

01149
4

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

INTERPRETACIÓN ESTRATIGRÁFICA ESTRUCTURAL E IDENTIFICACIÓN
DE NUEVOS PROSPECTOS EN LA FORMACIÓN JURÁSICA
SAN ANDRÉS EN EL AREA MARINA DE TAMPICO

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERIA

P R E S E N T A :
RENE VERA SANCHEZ

DIRIGIDA POR:
M.C. JUAN MARCOS BRANDI PURATA
M.I. FRANCISCO J. SANCHEZ DE TAGLE DE LA LASTRA

MEXICO 2003

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

**TESIS
CON
FALLA DE
ORIGEN**

INTERPRETACIÓN ESTRATIGRAFICA - ESTRUCTURAL E IDENTIFICACIÓN DE NUEVOS PROSPECTOS EN LA FORMACIÓN JURASICA SAN ANDRES EN EL AREA MARINA DE TAMPICO

RESUMEN

1.INTRODUCCIÓN	1
2.GENERALIDADES	3
2.a Localización	3
2.b Objetivos	6
2.c Metodología de Trabajo	7
2.d Antecedentes Geofísicos	9
2.e Antecedentes Geológicos	18
3.GEOLOGÍA	21
3.a Estratigrafía	21
3.b Evolución Geológica	41
3.c Perspectiva Regional Estructural	49
4.BASE DE DATOS Y CORRELACION	54
4.a Carga de Datos Geológicos y Geofísicos	54
4.b Generación de Sismogramas Sintéticos	70
5.INTERPRETACION SISMICA ESTRUCTURAL	76
5.a Discordancia Terciario-Mesozoico	76
5.b Cima de la Formación San Andrés	79
5.c Base de la Formación San Andrés	87

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

6.INTERPRETACION SISMOLOGICA - ESTRATIGRAFICA	88
6.a Análisis de Facies Sísmica de la Formación San Andrés	88
7.AREAS PROSPECTIVAS	94
8.CONCLUSIONES	115
9. REFERENCIAS CITADAS	116

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Mapa de ubicación regional del área de estudio
- Figura 2. Plano de localización geográfica
- Figura 3. Método de trabajo desarrollado
- Figura 4. Antecedentes de trabajos geofísicos elaborados
- Figura 5. Antecedentes de proyectos operativos sismológicos
- Figura 6. Configuración de intensidad magnética total
- Figura 7. Plano de profundidad de basamento y fallas interpretadas
- Figura 8. Pozos perforados en el área
- Figura 9. Columnas geológicas de los pozos
- Figura 9a. Tabla estratigráfica de pozos
- Figura 9b. Tabla estratigráfica del área
- Figura 10. Modelo sedimentario de la Formación San Andrés
- Figura 11. Separación de la Pangea y apertura del Atlántico
- Figura 12. Emplazamientos marinos del Océano Pacífico en el Triásico-Jurásico
- Figura 13. Evolución del modelo de depósito Triásico-Jurásico
- Figura 14. Modelo regional estructural
- Figura 15. Mapa de ubicación de la L-88 y pozos proyectados en la misma
- Figura 16. Línea sísmica 88
- Figura 17. Aplicaciones integradas en una estación de trabajo
- Figura 18. Gráfica tiempo-profundidad del pozo Arenque-30
- Figura 19. Gráfica tiempo-profundidad del pozo Bonito-1
- Figura 20. Gráfica tiempo-profundidad del pozo Mantarralla-1
- Figura 21. Gráfica tiempo-profundidad del pozo Jurel-1

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- Figura 22. Gráfica tiempo-profundidad del pozo Jurel-2
- Figura 23. Gráfica tiempo-profundidad del pozo Arenque-6
- Figura 24. Gráfica tiempo-profundidad del pozo Macarela-1
- Figura 25. Flujo de carga y procesamiento de los datos sísmicos
- Figura 26. Escalamiento en valores de amplitud de los datos sísmicos
- Figura 27. Escalamiento y "clipping" de los datos
- Figura 28. Diferencias en datos cargados con y sin procesamiento
- Figura 29. Diagrama de proceso del sismograma sintético
- Figura 30. Sismograma sintético del pozo Jurel-1
- Figura 31. Sismograma sintético del pozo Mantarralla-1
- Figura 32. Sismograma sintético del pozo Macarela-1
- Figura 33. Escenario geológico de la "Discordancia Terciaria"
- Figura 34. Línea sísmica No. 1
- Figura 35. Línea sísmica A
- Figura 36. Línea sísmica No. 90
- Figura 37. Plano de velocidades medias para el Jurásico San Andrés
- Figura 38. Diagrama de interpretación estratigráfica
- Figura 39. Mapa de facies sísmicas en Formación San Andrés
- Figura 40. Zonas prospectivas del Estudio
- Figura 41. Localización Alor
- Figura 42. Línea sísmica No. 2
- Figura 43. Línea No. 2 con aplanado de horizonte
- Figura 44. Localización De la Cruz
- Figura 45. Localización Villaseñor

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 46. Localización Monserrat

Figura 47. Línea sísmica No. 90G

Figura 48. Línea No. 90 G con aplanado de horizonte

Figura 49. Línea sísmica No. 18

Figura 50. Localización Gerónimo

Figura 51. Línea sísmica No. 51 sobre el campo Arenque

Figura 52. Configuración sísmica cima de San Andrés y prospectos generados

ANEXOS

- 1.-Configuración sísmica correspondiente al horizonte de la discordancia Terciario-Mesozoico
- 2.-Configuración sísmica cima de Formación San Andrés
- 3.-Configuración estructural cima de Formación San Andrés
- 4.-Configuración sísmica base de San Andrés

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

RESUMEN

El área en estudio se encuentra ubicada en la Provincia Geológica Marina de Tampico, y cubre una superficie aproximada de 2500 Km², localizándose geográficamente en la Plataforma Continental del Golfo de México, en la porción sur del Estado de Tamaulipas y norte de Veracruz, frente a la Ciudad de Tampico, Tamps.

En este trabajo se establece el comportamiento estructural y la distribución de la Formación San Andrés del Jurásico Superior (Kimmeridgiano) así como la identificación de zonas de interés para el almacenamiento de hidrocarburos en la misma, en el cual, se interpretan secciones sísmicas de tres reconocimientos diferentes, se correlacionan y mapean los horizontes que se postulan como correspondientes al contacto entre el Mesozoico y el Cenozoico, conocido como "Discordancia Terciaria", así como la cima y base de la Formación San Andrés. En un intento de apoyar el estudio en la evaluación económico-petrolera de dicha formación, se analizaron los datos sísmicos desde el punto de vista de patrones de reflexión, para asociar a estos con las diferentes facies de depósito.

Sobre la base de datos de pozos se conoce la columna sedimentaria presente en el área, la cual tiene un espesor de más de 4000 metros, considerando a las formaciones San Andrés y Pimienta del Jurásico Superior, la Formación Tamaulipas Inferior del Cretácico Inferior y a la secuencia arcillo-arenosa del Terciario. Esta sección sobreyace discordante a los sedimentos continentales de la Formación Huizachal del Triásico en algunas localidades, y en otras, a un basamento cristalino ácido.

Se presentan en el área dos alineamientos estructurales importantes, con orientación NW-SE, limitados con fallas normales en ambos lados. Estos bloques tuvieron una fuerte relación con el depósito y distribución de los

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

7

sedimentos del Jurásico Superior. El desarrollo de las facies de plataforma, talud y cuenca de la formación San Andrés obedecieron principalmente a esta paleogeografía preexistente en la zona.

Se definieron 5 prospectos de interés, con posibilidades de acumulación de hidrocarburos, en zonas consideradas como facies de plataforma para el Kimmeridgiano, teniendo en cuenta que el entrapamiento está condicionado a la combinación de los factores estructural y estratigráfico.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

I. INTRODUCCION

La integración e interpretación geológica regional aportada por los datos de pozos exploratorios y de desarrollo que se han perforado en la porción oriental de la Planicie Costera y en la Provincia Marina de Tampico perteneciente a la Plataforma Continental del Golfo de México, complementado con datos sismológicos, han dado como resultado la identificación y delimitación de una serie de islas jurásicas, en las cuales se encuentra ausente la Formación San Andrés del Kimmeridgiano (Moya C. F., 1979), (Vera S. R., 1992), (B.P. EXPLORATION-PEMEX EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN, 1994). Desde el punto de vista geológico – económico, esta unidad reviste gran importancia por ser productora de hidrocarburos en el Campo Arenque con una producción acumulada de 165 MMBPCE a la fecha, el cual se encuentra ubicado dentro del área de estudio del presente trabajo, así mismo produce en los campos Tamaulipas-Constituciones, Pontón y Rancho Nuevo, muy cercanos a la misma. Esta producción se encuentra principalmente en la facies oolítica de la Formación San Andrés, desarrollada en zonas con tirantes de agua someros, conocida también como facies de plataforma, y así como tiene sus equivalentes de talúd y cuenca hacia aguas más profundas representadas por las formaciones Chipoco y Tamán respectivamente, también tiende a desaparecer hacia los levantamientos por acúñamiento (Stabler C. L., 1969). De aquí que un buen número de pozos exploratorios no la han encontrado debido a que éstos, han tenido como objetivo la cima de la estructura.

Basados en la información proporcionada por los datos de pozos principalmente, los resultados de los estudios de interpretación sísmica realizados hasta ahora, postulan la ausencia de la formación San Andrés en algunas zonas por no depósito únicamente. Pero en base a la información sísmica de mayor resolución adquirida últimamente, se postula, que en ciertos lugares la unidad está ausente también por procesos de erosión.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La falta de un estudio sísmico estructural-estratigráfico integrando la nueva información de alta calidad con los análisis sedimentológicos realizados en los diferentes pozos de la zona, ha impedido conocer la verdadera distribución de las formaciones productoras y la determinación de zonas análogas al Campo Arenque productor de aceite dentro del área.

En este estudio se establece el comportamiento estructural y la distribución de la formación San Andrés, así como su análisis de roca almacenadora de hidrocarburos, y se proponen los lugares de mayor prospectividad para su posible perforación. Este trabajo postula la ausencia en algunas zonas de la Formación San Andrés del Jurásico Superior, debido a ambos fenómenos geológicos, procesos erosivos y de no depósito, y muestra los diferentes escenarios geológicos en el área, lo cual significa una evaluación de la presencia de la roca almacén.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2. GENERALIDADES

2.a Localización

El área de trabajo se localiza al oriente del Puerto de Tampico, dentro de la Plataforma Continental del Golfo de México (Figura 1), con una superficie aproximada de 2500 km², en lo que se conoce desde el punto de vista petrolero como la Provincia Geológica Marina de Tampico, y geográficamente (Figura 2) queda comprendida entre las siguientes coordenadas:

Norte el paralelo 22° 30'

Sur el paralelo 21° 40'

Este la isobata 200 m.

Oeste la actual línea de costa

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

MAPA DE UBICACION ESTUDIO TAMPICO MARINO

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

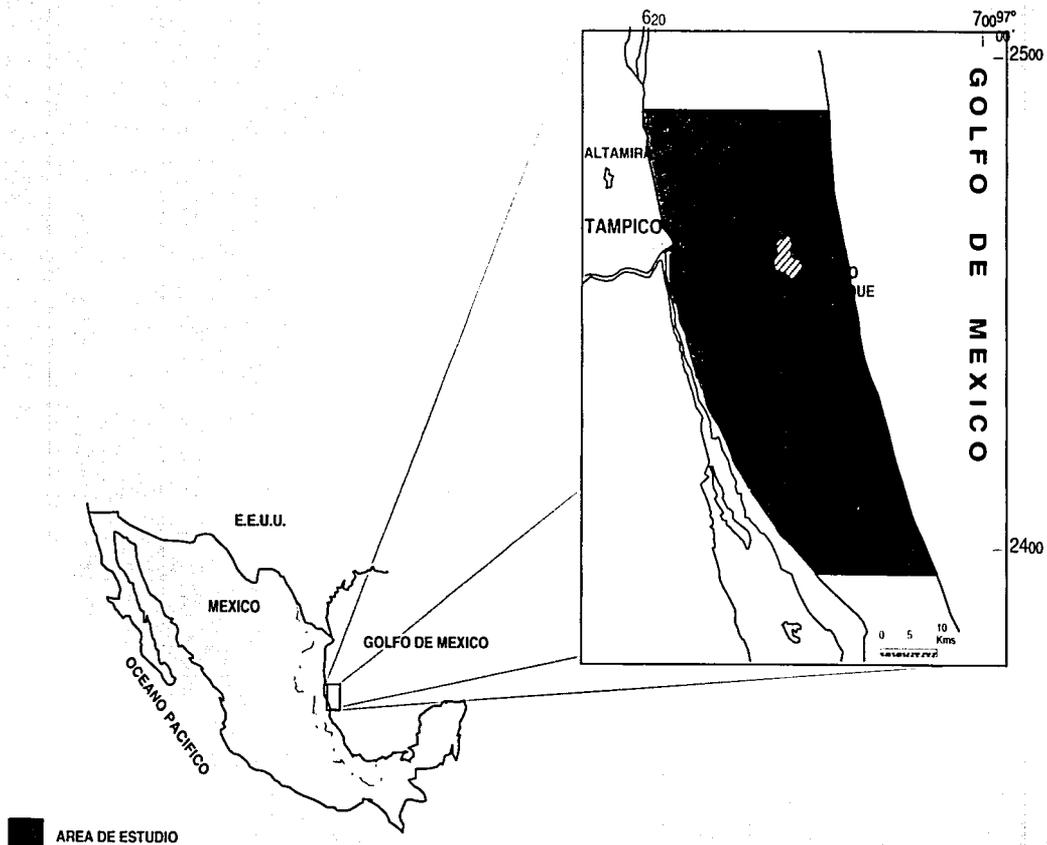


Fig. No. - 1

PLANO DE LOCALIZACION

AREA MARINA DE TAMPICO

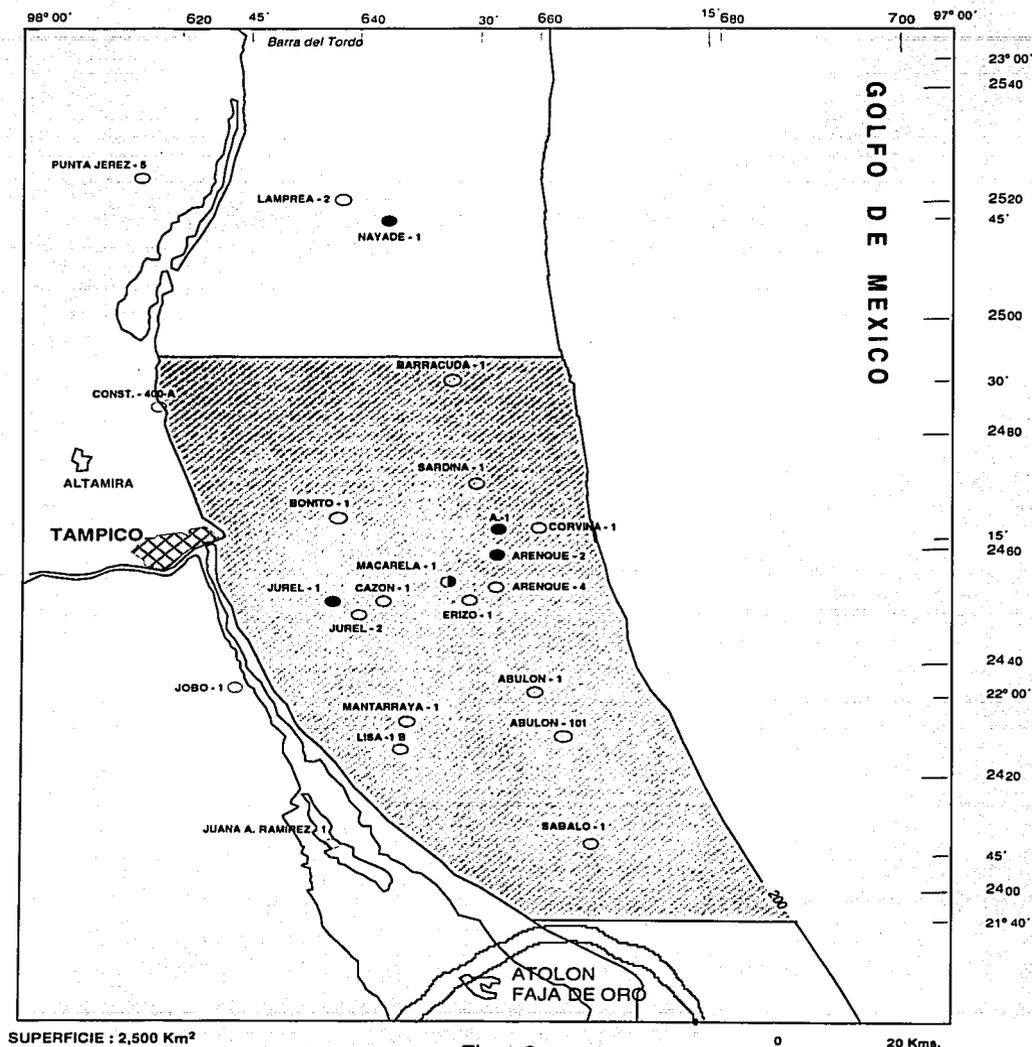


Fig. - 2

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.b Objetivos

- a) - Identificar y Mapear la Discordancia Terciario-Mesozoico.
- b) - Establecer el comportamiento estructural y la distribución de la Formación San Andrés.
- c) – Interpretar las zonas de oportunidad para el almacenamiento de hidrocarburos en el área.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.c Metodología de Trabajo

La metodología utilizada en este estudio (Figura 3), inició con la etapa de recopilar y organizar toda la información geofísica y geológica necesaria para posteriormente cargarla en la estación de trabajo y crear una base de datos.

Fue necesario la construcción de sismogramas sintéticos de los pozos situados sobre líneas sísmicas, utilizando el paquete Syntool de Landmark, lo que permitió la comparación de las trazas sintéticas con las reales para poder hacer el amarre y la correlación de los diferentes horizontes con las formaciones objetivo del área. Para lo cuál es necesario contar preferentemente con los registros sísmico y de densidad de los pozos.

El mapeo básico de los diferentes horizontes, correspondientes al contacto Cenozoico - Mesozoico, a la cima y base de la Formación San Andrés, así como su interpretación y presentación en mapas se desarrolló en una estación de trabajo Landmark mediante el paquete de Seiswork.

Posteriormente, se efectuó un análisis de las facies sísmicas en la Formación San Andrés. Una vez que la secuencia quedó establecida al correlacionar su cima y base, se procedió a la descripción de los patrones de reflexiones dentro del paquete basados en las diferentes características de la señal sísmica. Para establecer una relación entre las facies sísmicas y los ambientes sedimentarios también se tomó en consideración la geometría y el espesor de la secuencia sísmica.

Finalmente, para la visualización de áreas prospectivas, lo cuál es un objetivo de este estudio, se integró el resultado del mapeo estructural del horizonte de interés con las características estratigráficas del mismo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

METODOLOGIA DE TRABAJO

ENFOQUE

INTERPRETACION
VISUALIZAR AREAS PROSPECTIVAS

MAPEO

ANALISIS DE FACIES SISMICA
CORRELACION - MAPEO BASICO

MODELADO

SISMOGRAMAS SINTETICOS

BASE DE DATOS

RECOPILAR-ORGANIZAR-CARGAR

TESTING
FALLA DE ORIGEN

2.d Antecedentes Geofísicos

La Figura 4 muestra las áreas de la plataforma continental del Golfo de México con estudios geofísicos de sismología, magnetometría y gravimetría realizados por Petróleos Mexicanos.

Sismología

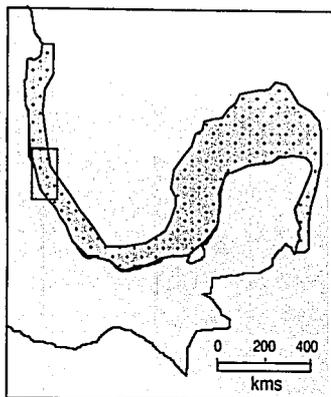
El método sísmico ha sido utilizado a través de diferentes épocas en el área de estudio, haciéndose observaciones, tanto analógicamente como digitalmente (Figura 5).

En el año 1965, la Western Geophysical Company of America hizo el primer levantamiento sísmológico de punto de reflejo común en sistema analógico, con un apilamiento de 600%, teniendo como desarrollo una producción de 3577.5 Km. En base a este estudio denominado Tampico-Cabo Rojo, Tuxpan y Tecolutla, Área Golfo de México, se perforó el pozo Arenque-1.

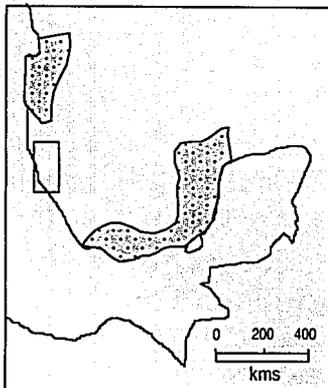
Posteriormente en 1973, la Petty Geophysical Company hizo un reconocimiento sísmico digital conocido como Escualo-Arenque, cubriendo un área muy extensa de aproximadamente 8925 Km², en el que su objetivo principal fue delinear estructuras del Cretácico y Jurásico.

Trabajaron también en el área la Compañía Geosource en 1979, bajo el método sísmico de reflexión digital al 2400% de apilamiento, quedando consignado este trabajo en el informe denominado Arenque-Náyade, Área Tuxpan y la Geophysical Service Incorporation en 1981, con un reconocimiento llamado Faja de Oro Marino Foca-Abulón, con los mismos objetivos descritos anteriormente.

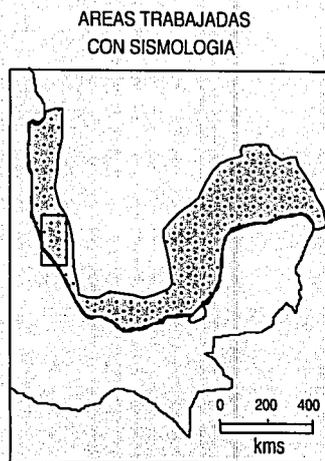
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



AREAS TRABAJADAS
CON MAGNETOMETRIA



AREAS TRABAJADAS
CON GRAVIMETRIA



AREAS TRABAJADAS
CON SISMOLOGIA

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. 4 - Areas con estudios geofísicos en la Plataforma Continental del Golfo de México, (Camargo y Quezada, 1991).

Antecedentes de Estudios Sismológicos

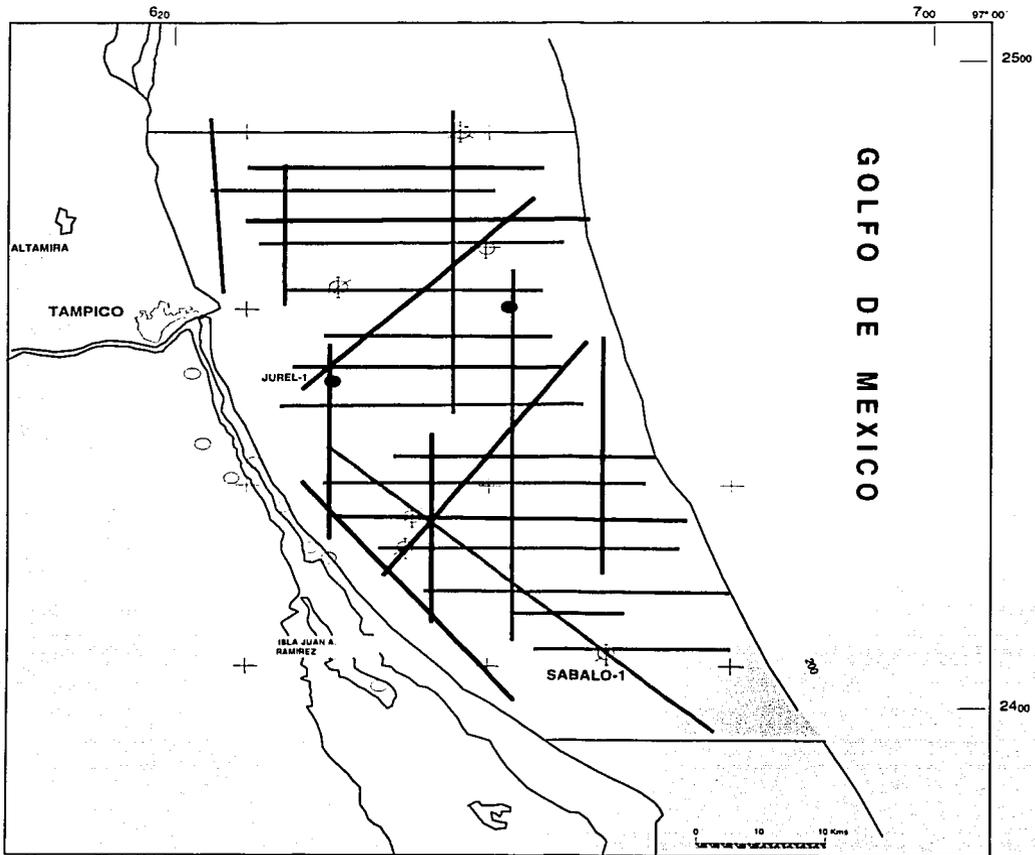


Fig. 5 - Análisis de 3100 km de sismica

- 700 km de 1965, Western (analógica)
- 600 km de 1973, Petty
- 650 km de 1979, Geosurce
- 800 km de 1991-92, Digicon
- 350 km de 1994, Geco-Prackla

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La Cia. Digicon Geo-Physical realizó en 1991 y 1992, un trabajo denominado Arenque, Área Tuxpan, el cuál destaca por ser un estudio actualizado en cuanto a técnicas de operación y proceso, así como presentar una malla de observación bastante consistente en la orientación Este-Oeste, tratando con esto, definir los acuíferos que se tienen de los sedimentos sobre los levantamientos orientados Norte-Sur.

En 1994 la Compañía Geco-Prackla hizo un levantamiento sísmico en el área con la finalidad de ligar la información de pozos con las líneas programadas en el área del Golfo Profundo, el cuál se considera de gran importancia por la dirección de tiro muy diferente a la de los demás estudios, lo que permitió dar más apoyo a la interpretación y evaluación del área y poder cumplir con los objetivos que se establecieron en el presente trabajo. Esta nueva información fue solicitada a la Subgerencia de Operaciones Geofísicas de la Región Norte, con base en la Cd. de Poza Rica, Veracruz.

Magnetometría

El área de trabajo está cubierta en su totalidad, por un estudio de exploración aereomagnético de alta resolución denominado Cuenca Central, Plataforma de Valles y Planicie Costera, elaborado por la Cia. Geoterrex Limited en 1975. Siendo el objetivo principal tener un conocimiento de la morfología del basamento. Una descripción general del resultado se da a continuación.

Configuración de Intensidad Magnética Total

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Generalmente, los contornos de intensidad magnética del área (Figura 6) revelan la presencia de altos magnéticos lenticulares con amplitudes que van de 50 gammas a 200 gammas y los cuales se distinguen en varias direcciones pero

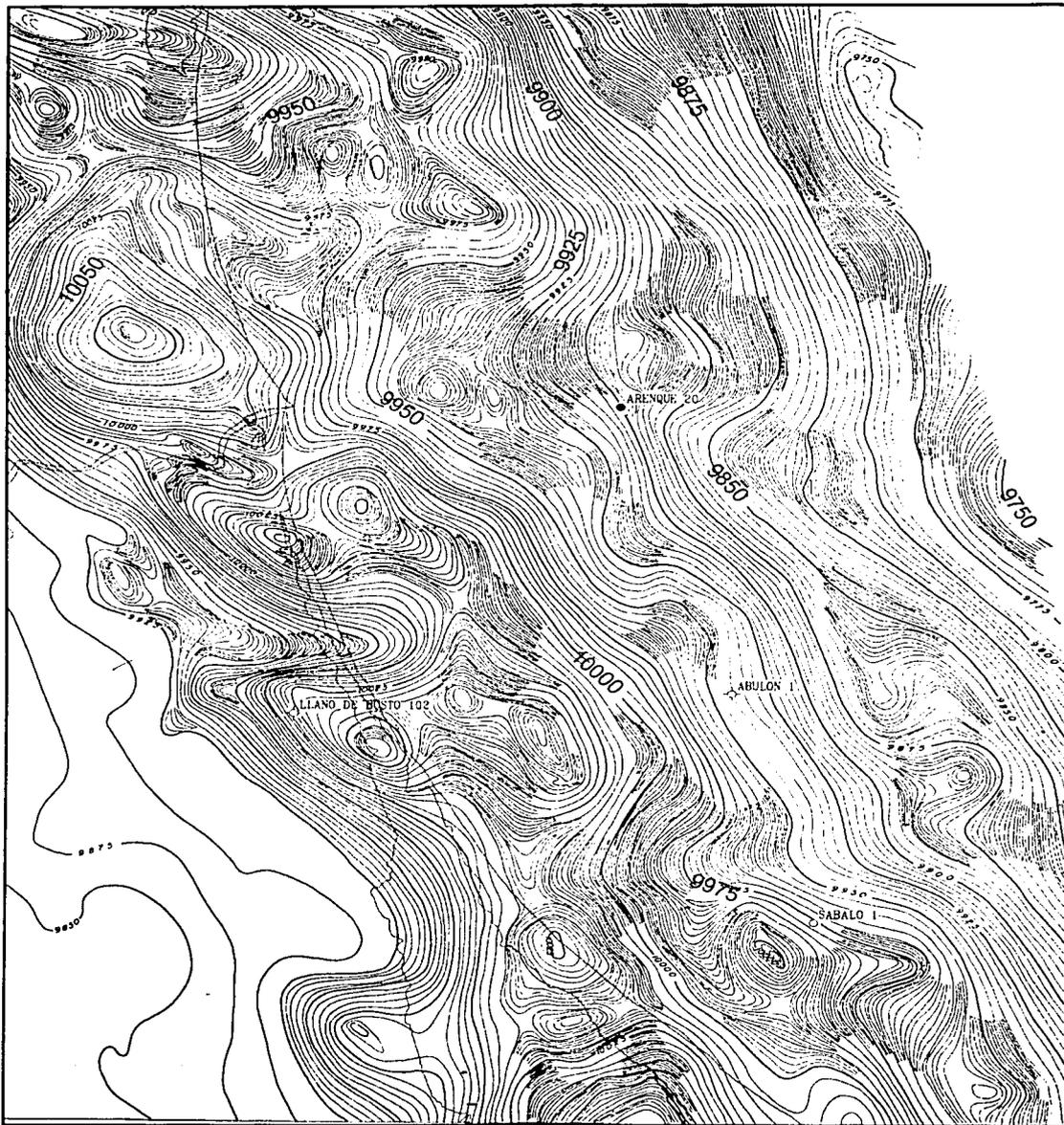


Fig. 6 - Plano de Intensidad Magnética Total

0 10
kms

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

preferentemente en conjunto con una orientación noroeste-sureste.

La longitud promedio de las anomalías es sobre los 60 Km. Existen numerosas anomalías pequeñas de bajo relieve magnético, esparcidas a través del área y muchas de éstas no tienen dirección preferencial. La intensidad de varias anomalías es altamente variable a lo largo de su dirección de longitud y algunas anomalías exhiben cambios abruptos en orientación. Casi la totalidad de éstas anomalías, sin embargo, parecen reflejar un simple horizonte magnético y su aparente discontinuidad sugiere que este horizonte está grandemente afallado. En todas probablemente, este horizonte es basamento.

Sobre el borde oriental del área de reconocimiento (Figura 6), el patrón magnético es, casi en su totalidad, un claro gradiente magnético, desde las curvas con valores de 9950 hasta las de 9775 gamas, lo que sugiere una profundización hacia el Este de la superficie de basamento. La porción más al Oeste del área presenta una serie de anomalías en dirección NW-SE, representando los diferentes levantamientos de basamento, también identificados por sismología y datos de pozos.

El carácter de los contornos de intensidad total de la Plataforma continental, también muestran algunas anomalías de más alta frecuencia y pequeñas zonas distorsionadas, sugiriendo probablemente algún tipo de intrusión.

Interpretación de profundidad de basamento y fallas

El plano de interpretación del estudio aeromagnético del área (Figura 7), presenta valores de profundidad de basamento de 2000 metros en algunas partes cercanas a la costa y hasta de 5500 metros hacia el lado Este del estudio. Las

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

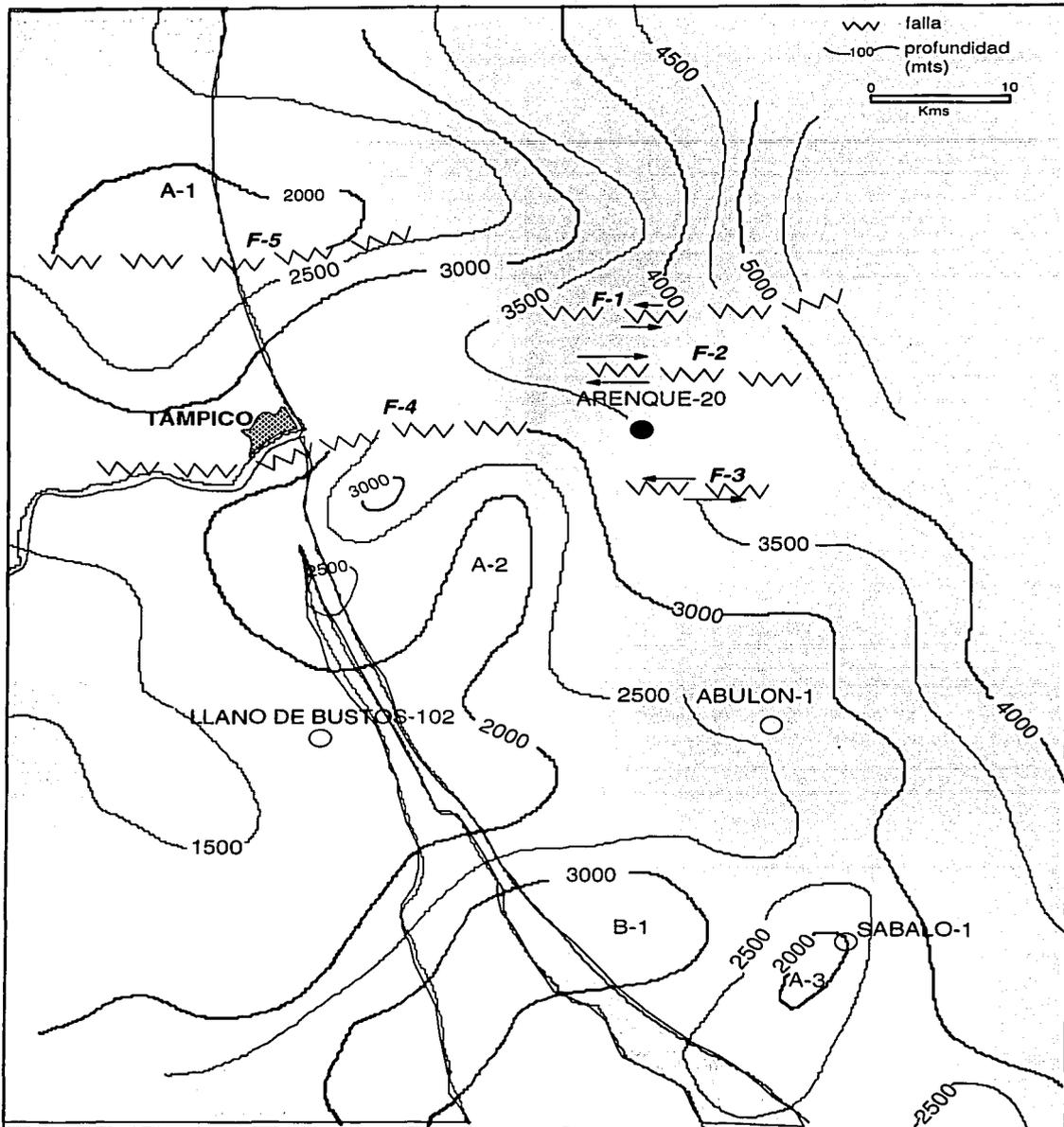


Fig. 7- Plano de Profundidad de Basamento y Fallas

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

estructuras basamentales se orientan más o menos norte-sur con algunas variaciones. Otras anomalías presentan una dirección este-oeste.

Las anomalías cortadas que abruptamente cambian su rumbo direccional o sugieren desplazamiento lateral, o están indicando un fallamiento transversal o ambas cosas.

Ejemplos de formas de desplazamientos son mostradas por las fallas F1, F2 y F3 en el noreste del área. Las fallas que exhiben movimiento vertical son identificadas desde cambios abruptos en la profundidad de la roca fuente sobre ambos lados de la falla. Ejemplos de estas fallas normales están mostradas por F4 y F5 localizadas cerca de Tampico. Estos lineamientos magnéticos, sin embargo, pudieran también representar los bordes de la anomalía causada por cuerpos en donde un contacto podría ser un término más apropiado. Sobre la interpretación del mapa, estas estructuras están generalmente concentradas sobre el lado noroeste del área.

Los altos estructurales que en el plano están mostrados como A1, A2, A3, tienden a alinearse colectivamente en orientación NW-SE. El alto, A1, en la parte norte del área da la impresión de tener un alineamiento este-oeste. Este alto está afectado por una falla normal este-oeste, F5, la cuál muestra un desplazamiento vertical de 500 metros sobre el lado sur. Una falla paralela, F4, está localizada más o menos 30 Km. hacia el sur y tiene casi 50 Km. de longitud, el desplazamiento vertical mostrado por esta falla son unos 1000 metros corriendo sobre el lado norte.

Una anomalía situada sobre la Isla Juan A. Ramírez, es interpretada como un bajo de basamento, B1, transversa al área en una dirección este-oeste.

En cuanto a los resultados de esta interpretación (Figura 7), en particular a los valores de profundidad de Basamento, podemos notar que no en toda el área

TEMA CON
FALLA DE ORIGEN

concuerdan con los datos de pozos, pero desde un análisis cualitativo, la interpretación tiene una gran similitud con el comportamiento estructural de los horizontes sísmicos configurados (ver anexos 1, 2, 3).

Debido a que esta paleogeografía fue el marco de depósito para la secuencia Mesozoica, podemos comprobar (datos de pozos) que los altos de basamento corresponden a los sedimentos de plataforma del Jurásico Superior y los bajos con los sedimentos de cuenca. Con lo que podemos concluir, que la interpretación es de buena calidad y los resultados de este informe se pueden usar con bastante confiabilidad.

Gravimetría

No se cuenta con un estudio de este tipo en el área (Figura 4), teniendo solamente perfiles de anomalías de Bouguer en algunas líneas sísmicas, donde se montó un gravímetro en el barco de reconocimiento sísmico.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.e Antecedentes Geológicos

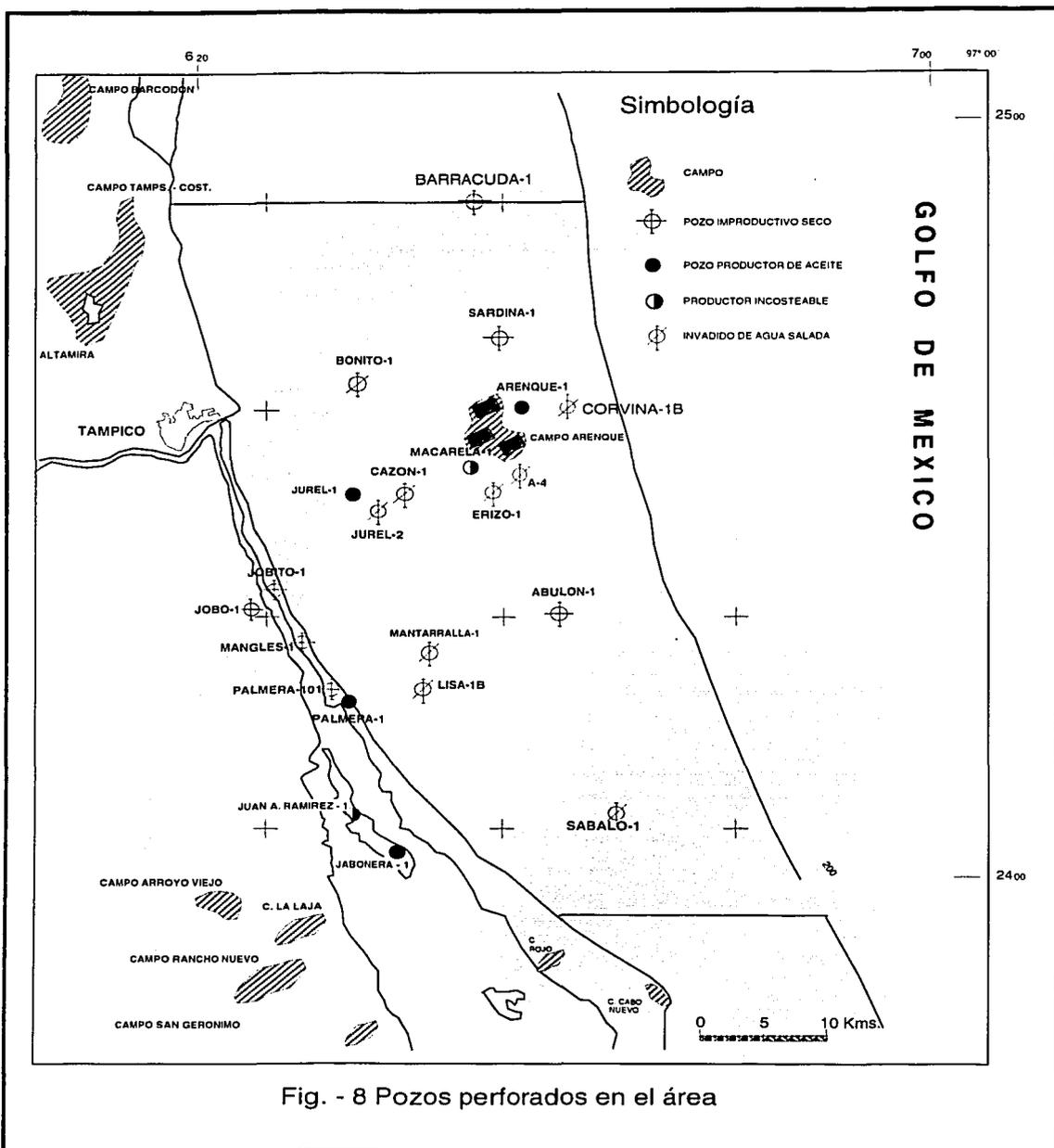
En Mayo de 1966, debido a los primeros estudios sísmicos analógicos realizados en la Plataforma Continental por la Western Geophysical Company of America se propuso la perforación del Pozo Arenque-1, mismo que se terminó en el año de 1967 con producción de aceite en rocas carbonatadas fracturadas de la Formación Tamaulipas Inferior correspondiente al Cretácico Inferior. Posteriormente, en el año de 1968 se descubrió el yacimiento de la Formación San Andrés del Jurásico con la perforación del Pozo Arenque-2, con una producción inicial de 7,597 barriles diarios de aceite.

El Área cuenta con 36 pozos de desarrollo, perforados en el Campo Arenque y 15 pozos exploratorios (Figura 8). El campo se ubica en la porción noreste del área, donde el 78 % de su producción de hidrocarburos corresponde a las facies oolíticas de la Formación San Andrés (B.P.-PEMEX, 1994).

A partir de los estudios de reconocimiento sísmico, se generaron una serie de trabajos de Interpretación y Evaluación, entre los que destaca el mapeo estructural de las diferentes formaciones del Jurásico y Cretácico, principalmente. Estos trabajos concluyen que las zonas con posibilidades de entrapamiento de hidrocarburos en el área están condicionadas a la combinación del aspecto estructural con el factor estratigráfico y que la información utilizada en la interpretación no permite la definición de las condiciones estratigráficas que pudieran existir en la zona. Incluyen algunas propuestas de localizaciones y recomiendan algunos procesos especiales a la información sísmica, todos ellos realizados bajo la Administración de Petróleos Mexicanos.

En el año de 1994 Pemex hizo un Estudio de Identificación de Prospectos del Área de Arenque, con la participación de la Cia. British Petroleum, donde el objetivo de este proyecto fue el de identificar y jerarquizar prospectos en el play

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

San Andrés y en el cuál se estableció el modelo sedimentológico del Campo Arenque.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3.- GEOLOGIA

3.a Estratigrafía

Se ha obtenido información del subsuelo a partir de 15 pozos exploratorios y 36 pozos de desarrollo (Figura 9). Con lo cual se ha hecho posible conocer con detalle la estratigrafía representativa de esta región, como lo muestran las tablas estratigráficas de las Figuras - 9a y 9b.

Las rocas que constituyen el basamento económico sobre el cuál descansa la columna sedimentaria son : El Complejo Basal y los sedimentos denominados como Lechos Rojos de la Formación Huizachal.

Complejo Basal.

El Basamento corresponde a una provincia petrográfica formada por rocas graníticas calco-alcalinas, localmente en el Campo Arenque (Alvarez y Castaños, 1981), en donde se reporta el núcleo No. 7 del Pozo Arenque - 1, como un granito alcalino perteneciente a una roca ígnea plutónica. También se estudiaron los núcleos de los pozos Arenque - 4, 6 y 7, los que determinaron como pertenecientes a la familia de las Adamellita mejor conocida como Monzonita Cuarcifera.

Moya (1979) considera que el basamento del área está constituido por un Batolito Complejo cuyo emplazamiento es probable que haya ocurrido durante el Pérmico, con intrusiones graníticas posteriores en el Triásico-Jurásico, tal como se reporta en el Pozo Náyade - 1 al norte del área. De los 38 pozos perforados en el Campo Arenque únicamente 15 realmente penetraron éstas rocas graníticas.

