

8
2-g
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

GEOLOGIA

"ESTUDIO SOBRE VARIACIONES MINERALOGICAS, DE CONTENIDOS METALICOS Y CALCULO DE RESERVAS DEL QUINTO MANTO, EN LA MINA DE NAICA. MUNICIPIO DE SAUCILLO, CHIHUAHUA".

TESIS QUE PARA OBTENER
EL TITULO DE
INGENIERO GEOLOGO
PRESENTA
CARLOS GARNICA HERNANDEZ



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA

FACULTAD DE INGENIERIA

Dirección
60-I-125

Señor GARNICA HERNANDEZ CARLOS.
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 Profr. Ing.- Enrique Gómez de la Rosa, para que lo desarrolle como tesis para su Examen Profesional de la carrera de INGENIERO GEOLOGO.

"ESTUDIO SOBRE VARIACIONES MINERALOGICAS DE CONTENIDOS METALICOS Y CALCULO DE RESERVAS DEL QUINTO MANTO, EN LA MINA DE NAICA. MUNICIPIO DE SAUCILLO, CHIH."

- I INTRODUCCION.
- II GENERALIDADES.
- III GEOLOGIA REGIONAL.
- IV YACIMIENTOS MINERALES.
- V QUINTO MANTO.
- 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 RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, D.F., junio 25 de 1986.
EL DIRECTOR

Dr. Octavio A. Rascón Chávez

SOARCH 'MRV' gtg



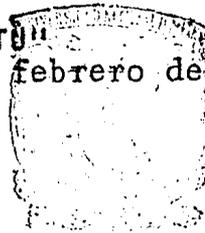
FACULTAD DE INGENIERIA
 DIVISION PROFESIONAL
 60-1-84/0105

UNIVERSIDAD NACIONAL
 AUTÓNOMA DE
 MÉXICO

Al C. Coordinador General
 de la Administración Escolar
 Universidad Nacional Autónoma de México
 P r e s e n t e .

Por medio de la presente, se hace constar que el señor --
 GARNICA HERNANDEZ CARLOS - - - - - alumno
 de la carrera de INGENIERO G E O L O G O - - - - -
 que se cursa en esta Facultad, realizó trabajos en la
 División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra de ésta
 contados a partir del día 27 de mayo de 1983 al
 27 de diciembre de 1983 . Por lo cual se considera que
 ha cumplido con el SERVICIO SOCIAL, que obliga la Ley Re-
 glamentaria del Artículo 5o. Constitucional relativo al -
 Ejercicio de las Profesiones en el Distrito Federal.

Atentamente,
 "POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
 Cd. Universitaria, D.F. a 3 de febrero de 1984
 EL DIRECTOR



JEED
 Dr. Octavio A. Rascón Chávez

*Facultad de Ingeniería
 Oficina de Servicio Social*

"ESTUDIO SOBRE VARIACIONES MINERALOGICAS, DE CONTENIDOS METALICOS Y CALCULO DE RESERVAS DEL QUINTO MANTO, EN LA MINA DE NAICA. MUNICIPIO DE SAUCILLO, CHIHUAHUA".

I N D I C E

RESUMEN	
I. INTRODUCCION	1
1.- Objetivo del estudio y método de trabajo.	
2.- Estudios previos.	
3.- Agradecimientos	
II. GENERALIDADES	6
1.- Localización y vías de acceso.	
2.- Clima y vegetación.	
3.- Población y actividad económica.	
4.- Bosquejo histórico del Distrito y producción.	
III. GEOLOGIA REGIONAL	9
1.- Fisiografía y geomorfología.	
2.- Estratigrafía.	
3.- Rocas ígneas.	
4.- Rocas metamórficas y metasomáticas.	
5.- Geología estructural.	
6.- Evolución geológica y tectónica del área.	
IV . YACIMIENTOS MINERALES	20
1.- Forma y dimensiones.	
2.- Mineralogía.	
3.- Controles y guías de la mineralización.	
4.- Génesis y clasificación del yacimiento.	
V . QUINTO MANTO	33
1.- Descripción y características generales.	
2.- Relación con los otros cuerpos.	
3.- Variaciones mineralógicas y de contenidos metálicos.	
4.- Sucesión paragenética.	
5.- Cálculo de reservas.	
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	74
BIBLIOGRAFIA	

INDICE DE ILUSTRACIONES

1. Plano de localización.
2. Plano de provincias fisiográficas.
3. Plano geológico del área.
4. Tabla de correlación estratigráfica.
5. Plano de provincias metalogenéticas.
6. Sección geológica general.
7. Plano geológico del niv. 480 con localización de muestras y secciones para el cálculo de reservas.
8. Plano geológico del niv. 530 con localización de muestras y secciones para el cálculo de reservas.

T A B L A S

1. Ejemplos de tamaño de los principales cuerpos de mineral en el yacimiento de Naica.
2. Lista de barrenos utilizados en la construcción de las secciones de isopleetas.
3. Muestreo de canal en los desarrollos del Quinto-Manto (niv. 480 y 530. Promedios por sección).
4. Cálculo del tonelaje por páneles. (Mineral probado).
5. Cálculo del tonelaje por páneles. (Mineral probable).
6. Lista de elementos considerados para el cálculo de la ley por bloque.
7. Cálculo de la ley por páneles. (Mineral probado).
8. Cálculo de la ley por páneles. (Mineral probable).

A P E N D I C E S

- A. Secciones de isopleetas.
- B. Descripción macroscópica de muestras.
- C. Secciones para el cálculo de reservas.

R E S U M E N

El Distrito Minero de Naica se localiza en la parte sur-central del Estado de Chihuahua. El yacimiento está emplazado en una estructura dómica de rocas cretácicas, dentro de un pliegue subsidiario a ésta, y consta de cuerpos de reemplazamiento en forma de mantos y chimeneas. Los primeros están constituidos principalmente por silicatos cálcicos (grossularita, vesubianita, wollastonita, hedenbergita, y rodonita), son de forma tabular con rumbos generalmente NW-SE con --suaves buzamientos al SW y están relacionados a diques felsíticos. -- Las chimeneas son de forma tubular muy irregulares con fuertes buzamientos con la misma tendencia al SW y están constituidas principalmente por sulfuros (galena, esfalerita, calcopirita, pirita, pirrotita y arsenopirita), con valores de oro, plata y cadmio. También los mantos presentan sulfuros en forma de disseminaciones.

El Quinto Manto es el cuerpo más importante que se está desarrollando actualmente en el nivel más profundo de la mina. Está constituido, al igual que los otros mantos, por silicatos cálcicos con cantidades variables de sulfuros disseminados. Su rumbo general es NW 50° SE pero a diferencia de la mayoría de los mantos del yacimiento, éste presenta fuertes echados y llega a estar vertical. A través de barrenación a diamante se ha comprobado su continuidad -- hasta el nivel 800. Parece ser que este manto fue el principal conducto por el que ascendieron las soluciones mineralizantes que originaron a los demás cuerpos. Presenta un zoneamiento transversal caracterizado por la abundancia relativa de wollastonita-grossularita (zona externa), grossularita-vesubianita (zona intermedia), y andradita-vesubianita (zona interna) y son la zona externa y la intermedia, --

las que mejores valores (plata, plomo y zinc) presentan. Otra particularidad importante de esta estructura es la presencia de valores altos de tungsteno (el cual se obtiene como subproducto en la planta de beneficio).

El potencial que este manto representa , en cuanto a reservas se refiere, es evidente ya que se cuenta con 573,974 toneladas de mineral probado (entre los niveles 430 y 480) y con 1'586,850 toneladas de mineral probable debajo del nivel 530.

I INTRODUCCION

1. OBJETIVO DEL ESTUDIO Y METODO DE TRABAJO

El objetivo de este estudio fue realizar una interpretación con detalle del Quinto Manto de la mina Naica.

Para alcanzar el propósito planteado, se hizo un análisis de las características mineralógicas y de contenidos metálicos, esto permitió el manejo de la información recabada tanto en obra directa como en barrenos de diamante, con el fin de realizar una configuración de isopletas. En ellas se pudo representar la distribución de los valores dentro del manto y se trató de encontrar la relación que existe entre esta distribución con las variaciones mineralógicas y texturales, con miras a tener un mejor conocimiento de la estructura durante el desarrollo de ésta y en su posterior explotación.

La información compilada fue a partir de observaciones en las obras, descripción de muestras de mano y descripción de los núcleos de los barrenos existentes, así como de los resultados de ensayos de las muestras de canal y de barrenos enviadas al laboratorio de la unidad.

Se considera que la importancia de este trabajo radica principalmente en el hecho de que al parecer el Quinto Manto, es precisamente la estructura que sirvió como el conducto principal para el paso de las soluciones mineralizantes que dieron origen-

al resto de los cuerpos, tanto de silicatos como de sulfuros, así mismo, este manto representa un fuerte potencial, en lo que a reservas se refiere, para aumentar la vida útil de la mina.

2.- ESTUDIOS PREVIOS

El Distrito Minero de Naica ha sido ampliamente estudiado - a través de toda su historia por diversos autores y con los más - variados objetivos, aunque la mayoría de estos trabajos se desarrollaron sobre las estructuras de los niveles superiores; debido ésto a que se realizaron en lo que se podría llamar el desarrollo inicial de la mina; son menos abundantes los trabajos sobre los - cuerpos profundos desarrollados y explotados actualmente.

Cabe mencionar brevemente entre los autores y sus aportaciones a:

- | | |
|-------------------|---|
| a) Lambert (1892) | Da los primeros datos acerca del yacimiento, como es su descubrimiento y el inicio de sus operaciones, así como el primer bosquejo geológico. |
| b) Paredes (1912) | Primera compilación acerca del área, así como cuantificación del mineral en reservas desde el punto de vista minero. |

- c) Prescott (1926) Investigación acerca de la génesis del yacimiento concluyendo que se trata de cuerpos de reemplazamiento.
- d) Horcasitas (1929) Resume la labor de las compañías que trabajaron el yacimiento y resalta el problema del agua en las labores mineras subterráneas.
- e) Bassett (1949) Hace estudios enfocados a dilucidar la estratigrafía del área basado en correlaciones, así como estudios paragenéticos.
- f) Wilson (1955) Diferencia a la caliza encajonante (Fcion. Aurora) en función de su respuesta al metamorfismo y de su coloración. También propone que la forma dómica de la estructura, donde está emplazado el yacimiento, se debe a la presencia de un cuerpo intrusivo a profundidad.
- g) Stone (1958) Hace estudios sobre la génesis del yacimiento, proponiendo modelos paragenéticos. Indica posibles etapas en las que se pudo formar el yacimiento, además --

propone un modelo de zoneamiento dentro de los mantos.

h) Jurado (1975)

Establece que la forma dómica de la estructura, en la que está emplazado el yacimiento, no tiene relación con el intrusivo.

i) Erwood y Kesler (1979)

Con base en estudios de inclusiones fluidas proponen las condiciones en las cuales se originó el yacimiento, así como las características de los fluidos mineralizantes.

j) Cervantes (1983)

Propone un modelo paragenético a través de un estudio mineragráfico.

A G R A D E C I M I E N T O S

Quiero expresar mi agradecimiento al cuerpo técnico de la Unidad Naica de la Compañía Fresnillo S. A. de C. V. por las facilidades prestadas en la realización del presente trabajo, en especial, a los Ingenieros Hugo A. Palacios Martínez y Pablo F. - Muruato Gámez por su apoyo y orientación.

Asímismo, quiero patentizar mi más profundo agradecimiento al Ingeniero Enrique Gómez de la Rosa por su asesoría y por la confianza que siempre se ha dignado dispensarme.

Con el afán de no omitir a nadie, quiero agradecer a todos y cada uno de mis profesores y compañeros, la labor que desempeñaron durante la etapa de preparación escolar que compartimos.

También, quiero dar gracias a mi familia por el apoyo, comprensión y cariño que siempre me han brindado.

En especial, quiero agradecer a mi esposa por su amor y compañía, y por ayudarme a hacer realidad nuestros sueños.

