



VIZCARRA
SECRETARÍA

Señor VELAZQUEZ TAFOYA CARLOS EMILIO.
P r e s e n t e .

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que aprobado por esta Dirección, propuso el Prof. Ing. - Enrique del Valle Toledo, para que lo desarrolle como tesis para su Examen Profesional de la carrera de INGENIERO GEOLOGO.

"INTERPRETACION GEOLOGICO-GEOFISICA DE UNA AREA EN LOS LIMITES DE LOS ESTADOS DE DURANGO-ZACATECAS CON OBJETIVOS PETROLEROS Y MINEROS"

- I ASPECTOS GENERALES DEL AREA EN ESTUDIO.
 - II GEOLOGIA DEL AREA.
 - III PRINCIPIOS Y FUNDAMENTOS DEL METODO MAGNETOMETRICO, APPLICABLES.
 - IV PRINCIPIOS Y FUNDAMENTOS DEL METODO GRAVIMETRICO, APPLICABLES.
 - V INTERPRETACION GEOLOGICO-GEOFISICA DE LA INFORMACION DEL AREA.
 - VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.
- BIBLIOGRAFIA.

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento con lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar -- Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como -- requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así -- como de la disposición de la Coordinación de la Administración -- Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de los -- ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

Atentamente.

"POR MI BARRA HABLARA EL ESPIRITU"

Cd. Universitaria, D.F., Noviembre 28 de 1984.

EL DIRECTOR

Dr. Octavio A. Rascon Chávez



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está 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.

I N D I C E

Introducción	1
I.- Aspectos generales del área en estudio	4
a) Localización	4
b) Vías de comunicación	4
c) Clima y vegetación	4
d) Fisiografía	7
e) Geomorfología	7
f) Antecedentes Geológicos y Geofísicos	9
i) Geología	9
ii) Magnetometría	10
iii) Gravimetría	10
II.- Geología del área	13
a) Geología preeliminar	13
b) Estratigrafía	17
c) Interpretación Geológica	34
d)	43
III.- Principios y fundamentos del Método Magnetométrico, aplicables	44
a) Generalidades	45
1.- Polos magnéticos	45
2.- Líneas de fuerza	45
3.- Fuerza magnética	48
4.- Intensidad del Campo Magnético (H)	48
5.- Momento magnético (M) e Intensidad de magnetización o polarización (I).....	50
6.- Susceptibilidad	50
7.- Inducción magnética (B).....	51
b) Propiedades magnéticas de las rocas	53
c) Unidades utilizadas en Magnetometría	53
d) El campo Geomagnético	54
e) Componentes del campo Geomagnético	54
f) Correcciones	56

g) Corrección por Variación Diurna	57
h) Corrección por Variación de Altura.....	57
j) Eliminación del Gradiente Regional	57
IV.- Principos y Fundamentos del método Gravimétrico, aplicables	59
a) Ley de la Gravitación Universal	59
b) Fuerza y Aceleración	59
c) Unidades utilizadas en Gravimétria.....	60
d) Campo Gravitacional Terrestre	61
e) Variaciones de la Gravedad	63
1) Variaciones con la Latitud	63
2) Variaciones con respecto a la elevación	63
3) Efecto Bouguer.....	65
4) Efecto Topográfico	65
f) Correcciones a las obsevaciones de Gravedad	65
1) Corrección por latitud	66
2) Corrección de Aire Libre.....	66
3) Corrección de Bouguer	67
4) Corrección Topográfica	67
5) Corrección por el efecto de Mareas	67
V.- Interpretación Geológico-Geofísica de la información del área	70
a) Correlación de la Información Geológico-Geofísica	70
b) Interpretación Geofísica	72
A) Magnetométria.....	72
1) Generalidades	72
2) Información Preeliminar	72
3) Interpretación Caulitativa	72
4) Trazado de Secciones	73
5) Modelado de Secciones	75
6) Plano de Configuración del Basamento Magnético .	79
B) Gravimétrica	80
1) Genaralidades	80
2) Información Preeliminar	80
3) Interpretación Cualitativa	80
4) Correcciones y Características	81

5) Trazado de Secciones	83
6) Modelado de Secciones	83
7) Plano de Configuración de la Cima Mesozoica ...	88
VI.- Conclusiones y Recomendaciones	91

FIGURAS Y ANEXOS

Fig. I.1.- Plano de Localización	5
Fig. I.2.- Plano de Provincias Fisiograficas	8
Fig. II.1.- Columnas Geológicas de San Francisco del Oro y Apizolaya	14
Fig. II.2.- Columnas Geologicas de Sierra de El Saltillo y del Area de Fresnillo	15
Fig. II.3.- Columnas Geológicas Area Miguel Auza y Sierra de Santa Rosa, La Centella Municipio de Concepción del Oro Zacatecas	16
Fig. II.4.- Plano de Localización de Afloramientos de Basamento	18
Fig. II.5.- Columna Geologica Arroyo Chilitos Zacatecas ...	20
Fig. II.6.- Plano de Localización de las Columnas Estratigraficas del Cretásico Inferior	23
Fig. II.7.- Columnas Geologicas	
a).- SW de Mezquital Durango	25
b).- SW de Nombre de Dios Durango	25
c).- Cieneguillas Durango	25
Fig. II.8.- Columnas Geologicas	
a) La Sierrita	26
b) Cuauhtémoc Durango	26
Fig. II.9.- Columnas Geologicas	
a) San Miguel de la Calera Zacatecas.....	27
b) Arroyo Mina Cronos	27
Fig. II.10.- Columnas Geológicas	
a) Sierra de Chapultepec Zacatecas	29
b) Anticlinal Sierra de Guadalupe Zacatecas	29
Fig. II.11.- Columnas Geológicas	
a) Area de Fresnillo Zacatecas	30
b) Santo Tomas Zacatecas	30

c) SE de Tepezala Aguascalientes	30
Fig. II.12.- Plano de localización de las Columnas Estratigraficas del Cretasico Superior	32
Fig. II.13.- Columnas Geológica N. de Villa Unión, Durango.	33
Fig. II.14.- Sección A-A'	36
Fig. II.15.- Sección C-C'	37
Fig. II.16.- Sección E-E'	38
Fig. II.17.- Sección F-F'	40
Fig. II.18.- Sección	41
Fig. II.19.- Distribución de Facies Cretasico Inferior (Albiano-Cenomaniano)	42
Fig. III.1.- Campo Magnético formado alrededor de un Conductor	46
Fig. III.2.- Campo Magnético sobre un imán natural o artificial	46
Fig. III.3.- Lineas de Fuerza	47
Fig. III.4.- Intensidad del Campo Magnético	49
Fig. III.5.- Momento Magnético	49
Fig. III.6.- Calsificación de sustancias según su permeabilidad	52
Fig. III.7.- El Campo Geomagnético	55
Fig. III.8.- Componentes del Campo Geomagnético	55
Fig. IV.1.-	
Fig. IV.2.- El Efecto de las Anomalias de Masa sobre el Geoide	62
Fig. IV.3.- Componentes del Campo Gravitacional Terrestre.	64
Fig. IV.4.- Corrección Topografica	64
Fig. V.1.- Plano de Localización de las Secciones Magnetométricas	74
Fig. V.2.- Longitudes Empleadas en la Interpretación de Perfiles	
Fig. V.3.- Columna de Espesores y densidades utilizadas en la interpretación Gravimétrica	82
Fig. V.4.- Plano de Localización de las Secciones Gravimé- tricas	84
Bibliografía	95

A N E X O S

Anexo 1 Plano Geologico del Area Durango-Zacatecas	Esc. 1.50 000
Anexo 2 Configuración del Basamento Magnético	Esc. 1.50 000
Anexo 3 Configuración de la Cima del Mesozoico	Esc. 1.50 000
Anexo 4 Plano de Intensidad Magnética Total	Esc. 1.50 000
Anexo 5 Plano de la Configuración de la Anomalia de Bouguer	Esc. 1.50 000

Sección Magnética :

Anexo 6 SAM-3
Anexo 7 SAM-5
Anexo 8 SAM-8
Anexo 9 SAM-10
Anexo 10 SAM-11
Anexo 11 SAM-17

Sección Gravimetrica:

Anexo 12 SAG-4
Anexo 13 SAG-5
Anexo 14 SAG-8
Anexo 15 SAG-12

Con cariño a mis padres

CARLOS Y GUADALUPE

A mis hermanos

JAVIER Y EDGAR

Un agradecimiento muy especial a mi prima

BEATRIZ

A mis compañeros y amigos

ALEJANDRO Y LEOPOLDO

Y a todo el Personal de la División de
Gravimetria y Magnetometria del I.M.P.

D i c i e m b r e 1 9 8 4

" Los problemas de conservación de la naturaleza y de regulación de su explotación no se resuelven con reglamentos, sino que son consecuencia de una educación"

Ramón Margalef.

" Los Ingenieros podemos seguir mejorando el país que tenemos si dejamos preparadas a las generaciones que vienen, una infraestructura de organización adecuada para que hagan frente al reto de solucionar las grandes necesidades del país.....

..... para ello es necesario que los futuros ingenieros tengan cultura, que conozcan su territorio; sepan donde estan las cosas, donde viven, donde se mueven y esten conscientes de los proyectos y la proyección que se puede esperar del país.

Ing. Juan Puig de la Parra

INTERPRETACION GEOLOGICO - GEOFISICA DE UNA AREA EN LOS
LIMITES DE LOS ESTADOS DE DURANGO - ZACATECAS
CON OBJETIVOS PETROLEROS Y MINEROS

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

En vista de la situación por la que atravieza el país y viendo la necesidad de -- buscar nuevas zonas de interés; en los últimos años se ha seguido la política de -- impulsar estudios que tengan como objetivo la búsqueda de nuevas áreas económica- mente explotables.

Ademas si tomamos en consideración que aquellas zonas en las que los recursos se- encontraban a flor de tierra, se han venido extinguiendo y cada vez son menos, re- sulta obvio y necesario la aplicación de técnicas más sofisticadas como son las - aplicadas en Geología y Geofísica para la búsqueda de nuevos Recursos Naturales.

Pensando en esta situación se ha desarrollado el siguiente trabajo, en el cual se establece la necesidad de trabajar mancomunadamente la Geología y la Geofísica, - ya que si una nos proporciona información del material existente en los aflora- -- mientos, la segunda por medio de sus métodos indirectos nos da una idea del com- portamiento que tienen los cuerpos en el subsuelo, resultando una interpretación- bastante confiable; no obstante que las finalidades del trabajo en un principio - fueron de interés petrolero, no se perdio de vista el interés minero que ha repre- sentado y representa tanto el Edo. de Durango como Zacatecas.

Durante este trabajo interdisciplinario primero se procedio al estudio Geológico- del área, estableciendo la estratigrafía y el comportamiento estructural, para -- llegar a la proposición de algunos perfiles tentativos, finalizada esta etapa se- concluyó que la información obtenida, hasta ese momento no era suficiente de --- acuerdo a los requerimientos que se tenian, por lo que se recurrio al uso de las- Técnicas Geofísicas en donde primero se procedio a determinar las características generales del basamento Magnético a partir del Plano de Intensidad Magnética To- tal, teniendo esta base se procedio a construir los Modelos Gravimétricos emplean- do los datos proporcionados por la Geología y correlacionandolos con los datos - Geofísicos, construyendose así los perfiles Geológicos.

Como resultado final se obtuvo un plano de la Configuración del Basamento Magnéti- co y otro de la probable cima del Mesozoico, así como la posible localización de- cuerpos intrusivos que en un momento dado pudieran tener interés minero, ademas - se efectuó la recopilación de un gran número de columnas estratigraficas y la pro- posición de algunas secciones, datos que serán de gran utilidad en futuros traba- jos que se realicen en el área Durango-Zacatecas.

Se agradece a todo el personal de la División de Gravimetría y Magnétometría del Instituto Mexicano del Petróleo por sus consejos y facilidades prestadas para el buen desarrollo del presente trabajo.

CAPITULO I.- ASPECTOS GENERALES DEL AREA EN ESTUDIO

I).- ASPECTOS GENERALES DEL AREA EN ESTUDIO

a) Localización:

El área en estudio se localiza hacia la porción Central de la República Mexicana, abarcando parte de los Estados de Zacatecas y Durango.

Geograficamente se ubica entre los paralelos 22°30' y 25°30' de latitud Norte y los Meridianos 102°30' y 105°30" de longitud Oeste del Meridiano de Greenwich (Fig. I.1)

Las principales ciudades que se incluyen dentro del área en orden de importancia son: Zacatecas, Durango, Fresnillo, Río Grande, Juan Aldama, Miguel-Auza, Sombrerete, Yerbanis, Cuencame, Peñón Blanco, Nombre de Dios, Nieves, etc., la superficie de la zona aproximadamente corresponde a 80 000 Km² en total, de los cuales aproximadamente 30 000 Km² se encuentran dentro del estado de Zacatecas, mientras que el resto pertenece al estado de Durango.

b) Vias de Comunicación:

El acceso del área es facil por vias de primer orden, las cuales atraviesan practicamente de Norte a Sur , como son la carretera Panamericana de México D.F. a Ciudad Juárez, Chih., la carretera Zacatecas Zac. - Saltillo, Coah., la carretera Zacatecas Zac. - Torreón, Coah., y la vía ferrea México D.F. - Cd. Juárez, Chih.

Existen ademas numerosos caminos que conectan a las principales ciudades, y también se tiene un buen número de brechas transitables por cualquier tipo de vehículo durante todo el año, que unen entre si a las rancherías y poblados más pequeños de la región.

c) Clima y vegetación:

El clima de la región es semiarido del tipo estepario seco, caracterizado por cambios bruscos de temperatura durante el día. Se tiene una corta temporada de lluvias en el verano, con frecuencia durante el invierno se registran temperaturas de 0°C y en el verano temperaturas máximas de 25°C, obteniendose una temperatura media anual inferior a los 18°C según datos obtenidos en las estaciones metereológicas de Concepción del Oro y Mazapil, Zacatecas que se encuentran en las cercanías del área.

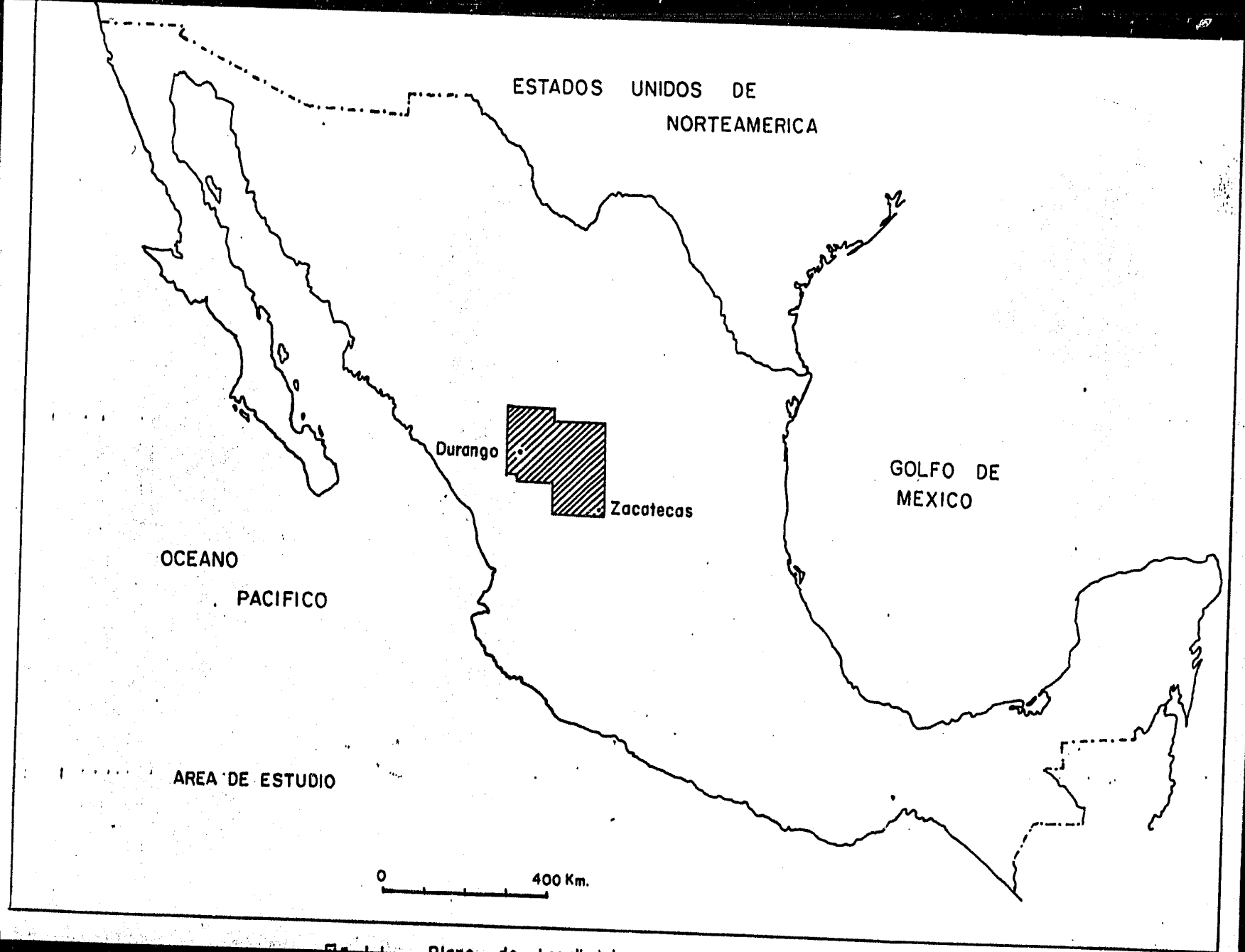


Fig. 1. Plano de Localización

En este tipo de clima se desarrolla una flora constituida por:

Lechugilla (agave lechugilla, familia de las Amarilidaceas), se desarrolla sobre suelos someros de las laderas de los cerros. Tallando sus hojas --- tiernas se obtiene ixtle de buena calidad, que forman parte de la economía de la región.

Palma samandoca (Yucca carne sosana, familia de las Liliaceas), también se conoce como Palma loca o Palma barreta, de sus hojas se obtiene la fibra -- que se conoce como ixtle de palma yaunque de inferior calidad que el de la --- lechugilla es también ampliamente explotado en la región.

Palma Chica (Yucca filifera, familia de las Liliaceas) sus hojas también contienen fibra pero aún de menor calidad, sus brazos tiernos son utilizados - como forraje de emergencia y sus troncos secos para colmenares.

Candelilla (Euphorbia antisiphilitica), es explotada con cierta intensidad para la extracción de cera, de la cual la mayor parte es para exportación. Se usa como ingrediente de ceras para pulimento, manufactura de discos fonogra_uficos, lubricantes, aixladores y pomadas.

Guayule (Parthenium argentatum, familia de las Compuestas).

Peyote (Lophophora eilliamsi, familia de las Cactaceas) es una planta - pequeña carnosa de forma cónica que crece casi enterrada en el suelo. El -- peyote contiene alcaloides cuyas propiedades alucinantes son bien conocidas. - La planta no es actualmente usada con esos fines por la población local, pero si se colecta para utilizarla en otros sitios.

Biznaga (Echinocactus visnaga, familia de las Cactaceas) el interior - carnoso contiene clorohidratos y agua, es utilizada como forraje, como medicina popular y como combustible.

Acotillo (Fouquieria splendens familia de las Fuqieriaceas) es muy - usado para la construcción de cercas vivas ya que facilmente prende donde quie_ura que se plante y produce varas espinosas de 3 ó 4 metros de alto.

Gobernadora (Larrea divaricata, familia de las Zigofiliaceas) es la más abundante en la zona, tiene aplicaciones en medicina popular y como combus_utible.

La fauna se encuentra constituida por roedores (conejos, liebres, etc.),- carnivoros (coyotes), aves y réptiles comunes a zonas áridas.

d) Fisiografía:

Fisiograficamente, el área esta situada en la transición de la Mesa ---- Central y la Sierra Madre Occidental. (Raisz 1954)

Sierra Madre Occidental.- Durante mediados y fines del Terciario esta - región fué elevada tomándose una plataforma, flanqueada en ambos lados por -- montañas paralelas. La mayor parte de la región esta cubierta por lavas, con - clastos intercalados; aparentemente en el plano se tiene en el flanco E una - falla Transcurrente.

Plataforma de Lavas (Riolitas).- Esta incluye una gran área de aproxima-- damente 300 millas que se extiende desde cerca de los límites de los Estados - Unidos hasta los límites del río Santiago. Las elevaciones varían entre 6 000- y 10 000 pies. Las capas de lava no se presentan horizontales. Las Ondulacio-- nes son comunes y los ríos se encuentran localizados en el fondo de profundos- sinclinales. Algunos de los cañones como "La Barranca del Cobre" y algunos --- otros rivalizan con el Gran Cañón.

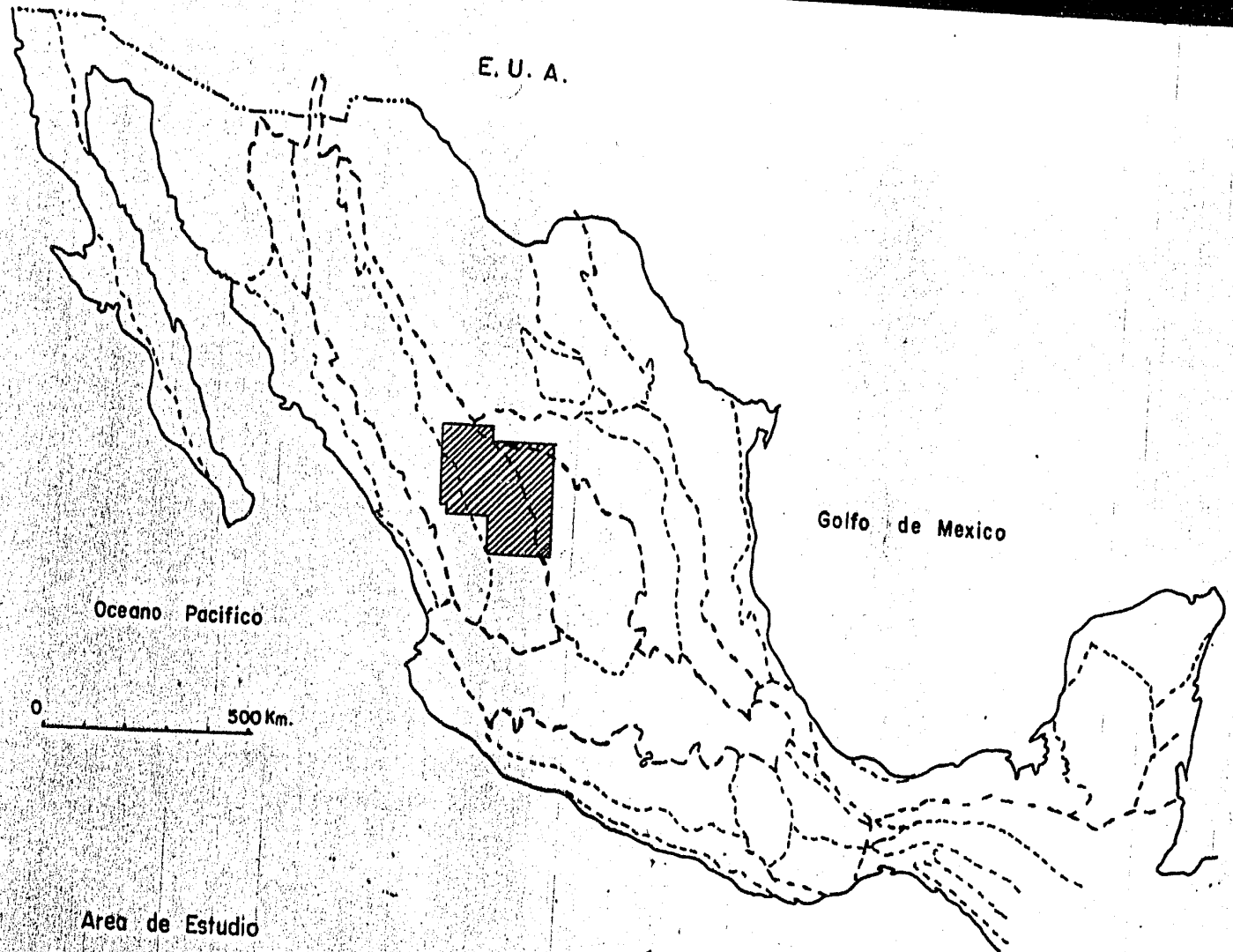
A lo largo de la parte E y SE de la Sierra Madre Occidental la plataforma cambia a una cuenca sinclinal rellena de aluvi6n.

Mesa Central.- Cuenca Central seria un nombre más adecuado, ya que esta - provincia se encuentra rodeada por tierras altas. Se encuentra más alta y más- plana que la provincia de Cuencas y Cordilleras localizada más al N.

En vez de las cordilleras en esta provincia se tienen areas de lomas ba-- jas.

e) Geomorfología:

La orientación que presenta la Sierra Madre Occidental es de Norte - Sur- y de NW - SE, se extiende desde la linea internacional con los Estados Unidos, en dirección SE atraviesa Sonora, Chihuahua y Durango, en una longitud de -- 1400 Km. y con un promedio de unos 200 Km. de ancho



E. U. A.

Golfo de Mexico

Oceano Pacifico

0 500 Km.

Area de Estudio

Fig. 1. Mapa de la Provincia Geográfica

RAISZ (1954)

La sierra esta limitada al NE por la provincia de Chihuahua (Mesa del Norte), al SE por el eje Neovolcánico y la Mesa Central y al SW por la planicie Costera del Pacífico, se tiene un predominio en las partes altas de riolitas, tobas e ignimbritas, cuya actividad es casi horizontal, el aspecto que adquieren estas rocas es más bien de una gran mesa que es dominante en toda la provincia Geológica, las corrientes de agua que forman la vertiente del Pacífico, corre en estrechos valles de gran profundidad, los cuales se amplian al adentrarse en la llanura costera del Pacífico.

Se encuentra constituida por sierras muy próximas unas a otras con altura media de 2 100 Mts. pero con algunas cúspides que alcanzan hasta 3 000 Mts. -- sobre el nivel del mar.

El origen de estos aspectos Geomorfológicos se atribuye a un gran levantamiento general, lo suficientemente rápido como para permitir que todas las corrientes permanezcan en su etapa juvenil, se supone también que este levantamiento no ha sido uniforme en toda la provincia, ya que es más evidente que el efecto de las corrientes fué más continuo hacia la zona de la Mesa Central donde rellenó grandes porciones.

La Mesa Central se encuentra en la parte central de nuestro país y esta limitada al oriente por los plegamientos de la Sierra Madre Oriental, al N por el sistema orogenico Transverso Torreón-Salttillo; al W por la Sierra Madre Occidental y al S por el Eje Neovolcánico. Su superficie total es de más de ---- 137 600 Km².

La Cuenta Central ademas comprende las planicies del Norte y NE de México a travez de colinas y derrames volcánicos que cubren parcialmente depósitos lacustres del Plioceno. También se cuenta con la presencia de riolitas e Ignimbritas del Terciario Sup. Se tienen áreas de bolsones provocados por bloques hundidos que dan lugar a cuencas cerradas donde se acumularon gran cantidad de sedimentos clásticos de relleno (gravas, arenas y arcillas). El promedio de elevación de la Mesa Central es de 1 900 Mts. sobre el nivel del mar y el relieve relativo es de 300 a 400 Mts.

f) Antecedentes Geológicos y Geofísicos:

i) Para la obtención de la información Geológica necesaria, se tuvieron ciertas dificultades, puesto que en un principio solo se conto con la información recabada en biblioteca, resultando ser insuficiente por lo que en la etapa posterior fue necesario reunir más información la cual fué obtenida de informes proporcionados por Pemex concernientes a estudios efectuados dentro del área.

La información de biblioteca consistió en Cartas Geológicas de los estados de Zacatecas y Durango escala 1:50 000 publicadas por el Instituto de Geología de la UNAM, también se contó con la Carta Apizolaya publicada por el mismo Instituto, además del Informe Geológico No. 539 de Pemex correspondiente al Área San Francisco del Oro-Pacheco-Río Grande y de algunas descripciones generales del área.

Con la información obtenida del material proporcionado por Pemex se obtuvieron las columnas geológicas a partir de las cuales se establecieron controles en espesor y litología a lo largo del área. También fue de utilidad la información obtenida a partir de los datos sobre las zonas mineras que se presentan en la zona.

El tipo de información Geofísica proporcionada fue de Magnetometría y Gravimetría.

ii) Magnetometría.- Se integraron las hojas I-10, I-9, I-8; J-10 J-9, J-8 y K-10, K-9 del área Sain Alto, estudio realizado por AeroService Co en 1981, para Pemex, de tal forma se obtuvo el plano Aeromagnetico de Intensidad Magnética Total escala 1:200 000 (Plano No. 1).

La separación entre líneas de vuelo fue de 4 Km. aproximadamente con dirección NE-SW, así mismo se volaron líneas de avance con una separación de 20-Km con el fin de tener un buen control sobre las líneas de vuelo del levantamiento. El área fue volada a 2 diferentes alturas 3 355 Mts. y 3818 Mts. s.n.m. dependiendo esto de las condiciones topograficas del área.

El intervalo de configuración del plano fue de 2 a 10 gammas, dependiendo de la intensidad con que se manifestó el campo.

iii) Gravimetría.- Para cubrir el área se integraron 6 prospectos gravimétricos (Fresnillo, Río Grande, Sombrerete, Villa Unión, Juan Aldama y Durango) realizados por la compañía Mexicana de Exploraciones, S.A. para Pemex. En las hojas de campo se reportaron: las coordenadas rectangulares, la gravedad observada, la elevación, la gravedad Teórica, la corrección de Bouguer y la corrección por rugosidad para cada estación, así mismo se contó con la densidad promedio; el factor de corrección (K) y el nivel de referencia para los cuales se tuvieron los siguientes valores 2.24 gr/cm^3 ; 2.15 y 1 500 Mts. respectivamente.

Por otra parte se recibieron planos configurados a mano con la Anomalía de Bouguer proporcionados por la misma compañía que realizó el levantamiento

a una escala 1:50 000, con un intervalo de configuración de 10 u.g.

A partir de esta información se generó un plano de Anomalía de Bouguer - (Plano No. 2), el cual se utilizó durante la etapa de modelado.

CAPITULO II . - G E O L O G I A

DEL AREA

II).- GEOLOGIA DEL AREA

- a) Geología Preeliminar
- b) Estratigrafía
- c) Interpretación Geológica

a) Geología Preeliminar:

Como material de tipo Geológico para la realización del estudio en discusión se contó con las cartas de Geología Superficial publicadas por el Instituto de Geología de la UNAM (Esc. 1:50 000) de los Edo. de Durango y Zacatecas a partir de las cuales y por requerimientos del estudio fué necesario la realización de una sola carta, dentro de la cual fuese posible enmarcar por completo la zona en estudio (Plano No. 3)

Ya elaborada dicha carta se comenzó con el establecimiento de las características cualitativas mas importantes, las cuales en terminos generales son:

- Presencia de una zona hacia la parte W cubierta por derrames de tipo Igneo - (Riolitas), los cuales se piensa corresponden a manifestaciones de la Sierra Madre Occidental.
- Presencia de Anticlinales y Sinclinales en la porción E y NE con un alineamiento NW-SE, lo que hace suponer que son evidencias de los plegamientos de la Sierra Madre Oriental.
- Zona intermedia donde se presentan derrames Igneos (Riolitas), cuerpos ígneos Intrusivos y Afloramientos de rocas sedimentarias.

Ademas de esta carta también se conto con algunos informes Geológicos de tipo local, en los cuales se hacen mención sobre características estratigráficas y Estructurales. Dentro de los cuales se tienen:

- Estudio de las Sierras El Saltillo, El Gallo y Rodríguez
- Estudio de la Geología del Area Fresnillo
- Estudio de las Sierras de Santa Rita, La Centella y el Barroso. Municipios de Concepción del Oro y Mazapil Edo. de Zacatecas.
- Informe Geológico del Area San Francisco del Oro-Pacheco-Río Grande.
- Hoja Apizolaya UNAM
- Prospecto Miguel Auza

ario	Derrames y Depositos Cont.	70 m.
co rior.	CARACOL	1060 m.
mts.	INDIDURA	200 m.
cico o. mts.	Cuesta del Cura	300 m.
cico rior.	La Peña	200 m.
	Tamaulipas Inf.	350 m.
00 mts.	Taraises	150 m.
sico erior	La Caja	80-100 m.
0 mts.	Zuloaga	540 m.

Cuaternario	Basalto y Grava Perivanéz	120 m.
Terciario	Plioceno Palmas	150 m.
420 mts.	Eoceno Ahuichila	150 m.
	Lutita Parras	200 m.
Cretacico Superior.	CARACOL	780 m.
1155 mts.	INDIDURA	175 m.
	Cuesta del Cura	150 m.
Cretacico Inferior.	La Peña	600 m.
	Cupido	300 m.
1220 mts.	Taraises	170 m.
	La Caja	80 m.
Jurasico Superior	Zuloaga	500 m.
580 mts.		
JURasico Inf.	Nazas	155 m.
Paleozoico Superior	Taraises	630 m.
Paleozoico Inferior.	Rodeo	990 m.
1620 mts.		

Informe Geologico
Fco. del Oro-Pachecho-Rio Grande
Zacatecas 1970

Fig. II.1

ario 150 mts.	Ahuichila Basaltos	150 m.
Cretacico erior	CARACOL	1 000 m.
	INDIDURA	250 m.
0 mts.	Cuesta del Cura	200 m.
Cretacico rior.	La Peña	400 m.
	Cupido	500 m.
	Toralises	40 m.
0 mts.	La Caja	50 m.
Cretacico erior	Zuloaga	?

Sierras de El Saltillo, El Gallo y Rodríguez.

incipios de Venegas, S.L.P. y Concepción (Oro Zacatecas)

1 9 6 6

Cretacico Inferior.	Cerro Gordo	300 m.
	Fortuna	500 m.
	Plateros	200 m.
	Valdecaña	700 m.
	1700 mts.	?
Triasico Sup.	Chilitos	200 m.

Geologia del Area de Fresnillo Zac. Zoltan de Cserna

1 9 7 6

Fig. II.2

Cretacico Superior mts.	Dep. Continental	60 m.
	Eoceno Ahuichila	200 m.
Cretacico Superior mts.	CARACOL	800 m.
	INDIDURA	200 m.
Cretacico Superior 500 mts.	Tamabra	600 m.
	Cuesta del Cura	300 m.

