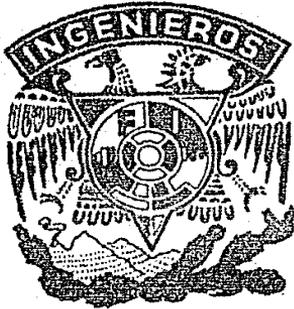


0019



SISMOLOGIA APLICADA A LA  
LOCALIZACION DE ESTRUCTURAS  
FAVORABLES EN EL AREA  
TAMULTE-TIERRA COLORADA  
TABASCO

TESIS PROFESIONAL

MANUEL PATINO A.

1950

UNICO



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

354-950



SISMOLOGIA APLICADA A LA  
LOCALIZACION DE ESTRUCTURAS  
FAVORABLES EN EL AREA  
TAMULTE-TIERRA COLORADA  
TABASCO

TESIS PRESENTADA  
MANUEL P.  
1950

UNIVERSIDAD

**A MIS PADRES**



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE INGENIEROS  
Dirección.  
Núm. 731-1566.  
Exp. Núm. 731/214.2/-

Al Pasante señor Manuel PATINO AVILA,  
P r e s e n t e .

En atención a su solicitud relativa me es grato transcribir a usted a continuación el tema que, aprobado por esta Dirección, propuso el señor profesor ingeniero - Manuel Alvarez Jr., para que lo desarrolle como tesis en su examen profesional de GEOLOGO.

"SISMOLOGIA APLICADA A LA LOCALIZACION DE ESTRUCTURAS FAVORABLES EN EL AREA TAMULTE-TIERRA COLORADA -- TABASCO,

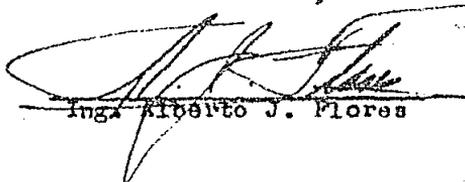
con los siguientes capítulos:

Introducción, localización, vías de comunicación, topografía, etc.  
Geología  
Método sísmológico (en general)  
Método de reflexión  
Aplicación al área nombrada."

Ruego a usted que tome nota del contenido de la Circular que me permito enviarle adjunta al presente, con el fin de que cumpla con el requisito a que ella alude, in dispensable para sustentar su examen profesional.

Atentamente.

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
México, D. F., a 26 de octubre de 1950  
EL DIRECTOR,

  
Ing. Alberto J. Flores

## I N D I C E

### "SISMOLOGIA APLICADA A LA LOCALIZACION DE ESTRUCTURAS FAVORABLES EN EL AREA TAMULTE-TIERRA COLORADA , TAB."

Introducción.....	1
Localización.....	3
Vías de Comunicación.....	4
Topografía y Drenaje.....	6
Clima.....	8
Geología.....	8
Método Sismológico.....	13
Método de Reflexión.....	23
Calculos y Correcciones.....	28
Aplicación al área nombrada.....	38
Bibliografía.....	40

---

---

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

Unas veces con fines de investigación científica y otras con fines comerciales, como son -- los de extraer el aceite o los metales valiosos y úti les a la industria, la Geología Mexicana ha sido estu diada a través del tiempo por Geólogos Mexicanos y ex tranjeros.

El desarrollo petrolero en México data de los primeros años de este siglo y se le ha dado u na gran importancia a los trabajos desarrollados en - la zona Sur de la República Mexicana, tanto en la --- Cuenca del Istmo, como en la Cuenca de Macuspana-Cam peche, por las grandes posibilidades que parecen ofre cer estas áreas como provincias petrolíferas.

El suscrito prestó sus servicios en u na de las brigadas de exploración Sismológica, que -- tiene Petróleos Mexicanos en el estado de Tabasco, pa ra localizar estructuras favorables para la acumula -- ción de petróleo.

El desarrollo de estos trabajos en di cha brigada, comprendió el área que se encuentra des de Tamulté de la Sabána, hasta Tierra Colorada.

En esta área se han tenido que emplear los trabajos de Geofísica, pues la Geología Superfi--

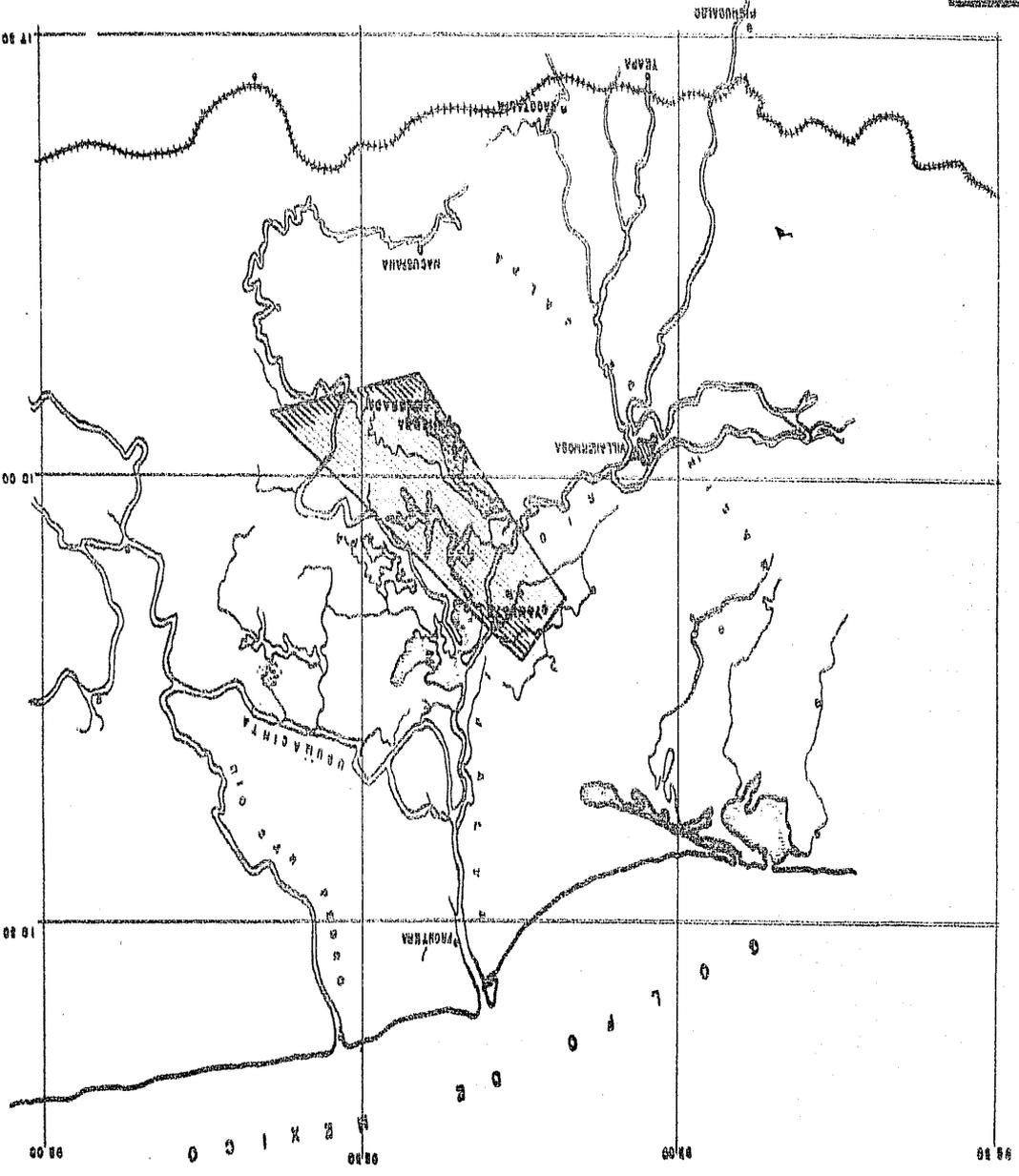
cial no podía aplicarse o se obtuvieron datos deficiente para comprender las condiciones estructurales tan difíciles en el área de que se trata, por las dificultades que el terreno presenta, ya que casi la totalidad de esta área es terreno pantanoso, en los que el geólogo está imposibilitado para obtener datos sobre las formaciones de interés, para el estudio en cuestión, aparte de la ausencia general o casi total de afloramientos, siendo necesario hacer perforaciones con barrenas de mano o valiéndose de fosas, pero la mayoría de las veces resultaba inútil, pues por lo pantanoso del terreno es de bastante espesor la zona de intemperismo, debido a la gran depositación que se provoca en estas áreas y entonces no se obtienen resultados satisfactorios, debido a que no se alcanzan las formaciones que interesan para el estudio.

Por medio de las exploraciones Geofísicas se pueden resolver estos problemas, obteniendo los datos necesarios para saber las condiciones estructurales del subsuelo.

