



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

“ ESTUDIO GEOFISICO CON FINES MINEROS EN
SAN MARTIN, SON.”

T E S I S

Que presenta

LUIS JESUS ORTIZ HERRERA

Para su Examen Profesional de:
INGENIERO GEOFISICO

México, D. F.

1983



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



VIAJES NACIONALES
AVILA MA

FACULTAD DE INGENIERIA

Dirección
60-I-151

Señor ORTIZ HERRERA LUIS JESUS,
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. - Roboam León Sánchez, para que lo desarrolle como tesis para su Examen Profesional de la carrera de INGENIERO GEOFISICO.

"ESTUDIO GEOFISICO CON FINES MINEROS EN SAN MARTIN, SON."

PROLOGO.
I ANTECEDENTES.
II GEOLOGIA.
III METODO MAGNETICO.
IV METODO DE POLARIZACION INDUCIDA.
V RESULTADOS.
APENDICES.
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 RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, D.F., 16 de agosto de 1983.
EL DIRECTOR

Dr. Octavio A. Rascon Chávez

Esc
CARCH'MRV'gtg

ESTUDIO GEOFISICO CON FINES MINEROS

EN SAN MARTIN, SONORA

A MIS PADRES Y HERMANOS
POR SU CONFIANZA Y
APOYO

CON TODO CARINO
A MI ESPOSA BEATRIZ
Y FUTURO HEREDERO (A)

CON AGRADECIMIENTO:

A MIS TIOS Y PRIMOS.

CON AGRADECIMIENTO AL:
ING. REMIGIO MARTINEZ M. POR LAS FA-
CILIDADES PRESTADAS PARA LA REALIZA-
CION DE ESTE TRABAJO.

I N D I C E

PAGINA

PROLOGO.....	1
I. ANTECEDENTES	2
I.1. Generalidades	2
I.2. Area San Martín	5
II. GEOLOGIA	8
III. METODO MAGNETICO	10
III.1. Objetivo	10
III.2. Ecuaciones Generales	10
III.3. Ecuaciones Básicas	12
III.4. Consideraciones Básicas de un Dique.....	15
III.5. Interpretación.....	17
IV. METODO DE POLARIZACION INDUCIDA	24
IV.1. Objetivo	24
IV.2. Fenómeno de la Polarización Inducida	25
IV.3. Dispositivo de ElectrodoS	30
IV.4. Seudo-Secciones o Perfiles	32
IV.5. Interpretación	34
V. RESULTADOS	36
A.- Análisis de Magnetometría Terrestre	36
B.- Análisis de Polarización Inducida	39
C.- Correlación	41
APENDICE A.- Programa de un Dique Delgado.....	43
B I B L I O G R A F I A.....	47

P R O L O G O

En la época en que la población mundial sufre una recesión económica, así como sus industrias mineras básicas, se tiene la necesidad de efectuar exploraciones mineras, con un mayor acierto en la búsqueda de yacimientos minerales.

Es así como la industria minera mexicana, especialmente "Mexicana de Cobre, S.A.", a través de su Gerencia de Exploraciones, formó el Departamento de Geofísica, con la finalidad de poder localizar los yacimientos minerales con mayor exactitud y firmeza.

Siendo la finalidad del presente trabajo, mostrar la gran eficiencia y utilidad de los métodos geofísicos, como la magnetometría terrestre y la polarización inducida, en la detección de la zona mineralizada con el "Proyecto San Martín", propiedad de la misma compañía.

I. ANTECEDENTES

I.1. Generalidades.

El propósito principal de la exploración geofísica enfocada hacia fines mineros, utilizando métodos que sean capaces de darnos a conocer sus propiedades físicas (por ejemplo magnéticas y de conductividad); en la búsqueda o detección de cuerpos o estructuras geológicas, que sean receptores de mineralizaciones metálicas asociada a minerales magnéticos.

Estas propiedades se manifiestan por medio de los parámetros, susceptibilidad magnética y conductividad eléctrica de, las rocas, que se manifiestan en forma usual o anómala (Mayor -- concentración) en la zona de estudio.

La presencia en el área de estudio del Proyecto SAN -- MARTIN, de áreas de alternancia de rocas sedimentarias, en especial calizas que sufrieron metamorfismo, convirtiéndose en tácticas y teniendo un cuerpo intrusivo principal como un Batolito -- Granodiorítico, así como la presencia de pequeñas obras mineras, observándose mineralización en forma de óxidos y manifestaciones de sulfuros, posiblemente intrusionados por cuerpos pequeños -- (diques), que podrían haber traído consigo soluciones minerali--

zantes y depositarla en la roca huésped; es posible pensar que el yacimiento sea económicamente explotable.

Con las observaciones anteriores, la pauta a seguir es emplear el método Magnético, de Exploración Geofísica el cual -- nos define una anomalía como una "diferencia cualitativa y cuantitativa de la propiedad física medida", en donde el parámetro principal que determina la forma de ella, es la magnetización total, que consiste en la suma de vectores de magnetización inducidos y remanentes.

Teniendo como resultado la forma de configuración del campo magnético terrestre observándose valores altos y bajos de dicho campo debido a cuerpos de forma tubular de infinita longitud, cuyas características son: ancho, extensión y profundidad -- del techo además variaciones de susceptibilidad y en la inclinación del campo.

Con los datos anteriores se realiza una interpretación cuantitativa, que consiste en determinar esencialmente todos los parámetros enunciados anteriormente, a través de un análisis completo de la curva producida por los valores magnéticos en forma de una anomalía, en donde se observa una clara relación entre -- anomalías magnéticas y la disposición de cuerpos geológicos con yacimientos minerales.

Posteriormente, se corrobora esta mineralización con un estudio geofísico, que se denomina "Polarización Inducida", el cual se basa en la propiedad de conductividad electrónica de la masa de la roca mineralizada, obteniéndose valores de cargabilidad altos, debido a la presencia de minerales metálicos y - la resistividad aparente baja de la roca.

Existiendo de por medio el sistema de arreglo geométrico utilizado, conocido como DIPOLLO - DIPOLLO, presentándose los - datos en una forma de pseudo-sección ó perfil que nos muestra la configuración de la cargabilidad (P.I.) y resistividad aparente, dándonos una idea de la mineralización presente, a lo largo y -- ancho de la línea de la exploración.

1.2. AREA SAN MARTIN

Localización:

Esta área se localiza en el Estado de Sonora, en el --
Municipio de la Colorada, comprendido entre los paralelos 28°45'
37" y 28°47'16" de Latitud Norte, estando aproximadamente a --
75 kms. al SE de la Ciudad de Hermosillo, Sonora. (Plano #1).

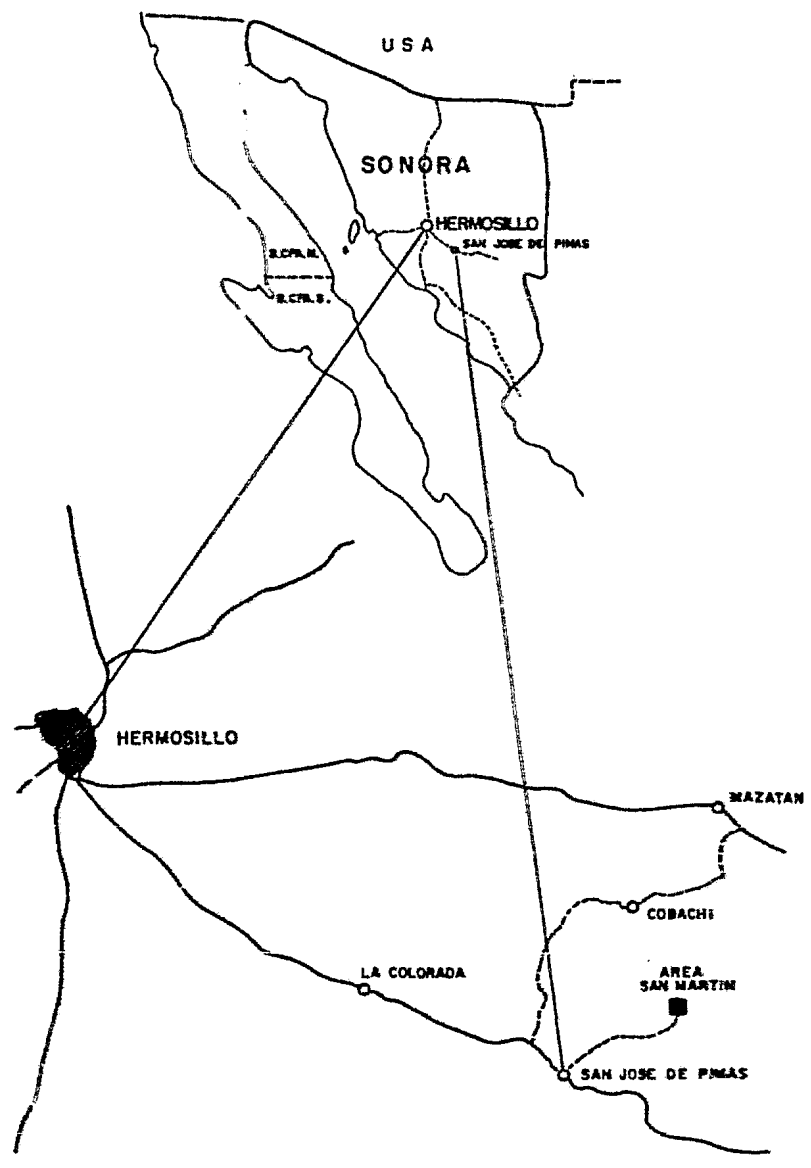
Comunicándose por medio de un ramal de terracería que
parte del poblado de San José de Pimas, punto intermedio de la -
carretera Hermosillo-Tecoripa (pavimentada).

