría es un magnífico instrumento que tiene el geofísico para el reconocimiento de grandes áreas a un costo muy reducido y en muy corto plazo.

El método magnético es, sin lugar a dudas, el primer método geofísico de exploración. Sin tomar en cuenta el uso que de la brújula hacían los chinos ya en el año 2630 antes de nuestra era y de los usos posteriores de este instrumento, ya registrados por la historia, puede decirse que la exploración geofísica comenzó en 1640, cuando se usó la brújula en la búsqueda de minerales ferrosos en Suecia. (Jakoski, p. 5). En los tiempos modernos, se fue perfeccionando la brújula de inclinación, hasta llegar a la balanza vertical de Schmidt. Posteriormente y siguiendo los principios de aquella, se llegó a Magnetómetro vertical, que tiene una sensibilidad de 10 gammas en exploración petrolera (Dohrin, p. 312). La figura No. 1 muestra el principio de funcionamiento de un Magnetómetro vertical y la figura No. 2, un corte y el aspecto exterior del instrumento.

En nuestro país, la exploración magnética en busca de petróleo ha sido muy reducida. Antes de la expropiación de 1938, se efectuaron algunas exploraciones magnéticas en Santa Inés, S. L. P., San Diego de la Mar, Furbero, Ver., etc., que dieron base para algunas localizaciones y para posteriores exploraciones sismológicas. También en la Zona Sur se hicieron algunas exploraciones con magnetómetro. Más recientemente, en 1964, se efectuó una

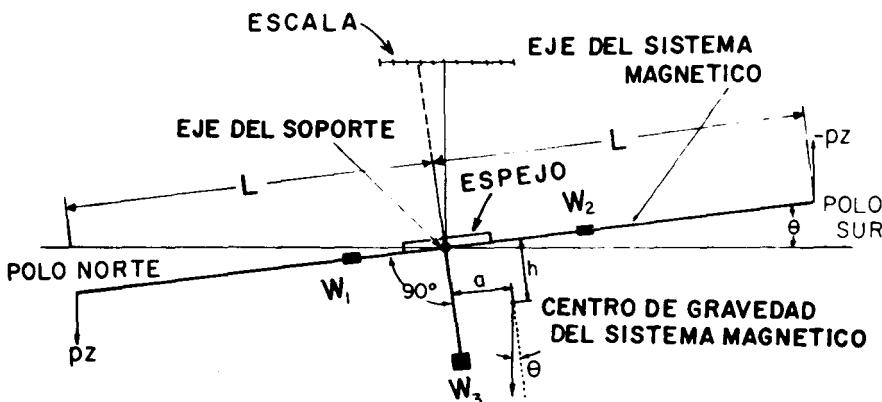
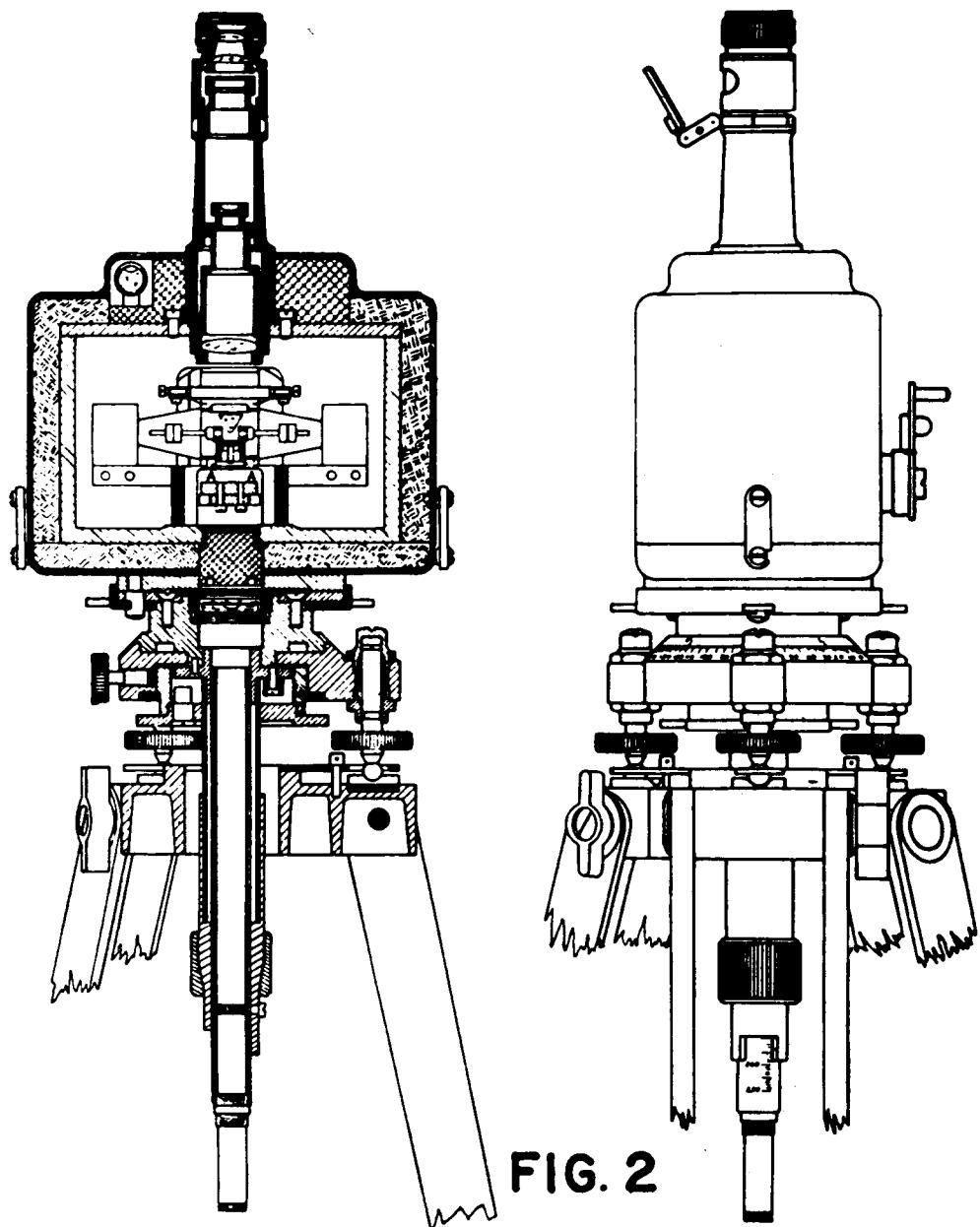


FIG. I
MAGNETOMETRO VERTICAL, Schmidt.

exploración en la Península de Yucatán, empleando un magnetómetro nuclear terrestre. Aunque realizada por un organismo extranjero, debemos considerar como exploración magnética en nuestro país, el perfil observado con magnetómetro aéreo, en 1957 de Brownsville, Tex. a Guatemala, pasando por Tampico, Túxpam, Veracruz, Tuxtla y Tapachula, o sea una distancia alrededor de 1,600 kms. dentro de nuestro territorio. En la línea observada pueden notarse algunos valores interesantes, principalmente en las cercanías de Tampico, Tamps. (Agocs. 1958).

Se han efectuado algunas exploraciones magnéticas para la minería, y el Consejo de Recursos no Renovables ha venido operando un magnetómetro aéreo durante algún tiempo. Sin embargo, puede decirse que, siendo tan exigüas las exploraciones de este tipo realizadas hasta ahora, casi todo el vasto territorio de nuestra república está virgen para la exploración magnética.

Este método no sólo es de gran utilidad para las exploraciones mineras y petrolera, sino que en otras ramas también tiene útil aplicación. Por ejemplo, se ha venido usando con éxito en las investigaciones arqueológicas. En 1957, un grupo de científicos de la Universidad de Oxford usó por primera vez un magnetómetro nuclear en la localización de minas medievales en Huntingtonshire, Inglaterra. El arqueólogo puede distinguir dos aspectos importantes: el producido por el suelo de alta susceptibilidad en comparación con el material de los alrededores y el magnetismo termo-remanente de los materiales que han sido sometidos a calentamiento. (Marriner. 1965).



Magnetómetro vertical. A la izquierda: sección transversal por el centro del instrumento en un plano paralelo a los imanes. Derecha: vista exterior del instrumento.
(Ruska Instrument Corp.)

En este trabajo, en lugar de tratar de explicar los fundamentos teóricos del método o de hacer una descripción detallada de los instrumentos empleados, me limitaré a exponer las particularidades más importantes de la exploración aeromagnética, señalando, como dije en un principio, sus limitaciones y extendiéndome un poco sobre los diferentes aspectos de la interpretación de los datos, más bien en la forma de una reseña bibliográfica, que tratando de sintetizar algunos de los métodos de interpretación en particular. El objetivo principal es popularizar este método entre los jóvenes geofísicos mexicanos y recordar a mis viejos compañeros que la magnetometría, a la que tal vez algunos de ellos conocieron al iniciar su carrera, se ha rejuvenecido y que ahora está mucho más vigorosa que antes. Al final de este trabajo, doy una extensa lista de referencias, casi toda ella accesible, porque en gran parte corresponde a boletines de la S.E.G., en donde las personas interesadas pueden profundizar en el estudio de este método que tantas posibilidades presenta para el explotación geológica en general.