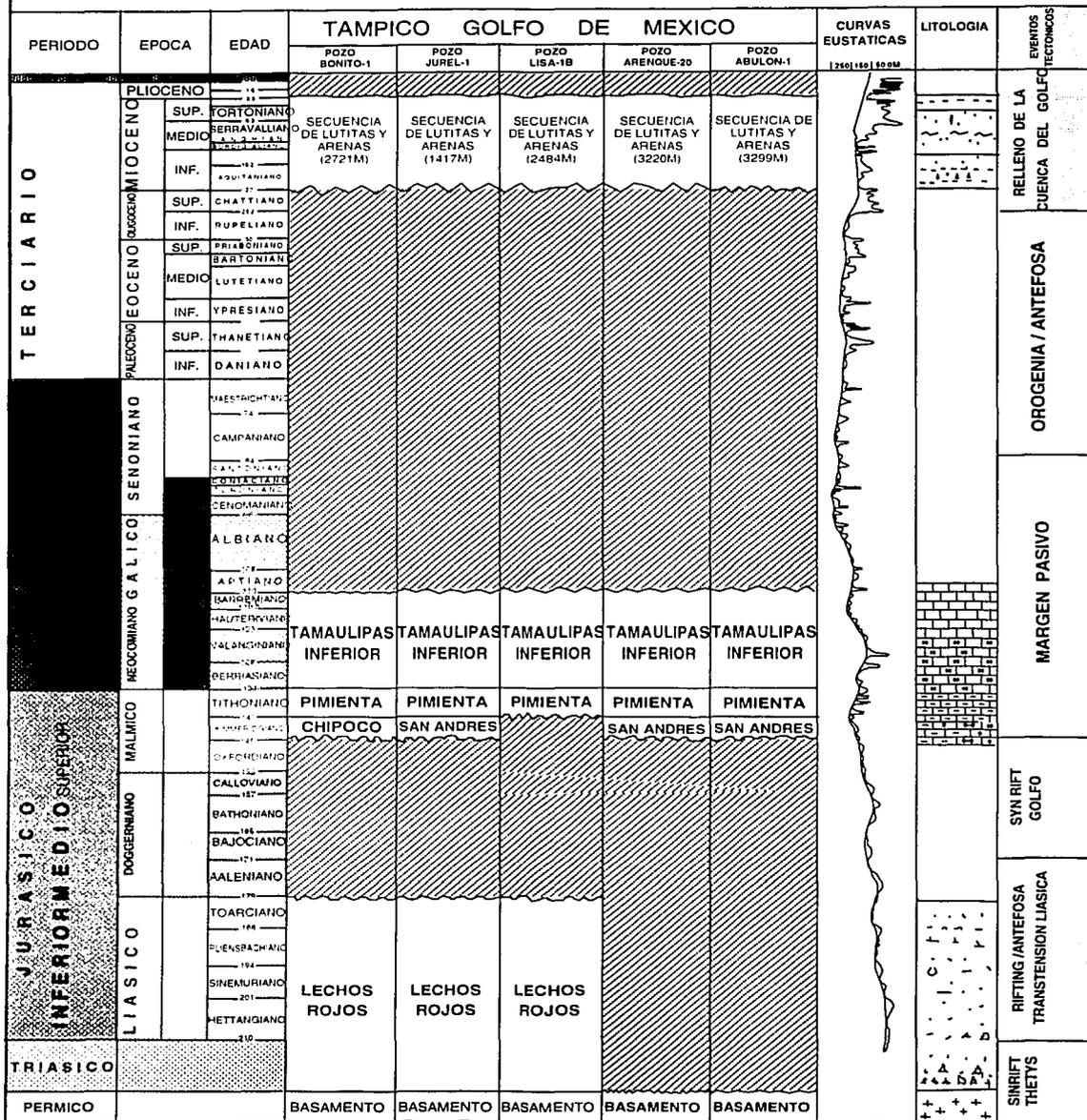
POZOS	FORMACIONES Y ESPESOR (Mts.)							PROF. TOTAL M.B.N.M.
	Terciario	K. Tamps. inf	J. Pimienta	J. San Andrés	J. Zuloaga	Lechos Rojos	Basamento	
Abulón-1	3299	36	76	116			23	3543
Arenque-1	3284	71	60				5	3485
Arenque-6	3214	90	47	139			26	3574
Barracuda-1	3995							4058
Bonito-1	2659	152	146	78 (talud)		29		3113
Cazón-1	2688	164	47	66		26		3032
Corvina-1	3648	33	81	86	120		18	4056
Erizo-1	3103	124	72	110	47		11	3604
Jabonera-1	2895	87	174	277 (cuenca)		49		3482
Jurel-1	2557	281	136	73		34		3085
Jurel-2	2561	203	53			80		2898
Jobito-1	2199	602	202	449 (talud)	250			3692
Jobo-1	1660	275	18	7		71		2023
Lisa-1b	2484	172	39			474		3190
Macarela-1	3132	105	74	132			23	3515
Mangles-1	1810	154				39		2002
Mantarralla-1	2468	123	8			331		2961
Palmera-1	2377	282	189	66	78	156		3141
Sábalo-1	3790			83	111		16	4046
Sardina-1	3492							3555

Fig.- 9

Fig. 9a - Estratigrafía de Pozos del área

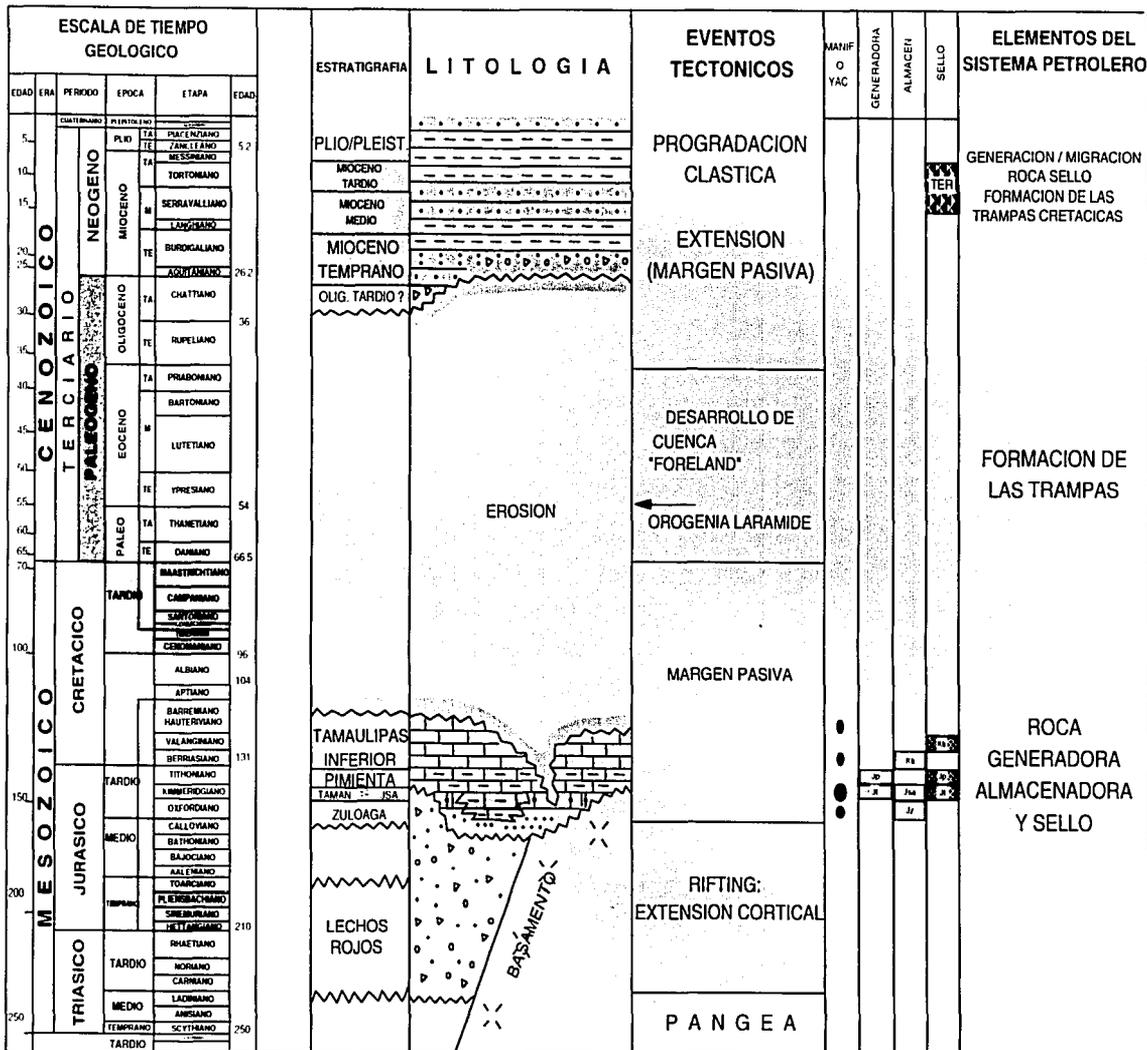


EROSIÓN O NO DEPOSITO



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TABLA ESTRATIGRAFICA DEL AREA



TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

La datación de este Complejo Basal a partir de sus constituyentes radioactivos, Potasio-Argón y Rubidio-Estroncio, arrojó una edad aproximada de 240 millones de años que corresponde al Permo-Triásico y subyace discordantemente a toda la columna estratigráfica (Martinez Pontviane, 1994).

Formación Huizachal

El nombre de Formación Huizachal fué empleado por primera vez por Seemes en 1921 en un reporte para la Compañía Mexicana de Petróleo "El Aguila", en donde designa con ese nombre a las capas rojas que afloran en el valle del mismo nombre, aproximadamente a 20 Km. al SW de Cd. Victoria, Tamaulipas, a las cuales correctamente asignó al Triásico (Carrillo, 1960).

Carrillo las define como una secuencia de más de 2,000 m. de espesor constituida de lutitas, lutitas arenosas, areniscas y conglomerados de color rojo, verde y gris verdoso, interestratificadas (predominando el color rojo), con flora del Triásico Superior.

Estos sedimentos se encuentran en las partes bajas del Paleorelieve Pre-Jurásico Superior rellenando las fosas tectónicas producidas durante el afallamiento normal de las rocas más antiguas, como consecuencia del rompimiento que fué preludeo de la separación de Norteamérica y Africa (Van Houten, 1977). Se encuentran infrayaciendo discordantemente a las rocas carbonatadas del Jurásico Superior.

En lo que respecta a su consideración económica no representa valor como rocas generadoras, y su capacidad como rocas almacén no se ha comprobado.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Oxfordiano

Este periodo está representado en el área por la Formación Zuloaga, identificada en el Pozo Corvina - 1b con un espesor de 120 m., descansando sobre el Basamento y subyaciendo concordantemente a la Formación San Andrés; hacia el bloque levantado de Arenque se encuentra acuñada. En el Pozo Erizo - 1 se ha reportado su presencia, pero ésta es dudosa.

Localmente su litología se caracteriza por lodos calcareos y calcarenitas de colores claros compuestas de pellas, peletoides y oolitas ocasionalmente reemplazadas parcial o totalmente por dolomita microcristalina. Hacia su base contiene cuerpos de terrigenos y una brecha calcarea conglomerática.

Sedimentológicamente corresponde a una secuencia transgresiva que se depositó en un ambiente nerítico interno, bajo condiciones que varían desde el margen de plataforma a zonas lagunares con influencia marina.

La Formación Zuloaga tiene una producción acumulada de casi 15 mmb de aceite en el Campo Tamaulipas- Constituciones y en el Pozo Náyade - 1, al norte del área, se le estimó una producción inicial de 750 bls/d de aceite de 35° API.

Kimmeridgiano

Formación San Andrés

Fue Burckhardt en 1930 el primero que describió los afloramientos de esta unidad, expuestos en la región de Huayacocotla, Ver., denominándola como cuerpo de "Caliza con Nerineas", (Cantú, 1971).

En 1956 esta formación fue identificada en el subsuelo de la Provincia Tampico-Misantla en los Campos San Andrés y Tamaulipas-Constituciones nombrándose informalmente como Calizas San Andrés; en 1971 Stabler la elevó a

la categoría de Formación. Regionalmente se encuentra distribuida irregularmente alrededor de altos paleogeográficos.

Los espesores máximos son del orden de 190 m. (Pozo Arenque-20) y tiende a acuñarse hacia los levantamientos como los denominados Islas de Arenque, Mantarralla, Jurel y Abulón, hasta desaparecer ; hacia el occidente y sur del área tiene sus equivalencias de talud y cuenca, representados por las formaciones Chipoco y Tamán respectivamente.

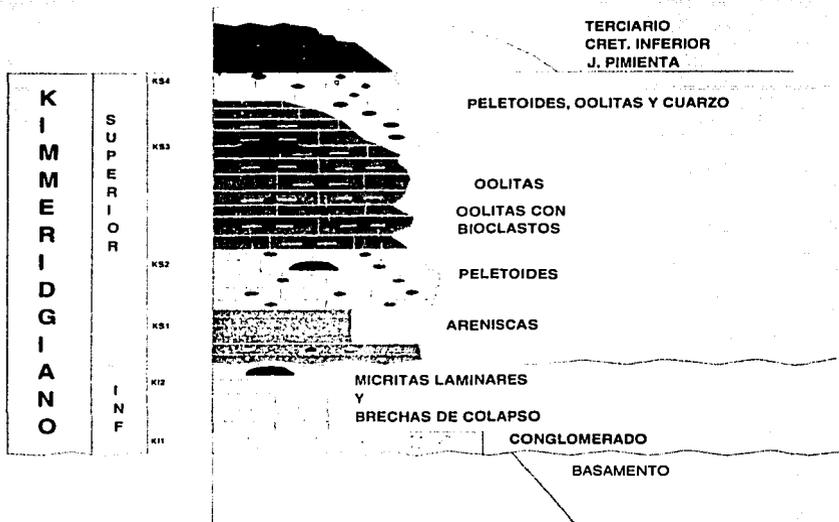
Desde el punto de vista económico, esta formación reviste gran importancia por ser productora de hidrocarburos en los campos Arenque, Tamaulipas-Constituciones, Pontón y Rancho Nuevo, dentro del área y muy cerca de ella.

La Formación San Andrés corresponde al Kimmeridgiano y descansa discordantemente sobre rocas del Basamento y en otros casos sobre los lechos rojos de la Formación Huizachal, aunque también yace en concordancia sobre la formación Zuloaga hacia el oriente del Campo Arenque, y subyace en aparente concordancia a los sedimentos de la Formación Pimienta.

Como está desarrollada en el Campo Arenque, la Formación San Andrés puede ser dividida en dos secuencias (BP-Pemex, 1994); una en la parte baja denominada San Andrés Inferior "KI", y otra en la parte superior llamada San Andrés Superior "KS" (Figura 10). Stabler (1969) notó que "esas dos calizas son tan diferentes una de otra en términos de ambiente de depósito, que sospechamos que son formaciones distintas separadas por un considerable lapso de tiempo". Esta división puede ser aplicada a través de toda la cuenca. Dentro de cada secuencia hay varias parasecuencias; dos en la inferior (KI 1, 2) y cuatro en la superior (KS 1, 2, 3, 4).

Las dos secuencias están separadas por una discordancia angular, evidente en el Pozo Macarela-1 y fue mencionado por Stabler (1969) como una

FORMACION SAN ANDRES: AREA ARENQUE



Modelo Arenque: Formación San Andrés

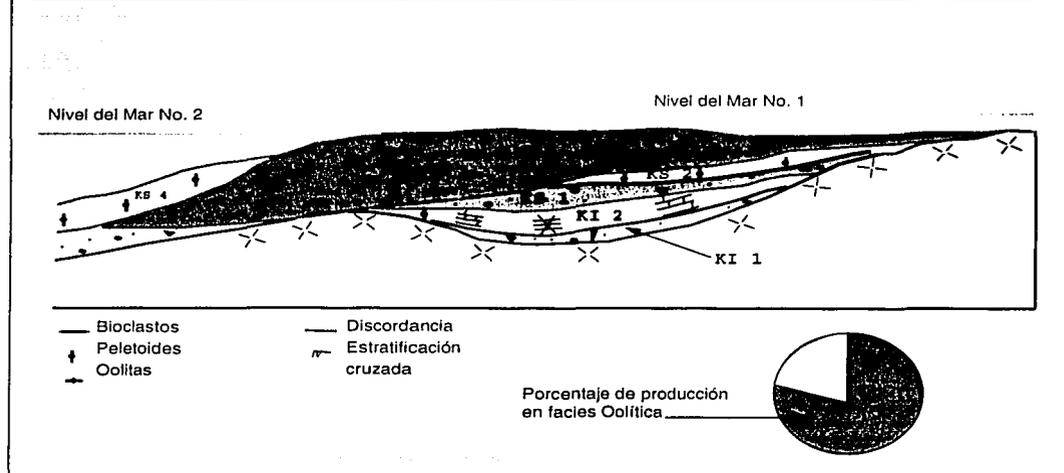


Fig. - 10

"zona intemperizada" en la cima de la caliza inferior. El contacto basal con el basamento granítico - volcánico - diorítico es una discordancia, y el San Andrés inferior muestra evidencia en la sísmica de fuerte onlap sobre este basamento. En la cima de la parasecuencia KS 2 hay una discordancia, desarrollada en el pozo Arenque-5. Esta discordancia y la discordancia de la cima del KI localmente cortan a todo el San Andrés, por ejemplo en los Pozos Arenque-1, 7 y Jurel-1 (BP-Pemex, 1994).

Estratigrafía del San Andrés Inferior, KI.

El KI consiste de dos parasecuencias que fueron depositadas como sigue:

Parasecuencia KI-1

En términos litoestratigráficos, esta parasecuencia es aproximadamente equivalente al miembro conglomerado basal de la Formación San Andrés. Contiene en su mayoría clásticos, principalmente conglomerados y brechas, los cuales contienen clastos de rocas del basamento. Los tipos de clastos varían por toda la cuenca, indicando una variedad de fuentes de sedimento. Se tienen granitos, volcánicos con fenocristales, cuarcita, metalimolitas y clastos de gneiss. Los clastos pueden estar bien redondeados (p.ej. el Pozo Macarela-1), o ser angulares, particularmente en el caso de brechas de clastos volcánicos. Esto sugiere que el vulcanismo pudo haber acompañado al depósito de esta unidad.

Se piensa que el marco deposicional regional de esta parasecuencia estuvo localizado en cuencas de rift dentro de un marco general de tipo continental y con limitada influencia marina. Poco o ningún sedimento se acumuló en los bordes de los bloques de rift; los altos de basamento persistieron después del depósito.

Parasecuencia KI-2

En términos litoestratigráficos, esta parasecuencia es aproximadamente equivalente al miembro de brechas calcáreas y peletoides con algunas micritas

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

laminares de la Formación San Andrés. El apilamiento vertical de facies de agua somera sugiere que la subsidencia continuó en una forma relativamente suave en toda esta parasecuencia, sin superficies de inundación importantes.

El marco sedimentario regional de estas facies en el Campo Arenque indica una plataforma carbonatada interna, de muy bajo relieve, tipificado por las partes superiores de los depósitos de planicies de marea y supramarea. Estas facies están desarrolladas en un área extensa, en la cual bloques altos de basamento (horsts) persistieron como islas. En Jurel-1, se desarrolló una facies de grainstone de peletoides en esta unidad inferior, y representa el probable sistema de barrera para las planicies de mareas. Al final de la parasecuencia KI-2, una fase de carstificación y levantamiento estructural afectó la unidad San Andrés Inferior. Esto es notorio por la discordancia angular observada en la cima de esta parasecuencia en el Pozo Macarela-1.

Estratigrafía del San Andrés Superior, KS.

La KS consiste de cuatro parasecuencias. Estas fueron depositadas como sigue:

Parasecuencia KS-1

Esta incluye la parte baja de la litofacies (dominada por clásticos) definida como el miembro de terrígenos de la Formación San Andrés, tal como se presenta en el área Arenque. La reactivación de las paleoelevaciones fue probablemente responsable del aumento del aporte de clásticos en esta parasecuencia, y las tendencias de las facies sugieren que la estructura de Arenque estuvo levantada hacia el Este.

Parasecuencia KS-2

Esta parasecuencia en las áreas de plataforma incluye la variedad de facies con peletoides y bioclastos típicamente encontrada entre los clásticos en la base

del "Miembro Terrígeno" y las oolitas del San Andrés Superior. El contacto inferior está marcado por una superficie de inundación en la mayoría de los pozos, y el contacto superior por una discordancia localmente significativa la cuál está expresado como un quiebre litológico y/o eléctrico muy agudo. En áreas más distantes de los altos de basamento, los clásticos tienden a interestratificarse y eventualmente pasar lateralmente a secciones totalmente carbonatadas.

Parasecuencia KS-3

La parte principal del sistema de banco oolítico en el Campo Arenque está caracterizado por una sección potente (>100m) en la parte oeste y, en menor extensión, en el norte, por oolitas con pocos bioclastos y presencia de estructuras sedimentarias ocasionales. La información sísmica sugiere que las oolitas pueden engrosarse hacia el oeste.

Parasecuencia KS-4

Esta parasecuencia se desarrolló sólo localmente, y es más potente en el Oeste y Sur del área; representa un system tract del tipo "cuña de nivel bajo del mar" como ha sido definido por pozos y datos sísmicos. Está compuesta por grainstones oolíticos sin estructuras y con estratificación cruzada en la parte somera, mientras que en las facies de agua profunda hay una componente notable de siliciclásticos (granos de cuarzo, minerales de arcillas, gran amplitud del registro de rayos gamma) por lo cuál aparecen densas en los registros de porosidad. En orden de incremento de la profundidad de agua, estas facies típicamente someras consisten de oolitas de braquiópodos, oolitas de grano fino, grainstone de equinodermos y grainstones de peletoides y microbioclastos.

En esta parasecuencia debieron de haber existido áreas de suministro local de sedimento, indicando un descenso eustático o un evento tectónico local de levantamiento y/o inversión. Las isopacas actuales indican ausencia de San

Andrés sobre Arenque-1 y Arenque-7 y adelgazamiento de esta parasecuencia hacia el este, sugiriendo un periodo de levantamiento localizado en la "Isla de Arenque". Como hizo notar Stabler (1969), "se desconoce si las áreas en Arenque-1 representan islas en el tiempo de San Andrés, o si las capas intermedias fueron depositadas y removidas antes que la Pimienta fuera depositada".

Formación Chipoco (Kimmeridgiano)

Representa la facies de talud de la formación San Andrés de Plataforma. Con el nombre de Formación Chipoco, Hermoso y Martínez en 1972 proponen denominar a un "conjunto de rocas sedimentarias, dispuestas en una alternancia de calizas cristalinas ("grainstones") y lutitas calcáreas de un color gris oscuro que en subsuelo han sido denominadas Tamán Mixto, y las cuales se consideran como la zona de transición entre depósitos de cuenca y de plataforma", Ubicando como localidad tipo los afloramientos que se encuentran aproximadamente a 1 Km. al W del Rancho Chipoco, Hgo.

En el subsuelo, numerosos pozos perforados en la porción sur de la Provincia de la Cuenca Tampico-Misantla y algunos en la plataforma continental, han evidenciado la presencia de esta unidad.

Se componen de una alternancia irregular de rocas sedimentarias depositadas en aguas profundas con otras de aguas someras transportadas por corrientes de turbidez. Los sedimentos derivados de tales corrientes (turbiditas) se componen de "packstones" y "grainstones" de oolitas, intraclastos, peletoides así como fragmentos de feldespatos, granos de cuarzo y aún de pedernal.

La formación subyace en concordancia a la Formación Pimienta y suprayace concordantemente a la Formación Zuloaga y discordante en algunos casos con los lechos rojos de la Formación Huizachal.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Formación Tamán (kimmeridgiano)

Heim en 1926 propuso el nombre de "Capas Tamán" para aplicarse a "una secuencia de calizas bien estratificadas de color negro, de grano fino y microcristalinas, con lutita negra", que tiene como localidad tipo la sección expuesta en el Poblado de Tamán, S.L.P.

Se constituye litológicamente de "wackestones" arcillosos de color gris oscuro a negro, interestratificados con capas delgadas de lutita de color gris oscuro y café. Se reportan espesores de esta unidad en el subsuelo que varían de aproximadamente 200 m como mínimo y máximos de cerca de los 600 m, hacia el centro de las depresiones.

Se correlaciona cronológicamente con la formaciones San Andrés y Chipoco, presentes en el área de estudio. Subyace concordantemente y transicionalmente con la Formación Pimienta; lateralmente cambia a facies más someras representadas por la Formación Chipoco.

Tithoniano.

Este periodo está representado por la formación Pimienta, la cuál denominó Heim en 1926 como una "serie de calizas densas de estratificación delgada de color negro y blanco ricas en capas de pedernal negro", ubicando como localidad tipo los afloramientos existentes en el Rancho pimienta, ubicado aproximadamente a 300 m al W de la carretera México-Laredo (entre los Kilómetros 337 y 338).

Localmente está constituida litológicamente por "wackestones" y "mudstones" arcillosos, a menudo fuertemente recristalizados y dolomitizados, en general presentan estratificación delgada con intercalaciones con capas muy delgadas de lutitas de color café oscuro, ocasionalmente bentoníticas y aislados nódulos de pedernal negro.

Esta formación se encuentra ampliamente distribuida en el área, con espesores que varían entre 120 y 60 metros (estando ausente en algunas áreas del proyecto debido a procesos erosivos y solamente en el Alto de Mangles por no depósito).

En su contacto inferior esta formación es transicional y concordante con las formaciones San Andrés, Chipoco y Tamán; y en algunos paleo-elementos positivos se encuentra discordante sobre las rocas del basamento o sobre los sedimentos continentales denominados lechos rojos, descritos anteriormente. En su contacto superior es concordante con la formación Tamaulipas Inferior del Cretácico Inferior.

Cretácico Inferior.

La unidad estratigráfica Tamaulipas Inferior corresponde a este tiempo y está constituida por sedimentos calcáreos, representados por "mudstones", "packstones" a "wackestones" de microfósiles de color gris y café grisáceo, con nódulos de pedernal negro y abundante fauna planctónica, depositados en un ambiente de mar abierto y baja energía (Aguilar, 1984).

En el subsuelo de la Planicie Costera del Golfo se han reportado espesores para esta unidad que varían de 29 a 700 m. En el área de estudio generalmente sus espesores se reducen hacia el oriente y en algunas ocasiones hasta desaparecer debido a procesos erosivos de tipo submarino presumiblemente.

Sobreyace, en forma concordante y transicional, a la Formación Pimienta. Infrayace, en forma discordante en toda el área de estudio a los sedimentos de edad Terciaria. Estos sedimentos son productores en los pozos Arenque-1 y Arenque-33 con porosidad de tipo intercrystalino y debido principalmente a fracturas. Son productores en ésta formación también los pozos Jurel-1 y Náyade-1 al occidente y norte del estudio, respectivamente, y en la Planicie Costera se ha

tenido producción en este nivel estratigráfico en los campos Tamaulipas-Constituciones, Barcodón y Bejuco-La Laja, entre otros.

Cretácico Medio (ausente debido a procesos de erosión).

Se considera que este Período estuvo representado por la Formación Tamaulipas Superior, la cuál litológicamente está formada por capas de "mudstones" a "wackestones" de color gris claro a café oscuro, con fracturas rellenas con cristales de calcita, aisladas interstratificaciones de lutita negra carbonosa laminar, bentonita gris claro a verde y presencia de pequeños nódulos de pedernal negro y café oscuro. Estos depósitos de aguas profundas considerados de cuenca tienen sus correspondientes de talud y de plataforma, denominados como Formación Tamabra y Abra respectivamente.

La Formación Tamabra se distribuye en una franja de depositación continua paralela a los bordes (talud) de la Plataforma de Valles-San Luis Potosí (de más de 6 Km. de ancho) y al del Atolón de la Faja de Oro (de 4 a 10 Km. de ancho). Esta constituida litológicamente en dos miembros bien diferenciados: el superior compuesto de calizas de color café claro a crema, y el inferior caracterizado por dolomías cristalinas de color gris y azul. Su espesor varía de unos pocos metros a más de 1500 m acuñándose abruptamente en dirección de la cuenca. Las rocas sedimentarias de esta formación se depositaron por efectos de corrientes de turbidez alrededor de una pendiente o talud arrecifal. Sus constituyentes se derivaron por acción del oleaje y de deslizamientos de edificios arrecifales, bajo condiciones turbias y muy oxigenadas, mismos que variaron en su geometría dependiendo de la pendiente del talud (Carrasco, 1977).

La Formación el Abra constituye la facies de plataforma del Cretácico Medio representada por calizas masivas de color crema amarillento y gris crema, constituidas principalmente por un conjunto de bancos arrecifales separados el uno del otro por calcarenitas, representando un espesor que excede a los 2000 m.

Todos los autores coinciden en que esta unidad fue depositada sobre extensas zonas de plataformas estables de aguas someras en dos ambientes mayores: arrecifal, caracterizado por una gran cantidad de fauna y de post-arrecife o lagunoso caracterizado principalmente por microfauna bentónica. El hundimiento en estas plataformas fue lento pero continuo, lo que propició su gran espesor, y se caracterizó por tener aguas cálidas (Aguilar, 1984).

Cretácico Superior (ausente debido a procesos de erosión).

Formación Agua Nueva.- Litológicamente constituida por capas de mudstones de color café y café claro, wackestones de color café a café oscuro, algunas de ellas se encuentran bandeadas con lutita negra, carbonosa laminar, en todo su espesor se presentan delgadas interstratificaciones de bentonita verde claro, verde esmeralda, presencia de aislados nódulos de pedernal negro con pigmentos blancos café oscuro y gris ahumado. En la Cuenca Tampico Misantla se le ha encontrado sobreyaciendo a las calizas de la Formación Tamaulipas Superior y es sobreyacida en forma normal por la Formación San Felipe.

Formación San Felipe.- Se compone por capas de mudstones, de color gris verdoso y gris claro, que alternan con estratos de lutitas bentónicas de color verde. La Formación San Felipe en parte de la Cuenca Tampico Misantla generalmente descansa concordantemente sobre la Formación Agua Nueva, y es sobreyacida en forma concordante y transicional por la Formación Méndez.

Formación Méndez.- De forma general la Formación Méndez incluye lutitas, limolitas y margas que presentan colores gris claro, gris azulado, gris verdoso, crema, café y rojo, dentro de las cuales se observan capas de calizas arcillosas. Esta formación descansa concordante y transicionalmente sobre la Formación San Felipe y es sobreyacida en forma concordante y transicional por las rocas representadas por las formaciones Velasco y Chicontepec (Aguilar, 1984).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TERCIARIO

Paleoceno (ausente por procesos erosivos en el área).

La Formación Velasco Basal, Velasco Inferior y Velasco Medio, representan al Período Paleoceno en el área de estudio y su litología está compuesta de capas de lutitas color gris y gris verdoso, que alternan con lutitas de color café rojizo, ligeramente arenosas y aislados desarrollos de arenisca gris claro de grano fino (Pérez, 1994).

Eoceno (período ausente por procesos erosivos).

Formación Velasco Superior.- Litológicamente consta de una secuencia de lutitas de color gris verdoso, ligeramente arenosas y de aislados desarrollos de arenisca gris claro de grano muy fino.

Formación Aragón.- Está constituida por una alternancia de lutitas de color gris verdoso a gris claro con intercalaciones de areniscas gris claro de grano fino y aisladas capas de bentonita gris y gris verdoso.

Formación Guayabal.- Constituida por una serie de lutitas gris y gris pardo, suaves, parcialmente bentonítica, que alternan con capas de bentonita gris y gris verdoso, delgados desarrollos de areniscas gris claro de grano fino pobremente consolidada, hacia la parte superior se encuentra una capa de arcilla amarillenta suave y plástica (Pérez, 1994).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Oligoceno (ausente en la columna debido a procesos de erosión)

Formación Palma Real.- Constituida por una secuencia de lutitas gris y gris claro, suave, parcialmente arenosa, ligeramente bentonítica, de arenisca gris claro de grano fino en cementante arcillo-calcáreo y frecuentes interestratificaciones de bentonita gris claro a gris verde.

Formación Mesón.- Se supone que estuvo ampliamente distribuida en el área, con espesores bastantes considerables. Esta constituida por capas delgadas de lutita-gris suave, de bentonita gris y muy aislados desarrollos de areniscas de color café claro, de grano fino en cementante calcáreo.

Mioceno

En base a los diferentes pozos perforados en el área se ha podido establecer que sobre el Cretácico Inferior se depositaron sedimentos clásticos de edad Terciario, logrando distinguir dos cuerpos dentro de la secuencia miocénica como son: un **cuerpo de brechas** en la base (sobre la superficie erosionada) y en la parte superior del paquete un **cuerpo de lutitas** con escasas intercalaciones de areniscas de grano fino (Pérez, 1994).

Litológicamente el primer cuerpo se encuentra constituido por fragmentos de calizas, soportados por una matriz arcillo-arenosa calcárea mal cementada, así como fauna transportada perteneciente a edades más antiguas y redepositadas en forma mezclada discordantemente sobre el Cretácico Inferior.

En todos los pozos perforados en el Campo Arenque se presentan estas características litológicas, al igual que en otros pozos del área, infiriendo una distribución de este paquete de manera regional y variando su espesor de 484 hasta pocos metros en algunas zonas cercanas a la costa.

Basados en la información derivada de la microfauna observada, se considera que las brechas pertenecen a una edad del Mioceno Inferior. Se correlaciona adecuadamente en los registros geofísicos con pozos circunvecinos, logrando distinguir una disminución en el tamaño del grano hacia la parte superior dentro del mismo cuerpo.

El segundo cuerpo correspondiente a las lutitas con escasas intercalaciones de areniscas, se encuentra cubriendo a la zona de brechas, aparentemente de manera concordante.

Litológicamente esta secuencia se encuentra constituida en la parte inferior por lutitas de color gris y verde claro y en la parte superior por lutitas arenosas con aisladas intercalaciones de areniscas de color gris claro de grano fino. El espesor de esta unidad aumenta considerablemente hacia el Oriente. Descansa sobre el cuerpo de brechas y subyace discordantemente a sedimentos costeros de aguas muy someras, éstos últimos formados por fragmentos de conchas y areniscas mal clasificadas de edad Pleistoceno (I. G. No. 733 - Pemex, 1994).

Plioceno, Pleistoceno y Reciente.- Para estas edades continúa el depósito de sedimentación con alternancias de lutitas y arenas arcillosas.

DISCORDANCIAS

En el subsuelo se han encontrado sedimentos del Jurásico Superior descansando discordantemente sobre las rocas sedimentarias continentales denominadas "capas rojas" del Triásico y del Jurásico Inferior o bien directamente sobre rocas del basamento.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En el área de estudio, el fenómeno estratigráfico más importante por su carácter regional es la discordancia erosional que afectó a los sedimentos del Oligoceno, Eoceno y Paleoceno del Terciario, y a la secuencia Cretácica en general de tal manera que en la mayor parte del área descansan los sedimentos del Mioceno sobre la Formación Tamaulipas Inferior del Cretácico Inferior, y en algunas zonas el efecto erosivo llegó hasta los sedimentos del Jurásico Superior, como lo comprueba el Pozo Sábalo-1 de tal forma que el paquete terciario de edad Mioceno está sobreyaciendo a la Formación San Andrés del Kimmeridgiano.

De acuerdo al análisis de la información sísmica que se ha hecho sobre toda el área, se considera que existen algunas zonas donde tenemos la secuencia Terciaria descansando sobre las rocas del basamento, inclusive. También se hace evidente que en general el fenómeno erosivo se hace más severo hacia la parte oriental del área.

Se observa dentro del potente espesor sedimentario del Mioceno que existen otras discordancias de menor magnitud que las anteriores, las cuales muestran características de poder ser mapeables y que en algunas zonas pudieran tener importancia económica.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3.b Evolución Geológica

Aunque el tema central de este trabajo no es el marco tectónico-geológico, es conveniente resaltar algunos puntos previos que influyeron en el posterior depósito de facies almacenadoras de hidrocarburos.

El área de estudio presenta, en general, rasgos estructurales y tectónicos que son el resultado de diferentes procesos que influyeron sobre la columna sedimentaria existente.

Las características físicas de los sedimentos que forman la columna geológica del área son fieles testimonios de cuando menos tres etapas de sedimentación bien definidas, una continental desarrollada durante el Triásico superior y Jurásico Inferior, una marina de facies transgresivas desarrollada a partir del Jurásico Superior hasta la cima del Cretácico Superior caracterizada por sedimentos arcillo-carbonatados y otra marina de facies regresivas desarrollada durante el Terciario caracterizada por sedimentos terrígenos arcillo arenosos (Figura 9b).

La historia tectónica a gran escala, puede ser dividida en tres fases principales que dieron lugar a sus correspondientes etapas de sedimentación resumidas en el párrafo anterior y que son:

- Rifting durante el Triásico-Jurásico Medio
- Un período tectónicamente pasivo del Jurásico Tardío al Cretácico Tardío
- Compresión desde finales del Cretácico hasta el Reciente

Rifting del Triásico - Jurásico Medio (240 - 145 m.a.)

Fue durante el Triásico Medio-Tardío cuando se inicia una gran fase tectónica distensiva (Burke, 1984), producto del desmembramiento de la Pangea, (Figura 11) proceso que incluyó la formación de complejos sistemas de fractura-

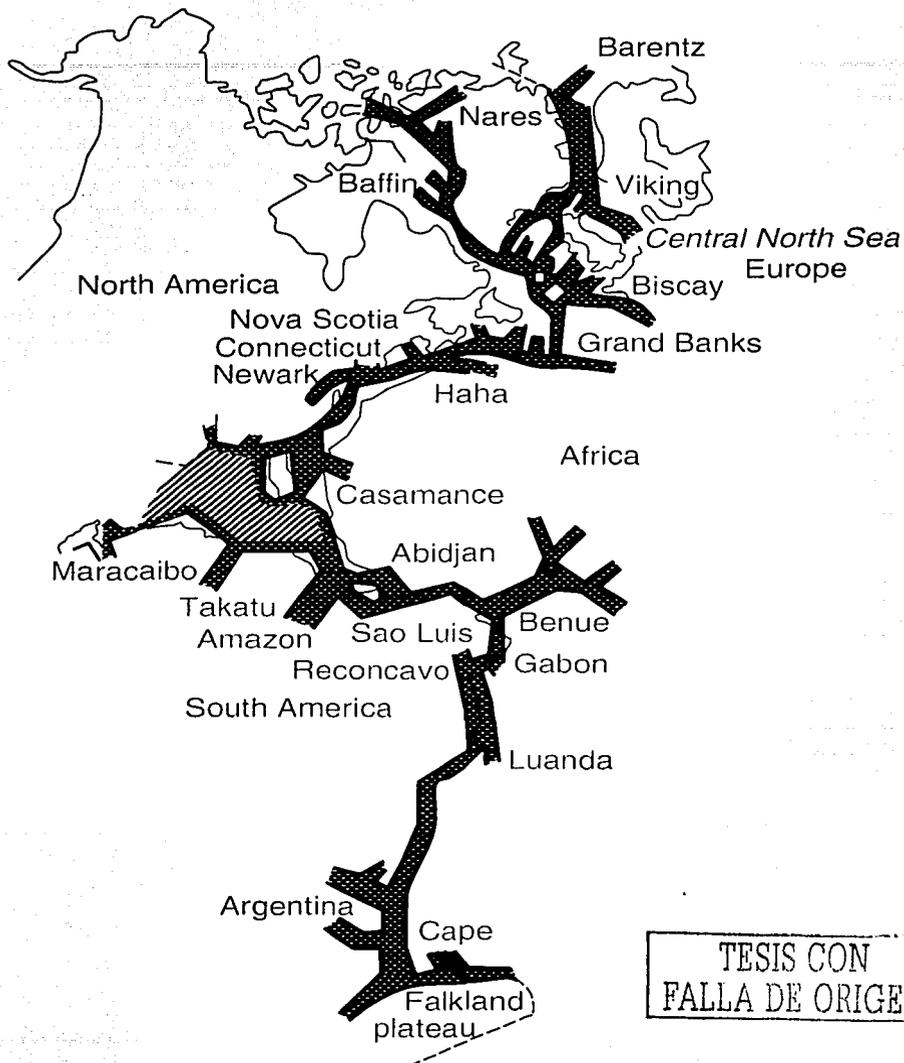


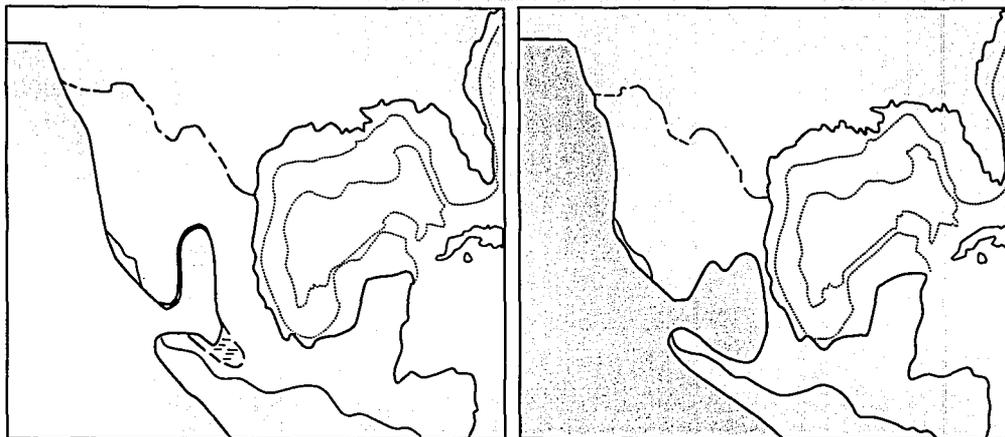
Fig. 11 - Apertura del Atlántico y sus aulacógenos desarrollados (Burke, 1976).

-miento y fallamiento que dieron lugar a fosas y pilares. Dentro de los grabens y medios grabens se depositaron rocas sedimentarias continentales (Formación Huizachal) y que alcanzan más de 2,000 m de espesor (Hinojosa, 1979 y Martínez y Malpica 1983). Estas rocas, en la Planicie Costera del Golfo presentan un comportamiento que obedece al de una margen continental pasiva (margen distensiva), en el concepto actual de tectónica de placas. (Dewey, 1982).

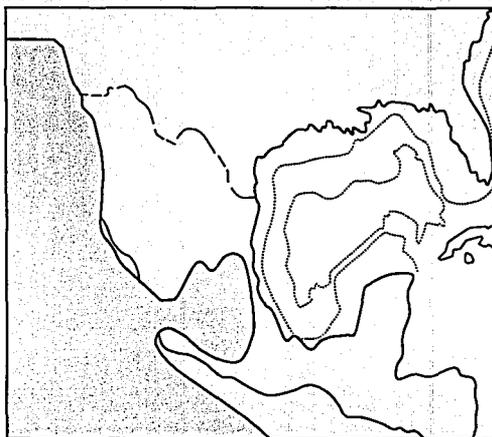
El "rift" Triásico fue completamente intracontinental, posiblemente sin ocurrencia de expansión oceánica en el Golfo de México. Es posible que este rifting Triásico esté presente en el área de estudio (Figura 12 A). En otras partes de México y EUA, existen en tierra cuencas de rift de edad Triásica bien conocidas, como por ejemplo la Cuenca de Huayacocotla (Schmidt, 1980).

A nivel regional podemos decir que durante el Triásico Tardío se perciben los primeros efectos de la apertura del Océano Atlántico del Norte con el inicio de la separación de las placas de América del Norte y de África (Salvador y Green, 1980), provocando esto fallamientos regionales que dieron lugar a la invasión del Océano Occidental sobre la fosa que se formó hacia la parte oriental de nuestro país (Schmidt, 1980) como lo muestra la parte B de la Figura 12, y sobre la que se depositaron más de 1,000 m de espesor de rocas clásticas marinas (Formación Huayacocotla de edad Jurásico Inferior), derivadas de la erosión de rocas del Precámbrico, del Paleozoico y de los batolitos (Rueda, 1975) mismas que hacia el oriente gradúan a costeras primeramente y a continentales en nuestra área (Formación Hizachal). Sobre estos sedimentos de la Formación Huayacocotla se depositaron más de 1,000 m de espesor de rocas epicontinentales clásticas (Formación Rosario).

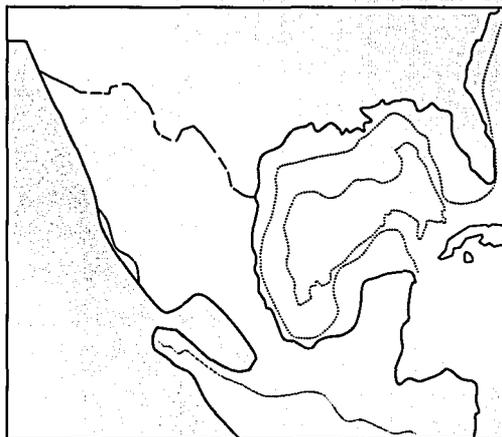
Estas condiciones parecen interrumpirse hacia el Jurásico Medio en que nuevamente vuelve a emerger toda el área (Figura 12 C) al completarse el relleno de la fosa y al plegarse, produciéndose el depósito de rocas continentales (Formación Cahuasas) en espesor superior a los 1,000 m (Aguilar A, 1984).



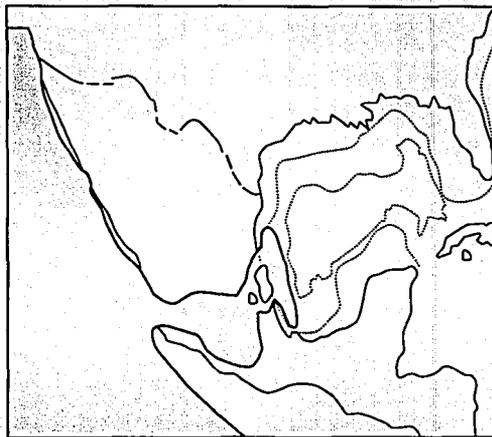
A. Late Triassic



B. Early Jurassic



C. Early Middle Jurassic



D. Late Middle Jurassic (Callovian)

FIG. -12 Localización de emplazamientos marinos de el Océano Pacífico durante el Triásico tardío y Jurásico Temprano y Medio, y posible entrada de agua de mar dentro del mar antiguo Golfo de México durante el Jurásico medio tardío (Calloviano). (Salvador, 1991).

Al parecer el área de estudio estuvo emergida para este tiempo como lo podemos ver en figura anterior, lo que explicaría la discordancia que tenemos entre las capas rojas truncadas por erosión, que dieron lugar a los depósitos de la Formación Cahuassas hacia partes más bajas al sudoeste del área, así como también bloques altos de lechos rojos para los depósitos del Kimmeridgiano, como lo comprueban los Pozos Mantarralla-1, Lisa-1b y Jurel-2 donde está ausente la formación correspondiente a este tiempo, por no depósito.

Este levantamiento probablemente fue originado por el mismo proceso de apertura en la evolución de la cuenca, o está relacionado directamente con el suceso global que generó el Rift Atlántico y sus diferentes juntas triples. Esta asociación se hace por lo que Ziegler establece en el Mar del norte "en la transición del Jurásico Temprano al Medio, el área central del Mar del Norte se levantó y formó un amplio arco transectado por la Depresión Central " (Ziegler P. A., 1988). Con Depresión Central se refiere a los grabens y medio grabens que componen el Mar del Norte, más adelante dice: "la depresión Central se levantó y estuvo sujeta a la erosión, particularmente durante el Aaleniano tardío y Bajociano temprano. En sus flancos de falla aún más drásticamente elevados, la erosión afectó profundamente las rocas de las series triásicas y localmente aún a niveles de basamento. El relieve estructural del domo central del Mar del Norte probablemente fue de cerca de 1500 a 2500 m. Los productos de la erosión, consistentes principalmente de arenisca triásica reciclada, fueron depositados en cuencas subsidentes adyacentes en complejos deltáicos principalmente, tales como el Grupo regresivo-transgresivo Brent en la Depresión Vikinga, la arenisca Scalby en Yorksre. Las areniscas del Grupo Brent alcanzan grosores de 300 a 400 m y forman una importante reserva de hidrocarburos".

Margen Pasivo del Jurásico Tardío al Cretácico Tardío (144 - 68 m.a.)

Es durante el Jurásico Tardío cuando se inicia en el área, y en general en todo el NE de México, el depósito de una gruesa secuencia sedimentaria marina

(Figura 12 D), que se origina a partir de las etapas posteriores a este gran evento tectónico distensivo como son el enfriamiento y subsidencia termal que generalmente sigue al rifting, la cuál forma parte primordial de la secuencia económica-petrolera que este trabajo principalmente analiza.

La topografía remanente de horsts y grabens como resultado de la fase temprana de rifting, y del probable levantamiento del área en el Jurásico Medio, controló el espesor y depósito de la secuencia del Jurásico Superior (Figura 13), y en algunas zonas, esta topografía se preservó hasta el Cretácico, controlando el desarrollo de plataformas carbonatadas (el horst batolítico de Tuxpan regulando a nivel de Cretácico Medio la Plataforma de la Faja de Oro). El remanente de esta topografía fue finalmente destruída por el aporte de grandes volúmenes de clásticos durante el Terciario.

Compresión del fin del Cretácico al Reciente (68 - 0 m.a.)