Cuaternario Terciario 195m.	Basalto y Grava Peribañez	95 m.
	Ahuichila	100 m.
Cretacico Superior 620 mts.	CARACOL	350 m.
	INDIDURA	270 m.
Cretacico Inferior 870 mts.	Cuesta del Cura	280 m.
	La Peña	190 m.
	Cupido	350 m.
	Taraises	50 m.
Jurasico Superior 580 mts.	La Caja	180 m.
	Zuloaga	400 m.

Prospecto MIGUEL NUZA

1980

Sierras de Santa Rita, La Centella y El Barroso Minicipios de Concepción del Oro y Mazapil, Edo. de Zacatecas

1969

Fig. II.3

Algunos de estos estudios se localizan en los alrededores de la zona en estudio, no obstante esto para el establecimiento de las características reinantes en el área, se tomaron como validos algunos de los conceptos dados en cada uno de ellos.

En lo referente al aspecto estratigráfico se obtuvieron las siguientes columnas; dentro de las cuales se puede apreciar su ubicación en el Tiempo Geológico, la Formación de que se trata y el espesor tentativo para cada una de ellas.

(Fig. II.1, II.2, y II.3) /

Independientemente de los estudios Geológicos antes mencionados y de sus correspondientes columnas estratigráficas, se efectuó la recopilación del mayor número de columnas estratigráficas que fue posible obtener a partir de diferentes estudios realizados por PEMEX y por el IMP dentro de la zona de Estudio.

En esta primera etapa solo se efectuará la descripción detallada de cada una de las columnas, así como su ubicación, pero sin adentrarse a una posible correlación o interpretación la cual será efectuada más adelante.

La metodología que se seguira en la descripción de las diferentes columnas estratigráficas sera la siguiente:

- Descripción de las Columnas que corresponden al Basamento, al Cretácico Inferior y al Cretácico Superior.
- Ubicación de cada una de ellas dentro del área
- Descripción Litológica de las columnas estratigráficas, esta se efectuara de la manera convencional partiendo de su base hacia la cima, estableciendo espesores y edades en aquellas donde se cuente con esta información.
- Referencias de la cubierta volcanica la cual ocupa una gran extensión, como ya se mencionó al tratar el Plano Geológico del área.
- Finalmente se enumeraran algunos cuerpos Igneos Intrusivos aflorantes.

b) Estratigrafía:

Arroyo Chilitos (Fresnillo, Zac.) (Fig. II.4 Columna 1)

A lo largo del Arroyo Chilitos al Sur de la ciudad de Fresnillo, Zac. de Cserna (1976) distingue en su columna 2 paquetes principales, en la base una secuencia volcano-sedimentaria (con pillow-lavas) y rocas brechadas grises rojizas y verdes que según él parecen lahares. Estas rocas fueron clasificadas por Bloom Field K., (comunicación escrita con de Cserna 1976) como andesitas conteniendo labradorita, andesina, augita (?) y amigdalas rellenas con calcita. Su análisis Químico muestra alto contenido de CO_2 y presenta poco Na_2O .

De Cserna Z. (1976) define a estos materiales como Formación Chilitos y

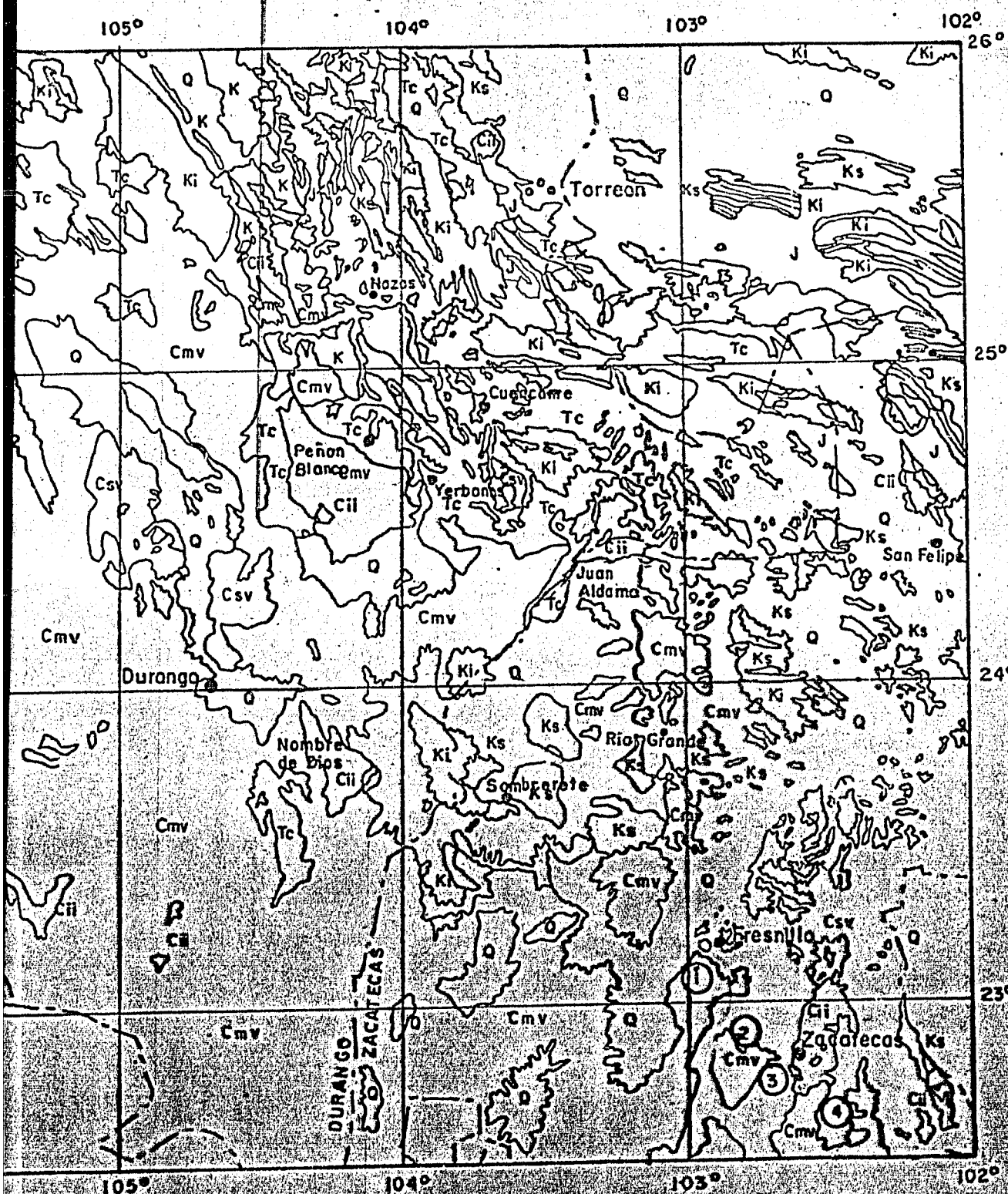


Fig. 11.4 Plano de Localización de Afloramientos de Basamento

la correlaciona con la roca verde del Triásico (?) superior de Zacatecas, con sidera que representan escamas de corteza oceánica descansando sobre un basamento metamórfico.

Aunque no se cuenta con una columna completa Z. de Cserna (1978) distingue en el arroyo Chilitos la siguiente secuencia. (Fig. II.5)

a) 200 m. aproximadamente de secuencia volcánico-sedimentaria con pillow-lavas, terrigenos y algunas veces intercaladas en las pillow-lavas se observan niveles calcareos con radiolarios (Garduño V.H. 1983 le asigna edad Pre-triásica).

b) 700 m. aproximadamente de una secuencia tipo "flysch" en la cual se distinguen niveles delgados de areniscas (Garauwackas) que alternan con lutitas. En la base (5 m. de la base) Z. de Cserna op cit y C.M. Cantú op cit distinguieron Distoloceras un Olcostephanus (in maduro) por el primero y Dictoloceras laticustatum, Imlay, Dictoloceras aff. nodosum, Imlay, Dictoloceras aff. parritense, Mexianoceras aff. neohispanicum (Böse), Taraisites aff. neolonense, Cantú; Taraisites sp. por el segundo, ambos le asigna una edad Neocomiano y más precisamente Valanginiano Superior-Hauteriviano Inferior.

c) En la parte Superior se puede observar un paquete de terrigenos coronando el paquete anterior y que Z. de Cserna le asigna una edad de Baremiano-Aptiano, considerando así un cambio transicional entre el Neocomiano y el Barremiano-Aptiano (?).

Zacatecas, Zac., (espesor más de 250 m.) (Fig. II.4 Columna 2)

El Triásico Superior marino de las cercanías de la ciudad de Zacatecas - fué reportado por primera vez por C. Burckhardt (1906a. in. Maldonado K. 1948)

Burckhardt C. y Scalia S. (1906) y Mc. Gehee R.V. (1976) supusieron la presencia de 2 grupos de roca verde.

- 1) Lavas espilíticas dentro de los sedimentos triásicos
- 2) Lavas muy parecidas y casi de la misma edad, que cubren a las rocas metamórficas en forma de una "nappa" de poco desplazamiento.

En los rebajes de la carretera Zacatecas-Veta Grande; Quintero L. O. y Aranda G.M. (1978) describen rocas de composición básica y estructura almohadilla, interestratificadas con sedimentos triásicos, esta misma secuencia fué observada por Garduño V.H. (1983) pero no observaron la intercalación de los sedimentos triásicos, en cambio describen una secuencia de areniscas y lutitas oscuras con metamorfismo de contacto más afines a sedimentos de Cretácico Inferior de la región de Fresnillo.

La llamada "Roca Verde de Zacatecas" para Pérez M. (1961) es un pórfido-

ARROYO CHILITOS Zac. (SW)
Z. de Cerna (1976)

Fm. Plateros.

Cret. Inf. (Barremiano - Aptiano) (150m)

Fm. Valdecañas

Cret. Inf. (Neocomiano) (850m)

Fm. Chilitos

TRIASICO (?) (200m)

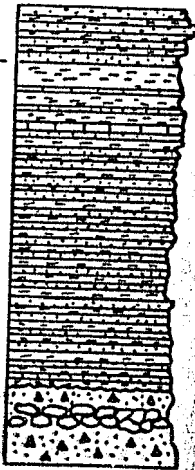


FIG. 11.5

andesítico, diorítico y diabásico que intrusióna como dique-estrato y como la colito a los esquistos antiguos y capas del Triásico definiendo que en la -- porción sur del Distrito, las obras mineras han atravesado este cuerpo y han -- llegado a las rocas meta-sedimentarias.

Dado que la secuencia de pillow-lavas se encuentra bajo los sedimentos -- del Triásico Superior, su edad es considerada como Pre-Triásico Superior. Este hecho hace posible considerar que pudieran existir materiales paleozoicos -- entre el paquete de volcánicos y los sedimentos Triásicos. La presencia del -- Paleozoico en el área, fué contemplada por Burckhardt C. y Scolia S. (1906) -- aflorando sobre el arroyo La Calavera. Este posible Paleozoico pudiera estar -- representado por un paquete de meta-pedernal negro en capas delgadas alternando -- con lutitas definiendo niveles delgados, asociados concordantemente con -- andesitas de estructura almohadilla incipiente y cubiertos bajo posible dis-- cordancia por meta-arenitas, filitas y meta-conglomerados.

Sobre el Arroyo Hacienda Nueva y donde lo cruza el camino que conduce a -- las minas El Ranchito, aflora una secuencia de areniscas y lutitas oscuras en -- capas delgadas, con metamorfismo de contacto unicamente que parecen corresponder -- con sedimentos de la Formación Valdecañas del Cretácico Inferior y que -- cubren aparentemente a la secuencia de pillow-lavas.

Sobre el Arroyo La Pimienta R.V. Mc. Gehee (1976) describe una secuencia -- de esquistos, filitas y pizarras, donde se notan características de areniscas, -- conglomerados y calizas. Las areniscas son en ocasiones cuarcitas y muestran -- estratificación cruzada y gradual, en las filitas hay meta-pedernal (?) y -- bloques de meta-areniscas.

Identificó también meta-calizas en capas delgadas y meta-conglomerados -- constituidos por clastos de cuarcitas y posiblemente roca verde incluidos en -- un matriz arenosa y micacea. La secuencia la observa deformada y con una foliación -- en 2 y hasta 3 direcciones.

Francisco I. Madero, Zac. (Fig. II.4 Columna 3)

En esta localidad afloran meta-sedimentos filitas y filitas talcosas, -- producto de metamorfismo regional y dinamico aflorando sobre el Arroyo El Mo -- lino (Alemán G. y Solis V. 1974) definen una secuencia de lutitas y calizas -- en capas delgadas afectadas por sills (?) andesíticos, aguas arriba afloran -- filitas verdes con calizas arcillosas (?) afectadas por un cuerpo andesítico, -- seguidas por una intercalación de calizas con lutitas verdes y más adelante -- calizas laminares intercaladas con capas delgadas de lutitas fuertemente ple -- gadas.

Ochoa C. (1980) al describir la litología de 2 catas mineras de la zona define calizas con intercalaciones de calizas en capas delgadas de color negro y menciona que existen esquistos de muscovita.

Garduño V.H. (1983) menciona que en la margen Sur del Arroyo El Molino afloran esquistos Sericíticos verdes y rojizos, con niveles delgados de posibles tobas caolinizadas, capas de meta-limonitas rojas similares a las que se observan sobre el Arroyo La Calavera y además capas delgadas de caliza color crema muy recristalizada. Este paquete de metasedimentos define un relieve poco importante y está cubierto por volcánicos. Este paquete se puede correlacionar con los sedimentos Triásicos de Zac., mientras que la secuencia descrita por Alemán G. y Solís U. (1974) parece identificarse más con las facies del Cretácico de la región de Fresnillo.

Continuando con el estudio Estratigráfico de la zona se procederá a estudiar los materiales Albiano-Cenomaniano (Cretácico Inferior), los cuales comprenden desde la base de la Formación La Peña (Aptiano Superior), hasta la cima de la Formación Cuesta del Cura (Cenomaniano). Las cuales se encuentran distribuidas a lo largo de todo el área (Fig. II.6) variando en facies desde las propias de una plataforma (hacia el NE y E en las cercanías de la Plataforma de Coahuila) a los propios de una cuenca influenciada por una sedimentación terrígena proveniente de terrenos inestables situados posiblemente al W y SW.

Columna No. 1 (Fig. II.7.a)

Al SW de Mezquital Dgo., se tiene aflorando un paquete de conglomerados con fragmentos de cuarzo, pedernal negro, areniscas, ignimbritas, riolitas y tobas en bancos medios. Las areniscas se hacen menos importantes hacia la base, donde fueron encontradas dentro de los conglomerados algunos cantos de calizas con rudistas. Hacia su cima la importancia de los bancos conglomeráticos se reduce, siendo reemplazados primero por una alternancia de areniscas y lutitas y más arriba por lutitas verdes en bancos medios a gruesos y con algunas capas delgadas de areniscas pardas, termina discordantemente cubierta por materiales tobáceos y brechas volcánicas traquíticas (?) con algunos microconglomerados y tobas hacia su base en el contacto con las lutitas y areniscas.

La edad de estos sedimentos se desconoce infiriéndose (Garduño V.H. 1983) que pueden pertenecer al Cretácico Superior, no obstante la presencia de rudistas dentro de las calizas no fué posible su datación.

Su espesor se estima en más de 280 Mts. en el flanco N. del cerro Las Cruces.

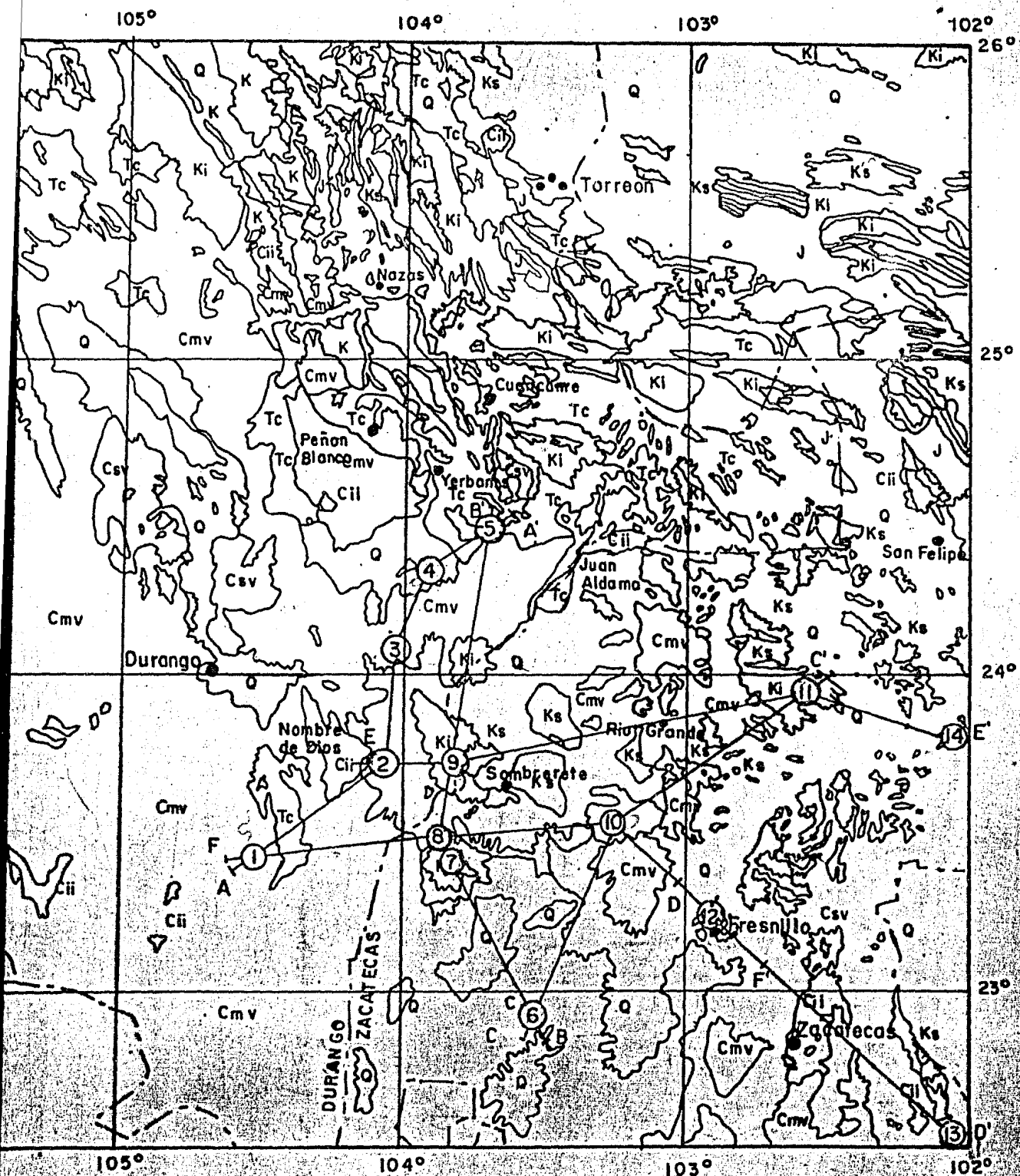


Fig. 11.6 Plano de Localización de las Columnas Estratigráficas del Cretácico Inferior.

Columna No. 2 (Fig. II.7.b)

Hacia el NE de Mezquital Dgo., Hernández C.J.L. (1980) define sedimentos que considera como Cuesta del Cura e Indidura al SW de Nombre de Dios Dgo., - pero desafortunadamente se carece de los datos en base a los cuales se considera a estas unidades y la edad que les asigna.

Columna No. 3 (Fig. II.7.c)

Al NE en el área de Cieneguillas Dgo., (Cerro El Burro) se tiene una secuencia de calizas arenosas muy potentes alternando con niveles muy gruesos - compuestos de calizas en bancos medios y delgados, intercalados con limonitas rosas en capas delgadas. Hacia la cima se transforma en una alternancia de calizas en bancos delgados que contienen amonitas y microfauna de edad Albiano-Superior que alternan con capas delgadas de lutitas.

Columna No. 4 (Fig. II.8.a)

En la Sierrita al W de Cuauhtémoc Dgo., el Albiano-Cenomaniano se presenta como una secuencia de calizas gris claro en bancos gruesos a masivos con fragmentos de moluscos, Textularia sp, Calciphaerula (?), abundante pedernal y fragmentos de rudistas. Se presentan alternando niveles gruesos integrados por calizas delgadas con radiolarios Pithonella ovalis (?), asociados con bandas y lentes de pedernal negro.

Columna No. 5 (Fig. II.8.b)

Al NNE de Cuauhtémoc Dgo., afloran calizas negras coquinas en capas -- medias a gruesas formadas por c.f. Isognomon sp. y Turritela sp., e intercalaciones de calizas grises con Nummoloculina sp., Nummoloculina heimi y fragmentos de moluscos que le asignan una edad probable Albiano. También se encuentran asociados niveles de dolomias en bancos gruesos que en conjunto definen facies de plataforma interna de energía moderada a alta (Castro M.J.T. 1983).

Columna No. 6 (Fig. II.9.a)

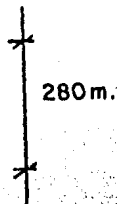
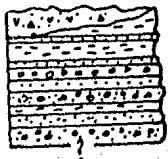
En las cercanías del poblado de San Miguel de la Calera, Zac., se tiene un paquete consistente de calizas negras recristalizadas, en bancos delgados y ocasionalmente medios alternando con lutitas verdes, en cuyo lavado mostraron ser de carácter arenoso con fragmentos de esquistos (?) negros y sin fauna (Garduño V.H. 1983). Aunque no se encontró fauna se considera de edad -- Cretácica.

Columna No. 7 (Fig. II.9.b)

En la Sierra La Prieta en el sector de Chalchihuites Zac., (Arroyo de la Mina Cronos) afloran calizas gris claro arenosas en bancos medios a gruesos - con estratificación ondulante y nodulos de pedernal, asociadas con niveles delgados de lutitas rosas. Las calizas contienen microfauna que las coloca en

SW de Mezquital Dgo.
(Flanco N. Cerro Las Cruces)
(C-1163 IMP, 1983)

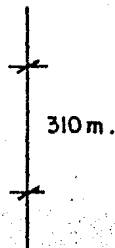
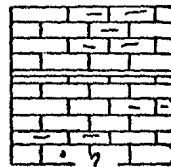
Tra.
(Cret.)



COLUMNA 1

(a)

SW. de NOMBRE DE DIOS DGO.
(Hernandez C.J.L. 1980)

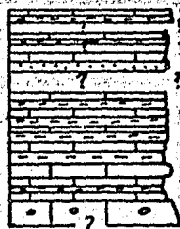


COLUMNA 2

(b)

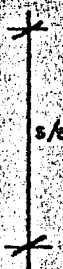
CIENEGILLAS DGO.
(Cerro El Burro)
(C-1163 IMP, 1983)

Alb.- Cen.
Alb. Sup.



Alb. Inf(?)
? (Alb.-Cen.)

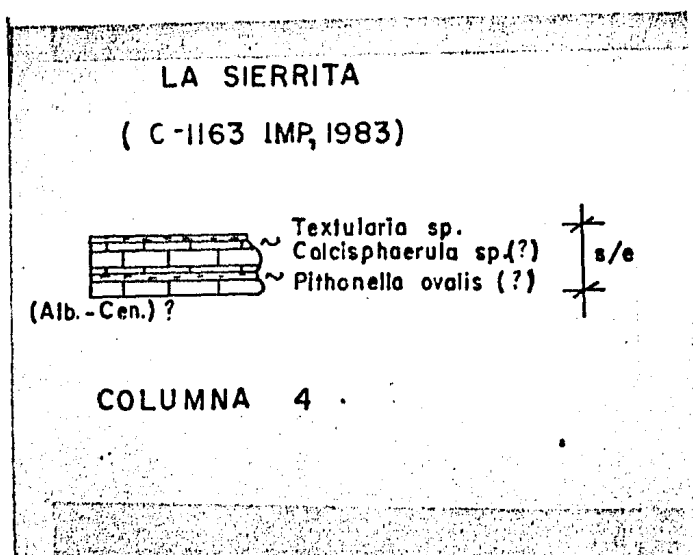
Pithonella ovalis.
Hedbergella sp.
Scaphites aff. circularis.



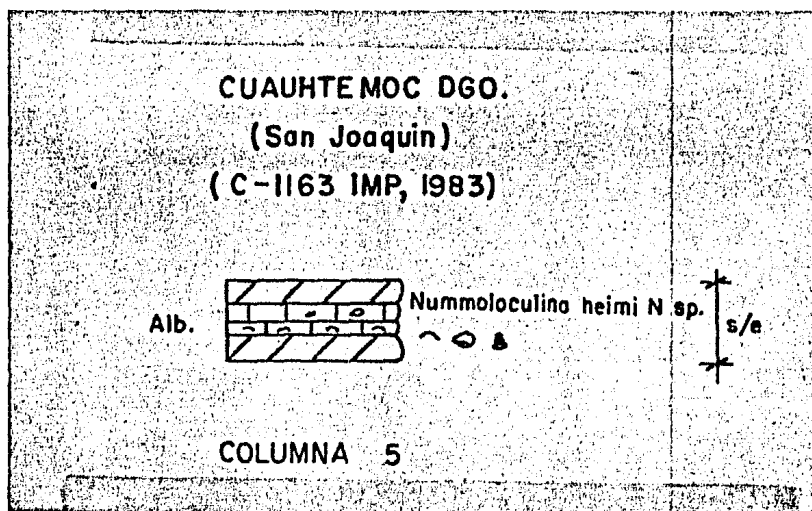
COLUMNA 3

(c)

FIG. 11.7



(a)

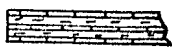


(b)

Fig. 11.8

SAN MIGUEL DE LA CALERA ZAC.
(C-1163 IMP, 1983)

Cref. (?)



COLUMNA 6

(a)

ARROYO MINA CRONOS
(C-1163 IMP, 1983)

Alb. Inf. - Med.



Hedbergella planispira
Ticinella sp.



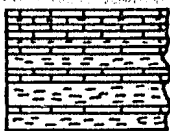
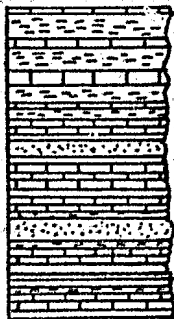
COLUMNA 7

(b)

NORTE DEL CERRO EL PAPANTON Dgo.
(C-1163 IMP, 1983)

Cen. inf

Alb. Sup.



COLUMNA 9

(c)

tre el Aptiano Superior-Albiano Inferior. Estas facies de carbonatos y terrigenos con fauna planctónica, se extienden más al N hasta la Sierra de Sta. Lucía, en el sector del Cerro el Papantón donde Cuevas P.E. (1980) los propone informalmente como Formación Papantón.

Columna No. 9 (Fig. II.9.c)

El flanco N del Cerro El Papantón se reconoce la columna 9, como se ve se conservan las facies carbonatadas y terrigenas de cuenca, extendiendose posiblemente hasta el Cenomaniano Inferior y conteniendo ademas niveles potentes de areniscas pardas que son posiblemente el anuncio de la llegada del flysch arenopelítico del Cretácico Superior.

Columna No. 10 (Fig. II.10.a)

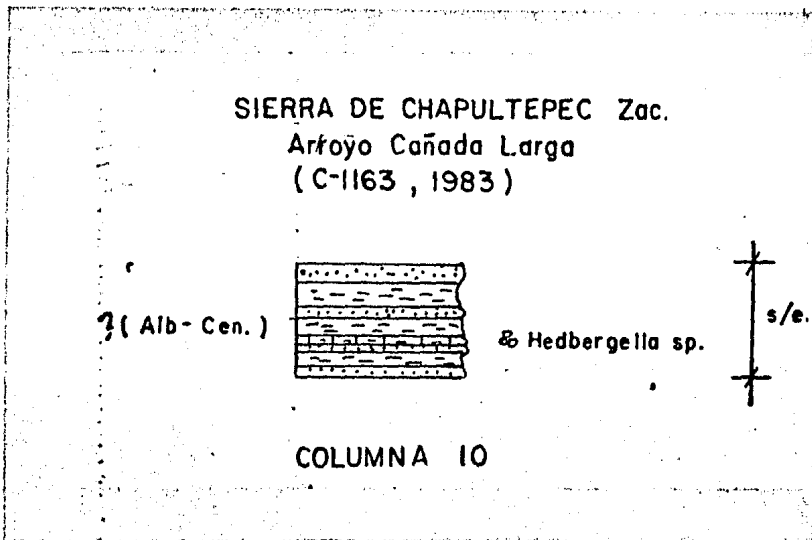
Sobre el Cauce del Arroyo Cañada Larga en el flanco N de la Sierra de Chapultepec (NW de Fresnillo Zac.) aproximadamente 600 Mts. aguas arriba de su intersección con el Arroyo Hondo, se observa un paquete detrítico constituido en su base por una alternancia de areniscas verdes en bancos delgados a medios y lutitas negras definiendo bancos delgados. Hacia la parte media adquieren más importancia las lutitas intercalandose con capas delgadas de calizas arcillosas negras con microfauna, que les asigna una edad probable de Albino-Cenomaniano, en la parte alta de la columna las areniscas vuelven a tomar importancia, definiendo bancos medios a gruesos y alternando con niveles potentes de lutitas. No fue posible medir el espesor, ya que su base ni la cima fueron observadas.

Columna No. 11 (Fig. II.10.b)

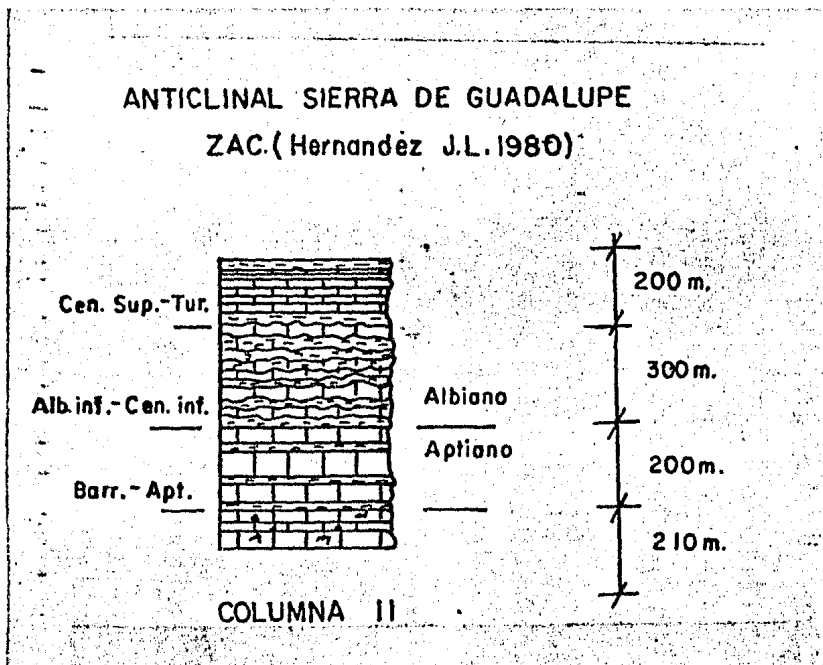
En la Sierra de Guadalupe de las Corrientes se tiene una columna definida por Hernández C.J.O. (1980) en donde las facies del Aptiano, inclusive las del Barremiano son de plataforma abierta, haciendose más profunda en el Albiano-Cenomaniano.

Columna No. 12 (Fig. II.11.a)

La Columna Mesozoica presentada por de Cserna Z. (1976) para el área de Fresnillo Zac., es una columna compuesta aproximadamente de 1,900 Mts. que descansa discordantemente sobre un paquete de lavas andesíticas con estructura almohadilla y niveles brechoides intercalados. Del Neocomiano al Albiano esta representado por casi 1,000 Mts. de una secuencia flyschoides, con amonitas, moluscos quitinosos y conchas de crustáceos en las cercanías de su base, se le asigna una edad Valanginiano-Hauteriviano. Casi en su porción media presenta algunos niveles de carbonatos seguidos nuevamente por areniscas y lutitas, en su parte más alta se observa un cambio transicional hacia una se-



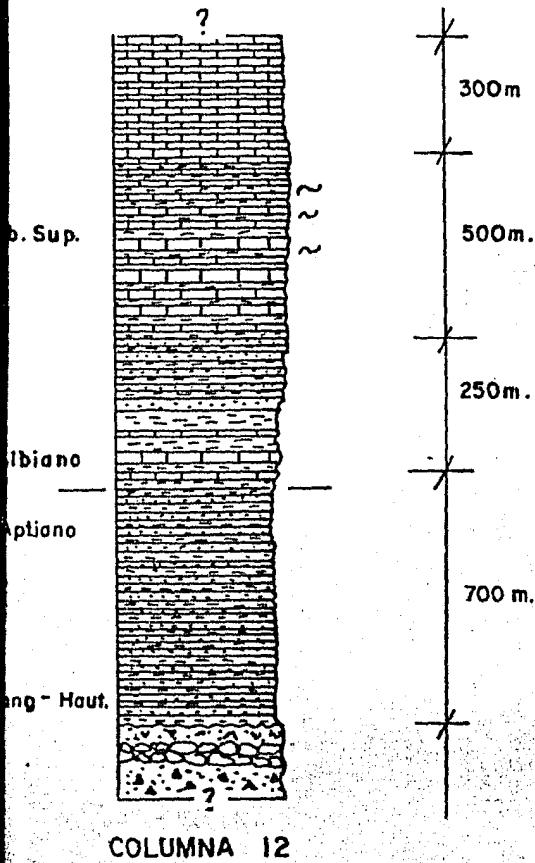
(a)



(b)

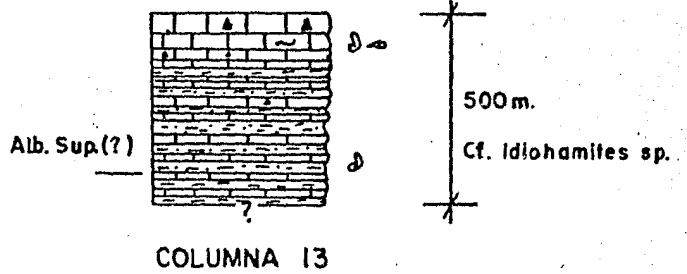
FIG. II.10

AREA DE FRESNILLO ZAC.
(de Cerna Z. 1976)



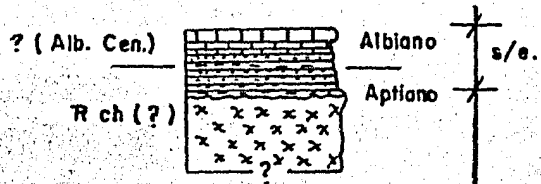
(a)

SANTO TOMAS
(Flanco E. del Cerro Los Pelones) Zac.
(C-1163 IMP, 1983)



(b)

SE. de TEPEZALA Ags.
(C-1163 IMP, 1983)



COLUMNA 14

(c)

FIG. II. II

cuencia de carbonatos y arcillas con amonitas y gasterópodos del Albino Superior, su columna finaliza con puros carbonatos sin fósiles ni edad. Es de notarse la falta de sedimentos del Jurásico Superior.

