

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.
Inflarroja y a color.
Fotografía comercial aérea
Fotomurales.
Levantamientos fotogramétricos.
Localización de obras.
Mosaicos fotográficos.
Programación electrónica
Topografía

132 empleados especializados.

EQUIPO

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

DIRECCION

Av. Obrero Mundial Núm. 338 esq. con Pestalozzi

Teléfonos: 43-38-30 con tres líneas directas y 13-87-45

Cable: AEROFOTO, MEXICO MEXICO 12, D. F.
Servicios Aéreos: Ave. Santos Dumont Núm. 212

Schlumberger

SCHLUMBERGER SURENCO, S. A.

AGENCIA EN MEXICO

Av. Morelos 98, Desp. 306

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

MEXICO 6, D. F.

GEOFISICOS CONSULTORES PARA
PETROLEOS MEXICANOS



*Seismograph Service Corporation
of Mexico*

AVE. JUAREZ 95 - 207 • MEXICO 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**

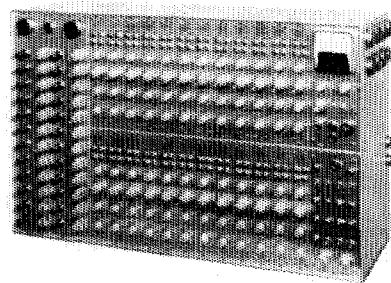
- Levantamientos :
- Sismológicos
 - Grávimetricos
 - Magnetométricos
 - Procesado de Datos Magnéticos
 - LORAC - Levantamiento Electrónico

**SERVICIO DE
REGISTRO DE POZOS**

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

INSTRUMENTAL GEOFISICO

DA MEJOR
RENDIMIENTO,
MAYOR DURACION
Y A UN COSTO MENOR



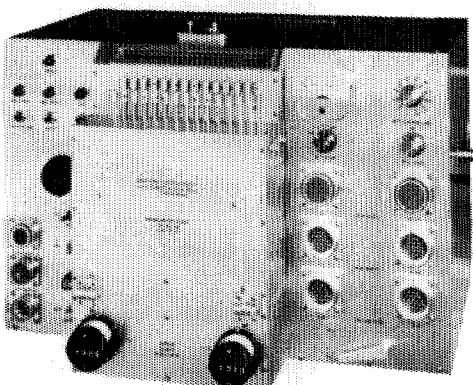
FORTUNE T-1. SISTEMA DE AMPLIFICADORES SISMICOS TRANSISTORIZADOS PARA TRABAJOS DE REFLEXION Y REFRACCION.

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

POCO PESO Y TAMAÑO REDUCIDO — El equipo T-1 de 24 canales, completo, pesa únicamente 73 libras (33.1 Kgs.) y está contenido en una sola caja, cuyas dimensiones son: 23 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.

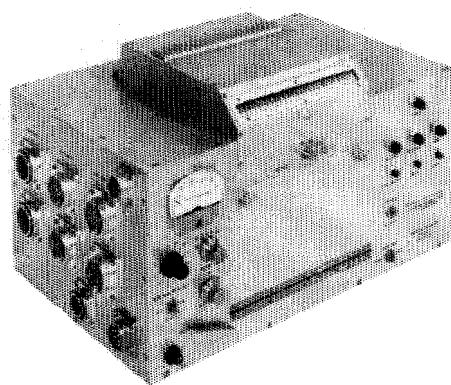
SE AJUSTA A CUALQUIER SISTEMA DE TIRO — No importa el sistema de tiro empleado, ya que mediante una barra universal de tendidos y graciosas medidas ajustables (calibrados en por ciento), es posible aplicar a cada traza la corrección dinámica adecuada.

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. 3.59" /segundo. Tiempo útil de grabación. 6 seg. (el tambor da una vuelta completa en 56 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 microvoltios a 50 ohms. Potencia requerida. 0.5 amperes en vacío y 14 amperes con carga. Tamaño del transportador de la cinta. 15 x 18 x 14". Peso. 90 libras (40.823 Kgs.).

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

.... DE "FORTUNE ELECTRONICS"



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

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

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

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

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" de ancho por 24 1/2" de largo.

Velocidad de la cinta. 3.59" /segundo. Tiempo útil de grabación. 6 seg. (el tambor de una vuelta completa en 6.6 seg.)

Características del motor. De inercia de 400 círculos. Acoplado al tambor.

Polarización (bias). 8 milicampares a 0 kilociclos. Respuesta. De 5 a 200 cps.

Correcciones estáticas (opcional). ± 100 miliseg. Relación de señal a ruido. 50 db RMS a RMS.

Distorsión armónica total. (A 100%) el nivel de grabación. 2.5%.

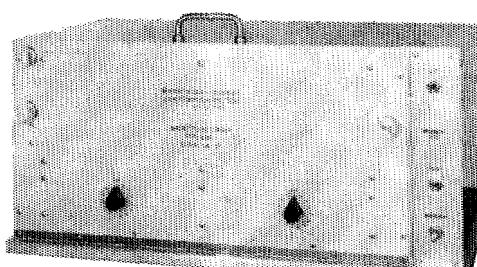
Alimentación cruzada. (Cross feed). Con entrada de 100%. -36 db a 10 cps.

Nivel de grabación. 50 milivoltios a través de 40 ohms.

Patencia requerida. 0.5 amper en vacío y 6.5 amperas 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 6 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.



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

Aproximación de Funciones en el Análisis de Tendencias,
por el Ing. *Antonio Camargo*.

Aplicación de la Sismología Combinada con la Geología
del Subsuelo en la Interpretación de Fallas en el Noreste
de México, por *G. Frederick Shepherd*.

Palabras de Bienvenida del Presidente de la A. M. G. E.
en la Inauguración de la IV Convención Nacional en
Coatzacoalcos, Ver.

ASOCIACION MEXICANA DE GEOFISICOS DE EXPLORACION

MESA DIRECTIVA PARA EL PERIODO 1967 - 1968

Presidente: Ing. Jesús Basurto García.

Vice-Presidente: Ing. José Coffín Otero.

Secretario: Ing. Martín Cordero Baca.

Tesorero: Ing. Alberto Arroyo Pichardo.

Editor: Ing. Antonio Cordero Limón.

Vocales:

Ing. Raymundo Acosta Ojinaga.

Ing. Héctor Larraga Nadal.

Ing. Miguel Salmón Herrera.

Ing. Alfonso Muriedas Pavón.

Ing. Roberto Hernández Maldonado.

Ing. Fabián Castillo Chavira.

Presidente Saliente: Ing. Alfonso Cornejo Toledo.

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. ANTONIO CORDERO LIMON

Av. Juárez No. 97, Despacho 302 - B.

Teléfono: 12-41-47.

México 1, D. F.

APROXIMACION DE FUNCIONES EN EL ANALISIS DE TENDENCIAS

Por el Ing. *Antonio Camargo* *

INTRODUACION

La obtención de datos no es un fin por sí misma, sino que su objeto es proveer una base para la acción.

Datos Geofísicos como la medición de la Gravedad y del Magnetismo muestran variaciones sobre áreas. Asimismo, datos Geológicos tales como el Contenido Fósil de una Formación, su Composición Litológica, y otros más, también pueden representarse como variaciones sobre áreas. Estas variaciones son importantes económicamente, ya que proveen información escencial en la exploración de Petróleo y de otros recursos Naturales.

Las variaciones sobre áreas pueden mostrarse en mapas de contornos que representan valores de la variable estudiada. En estos mapas de contornos, la tendencia de variación de la variable configurada puede distinguirse en general rápidamente, aunque en ocasiones el patrón de variación se distorsiona debido a fluctuaciones locales. Como ejemplos presentamos un plano Litológico —fig. 1—, y otro Magnetométrico en la figura 2. Los contornos del mapa Litológico unen puntos en donde el contenido de arcilla de la Formación es el mismo; en el Magnetométrico, los contornos, trazados cada 0.1×1000 Gammas, unen puntos en donde la atracción magnética vertical es la misma. Es más obvia la tendencia de variación del magnetismo que la de la litología.

ANALISIS DE TENDENCIAS

El término Tendencia lo utilizaremos para designar cualquier cambio sistemático notable en los mapas de contorno, tales como Tendencias Estructu-

* Gerencia de Exploración PEMEX.

rales, de Variación de la Gravedad, de Variación de Velocidades Sísmicas, y otras más. En esencia, el "análisis de tendencias de superficies" puede definirse (Krumbein, 1965), como un procedimiento por el cual un mapa observado es dividido en dos o más partes, una asociada a cambios sistemáticos de gran escala —el regional—; otra asociada a fluctuaciones de pequeña escala, no sistemáticas en apariencia, que se sobreponen a los patrones de gran escala y que generalmente representan las zonas de posible interés económico, y quizás en otra parte más, asociada al "ruido" presente en el mapa. En el caso del mapa Litológico la separación del regional puede proporcionar datos sobre la Paleogeografía del lugar, y en el caso del Magnetométrico la separación del Regional, que enmascara las zonas de interés, permite reconocer éstas, facilitando su estudio.

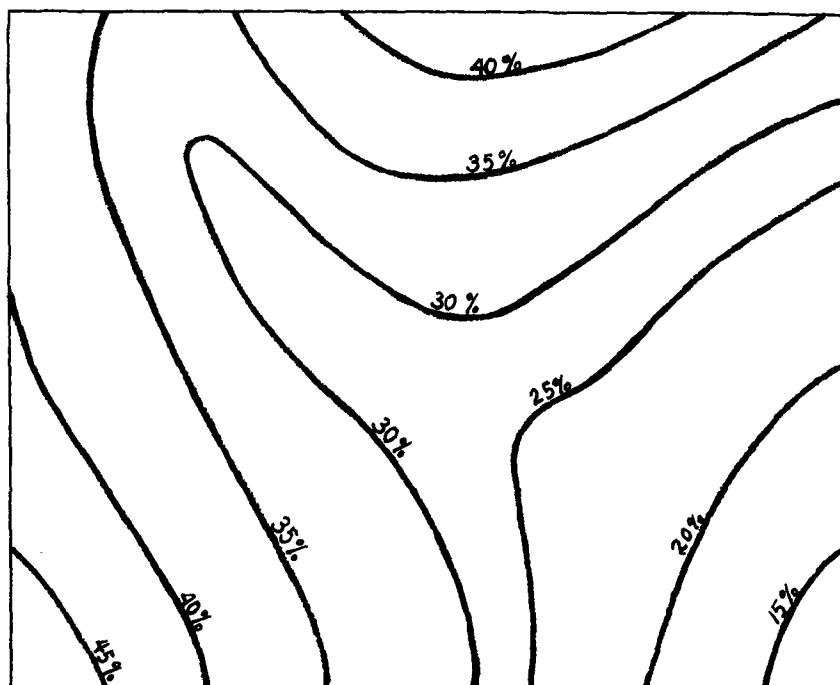


FIG. 1 "PORCIENTO" DE ARCILLAS. FORM. "A".

El análisis de tendencias puede usarse para probar modelos, estudiando si los cambios sistemáticos observados concuerdan con las predicciones del mo-

delo; puede usarse como base para predecir los valores que se encontrarían en zonas cualesquier del mapa, y también para examinar las variaciones mostradas por un mapa con el objeto de desarrollar modelos susceptibles de ser relacionados con condiciones Geológicas específicas conocidas o inferidas.

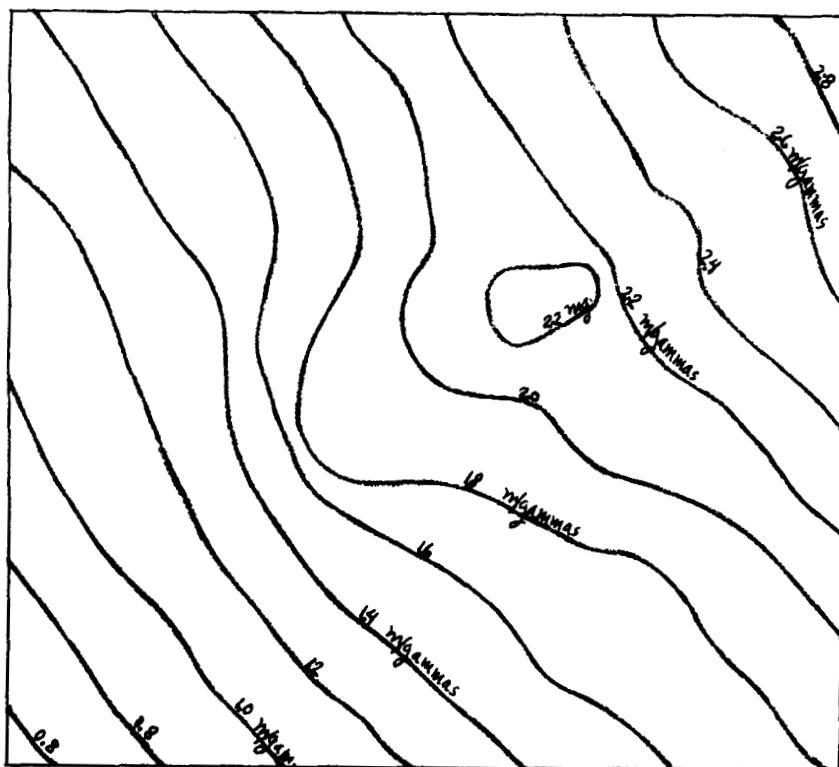


FIG. 2 COMPONENTE VERTICAL DEL
CAMPO MAGNETICO.

Matemáticamente, el efecto de calcular un Regional a partir de un grupo de datos, para dejar el residual, es equivalente al efecto de un filtro eléctrico, el cual pasará las componentes de ciertas frecuencias y excluirá las restantes. La diferencia principal entre un filtro eléctrico y uno geofísico es que los primeros

actúan sobre funciones de una variable —tiempo—, mientras que los segundos, en el caso de mapas, actúan sobre funciones de las variables espaciales x, y.

METODOS PARA LA SEPARACION DEL REGIONAL

Entre los métodos para separar los efectos regionales, los gráficos han sido utilizados por mucho tiempo (Krumbein, 1956; Nettleton, 1954). En la actualidad, las computadoras electrónicas son utilizadas con ese fin. Existen además métodos numéricos y métodos analíticos.

Método Gráfico. El método gráfico más antiguo para determinar el regional consiste en trazar curvas suaves en los perfiles observados, o suavizar los contornos de los mapas. En este caso, el “campo” se separa en dos partes, una de variaciones suaves que es el regional y se atribuye a efectos demasiado grandes o amplios para ser efecto de estructuras de interés, y otra de variaciones rápidas, que es el residual y que define esas zonas de interés. Obviamente, la selección del regional es empírica. El residual es determinado por la diferencia encontrada numérica y gráficamente entre el regional determinado y el mapa observado. La figura 3 muestra esta técnica.

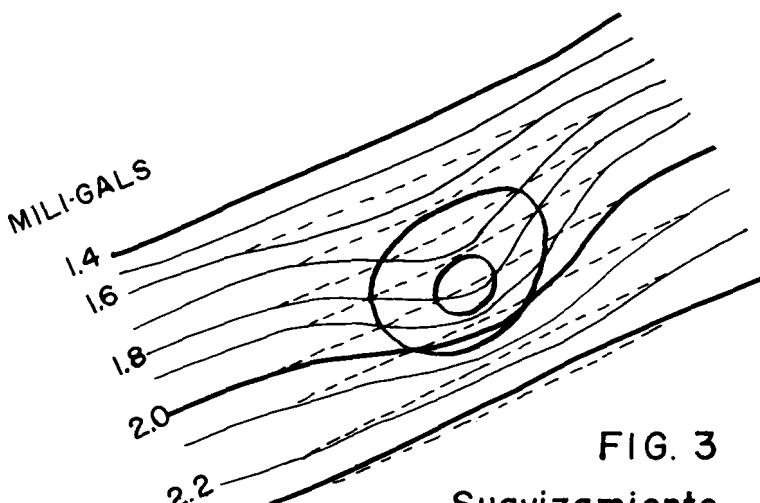
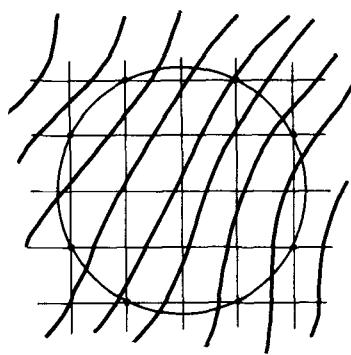


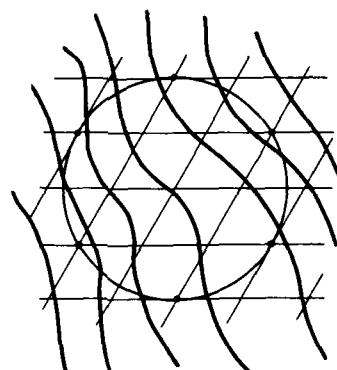
FIG. 3
Suavizamiento
de Contornos

De este método del “regional suave” existen algunos refinamientos que van desde la suavización de perfiles tomados del plano de acuerdo con cierto patrón, hasta el ajuste a los datos de una superficie de pendientes suaves que entonces representará el regional. Esta última variante es adaptable a las computadoras y será el que más ampliamente trataremos posteriormente.