En el área de Tamulté de la Sabana, también llamada Isla de Tamulté en virtud de ser una zona que la mayor parte del año está rodeada de agua o de pantanos, se pudieron hacer trabajos de Geología

TRABAJOS PROFESIONALES  
MANUAL PATRÓN A

ÁREA ESTUDIADA



Superficial que indicaron las probabilidades de que existiera un anticlinal, pero los trabajos no pudieron continuarse debido a la carencia de afloramientos al entrar a la zona pantanosa, en donde el material de acarreo y depósito alcanza varios metros de espesor, y no obteniéndose datos por razones obvias.

Como toda esta región presenta fuertes plegamientos como son los anticlinales de Vernet, Morales, Sarlat, Belem, se empezaron a hacer trabajos de Sismología en el área de Tierra Colorada pensando en la probable continuación de estos pliegues hacia el norte, comprobándose mas tarde como lo demuestra el Anticlinal de Chilapa localizado por nuestra brigada.

En esta área de Tierra Colorada no se hizo Geología Superficial por las razones antes dichas.

### LOCALIZACION

El área en cuestión se encuentra situada al sur de la República Mexicana, en el Municipio de Macuspana, Tabasco.

La consideramos limitada entre los paralelos  $17^{\circ} 53'$  y  $18^{\circ} 14'$  de latitud norte; y entre los  $92^{\circ} 20'$  y  $92^{\circ} 40'$  de longitud al oeste de Greenwich.

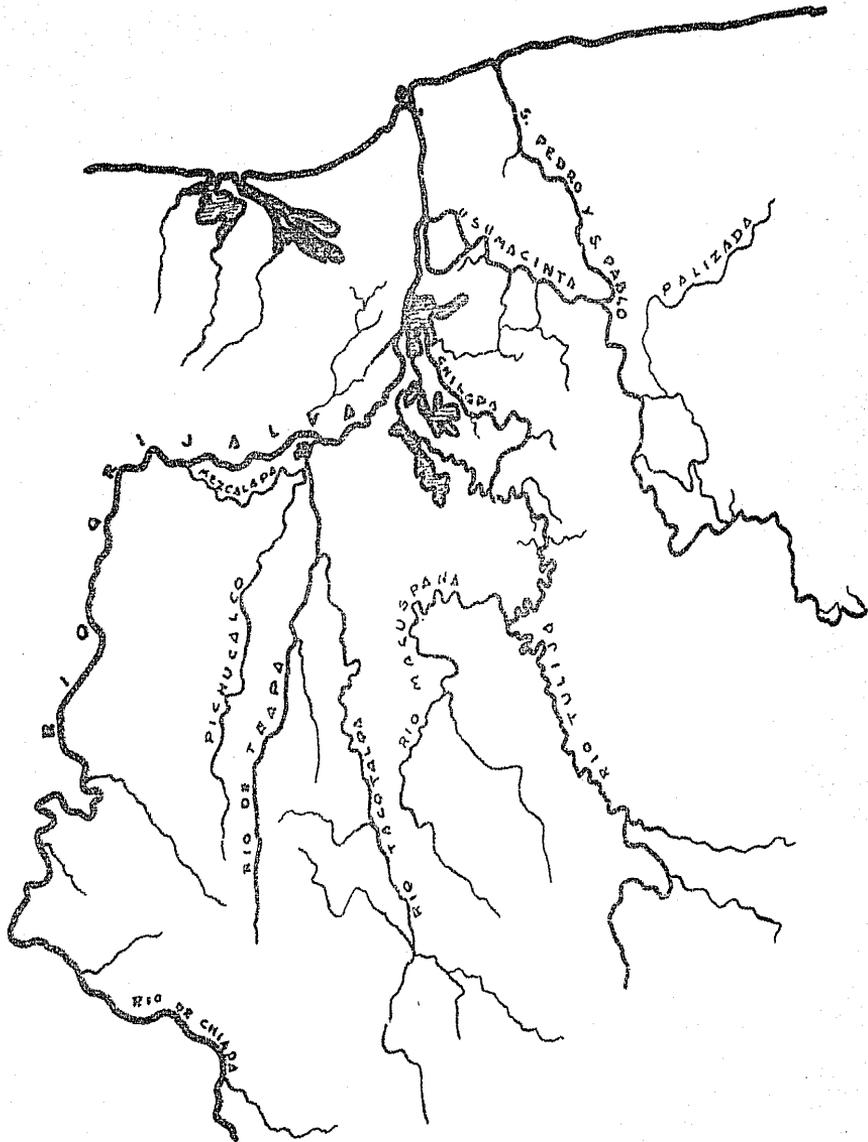
Esta área se encuentra en la parte noroeste de la Cuenca Macuspana-Campeche y comprende los pueblos de Tamulté de la Sabana, Buenavista, Ismate y Tierra Colorada.

En su parte oeste encontramos el Macizo de Jalpa, del cual se tienen evidencias por los resultados obtenidos de las exploraciones Gravimétricas así como de la Geología Superficial cerca de su límite occidental ( ver plano No. 1 ) hechas en Tamulté de la Sabana y en Macuiltepec.

#### V I A S   D E   C O M U N I C A C I O N

En esta región los medios de comunicación son muy deficientes, pues encontramos una gran cantidad de zonas pantanosas que no permiten la construcción de carreteras, por la inmensidad de dificultades que presentan.

Sin embargo tenemos que los Rios son una gran ayuda a los transportes en esta zona, pues en su mayoría son navegables y practicamente son el único medio directo de comunicación a nuestra área -- aparte de que contribuyen grandemente como vias para el transporte de las materias primas y pasaje de todo el estado.



TESIS PROFESIONAL  
MANUEL PATIÑO A.

Como principales transportes para el exterior podemos mencionar la línea aérea de la Compañía Mexicana de Aviación, que pasando por Veracruz, y Minatitlán, Ver. llega a Villahermosa, Tab. de donde en lancha rápida por el río Grijalva y sus afluentes se hacen de 3 a 5 horas al área que nos interesa.

También tenemos el Ferrocarril del Sureste, que según proyecto unirá a Coatzacoalcos, Ver. con la Península de Yucatán, y que actualmente llega a Tacotalpa, Tab., ( aunque parece que ya se puede transitar por medio de arzones hasta Yucatán ), de donde podemos también por lancha llegar a nuestra área.

El medio más directo y más eficiente de comunicación para el área en cuestión es el río Grijalva que permite el tránsito de barcos y que por su gran cantidad de afluentes, podemos llegar a muchos puntos de dicha área, pues aún los pequeños afluentes son navegables en el tiempo de aguas. El río Chilapa es uno de los principales afluentes del Grijalva, este igualmente, nos permite llegar a varias partes de esta área.

Dentro del área que tratamos utilizando los ríos, arroyos y lagunas, que nos permiten el

tránsito en lanchas y cayucos se transporta el personal y los aparatos necesarios para la realización del trabajo.

Otras veces el transporte se hace posible a caballo o a veces únicamente a pié, por brechas hechas en la maleza y en el pantano con este propósito, resultando difícil y costoso, tanto por la pérdida de tiempo que se emplea en abrir las brechas, como por las dificultades que el corte de la misma brecha presenta.

### TOPOGRAFIA Y DRENAJE

Esta área es plana en general, y con muy poca pendiente en algunas partes, y a esto se debe que las aguas de sus ríos tengan un movimiento lento, y en la época de lluvias acarrean gran cantidad de agua y es muy común que ocurran desbordamientos, que dan lugar a una gran cantidad de lagunas y zonas pantanosas que aparecen en casi toda la región.

Sin embargo encontramos escasos lomeríos de muy poca elevación que obedecen principalmente a la resistencia que presentan a la erosión los materiales de que están constituidos.

La parte norte de esta área es una zo-

na pantanosa en general, con abundancia de pequeñas lagunas formadas en medio de los rios Grijalva y Chilapa, que van desapareciendo gradualmente hacia la parte nor-oeste, en donde encontramos pequeños lomerios, hacia el poblado de Tamulté, constituidos principalmente de areniscas de la formación ENCAJONADO del MIOCENO MEDIO, y arcillas, arenas arcillosas pertenecientes a las SERIES BELEM del MIOCENO SUPERIOR.

En el área de Tierra Colorada tenemos la Laguna de Matillas, cuya variación en el contenido de agua, que depende de la precipitación de las lluvias, origina la formación y desaparición de pantanos así como de pequeñas lagunas, y por lo tanto, hay una gran depositación que cubre los pocos afloramientos que pudiera haber.

Los pantanos, lagunas, rios y arroyos vienen a cubrir en esta área aproximadamente el 75 % de ella, no dejando observar sino en mínima escala los datos necesarios para obtener conclusiones estructurales.

La Topografía viene a ser el resultado de la erosión diferencial sobre dos tipos de rocas: - Areniscas y Lutitas que algunas veces y principalmente las primeras constituyen lomerios de escasa altura

ya que la mayor parte del terreno es bajo, permaneciendo inundado la mayor parte del año.