En la Columna del Aredae Fresnillo, lo que parece tener un significado paleogeográfico importante en esta parte del país.

En el área de Casa de Cerros al NNE de la Cd. de Zacatecas, se observa la secuencia litológica afectada por un cuerpo diorítico, en algunos niveles con menos metamorfismo pueden reconocerse sub-arcosas con algunos fragmentos de andesitas (Garduño V.H. 1983).

Así mismo al SE de Pozos de Gamboa y sobre el arroyo el Gato, que es un afluente del arroyo el Pajonal afloran bancos potentes de sub-grauwackas verdosas en ocasiones micro-conglomeráticas, constituidas por fragmentos de areniscas, rocas metamórficas y andesitas dentro de una matriz arcillosa. Esta litología se encuentra totalmente sana, y es muy parecida a las areniscas aflorantes en Arroyo Hondo (Flanco Norte de la Sierra de Chapultepec Zac.) y posiblemente también con los sedimentos de la Formación Valdecañas del área Fresnillo, su constitución indica que sus materiales provienen de un terreno integrado por rocas andesíticas y metamórficas, que pudieran ser semejante al basamento que aflora a unos Km. al Sur en el Arroyo de la Calavera.

Siguiendo con la Metodología Descriptiva establecida a un principio, se procederá a continuación con la descripción de las columnas estratigráficas representativas del Cretácico Superior. (Fig. II.12)

Norte de Villa Unión Dgo. (Columna 1)

Esta columna fué medida por J.L. Hernández (1980) encontrando las siguientes unidades de la base a la cima. (Fig. II.13)

a) 600 m. aproximadamente (Fm. Tamabra) de calizas ligeramente arcillosas con alternancia de calizas con nodúlos de pedernal. Se observó microfauna planctónica y bentónica en las calizas.

Su contacto inferior no fue observado, subyace concordantemente a la formación Indidura. La edad no se tiene con exactitud por falta de datos paleontológicos.

b) 200 m. aproximadamente (Fm. Indidura) consiste de calizas arcillosas con microfósiles indeterminados en capas de 10 a 20 cm. infrayace a la formación Caracol.

c) 800 m. aproximadamente (Fm. Caracol) constituidos por arenas de grano fino a medio, alternando con lutitas calcáreo-arenosas, fisiles con espesor de 15 a 80 cm. infrayace a los depósitos clásticos continentales Terciarios.

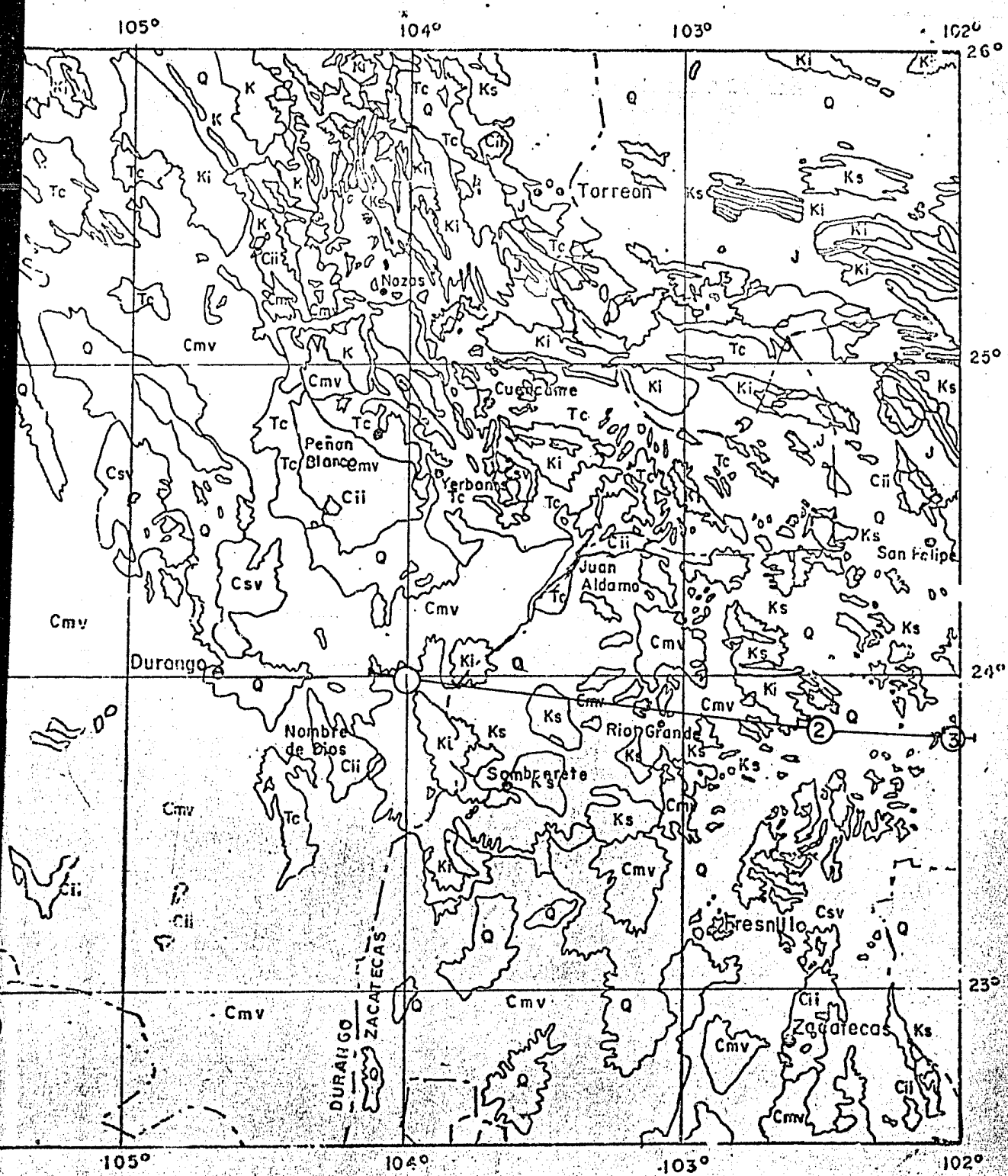
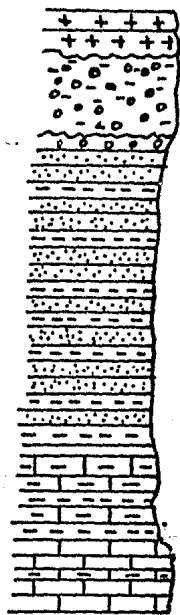


Fig. JI. 12 Plano de Localizacion de las Columnas Estratigraficas del Cretasico Superior

N. de VILLA UNION DGO.

(J.L. Hernandez , 1980)



TURONIANO

CENOMANIANO
ALBIANO

COLUMNA NO. 1

FIG. 11.13

Para el Campaniano-Eoceno Inferior (80-50 m.a.), las rocas que se encuentran aflorando a lo largo del área de Durango y Zacatecas son muy escasas, solo se cuenta con 2 localidades y corresponden a cuerpos intrusivos. 1) Tronco de Peras Dgo. (Damon 1977) 2) Parrilla-Nombre de Dios Dgo. (Damon 1977). Se conocen además de estos, otros 2 que corresponden a la misma edad, pero se localizan fuera del área de estudio como son: 1) Santa Mario del Oro Dgo. ---- 2) Zacatecas, Zac.

Finalmente para los depósitos Post-Laramídicos, los cuales en términos generales han sido poco estudiados no obstante sus amplias manifestaciones, es necesario mencionar que este paquete volcánico se encuentra constituido principalmente por riolitas, ignimbritas y tobas riolíticas que integran la Sierra Madre Occidental con edades que varían del Oligoceno-Mioceno (35-5 m.a.)

La distribución de este material en el área de Durango-Zacatecas es muy amplia cubriendo casi un 50% de ella. Como ya se hizo mención no obstante la abundancia de afloramientos su estudio es mínimo, encontrándose solamente entre los trabajos más importantes los emprendidos por Geólogos de la Universidad de Texas (Swanson E.R. y otros 1978, Mc. Dowell F.W. y Keizer R.P. 1977, Clabauq S.E. 1972).

c) Interpretación Geológica

1).- Una vez descritas las columnas Geológicas con que se contaba, se procederá a realizar una correlación entre algunas secciones, para poder establecer la evolución que ha sufrido el área, además se efectuarán algunos perfiles de tipo tentativo.

Como se observo en las diferentes columnas estratigráficas descritas, existen algunas en las que la información proporcionada es muy pobre, resultando difícil su ubicación dentro de la columna Geológica, llegando a presentarse el caso de que solo se ubicaron en base a conjeturas y suposiciones, de aquí que el aceptar esta información como verdadera implicaría errores. Como único horizonte de control confiable se tiene el Contacto Albiano-Cenomaniano (Cretácico Medio - Cretácico Superior), hecho por el que fue escogido como nivel de referencia en la construcción de los perfiles y secciones. (Fig. II.6)

Ya desde este momento se comienza a vislumbrar la falta de información, para poder realizar una interpretación satisfactoria, puesto que se desconocen las dimensiones que guarda el paquete sedimentario no es posible el establecimiento del contacto Jurásico-Cretácico ni Cretácico-Terciario, horizontes importantes para el establecimiento de las características del área.

2).- Sección A-A' (Fig. II.14)

Tiene una orientación N-S, se extiende al E de la Cd. de Durango, se ini-

cia al SW de Mezquital Dgo., correlaciona las columnas 1, 2, 3, 4, 5 en las -
cuales las características más sobresalientes son:

Columna 3 hacia su cima presenta una alternancia de calizas en bancos delgados (con microfauna de edad Albiano Superior), con capas delgadas de lutitas litología que nos establece que el depósito se realizó en aguas tranquilas.

Columna No. 4 las calizas se presentan en bancos gruesos a masivos con fragmentos de rudistas cuyo ambiente de depósito se cree sea de una plataforma.

En dirección NE se tiene la columna 5 en la que las calizas se encuentran asociadas con niveles de dolomías en bancos gruesos, los que en conjunto definen facies de plataforma restringida.

Resumiendo tenemos un perfil en el que para la porción más al S el ambiente de depósito se establece de Plataforma Abierta, el cual va cambiando conforme se avanza en dirección N a un Ambiente de Plataforma restringida.

3).- Sección C-C' (Fig. II.15)

Se localiza al NW de la Cd. de Fresnillo presenta una orientación aproximadamente SW-NE, establece condiciones muy significativas dentro del área ya que por medio de ella se puede detectar un cambio dentro del ambiente de depósito, pasando de una zona de Cuenca al SW, a una zona de Plataforma Abierta al NE, estas características se ven claramente en la litología de las columnas 10 y 11 respectivamente.

Columna 10 se detecta hacia su parte media (Albiano-Cenomaniano) un aumento de importancia en el depósito de lutitas, las cuales se encuentran intercaladas con capas delgadas de calizas arcillosas, cuyo ambiente se supone tranquilo y sin perturbaciones. En la Columna 11 de acuerdo a lo establecido por Hernández C.J.L. (1980) se tienen facies de Plataforma abierta desde el Aptiano, las cuales para el Albiano-Cenomaniano se hacen más profundas.

4).- Sección E-E' (Fig. II.16)

Una de las columnas estratigráficas desde Nombre de Dios Dgo., hasta San Francisco del Oro Zac., tiene una orientación W-E y correlaciona las columnas 2, 9, 11, 14.

En esta correlación se pueden ver que se tratan de facies de Cuenca Albiano-Cenomaniano con una mayor cantidad de terrígenos al W que al E, lo cual parece marcar la polaridad de sedimentación de W a E, la naturaleza predominantemente carbonatada hacia el E, puede explicarse a partir del gradiente ascendente hacia el E que presenta el fondo de la Cuenca, protegiendo de esta manera a las regiones orientales de la influencia de los terrígenos provenientes del poniente.

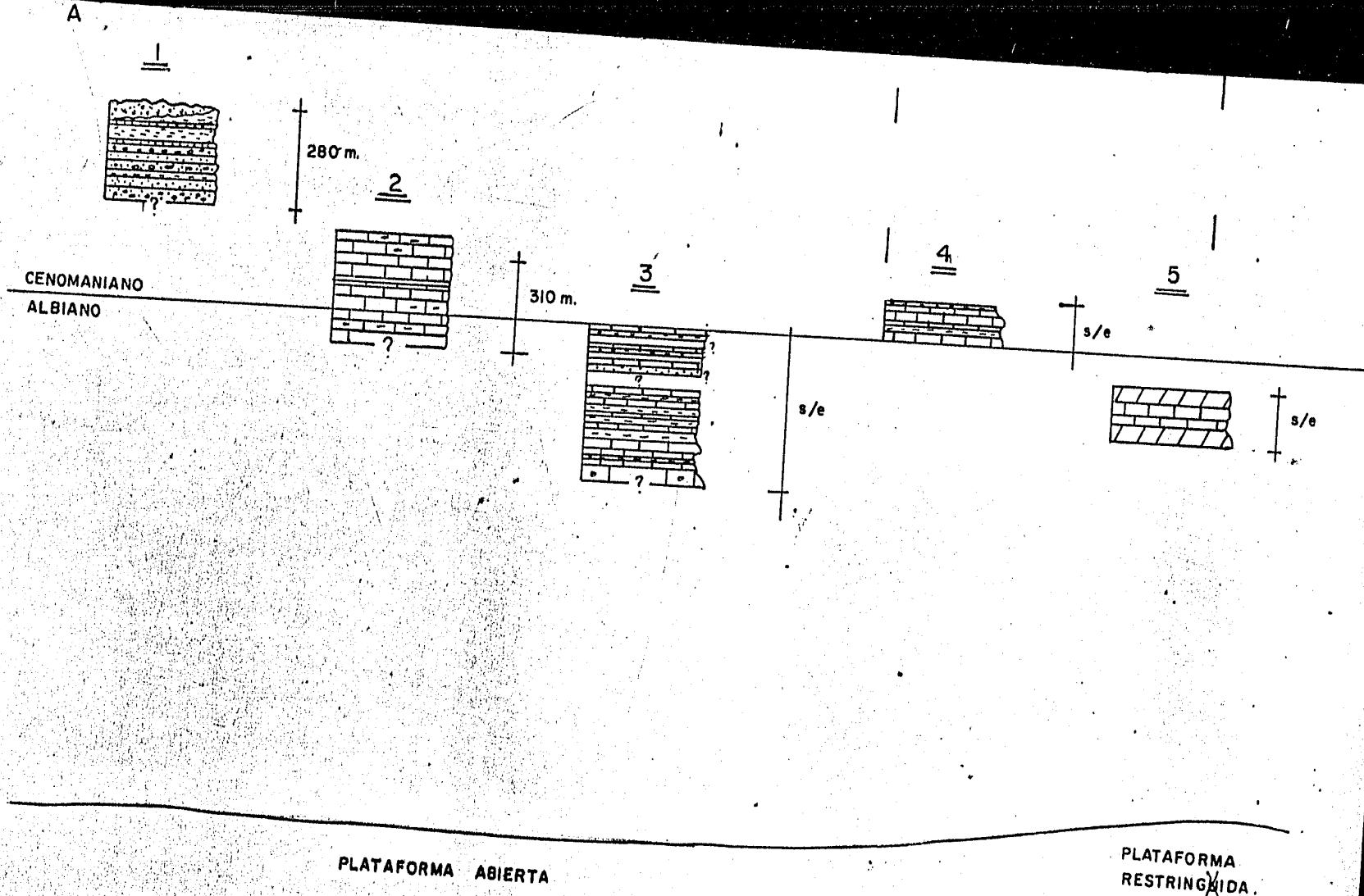


FIG. II.14 SECCION A-A'

c

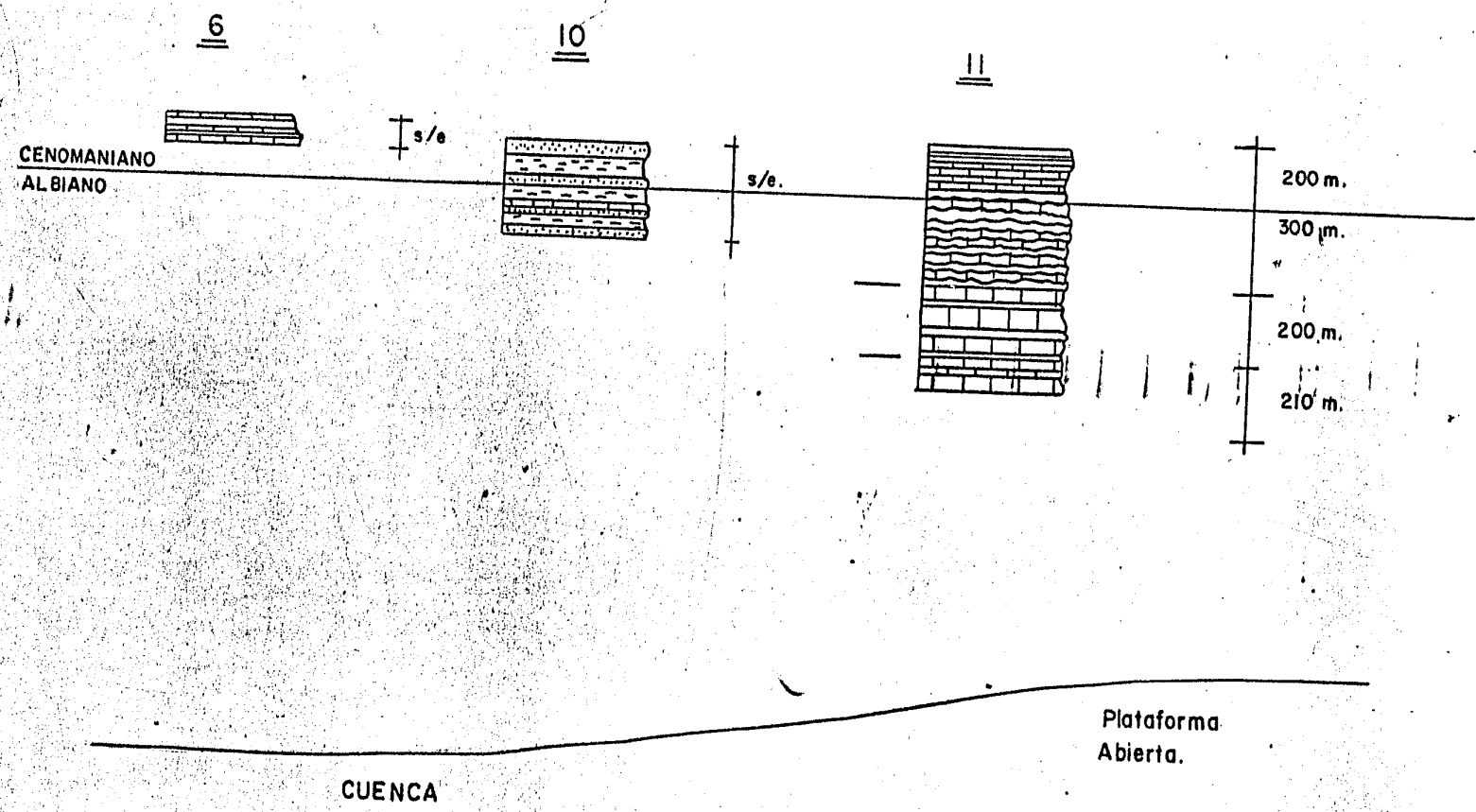


FIG. II.15 SECCION C-C'

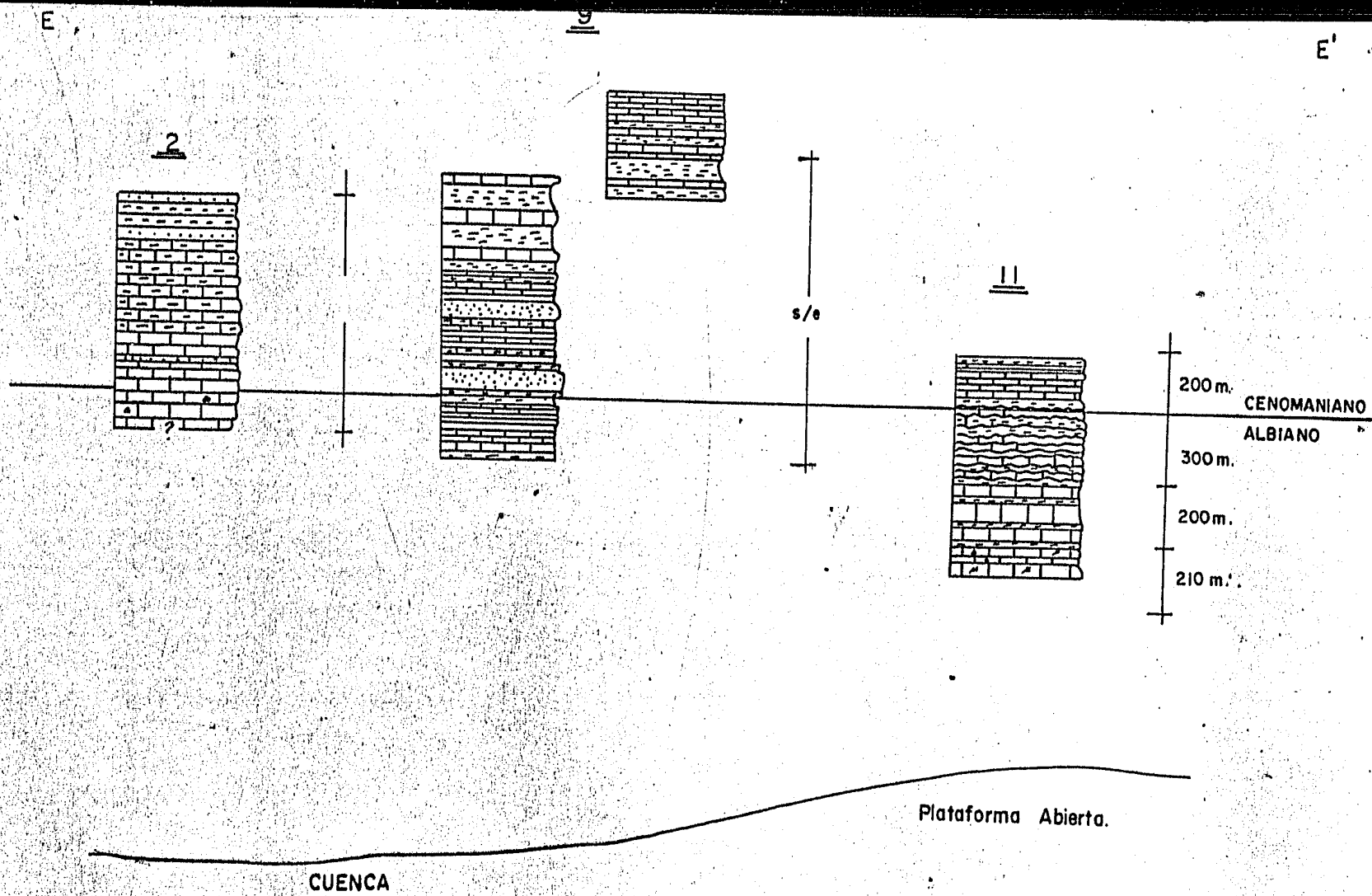


FIG. 11. 16 SECCION E-E'

5).- Sección F-F' (Fig. II.17)

Se extiende desde Mezquital Dgo., hasta Fresnillo Zac., corre un poco más al S que la sección C-C', nuevamente se establece como fuente de aporte de terrígenos la región más al E (Mezquital), la cual suministra a una cuenca al W en donde predominan los terrígenos hasta por lo menos la parte alta del Albiano, mientras que el área de Fresnillo se presentan condiciones de Plataforma Abierta.

Realizando un estudio semejante, pero a lo largo de un área más extensa y contando con un mayor número de información Garduño V.H. (1983) se llegó al establecimiento de 3 facies dentro del área las cuales aparecen en la Fig. II 19 y que son:

- | | |
|-------------------------|--------------------------|
| a) Facies de Plataforma | Restringida
Abierta |
| b) Facies de Cuenca | Carbonatada
Terrigena |

Como puede apreciarse en la Fig. II.19 el elemento Paleogeográfico Albiano-Cenomaniano, ubicado en el área de Aldama Zac., Guadalupe Victoria Dgo., - presenta facies de plataforma restringida, las cuales son contemporaneas a -- las encontradas en la zona de Coahuila, este hecho hace pensar acerca de la - presencia tan al Sur de esta plataforma, haciendo suponer que corresponde a - una pequeña isla independiente de Coahuila, o que se trata de una posible ventana, lo que implicaría una continuidad de la plataforma hacia el Sur.

En el área de San Juan del Río Dgo., (fuera de la zona en estudio) se -- tiene aflorando un paquete de terrígenos y carbonatados cuya edad se cree -- Albiano-Cenomaniano, la predominancia de detritos establece una diferencia-- ción dentro de la Cuenca (carbonatado-Terrigeno y Terrigenos), el límite se - cree pueda extenderse hacia el Sur atravesando el área de San Juan del Río - Dgo., hasta el sector de Mezquital Dgo., donde se tienen nuevamente eviden-- cias de terrígenos (Columna 1).

Finalmente en el área comprendida entre Fresnillo-Pastoría y Sto. Tomas (al SE de la Cd. de Zacatecas) se tienen facies de Plataforma Abierta, cuya - forma alargada se extiende hacia el N hasta la Sierra de Guadalupe de las Co-- rrientes, donde afloran calizas muy arenosas con regular cantidad de gastero-- podos y donde parecen existir condiciones de plataforma abierta por lo menos-- desde el Barremiano.

También como ya fué mencionado la ausencia de sedimentos del Jurásico -- Superior en el área de Fresnillo, hace suponer que esta funciona como una zo-- na emergida hasta por lo menos el Barriasiano (Jurásico-Cretácico). La presencia

F

F'

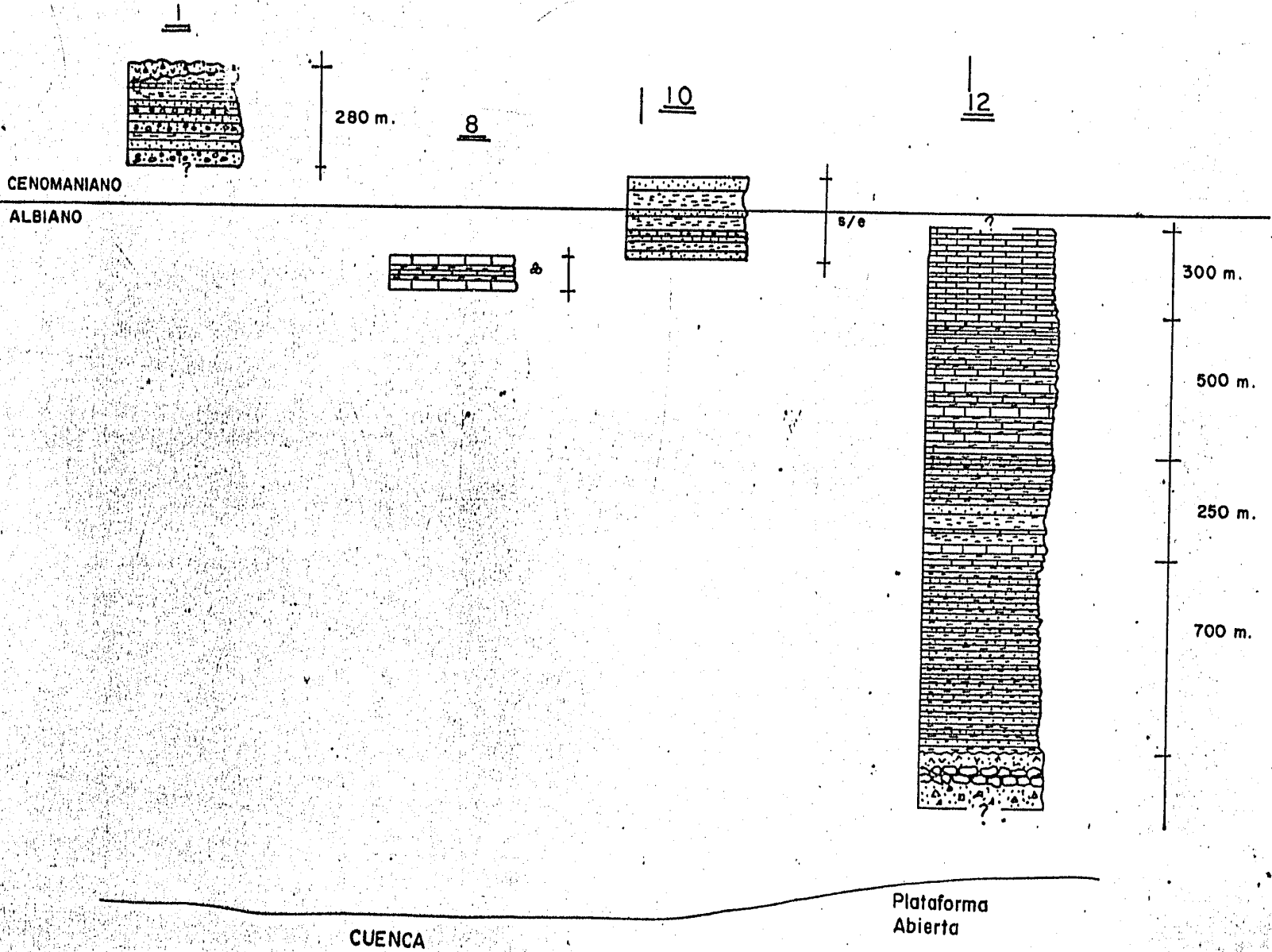


FIG. 11.17. SECCION F-F'

W

N. de VILLA UNION DGO.
(J.L. Hernández, 1980)

E

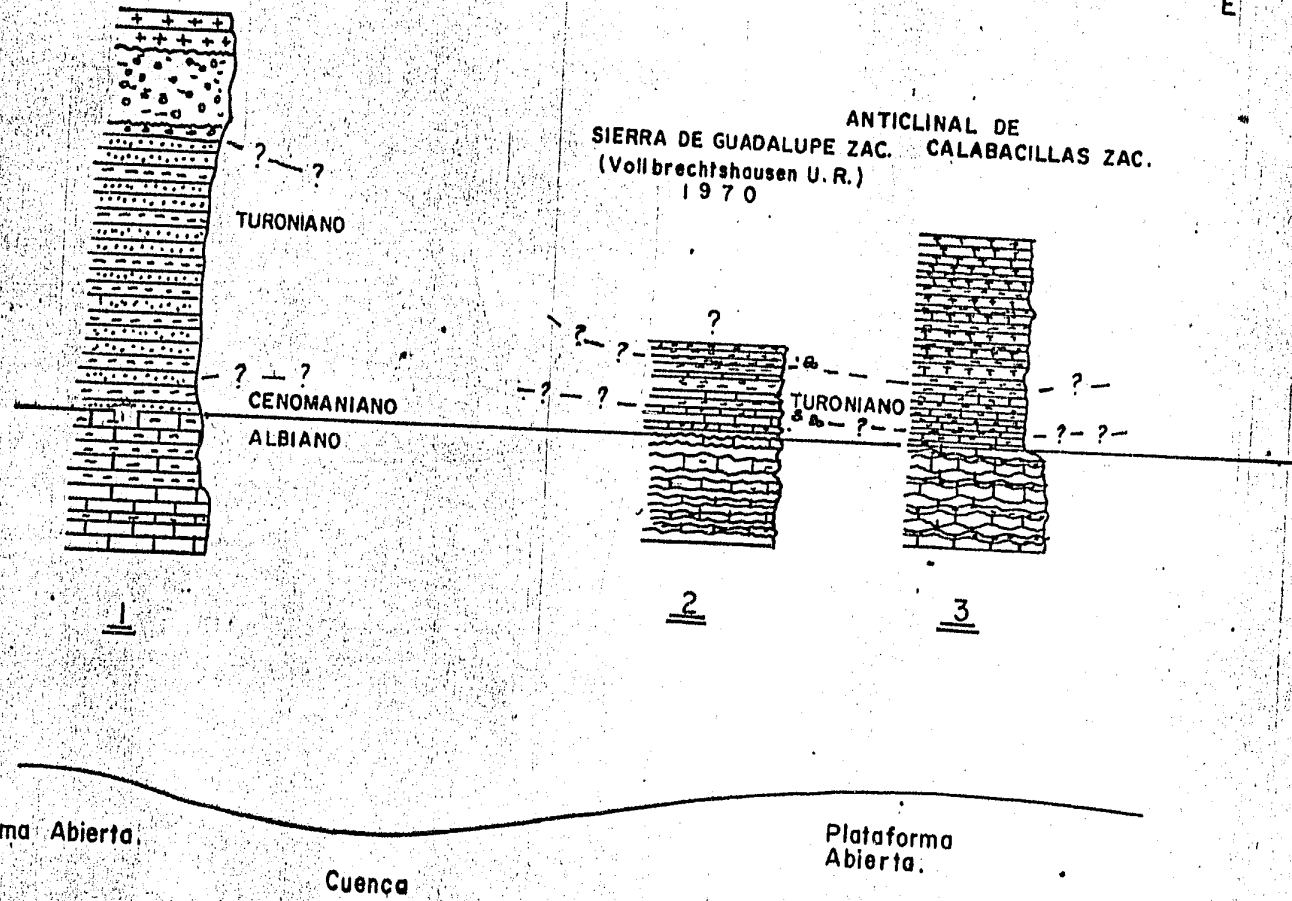


FIG. II.18

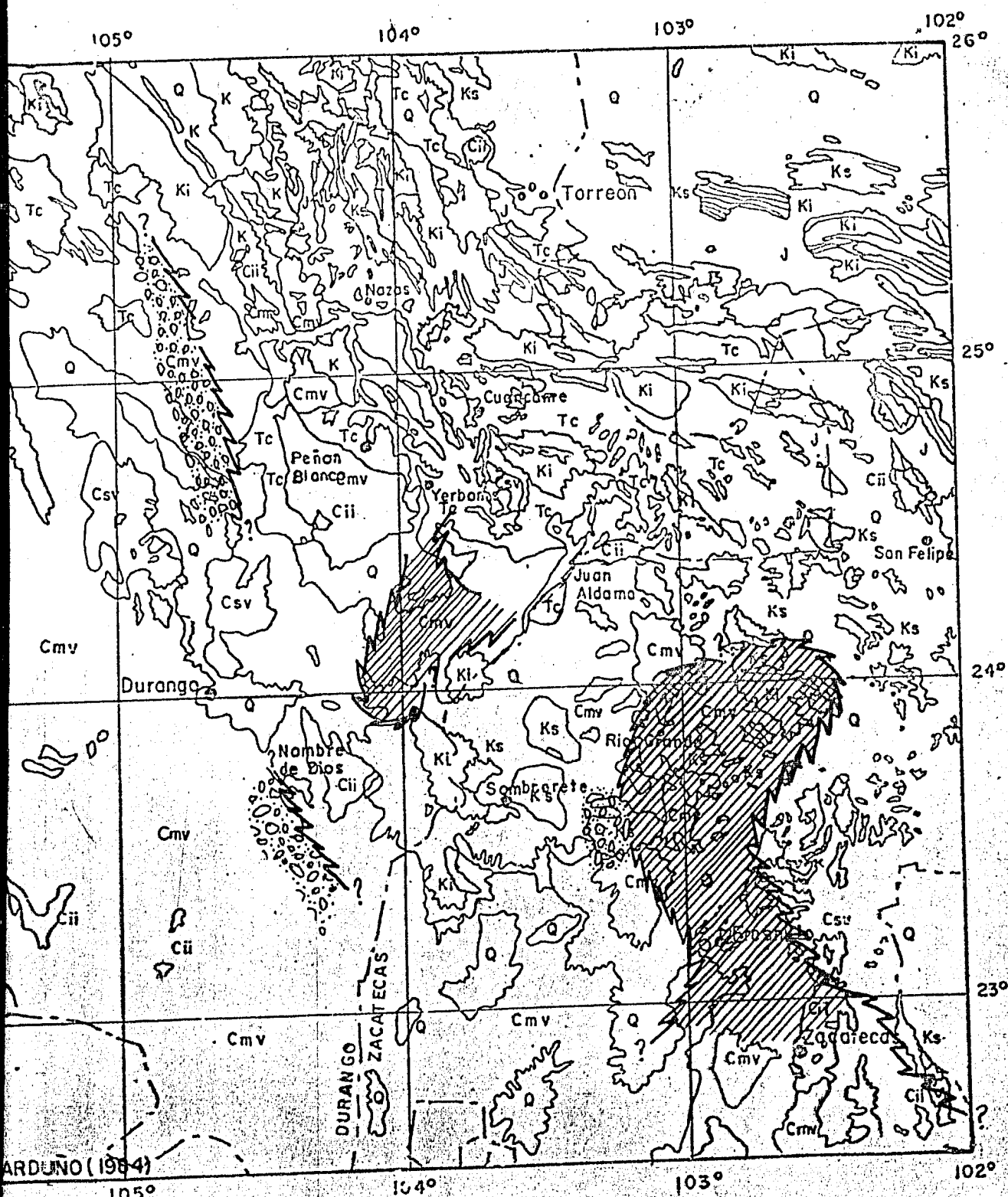


Fig. 11.19 Distribucion de Facies Cretasico Inferior (Albiano - Cenomaniano)

Facies

Restringida

Abierta

Carbonatado Terrigena

Terrigeno

Plataforma

Cuenca

ARDUNO (1964)

cia de una sedimentación marina se hace presente hasta el Valanginiano-Huateriviano.

d)

Para el caso de una interpretación de tipo Superficial Regional la información Geologica presentada hasta el momento resulta ser razonablemente aceptable y por lo tanto también lo son las interpretaciones obtenidas a partir de ella, pero para un caso más completo en el que se requiere establecer condiciones generales del paquete sedimentario como son su espesor, acñamientos, plegamientos, fallas, etc., puntos importantes para la valorización de las perspectivas del área y para la proposición de zonas con interés económico resulta insuficiente.