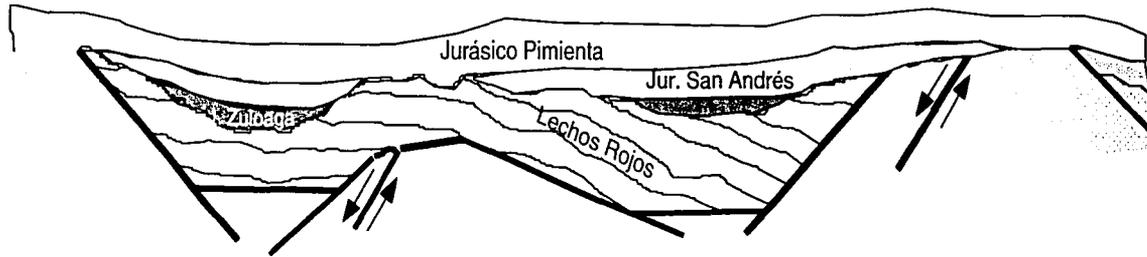
Hacia el fin del Cretácico ocurrió un cambio en la geometría de las placas y en la dirección del movimiento en el margen Pacífico, dando como resultado que los primeros efectos compresivos se manifestaran en el área. El margen Pacífico estaba probablemente bordeado por un gran número de microplacas móviles e independientes (Sedlock, 1993).

Los efectos compresivos de este período se conocen ampliamente con el nombre de Orogenia Laramide, la cuál fue responsable de la formación de la Sierra Madre Oriental, lo que generó un cambio en la sedimentación carbonatada a siliciclástica, por el gran aporte de sedimentos hacia la Cuenca de Antepaís.

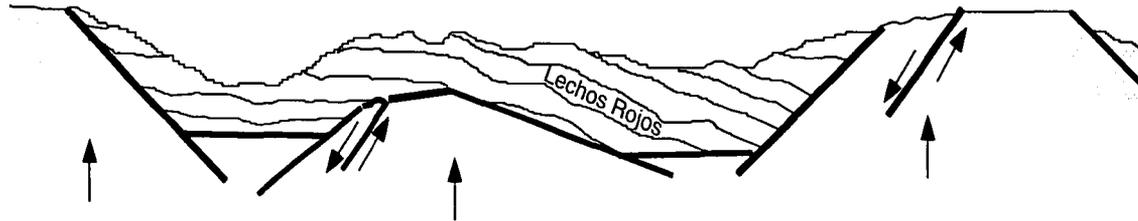
La secuencia arcillo-arenosa localizada dentro del área, es netamente marina de carácter cíclico regresivo, con ambientes que varían de batiales a

Etapas del modelo de depósito Triásico-Jurásico

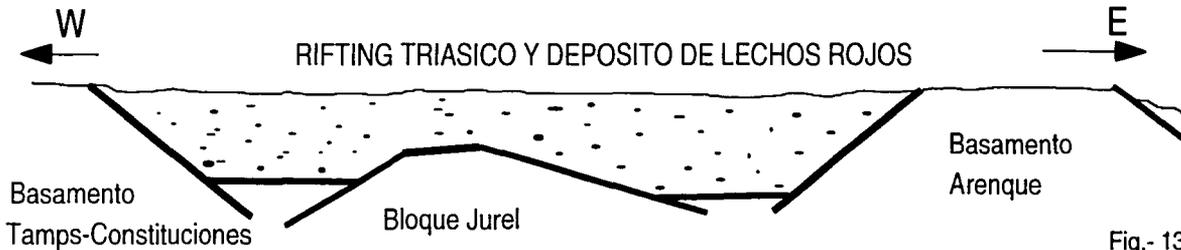
DEPOSITO DEL JURASICO SUPERIOR



PALEOTOPOGRAFIA EXISTENTE ANTES DEL DEPOSITO DE JUR. SUP
(DEBIDO AL LEVANTAMIENTO Y EROSION DEL AREA EN EL JUR. MEDIO)



RIFTING TRIASICO Y DEPOSITO DE LECHOS ROJOS



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

neríticos, con una marcada progradación al Oriente, aumentando la columna sedimentaria de Oeste e Este, donde el máximo espesor que se ha cortado es de 4068 m, en el Pozo Barracuda de lutitas de edad Mioceno sin salir de éstas.

En esta última de las tres principales fases tectónicas que ocurrieron en el área, sucedieron muchos efectos que no han sido establecidos muy claramente hasta ahora. Como lo es la relación que pueda existir entre la subsidencia en el área marina, el basculamiento de la misma hacia el Oriente y la erosión que afectó la columna sedimentaria del Cenozoico, Mesozoico y al mismo basamento del Paleozoico, y si ésta fue de tipo submarina ó subaérea, o ambos fenómenos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3.c .- Perspectiva Regional Estructural

Como ya se indicó en el capítulo anterior, la evolución se inicia con los eventos distensivos del Triásico al Jurásico Medio asociados a la apertura del Atlántico y del Golfo de México; Estos eventos formaron cuencas de rift y depósitos de synrift. Los estilos estructurales obedecen a estos patrones de fallas, donde se tiene por contacto de falla normal bloques de basamento con potentes espesores de lechos rojos.

Se presentan en el área dos alineamientos estructurales importantes (Figura 14) con orientación NW-SE, limitados con fallas normales presumiblemente en ambos lados. Estos bloques tienen una relación directa con el desarrollo en sus bordes de las facies oolíticas y calcareníticas de la Formación San Andrés, que obedecieron a las paleotopografías preexistentes y que puede ser dividida en tres sistemas de facies; plataforma, talud y cuenca (Figura 14) que se depositaron cubriendo los sedimentos del synrift, por lo que en términos de secuencias tectónicas se considera de post rift. Teniendo como base la interpretación sísmica, las fallas dentro del sistema de rift no cortan a la San Andrés. Los alineamientos de estructuras como los anticlinales y sinclinales conservan la misma orientación que estos bloques.

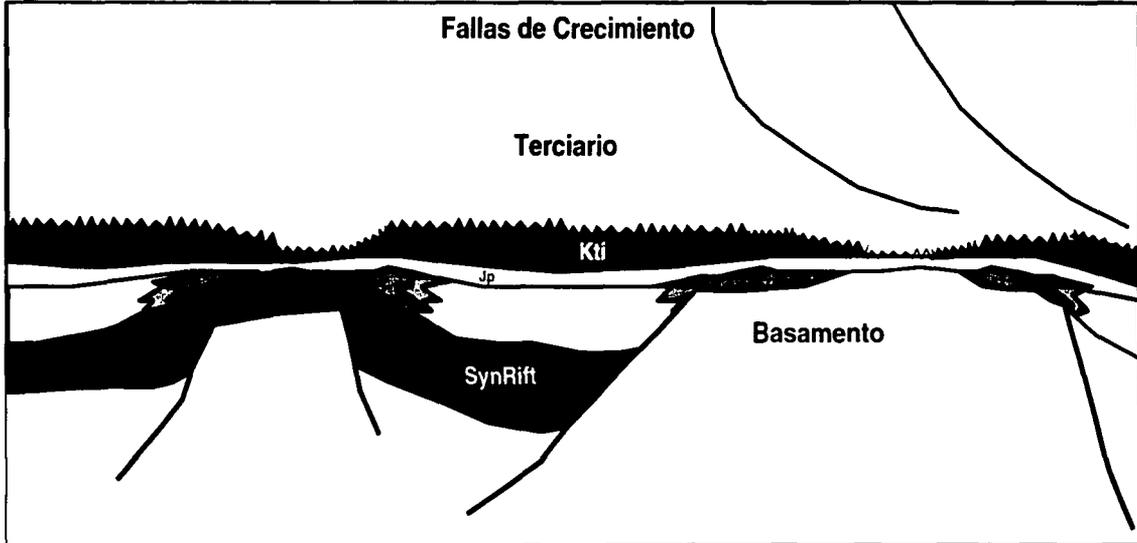
En el área del proyecto, se presenta una discordancia de la mayor importancia, que está asociada a un evento que erosionó las rocas desde el Oligoceno hasta el Cretácico Inferior, y en algunas partes incluso el Jurásico Superior. Sin embargo el área también estuvo afectada por la Orogenia Laramide a principios del Terciario, provocando plegamientos y fallas inversas.

Finalmente, el área se basculó hacia el Oriente y se rellenó con sedimentos del Mioceno, los cuales presentan una serie de fallas de crecimiento que mantienen una dirección NW - SE en sus trazas, obedeciendo a la distribución de los bloques que van cayendo hacia el Este.

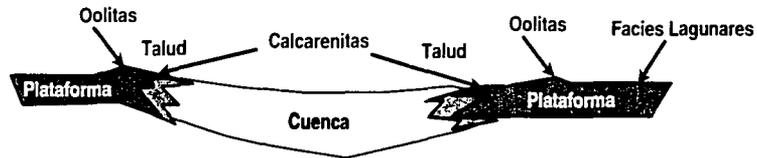
Sección Regional

Oeste

Este



Relaciones de Facies



Formación San Andrés

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Esta diagrama estructural de la Figura 14, muestra el panorama general en el área en dirección Oeste-Este y fue establecida a partir de los datos de los Pozos Jurel-1, Jurel-2, Cazón-1, y Erizo-1, conjuntamente con la línea sísmica 88. (Figuras 15 y 16).

La línea sísmica 88 (Figura 16) muestra el potente espesor de los sedimentos terciarios en color café, (de 0 a 2 segundos, aproximadamente) sobre las rocas del Cretácico Inferior en color verde, las cuales sobreyacen a las del Jurásico Superior de color azul y café claro, y estas a su vez descansando sobre el basamento en el lado Este y sobre los lechos rojos en el Oeste. Son muy evidentes también los dos bloques que conforman los principales alineamientos estructurales del área, limitados hacia ambos lados por fallas normales, como se muestran en la sección regional de la Figura 14.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

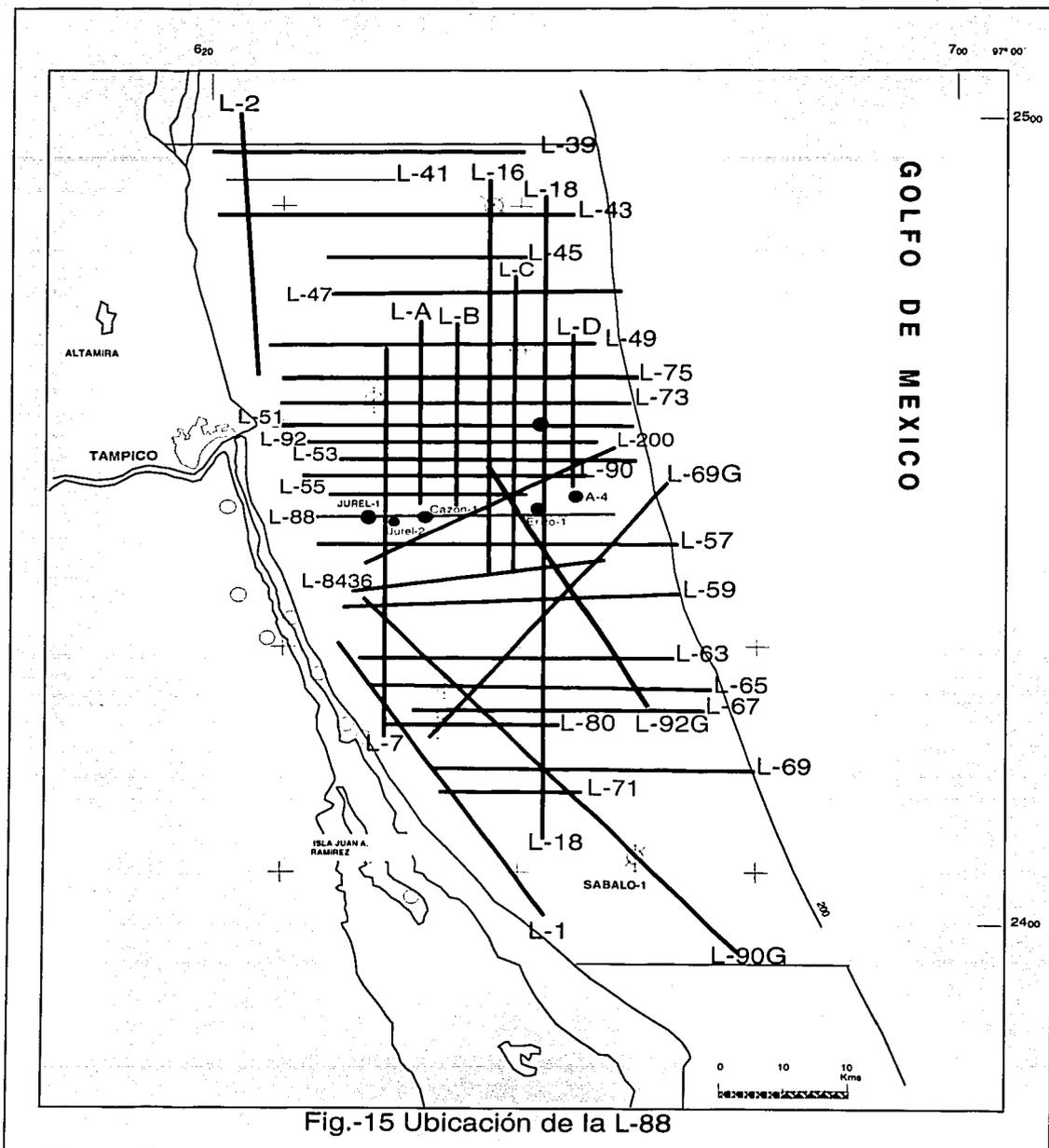
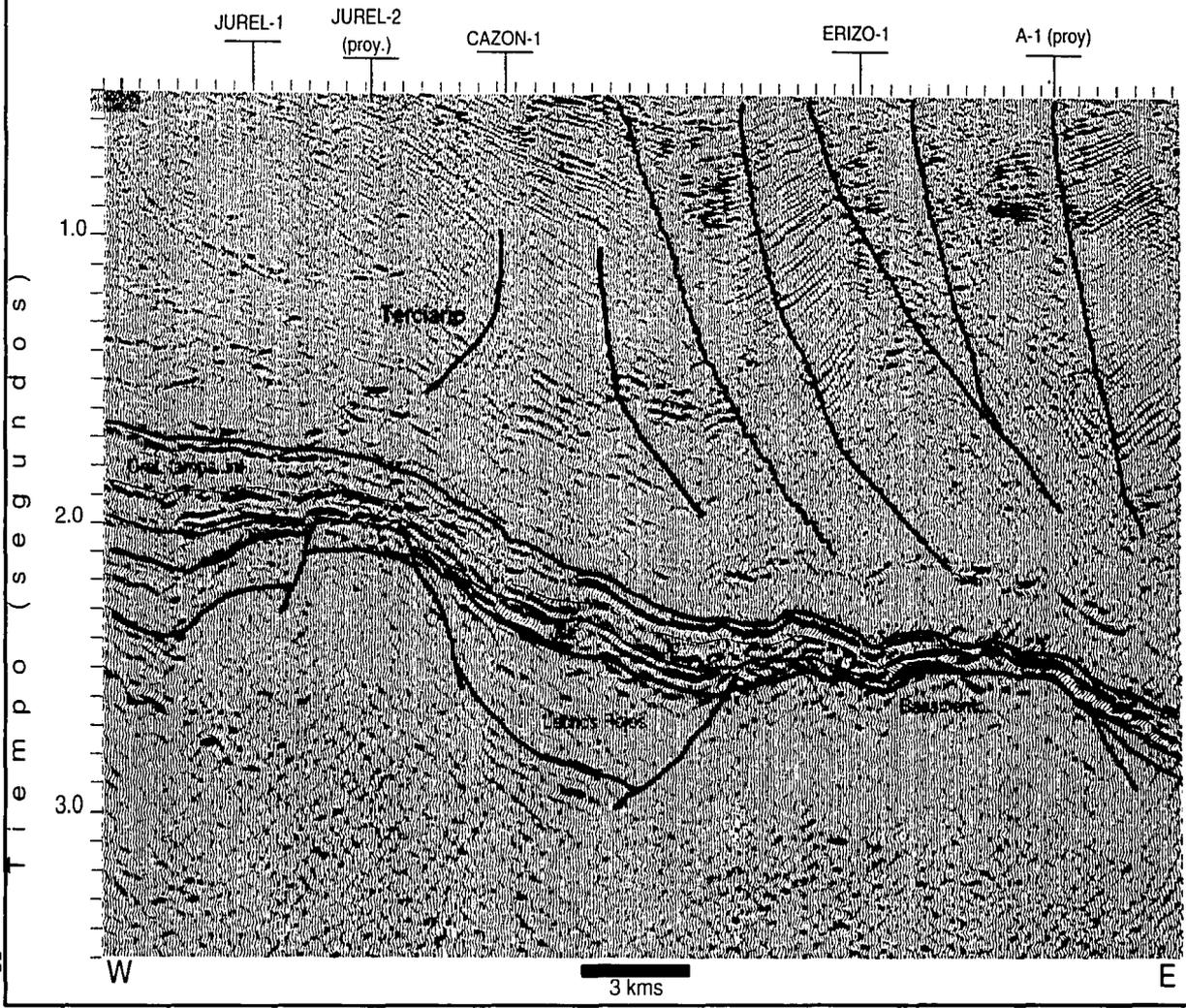


Fig.-15 Ubicación de la L-88

Fig. 16 - Línea sísmica 88



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4.- BASE DE DATOS Y CORRELACION.

4.a - Carga de Datos Geológicos y Geofísicos

Para lograr los objetivos del trabajo fue necesario crear una base de datos, por lo que toda la información disponible tanto geológica como geofísica se cargó en una estación de trabajo. Esta estación es una computadora de alta capacidad y velocidad que emplea el sistema operativo UNIX con características muy especiales, que a la vez proporciona facilidades para ambientes gráficos.

Los registros de pozos DT, SP, ILM, GNT, RHOB principalmente, fueron cargados a la base de datos de Open Works por medio de lectura de archivos ASCII, en los cuales previamente se habían digitalizado y grabado. Se cargaron también todas las columnas geológicas de los pozos mediante la aplicación StratWorks del propio software Geo-dataWorks, no sin antes construir la geocolumna global de unidades cronoestratigráficas por medio de la utilidad OpenWorks Geologic Column para todas las superficies estratigráficas del Proyecto.

En la Figura 17 se muestra de manera muy general las diferentes aplicaciones de trabajo y cómo éstas pueden relacionarse e integrarse por medio de OpenWorks, que es la estructura que hace posible la integración de múltiples disciplinas geocientíficas dentro del mismo ambiente computacional en una Estación de trabajo.

Los registros de velocidad comúnmente denominados graficas TZ (tiempo - profundidad) de los pozos Arenque-30, Bonito-1, Mantarralla-1, Jurel-1, Jurel-2, Arenque-6 y Macarela-1 (Figuras 18, 19, 20, 21, 22, 23 y 24) fueron cargados a la base de datos mediante el editor de textos "vi" el cuál puede ser usado para crear

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

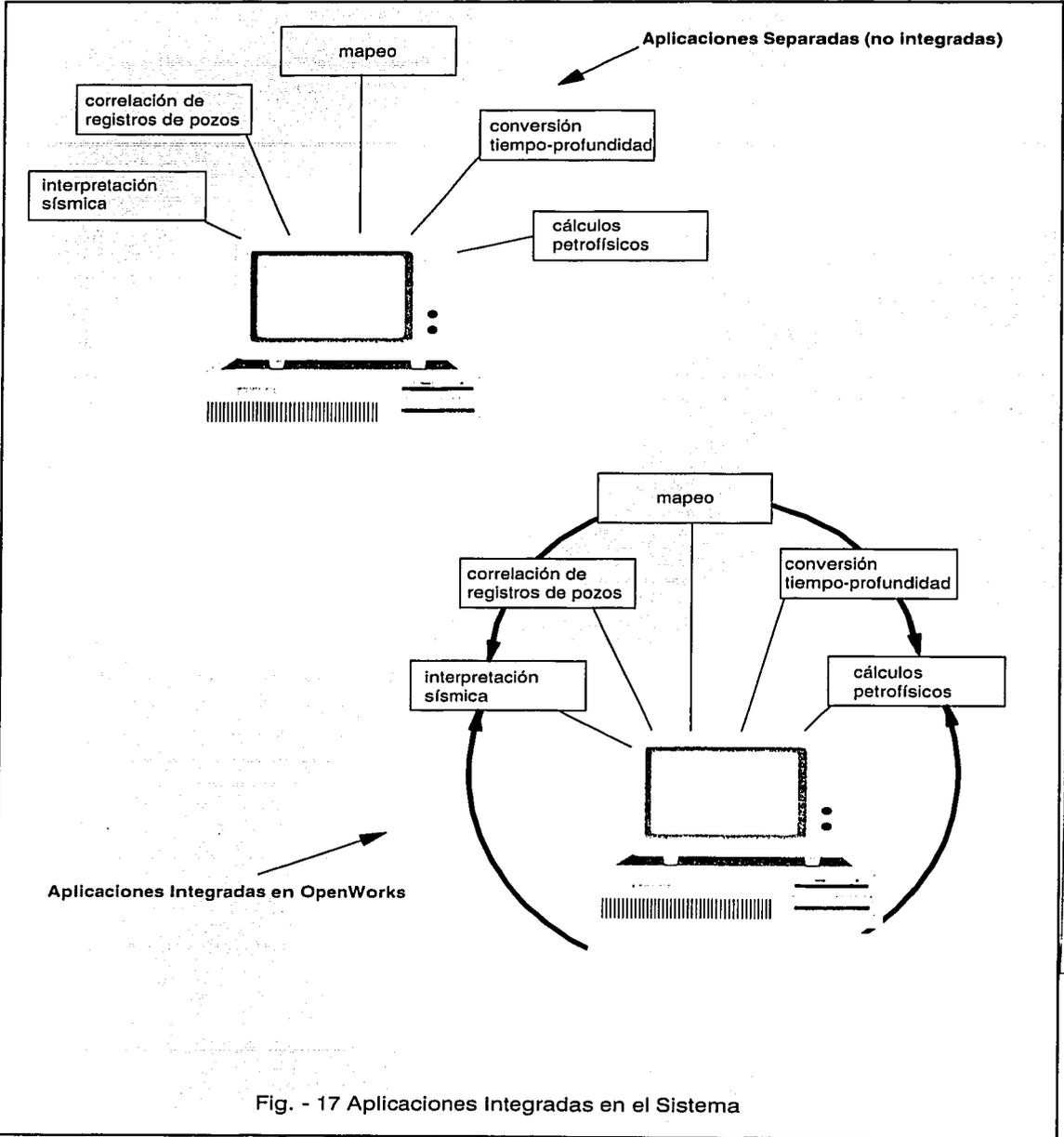
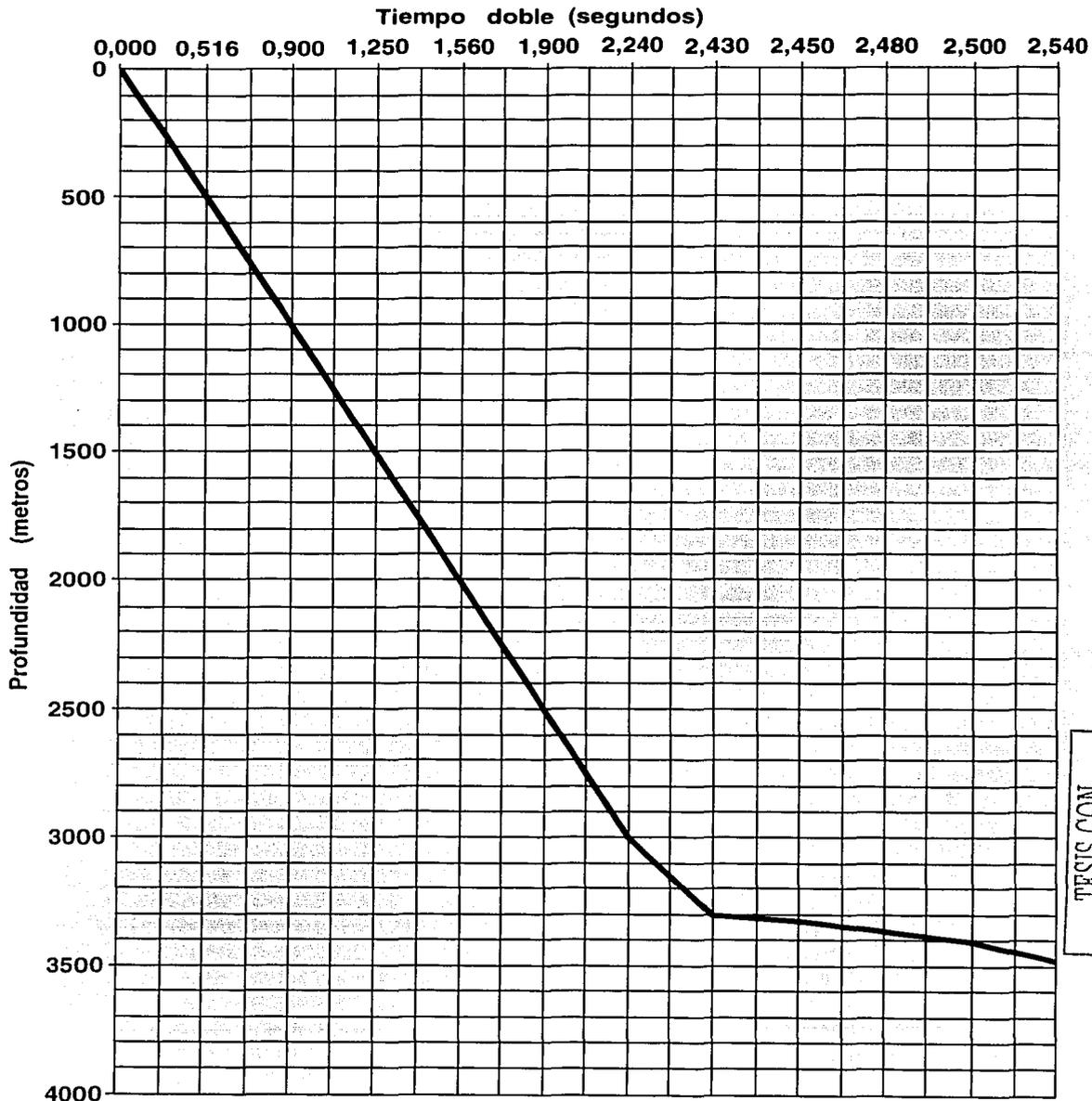


Fig. - 17 Aplicaciones Integradas en el Sistema

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CURVA DE TIEMPO VS PROFUNDIDAD DATOS REFERIDOS AL NIVEL DEL MAR

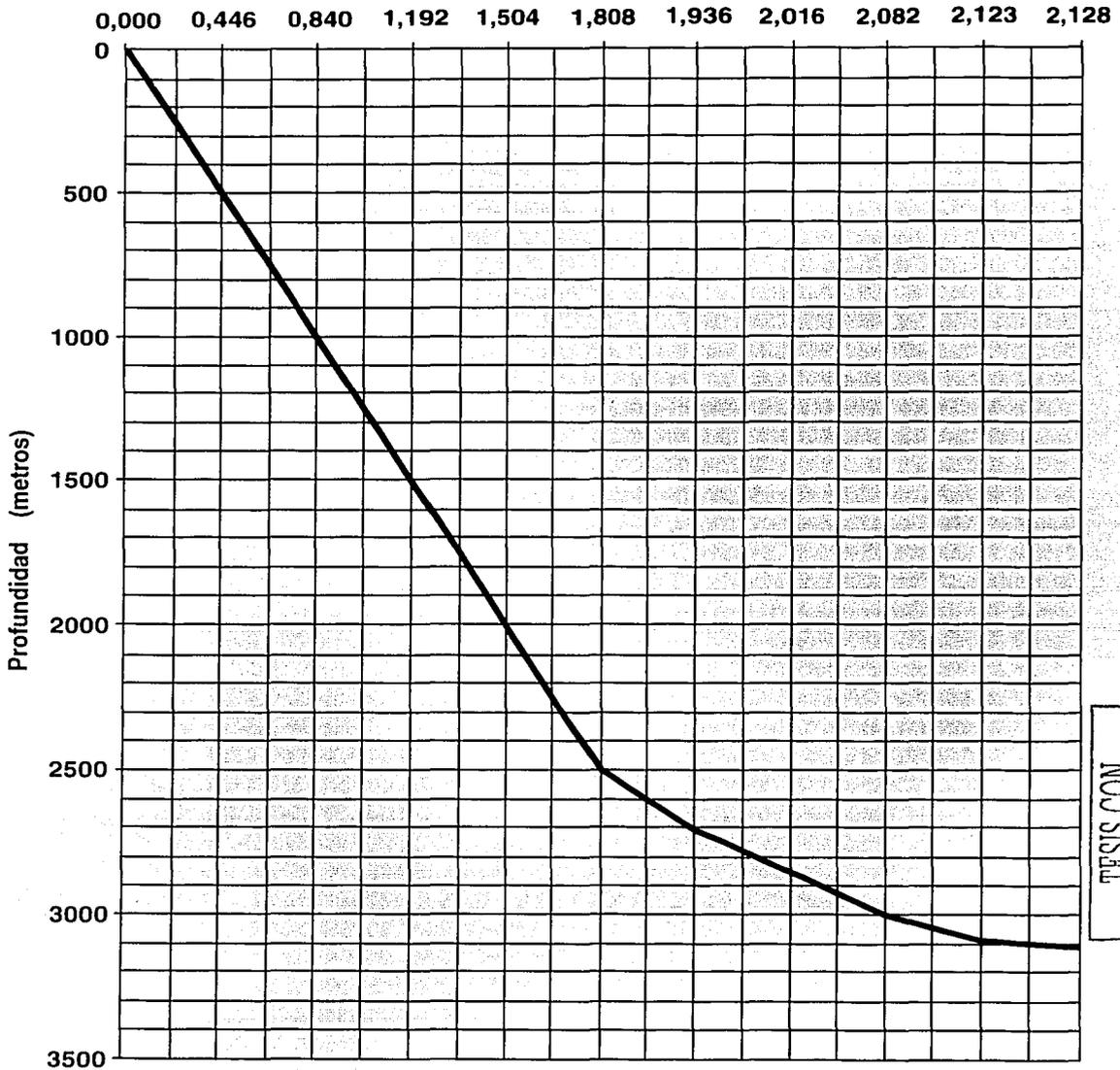


TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. 18 - POZO ARENQUE -30

CURVA DE TIEMPO - PROFUNDIDAD CON DATOS REFERENTES AL NIVEL DEL MAR

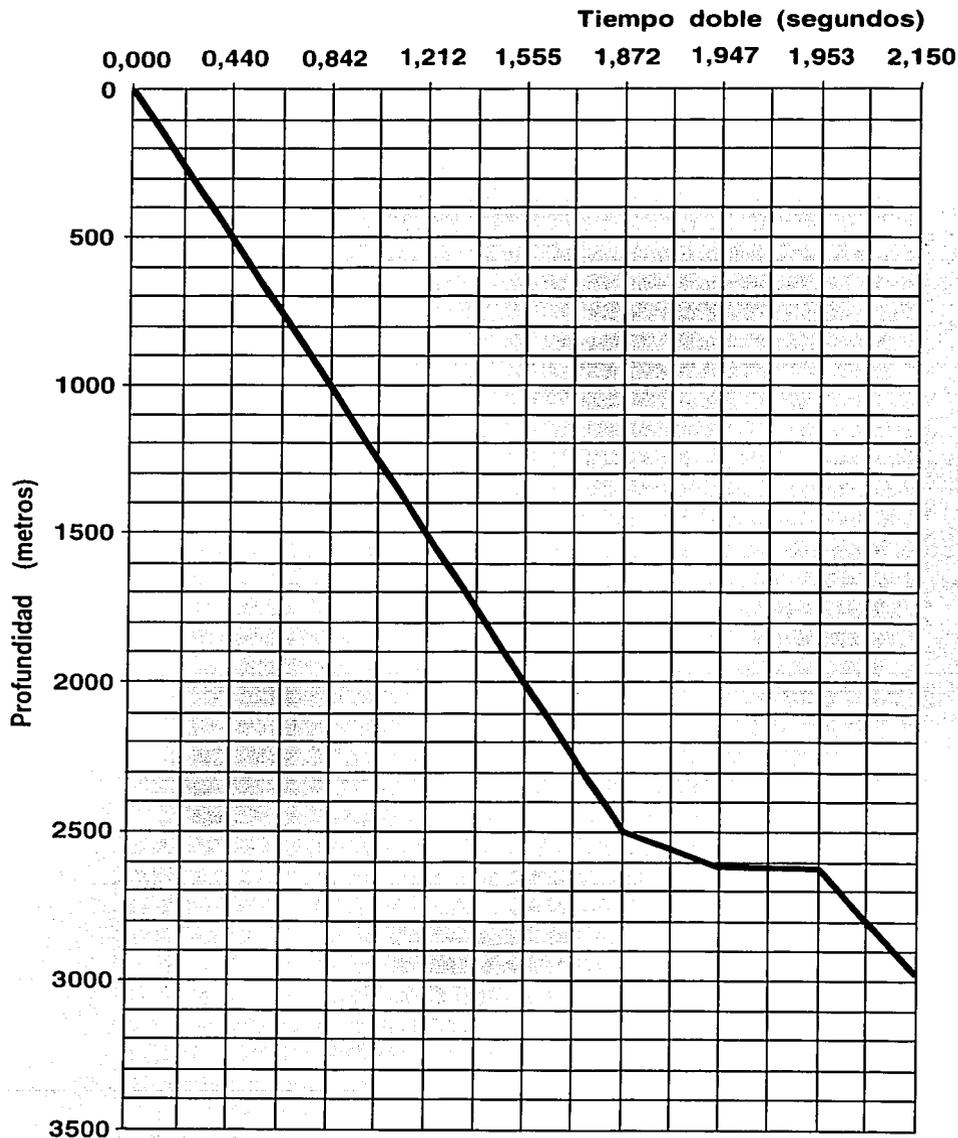
Tiempo doble (segundos)



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. 19 - POZO BONITO - 1

CURVA TIEMPO - PROFUNDIDAD DATOS CON REFERENCIA AL NIVEL DEL MAR

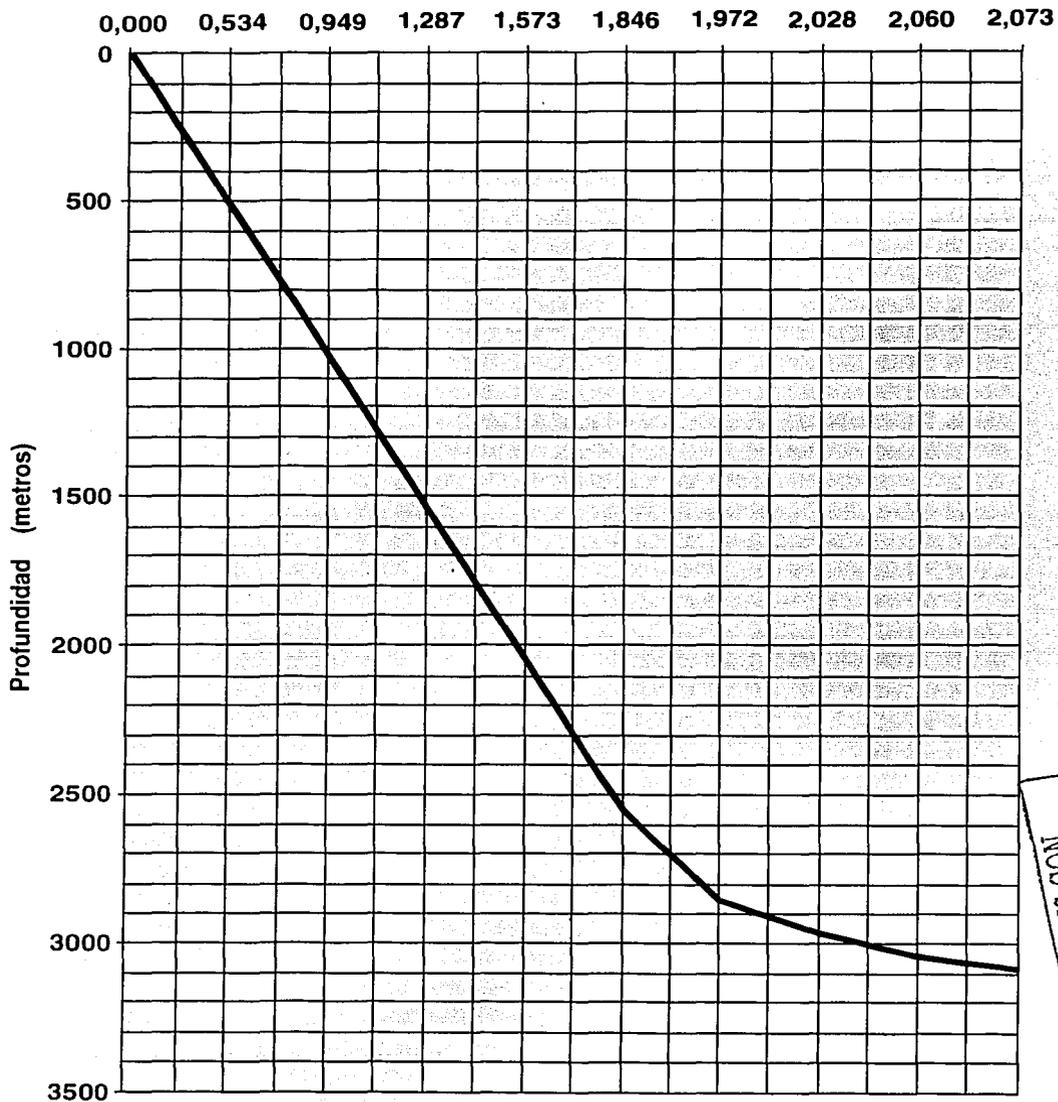


TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. 20 - POZO MANTARRAYA - 1

CURVA DE TIEMPO - PROFUNDIDAD DATOS CON REFERENCIA AL NIVEL DEL MAR

Tiempo doble (segundos)

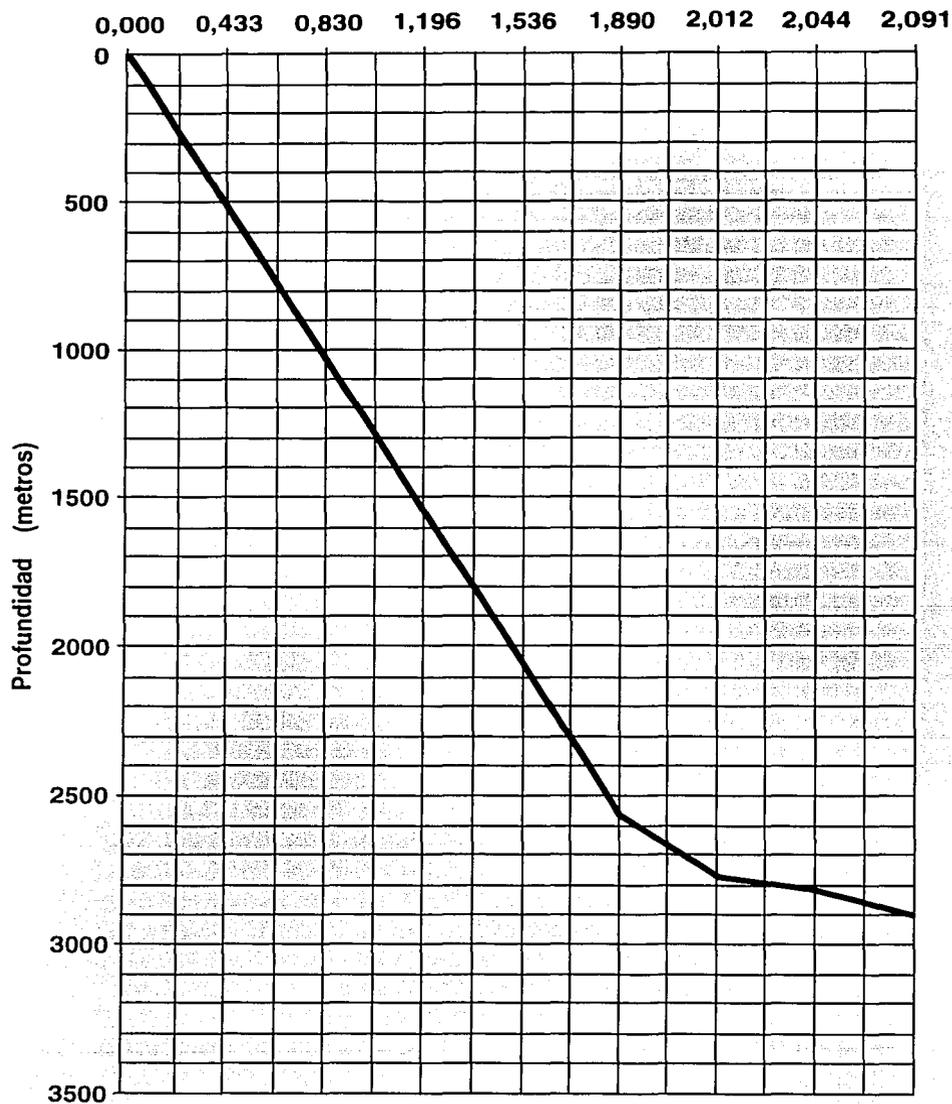


TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. 21 - POZO JUREL - 1

CURVA DE TIEMPO - PROFUNDIDAD DATOS CON REFERENCIA AL NIVEL DEL MAR

Tiempo doble (segundos)

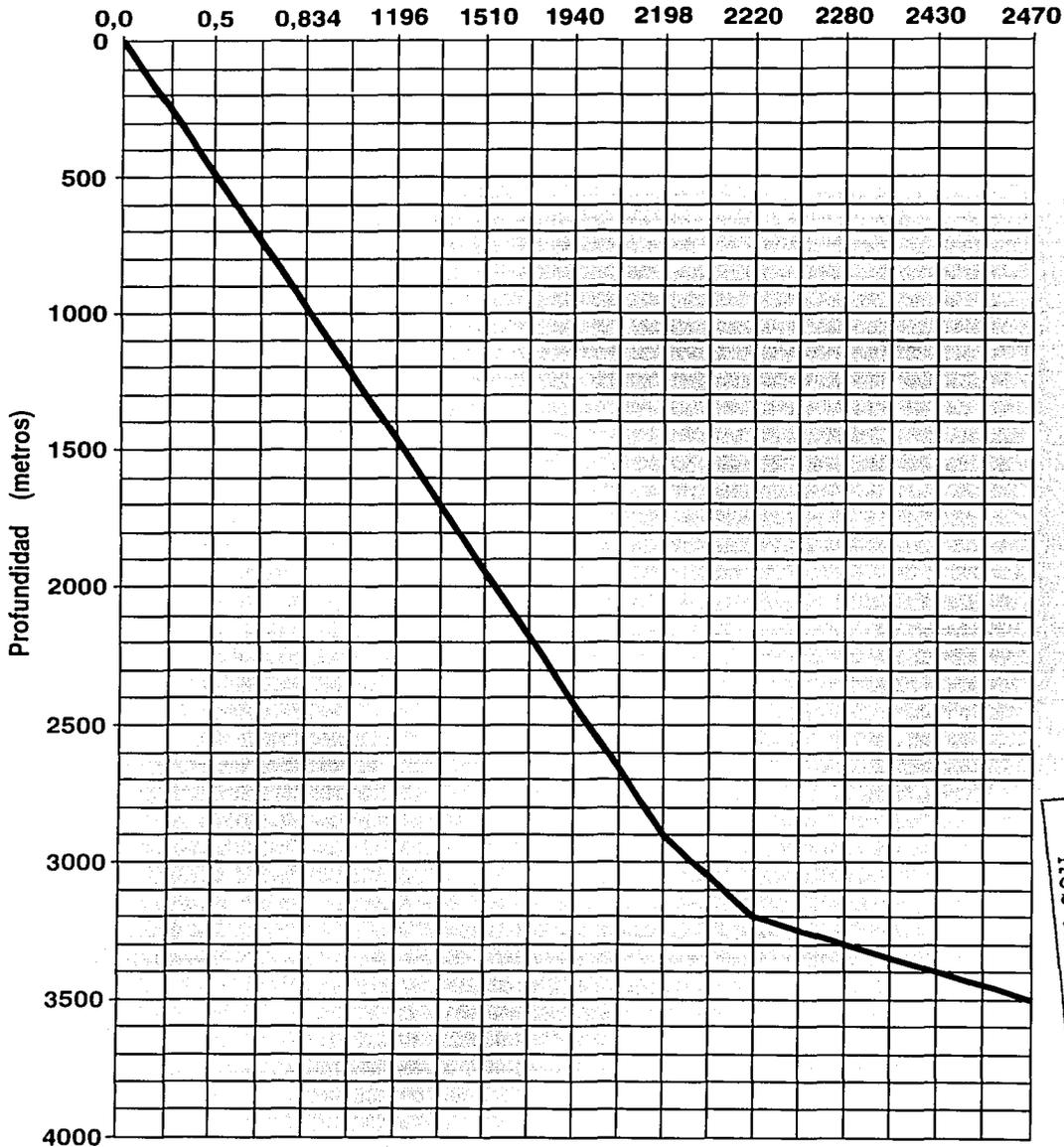


TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. 22 - POZO JUREL - 2

CURVA DE TIEMPO - PROFUNDIDAD CON DATOS REFERIDOS AL NIVEL DEL MAR

Tiempo doble (segundos)



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. 23 - POZO ARENQUE - 6.