Método Numérico. Este consiste en operar numéricamente con los valores obtenidos de un mapa en puntos regularmente espaciados formando una rejilla. Del método de rejillas existen dos tendencias, una en gran parte empírica, que es esta técnica “numérica”, y otra analítica. El método empírico más simple utiliza el promedio de los valores observados en puntos de la rejilla localizados sobre un círculo como definición del regional. El residual en el centro del círculo es entonces la diferencia entre el promedio calculado y el valor observado en ese punto central. La figura 4 muestra dos sistemas de rejillas, uno de ocho puntos y otro de seis. El valor de los residuales, y la naturaleza del mapa obtenido, dependen del diámetro del círculo —de la abertura de la rejilla— y del número de puntos que se promedian.



8 Puntos



6 Puntos

FIG. 4 REJILLAS

Métodos Analíticos. Los métodos analíticos (Derivados) surgieron al dársele base matemática al método de rejillas por medio de la Teoría del Potencial aplicada al cálculo de las Derivadas de Funciones Potenciales. Estos métodos no

proporcionan un Regional ni un Residual en el sentido clásico de la palabra, aunque existen algunas relaciones entre ellos y los Regionales y Residuales. En la práctica, las formulaciones matemáticas de los Métodos Analíticos se han reducido a métodos sencillos de cálculo, utilizando valores obtenidos en una rejilla regular de puntos, para obtener promedios de puntos localizados en círculos de diferentes radios y con el mismo punto central. La contribución al "regional" del promedio de cada círculo depende del radio de éste, ya que se utiliza un "factor de peso" adecuado a cada caso. Este método puede considerarse como una complicación del caso de un círculo —anillo—, ya que aquí se utilizan varios anillos. Las fórmulas de este método son susceptibles de programarse para resolverse con Computadoras Electrónicas (Morones, 1965, muestra diversas de las fórmulas aplicables a este caso, así como un programa para Computadora).

Los resultados de éste método dependen del espaciamiento de la rejilla principalmente, así como de los factores de peso y del número de anillos. La figura 5 muestra un sistema de 3 anillos, con 8, 4 y 4 puntos cada uno.

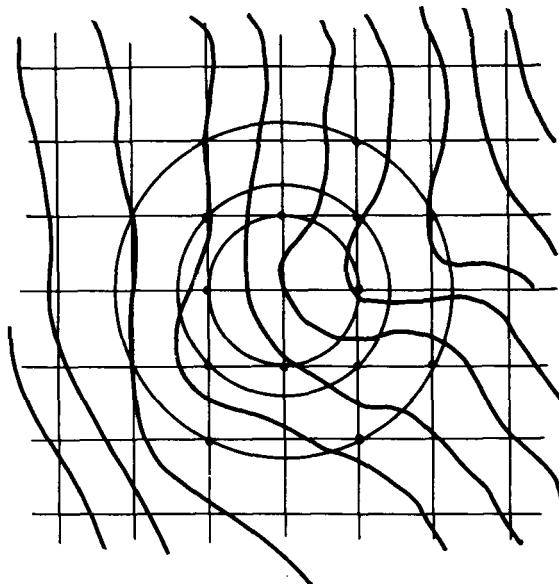


FIG. 5 Derivadas. 3 Anillos.

POLINOMIOS EN EL ANALISIS DE TENDENCIAS

La mayoría de los métodos de análisis de tendencias en Geología y Geofísica utilizan en la actualidad superficies polinómicas aproximadas por el método de Mínimos Cuadrados.

Los polinomios más utilizados son los Polinomios en Serie de Potencias x,y ajustados por Mínimos Cuadrados. Otros tipos de polinomios, tales como los Ortogonales de las distintas clases, los de Chebyshev entre ellos, también pueden utilizarse con éxito. Además, las Dobles Series de Fourier en x,y (en dos dimensiones) también pueden usarse para representar superficies regionales con propiedades cíclicas (Dean, 1958). Los polinomios Ortogonales pueden utilizarse con cierta facilidad cuando los datos están distribuidos en rejillas; si no lo están, el primer paso es formar una rejilla. Cuando las rejillas son grandes, se tiene el problema de seleccionar los coeficientes que definen al regional contra aquellos que representan efectos locales o ruido de los datos.

Nuestra propia experiencia ha sido con polinomios en Serie de Potencias de x,y, aproximados por el método de Mínimos Cuadrados, y así, definimos al regional matemáticamente como un polinomio en x,y que puede contener todos o parte de los términos lineal, cuadrático y cúbico. La decisión concerniente al grado de la ecuación que representará al regional depende principalmente de la experiencia, aunque el grado cúbico como máximo es lo conveniente para poder representar al regional como una superficie "suave". Si el área es muy grande o los planos representan superficies muy complejas, de acuerdo con lo expuesto por Sekeels (1966), más conveniente que aumentar el grado de la ecuación —y hacer la superficie menos "suave"— es dividir el área en varias zonas menores con 30 a 50% de sobreposición entre ellas, y usar polinomios de tercer grado o menos para representar la tendencia regional.

La mayor ventaja del método de Polinomios en Serie de Potencias aproximados por Mínimos Cuadrados, es que los datos pueden estar distribuidos irregularmente, y por ello no es necesario interpolar valores para formar una rejilla. Esto, además de permitir el uso de los valores determinados, que son más exactos que los valores interpolados, significa un ahorro de tiempo. El grado del polinomio y el tamaño del área determinan las características de longitud de onda de la tendencia regional y del residual resultante, pero es sólo

mediante el uso de “filtros de longitud de onda” tales como las Dobles Series de Fourier, que es posible conocer con exactitud las frecuencias que habrán de resultar en los mapas.

Un problema que puede presentarse al utilizar superficies para analizar tendencias, es que las anomalías grandes pueden distorsionar las superficies localmente y causar una tendencia de la superficie desplazada de la anomalía; esto, sin embargo, puede evitarse cuando se estudian los datos y se desechan los anómalos antes de computar el regional. En el ejemplo que posteriormente presentaremos, el problema de los datos anómalos se resolvió calculando un “regional previo”; con este regional se calcularon los “residuales” en todos los puntos, y con este dato a mano se calculó el regional verdadero, para lo cual los datos de puntos con residuales mayores que $\frac{1}{4}$ del mayor residual previo, es decir los datos anómalos, no fueron considerados. El proceso se condensa de la siguiente manera:

- 1.—Con todos los datos calcular un regional.
- 2.—Calcular los residuales previos.
- 3.—Desechar los datos que dan residuales mayores que cierto valor.
- 4.—Calcular el regional verdadero con los datos restantes.
- 5.—Calcular los residuales de todos los datos.

En cuanto a los polinomios generalmente empleados en el análisis de tendencias, la siguiente tabla muestra la forma de algunas ecuaciones en serie de potencias y su descripción. Los polinomios en una variable independiente se muestran con fines comparativos.

La representación gráfica de estas ecuaciones se encuentra en la figura 6.

Los procesos de cálculo ya descritos, pueden extenderse a “hipersuperficies” que representan funciones de tres variables independientes (Harbaugh, 1964). La figura 7 muestra un ejemplo en el que se puede visualizar el efecto

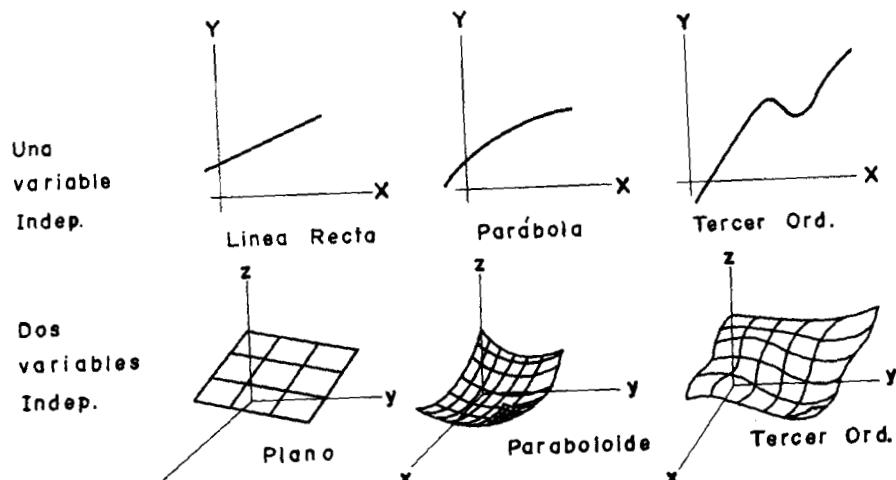


FIG. 6

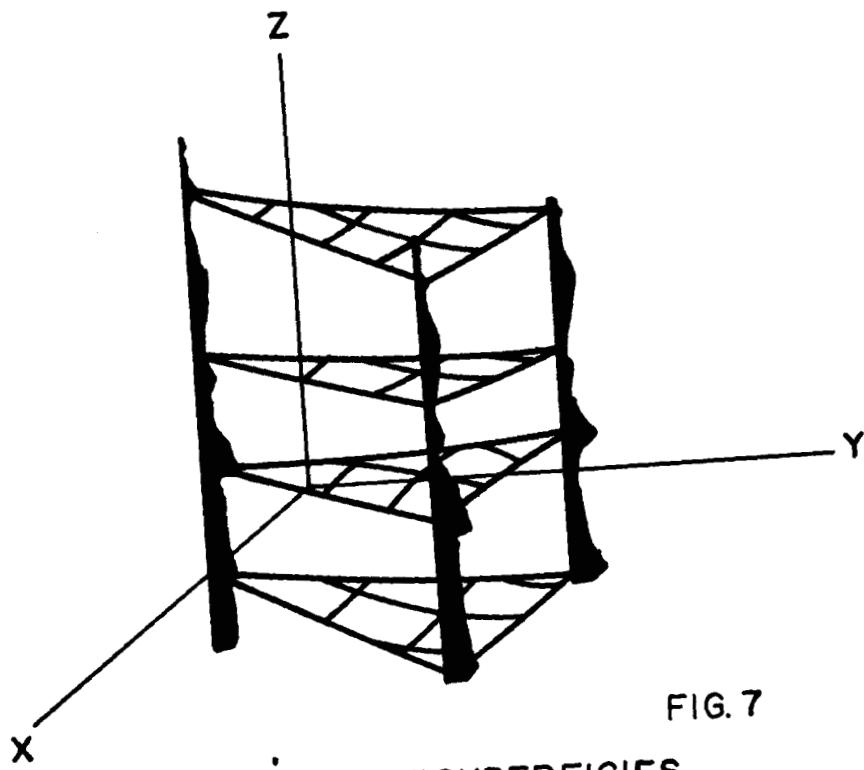


FIG. 7

HIPERSUPERFICIES

No. de Variables Independientes	Grado	Descripción	Ecuación
1	Primero	Línea Recta	$a_1 + a_2x$
	Segundo	Parábola	$a_1 + a_2x + a_3x^2$
	Tercero	Tercer Ord.	$a_1 + a_2x + a_3x^2 + a_4x^3$
2	Primero	Plano	$a_1 + a_2x + a_3y$
	Segundo	Parabolóide elíptico o hiperbólico	$a_1 + a_2x + a_3y + a_4x^2 + a_5xy + a_6y^2$
	Tercero	Tercer Ord.	$a_1 + \dots + a_6y^2 + a_7x^3 + \dots + a_9xy^2 + a_{10}y^3$
	Grados mayores	— — — —	— — — —

y el concepto de superficies de cuatro dimensiones. Si las columnas en negro, de espesor variable, representan las variaciones de alguna propiedad como función de las coordenadas espaciales x,y,z, las hipersuperficies representan la relación entre la propiedad en estudio y esas coordenadas. Las columnas pueden representar, por ejemplo, las variaciones de resistividad en una formación, y el cálculo de las hipersuperficies nos puede permitir predecir los valores de esa resistividad en otras zonas.

Volviendo a los polinomios en serie de potencias de x,y, los métodos del Cálculo (Forgotson, 1967), muestran que el mayor número posible de máximos o mínimos en las ecuaciones lineal, cuadrática, cúbica, cuarta y quinta es de 0,1,4,9 y 16 respectivamente. Esto es, al aumentar el grado de la ecuación se tienen sucesivamente un mayor número de máximos y mínimos. Asimismo, el mayor número de máximos y mínimos en cualquier perfil en las superficies men-

cionadas es de 0,1,2,3 y 4 respectivamente. Es evidente que la complejidad de la superficie seleccionada para representar el regional influirá en las anomalías resultantes en los mapas residuales. La figura 8 muestra un estudio de tendencias. Se muestran el mapa original, el regional de segundo orden y el residual, complementados con una sección en cada caso.

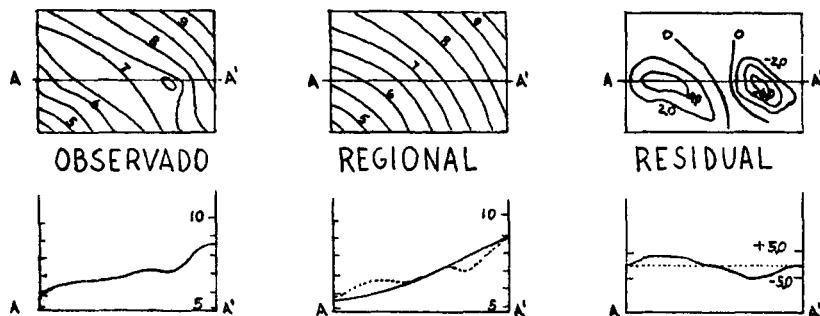


FIG. 8

MINIMOS CUADRADOS

Las superficies regionales computadas de modo que satisfagan el criterio de mínimos cuadrados quedan definidas de tal manera que la suma de los cuadrados de las desviaciones en cada punto de control es un mínimo. Solamente una superficie de cada grupo tiene esa propiedad, existiendo por lo tanto un grupo diferente de coeficientes que satisfacen el criterio de mínimos cuadrados para cada orden de superficie. Sea la figura 9 representativa de la aproximación que deseamos hacer: llamando

v'_i = valor observado en el plano en el punto i.

v_i = valor de la superficie regional en el punto i.

E_i = Error de aproximación en el punto i.

n = número de puntos de control

tenemos que:

$$v_i = v'_i + E_i \quad \text{o} \quad \text{sea} \quad E_i = v_i - v'_i$$

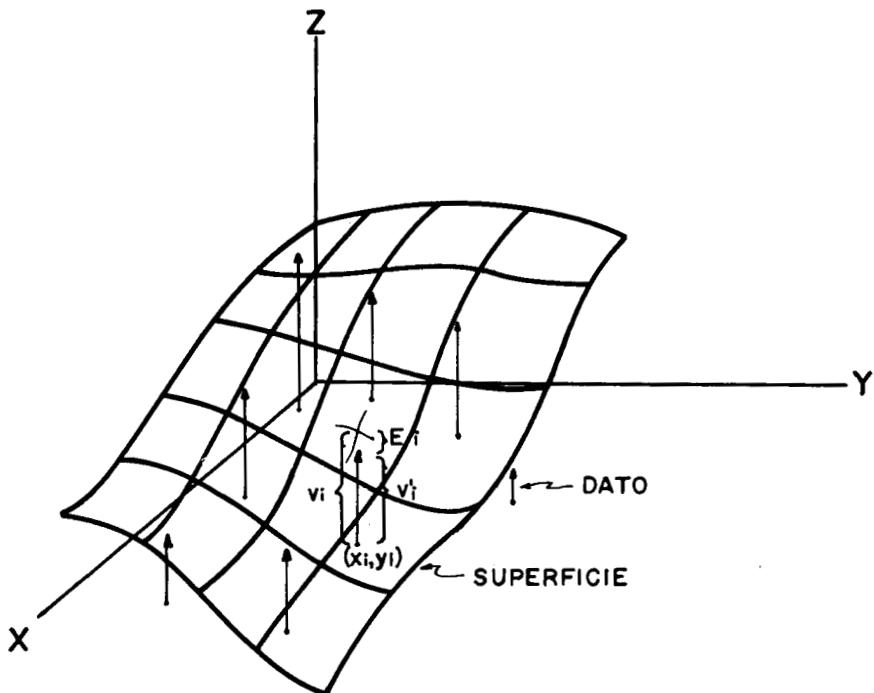


FIG. 9

Para que la superficie regional se ajuste a los datos de acuerdo con el principio de mínimos cuadrados, es necesario que

$$R = \sum_{i=1}^n (E_i)^2 \text{ sea un mínimo.}$$

En el caso de un regional definido por un polinomio, sea por ejemplo

$$V = a_1 + a_2x + a_3y + a_4x^2 + a_5xy + a_6y^2$$

la ecuación de la superficie con la cual se desea representar al regional. Para grados mayores del regional, otros términos habrán de incluirse. Así, el error en el punto i de coordenadas x_i, y_i es:

$$E_i = a_1 + a_2x_i + a_3y_i + a_4x^2_i + a_5x_iy_i + a_6y^2_i - v'_i$$

Entonces, el residuo será:

$$R = \sum_{i=1}^n (E_i)^2 = E^2_1 + E^2_2 + \dots + E^2_n$$

Esta suma será mínima cuando las derivadas parciales $\frac{\partial R}{\partial a_k}$ sean iguales a cero para $k = 1, 2, \dots, 6$, ya que 6 es el número de constantes por determinar en la ecuación propuesta.