Ademas se tiene la limitante de la Geología Superficial, referente al hecho de que solo es posible establecer hipótesis en base a la información obtenida en los afloramientos, punto que para el área en estudio resulta particularmente una gran limitante puesto que como ya fue mencionado gran parte de la misma se encuentra cubierta por derrames ígneos, resultando con esto que todas las estructuras, litología, etc., que se encuentren por debajo de esta cubierta y que no presenten manifestación superficial serán imposibles de conocer.

Por estas interrogantes y algunas otras más, es necesario el uso de métodos indirectos que nos ayuden a esclarecer estas incógnitas, para lo cual una de las ciencias que más apoyo nos proporciona debido a sus técnicas empleadas es la Geofísica.

Debe quedar claro que la información Geologica obtenida, es muy útil y necesaria ya que es a partir de ella y tomandola como base, que se efectúan las suposiciones dentro de las técnicas aplicadas en la Geofísica, de aque que resulte recomendable trabajar ambas técnicas de manera coordinada.

De acuerdo a la necesidad de la utilización de algunas técnicas Geofísicas principalmente de la Magnetometría y Gravimetría resulta conveniente el mencionar algunos de los Fundamentos más importantes en que basan sus técnicas, y cumplir con las finalidades que se persiguen.

CAPITULO III . - PRINCIPIOS Y FUNDAMENTOS DEL METODO MAGNETOMETICO,
APLICABLES.

III).- PRINCIPIOS Y FUNDAMENTOS DEL METODO MAGNETOMETRICO, APLICABLES.

) Generalidades:

De igual manera que en el espacio que rodea a una masa se forma un campo gravitatorio, en el espacio que rodea a un conductor (Fig. III.1) por el que circula una corriente eléctrica, se forma un campo llamado Campo Magnético, - este se manifiesta por la fuerza que ejerce sobre los conductores que se colocan dentro de él, y también puede ratificarse por la acción que ejerce sobre un imán natural o artificial (Fig. III.2a,b)

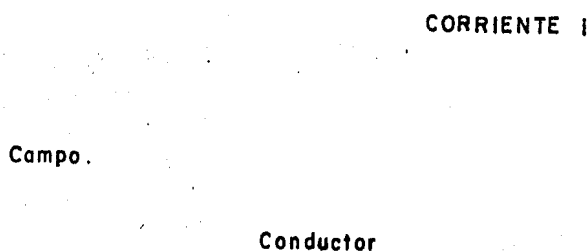


FIG. III. I

1) Polos Magnéticos

Desde el punto de vista magnético debe entenderse como los extremos -- de un imán en los cuales es máxima su fuerza de atracción o repulsión, ya que los imanes presentan acciones recíprocas entre los Polos: Polos del mismo signo se rechazan y polos de signo contrario se atraen.

También este término corresponde a los puntos de la Superficie del -- Globo terrestre en los cuales la inclinación magnética es de 90° y que son -- los puntos hacia los cuales independientemente de las perturbaciones locales -- se orienta la brújula, además es necesario mencionar que estos puntos no coinciden con los Polos Geográficos.

2) Líneas de Fuerza

Para poder explicar el significado de este término se procederá a la --

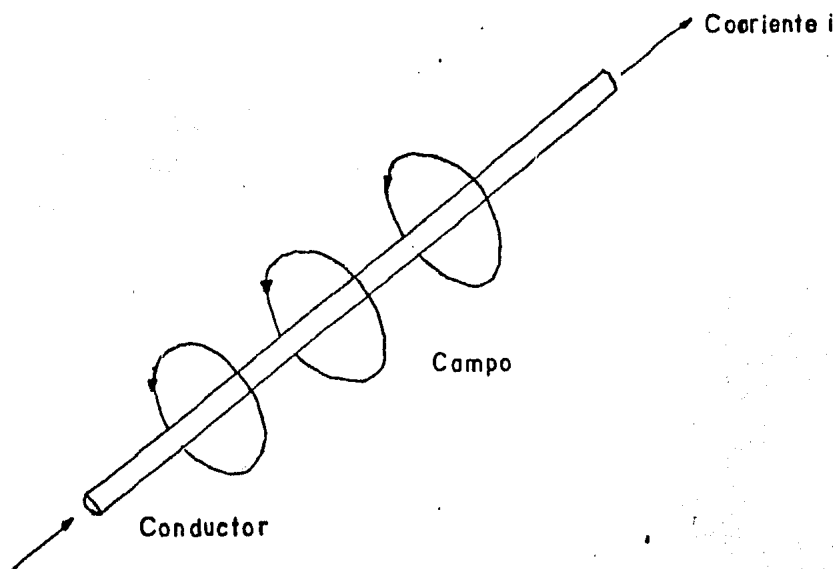
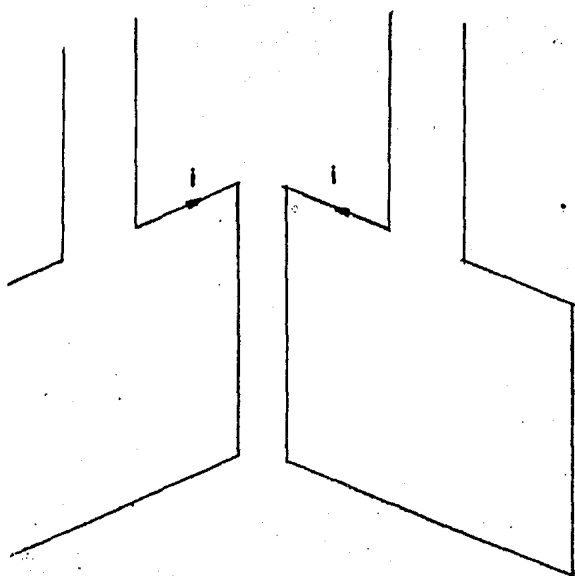
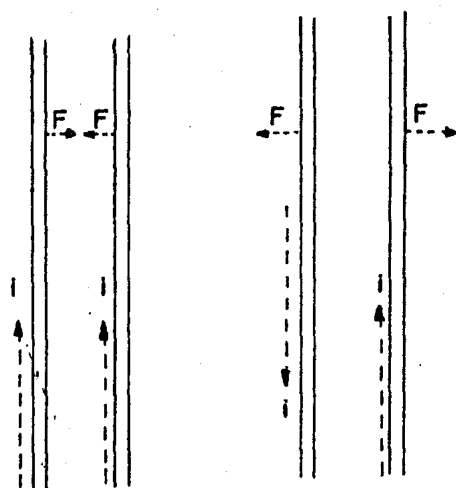


FIG. 111.1

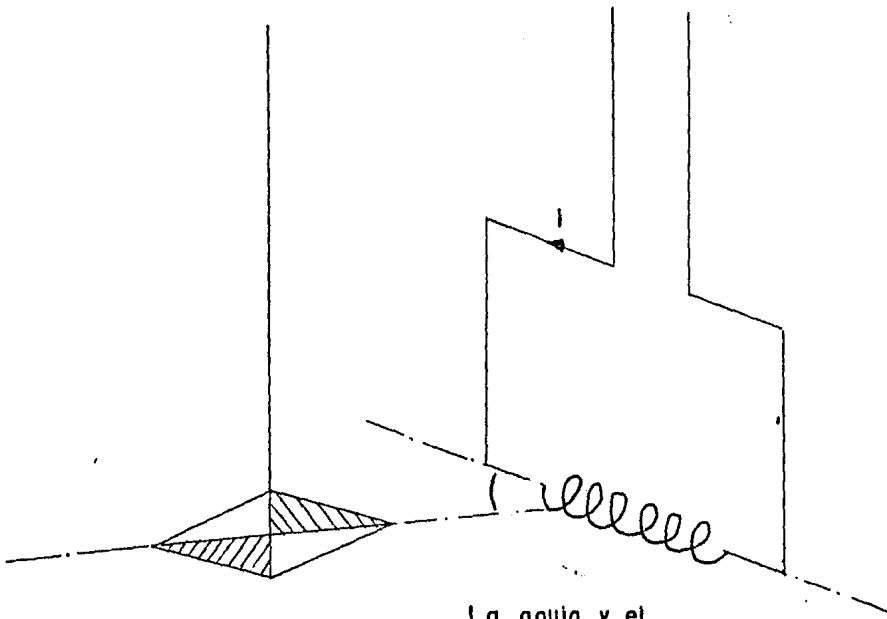


Corriente Electrica
circulando por rectangulos



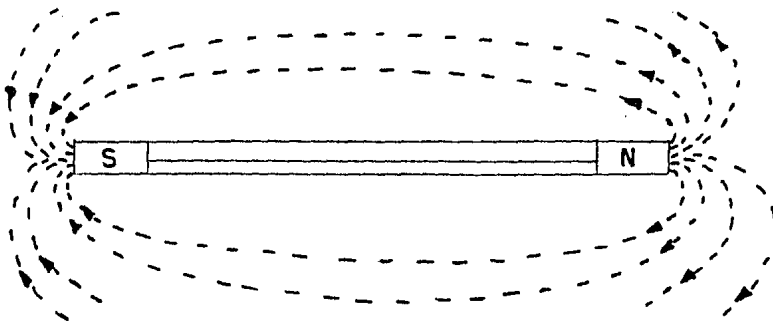
Atraccion y Repulsion
en conductores de corriente

FIG. 1112a.



La aguja y el
solenoides quedan \perp

FIG. III. 2b.



Lineas de Fuerza

Barra Imantada

FIG. III. 3

utilización de un imán del tipo de barra (Fig. III.3) y de limadura de hierro; por medio de un sencillo experimento al espolvorear la limadura sobre una hoja de papel normal y por debajo colocado el imán; se puede apreciar fácilmente que esta limadura adquiere un cierto arreglo, a este acomodo en forma de líneas es a lo que se le a dado el nombre de Líneas de Fuerza, las cuales entran y salen en las cercanías de los polos.

Esta barra magnética si por medio de algún dispositivo se dejara que tuviera un movimiento libre, adquirirá una cierta orientación; que sería con su polo negativo en dirección del Polo N magnético Terrestre y su polo positivo en dirección del Polo S, ya que la tierra actúa como un imán gigante.

3) Fuerza Magnética

Experimentando con polos de imanes delgados y de gran longitud se ha demostrado la existencia de una fuerza de atracción entre los dos polos magnéticos de distinta polaridad, la cual es directamente proporcional a la fuerza de los polos e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa.

$$F = \frac{1}{\mu} \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

Donde:

F.- Fuerza de acción

q.- Magnitud o cantidad de magnetismo

μ .- Permeabilidad magnética; la cual depende de las propiedades magnéticas del medio donde se encuentren -- los polos .

4) Intensidad del Campo Magnético (H)

En algunas ocasiones es conveniente el representar el campo magnético por medio de líneas de fuerza y entonces la intensidad del campo esta dada -- por el número de líneas por cm^2 que cruzan una sección perpendicular a la dirección de las líneas. (Fig. III.4)

Analíticamente si se considera un polo magnético unitario q_0 colocado en un punto dentro de un campo magnético generado por otro polo q ; actuará -- una intensidad de campo del segundo sobre el primer polo igual a:

$$H = \frac{F}{q_0} = \frac{q}{\mu r^2}$$

r.- Distancia entre polos

H.- Es de carácter vectorial con dirección definida e -- igual a la fuerza que actúa sobre el polo unitario-

q_0

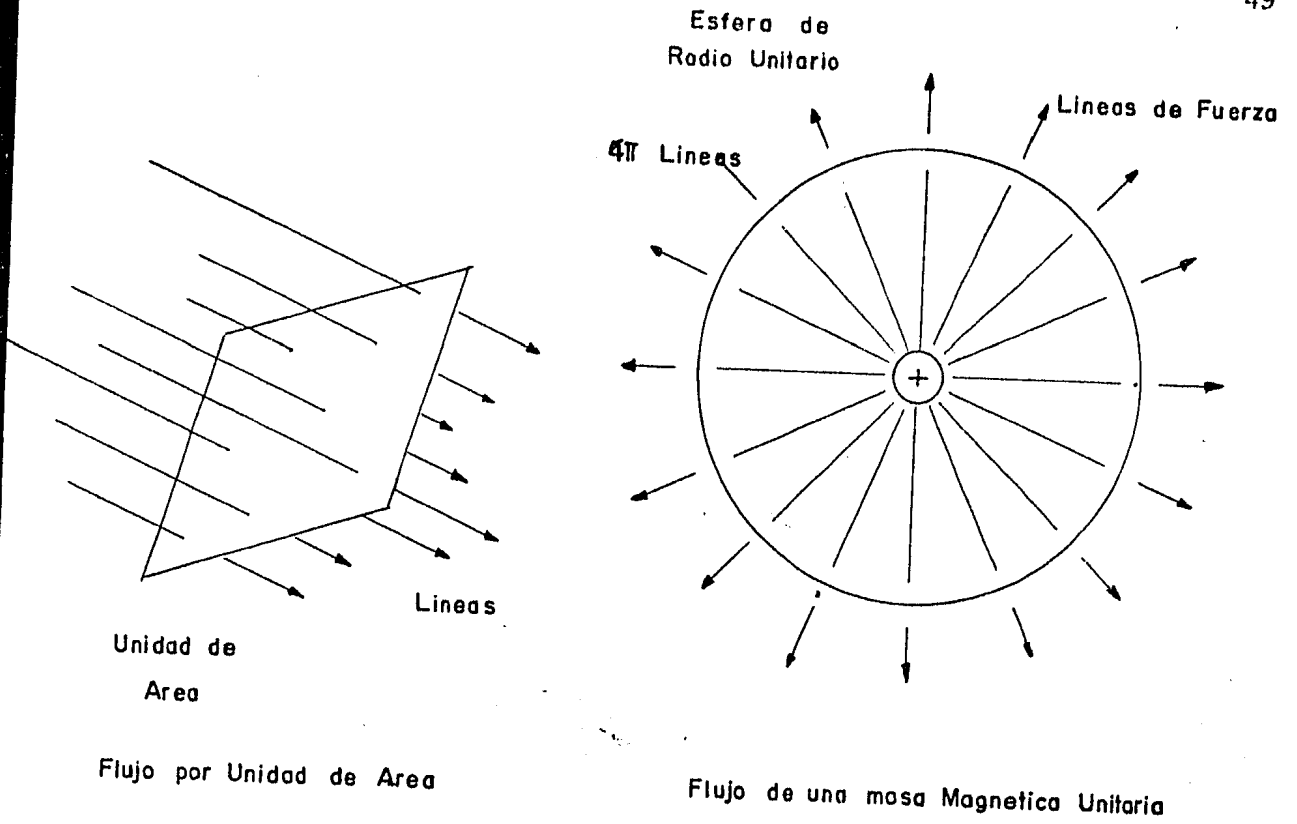


FIG. III. 4

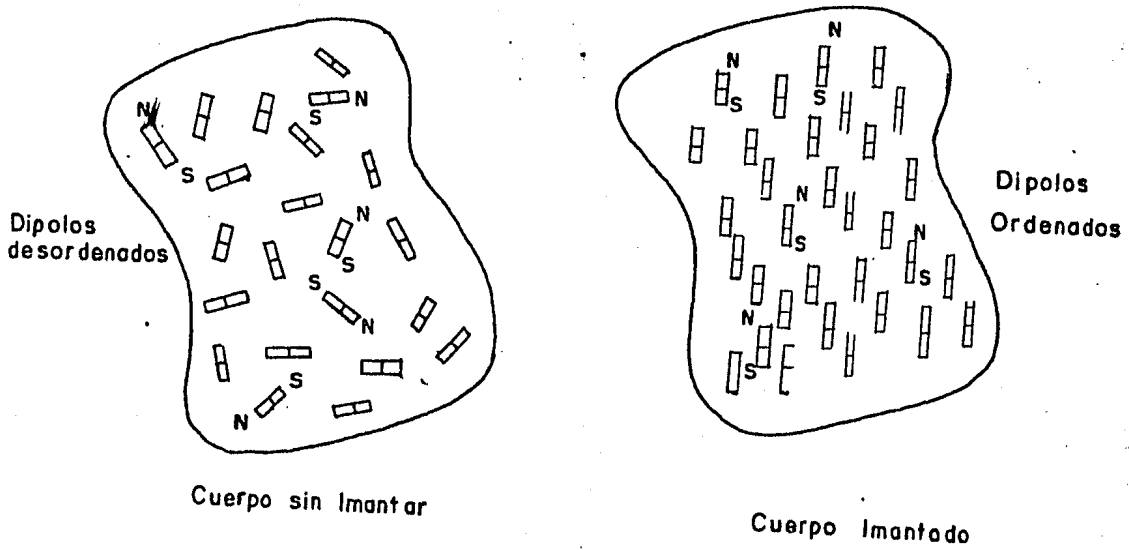


FIG. III. 5

5) Momento Magnético (M) e Intensidad de Magnetización o Polarización (I)

El momento magnético queda definido por el producto de "q" por "l" en donde "q" es la magnitud de fuerza del polo y "l" es la distancia de separación entre los polos.

$$M = q l$$

La polarización queda establecida al momento de actuar un campo inductor sobre un material magnético, los imanes elementales o dipolos de este tenderán a adquirir la dirección establecida por el campo magnético externo. El número de imanes alineados (Fig. III.5) dependerá directamente de la magnitud del campo magnético externo. De esta manera el material adquiere un momento magnético que es igual a la suma vectorial de todos los dipolos elementales, entendiéndose como dipolo elemental a los electrones y núcleos que constituyen los átomos de un imán. La Fig. III.5a, pone de manifiesto las características magnéticas de un electrón libre.

Todos los electrones tienen una cantidad de movimiento angular de "spin" característica con respecto a cierto eje, representado en la Fig. 5a., por el vector L, esta carga giratoria puede considerarse clásicamente como si estuviera hecha de espiras infinitesimales de corriente. Cada una de estas espiras es un dipolo magnético minúsculo, donde su momento magnético queda dado por:

$$\mu = Ni A$$

i.- Corriente equivalente en cada espira

A.- Área de la espira

N.- No. de vueltas = 1 para cada espira .

Con todo esto queda claro que los momentos de dipolos magnéticos de las partículas elementales libres están íntimamente relacionados con sus cantidades de movimiento angular intrínsecos o "spins".

El estudio de una sustancia Magnética puede caracterizarse al dar el momento magnético por unidad de volumen, esta cantidad recibe el nombre de Intensidad de Magnetización,

$$I = \sum M$$

6) Suceptibilidad

Cuando un cuerpo magnetizable se coloca en un campo magnético de intensidad H; el cuerpo adquiere una cierta magnetización I; proporcional al campo y a las propiedades de magnetización del cuerpo.

$$I = kH$$

Si el campo se encuentra formando un cierto ángulo con la superficie del cuerpo, la fórmula resultante es:

$$I = kH \cos \theta$$

Para ambos casos k es lo que se conoce como constante de proporcionalidad llamada Suceptibilidad Magnética, la cual además puede considerarse como una medida del número de dipolos magnéticos por unidad de volumen del material y de la facilidad con que son orientados.

En el vacío y para una sustancia no magnética $k = 0$

Los materiales magnéticos con suceptibilidad positiva son conocidos como paramagnéticos. Una sustancia paramagnética de muy alta suceptibilidad se le llama Ferromagnética. A las sustancias con suceptibilidad negativa se le conoce como diamagnéticas.

7) Inducción Magnética (B)

Se define como la intensidad de campo en el interior de un cuerpo magnetizado, en otras palabras los dipolos de un material inducido por la acción de un campo externo H , producirá su propio campo magnético H^1 ; el cual se encuentra relacionado con la Intensidad de campo magnético de la siguiente manera:

$$H^1 = 4 \pi I$$

Con esto se obtiene que B es el resultado de la suma de estos 2 campos externo e interno y será proporcional a la fuerza magnetizante del campo externo, en materiales que sean moderadamente magnéticos la Inducción Magnética se expresa como:

$$B = H + H^1 \Rightarrow H + 4 \pi I \Rightarrow H + 4 \pi k H \Rightarrow B = (1 + 4 \pi k) H$$

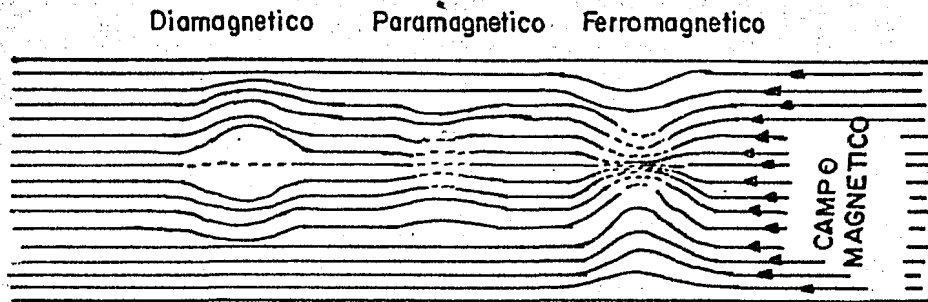
De donde tenemos $\mu = 1 + 4 \pi k$ denominada Permeabilidad Magnética (μ), la cual nos indica cuantas veces el campo magnético que existe en una sustancia es mayor que el campo H aislado y causado por los polos magnéticos.

Aunque el valor de μ es por lo general cercano a la unidad, exceptuando algunas sustancias ferromagnéticas que dan valores positivos muy altos de permeabilidad, existen 3 clases de sustancias magnéticas principales. (Fig. III.

6)

- 1) Diamagnéticos $\mu < 1$
- 2) Paramagnéticos $\mu > 1$
- 3) Ferromagnéticos $\mu \gg 1$

FIG III 5b



CLASIFICACION DE SUBSTANCIAS SEGUN SU PERMEABILIDAD

FIG. III. 6

Propiedades Magnéticas de las Rocas

La fuente de las Anomalías magnéticas producidas por rocas del subsuelo, dependen del material magnético que contienen y cuya propiedad fundamental es la polarización (I)

La polarización de las rocas queda determinada a partir de la susceptibilidad, por lo que esta propiedad resulta muy importante en la prospección magnética.

Las rocas Igneas en general son las que presentan una polarización total - mucho mayor que cualquier otro tipo de roca, entendiéndose como polarización total la suma de la polarización inducida por el campo (KH) y la polarización permanente (Ip).

$$I = KH + Jp$$

Para el caso de las rocas Igneas se presentan susceptibilidades altas y una polarización permanente (Ip) que varia entre 20% y el 80% de la polarización total, aunque en algunas rocas como los basaltos y porfidos de susceptibilidades mucho mayor que la polarización permanente (K Ip).

En segundo término se tienen las rocas metamórficas las cuales presentan una susceptibilidad baja y como consecuencia también una polarización baja. Por último se tienen las rocas sedimentarias las cuales en terminos generales no presentan ningún tipo de polarización, a menos que contengan dentro de su composición detritos de material ferromagnético.

Estas características quedan claramente demostradas en la Fig. 6, en donde se aprecia el comportamiento que guardan las líneas de fuerza del campo magnético al tratar de cruzar los tres diferentes tipos de rocas.

Unidades utilizadas en Magnetometría

En el sistema c.g.s., el polo unitario es aquel cuya intensidad da lugar a una atracción de 1 dina, sobre otro polo colocado a 1 cm. de distancia.

$$F = \frac{q_0 \cdot q}{r^2} \quad [\text{Dinas}]$$

Una unidad de intensidad de campo es el Oersted; sin embargo para fines prácticos esta unidad resulta demasiado grande por lo que se usa la gamma cuya definición es:

$$1 \text{ gamma} = \frac{1}{100\ 000} \text{ Oersted} = 10^{-5} \text{ Oersted}$$

$$1 \text{ Oersted} = \frac{\text{dinas}}{\text{Unid.de polo}} = \frac{\text{lineas}}{\text{cm}^2} = \frac{\text{maxwells}}{\text{cm}^2}$$

El Campo Geomagnético

Al campo magnético terrestre se le ha llamado Campo Geomagnético, este campo tiene el comportamiento semejante al de un gran imán situado en el centro de la tierra, su influencia se puede comprobar facilmente en su manifestación sobre las agujas de la brújula.

Las propiedades de este campo son muy importantes en muchos aspectos de la vida práctica por ejemplo: el campo Geomagnético sufre distorsiones sobre las zonas mineralizadas y sobre algunos tipos de estructuras Geológicas, esta distorsión es la que nos da información para la localización de recursos naturales.

El carácter de este campo es similar al del campo que genera una esfera uniformemente magnetizada (Fig. III.7) o al de un potente imán dipolar que estuviera colocado cerca del centro de la tierra.

El campo Geomagnético de acuerdo a los estudios realizados por K F. Gauss quien fue el primero en describir la distribución del campo magnético terrestre en una forma matemática precisa, esta constituido por dos partes, de las cuales la primer fuerza se origina en el interior de la tierra y representa un 97% del total, mientras que el resto es atribuida a fuentes extraterrestres, Esta fuente extraterrestre se cree sea, la actividad del Sol, dicha actividad afecta la ionización y parece explicar las tormentas magnéticas y las auroras boreales, los cambios y efectos del campo externo son rápidos y en periodos de tiempo cortos; son conocidos como variaciones magnéticas diarias y debe ser tomada en cuenta en las correcciones.

Componentes del Campo Geomagnético

La magnitud y dirección que el campo tiene en cualquier punto sobre la superficie de la tierra, puede representarse como un vector paralelo a la direc-

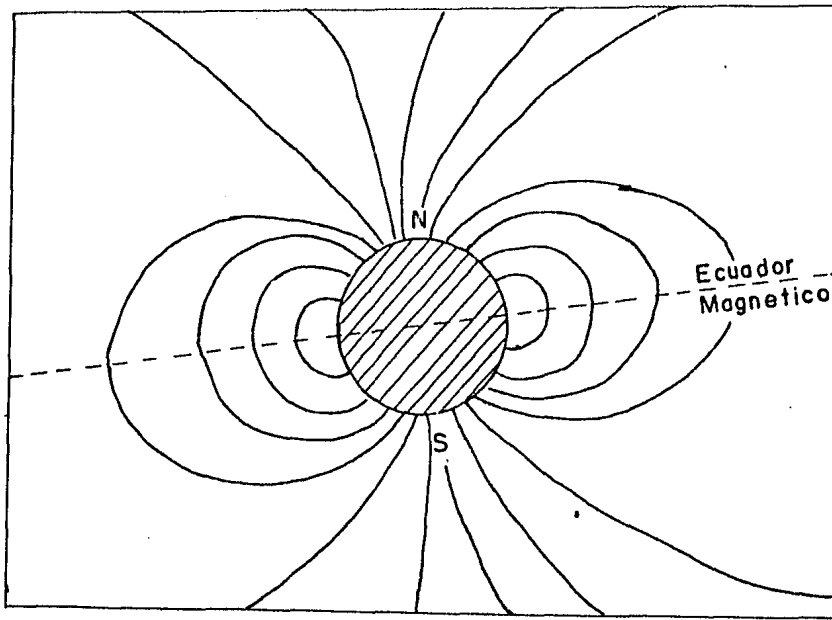


FIG. III.7

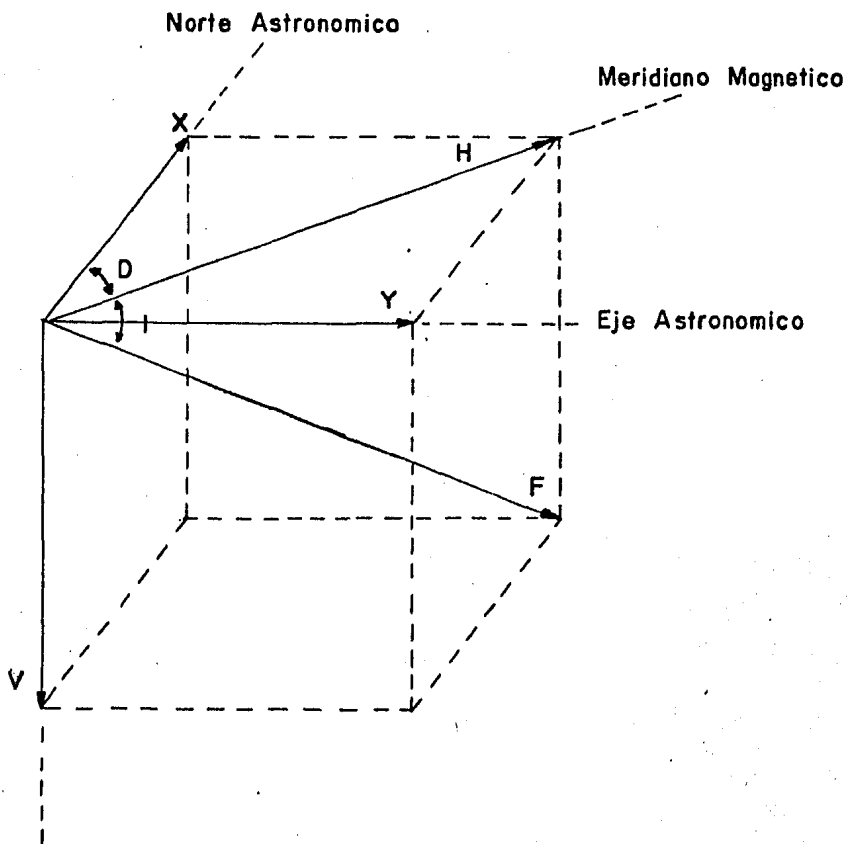


FIG. III.8

ción del campo, con el sentido de la fuerza de atracción sobre un polo positivo y de magnitud proporcional a la intensidad del campo en ese punto.

La Fig. III.8 representa las componentes del campo. En donde:

- F.- Vector intensidad total
- H.- Componente horizontal
- V.- Componente vertical
- X.- Componente Norte
- Y.- Componente Este
- D.- Declinación (\angle formado por X y H)
- I.- Inclinación (\angle de buzamiento de F)

En prospección Aeromagnética se utilizan principalmente F y V y en algunas ocasiones V, H, D e I.

Los elementos descritos anteriormente los relacionamos por medio de las siguientes razones:

$$F^2 = H^2 + V^2$$

$$H^2 = X^2 + Y^2$$

$$X = H \cos D$$

$$Y = H \sin D$$

$$V = H \tan I$$

$$F = H \sec I$$

Correcciones

En cualquier tipo de prospección la lectura del magnetometro corresponde a la suma de todas las contribuciones del campo magnético en el momento y lugar de observación, pero debe quedar claro que el objetivo de la prospección magnética es el registrar la parte anomala de este campo, por lo que sera necesario efectuar previamente una serie de correcciones, para llegar finalmente a la obtención de los valores con los que se efectuará la configuración del plano de Intensidad Magnética Total.

En esta discriminación de la información debe ponerse especial cuidado, tratando de preservar la respuesta más fiel de las anomalias regionales, producidas generalmente como respuesta de las estructuras basamentales, las cuales en la prospección petrolera son muy importantes, a diferencia de las anomalias locales, las cuales corresponden a estructuras más superficiales y con un mayor interés minero, aunque no hay que descartar las posibilidades petroleras.