Fisiografía:

El área se encuentra comprendida fisiográficamente dentro
de la provincia de Sierras y Valles Paralelos (King, 1939), -
que corresponde a la porción Oeste de la Sierra Madre Occiden- -
tal.

Geomorfología:

Geomorfológicamente corresponde a Sierras y Valles - -
alargados, con orientación NW-SE, dando elevaciones mayores a --
1,100 metros sobre el nivel del mar, separados por lomeríos suaves.



U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA TESIS PROFESIONAL
	LOCALIZACION DEL AREA SAN MARTIN
	LUIS JESUS ORTIZ HERRERA MEXICO D.F.

Las pendientes y las sierras y cerros altos, son pronunciadas y accidentadas, separadas por amplios valles.

Clima y Vegetación:

El clima es seco, siendo en verano muy caluroso con -- temperaturas mayores a los 40°C y en invierno con temperaturas - menores a 0°C, estando su temperatura media anual de 28°C, - - - ocurriendo lluvias moderadas en invierno.

Su vegetación corresponde al clima desértico, como el mezquite, el palo fierro, el palo blanco, etc.

Hidrografía:

Su hidrografía se presenta por arroyos que drenan el - área fluyendo hacia el N-W, igual a la orientación que presentan las principales estructuras geomorfológicas.

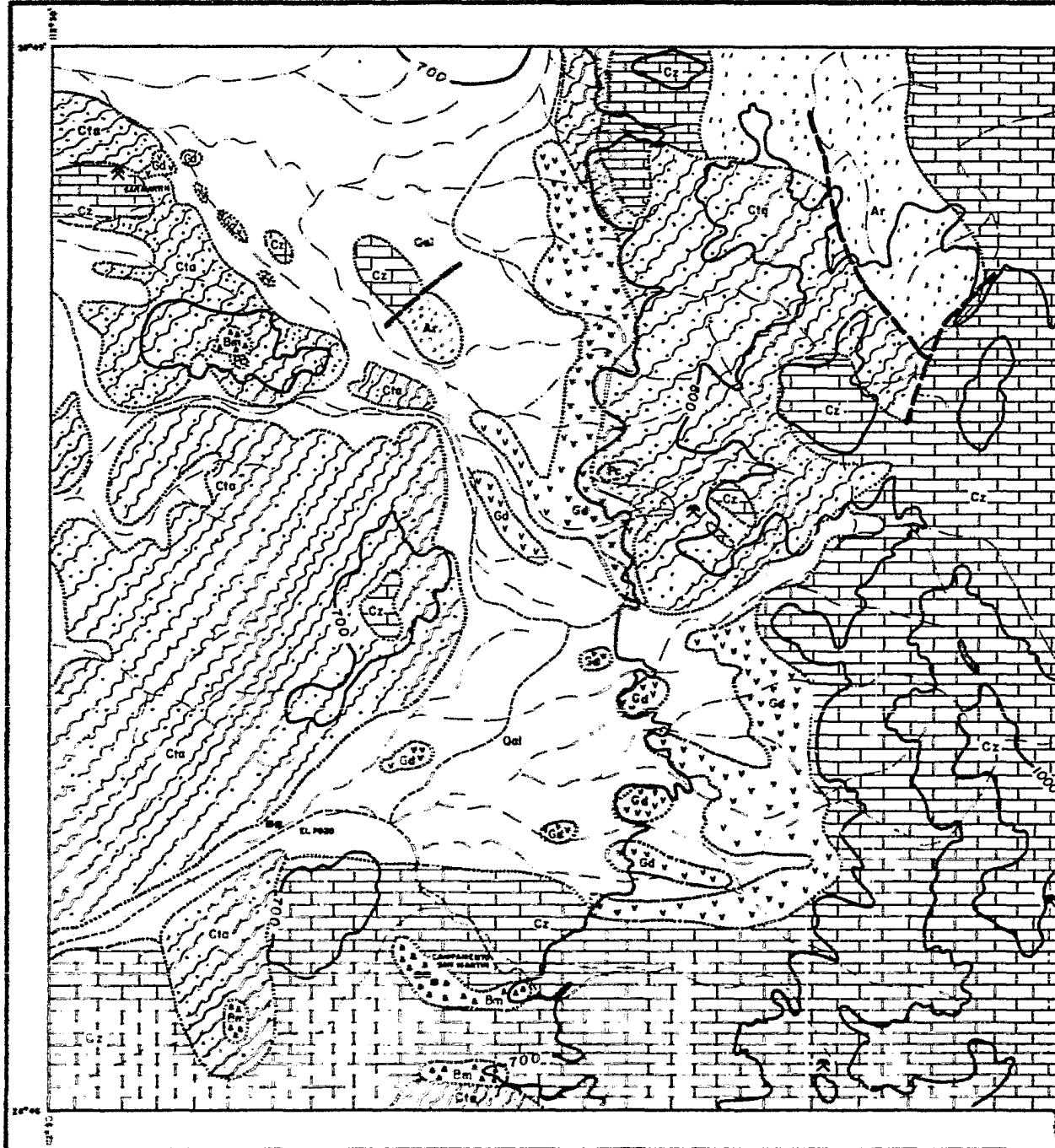
II. G E O L O G I A

Geológicamente en el área, afloran Rocas Sedimentarias, Igneas y Metamórficas, las cuales están mapeadas en el Plano No. 2 (Sauceda, 1982).

Hacia el NE del área afloran areniscas que se ha considerado como la más vieja en edad, sobreyaciéndole a éstas unas calizas. Tanto las areniscas como las calizas fueron metamorfidadas al contacto con las rocas ígneas intrusivas, denominándose - cuarcitas y tactitas respectivamente, éstas últimas solo se presentan como un halo. Hacia la parte Central de la zona se observa el aluvión que cubre la parte media.

Referente a las rocas ígneas, se presentan predominantemente: el Batolito Granodiorítico Regional, un Pórfido de Cuarzo que aflora en las cercanías de las zonas de alteración de las rocas sedimentarias, mapéandose además dentro de estas rocas, -- unas brechas con mineralización en forma de óxidos y sulfuros -- de Au, Ag, y Fe.

La mineralización del área se observa en pequeñas -- obras mineras, principalmente en rocas sedimentarias que están - tactizadas tanto en óxidos como en sulfuros, tales como Magnetita, Pirita, Calcopirita, Pirrotita, etc.



EXPLICACION

- Arroyo
- Camino
- Curvas de nivel
- Rancho
- Contacto geológico
- Falla inferida
- Obra minera

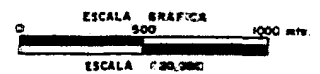
GEOLOGIA
(SAUCEDA, 1982)

ROCAS SEDIMENTARIAS

- BRECHA MINERALIZADA
- ALUVION
- CUARZITA
- GALIZA
- ARENISCA

ROCAS IGNEAS

- PORFIDO DE CUARZO
- GRANODIORITA



FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL

**GEOLOGIA REGIONAL
DEL
AREA SAN MARTIN**

CÉSAR ORTIZ HERRERA MEXICO D.F.

UNAM

III. MAGNETOMETRIA TERRESTRE

III.1. OBJETIVO.

El propósito principal de una exploración magnética es el detectar rocas ó minerales que posean propiedades magnéticas, a partir de perturbaciones ó anomalías en la intensidad del campo magnético terrestre, en donde las rocas y formaciones están - en dos grupos: Rocas Igneas y yacimientos de fierro fuertemente magnéticos, donde las rocas sedimentarias son generalmente débiles en magnetismo.

Así un mapa de anomalías magnéticas son auxiliares en la geología del área, en una relación cualitativamente interpretativa.

Existiendo una interpretación cuantitativa relacionada principalmente a una anomalía magnética, producida por un cuerpo magnetizado y desde luego, separando los efectos cercanos de la forma y dirección de una formación magnética.

III.2. ECUACIONES GENERALES.