II GENERALIDADES

1.- LOCALIZACION Y VIAS DE ACCESO

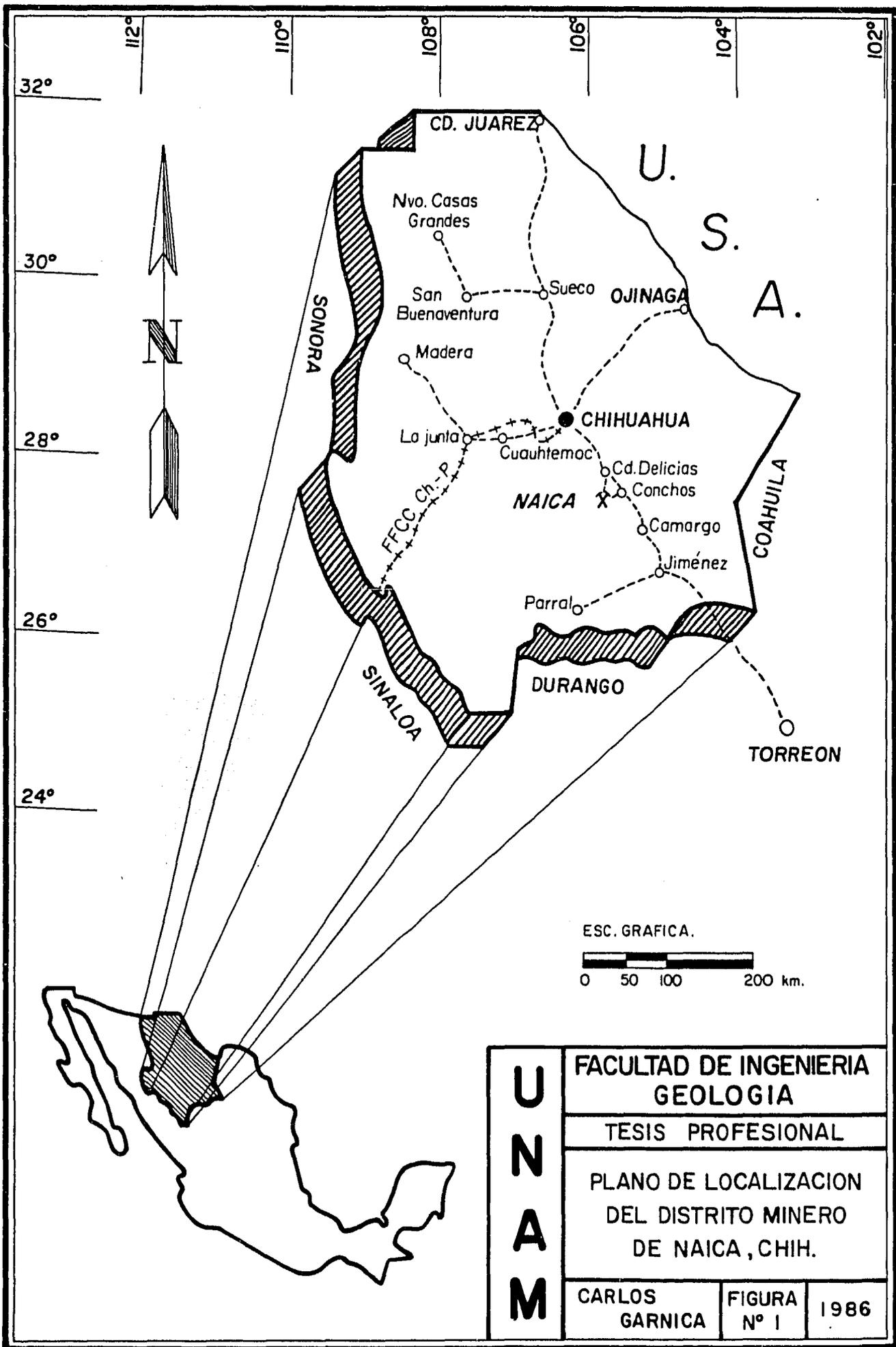
El Distrito Minero de Naica se localiza en el Municipio de Saucillo, en la parte sur-central del Estado de Chihuahua y a 110-km en línea recta al SE de la capital del estado (fig. No.1), sus coordenadas geográficas son:

Latitud Norte	27° 52' 00"
Longitud Oeste	105° 26' 15"

Se puede llegar a Naica por la carretera panamericana México-Cd. Juárez que en su km 1545, en el poblado de Conchos, entronca -- con una carretera pavimentada de 28 km de longitud que conduce hasta el Distrito, otra vía de acceso es la carretera estatal número 5, que comunica a Naica con la ciudad de Delicias; dicha carretera tiene 40 km de longitud. Existe además una pista de aterrizaje , - propiedad de la Cia. Fresnillo S.A. de C.V., a 12 km de Naica por la carretera que une a ésta con el poblado de Conchos. También se cuenta con servicio postal, telegráfico y telefónico.

2.- CLIMA Y VEGETACION

El clima que predomina en la región es extremo; se clasifica como seco, estepario, con variante fría con temperaturas máximas



U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGIA	
	TESIS PROFESIONAL	
	PLANO DE LOCALIZACION DEL DISTRITO MINERO DE NAICA, CHIH.	
	CARLOS GARNICA	FIGURA Nº 1

en el verano de hasta 40° C y mínimas de -10° C en invierno; con lluvias aisladas en el otoño; se tiene un promedio anual de precipitación de 200 mm. La vegetación es muy escasa y característica de estas regiones semiáridas; consiste principalmente en plantas xerófilas, tales como mezquites (*Prosopis dulcis*), lechuguillas (*Agave sp.*), huizache (*Acacia sp.*), nopal (*Opuntia sp.*) y biznaga (*Mamillaria magnanima*).

3.- POBLACION Y ACTIVIDAD ECONOMICA

La población de Naica consta actualmente de aproximadamente 17,000 habitantes, representados por 800 padres de familia, de los cuales el 70% aproximadamente, se emplea en la industria minera; el resto se ocupa en agricultura, comercio, ganadería y -- dentro del ejército (cabe hacer notar que el Distrito Minero de Naica, está enclavado dentro de los terrenos del Campo Militar -- " General Francisco Villa "). El 60% de la población está en -- edad escolar y para ello se cuenta con centros educativos hasta el nivel medio superior; los aspirantes al nivel profesional tienen que recurrir a las Instituciones de educación superior ubicadas en la capital del estado.

4.- BOSQUEJO HISTORICO DEL DISTRITO Y PRODUCCION

El yacimiento fue descubierto entre los años 1828 y 1830 -- (Lambert, 1892) por gambusinos, quienes lo trabajaron en pequeña escala a partir de 1828 y debido a la escasez de agua, única-

mente trabajaban en tiempos de lluvias. Las primeras operaciones mineras formales comenzaron en la última década del siglo pasado, se suspendieron hacia 1911 debido a la inestabilidad política del país y también a que las labores habían alcanzado el nivel freático.

En 1924 se reinició la explotación a través de la Compañía Minera Peñoles S. A., hasta el año de 1928, año en que por problemas legales tuvo que ceder la explotación a otra compañía; se reiniciaron actividades de 1932 a 1938. De aquí y hasta el año de 1951, la compañía The Naica Mines of Mexico siguió trabajando el yacimiento; posteriormente lo traspasó a The Fresnillo Company.

Por otro lado, desde 1948, la Compañía Eagle Pitcher trabajó la Mina Gibraltar hasta 1954 cuando vendió a The Fresnillo Company que es la única empresa productora hasta la fecha, con su actual razón social de Compañía Fresnillo S. A. de C. V.

Desde 1954, año en que empezó sus operaciones la Compañía Fresnillo S. A. de C. V. en la mina de Naica, se han producido hasta el 31 de mayo de 1986, 16'200,494 toneladas de mineral de sulfuros.

Respecto a la producción del yacimiento, anterior al año de 1954, Gonzalez Reyna estima un poco mas de 1'000,000 de toneladas de mineral oxidado y sulfuros. Todo esto fue extraído de los niveles superiores, hasta menos de 10 m abajo del nivel freático. Con estos datos se puede estimar una producción en el distrito hasta mayo de 1986 de aproximadamente 17'300,000 t de mineral.

III GEOLOGIA REGIONAL

1.- FISIOGRAFIA Y GEOMORFOLOGIA

Fisiográficamente el Distrito Minero de Naica se localiza dentro de la Provincia de Sierras y Cuencas (E. Ráfz, 1959) -- (fig. No. 2). Esta provincia está caracterizada por la presencia de sierras alargadas separadas por amplios valles o bolsones cubiertos por aluvión que son a la vez cuencas de captación. El mismo nombre de la provincia fisiográfica da idea del contraste entre los accidentes orográficos y los valles que los rodean.

La mina de Naica está enclavada en una pequeña sierra (conocida como Sierra de Naica) que conjuntamente con otras dos sierras (del Monarca y de Enmedio) conforman una estructura dómica con su eje mayor de aproximadamente 12 km, orientado NW-SE y con su eje menor de 7 km (fig. No. 3). Dicha estructura se encuentra en estado de madurez con un sistema de desagüe paralelo, así como abundantes y amplios abanicos aluviales en la desembocadura de los arroyos.

2.- ESTRATIGRAFIA

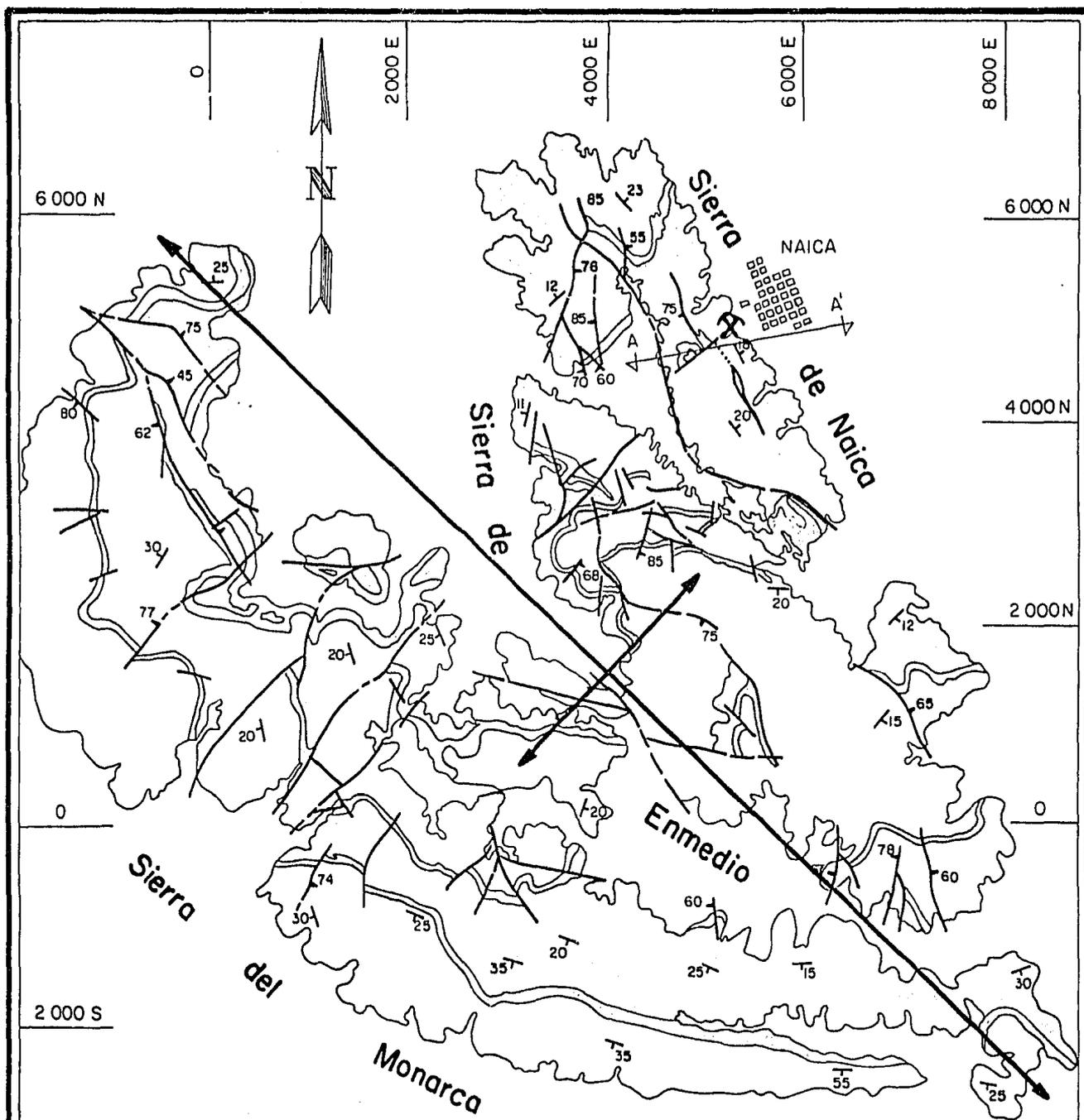
La secuencia sedimentaria que aflora en el área de estudio está constituida esencialmente por 5 unidades, principalmente -- calcáreas con intercalación de unidades calcáreo-arcillosas que --

descansa sobre una secuencia evaporítica denominada como Formación Cuchillo, que no ha sido estudiada en el distrito, pero que ha sido ampliamente descrita en los alrededores (Hewitt, 1943 y Deford y Haenngi, 1970).

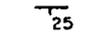
La columna estratigráfica local es la siguiente :

a) FORMACION AURORA : Es en el área de la mina, la Formación más antigua aflorante y está constituida por calcarenitas oolíticas con bioclastos e intraclastos de color gris claro y grano medio en su mayor parte. Es de estratificación media (\pm 50 a 80 cm), excepto \pm 50 m antes de su contacto con la Formación suprayacente, donde presenta estratificación delgada con alternancia de pequeñas capas de lutitas; también presenta pedernal en nódulos y concreciones de forma irregular. Con base en su contenido faunístico (Nummoloculina Heimi, Quinqueloculina sp, Triloculina sp, Dicyclina sp) esta Formación se considera como correspondiente al Albiano Inferior (Imlay, 1955); su espesor es desconocido por no observarse su base, pero por información obtenida con barrenos dados en los niveles inferiores de la mina, se calcula su espesor mayor a los 1,000 m; esta Formación se correlaciona con las Formaciones Edwards del Sur de Texas (Franco, 1978) y con la Formación Tamaulipas Superior de la cuenca Tampico-Misantla (B. Márquez, 1973). Esta Formación es la roca encajonante de los cuerpos minerales en Naica.