) Corrección por Variación Diurna

El mejor método y el más utilizado para la determinación de la curva de variación es mediante un magnetómetro auxiliar colocado en una estación base y otro que es con el cual se hacen las diferentes lecturas en los puntos que sea necesario, la finalidad es tener un control en un punto a toda hora para al final hacer comparaciones entre estos y los obtenidos en puntos diferentes.

Si no se cuenta con este magnetómetro adicional, los caminamientos se realizan de tal manera que siempre existe un control exacto sobre un punto en especial.

La variación diurna se resta a la lectura del magnetómetro para efectuar la corrección.

) Corrección por Variación de Altura

Esta corrección consiste en ajustar los valores leídos a la altura de vuelo establecida, ya que el avión sufre durante su recorrido cambios en su altitud.

) Eliminación del Gradiente Regional

Esta corrección corresponde al grupo de las normales, las cuales son efectuadas para eliminar la variación especial de la intensidad del campo magnético. Esto dicho en otras palabras significa que los cambios continuos en magnitud y dirección que sufre el campo magnético según la posición en la superficie, no se comportan regularmente en función de la longitud y latitud, como ocurre en el caso de la gravedad. Por lo que para estas correcciones existen tablas o mapas publicados por los observatorios magnéticos.

CAPITULO IV. - PRINCIPIOS Y FUNDAMENTOS DEL METODO GRAVIMETRICO,
APLICABLES.

IV).- PRINCIPIOS Y FUNDAMENTOS DEL METODO GRAVIMETRICO, APLICABLES

a) Ley de la Gravitación Universal

Newton fué quien estableció esta ley, la cual ha servido como base para --- llevar a cabo el desarrollo de la Teoria de la Prospección Gravimétrica; esta ley de acuerdo a sus autor es válida para todas las masas puntuales del Universo.

Textualmente establece "Toda masa puntual en el Universo atrae a toda otra partícula con un fuerza que varia directamente con el producto de las 2 masas e inversamente con el cuadrado de la distancia entre ellas" Matemáticamente -- queda expresada

$$F = \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

b) Fuerza y Aceleración

La aceleración gravitacional de una masa m_2 debida a la atracción de una - masa m_1 se puede obtener dividiendo simplemente la fuerza de atracción F por - la masa m_2 puesto que la fuerza es el producto de la masa por la aceleración.

$$F = m_1 a \qquad a = F/m_1$$

Como casos particulares de estos 2 principios se tiene para la Gravedad -- Terrestre las siguientes consideraciones.

En la fórmula de la ley Universal de la Gravitación

$$F = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad \dots\dots 1$$

m_1 .- Se considera a la masa correspondiente a un cuerpo localizado sobre la superficie de la tierra

m_2 .- Es la masa terrestre la cual sera considerada como concentrada en un punto)centro de la tierra)

r .- Corresponde al radio de la tierra

γ .- Es la constante de Gravitación Universal

En la fórmula de la 2° ley de Newton es posible llegar al cálculo de la - fuerza que actuaría sobre un cuerpo localizado sobre la superficie terrestre.

$$F = m_1 a \quad \dots\dots 2$$

a.- Es la aceleración que sufrirá m_1 si se le permitiera un movimiento de caída libre en el campo gravitacional de la tierra.

m_1 .-Masa en la superficie terrestre

F.- Fuerza que actúa sobre m_1

De 2 se tiene

$$a = F/m_1 \quad \dots 3$$

Entonces la atracción terrestre puede ser considerada como una fuerza por unidad de masa; y por lo tanto correspondería a una aceleración, la cual es -- medida por instrumentos extremadamente sensibles que registran las pequeñas variaciones que se traducen como Anomalías Gravimétricas, las que se explican -- por cambios laterales en la densidad de las rocas.

Al sustituir 3 en 1 obtenemos:

$$a = \frac{m_2}{r^2} \quad \dots 4$$

En esta ecuación se puede apreciar que el miembro derecho depende exclusivamente de γ y de las características de la tierra.

La Constante de Gravitación (γ) es una constante fundamental de la Naturaleza; la cual ha sido establecida por métodos experimentales, el primero en determinarla experimentalmente fue Cavendish en 1798, efectuando las primeras mediciones en un aparato que lleva su nombre, el valor así obtenido, no difiere de manera considerable al obtenido hoy en día con métodos más sofisticados.

El valor actualmente aceptado para esta constante es:

$$\gamma = 6.67 \times 10^{-8} \text{ (c.g.s.) } \text{ ó } 6.67 \times 10^{-11} \text{ (M.K.S.)}$$

De acuerdo al análisis dimensional se ha obtenido que las unidades para dicha Constante Gravitacional son: $L^3 M^{-1} T^{-2}$

c) Unidades utilizadas en Gravimetría

En la prospección Gravimétrica es utilizado extensamente el sistema ---- (c.g.s.) en donde la unidad de aceleración está dada en cm/seg^2 , que para el -- punto de vista geofísico se conoce como gal (en honor a Galileo, quien fue uno de los precursores en el estudio de la Gravedad)

$$1 \text{ gal} = 1 \text{ cm}/\text{seg}^2$$

Que es la aceleración que experimentan 2 masas de 1 gramo cada una - separada 1 cm. atrayendose con la fuerza de una dina.

Pero en vista de que esta unidad para fines prácticos resulto ser - demasiado grande fué necesario crear una unidad más pequeña; con lo que - aparece el miligal (mg); el cual corresponde a la milésima parte de un -- gal.

$$1 \text{ mg.} = 0.001 \quad \text{gal} = 0.001 \text{ cm/seg.}^2$$

d) Campo Gravitacional Terrestre

Con el objeto de simplificar cálculos matemáticos así como de obtener la posición de un punto sobre la superficie terrestre; se ha tenido que - adoptar una forma matemática que se acerque lo más posible a la forma de - la tierra, con lo que se ha llegado a la conclusión de que la forma mate- mática que representa con mayor precisión a la tierra es un elipsoide de - revolución, pero en realidad las mediciones efectuadas sobre la superfi- cie terrestre no se llevan a cabo sobre este elipsoide, sino sobre un geoi de; dicha superficie teórica es aquella en la que el potencia de la grave- dad en cada uno de sus puntos es constante, y además de que la direcció- de la gravedad es perpendicular a dicha superficie.

Es claro que las 2 superficies antes descritas no coinciden, ya que - el elipsoide es una forma regular mientras que el geoide no lo es; provo- cado por los efectos de Terreno y las anomalias de masas como se puede - ver en las Figs. IV.1 y IV.2

El campo gravitacional terrestre tien 2 componentes principales cau- sadas una por la atracción que rige la Ley de Newton y la segunda debida - a la rotación de la tierra (ambas son de Sentido Opuesto) Fig. IV.3.

Esta 2° componente es debida a la fuerza centrífuga y se encuentra - expresada por el cuadrado de la velocidad angular, multiplicada por el ra dio de giro X

$$F_c = w^2 \quad x$$

Fc.- Fuerza centrífuga

w.- Velocidad angular

x.- Distancia perpendicular desde un punto de la superfi- cie de la tierra hasta el eje de rotación de la misma

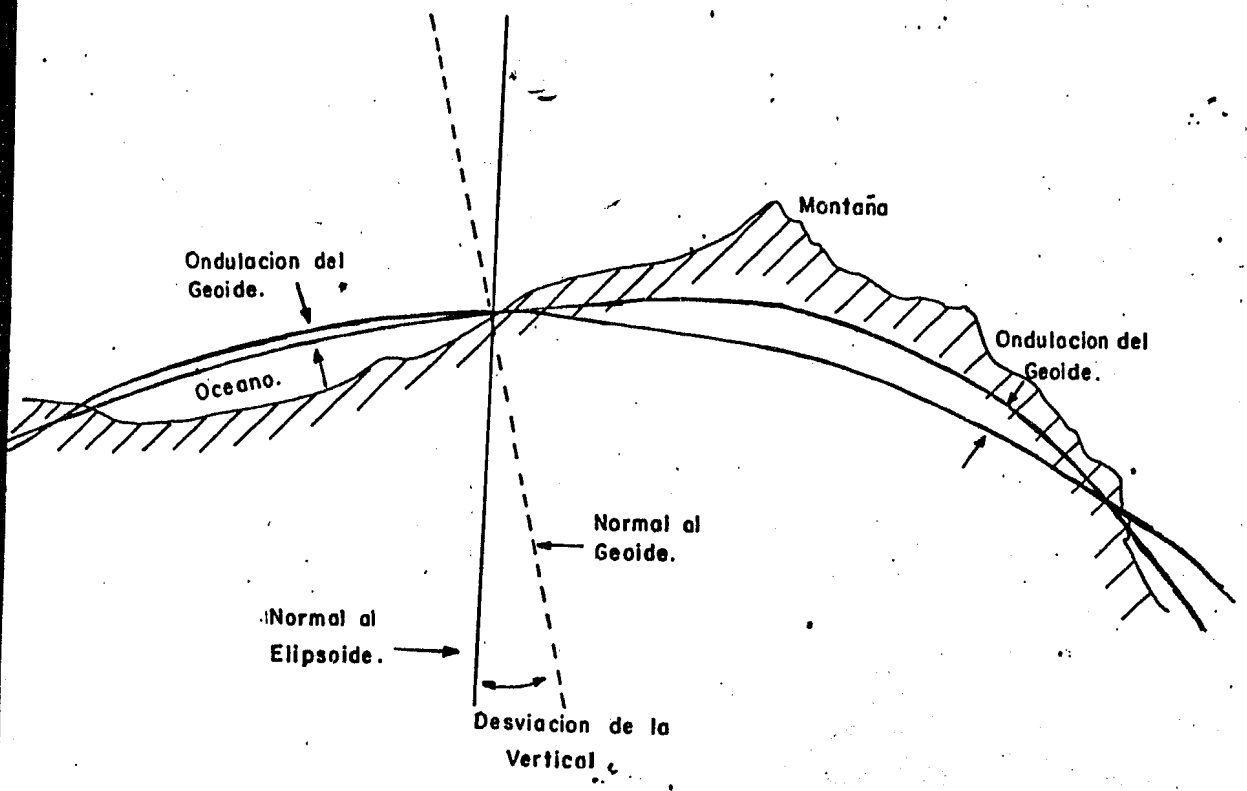
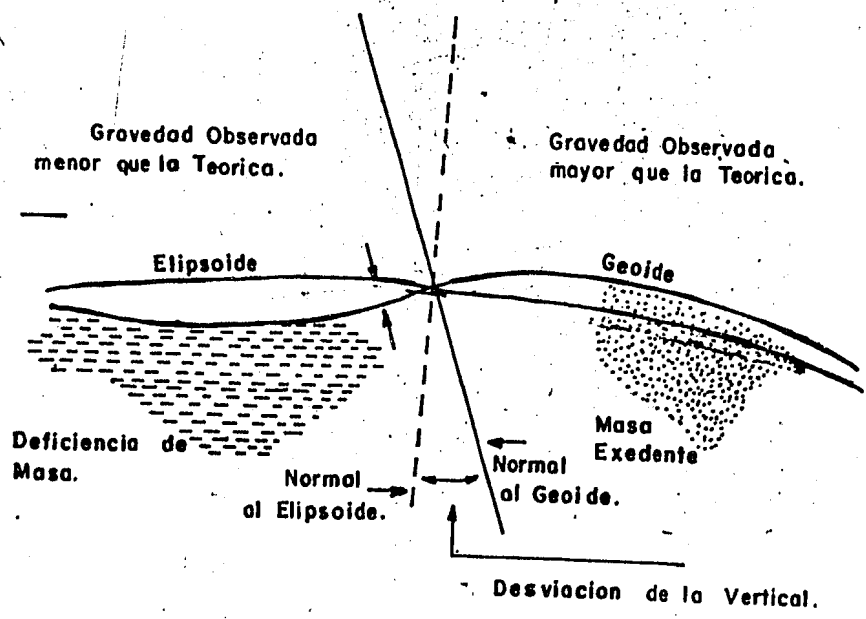


FIG. IV.1



EL EFECTO DE LAS ANOMALIAS DE MASA SOBRE EL GEOIDE.

FIG. IV.2

Observando la Fig. IV.3 se concluye que la fuerza centrífuga es máxima en el ecuador y nula en los polos, por ser aquí el radio de giro $x = 0$.

En el ecuador el valor de la fuerza centrífuga es 3.3 cm/seg.^2 cantidad apreciable en mediciones de exploración gravimétrica; lo que da una diferencia en $5\ 300 \text{ mg.}$ entre la gravedad en los polos y en el ecuador.

e) Variaciones de la Gravedad

1) Variación con la latitud

En la fórmula gravimétrica que expresa la variación de la gravedad con respecto a la latitud se considera la forma ideal de la tierra expresada en términos del esferoide o elipsoide ya mencionado con anterioridad.

De todas las fórmulas para calcular la superficie de gravedad del esferoide de referencia o sea la "Gravedad Teórica" la más usada es la llamada fórmula Internacional de 1930

$$g_{\phi} = 978.049 \left[1 + 0.0052884 \cdot \text{sen}^2 \phi - 0.0000059 \text{sen}^2 \phi \right] \text{ gales}$$

Donde: g_{ϕ} = gravedad absoluta en gales en el punto de latitud ϕ

2) Variación con respecto a la elevación.

Debido a que un punto en una elevación más alta, está mas lejos del centro de la tierra, tiene una aceleración gravitacional menor que otro a una elevación menor. La razón de esta variación puede ser calculada a partir de la fórmula que está en función del radio de la tierra:

$$g = \frac{GM}{R^2}$$

M.- Masa de la Tierra
R.- Radio de la Tierra
G.- Constante

El Gradiente vertical es:

$$\frac{dg}{dz} = \frac{dg}{dr} = -2 \frac{GM}{R^3} = -2 \frac{g}{R}$$

Si se toma el radio medio de la tierra $R = 6.367 \times 10^8 \text{ cm.}$ y el valor teórico de la gravedad al nivel del mar y a una altitud de 45° $g = 980.629 \text{ gales}$

$$\frac{dg}{dz} = - \frac{2 (980.629)}{6.367 \times 10^8} = -0.3086 \times 10^{-5} \text{ gal/cm.} = -0.3086 \text{ mg/m}$$

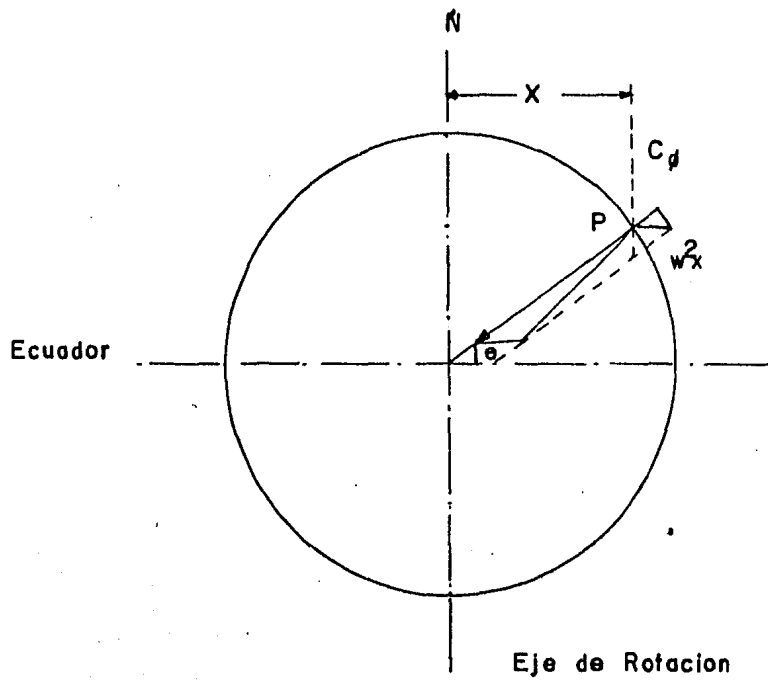
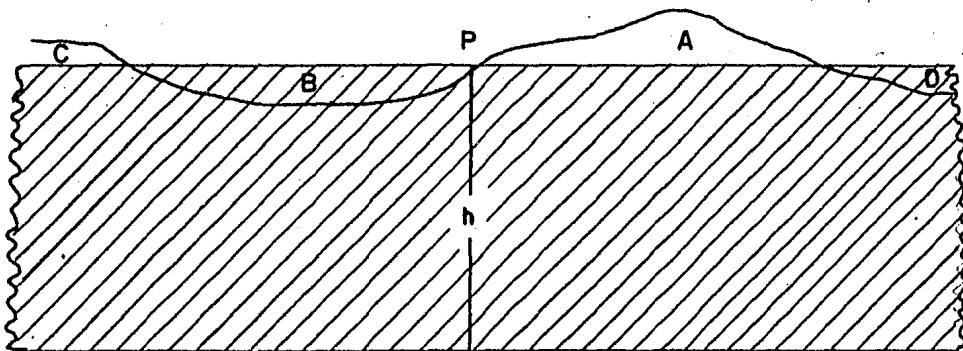


FIG. IV.3



N. R.

FIG. IV.4

3) Efecto Bouguer

Para este caso se tomará en cuenta el efecto que produce la masa existente entre el nivel de referencia y la altura donde se efectúa la medición. Por ejemplo si se tienen 2 puntos a diferentes alturas y se quisiera saber cual es el efecto gravitacional de uno de estos puntos colocado al mismo nivel que el otro, seria necesario aplicar la variación con respecto a la elevación, pero además sera necesario tomar en cuenta la atracción que produce el material --- existente entre ambas estaciones.

Este material entre ambos niveles se considera como una capa o losa que tiene una gran extensión lateral ; que va a tener un espesor h y una densidad ρ .

$$\Delta g_{\text{Bouguer}} = 2 \pi G \rho h \quad (\text{atracción de la capa})$$

$$\text{Si } G = 6.67 \times 10^{-8} \text{ tenemos } \Delta g = 0.04193 \rho h.$$

4) Efecto Topográfico.

Cuando la topografía es irregular, la corrección por la atracción del material se vuelve más complicada ya que es necesario tomar en cuenta los efectos causados por los excesos y deficiencias de masa.

) Correcciones a las observaciones de Gravedad.

Antes de proceder a utilizar los valores de las observaciones gravimétricas y estar seguros de que los datos aquí obtenidos son en cierto modo reflejo de las condiciones reinantes en el subsuelo, es necesario que las lecturas de gravedad sean corregidas debido a ciertas influencias importantes, puesto que de lo contrario es probable que los efectos de interés queden enmascarados.

Todos los valores de gravedad obtenidos a partir del modelo teórico de la tierra (esferoide Internacional) deben ser corregidos, para llevar estos a cada punto de observación y no como muchas veces se planteaba, haciendo entender que los valores de la gravedad observada eran los que se llevaban hasta el esferoide internacional (nivel de referencia), lo que significaba estar corrigiendo los datos observados, y además estar eliminando el material existente entre el nivel de observación y el nivel de referencia.

Esta serie de correcciones a realizar se explicaran a partir de la fórmula de la Anomalia de Bouguer, que no es otra cosa que la representación de cuando a la gravedad Teórica se le aplican las correcciones de aire libre, Bouguer y Topográfica, y este resultado se le resta a la Gravedad observada.

Δg = Anomalia de Bouguer

$$\Delta g = G_{obs.} - (G_t - G_{a.l.} + g_{\phi} - g_t)$$

Gobs.- Gravedad Observada

Gt.- Gravedad Teorica

Ga.l.- Corrección de aire libre

g_{ϕ} .- Corrección de Bouguer

g_t .- Corrección Topografica

1) Corrección por Latitud

Para llevar a cabo esta corrección se aplica la fórmula Internacional de 1930, la cual nos sirve para calcular la gravedad sobre la superficie de referencia.

$$g_{\phi} = g_e (1 + B \text{sen}^2 \phi - C \text{sen}^2 2\phi) \text{ cm/seg}^2$$

Las unicas variables que intervienen son el angulo ϕ que es el correspondiente a la posición del punto y g_e que es el valor promedio de la gravedad en el ecuador.

Como se observa en la fórmula de la Anomalia de Bouguer a este valor es al que se restan las demas correcciones.

2) Corrección de aire libre.

Esta corrección recibe este nombre ya que es aquella que se efectúa entre 2 estaciones que se localizan a diferentes alturas, pero con la característica de no tomar en consideración el efecto de atracción provocado por la masa existente entre el punto localizado sobre el nivel de referencia y el de observación, considerando esta porción como vacia.

Para efectos del cálculo del valor numérico se hace uso de la fórmula

$$\frac{dg}{dR} = - 0.3086 \text{ mgal./m}$$

Obtenida previamente y que nos calcula las variaciones de la gravedad por metro.

En esta corrección se consideran las elevaciones positivas sobre el nivel de referencia y negativas a la inversa, por lo que esta corrección es añadida con todo y su signo a la gravedad ejercida sobre el elipsoide de referencia.

3) Corrección de Bouguer

Es aquella corrección en la que se considera el material localizado entre el nivel de observación y el nivel de referencia el cual ejerce una atracción gravitacional sobre las observaciones hechas por encima de la superficie de referencia.

Esta corrección considera el material entre ambos niveles como una capa de gran extensión lateral de un espesor h y una densidad ρ .

$$\Delta g = 0.04193 \rho h$$

Esta corrección también será adicionada con su respectivo signo a la gravedad normal que tenemos en el punto de observación.

4) Corrección Topográfica

Teóricamente es una corrección de la corrección de Bouguer al no tomar en cuenta en está, la masa que se encuentran sobre la placa, y la falta de masa que se encuentra dentro de la placa.

Es conveniente el hacer sobresalir los siguientes aspectos: de acuerdo a la Fig. IV.4 se aprecia que las partes A y C no han sido tomadas en cuenta en el valor de la gravedad normal en P, por lo tanto estas partes altas ejercen una fuerza de atracción hacia arriba sobre la estación y tenderán a reducir la gravedad normal en el punto P, de modo que la corrección que representa la atracción de los cerros debe restarse a la gravedad normal en P.

En lo que se refiere a las depresiones como son las partes B y D hay que recordar que al aplicar la corrección de Bouguer que representa el efecto de la capa imaginaria, hemos incluido el material rocoso que contendría las depresiones por lo que el valor de la gravedad normal en P es mayor debido a este exceso de masa, por lo tanto para obtener el valor correcto de la gravedad normal en P, hay que restar está atracción a la gravedad normal. Por lo que la corrección Topográfica siempre será negativa independientemente de que se trate de un montículo o una depresión.

5) Corrección por el efecto de mareas.

Se entiende como efecto de marea, las variaciones en la gravedad resultado de la atracción combinada de la luna y el sol, y la consecuente deformación producida en la tierra.

La corrección por el efecto de las mareas en una determinada zona no puede deducirse de la teoría de las mareas; hay que realizar una serie de observaciones gravimétricas en una estación fija, dentro del área para determinar este efecto. Existen 2 métodos: uno es elaborar estados diarios de la variación de la intensidad de la gravedad por la marea en una estación fija, y corregir todas las lecturas de las estaciones móviles. El otro método consiste en utilizar el mismo instrumento de medida, volviendo a la estación base con la frecuencia suficiente para que los efectos de las mareas terrestres queden incorporados a la curva de deriva del instrumento.

El valor normal de la intensidad de la gravedad en cualquier punto varía cíclicamente a lo largo del día, dentro de un intervalo de hasta 0.3 miligales a causa de las mareas solares y lunares.

CAPITULO V . - INTERPRETACION GEOLOGICO - GEOFISICA DE LA
INFORMACION DEL AREA

V.- INTERPRETACION GEOLOGICO-GEOFISICA DE LA
INFORMACION DEL AREA

a) Correlación de la Información Geológico-Geofísica.

Establecida la necesidad del empleo de otras técnicas para la resolución de los problemas, a continuación se procederá a mencionar el método y el proceso a través del cual se le dará una posible solución al problema.

Entre las incógnitas más importantes para la obtención de una interpretación completa, tomando esto con ciertas reservas ya que como se verá más adelante el afirmar o negar la presencia de ciertas características resulta hasta cierto punto dudoso y por lo tanto debe tomarse con precaución; - esto en parte es debido a las técnicas empleadas y en parte a otra serie de variantes, estos puntos son:

- Espesor aproximado del paquete Sedimentario, lo que implica ubicación -- tentativa del basamento.
- Ubicación de las variantes que definan posibles estructuras productoras
- Localización más precisa de cuerpos intrusivos que probablemente tengan algún interés minero.

El primer punto por aclarar referente a las condiciones que guarda el basamento puede ser solucionado a partir del uso de las Magnetometría, rama de la Geofísica que utilizando las propiedades magnéticas que presentan las rocas nos ayuda en la detección de cuerpos de tipo Igneo, ya que la contribución magnética de los sedimentos en la mayoría de los casos es ignorada por su valor tan pequeño.

Debe aclararse que con este método en condiciones normales la fuente de los efectos magnéticos, generalmente corresponde a la superficie de un basamento magnético, entendiéndose que basamento magnético es la primera discordancia debajo de la cual la sección está grandemente intrusiónada, - después de la intrusión la erosión da lugar a un suavizamiento de la superficie, resultando una superficie Geológica, que puede no coincidir con lo que geológicamente se entiende como basamento, por ejemplo en el caso en que se tengan grandes espesores de roca metaformica de baja susceptibilidad situadas entre los sedimentos y las rocas metaformicas del basamento, aquí el basamento geológico será la base de las rocas metamorficas.

Esta es una de las razones por la que la prospección Magnética resulta ser una herramienta muy poderosa en la Industria Petrolera, puesto que muchas de las trampas donde se localizan los hidrocarburos están asociadas con la topografía del basamento, además el método establece tentativamente la potencia de la Columna Sedimentaria.

Una vez dado este límite inferior lo que restaría es establecer condiciones adecuadas en el comportamiento del paquete sedimentario y ubicarlo en el espacio localizado entre la superficie y el basamento Magnético.

El establecimiento de las condiciones más adecuadas se apoyara en la Gravimetría, en la cual las Anomalías Gravimétricas proporcionan información útil acerca de estructuras dentro de la corteza terrestre. Los diferentes tipos de rocas que se encuentran dentro de las secciones sedimentarias y abajo de ellas tienen diferentes densidades de tal manera que la masa no está distribuida uniformemente en la parte exterior de la corteza; en las áreas con exceso de masa el valor de la gravedad observada es mayor que la normal y existirá una tendencia a que se presenten anomalías positivas y sobre áreas con déficit la tendencia será de las anomalías negativas.

Como puede verse una de las características del Método Gravimétrico es que nos da una idea de la distribución que guarda la masa existente entre la superficie y el basamento Magnético, dato importante ya sea para ubicar anomalías positivas debidas probablemente a una anticlinal o anomalías negativas resultado tal vez de una intrusión de sal, ambas estructuras intimamente asociadas a la acumulación de hidrocarburos.

Ademas de todo esto no unicamente debemos enfocarnos hacia el aspecto petrolero, sino que también es conveniente no perder de vista el aspecto minero, el cual en esta área juega un papel preponderante, de aqui que la localización de los cuerpos intrusivos lo más preciso posible sea de suma importancia, dato que sera nuevamente obtenido con ayuda de la Magnetometría y muy especialmente una vez realizado el plano de Configuración del Basamento, ya que aqui se podrá ver la localización de los cuerpos intrusivos propuestos, los cuales en algunos casos coincide con aquellos que presentan una manifestación superficial.

Establecida la relación que guarda el problema Geológico por resolver con la técnica Geofísica que se empleará en su resolución; como siguiente etapa se efectuará un analisis minucioso de todos los pasos empleados para llegar a la resolución de la incognita, partiendo de la información preliminar, pasando por el modelado, hasta llegar a la obtención de los Planos de Configuración del probable Basamento y la Cima del Mesozoico.

b) Interpretación Geofísica

A.- Magnetometría

1) Generalidades

Al efectuar una interpretación Magnética el primer problema con el que se encuentra el interprete es el de explicar las diferentes anomalías que se encuentren plasmadas en un plano, en terminos de una posible distribución del material magnético, y no tan solo esto sino que es necesario además el que esta distribución guarde una relación directa con los lineamientos Geológicos.

En la prospección minera específicamente, el método nos permite establecer fallas someras, diques y otros cuerpos intrusivos, además de algún otro tipo de depósito que de una u otra manera se encuentran relacionados a rocas cuya presencia es detectable por magnetometría, se puede mencionar como ejemplo específico en la búsqueda de magnetita donde por sus propiedades y composición es fácilmente detectable con la ayuda de este método.

Los diferentes tipos de Magnetización que presenta la roca son: La magnetización que ha sido adquirida a lo largo de la historia de la roca y de una manera continúa recibe el nombre de Magnetización Natural Remanente (M.N.R.), esta a su vez ha sido adquirida de diferentes maneras Magnetización Remanente Isotérmica (M.R.I.), Magnetización Remanente Viscosa (M.R.V.), Magnetización Termo-Remanente (M.T.R.), Magnetización Remanente Química (M.R.Q.), Magnetización Remanente por Detritos (M.R.D.).

La interpretación Magnética al igual que la interpretación Gravimétrica (tratada más adelante); no será única y por lo tanto puede no ser cierta, el porque de tanta incertidumbre es resultado de una serie de factores que se indicaran más adelante.

2) Información Preeliminar

Como base para la realización del presente estudio se contó con la siguiente información:

Plano de Intensidad Magnética Total (Esc. 1:200 000) proporcionada por Pemex; con un intervalo de configuración de 2 y 10 gammas y con 2 alturas de vuelo diferentes (3353 Mts., y 3810 Mts.) La orientación de las líneas de vuelo fue SW-NE.

3) Interpretación cualitativa del Plano de Intensidad Magnético Total

Esta interpretación consiste en realizar una revisión general de los mapas magnéticos, para poder darnos una primera idea de los cambios -

relativos de profundidad de las fuentes de las anomalías, así como de su posible posición y tendencias. Una de las técnicas usadas para proponer una primera hipótesis sobre la zona, consiste en la premisa de que las Anomalías amplias, las cuales muestran gradientes pequeños sugieren cuerpos profundos, mientras que el caso inverso donde los gradientes son grandes nos sugiere cuerpos superficiales. De esta manera por inspección del mapa es posible delimitar las áreas de Anomalías Someras, Medias y Profundas.

El Plano de Intensidad Magnética Total presenta 2 zonas diferentes, ya que el área fué volada a 2 alturas de vuelo, una de las cuales se localiza hacia la porción N y corresponde a una altura de 3810 Mts., mientras que la segunda localizada en el otro extremo corresponde a 3353 Mts., lo cual debe tomarse en cuenta al manejar la información.

Para efectuar la interpretación cualitativa se tuvieron algunos problemas, producto de la irregularidad de la zona y de su complejidad, resultando ser difícil el establecimiento de diferentes zonas que guardarán una cierta homogeneidad, salvo el caso muy marcado del gran número de anomalías de gran intensidad localizado hacia la porción SW, producto al parecer de la respuesta que nos dan los derrames ígneos (Riolitas) que se encuentran aflorando a lo largo de esta zona, los cuales pertenecen a las primeras manifestaciones de la presencia de la Sierra Madre Occidental en su porción oriental, ya que esto significaba un serio problema para efectuar el modelado se planteó como primera alternativa la realización de una Continuación de Campo, que no es otra cosa que un filtrado con el objeto de remarcar el efecto de los cuerpos más profundos (basamentos) y atenuar lo más posible los efectos debidos a cuerpos superficiales, esta Continuación se pensó realizarla en toda el área pero por cuestiones técnicas y de eficiencia tan solo se óptó por efectuar esta Continuación a lo largo de algunos de los perfiles más significativos.

Finalmente una vez aplicada esta técnica se obtuvieron perfiles más suavizados sobre los cuales se efectuaron los trabajos necesarios, con la certeza de que las respuestas magnéticas con las que se estaba trabajando correspondían a los cuerpos más profundos.

4) Trazado de las Secciones

Para llevar a cabo la interpretación del Área y debido a lo extenso de sus dimensiones fue necesario por principio el establecimiento de 19 secciones magnéticas (SAM) (Fig. V.1) el criterio seguido para el trazado y ubicación de las mismas fué el mismo que se efectuó en cualquier otro tipo de trabajo con características similares y que en términos generales consiste en -

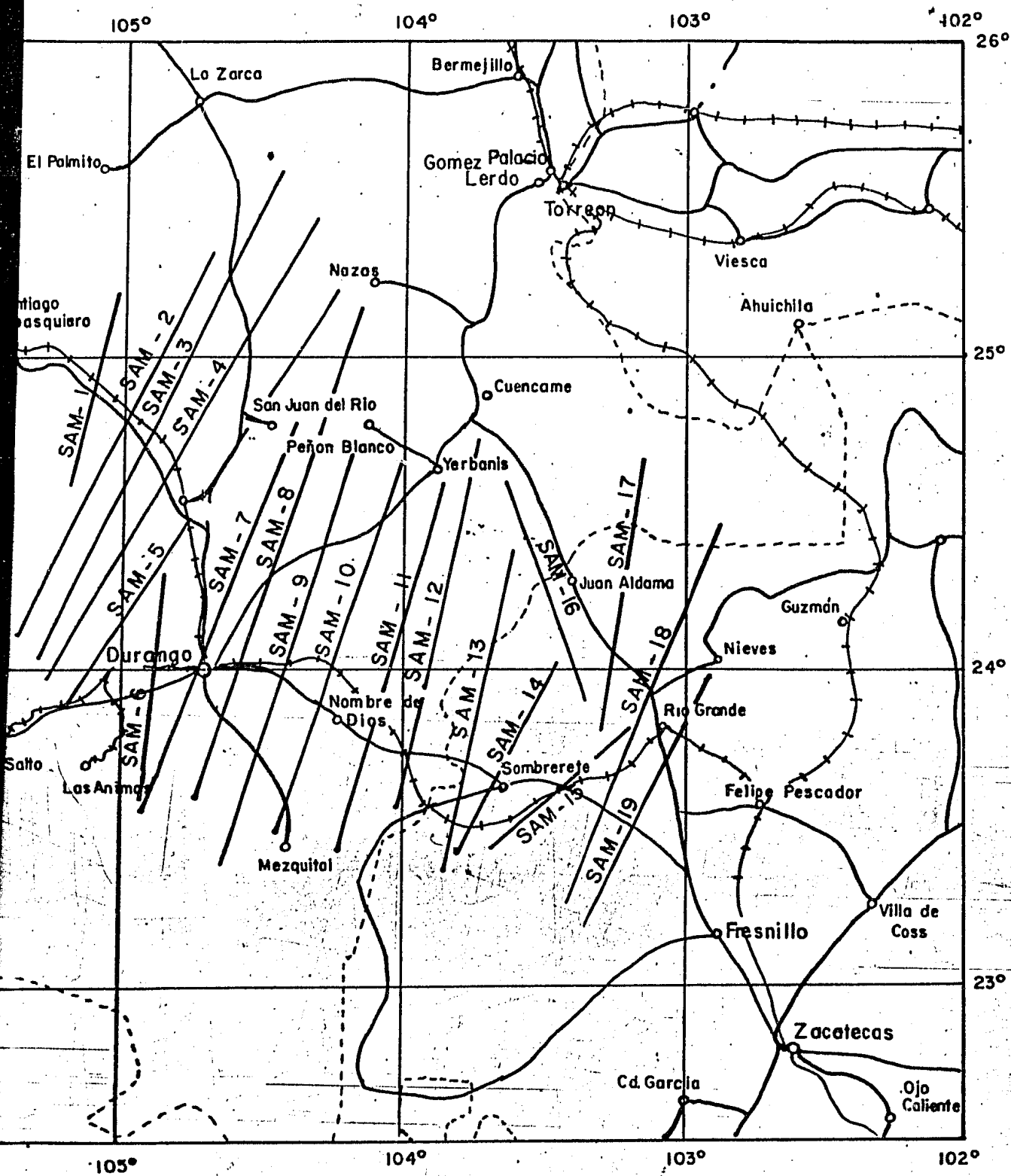


Fig. v. 1 Plano de Localizacion de las Secciones Magnetometricas

Esc. 1:2 000 000

tratar que las secciones representativas pasen lo más perpendicularmente posible a las anomalías, y que al mismo tiempo se traten de cruzar los dipolos más relevantes.