Particularmente quiero referirme al No. 4, Vol. XXIX de *Geophysics*, publicado en Agosto de 1964, dedicado especialmente a los Métodos Magnéticos. En él encontrarán entre otros, el insuperable artículo de Reford y Sumner, titulado *Aeromagnetics*, que reseña todo lo más importante de este método.

BOSQUEJO HISTORICO

Aunque la idea de efectuar levantamientos aéreos con magnetómetros data desde la 1a. o 2a. década de este siglo, fue hasta el mes de Julio de 1936 que se efectuaron las primeras observaciones aeromagnéticas, organizadas por el Instituto Central de Geología y Prospección de la Unión Soviética. El aparato, un magnetómetro de inducción terrestre, fue diseñado para medir la componente vertical del campo terrestre por A. A. Logachev. La principal desventaja de este aparato era su baja sensibilidad, ya que solo podían medirse anomalías mayores de 1,000 gammas. (Logachev, 1946).

En 1941, durante la segunda Guerra Mundial y debido a la necesidad de descubrir los submarinos alemanes, un grupo de científicos de la Gulf Research and Development Co., dirigidos por V. Vacquier, investigaron las propiedades de los núcleos ferro-magnéticos saturables, y diseñaron un elemento altamente sensible a las variaciones de la intensidad del campo magnético, cuya operación era independiente de las aceleraciones del movimiento. En diciembre de 1942 se hizo, con éxito, la primera prueba para detectar un submarino con un magnetómetro transportado en un avión. (Wyckoff, 1948).

A partir de 1944, se empezaron a hacer exploraciones aeromagnéticas, con magnetómetros similares al usado en la detección de submarinos y, en 1946, el mismo Vacquier perfeccionó este magnetómetro, conocido como "Magnetómetro discriminador de flujo Gulf". (Reford y Sumner, 1964). En este mismo año se hicieron vuelos experimentales con un magnetómetro montado en helicóptero, con buenos resultados. La altura de vuelo fue de 30 a 45 m. sobre el terreno. (Lundberg, 1947).

INSTRUMENTOS

La mayoría de los magnetómetros aero-transportados actualmente en operación son del tipo Gulf discriminados de flujo. Este instrumento se basa en la propiedad que tienen los núcleos ferromagnéticos altamente permeables de ser magnetizados en una gran parte de su valor de saturación, por el magnetismo terrestre. (Dobrin, 1961).

La figura No. 3 muestra el principio de funcionamiento de un Magnetómetro discriminado de flujo. Dos núcleos paralelos, con sus ejes en la dirección del campo terrestre, tienen bobinas que los magnetizan, en sentidos opuestos, a un valor constante. En un momento dado el campo terrestre re-

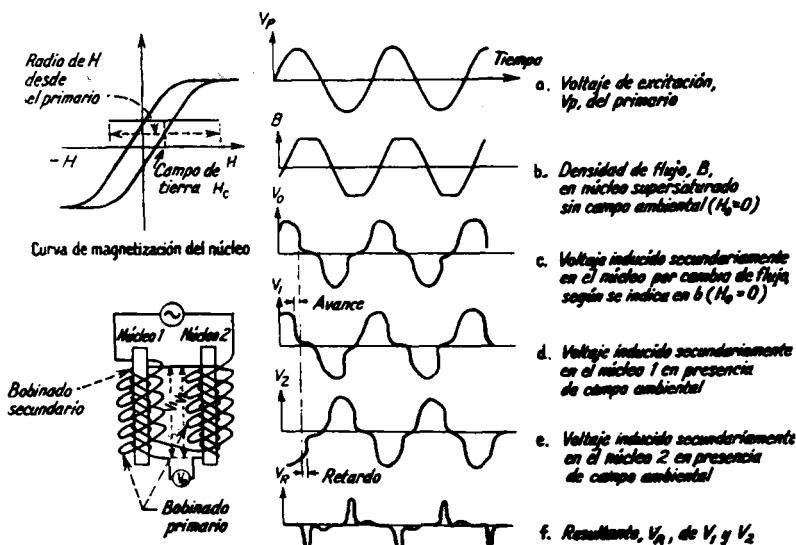


FIG. 3

PRINCIPIO DEL MAGNETOMETRO DISCRIMINADOR DE FLUJO.

fuerza el campo en uno de los núcleos y se opone al del otro. Por medio de un devanado secundario, se registra la tensión resultante, que es proporcional al campo magnético externo.

El elemento inductor conserva su orientación paralela al eje magnético terrestre por medio de un servo mecanismo, como se muestra en la figura No. 4.

La figura No. 5 muestra el equipo electrónico y de control del instrumento. El magnetómetro discriminador de flujo, puede alcanzar fácilmente una precisión del orden de $\frac{1}{2}$ gamma.



FIG. 4 MAGNETOMETRO AEREO GULF

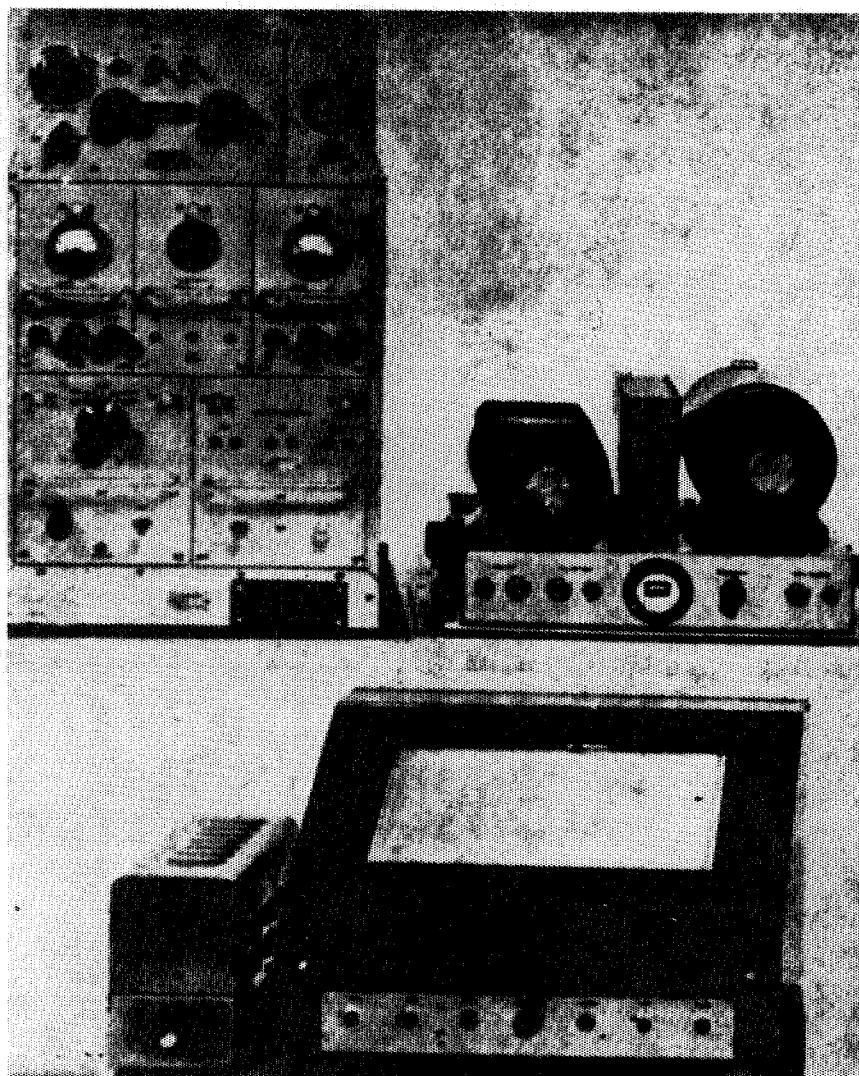


FIGURA No. 5

EQUIPO ELECTRONICO Y DE CONTROL
DEL MAGNETOMETRO
GULF

MAGNETOMETRO NUCLEAR

La observación del magnetismo nuclear por varios científicos de las Universidades de Stanford y Harvard suministró a los investigadores un método bien fundado para medir campos magnéticos extensos con una alta precisión. Más tarde, en 1953, Packard y Varian emplearon este principio para la medición de campos magnéticos débiles. Esto dio lugar al desarrollo del Magnetómetro de Precesión Nuclear. La figura No. 6 muestra el principio de funcionamiento de este magnetómetro.