CURVA TIEMPO - PROFUNDIDAD CON DATOS REFERIDOS AL NIVEL DEL MAR

Tiempo doble (segundos)

0,0 0,480 0,860 1,220 1,550 1,875 2,075 2,220 2,280 2,380 2,470

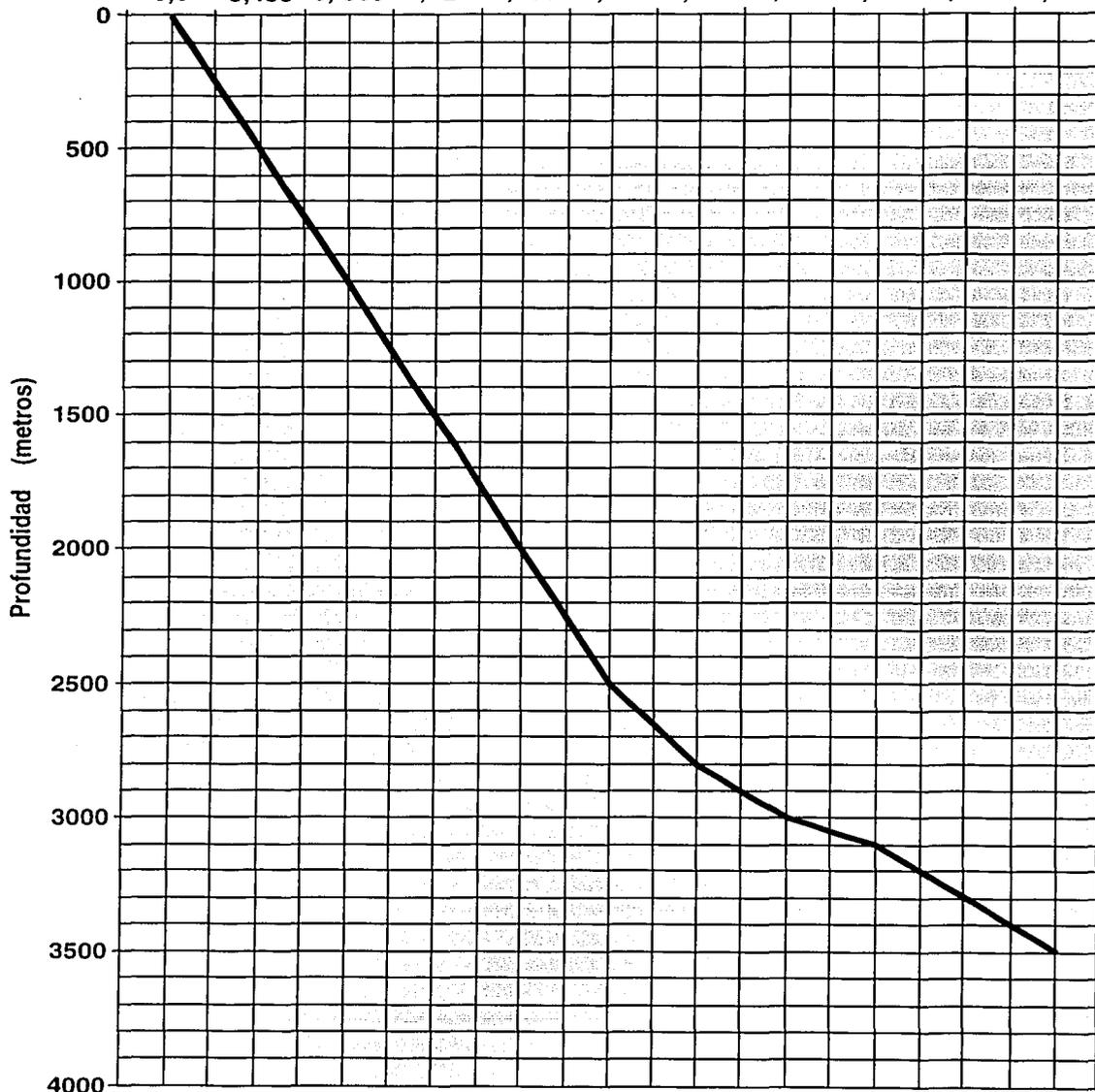


Fig. 24 - POZO MACARELA - 1

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

archivos nuevos o para editar archivos existentes. Este editor es válido en cualquier sistema operativo que use UNIX.

Para la carga de la información sísmica a la estación de trabajo fue necesario un tiempo bastante considerable, debido a que la información fue grabada en el campo por diversas compañías en distintos años y con diferentes parámetros, lo que requirió una etapa de procesamiento de los datos posterior a la carga, y también porque la carga de las líneas sísmicas se realizó una a una.

El flujo de carga de datos sísmicos y procesamiento de ellos se muestra en la Figura No. 25. Los datos se cargaron dentro el Proyecto Maestro Región Norte, el cuál contiene todos los datos de líneas y datos de horizontes. El Proyecto de Trabajo Tampico fue creado después. Los proyectos de trabajo accesan subgrupos de información del Proyecto Master. Esto permite múltiples usuarios para trabajar con la interpretación de las líneas sin recargar los datos.

La carga de los datos sísmicos se inició con la introducción de los archivos de encabezado de línea. Estos son 3 y contienen información de cada línea para el mapa base, como el nombre de la línea, punto de tiro inicial y final, coordenadas de los puntos de tiro, relación existente entre puntos de tiro y trazas de la línea. Los datos sísmicos fueron leídos de un Formato SEG-Y, en cintas de 8mm e introducidos a la máquina mediante un periférico de lectura de datos.

Como el rango de amplitudes de los datos sísmicos no era el mismo ni conocido, debido a que la información provenía de diferentes proyectos operativos, como anteriormente se señaló, y que algunas líneas sísmicas traían consigo valores de ganancia dadas en el Centro de Proceso de Tampico, se procedió a hacer un "escalamiento" de los datos. Generalmente se desea que los valores de amplitud de los datos estén dentro de un rango de -128 a +127 (amplitud deseada).

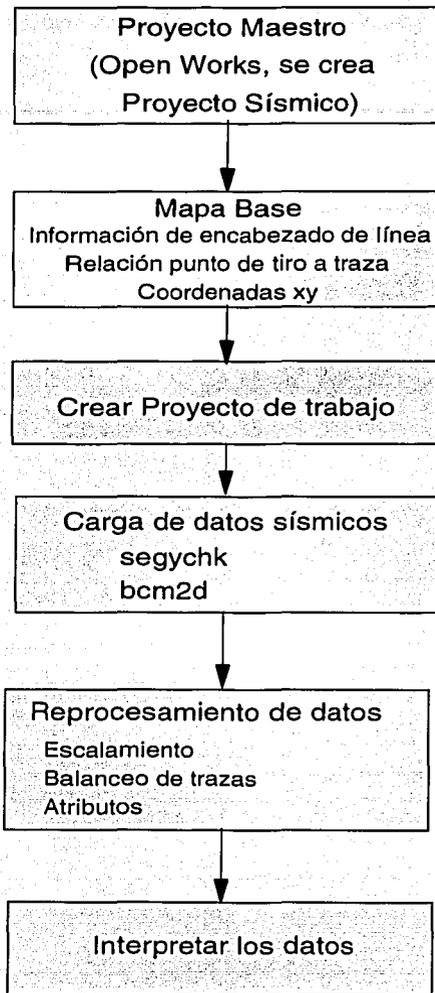


Fig.-25 Flujo de Trabajo para la carga y procesamiento de los datos sísmicos en Formato SEG-Y.

La información que se necesitó para escalar los datos la obtuvimos desde un histograma de valores de amplitud y número de muestras, que produjo el análisis STATS usando bcm2d. (El bcm2d es un programa usado en Landmark, mediante el cual podemos cargar datos sísmicos en formato SEG-Y desde una cinta ó cartucho a formato Landmark, también es posible realizar varias funciones de procesamiento post-stack, tales como los controles de ganancia y análisis de la traza sísmica compleja entre otros usos).

Este histograma nos da el rango de valores de amplitud y nos muestra donde ocurre el 99% de amplitudes ó un porcentaje mayor. Usando este histograma pudimos determinar el factor de escalamiento a usar para los datos, para preservar el rango dinámico de las amplitudes originales. Este factor de escalamiento es un número que multiplicado por nuestra máxima amplitud, produce un valor de sobre -128 o +127 (la máxima amplitud permitida en datos de 8 bits desplegados).

$$\text{(factor de escalamiento) * (máxima amplitud de nuestros datos) = Amplitud deseada}$$

Extrayendo de esta ecuación tendremos:

$$\text{Factor de escalamiento} = \text{Amplitud deseada} / \text{máxima amplitud}$$

En el siguiente ejemplo se presenta el procedimiento de esta relación:

La máxima amplitud fue +1401

La amplitud deseada en formato de 8 bit fue +127

El factor de escalamiento es $= 127/1401 = .09$

Sin embargo, un porcentaje muy pequeño de los datos pueden caer en lo más alto del rango de amplitudes. Por ejemplo, si nuestra máxima amplitud es

1401, pero el 99% de los datos cae entre 1 y 601, nosotros podemos usar 601 como la máxima amplitud:

$$601 * (\text{factor de escalamiento}) = 127$$

$$\text{factor de escalamiento} = 127/601 = .21$$

Con este segundo factor, nosotros tendríamos una mejor oportunidad de preservar el rango dinámico de nuestros datos originales, y estaríamos cortando ("clipping") solamente en el rango de 601 a 1401, lo que significaría el 1% de los datos (Figuras 26 y 27).

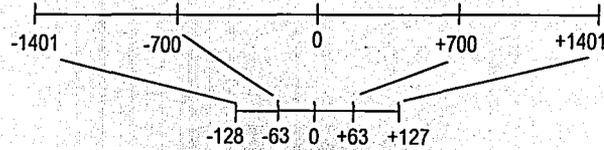
Este procesamiento de los datos sísmicos se realizó para cada una de las líneas sísmicas de los diferentes estudios del proyecto.

Se efectuó un balanceo de trazas para algunas de las líneas, debido a que los datos sísmicos fueron grabados en diferentes estudios operativos. Esto no cambia la amplitud relativa de los datos muestreados, sino solamente la amplitud promedio total de una traza, para darle a estas líneas una apariencia similar a las otras.

La diferencia entre los datos de una línea sin los procesos anteriores y una procesada se muestra en la Figura 28.

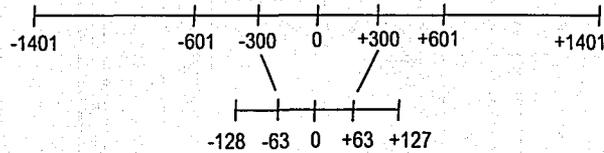
Siguiendo el flujo de carga y procesamiento de los datos sísmicos de la Figura 25, podemos ver que también se hicieron procesamientos de atributos de la traza sísmica como lo es la fase instantánea de la señal, esto con la finalidad de establecer una mejor correlación, debido a que este atributo enfatiza la continuidad de los eventos y nos ayuda a identificar horizontes coherentes de baja amplitud. La fase es independiente de la amplitud de manera que las reflexiones fuertes y débiles se muestran, igualmente.

Amplitudes Originales (en la escala de la cima) y Amplitudes Escaladas (escala inferior)



$$1401 * (\text{factor de escalamiento}) = 127$$

$$\text{factor de escalamiento} = 127/1401 = .09$$



$$601 * (\text{factor de escalamiento}) = 127$$

$$\text{factor de escalamiento} = 127/601 = .21$$

Fig. -26

Escalamiento y Clipping (truncamiento) de la Amplitud

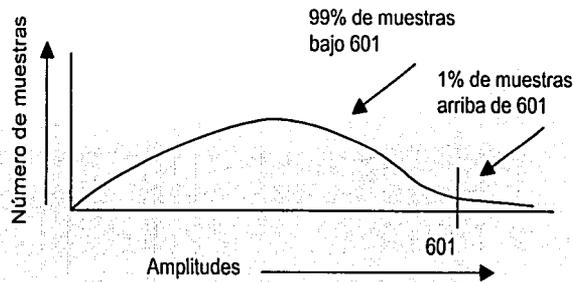
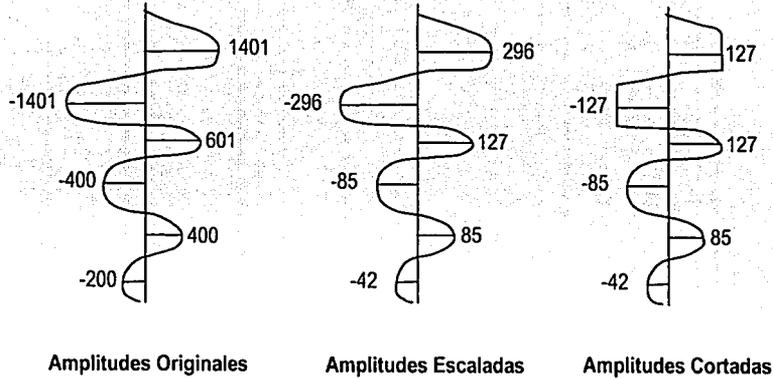
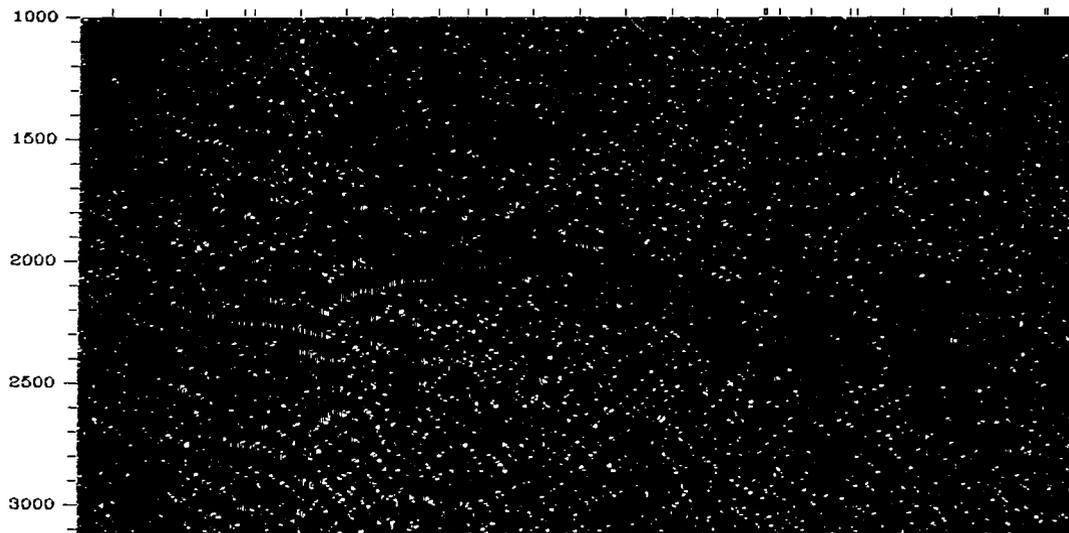


Fig. -27



2350 m

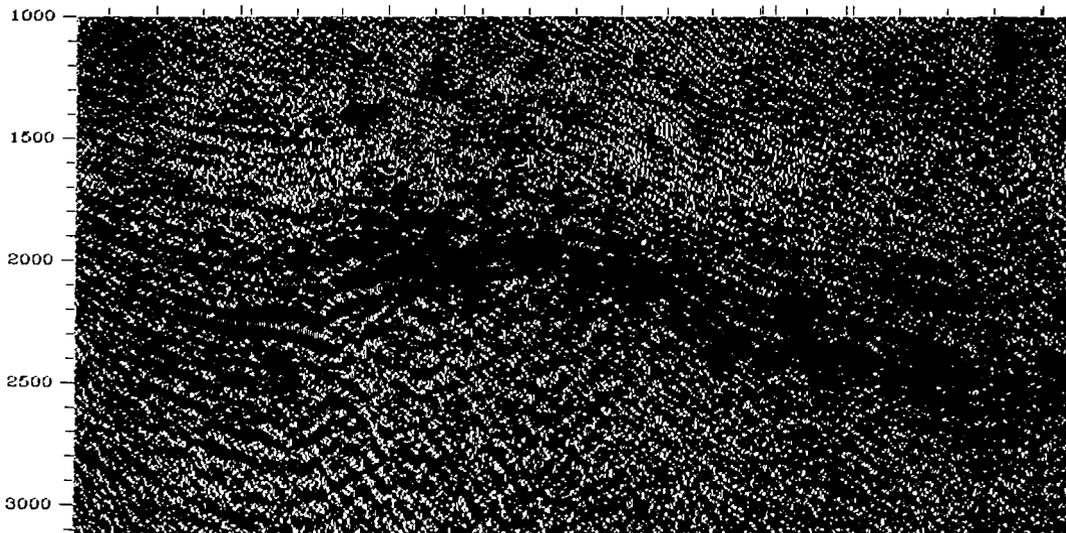


Fig. 28_Datos originales cargados (arriba) y datos procesados en la Estación de Trabajo (abajo) de la Línea - 88.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Este proceso se efectuó solamente en determinadas líneas donde se presentaron problemas con la correlación de nuestros eventos.

4.b Generación de Sismogramas Sintéticos

El sismograma sintético hecho de registros de pozos es útil para identificar reflexiones de contactos formacionales. La confianza en distinguir éstas, para su interpretación se basa en el grado de acoplamiento entre los datos sintéticos y reales.

Los sismogramas sintéticos se generaron usando el Paquete Syntool que permite probar una variedad de ondículas estándar, con control sobre el ancho de banda, fase y frecuencia, para hacer la comparación de las trazas sintéticas con las reales.

Para generarlos fue necesario utilizar el registro sísmico y el registro de densidad (Figura 29), así como también el registro de velocidades del pozo (curva TZ) para poder presentar los resultados en tiempo como están los datos sísmicos o en profundidades como lo están los registros de los pozos. Los coeficientes de reflexión se determinan al conocer la distribución de la velocidad y la densidad, los cuales al ser convolucionados con la ondícula generan las trazas sintéticas. Con esto estamos sustituyendo el recorrido de la señal en el subsuelo por un filtro (filtro equivalente al terreno).

No se ajustaron las trazas sintéticas por diferencias en los niveles de tiempo, aunque en algunos casos existió un ligero desplazamiento entre estas y los datos sísmicos reales.

Los registros sintéticos resultantes están incluidos en las Figuras 30, 31 y 32 que corresponden a los Pozos Jurel-1, Mantarraya-1 y Macarela-1, y se puede

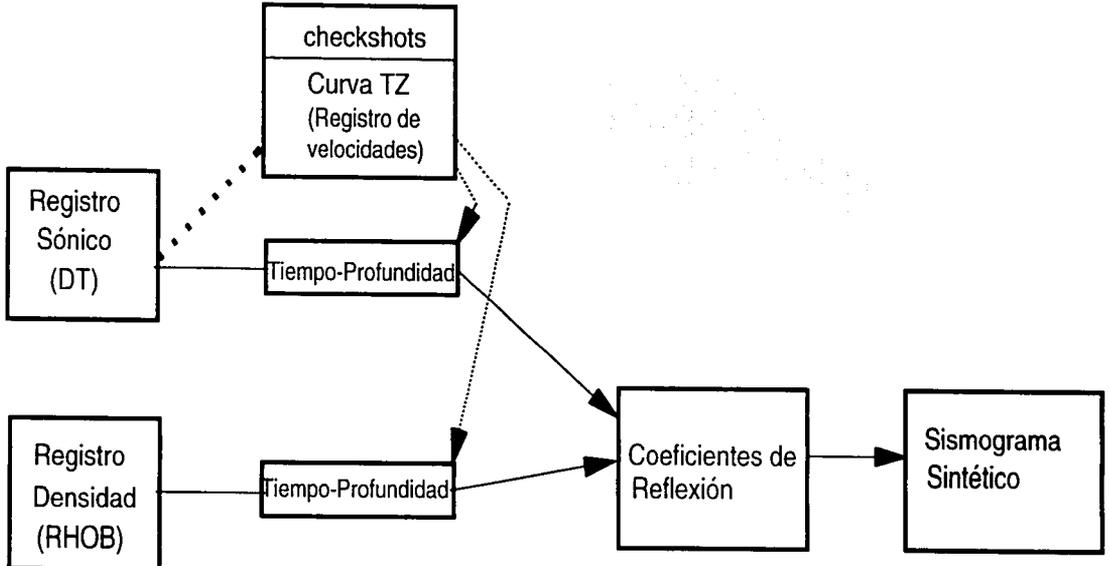
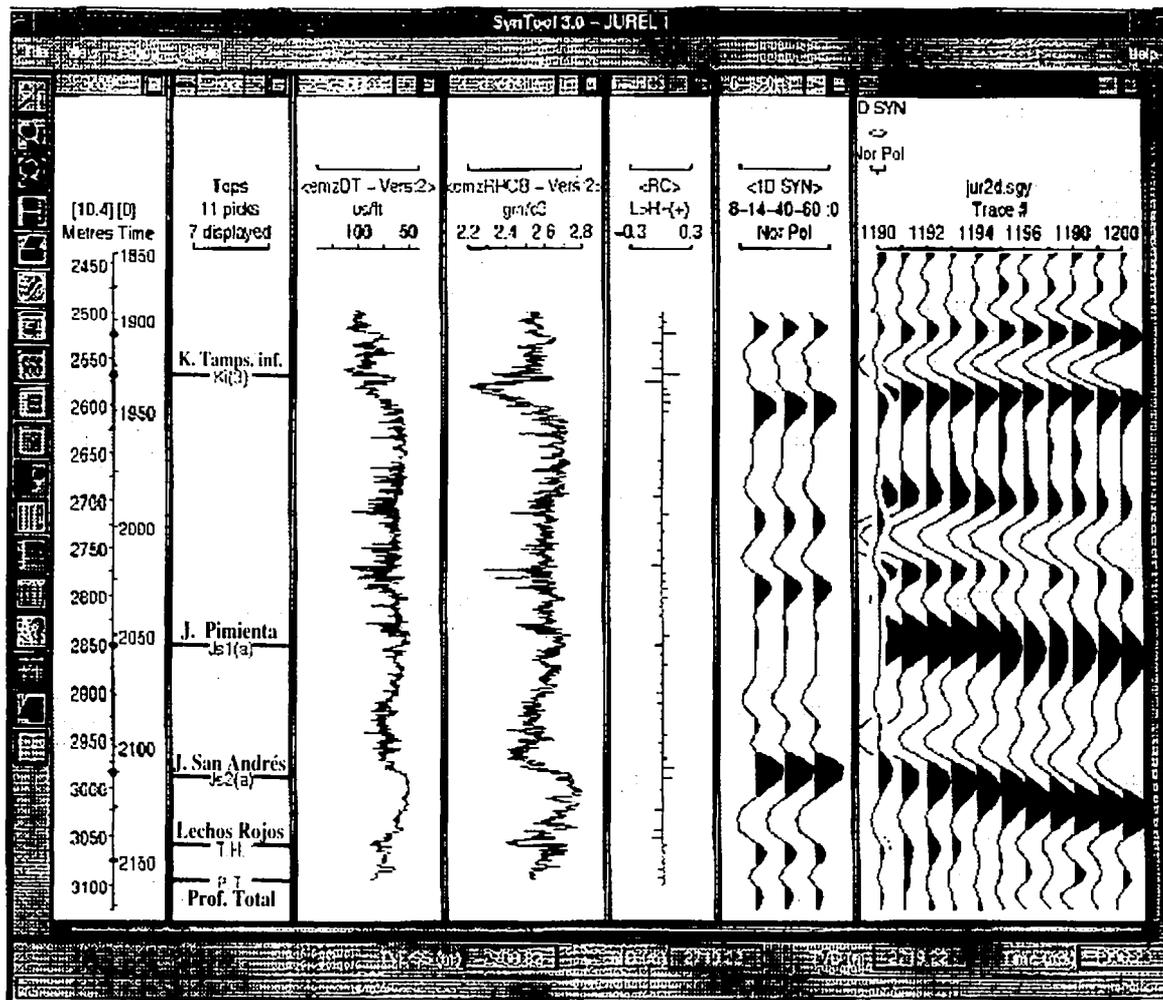


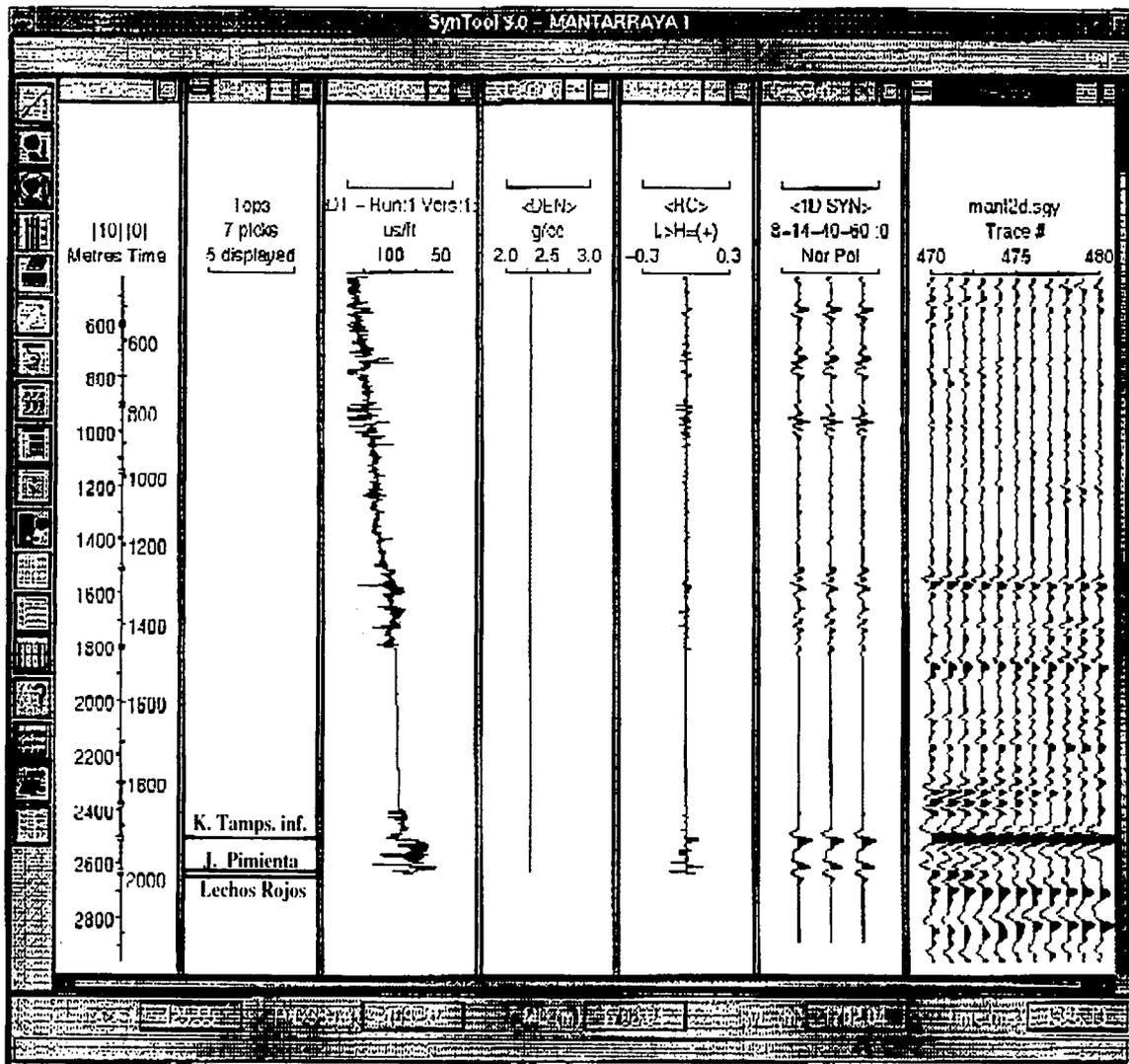
Fig. 29 - Diagrama de proceso para la generación del Sismograma Sintético.

Fig. - 30 Sismograma Sintético Pozo Jurel-1



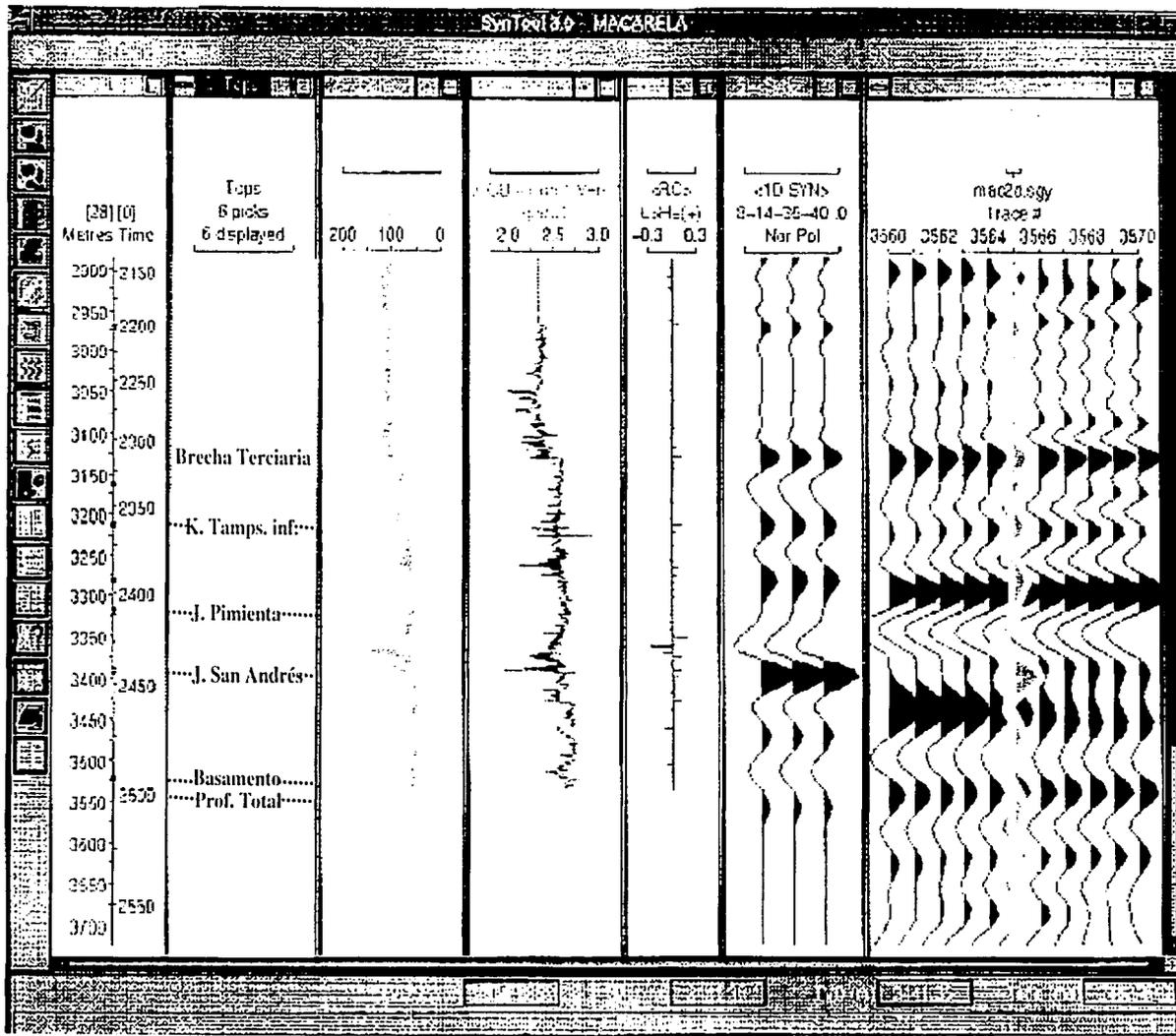
FALDA DE ORIGEN
 TRES CUE
 JUR2D

Fig. - 31 Sismograma Sintético del Pozo Mantarraya-1



TRES C M
 FALLA DE ORCEN

Fig 32 - Sismograma Sintético pozo Macarela-1



**TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN**

apreciar un buen acoplamiento entre los datos sintéticos y los datos sísmicos reales en los tres pozos. Cabe mencionar que el Pozo Macarela-1 cuenta con los registros más completos en el área. El sismograma sintético del Pozo Mantarraya-1 se construyó con su registro sísmico de pozo y se utilizó una densidad constante de 2.3 g/cm^3 , debido a que carece del registro RHOB.

En el área sólo hay cuatro pozos que cuentan con registros sísmico y de densidad: Arenque-20 y 6, Macarela-1 y Jurel-1. Pero no todos tienen registro de velocidades (checkshot). Este es el motivo por el que se trabajó con los sismogramas sintéticos de los pozos Mantarraya-1, Macarela-1 y Jurel-1, además que su ubicación es sobre las líneas sísmicas.

Se estableció la correlación para tres horizontes en la interpretación del estudio correspondiente, en los siguientes niveles geológicos: Discordancia Terciario-Mesozoico y, Cima y Base de la Formación San Andrés de edad Kimmeridgiano.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

5.- INTERPRETACION SISMICA ESTRUCTURAL

5.a Discordancia Terciario-Mesozoico

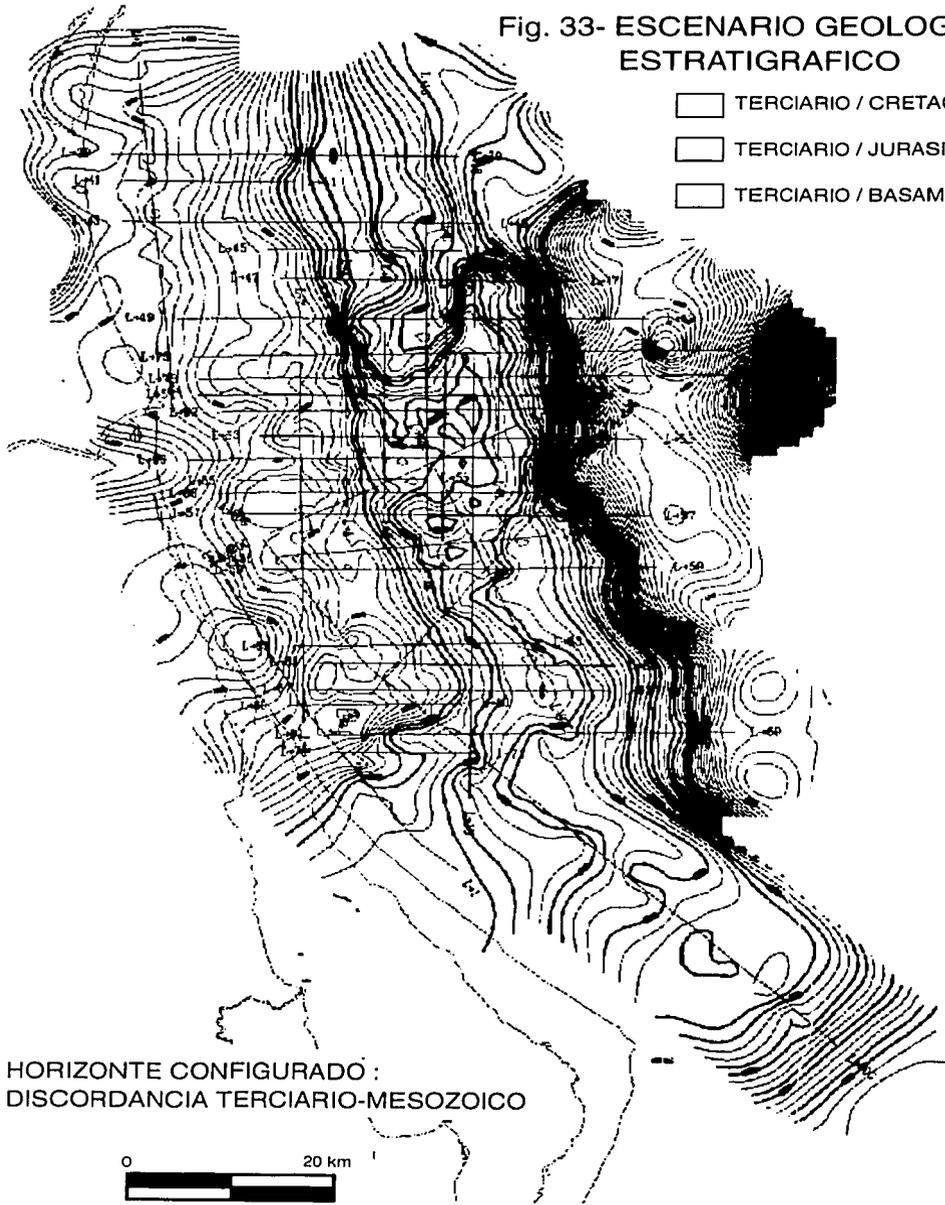
Como se mencionó en capítulos anteriores, el área en estudio estuvo sujeta a grandes períodos erosivos durante el Cenozoico. Debido al aspecto que presentan las secciones sísmicas (Línea A de la Figura 35), como son los remanentes en los bloques altos suponemos que grandes cañones submarinos fueron cavados en rocas del Cretácico, del Jurásico, e incluso del basamento, razón por la cuál tenemos diferentes escenarios estratigráficos en el contacto Terciario-Mesozoico, como se puede observar en la Figura 33 en donde la discordancia se ubica en rocas del Cretácico Inferior (color verde) en toda la zona costera y gran parte del área de estudio, también tenemos subyaciendo al Terciario a las rocas del Jurásico (color azul) que se presenta como un cinturón muy delgado con orientación general Norte-Sur y ampliándose hacia la parte Sur del proyecto. El contacto Terciario-Basamento (color rojo) se ubica hacia la parte norte del proyecto y en el extremo oriental del mismo. Esto hace considerar a la Figura 33 como un elemento que permite evaluar el riesgo sobre la presencia de la Formación San Andrés, roca almacén en el área.

La discordancia fue identificada por primera vez en los pozos petroleros de la Faja de Oro, en donde las calizas arrecifales de la Formación El Abra están cubiertas por sedimentos arcillosos del Eoceno; con posterioridad ésta fue identificada en el área marina de Tampico, en donde está presente en todos los pozos perforados en la zona de estudio.

La configuración sísmica estructural de esta discordancia se muestra en el Anexo No. -1, en la cual podemos observar de manera regional un gradiente suave hacia el oriente interrumpido en la parte central norte por un levantamiento

Fig. 33- ESCENARIO GEOLOGICO
ESTRATIGRAFICO

- Terciario / CRETACICO INF.
- Terciario / JURASICO SUP.
- Terciario / BASAMENTO



HORIZONTE CONFIGURADO:
DISCORDANCIA TERCARIO-MESOZOICO



TES...
FALLA DE ORIGEN

correspondiente al área del Campo Arenque, éstos valores como los podemos observar en la tabla de referencia de colores van desde los 1500 milisegundos (1700 metros aproximadamente) en la zona costera norte hasta 2600 milisegundos (3800 metros aproximadamente), corresponde a la zona de color magenta al verde oscuro. Después de ésta área, hacia el oriente tenemos una gran calda en el relieve estructural representado por los colores verde oscuro, azul y verde claro, que concluye con valores de un poco más de 4 segundos. Posteriormente tenemos una nueva zona con gradiente bastante suave y con la presencia de diferentes estructuras, como sinclinales y anticlinales, representados por el color negro en la Figura 33 con valores de 4100 hasta de 4400 milisegundos y aparentemente hacia el oriente un alto gradiente estructural.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

5.b Cima de la Formación San Andrés

La Correlación de la Formación San Andrés se realizó mediante la integración de información geológica-geofísica, utilizando todos los datos disponibles para tener un buen control del comportamiento estructural-estratigráfico, ya que conocer las características y distribución de dicha roca almacén se considera uno de los objetivos del estudio.

Se identificaron una serie de áreas que pudieron estar emergidas durante el Kimmeridgiano, de las cuales algunas ya habían sido definidas mediante la perforación de pozos, como las denominadas "Islas de Arenque, Jurel, Mantarralla, y Llano de Bustos" (Anexo 2).

La Figura 34, que muestra parte de línea sísmica No. 1 con orientación NW-SE, paralela a la costa es un ejemplo de éstos altos estructurales (basamento o lechos rojos) sobre las cuales está ausente el objetivo. Se supone que el depósito que gobernó en el Jurásico (Kimmeridgiano) hacia los flancos del levantamiento lo constituyen facies de carbonatos de plataforma de la Formación San Andrés con la tendencia a acuñarse echado arriba, considerándose éstos flancos como zonas prospectivas de sedimentos de aguas someras.

También existen zonas donde la Formación San Andrés se encuentra ausente debido a procesos de erosión como se puede observar en el extremo norte de la Línea A (Figura 35), este fenómeno de erosión aparenta estar asociado a canales o cañones submarinos erosivos, como el que se muestra en esta figura, muy angosto y profundo. Estas áreas se localizan principalmente en la parte N y E del proyecto y en una porción que se localiza al SE del Pozo Sábalo-1, la cuál se describe más adelante.

ESTA TESIS NO SE
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. 34 - LINEA SISMICA No. 1

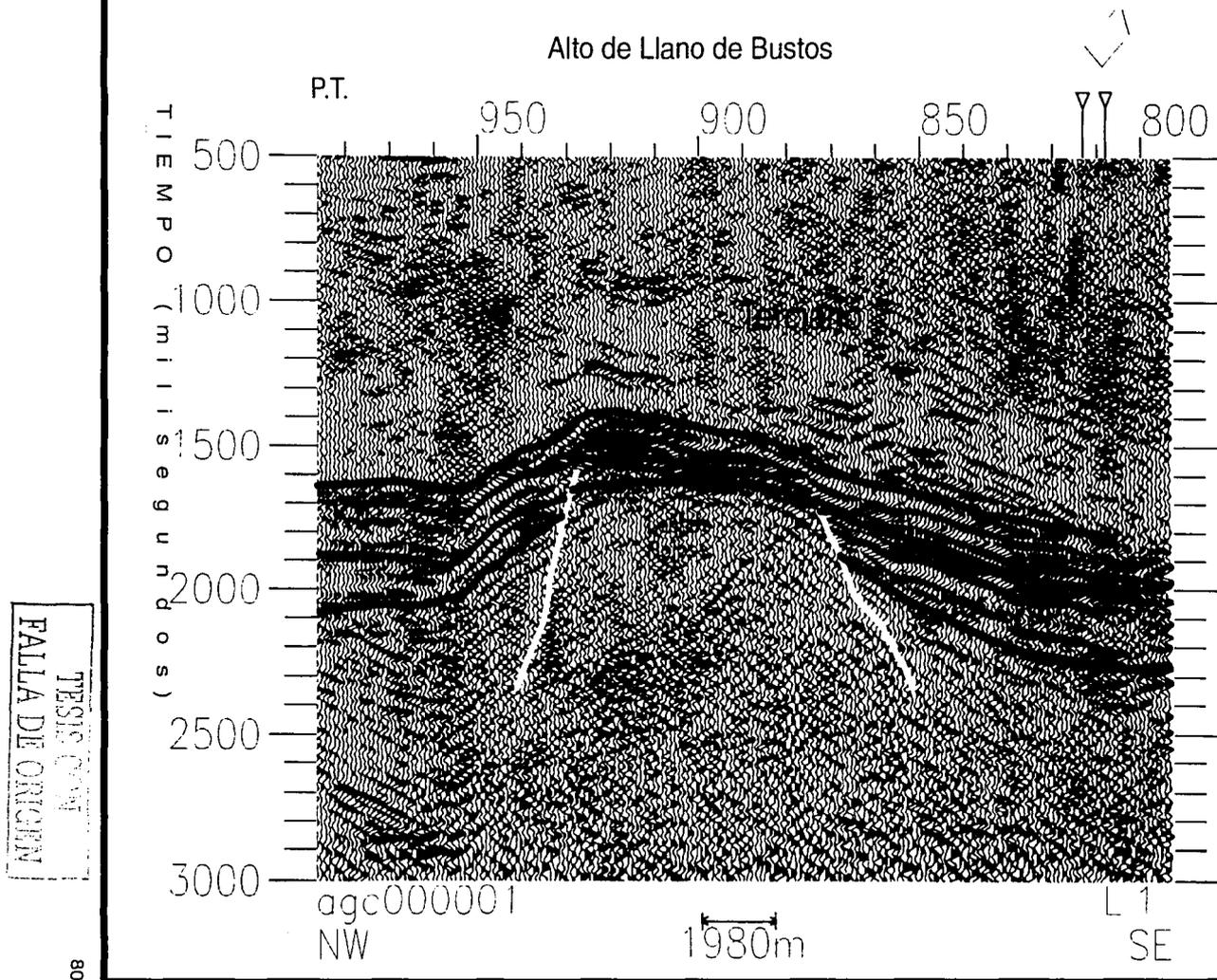
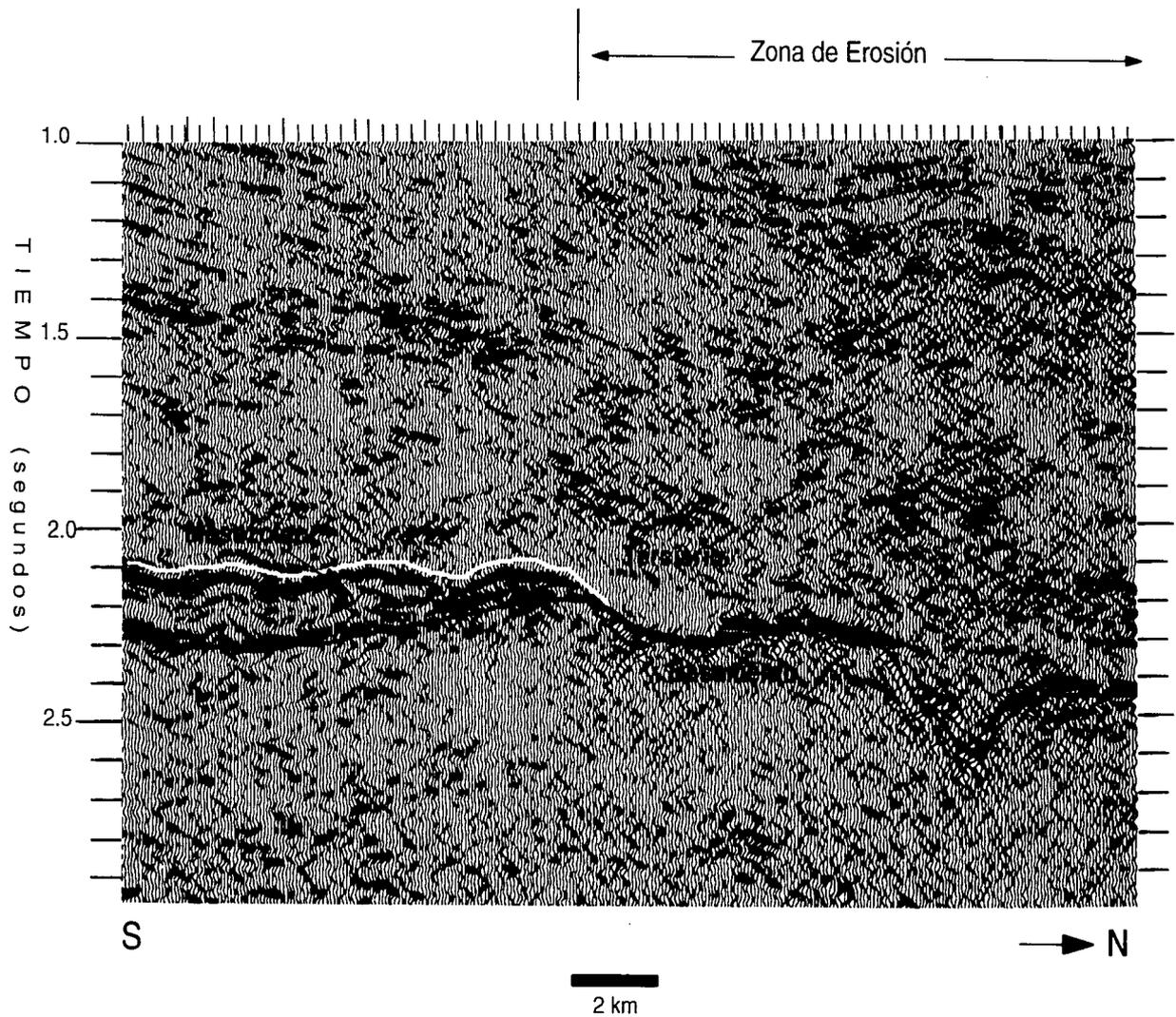


Fig. 35 - LINEA SISMICA- A



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La configuración del relieve estructural (sísmico) de la cima de la Formación San Andrés se presenta en un plano (Anexo No.-2) dibujado automáticamente por la computadora con una separación entre curvas de 20 milisegundos y con anotación del valor de la curva cada 100 milisegundos, en una presentación a color para una mejor visualización de dicho comportamiento a través de la barra de colores mostrada al margen del mismo.

Se puede observar muy claramente en este plano mediante los polígonos marcados en él, las zonas donde la Formación San Andrés se encuentra ausente, debido a esos grandes levantamientos que fueron islas para ese tiempo. En la parte norte tenemos un gran polígono el cuál abarca el alto de Arenque, donde están ubicados los Pozos Sardina-1 y Arenque-1 y el alto aquí denominado Guabina, hacia el Oeste del Pozo Barracuda-1, separados por el cañón que se mostró en la L-A (Figura 35) con dirección hacia el Pozo Barracuda y asociado a una estructura sinclinal de color azul que se muestra en el anexo 2, entre el Campo Arenque y el Pozo Bonito-1. Este levantamiento de Arenque continúa hacia el sur, observándose en los extremos orientales de las líneas sísmicas 90, 88 y 57. El Campo Arenque se encuentra en el borde occidental de este alto.