El criterio de trazar en esta forma las secciones es con la finalidad de poder determinar las características de los cuerpos que están provocando dichas anomalías, ya que si la dirección de la sección resulta paralela a la tendencia de la anomalía, no se presentarían cambios considerables a lo largo del perfil y como resultado el cuerpo que se propusiera no mostraría las características que se buscan y por lo tanto la interpretación no será la deseada.

Es necesario mencionar que el trazo de las secciones en todos los casos no coincide con las líneas de vuelo; las cuales como ya se mencionó presentan una orientación (SW-NE) y un intervalo entre 3-4 Km.; el hecho de mencionar esta característica es con el objeto de que quede claro que en los perfiles obtenidos para el modelado es posible que se presenten errores provocados por la configuración automática; por lo que se recomienda no poner mucho cuidado en aspectos muy locales y más bien enfocarnos hacia el aspecto Regional.

5) Modelado de las Secciones

El modelado consiste en la proposición de cuerpos geométricos (regulares o irregulares), a los cuales se les asigna una cierta susceptibilidad -- (producto ya sea de mediciones directas en el campo o de una postulación con bases firmes); de estos se obtiene mediante cálculos su respectivo efecto magnetométrico, el cual es comparado con el efecto obtenido a partir de los datos de campo, de acuerdo a las discrepancias existentes entre ambos modelos se procede a realizar cambios o reajustes al cuerpo o cuerpos propuestos, estos cambios pueden ser tanto en su forma geométrica como en su valor de susceptibilidad, esta operación se repite tantas veces como sea necesario hasta llegar a tener la mayor correspondencia entre ambos efectos.

El uso de esta técnica para lograr el ajuste de las secciones, acarrea consigo una serie de interrogantes que provocan incertidumbre en los resultados obtenidos en la interpretación.

Para el cálculo de la anomalía de un cuerpo, en un principio se trató que estos cuerpos tuvieran formas geométricas regulares ya que así se simplificaba en gran número la cantidad de cálculos por realizar, pero apoyados en los avances de la ciencia computacional se han encontrado una serie de algoritmos (conjunto de símbolos y procedimientos usados en los cálculos).

Los cuales nos han permitido conocer el efecto de cuerpos irregulares, -- aunque también en un principio el empleo de dicho algoritmo resulto ser compli- cado y tardado, con el desarrollo de la computación se implementaron programas computacionales que simplificaron grandemente la interpretación magnetométrica.

Conocidos estos aspectos resulta un poco más claro poder entender, él por qué una interpretación no necesariamente es la verdadera y mucho menos la única que puede llegar a ajustarse a una anomalía, por lo tanto las condiciones a las que se llegan dependen de controles adicionales sobre los datos magnéticos. Estos controles pueden ser de 2 tipos: directo por medio de los datos geológicos superficiales y de pozos o indirectos mediante la postulación de una base geológica adecuada.

El modelado de las secciones propuestas dentro del área, una vez que estas fueron ubicadas siguiendo los lineamientos propuestos en el inciso anterior; se efectuó de la siguiente manera:

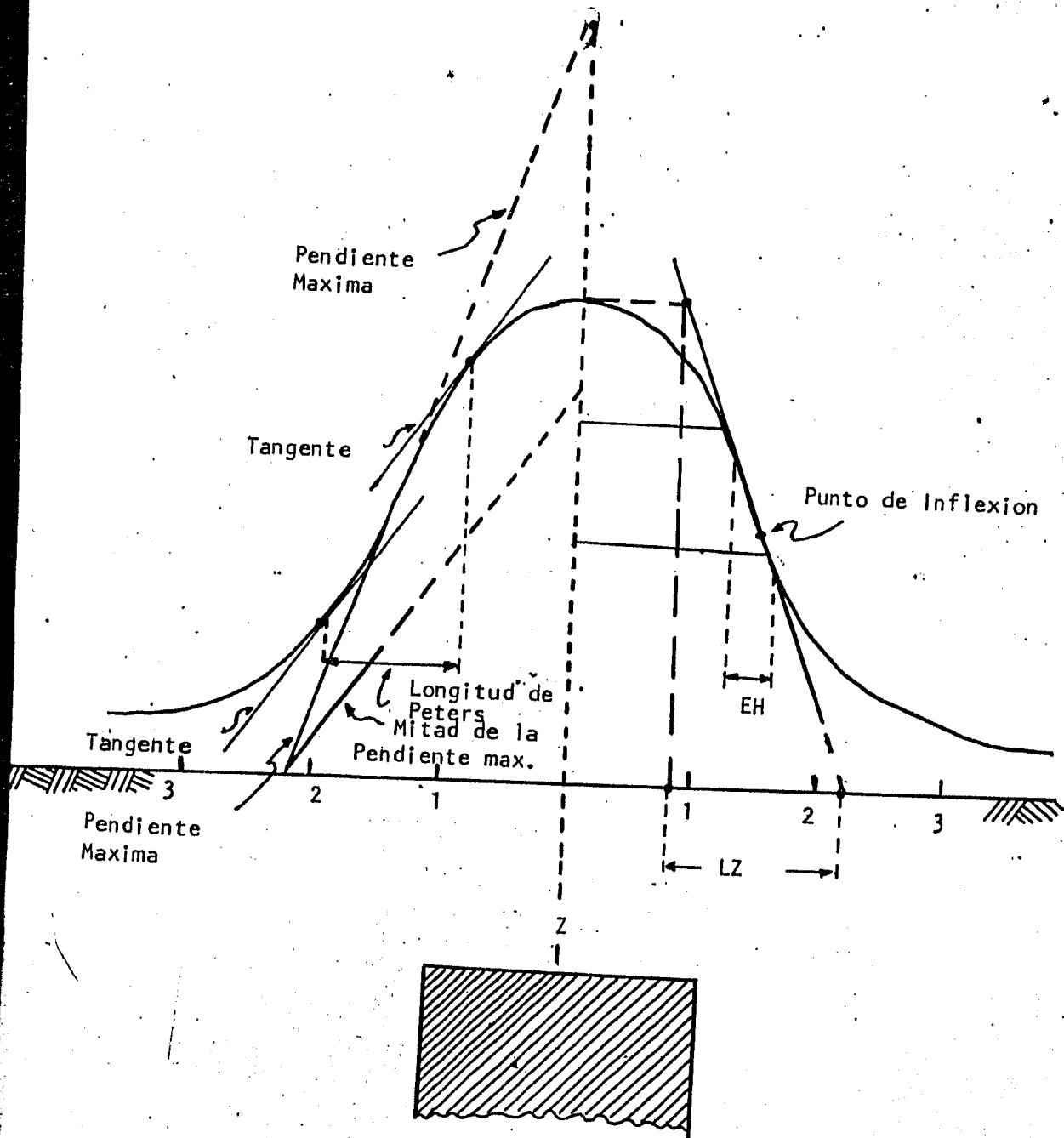
En las secciones fueron localizadas las Anomalías más importantes sobre las cuales se efectuó un primer calculo (tentativo) de la profundidad a la que se encuentra el cuerpo generador de dicho efecto, este calculo fué efectuado con ayuda de los métodos empíricos de Pendiente Máxima, Sokolov y Peters, los cuales en forma breve se mencionan:

Pendiente Máxima (Fig. V.2)

En este método se determina la pendiente Máxima de la Anomalía y se traza una línea recta sobre la curva, proyectando después verticalmente los puntos donde la recta se separa de la curva (punto de inflexión) la distancia así obtenida es multiplicada por un factor que generalmente es 1.0; este valor responde a cuestiones empíricas y no presenta ningún fundamento matemático, igualmente sucede con el factor empleado en el Método de Sokolov y Peters aunque en estos casos si son considerados algunos fundamentos matemáticos; al resultado de la multiplicación así obtenida se le resta la altura de vuelo a la que fue efectuado el levantamiento magnetométrico, esto es con la finalidad de obtener la profundidad aproximada a la que se localiza el cuerpo, referido al nivel -- del mar.

Sokolov (Fig. V.2)

También se determina la pendiente máxima en un flanco de la anomalía, enseguida se trazan tangentes en las partes externas al máximo y mínimo de la anomalía, la intersección de la pendiente máxima con cada una de las tangentes nos da 2 puntos cuya distancia horizontal entre ellos es la longitud de Sokolov la cual se divide entre un factor, el valor del factor es variable entre 1.5 -



- LP .-. Longitud de Peters
- Eh .-. Extensión horizontal
- $\times 102$.-. longitud por un medio
- LZ .-. Longitud de Sokolov.

FIG. V.2 LONGITUDES EMPLEADAS EN LA INTERPRETACION DE PERFILES .

que es aplicable a cuerpos muy angostos y 3.0 para cuerpos muy anchos. Finalmente este valor es restado a la altura de vuelo y se obtiene la profundidad aproximada referida al nivel del mar.

Peters (Fig. V.2)

Se aplica después de haber trazado la línea de máxima pendiente, se determina la mitad de la Máxima Pendiente y se lleva paralela hasta hacerla tangente a los puntos de inflexión máximo y mínimo de la curva, siendo la distancia horizontal entre estos 2 puntos la longitud de Peters, esta longitud se divide entre un factor cuyo valor varía entre 1.1 para cuerpos angostos y 2.0 para cuerpos anchos.

Una vez calculada la profundidad a la que se localizan los cuerpos generadores a las Anomalías, se procedió a la ubicación de dichos valores dentro de cada sección, de tal manera que a partir de este valor se propusieran los restantes cuerpos que constituirían el basamento, por último se procedió al cálculo del efecto total provocado por todos los cuerpos basamentales, este cálculo fue realizado con ayuda del programa de modelado Magnetométrico con que se cuenta en el Instituto Mexicano del Petróleo (MOD-MAG), también con ayuda del equipo de graficación existente dentro de la misma institución se obtuvieron los perfiles ajustados de las diferentes secciones, en los cuales se aprecian las siguientes características.

En la parte inferior se tiene el basamento propuesto (dimensiones, profundidad, susceptibilidad, etc.), en la parte media del modelo se tiene la topografía y la Geología superficial y en la parte superior aparecen la curva de Anomalia Magnética Observada, la cual es comparada con la curva obtenida a partir del modelo propuesto, en la parte izquierda se tiene una escala vertical de la intensidad magnética en gammas y en la escala horizontal la distancia en km.

También en la parte inferior aparece una escala vertical donde se marca la profundidad del modelo en Km. referida al nivel del mar. Es bueno aclarar que la escala en todos los modelos se encuentra deformada, siendo aproximadamente 4 veces más grande que la escala horizontal, esto tiene la finalidad de resaltar los relieves de la estructura del basamento.

El programa MOD MAG usado para el modelado magnetométrico no se explicará con detalle ya que resultaría demasiado complicado para los fines que se persiguen en esta tesis, solo se mencionará que el algoritmo empleado es el de Talwani y Heirtzler, autores del cálculo de anomalías magnéticas producidas por cuerpos bidimensionales de forma arbitraria, el cual consiste básicamente en representar mediante un polígono de una forma irregular a una sección transversal de un cuerpo de 2 dimensiones. En los cálculos se considera que el cuerpo-

tiene una polarización unitaria.

Este método de interpretación es indirecto, puesto que las anomalías serán calculadas a partir de un cuerpo de prueba, al cual se le irán cambiando los parámetros de profundidad, forma y dimensiones, comparando posteriormente las anomalías calculada y observada. Este proceso se puede efectuar con ayuda de una computadora digital, volviéndose relativamente sencillo.

Los datos necesarios para el funcionamiento del programa MØD MAG son la inclinación magnética y declinación magnética que presente cada sección de acuerdo a su posición, además es necesario proporcionarle los valores de la Anomalia Magnética Observada, para lo cual se efectúa un muestreo de los valores a lo largo del perfil seleccionado, en este caso particular el intervalo de muestreo fue cada 2 km.

Ya que varias de las secciones interpretadas presentan características muy similares, se considero poco práctico la explicación detallada de cada una de ellas, por lo que solo se realizara una descripción general de las características fundamentales de tal manera que se tenga un panorama general, profundizando unicamente en aquellas donde se presenten características diferentes, para finalmente llegar a la Configuración de Basamento.

La orientación de las secciones es SW-NE, a excepción de la sección SAM-16-cuya orientación corresponde a SE-NE, la longitud promedio es de 150 Km., aunque la sección SAM-15 solo tiene 52 Km. de longitud. La mayoría de las secciones se localizan en el Edo. de Durango hacia su parte SE (Plano Indice), mientras que el resto de las secciones SAM-14 a SAM-19 se localizan al NW del Edo. de Zacatecas, algunas de las secciones con fines de ubicación atraviezan ciudades y poblados de importancia como son: Durango, Nombre de Dios, Sombrerete, Juan Aldama, Río Grande, etc.

En el aspecto Topografico se nota una marcada tendencia a que las elevaciones aumenten hacia la parte W y NW, esto resulta más evidente en las secciones SAM-1, SAM-3 y SAM-4 en donde se tienen elevaciones mayores a los 3 000 m.s.n.m. las cuales corresponden a la presencia de la Sierra Madre Occidental; en las secciones ubicadas en la parte SE y sobre todo hacia el final de cada una de ellas se aprecia que el perfil topografico desciende considerablemente alcanzando en algunas zonas una elevación no mayor a los 1 800 m.s.n.m. (Zona de la Mesa Central) en base a esto la elevación promedio varia entre 2 000 - 2 500 m.s.n.m.

El valor de susceptibilidad empleado fue obtenido de valores determinados en una zona más al N, ya que en el área no se conto con información del subsuelo.

La susceptibilidad de los cuerpos propuestos en el Modelado Geológico del Basamento en las diferentes secciones trazadas a lo largo del área en estudio, varía entre $K = 0.0015$ c.g.s. y $k = 0.0055$ c.g.s., este amplio rango de variación se cree tenga su origen en lo complejo de la Geología del área, primordialmente la gran cantidad de intrusivos y su amplia variedad, algunos ejemplos típicos de estos intrusivos son los que afloran en las secciones SAM-11, SAM-13, SAM-14, SAM-17. Estos intrusivos intervinieron en forma muy importante dentro del modelado, sirviendo como base para la proposición de la susceptibilidad de aquellos que no presentan manifestación superficial, claro está que también -- fue relevante para este propósito la información geológica con que se contaba.

Como resultado de la intensa actividad Tectónica del área (Intrusiones), no era de extrañar que la topografía del basamento resultase ser abrupta y muy variada, por lo que para lograr el ajuste de la Anomalia Magnética calculada -- con la observada, fue necesario proponer varios cambios laterales de susceptibilidad, característica que tiene gran importancia en la sección SAM-10, en -- donde fué necesario considerar 11 cuerpos intrabasamentales para lograr un ajuste satisfactorio.

Otro punto que resulta en las secciones Modeladas (SAM-9, SAM-10, SAM-11, SAM-12, SAM-17, SAM-19) es un levantamiento del perfil basamental en dirección NE, preséntandose profundidades entre 800-1 500 m.b.n.m. hacia el final de las secciones; este hecho coincide con lo establecido en los perfiles geológicos -- en los que también se pasa de condiciones de cuenca a las de plataforma conforme se avanza en la misma dirección.

6).- Plano de Configuración de Basamento:

Finalizado el modelado con un ajuste conveniente de acuerdo a las necesidades, se transportaron los valores del Perfil del Basamento Magnético obtenidos para cada sección, a un plano en el cual se tenían trazadas las secciones, el intervalo de muestreo fué de 2 km., el objeto de este trabajo fué que una -- vez concluida la compilación de los valores correspondientes a cada punto muestreado fueron almacenados en cinta, para posteriormente aplicarse el programa de Configuración, obteniéndose finalmente el Plano de Configuración de Basamento Magnético, en el cual se encuentra resumida toda la información presentada en las secciones y da un panorama completo de la complejidad del área, punto que será analizado más adelante.

predominante es NW-SE, las cuales se cree pueden corresponder a estructuras en el subsuelo como son anticlinales y sinclinales con dicha orientación; los cuales se correlacionan con los plegamientos existentes al E y NE del área; evidencias de la Sierra Madre Oriental, estas estructuras fueron productos de la Orogenia Laramide ocurrida hacia fines del Cretácico, la cual provocó arqueamientos y recumbencias sobre las rocas existentes en la porción E de la República Mexicana.

Un rasgo importante de mencionar es la presencia de un mínimo gravimétrico que aparece en las cercanías de la Cd. de Fresnillo, aspecto que representa una gran incógnita, puesto que se muestra contradictoria a la orientación que guardan las anomalías dentro de la zona en estudio.

Otro rasgo relevante es la presencia de una zona en donde predominan máximos gravimétricos (parte NE del Plano de Anomalías de Bouguer), hecho que provocaría que las secciones interpretadas sufrieron variantes en sus características, sobre todo en el valor de densidad, el cual fue mayor conforme nos acercábamos hacia dicha zona.

4) Correcciones y Características

Una de las correcciones realizadas previamente al modelado, fue aquella debida a la presencia de una gran masa localizada en las cercanías de la estación donde es obtenido el valor de Gravedad; al respecto se construyó un perfil que atravesó la zona en las cercanías de la Sierra Madre Occidental el objetivo era definir la necesidad de efectuar la corrección o el de no llevarla a cabo, como conclusión se vio que como el efecto provocado por dicho exceso de masa no era lo suficientemente evidente, se optó por no efectuar dicha corrección en las siguientes secciones.

Para el modelado de cada sección fueron consideradas las características del basamento que resultaba del modelado Magnético y, las columnas Geológicas obtenidas sobre los diferentes puntos en el área y los trabajos regionales existentes permitieron construir una columna Geológica con espesores y densidad tentativas (Fig. V.3), para poder iniciar la proposición de modelos.

Los datos más importantes proporcionados por la Geología fueron los espesores y la litología, el primer dato fue útil desde el punto de vista de que si ya se tiene un control superficial establecido a partir de la Geología Superficial y además se tiene una edad para cada paquete únicamente faltaba efectuar una correlación entre ambos, con lo que tomando en cuenta el comportamiento de la Anomalia Gravimétrica se puede establecer una primera opción del comportamiento de las capas, el segundo dato fue útil para llegar a establecer -

B).- Gravimetria

1) Generalidades:

Muchas de las características y propiedades relativas a este método son muy semejantes a las tratadas en Magnétometria ya que ambos son métodos -- potenciales, como por ejemplo el campo Gravitacional posee dos características que hacen muy difícil la obtención de una solución única: la primera es que el valor de la gravedad medida, en cualquier estación nos refleja la influencia -- sobrepuesta de muchas distribuciones de masa, la atracción de eventos relativamente locales se aprecia a menudo como una pequeña distorsión dentro de la respuesta debida . . . a eventos de mayor importancia. Por lo que la interpretación solamente podrá realizarse después de haber sido aisladas las contribuciones de los diferentes cuerpos, este efecto siempre se encuentra presente, pero para el caso muy especial de la prospección resulta crítica su presencia, ya -- que generalmente las estructuras de interés son extremadamente locales; la segunda dificultad en la interpretación correcta es debido al campo gravitacio-- nal, que como todos los campos de potencia comparte la ambigüedad fundamental en la solución inversa de problemas con valores en la frontera. Para una dis-- tribución de anomalías dadas se puede encontrar un número ilimitado de distri-- buciones de masa que la produzca; visto bajo este punto de vista el problema -- interpretativo no tiene solución sin embargo, mediante el razonamiento geologi-- co se descarta un gran número de posibles soluciones.

2) Información Preliminar:

Para la interpretación Gravimétrica se contó con la información contenida en las hojas de campo, información que fué corregida de acuerdo a los -- lineamientos previamente mencionados, obteniéndose como resultado final el plano de Anomalia de Bouguer Esc. 1:200 000, los caminamientos realizados para -- obtener la información fueron efectuados generalmente a lo largo de los cami-- nos transitables existentes dentro del área, esta metodología de trabajo provo-- ca que las estaciones de lectura no tengan un arreglo geométrico regular, aspecto favorable en el momento de efectuar la Configuración del plano de Anomalia-- de Bouguer: resulta nuevamente necesario recomendar el no tomar con mucha con-- fianza los efectos de tipo local y más bien enfocar nuestra atención hacia los aspectos de carácter regional.

3) Interpretación Cualitativa

Como ya fue mencionado en su momento este tipo de Interpretación se -- refiere a la apreciación y detección de las características más sobresalientes del área, para este aspecto tomaremos como base el Plano de Anomalia de Bouguer en donde se observa el alineamiento que guardan las anomalías; cuya orientación

Cuaternario Terciario	Espesor : 300 m. Densidad : 2.3 , 2.6
Cretacico Superior.	Espesor : 800-1000m. Densidad : 2.63
Cretacico Inferior.	Espesor : 1000 - 1200 m. Densidad : 2.68
Jurasico Superior.	Espesor : 400 - 500 m. Densidad : 2.68

Fig. V.3

un valor de densidad adecuado, basandonos nuevamente en la bibliografía ya que no se contó con valores de densidad determinados en el campo.

5) Trazado de las Secciones

Se inicio con la detección de los alineamientos más relevantes existentes en el plano de Anomalia de Bouguer, con el proposito de ubicar en el sitio más adecuado las secciones gravimétricas que serian interpretadas, el criterio seguido para el trazado fué tratando de cruzar el mayor número de anomalias y que al mismo tiempo este cruce fuese lo más perpendicularmente posible, con la finalidad de obtener el mejor efecto de la anomalia, para que al momento de su interpretación los resultados sean los deseados.

Debido a las dimensiones del área para poder efectuar una mejor interpretación fue necesario el establecimiento de 14 secciones Gravimetricas (Fig.V.4) cuya orientación es NE-SW; la longitud de las secciones varia entre los 200---220 km. las más largas y 70 km. las más pequeña, la mayoría de las secciones se localizan hacia la parte NW del Edo. de Zacatecas (SAG-6 a SAG-14), el resto se localizan en el Edo. de Durango, la separación entre secciones es variable, teniendo al inicio de las mismas una separación aproximada de 10 Km. mientras que hacia la porción final se ve reducida esta distancia, dando como resultado dar la apariencia de un abanico.

6) Modelado de las secciones

La interpretación se efectuó por medio del modelaje gravimétrico, el procedimiento es muy semejante al efectuado para modelar en magnétometria, consiste en realizar un modelo geológico bidimensional apoyado en información Geológico-Geofísoca en el cual se incluyen espesores de las diferentes capas, así como las diferentes densidades con que se cuentan a partir de datos de campo, con el objetivo de lograr una estrecha correlación entre la curva de la Anomalia de Bouguer observada (obtenida a partir de los datos de campo) y la curva de la Anomalia Calculada.

Este procedimiento se repite un número 'n' de veces, en función de las modificaciones que se le hagan al modelo tratando de lograr la mayor correspondencia, cuando la anomalia observada y la calculada muestran la suficiente similitud, es decir se observa un paralelismo entre ambas curvas gravimétricas, el modelo se considera ajustado.

Debido a la versatilidad del programa de calculo (Mobidi) del paquete existente en el IMP, y en base también a que se cuenta con la capacidad de memoria de maquina suficiente, los modelos geológicos considerados se encuentran formados por varios cuerpos o capas, a partir de los cuales se obtiene un perfil gravimétrico total, el método empleado calcula por separado el efecto gra-

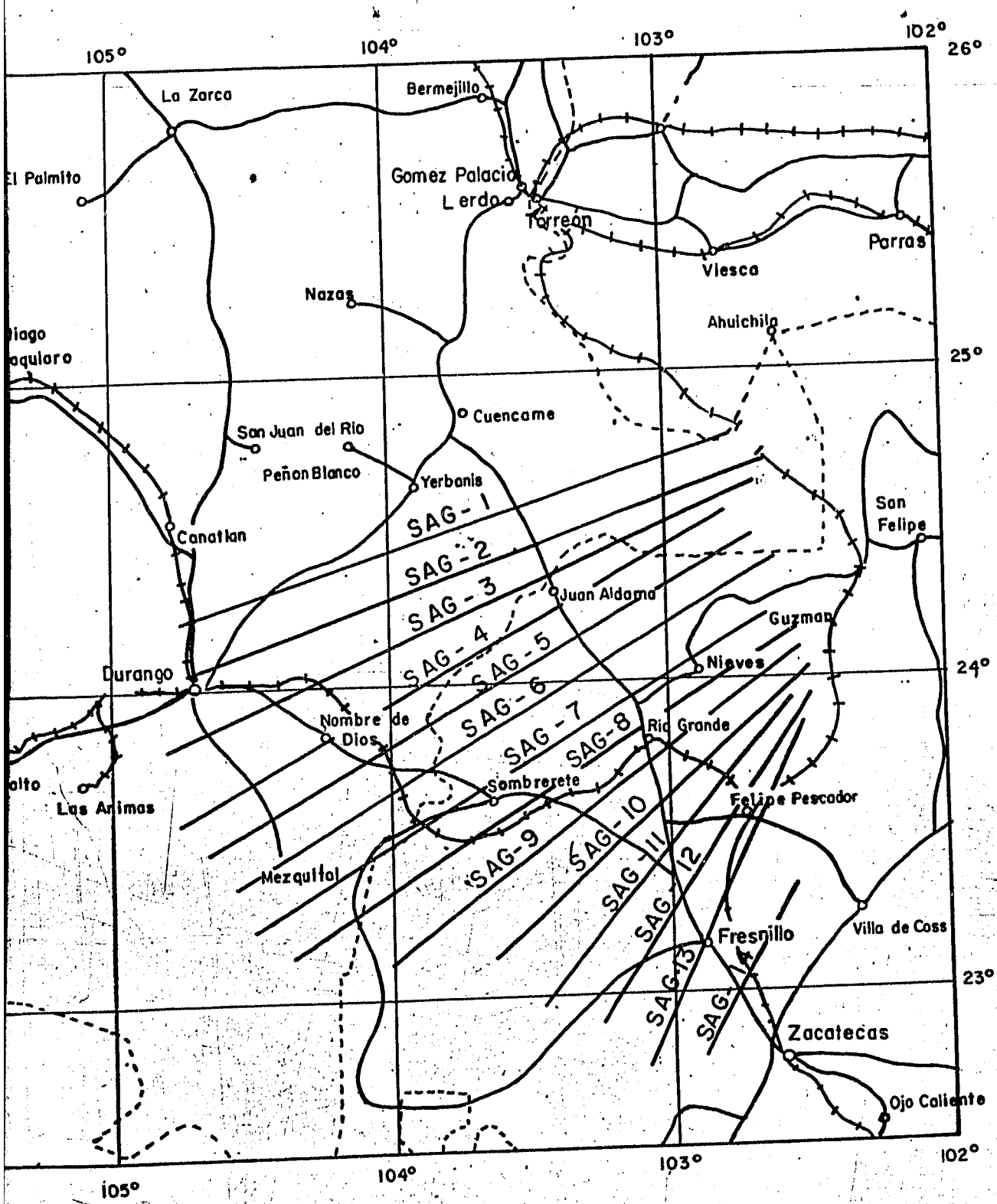


Fig. Plano de Localización de las Secciones Gravimetricas

vitacional de cada capa, repitiéndose hasta los "n" cuerpos que forman el modelo, de esta forma el efecto gravitacional total calculado a lo largo de una sección será la suma algebraica de los efectos de todos los cuerpos a lo largo -- del perfil.

Para la aplicación del método es necesario proporcionar las coordenadas -- correspondientes a los vertices de cada poligono, los cuales nos representan a cada cuerpo, así como su densidad, para que el programa pueda calcular el efecto gravitacional de cada cuerpo. Debido a que en la Prospección Gravimétrica la causa de las anomalías son los diferentes contrastes de densidad del cuerpo, es necesario considerar una densidad base de manera que se reste siempre a la densidad del cuerpo, es decir considerar el cuerpo rodeado por un material con un valor constante, de tal forma que el valor de densidad resultante sea la densidad base menos la densidad del cuerpo.

Es práctica común adoptar como densidad base la correspondiente al basamento que es el cuerpo que se encuentra en la parte más inferior de la sección y -- generalmente es el valor más alto en densidad de todos los restantes.

Por otra parte es necesario indicar que si se calculan los efectos gravitacionales de los cuerpos, exclusivamente hasta los límites marcados por la sección geologica, debido a la interrupción tan abrupta se produce el efecto de -- falla en los extremos, por lo que es necesario prolongar la sección en ambos -- extremos pero teniendo cuidado de no tomar como ciertas las características obtenidas fuera de los límites. Se ha visto en la práctica que una prolongación -- de 20 ó más veces el espesor del cuerpo que se calcule produce buenos resultados.

En la presentación final de las secciones ajustadas se utilizó el mismo -- formato que para la presentación de la sección Magnética. En la parte inferior aparecen las curvas de la Anomalia de Bouguer tanto la observada en el campo -- como la calculada, en el margen izquierdo aparece la escala correspondiente a -- la Gravedad Relativa en (U.G.) en la parte superior aparece el modelo, en el -- que se puede apreciar desde las características del Perfil Topografico, pasando por las características del paquete sedimentario, hasta el probable basamento, -- el margen izquierdo se tiene la escala en Km., la cual aparece deformada, siendo esta deformación aproximadamente 4 veces más grande que la escala horizontal esto es debido a cuestiones de modelado.

La descripción minuciosa de las 14 secciones Gravimétricas propuestas para la interpretación llevaría mucho tiempo y resultaría poco práctico, por lo que únicamente se mencionarán las características más relevantes y solo se hará el análisis de la sección en donde se ven con mayor claridad dichas características.

Uno de los aspectos más relevantes y que aparecen en un gran número de las secciones (SAG 1, 2, 3, 4, 5 ...), el cual ya había sido detectado durante la proposición de los Perfiles Geológicos y la Configuración de Basamento, se confirma con la información Gravimétrica, esta característica es la disminución de la profundidad a la que se presenta el perfil del basamento conforme se avanza en dirección NE, además se vio la necesidad de que existiera un aumento en el valor de densidad del basamento (hasta los 2.82 gr/cm^2) conforme se avanzaba en esta dirección.

El paquete sedimentario en términos generales presenta una serie de fallas las cuales en algunos casos tienen manifestación superficial, estas dan como resultado un conjunto de Horst y Grabens debido primordialmente a la tectónica existente en la zona; las capas que constituyen la columna conservan un espesor más o menos constante a lo largo de la sección, salvo las que corresponden al Triásico-Jurásico (Nomenclatura adoptada para este estudio), las cuales por falta de control preciso y por sufrir acunamientos con el basamento presentan variaciones considerables en su espesor, otro paquete que presenta dimensiones variables es el cuaternario.

Los derrames ígneos presentes en gran parte del área, sugieren que únicamente constituyen pequeñas capas de coladas a las cuales se les dio un espesor variable entre los 100-300 Mts., motivo por el cual y debido a la escala de las secciones en muchos de los casos se pierde.

Dentro de la sección SAG-4 se aprecia uno de los rasgos más importantes, el cual pone de manifiesto la ambigüedad de las posibles soluciones a un mismo problema y además nos da una característica muy peculiar resultado de la interpretación. Entre los Kms. 95-110 de la sección se tiene la presencia de un gran depósito dentro del paquete Triásico-Jurásico, dato que aparentemente no resulta extraño, pero que después de haber estudiado toda el área y realizando el modelo se cree se trata de un error, el porque de esta afirmación se debe a que en la sección siguiente SAG-5 en donde las características son muy semejantes, al momento de tratar de ajustar la anomalía observada en base al mismo tipo de modelo propuesto en la Sección SAG-4, se vio la necesidad del establecimiento de un espesor mucho mayor del paquete Triásico-Jurásico, hecho que resultaba -

poco probable y que no tenia justificación desde el punto de visto Geológico; se opto por lo tanto en la proposición de otro modelo, en este nuevo modelo se propuso la presencia de un cuerpo ígneo intrusivo de baja densidad caso muy raro y poco frecuente pero que fué necesario proponer para lograr el ajuste de la sección, antes de proponer este cuerpo intrusivo fue necesaria una investigación más a fondo durante la cual se encontraron datos acerca de un cuerpo con características muy parecidas que aflora en los alrededores de la Cd. de San Luis -- Potosi, este cuerpo intrusivo corresponde a una Granodiorita de baja densidad. Vista esta nueva alternativa dentro del modelaje y puesto que con su proposición se logro un ajuste entre las anomalias casi de inmediato, se dio como buena -- esta solución al problema, las características en cuanto a su forma y dimensiones se lograron establecer con ayuda del Plano de Anomalia de Bouguer, la presencia de este cuerpo se puede seguir a lo largo de las secciones SAG-5,6,7,8,9.

En el plano de Anomalia de Bouguer también se aprecia otra zona con características similares a las encontradas en la parte SW, se localiza en forma casi paralela pero aqui la intensidad de la anomalia es menor y por lo tanto para lograr el ajuste, unicamente variando ligeramente el espesor del paquete Triasico-Jurásico se pudo lograr sin mayores problemas, aunque queda la alternativa de que pudiera tratarse de otro cuerpo intrabasamental con características semejantes al propuesto.