Al derivar, las ecuaciones resultantes, llamadas "normales", forman un sistema de ecuaciones simultáneas cuya solución son los coeficientes a_k que hacen mínima la suma de los cuadrados de los errores. En el caso de la ecuación cuadrática presentada, ese sistema de ecuaciones queda:

$$\begin{aligned} a_1\Sigma 1 &+ a_2\Sigma x_i &+ a_3\Sigma y_i &+ a_4\Sigma x^2_i &+ a_5\Sigma x_iy_i &+ a_6\Sigma y^2_i &= \Sigma v'_i \\ a_1\Sigma x_i &+ a_2\Sigma x^2_i &+ a_3\Sigma x_iy_i &+ a_4\Sigma x^3_i &+ a_5\Sigma x^2_iy_i &+ a_6\Sigma x_iy^2_i &= \Sigma v'_i \cdot x_i \\ a_1\Sigma y_i &+ a_2\Sigma x_iy_i &+ a_3\Sigma y^2_i &+ a_4\Sigma x^2_iy_i &+ a_5\Sigma x_iy^2_i &+ a_6\Sigma y^3_i &= \Sigma v'_i \cdot y_i \\ \hline a_1\Sigma x^2_i &+ a_2\Sigma x_i^3 &+ a_3\Sigma x^2_iy_i &+ a_4\Sigma x^4_i &+ a_5\Sigma x^3_iy_i &+ a_6\Sigma x^2_iy^2_i &= \Sigma v'_i \cdot x^2_i \\ a_1\Sigma x_iy_i &+ a_2\Sigma x^2_iy_i &+ a_3\Sigma x_iy_i^2 &+ a_4\Sigma x^3_iy_i &+ a_5\Sigma x^2_iy^2_i &+ a_6\Sigma x_iy^3_i &= \Sigma v'_i \cdot x_iy_i \\ a_1\Sigma y_i^2 &+ a_2\Sigma x_iy_i^2 &+ a_3\Sigma y^3_i &+ a_4\Sigma x^2_iy^2_i &+ a_5\Sigma x_iy^3_i &+ a_6\Sigma y^4_i &= \Sigma v'_i \cdot y^2_i \end{aligned}$$

Las sumas se extienden de 1 a n . La matriz asociada a este sistema de ecuaciones es simétrica respecto a la diagonal principal. Inmediatamente se observa lo complicado que resulta tratar con un número elevado de puntos. El sistema de ecua-

ciones resultante para una ecuación lineal se muestra encerrado por las líneas punteadas. La mecánica de formación del sistema de ecuaciones normales es evidente y fácil de complementar para grados mayores que el segundo, ya mostrado.

Solución formal. Generalizando el método presentado (DeBremaecker, 1966, Notas del Curso de Geofísica. Universidad Rice), y utilizando la convención Sumatoria, tenemos que si el número de términos de la ecuación V es p, y el número de puntos observados es n, podemos escribir:

$$v_i = a_j f_{ij} : (j = 1, \dots, p), (i = 1, \dots, n)$$

donde las a_j son parámetros y la f_{ij} son funciones conocidas de x,y. Esto se clasifica con la tabla siguiente:

O B S E R V A C I O N E S									
PUNTO	VALOR DE LA FUNCION		x	y	x^2	xy	y^2	
i	v'_i	f_{i1}	f_{i2}	f_{i3}	f_{i4}	f_{i5}	f_{i6}	
1	v'_1	1	x_1	y_1	x^2_1	$x_1 y_1$	y^2_1	
2	v'_2	1	x_2	y_2	x^2_2	$x_2 y_2$	y^2_2	
.	
.	
n	v'_n	1	x_n	y_n	x^2_n	$x_n y_n$	y^2_n	

En este caso, el residuo será $R = \sum_{i=1}^n (v_i - v'_i)^2$, o sea (convención sumatoria) :

$$R = v_i v_i - 2v_i v'_i + v'_i v'_i = a_j f_{ij} a_k f_{ik} - 2a_j f_{ij} v'_i + v'_i v'_i$$

y derivando para hacer mínimo el residuo, tenemos que:

$$\frac{\partial R}{\partial a_r} = f_{ir} a_k f_{ik} + a_j f_{ij} f_{ir} - 2f_{ir} v'_i = 0$$

ya que ambos, j o k pueden tener el valor r .

Así que podemos escribir:

$$a_k f_{ik} f_{ir} = f_{ir} v'_i, \quad (i = 1, \dots, n), \quad (k = 1, \dots, p)$$

Estas son las ecuaciones normales de que antes hablamos y cuya expansión en sistema para el caso cuadrático presentamos anteriormente. También puede darse una solución formal a este problema, para lo cual definimos las matrices:

$$V' = \begin{vmatrix} v'_1 \\ \vdots \\ v'_n \end{vmatrix}, \quad A = \begin{vmatrix} a_1 \\ \vdots \\ a_p \end{vmatrix}, \quad y \quad F = \begin{vmatrix} f_{11} & \cdots & f_{1p} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ f_{n1} & \cdots & f_{np} \end{vmatrix}$$

y observando que:

$$f_{ir} v'_i = F^T \cdot V' \quad y \text{ que}$$

$$f_{ik} a_k = F \cdot A$$

puesto que $f_{ik} a_k = g_i = G = F \cdot A$. Entonces,

$$a_k f_{ik} f_{ir} = f_{ir} g_i = F^T \cdot G = F^T \cdot F \cdot A$$

$$\text{o sea, } F^T \cdot V' = F^T \cdot F \cdot A$$

y la solución formal para el vector A que define los coeficientes de la ecuación en función de los valores observados es:

$$A = (F^T \cdot F)^{-1} \cdot F^T \cdot V'$$

La solución directa de un sistema de ecuaciones normales es equivalente en trabajo a la solución de la ecuación matricial anterior. El método a seguir depende de preferencias individuales o del tipo de subrutinas con que se cuente en un Centro de Cálculo determinado. El uso de Computadoras Electrónicas es necesario debido a la gran cantidad de operaciones que tienen que efectuarse para encontrar el valor de los coeficientes del polinomio que representa la tendencia regional.

Para determinar la aproximación proporcionada por una superficie computada por el método expuesto, puede utilizarse (Dillon, 1967) la ecuación:

$$\text{Aprox.} = 100 \frac{\sum v_i^2 - (\sum v_i)^2/n}{\sum v'_i^2 - (\sum v'_i)^2/n}$$

en donde la aproximación valdrá 100 como máximo, ello cuando la superficie pase exactamente por los valores determinados en los puntos observados.

EJEMPLO

Para finalizar presentamos un ejemplo en el cual se han investigado las tendencias de variación de las velocidades medias sísmicas desde el nivel del mar hasta una profundidad de 1500 metros, utilizando datos de la Región de Tampico. Tanto el regional de segundo orden (Fig. 10), como el de tercer orden (Fig. 11), muestran la tendencia general de las velocidades a aumentar hacia el Oeste, aunque se considera mejor el de tercer grado por aproximarse más a los datos. Los mapas de las figuras 12 y 13 corresponden a los polinomios de segundo y tercer grado respectivamente, aproximados a la totalidad de los datos. Los regionales fueron computados después de eliminar los datos anómalos encontrados al analizar los resultados de los polinomios aproximados a la totalidad de los datos. Tanto el cómputo de las superficies como el trazado de los mapas fue efectuado por medio de una computadora IBM-7040. Los mapas residuales también pueden calcularse y graficarse por medio de computadoras.

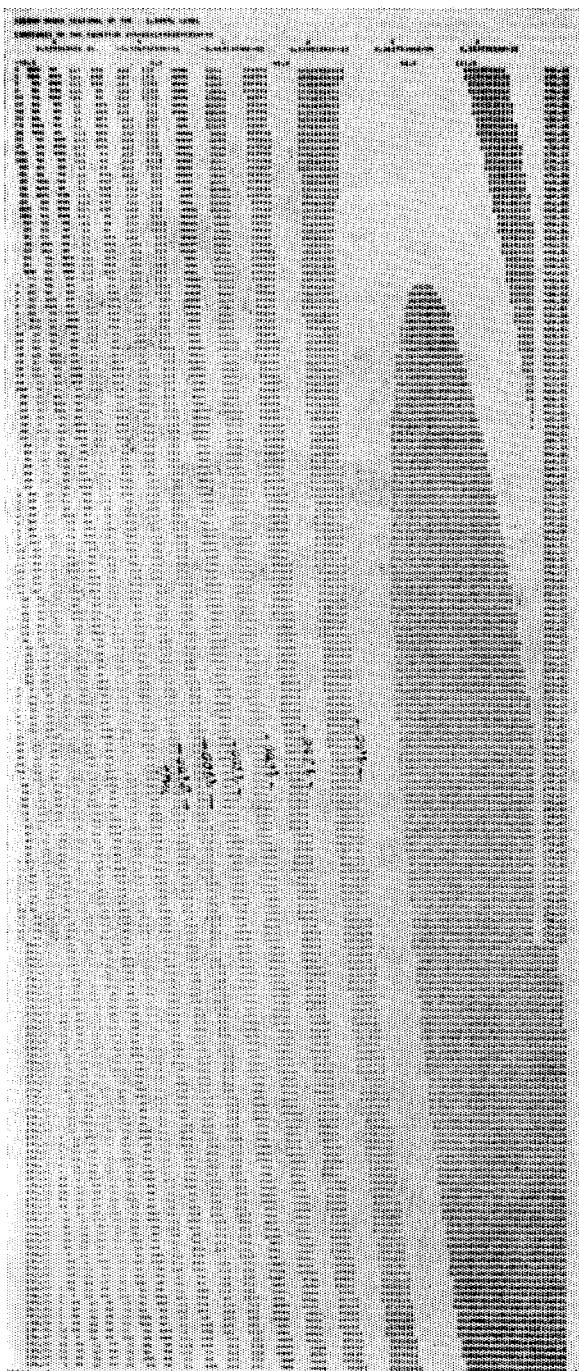


FIG. 10

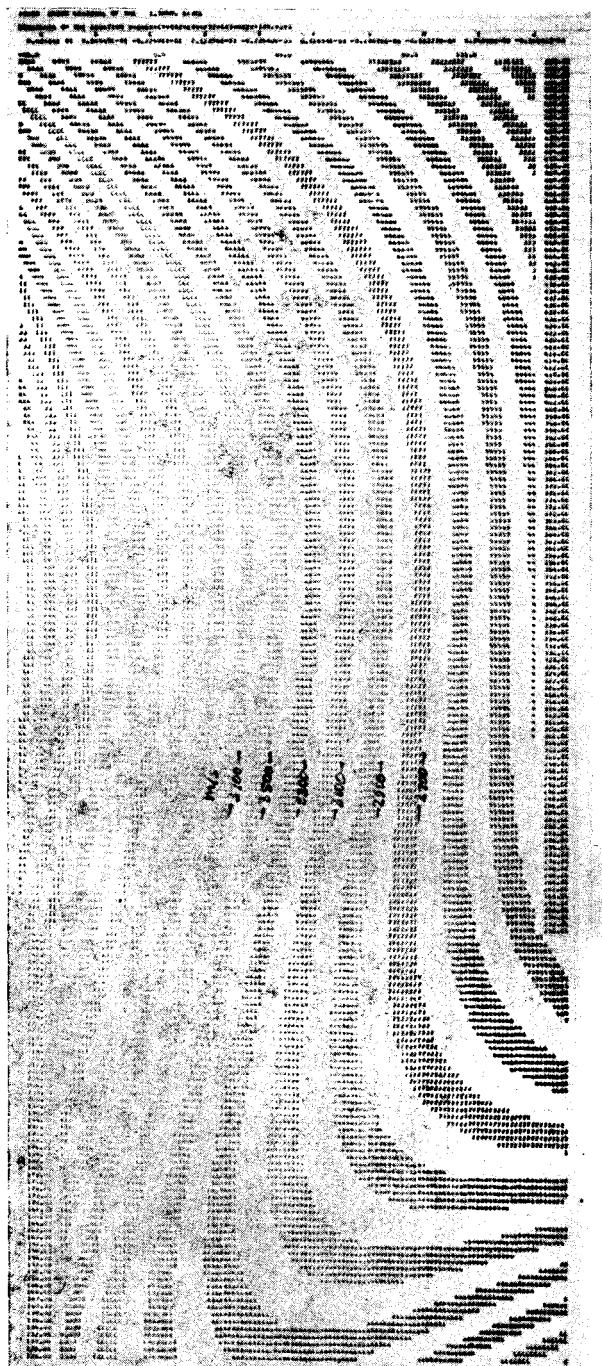


FIG. 11

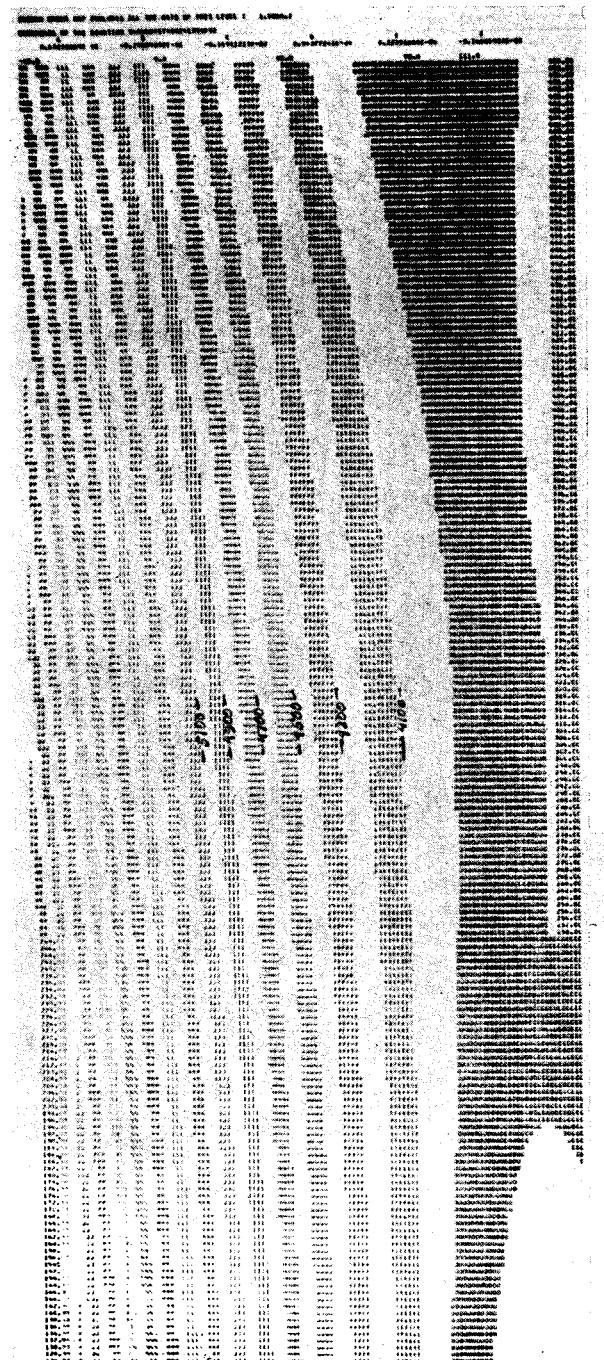


FIG. 12

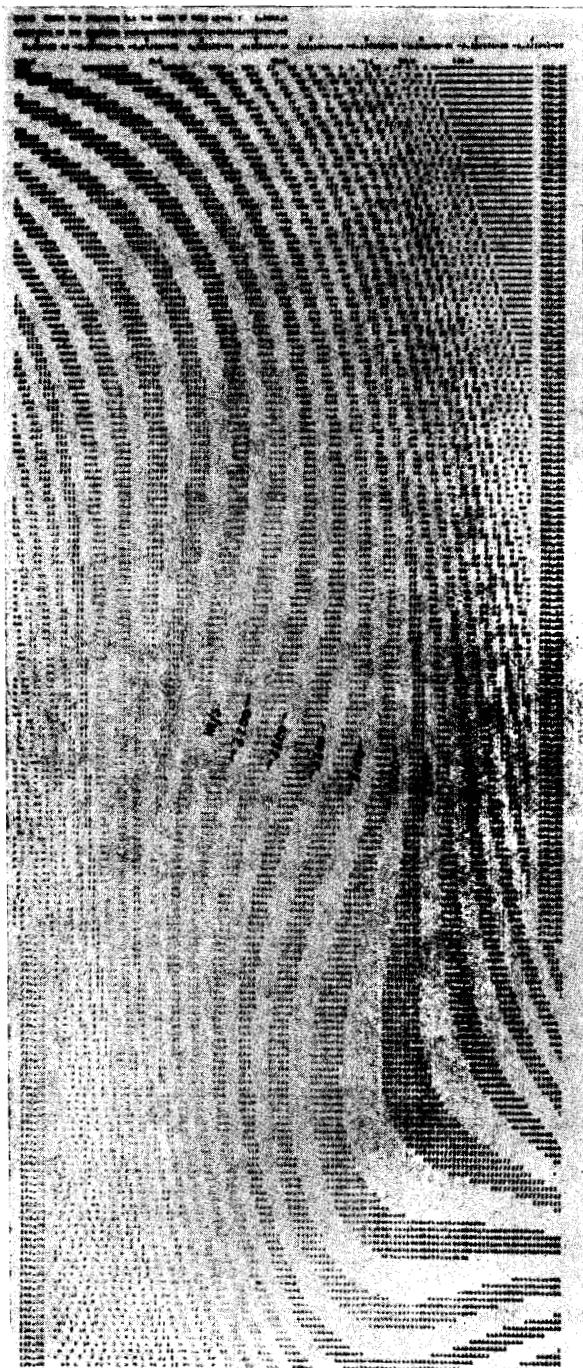


FIG. 13

NOTA FINAL

Hasta aquí hemos presentado algunos detalles del uso del análisis de tendencias en Geofísica y Geología. Puede afirmarse que en cada ocasión en que se desea obtener información acerca de las causas o efectos de las variaciones de cualquier medición en un mapa, es necesario y conveniente efectuar un análisis de este tipo. Además, con los métodos susceptibles de programarse para resolver con computadoras, unos pocos minutos de tiempo de máquina proporcionan información que requeriría varias semanas o meses para obtenerse manualmente. Sin embargo, lo más importante no es el tiempo ahorrado por el uso de computadoras en la preparación de estos mapas, sino el hecho de que mapas útiles para la exploración, que anteriormente no eran hechos simplemente por la cantidad de trabajo necesario, se hacen ahora con un mínimo de esfuerzo. Esto, al liberar al técnico de tediosas elaboraciones le permite dedicar más tiempo a la interpretación de los resultados. Este tiempo extra dedicado a la interpretación es el que permite obtener los resultados apetecidos de un programa de exploración en busca de recursos naturales.