La expresión para una fuerza magnética, es obtenida de

la Ley de Coulomb's, para polos magnéticos, la cual es:

$$F = (\mu_1 m_2 / \mu r^2) r_1$$

donde F es la fuerza; m_1 y m_2 son dos polos a una distancia r; r_1 es el vector unitario dirigido de m_1 a m_2 ; y μ es la permeabilidad alrededor del cuerpo que en el vacío y en el aire es 1.

Teniendo cerca una intensidad de campo magnético existente en un punto del espacio, localizada a una distancia r de este la definimos como:

$$H = F/m' = (m/\mu r^2) r_1 \quad \text{Oersted}$$

donde m' es el punto en el espacio, el cual es el instrumento de medición ($m' \ll m$). Y cuando existen un par de ellos, separados a una distancia l, se crea un momento magnético M, el cual es:

$$\mu = m_1 r_1 = \mu r_1$$

Siendo un vector en la dirección de r_1 del polo negativo a el polo positivo.

Si un cuerpo magnético está situado en un campo magnético externo, éste será magnetizado por inducción, donde l es - referido como la intensidad de magnetización definido por:

$$l = m/v$$

donde V es el volumen y m es el momento magnético del dipolo.

El grado en que el cuerpo es magnetizado, es determinado por su susceptibilidad magnética, la cual queda definida como:

$$I = KH$$

El cuerpo externo al magnetizarse, produce un campo propio H' , los cuales son definidos por la inducción magnética B como:

$$B = H + 4\pi I$$

y por definición, la relación de inducción B a una fuerza magnetizante H , es la permeabilidad magnética μ , la cual puede ser escrita como:

$$B = (1 + 4\pi K) H = \mu H$$

Tomando unas variaciones del orden de $1/10^4$ del campo variable terrestre, aproximadamente 0.5 oersteds, necesitándose una nueva unidad, siendo la gamma que es relacionada como $1 \mathcal{T} = 10^5$ oersteds.

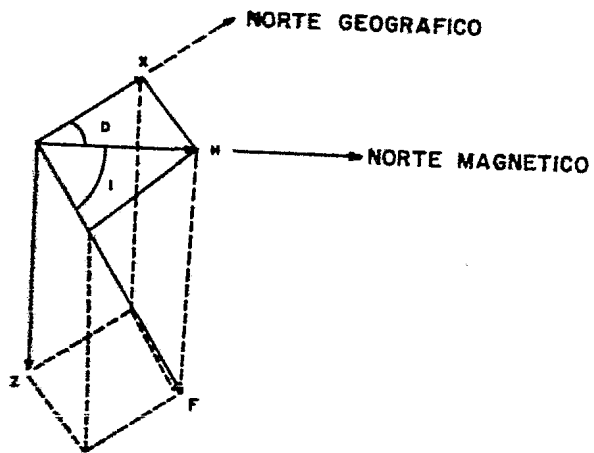
III.3. ECUACIONES BASICAS.

El campo geomagnético está compuesto de tres partes que son:

- a). Campo principal - Varía suavemente y su origen es interno.

- b). Campo externo - Es una pequeña fracción del campo principal, se origina fuera de la tierra.
- c). Variaciones del campo principal - Son causadas por anomalías magnéticas locales.

El campo magnético terrestre se visualiza con la ayuda de la siguiente figura:



donde: F es la magnitud del campo
I es la inclinación
D es la declinación

Siendo las siguientes relaciones que existen entre --
los componentes:

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

$$H = F \cos I \quad Z = F \operatorname{sen} I \quad \tan I = Z/H$$

$$X = H \cos D \quad Y = H \operatorname{sen} D \quad \tan D = Y/X$$

III.4. CONSIDERACIONES BASICAS DE UN DIQUE.

Las fórmulas puede expresar la intensidad magnética - producida por un cuerpo, como una función de la susceptibilidad, forma dimensiones, disposición del cuerpo e intensidad y dirección del campo magnético terrestre. Teniéndose las siguientes -- consideraciones:

- a) La teoría ordinaria asume que el cuerpo es uniformemente magnetizado, y pasa por alto los efectos de concentración de flujos sobre los ejes y esquinas del cuerpo.
- b) La teoría no incluye los efectos de desmagnetización - producida por la existencia del cuerpo en el campo magnético de la tierra.
- c) Se aplican a cuerpos, cuya longitud en la dirección -- del rumbo es infinita, y que la profundidad excede - - grandemente el ancho del cuerpo.
- d) En la computación de la susceptibilidad magnética de - un cuerpo mineral, cuya anomalía es causada internamente por el mineral de magnetita en el yacimiento, ésto es asumiendo que la susceptibilidad es proporcional a el aumento de magnetita por volúmen contenido en el ya

cimiento.

- e) Las conclusiones o resultados obtenidos se aplican a latitudes del hemisferio Norte e intermedias.

- f) Todas las direcciones de rumbo ó inclinaciones a la cual la referencia es hecha, son direcciones magnéticas, a menos que se establezca lo contrario.

III.5 INTERPRETACION:

Se considera un caso de un dique delgado extendido al infinito, en direcciones de rumbo, inclinación, parte superior; es una línea recta con una distancia constante Z abajo del plano de observación, donde la condición de delgadez será satisfecha cuando $Z \gg W$ (espesor del dique), (según lo observamos en la figura)

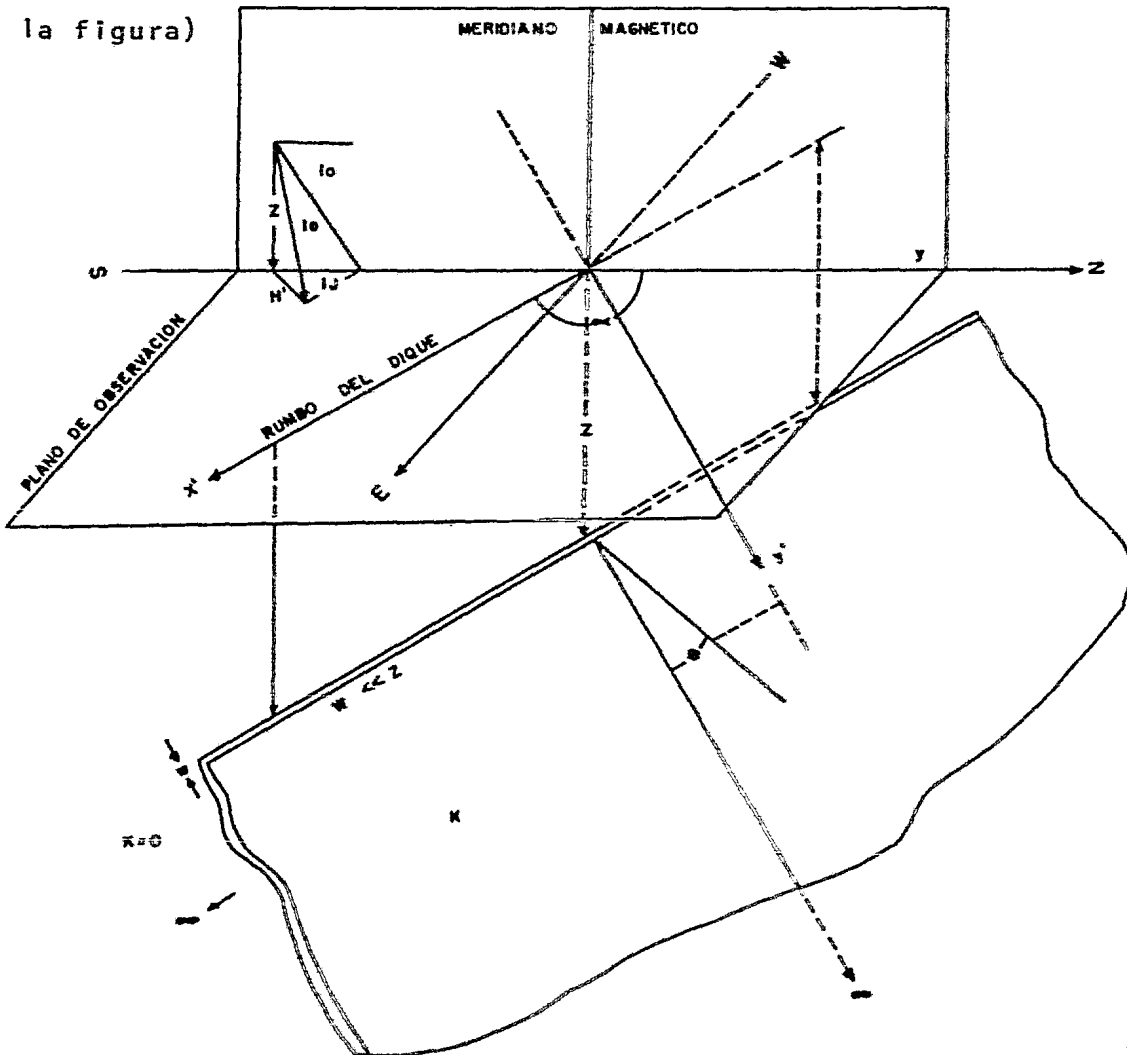
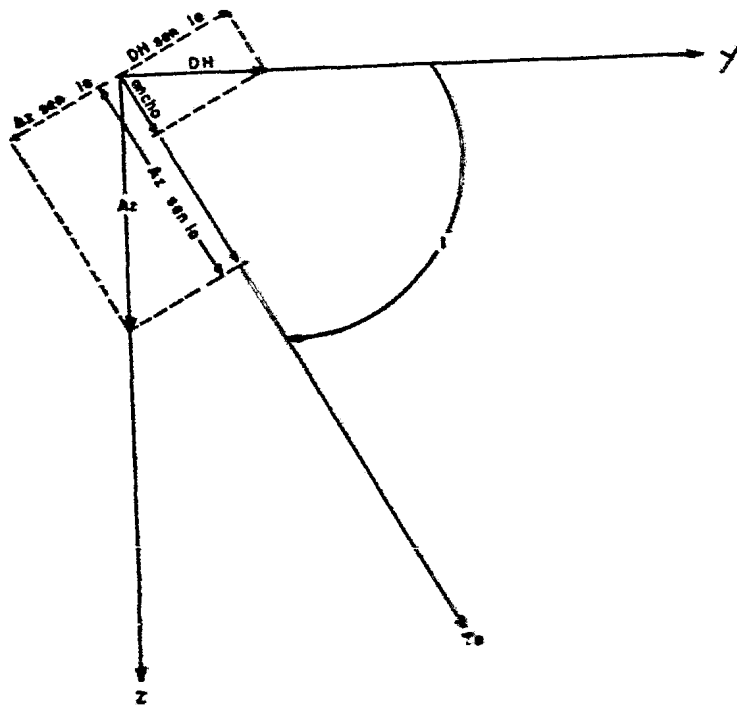