BASE FISICA

Los núcleos de hidrógeno (Protones) tienen un momento magnético, cuyo eje de spin coincide con el eje mecánico de rotación. Estos núcleos pueden considerarse como pequeños imanes atómicos. Si con un campo magnético externo, con una dirección diferente a la del imán atómico se aplica una fuerza al Protón, dicho eje se alterará e iniciará lo que se denomina "precesión de Larmor". Cuando la posición original del imán atómico es normal a la dirección del campo magnético, la frecuencia de precesión, será máxima debido a que el ángulo de desviación es el máximo. A esta frecuencia se le llama de resonancia, (Del Valle, 1962) y su valor es directamente proporcional a la intensidad total del campo magnético externo.

Si por medio de un campo magnético artificial de aproximadamente 100 Gauss, normal al campo magnético terrestre, polarizamos los ejes de giro de los protones de un líquido apropiado, que contenga muchos núcleos de hidrógeno, como por ejemplo, agua, el eje y la fase de la precesión de los protones serán los mismos para la mayoría estadística por un corto período, llamado "tiempo de relajación", después que se ha cortado el campo polarizante. Consecuentemente, la variación de los valores permitirá el cálculo de la frecuencia por medio de la inducción producida en la misma bobina del campo polarizante.

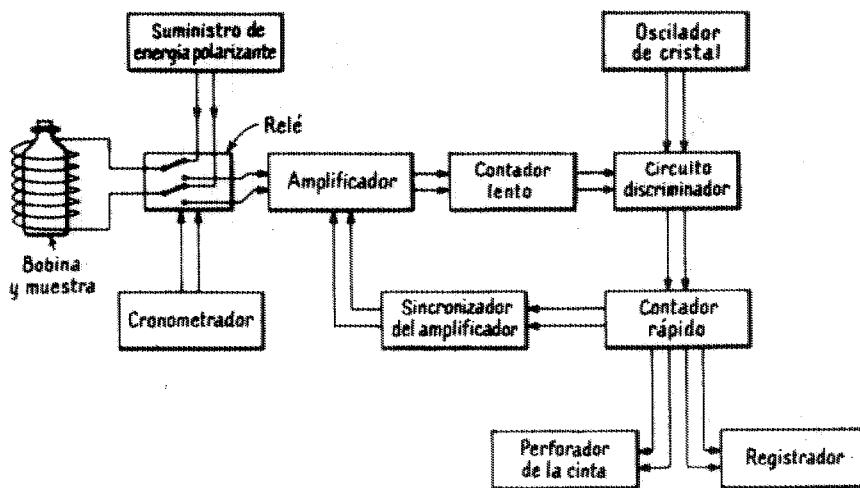


Diagrama bloque del magnetómetro de resonancia nuclear Varian.

(*Versión Associates.*)

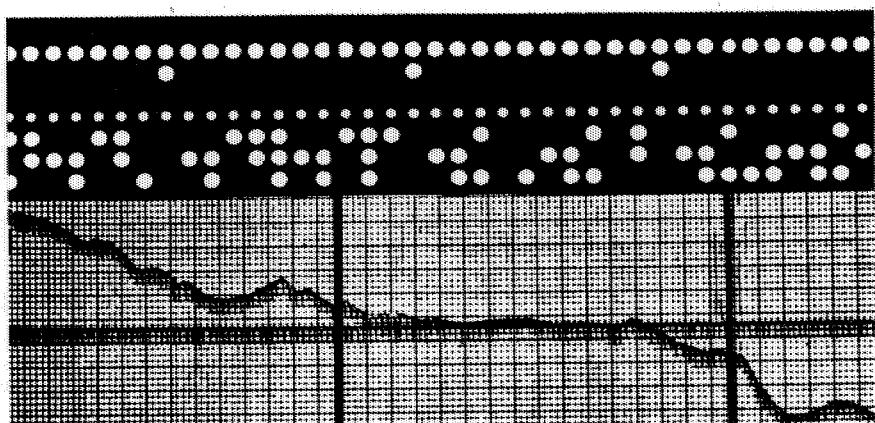


FIG. No. 6. Ejemplo de cintas del magnetómetro de resonancia nuclear Varian. La cinta de abajo representa el registro en la forma corriente. La cinta de arriba equivale a un registro numérico en forma de perforaciones. (*Spartan Aerial Surveys, Ltd.*)

El valor absoluto de la intensidad total del campo terrestre se puede calcular por la fórmula:

$$T = \frac{2\pi}{\gamma} f_p \quad f_p = 23.4863 \text{ } f_p \text{ gammas}$$

en donde

$$\gamma = \text{Constante gíromagnética} = \frac{\text{momento magnético}}{\text{Momento angular (del Protón)}}$$

f_p = Frecuencia de precesión

$$1 \text{ gamma} = 10^{-5} \text{ Oersteds}$$

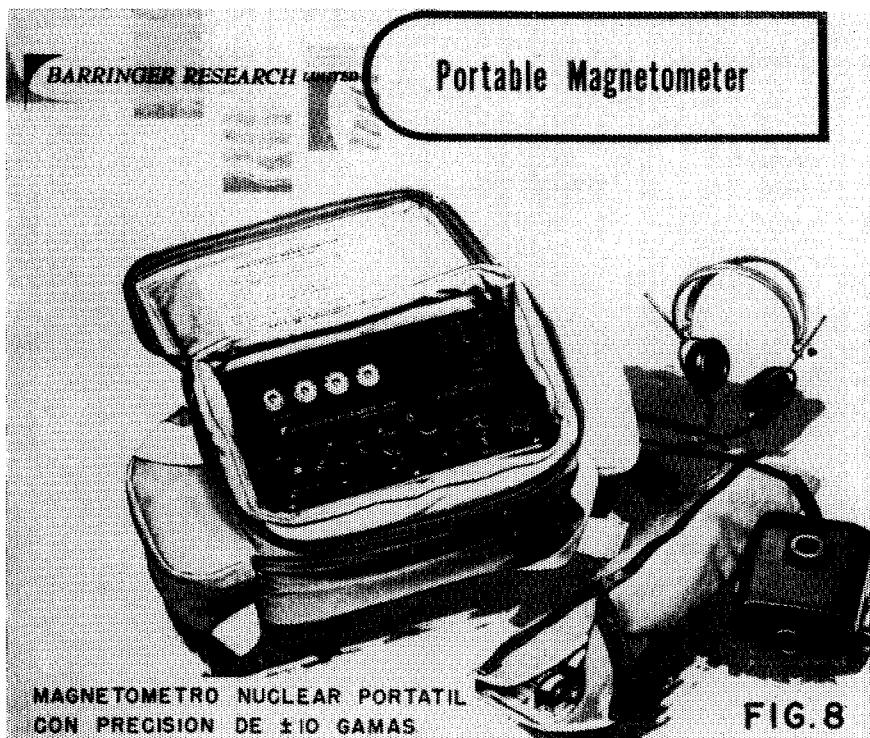
La posición del detector magnético con respecto al avión de observación se puede ver en la figura No. 7.



FIG. No. 7. MAGNETOMETRO AEREO GULF REMOLCADO EN VUELO.
(Gulf Research and Development Co.).

La figura No. 8 muestra un magnetómetro nuclear portátil Barringer, Mod. GM-102, y la figura No. 9, el mismo instrumento en operación terrestre.

En la actualidad se han desarrollado varios tipos de magnetómetros, como el de Helio y el de Vapor de Rubidio, de Cesio, etc., que se basan en el principio de absorción óptica, que sería prolijo describir, pero que, sin embargo, por su alto poder de resolución, que alcanza hasta un centésimo de gamma, están llamados a ser los instrumentos de exploraciones futuras.



AERONAVEGACION

Uno de los problemas más serios que confronta el método aeromagnético es el de la navegación aérea. El piloto debe saber anticipadamente por donde volar y después de efectuado el vuelo, las líneas observadas deben poderse localizar en un mapa.



FIG. 1

FIG. 2

FIG. 3

FIG. 9.- MAGNETOMETRO PORTATIL EN OPERACION

El método más simple es el de trazar el plan de vuelo sobre un plano que contenga suficientes detalles topográficos, que permitan identificar fácilmente el área. En estas condiciones se puede efectuar el vuelo por contacto visual, para lo cual, el navegante tiene que guiar al piloto sobre la línea programada en el plano, comparando constantemente el terreno con el mapa aerotopográfico, como se muestra en la figura No. 10.

Sin embargo, en muchas ocasiones será necesario que desde el mismo avión donde se hacen las observaciones, se filme una cinta continua de 35 mm. de la línea volada, o cuando menos una serie de fotografías con suficiente traslape, para identificar los detalles topográficos, como se ilustra en la figura No. 11, que muestra la intersección de dos líneas voladas.

Con frecuencia, sobre todo en las áreas vírgenes, no es posible tener los indispensables mapas aerofotográficos. También es frecuente que en las áreas donde se piensa hacer la exploración no existan detalles topográficos suficientes para identificación, como sucede en el mar, lagos, desiertos y selvas tropicales. En tales casos, se hace necesario emplear métodos electrónicos de navegación, como el SHORAN, DECCA y LORAC, que requieren de estaciones terrestres de control, o el RADAN DOPPLER, cuyo equipo completo viaja en el propio avión observador.