### C L I M A

Toda esta área está cubierta por una vegetación exuberante, con todas las características de las regiones situadas dentro de las zonas torridas.

El clima es caluroso en extremo, muy lluvioso, (aproximadamente de tres a cinco mts. de precipitación) y húmedo, lo cual hace que las condiciones de salubridad sean pésimas, pues abunda el paludismo y los parásitos intestinales, así como toda clase de enfermedades tropicales; todo esto hace que las condiciones de vida en esta zona sean en extremo incómodas y con muchas penalidades.

### G E O L O G I A

Como ya dijimos anteriormente, en el área de que trata este trabajo, los estudios y los trabajos de Geología Superficial fueron escasos en el área de Tamulté de la Sabana y nulos en Tierra Colorada por las condiciones también ya dichas.

En el área de Tamulté de la Sabana se-

hicieron fosas hasta de cinco metros de profundidad -- con el fin de ver si se podía atravesar la cubierta -- de material de aluvion, así como perforaciones con barrenas de mano, para obtener muestras frescas y medir rumbos y echados.

Las formaciones que afloran aquí son:-- ( únicamente Mioceno ) El Amate Superior e Inferior, -- que pertenecen al Mioceno Inferior, la formación Encajonado del Mioceno Medio y las series Belem del Mioceno Superior.

El Amate Inferior aflora al sur del -- pueblo de Tamulté y está constituido por lutitas gris oscuro que contienen lechos delgados de arenisca muy compacta, color gris claro de grano fino y con intercalaciones de capas muy delgadas de caliza gris.

El Amate Superior: se encuentran pequeños afloramientos de estos lechos a lo largo de un camino que cruza al sur de Tamulté y consisten de lutitas color gris oscuro, con capas delgadas de arena y arenisca, y lechos de Equinodermos.

Estas dos formaciones son difíciles de diferenciar litológicamente, en cambio es muy sencillo diferenciarlas micropaleontológicamente.

Contienen gran abundancia de foraminí-

feros, de los que solo mencionaremos aquí los más abundantes:

*Noosaria* aff. *globulosa*.

*Plectofrondicularia californica*.

*Cristellaria vaughani*.

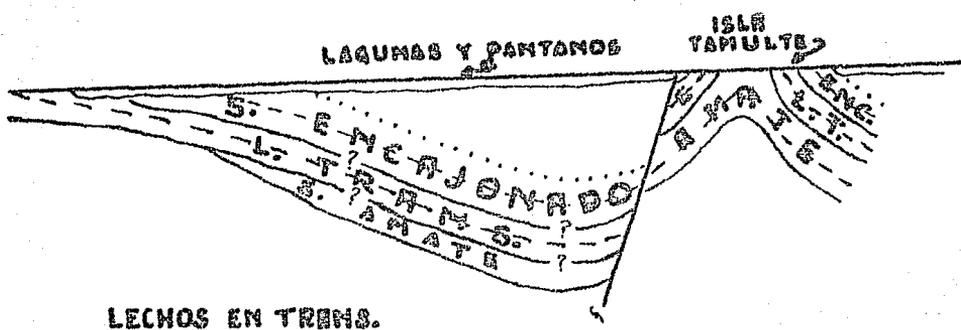
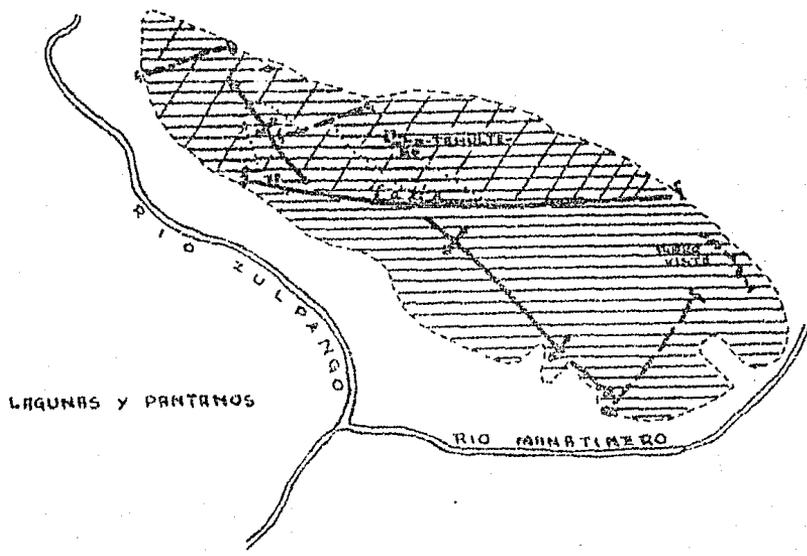
*Uvigerina pygmaea*.

*Marginulina subhirsuta*.

En el pueblo de Tamulté y hacia el este aflora la formación Encajonado, que consiste de arenas de color gris claro de grano medio, cuarcíferas y feldespáticas que contienen poca mica y areniscas bastante compactas de cementación calcárea color gris claro que contienen cuarzo y feldespato, que como más tarde se explicará presentan graves problemas en la perforación de pozos para los puntos de tiro en el curso de las exploraciones Sismológicas.

Estas series aparecen aquí con un espesor aproximado de 60 metros y la microfauna aquí es prácticamente nula.

Como ya se dijo, al sur del pueblo de Tamulté aflora el amate superior y continuando por este rumbo se encuentran las series Belem ( ver plano No. 3 ), que consisten de arcillas calcáreas compactas y duras, predominando los colores verde y café --



LECHOS EN TRANS.

SERIE AMATE.

✓ ENCUJONADO.

✓ DELEM.

===== FALLA.

TECNICO PROFESIONAL  
MANUEL PATIÑO, A.

verdoso y alternan con lechos de arcilla arenosa y --  
cuerpos de arenas.

Estas series consisten del Belem Superior y Belem Inferior, su fauna es muy similar en las dos, pero se pueden diferenciar litológicamente, pues el Belem Inferior es muy característico por sus lechos de ostreas y la gran abundancia de Nódulos Limoníticos de color amarillento.

Decíamos que las series Belem presentan lechos fosilíferos constituidos en su mayor parte de Ostreas ( Ostrea Gigas ? ), que vienen a constituir problemas muy serios para la perforación de los puntos de tiro.

Encontramos una gran abundancia de Macrofosiles, y entre ellos principalmente aparecen:

Ostrea Gigas ?

Mactra.

Arca.

Venus.

Hyurobia.

Así como bastantes Microfosiles, aunque estos no son útiles en este caso para diferenciar el Belem Superior del Inferior, por ser tan semejante la fauna en ambas.

Las formaciones que afloran, y los echados obtenidos, hacen suponer en la existencia de un anticlinal fallado, pero como los estudios de Geología superficial no se pudieron continuar como ya se dijo anteriormente, se empezaron a hacer trabajos de Sismología que comprobaron la existencia del anticlinal y de la falla. Esta última se comprobó como se explicará más tarde en virtud de no obtener reflejos en esa parte.

Además de estos afloramientos, encontramos rodeando a las Series Amate, como lo podemos ver en el plano No. 3, unos lechos que se encuentran en un estado de Transición, y pequeños afloramientos de estos son vistos al sur de Tamulté, en los que aparecen abundantes restos de plantas fósiles.

Estos lechos están constituidos principalmente de arena arcillosa, con intercalaciones de arenisca bien estratificada y concreciones de caliza.

Gevaerts dice en uno de sus informes que estos lechos pueden ser comparados con los del Amate Superior.

M E T O D O   S I S M O L O G I C O

E N   G E N E R A L.

Empezaremos por hacer una breve explicación de las partes de que se compone una brigada de exploración Sismológica.

Después de que está fijada el área por explorar, se procede a buscar un lugar para colocar el Campamento Principal, este lugar deberá ser un punto estratégico del área por estudiar, para que desde ahí, se puedan dirigir todos los trabajos de dicha brigada y además que sea un punto que tenga lo mas que sea posible vias accesibles para llegar desde el campo principal a los distintos puntos del área que se vá a explorar, y cuando se encuentran dificultades para regresar desde el campo de trabajo al campamento principal, entonces se van poniendo pequeños campamentos, conforme va avanzando el trabajo, y a estos campos se les llama Campamentos Intermedios.

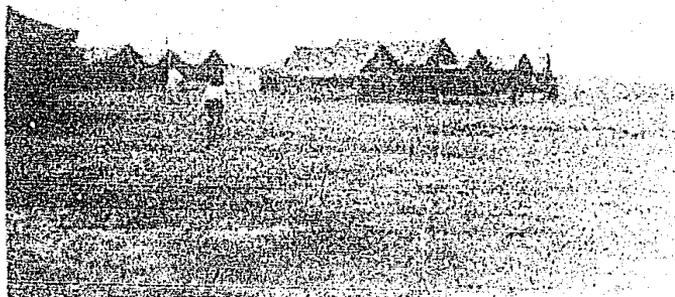
La brigada en sí, está compuesta por -

Calculistas, Topógrafos, Perforadores, un Observador-Brecheros, Personal Administrativo y Peones que ayudan a llevar los aparatos necesarios que se usan durante todo el curso de la exploración.