Tenemos otros tres levantamientos identificados por pozos y ahora delimitados sísmicamente como son el Alto de Jurel (donde se ubica el Pozo Jurel-2), el Alto de Mantarralla (se localizan los Pozos Mantarralla-1 y Lisa-1b) y el Alto de Mangles, donde se sitúa a los Pozos Mangles-1 y Llano de Bustos-102. Existen otros dos levantamientos que ahora denominaremos como "Isla de Abulón" al este del Pozo Abulón-1, y el Alto de Gerónimo situado en el polígono más al sur del área en el extremo de la línea sísmica 90-G.

Existe una región muy cerca del Pozo Sábalo-1, como a 5 Km al SE de éste, el cual corresponde a una zona erosionada y que posiblemente esté asociada al Cañón Bejuco-La Laja identificado en esa dirección en tierra, donde se ubica el campo productor de aceite del mismo nombre.

Los rasgos principales de este horizonte desde el punto de vista petrolero, lo constituyen los cierres y narices estructurales que se presentan alineados generalmente en dirección NW-SE bordeando a estos grandes levantamientos, debido a que el factor estructural es muy importante en la conformación del yacimiento.

Aunque el área estuvo afectada por la Orogenia Laramide, como lo muestran algunos plegamientos muy suaves en la sísmica, no tenemos fallas inversas en la secuencia sedimentaria correspondiente a la Formación San Andrés. En cuanto a la topografía de synrift que subyace, teniendo como base la interpretación sísmica, las fallas dentro del sistema de rift no cortan a la Formación San Andrés, sino que solamente limitaron su depósito como lo podemos observar en la Figura No. 36, donde se muestra a la línea sísmica 90, la cuál pasa de lado a lado el Alto de Jurel, continuando hasta el levantamiento conocido como "Isla de Arenque", donde el depósito de ésta secuencia de color amarillo en la figura se acuña en ambos bordes de estos levantamientos, los cuales están limitados por fallas normales.

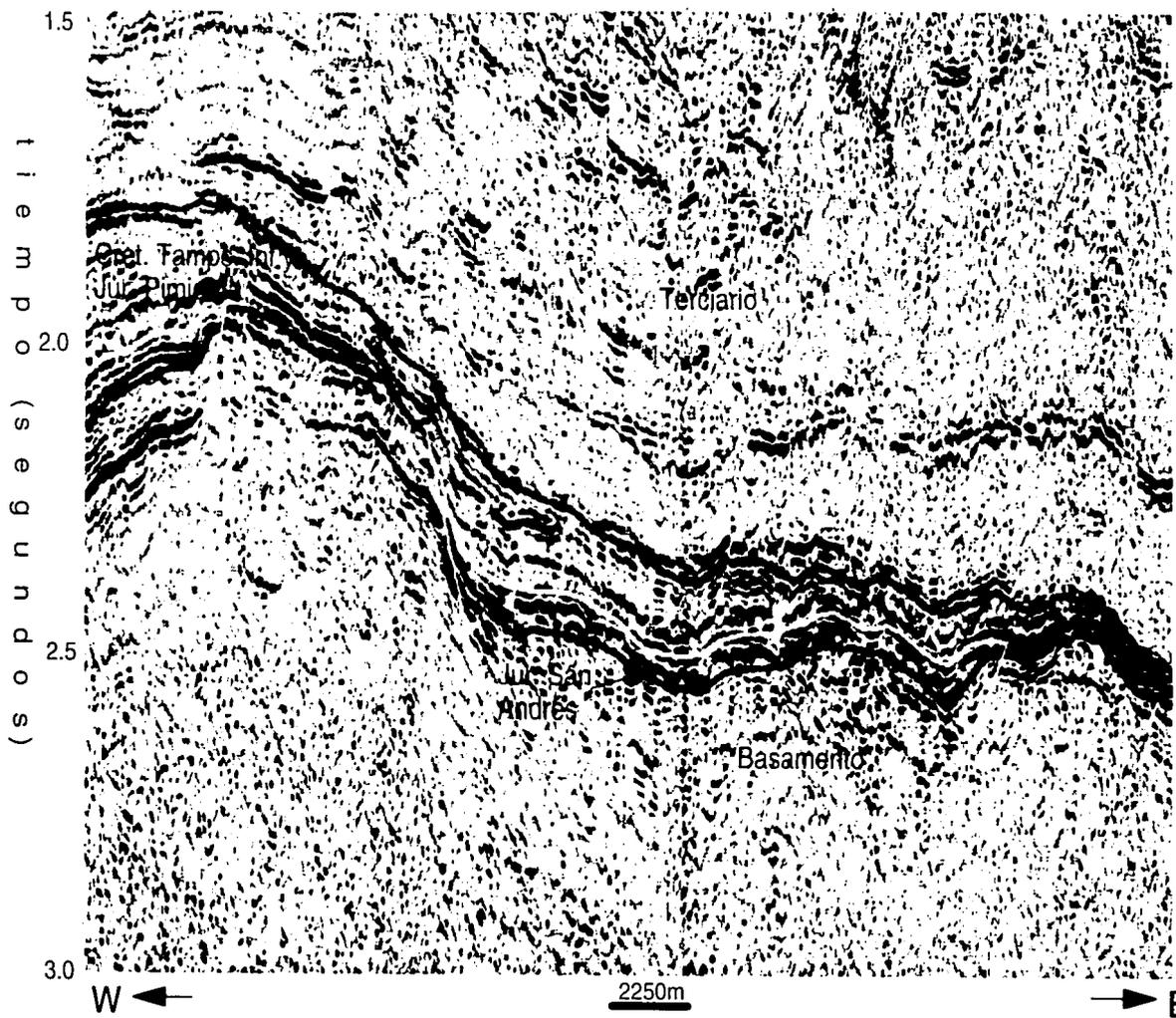
Por lo comentado anteriormente, podemos observar que en el plano configurado de la Formación San Andrés (Anexo 2), se considera a los bordes de los polígonos como fallas normales que si bien posiblemente no cortaron la secuencia, si actuaron en la limitación de su depósito.

Como todas las interpretaciones sísmicas resultan en planos en tiempo, éstos son convertidos a profundidad posteriormente para definir la estructura del subsuelo y poder tomar decisiones de perforación. Hay varios métodos para la conversión a profundidad y para la construcción de modelos de velocidad. En este caso utilizamos todos los datos de pozos como puntos de control para efectuar

Fig. 36 - Línea Sísmica 90

Alto de Jurel

Alto Arenque



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

una configuración de velocidades medias (Figura 37) a la cima de la Formación San Andrés. El plano presenta algunas variaciones de velocidad en el área, haciéndose notar una zona de más baja velocidad en el centro del estudio por unas anomalías de color verde, incrementándose ésta hacia el este y hacia el sur, como podemos observar en los colores amarillo y rojo, así como también en los valores de las curvas.

La configuración en profundidad del relieve de la Formación San Andrés (Anexo 3) presenta una mayor definición en la conformación de las estructuras tanto anticlinales como sinclinales, así como en el comportamiento regional estructural del área con respecto al mapeo en tiempo. Aunque de manera general se observa una gran semejanza entre ellos.

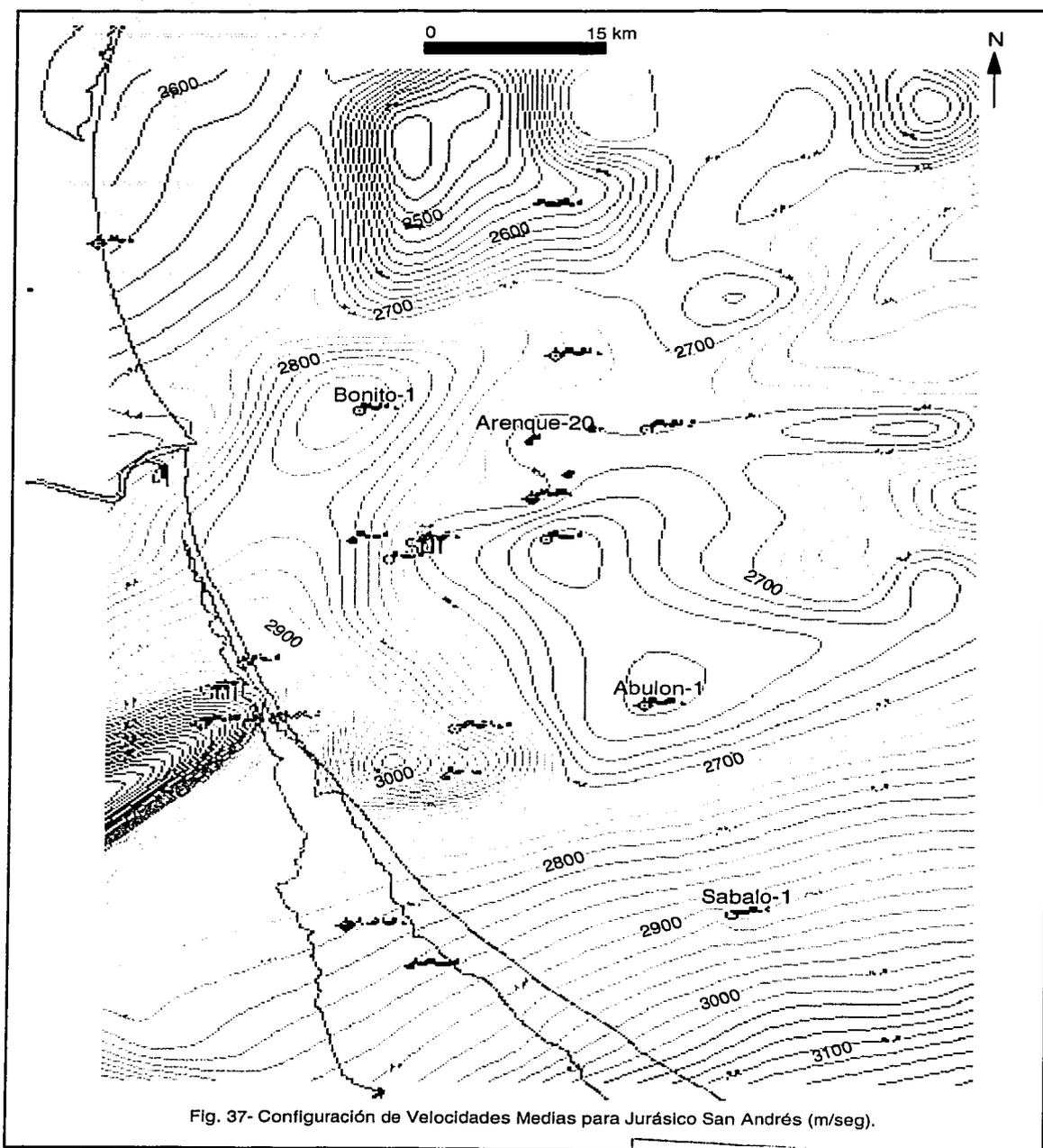


Fig. 37- Configuración de Velocidades Medias para Jurásico San Andrés (m/seg).

5.c Base de la Formación San Andrés

Se configuró un horizonte como la base de la Formación San Andrés, el cual se muestra en el plano del Anexo 4. Su graficación se hizo en color para diferenciar su relieve, la separación entre curvas es de 20 milisegundos y están anotados sus valores correspondientes cada 100 milisegundos.

Su comportamiento es muy similar a la configuración de su cima, muestra en forma muy general un buzamiento hacia el este, interferido por los polígonos correspondientes a los altos estructurales ya descritos en la sección anterior. También son muy notorios los alineamientos estructurales con dirección NW-SE y N-S, algunas de estas anomalías se localizan hacia los bordes de las "islas jurásicas" lo que reviste gran importancia.

Con la finalidad de conocer el espesor de la Formación San Andrés se configuró la base de ésta. Una forma aproximada y rápida de conocer este dato es llevar el valor en tiempo de la cima y la base a la curva TZ (hay 7 curvas incluidas) del pozo más cercano del lugar que se desee conocer y directamente nos lo da la curva la profundidad de cada valor, para luego restarlos simplemente. Esto es directo debido a que los valores de tiempo en las curvas TZ se convirtieron al doble como los tiempos de reflejo de las secciones sísmicas para facilitar el cálculo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

6.- INTERPRETACION SISMOLOGICA-ESTRATIGRAFICA

6.a- Análisis de Facies Sísmica de la Formación San Andrés

En un intento más de apoyar el estudio en el sentido estratigráfico, se analizaron los datos sísmicos en base a los patrones de reflexión, para asociar estos con las diferentes facies de depósito y así complementar la decisión de proponer zonas de interés.

La señal sísmica obtenida en la prospección petrolera es la respuesta a las características estructurales y estratigráficas del subsuelo. Un cambio lateral en el carácter sísmico de una secuencia dada, sugiere un cambio en las características de las rocas.

Una amplia diversidad de ambientes sedimentarios es encontrada en las secciones sísmicas. La habilidad para reconocer e interpretar estos, radica en la experiencia y familiaridad de un observador con los diferentes tipos de ambientes, los procesos que operaron en esos ambientes, y en la posible asociación de facies.

A continuación se presenta la caracterización de las principales facies sísmicas para carbonatos y los ambientes que sugieren, como un resumen de las tablas de Vail, siendo éstas modificadas y adaptadas para ésta área de trabajo lo cual simplifica y facilita su interpretación. Para esta secuencia correspondiente al kimmeridgiano se definieron 4 facies sísmicas principales.

Configuraciones paralelas, subparalelas y divergentes:

- *Plataforma
- *Depósitos Evaporíticos
- *Cuenca

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Configuraciones de reflexiones progradantes (oblicuo, sigmoidal, "shingled", "hummocky clinoforms")

*Talud asociado con progradación en plataforma

*Talud Inferior

*contouritas

Configuración de reflexiones monticulares y sobrepuestas

*Arrecifes y bancos de plataforma, margen de plataforma, parches arrecifales, pináculos

*Talud inferior

*Depósitos Evaporíticos

*Contouritas

*Sedimentos Hemipelágicos (cuenca proximal y talud inferior).

Configuración de no reflexión

*Plataforma

*Talud (flujos de escombros)

En la Figura 38, podemos observar el diagrama de procedimientos para la interpretación estratigráfica. Se inició estableciendo un mapa base del área, se recopiló la información sísmica y de pozos para su análisis estructural, ya descrito en el capítulo anterior. Esta determinación se hizo en la unidad correspondiente a la Formación San Andrés.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

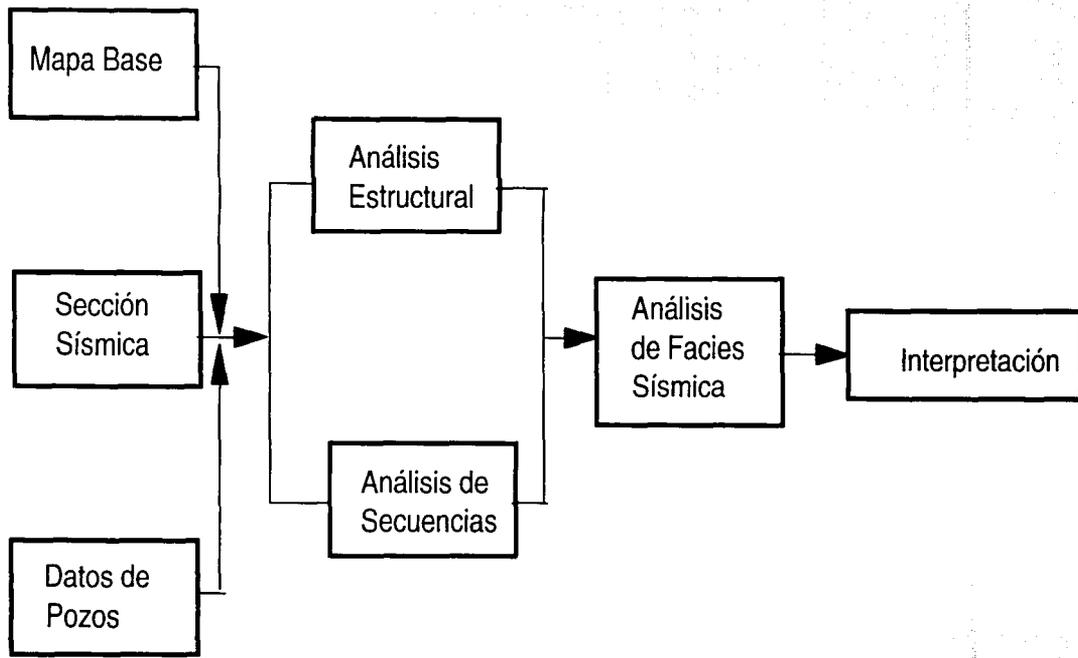


Fig.- 38 Diagrama de procedimientos para una Interpretación Estratigráfica a partir de datos sísmicos.

Una vez que la secuencia objetivo había sido interpretada en toda la malla de líneas, se procedió a efectuar el mapeo de los patrones de reflexión. La construcción del mapa de facies sísmica (Figura 39), se hizo en tres etapas: (1) anotando en los puntos de tiro a lo largo de la sección sísmica los cambios en la configuración de reflexión, (2) transfiriendo estos cambios de cada segmento de la sección sísmica a partir de un código de colores a los puntos de tiro del mapa base y (3), interpretando en el mapa, la distribución de los diferentes tipos de patrones de reflexión, en una forma global.

La información de este análisis está integrada con datos geológicos y geofísicos para poder establecer la distribución de los medios ambientes. Un mismo patrón de reflexión puede representar una serie diversa de ambientes sedimentarios por lo que fue necesario tomar en cuenta también la forma externa de la unidad así como los datos de pozos entre otros, para postular las zonas prospectivas del área.

La zona monticular que se presenta en el mapa en color naranja en el área del Campo Arenque (Figura 39), constituye lo que es el borde oolítico de la plataforma confirmado con datos de pozos y que podemos ver en la línea sísmica No. 51 (Figura 51) en el capítulo siguiente. Este patrón se presenta en otras áreas del estudio en condiciones semejantes, lo que probablemente también represente facies sedimentarias de aguas someras con sus respectivos crecimientos carbonatados de similar importancia; esta facies sísmica consiste de reflectores internos con formas monticulares cerradas, lateralmente asociadas y bordeadas por las facies progradacionales en color amarillo (Figura 39). Son muy evidentes en los datos sísmicos, las facies sedimentarias que corresponden a los sedimentos de cuenca (Formación Tamán) equivalentes a la Formación San Andrés, la cual está mostrada en el mapa de la Figura 39 en color verde, representando la depositación tranquila y paralela de las capas, se consideró

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

MAPA DE FACIES SISMICA DE LA FORMACION SAN ANDRES

820

700 97° 00'

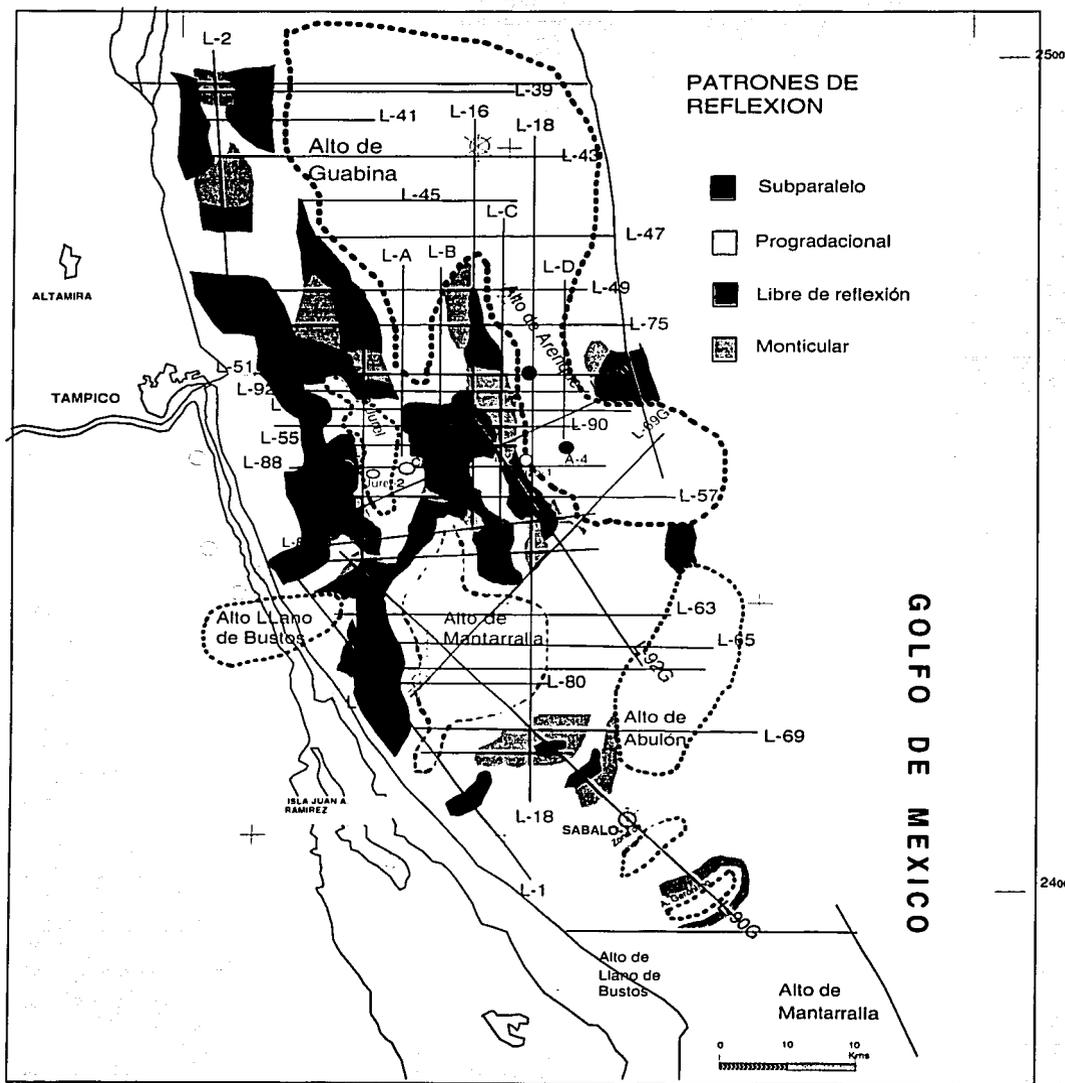


Fig.- 39 Mapeo del Análisis de Facies Sísmica de la Form. San Andrés del Jurásico Superior Kimmeridgiano.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

_también el espesor de la secuencia, porque también se tienen zonas de este mismo color que no están constituyendo facies de cuenca sino más bien facies de sedimentación de aguas someras de plataforma interna o áreas lagunares protegidas por los bordes de plataforma, como pudiera ser el caso de un posible banco carbonatado en la Loc. Monserrat en la línea 90G (Figura 46). La facies sísmica de mayor distribución en el área (color amarillo) representa a las reflexiones progradantes, y está presente en todas las zonas cercanas a los levantamientos, significando en la mayoría de los casos el cambio de facies de aguas profundas a someras. La facies libre de reflexión (color café) se caracteriza por no presentar reflectores internos en la secuencia, o contener valores de amplitud muy bajos en la señal y está asociada con algunas zonas de producción en el campo Arenque, lo que significa relacionar a este patrón con sedimentos carbonatados de plataforma, aunque en algunas zonas pareciese que representa a depósitos de flujos de escombros de facies de talud.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

7.- AREAS PROSPECTIVAS

La manera de identificar las áreas prospectivas se basó en la integración de los resultados de este estudio. El procedimiento se realizó fundamentalmente mediante el análisis geológico de los mapas configurados de la cima y base de la Formación San Andrés, para seleccionar lugares estructuralmente favorables, y combinando estos con las probables zonas asociadas al desarrollo de porosidad interpretadas en el mapa de facies sísmicas (Figura 39), así como también a características análogas con el Campo Arenque (Figura 51).

De esta forma se reconocieron cinco áreas de oportunidad, las cuales fueron denominadas como, Alor, De la Cruz, Villaseñor, Monserrat y Gerónimo (Figura 40), que a continuación se describen.

Prospecto Alor

General

El Prospecto Alor se ubica al noroeste del proyecto, aproximadamente a 5 km. de la línea de costa. El tirante de agua es de 11 metros de profundidad.

Se localiza en la línea sísmica No. 2 (Proyecto Operacional Arenque-92, Digicon) donde la calidad de la información se considera buena.

Al Oeste de esta localización en la parte terrestre costera se ubica el campo Tamaulipas-Constituciones productor en Cretácico Inferior y en las facies oolíticas del Jurásico Superior Kimmeridgiano.

En la Figura 41 se muestra la sección sísmica donde se localiza el prospecto Alor, así como su ubicación en el mapa y la columna probable.

ZONAS PROSPECTIVAS DEL ESTUDIO

620

700 97°00'

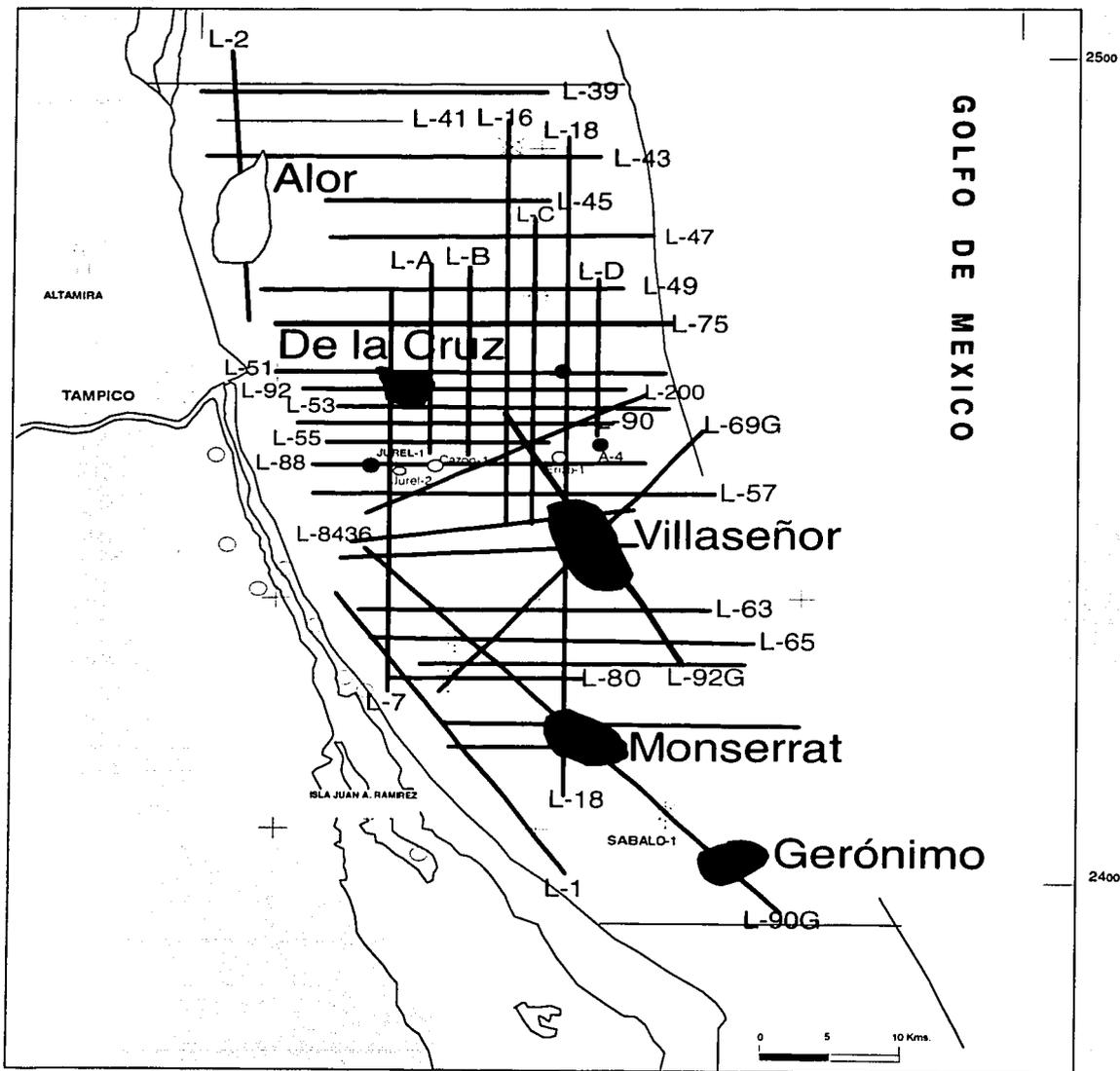
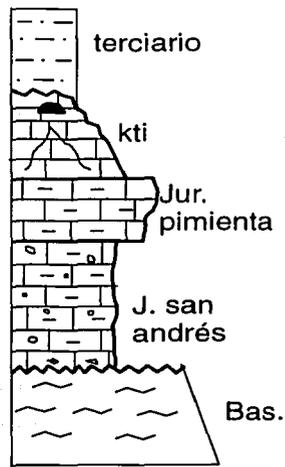
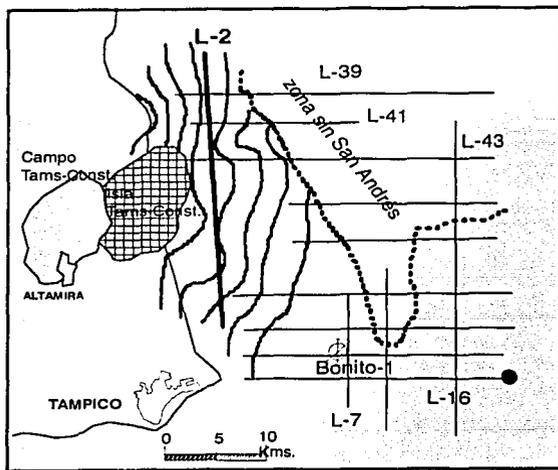
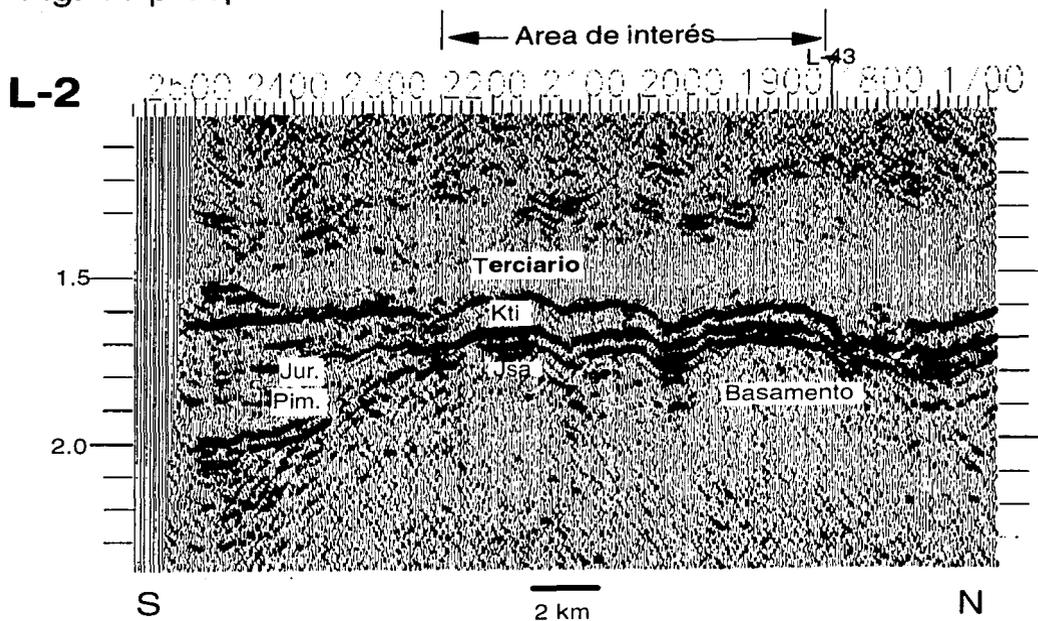


Fig. 40 - Prospectos generados

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. 41 prospecto alor



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Trampa

La trampa es combinada, estructural-estratigráfica, aunque el factor estratigráfico es de mayor peso, el carácter sísmico que se manifiesta (Figura 42) en la L-2 es de tipo monticular, viéndose en ambos extremos del prospecto las configuraciones progradacionales de tipo "shingled" en el intervalo interpretado como formación San Andrés, considerándose con esto que la localización se ubica en una plataforma para el Jurásico Kimmeridgiano.

Se presenta esta misma línea (Figura 43), con el horizonte Cima del Mesozoico aplanado, como una herramienta más para interpretar horizontes. En este proceso, al horizonte aplanado lo toma como un nivel de referencia donde le indexa un valor de tiempo cero y los otros horizontes son colocados en tiempo con respecto a este horizonte. Aquí podemos mostrar la estructura para el tiempo de depósito del horizonte aplanado, asumiendo que fue depositado horizontalmente, y enfatiza el cambio de espesor de toda la secuencia Mesozoica, incrementándose hacia el Sur, donde los sedimentos de plataforma cambian a facies de cuenca para el Jurásico San Andrés.

Roca Almacenadora

Se considera como roca almacenadora a las facies de plataforma del Kimmeridgiano, así como también a las rocas carbonatadas del Cretácico Tamaulipas Inferior.

Roca Generadora

En base a los resultados de estudios geoquímicos en el área, la generación corresponde a las formaciones Pimienta y Tamán del Jurásico Superior.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

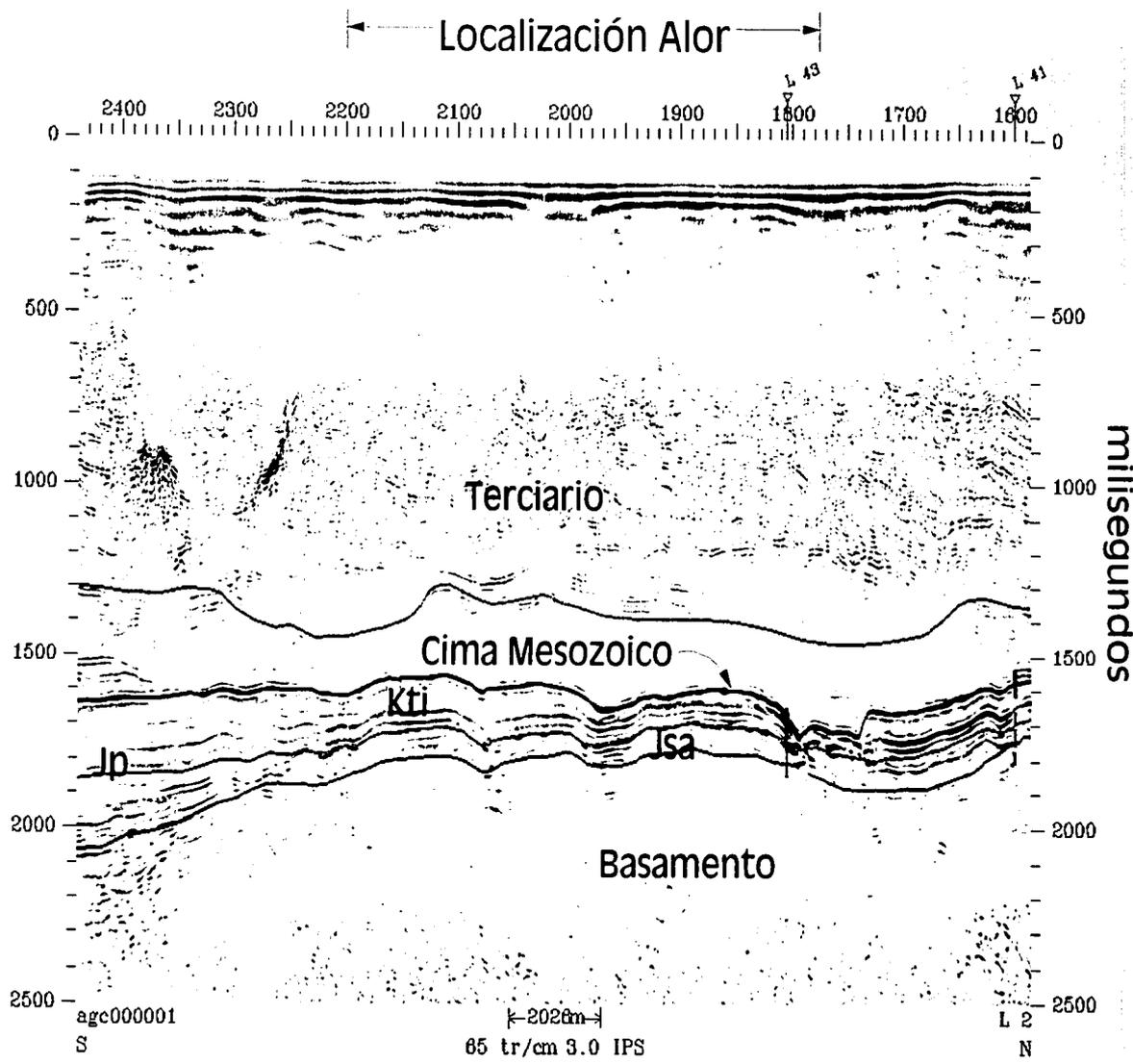


Fig. 42- Línea Sísmica 2

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

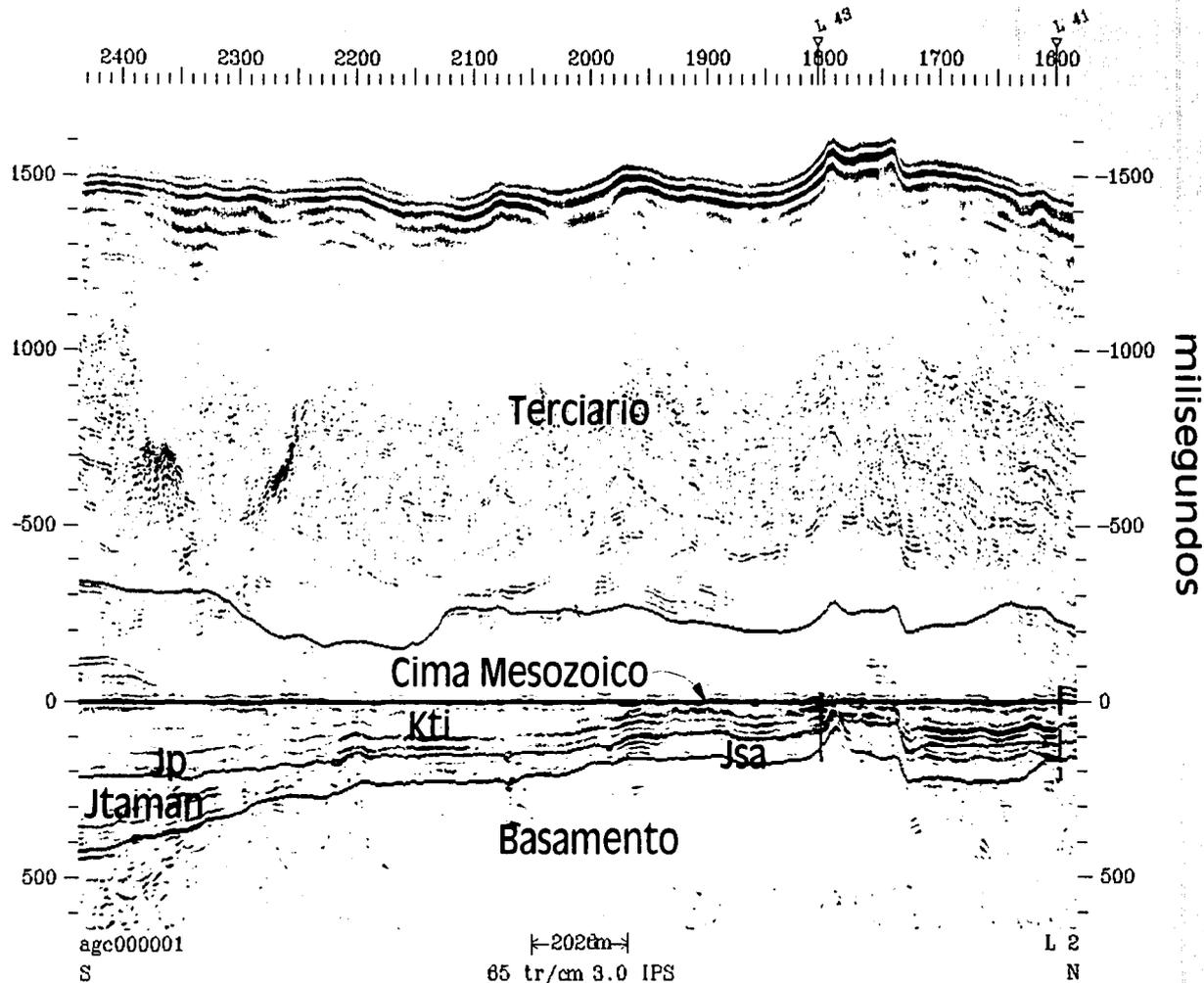


Fig. 43- Línea Sísmica 2 con la cima del Mesozoico aplanado

Prospecto De la Cruz

General

El prospecto se ubica en la parte central del proyecto (Figura 40), en posición intermedia entre el Campo Arenque y la Línea de Costa, donde el tirante de agua es del orden de 40 m. Es significativa la proximidad del Campo Arenque para considerar que el prospecto pueda tener buenas perspectivas. Como podemos observar en la Figura 44, la localización se ubica al Este franco del campo.

Trampa

Esta se identificó en la línea sísmica No. 92 del Prospecto Operativo Escualo-Arenque, y como se puede observar (Figura 44), es de tipo estructural-estratigráfica, muy similar a la del campo Arenque, la diferencia es que en Arenque los sedimentos de plataforma se acuñan hacia el alto en dirección Este, y los del Prospecto De la Cruz se acuñan hacia el alto en dirección Oeste.

Roca Almacenadora

Dada la cercanía y sobre todo la posición con respecto al Campo Arenque se puede interpretar que el banco oolítico que se desarrolló en el campo como el borde de la plataforma, también se desarrolló como un borde en la plataforma opuesta a él existiendo entre ellos una pequeña depresión interplatafórmica.

Roca Generadora

Principalmente se considera a la Formación Pimienta que suprayace a la Formación San Andrés.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Prospecto Villaseñor

General

Ubicado en la porción central del proyecto (Figura 40), hacia el Sur del Campo Arenque, donde el tirante de agua oscila alrededor de los 52 m.

La trampa está ubicada en la línea sísmica No. 92G (Figura 45), del prospecto operativo Golfo Profundo realizado por la Cia. Geco-Prakla en 1994. La calidad de la información se considera regular, esta línea no ha sido reprocesada es la original hecha por la compañía.

Trampa

Es un cierre estructural identificado en la L-92G, en sentido NW-SE, y el cuál se acuña hacia el levantamiento de Arenque en dirección NE.

El espesor, como se puede observar en la línea (Figura 45), es bastante considerable, y se está proponiendo una columna donde tenemos al Terciario sobre el Cretácico Inf., el cuál suprayace a la Formación Pimienta, considerando a esta roca caliza arcillosa como el sello de la formación objetivo San Andrés la cuál suprayace al Basamento.

Roca Almacenadora

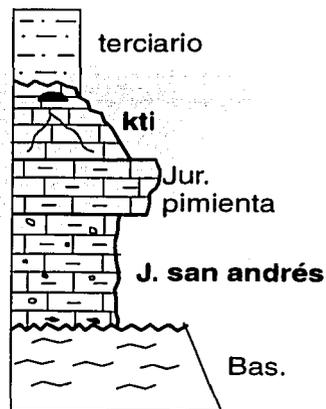
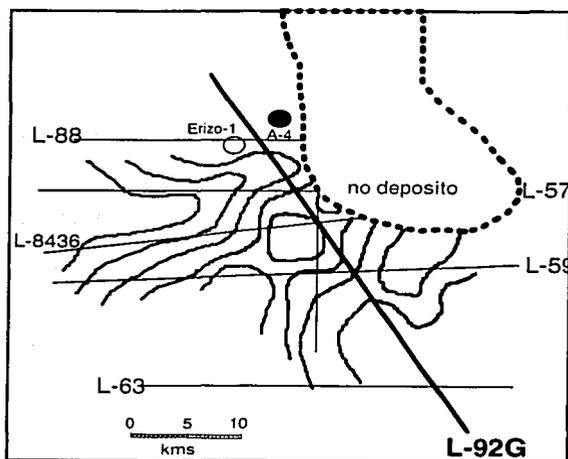
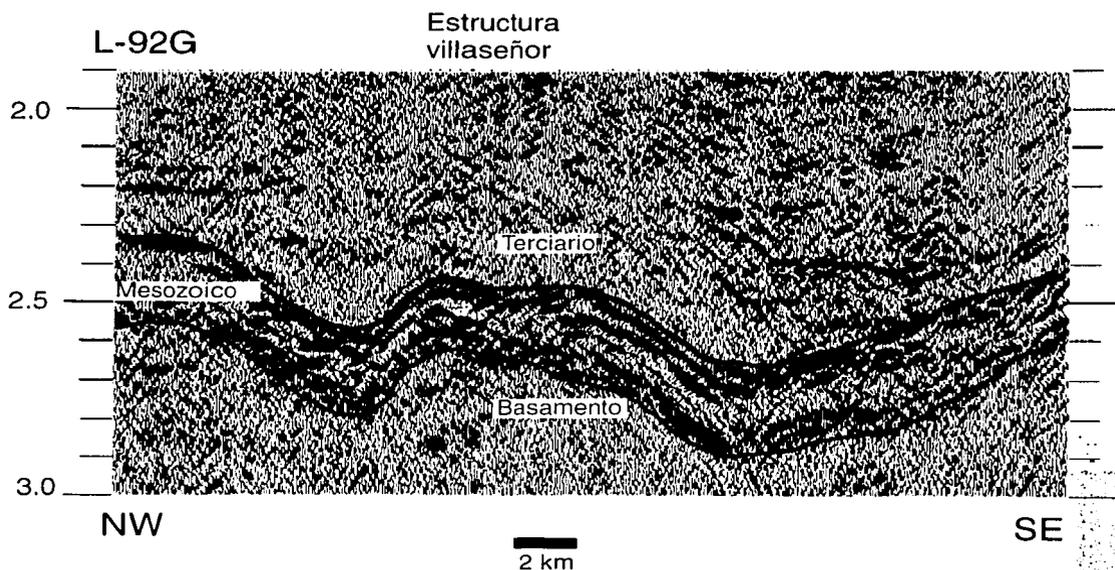
Es posible que las facies oolíticas puedan estar desarrolladas en este prospecto, como una continuación del borde de la plataforma de Arenque hacia el Sur. En el mapa de la configuración de los reflectores internos (Figura 39), se puede observar una zona monticular similar, pero aislada y más pequeña a la del Campo Arenque.

Roca Generadora

El área pudo haber sido cargada por la Formación Pimienta que está sobreyaciendo a la unidad almacenadora.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. - 45 Prospecto Villaseñor



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Prospecto Monserrat

General

El prospecto se encuentra en la parte Sur del proyecto, aproximadamente a 10 km. al SE del Pozo Lisa-1B; el cuál tuvo muy fuertes flujos de aceite viscoso en casi todos los niveles, no llegándose a probar debido a la inundación de la Barcaza Mercury que lo perforó, por fuerte norte.