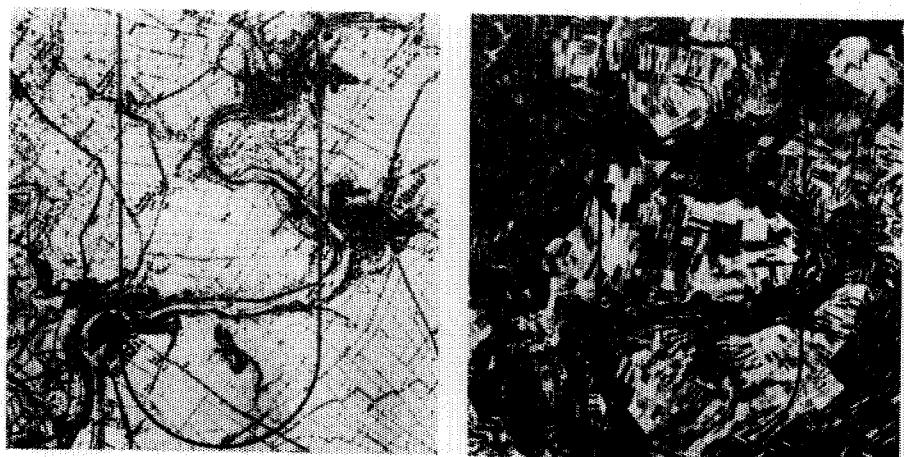


FIG . 10

AERO-NAVEGACION VISUAL

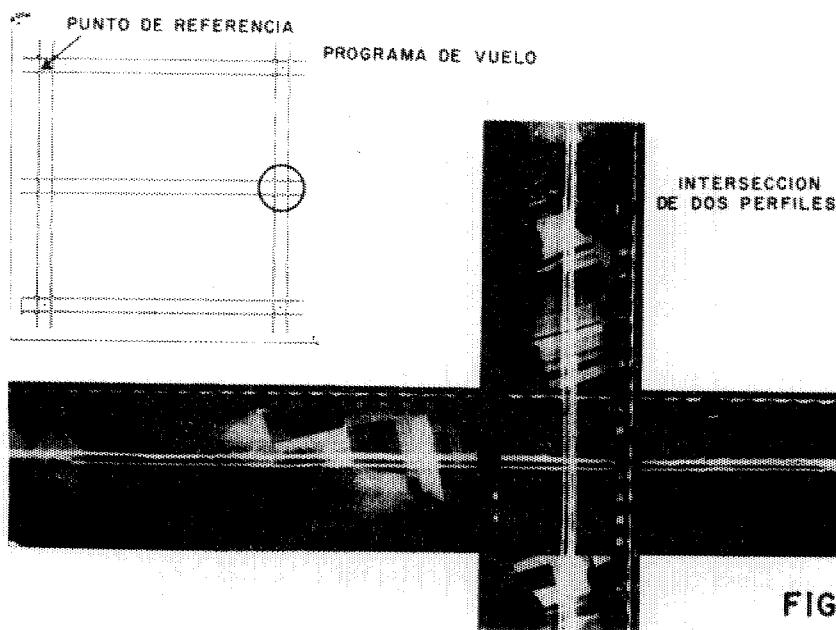


FIG. II

El método Doppler se basa en el efecto de este nombre, que consisten en el cambio de frecuencia de las ondas, con el cambio de posición relativa del emisor. El sistema lo constituye un aparato transmisor-receptor, que envía cuatro rayos de radar, como se muestra en la figura No. 12, los cuales son reflejados por el terreno. A las señales así reflejadas se les determina el cambio de frecuencia, con lo que se puede calcular la verdadera posición del avión y la distancia recorrida.

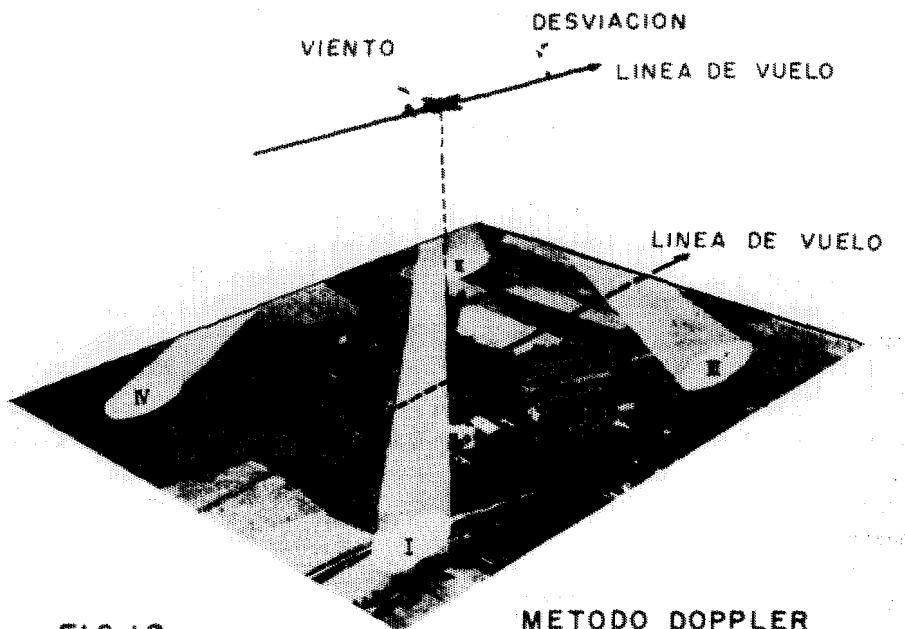


FIG.12

METODO DOPPLER

La frecuencia Doppler es directamente proporcional a la velocidad de vuelo arriba del terreno y viene dada por la expresión:

$$f_d = \frac{2 f_s s}{c} V_r \cos \Theta \quad \text{en donde}$$

f_d == Frecuencia Doppler

f_s == Frecuencia de transmisión (constante)

c == Velocidad de la luz

Θ == Inclinación de un rayo del radar

V_r == Velocidad de vuelo

La antena de transmisión debe coincidir con la línea de vuelo, de tal manera que las diferencias de frecuencias de cada par de rayos, (I-II) y (III-IV) debe ser cero. Cuando ocurre una desviación, inmediatamente se reflejará en las frecuencias y por medio de un servo-motor, se alinearán la antena, corrigiéndose automáticamente el rumbo por medio de una computadora portátil. Del ángulo de desviación y del cálculo de la velocidad, la computadora va determinando, automáticamente, las coordenadas para cada punto. La precisión del método es del orden de 1% y en casos especiales hasta del 0.07%. (Datos tomados del Boletín de PRAKLA de Mayo de 1963).

INTERPRETACION

La magnetización inducida y el magnetismo remanente son propiedades de los minerales ferro-magnéticos. La magnetización de las rocas depende del contenido de mineral magnético, del tipo de material, del tamaño de las partículas, de la intensidad y dirección del campo magnético durante la formación y de los cambios subsecuentes del campo terrestre.

Las anomalías magnéticas son originadas por la combinación de discontinuidades magnéticas y geométricas dentro de las rocas, incluyendo distorsiones estructurales de rocas uniformemente magnetizadas. Las rocas sedimentarias están generalmente tan débilmente magnetizadas, que las anomalías magnéticas que producen no pueden medirse. Las rocas ígneas y algunos tipos de rocas metamórficas, son las que dan origen a anomalías magnéticas de tamaño mensurable. (Affleck, 1963).

La interpretación de los resultados de las observaciones del magnetismo terrestre es de capital importancia. La sola transferencia de los datos observados a un mapa, en la mayoría de los casos, no revela las características estructurales del subsuelo. Es indispensable que las personas que hagan la interpretación estén ampliamente familiarizadas con los problemas geológicos del área.

La interpretación de los datos puede realizarse en varias etapas, constituyendo, en muchos casos, cada etapa en sí misma, un sistema de interpretación. Podemos dividir estas etapas en dos métodos generales:

- 1.—Método Cualitativo
- 2.—Método Cuantitativo.

Antes que nada debemos recordar que la exploración aeromagnética en busca de petróleo, se realiza sobre cuencas sedimentarias en donde las anomalías más extensas son causadas por contrastes litológicos dentro del basamento. Si existe suficiente contraste entre la susceptibilidad magnética de los sedimentos y el complejo basal, las culminaciones de éste producirán anomalías locales, pero a las que difícilmente podrá dárseles una interpretación única. (Amellie, 1956).