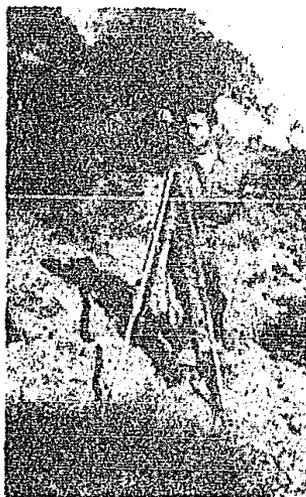
En primer término, se tienen que hacer una serie de brechas, y la práctica ha indicado, que en un principio es conveniente hacer estas brechas --- formando cuadros de cuatro kilómetros de lado, y así ir cubriendo toda el área por explorar. Si en el curso del trabajo, aparecen datos interesantes, entonces para hacer el estudio con más detalle las brechas se hacen en cuadros de dos kilómetros de lado.

Después de cortadas las brechas pasan los Topógrafos por estas, haciendo el levantamiento de las mismas, y fijando al mismo tiempo los puntos de tiro, así como tomando las elevaciones de los mismos, si es que el terreno las tiene, pero en nuestra área pocas veces sucedía esto, pues la mayoría de las veces el terreno es completamente plano y se encuentra casi al nivel del mar.

En seguida vienen los Perforadores, -- que perforan los puntos de tiro indicados, y por último viene el Observador con el Sismógrafo, a disparar estos puntos con lo cual se obtienen unos registros -



CAMPAMENTO SISMOLOGICO



LEVANTAMIENTO DE LA BRECHA.

en papel fotográfico, que más tarde interpretarán los Calculistas en el Gabinete.

Después de fijar el rumbo que va a seguir una brecha, empiezan los brecheros a cortarla, - este corte se hace casi siempre con machetes, lo cual resulta muy costoso y dilatado, por las dificultades - antes dichas que el terreno presenta. Pues cuando la vegetación es muy densa y aparecen grandes árboles y palmeras, los brecheros se tardan mucho en cortar dichas brechas.

El levantamiento de las brechas y la fijación de los puntos de tiro por los Topógrafos es igualmente muy dificultoso, porque teniendo que llevar sus aparatos necesarios como son el Teodolito, el Nivel o la Plancheta, así como Estadales y Balisas, - pasan muchas dificultades para transportar y caminar en el pantano.

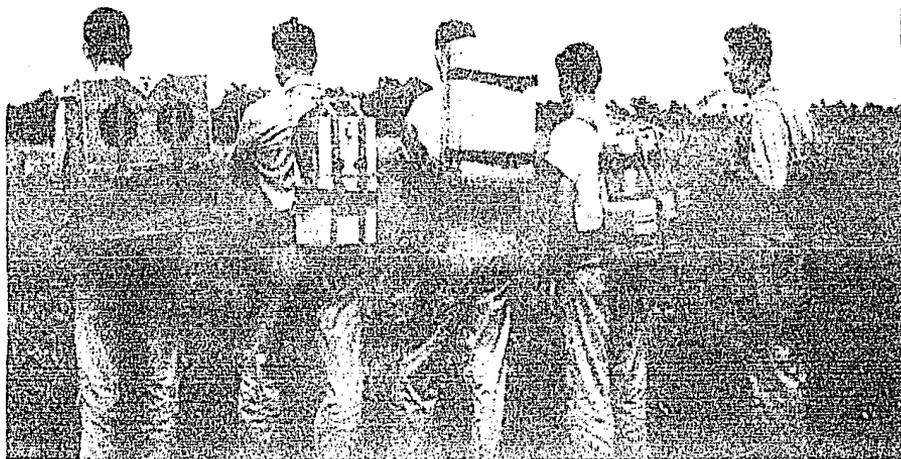
Después del trabajo de campo, regresan al Gabinete, a hacer todos los cálculos necesarios, - como son cierre de poligonales, elevaciones, observaciones, etc... que se requieren para seguir el curso de la exploración.

En seguida que están hechas las brechas y fijados los puntos de tiro, pasan los perfora-

dores, los cuales llevan barrenas de mano así como -- una bomba centrífuga de dos a tres pulgadas, para hacer circular el lodo durante el curso de la perforación; para llevar a cabo este trabajo se necesitan -- cuadrillas de cuatro a cinco hombres, que cargan la tubería necesaria, la bomba, la dinamita para cargar el pozo, etc...

Primeramente se necesita hacer una pequeña fosa, que se llena de agua para que de ahí se alimente la bomba y la inyecte en la tubería, mientras tres hombres están haciendo girar la barrena hasta llegar a la profundidad requerida, la cual ha sido previamente señalada, dependiendo esta del espesor de la capa de intemperismo, que se conoce haciendo primero unas pruebas como se explicará mas adelante.

En nuestra área la profundidad de los pozos era de ochenta pies como promedio general, aunque algunas veces no se podía llegar a esa profundidad, por encontrar ciertas dificultades como son los lechos de Ostreas Fosilíferas de las Series Belem, -- del Mioceno Superior que aparecen con más o menos frecuencia, así como capas de arenas cuarcíferas y feldespaticas, y areniscas bastante compactas de cementación calcárea de la Formación Encajonado del Mioceno-



SISMOGRAFO PORTATIL

CONSTRUCCION Y MANTENIMIENTO DE LA RED NACIONAL DE ESTACIONES SISMICAS

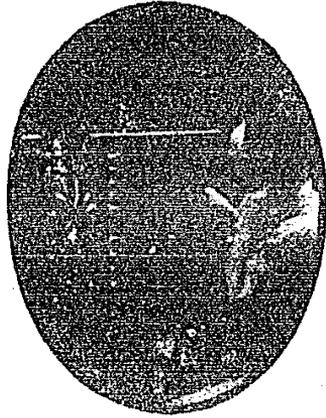
Medio, y entonces al encontrar estos lechos los perforadores no pueden hacer pasar la barrena más allá de la profundidad a que se encuentran dichos lechos, --- pues son muy duros y compactos para que los pueda perforar una barrena de mano como es la empleada en estos casos.

La profundidad a que aparecen estos lechos no se puede fijar, pues es sumamente variable debido a las condiciones geológicas del área.

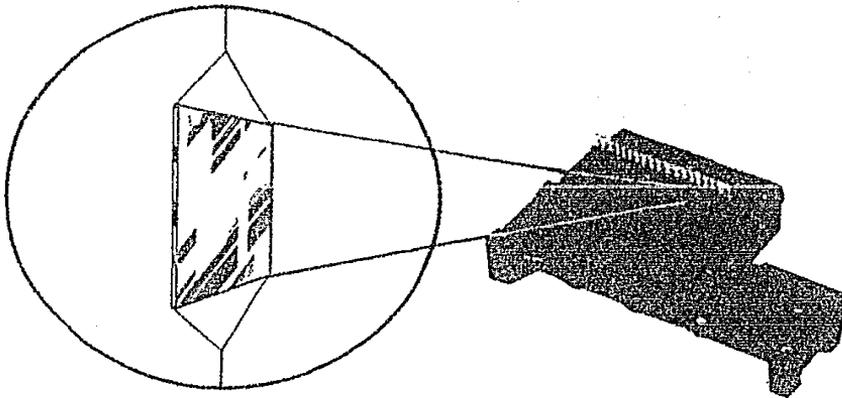
Después de perforado el pozo, se procede a cargarlo. Para hacer esta operación, se pone la dinamita conectada por medio de cables a un fulminante, y se baja hasta el fondo del pozo dejando los cables del contacto hasta afuera, para que cuando el observador pase, los conecte al aparato Sismógrafo y haga el disparo.

Una vez cargados los pozos, viene el Observador con el Sismógrafo ayudado por una cuadrilla de hombres que cargan los instrumentos, que en esta área son un conjunto de pequeños aparatos portátiles ( ver figura 3 ) que consisten principalmente de:

- a) Cierta número de Detectores.
- b) Igual número de Amplificadores.
- c) Galvanómetros.



OBSERVADOR LISTO PARA EL DISPARO



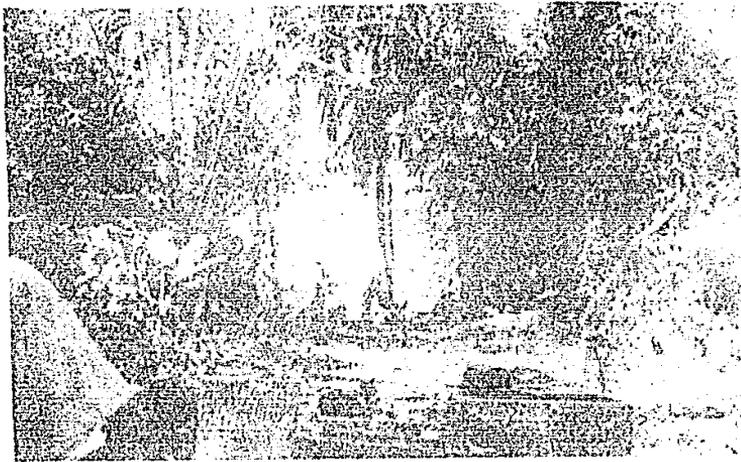
GALVANOMETROS MOSTRANDO EL ESPEJO CON SU SISTEMA DE SUSPENSION

d) La Cámara y El Sistema de Tiempo.