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

- AGTERBERG, F. P., 1964, Methods of trend surface analysis: Colo. Sch. Mines Quart., Vol. 59, No. 4, pp. 111-130.
- ALLISON, W. E., y R. L. COONS, 1966, Computers in gravity interpretation: Congr. Int. S.E.G., Houston, Texas.
- BHATTACHARYYA, B. K., 1965, Two dimensional harmonic analysis, a tool for magnetic interpretation: Geophysics, Vol. 30, pp. 829-857.
- COONS, R. L., y otros, 1965, Least squares polynomial fitting of gravity data and case histories: Computers in the Mineral Industries, Stanford U. Pub., Geological Sciences, Vol. 9, No. 2, pp. 498-519.
- DEAN, W. C., 1958, Frequency analysis for gravity and magnetic interpretation: Geophysics, Vol. 23, pp. 97-127.

DEMING, E., 1943, Statistical adjustment of data: Dover Publications, New York.

DILLON, E. L., 1967, Expanding role of computer in geology: Bol. Am. Assoc. Pet. Geol., Vol. 51, No. 7, pp. 1185.

ELKINS, T. A., 1951, The Second Derivative method for gravity interpretation: Geophysics, Vol. 16, pp. 29-50.

FORGOTSON, J. M., Jr., 1960, Review and classification of quantitative mapping techniques: Bol. A.A.P.G., Vol. 44, pp. 83-100.

_____, y C. F. IGLEHART, 1967, Current uses of computers by exploration geologists: Bol. A.A.P.G., Vol. 51, No. 7, pp. 1202-1224.

GRANT, F., 1957, A problem in the analysis of geophysical data: Geophysics, Vol. 22, pp. 309-344.

GRIFFIN, W. R., 1949, Residual gravity in theory and practice: Geophysics, Vol. 14, pp. 39-56.

HARBAUGH, J. W., 1964 (a), A computer method for four-variable trend analysis: State Geol. Survey of Kansas, U. de Kansas, Bol. 171.

_____, 1964 (b), Trend-Surface mapping of hydrodynamic oil traps with the IBM 7090/94 computer: Colo. Sch. Mines, Vol. 59, pp. 557-578.

KRUMBEIN, W. C., 1956, Regional and local components in facies maps: Bol. A.A.P.G., Vol. 40, pp. 2163-2194.

_____, 1959, Trend surface analysis of counter-type maps with irregular control-point spacing: Jour. of Geophys. Res., Vol. 64, No. 7, pp. 823-834.

_____, 1963, Confidence intervals on low-order polynomial trend surface: J. Geophys. Res., Vol. 68, pp. 5869-5878.

_____, y F. A. GRAYBILL, 1965, An introduction to statistical models in Geology: McGraw Hill Book Co.

LINK, R. F., y otros, 1966, A computer method for fitting surfaces to assay and other data in three dimensions by quadratic-regression analysis: U.S. Bureau of Mines Report of Investigations No. 6876.

- MANDELBAUN, H., 1963, Statistical and geological implications of trend mapping with non-orthogonal polynomials: *J. Geophys. Res.*, Vol. 68, pp. 505-519.
- MERRIAM, D. F., y R. H. LIPPERT, 1964, Pattern recognition studies of geologic structures using Trend-Surface Analysis: *Colo. Sch. of Mines Quart.*, Vol. 59, p. 237.
- MILLER, R. L., 1956, Trend Surfaces: their application to analysis and description of environments of sedimentation: *Jour. of Geology*, Vol. 64, pp. 425-446.
- MORONES, C. L., Sistematización de la interpretación gravimétrica haciendo uso de calculadoras electrónicas: *Bol. A.M.G.E.*, Vol. 6, pp. 219-238.
- NETTLETON, L. L., 1954, Regionals, Residuals and Structures: *Geophysics*, Vol. 19, No. 1, pp. 1-22.
- OLDHAM, C. H. G., y D. B. SUTHERLAND, 1955, Orthogonal polynomials: their use in estimating the regional effect. *Geophysics*, Vol. 20, pp. 295-306.
- SKEELS, D. C., 1966, What is residual gravity?: Conv. Inter. S.E.G., Houston, Texas.
- WHITTEN, E. H. T., 1959, Composition trends in granite: Modal variations and ghost stratigraphy in part of the Donegal Granite, Eire: *Jour. Geophys. Res.*, Vol. 64, No. 7, pp. 835-848.

APLICACION DE LA SISMOLOGIA COMBINADA CON LA GEOLOGIA
DE SUBSUELO EN LA INTERPRETACION DE FALLAS
EN EL NORESTE DE MEXICO

IV Convención de Geofísica A.M.G.E.

Coatzacoalcos, Ver., México,

November 16, 1967

Por *G. Frederick Shepherd*

Consulting Geologist

Dallas, Texas

R E S U M E N

Un problema muy importante en la coordinación de la geología y la geofísica en estudios del subsuelo, es el reconocimiento y correcta interpretación de los planos de falla. Estos deben ser descritos o mostrados en tres dimensiones y más de una solución significa que una es incorrecta; posiblemente dos o todas, pero nunca debe considerarse más de una de las soluciones como correcta, si entre ellas hay diferencia.

El conocimiento de las limitaciones de la geofísica por los geólogos y viceversa da las bases para llegar a una mejor solución. En este trabajo se muestran varios planos de falla, algunos de ellos interpretados con apoyo en datos geológicos y otros detectados únicamente por la información sismológica. La combinación de ambos métodos posiblemente aporte una interpretación más correcta de las estructuras afalladas.

Ejemplos de métodos para resolver complejos problemas de afallamientos se tienen en el campo Culebra, sobre la franja sedimentaria del Eoceno, en el Noreste de México. En esta región las fallas normales con caída hacia la costa, están asociadas con pequeñas fallas secundarias de acomodo y la identificación de los pasos de falla y su correlación requiere de un máximo esfuerzo para detallar la interpretación de geología de subsuelo en combinación con el examen y uso adecuados de toda la información sismológica disponible.

En esta área una correcta interpretación sería imposible si tanto el geólogo como el geofísico desconocieran las observaciones de uno y otro.

**APLICACION DE LA SISMOLOGIA COMBINADA CON LA GEOLOGIA
DE SUBSUELO EN LA INTERPRETACION DE FALLAS
EN EL NORESTE DE MEXICO**

Members of the Mexican Association of Exploration Geophysicists, Guests and Friends:

It is a real privilege for me to be here today to speak before this Convention. I am a guest in a country I am proud to call my neighbor across the Rio Bravo. For this reason, I have chosen to speak in their language, and inasmuch as it is very new to me, I beg your indulgence of my stumbling pronunciation.

Señores miembros de la Asociación Mexicana de Geofísicos de Exploración, distinguidos invitados y amigos:

Es para mí un gran placer el haber sido invitado para presentar un trabajo y al mismo tiempo una oportunidad para estar con muchos amigos, en esta convención. Me he propuesto hablar en su propio lenguaje, rogándoles perdonen mi mala pronunciación. Agradezco al Ing. Francisco Mariel su valiosa ayuda en la traducción del tema y le doy también las gracias al Ing. Santos Figueroa a los geólogos y geofísicos que participaron en el estudio del área de la cual voy a hablar. Deseo también expresar mi agradecimiento al Ing. Lauro Yzaguirre por la cooperación que siempre me brindó para llevar a cabo la presentación de este trabajo.

No hay nada nuevo o espectacular en el tema que he escogido para presentar a ustedes. Posiblemente no tenga nuevas técnicas que ofrecer o nuevas teorías que exponer, aplicables como guía futura en sus métodos de exploración, más bien voy a recomendar algunos métodos de estudio prácticos, que he usado y los cuales considero muy provechosos. Muchas veces es importante revisar viejos conceptos y regresar a nuestros trabajos previos con el objeto de ver si conviene tomarlos como base y si es práctico completarlos con nuevos trabajos e ideas recientes.

Mi discusión de hoy es un intento para repasar algunas lecciones que nos han sido enseñadas y espero difundir nueva luz sobre cómo geólogos y geofísicos

pueden juntos cooperar en la solución de problemas difíciles en la interpretación del subsuelo.

He seleccionado como ejemplo un problema difícil en el cual en complicado sistema de fallas múltiples en una estructura, lanza un reto tanto a geólogos como a geofísicos. Sin la cooperación de ambos, combinado sus talentos y experiencia es improbable que una correcta interpretación podría hacerse. A pesar de las mejores intenciones que hay para resolver los problemas en forma conjunta, frecuentemente sucede que la información geofísica y geológica no coincide y no hay forma de ajustar estas diferencias. En casos como éste, el geólogo debe evaluar el significado de la información analizada y de los conocimientos que tenga de la historia sedimentaria y estructural del área en estudio; él debe hacer una interpretación de las condiciones existentes en relación con la información de que dispone. Una vez hecho esto, él debe examinar el resultado de sus conclusiones y determinar hasta qué punto aplicará el análisis tridimensional. Sobre todo cuando se ha hecho una interpretación, no debe considerar que sea irrevocable, ya que puede estar sujeta a reinterpretaciones usando nueva información o desarrollando nuevas ideas.

Después de todo, debemos recordar que en las cuencas sedimentarias, donde estos problemas se presentan, el subsuelo está formado de una secuencia de rocas estratificadas con propiedades que se pueden reconocer y medir en forma indirecta. Las rocas reaccionan a fuerzas físicas de acuerdo con lo establecido por las leyes de física, pero el mismo o similar resultado de estas reacciones puede ser ocasionado por diferentes causas.

Vamos a hablar ahora de las limitaciones de la información geofísica. No sería correcto decir que el geólogo no tomará en cuenta esta misma situación con respecto a su especialidad.

Es únicamente con las técnicas más avanzadas en la interpretación de registros eléctricos, el que pueda distinguirse entre las características eléctricas de una roca con respecto a otra que tenga propiedades iguales o parecidas en su composición.

Las características eléctricas que presentan tanto el agua dulce como el gas dentro de una arena, es un ejemplo de este problema, y se requiere amplio

criterio y conocimientos del medio en el cual pudo haberse realizado la acumulación, para poder distinguir una de otra.

El punto en el que trato de insistir es que, una interpretación debe estar apoyada en conceptos firmes, con el objeto de poder discutir opiniones contrarias basadas en resultados inferidos o en observaciones indirectas. Claro está que este problema se refiere a la interpretación de fallas. El geofísico tiene sus propias reglas para determinar la presencia de una falla, cuando se trata de una zona en la cual los reflejos sismológicos se pierden o están ausentes, algunas veces podrá pensar que se debe a la proximidad de un plano de falla, pero este fenómeno puede también deberse a otras causas. En otros casos puede considerar la presencia de una falla debido a un brusco desplazamiento de sus horizontes sismológicos pensando que se trata de un cambio brusco en la relación o dirección del echado. Con frecuencia los geofísicos muestran la presencia de fallas para justificar desplazamientos que no pueden explicarse o interpretarse por el momento en otra forma. Con esto no criticamos al geofísico por su error de correlación ya que si así fuera, él podría criticar también al geólogo por una mala correlación basada en registros eléctricos.

Cabe aclarar que estamos tratando de problemas a los que se han enfrentado tanto geólogos como geofísicos en los cuales no puede realizarse una interpretación normal o correcta debido a diversas causas.

El objetivo principal que se persigue no es el de criticar las diferentes opiniones, sino de unir los esfuerzos tanto de uno como de otro para llegar a una razonable solución.

Ha sido para mí un privilegio el haber realizado estudios recientes, sobre la franja sedimentaria del Eoceno, en el Noreste de México, aplicando técnicas de las cuales voy a hablar. GeoData Corporation of Tulsa, bajo la dirección de su presidente, el Sr. Ben F. Rummerfield, colaboró conmigo en el desarrollo del trabajo y la interpretación se basó en una revisión de toda la información sismológica y de subsuelo, con la cual hicimos la reinterpretación final.

Todos los sismogramas fueron revisados y en forma convencional se prepararon secciones, que sirvieron para hacer la interpretación estructural, desde el punto de vista sismológico. Este trabajo se ajustó hasta donde fue posible con las primeras interpretaciones de subsuelo, principalmente correlaciones y

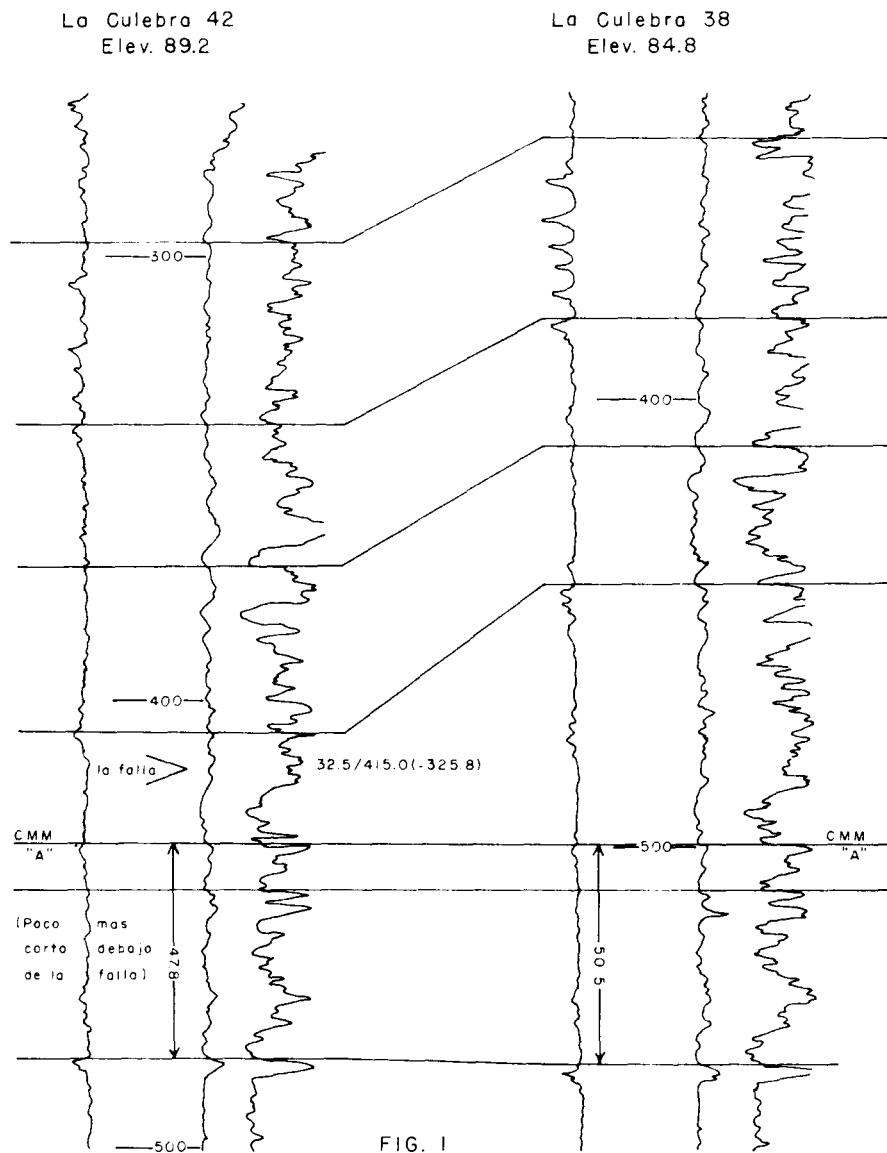
configuraciones de diferentes horizontes, apoyadas en los registros eléctricos de los pozos perforados en el área. Desafortunadamente, en esta zona tan afallada, la información sismológica es muy escasa y pobre, no pudiéndose obtener continuidad de reflejos más que en uno o dos horizontes, por lo que la mayoría de las configuraciones se hicieron apoyadas únicamente en la información de los pozos. Tomando como base los resultados de las interpretaciones, tanto de subsuelo como de sismología, fue como se llegó a las conclusiones que se mencionan en este trabajo.