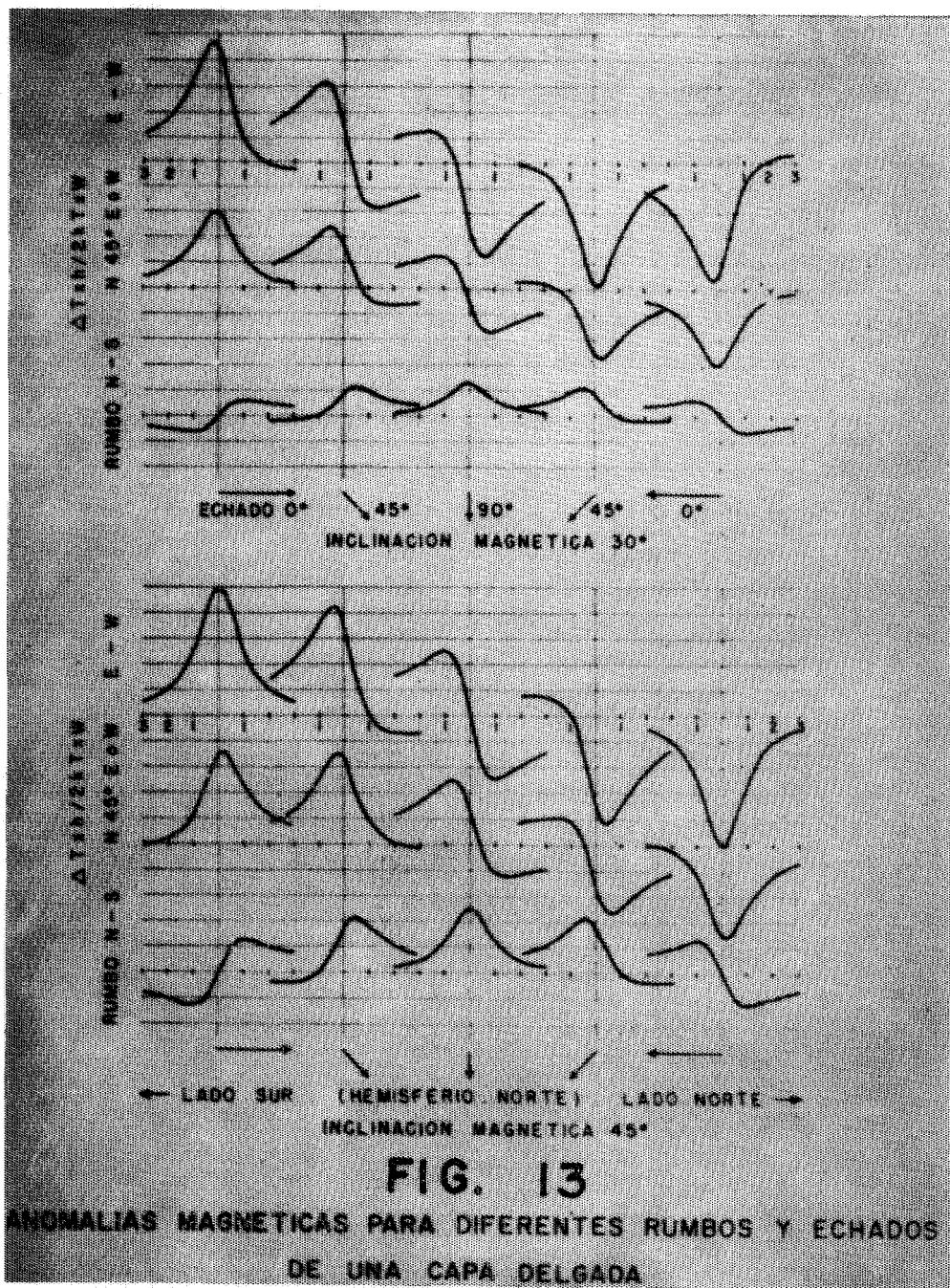
Con el conocimiento previo de la geología regional y auxiliados por modelos de anomalías como las de la figura No. 13, en que se muestran familias de curvas del campo magnético total causado por una lámina delgada, para diferentes rumbos y echados, a inclinaciones magnéticas de 30° y 45°, podremos suponer el origen de las anomalías dibujadas y así, por simple inspección comparativa ir determinando los cuerpos magnéticos más grandes, que dan origen a las anomalías.

El uso de lo que se conoce como "carácter" en los mapas magnéticos no es nuevo en la interpretación y su utilización, en una forma cualitativa, es práctica común. Se han determinado algunos contactos geológicos simplemente aislando áreas cuya apariencia es semejante en los mapas de anomalías magnéticas. El estudio combinado de anomalías magnéticas y sistemas de fracturas puede ser muy útil, sobre todo cuando se extienden sobre grandes áreas. (Hall, 1964).

En toda exploración magnética extensa, se encuentran anomalías cuya posición relativa no es incoherente. Generalmente existe una o dos tendencias dominantes cuyos ejes entre anomalías conservan una distancia casi constante. (Affleck, 1963).

En la exploración petrolera es conveniente eliminar las anomalías locales causadas por materiales extraños cercanos a la superficie, como rocas de aluvión, conglomerados ígneos, etc. Esto se logra aumentando la altura de vuelo, de manera que solo las anomalías muy intensas, provenientes de las rocas profundas del basamento permanezcan. En las figuras Nos. 14 y 15 puede observarse el efecto de la altura de vuelo sobre la intensidad de la anomalía.

El método cuantitativo es el más complejo y con el cual con más facilidad se pueden cometer errores. Sin embargo, en toda exploración petrolera es indispensable obtener una idea aproximada de la profundidad del basamento y de los principales accidentes geológicos.



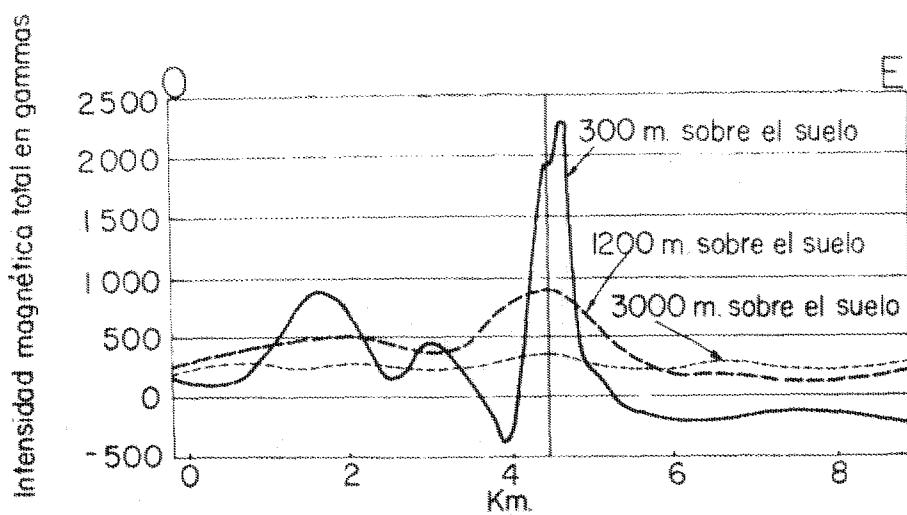
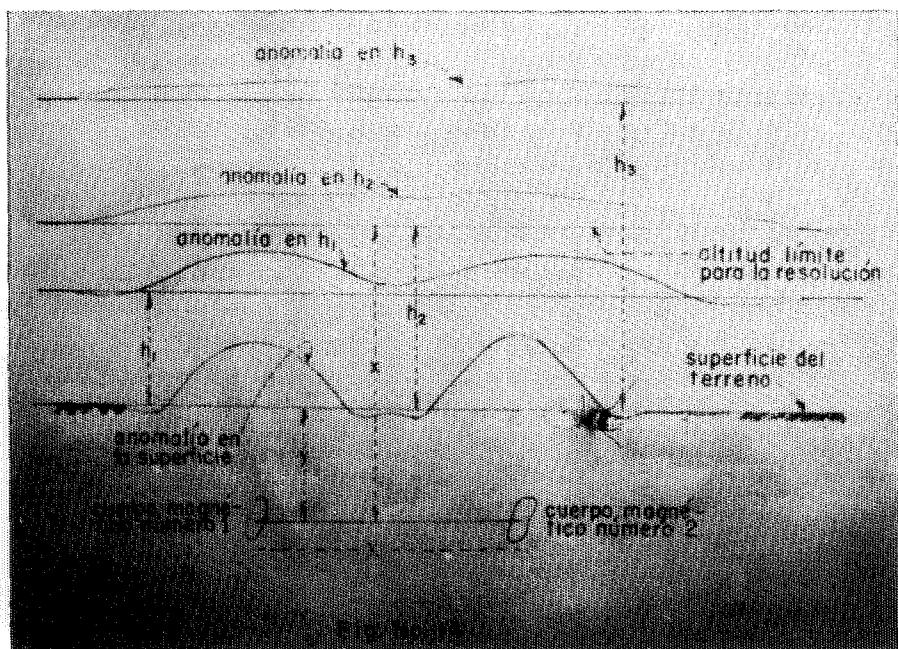


FIG. 15

Para hacer el análisis cuantitativo es necesario seguir una serie de pasos: Primero, por la posición de la anomalía, podremos conocer la extensión horizontal aproximada del cuerpo que la origina; Segundo, de la forma de la anomalía, se pueden calcular su forma y profundidad y Tercero, de la amplitud de la anomalía se puede estimar el grado de magnetización.