Trampa

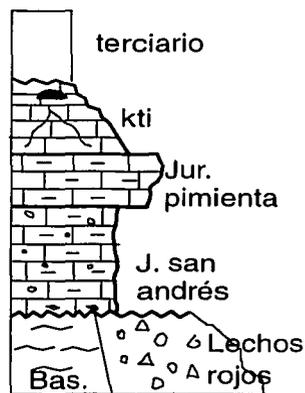
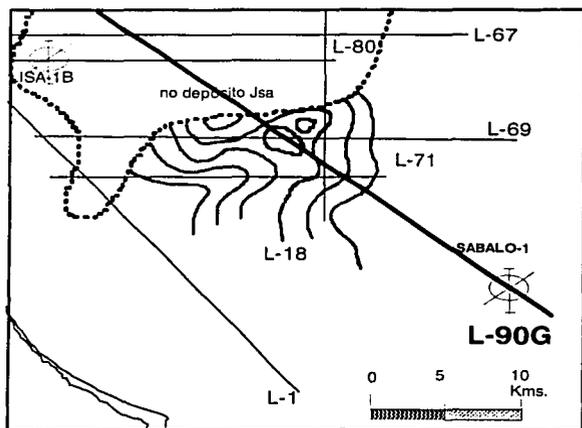
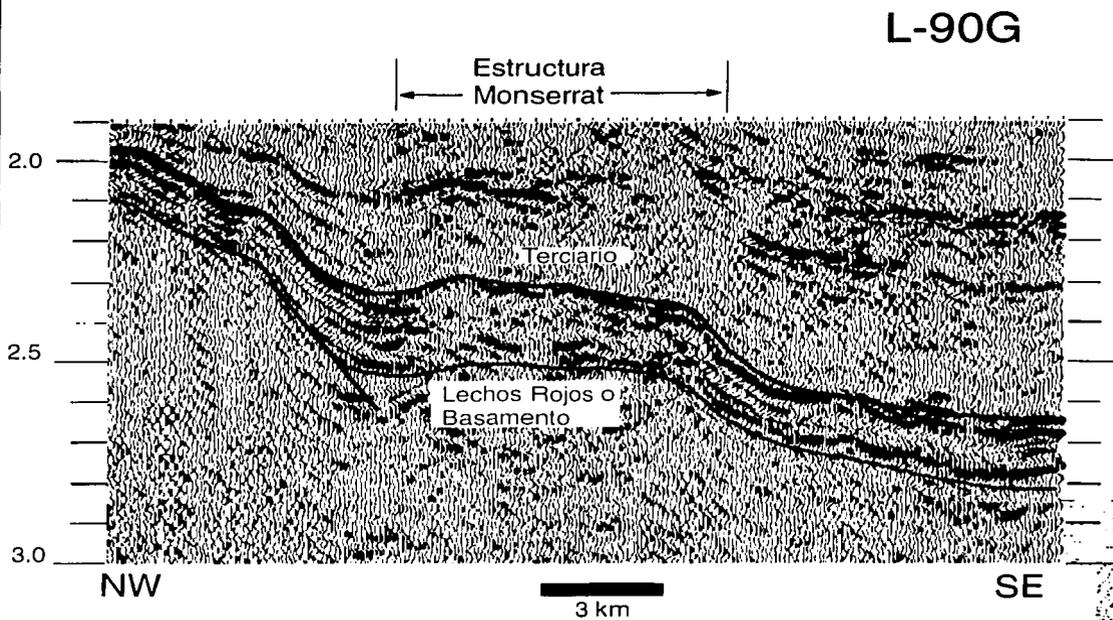
Se propone en base a la información sísmica de las líneas 90G y 18. La trampa como se puede observar (Figura 46) es del tipo combinada, presenta una configuración con cierre estructural sobre un bloque pre-existente, la cuál se está interpretando como una pequeña plataforma aislada, con ambos bordes en sus extremos.

En la L-18 no es tan clara la separación que tiene esta estructura del Alto de Mantarralla, ya que presenta un acuñaamiento de la estructura contra el alto en dirección Norte (Figura 46), lo que estratigráficamente también reviste mucha importancia. En la L-90G (Figura 47), es notorio el engrosamiento de la unidad sobre la estructura, del mismo modo es notable sus crecimientos en los bordes de ella. El depósito de esta secuencia termina hacia el Levantamiento de la Isla de Mantarralla. En la Figura No. 48, donde se ha aplanado el Horizonte de la Discordancia Terciario-Mesozoico, podemos observar las variaciones de espesor de la Formación San Andrés.

Roca Almacenadora

Como podemos observar en la Figura No. 47, la L-90G nos sugiere como yacimiento a rocas carbonatadas de borde de plataforma, con crecimientos hacia ambos lados del banco, correspondiendo probablemente a montículos oolíticos o

Fig. 46 - Prospecto Monserrat



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

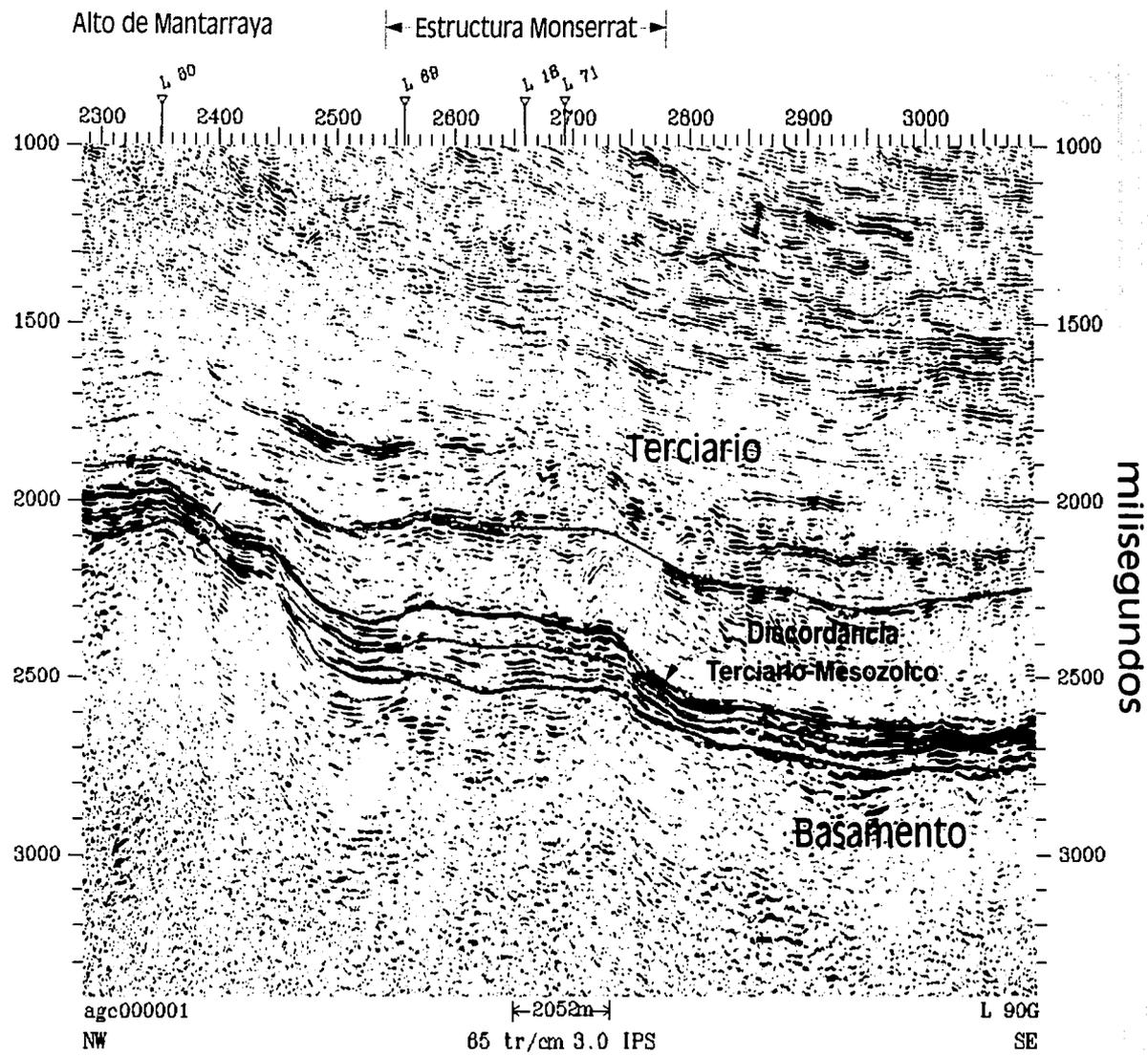


Fig. 47- Línea Sísmica 90 G

← Estructura Monserrat →

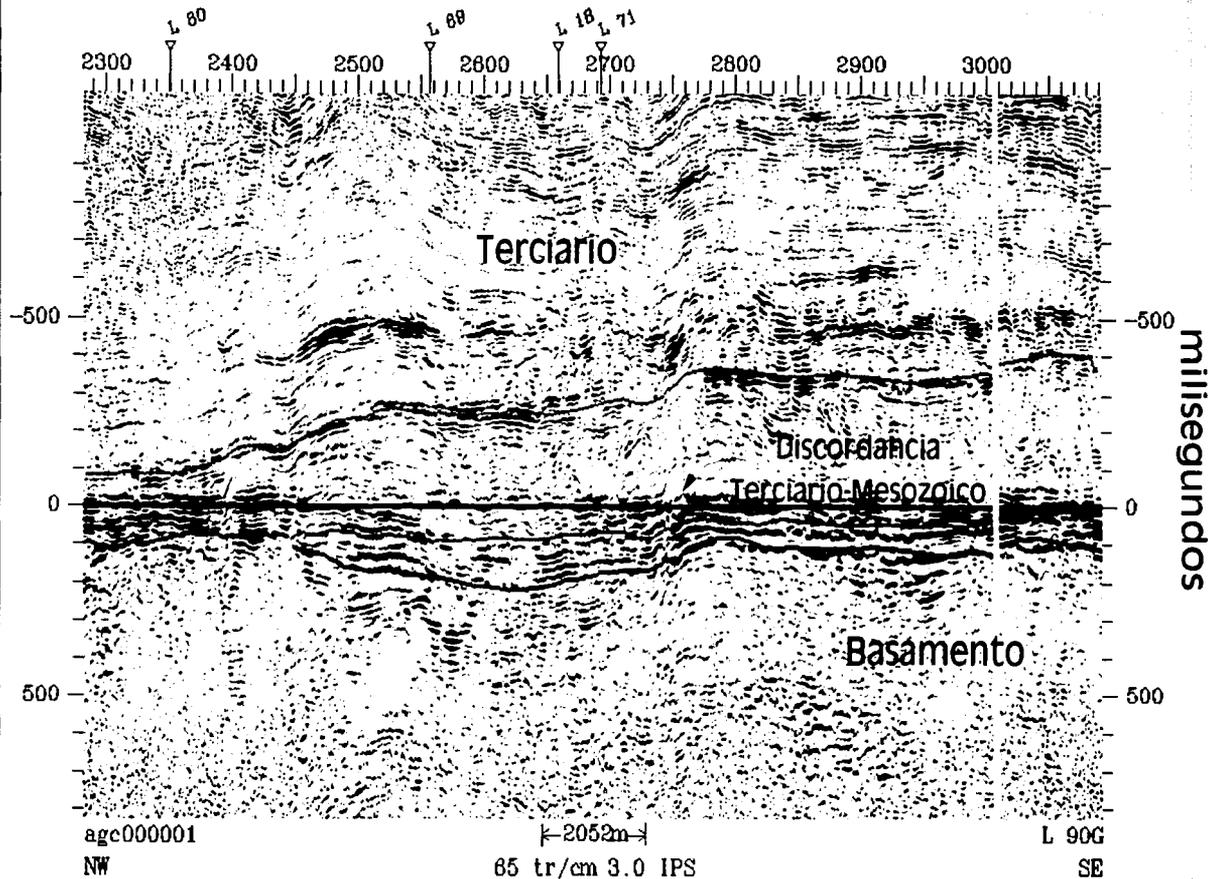


Fig. 48- Línea Sísmica 90 G con el horizonte discordancia Terciario-Mesozoico aplanado.

parches arrecifales. En la L-18 con orientación N-S (Figura 49), también son evidentes las facies monticulares.

Roca Generadora

Esta área se interpreta sobreyacida por la Formación Pimienta (considerada roca generadora en varios estudios geoquímicos de diferentes campos cercanos) y adyacente a posibles rocas generadoras desarrolladas en la cuenca de synrift.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

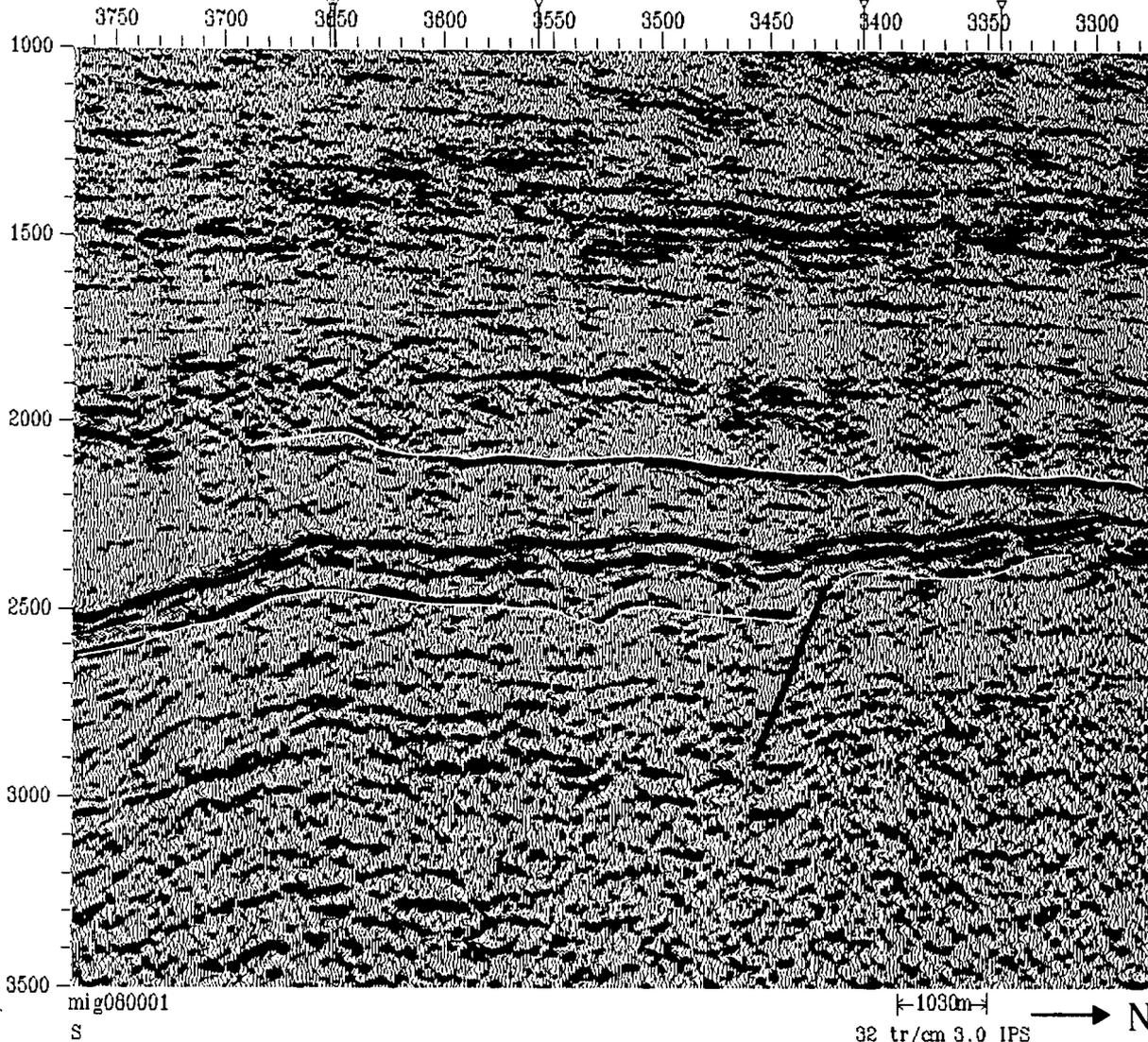
Fig. 49- Línea sísmica No. 18

← Prospecto Monserrat →

Milisegundos

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

109



Prospecto Gerónimo

General

Ubicado al sur del proyecto, aproximadamente a 8 km. al SE del Pozo Sábalo-1, el tirante de agua en esta localidad es de aproximadamente 50m.

El prospecto se ha definido en la línea sísmica 90G del prospecto operativo Golfo Profundo, realizado en 1994, por la Cia. Geco-Prakla. Se hace necesario la adquisición de nueva información sísmica para configurar con más detalle el prospecto que se recomienda y así disminuir el riesgo de perforación.

Trampa

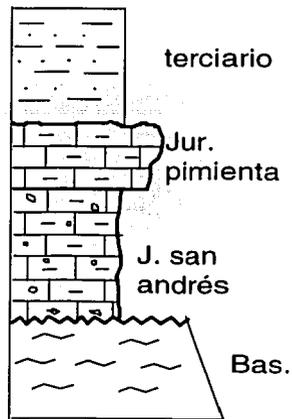
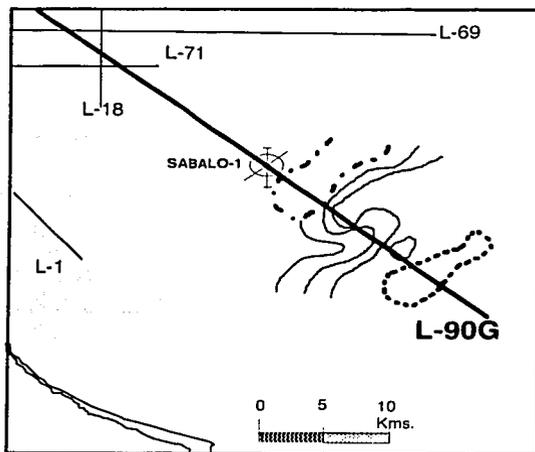
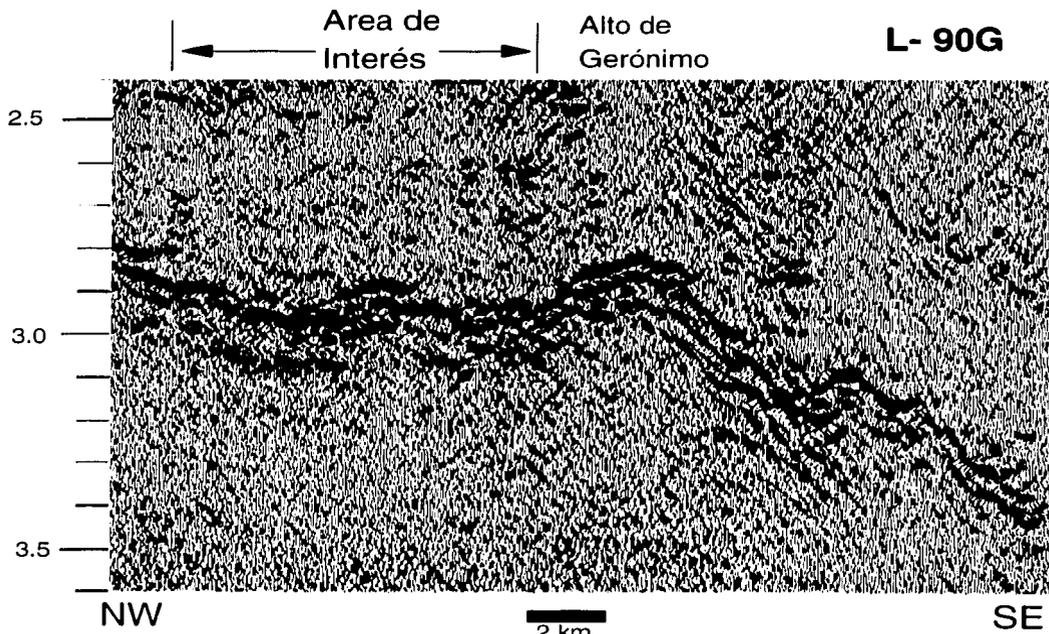
Los factores estructural y estratigráfico están presentes en este prospecto (Figura 50). Se trata de una anomalía estructural con cierre propio hacia ambos lados en dirección de la línea. La estructura tiende a acuñarse hacia el Alto de Gerónimo en dirección SE, y presenta una configuración del patrón de reflexión del tipo monticular (Figura 39). En la columna estratigráfica se está interpretando a los sedimentos del Terciario sobre el Jurásico Pimienta (debido a la fuerte erosión hacia el occidente de la localización), y estos sirviendo como sello a la Formación San Andrés, que está sobreyaciendo al basamento.

La forma que presenta la geometría de la línea sísmica (Figura 50), hace suponer grandes perspectivas para este prospecto, por considerarse a esta localización como el modelo análogo del Campo Arenque, ubicado en el mismo alineamiento de basamento, y con similares factores geológicos del campo.

En la línea sísmica No. 51 (Figura 51), que es donde se ubica precisamente el Campo Arenque, se puede apreciar la gran similitud del campo con este prospecto.

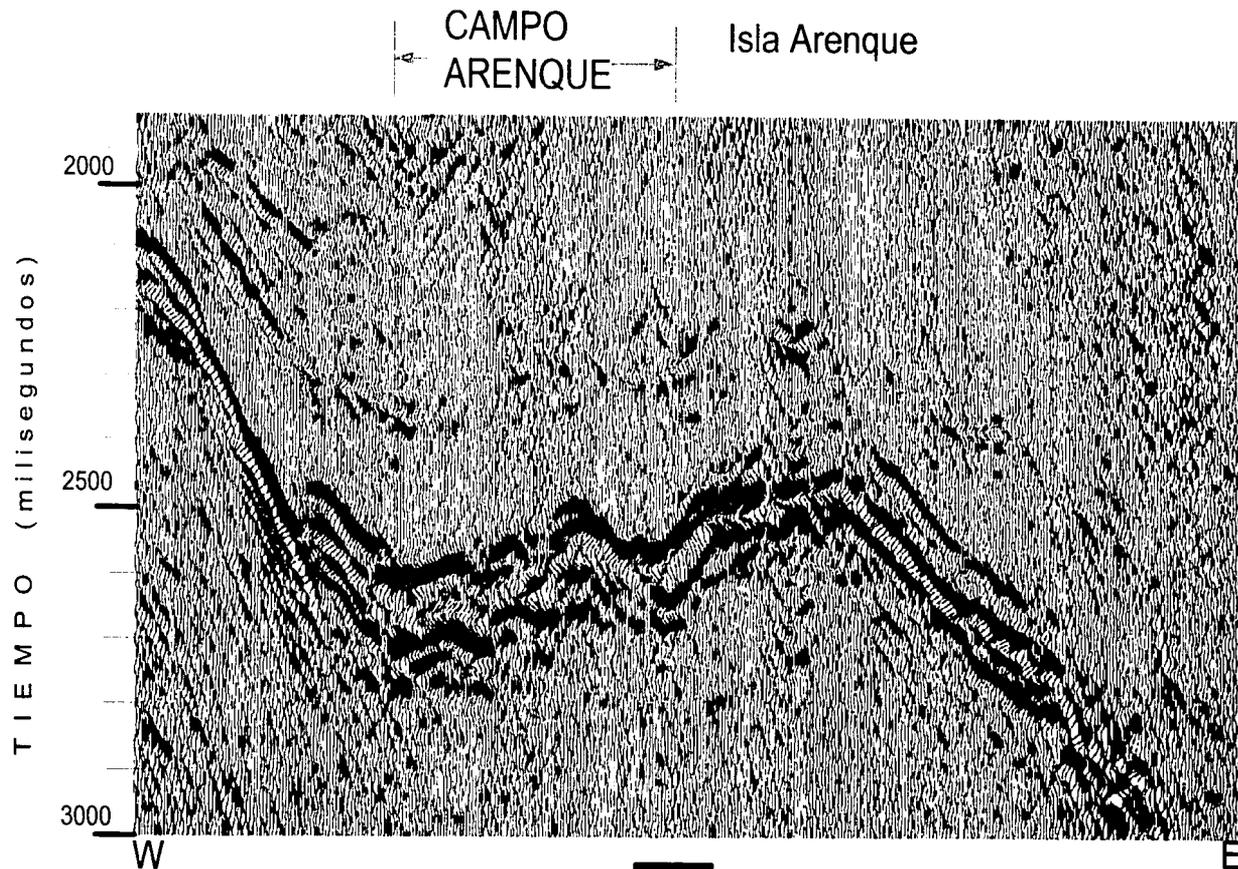
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. - 50 Prospecto Gerónimo



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. 51 - LINEA SISMICA No.- 51



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Para concluir con este capítulo se presenta la Figura 52 para visualizar de manera regional, las áreas económicamente importantes del proyecto sobre la configuración sísmica estructural de la cima de la Formación San Andrés.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

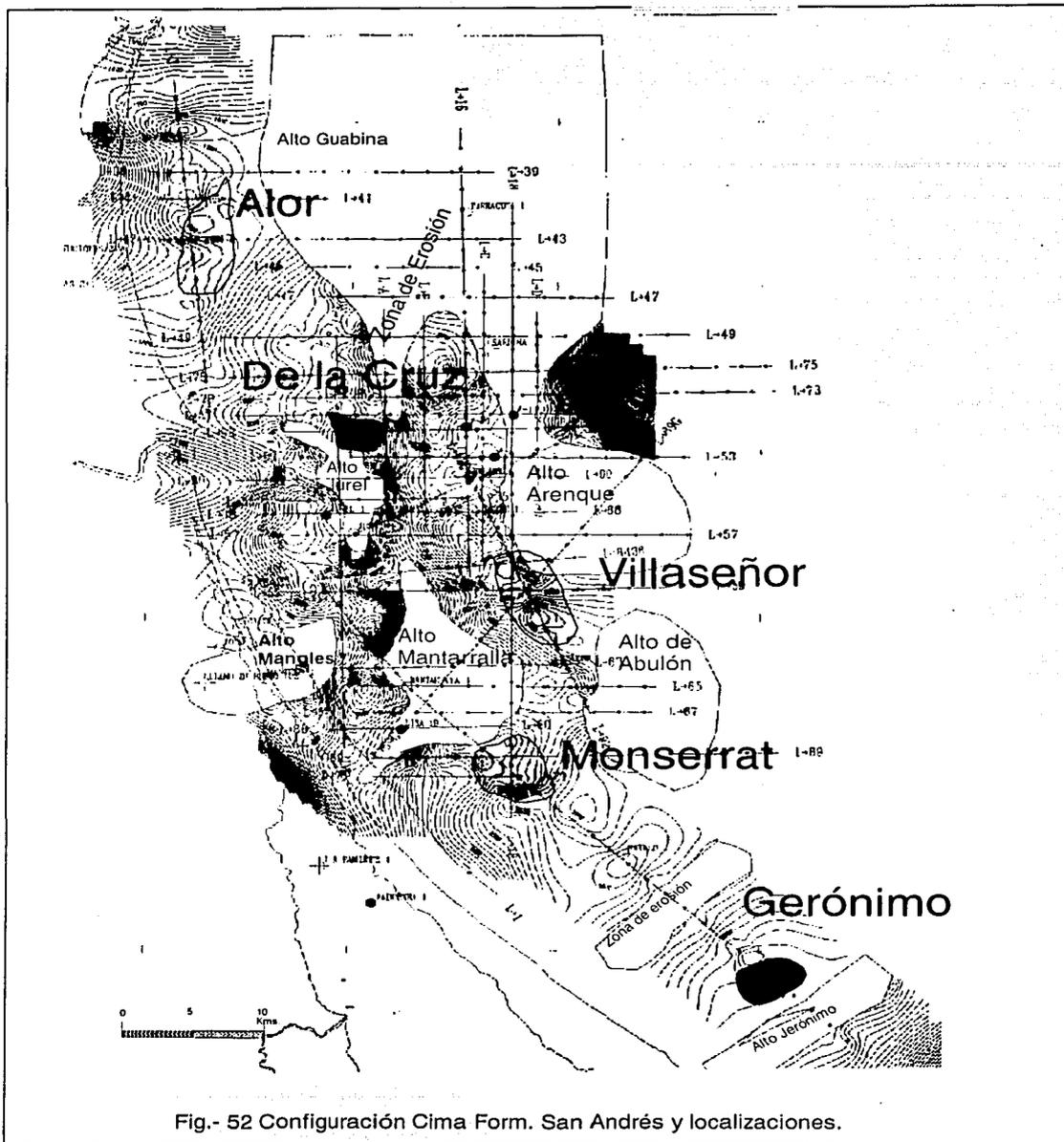


Fig.- 52 Configuración Cima Form. San Andrés y localizaciones.

8.- CONCLUSIONES

- 1.- Se cumplió con los objetivos propuestos al inicio de este proyecto de conocer el comportamiento de la Formación San Andrés, considerar su espesor, e identificar áreas de interés petrolero.
- 2.- Mediante la información sismológica disponible en el área, se interpretó la distribución de la formación objetivo, las condiciones estructurales que no permitieron su depósito, así como también las zonas de erosión.
- 3.- Como resultado de este trabajo se definieron cinco áreas de interés, correspondientes a las zonas de mayor confiabilidad, por cubrir con las características principales de un yacimiento.
- 4.- Debe tomarse en cuenta que las zonas con posibilidades de entrapamiento de hidrocarburos en el área están condicionadas a la combinación de los factores estructural y estratigráfico.
- 5.- Para las prospectos Alor y Gerónimo, debe considerarse el diseño de un programa operativo sismológico a detalle enfocado a la definición de ambas estructuras.
- 6.- La configuración del horizonte discordante Terciario-Mesozoico, debe considerarse como un mapa de riesgo para la perforación, por mostrar en él los efectos erosivos en la columna geológica.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

REFERENCIAS CITADAS

Aguilar R. A., 1984, Integración Geológica-Geoquímica para determinar posibles áreas de generación de hidrocarburos en la porción Centro-Oriental de la Zona Norte. I. V. 1097, Pemex. Inédito 229 p.

Álvarez P. J. y Castaños I. J., 1981, Estudio del Basamento de la Zona Norte I.V. 1033, Pemex. Inédito 127 p.

B.P. EXPLORATION MÉXICO LIMITED - PEMEX EXPLORACIÓN Y PRODUCCION, 1994, Identificación de Prospectos del Área Arenque. Pemex Inédito. 73 p.

Burke K., Cooper C., Dewey J. F. and Mann P., 1984, Caribbean Tectonics and relative plate motions: GSA, Mem. 162, p. 31-63.

Camargo Zanoguera A. y Quezada Muñetón J. M., 1991, Análisis Geológico Económico de las áreas del Golfo de México con posibilidades petroleras, Boletín AMGP, Vol. XLI, No. 2, p. 1-22.

Cantú CH. A., 1969, Estratigrafía del Jurásico Medio-Superior del subsuelo de Poza Rica, Ver. Rev. Inst. Mex. Petrol., V-1 (1): 3-9.

Cantú CH. A., 1971, La Serie Huasteca (Jurásico Medio Superior) del Centro de México. Rev. Inst. Mex. Petrol., V-3 (2): 17-40.

Carrasco V. B., 1977, Albian sedimentation of submarine autochthonous and allochthonous carbonates, East edge of the Valles-San Luis Potosí Platform, México. Soc. Econ. Pal. And Mins., Spec. Pub. 25: 263-272.

Carrillo B. J., 1960, Geología del Anticlinorio Huizachal-Peregrina Región de Cd. Victoria, Tamps. I. G. 496, p. 34, Pemex Inédito.

Dewey J. F., 1982, La Tectónica de las Placas. El Redescubrimiento de la Tierra. Edit. CONACYT: p. 165-180.

Heim, A., 1926, Notes on the Jurassic of Tamazunchale (Sierra Madre Oriental, México): Ecol. Geol. Helvetiae, v. 20, p. 84-89.

Hermoso de la T. C. y Martínez P. J., 1972, Medición detallada de formaciones del Jurásico Superior en el frente de la Sierra Madre Oriental., Asoc. Mex. Geol. Petrol., V-24 (1-3): p. 45-63.

Hinojosa G. A., 1979, Análisis de la información geológica de la faja costera de los Estados de Sinaloa, Nayarit y Jalisco e inferencia de la columna geológica económica-petrolera del subsuelo de la Plataforma Continental Marina del Pacífico. I. G. 592. Zona Norte Petróleos Mexicanos (Inédito).

Imlay R. W., 1943, Jurassic Formations of the Gulf Region. Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., Vol. 27, p. 1407-1533.

Landmark, 1996, Learning PostStack, PAL, and RAVE.

Landmark, 1997, Learning Syntool.

Martinez, P. A., 1994, Sistema de Generación de Hidrocarburos en el Área de San José de las Rusias, Tesis de Maestría, División de Estudios de Posgrado, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, p. 5.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Moya C. F., 1979, Evaluación Regional del Jurásico Superior en la Planicie Costera y Plataforma Continental del Golfo de México en la Zona Norte. I. V. 977 48 p. Pemex Inédito.

Pérez B. C., Garza H. A. y Rico P. J., 1994, Identificación y Evaluación de Plays Terciarios del Área Marina Tuxpan Norte. I. G. 733. Zona Norte Petróleos Mexicanos. 74 p.

Rueda G. J., 1975, Estudio de los constituyentes orgánicos de las formaciones jurásicas Huayacocotla y Rosario en el Este de México y su relación con la paleogeografía, sedimentología y entrapamiento de hidrocarburos. Inst. Mex. Petrol., Proyecto C-3019, 291 p. (Inédito).

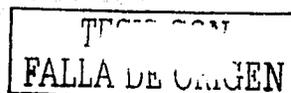
Salvador A. and Green A., 1980, Opening of the Caribbean Tethys (Origin and Development of the Caribbean and the Gulf of México), in: GEOLOGIE DES CHAINES ALPINES ISSUES : FR. BUR. RECH. GEOL. MIN., Mem. 115, p. 224-229.

Salvador A., 1991, Triassic-Jurassic, in: Salvador A. (Ed.), The Gulf of México Basin: GSA, Dnag Series, v. J, p. 131-180.

Schmidt E. R., 1980, The Huayacocotla aulacogen in Mexico (Lower Jurassic) and the origin of the Gulf of Mexico. Pilger R. H. Jr. Edit., Baton Rouge Louisiana State Unive. : 79-86.

Sedlock R. L., Ortega G. F. and Speed R. C., 1993, Tectonostratigraphic Terranes and Tectonic Evolution of Mexico : GSA Special Paper 278, 153 p.

Stabler C. L., 1969, The Upper Jurassic Succession in Arenque No. 1 and 2: Account of Cores of the Reservoir Facies of Arenque No. 2. Zona Norte Pemex Inédito 15 p.



Stabler C. L., 1971, Secuencia de una Trampa Estratigráfica en el Jurásico Superior: Campo Tamaulipas Constituciones, Zona Norte Pemex Inédito 16 p.

Vail, P. R., Mitchum, R.M., Tood, R. G., Widmier, J. M., Thompson, S., Sangree, J. B., Bubb, J. N. and Hatlelid, W. G., 1977, Seismic Stratigraphy-applications to hydrocarbon exploration, A.A.P.G. Mem. 26, 49-205.

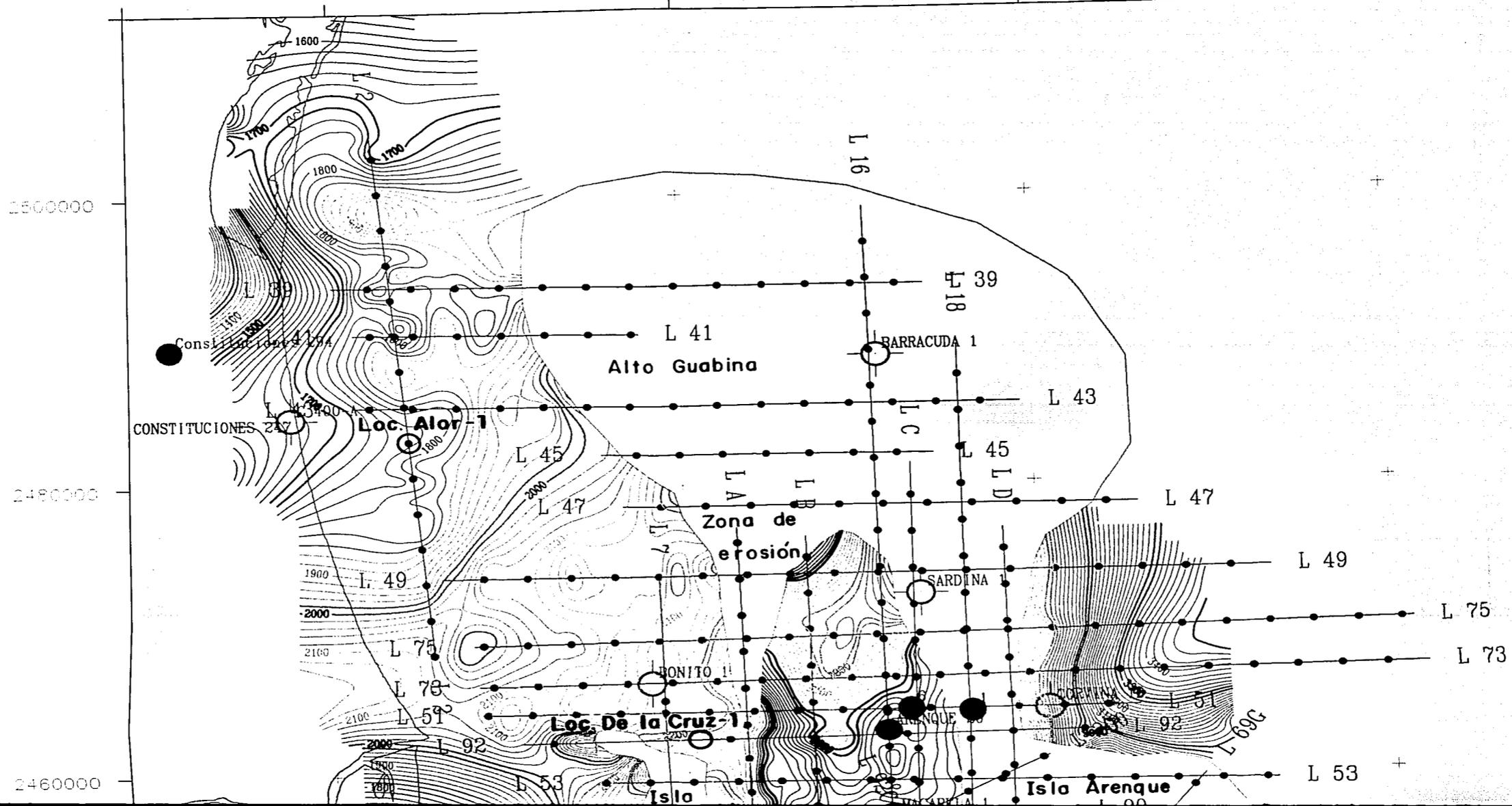
Van Houten F. B., 1977. Triassic-Liassic deposits of Morocco and Eastern North American : comparison. Amer. Assoc. Petrol. Geol., V-61 (1) : 79-99.

Vera S. R., 1992, Informe de Interpretación y Evaluación del Prospecto Lisa-Abulón. Zona Norte, Petróleos Mexicanos (Inédito).

Ziegler P. A., 1988, Evolution of the Artic-North Atlantic and the Western Tethys: AAPG Memoir 43, 198 p.

TECNOLOGIA
FALLA DE ORIGEN

120



2500000

2480000

2460000



+

+

127

110

96

80

64

48



127
110
96
80
64
48

L 43

L 47

L 49

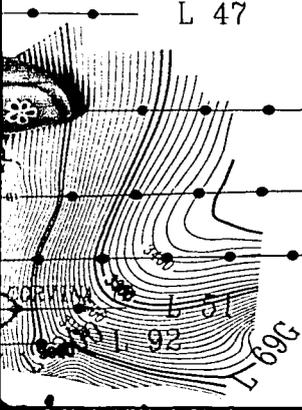
L 75

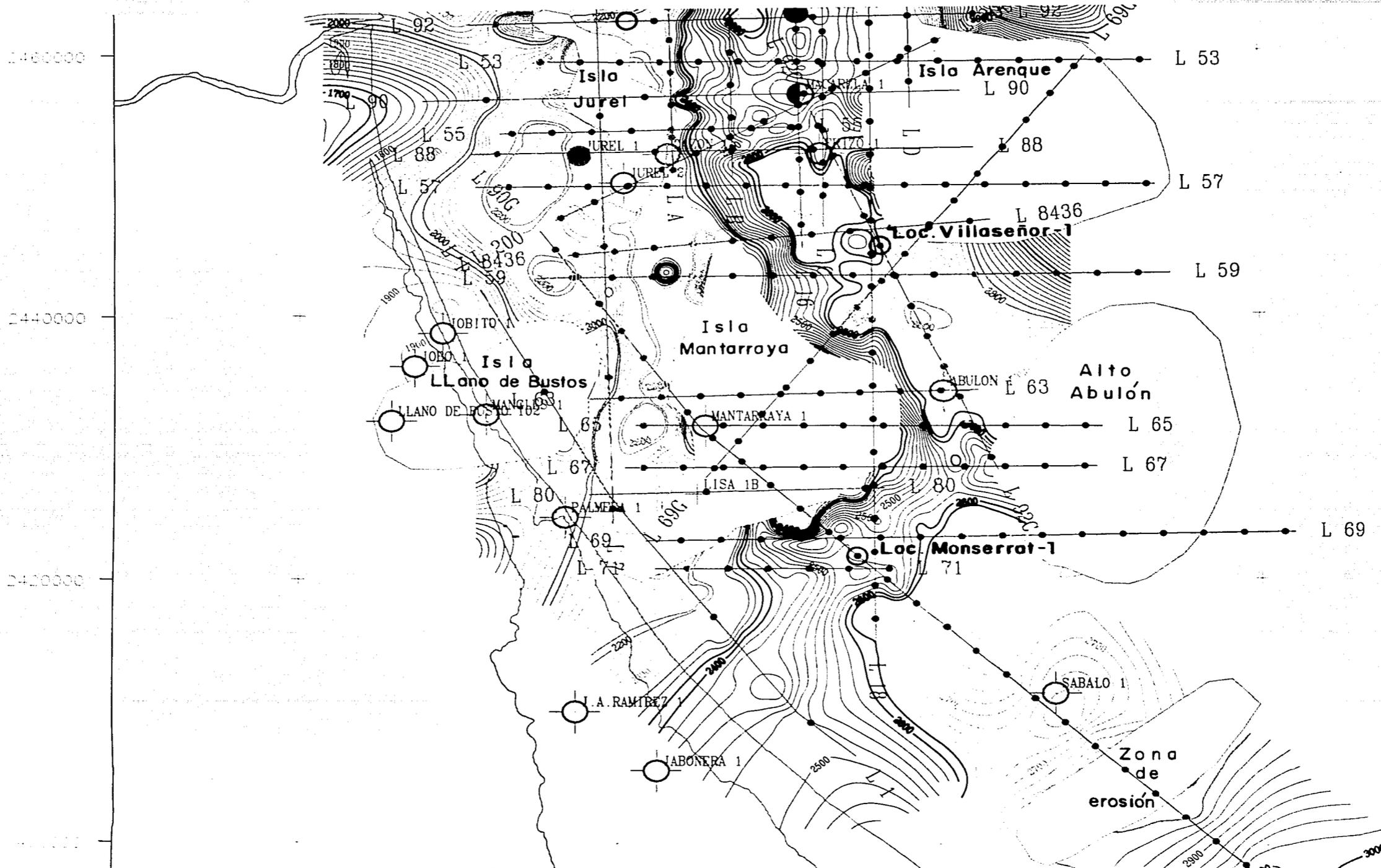
L 73

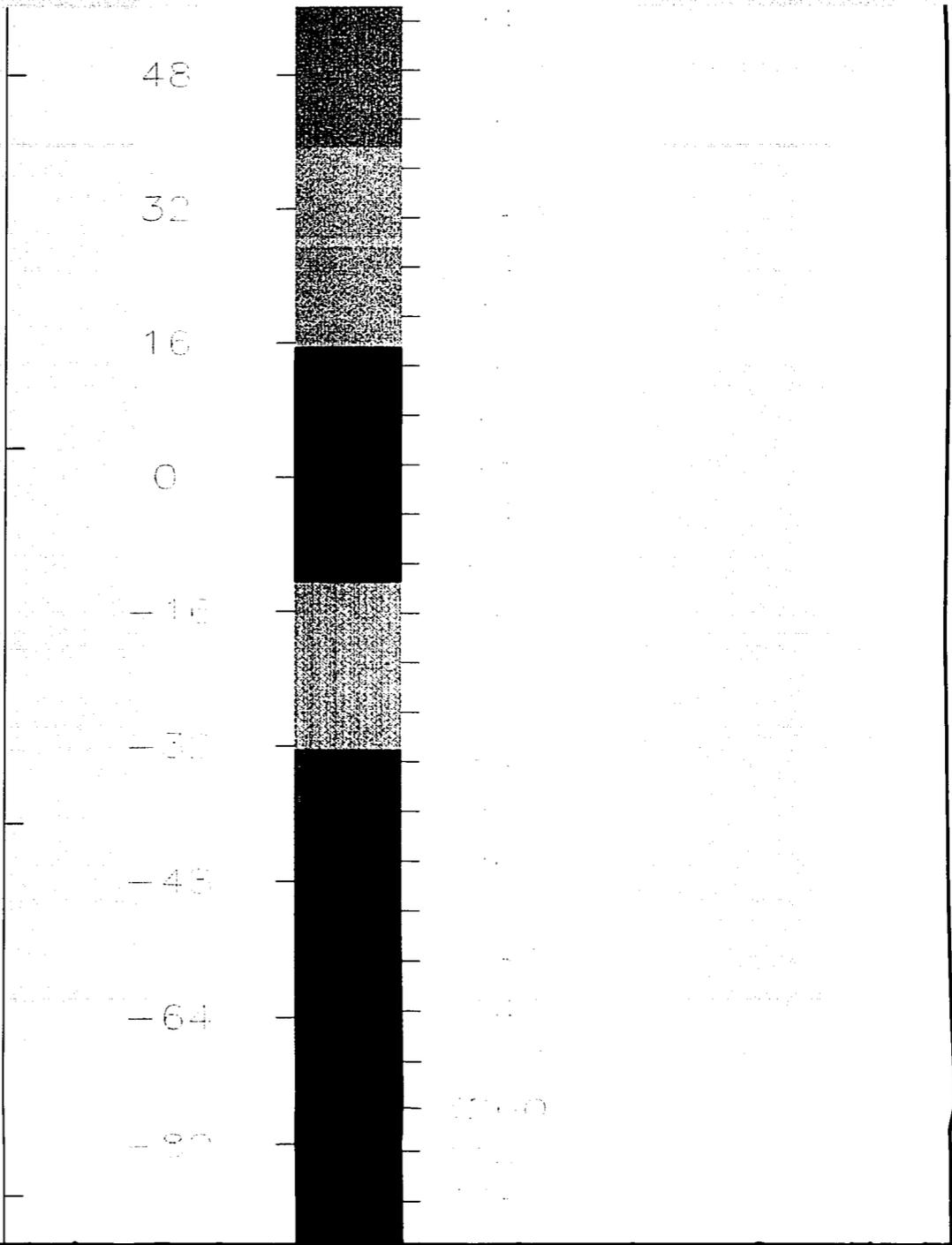
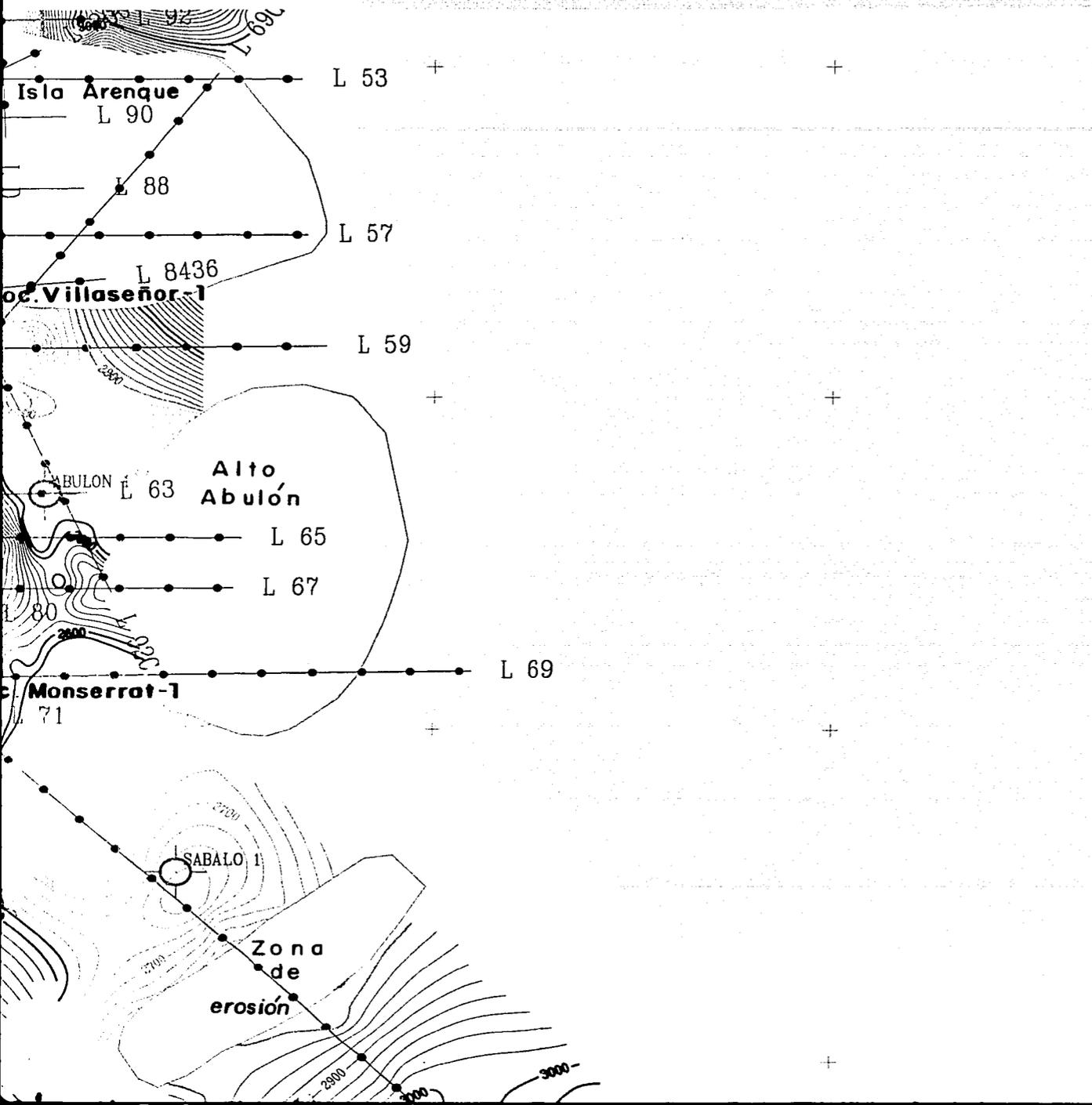
L 51