No debe pensarse que el modelo propuesto es necesariamente el verdadero ya que como quedo claro existen varias soluciones, con todo esto se establece como una zona conflictiva y dudosa, duda que no quedará aclarada hasta que no sea realizado un trabajo a mayor detalle.

En la sección SAG-5 se cuenta con la presencia de un cuerpo intrusivo con manifestación superficial, localizado entre los Kms. 55-60 el cual sirvio como pauta no tan solo en este modelo sino en algunos otros para llegar al establecimiento de las características del basamento, su importancia radica en que proporciono una idea del valor de densidad más adecuado que debería de ser usado.

Otro de los cuerpos intrusivos con manifestación superficial y que también fué tomado como base para la proposición de las características basamentales es el localizado entre los Kms. 60-65 en la sección SAG-8.

Durante el modelado de la sección SAG-8 se vio la necesidad de aumentar la profundidad a la que se encuentra el basamento a partir del Km 110, esto trajo como resultado que el paquete sedimentario presente un aumento considerable en su espesor, lo que da la apariencia de que pudiera tratarse de alguna cuenca de depósito, el espesor que se vio más afectado fué el que constituye el paquete -

Triásico-Jurásico, esto se debió al poco control que sobre el se tenía.

La sección SAG-9 fué la última en la que se presentan tantas variaciones laterales de densidad, dando como resultado una topografía del basamento muy variable, más hacia el SE los cambios en el basamento son más suaves y regulares - al igual que es escaso el número de variaciones laterales de densidad (secciones SAG-10, 11, 12, 13, 14). Conforme nos acercamos a la sección SAG-12 se detecta un ligero hundimiento en el basamento, el cual como se observa en el Plano de Configuración de Basamento corresponde a un mínimo con orientación NE-SW, ubicado a la altura de la Cd. de Fresnillo, Zac.

7) Plano de configuración de la Cima del Mesozoico

El escoger la cima del Mesozoico para su configuración obedeció a los requerimientos e interés que tenía Pemex sobre el conocimiento de dicho horizonte, puesto que la dificultad de efectuar la configuración de un horizonte u otro es la misma.

Para efectuar la configuración de la Cima del Mesozoico se muestreo - cada 2 km. el contacto Mesozoico-Cenozoico propuesto a lo largo de las secciones gravimétricas interpretadas y se procedió a almacenar la información en cinta, para que posteriormente se le aplicara el programa de configuración y se obtuviera el plano respectivo.

Uno de los objetivos que se perseguían al configurar este horizonte era el establecimiento tentativamente de la potencia del paquete sedimentario, además del conocimiento de las condiciones que guarda, con el objetivo de establecer las zonas de mayor interés petrolero (productora y almacenadora); muy especialmente se deseaba conocer las características del paquete Cretácico, éste interés tan marcado se debe a los buenos resultados que ha proporcionado este mismo paquete en otras áreas.

El Plano de la Cima del Mesozoico puede considerarse como el resultado final a todo el trabajo previamente efectuado, ya que muestra implícitamente las características propuestas en el basamento al igual que las características geológicas reinantes en el área, durante ese período de tiempo. Algunos de los puntos más relevantes y que se observan en las secciones modeladas son: Los pliegues y fallas propuestas dentro del paquete en algunos casos guardan cierta correspondencia con la posición de las estructuras basamentales, en otros casos no es así y más bien se apegan a los requerimientos necesarios para que se efectuara un ajuste de acuerdo a las necesidades, por lo que se presentan acuífamientos y engrosamientos dentro del paquete sedimentario, sobre todo en las capas correspondientes al Triásico-Jurásico como respuesta a la falta de control sobre sus características, aunque también se presentan en capas cretácicas.

Dentro de las características propias del Plano que muestra la cima del Mesozoico se tienen:

En la parte media y hacia el NE se aprecia que la profundidad a la que se localiza dicho horizonte varia entre 1-2 km. mientras que en las cercanías de la Cd. de Fresnillo se manifiesta una gran cuenca con una profundidad aproximada de 3.5 km., esta misma estructura, presenta un alineamiento SW-NE el cual rompe con la tendencia que guardan las estructuras ubicadas más al NE, en las cuales el alineamiento predominante es NE-SE, además de presentarse probables anticlinales acompañados de su respectivo sinclinal.

Otra característica importante es la ubicación exacta que se tiene de los cuerpos igneos intrusivos más significativos dentro del área, los cuales en algunos casos llegan a tener una manifestación superficial, y que por lo mismo representan una zona con alto interés desde el punto de vista minero.

Finalmente se tiene que la configuración realizada, nos proporciona una idea del comportamiento general de las diferentes estructuras presentes dentro del área como son: direcciones, tendencias, dimensiones, y como consecuencia se establece un panorama de las posibles zonas económicamente importantes; el cual en un momento dado puede resultar ser una herramienta de gran utilidad.

CAPITULO VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

VI).-CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como resultado final de la Integración e Interpretación Geológico-Geofísica realizada en el área Zacatecas-Durango, ubicada en la porción central de la República Mexicana, se tienen los siguientes puntos relevantes:

- 1) Características generales del espesor del paquete Sedimentario
- 2) Características del Plano de Anomalia de Bouguer
- 3) Ubicación de variantes que definan posibles estructuras
- 4) Características del Plano de Basamento Magnético
- 5) Basamento en el área Fresnillo
- 6) Características del Plano de Configuración de la Cima del Mosozoico
- 7) Aspecto económico del área

Como resultado de todo el estudio, es posible contar con una interpretación del comportamiento que sigue el paquete sedimentario a lo largo del área y sobre todo en los perfiles que forman las secciones gravimétricas. Ya conocida esta -- incógnita resulta más fácil el establecer una idea sobre las características estructurales que guarda el área y por lo tanto el llegar al establecimiento de zonas con una mayor importancia.

En el plano de Anomalia de Bouguer utilizado durante el modelado, se observo desde un principio el aumento del valor de las anomalías conforme se avanzaba en dirección EN, hecho que quedo reflejado al momento de realizar la interpretación de las diferentes secciones, ya que para poder efectuar un ajuste adecuado fue necesario que tanto el basamento como la columna sedimentaria, presentara características especiales como son: el basamento debía de aumentar en su valor de densidad, además de encontrarse más cerca de la superficie, provocando que el paquete sedimentario también sufriera una disminución en su espesor. Estos aspectos hacen suponer la presencia de un basamento con características especiales y por lo tanto diferente al detectado hacia la porción SW del área.

En cuanto al cuerpo intrusivo de baja densidad propuesto en algunas de las secciones, se recomienda efectuar un estudio a más detalle, primero con la finalidad de verificar si se trata de un cuerpo intrusivo con las características -- propuestas o si por el contrario se trata de otro tipo de estructura.

En ambos casos es primordial establecer el tipo de estructura, ya que si -- trata de un cuerpo como el propuesto resultaría ser una zona muy interesada desde el punto de vista minero, tomando en cuenta todos los antecedentes que al respecto presenta el área, en dado caso que se tratara de otro tipo de estructura -- como por ejemplo domo salino (cuerpo de baja densidad) el enfoque podría ser de-

tipo petrolero, debido a la asociación que existe entre las intrusiones salinas y las trampas de hidrocarburos, caso que desde mi punto de vista presenta muy pocas perspectivas.

En el Plano de Basamento Magnético resalta la disminución de la profundidad a que este se presenta conforme se atraviesan las secciones en dirección NE, característica perviamente mencionada, también es relevante la gran cantidad y variedad en cuanto al valor de susceptibilidad magnética que presentan los cuerpos propuestos en el basamento, este hecho resulta extraño si no tomamos en consideración las características reinantes dentro de la zona.

Continuando en este punto se detecto hacia el área de Fresnillo un cuerpo-anomalo, primero debido a su orientación (E-W) y segundo por el hecho de que para efectuar el ajuste solo fue necesario el establecimiento de un cuerpo con una densidad (sección SAG-12), el que se tengan estas diferencias nos lleva a pensar que se podría tratar de un cuerpo que interrumpe el lineamiento general que guarda las demas estructuras o que se trata del inicio de una nueva dirección de las estructuras, esto no fue posible confirmarlo o negarlo debido a que ya no se contaba con más información hacia el SE.

Con este mismo plano también fue posible ubicar con mayor precisión algunos de los cuerpos intrusivos que presentan una manifestación superficial, de los cuales a continuación se tiene una tabla (Fig. 1) estos cuerpos intrusivos cuya composición es variable desde troncos, diques y dique-estractos cuya composición es variable, desde granitica-dioritica, dioritica, monzonitica, riolitica, andesitica y basaltica. La edad generalizada para este vulcanismo en su mayoría es Oligeceno Inferior Medio (28-30 m.a.). Algunos de los cuerpos mencionados se localizan fuera de los límites del área.

Ademas de estos cuerpos intrusivos de los cuales se tiene conocimiento, fué posible el ubicar algunos otros más, los cuales solo aparecen en algunas cartas Geologicas de las publicadas por DETENAL, de los cuales a continuación aparece una lista:

CUERPOS INTRUSIVOS

	Composición	Localización*
Cerro Prieto	Intrusivo Intermedio	G13-D67
Rodeo Durango	Granodiorita (47.8 1.1m.a.)	
Parrilla Nombre de Dios, Dgo.	Cuarzodiorita (87.4-2.0 m.1.)	
Sierra de Yerbanis, Dgo.	Intrusivo Acido	G13-D54
Peñón Blanco, Dgo.	Granito	G13-D53
Cerro Colorado,	Diorita	G13-D63
Miguel Auza		G13-D75
C. El Azul, El Atrisco		G13-D76
Chalchihuites, Zac.		F13-B34

* Hojas de Detenal

Localidad	Latitud	Longitud	Método	Edad (m.a.)	Litológia	Referencia
Pbo. Nvo. Dgo.	23°21'	105°21'	K-Ar	29 + 0.6	Porfido Andesitico	Damon, 1977
Pbo. Nvo. Dgo.	23°42'	105°28'	K-Ar	28.3 ± 0.5	Toba Riolitica	Fife D. et. al 19
Metates Dgo.			K-Ar	12 ± 0.2	Basaltos	Keizer, 1974
San Lucas de Ocampo, Dgo.	24°45'	104°37'	K-Ar	38 ± 0.1	Andesita	Damon, 1977
Sta. María del Oro, Dgo.	25°13'	105°09'	K-Ar	30.5 ± 0.6	Porfido Andesitico	Damon, 1977
Cerro del Mercado	24°02'	104°40'	K-Ar	29.3 ± 0.9	Agnimbrita	Keizer, 1975
Tronco de Peras Rodeo, Dgo.	25°24'	104°33'	K-Ar	47.8 ± 1.1	Granodiorita	Damon, 1977
Parrilla-Nombre de Dios, Dgo.	23°45''	104°07'	K-Ar	87.4 ± 2.0	Cuarzodiorita	Damon, 1977
Sierra de Yerbanis, Dgo.					Intrusivo Acido	G-13-D-54 (C.Geol)
Peñon Blanco, Dgo.					Granito	G13 - D53
Cerro Colorado, Dgo.					Diorita	G13 - D63
Miguel Auza						G13 - D75
C.El Azul, El Atrisco Zac.Dgo.						G13 - D76
Chalchihuites, Zac.						F13 - B34
Cerro Prieto, Dgo.					Intrusivo Intermedio	G13 - D67

En el Plano de Configuración de la Cima del Mesozoico al igual que en el Basamento se detecta la gran depresión existente hacia el NE de Fresnillo, en este plano también se establecen las características que se tenían para ese período de tiempo en especial, también resulta de gran ayuda para poder detectar las zonas donde se encuentran las estructuras que nos pudieran servir como trampa en el caso de la búsqueda de hidrocarburos.

Finalmente para el aspecto económico, el cual debe ser el propósito de toda investigación se tiene: con ayuda del Plano de Configuración del Basamento Magnético se establecen zonas de interés minero, ampliando aún más las perspectivas que al respecto se tienen tanto en el Edo. de Durango y Zacatecas, ya que dentro de este plano se están delimitando zonas bien especificadas en las que los resultados mineros se cree puedan ser buenos, claro está que no lo será por igual en todas ellas.

Con todo esto se recomienda el visitar y estudiar a más detalle las zonas que presenten más perspectivas y una mayor facilidad para su estudio, si a parte de la información presentada hasta el momento, se tiene el conocimiento de la presencia de mineralización será mucho mejor y los resultados posiblemente sean mucho mejores.

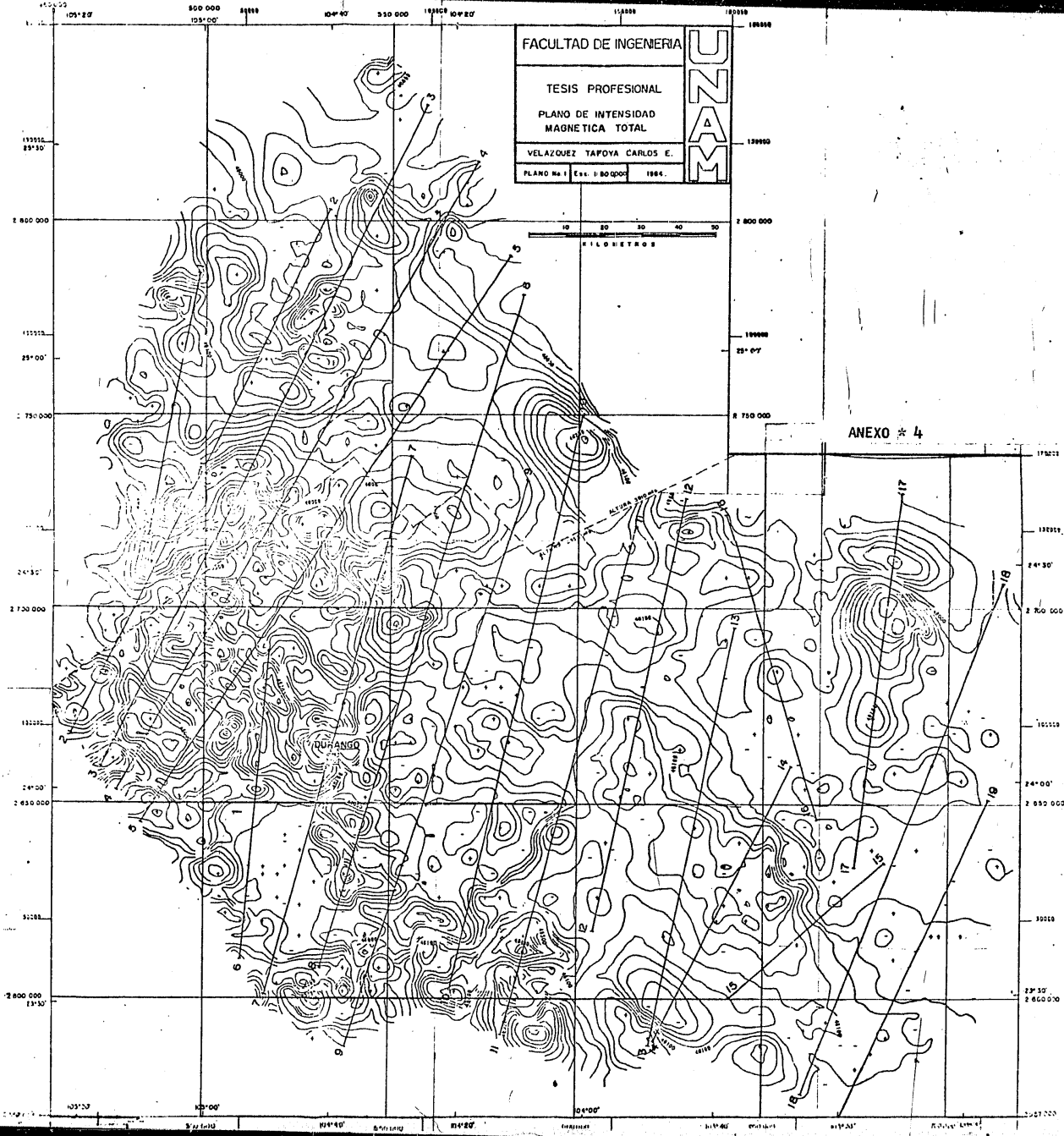
Enfocandonos en la búsqueda de hidrocarburos, se observa que las alternativas son escasas y poco favorables y por lo mismo poco recomendable su estudio a detalle, uno de los argumentos para establecer esta hipótesis parte del hecho de que si por algún motivo se presentó la generación y acumulación de hidrocarburos, debido a la gran cantidad de intrusiones, acompañadas la mayoría de las veces de altas temperaturas, trajo consigo que los hidrocarburos hayan sufrido una alternación hasta la fase de metamorfismo, donde el resultado final serían concentraciones de carbono.

Por último es conveniente establecer que este trabajo no representa la última palabra, además deben tomarse en cuenta las características regionales del estudio y por lo tanto sus resultados deben considerarse con un carácter de preliminares, aunque se recomienda que sean tomados como Antecedentes para futuros trabajos por realizar dentro del área enmarcada por el presente trabajo.

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

- MORENO VAZQUEZ M. Interpretación Bidimensional de los datos aeromagnéticos del área Torreón-Saltillo Concepción del Oro, Zac. Tesis I.P.N. 1982
- BACA MANUEL Intruducción a la Gravimétria (1°y 2°parte) Asociación Mexicana de Geofísica de Exploración Vol.XII Abril-Mayo-Junio 1971. Núm. 2
- CONACYT El Redescubrimiento de la Tierra. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología México 1982.
- CONSEJO DE RECURSOS NO RENOVABLES Bosquejo Geológico del Distrito Minero de Zacatecas -- Junio 1960 Departamento de Exploración Zona Norte.
- DENGO GABRIEL Paleozoic and Mezozoic Tectonic Belts in Mexico and -- Central America. Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial (ICAITI) Guatemala City.
- DOBRIN M.B. Introducción a la Prospección Geofísica Ed. Omega 3° - Edición 1975 Barcelona.
- GARDUÑO V.H. Informe Geológico del área Durango-Zacatecas. División de Estudios Especiales IMP, 1983.
- GUTIERREZ Y ACOSTA J. Modelado Gravimétrico Bidimensional para relieves Topograficos Abruptos. Tesis UNAM 1979.
- HERNANDEZ CUERVO J.L. Prospecto Miguel Auza, Zac, Informe Geologico No. 608-PEMEX 1980.
- LEET Y JUDSON Geologia Física Ed, Limusa 1979
- LOPEZ RAMOS E. Geologia de México Segunda Edición 1979 Tomo II.
- MARTINEZ HERNAN S. Estudio Geologico de las Sierras de Santa Rita, La Centella y El Barroso. Municipios de Concepción del Oro y Mazapil Edo. de Zacatecas UNAM Marzo 1969.
- Mc. GRAW-HILL Encyclopedia of the Geological Sciences 1978 N.Y.
- NETTLETON L.L. Gravity and Magnetic in Oil Prospecting Mc Graw-Hill, - 1976.
- NETTLETON L.L. Geophysical Prospecting for Oil Mc Graw-Hill, 1958.
- RAISZ Provincias Fisiograficas 1954
- SHERIFF R.E. Glosario de terminos usados en la Exploración Geofísica. Boletín de la Asociación Mexicana de Geofísica de Exploración Vol. XI Julio-Diciembre 1970 No. 3 y 4.

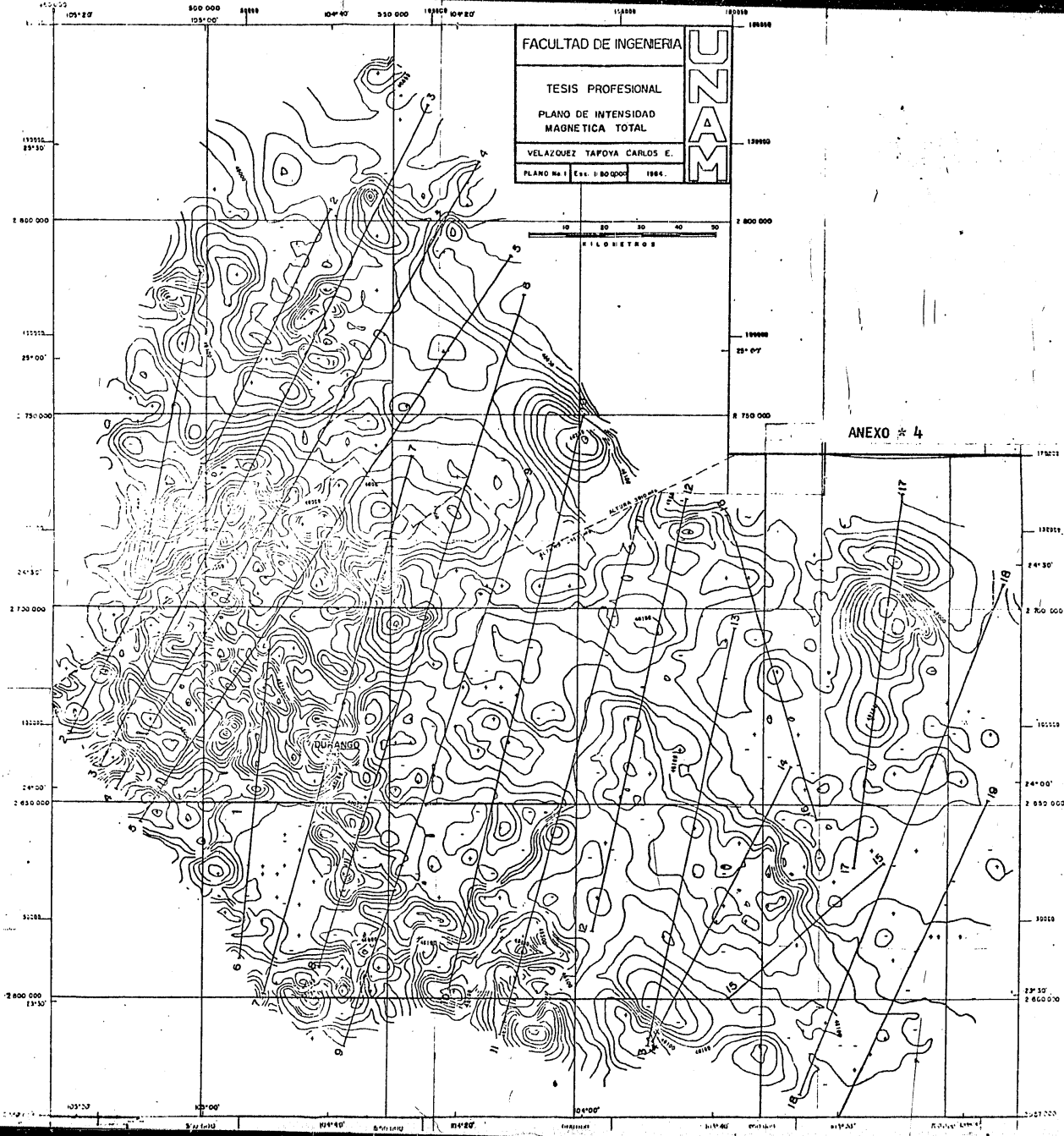
- SILVA SALDIVAR P. Algunos aspectos Teórico-Prácticos de la Gravimetría - en la Exploración Petrólera Octubre 1978 PEMEX
- SOCIEDAD GEOLOGICA MEXICANA Excursión Geológica a la cuenca Mesozoica del centro - de México Edos. de San Luis Potosí y Zacatecas. VI - Convención Geológica Nacional Septiembre 1982.
- TALWANI M. HEIRTZLER R.J. Computation of Magnetic Anomalies. Caused by two Dimensional Structures of Arbitrary shape. Publ. Geol. Sci. 1964 Vol. 9, No. 1, p.p. 464-480
- TRUJILLO CANDELARIA A. Estudio Geológico de las Sierras El Saltillo, El Gallo y Rodríguez. Municipios de Venegas S.L.P. y Concepción del Oro. Zac. U.A.S.L.P. Septiembre 1966.
- UNAM El Método Gravimétrico en la Exploración Petrólera. -- División de Educación continua Facultad de Ingeniería-1982.
- UNAM Miguel Auza Carta Geológica Esc. 1:50 000 Instituto de Geología.
- UNAM Carta Geológica del Estado de Zacatecas Esc. 1:50 000- Instituto de Geología.
- UNAM Carta Geológica del Estado de Durango Esc. 1:50 000 - Instituto de Geología.
- VOLIBRECHTSHAUSEN URIBE R. Informe Geológico No. 539 Exploración Geológica del -- Area San Francisco del Oro-Pacheco-Río Grande , Zac., - Hojas México L-10; M-10; N-10 PEMEX 1970.
- WALTER W. HAYS Interpretation of Gravity Data U.S. Geological Survey-1976.
- ZOLTAN DE CSERNA Geology of the Fresnillo area. Zacatecas México. Instituto de Geología de la UNAM August 1976 Geological -- Society of America Bulletin v.87 p. 1191-1198.

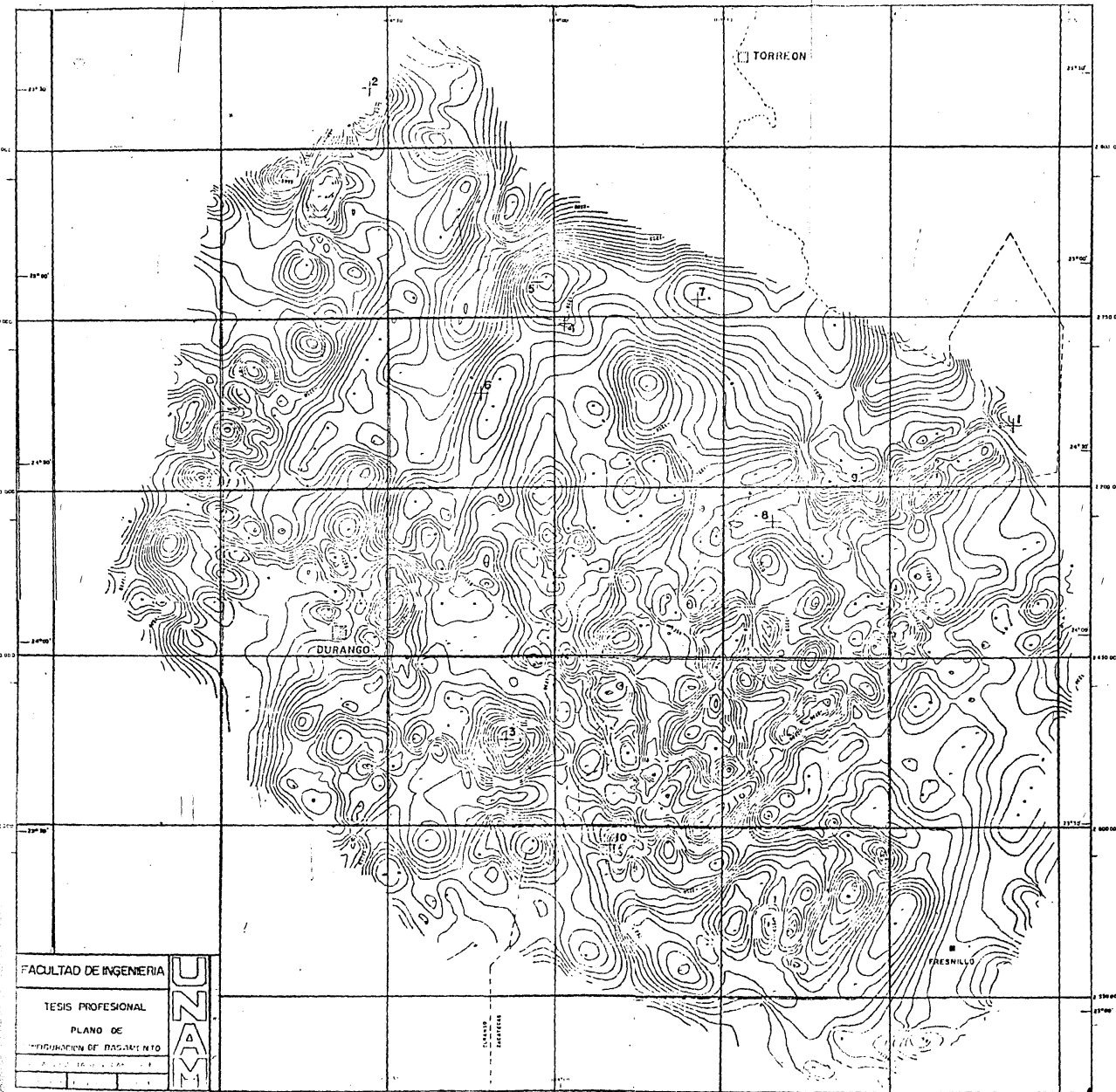


FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL
PLANO DE INTENSIDAD
MAGNETICA TOTAL
VELAZQUEZ TAPFOYA CARLOS E.
PLANO No. 1 Esc. 1:80,000 1984.

10 20 30 40 50
KILOMETROS

ANEXO * 4



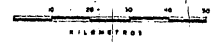


LEYENDA

CUEPOS INTRUSIVOS

- 1.- CERRO PRIETO
- 2.- RODEO DGO
- 3.- PARRILLA NOMBRE DE DIOS DGO.
- 4.- SIERRA DE YERBANIZ DGO.
- 5.- PERON BLANCO DGO.
- 6.- CERRO COLORADO DGO.
- 7.- SIN MANIFESTACION SUPERFICIAL
- 8.- MIGUEL AUZA
- 9.- C-EL AZUL, EL ATRISCO
- 10.- CHALCHUMITES ZAC.