Para efectuar estas determinaciones cuantitativas, se pueden emplear análisis matemáticos o cálculos empíricos basados en modelos geométricos, como se muestra en la figura No. 16. Sin embargo, debemos tener presente siempre el aforismo de Dobrin que dice: "El empirismo, no apoyado en razonamientos analíticos apropiados, puede ser la fuente de rotundos fracasos en la exploración".

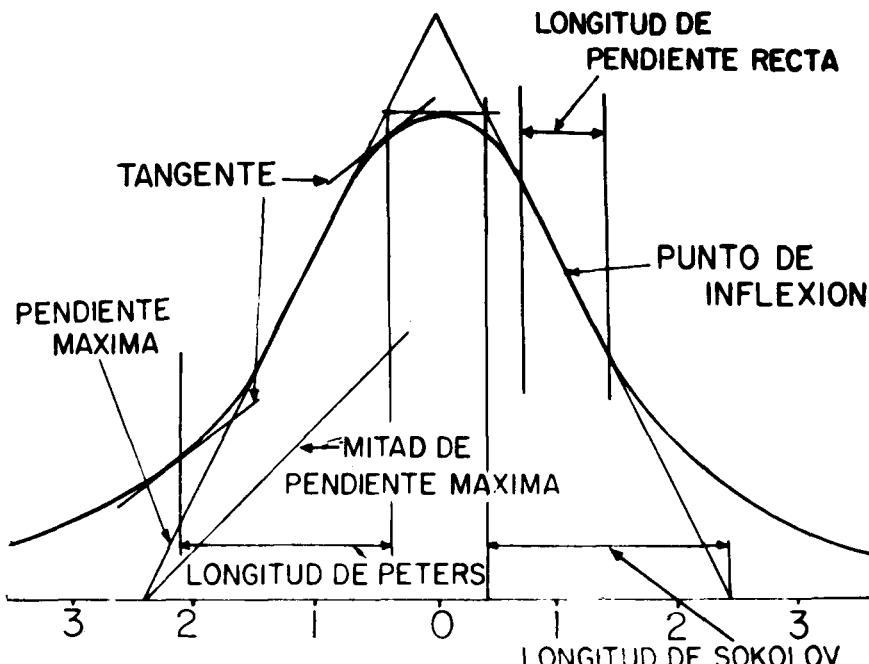
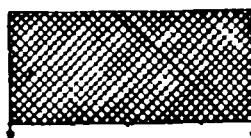


Fig. No. 16



Afortunadamente, muchos autores han tratado este aspecto de la interpretación y han calculado familias de curvas para diferentes modelos de cuerpos magnéticos, como son: Henderson y Zietz (1948), Hutchison (1958), Peters (1949), Reford (1964), Amellie (1956) y tantos otros geofísicos.

En la actualidad, gran parte del trabajo de interpretación se efectúa a través del procesado de los datos por medio de computadoras electrónicas. Figura No. 17.

En la XXX Convención Internacional de la S. E. G., celebrada en 1960 en Galveston, el señor Peter Jacobsen Jr. presentó un trabajo que levantó ampula; demostró como a partir de los mismos datos, dos contratistas reconocidos llegaron a interpretaciones totalmente diferentes, estando una de ellas muy alejada de la realidad. (Jacobsen, 1961). Como parte de las conclusiones de este modesto trabajo, quiero presentar aquí las conclusiones a que llegó el señor Jacobsen en aquella ocasión:

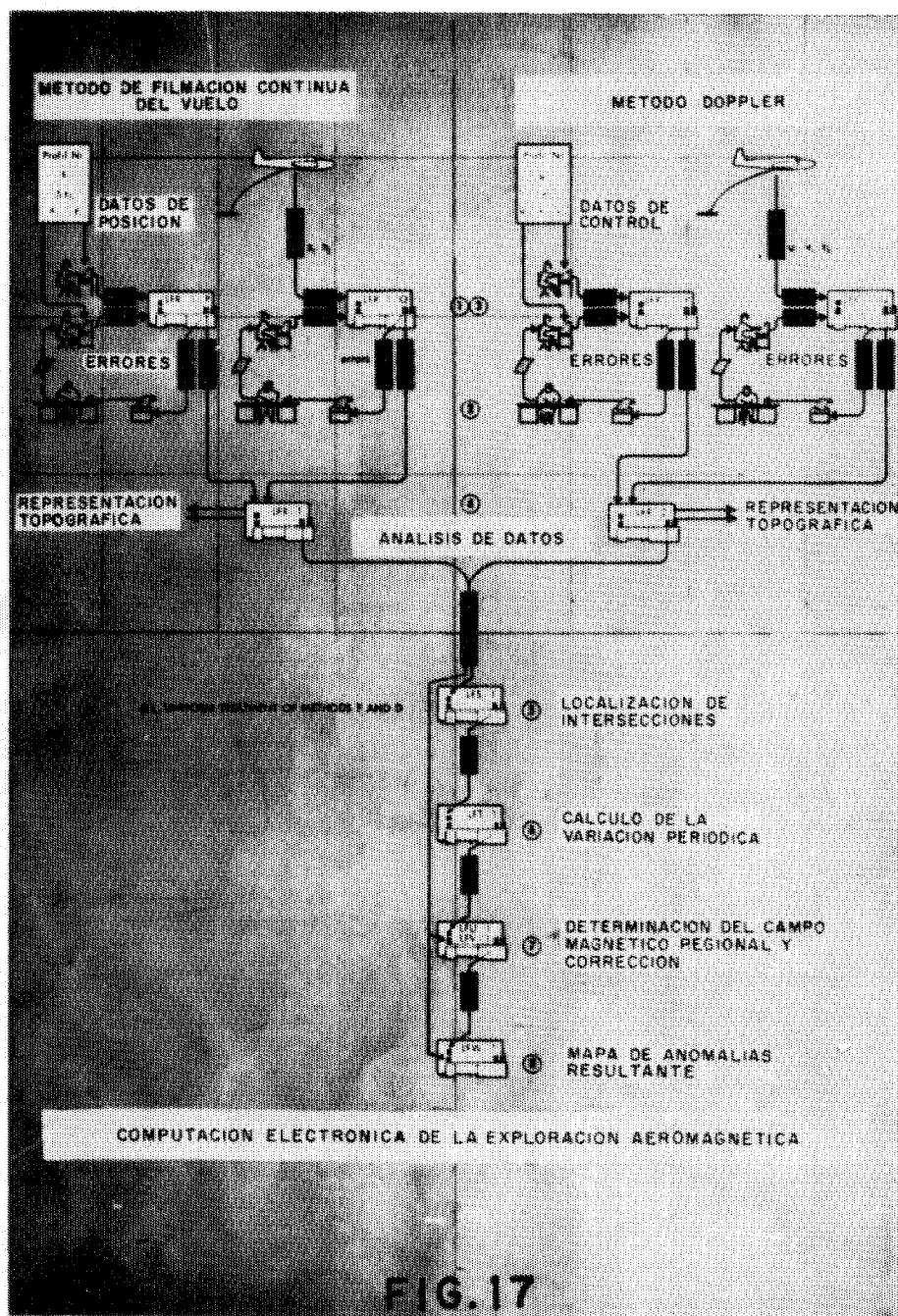
CONCLUSIONES

“En manos apropiadas, el análisis cuidadoso de anomalías magnéticas correspondientes a rocas intrabasales, puede conducir a la obtención de mapas generalizados que muestren la profundidad del basamento con suficiente precisión para ser útiles”.

“Los relieves locales del basamento, basados en el estudio de pequeñas anomalías causadas por cuerpos sobre el basamento (suprabasamento), no pueden ser interpretados correctamente, exclusivamente con trabajos magneto-métricos”.

Para terminar deseo insistir sobre las ventajas del método aeromagnético en la exploración petrolera de reconocimiento:

a).—Las mediciones se efectúan con extrema rapidez y si las condiciones meteorológicas son favorables, en un mes se puede cubrir un área de 15,000 kms.² aproximadamente.



b).—Los datos obtenidos se pueden procesar electrónicamente, lo que hace posible la presentación de los mapas sin retraso considerable.

c).—Los accidentes del terreno no son obstáculo para efectuar la exploración.

d).—Las mediciones no están afectadas por materiales magnéticos cercanos a la superficie, como ocurre en la exploración magnética terrestre. La mayor distancia del objeto medido al magnetómetro, se compensa por el alto grado de precisión de los instrumentos y la gran densidad de las observaciones.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi reconocimiento al Ing. Carlos González Calderón y al señor Salvador Valero del Hoyo, de la Superintendencia de Exploración, Zona Norte, por su valiosa ayuda en la preparación de los dibujos presentados. También expreso mi gratitud al señor Herman H. Ackerman por sus valiosas explicaciones y al señor M. S. Reford por autorizarme a emplear varias de sus gráficas.