FIG. 1 GEOMETRIA DE UN DIQUE INFINITO DELGAO
 Donde: 0° 180°
 0 180°

en que el material del dique tiene una susceptibilidad verdadera y el material cercano, una susceptibilidad igual a cero.

El campo magnético terrestre es representado por un vector de magnitud T_0 e inclinación I_0 en el plano Y según la figura 2 lo muestra.



Iva de -90° en el Polo Magnético Sur o a $+90^\circ$ en el Polo Magnético Norte.

La expresión general por una anomalía del campo magné-

- F Intensidad del campo magnético terrestre
- K el contraste de susceptibilidad magnética entre el dique y su alrededor
- d La inclinación del dique medido del Norte magnético en dirección perpendicular al rumbo del dique.
- θ Angulo que hace la intensidad resultante de magnetización respecto a la horizontal
- Q Inclinación geológica del Dique
- r_2, r_1 Son las coordenadas de las esquinas de la parte superior del dique.

Esto se puede ver mejor en la siguiente figura 3

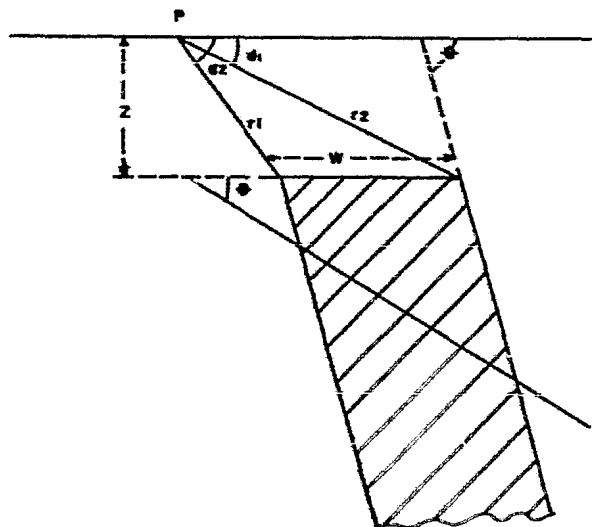


FIGURA 3

GEOMETRIA DEL DIQUE

Siendo P el punto de observación; Z la profundidad a la parte superior del dique; y W el ancho que se estima.

Definiendo a C como una constante que para el campo total es:

$$C^2 = 1 - \cos^2 i \quad \text{y} \quad \cos^2 \alpha$$

donde i es la inclinación magnética regional, y α el rumbo del dique:

y α será:

$$\alpha = 21 - 90 - \beta$$

con l como la dirección de medición de una anomalía magnética, quedando descrito por la relación:

$$l = \tan^{-1} (\tan i / \sin \alpha)$$

En el caso de tener o considerar un dique sumamente delgado en que el ancho cumpla con $W \ll 1/2$, se considera la relación de inclinación del dique con el ancho de éste, aproximadamente igual a la siguiente ecuación (Ballantyne, comunicación personal).

$$\frac{\beta}{W} \approx \frac{1}{1+X^2}$$

con respecto a las coordenadas de la cima r_1 y r_2 :

$$\frac{1}{W} \ln \frac{r_2}{r_1} \approx \frac{X}{1+X^2}$$

Donde X será la distancia perpendicular en función de la profundidad a alguna estación sobre el perfil medido de la proyección superior de la cima o parte superior del dique.

Simplificandose la fórmula de la anomalía magnética, debido a un dique infinito delgado, como:

$$AM = 2KW FC \operatorname{sen} d \left(\frac{\cos \theta + X \operatorname{sen} \theta}{1 + X^2} \right)$$

Se considera el caso de un dique delgado extendido al infinito, en direcciones de rumbo, inclinación, parte superior, es una línea recta con una distancia constante Z abajo del plano de observación donde la condición de delgades será satisfecha - cuando $Z \gg W$ espesor del dique. (según lo observamos en la figura 1).

Determinandose todos los parámetros anteriores a través de un análisis completo del perfil del campo. (Fig. 4).

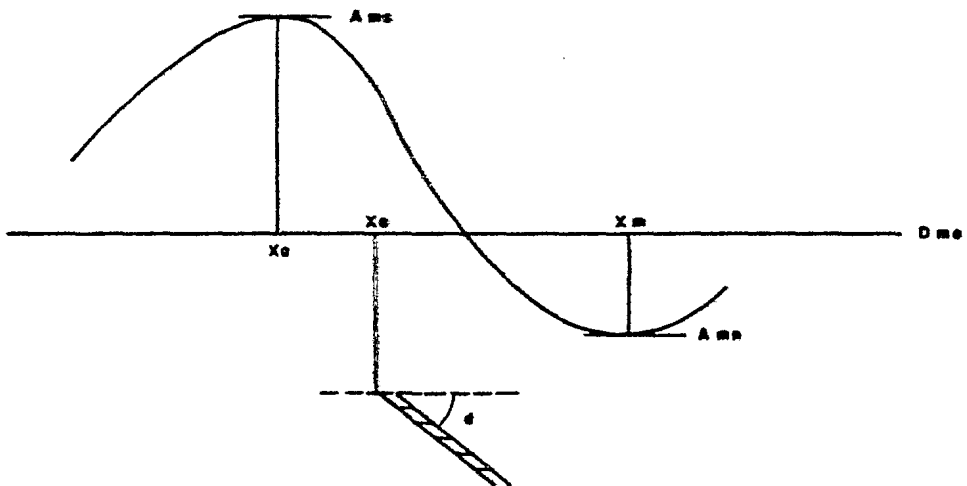


Fig. 4 CARACTERISTICAS DE LA CURVA DEL CAMPO MAGNETICO

Siendo:

- A_{ms} Amplitud máximas en gammas
- A_{mn} Amplitud mínima en gammas
- A_{mo} Amplitud en la línea de origen
- X_s Estación de campo, donde A_{ms} existe
- X_n Estación de campo, donde A_{mn} existe
- X_o Estación de campo, donde A_{mo} existe

para un dique delgado, el ángulo β será:

$$\beta = \cos^{-1} \left(2 \frac{A_{mo} - A_{mn}}{A_{ms} - A_{mn}} - 1 \right)$$

Cuando $\theta = 0$, X_s y X_n tienden al infinito, esto sucederá en anomalías simétricas.

Y conociendo X_s y X_n , podremos determinar la profundidad, susceptibilidad y X_o por medio de las relaciones:

$$\text{Profundidad } Z = X_s - X_n / X'_s - X'_n$$

donde X'_s y X'_n son los puntos en que las amplitudes A'_{Ms} y A'_{Mn} son localizadas imaginariamente en la curva del perfil del campo teórico magnético (ver apéndice A).

$$\text{Igualmente } X_o = Z (X'_s) + X_s$$

y K_w = a susceptibilidad magnética con respecto al ancho, será descrita como:

$$K_w = \frac{A_m}{2Fc \text{ sen } d} \times 10^{-6} \quad (\text{C.G.S.})$$

IV POLARIZACION INDUCIDA

IV.1 OBJETIVO:

La medición de Polarización Inducida es el método más poderoso para la detección de mineralizaciones metálicas en forma de sulfuros.