L 92

L 69G





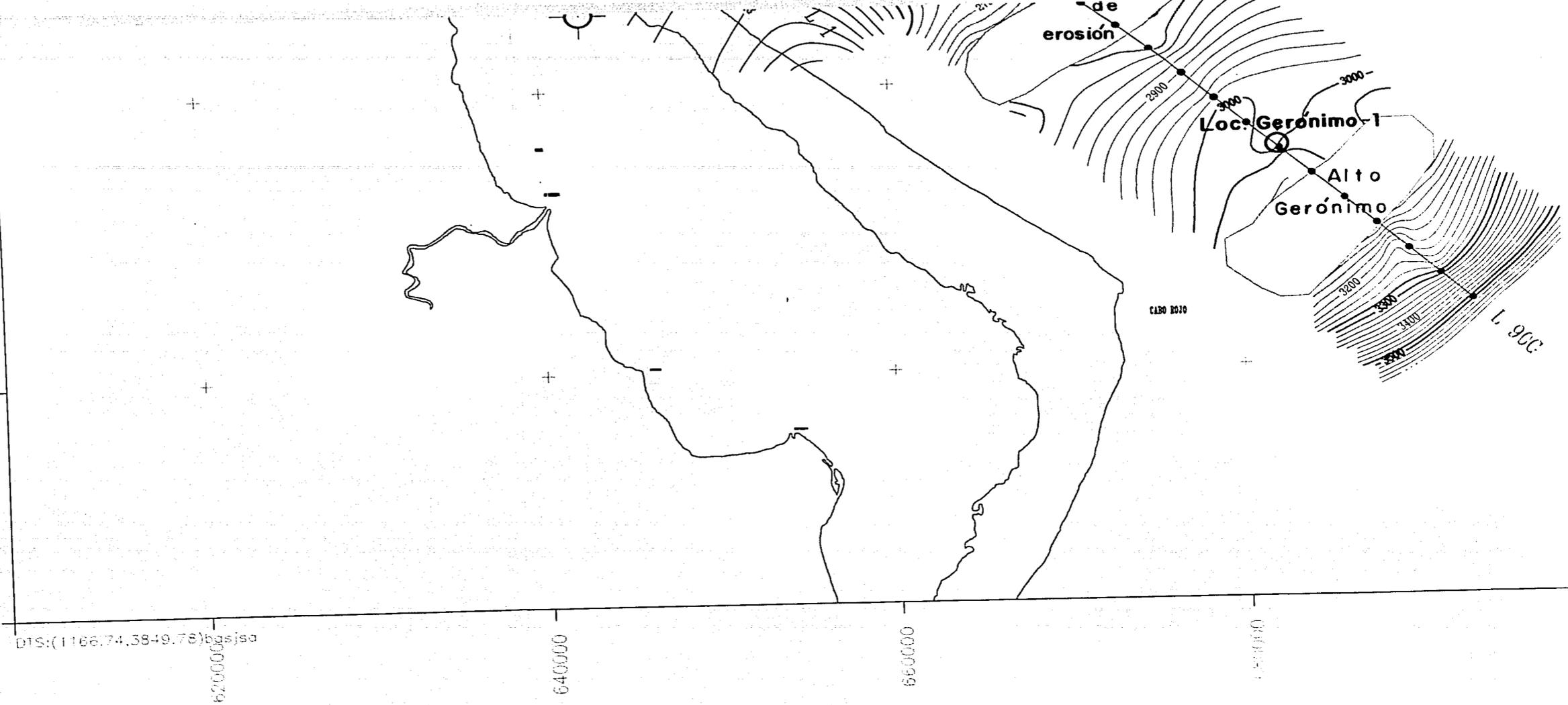


25-Nov-1998 12:16

ITS_UNAM

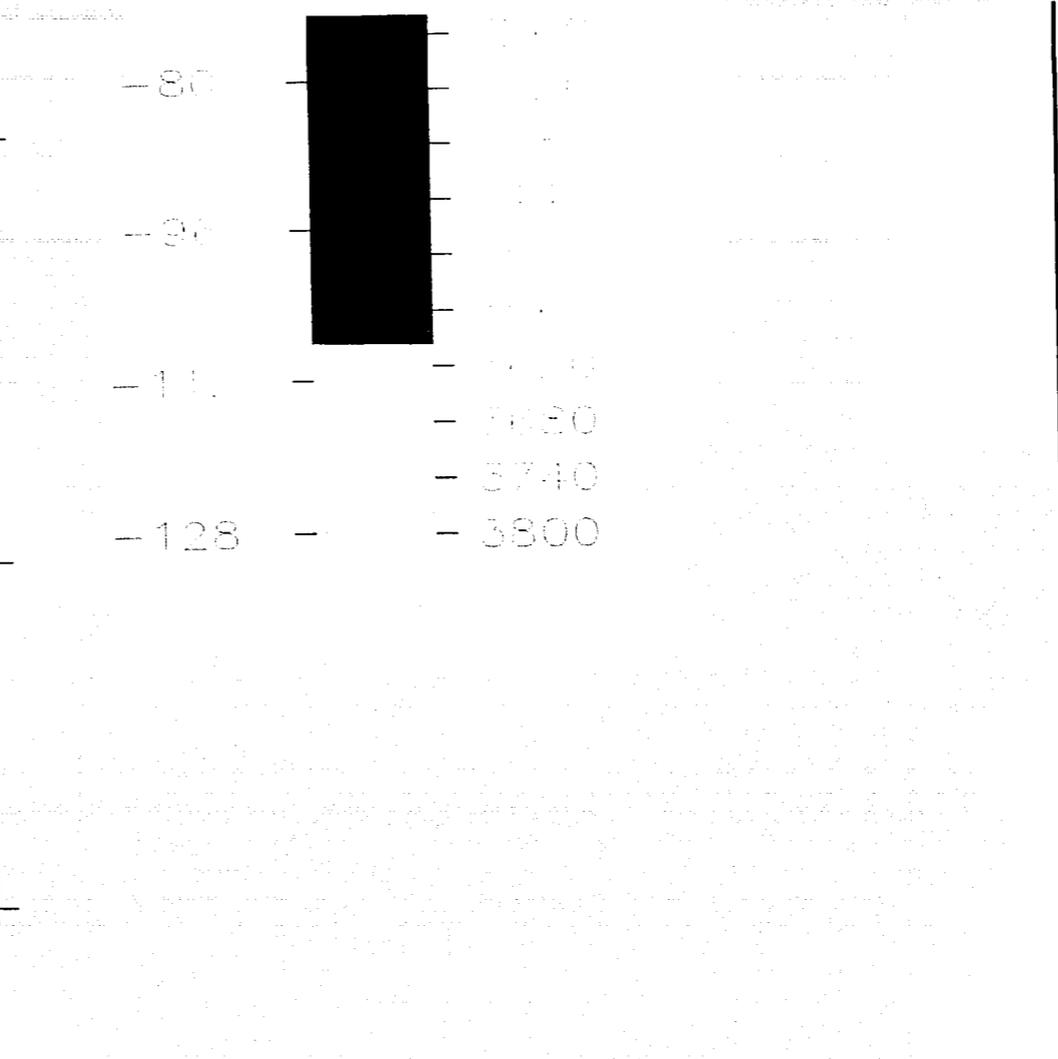
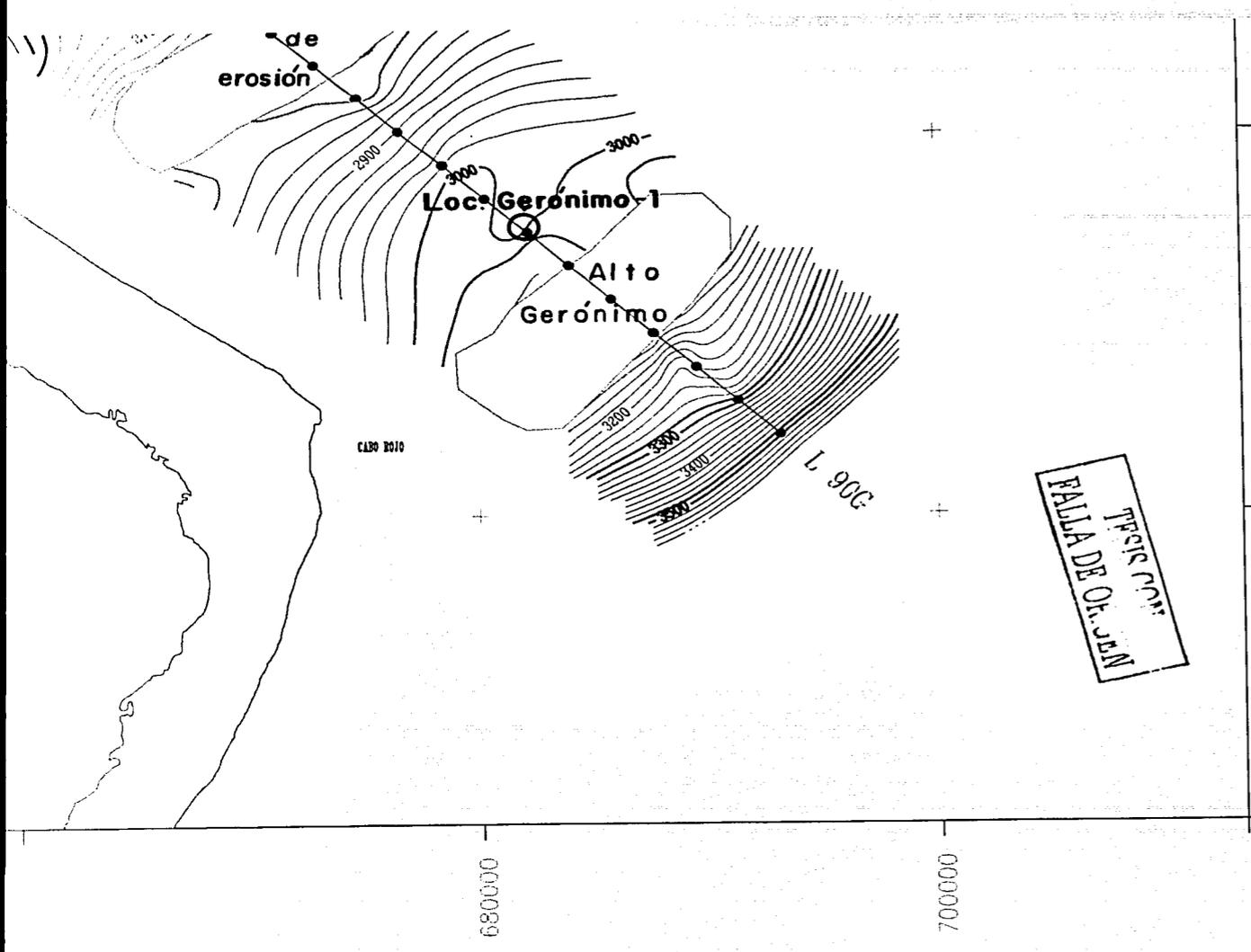
TESIS CON FALLA DE ORIGEN

FALLA DE ORIGEN



ANEXO : 4 CONFIGURACION SISMICA B4



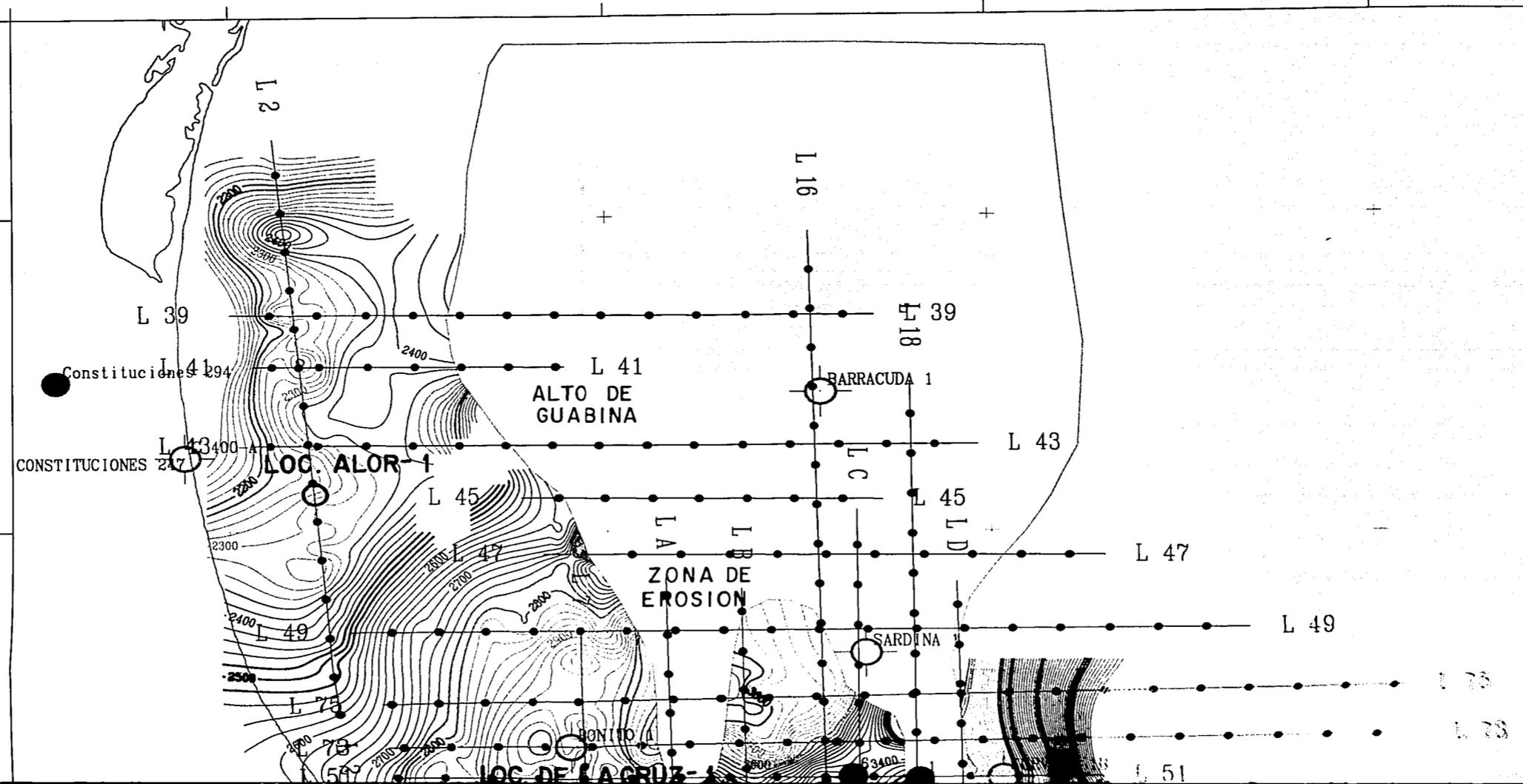


FORMACION SAN ANDRES AREA TAMPICO MARINO

TESIS_UNAM 25-Nov-1998 12:16

2500000

2450000



Constituciones 294

L 39

L 2

ALTO DE GUABINA

L 16

L 39

BARRACUDA 1

L 41

L 43

CONSTITUCIONES 297

LOC. ALOR-1

L 45

L C

L 45

ZONA DE EROSION

L A

L B

L D

L 47

L 49

L 49

SARDINA

L 75

PUNTO 1

63400

L 79

LOC. DE LA CRUZ

L 51

L 73

L 73



TRIPIS CON
FALLA DE ORIJEN

127

112

96

80

64



120
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0

+

+

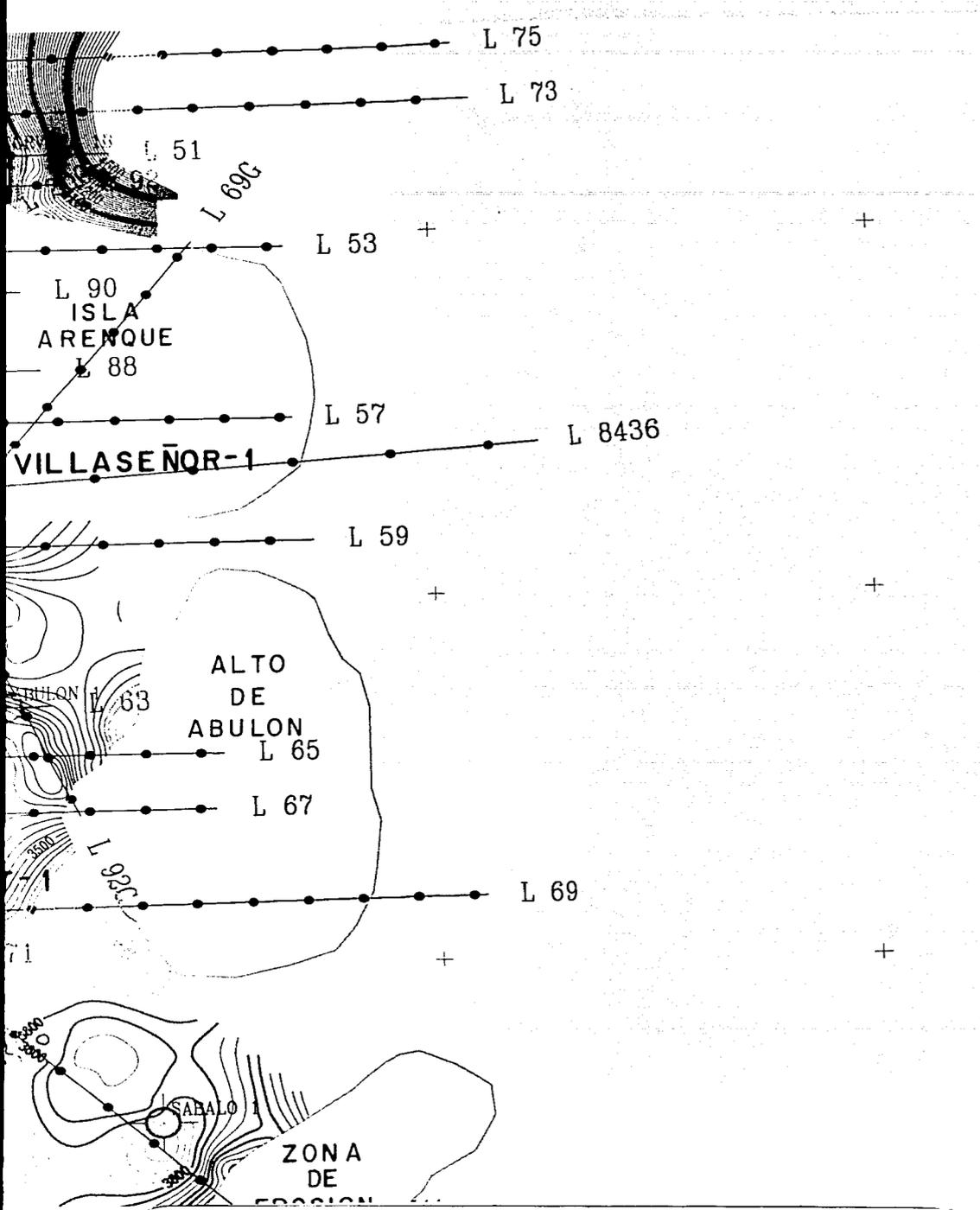
+

+

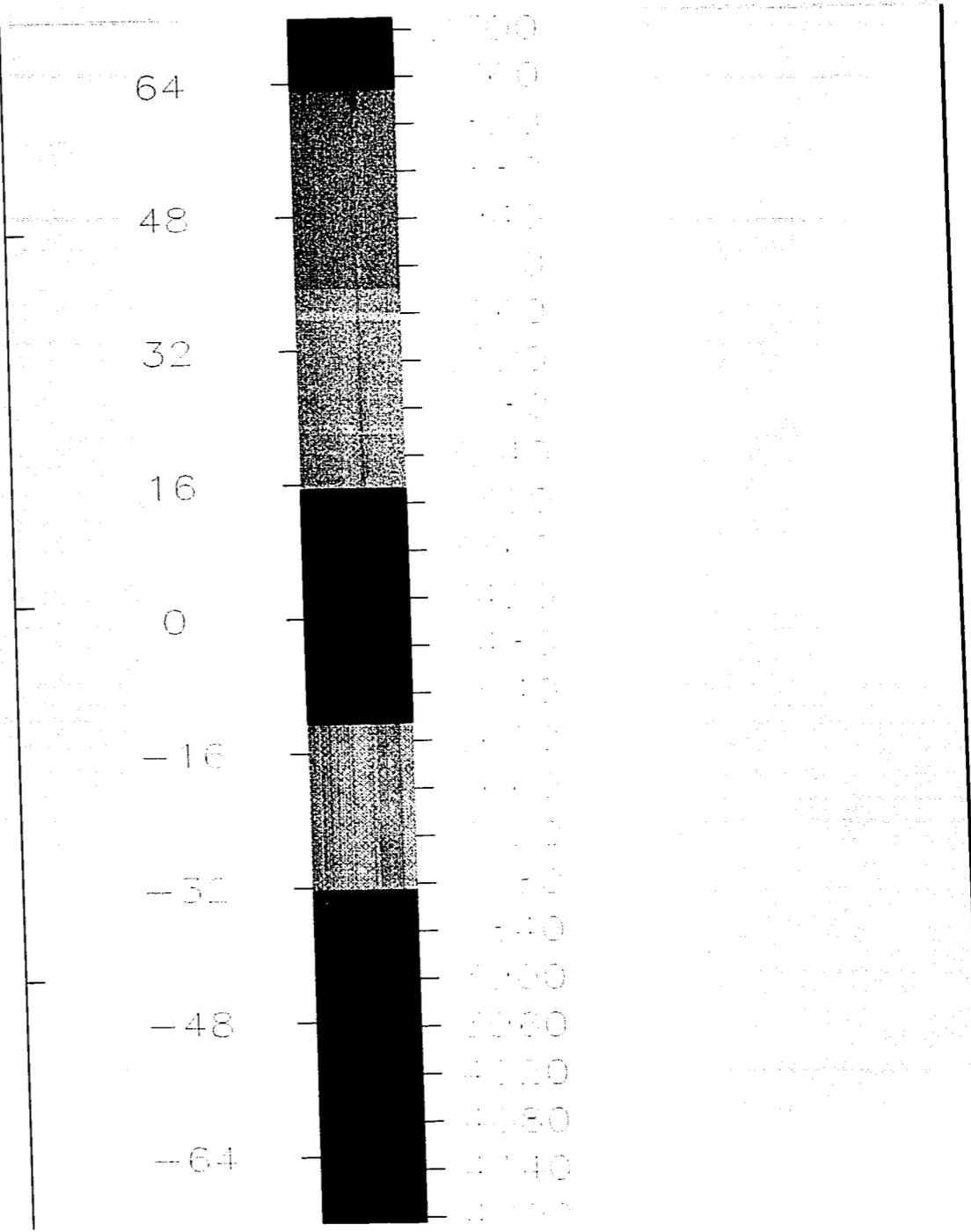
L 49

L 75

L 73

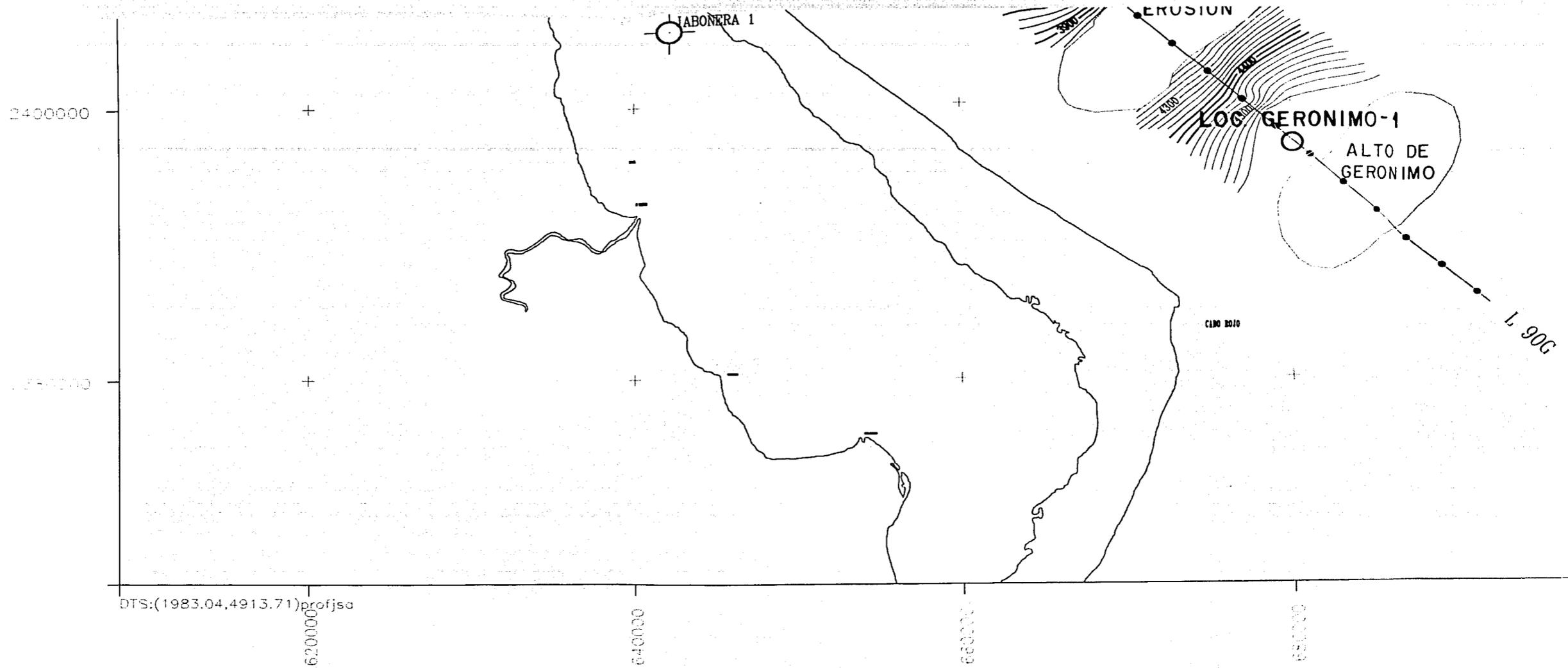


TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



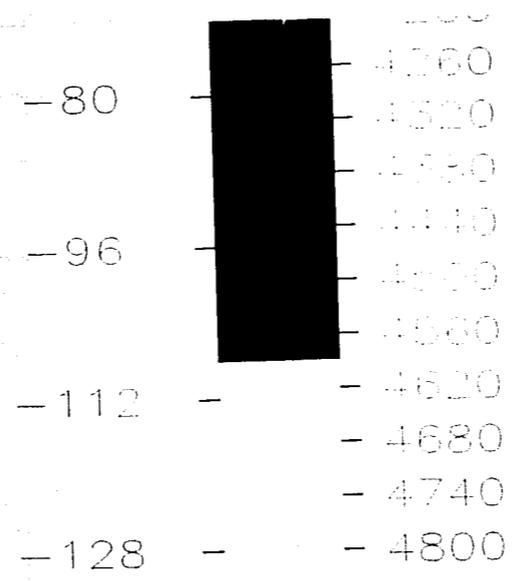
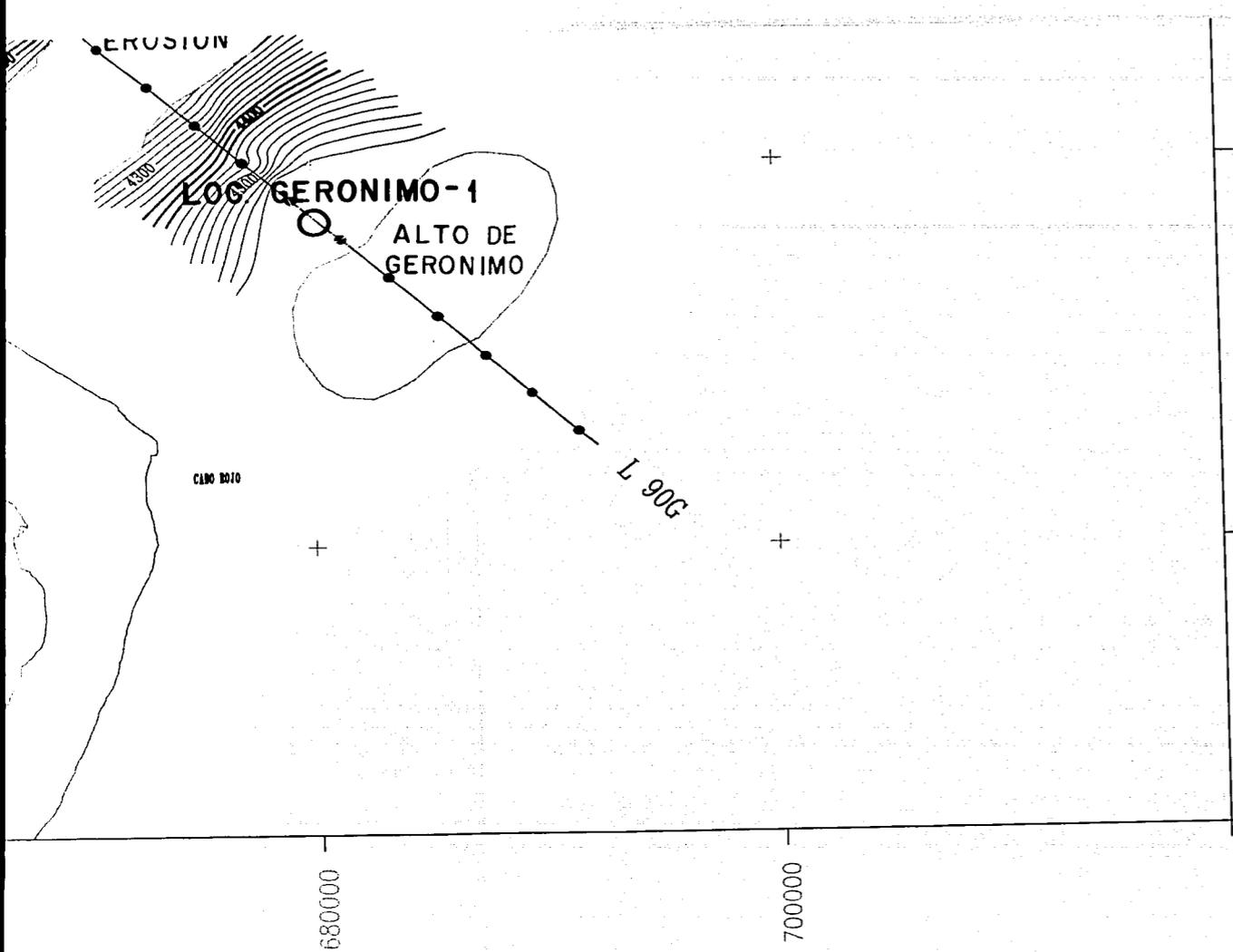
9-Oct-1998 13:48

TESIS UNAM

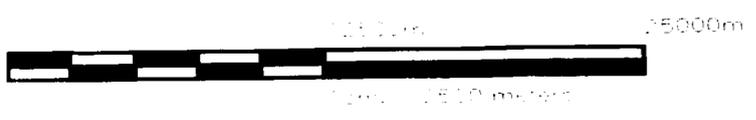


ANEXO:3 CONFIGURACION ESTRUCTURAL (VIA) (1983.04.4913.71)



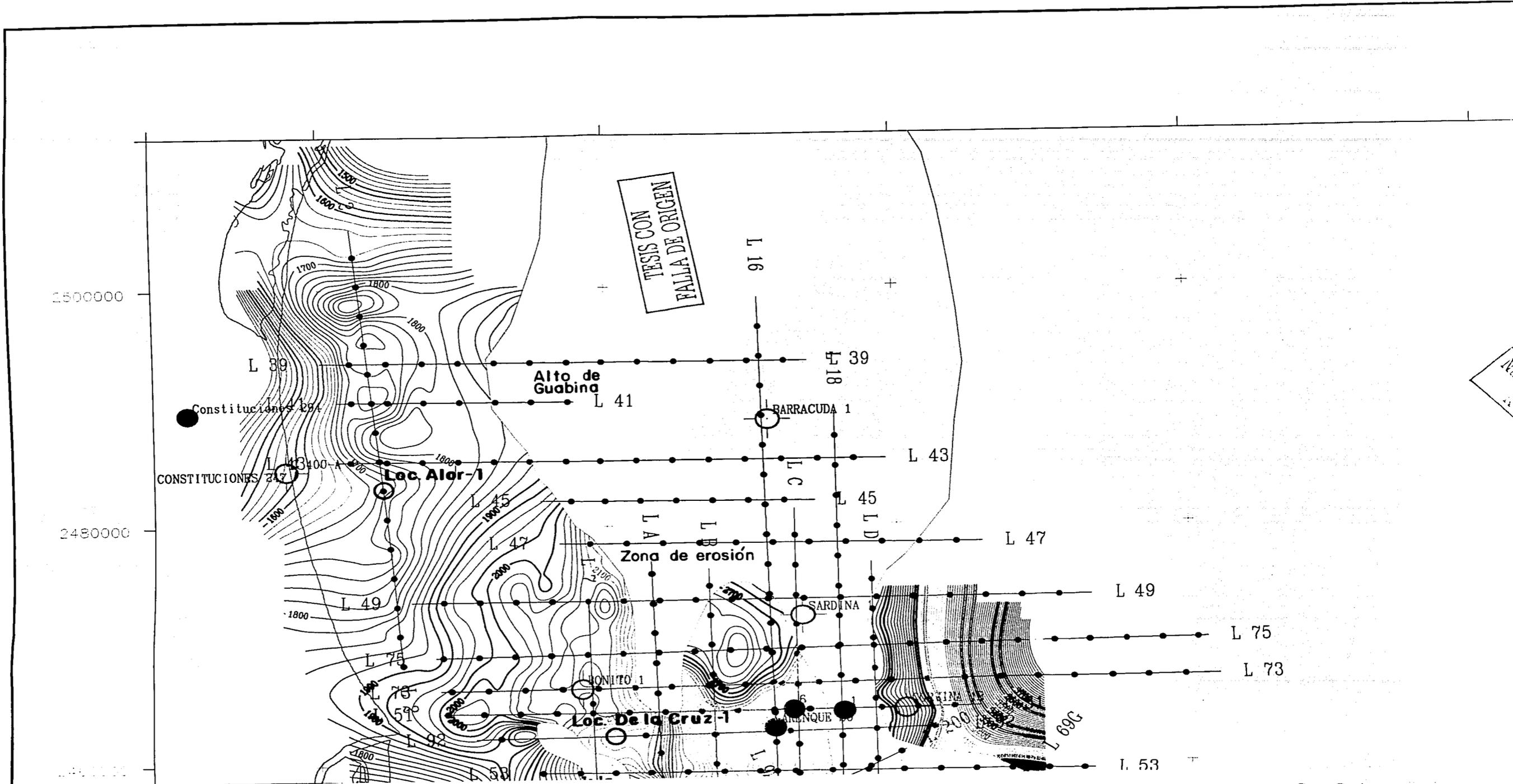


LA FORMACION SAN ANDRES AREA TAMPICO MARINO



TESIS_UNAM 9-Oct-1998 13:48

221



ANE

ENCUENTRO 54

250000



L 43

+

+

TRACES CON
BALATA DE ORIGEN

L 47

+

+

L 49

L 75

L 73

L 53

+

+

127

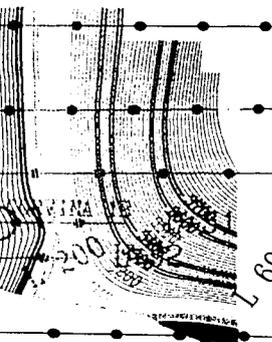
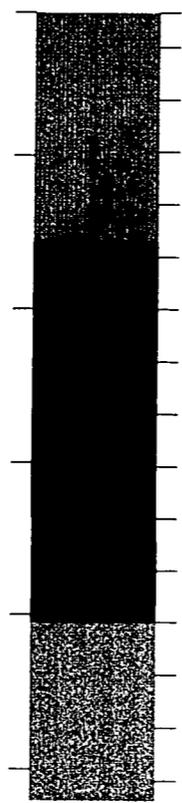
112

96

80

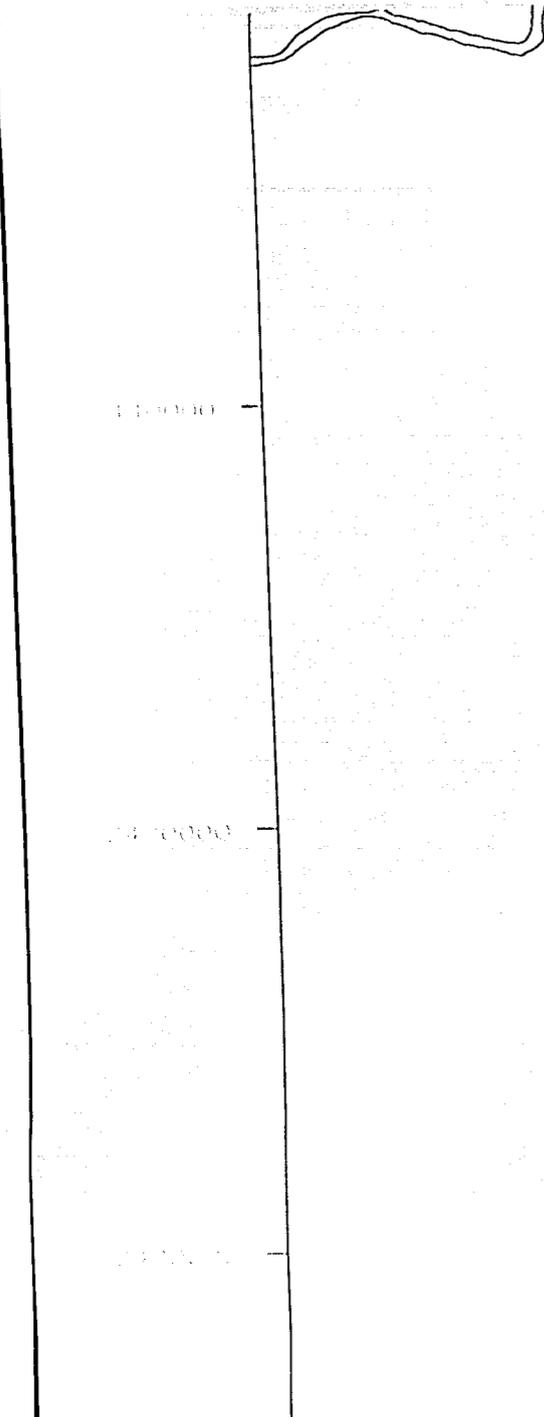
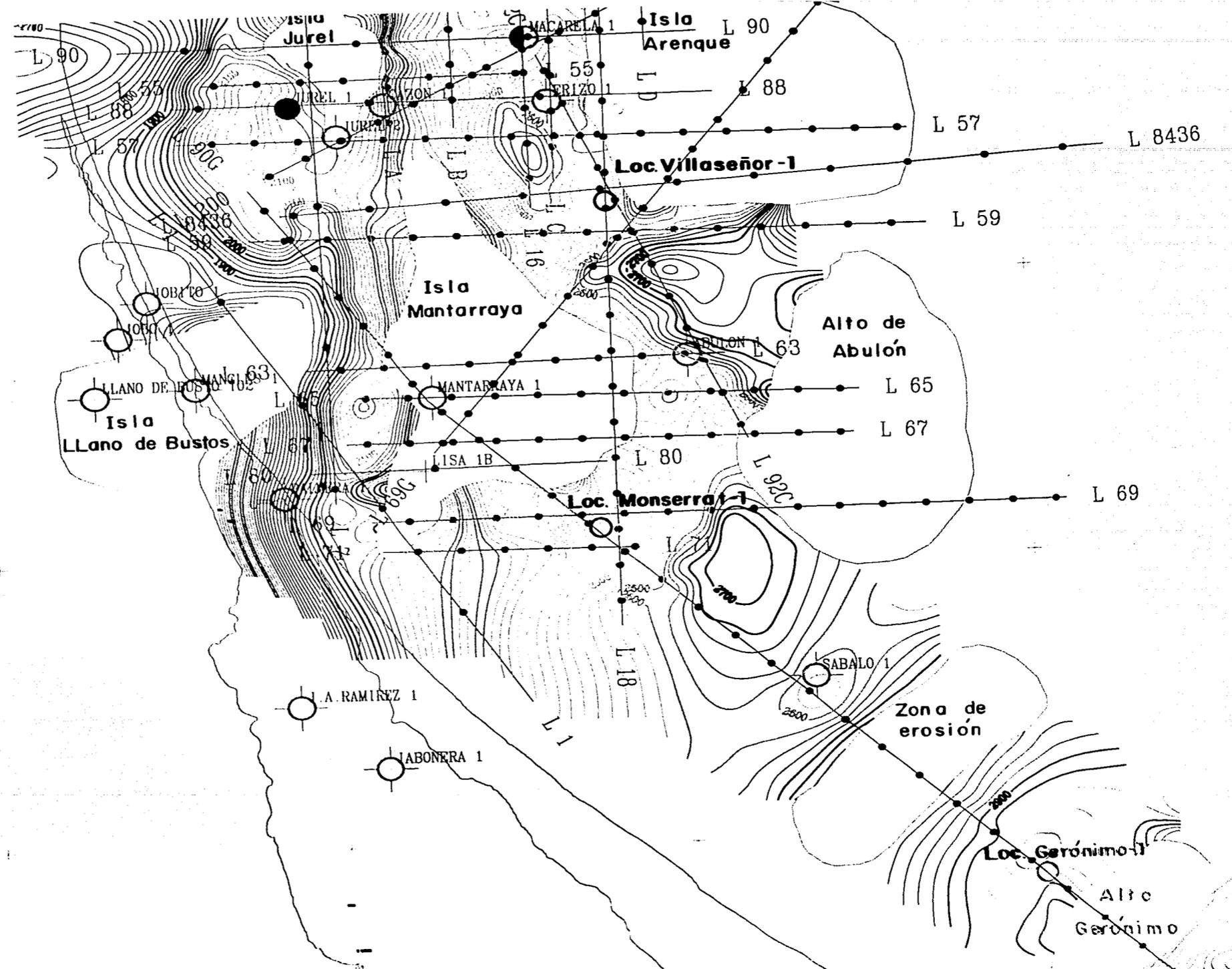
64