REFRENCIAS

- AGOCS, W. B. — (1958)—Results of airborne Magnetometer. Profile from Brownsville, Tex., to Guatemala City. *Geophysics*, Vol. XXIII, No. 4, pp. 726-737.
- AFFLECK, J.—(1963)—Magnetic Anomaly Trend and Spacing Patterns. *Geophysics*, Vol. XXVIII, pp. 379-395.
- BELL, W. E. and DRAKE, J. M. — (1962)—Los principios, Diseño y Operación de un Magnetómetro de Libre Precesión del Protón. *Boletín de la AMGE*, Vol. III, No. 1, pp. 3-24.
- DEL VALLE, T. ENRIQUE — (1962)—Principios que se utilizan en el Magnetómetro de Precesión Libre Nuclear. *Boletín de la AMGE*, Vol. III, No. 1 pp. 25-43.
- DOBRIN, MILTON B. — (1961)—Introducción a la Prospección Geofísica. Ediciones Omega, Barcelona, España; pp. 310-323.
- HALL, D. H. — (1964)—Magnetic and Tectonic regionalization on Taxada Island, British Columbia. *Geophysics*, Vol. XXIX, No. 4, pp. 565-581.
- HENDERSON, R. G. and ZIETZ, I. — (1948)—Analysis of Total Magnetic Intensity anomalies produced by point and line sources. *Geophysics*, Vol. XIII, pp. 428-436.
- HUTCHISON, RALPH D. — (1958)—Magnetic Analysis by Logarithmic Courses. *Geophysics*, Vol. XXIII, pp. 749-769.
- JAKOSKY, J. J. — (1950)—Exploration Geophysics. TRIJA Publishing Co. pp. 4 y 5.
- JACOBSEN, PETER Jr. — (1961)—An Evaluation of basement depth determination from airborne Magnetometer data. *Geophysics*, Vol. XXVI, No. 3, pp. 309-319.
- LOGACHEV, A. A. — (1946)—The development and Applications of airborne Magnetometers in the URSS. *Geophysics*, Vol. II, pp. 135-147.

LUNDBERG, HANS — (1947)—Magnetic Surveys from Helicopter. *Geophysics*, Vol. 12, p. 487.

MARRINER, E. H. — (1965)—The Proton Magnetometer, new tool for archeologists. *Radio Electronics*, Vol. XXXVI, No. 9, p. 42.

MOONEY, HAROLD M. — (1952)—Magnetic susceptibility measurements in Minnesota. *Geophysics*, Vol. 17, pp. 531-543.

MUFFLY, GARY — (1946)—The Airborne Magnetometer. *Geophysics*, Vol. II, pp. 321-334.

NETTLETON, L. L. — (1942)—Gravity and Magnetic Calculations. *Geophysics*, Vol. 7, pp. 293-310.

PETERS, L. J. — (1949)—The Direct Approach to Magnetic Interpretation and its Practical Application. *Geophysics*, Vol. 14, pp. 290-320.

PRAKLA, Technical Review — (1963)—Aeromagnetics, No. 8, Mayo 1963.

REFORD, M. S. y SUMNER, J. S. — (1964)—Aeromagnetics. *Geophysics*, Vol. XXIX, pp. 482-516.

REFORD, M. S. — (1964)—Magnetic Anomalies over Thin Sheets. *Geophysics*, Vol. XXIX, pp. 532-536.

SMELLIE, D. W. — (1956)—Elementary Approximations in Aeromagnetic Interpretation. *Geophysics*, Vol. XXI, No. 4, pp. 1021-1040.

STEELAND, NELSON, C. — (1962)—Gravity and Aeromagnetic Exploration in the Paradox Basin. *Geophysics*, Vol. XXVII, No. 1, pp. 73-89.

WEAVER, PAUL — (1942)—The relative Place of empirical and analytical methods of Geophysical Exploration. *Geophysics*, Vol. 7, pp. 281-292.

WYCKOFF, R. D. — (1948)—The Gulf Airborne Magnetometer. *Geophysics*, Vol. 13, pp. 182-208.

“FORO ABIERTO”

“NOTAS SOBRE LA PARABOLICA DEL INCREMENTO DE LA VELOCIDAD”

Por el Ing. V. A. OLHOVICH

Para la ley parabólica de la forma

$$V_z = (V^2_0 + \frac{Z}{K}) - \frac{1}{2} \quad (1)$$

las trayectorias están dadas por las siguientes expresiones en función del parámetro i *

$$x = \frac{KV^2_0}{\operatorname{sen}^2 i_0} (i - i_0 - \frac{1}{2} \operatorname{sen} 2i + \frac{1}{2} \operatorname{sen} 2i_0) \quad (2)$$

$$z = \frac{KV^2_0}{\operatorname{sen}^2 i_0} (\operatorname{sen}^2 i - \operatorname{sen}^2 i_0) \quad (3)$$

* V. A. Olhovich, “Curso de Sismología Aplicada”. Págs. 98 - 99

las que pueden ser escritas

$$\frac{x}{KV^2_0} + a = r (2i - \sin 2i) = X \quad (2')$$

$$\frac{z}{KV^2_0} + 1 = (1 - \cos 2i) = Z \quad (3')$$

siendo

$$a = r (2i_0 - \sin 2i_0)$$

y

$$r = \frac{1}{2 \sin^2 i_0}$$

De las expresiones (2') y (3') se ve que las trayectorias son cicloides generadas por un círculo de radio, que parten desde un punto

$$x = - KV^2_0 a \quad (4)$$

y se desplazan sobre una línea

$$z = - KV^2_0 \quad (5)$$

Combinando las expresiones (2') y (3') resulta

$$X = r \cos^{-1} \frac{r - Z}{r} - \sqrt{2rZ - Z^2} \quad (6)$$

Diferenciando esta expresión se obtiene la ecuación diferencial de familia de trayectorias:

$$dX = \frac{Z dZ}{\sqrt{2rZ - Z^2}} \quad (7)$$

ó

$$dx = \frac{Z dz}{\sqrt{2rZ - Z^2}} \quad (7)'$$

Para hallar la ecuación diferencial de familias de frentes de onda, es necesario sustituir en (7)'

$$dz \text{ por } -dx$$

y

$$dx \text{ por } dz$$

puesto que los frentes de onda son ortogonales a las trayectorias, y así resulta:

$$dx + \frac{\sqrt{2rZ - Z^2}}{Z} dz = 0 \quad (8)$$

Integrando la ecuación diferencial (8) se tiene

$$x + \sqrt{2rZ - Z^2} - r \operatorname{sen}^{-1} \frac{r - Z}{r} + C = 0 \quad (9)$$

En forma paramétrica se puede presentar

$$Z = r (1 - \cos 2i) \quad (10)$$

$$\begin{aligned} x + C &= r (\sin^{-1} \cos 2i - \sin 2i) = \\ &= r \left[\left(\frac{\pi}{2} - 2i \right) - \sin 2i \right] \end{aligned} \quad (11)$$

de donde se nota que los frentes de onda son también cicloides que parten desde un punto

$$x = \dots C$$

determinado por la constante de integración C . Esta se obtiene de las condiciones iniciales del movimiento, es decir, para el tiempo vertical.

Para el tiempo vertical t_0

$$z = t_0 V_0 + \frac{t_0^2}{4K} \quad (12)$$

y C se obtiene sustituyendo

$$Z = \frac{z}{KV_0^2} + 1$$

en la expresión (9) para $X = 0$ y siendo

$$\tan i_0 = \frac{V_0 \Delta T}{\Delta x}$$

BOLETIN DE LA ASOCIACION MEXICANA DE GEOFISICOS
DE EXPLORACION

I N D I C E G E N E R A L

VOLUMEN VII 1966

Número	Pág.
Historia Geofísica y Productiva del Campo “18 de Marzo” en el Nor- este de México	3
Por el Ing. <i>Miguel Salmón Herrera.</i>	
Explicación del Sistema de Registro Acústico Tridimensional para Pozos Profundos.	33
Por el Ing. <i>James B. Bird.</i>	
Construcción de Horizontes de Refracción en Caso de Trayectorias Curvilíneas.	59
Por el Ing. <i>Vladimir A. Olhovich.</i>	
Número 2	
Sismograma Sintético del Pozo Longa No. 1.	69
Por <i>M. Gorodetzky y N. Pauletto.</i>	

Método Gráfico para el Cálculo de Tendidos, en la Aplicación de Sistemas Múltiples y/o Pozos Múltiples en Areas Difíciles. 99

Por los Ings. *José Coffin O. y Juan M. Sarabia.*

Número 3

Filtrado de Velocidad y Frecuencia de Datos Sísmicos Usando Luz Laser. 131

Por *Milton B. Dobrin, Arthur L. Ingalls y James A. Long.*

Número 4

Punto de Reflexión Común. Técnica de Apilar Datos Horizontales. (Data Stacking). 205

Autor: *W. Harry Mayne.*

Método Duyel para Migración Continua, con Tendidos y Distribución de Velocidades del Subsuelo, Variables. 223

Por el Ing. *Ernesto Elorduy Téllez.*

“La Exploración de Areas Nuevas por el Método Aereo-Magnético”. 245

Por el Ing. *Alfonso Muriedas Pavón.*

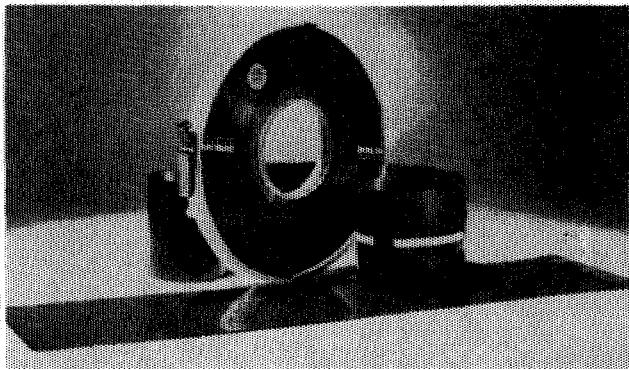
“FORO ABIERTO”.