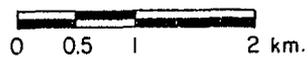
b) FORMACION BENEVIDES : Concordante con la Formación Aurora y suprayaciéndola se encuentra esta Unidad, que en la Sierra de Naica esta constituida por lutitas calcáreas de color gris



LEYENDA

-  CONTACTO LITOLOGICO
-  FALLAS Y FRACTURAS
-  RUMBO Y ECHADO
-  ALUVION Y TALUD
-  FM. BUDA
-  FM. DEL RIO
-  FM. LOMA DE PLATA
-  FM. BENEVIDES
-  FM. AURORA

ESC. GRAFICA.



U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGIA	
	TESIS PROFESIONAL	
	PLANO GEOLOGICO DEL DISTRITO MINERO DE NAICA, CHIH.	
	CARLOS GARNICA	FIGURA Nº 3

oscuro que intemperiza a color amarillo ocre; las lutitas se encuentran intercaladas con horizontes de margas. En las Sierras de Enmedio y del Monarca, estas lutitas cambian de facies a areniscas calcáreas de grano grueso color gris verdoso con abundantes macrofósiles. El espesor de esta Formación va de -- 30 m en la Sierra de Naica hasta casi 60 m en la del Monarca. Parte de la lutita es muy fosilífera particularmente en la cima; se reporta (Imlay, 1955) como del Albiano Medio-Superior con base en su contenido de :

Martoniceras Leonense

Prohysterocheras sp.

Gryphaea corrugata say

Neitheia texana

Homomya sp.

Esta Formación es correlacionable con la Formación Kiamichi en Oklahoma, con la Formación Sombreretillo de Nuevo León, con la Fm. Cuesta del Cura en Coahuila, con la Fm. Georgetown, parte inferior en el centro de Texas y con el Grupo Washita -- del Norte de México y Texas (E. López Ramos, 1979).

c) FORMACION LOMA DE PLATA : Sobreyaciendo a la Fm. Benevides concordantemente, se encuentra un paquete de calizas denominado Formación Loma de Plata; se pueden diferenciar dos -- miembros.

c-1) Miembro Inferior : Constituido por caliza micrítica de estratificación delgada a media (de 60 a 80 cm) color gris claro que intemperiza a pardo claro con escasos macrofósiles.

El espesor de este miembro varía de 30 a 40 m.

c-2) Miembro Superior : Constituido por caliza de estratificación masiva en la base y media a gruesa en la parte superior. Este miembro contiene abundantes fósiles (Gasterópodos, Equinodermos y Moluscos) (E. López Ramos, 1979).

En algunos lugares de la Sierra de Naica afloran, dentro de este miembro, algunos estratos dolomíticos de 1 a 3 m de espesor, principalmente al NW.

Dentro de esta Formación se encontraron bandas y nódulos de pedernal; y forma acantilados en su afloramiento. Tanto su contacto superior con la Fm. del Rio, como el inferior con la Formación Benevides, son claros y concordantes y alcanza un espesor de -- aproximadamente 470 m. Con base en su posición estratigráfica se le asigna una edad de Albiano Superior (Imlay, 1955) y se co -- rrelaciona con la parte inferior del Grupo Washita del Norte de México y Texas y con la Formación Cuesta del Cura de Coahuila --- (E. López Ramos, 1979).

d) FORMACION DEL RIO : Concordantemente con la Formación Bu da, sobreyace un paquete calcáreo-arcilloso, constituido, tanto - en la base como en la cima, por calizas de estratificación delgada, con intercalación de lutitas y margas; hacia la parte media - predomina la presencia de lutitas y limolitas arcillosas de color gris que intemperizan a color amarillo ocre. Esta Formación, en - el área de estudio, únicamente aflora en la Sierra de Enmedio, -- donde alcanza entre 10 y 18 m de espesor y en la Sierra del Monar ca donde llega a 30 m de espesor. En la Sierra de Naica está ero - sionada; muestra una marcada ausencia de fósiles y por su posi --

ción estratigráfica se le asigna una edad del Albiano Superior a Cenomaniano y es correlacionable con la parte media de la Formación Cuesta del Cura en Coahuila, con la Formación Eagle Mountain del SW de Texas y con la parte superior de la Formación Mojado de las montañas Big Hatchet del SW de Nuevo México (E. López Ramos, 1979).

e) FORMACION BUDA : Esta Formación es la última unidad sedimentaria aflorante en el área y cubre la secuencia concordante. Su distribución es semejante a la Formación del Rio. Está constituida por calizas micríticas con estratificación de media a gruesa; presenta horizontes masivos intercalados, la caliza es de color gris crema con alteración pardo rojiza.

La edad de estos sedimentos corresponde al Cenomaniano Inferior con base en su contenido de Budaiceras sp, Mantelliceras -- Hoploides, Exogyra sp, Pecten Roemeri (Imlay, 1955).

Se le puede correlacionar con la parte superior de la Formación Cuesta del Cura en el NE de México, con el Grupo Washita en el Golfo de Sabinas, Coahuila y con la parte inferior de la Formación Indidura en el Estado de Coahuila.

Esta Formación marca la base del Cretácico Superior en la zona NE de México y subyace concordantemente a la Formación Ojina ga, que no aflora en la región (E. López Ramos, 1979) -- (Fig. No. 4).

UNIDADES CRONOESTRATIGRAFICAS				UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS					
				FORMACION Y LOCALIDAD					
ERA	PERIODO	SERIE	PISO	AREA DEL CUERVO. NE CHIH.	MEXICO Y TEXAS	AREA DE SANTA EULALIA	AREA DE NAICA	ESPESOR m.	
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO					ALUVION	ALUVION	
		PLEISTOCENO					?	?	
	TERCIARIO	PLIOCENO					?	?	?
		MIOCENO					ACTIVIDAD IGNEA	ACTIVIDAD IGNEA	
		OLIGOCENO					(RIOLITAS Y ANDESITAS, TOBAS Y FLUJOS)	(RIOLITAS Y DIQUES FELSITICOS)	
		EOCENO							
		PALEOCENO					CGL. BASAL		
							?	?	
MESOZOICO	CRETACICO	SUPERIOR	MASTRICHT.			LUT., AREN. Y MARGAS			
			CAMPANIAHO	OJINAGA		GRUPO TAYLOR			
			SANTONIANO						
			CONIACIANO			GRUPO AUSTIN			
			TURONIANO	CHISPA	EAGLE				
			CENOMANIANO	SUMMIT	FORD				
		INFERIOR	ALBIANO		BUDA	BUDA	?	?	?
				SUPERIOR	DEL RIO	DEL RIO	LAGRIMA	DEL RIO	30
					LOMA B PLAYA BENEVIDES	GEORGETOWN		LOMA B PLAYA BENEVIDES	450
						KIAMICHI			30
	MEDIO		FINLAY	EDWARDS	GLENN				
			LAGRIMA	WALNUT	ROSE	AURORA	+ 1,000		
	INFERIOR		BENIGNO	GLENN ROSE					
	APTIANO		GARGAS.	CUCHILLO	CUCHILLO	CUCHILLO			
			BEDUL.						
			BARREM.	LAS VIGAS	LAS VIGAS				
			HAUTERIV.						
			VALANGIN.						
			BERRAC.		TORCER				
						DE FORD 1956	IMLAY 1944	T.G. WALTER 1985	PRESENTE TRABAJO

NO AFLORA

**U
N
A
M**

FACULTAD DE INGENIERIA
GEOLOGIA

TESIS PROFESIONAL

TABLA DE
CORRELACION
ESTRATIGRAFICA

CARLOS
GARNICA

FIGURA
Nº 4

1986

3.- ROCAS IGNEAS

a) ROCAS IGNEAS EXTRUSIVAS : Este tipo de rocas no está presente en el área de estudio, pero afloran en zonas cercanas a ella; así se tiene, que en área de Tortuguillas, al oriente de Naica, entre ésta y Estación Conchos, afloran dacitas porfiríticas con intercalaciones de tobas de color gris, con un espesor de 125 m, que están cubiertas por basaltos porfiríticos (Stone, 1958).

Al NE de la Sierra del Monarca, aproximadamente a 1 km, se encuentra otra secuencia volcánica, constituida por emisiones riolíticas de color gris rosado (pardo), textura porfirítica y estructura fluidal. Esta riolita está constituida por sanidino y cuarzo en una matriz semidesvitrificada, clasificada como riolita potásica. El espesor calculado de estas emisiones es de aproximadamente 25 m; a estas rocas sobreyace una unidad de tobas riolíticas de color rosa pálido, formada por fragmentos líticos de aproximadamente un cm en una matriz vítrea, su espesor es de 20 m aproximadamente. Finalmente cubre a la toba anteriormente descrita, otro cuerpo riolítico de las mismas características que el primero de esta secuencia, el espesor de esta última Unidad es de 30 m aproximadamente (E. Duarte, 1964).

Al parecer esta secuencia representa la actividad ígnea del Terciario en esta zona, que corresponde a la misma etapa volcánica de la Sierra Madre Occidental, en la que se presenta , durante el inicio de su formación, un evento volcánico de composición intermedia, con el cual esta relacionado el origen de múltiples depósitos minerales, hidrotermales y pirometasomáticos, por ejemplo Santa Eulalia, Chih., Concepción del Oro, Zac., Velardeña, Dgo., Charcas, S. L. P. y Zimapán, Hgo.

b) ROCAS IGNEAS INTRUSIVAS : Las únicas rocas ígneas presentes en el área de la mina, se han encontrado como delgados diques

y sills lenticulares, cuya descripción corresponde a una roca de color gris claro o blanca al fresco, que intemperiza a tintes rojizos, es de textura afanítica, sin poder identificar su mineralogía con lente de mano. En partes presenta estructura fluidal.

Los diques se observaron en el interior de las obras mineras fuertemente alterados y piritizados y la clasificación de campo que se le ha dado es la de felsita, aunque en un estudio petrográfico realizado por el Dr. Robert F. Black, la clasifica como albitita (Wilson, 1956).

Exactamente sobre el área mineralizada afloran una serie de diques lenticulares y discontinuos orientados al NW, el espesor de éstos varía de 2 a 6 m.

Los sills afloran hacia las partes altas de la sierra, en o cerca del contacto de la Formación Aurora y la Formación Benevides.

La edad isotópica, calculada en una muestra de esta roca -- (considerando toda la muestra), por el método de K/Ar es de 26 m.a. correspondiente al Oligoceno Superior (Clarck, 1979).

La parte superior de la columna estratigráfica está constituida por aluvión y caliche, que cubren la mayor parte del territorio. El aluvión está formado por arcillas, limos, arenas, gravas y cantos rodados, distribuidos de manera irregular; el caliche se encuentra particularmente en las cercanías de donde afloran las rocas calcáreas.

4.- ROCAS METAMORFICAS Y METASOMATICAS :

Se presentan dos tipos de rocas metamórficas en el área, el primero representado por cuerpos de skarn constituidos por silicatos cálcicos de rendimiento económico, por contener sulfuros de Pb y Zn diseminados con valores de oro, plata y cadmio; el otro tipo de roca metamórfica presente es el mármol, originado a partir de la recristalización de la caliza de la Formación Aurora (que es la roca encajonante de todos los cuerpos minerales); por el fenómeno hidrotermal que originó el yacimiento, se hizo una diferenciación en cuanto al tipo de mármol (Wilson, 1956). Se divide en :

a) Mármol (o caliza marmorizada) color gris medio a oscuro de grano fino a medio, que presenta pequeños horizontes carbonosos y fosilíferos y comúnmente con agujas de wollastonita finamente diseminada.

b) Mármol (caliza marmorizada) color blanco a gris claro, generalmente de grano medio a grueso, con vetillas de clorita.

Este último tipo de mármol está íntimamente relacionado con las estructuras mineralizadas.

5.- GEOLOGIA ESTRUCTURAL :

En el Distrito Minero de Naica los principales accidentes orográficos son como se mencionó anteriormente, la Sierra de Naica (donde se localiza la mina), la Sierra de Enmedio y la Sierra del Monarca, que en conjunto constituyen una estructura dómica o orientada NW-SE en su eje mayor, que alcanza 12 km de longitud aproximadamente y de eje menor de cerca de 7 km. Esta estructura se ve complicada por plegamientos y fallamiento secundario.

Originalmente se propuso la hipótesis de que la forma dómica

de la estructura fue causada por un cuerpo intrusivo a profundidad (Wilson y Basset, 1956). A pesar de que fue detectado un cuerpo intrusivo a profundidad, a través de un estudio de magnetometría efectuado por C. F. E. (informe inédito) en el que se observó el apófisis más somero de este cuerpo que puede estar a unos 8 km al SW del área de estudio y aproximadamente a 2,000 m de profundidad (Coolbaugh D. F., com. pers.), es más lógico suponer que ésta se originó como la gran mayoría de sierras en rocas cretácicas, por la Orogénia Laramide, ya que todas las sierras de la región guardan la misma orientación.

La zona mineralizada se encuentra emplazada en el flanco NE del domo, en la parte central de uno de los pliegues subsidiarios en forma de nariz estructural buzando hacia el NE; el área presenta un intenso fracturamiento, tanto anterior a la mineralización, como contemporáneo y posterior a la misma.

Corresponden al primer grupo de fracturas, es decir las anteriores a la mineralización, que son más que observadas, interpretadas, un sistema de orientación NW-SE; donde se supone fueron emplazados algunos diques que posteriormente originaron ciertos mantos. Como ejemplo de estos mantos se tienen en los niveles superiores (290-190) al Manto Gibraltar con suave buzamiento al SW y en los niveles profundos de la mina, al Quinto Manto con fuertes echados hacia el NE donde toma el aspecto casi de una veta.