La ventaja primaria del método de Polarización Inducida (P.I.) es su capacidad bajo condiciones favorables a la detección y presencia de pequeñas cantidades de minerales metálicos.

La indicación de la presencia de un valor anómalo, esta sujeto a conocer un valor de fondo y un valor medio; para que tal valor anómalo pueda serlo, y que va de acuerdo en la capacidad acumulativa de la roca en su mineralización ya sea en forma de sulfuros masivos o diseminados.

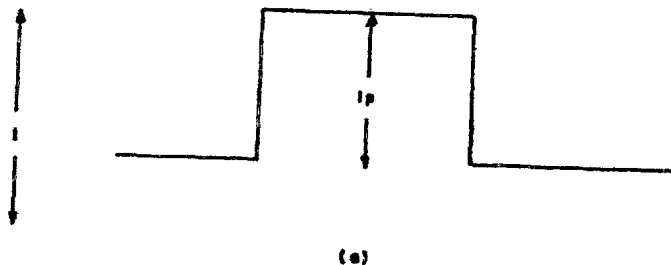
Otra ventaja de este método, esta en auxiliarse en la Resistividad Aparente, que no es más que la resistencia que opone el material del terreno en la transmisión de la corriente externa aplicada independientemente del volumen de la roca.

IV.2 FENOMENO DE LA POLARIZACION INDUCIDA

En geofísica la Polarización Inducida (P.I.) se refiere a la acción de la polarización de un conductor metálico o electrónico de un medio de conducción iónica.

Cuando la corriente es pasada a través del terreno, esta se conduce a través de iones presentes en la porosidad fluida que contiene la roca o el suelo.

Usando un voltaje de corriente directa y creando un flujo de corriente directa como voltaje primario (V_p), que a la vez es cortada, las fuerzas de Coulomb entre la carga de iones, forman la polarización, cayendo a un nivel de respuesta secundario, en el cual el voltaje secundario (V_s) va desapareciendo en el tiempo (Figura 5).



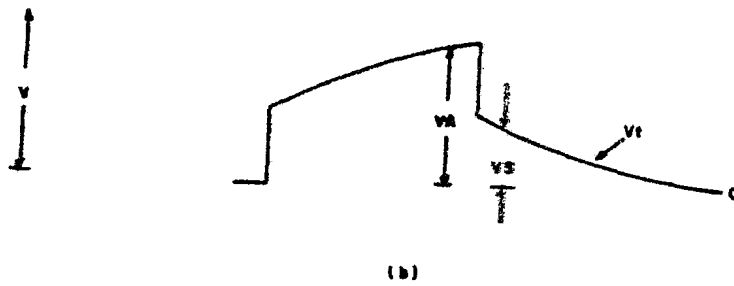


Figura 5 mostrando:

- a) Corriente inducida primaria detectada como un máximo - de voltaje primario V_p (b), cayendo a un voltaje de -- transición de caída con respecto al tiempo V_t .

De acuerdo con estas observaciones de decaimiento de - voltaje secundario, está basada la medida de la polarización de un material.

Siendo una medida teórica de cargabilidad (M), la rela- ción entre el voltaje secundario V_s volts y el voltaje primario V_p volts: $M=V_s/V_p$ (mv/v)

Analizando el decaimiento de la curva como una serie - de intervalos de V , siendo en el equipo eléctrico la integra- ción del área bajo el decaimiento de la curva, representandose - en la figura No. 6

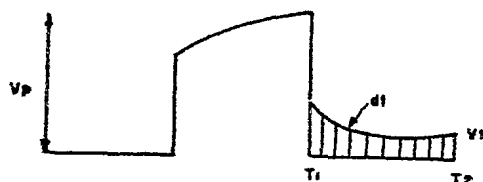


Fig. No. 6 INTEGRACION DEL VOLTAJE DE CAIDA

Esto anterior viene siendo la integración la caída de voltaje, que se denomina M:

$$M = \frac{I}{V_p} \int_{T_1}^{T_2} V_t dt$$

Formulándose la respuesta de Polarización inducida como una relación de voltaje y resistividad, evaluando en el tiempo la cargabilidad será:

$$M = \frac{\Delta \rho}{\rho} t$$

Siendo unidades de medición del MKS, las utilizables en la resistividad como ohm-metros.

La teoría de la resistividad está basada en la Ley de Ohm, la cual es dada como:

$$V = IR \text{ donde:}$$

V = Volts

i = Amperes

R = Ohms

Siendo en el caso de una superficie hemisférica y un -
aire no conductivo, y un punto de electrodo sobre la superficie,
como en la figura No. 7.

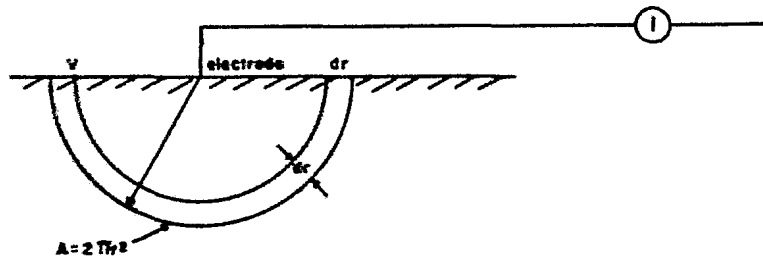


Fig. No. 7 Mostrando el Fenómeno Físico de Polarización Inducida.

Y considerando a J como una densidad de corriente tenemos que:

$$dv = - J dr$$

$$\text{donde: } J = \frac{I}{2\pi r^2}$$

$$\text{y } dv = \frac{I dr}{2r^2}$$

Integrando ambos lados

$$V = \frac{I}{2r}$$

Esta ecuación describe el potencial eléctrico en un -
contacto sobre la superficie de un material de Resistividad Ap
rente.

IV.3 DISPOSITIVOS DE ELECTRODOS:

Cuando tenemos un terreno no homogéneo y el espaciamiento de electrodos es variado, nos dará un tipo de medición que llamaremos Resistividad Aparente.

donde: $\rho_a = 2\pi \frac{A V}{I} P$

en que P es el factor geométrico del arreglo.

En la figura 8 se presenta el Dispositivo Electrónico Dipolo-Dipolo.

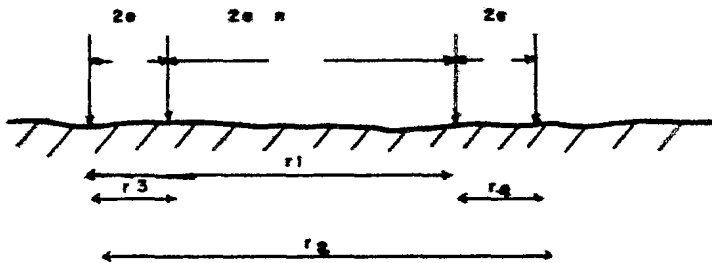


Fig. 8 DISPOSITIVO ELECTRICO DIPOLO-DIPOLO

Considerando el espaciamiento entre los electrodos más pequeños que la longitud, quedará como:

$$r_3=r_4 = 2a; r_1 = 2a (n+1); r_2 = 2a (n+2)$$

En donde es:

$$1/ \left(\left(\frac{1}{r1} - \frac{1}{r2} \right) - \left(\frac{1}{r3} - \frac{1}{r4} \right) \right)$$

y

$$P = 1/ \left(\left(\frac{1}{2a(n+1)} - \frac{1}{2a(n+2)} \right) - \left(\frac{1}{2na} + \frac{1}{2a(n+1)} \right) \right)$$

simplificando y haciendo los campos algebraicos queda como:

$$P = \frac{1}{an(n+1)(n+2)}$$

$$Pa = 2 \pi an(n+1)(n+2) \frac{\Delta V}{l}$$

siendo la utilizable en la configuración electroica Dipolo- Dipolo.