“Notas sobre la Ley Parabólica del Incremento de la Velocidad”. 271

Por el Ing. *V. A. Olhovich.*

Petty procesa
cintas como estas

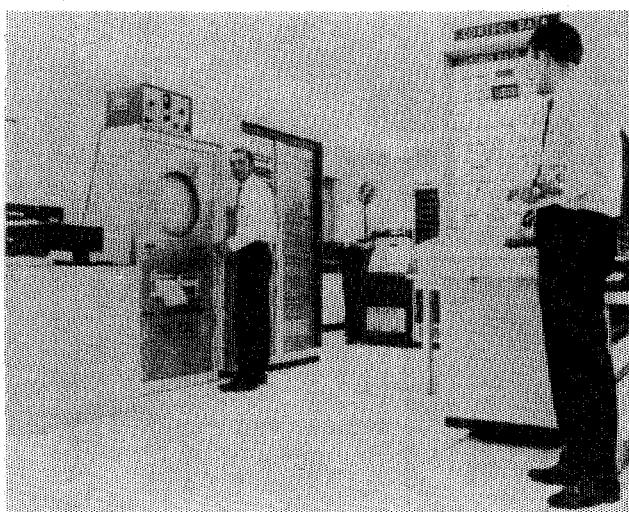
(Grabaciones Sismológicas,
analógicas o digitales hechas
por usted o por Petty)



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 sismica
y un grupo experimentado de
programación Geofísica)

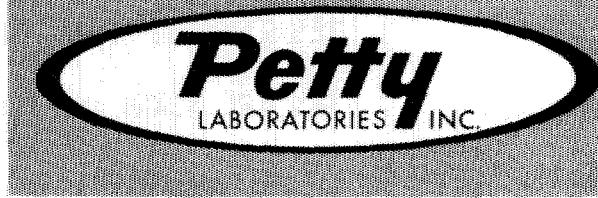


con

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.

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 - IV -
V - VI Y VII CORRESPONDIENTES A LOS AÑOS DE 1960 - 1961 -
1962 - 1963 - 1964 - 1965 Y 1966 EMPASTADOS EN KERATOL
CON SUS INICIALES GRABADAS EN ORO.

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

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.

IV CONVENTION

de la

ASOCIACION MEXICANA

DE GEOFISICOS

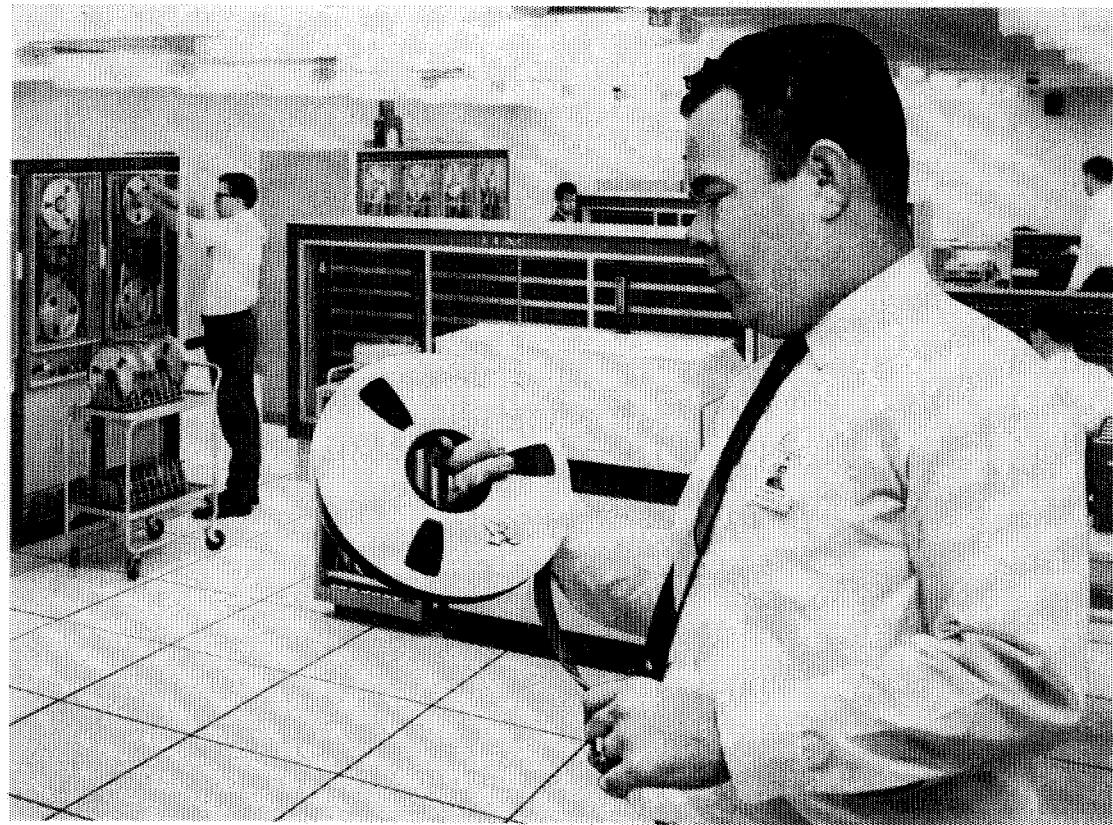
DE EXPLORACION

en

Coatzacoalcos, Ver.



NOVIEMBRE DE 1967



Su trabajo: PRODUCCION SISMICA!

Procesos solicitados: PROGRAMAS AEN-O, DCN-1, DPG-O

La cinta que Carlos Bissell se prepara a montar en un centro GSI de procesamiento, contiene registros de una de las líneas principales de su levantamiento marino. La oficina de interpretación necesita una sección después de que los sismogramas han sido editados [eliminadas trazas ruidosas, cambio de polaridad, etc.], corregidos por desplazamiento horizontal, deconvueltos y reunidas las trazas de profundidad común. Usted tiene prisa por ver los resultados en el informe semanal. Ahora es el momento en que Carlos tiene que producir.

¿Qué le ayuda a Carlos a producir? Primero, él conoce su trabajo. Ha sido entrenado para ello y tiene más de cinco años de experiencia en producción sismica, 12 meses de esta aquí mismo, en este centro. Segundo, trabaja con equipo digital de alta velocidad, probado en producción y específicamente diseñado para procesar datos sísmicos. Tercero, tiene a su mando una biblioteca completa de alta eficiencia, programas de producción para aprovechar la potencia elaboradora del TIAC. Sobre todo, él está respaldado por hombres de la mayor experiencia digital en producción sismica—

Programadores, geofísicos de área, sismólogos, investigadores y gerentes de operaciones.

Con todo este apoyo, Carlos tiene que producir. Es su levantamiento y Ud. quiere su información geofísica libre de ruido y múltiples, y deconvuelta.

GSI está entregando producción sísmica digital en todo el mundo. Carlos podría hacer este mismo trabajo al igual que otros en centros de procesación sísmica digital pertenecientes a GSI en Dallas, Nueva Orleans, Midland, Houston, Londres, Calgary y en otros que se abrirán próximamente.

GSI significa producción geofísica, sísmica digital o analógica, gravimetría, magnetometría, acumulación de datos de campo, procesamiento e interpretación.

Estamos obligados a ello. Es nuestro trabajo.

GSI

de Mexico S. A. de C. V.

AVENIDA JUAREZ 119, DESPACHO 42.

MEXICO CITY, 1, D.F.



Lia

Asociación Mexicana

de

Geofísicos de Exploración

desea a sus

SUBSCRIPTORES,
COLABORADORES,
ANUNCIANTES Y
S O C I O S

Una Feliz Navidad

y Próspero Año 1967