El segundo sistema de fracturamiento de orientación NE-SW, con buzamiento tanto al NW como al SE y que a profundidad (debajo del nivel 190) cambia de orientación a NW-SE, es al parecer contemporáneo al fenómeno mineralizante, esto debido a que en ocasiones desplaza a los mantos en el orden de decenas de metros y se comportan en partes como verdaderas vetas, ejemplos de fallas de este sistema son las fallas Torino y Tehuacán, Descubridora y

Ramón Corona. Es importante hacer notar que a estas fallas están asociadas algunas estructuras importantes de sulfuros en forma de chimeneas, a las cuales controlan.

El último grupo de fracturas es posterior a la mineralización y está caracterizado por fallas de rumbo NW-SE; las fallas más importantes de este sistema son : la falla Gibraltar, que buza al SW y con un desplazamiento de cerca de 50 m; la falla Naica, de igual orientación en rumbo y buzamiento, con un salto vertical calculado en cerca de 200 m; la falla Estrella, que se desprende al alto de la falla Gibraltar con el mismo rumbo y de echado vertical y la falla Montaña del mismo rumbo y buzamiento al NE; en esta falla se localizan las famosas cuevas de Las Espadas y Xóchitl, las cuales tienen sus paredes cubiertas por hermosos cristales de selenita.

Este último sistema de fallas es el que conduce el mayor volumen de agua, lo que constituye el principal problema al que se enfrenta la mina; actualmente se bombean 13,000 g.p.m. aproximadamente.

6.- EVOLUCION GEOLOGICA Y TECTONICA DEL AREA :

La geología histórica del área se puede resumir de la siguiente manera :

En el Jurásico Tardío (Kimeridgiano-Titoniano) se inicia una transgresión marina en lo que se denomina la Cuenca de Chihuahua, que pertenece al Geosinclinal Mexicano; abarca la Península de Coahuila, Sonora y SW de Texas. Durante el Neocomiano la Península de Coahuila tiende a hundirse, surgiendo posteriormente de forma gradual, hasta que termina la emersión continental que culminó en el Eoceno.

Así, se tiene que el Neocomiano y Aptiano Inferior se depositaron ampliamente en el Estado de Chihuahua en facies de planicie-costera con espesores hasta de 3,000 m. El Aptiano se observa en facies arenosas hacia la Plataforma del Diablo y calcáreo-arcillosas hacia el poniente, con desarrollos evaporíticos discontinuos - confinados a la porción central de la depresión Chihuahua, donde presenta un espesor promedio de 500 m.

En el Albiano, la distribución de los mares fue mayor; en el área de Naica se depositaron bancos de rudistas, toudasias, gasterópodos y miliólidos, típicos de ambiente de plataforma y en un espesor mayor a 100 m; debido a variaciones en el nivel de los mares en esta época a causa de movimientos regresivos y transgresivos de menor escala, se depositó una secuencia alternada de sedimentos puramente calcáreos por un lado y por el otro sedimentos calcáreo-arcillosos; representados los primeros por las Formaciones Aurora, Loma de Plata y Buda, y los segundos por las Formaciones Benevides y Del Rfo.

Durante el Terciario, estos sedimentos sufrieron plegamientos debido a esfuerzos laterales, de rumbo NE-SW, relacionados con la Orogénia Laramide. Posteriormente se inicia una etapa de actividad ígnea presente en diversas áreas de la república mexicana, a la que está relacionado el intrusivo detectado a profundidad en el área de Naica, así como los diques y sills de felsita que afloran:

El último evento geológico por el que atraviesa el distrito es una etapa de intenso modelado de los relieves por erosión, aportando sedimentos a las planicies circundantes.

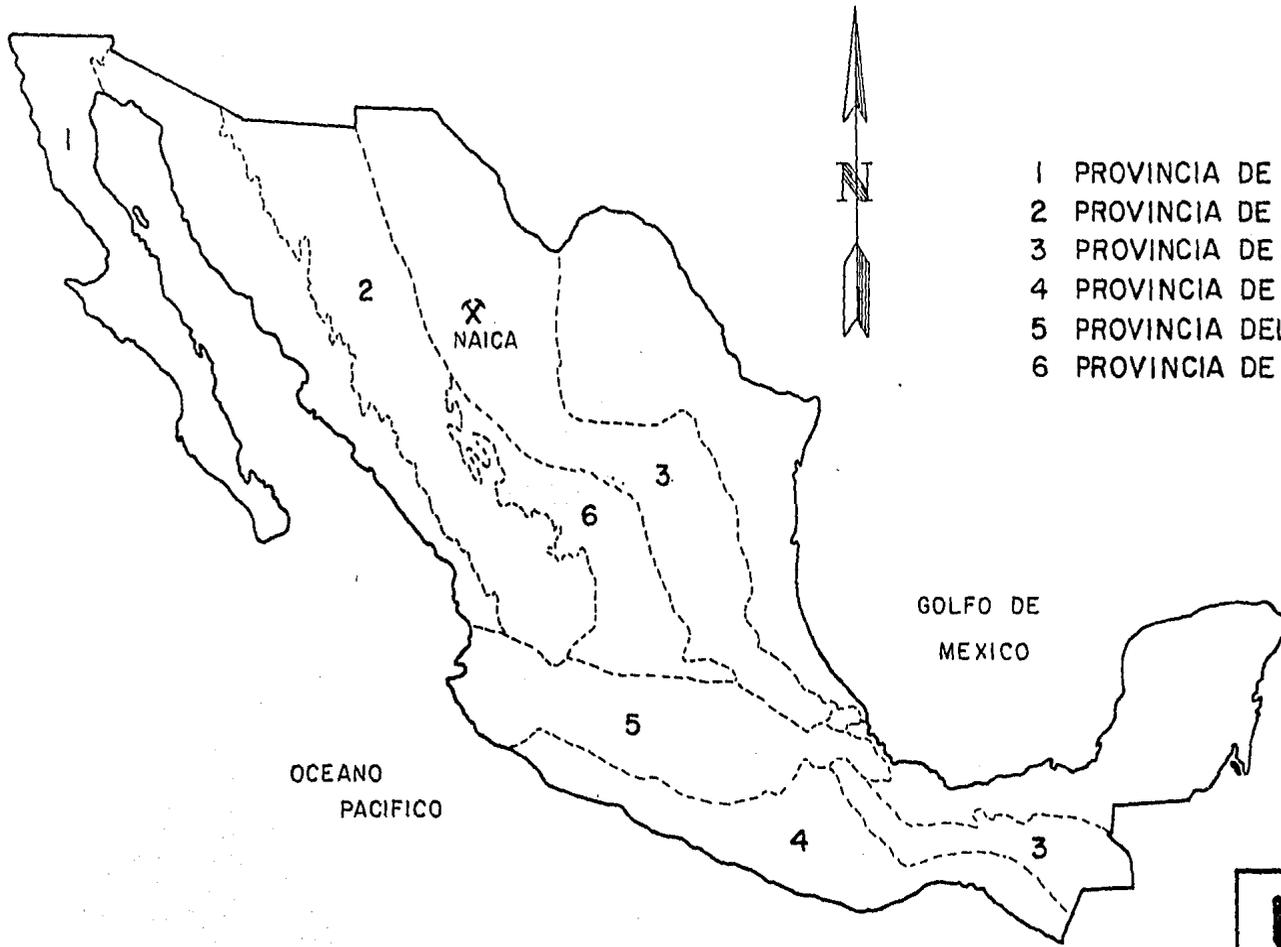
IV YACIMIENTOS MINERALES

El Distrito Minero de Naica se localiza dentro de la provincia metalogenética de la Sierra Madre Oriental, la cual esta constituida por grandes plegamientos en rocas sedimentarias del Mesozoico. En esta provincia predominan los yacimientos de minerales no ferrosos como plomo, plata, zinc y cobre, como son los ubicados en los Estados de Chihuahua, San Luis Potosí, Coahuila, Zacatecas, Guanajuato, etc. (Salas, 1975). (Fig. No. 5)

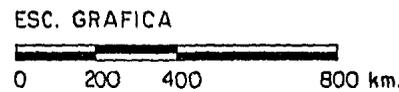
1.- FORMA Y DIMENSIONES :

El yacimiento de Naica está constituido por cuerpos de reemplazamiento de grandes dimensiones (ver tabla No. 1), encajonados en calizas de la Formación Aurora. Estos cuerpos se clasifican en dos tipos, de acuerdo a su geometría y su mineralogía: Mantos y Chimeneas. (Fig. No. 6)

a) MANTOS : Son cuerpos tabulares que en general se comportan concordantes a la estratificación o la cortan con ángulos pequeños y de suave buzamiento, con excepción de aquellos mantos que se emplazaron en fracturas preexistentes, los cuales presentan fuertes echados, llegan a estar verticales y se comportan casi como vetas, como es el caso del Quinto Manto. Los mantos están constituidos por silicatos cálcicos; los más importantes por su abundancia son la grossularita, andradita, vesubianita, hedenbergita y wollastonita, con sulfuros diseminados; de estos los -



- 1 PROVINCIA DE BAJA CALIFORNIA
- 2 PROVINCIA DE LA SIERRA MADRE OCCIDENTAL
- 3 PROVINCIA DE LA SIERRA MADRE ORIENTAL
- 4 PROVINCIA DE LA SIERRA MADRE DEL SUR
- 5 PROVINCIA DEL EJE NEOVOLCANICO
- 6 PROVINCIA DE LA MESA CENTRAL



(Guillermo P. Salas, 1980)

U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGIA		
	TESIS PROFESIONAL		
	PROVINCIAS METALOGENETICAS DE MEXICO		
	CARLOS GARNICA	FIGURA N°5	1986

principales son la pirita, galena, esfalerita, arsenopirita y molibdenita. Otra característica importante de los mantos es la - presencia de tungsteno en forma de scheelita, el cual se recupera como subproducto de las colas del molino.

El rumbo general de los mantos es al NW y se les relaciona con el sistema de fracturamiento NW-SE (Stone, 1959).

Los mantos están íntimamente relacionados a los cuerpos de felsita; se puede diferenciar por esta característica, dos tipos de cuerpos de skarn :

a-1) Endoskarn : Cuerpos de skarn desarrollados en las márgenes de los diques felsíticos reemplazándolos en ocasiones totalmente. Estos están caracterizados por un tamaño mayor de grano y valores considerablemente mayores de tungsteno y molibdeno. Como ejemplos de este tipo de mantos se tienen al Manto Gibraltar, Segundo, Tercero y Quinto Manto.

a-2) Exoskarn : Cuerpos de silicatos con carbonatos de grano fino. Estos mantos se originan de una forma distinta a los - mantos de endoskarn ya que a pesar de originarse a partir de uno de ellos, siguen horizontes de caliza que fue favorable al reemplazamiento; presenta un zoneamiento característico que consiste de silicatos al alto y al bajo del manto, con una zona intermedia de caliza no marmorizada, fuertemente cloritizada y que en - ocasiones es totalmente reemplazada por silicatos que al igual - que los mantos de endoskarn presenta sulfuros diseminados y en - bolsas irregulares en las márgenes externas de los silicatos; a diferencia de los anteriores, este tipo de manto no contiene valores considerables de tungsteno y molibdeno.

Como ejemplo de este tipo de manto se tiene al Manto Torino Tehuacán, Manto Xc-4890-SW, etc.

En conjunto los mantos constituyen el 72.0 % del total de las reservas de la mina, y a pesar de tener zonas de baja ley, al combinar estas con mineral de las chimeneas, permite una explotación con buen rendimiento económico.

b) CHIMENEAS : Son estructuras de forma tubular de sección horizontal bastante irregular y presentan fuertes echados, se originan generalmente al alto de algún manto y terminan, las profundas, al bajo de algún otro y las más superficiales como pequeñas vetas o en la zona de oxidación; la Torino-Tehuacán es la única que aflora y la de mayor tamaño en la mina; alcanza 800 m de extensión vertical y 80 m de diámetro en su mayor sección horizontal.

Las chimeneas se originan a partir de los cambios de rumbo o inclinación en los mantos o en su intersección con fracturas --preminerales siendo éstas generalmente del sistema NE-SW.

Las chimeneas varían en tamaño desde cientos de metros (como el caso de la Torino-Tehuacán), hasta las más pequeñas de 3 m de longitud y están constituidas principalmente por sulfuros (galena, esfalerita, calcopirita, pirita, pirrotita y arsenopirita) con cantidades variables de silicatos (granate, hedenbergita, --wollastonita y vesuvianita); se nota un incremento de estos últimos con la profundidad, así como una disminución en el contenido de sulfuros. Otros minerales que acompañan a los sulfuros y silicatos son la fluorita, calcita, anhidrita y cuarzo; además de asbesto, al parecer como alteración de los silicatos.