IV.4 PERFILES O SEUDO - SECCIONES

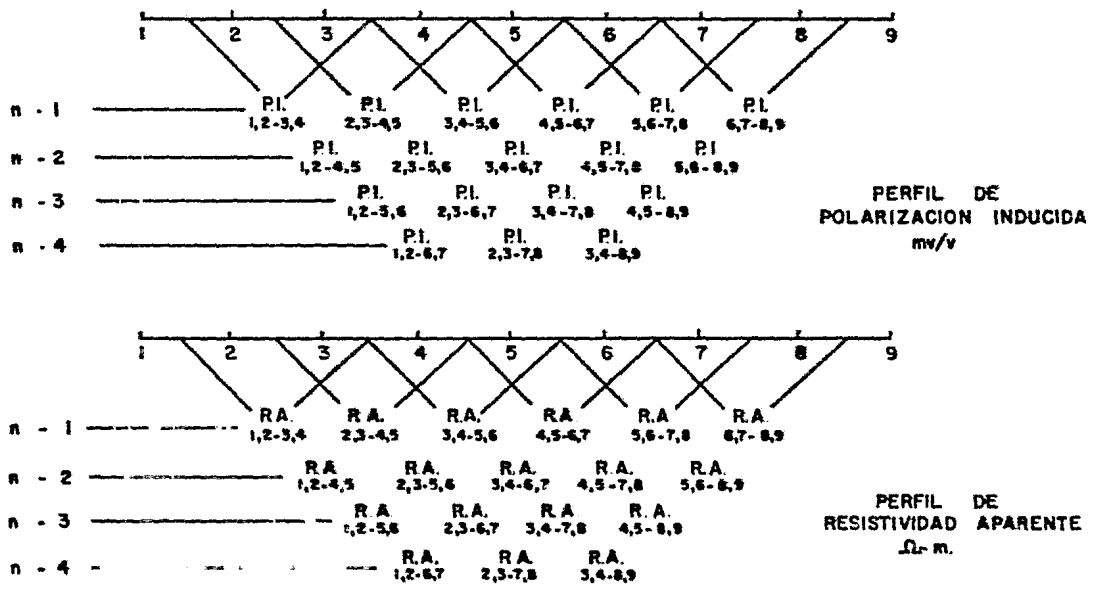
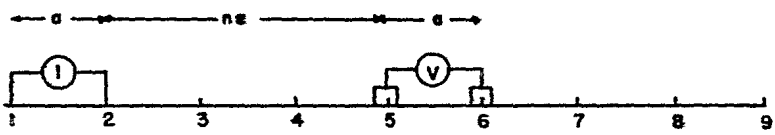
En el procedimiento de campo, las medidas sobre la superficie son hechas en una manera que se toleran los efectos de cambios laterales en las propiedades al ser separados de los --- efectos de cambios verticales en las propiedades del suelo.

La corriente es aplicada a el suelo en dos puntos separados una distancia "a" (Fig. 9) los potenciales son medidos en otros dos puntos separados "a" metros, en línea con los electro dos de corriente, integran un número de (n) veces la distancia básica de "a".

Las medidas hechas a lo largo de una Area de Exploración, con una distancia constante (nx) entre los electrodos - - cercanos de corriente potencial.

En una exploración a más detalle, donde secciones - - transversales son hechas con varios valores de (n); ejemplo - - (Fig. 9) (n) = 1,2,3,4, etc.

Siendo los valores medidos de Polarización Inducida - y Resistividad Aparente, para cada posición de conjunto de elec trodos de corriente y de potencial, partiendo de su punto cen-- tral.



METODO USADO EN LA COLOCACION DE RESULTADOS DE POLARIZACION INDUCIDA Y RESISTIVIDAD APARENTE EN EL ARREGLO DIPOLLO-DIPOLLO.

FIGURA 9

IV.5 INTERPRETACION:

La interpretación de los resultados de alguna exploración de Polarización Inducida, está basada en la combinación de la experiencia en resultados de campo, en conjunto con los estudios geológicos del área estudiada.

Esto, desde luego considerando varias situaciones, como son:

- a) El límite inferior del tanto por ciento de sulfuros - por volúmen necesarios para producir una anomalía reconocible de Polarización Inducida, variará con la geometría de la estructura y geología alrededor de la fuente, y el método utilizado en la exploración.
- b) En aplicaciones normales de exploración, el método de Polarización Inducida no diferenciará entre minerales metálicos económicamente importantes, tales como calcopirita, calcocita, molibdenita, galena, pirita, etc. de los que no lo son: (grafito, etc).
- c) En el procedimiento de campo, las medidas sobre la superficie son hechas de una manera que se toleran los efectos de cambios laterales en las propiedades del terreno separados de los efectos de cambios verticales.

- d) Los datos en los perfiles o pseudosecciones no deben - considerarse como representativos de una sección geológica.

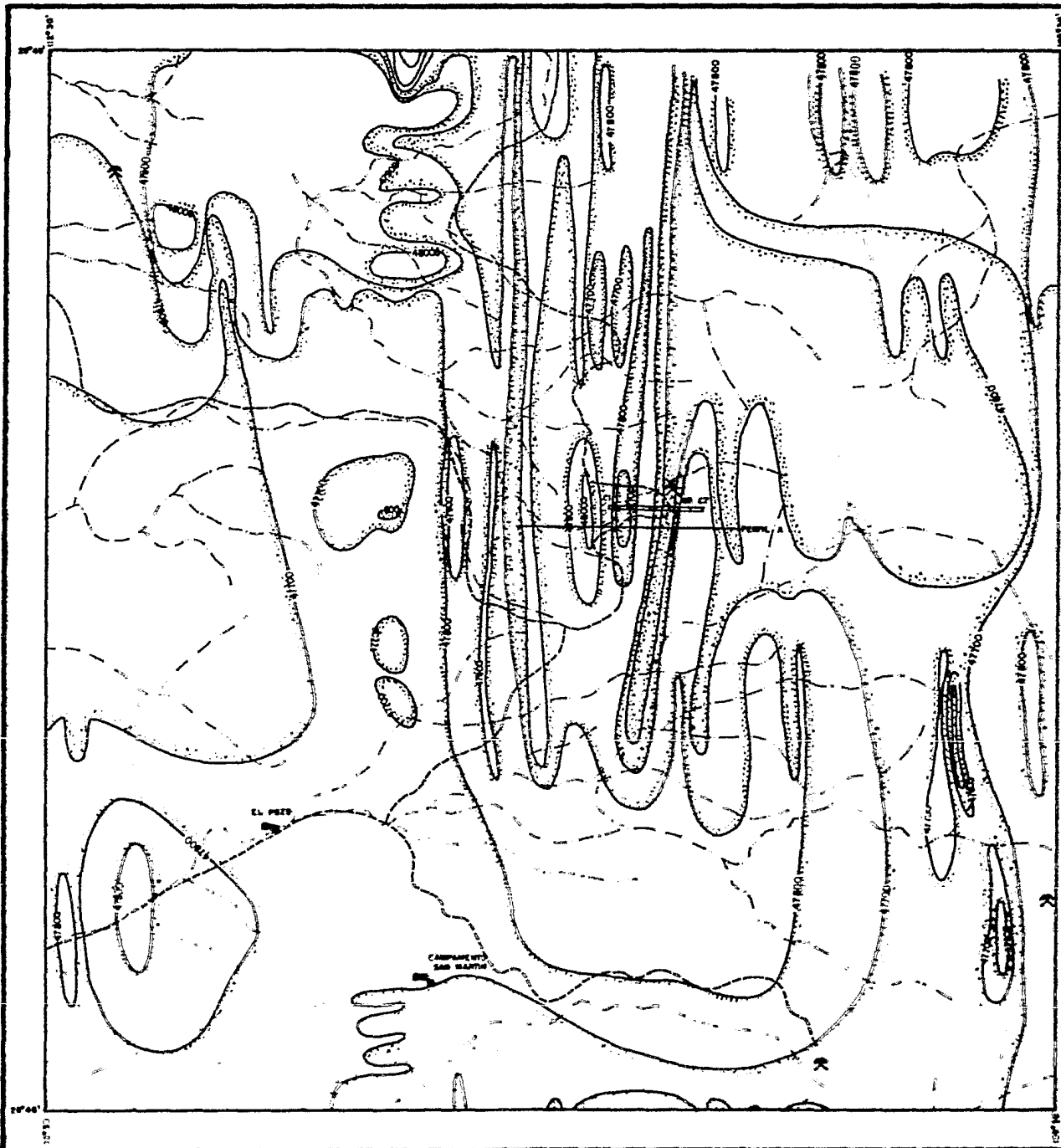
V. R E S U L T A D O S

En el área "San Martín" se efectuó un estudio de Magnetometría Terrestre con el fin de observar y detectar las propiedades magnéticas de las rocas presentes, las cuales son presentadas por una secuencia geológica de rocas intrusivas y sedimentarias. También se realizó un estudio de Polarización Inducida en el área magnéticamente anómala, para comprobar el contenido de mineralización de la roca a profundidad en forma de sulfuros.

A .- ANALISIS DE MAGNETOMETRIA TERRESTRE:

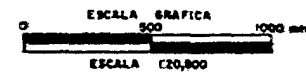
Los valores configurados del campo magnético total se presentan en el Plano No. 3. En éste se observan que los límites de las configuraciones presentan una tendencia de lineación de -- dirección N-S, determinándose también los posibles contactos y/o límites de las rocas ígneas con las sedimentarias, obteniéndose -- que las rocas ígneas tuvieron valores en el rango de 49000 γ a -- 48700 γ , y las rocas sedimentarias de 47,700 hacia 47,500 γ .