En el campo Culebra de la franja sedimentaria del Eoceno, en el Noreste de México, existen muchas fallas regionales acompañadas de fallas secundarias, algunas de ellas de cierta magnitud y además complicadas por otras pequeñas fallas que únicamente pueden observarse cuando se configuran diferentes horizontes y se examina con detalle las secciones tanto transversales como longitudinales construidas con registros eléctricos.

Antes de seguir adelante, vamos a establecer básicamente en qué forma el geólogo puede postular la evidencia de una falla. Me estoy refiriendo únicamente a la interpretación de la correlación de registros eléctricos ya que es la herramienta que el geólogo de subsuelo usa con más frecuencia. Es necesario distinguir entre lo que puede ser falla, escarpado, compactación de sedimentos, discordancia, acuñamiento y otros fenómenos normales en este tipo de sedimentos terciarios de la cuenca del Río Grande. Las fallas pueden considerarse para explicar el por qué donde se espera una columna de rocas completa, algunas veces parte de ella está ausente.

Figura No. 1. En esta ilustración se muestran dos pozos tomados de un grupo convenientemente localizados para una adecuada distribución geográfica, nos muestran una secuencia sedimentaria regional. Cuando uno de estos pozos o tiene parte o toda la columna normal y un aparente adelgazamiento existe en su sección, el geólogo está capacitado para suponer la existencia de una falla, así sea que el desplazamiento corresponde a centímetros o a muchos metros.

El problema es cómo va a interpretar esta evidencia. Primero él debe establecer una relación con la información sismológica y si no existe, debe juzgar o estimar adecuadamente esta observación. Es en esta área donde deseo ilustrar la necesidad de que tanto el geólogo como el geofísico deben emplear



UNA SECCION DE COOK MT. EN EL POZO NO. 38 ESTA AUSENTE EN
EL POZO NO. 42 COMO RESULTADO DE UNA FALLA.

sus conocimientos y experiencia al mismo tiempo, reconociendo, como se dijo en un principio, las limitaciones que cada uno tiene en su especialidad.

Una parte de los registros eléctricos de dos pozos en el campo Culebra, se muestran en esta ilustración. Las marcas eléctricas de la formación Cook Mountain del Eoceno, no son muy claras, pero si se examina con detalle, podrá verse que el intervalo de la sección del pozo Culebra No. 38 no aparece en el pozo No. 42. La ausencia de parte de la sección únicamente se explica por el paso de una falla normal que corta al pozo No. 42, ya que la sección completa del pozo No. 38 está presente en todos los pozos del área.

Una vez identificada la falla en el pozo No. 42, es necesario poner en claro su significado. Siendo 32.5 metros de sección, los que faltan, conviene establecer si se trata de una falla de grandes proporciones. ¿Podrá dar lugar a mayores desplazamientos a medida que se profundiza? ¿Podría considerarse que su origen se deba a un hundimiento local de los sedimentos de esta área? Se requieren estudios de más detalle para dar respuesta a estas incógnitas.

Figura No. 2. La falla que aparece en la Figura No. 1, cortando al pozo Culebra No. 42, es la más somera y se muestra en esta sección. Esta misma falla se aprecia en el pozo gemelo 42-D. En esta sección se puede ver también el paso de otras fallas. Algunas atraviesan a la formación Queen City, extendiéndose hasta el Wilcox. Otras únicamente afectan a sedimentos del Mount Selman.

La Falla "G", mostrada en la Figura No. 1, únicamente puede ser identificada en una porción de los sedimentos del grupo Cook Mountain.

Figura No. 3. Solamente construyendo secciones y configurando la mayor parte de los horizontes, es posible determinar la extensión, tanto vertical como horizontal, de todas las fallas, sobre las que se tiene control. El plano que aparece en esta figura muestra la falla que corta a los pozos Culebra 42 y 42-D, observándose que su extensión es realmente pequeña, las configuraciones de la formación Yegua y abajo del Queen City no muestran su presencia. Sin la correlación de los registros eléctricos, secciones y configuraciones, así como los horizontes productores, fallas de este tipo no podrían detectarse. Es importante el poder reconocer este tipo de fallas realmente someras, porque en algunos casos el desplazamiento que provocan a profundidad puede dar lugar a trampas favorables para la acumulación de hidrocarburos.

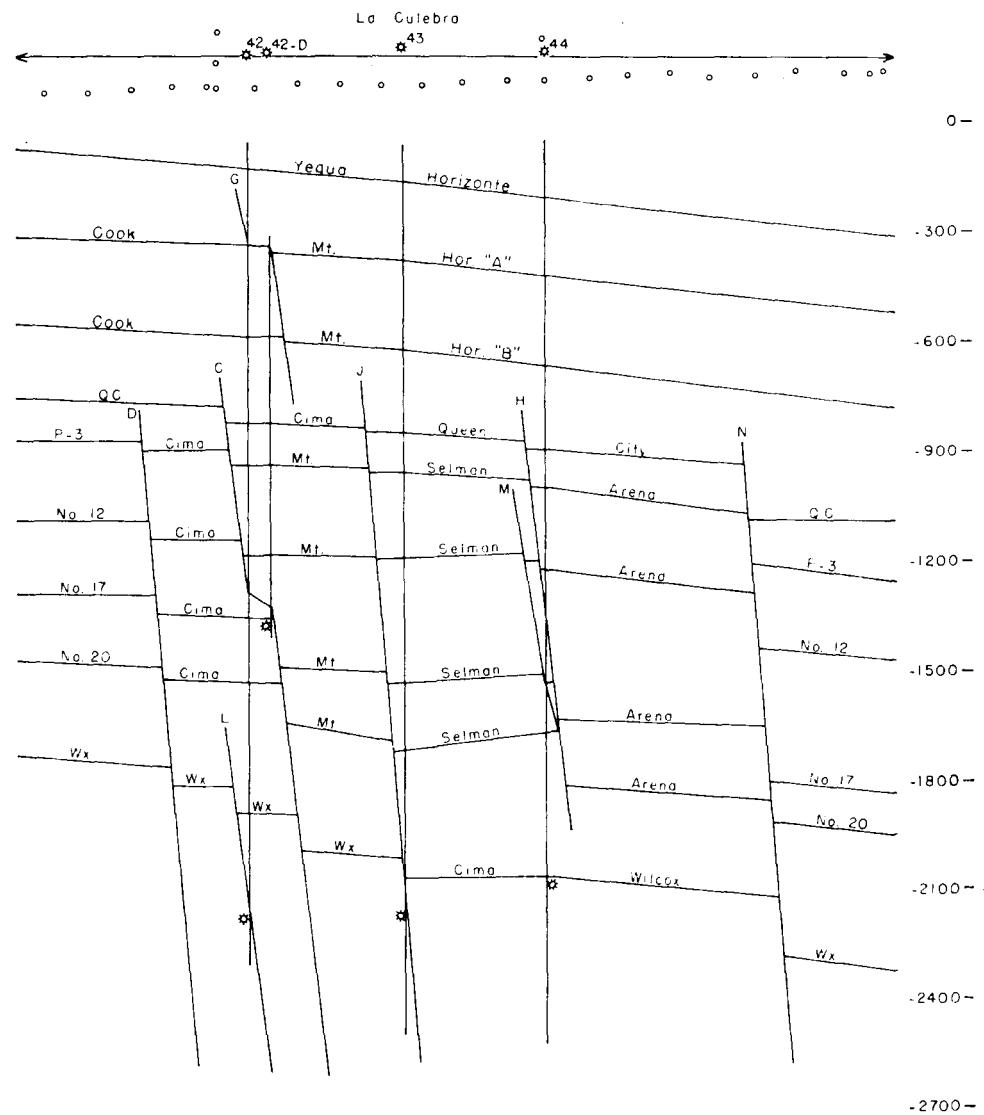


FIG. 2 SECCION DE ALGUNOS POZOS EN CAMPO CULEBRA
MOSTRANDO LAS FALLAS Y SU EXTENSION VERTICAL.

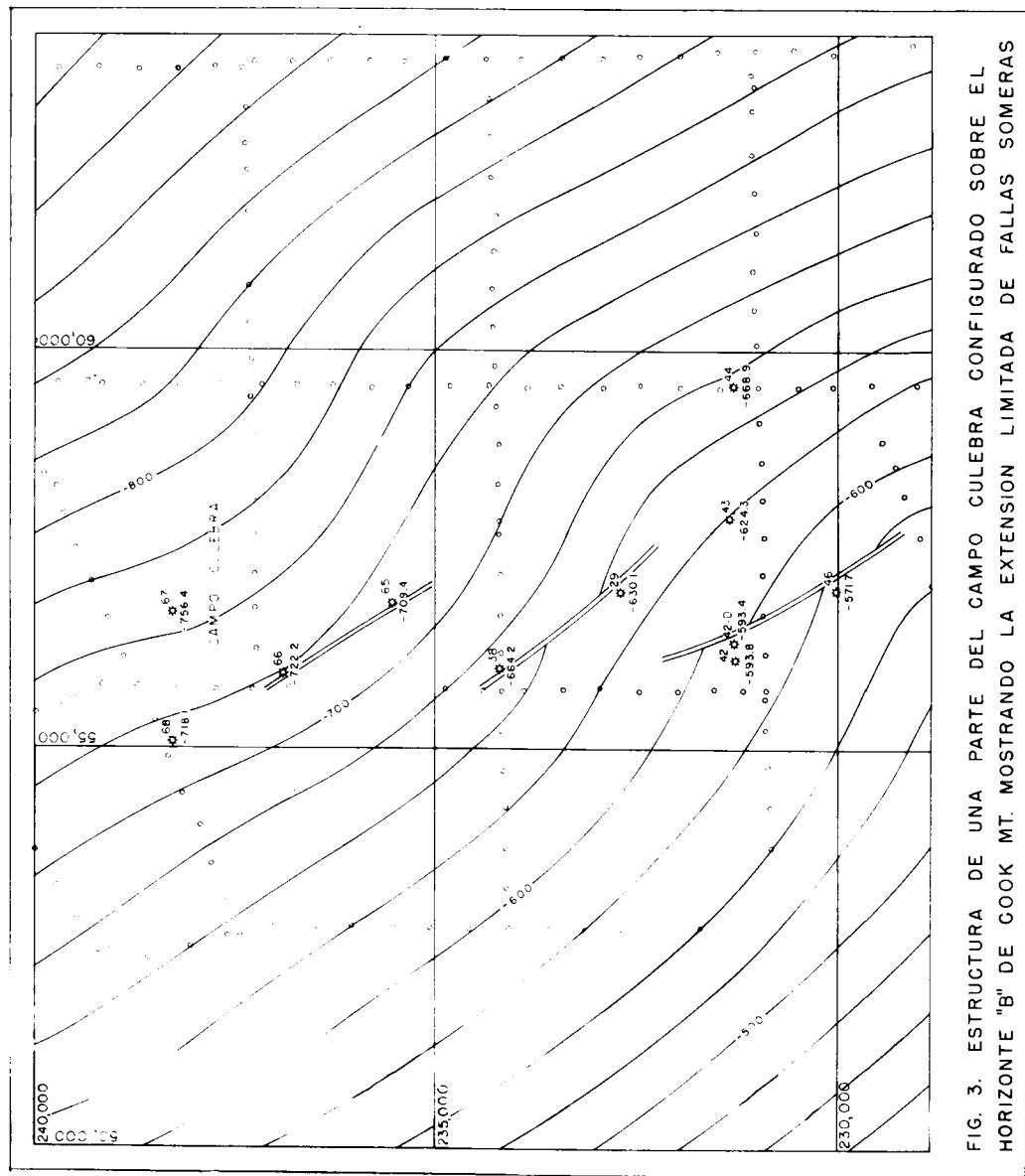


FIG. 3. ESTRUCTURA DE UNA PARTE DEL CAMPO CULEBRA CONFIGURADO SOBRE EL HORIZONTE "B" DE COOK MT. MOSTRANDO LA EXTENSION LIMITADA DE FALLAS SOMERAS

Fallas de este tipo y a esta profundidad no pueden verse en las secciones sismológicas y no sería razonable encontrar su evidencia a menos que cortara sedimentos profundos y que su desplazamiento vertical sea tal, que pueda determinarse por medio de un control de la información de pozos, como se muestra en estas tres primeras figuras.

Dos fallas más con características similares aparecen en este plano. La que aparece más hacia el norte es mostrada y discutida en las dos siguientes figuras.

Figura No. 4. Una parte de los registros eléctricos de los pozos Culebra 66 y 68, aparecen en esta figura y muestran otro ejemplo de este tipo de fallas someras, ya observadas en las figuras anteriores. Una falla muy pequeña, con un desplazamiento de únicamente 21.9 metros, puede observarse en el pozo Culebra 66 y gracias a un análisis de detalle, pudo verse que una sección realmente delgada, la cual aparece en otros pozos del campo, en el pozo No. 66 está ausente por efecto de la falla.

Al igual que el caso anterior, solamente con el trabajo de detalle pudo llegarse a una solución correcta.

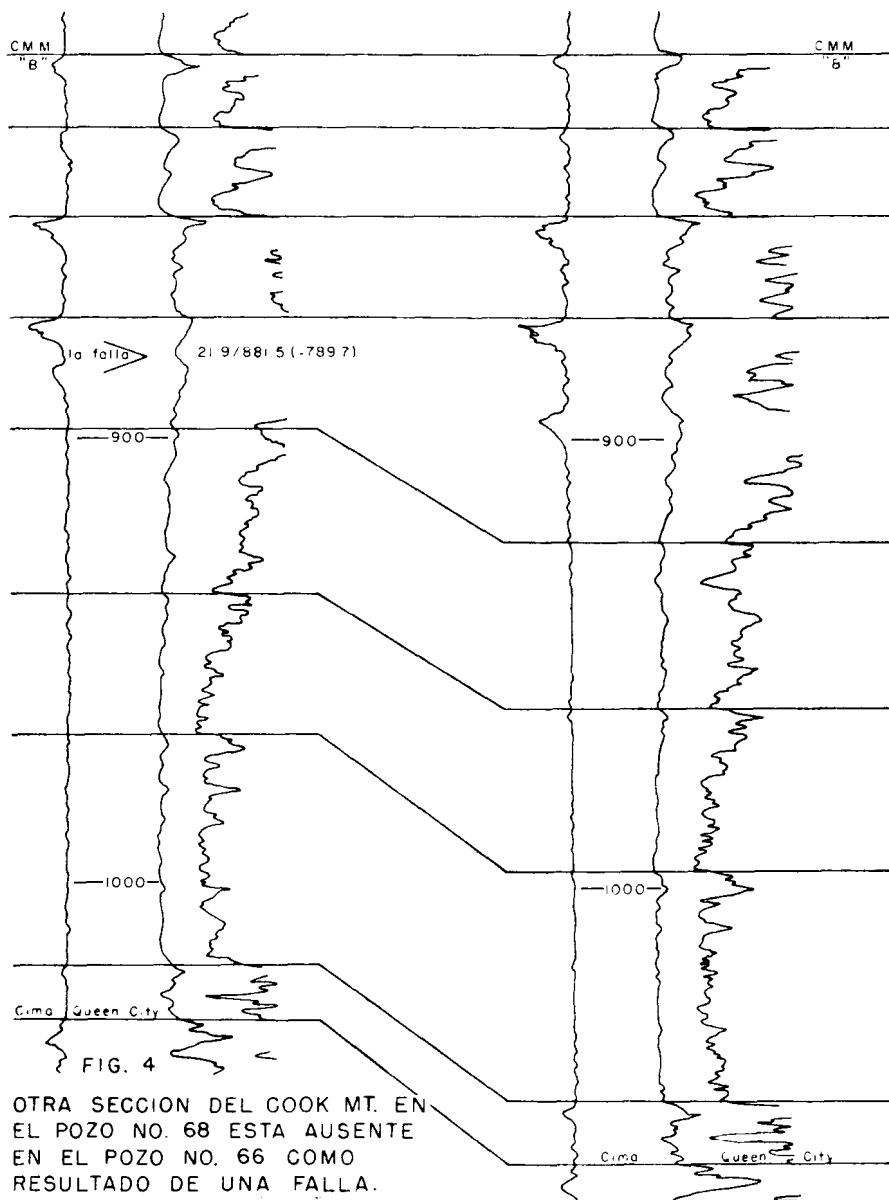
Figura No. 5. Esta sección a través del pozo Culebra 66, muestra que esta falla no corta ni se extiende tanto dentro de los sedimentos del Mount Selman, como la primera falla. En las configuraciones de la cima de la formación Yegua y la marca "A" del Cook Mountain, no se aprecia la existencia de esta falla, sin embargo, en todos los horizontes abajo de la arena Mount Selman No. 20, la falla se ve con claridad.

Figura No. 3. Este plano, mostrado anteriormente, nos define la extensión lineal de esta falla, reconocida a través de los diferentes horizontes configurados. Al mismo tiempo la técnica empleada en estos casos evita cometer errores en la correlación para el control de fallas profundas, ya que la misma fuente de información es usada en las configuraciones coincidiendo con la construcción de secciones.