TABLA NUMERO 1

EJEMPLOS DEL TAMAÑO DE LOS PRINCIPALES CUERPOS DE MINERAL EN EL YACIMIENTO DE NAICA:

CUERPO	PRODUCCION* (TONS.)	RESERVAS* (DIL.AL 7 %)	TOTAL (TONS.)
MANTOS:			
MTO. GIBRALTAR	2'804,300	567,849	3'372,149
SEGUNDO MANTO	2'362,100	545,000	2'907,100
CUARTO MANTO	563,400	292,300	855,700
QUINTO MANTO	59,800	365,405	425,205
MTO. TORINO-TEHUACAN	317,700	1'082,500	1'400,200
MANTO Xc-4890-SW	27,100	159,751	186,851
CHIMENEAS:			
CHIM. TOR-TEHUACAN	2'717,600	551,264	3'268,864
CHIM. Xc-4789-SW	888,500	221,276	1'109,776
CHIM. F-5020-SW	305,900	86,670	392,570

(* DATOS A SEPTIEMBRE DE 1985).

(Las reservas están consideradas hasta el nivel 530, habiéndose detectado el Quinto Manto hasta el nivel 800 m , por medio de barrenos. Otros cuerpos que profundizan por debajo del nivel 530 - son la Chimenea Xc-5087-SW y el Tercer Manto).

(Las elevaciones de la mina se consideran a partir del nivel ce
ro, que es el socavón Toledo, con una elevación de 1,385 msnm).

2.- MINERALOGIA :

Se han reportado a través de diversos estudios petrográfi-
cos y minerográficos, una extensa variedad de especies mineraló-
gicas; algunas de ellas son únicamente reconocibles al microscopio,
debido al tamaño del cristal o a la poca abundancia dentro
de los cuerpos.

A continuación se presenta una lista con las especies mine-
rales existentes en abundancia considerable; quedan fuera de és-
ta las especies consideradas como rarezas.

SILICATOS (GANGA)

- 1) Andradita..... $\text{Ca}_3 \text{Fe}_2 (\text{SiO}_4)_3$
- 2) Grossularita..... $\text{Ca}_3 \text{Al}_2 \text{Si}_3 \text{O}_{12}$
- 3) Hedenbergita..... $\text{Ca Fe Si}_2 \text{O}_6$
- 4) Vesuvianita..... $\text{Ca}_{10} (\text{Mg, Fe})_2 (\text{OH})_4 \text{Al}_4 \text{Si}_9 \text{O}_{34}$
- 5) Ortoclasa..... $\text{KAl Si}_3 \text{O}_8$
- 6) Cuarzo..... SiO_2
- 7) Wollastonita..... CaSiO_3
- 8) Clorita..... $(\text{Mg, Fe, Al})_6 (\text{OH})_8 (\text{Al, Si})_4 \text{O}_{10}$
- 9) Diopsida..... $(\text{Ca, Mg}) \text{Si}_2 \text{O}_6$

SULFUROS (MENA)

- 1) Galena..... PbS
- 2) Marmatita..... (Zn, Fe)S
- 3)*Molibdenita..... MoS₂
- 4) Calcopirita..... CuFeS₂
- 5) Calcocita..... Cu₂S
- 6) Pirita..... FeS₂ (GANGA)
- 7) Arsenopirita..... FeAsS "
- 8) Pirrotita..... Fe_(1-X)S "
- 9) Covelita..... CuS
- 10)**Pirargirita..... Ag₃SbS₃
- 11)**Proustita..... Ag₃AsS₃
- 12)**Argentita..... Ag₂S
- 13)**Bournonita..... 2PbS Cu₂SSb₂S₃

* (Unico sulfuro que no es aprovechado actualmente).

** (Presentes como microcristales dentro de la galena).

OTROS (GANGA)

- 1) Anhidrita..... CaSO₄
- 2) Yeso..... CaSO₄·2H₂O
- 3) Barita..... BaSO₄
- 4) Calcita..... CaCO₃
- 5) Cerusita..... PbCO₃

- 6) Dolomita..... $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$
- 7) Fluorita..... CaF_2
- 8) Hemimorfita..... $\text{Zn}_4(\text{OH})_2 \text{Si}_2\text{O}_7 \text{H}_2\text{O}$
- 9) Malaquita..... $\text{Cu}_2(\text{OH})_2(\text{CO}_3)$
- 10) Rodocrosita..... MnCO_3
- 11)*Scheelita..... CaWO_4
- 12) Smithsonita..... ZnCO_3

* (Mineral de mena de tungsteno, que se obtiene como subproducto).

NOTA.- El total de los minerales reportados, presentes en el yacimiento de Naica, es de 72 (Johnson, 1961).

3.- CONTROLES Y GUIAS DE LA MINERALIZACION :

Como sucede en general en yacimientos minerales, existen factores que controlan la formación de los mismos y posteriormente sirven como indicatriz, cuando son plenamente identificados, para poder explorar zonas aledañas a los cuerpos conocidos; se establecen blancos mejor definidos y con mayores posibilidades de éxito, o bien, dichos factores o guías permitirán llevar un mejor control de los cuerpos que se estén explotando.

En la mina de Naica se han podido reconocer algunos de estos factores que ahora sirven como guías; como se mencionó anteriormente, tanto para explorar áreas nuevas, como en el desarrollo de los cuerpos ya conocidos. Estas guías se pueden agrupar de la siguiente manera :

a) GUIAS ESTRUCTURALES:

a-1) Plegamientos : El hecho de que la mineralización se encuentre alojada en un plegamiento secundario de la estructura dómica, en el cual los mantos en su mayoría parecen ocupar los flancos, siguiendo los planos originales de estratificación, permite suponer que en este tipo de pliegues secundarios pudieron haberse emplazado otros cuerpos de características similares.

Otra guía de este grupo la constituye el hecho antes mencionado, de que algunas chimeneas se originan a partir de flexiones o cambios de echado en los mantos, por lo que dichas variaciones en su comportamiento estructural permiten identificar zonas favorables para la formación de estructuras de sulfuros.

a-2) Fracturamiento : Este constituye uno de los principales controles de la mineralización tanto en mantos como en chimeneas. En los primeros, el emplazamiento de diques felsíticos y posterior depósito de silicatos, se desarrolló a través de un sistema de fracturamiento de rumbo NW-SE y de suave buzamiento al SW y en las chimeneas generalmente se presenta un mayor desarrollo en la intersección de fracturas; llegan en ocasiones, hasta a modificar su orientación general, como es el caso de la Chimenea -- Torino-Tehuacán, que se ve controlada por las fracturas que dan su nombre.

Otro aspecto que se considera de manera importante es la -- tendencia general del buzamiento de los cuerpos en general al SW y su persistencia y continuidad a profundidad.

b) GUIAS LITOLÓGICAS :

En este renglón básicamente se consideran dos tipos de rocas, como guías para la localización de cuerpos de mineral; estas son :

b-1) Mármol (caliza marmorizada) blanco, que a pesar de estar ampliamente distribuido en la mina y de su irregularidad, permite presuponer la proximidad de estructuras minerales cuando se encuentra con abundante piritización y cloritización.

b-2) Caliza no marmorizada (cloritizada y silicificada, - en ocasiones con abundante pirita diseminada) : esta caliza es la que se localiza en la parte central de los mantos de exoskarn y representa horizontes que fueron favorables al reemplazamiento principalmente en sus márgenes; tal vez, las mismas soluciones mineralizantes evitaron la marmorización de la caliza; el reemplazamiento fue confinado al alto y bajo de dichos horizontes.

4.- GENESIS Y CLASIFICACION DEL YACIMIENTO :

Con base en diversos estudios mineragráficos, petrográficos y de inclusiones fluídas (Cervantes, 1983, Erwood y Kesler, 1979 y Stone, 1959), se han podido inferir las condiciones de formación del yacimiento, que junto con las texturas que principalmente son de reemplazamiento y relleno de fisuras, permiten identificar al yacimiento como de origen hidrotermal, con presencia de minerales de etapa hipotermal a epitermal, con un zoneamiento periplutónico normal. Dicho zoneamiento se ve representado principalmente por un incremento de valores de tungsteno y molibdeno a profundidad, acompañado por una disminución en los valores de plata y plomo . Otra evidencia de la variación de las características de las soluciones mineralizantes, así como del zoneamiento (principalmente vertical) del yacimiento, es el hecho de que la proporción de silicatos en las chimeneas es mayor conforme aumenta la profundización de las estructuras. Esta variación pudo haberse debido a pérdidas de presión, durante el ascenso de los fluidos a través de zonas de debilidad o variación en su composición, provocada tal vez por la alta reactividad de la caliza. Esta pérdida de presión y la variación en la composición, debió de ser acompañada por una constante pérdida de temperatura, lo cual provocó -- que las estructuras no llegaran a aflorar (a excepción de la -- Chimenea Torino-Tehuacán, la cual aflora debido a que está controlada por dos fracturas muy superficiales), además de provocar -- que la expresión superficial del yacimiento fuese muy pobre.

El fenómeno hidrotermal seguramente fue provocado por el cuerpo intrusivo que aunque no ha sido localizado ni con la barre

nación más profunda, se ha identificado por un estudio magneto - métrico y al cual deben estar conectados los diques felsíticos - que dieron origen a los mantos.

El efecto térmico del intrusivo provocó un sistema convectivo, el cual hizo circular las aguas connatas de la secuencia evaporítica que subyace a la Formación Aurora, lo cual explicaría la alta salinidad de las soluciones originales, así como la persistencia de la anhidrita en el yacimiento; estas características les permiten una alta capacidad de transporte de metales - que pudieron haber sido removilizados de las formaciones sedimentarias, o bien fueron aportados por las soluciones ricas en sílice que emanaban del intrusivo.

Por su relación espacial y la geometría de sus cuerpos, se puede establecer una cierta secuela en la formación del yacimiento :

Primera etapa : Consiste básicamente de lo que se puede -- considerar como la preparación del terreno, a través de la Orogenia Laramide, la cual a pesar de no estar directamente relacionada con la formación del yacimiento, originó las estructuras en las cuales se emplazó, además del fracturamiento tan importante en un evento de este tipo.

Segunda etapa : En ésta se considera el emplazamiento del intrusivo y consecuentemente de los diques sobre las fracturas - desarrolladas en la etapa orogénica, lo que provocó en esta etapa un mayor fracturamiento y por tanto, le concedía al terreno - una mayor permeabilidad.

Tercera etapa : Aquí se llevó a cabo el inicio del fenómeno hidrotermal, por medio de fluidos de alta temperatura (400 a 600 °C) y ricos en sílice, los cuales ascendieron principalmente por los respaldos de los diques y por fracturas provocadas -- por éstos. La acidez de los fluidos combinada con la alcalinidad de la caliza al ser atacada provocó la formación de cuerpos de silicatos que en ocasiones reemplazaron totalmente al dique, formándose así los mantos del endoskarn y exoskarn.

Cuarta etapa : Esta fue la mas importante, debido a que en ella se precipitaron los minerales económicos. De igual manera -- que los fluidos que originaron los silicatos, estos fluidos siguieron los mismos conductos; por una parte, formaron bolsas de sulfuros en las márgenes externas de los mantos, así como diseminaciones dentro de los silicatos y por otra originaron (donde -- las condiciones fueron favorables) las chimeneas, que son las -- que le dan rentabilidad a la explotación del yacimiento. Esta etapa corresponde a un hidrotermalismo de menor temperatura (200 a 300 °C) que el que originó los silicatos, lo cual se refleja en el zoneamiento vertical del yacimiento.

La distribución espacial de los cuerpos que constituyen el yacimiento, así como los estudios previamente citados, hacen suponer que su formación fue de esa manera, sin que ello implique que las etapas mencionadas sean independientes una de otra, sino más bien, que el fenómeno hidrotermal fue una secuencia continua de estos eventos (de la segunda a la cuarta etapa), sin tener un límite bien definido y las variaciones minerales fueron debidas a los cambios que sufrieron las soluciones durante su viaje ascendente y la pérdida de temperatura; inclusive, puede pensar-

se en la existencia de más de una pulsación de fluidos mineralizantes; como evidencia de esto se tiene un estudio de inclusiones fluídas, en el cual se pudieron determinar al menos, de tres tipos : A (119 a 379 °C), B (237 a 369 °C) y C (365 a 684 °C), que indican la presencia de tres emanaciones de fluidos de diferente composición y temperatura, los cuales pudieron haber provocado inclusive la removilización de minerales formados previamente, durante el fenómeno hidrotermal (Kesler, 1979).

Respecto a la edad de la mineralización, se considera inmediatamente posterior al emplazamiento de los diques, al cual se le asigna una edad de Oligoceno Superior (Clarck, 1979).