Tomándose los valores altos con los bajos, específicamente en la zona central, y de acuerdo a la geología y estando presente una pequeña obra que presenta mineralización en forma de -- sulfuros, se realizaron dos interpretaciones de los valores en -- forma de perfil.



EXPLICACION

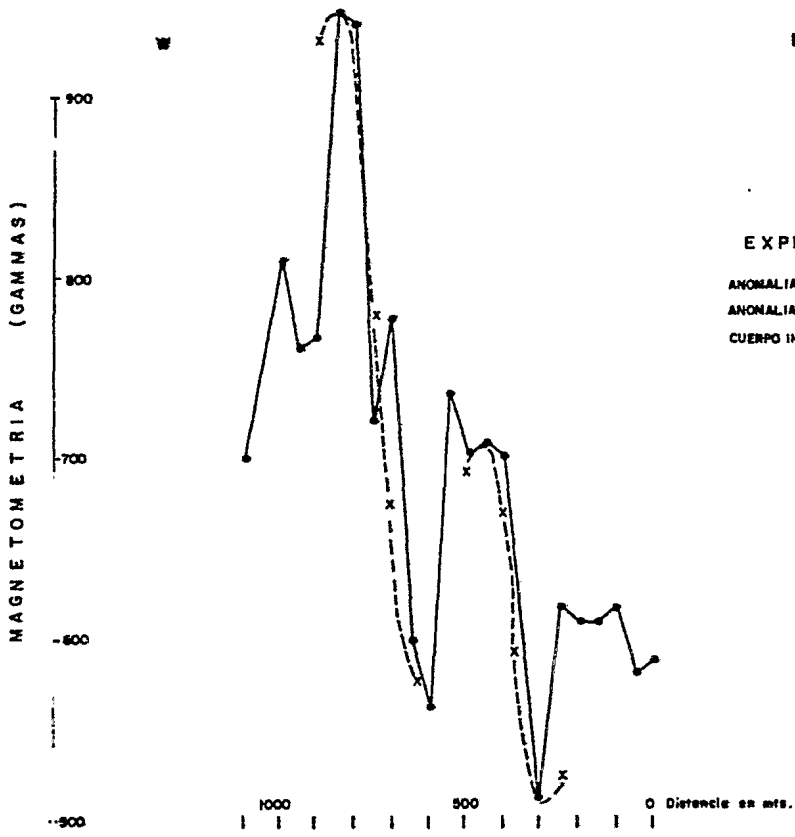
- Arroyo
- Camino
- Configuración magnética-alta
- Configuración magnética-baja
- Obra minera
- Línea de Pol. ind.



U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA TESIS PROFESIONAL
	MAGNETOMETRIA TERRESTRE EN EL AREA SAN MARTIN
	LUIS JESUS ORTIZ HERRERA MEXICO D.F.

Se interpretó cuantitativamente una anomalía magnética del perfil, presentando una amplitud máxima mayor de 47,900 - gammas y una mínima de 47,590, en base a la teoría de una anomalía magnética sobre un cuerpo tabular largo (Gay, 1963) y de un programa utilizado en una calculadora TI-59, conocido como "Curva magnética para un dique delgado" (Edwin J. Ballantyne), y además considerando la intensidad del campo magnético regional terrestre como 50000, la inclinación magnética terrestre como 60° y el rumbo del dique con respecto al Norte magnético de 90°, se obtuvieron los siguientes resultados:

- 1.- La profundidad interpretada a la base de los cuerpos - o diques es de 120 mts. y en el cuerpo de la izquierda a 60 mts. el de la derecha, como se presenta en el - - perfil A.
- 2.- Los puntos de valor máximo correspondiente al punto -- central de los cuerpos localizados, se encuentra aproximadamente a los valores de distancia de 1,250 y 1,650.
- 3.- El contraste de susceptibilidad magnética de los di- - ques con sus alrededores son de $5,387 \times 10^{-6}$ y $3,403 \times 10^{-6}$ en unidades C.G.S.



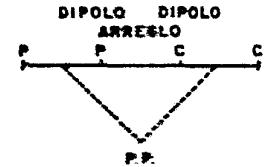
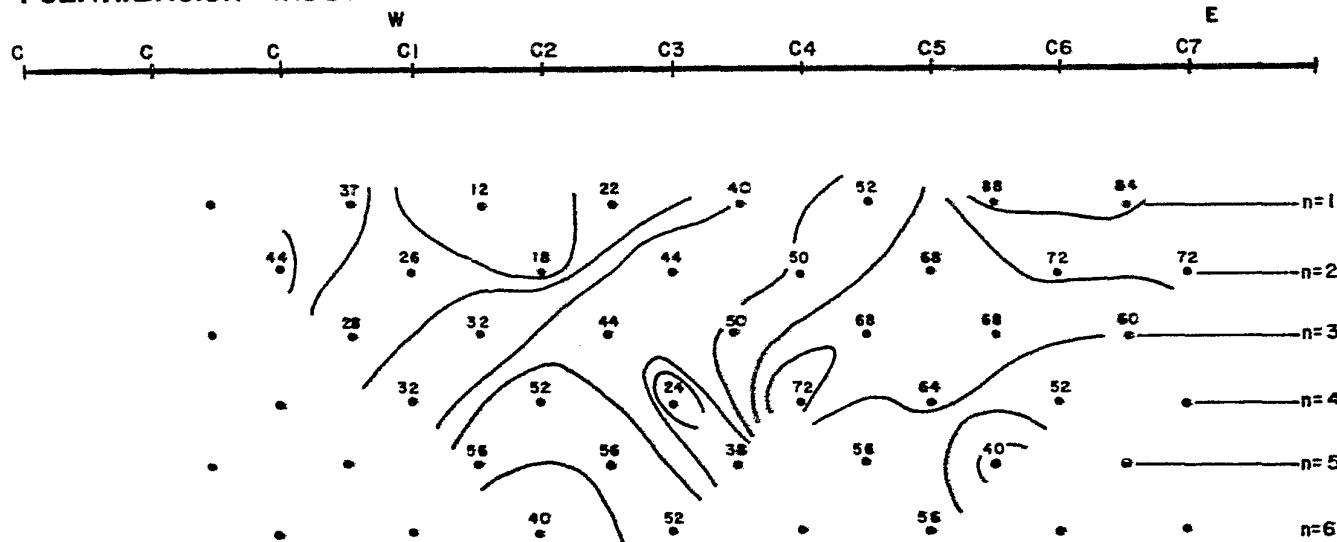
PERFIL - A

B. ANALISIS DE POLARIZACION INDUCIDA

En base al estudio e interpretación los datos de Magnetometría Terrestre, se realizó una línea de Polarización Inducida y de Resistividad Aparente, utilizando para ellos un arreglo geométrico llamado DIPOLO-DIPOLO, siendo el espacimient^o entre electrodos $a = 100\text{mts.}$, como se puede observar en la seudo - sección y con intervalos de $n=6$.

Los datos de las seudosecciones se interpretan cualitativamente considerando como zona anómala, a aquélla que presenta cargabilidades aparentes superiores a los 60 mV/V y resistividades aparentes menores a los 200 ohm-m . Cabe mencionar que hay buena correlación entre los dos parámetros.

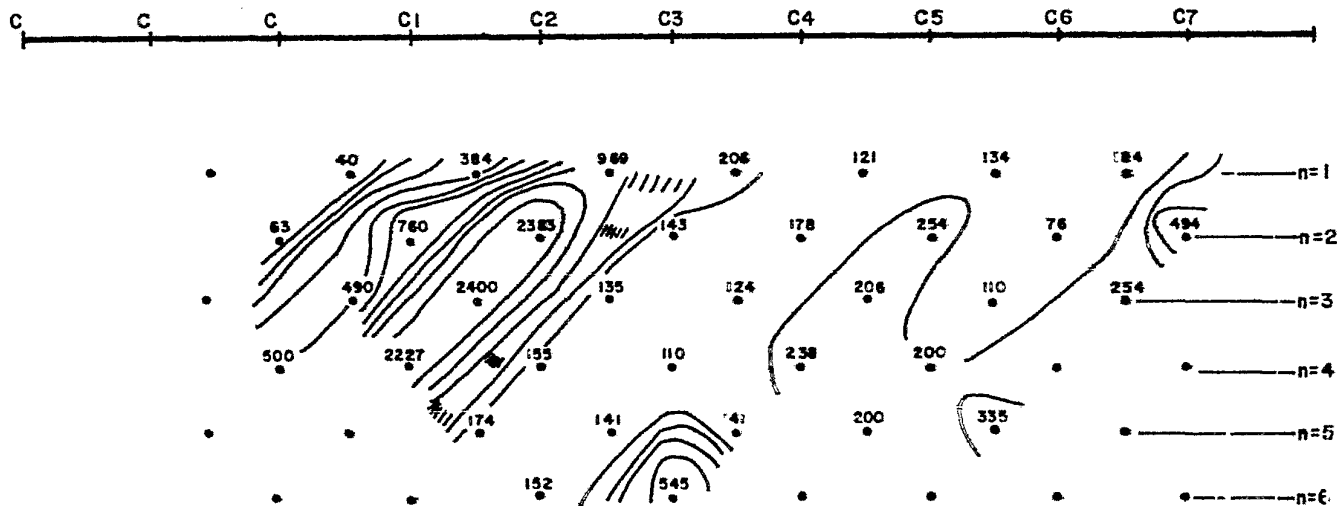
POLARIZACION INDUCIDA mV/v



LINEA A
 LONGITUD 800 m.
 DIRECCION E-W
 ESPACIAMIENTO 100 m.