Los Detectores son los aparatos que -- sirven para recibir los movimientos terrestres, que - en este caso son producidos artificialmente por medio de la explosión de la dinamita, estos movimientos son convertidos en energía eléctrica que es aplicada a -- las terminales de entrada de los Amplificadores, los cuales amplificarán la energía eléctrica que suministran los detectores, para ser aplicada luego a un Galvanómetro que está constituido por una bobina con un espejo y un sistema de suspensión, así que al recibir la señal amplificada, variará el campo magnético y entonces dá como resultado un pequeño movimiento que se registra en un papel fotografico ( Sismograma o Record ) mediante un rayo de luz dirigido al espejo --- ( ver figura No. 5 ).

Primeramente se fijarán los detectores que en nuestra área se emplean 18, poniendo 9 de cada lado del punto de tiro, estos están conectados todos a una línea que como ya dijimos pasa a los amplificadores, y a los galvanómetros del Sismografo.

Cuando está todo listo, después de que el Observador ha checado todos los instrumentos, se -



SISMOGRAFO EN LA BRECHA



DISPARO

se procura evitar cualquier movimiento en la superficie del terreno, como por ejemplo el paso de ganado, etc... para que no lo registren los detectores y aparezca alguna disturbancia en el Sismograma, en esas condiciones el Observador dispara el pozo, obteniendo así el Sismograma o Record.

Este Sismograma es revelado ahí mismo, y después es mandado al gabinete para que los calculistas hagan las correcciones necesarias, "piquen" -- los reflejos que se puedan obtener del Sismograma, y estos se pasan a una sección que mediante el trazo de uno o varios horizontes que se obtienen por medio de la correlación de los reflejos de los distintos puntos de tiro, se interpretarán las condiciones estructurales del subsuelo.

Este método Sismico que como dijimos -- está basado en la medición de los tiempos del viaje -- de ondas elásticas producidas artificialmente al hacer estallar una carga de dinamita dentro de un pozo, estas ondas viajan en todas direcciones a través de -- las distintas capas de la corteza terrestre y son refractadas o reflejadas a la superficie.

Como sabemos, estos movimientos son registrados por los detectores y sobre un papel fotograra

fico, en el cual tambien haremos aparecer el instante de la explosión .

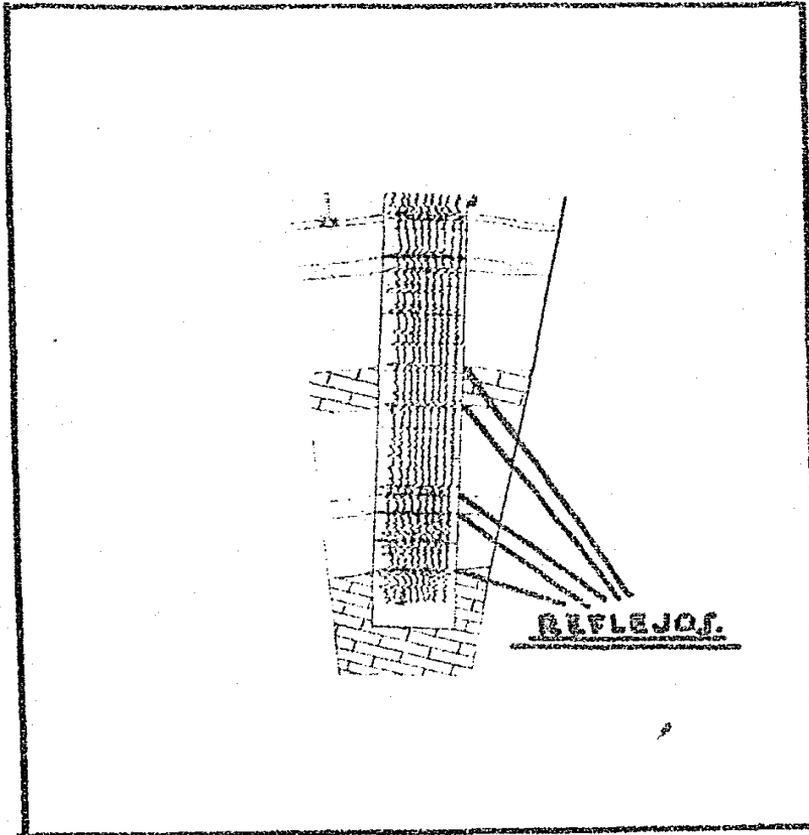


Figura No. 6

SISMOGRAMA MOSTRANDO GRAFICAMENTE LOS PUNTOS DE REFLEJION EN LOS LUGARES EN DONDE CAMBIA LA NATURALEZA DE LAS ROCAS PENETRADAS .

Ahora bien, el tiempo de recorrido de las ondas es medido, dependiendo este tiempo de la naturaleza de las rocas penetradas, de la velocidad de transmisión de onda o también de la existencia de discontinuidades en velocidad o densidad, las cuales nos determinan ciertos puntos de reflexión bajo la superficie, como lo muestra gráficamente la figura número seis.

Cuando encontramos condiciones favorables de reflexión, podemos delinear perfectamente un horizonte con ondas sísmicas reflejadas dentro de profundidades límites, así como la profundidad de ciertas discontinuidades en el carácter litológico de las series de rocas.

Pero cuando las condiciones sísmicas no son favorables, la interpretación de los reflejos de las ondas, es muy incierto y no es posible asegurar determinada condición geológica del subsuelo.

Por lo general este método se emplea cuando por medio de estudios anteriores sospechamos la existencia de alguna estructura, y comprobamos más tarde su existencia, por medio de la aplicación del Método sísmico, con los diversos sistemas de tiro que este método incluye.

Nosotros haremos aquí una pequeña y --  
breve exposición del método de tiro empleado para la-  
exploración del área TAMULTE-TIERRA COLORADA, siendo-  
este el método de REFLEXION.

## M E T O D O   D E   R E F L E X I O N

Este método ha dado muy buenos resultados en los trabajos hechos en el área Tamulté-Tierra-Colorada, pero sin embargo cuando se aplica este método para tratar de localizar domos salinos, entonces, este método de reflexión, no nos dá buen resultado, debido a que cuando se efectúa la intrusión salina, entonces esta dá lugar a un gran número de fallas en los sedimentos, y estas desvian las ondas reflejadas y no se pueden recibir normalmente, pero cuando el afallamiento no es considerable, se pueden obtener resultados satisfactorios, así como cuando el domo salino se encuentra profundo.

Como decíamos antes, este método es el que se sigue en nuestra área, tirando en un sistema que se le llama SISTEMA DE TIRO DE PERFIL CONTINUO, es decir haciendo producir la explosión en cada extremo de la estación y colocando los detectores, de mo-

do que cubran toda la distancia que hay entre cada -- punto de tiro, o si no se hace explotar un punto de tiro cubriendo la mitad de la distancia que hay al -- punto de tiro que sigue, así como la mitad de la distancia del punto de tiro al punto de tiro anterior.

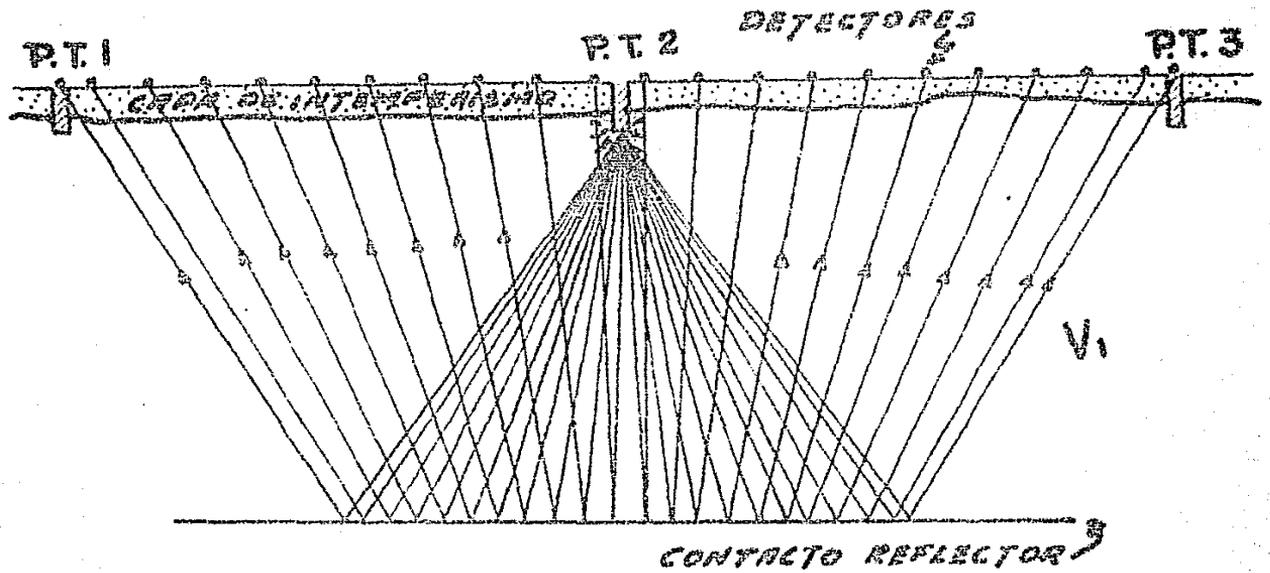


Figura No. 7

VIAJE DE LAS ONDAS REFLEJADAS.