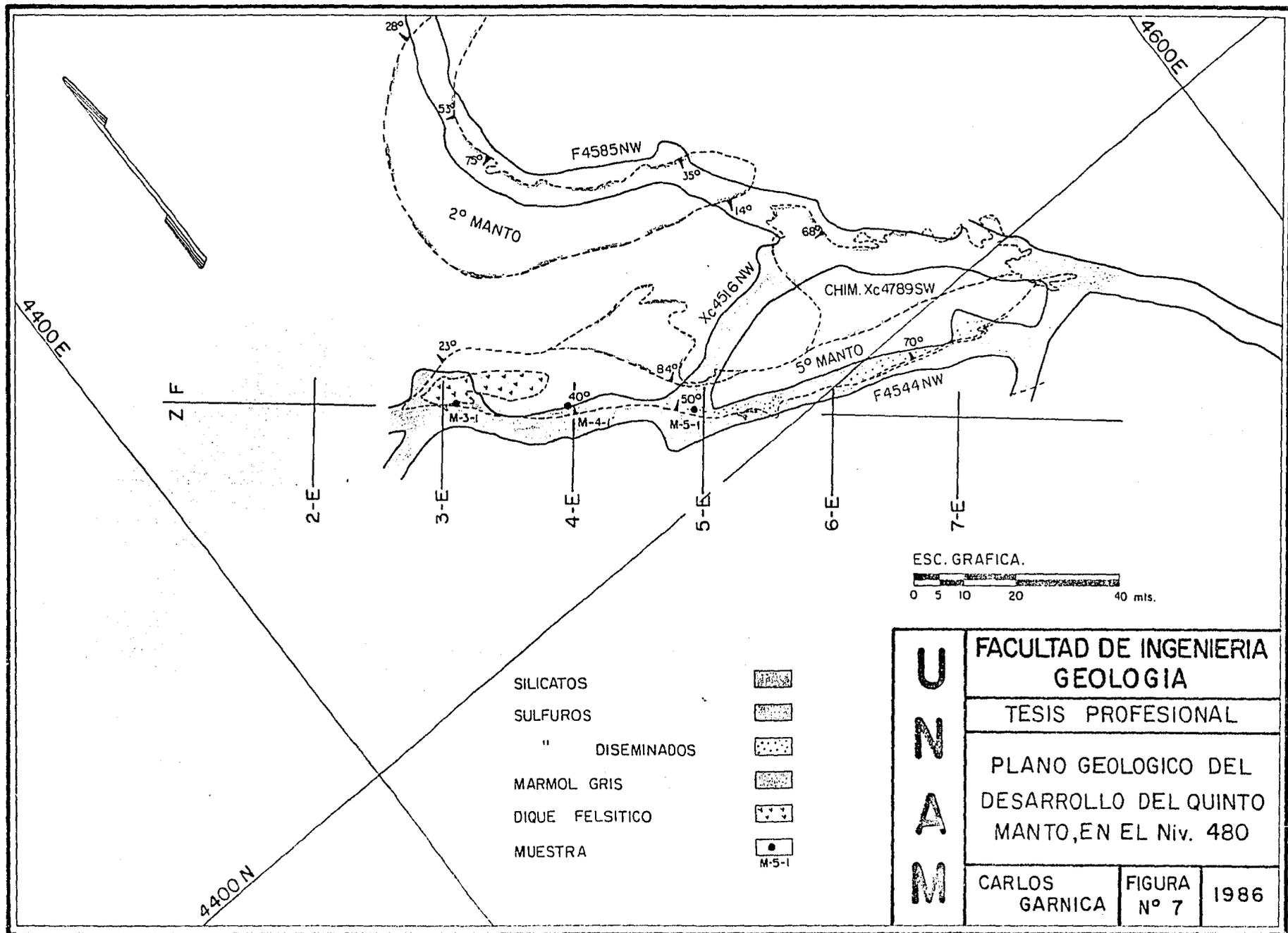
V QUINTO MANTO

1.- DESCRIPCION Y CARACTERISTICAS GENERALES :

El Quinto Manto es una de las principales estructuras mineralizadas de la mina de Naica, debido al potencial que representa en reservas por su ley y tonelaje. Se trata de una estructura tipo veta (por su posición), con orientación NW-50°-SE y echado que varía entre los 65 y los 75° hacia el NE; en algunas zonas cambia hacia el SW. Su espesor varía de 6 a 15 m. Otra característica importante es su continuidad a profundidad, lo que abre la posibilidad de explorar áreas más profundas y de condiciones favorables a la formación de zonas mineralizadas.

Este cuerpo corresponde al tipo de mantos de endoskarn, caracterizado por la presencia de un dique felsítico, el cual fue totalmente reemplazado por silicatos y sulfuros hacia su límite SE y que contrariamente presenta un reemplazamiento muy pobre; se limita a una pequeña franja de silicatos en las márgenes del dique, así como un restringido halo de alteración (argílica) de los silicatos hacia el dique, todo esto en el extremo NW de la estructura (ver plano geológico, Fig. No. 8)

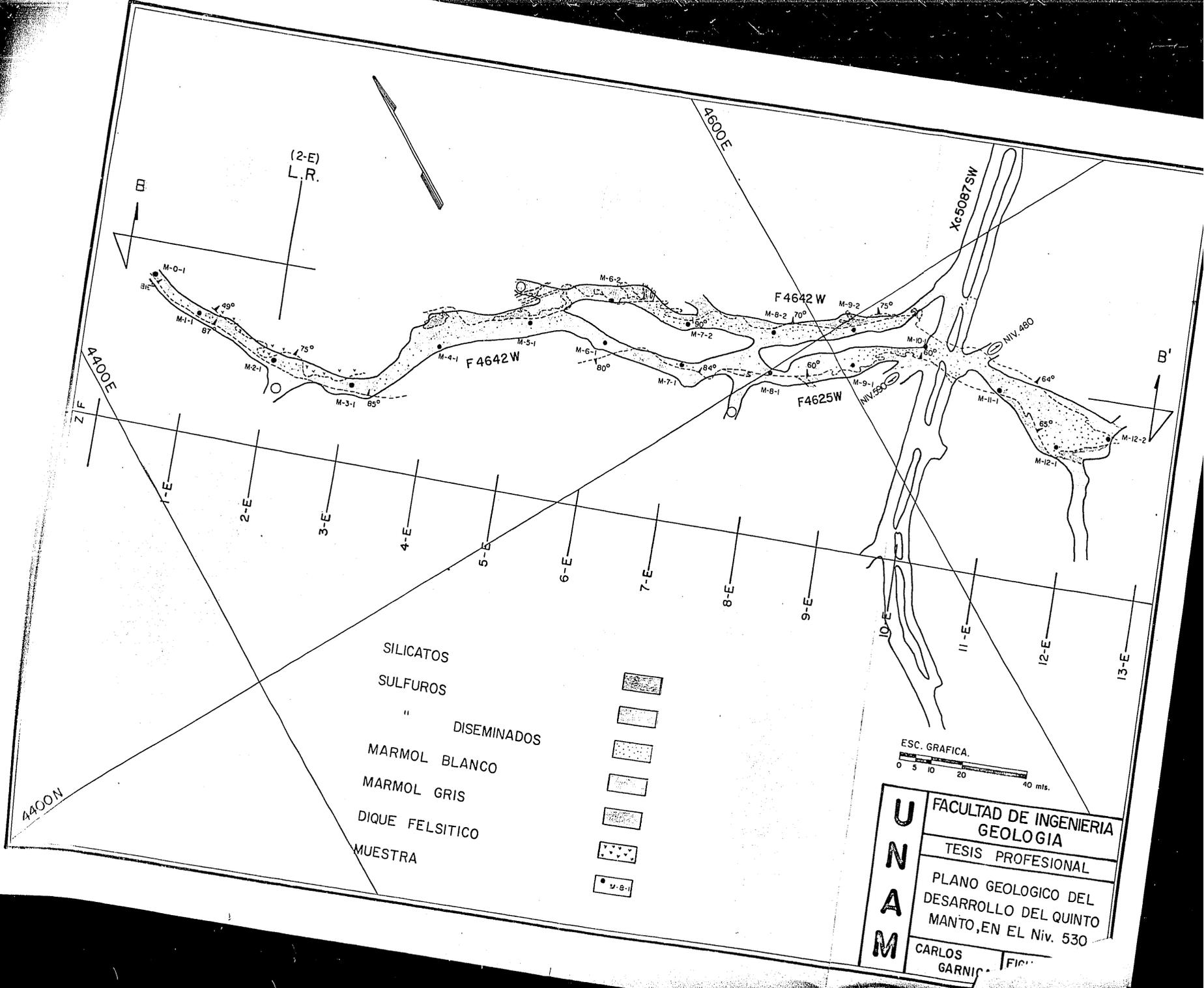
El Quinto Manto (al igual que las otras estructuras del yacimiento) está constituido por silicatos cálcicos, que por orden de abundancia son : grossularita, vesuvianita, wollastonita y escasamente hedenbergita y rodonita, acompañados por sulfuros en forma de disseminaciones dentro de los silicatos o como bolsas irregulares en las márgenes del manto (tanto al bajo como al alto).



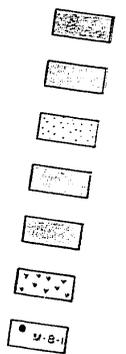
ESC. GRAFICA.
 0 5 10 20 40 mts.

- SILICATOS
- SULFUROS
- " DISEMINADOS
- MARMOL GRIS
- DIQUE FELSITICO
- MUESTRA

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGIA	
	TESIS PROFESIONAL	
	PLANO GEOLOGICO DEL DESARROLLO DEL QUINTO MANTO, EN EL Niv. 480	
	CARLOS GARNICA	FIGURA Nº 7 1986



SILICATOS
 SULFUROS
 " DISEMINADOS
 MARMOL BLANCO
 MARMOL GRIS
 DIQUE FELSITICO
 MUESTRA



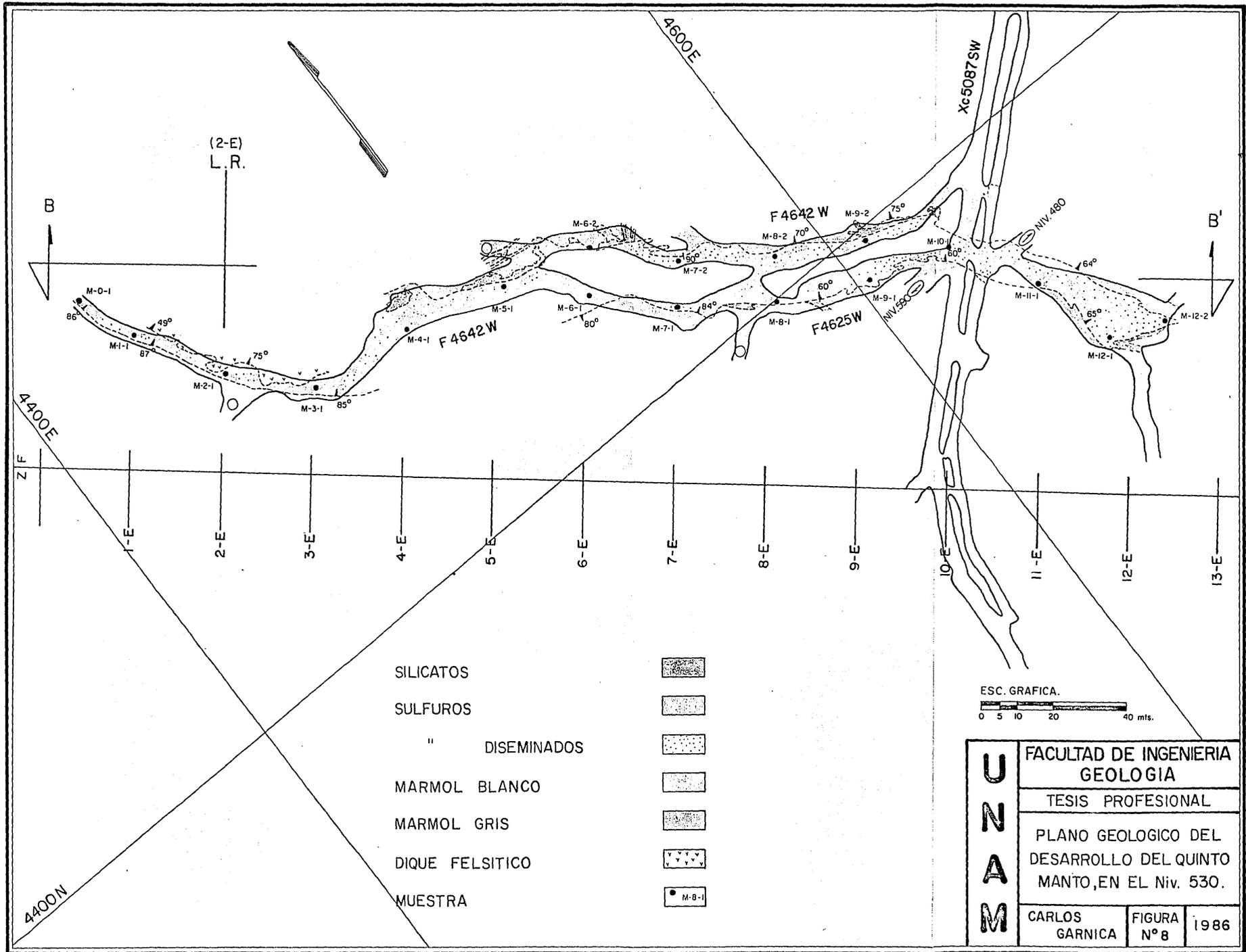
U
N
A
M

FACULTAD DE INGENIERIA
 GEOLOGIA

TESIS PROFESIONAL

PLANO GEOLOGICO DEL
 DESARROLLO DEL QUINTO
 MANTO, EN EL NIV. 530

CARLOS GARNIC FIC



Los principales sulfuros presentes en esta estructura son: galena, molibdenita, calcopirita, pirita y esfalerita. Otros minerales presentes son la scheelita (la cual se recupera como -- subproducto en el molino, por ser mena de tungsteno), calcita, cuarzo y fluorita.

El reemplazamiento en esta estructura se desarrolló a partir de las márgenes del dique; forma una zona externa, la cual - consiste principalmente de wollastonita acompañada con abundantes sulfuros y gradua hacia la parte central del manto a una zona con abundantes grossularita-vesubianita y ocasionalmente hedenbergita y rodonita.