Como se dijo en el primer ejemplo, este tipo de fallas someras no puede verse en las secciones sismológicas, y si la configuración del grupo Mount Selman se hace sin mostrarlas, debe considerarse incorrecta, ya que la relación de

La Culebra 66
Elev. 91.8

La Culebra 68
Elev. 94.9



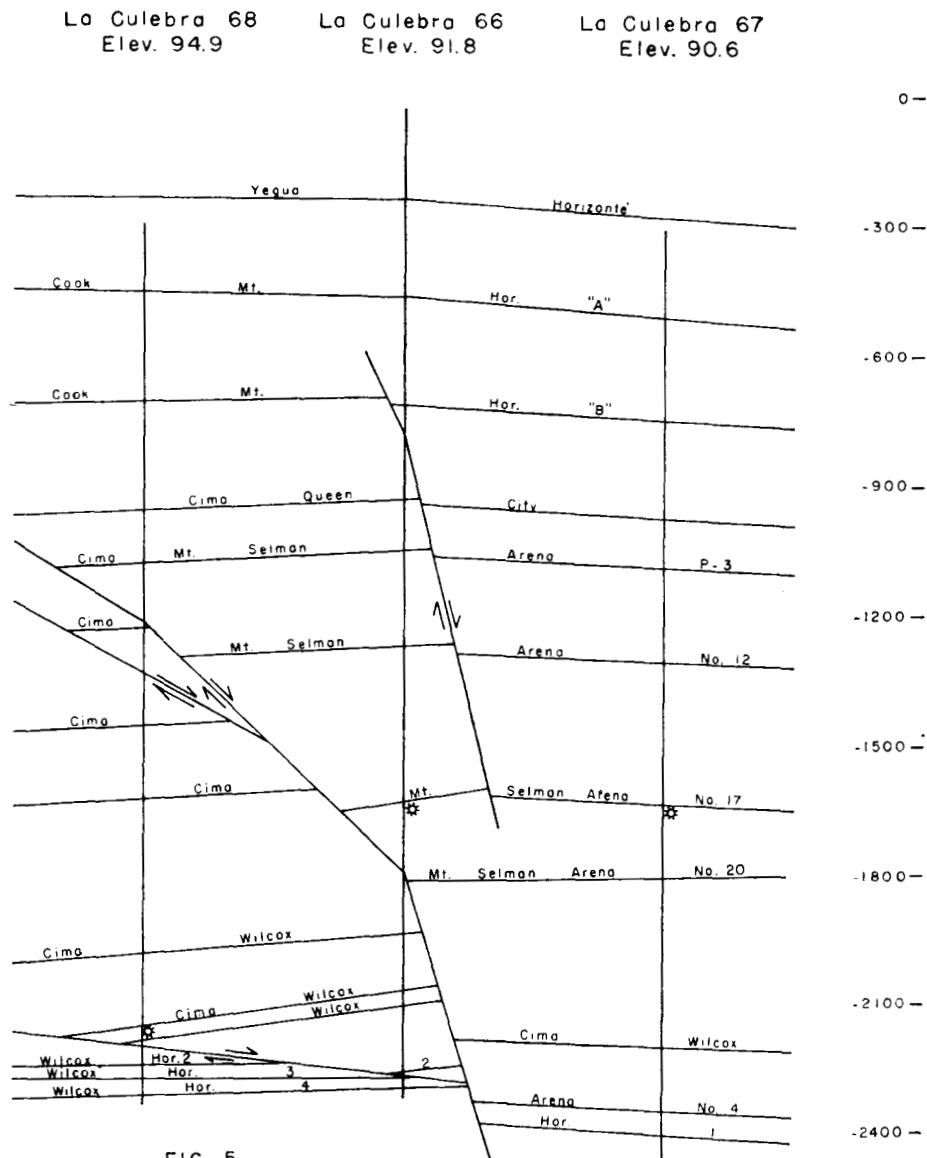


FIG. 5

SECCION ESKEMATICA ILUSTRANDO AFALLAMIENTO EN LOS
POZOS LA CULEBRA NOS. 68 Y 66.

2700 —

estas pequeñas fallas con la existencia de trampas que favorezcan la acumulación de hidrocarburos, puede perderse.

Figura No. 6. Una vez identificadas todas las fallas en cada uno de los pozos y en las líneas sismológicas, el siguiente paso es determinar la posición que guardan y con el apoyo de toda la información sismológica y de subsuelo construir un plano de fallas. Este plano muestra la porción del campo Culebra, en la cual aparecen las fallas anteriormente mencionadas. El plano de una falla se puede representar en planta con valores conocidos, en la misma forma que se representa cualquier monocinal, conociendo el valor del rumbo y del echado. El echado del plano de una falla puede ser determinado por medio de líneas sismológicas o también se puede calcular tomando como base el paso de la falla a diferentes profundidades en una serie de pozos. En general, cuando se tiene problema para definir el echado del plano de una falla, el ángulo de inclinación puede suponerse equivalente o similar al de otras fallas presentes en el área donde se sabe que los esfuerzos que las han provocado son equivalentes en tiempo y las formaciones afalladas son concordantes y de la misma edad. En el área que se ilustra las fallas son escalonadas con sus bloques caídos hacia el Este con un echado promedio de 70°. La mayoría de estas fallas están configuradas con intervalos de 500 metros, variando en algunos casos en relación con el control de que se dispone. Por ejemplo, la primera falla en los pozos Culebra 66 y 65 el valor más somero es —600 metros y la falla que corta a los pozos Rodeo 3 y 4 está configurada únicamente entre —250 y —750 metros, debido a lo explicado anteriormente en que los límites superficiales son conocidos. Estos casos solamente se presentan donde se cuenta con amplio control.

Me gustaría señalar aquí que el grupo de fallas hacia el Oeste únicamente pueden ser identificadas y configuradas con la interpretación de datos de pozos y la prolongación de estas fallas hacia el Este sólo puede mostrarse utilizando los datos sismológicos, careciendo de exactitud debido a la ausencia de pozos. Por lo tanto, para construir un plano de fallas en esta área, con la máxima exactitud, es necesaria una completa coordinación de los estudios sismológicos con los de geología de subsuelo.

Cuando el plano de una falla ha sido configurado, todos los puntos de control, tanto sismológicos como los de pozos, deben ser ajustados, ya que sería incorrecto hacer la interpretación partiendo de un pozo en el cual el paso de la

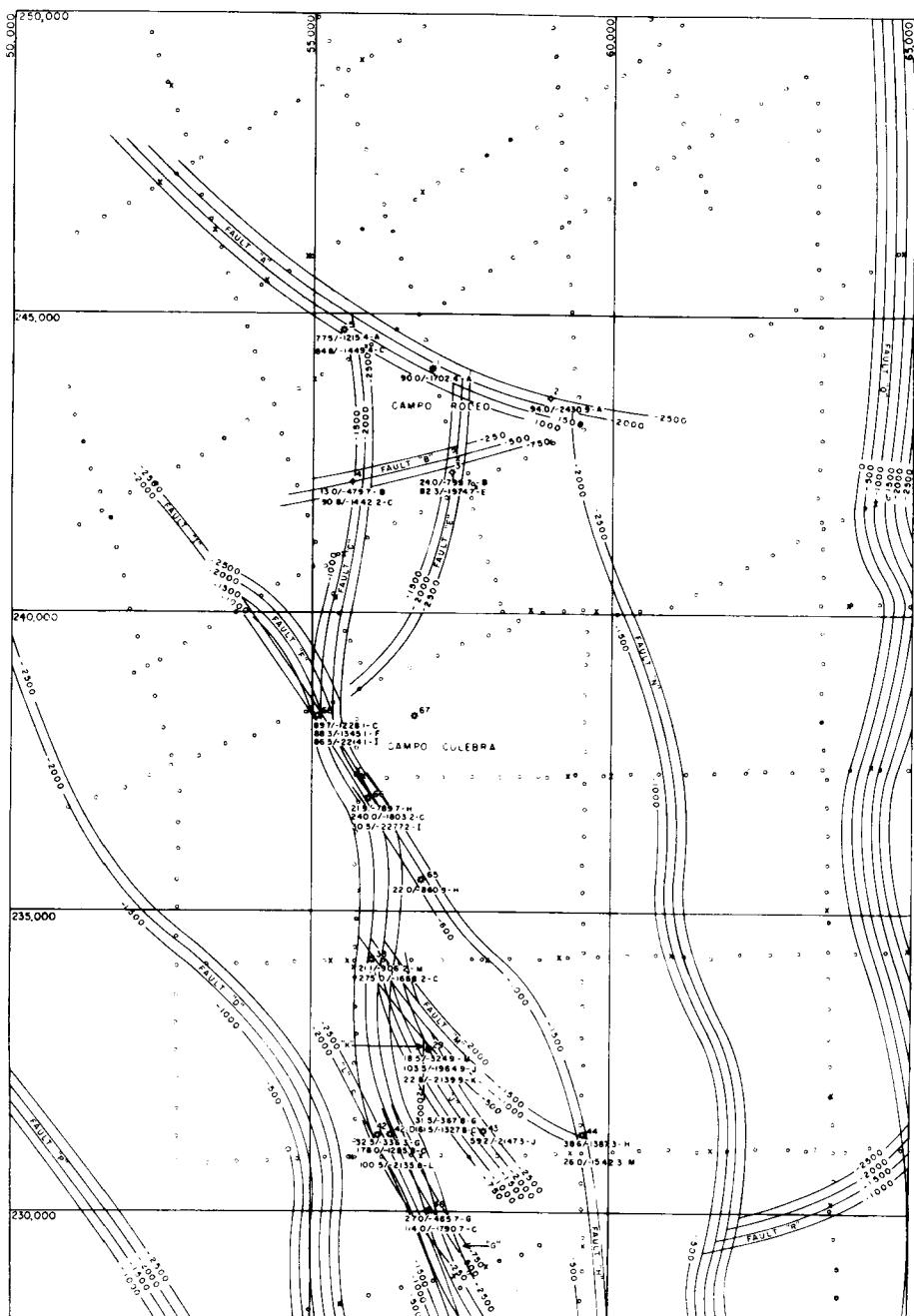


FIG. 6 PLANOS DE FALLAS CONFIGURADOS CON DATOS SISMICOS Y DE LOS POZOS EN UNA PARTE DEL CAMPO CULEBRA

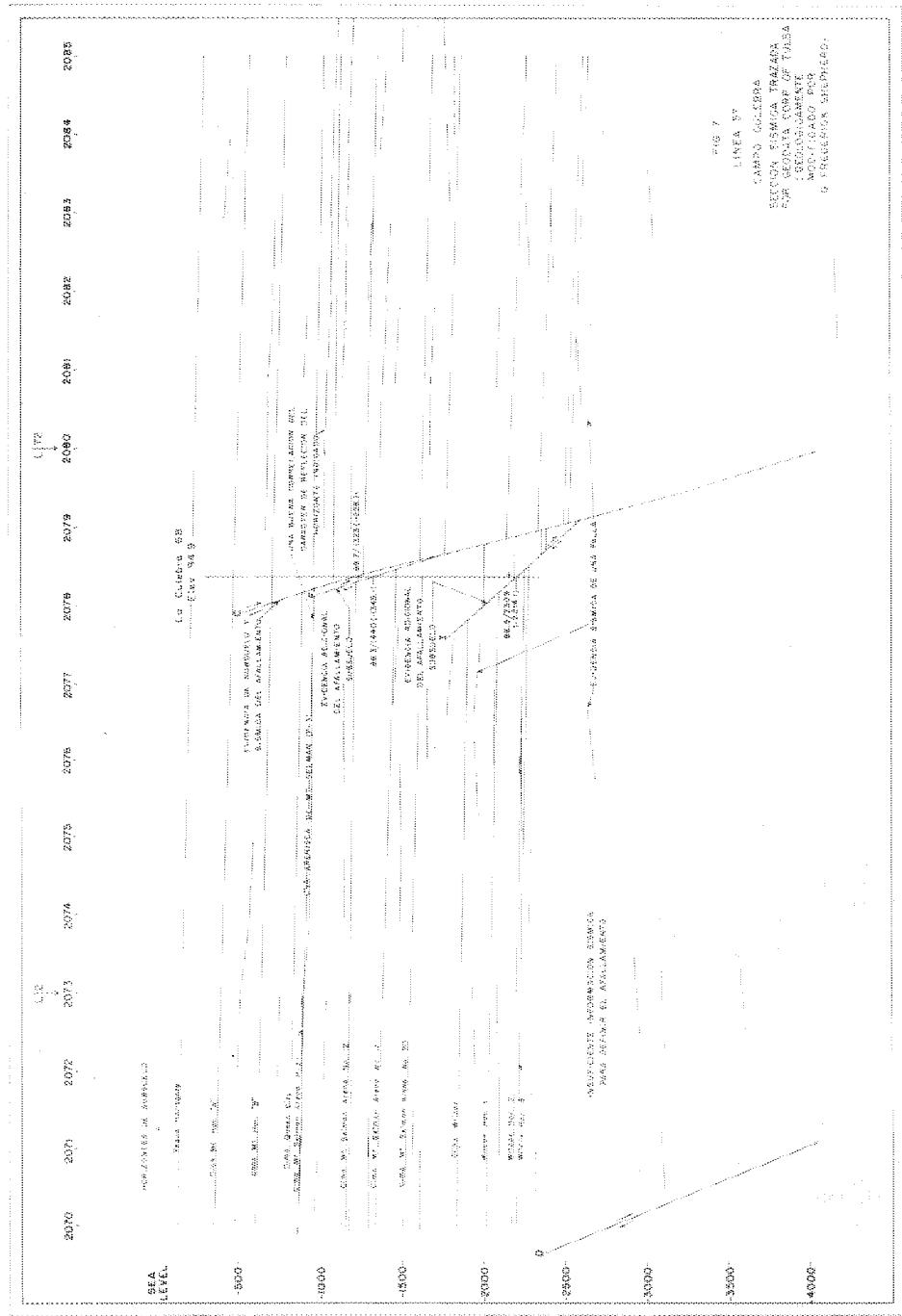
falla no se vea, a menos que pueda demostrarse que la falla corta al pozo arriba o abajo de la sección registrada. Vamos a examinar esta interpretación apoyada en información sismológica.

Figura No. 7. Esta es una sección convencional de la línea No. 57, y muestra una clara escasez de información. Una falla ha sido detectada a partir de esta información sismológica, a través del pozo Culebra 68. La base para su determinación fue la correlación del horizonte sismológico sobre el grupo Mount Selman, el cual se indica. Nueva evidencia de la falla se indica aproximadamente a —2700 m. en esta interpretación. Debido a la falta de horizontes reflejantes, no pueden mostrarse otras fallas abajo de los horizontes arenosos del Mount Selman, considerándose la información pobre, para definir otras fallas.

Es aquí donde la interpretación sismológica llega a su límite y el geofísico debe reconocer que es necesario considerar las evidencias de afallamiento apoyadas en la información de registros de pozos. Tal como se muestra en esta figura y en la No. 5, existen tres fallas en el pozo Culebra No. 68, teniendo cada una un desplazamiento que pasa de los 80 metros, con un total de aproximadamente 265 metros. El plano geológico de este afallamiento múltiple, está de acuerdo con la interpretación sismológica y es un ejemplo claro de la necesidad de emplear la combinación de los datos sismológicos con los de geología de subsuelo para la interpretación más correcta de una estructura de este tipo.

He marcado en color rojo varios horizontes de subsuelo en los cuales la configuración es posible con información de pozos. Esta sección muestra el resultado de la interpretación sismológica debido a la ausencia de horizontes reflejantes.

Figura No. 8. En esta figura se puede ver la interpretación sismológica de esta área, en la cual las limitaciones de la información sismológica son claras. Por ejemplo, solamente dos fallas aparecen en el pozo Culebra No. 68 y la falla que corta a los pozos 65 y 66 es considerada como una de las que cortan al pozo Culebra 68. Sin embargo, entre los pozos Culebra 66 y 68 hay un desplazamiento negativo sobre el bloque alto hacia el bloque bajo de la falla. La sección en la Figura No. 5, muestra lo contrario. El procedimiento a seguir en el estudio de las fallas cercanas a los pozos Culebra 38, 29 y 42, en parte, es uno de los objetivos de la interpretación y hay claramente un límite hasta donde



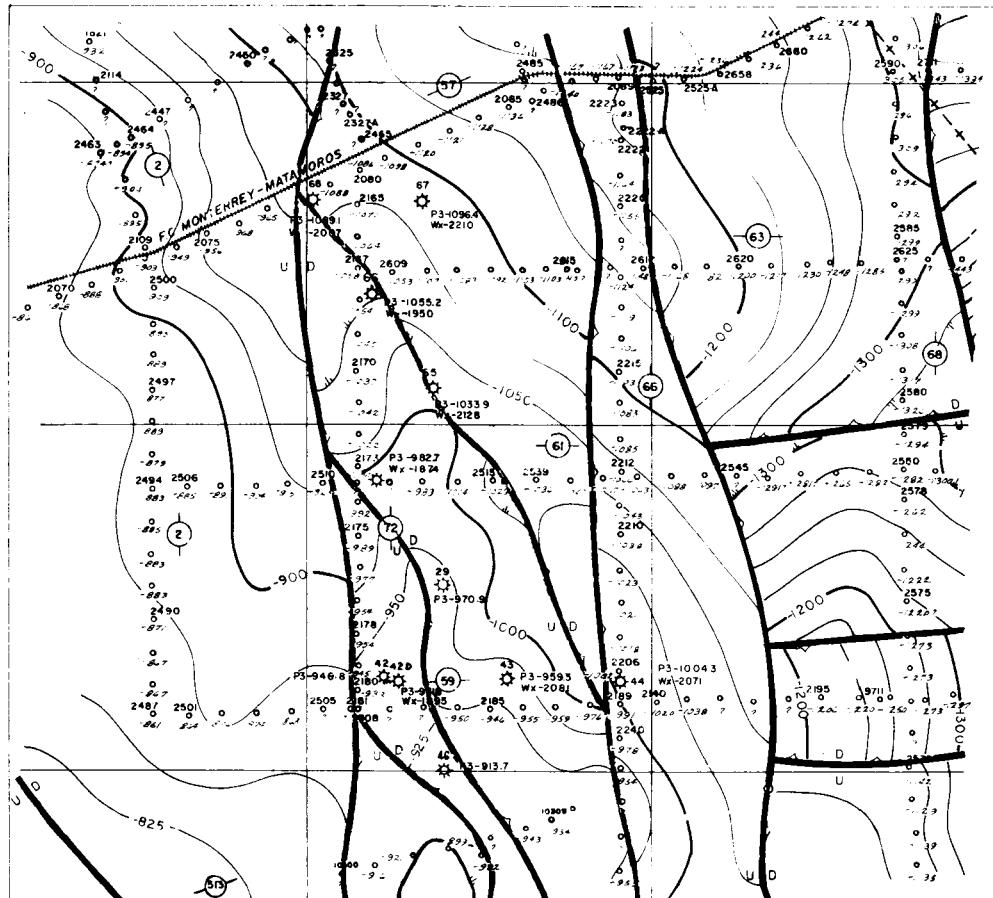


FIG. 8 - INTERPRETACION SISMICA EN UNA PARTE DEL CAMPO CULEBRA CONFIGURADO SOBRE UNA AREA ROCA DEL MT SELMAN.
[FDS GEOPATA CORP OF TULSA]

la exactitud puede llegar, hacia el cual tanto el geólogo o el geofísico separadamente o juntos podrían describir la geometría del espacio, de un área afallada en forma tan complicada, de este tipo.