Y así se va cubriendo toda una determinada área que es equivalente en el subsuelo a la proyección de la distancia abarcada en cada estación de la superficie.

En el Sismograma o Record aparecen los reflejos, estos aparecen después de las primeras entradas como lo podemos ver en la figura.

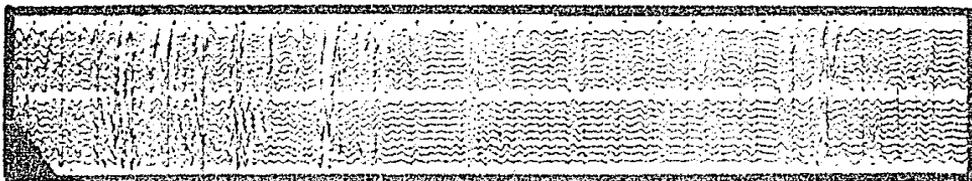


Figura No. 8

Estos reflejos se notan cuando los lupos están más o menos alineados, según la calidad del reflejo, pero cuando se tiene un record en el cual -- los lupos no están alineados y se necesita obtener de el algún reflejo que nos pueda servir como indicio, - la forma práctica de hacerlo es tomar los tiempos de las primeras entradas de refracción y restar de ellos el tiempo correspondiente a la segunda capa ( esto se obtiene conociendo la velocidad y la distancia a la - cual se encuentra el sismo o detector con respecto al punto de tiro ).

El resultado de esta operación nos dará el tiempo correspondiente a la capa de baja velocidad ( Capa de Intemperismo ).

Se elige un punto cualquiera como eje de partida, en el record, y se llevan los tiempos correspondientes, se unen formando una línea discontinua, la que se traza sobre una escuadra o regla transparente, llevando esta sobre el cuerpo del record en donde se note que puede haber algún reflejo y la línea nos señalará cuales son los lupos que pueden correlacionarse.

Como un pequeño ejemplo de lo anterior, vamos a suponer que el detector No. 1 está a una dis-

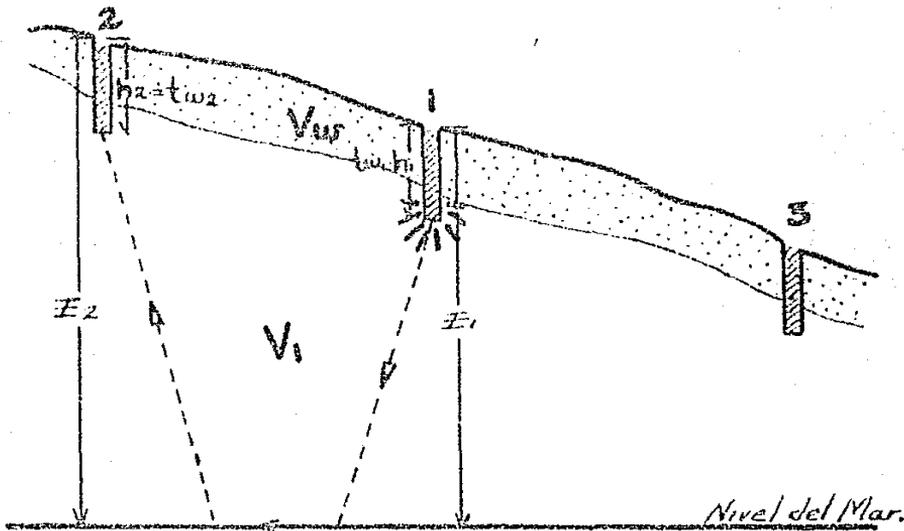
Estos reflejos se notan cuando los lupos están más o menos alineados, según la calidad del reflejo, pero cuando se tiene un record en el cual -- los lupos no están alineados y se necesita obtener de el algún reflejo que nos pueda servir como indicio, -- la forma práctica de hacerlo es tomar los tiempos de las primeras entradas de refracción y restar de ellos el tiempo correspondiente a la segunda capa ( esto se obtiene conociendo la velocidad y la distancia a la -- cual se encuentra el sismo o detector con respecto al punto de tiro ).

El resultado de esta operación nos dará el tiempo correspondiente a la capa de baja velocidad ( Capa de Intemperismo ).

Se elige un punto cualquiera como eje de partida, en el record, y se llevan los tiempos correspondientes, se unen formando una línea discontinua, la que se traza sobre una escuadra o regla transparente, llevando esta sobre el cuerpo del record endonde se note que puede haber algún reflejo y la línea nos señalará cuales son los lupos que pueden correlacionarse.

Como un pequeño ejemplo de lo anterior, vamos a suponer que el detector No. 1 está a una dis-

CORRECCION POR CAPA DE INTEMPERISMO



Corrección en el extremo:

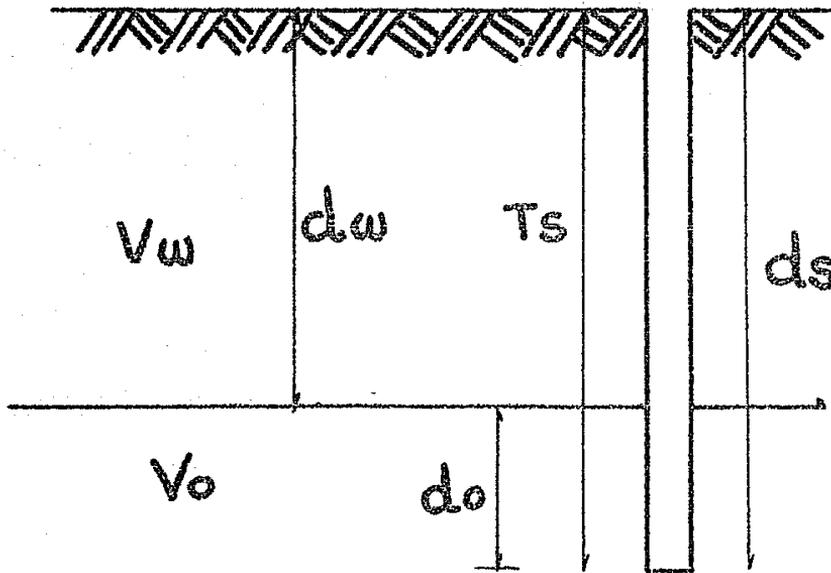
$$\frac{E_1 - h_1}{V_1} + \frac{E_2 - h_2}{V_1} + t w_2 = t c$$

$$t c = \frac{E_1 + E_2 - h_1 - h_2}{V_1} + t w_2$$

Corrección en el centro:

$$t c = 2 \left( \frac{E_1 - h_1}{V_1} \right) + t w_1$$

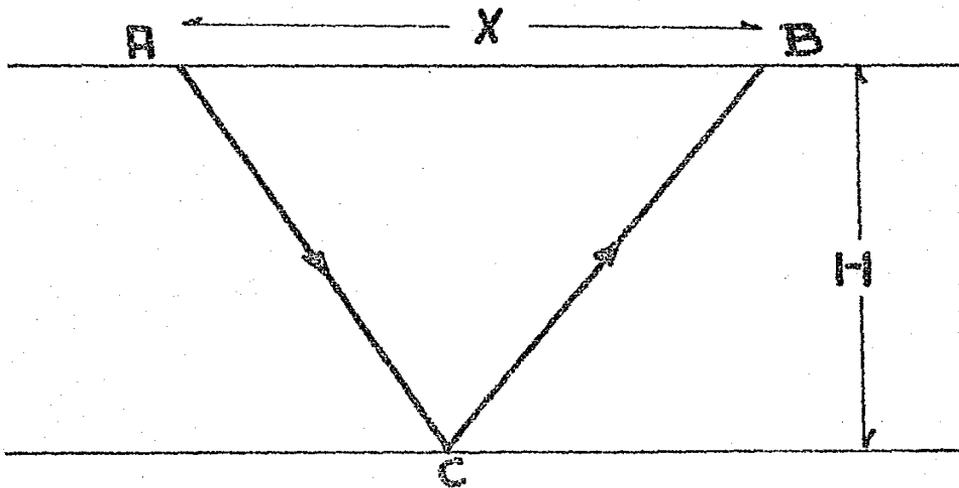
DEDUCCION DE LA FORMULA PARA ENCONTRAR EL ESPESOR DE-  
LA CAPA DE INTEMPERISMO:



$$e = v \cdot t \quad \therefore t = \frac{e}{v} \quad \text{y} \quad v = \frac{e}{t}$$

CALCULO DE LA PROFUNDIDAD.