Otra característica de este manto es la presencia de drusas, principalmente de calcita, cuarzo y fluorita lo cual es evidencia de que aparte del reemplazamiento, también se presentó - el relleno de fisuras en zonas de intenso fracturamiento premine - ral.

2.- RELACION CON LOS OTROS CUERPOS DE MINERAL :

Como se mencionó anteriormente, una de las características del Quinto Manto, es su persistencia a profundidad, ya que ha sido detectado hasta el nivel 800, con valores económicos. Su comportamiento estructural y lo formal de su potencia a profundidad es indicativo de que sea precisamente éste, el conducto por el - que fluyeron las soluciones que originaron a los demás cuerpos, - ya que en el nivel 480 (extremo superior del manto) adopta una apariencia arborescente; al ramificarse en otros cuerpos, tanto de endoskarn como de exoskarn. Los cuerpos que se originaron a -

partir de este punto son : Manto Gibraltar (continuación del -- Quinto Manto en su extremo NW, hacia niveles superiores), Segundo y Cuarto Mantos, Manto San Patricio, Manto Torino-Tehuacán, - Manto Xc-4890-SW y Chimenea Xc-4789-NW (ver Fig. No. 6). A profundidad se ha detectado este manto con barrenación larga hasta- 800 m, así como otra estructura constituida principalmente por - sulfuros, que se une probablemente al manto y no es correlacionable con otra estructura conocida.

3.- VARIACIONES MINERALOGICAS Y DE CONTENIDOS METALICOS :

El muestreo que se llevó a cabo en las obras con las cuales se desarrolló el Quinto Manto, tanto en el nivel 480 como en el nivel 530, estuvo enfocado a obtener datos representativos del cuerpo masivo de silicatos y asimismo conocer la distribución y relación que guardan los sulfuros (que son los de interés económico) con éstos, a través de observar sus relaciones espaciales (texturas), así como tratar de establecer la sucesión de su depósito. Por otra parte, se pretenden establecer las áreas de interés económico a través de las secciones de isovalores y tratar de dilucidar las características que favorecieron a esta concentración de valores.

A partir de la descripción de las muestras tomadas del -- cuerpo masivo de silicatos del Quinto Manto, se observó que está constituido principalmente por :

SILICATOS : Grossularita
Vesuvianita
Andradita

SULFUROS : Esfalerita
Galena Argentífera
Molibdenita (?)

SILICATOS : Wollastonita

SULFUROS : Calcopirita
Pirita

OTROS : Scheelita

Fluorita

Cuarzo

Clorita

Calcita

(?) La interrogación en la molibdenita indica que no se tiene la certeza de que se trate de este mineral sino que pudiera tratarse de una sulfosal de plata con características similares. Esto debido a que se envió una muestra especial, tomada de una bolsa de este mineral en el nivel 530 y que dió en el ensaye una ley de más de 5 kg de plata.

DESCRIPCION DE MUESTRAS

Se muestreó el manto en las obras de los niveles 480 y 530 cada 25 m, se tomó como referencia las secciones geológicas que se emplearon para calcular las reservas de este manto. La relación de la descripción de las muestras que a continuación se presenta, se trata de las relaciones espaciales y texturales de la paragénesis presente en cada muestra; se puede consultar la descripción completa en el apéndice B.

NOTA.- En la numeración de las muestras, la primera cifra (48 y 53), significa el nivel en que fueron tomadas, en los planos (Figs. 7 y 8) fue eliminada esta cifra. La segunda cifra co --

corresponde a la sección geológica de reservas que sirve como referencia y por último la tercera cifra corresponde al número de muestra de la sección, es decir, donde fue posible se tomaron -- dos muestras por sección; los números 1 son correspondientes o -- cercanos al bajo y los números 2 al alto del manto.

MUESTRAS DEL NIVEL 480 :

M48-3-1) La muestra está constituida principalmente por granates en forma granular en unas partes y en forma masiva en -- otras. También presenta relictos de dique de color gris claro a blanco, con tinte verdoso (cloritización). Se observa un reemplazamiento incompleto del dique por los silicatos, con ausencia de sulfuros diseminados; la piritita y arsenopiritita están restringidas a escasos cristales euedrales en una fractura con desarrollo de drusas -- de cuarzo y calcita. La calcita y clorita secundarias -- rellenan pequeñas fracturas.

M48-4-1) Esta muestra presenta una marcada variación en cuanto -- al tamaño del grano de la grossularita, ya que en una -- parte tiene un aspecto granular, dentro del cual se pre -- senta la esfalerita y la galena que estan muy entremez -- cladas y en otra parte tiene un aspecto de un mosaico -- de mineral verde denso (granate) masivo. La fluorita -- también rellena intersticios en los granates. La molib -- denita se observa como finísimas diseminaciones dentro -- del granate masivo. La scheelita también se observa co -- mo diseminaciones dentro del granate.

M48-5-1) La vesuvianita se presenta como agregados radiales de --

cristales aciculares. La scheelita rellena intersticios entre la vesubianita; así como la molibdenita, que forma pequeños agregados en los bordes de los cristales de vesubianita, junto con la calcopirita que se presenta en finas diseminaciones. La calcita ocurre rellenando fracturas en forma masiva.

MUESTRAS DEL NIVEL 530 :

- M53-0-1) Abundantes agregados radiales de vesubianita que presenta algunos relictos de felsita gris clara, de grano fino. La vesubianita rodea a la grossularita, con apariencia de reemplazarla. La fluorita ocupa los intersticios de la vesubianita y contiene pirita finamente diseminada. La calcopirita y molibdenita también están muy finamente diseminadas y son menos abundantes; se encuentran tanto en los silicatos como en la felsita. La scheelita se observa como cristales aislados rodeados de vesubianita o en forma intersticial dentro de los granates. La calcita está alojada en vetillas o en forma intersticial.
- M53-1-1) La andradita (pardo claro) se encuentra totalmente rodeada por vesubianita, la cual la reemplaza. La molibdenita se presenta como finas diseminaciones en los granates y bordea los agregados aciculares de vesubianita; -- además, ocurre como diseminaciones en la matriz, que aglomera los silicatos bien cristalizados y que consta también de material silicatado. La fluorita rellena in -

tersticios entre los silicatos. La scheelita se observa como cristales individuales directamente en contacto -- con los granates, generalmente delimitándolos. La piritita y calcopirita ocupan algunas vetillas que atraviesan la muestra y están acompañadas de calcita y clorita.

M53-2-1) La muestra es de grano fino y representa, al parecer, -- una etapa inicial en el reemplazamiento del dique felsítico por parte de los silicatos. El cuarzo corresponde a relictos del dique que es de color gris claro con un tinte verdoso, debido a la cloritización. El silicato -- en general es granate de grano fino, que gradua a un material silicatado masivo, hasta llegar a la felsita cloritizada. La piritita está finamente diseminada en los -- granates y está acompañada de fluorita, en la cual se ve como pequeñas inclusiones. La scheelita se observa -- como pequeños cristales aislados. La clorita primaria -- se observa en áreas de silicatos de grano fino y en las áreas de felsita que no fue reemplazada totalmente y la clorita secundaria se observa en fracturillas, acompañada por calcita.

M53-3-1) En esta muestra los granates están reemplazados por la vesubianita, o simplemente son envueltos por ésta. La molibdenita existe en finas diseminaciones, tanto en la vesubianita como en el granate, además de formar pequeños agregados de grano fino, acompañados por calcita. -- La piritita también aparece como finas diseminaciones. La calcita secundaria rellena pequeñas fracturas que atra-

viesan los silicatos.

M53-4-1) La andradita se ve que es reemplazada por vesubianita, - la cual presenta algo de calcopirita muy finamente diseminada. La mayor parte de los sulfuros presentes en la muestra se restringen a pequeñas manchas en fluorita, - constituidas principalmente por calcopirita y pequeños cristales de esfalerita. La scheelita se observa como - pequeños cristales aislados dentro de los silicatos. Las arcillas observables en la muestra deben de haberse originado a partir de los silicatos, al ser alterados - por agua circulante en fracturas.

M53-5-1) Los granates se presentan en forma granular (cristales individuales); forma franjas de diferente color, de -- pardo claro las franjas de andradita y de verde olivo - las de grossularita. Los intersticios dejados por los - granates los ocupa la fluorita en forma masiva, con calcita y además molibdenita, calcopirita y pirita como pequeñas inclusiones. La vesubianita parece encontrarse - en una etapa inicial de su formación (reemplaza grana- tes de color pardo claro y bordea en parte a los de co- lor verde), por el escaso desarrollo de cristales, ya- que la mayoría se presenta como agregados casi masivos- de pequeños cristales aciculares. La esfalerita y gale- na se encuentran intercrecidas y rodeadas por fluorita. La scheelita está presente como pequeños cristales ais- lados, principalmente entre los cristales de granate de color pardo claro. La calcita y los óxidos de fierro se alojan en fracturillas.

M53-6-1) La mayor parte de los silicatos están en forma masiva y sólo se pueden identificar algunos cristales de grossularita. La molibdenita se presenta en pequeñas manchas irregulares, principalmente en la grossularita. La pirita y calcopirita se encuentran también relacionadas con la grossularita rodeadas de calcita. La scheelita se observa como cristales aislados sobre el granate.

M53-6-2) Los silicatos muestran una buena cristalización y se observa que están rodeados por los sulfuros; la esfalerita es de grano fino la que aparenta reemplazarlos. La galena se presenta como cristales individuales dentro de la esfalerita. La calcopirita se ve diseminada muy finamente sobre la esfalerita y da la apariencia de una textura de exsolución. La fluorita ocurre como pequeños agregados dentro de los sulfuros, bordea a los silicatos. La molibdenita está finamente diseminada sobre los cristales de grossularita.

M53-7-1) La grossularita existe tanto en forma granular, con buen desarrollo de cristales, como en forma masiva. La fluorita está en forma masiva, rodea los cristales de granate y presenta en sus bordes cristales de molibdenita o en forma de pequeños agregados. La scheelita también tiene la apariencia de ocupar intersticios dejados por los granates. La calcita está junto con la fluorita y además como relleno de pequeñas vetillas (fracturas). Las arcillas se observan dentro de un agregado masivo de fluorita y están en contacto con los granates, al parecer, fueron producidas por la alteración de éstos.

M53-7-2) Muestra con abundantes agregados aciculares de wollastonita en forma radial, con finas y escasas diseminaciones de molibdenita. Los granates se presentan como agregados masivos o de grano muy fino y se encuentran rodeados por la wollastonita. La scheelita se presenta intercrecida en los granates y únicamente dentro de éstos. Los sulfuros se concentran principalmente a lo largo y en los bordes de una fractura que atraviesa a los silicatos; además, se presentan entremezcladas la galena y la esfalerita y están rodeados por fluorita. La calcita se presenta como pequeñas manchas entre los agregados radiales de wollastonita o en pequeñas fracturas.

M53-8-1) Muestra constituida principalmente por agregados radiales de forma esférica de vesuvianita, los cuales parecen rodear a los agregados masivos de grossularita. La molibdenita se observa como pequeños agregados de grano fino, que delimitan los contornos de los cristales de vesuvianita y granate, y toma una apariencia de matriz; así mismo, se observan pequeños cristales dentro de los agregados radiales de vesuvianita. La calcita se presenta en pequeñas fracturas que cruzan tanto a los silicatos como a la molibdenita. La calcita se observa en los bordes de algunos cristales de vesuvianita.

M53-8-2) Los sulfuros se presentan principalmente rellenando los bordes entre los cristales de vesuvianita; además, esta última contiene abundantes diseminaciones entre los cristales aciculares que la constituyen. Tanto silicatos como sulfuros se encuentran rodeados de fluorita,

que en esta muestra tiene un aspecto más granular que masivo. La esfalerita y calcopirita están intercrecidas. - La scheelita es muy escasa y se presenta dentro de los silicatos principalmente. La calcita y clorita se alojan únicamente en vetillas o microfracturas.

M53-9-1) Agregados masivos de grossularita rodean a la andradita (en cristales de hasta 2 cm) y ambos son reemplazados por vesubianita; se observa más claramente el reemplazamiento en la andradita. La molibdenita forma una delgada y continua película o capa que separa los agregados radiales de vesubianita individualmente; además, ocupa los pequeños intersticios entre las agujas individuales de vesubianita. También se observa a la molibdenita como finas diseminaciones en todo el granate y en parte forma pequeños agregados. La scheelita está principalmente en los bordes de cristales de vesubianita y en contacto con la andradita; inclusive, un cristal de scheelita presenta hábito radial como si estuviera reemplazado por vesubianita. La esfalerita, galena y calcopirita se presentan con fluorita dentro de un pequeño agregado granular de grossularita. La calcita y el yeso rellenan fracturas pequeñas.

M53-9-2) Muestra constituida principalmente por vesubianita en agregados radiales con molibdenita finamente diseminada o en pequeños agregados. También aparece la scheelita como pequeños cristales aislados. La fluorita ocupa los bordes de la vesubianita o rellena intersticios dentro de ésta.

M53-10-1) Muestra con vesubianita principalmente, la cual reemplaza a los granates. La esfalerita se encuentra entre los límites de los cristales radiales de vesubianita y también rellena fracturas pequeñas, con clorita. La galena y calcopirita se observaron en los bordes de la esfalerita, principalmente entre ésta y la fluorita. La pirita se encuentra finamente diseminada en los silicatos.