Figura No. 9. Esta figura nos muestra la interpretación estructural de un mismo horizonte configurado con datos sismológicos y de geología de subsuelo. Este es uno de los nueve planos de configuración de diferentes horizontes, combinado con más de 20 secciones, sobre las cuales se ha basado la interpretación. El tiempo de que disponemos no permite mostrar todos los planos y secciones, pero es importante hacer notar que solamente trabajando con tal detalle, es como se puede llegar a obtener la máxima exactitud. Por ejemplo, la tercera y más profunda falla en el pozo Culebra 68, está configurada únicamente sobre un horizonte de la formación Wilcox. Uno debe estar siempre preparado para revisar una interpretación de este tipo cuando se cuente con información disponible. Hasta que no se obtenga un perfecto control para definir la geometría en el espacio del plano de una falla, alguna latitud deberá ser admitida al estar interpretando la información.

Figura No. 10. Esta última figura muestra un ejemplo de la aplicación de las mismas técnicas descritas en este trabajo y nos enseña uno de los primeros pasos a seguir, los cuales pueden ser utilizados por los geofísicos en el análisis de información sismológica en áreas afalladas. Este plano es de un área sobre la franja sedimentaria del Oligoceno-Vicksburg, cerca del campo Comitas en el Noreste de México. Cada línea fue estudiada para determinar los límites echado arriba y echado abajo de cada una de las fallas observadas y la posición del plano de fallas a diferentes profundidades es mostrado en este plano, habiéndose construído en la forma que se mencionó anteriormente. Ustedes van a observar, por ejemplo, que en la falla principal del centro, fueron localizados dos pozos: Castillo Poniente No. 1 y el Becerro No. 4. Antes de que se complete una interpretación final de esta área, un estudio de geología de subsuelo deberá hacerse con la información de los pozos que se han perforado y la interpretación que se obtenga de las fallas existentes, deberá coordinarse con la interpretación de los geofísicos. Así como en el caso de las fallas en el campo Culebra, algunas modificaciones en la interpretación son de esperarse, sin hacer a un lado el control sismológico. La interpretación final será realizada por geólogos y geofísicos, resolviendo juntos, las diferencias que puedan existir, ya que habiendo

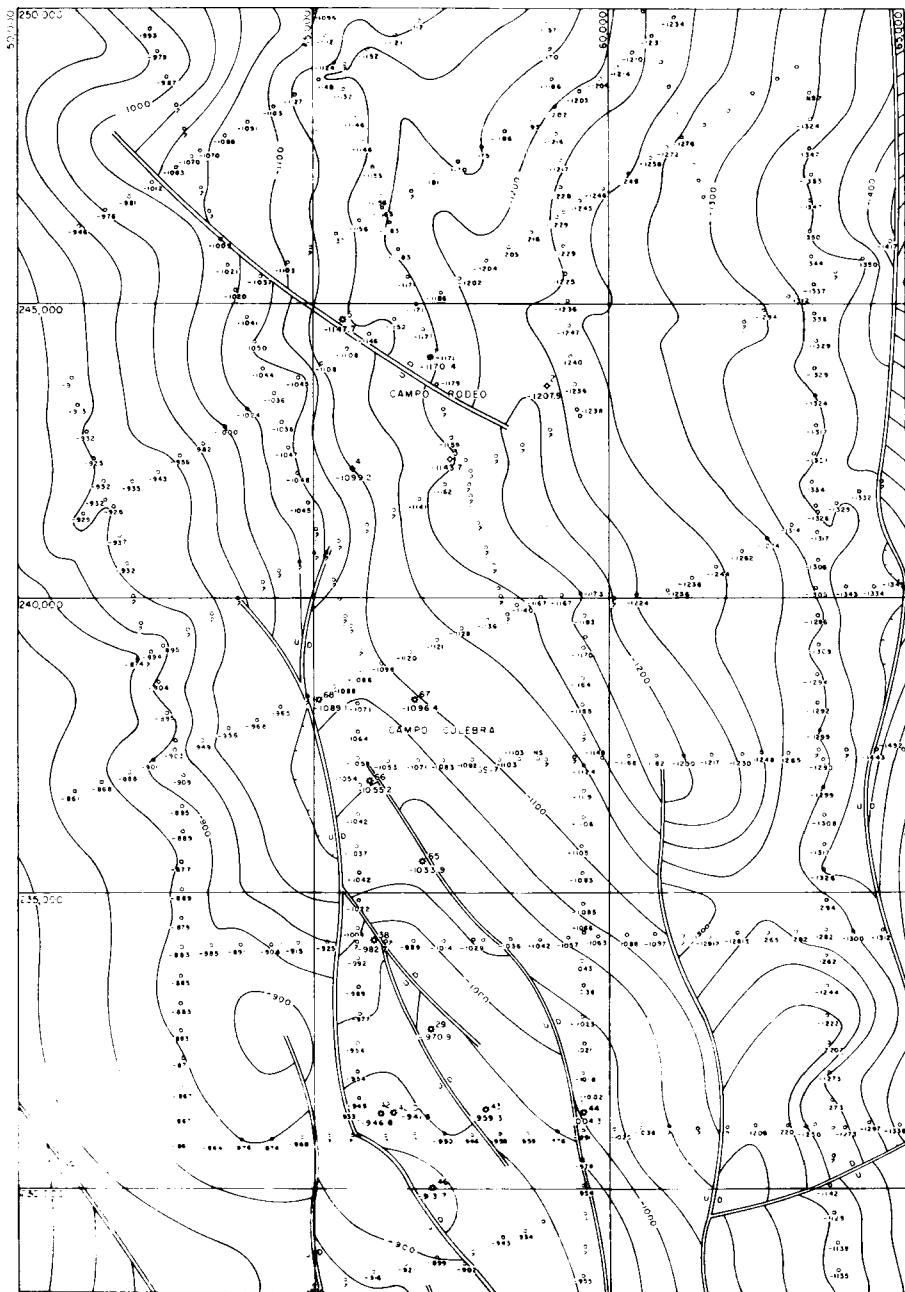


FIG. 9 INTERPRETACION DE SUBSUELO BASADA EN DATOS SISMICOS Y DE LOS POZOS EN UNA PARTE DEL CAMPO CULEBRA CONFIGURADO SOBRE UNA ARENISCA DEL MT. SELMAN

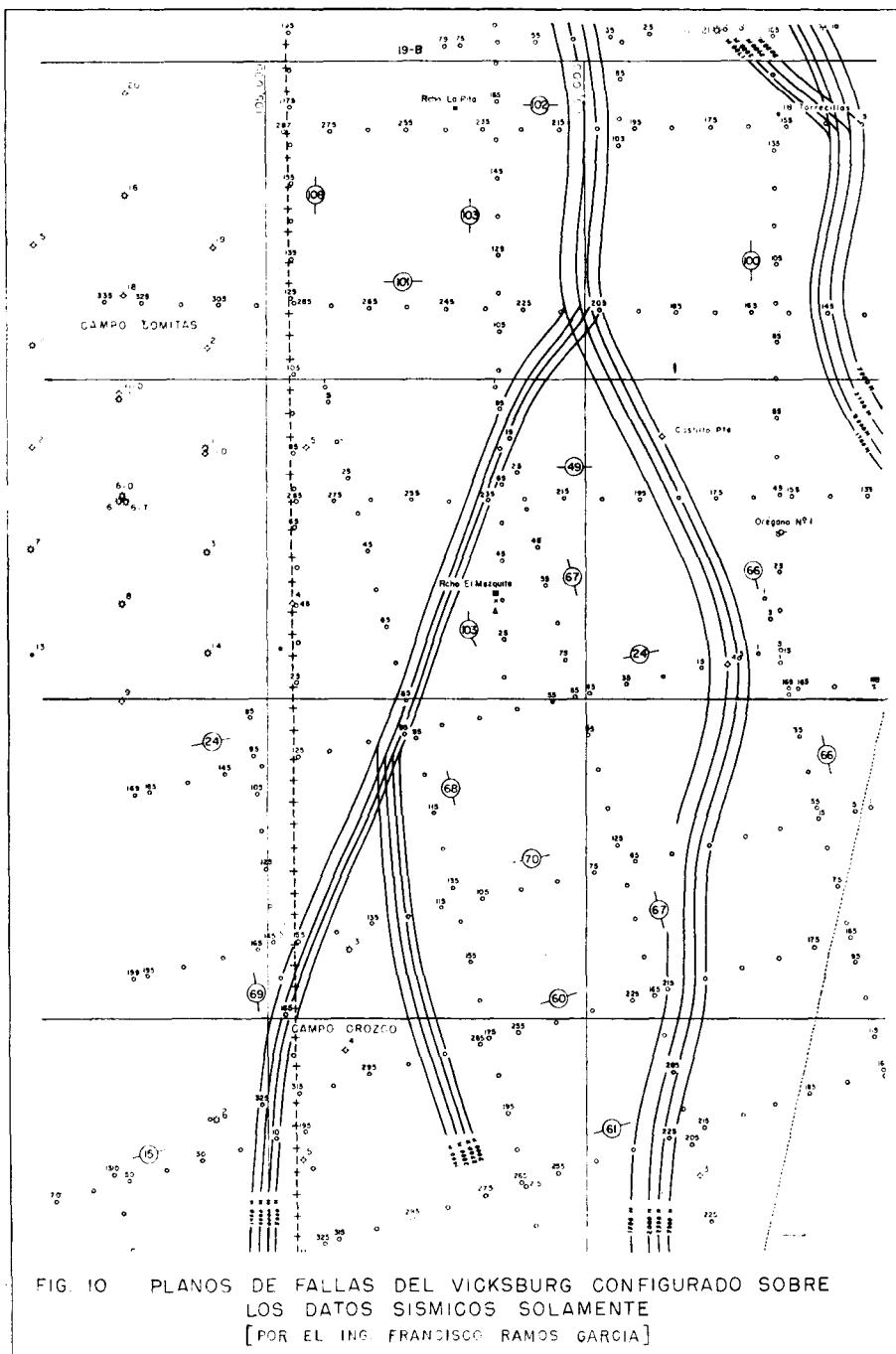


FIG. 10 PLANOS DE FALLAS DEL VICKSBURG CONFIGURADO SOBRE
LOS DATOS SISMICOS SOLAMENTE
[POR EL ING. FRANCISCO RAMOS GARCIA]

puntos en que coincidan. esto no debe esperarse que suceda en todos los horizontes configurados ni en todas las secciones que se construyan.

En resumen y de acuerdo con mis observaciones, en todo el Terciario de la cuenca del Noreste de México y en las porciones vecinas del Sur de Texas, mucha acumulación de hidrocarburos está asociada con estructuras y trampas formadas por fallas normales, frecuentemente asociadas con fallas secundarias o fallas de acomodo de extensión limitada. En lugares donde no exista esta relación tan importante para la acumulación de hidrocarburos, aquellos estudios de detalle que han sido descritos, serán de interés puramente académico y por lo tanto, tendrán poco valor práctico en el campo de la exploración.

Cuando uno observa este tipo de afallamiento en áreas con suficiente control de pozos y otras fallas son detectadas únicamente por métodos sismológicos, donde no se han perforado pozos, es lógico esperar que las evidencias sismológicas respecto a la existencia de fallas sean menos complicadas, pero cuando se perfore un grupo de pozos apoyados en la interpretación sismológica en el área afallada, la falla detectada originalmente es de esperarse que resulte más complicada.

Es así como el equipo de geólogos y geofísicos de exploración pueden ganar mucho, entendiendo el carácter de las estructuras en las cuales el aceite y el gas han sido descubiertos en épocas pasadas, pudiendo apreciar también el medio en el cual el trabajo de exploración se ha realizado. Los geofísicos de exploración pueden obtener beneficio, poniéndose de acuerdo con los geólogos respecto a lo que puede esperarse de áreas que no han sido perforadas, así como también coordinando la nueva información sismológica, con los datos de los pozos perforados en las cercanías. La cooperación entre las dos especialidades dará como resultado un éxito completo en la exploración.

PALABRAS DE BIENVENIDA DEL PRESIDENTE DE LA A.M.G.E.
EN LA INAUGURACION DE LA IV CONVENCION NACIONAL
EN COATZACOALCOS, VER.

Una vez más la Asociación Mexicana de Geofísicos de Exploración tiene la oportunidad de celebrar una convención que dará lugar a un saludable intercambio de ideas, experiencias y propósitos, que lleve a elevar el nivel profesional y social de sus agremiados para así prestar un servicio más eficiente a las empresas e instituciones con quienes laboran, servicio encaminado al progreso y engrandecimiento de nuestro país.

Considerando las crecientes necesidades energéticas de México, así como de materia prima para alimentar a la pujante industria petroquímica, de la que esta región es un brillante exponente, es fácil comprender que la industria petrolera constituye uno de los pilares fundamentales sobre los cuales descansa la actividad económica de la nación. No dejamos de reconocer la contribución actual de otras fuentes tales como el carbón, la energía hidráulica y la energía geotérmica, y la promesa de la energía nuclear. Pero es indudable que en el futuro, aun con ellas interviniendo en mayor proporción que en la época presente, será necesario continuar la exploración geológica del subsuelo en busca de nuevos yacimientos que permitan satisfacer las demandas de combustibles y lubricantes, así como de la materia básica para la obtención de gran número de productos industriales, y de fertilizantes requeridos para enriquecer las tierras dedicadas a la agricultura.

Otras fases de la actividad exploratoria, aunque con menor intensidad, las encontramos en la búsqueda de minerales de valor económico y en la localización de aguas subterráneas. Además, con ella se relacionan también aquellas aplicaciones que ayudan a resolver ciertos problemas de la ingeniería civil.

En toda esa labor, la geología y la geofísica se complementan mutuamente para llegar a resultados de utilidad práctica con un mínimo de esfuerzo,

tiempo y costo. La primera de ellas, ciencia más antigua, dió lugar al nacimiento de la segunda por la necesidad que tenía de nuevas herramientas para probar sus hipótesis mediante experimentos.

Es interesante señalar que la geofísica aplicada a la investigación petrolera, a diferencia de la geología, es una actividad relativamente joven que apenas ha cumplido 50 años de vida, de la cual me permitiré mencionar algunas fechas de su historia. Fue precisamente en el año de 1917 cuando Reginald Fessenden obtuvo en los Estados Unidos una patente sobre “Métodos y Aparatos para Localizar Cuerpos Minerales”, siendo la primera que sugería el método sísmico para explorar las riquezas del subsuelo. Y en ese mismo año Hugo von Boeckh, publicó en Viena un trabajo llamando la atención a la posibilidad de que los anticlinales y domos podrían ser localizados por medio de la balanza de torsión de Eötvös. Una de las primeras exploraciones con este instrumento se hizo en México, en el campo de Naranjos, sobre la Faja de Oro, en marzo de 1923. En la misma región, pero sólo un mes después, se experimentó con el sismógrafo mecánico de Mintrop observando algunas líneas de refracción. Después, con el advenimiento de la válvula electrónica, se desarrolló el sismógrafo eléctrico, que se aplicó tanto a trabajos de refracción como de reflexión. Por la misma época, se inició la exploración magnética con balanzas tipo Schmidt en busca de estructuras petroleras y se empleó el primer gravímetro moderno.

En 1936 Frank Rieber publicó sus trabajos sobre el “Sonograph”, precursor de los actuales sistemas de grabación en cinta magnética. En 1942 se iniciaron las exploraciones sismológicas marinas con el método de refracción en aguas del Golfo de México, frente a las costas de Texas y Louisiana. En 1946 entró en la exploración el magnetómetro aéreo de núcleo saturable, con los perfeccionamientos que le fueron incorporados durante su uso bélico en la II Guerra Mundial.