Para calcular la profundidad de una capa, primeramente necesitamos considerar que se trata de una capa horizontal, para facilitar la explicación de este cálculo.



TRAYECTORIA DE UNA ONDA REFLEJADA

Concederemos el caso de una capa reflejante a una profundidad H, y si conocemos la velocidad media de la onda, tendremos que el tiempo de recorrido para una onda que viaja del punto A hasta el punto B pasando por el punto C será:

$$t = 2 \frac{AC}{V} \dots \dots \dots (1)$$

Basándose en las ecuaciones fundamenta  
les anteriores se tiene:

$$T_s = \frac{ds}{V_o} + \frac{dw}{V_w}$$

$$= \frac{V_w ds + V_o dw}{V_o V_w}$$

$$= \frac{V_w (ds - dw) + V_o dw}{V_o V_w}$$

$$= \frac{ds V_w - dw V_w + V_o dw}{V_o V_w}$$

$$= \frac{ds V_w}{V_o V_w} + \frac{dw (V_o - V_w)}{V_o V_w}$$

$$= \frac{ds}{V_o} + \frac{dw (V_o - V_w)}{V_o V_w}$$

$$T_s - \frac{ds}{V_o} = \frac{dw (V_o - V_w)}{V_o V_w}$$

$$dw = \left[ T_s - \frac{ds}{V_o} \right] \frac{V_o V_w}{V_o - V_w}$$

ESQUEMA PARA HACER EL CALCULO DEL ANGULO DE INCLINACION.

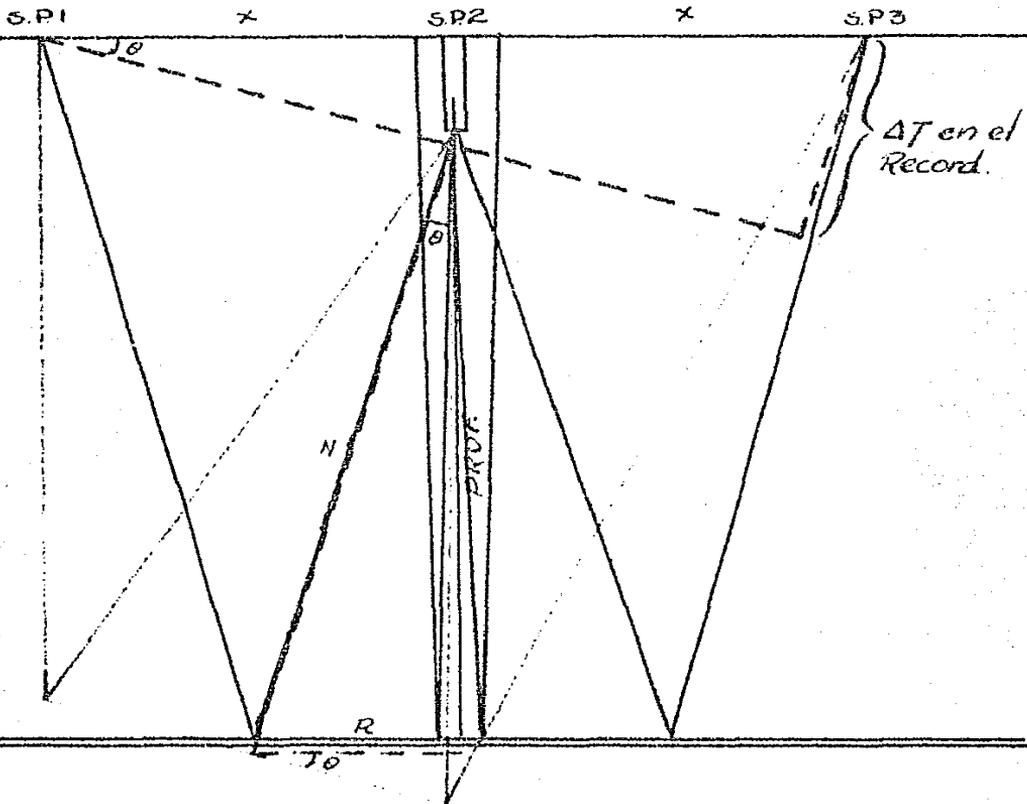
$$\text{Sen. } \theta = \frac{(\Delta T)(A+V)}{2x}$$

$$\text{Cos. } \theta = \frac{\text{PROF}}{Z}$$

$$\text{Sen. } \theta = \frac{R}{Z}$$

$$\text{PROF.} = \text{Cos. } \theta \cdot Z$$

$$R = Z \cdot \text{sen. } \theta$$



Pero tenemos, que como podemos ver en la figura anterior:

$$AC^2 = \left(\frac{x}{2}\right)^2 + H^2$$

$$y \therefore AC = \sqrt{\left(\frac{x}{2}\right)^2 + H^2}$$

Ahora si sustituimos el valor de AC en la ecuación (1) tendremos:

$$t = \frac{2}{v} \sqrt{\left(\frac{x}{2}\right)^2 + H^2}$$

Si elevamos al cuadrado tenemos:

$$t^2 = \frac{4}{v^2} \left[ \left(\frac{x}{2}\right)^2 + H^2 \right]$$

$$\therefore H = \frac{1}{2} \sqrt{v^2 t^2 - x^2} \dots \dots (2)$$

Siendo H la cantidad que nos dará la profundidad del horizonte o capa reflectora.

Tenemos que hacer una pequeña aclaración con este respecto, pues las ondas producidas no son rectas como lo muestra la figura, pero nosotros consideraremos la propagación de los rayos en línea recta para hacer el cálculo de la profundidad.

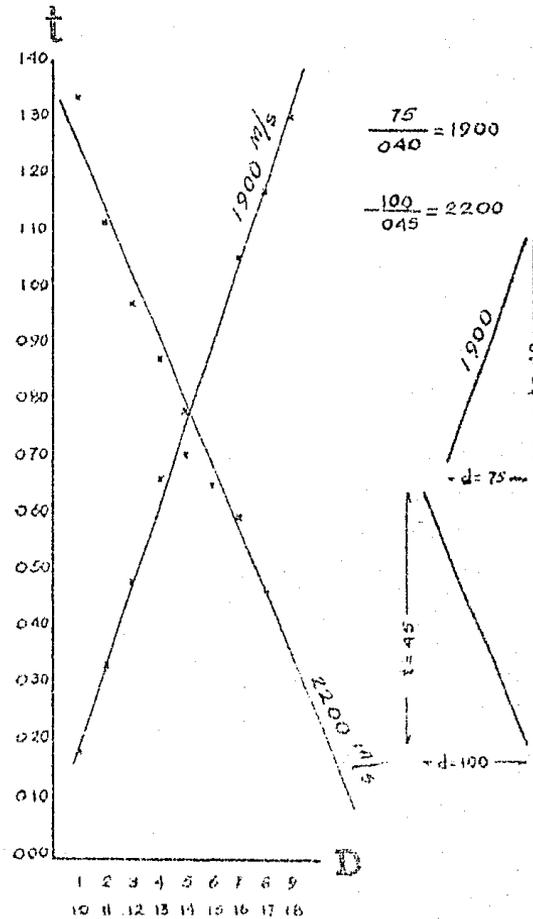
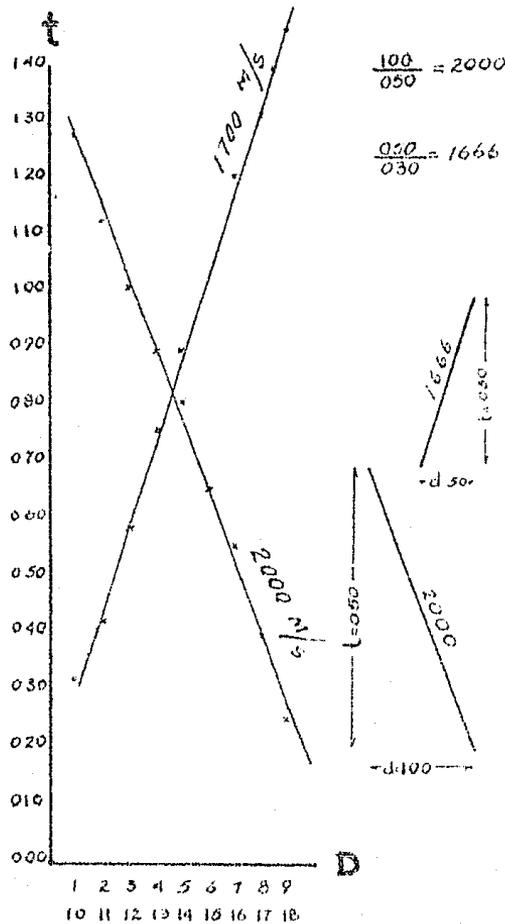
#### DETERMINACION DE LA VELOCIDAD.