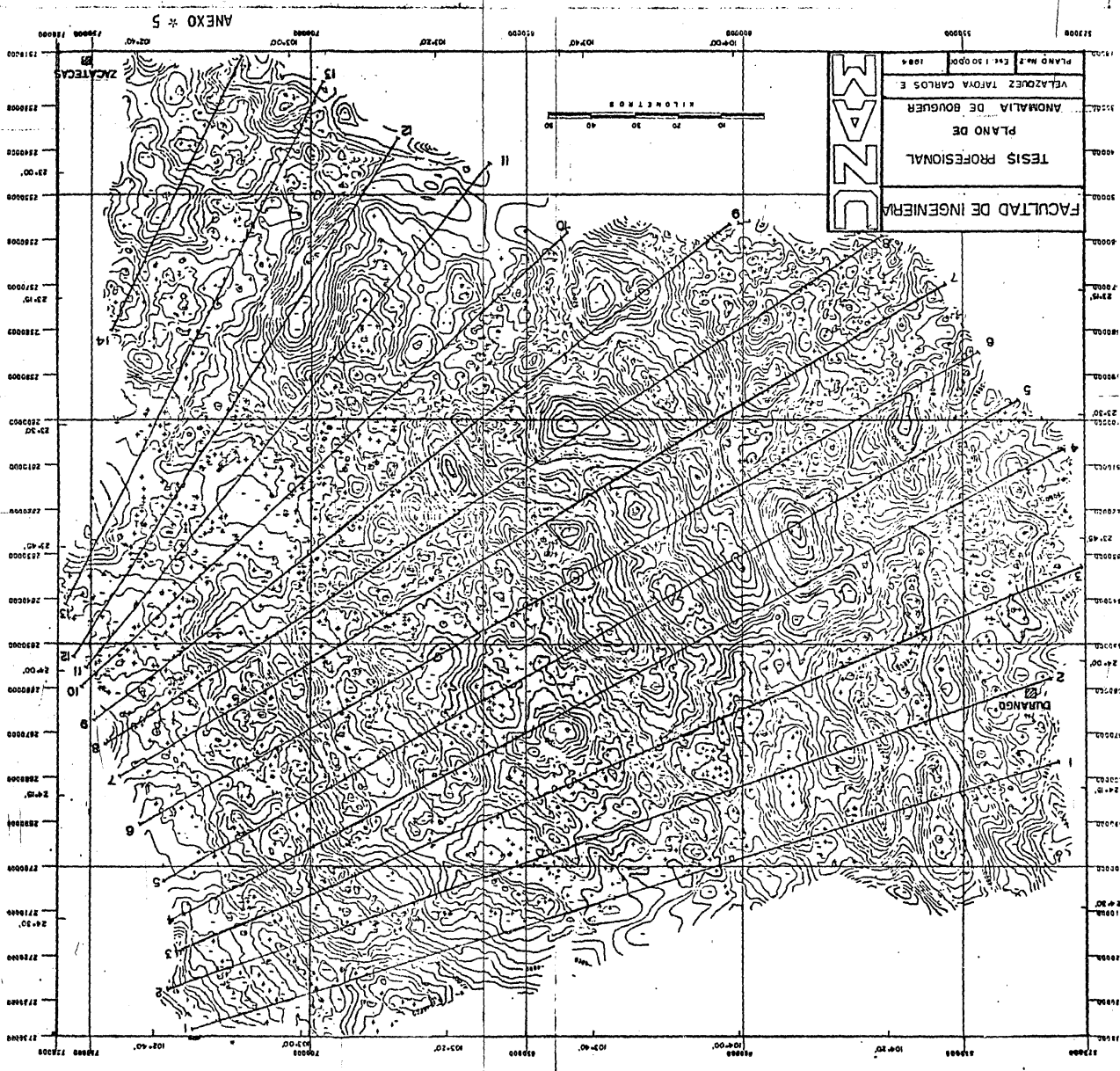
Intervalo de Configuración 250 mts.
 H+ Alto (Positivo)
 L- Bajo (Negativo)



FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL
 PLANO DE
 INVESTIGACION DE DISTRIBUCION

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE DURANGO



MAZC

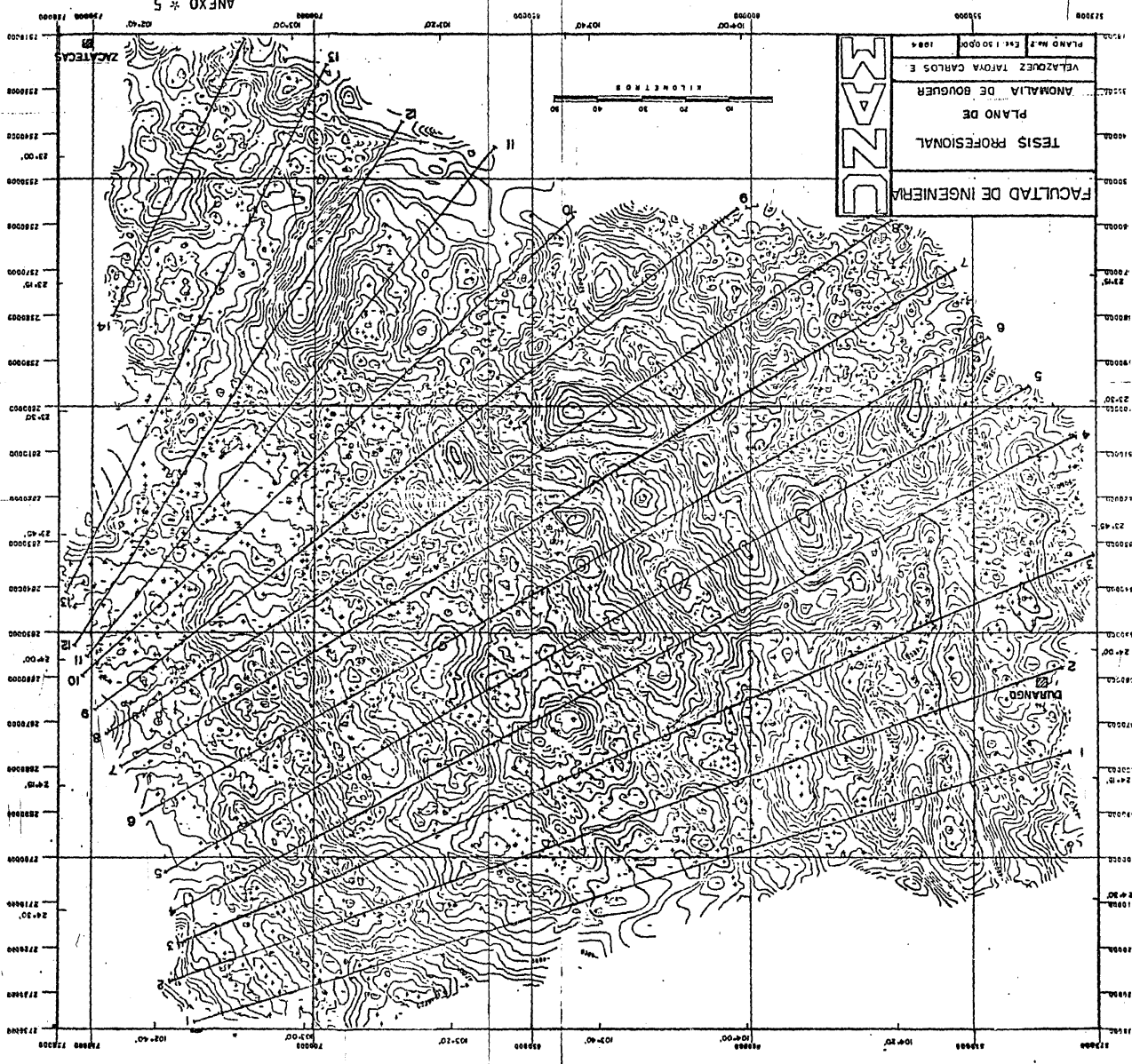
FACULTAD DE INGENIERIA
 TESIS PROFESIONAL
 PLANO DE
 ANOMALIA DE BOGUER
 VELAZQUEZ TAFIYA CARLOS E
 PLANO No. 2 EXT. 1 30 000 1084

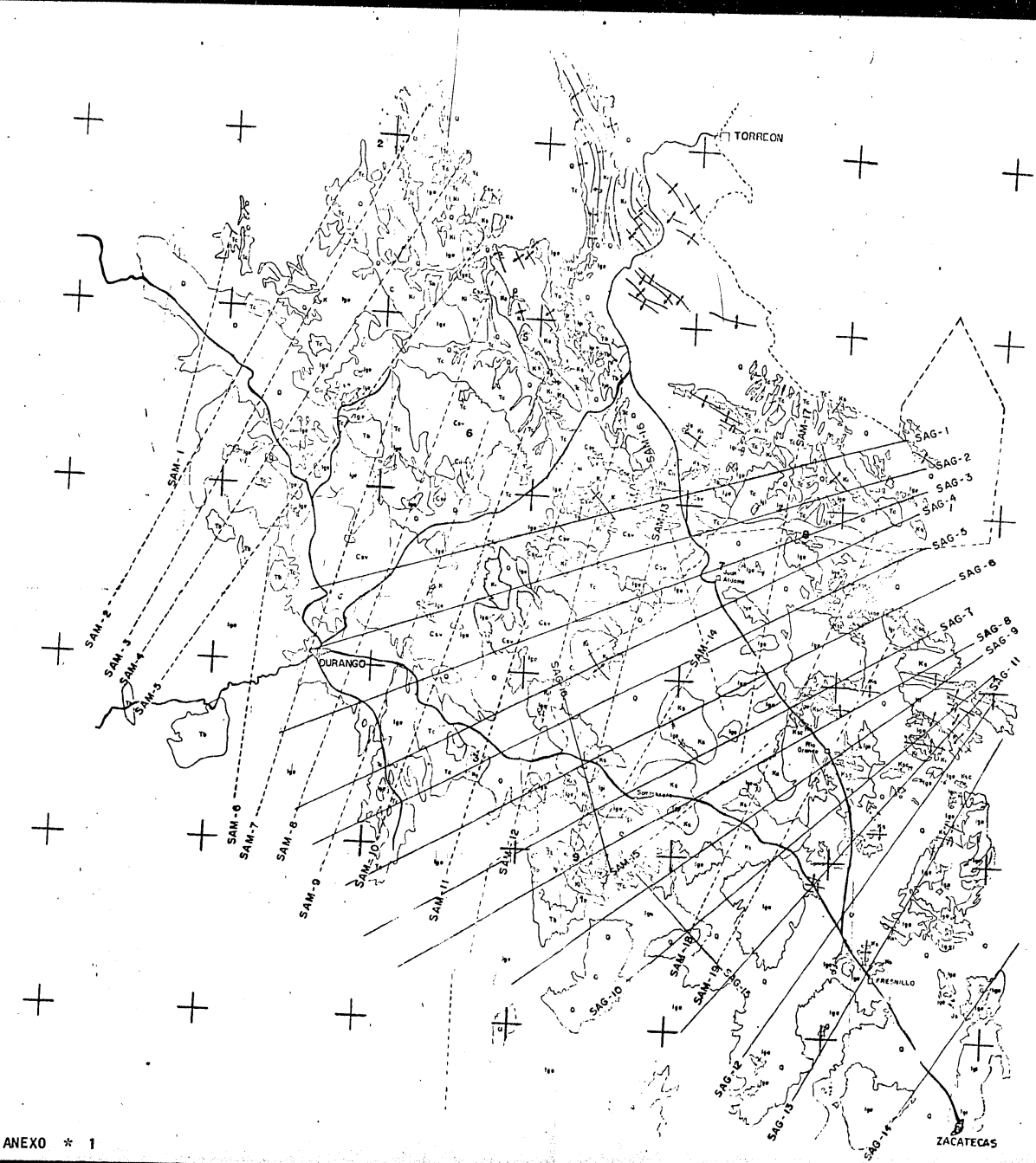
10 20 30 40 50
 KILOMETROS

ANEXO * 5

ZACATECA

DURANGO





LEYENDA

Rocas Sedimentarias.

CUATERNARIO - Aluvios, Material Residual, Depósitos de Barben y Lecastra.
 TERCARIO - Conglomerados y Evaporitas, Depósitos de Bolson, capas rojas al S. de la Cdad de Durango.

- | | |
|--------------------|--|
| CRETACICO SUPERIOR | <p>EDAD - Mesozoico-Cenozoico</p> <p>LITOLOGIA - Constituido hasta la cima por Areniscas y Lutitas de color gris oscuro a verde oscuro tipo flysch, hacia la base se llenan calizas de color gris claro. Ig. mudo alternando con Lutitas y Limolitas.</p> <p>ESPESOR - 800 - 1000 mts.</p> |
| CRETACICO INFERIOR | <p>EDAD - Albiano-Berriano.</p> <p>LITOLOGIA - Formado en su mayor parte por calizas de color gris oscuro, desde el tipo masivo hasta con estr. lig. irregular algida, en algunas zonas se tienen intercalaciones con Lutitas y Pádelrol la base se encuentra constituida por Areniscas y Lg. (lilas verde alba y verde oscuro).</p> <p>ESPESOR - 1000 - 1200 mts.</p> |
| JURASICO SUPERIOR | <p>EDAD - Tituliano-Calacana</p> <p>LITOLOGIA - Limolitas calcareas y arenosas de color gris oscuro intercaladas con calizas arenosas de color negro, Lutitas rojas con intercalaciones de calizas gris oscuro.</p> <p>ESPESOR - 400 - 500 mts.</p> |
| JURASICO INFERIOR | <p>EDAD - Bostenano-Liasico</p> <p>LITOLOGIA - Limolitas rojas y gris oscuro, conglomerados rojos fragmentos de rocas igneas y Sedimentarias.</p> |

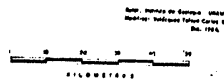
ROCAS IGNEAS.

EXTRUSIVAS - Tefes, derrames Rioliticos, Basaltos (especialmente) y Andesitas.

INTRUSIVOS.

- 1.- Cerro Prieto
- 2.- Riebo
- 3.- Puntilla Nombre de Dios
- 4.- Sierra de Yarbais
- 5.- Pádel Bileco
- 6.- Cerro Colorado
- 7.- Miguel Auxo
- 8.- Cerro El Azul, El Altano
- 9.- Chichihualtes

— SECCIONES GRAVIMETRICAS
 - - - - SECCIONES MAGNETOMETRICAS.



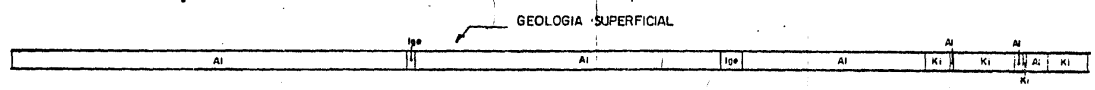
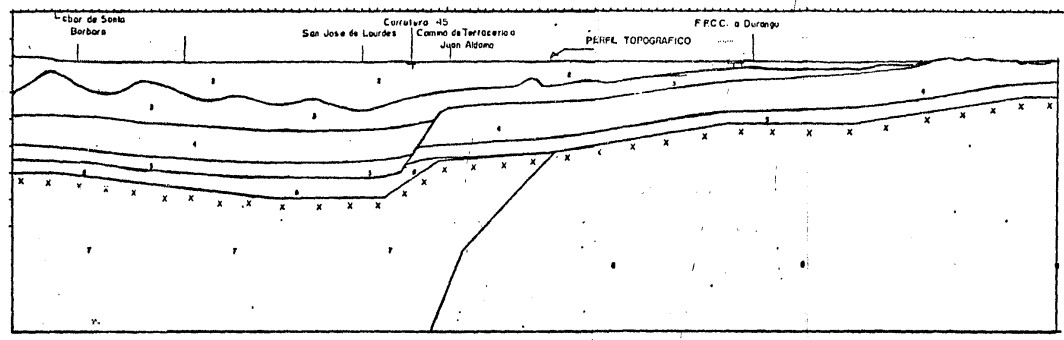
FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

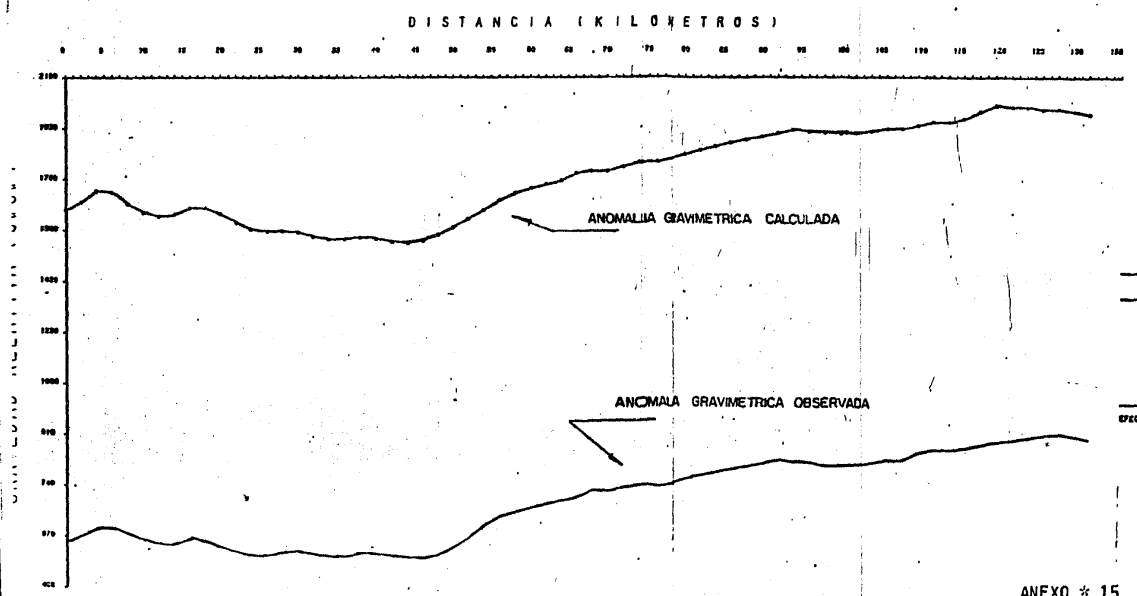
PLANO GEOLOGICO

PERFIL GEOLOGICO PROPUESTO
 AREA SAIN ALTO
 SECCION SAG 12

PROFUNDIDAD (KILOMETROS)



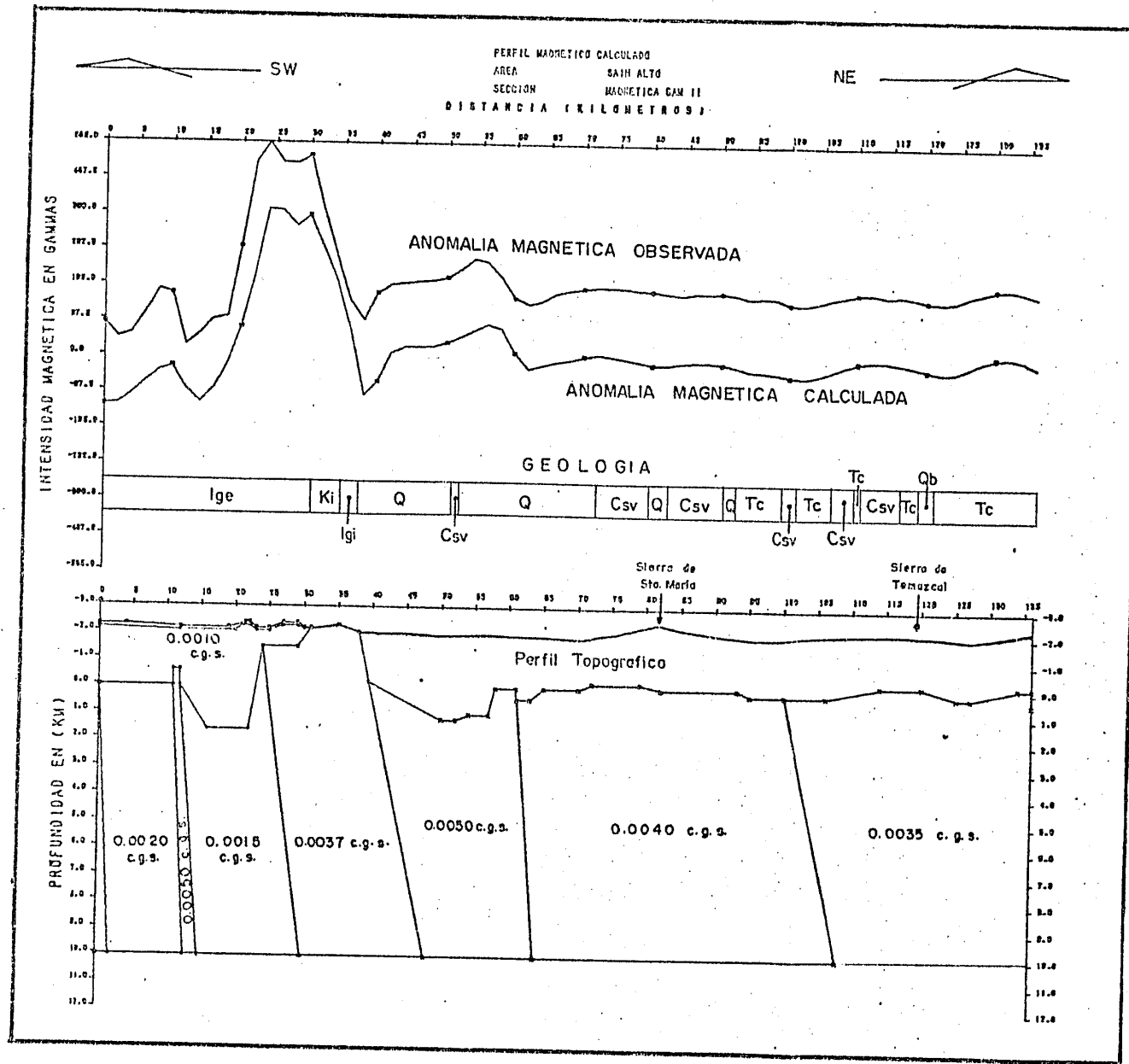
PERFIL GRAVIMETRICO CALCULADO



DATOS

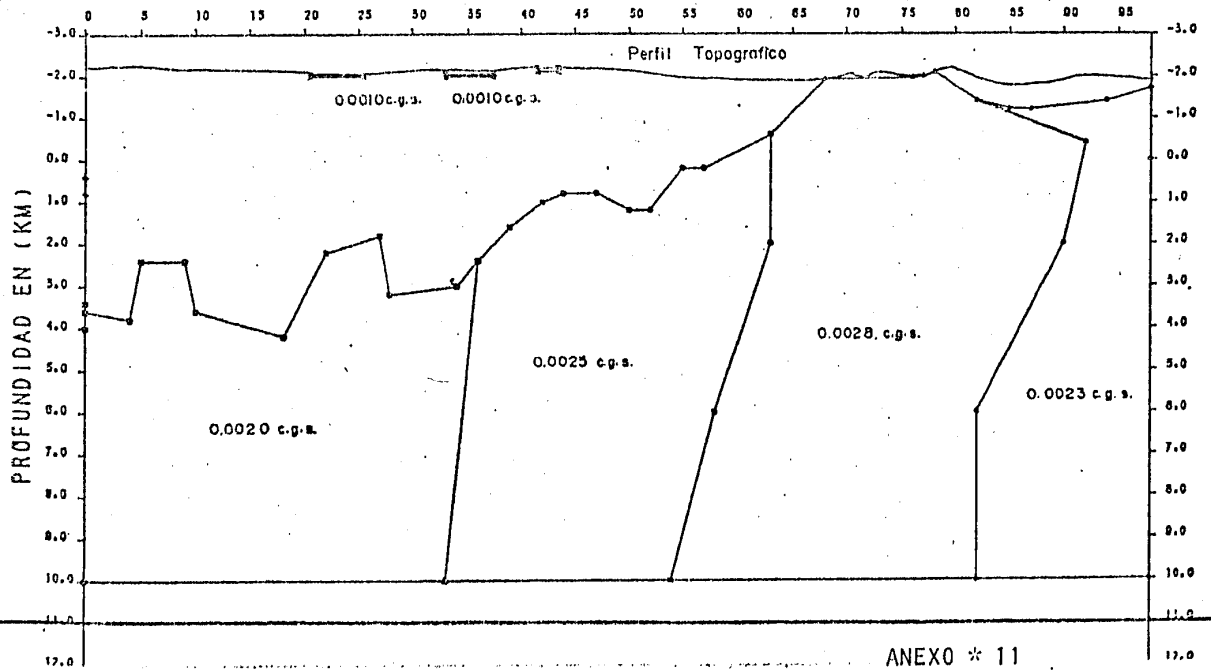
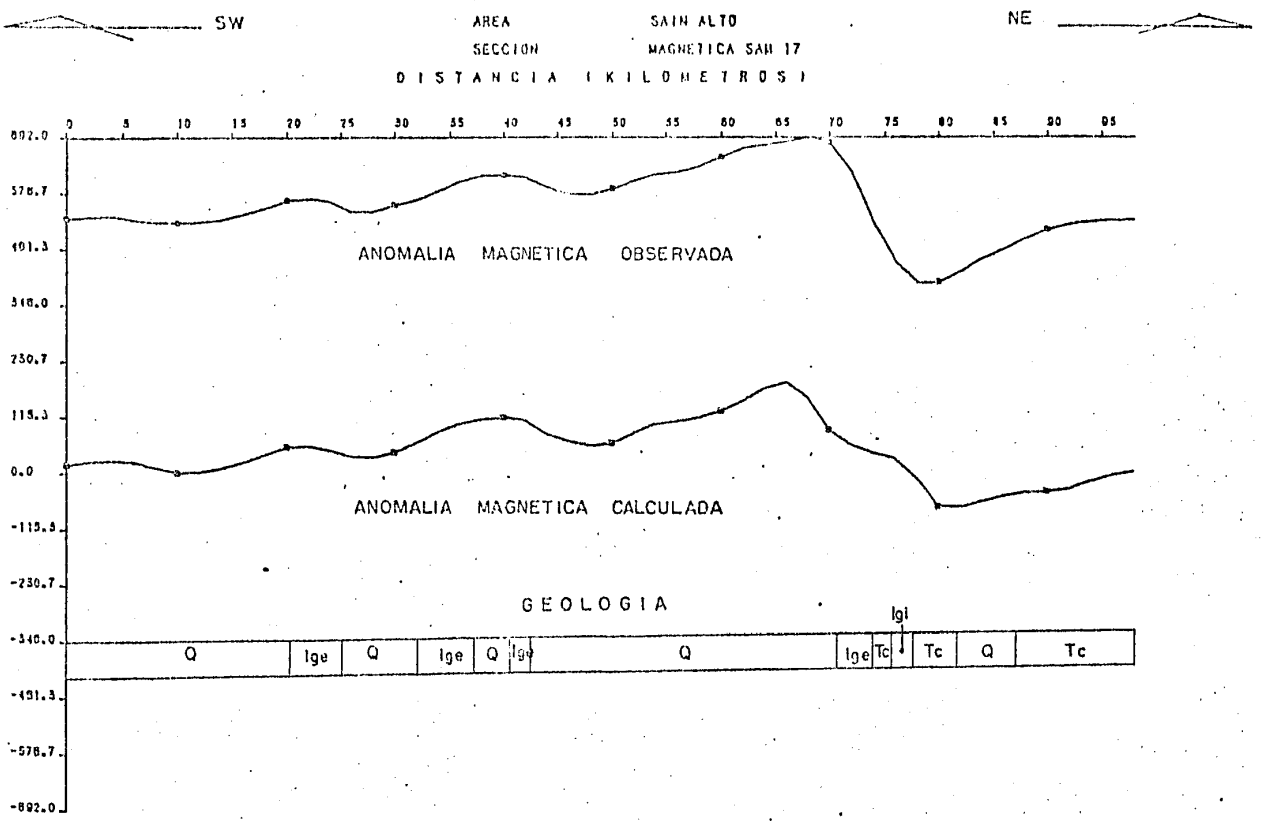
GRUPO	DENSIDAD constante
BASE	2.20
1	2.60
2	2.30
3	2.65
4	2.60
5	2.60
6	2.40
7	2.70
8	2.72

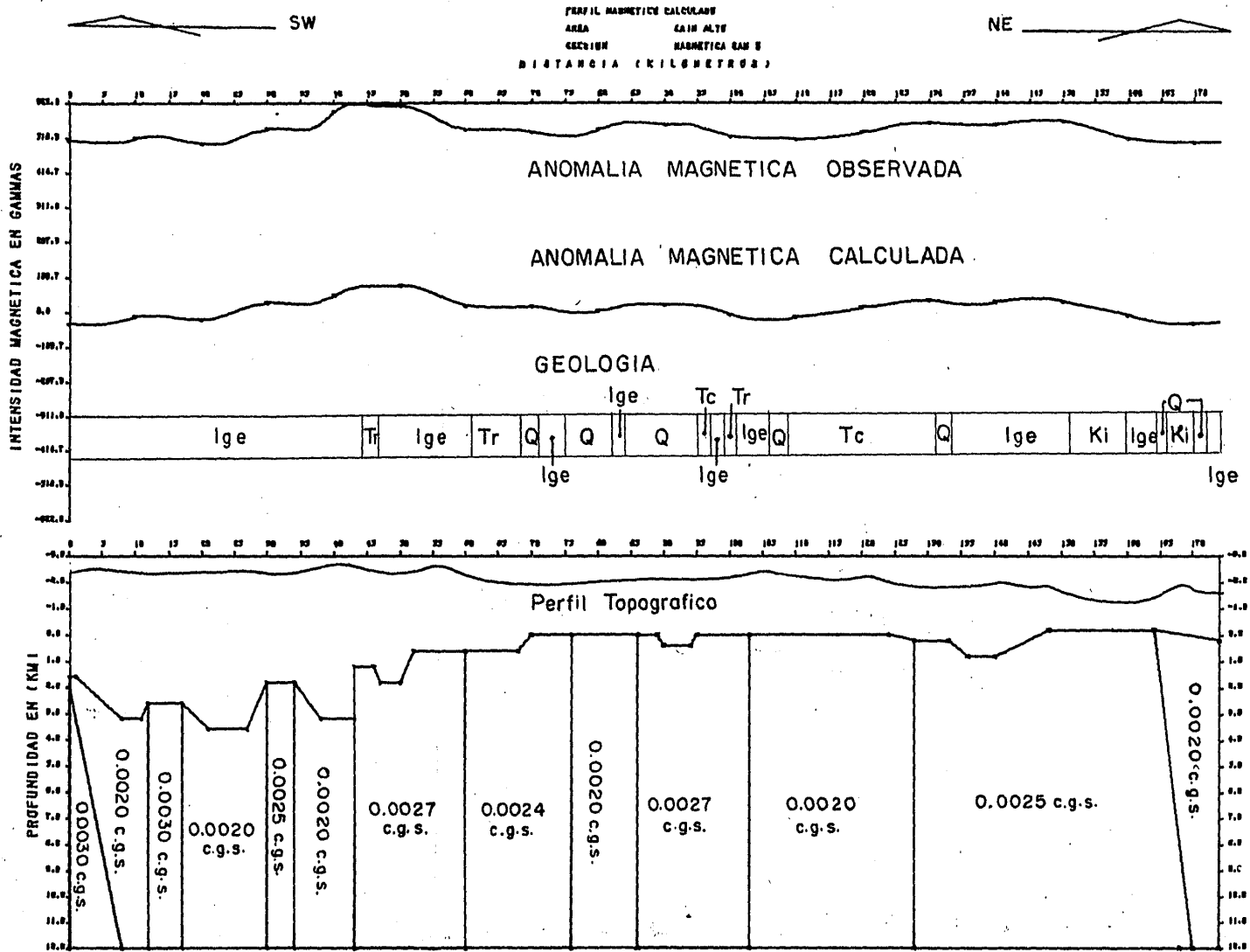
EFFECTO GRAVITACIONAL TOTAL □

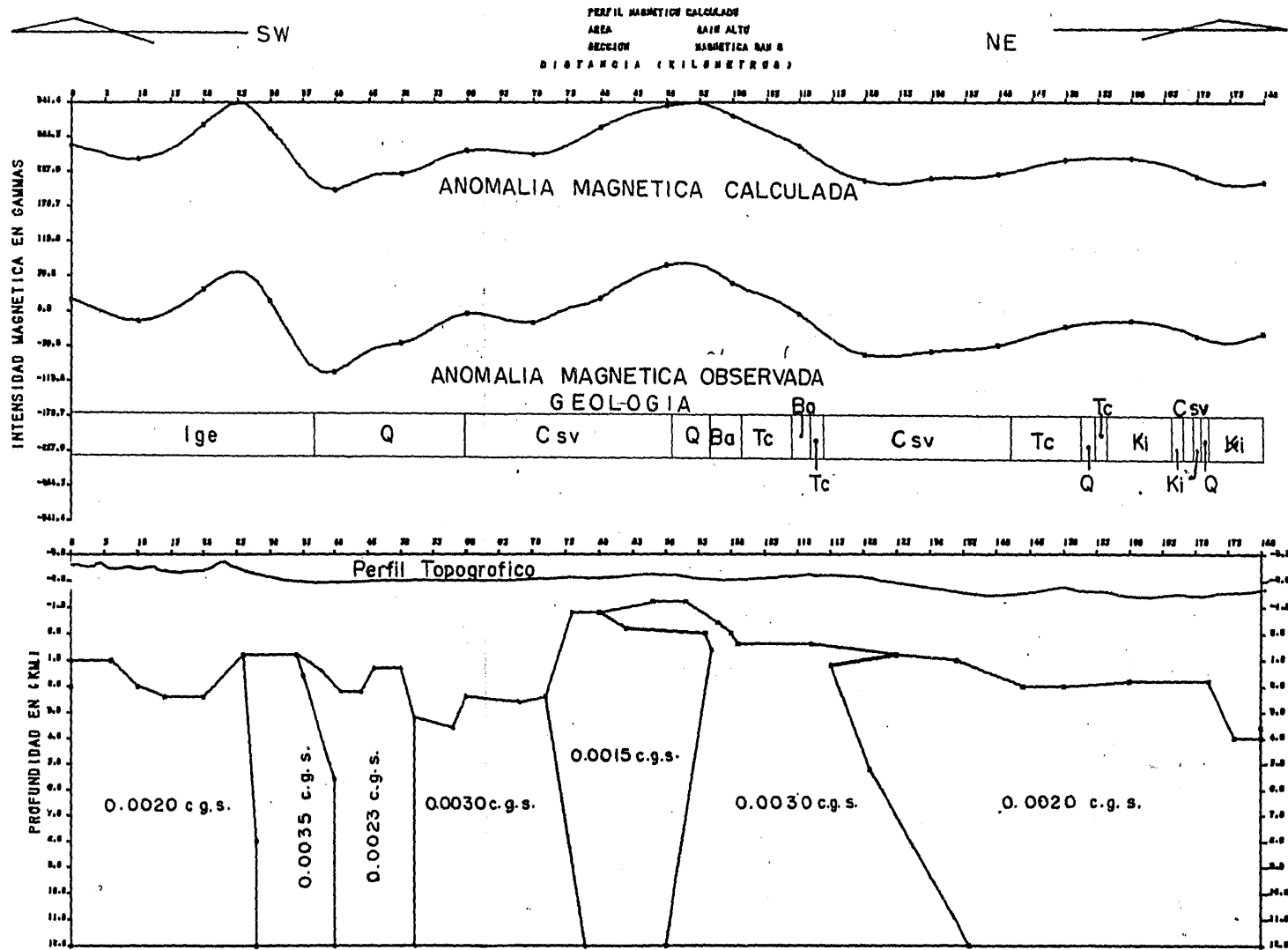


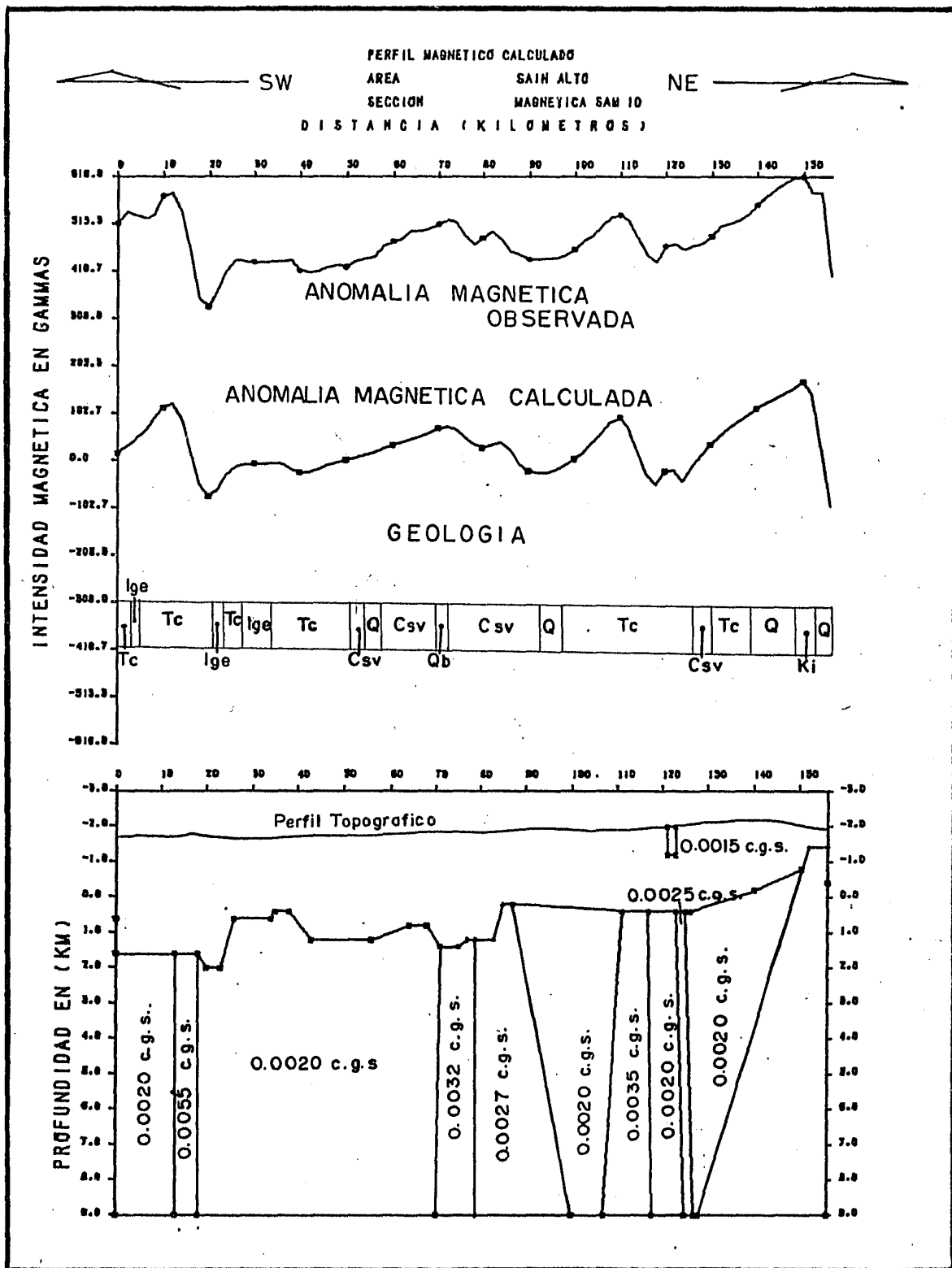
PERFIL MAGNETICO CALCULADO
 AREA SAIN ALTO
 SECCION MAGNETICA SAH 17
 DISTANCIA (KILOMETROS)

INTENSIDAD MAGNETICA EN GAUSS









Anexo Sección SAM-10