En 1948 se inició el desarrollo del transistor, elemento de enorme importancia tecnológica que posteriormente habría de revolucionar la instrumentación geofísica. En 1955 McCollum ofreció el “Thumper”, dispositivo para la producción de energía sísmica mediante la caída de una masa pesada. En ese mismo año entró en operación un nuevo tipo de magnetómetro basado en el fenómeno de precesión nuclear.

Y en la última década la sismología ha visto el perfeccionamiento de las técnicas e instrumentación de campo buscando el incremento de la relación

señal-ruido, han proliferado los métodos no explosivos para la generación de energía, ha mejorado notablemente la presentación de secciones, se hizo general la grabación analógica en cinta magnética y se ha iniciado la grabación en cinta digital, y cada vez se utilizan más los procesos de información mediante el empleo de computadoras electrónicas. Por otra parte, han aparecido los nuevos magnetómetros de bombeo óptico: de helio, cesio y rubidio, caracterizados por su alta sensibilidad.

Es evidente que en la reseña anterior se han omitido por brevedad las técnicas geofísicas de registros de pozos, tan importantes para los geólogos y los ingenieros petroleros. Y por la misma causa no se ha hecho mención específica de los métodos eléctricos y radioactivos, cuya aplicación está fuera de duda para la solución de determinados problemas en otras ramas de la exploración.

En la actualidad es impresionante el esfuerzo exploratorio que se desarrolla en todo el mundo para desentrañar del subsuelo las riquezas que atesora. Cada país en particular desarrolla una actividad cuya magnitud depende principalmente de sus mercados, de sus reservas probadas y potenciales, y de factores económicos diversos. Para 1966, de acuerdo con las estadísticas preparadas por la Sociedad Americana de Geofísicos (S.E.G.), se realizó en los Estados Unidos una operación sismológica que puede apreciarse por las cifras relativas siguientes: un 34% de grabación de campo en cinta digital, un 22% de uso de fuentes no explosivas de energía, un 88% de cubrimiento múltiple o de punto de reflejo común.

A pesar del carácter fundamental de la exploración, es oportuno señalar que su importancia no es fácilmente advertida por el hombre de la calle, quien se ve fuertemente impresionado por lo grandioso y monumental de las torres de perforación, los oleoductos, las plantas de bombeo, las refinerías y los complejos petroquímicos. Debajo de todas esas maravillas innegables se encuentra la labor poco espectacular de los técnicos y obreros que las han precedido, que han dedicado su esfuerzo durante muchos años a la realización de rudos trabajos de campo en climas insalubres y a la laboriosa integración de datos del subsuelo que conducen a la localización de pozos exploratorios. Toda esta tarea queda todavía sujeta para su éxito al azar, constituido por un sinfín de factores cuyo conocimiento es frecuentemente impredecible por la complejidad de la naturaleza misma.

Los geofísicos estamos conscientes de una responsabilidad que, necesariamente, tiene que ser compartida con aquellos técnicos de ramas afines dentro de la exploración, como son los geólogos, los petroleros y los mineros, así como con otros especialistas empeñados en la tarea de dar a la nación los combustibles y materias básicas para mover la maquinaria industrial, sobre la cual se asienta el progreso económico.

A tal responsabilidad sólo puede responderse eficientemente manteniéndose alerta a toda nueva idea que permita comprender mejor nuestra profesión, especialmente en esta actividad tan dinámica como lo es la geofísica aplicada en donde todavía hay muchos desafíos, muchas incógnitas, a las cuales hay que dar una respuesta.

Hay mucho por aprender, tanto en el aspecto de intercambio de conocimientos como en la no menos importante fase de cooperación profesional, para lograr una efectiva actuación de equipo entre todos nosotros, base fundamental que permita alcanzar las metas a las que aspiramos tanto individual como colectivamente. Estas razones, por sí solas, justifican la celebración de eventos técnicos, como el que hoy se inicia en esta ciudad y puerto de Coatzacoalcos, de gran tradición petrolera y de gran porvenir para el futuro del país.

Sabemos que los problemas que se presentan al técnico de exploración, y en particular al que se dedica a la búsqueda de yacimientos petrolíferos, son cada día más complejos. A pesar del notable adelanto logrado en los medios materiales para obtener datos del subsuelo, sigue siendo una verdad fundamental que la fase de interpretación, en la cual pone el individuo su dósis de ingenio y audacia, es la que permite llegar a conclusiones de orden práctico. Como en otras ramas de la ingeniería, es preciso tomar decisiones aun cuando la información disponible sea incompleta.

Cada vez tenemos mejores herramientas para desempeñar nuestro cometido, pero debemos recordar que no hay herramienta infalible y posiblemente nunca la haya. Lo anterior no implica que nos encontremos en una situación desesperada, pero sí nos hace reflexionar sobre la conveniencia de profundizar nuestros conocimientos teóricos y prácticos en relación con la ocurrencia de los fenómenos geológicos y geofísicos, que no son tan sencillos como quisiéramos. Esto requiere de parte de nuestro gremio el mantener una actitud de constante interés y superación, que nos proporcione seguridad en nuestra labor y satisfacción personal.

Dada la presión que constantemente se ejerce sobre los técnicos dedicados a funciones de operación, éstos carecen con frecuencia de tiempo y preparación para abordar aunque sea en forma somera los tópicos que constituyen la base misma de los trabajos exploratorios. Es esta situación real la que hace necesario que los investigadores compartan sus conocimientos, y que éstos a su vez se beneficien con la experiencia de los que pasan gran parte de su vida en las duras labores de campo.

La industria de la exploración geofísica se ha visto vigorizada con el advenimiento de nuevos talentos, especialmente en la fase de proceso de la información mediante el empleo de computadoras electrónicas cuya potencialidad es aun imprevisible, pero que seguramente nos conducirá a una mejor comprensión del medio geológico del subsuelo. Sin embargo, es necesario advertir que el tratamiento matemático debe estar guiado continuamente por un conocimiento profundo de los fenómenos físicos, para que tenga sentido y utilidad.

En esta Convención tendremos oportunidad de escuchar trabajos relacionados: con los resultados petroleros obtenidos en ciertas áreas típicas, con el uso de dispositivos para la producción de impulsos sísmicos sin explosivos; y con las técnicas de campo, proceso e interpretación de datos geofísicos. Además, para ofrecer un panorama más amplio de la exploración se han incluido temas con las perspectivas petroleras en nuevas áreas que pueden ser productoras en un futuro no lejano, generalidades sobre los depósitos de azufre, y perfiles obtenidos en pozos productores.

La Asociación Mexicana de Geofísicos de Exploración, que inició sus actividades en marzo de 1958, ha tenido como órgano de difusión el Boletín que trimestralmente se ha publicado desde 1960, y en el que se han presentado más de 90 trabajos de colaboradores nacionales y extranjeros, promoviendo así el interés de sus socios en problemas teóricos y prácticos. Creemos oportuno señalar que tal material editorial puede y debe mejorarse, para lo cual exhortamos a una más entusiasta cooperación por parte de todos aquellos socios antiguos y de nuevo ingreso, que tienen en sus manos el estudio y solución de problemas de operación e interpretación, y pedimos además la simpatía y apoyo de las empresas que, por su capacidad técnica y económica, hacen posible tales trabajos.

Nos sentimos muy honrados de contar entre esta selecta concurrencia a las delegaciones de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, de la Aso-

ciación de Ingenieros Petroleros de México, de la Society of Exploration Geophysicists, y de algunos países latinoamericanos.

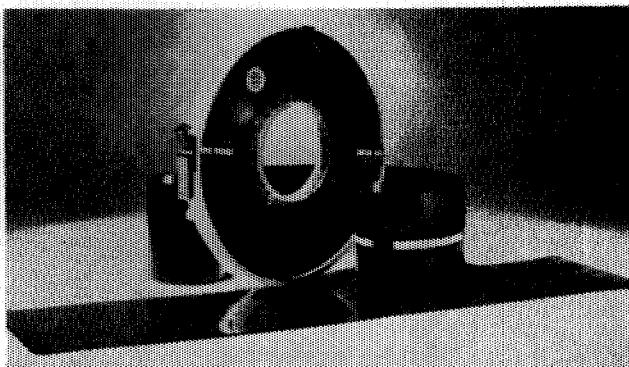
Para finalizar, la Asociación Mexicana de Geofísicos de Exploración reconoce profundamente la cortesía que le dispensan las honorables autoridades y altos funcionarios que nos honran con su presencia, el apoyo económico y moral brindado por empresas e instituciones, el esfuerzo y dedicación de los autores de trabajos técnicos, y la infatigable labor del Comité Organizador en la preparación y realización del evento que hoy se inicia.

Esperamos que esta IV Convención sea fructífera para todos los participantes en ella y que a su terminación llevemos la grata impresión de que se ha laborado para una obra grande y trascendente, como lo es el progreso y bienestar de nuestra nación.

Coatzacoalcos, Ver., 15 de noviembre de 1967.

Petty procesa
cintas como estas

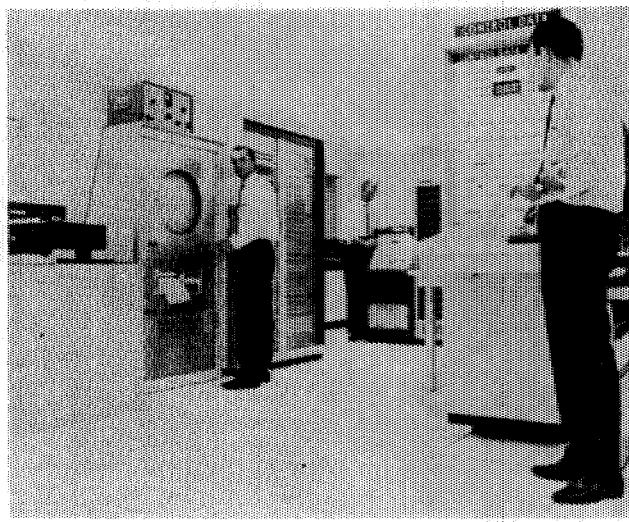
(Grabaciones Sismológicas,
analógicas o digitales hechas
por usted o por Petty)



en estas
computadoras

(El muy completo centro de
Proceso de Petty en San Antonio,

Texas, incluye un sistema de
Computación CDC, asociado con
equipo de conversión ADA, de
máxima capacidad sísmica
y un grupo experimentado de
programación Geofísica)



con

programas sofisticados

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

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



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

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

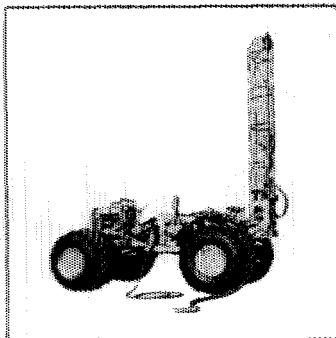
REGISTROS ELECTRICOS DE POZOS

RESISTIVIDAD ELECTRICA

POLARIZACION INDUCIDA

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

CIUDAD TLATELOLCO — MEXICO 3, D. F.



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

"TRANSPORTADOR FLOTANTE CAREY"

Considere estas ventajas cuando usted planee su próximo trabajo:

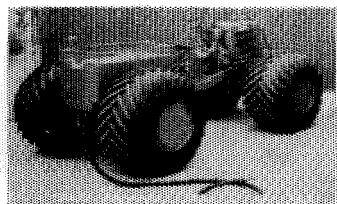
ROBUSTEZ.—Eje de Conducción Planetario (standard en todos los "transportadores flotantes" CAREY) elimina rompimientos del eje y diferencial.

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

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

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

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



VEHICULO ANFIBIO CAREY
ROBUSTEZ - SEGURIDAD - ECONOMIA



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

Carey
MACHINE & SUPPLY CO.

EXPLORACIONES,

S. A.



Iturbide No. 36 Desp. 201

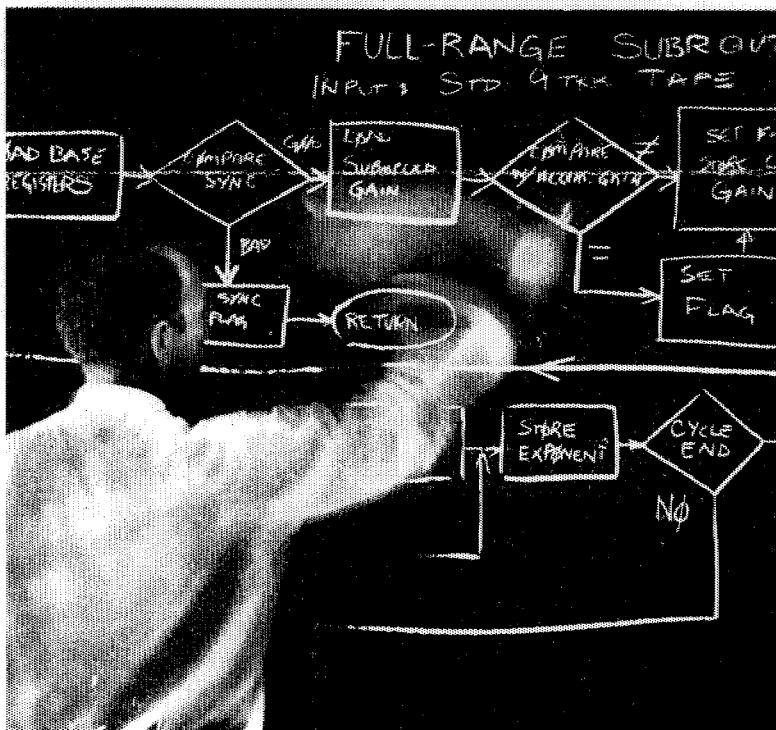
Tel. 10-15-64

MEXICO, D. F.

WESTERN

SIEMPRE EN MARCHA

desde la programación de rango completo producida por amplificadores de incremento binario, hasta los nuevos conceptos sobre orígenes sísmicos.



933 North La Brea Avenue • Los Angeles, California 90038, U.S.A.
520 North Market Street • Shreveport, Louisiana 71107, U.S.A.

WESTERN 
GEOPHYSICAL
DIVISION OF LITTON INDUSTRIES

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

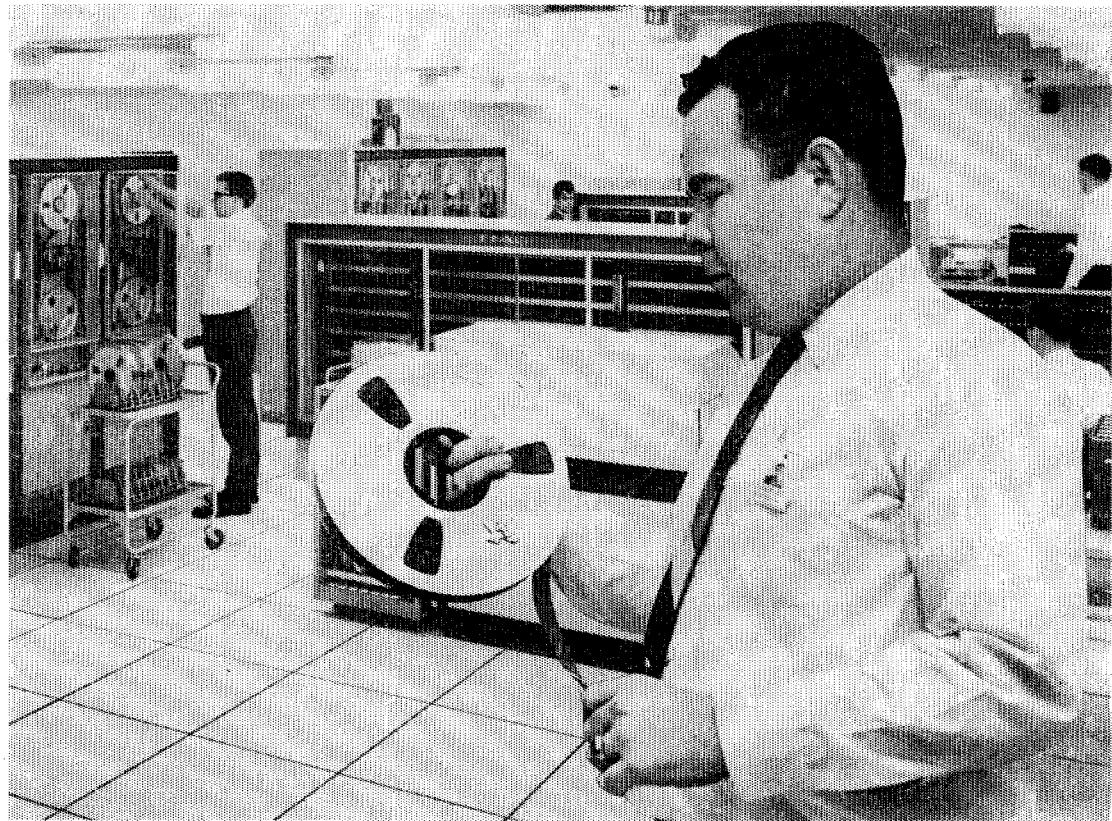
N O S O C I O S

\$ 150.00



ADQUIERA UD. LOS VOLUMENES NUMEROS I - II - III - 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.



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 sísmica, 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 mano 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

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 procesamiento 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.