CERCA -x-
 TUBERIA |
 LINEA DE CORRIENTE T
 CAMINO - - -
 FERROCARRIL ++

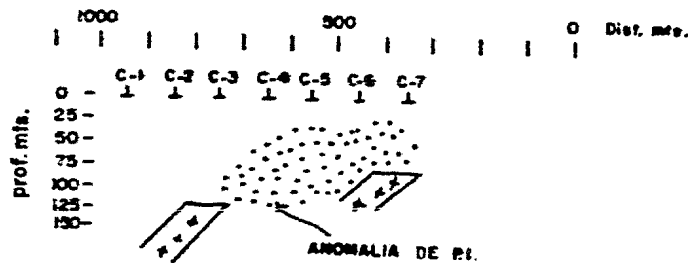
RESISTIVIDAD APARENTE $\Omega - m$



UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA TESIS PROFESIONAL
	PERFIL DE P.I. Y R.A. DE LA LINEA "A"
	LUIS JESUS ORTIZ HERRERA MEXICO D.F.

C. CORRELACION:

La correlación de los estudios Magnéticos y de la Polarización Inducida, nos dá como conclusión una zona altamente mineralizada, teniendo como origen dos cuerpos intrusivos, o uno según la interpretación de la curva anómala y grandes valores -- anómalos de cargabilidad, como se presenta en el esquema siguiente:



Como nota final, para realizar el estudio se utiliza el equipo magnetométrico G-816, un receptor I.P.R.-8 y un transmisor TSQ-3 con sus correspondientes accesorios.

APENDICE A

PROGRAMA DE UN DIQUE DELGADO

Teniendo un perfil del campo magnético total y observando sus amplitudes de campo máximas y mínimas, con sus respectivos puntos-coordenadas, el programa calcula un perfil teórico correspondiente a un dique magnético delgado inclinado.

Conociendo los puntos característicos de la curva de campo (AM_s , AM_n , X_s , X_n), calculamos θ y d :

$$\text{donde: } \theta = -\cos^{-1} \left(2 \frac{AM_o - AM_n}{AM_s - AM_n} - 1 \right)$$

Luego:

$$d = 2 l - \theta - 90^\circ$$

Determinando la profundidad, o sea la distancia vertical desde el punto de observación a la parte superior del dique como:

$$\text{Profundidad} = X_s - X_n / X'_s - X'_n$$

Aquí $X'_s - X'_n$; Así como $AM'_s - AM'_n$ (que posteriormente utilizaremos, son los puntos - coordenadas ó raíces del perfil teórico; éstas raíces se conocen por medio de la primera derivada de la fórmula del Dique Delgado a una función igual a cero.

Esto anterior corresponde al método modificado de --
aproximaciones sucesivas, conociendo como Newton - Raphson. Tambi
bién conocido como el método de las Tangentes, definido por la
expresión:

$$X_{n+1} = X_n - \frac{F(X_n)}{F'(X_n)}$$

Este método esta establecido para resolver directamente
te la ecuación $F(x) = 0$ sin transformación agula, conociendo el
comportamiento geométrico del mismo en la gráfica de la función
 $F(x)$.

Consistiendo en trazar una vertical por la primera --
aproximación hasta cortar la curva de ecuación $Y=F(x)$; por el -
punto de corte trazado una tangente a la propia curva hasta in-
tersectar el Eje X , en este punto se tendrá la nueva aproxima--
ción, repitiéndose el proceso tantes veces como sea necesario.
(Figura 11).

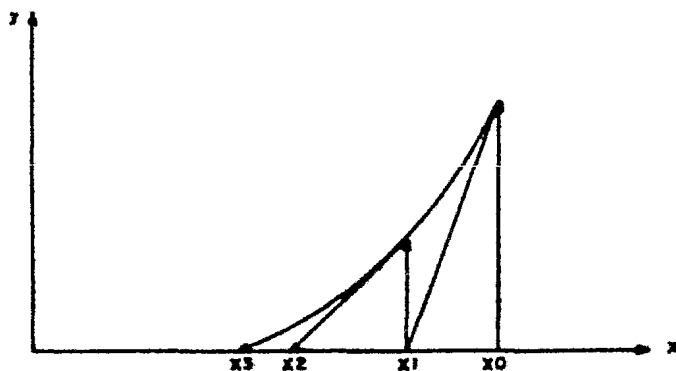


Fig. 11 Método de Newton - Raphson para $F(x) = 0$

Teniéndose el cálculo de función de sus raíces, se --
continua como Xo:

$$X_o = \text{Profundidad } (X's - X'n) + X_s$$

Siguiendo con la amplitud de la anomalía magnética --
como:

$$AN = (AN_x - AN_n) / (AN's - AN'n)$$

Finalmente obteniendo el contraste de susceptibilidad
magnética:

$$K_w = AN/2 FC \text{ sen } d \times 10^{-6} \text{ C.G.S.}$$

Calculándose un perfil anómalo teórico por comparación
con la curva original

A continuación se describe las instrucciones de uso - así como los resultados del perfil detallado en el ejemplo y -- gráfica ya expuestos anteriormente. Con respecto a la calculadora Texas Instruments - 59)Ballantyne, E.J., 1980).

Las Instrucciones de Programación son:

Paso	Procedimiento	Nomenclatura del dato	Entrada y Presión de Resultados todas.	
1	Limpiar Memoria		CMs	
2	Intensidad del Campo Magnético	F	50000	50000
3	Inclinación del Campo Magnético	i	60	60
4	Rumbo del Dique	Alfa	90	90
5	Valor Máximo	AMs	47950	
6	Valor MÍNimo	AMn	47560	
7	Valor Base	AMo	47700	-73
8	Inclinación al Plano	φ	-73	133
9	Estación de AMs	Xs	50	50
10	Estación AMn	Xn	300	120 Profundidad
	Cálculo de Xo		R/s	140
	Cálculo de Xw		R/s	5387x10 ⁻⁶
11	Espaciamiento de Estaciones AX		50	

Paso	Procedimiento	Nomenclatura del dato	Entrada y Presión de Resultados todas.
	Estación de Xo	0	E 47930
		50	R/s 47950
		100	R/s 47912
		150	R/s 47780
		100	R/s 47640
		250	R/s 47570
		300	R/s 47560
		350	R/s 47570

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

Dobrin, M.B., 1960.- Introduction to Geophysical Prospecting -- Mc Graw Hill, New York.

Grant, F.S., and West, G.F., 1965.- Interpretation Theory in -- Applied Geophysics Mc Graw Hill, New York.

Heiland, D.C., 1960.- Geophysical Exploration, Hafner, New York.

Pacansis, D.C., 1962.- Principles of Applied Geophysics. Wiley, New York.

Summer, J.S., 1976.- Principles of Induced Polarization for Geophysical Prospecting. Elsevier, Amsterdam.

Telford, W.M., Geldart, L.P. SHERIFF, R.E., Keys, D.A., 1976.-- Applied Geophysics. Cambridge University Press. London.

Ballantyne Edwin, 1980.- Magnetic Curve Fit For a Thin Dike Calculator Program (TI-59), Geophysics, Vol. 45, No. 3, P. 447-455 Seg.

Gay Parker, S., 1963.- Standard Curves for Interpretation of -- Magnetic Anomalies Over Long Tabular Bodies, Geophysics, Vol.28, Pag. 161.

Koulonzine, T.H., Lamonsagne y Nadeau, A., 1970.- New Methods -- For The Direct Interpretation of Magnetic Anomalies Caused by - Inclined Dikes of Infinite Length, Geophysics, V. 35, pag. 812. Seg.

Affleck James, 1958.- Interrelation Ships Between Magnetic - --
Anomaly Components, Vol. 23, Pag. 738. Seg.

Cook, K.L., 1948.- Quantitative Interpretation of Vertical Mag-
netic Anomalies Over Veins, V-15, p. 667, Seg.

Bruckshaw, J.M., and Jumaratnam, 1963.- Interpretation of Magnet
tic Anomalies Due To Dikes, V-11, pag.-509. Seg.