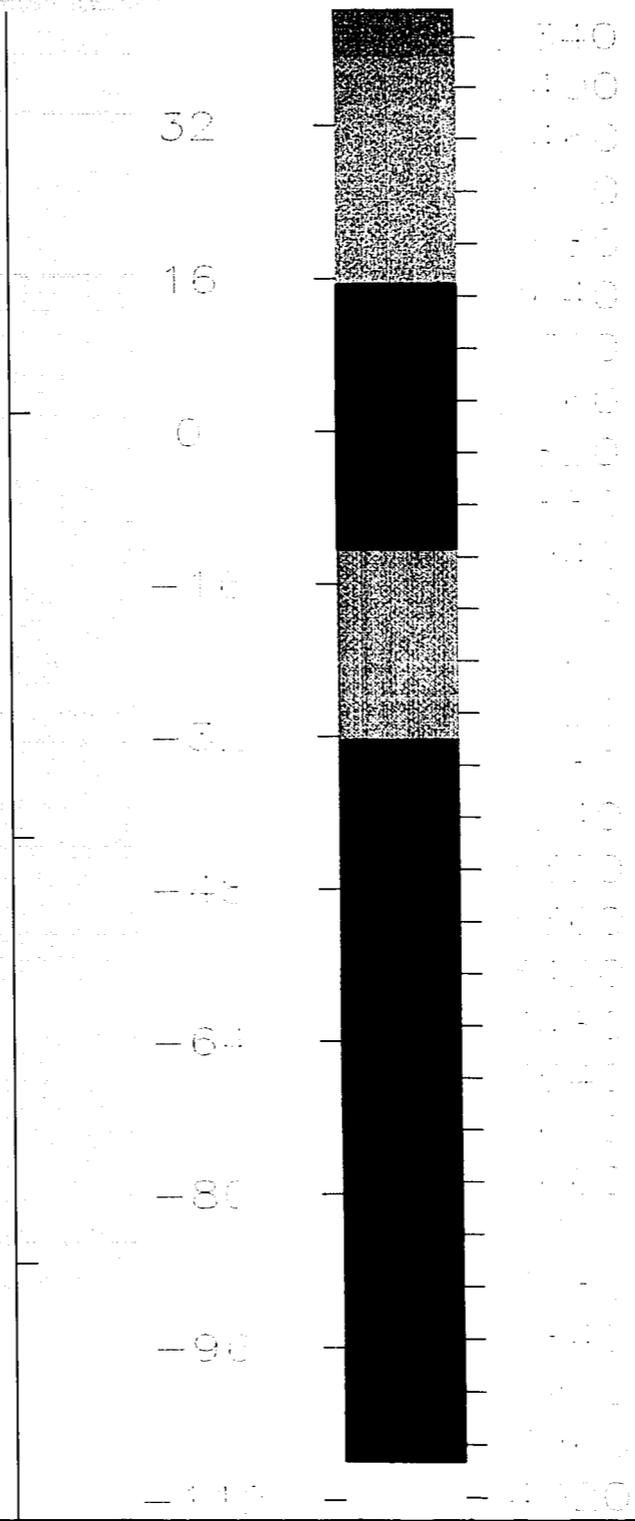
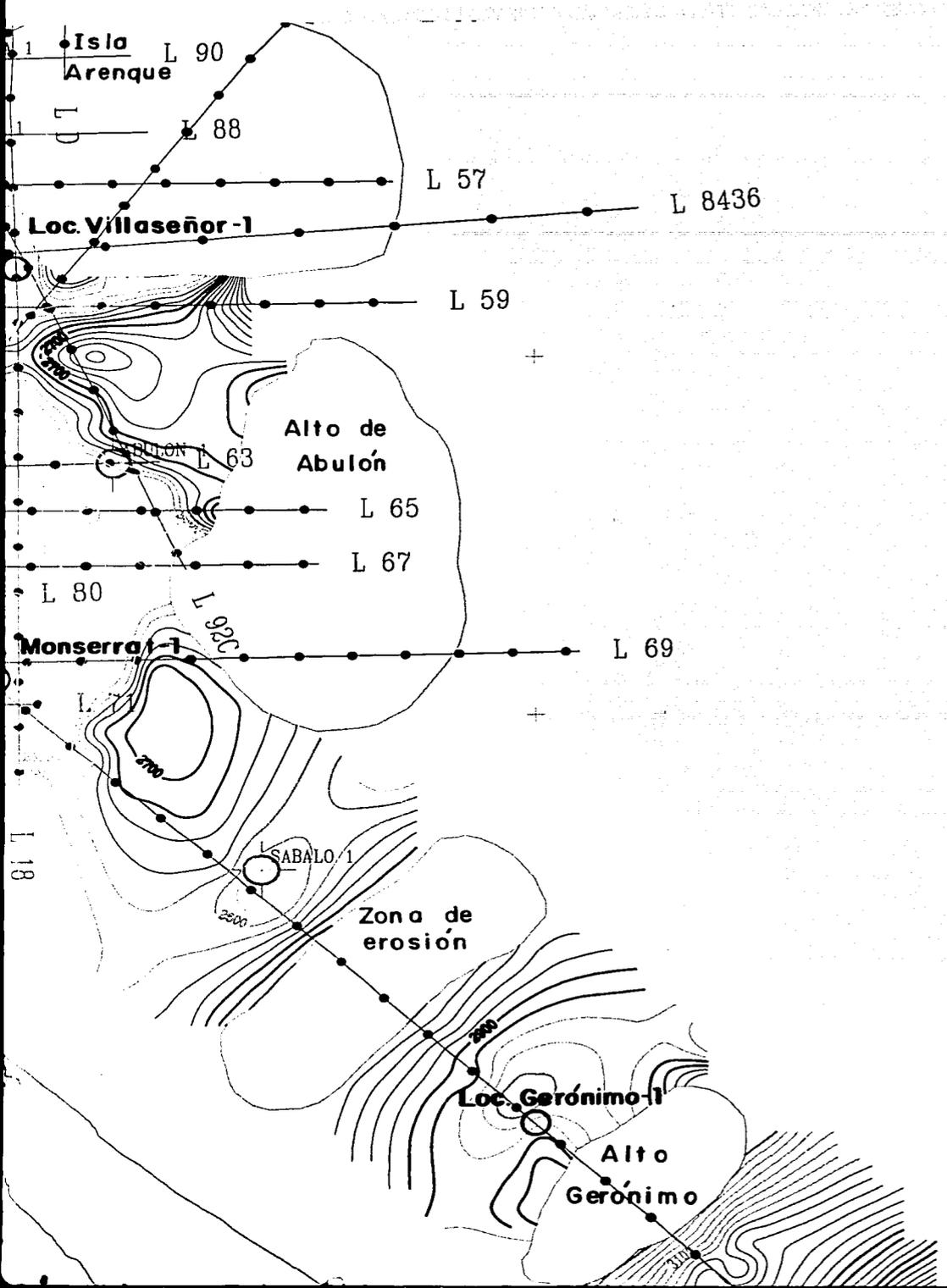
48



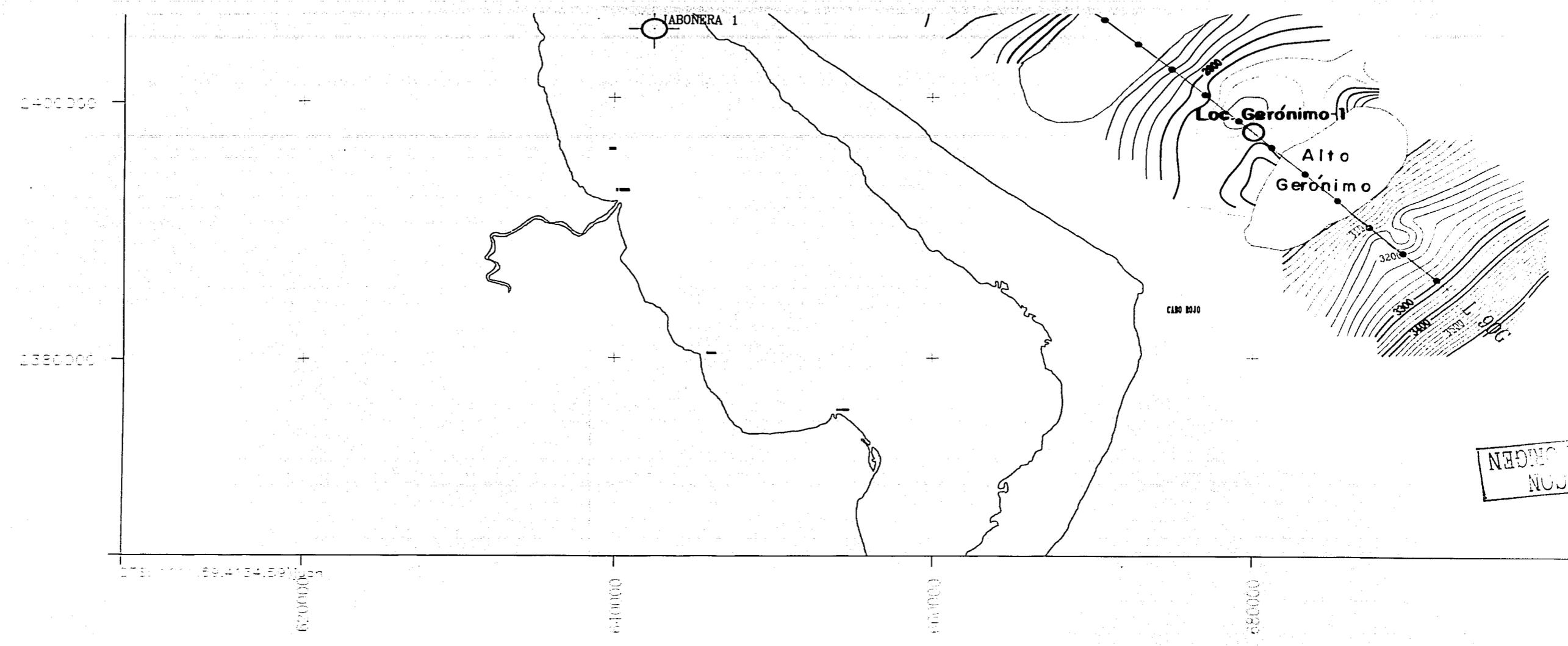
FORMACION SAN ANDRES (KIMMEEF)

JNAM





11:51S_UNAM 9 Sep 1998 15:03

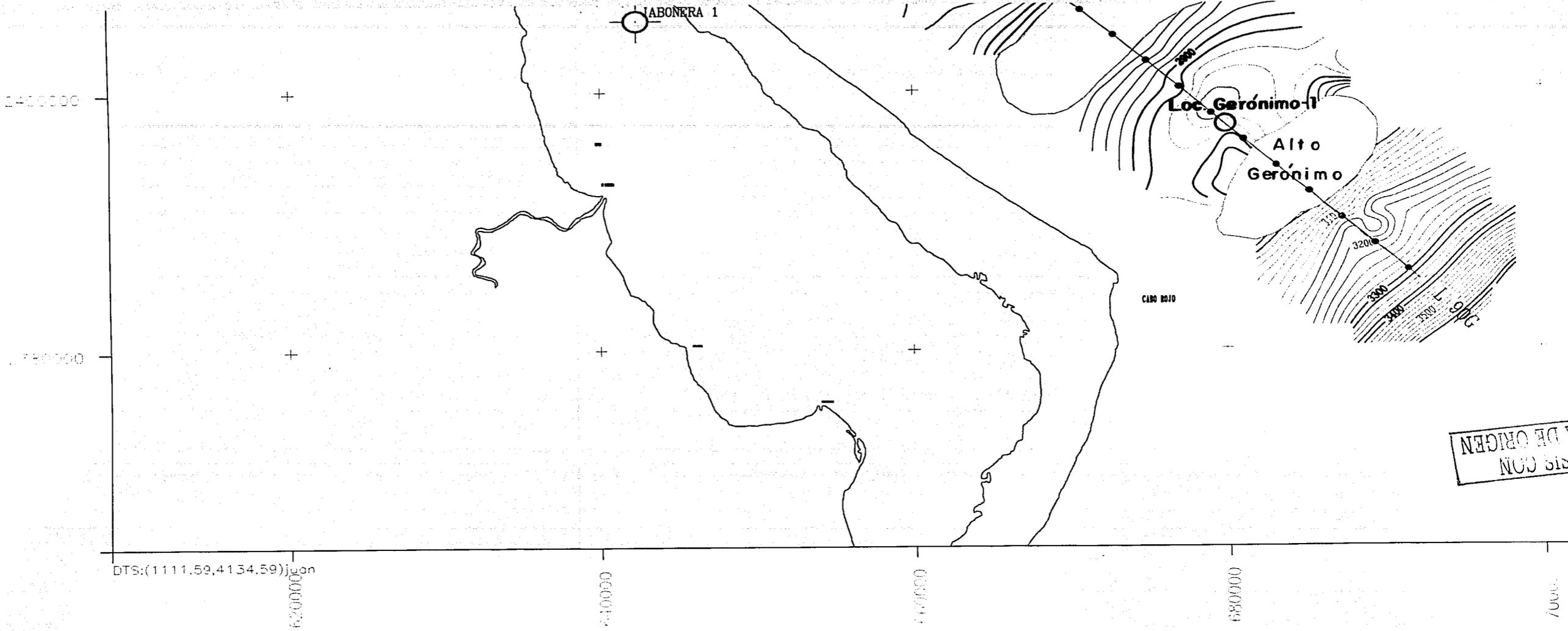


ANEXO I - COPIA DE LA FOTOCOPIA DE LA CARTA

NO SE PUEDE VER EL ORIGEN

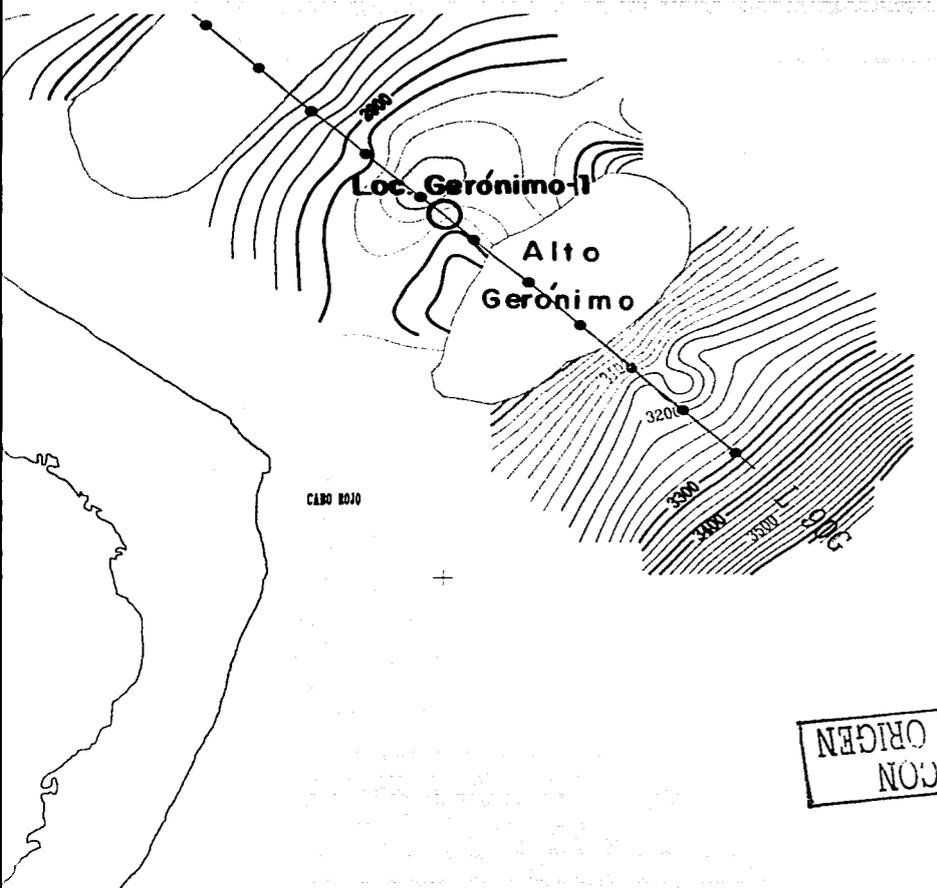
9-Sep-1998 15:03

11SIS_UNAM

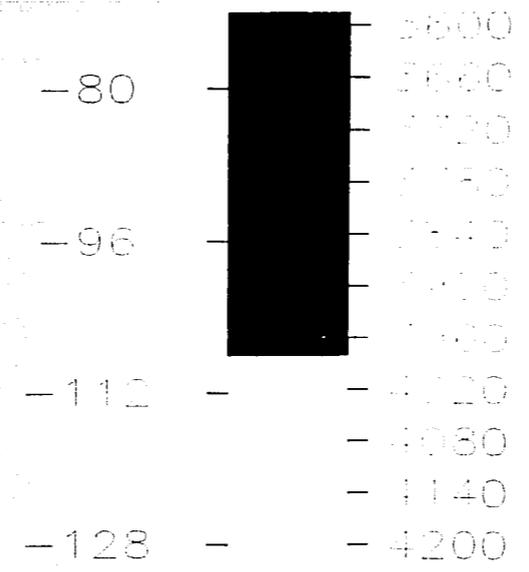


ESTAS CON
A DE ORIGEN





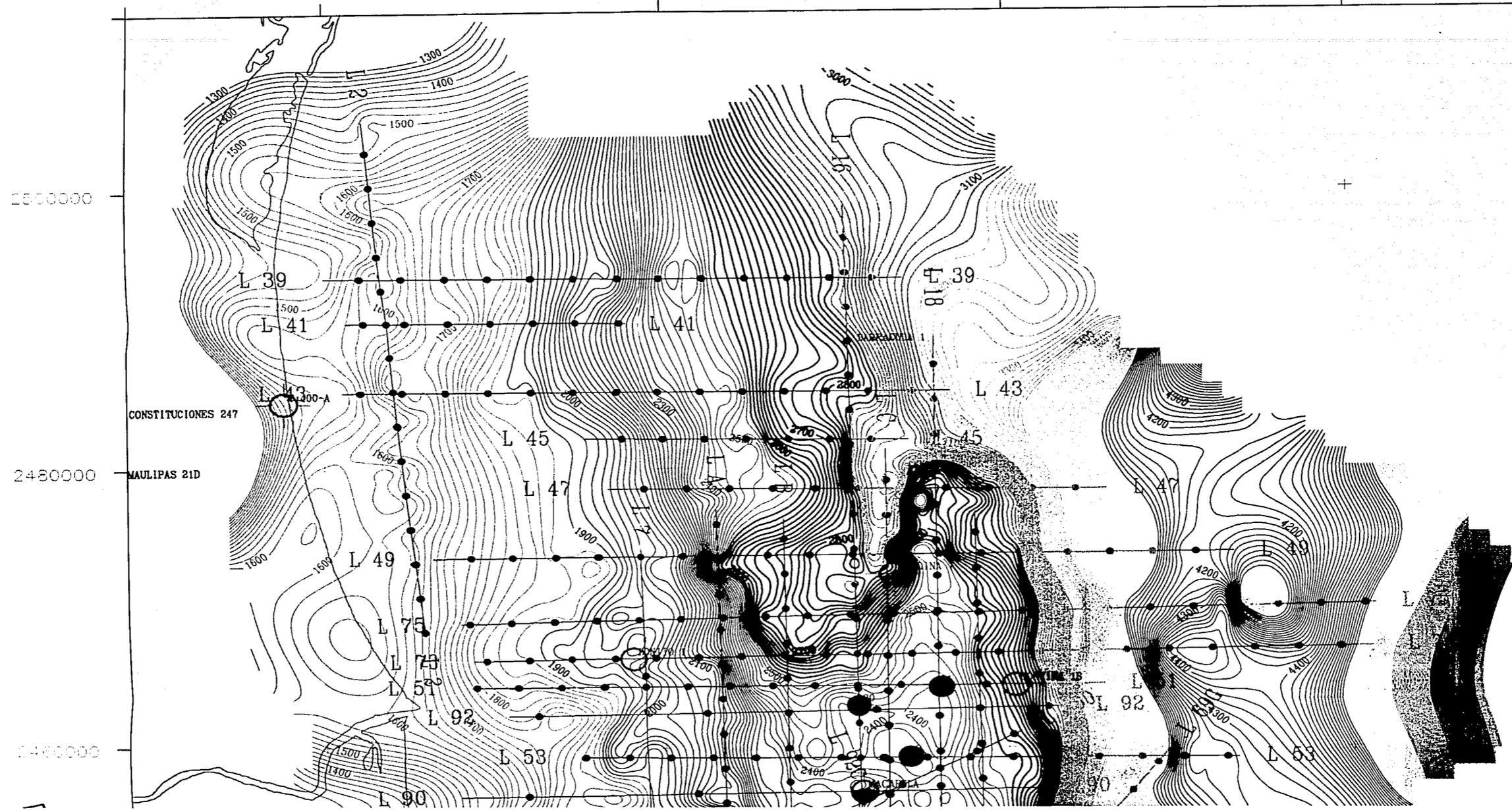
PRIS CON
FALTA DE ORIGEN

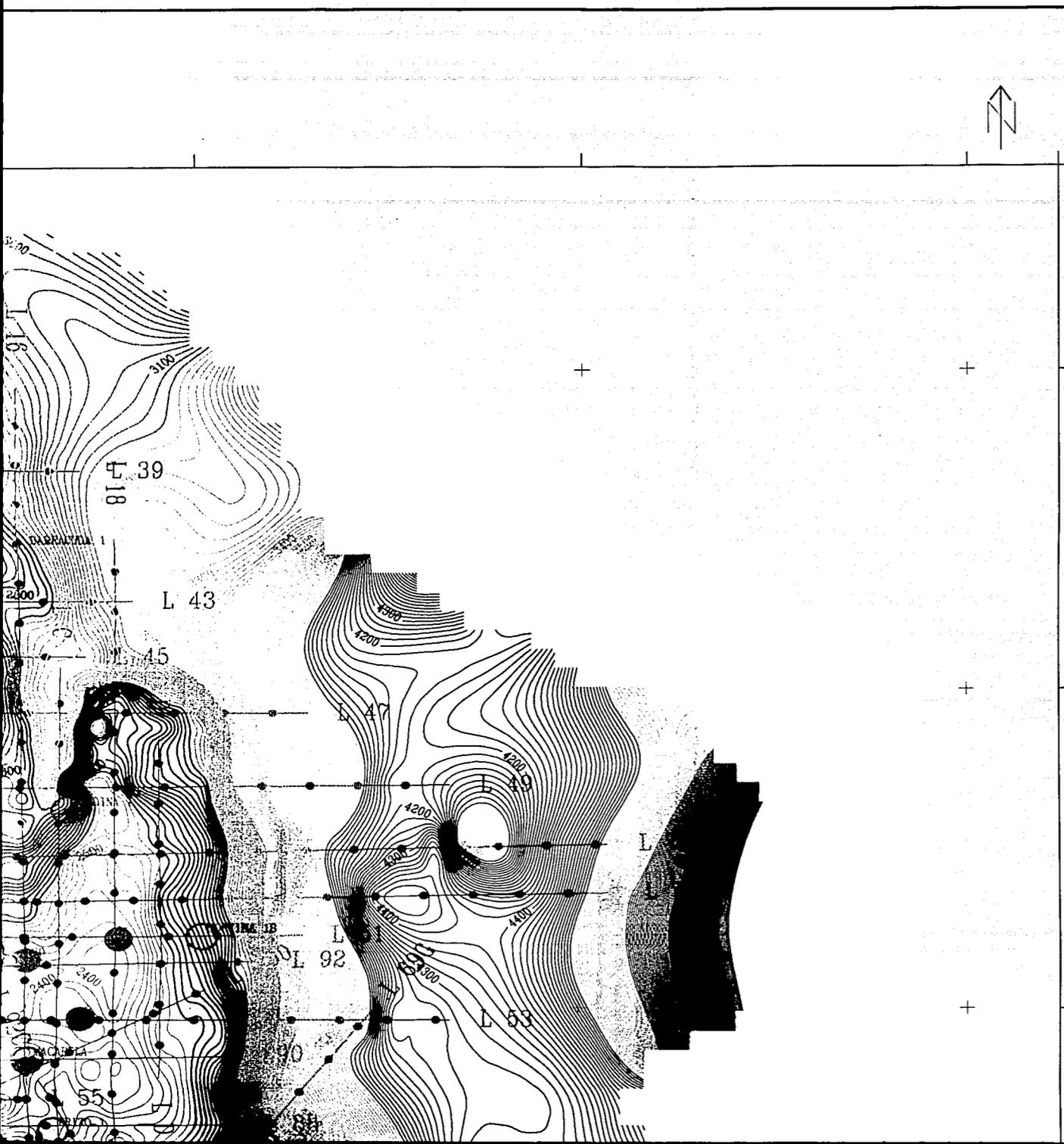


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO (UNAM) ANDRES (IMMERIDGIAN)

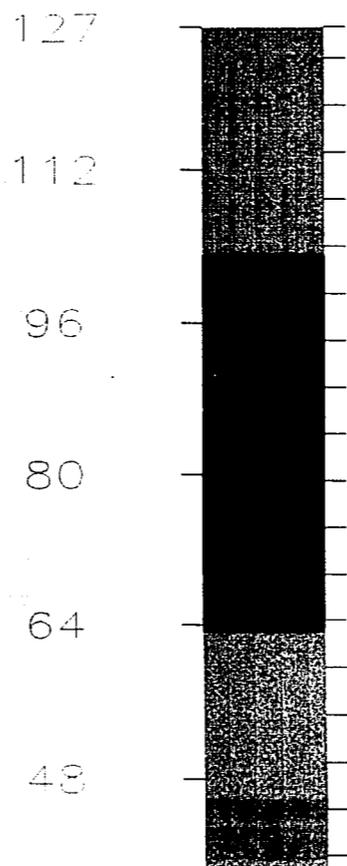
TESIS_UNAM 9-Sep-1998 15:03

123





TESIS CON
FALTA DE ORIGEN

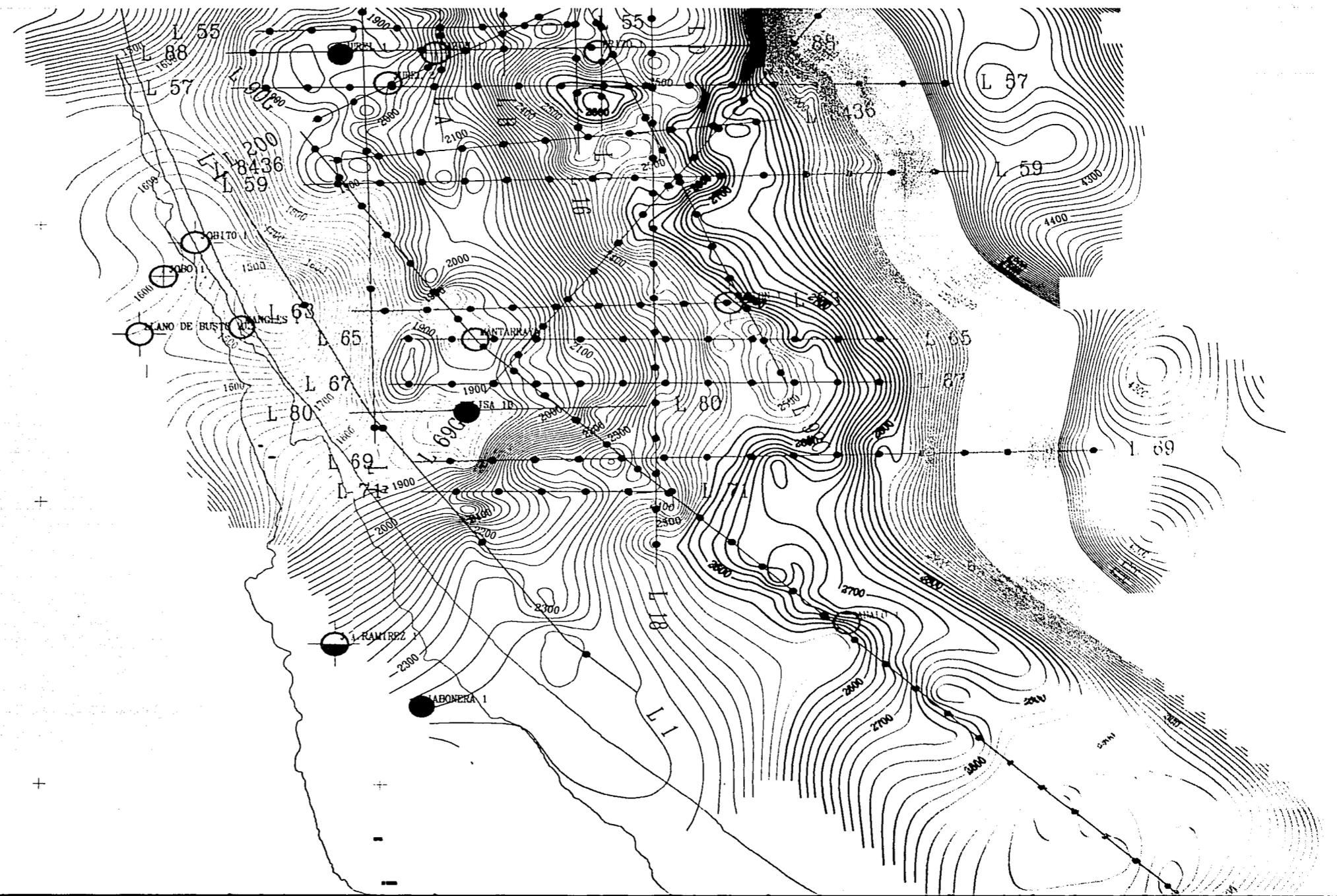


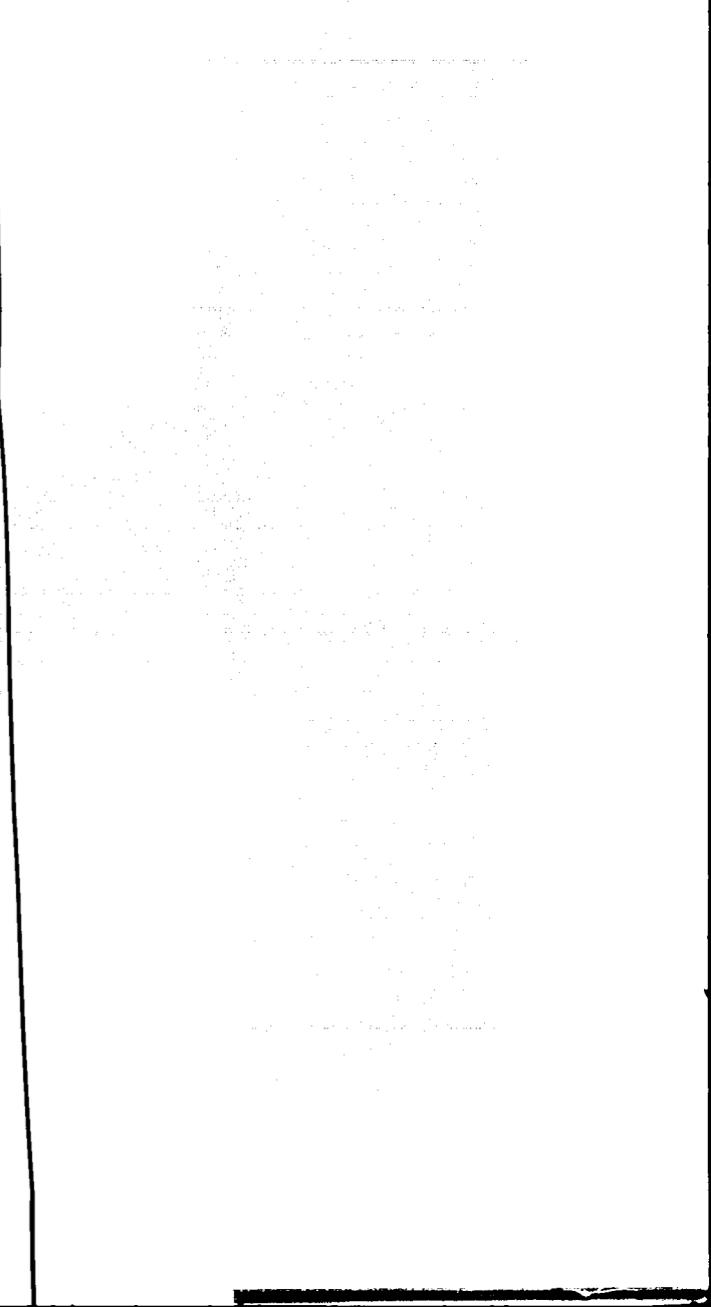
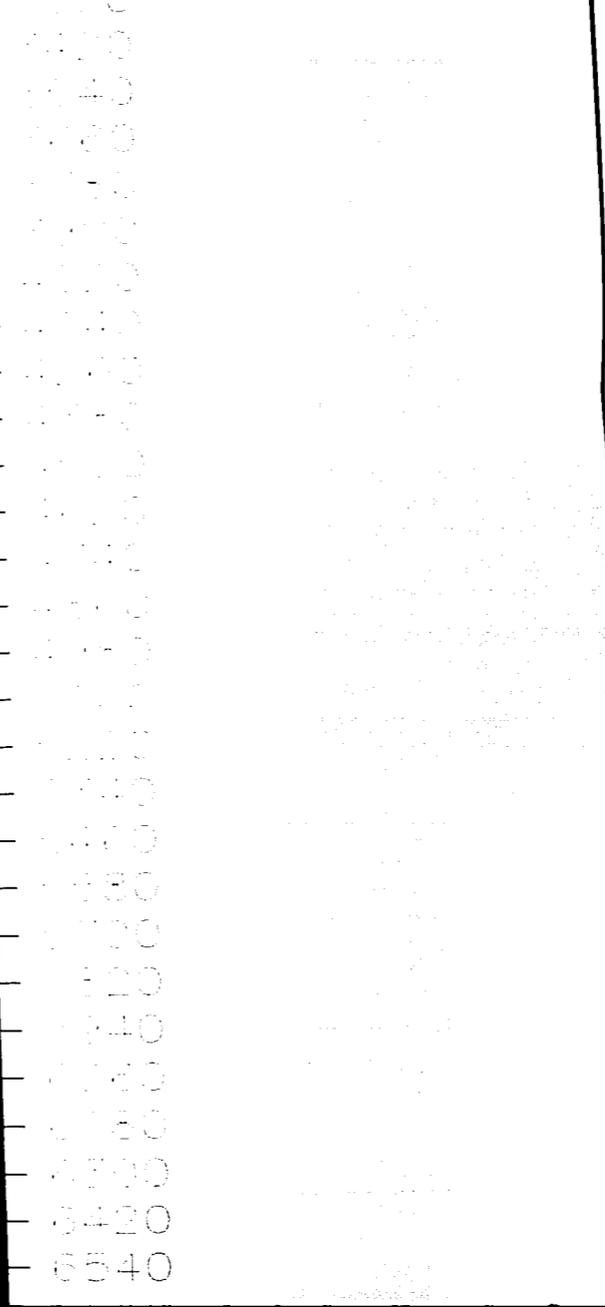
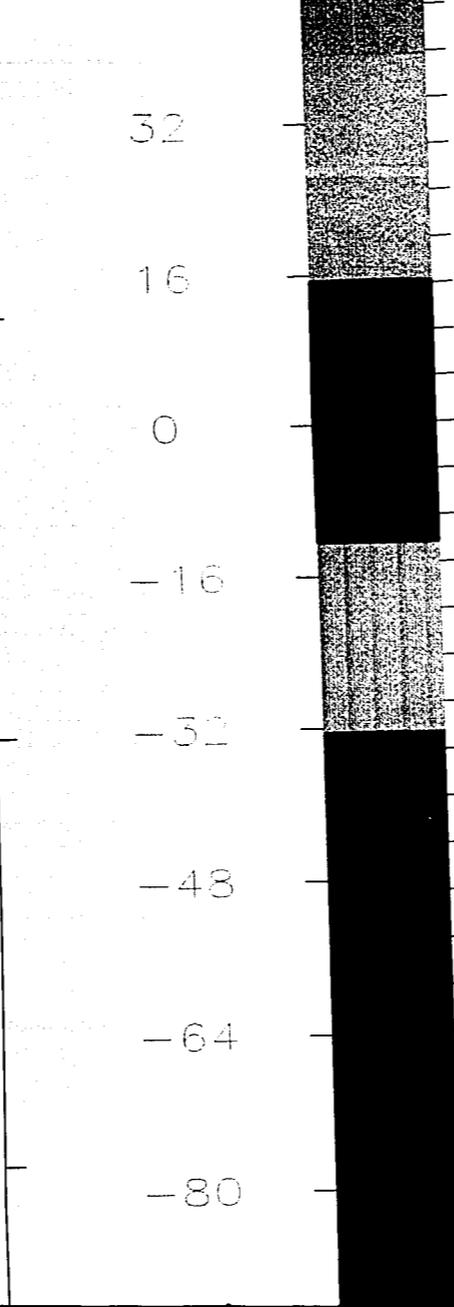
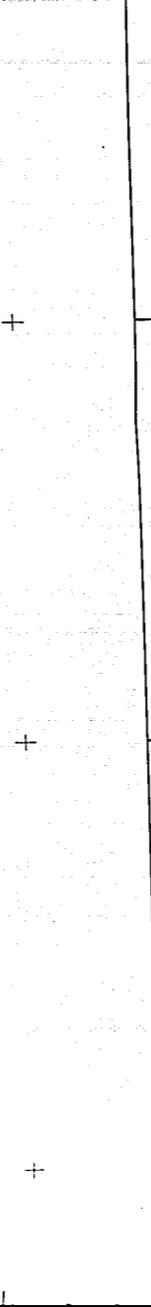
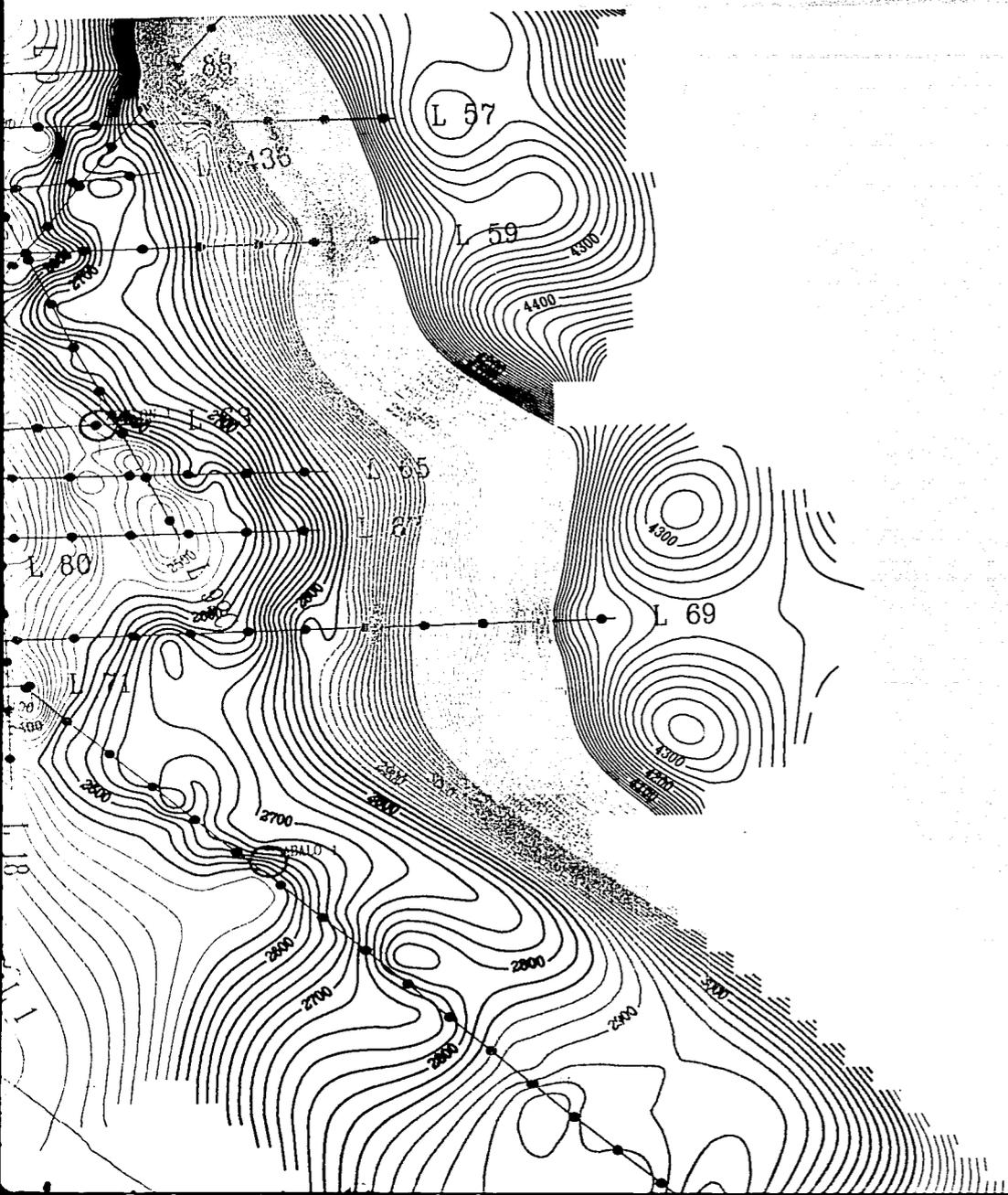
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2420000

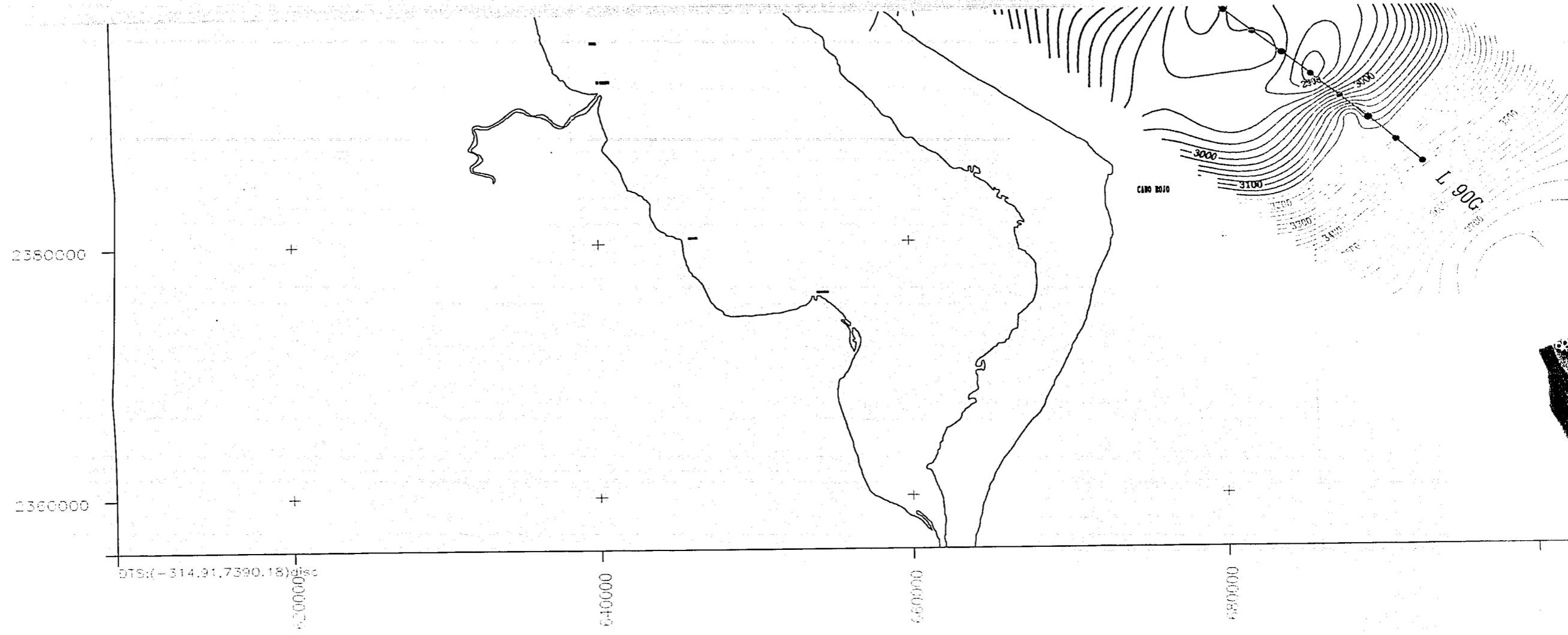
2420000

2420000



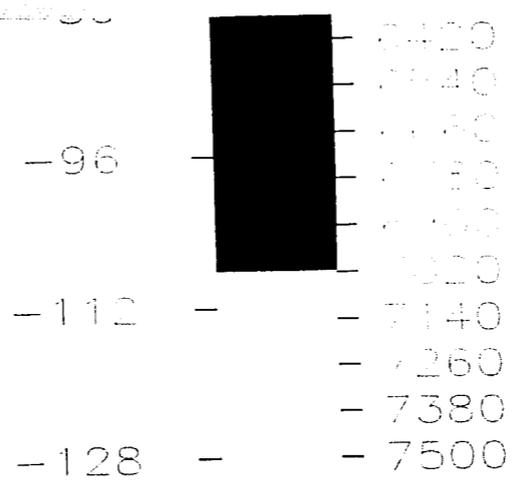
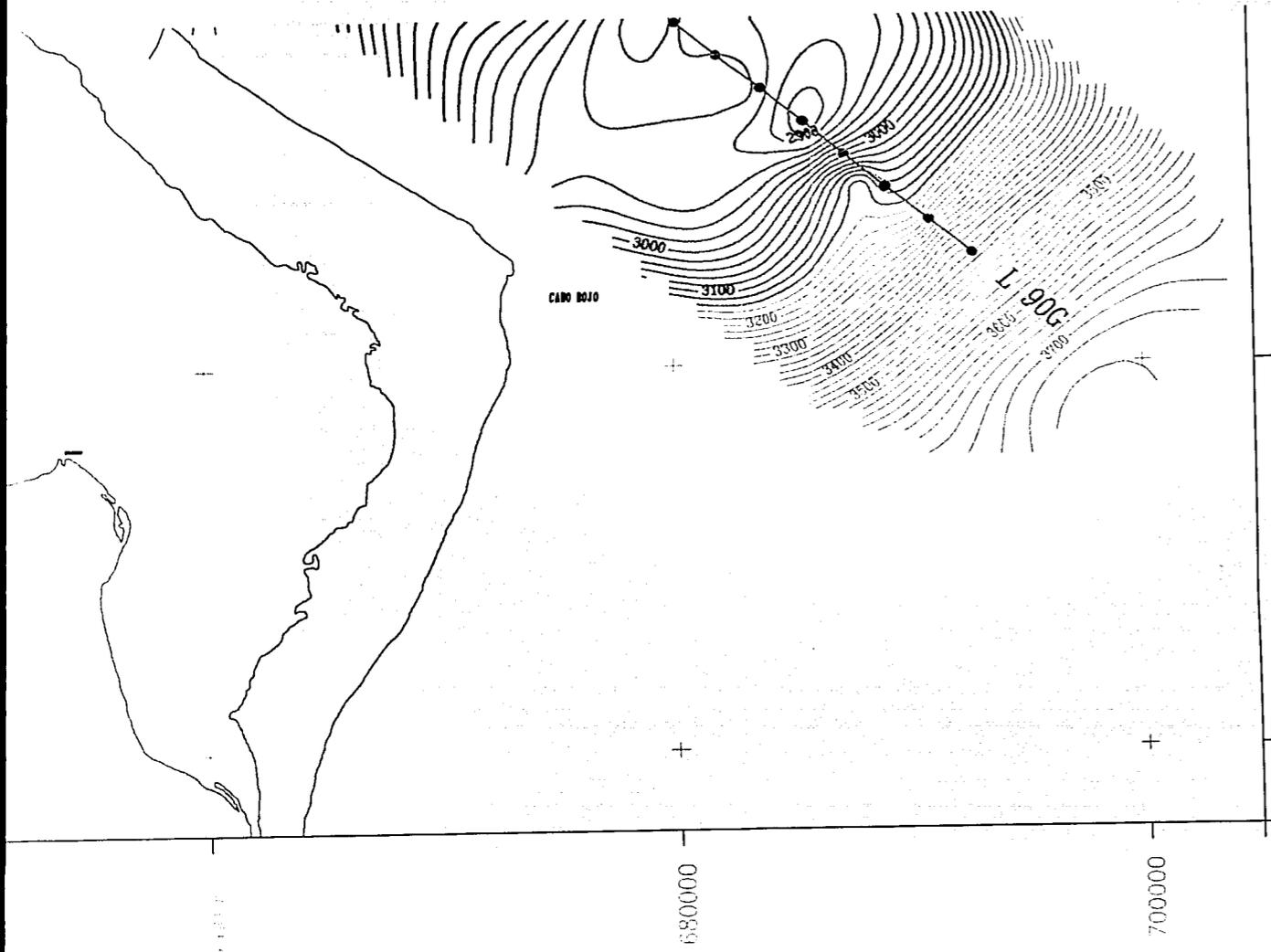


Tesis_UNAM 15-Apr-1998 10:03



Anexo : 1





TESIS CON
FALTA DE ORIGEN



Mapa de Topografía del Municipio de Área Temolac Marino

Tesis_UNAM 15-Apr-1998 10:03