Existen varios métodos para la obtención de la velocidad de las ondas, como son por ejemplo la curva T-D para ondas reflejadas o refractadas o haciendo tiros en pozos profundos, siendo este sistema el más aceptado y el más usual, pues se puede considerar aproximadamente la misma velocidad en determinada área, aunque de cualquier modo es conveniente hacer la curva T-D de vez en cuando para estar seguros de que la velocidad no cambia notablemente. En nuestra área teníamos por ejemplo velocidades tomadas en el pozo Jalpa, pero como decíamos se hacían de vez en cuando cálculo de velocidades por medio de la curva T-D.

Para determinar la velocidad con el método de los tiros en pozo profundo, se baja un detector hasta el fondo del pozo, y se va subiendo paulatinamente, al mismo tiempo que se va disparando y así vamos obteniendo la velocidad.

Ahora para hacer el cálculo del ángulo de inclinación de la capa reflectora, así como para determinar su rumbo y su hechazo es necesario hacer uso de dos perfiles, a un ángulo arbitrario uno de otro y tirados hechazo arriba y abajo. Ver el esquema anterior, que lo muestra gráficamente.

# GRAFICAS PARA CALCULO DE VELOCIDADES.



$t$  = tiempo en trazas del record  
 $D$  = distancia.

TESIS PROFESIONAL  
 MANUEL PATIÑO. R  
 1950

Después de ver lo expuesto anteriormente al respecto, podemos deducir entonces que si conocemos la profundidad de los contactos reflejantes, -- por medio de los procedimientos anteriores, estamos en condiciones de poder construir secciones a lo largo de las brechas tiradas y observadas. Estas secciones se construyen dibujando en un papel milimétrico -- que hay hecho especialmente para este fin, a una escala apropiada y conveniente, las profundidades encontradas y la inclinación de los diferentes reflejos obtenidos de cada Sismograma, poniéndoles el número del punto de tiro, la profundidad a que se encuentran, el tiempo, así como la calidad que tenga dicho reflejo, -- para facilitar la comprobación, la revisión, y el mejor entendimiento de las secciones, pudiendo así darnos cuenta perfecta del echado de las capas y en forma más o menos aproximada de las condiciones estructurales del subsuelo del área estudiada con este método.

Después de dibujadas estas secciones -- procedemos a seguir los horizontes que creamos convenientes ( En nuestra área se llevaban dos o tres horizontes ) los cuales estarán guiados por los reflejos de mayor calidad, entendiéndose por calidad del reflejo lo siguiente:

En el record o sismograma encontramos tres clases de reflejos, los BUENOS, es decir que están los lupos perfectamente alineados y en seguida se puede determinar el reflejo, los REGULARES o probables estos se notan más o menos bien pero aparecen dudas - en algunas trazas, y por último los MALOS o escasos, - que como decíamos antes, tenemos que emplear el método anteriormente explicado para poder determinar lo - que se cree probable reflejo.

Cuando tenemos ya trazados nuestros horizontes, entonces cerraremos todas las poligonales - que forman estos en las distintas brechas, para poder tener un mayor control al hacer la interpretación.

Se elegirán "los horizontes fantasmas" reflejantes y se construye con ellos un mapa estructural para cada uno, configurando con mucho cuidado, -- pues se debe emplear un buen criterio geológico a la hora de configurar, esto se logra mediante la práctica con un trabajo constante sobre esto, pues frecuentemente aparecen bastantes problemas, como son fallas, dificultad en el cierre de las poligonales etc... -- pues este trabajo será el resultado final de una exploración sísmológica.

APLICACION AL AREA NOMBRADA.

El resultado obtenido en nuestra área, con la aplicación del Método Sismológico fué muy bueno, pues primeramente, en la región del río Chilapa, se localizó una buena estructura, pudiéndose determinar esta perfectamente.

Se hacían disparos cada 225 metros en brechas que formaban cuadros de dos kilómetros de lado, estas brechas fueron inicialmente cuadros de cuatro kilómetros de lado, pero al empezar a determinarse la estructura se cerraron más los cuadros de las brechas para obtener un trabajo más detallado. Obteniéndose la estructura a la que se le denominó provisionalmente ANTICLINAL DE CHILAPA, por estar precisamente en la región del río Chilapa, al sur de nuestra área, cerca de Tierra Colorada.

Este anticlinal parece ofrecer buenas perspectivas, en el Mioceno Inferior, pues tenemos como muestra el pozo Fortuna Nacional No. 1, productor en Amate Inferior, y el gas bajo presiones anormales superiores en Sarlat, en Amate Superior.

Igualmente este anticlinal presenta una facilidad grande para su perforación, pues se pue-

de transportar cualquier equipo perfectamente, por el río Chilapa, que cruza toda la estructura a lo largo, pudiendo así transportar el equipo para perforar en cualquier punto que se desee.

Intencionalmente se han omitido datos más precisos, por ser informes privados y confidenciales del Departamento de Exploración de Petróleos Mexicanos.

Por lo que respecta a la región de Tamulté de la Sabana, igualmente se obtuvieron buenos resultados, aunque en una gran parte del área, no se obtuvieron reflejos por ser una zona muy fallada.

Esta fué la zona que presentó mas serios problemas para la exploración, por ser una región sumamente pantanosa, sin embargo se logró determinar el Anticlinal Fallado de Tamulté, del cual se tenían pequeños datos geológicos, pero no estaba perfectamente determinado, el cual quedó después de la Exploración Sismológica.

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

- |  |                     |
|--|---------------------|
| GEOPHYSICAL PROSPECTING FOR OIL  | L.L. NETTLETON      |
| GEOPHYSICAL EXPLORATION  | C.A. HEILAND        |
| GEOLOGY OF PETROLEUM   | W.H. EMMONS         |
| "RESEÑA ACERCA DE LA GEOLOGIA<br>DE CHIAPAS Y TABASCO"<br>Bol. Inst. Geol. Mex. No. 20       | BOESE EMILIO        |
| EL CRETACICO DE LA CUENCA DE MA-<br>CUSPANA, TAB. Y SU CORRELACION                           | GUILLERMO SALAS     |
| TESIS PROFESIONAL (1950)   | RODOLFO KIRSCHNER   |
| APUNTES DE GEOFISICA   | A. DE LA O. CARREÑO |
| VARIOS INFORMES DE LOS ARCHIVOS DEL DEPARTAMENTO DE EX-<br>PLORACION DE PETROLEOS MEXICANOS. |                     |
- 
-

Agradecemos sinceramente los desinteresados consejos -  
y valiosa ayuda prestada a las sgtes. personas:

Ing. Manuel Alvarez Jr.

Ing. Manuel Rodriguez Aguilar.

Ing. Enrique Diaz Lozano.

Ing. Hermión Larios.

Ing. Luis Benavides Garcia.

Ing. Rodolfo Kirschner R.

Ing. Victor Cué Ahuja.

---

---

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

- |  |                     |
|--|---------------------|
| GEOPHYSICAL PROSPECTING FOR OIL  | L.L. NETTLETON      |
| GEOPHYSICAL EXPLORATION  | C.A. HEILAND        |
| GEOLOGY OF PETROLEUM   | W.H. EMMONS         |
| "RESEÑA ACERCA DE LA GEOLOGIA<br>DE CHIAPAS Y TABASCO"<br>Bol. Inst. Geol. Mex. No. 20       | BOESE EMILIO        |
| EL CRETACICO DE LA CUENCA DE MA-<br>COSPANA, TAB. Y SU CORRELACION                           | GUILLERMO SALAS     |
| TESIS PROFESIONAL (1950)   | RODOLFO KIRSCHNER   |
| APUNTES DE GEOFISICA   | A. DE LA O. CARREÑO |
| VARIOS INFORMES DE LOS ARCHIVOS DEL DEPARTAMENTO DE EX-<br>PLORACION DE PETROLEOS MEXICANOS. |                     |
- 
-

Agradecemos sinceramente los desinteresados consejos -  
y valiosa ayuda prestada a las sgtes. personas:

Ing. Manuel Alvarez Jr.

Ing. Manuel Rodriguez Aguilar.

Ing. Enrique Diaz Lozano.

Ing. Hermión Larios.

Ing. Luis Benavides Garcia.

Ing. Rodolfo Kirschner R.

Ing. Victor Cué Ahuja.

---

---