M53-11-1) Se presentan granates reemplazados por vesubianita y ambos con molibdenita muy finamente diseminada, al igual que la calcopirita. La calcita se presenta en agregados masivos intersticiales en la vesubianita. La scheelita se presenta relleno una fractura (3 mm de espesor) que cruza tanto a la vesubianita como al granate, además como pequeños cristales diseminados en los silicatos, al parecer en forma intersticial. La esfalerita está presente sólo en escasos cristales incluidos de los agregados masivos de calcita. Calcita secundaria en -- fracturas pequeñas.

M53-12-1) Los granates se presentan como una masa de cristales en parte rodeados por la esfalerita y galena, y en otras -- presenta un aspecto bandeado que le da una serie de líneas de color verde más claro que atraviesan varios -- cristales y coinciden con varios hilos de esfalerita, -- que parecen reemplazar a los granates. La galena y calcopirita generalmente ocupan los bordes de la esfalerita y están en contacto con la fluorita, la cual también llega a presentarlos como inclusiones. La calcopirita --

también se presenta diseminada en la esfalerita (posiblemente como exsolución). Calcita secundaria en pequeñas fracturas.

M53-12-2) Cristales aislados o escasamente aglomerados de grossularita, embebidos en una masa acicular de wollastonita la cual crece a partir de ellos. Molibdenita presente en forma diseminada o intersticial en las agujas de wollastonita. Además, se tienen en forma de diseminaciones, la calcopirita y la esfalerita, las cuales se observan más relacionadas espacialmente con el granate y están generalmente limitadas por pequeñas masas de fluorita. Los sulfuros (calcopirita y molibdenita) también rellenan pequeñas fracturas que cruzan los silicatos.

Conjuntamente con la descripción de las muestras que brevemente se han resumido en el inciso anterior y las observaciones hechas en el desarrollo del manto en los niveles 480 y 530, se ha podido establecer una serie de características en relación a la mineralogía y a los contenidos de sulfuros dentro del manto. Estas características se pueden considerar tanto en sentido longitudinal (horizontal), como en sentido vertical, se indica para cada caso del que se trata, y son las siguientes :

a) Los sulfuros galena y esfalerita, generalmente rellenan pequeñas fracturas o intersticios dejados por los silicatos durante su crecimiento; principalmente la grossularita es el mineral que per

mitió la formación de estos intersticios por el hecho de presentarse en forma granular. Esta característica se ha observado tanto en la zona externa, como en la intermedia y en zonas donde predomina la grossularita; es muy raro encontrar este tipo de relleno en la zona interna, debido quizá a lo masivo de los silicatos; ésto provoca que los fluidos no pudieran penetrar hasta esta zona.

b) Otra característica que se observó fue que la molibdenita se presenta también con una apariencia intersticial más frecuentemente, rodeando los agregados radiales de vesubianita; toma en algunas zonas una apariencia masiva. Por otra parte, se presenta como finísimas diseminaciones en los silicatos o forma pequeños agregados de cristales, observables únicamente con lente de mano. La abundancia de molibdeno en esta estructura debe de considerarse como un potencial a futuro, en caso de que las condiciones de su mercado mejoren.

c) Respecto al tungsteno se apreció una estrecha relación entre la presencia de scheelita y la abundancia de andradita (zona intermedia e interna), sin que ello implique que no se pueda encontrar con vesubianita; sino que su relación espacial y cronológica es más evidente con la primera.

d) En lo que respecta a los silicatos presentan tanto longitudinalmente como a profundidad una distribución muy heterogénea, pudiéndose presentar zonas donde predomina vesubianita y otras donde abundan los granates sin un aparente orden ni alternancia, por lo que es muy difícil predecir su comportamiento (longitudinalmente se tomó como referencia el nivel 530, donde se obtuvieron el mayor número de muestras y a profundidad se contemplan tanto los niveles 480 y 530, como todos los barrenos de exploración a

que se tuvo acceso). En las zonas donde fue posible observar el manto en toda su extensión transversal (de alto a bajo, por ejemplo, de las secciones 6-E a 12-E; y en los barrenos que atraviesan la estructura) se pudo observar un zoneamiento que está burdamente marcado por tres zonas (no necesariamente presentes) -- que en forma general de alto o bajo hacia el centro de la estructura son:

- 1) Zona Externa : Esta zona se caracteriza por abundante wollastonita, acompañada con escasos granates (grossularita). En ella (y en contacto con la caliza encajonante), es donde se presentan las bolsas irregulares de sulfuros de metales básicos. Así mismo, aquí se concentra una mayor abundancia de sulfuros diseminados.
- 2) Zona Intermedia : Constituida en buena parte por vesuvianita acompañada por granates en proporción muy variable y también con sulfuros diseminados, que en general son menos abundantes que en la zona externa; tanto en esta zona, como en la externa, el granate que predomina es la grossularita.
- 3) Zona Intera : Es lo que se podría considerar como el núcleo del manto y se ve caracterizado por la presencia de granates; el que predomina es la andradita, que en general se observa en forma masiva o con desarrollo de cristales de 2 a 3 cm. Esta zona es la que menos diseminaciones de sulfuros

presenta (esfalerita, galena). Estas se limitan a manchas o vetillas de molibdenita. También se presenta en pequeña proporción, vesubianita.

Este zoneamiento no está muy marcado y no necesariamente se presentan las tres zonas, pero en forma general corresponde al comportamiento de la estructura en forma transversal.

e) Al analizar en forma longitudinal al manto, con base en el muestreo efectuado en el nivel 530 (de las muestras M53-0-1 a M53-12-2), así como en observaciones directas en el desarrollo del manto es notorio un incremento en la abundancia de los sulfuros básicos (esfalerita, galena) diseminados del extremo NW al SE; se presenta un tramo incosteable (al menos en el nivel 530) de la sección 0, a la 3-E. Cabe hacer notar que el desarrollo en este tramo se ha llevado a cabo al bajo de la estructura y se ha podido observar que el alto del manto presenta una mejor mineralización, aunque en este caso en el tramo que se menciona, los barrenos que se tienen no lo indican así.

f) Relacionado con la característica anterior, se presenta un irregular reemplazamiento del dique felsítico (muestras M48-3-1, M53-0-1 y M53-2-1), ya que hacia el extremo NW (secciones 0, a la 3-E en el nivel 530), se presenta al bajo una franja muy estrecha de silicatos (1-2 m), los cuales como se observó en las muestras, presentan un pobre desarrollo de cristales, lo cual indicaría que el flujo hidrotermal en esta zona fue muy restringido; este hecho concuerda con que los barrenos profundos en esta zona, --

también presentan la misma característica : aumenta el espesor desarrollado por los silicatos al reemplazar al dique hacia el extremo SE, hasta sustituirlo totalmente, al igual que en el nivel 530 (de la sección 4-E hasta el extremo SE); esto se refleja en el nivel 480.

g) Otra característica íntimamente relacionada con el reemplazo -- miento del dique, ya que ésta posiblemente sea la causa o el control, es el intenso fracturamiento, al parecer premineral que presenta el manto (observable en el nivel 530) de la sección 4-E a la 12-E. Estas fracturas se presentan en forma longitudinal al manto y generalmente se encuentran rellenas por sulfuros, y en la zona de la sección 7-E, donde se aprecia una mayor concentración de estas fracturas, el manto alcanza una potencia mayor, en el nivel 530.

h) Otra característica muy clara se refiere al tipo de mármol (caliza marmorizada) encajonante. En el desarrollo del manto en el nivel 530, (ver Fig. No. 8), donde se aprecia que la zona del manto que está constituida en toda su potencia por silicatos y también presenta buenos valores (en lo que se refiere a disseminaciones de sulfuros, ya que aparte, también en esta zona, es donde se presentan más abundantes las bolsas de sulfuros en los respaldos del manto), está encajonada por mármol blanco principalmente; y por el contrario la zona que presenta lentes de dique sin reemplazar, con pobre desarrollo de silicatos en el respaldo del manto; casi sin bolsas de sulfuros, está encajonada por mármol gris oscuro, se puede marcar una burda separación de estas dos zonas con la sección 4-E, donde queda la primera, de este punto al SE, y la segunda hacia el NW del desarrollo.

CONTENIDOS METALICOS

Con el fin de conocer el comportamiento del Quinto Manto en cuanto a su contenido de plata, plomo, zinc y tungsteno, se elaboró una configuración de isopletas de cada uno de estos elementos - sobre una sección longitudinal (B-B', de rumbo NW 50° SE, viéndolo al NE) construída en base a barrenos de exploración (Tabla No. - 2) y que presenta las obras de los niveles 480 y 530, con las que se desarrolló este manto.

Los ensayos que se utilizaron, corresponden al promedio de zona del tramo de mineral intersectado por cada barreno.

Los resultados que aportan estas secciones son muy objetivos y se presentan en el apéndice A (Figs. Núms. 9,10,11 y 12), sin embargo, a continuación se hace un breve resumen de las observaciones hechas en cada una de ellas.

ISOPLETAS DE PLATA (g/Ton.) : Si se considera como punto de referencia el valor de 150 g/Ton., que corresponde al de la ley estándar de producción, se puede observar una concentración de valores anómalos en lo que corresponde al borde superior del manto en su extremo SE de 60 m de la línea de referencia y hacia la derecha, - varía de 200 a 350, todo esto por encima del nivel 530. Asimismo, - se pueden reconocer dos áreas de anomalía positiva, la primera de ellas aproximadamente 50 m a la derecha de la línea de referencia - y entre las elevaciones 600 y 630; esta anomalía alcanza valores - mayores a 200. La segunda, corresponde a una zona mucho más amplia, ubicada por debajo del nivel 610 y en el extremo SE de la sección - donde alcanza valores de más de 350. Por otra parte, se observan - algunas zonas de bajos valores (< a 150), que corresponden a una

pequeña franja en el extremo SE y entre los niveles 530 y 590; -- otra en la parte central de la sección, entre los niveles 530 y -- 590 y por último una zona de bajos valores en el extremo NW de la sección, de la línea de referencia hacia la izquierda, que aumenta diagonalmente a profundidad hacia el SE, hasta más o menos la parte media de la sección (Fig. No. 9).

ISOPLETAS DE PLOMO (%) : El valor de referencia es 4.7; así se tiene que se presentan diferentes zonas de anomalía positiva. Una en la parte superior del manto, por encima del nivel 530 y a lo largo del nivel 480, así como en el borde superior del manto, en el extremo SE, también arriba del nivel 530. Otra zona con altos valores se ubican en la parte central de la sección, con una extensión aproximada de 50 m horizontalmente; entre las elevaciones 580 y 640; en esta zona los valores llegan a 6.9 . Por último, se presenta una zona de valores altos (hasta 7.0), en la zona profunda del extremo SE, extendiéndose por debajo de la elevación 590 y ampliándose a profundidad. Por otra parte se tiene una zona de bajos valores en el extremo NW, que se amplía hacia el SE a profundidad (Fig. No. 10)

ISOPLETAS DE ZINC (%) : Para este elemento se considera como valor de referencia el 3.9, que corresponde al de la ley estandar en la planta. Con esta consideración se tienen tres zonas de anomalía positiva, de la manera siguiente : la primera se observa de 50 a 120 m a la derecha de la línea de referencia y por debajo del nivel 480, hasta el 530; esta zona alcanza valores hasta de 5.8 . La segunda zona tiene una configuración irregular, presenta dos focos relacionados entre sí, que se ubican en la parte central de la sección; tiene aproximadamente una extensión horizontal de 110 m y -

está entre las elevaciones 560 y 650. Por último se presenta una zona de altos valores (hasta 7.0) en la zona más profunda del extremo SE del manto; se extiende a partir del nivel 590 y aumenta hacia el NW a mayor profundidad. La zona correspondiente a valores bajos se concentra en el extremo NW y se incrementa a profundidad, hacia el SE y entre los niveles 530 y 590 (Fig. No. 11).

ISOPLETAS DE TUNGSTENO (%) : Para este elemento el valor de referencia es 0.13; en esta sección se pueden observar tres zonas de valores altos. La primera de ellas se observa en la parte central de la sección (de \pm 90 m de extensión horizontal), entre los niveles 480 y 530; esta zona presenta valores de hasta 0.70. La segunda zona de valores altos se concentra en el extremo NW y se extiende a profundidad en esa dirección, alcanzando valores hasta de 0.73 . Por último, una zona se ubica en la parte central, debajo del nivel 530 y hasta el nivel 610, con valores de hasta 0.52 . En general el manto presenta valores bajos en la zona del extremo SE, con el inconveniente de que los barrenos profundos de ésta zona no cuentan con ensayos de tungsteno, por lo que no es posible conocer el comportamiento de los valores de este elemento en dicha zona -- (Fig. No. 12).

Al agrupar las características de las anomalías que se observan en cada una de las secciones, se tiene que :

Existe una clara correlación de las anomalías de plata, plomo y zinc.

PRIMERA : En la zona superior del manto, entre los niveles 480 y 530, se delimita una parte por el nivel 480 (horizontalmente a lo largo del mismo) y extendiéndose otra más al SE, sin llegar al extremo. Esta zona de anomalía positiva corresponde al área donde se origina la Chimenea Xc-4789-SW.

SEGUNDA : La anomalía positiva que se observa en el extremo SE del manto, por debajo de la elevación 590, aumenta en dirección NW a mayor profundidad. De acuerdo con la exploración que se lleva a cabo en el nivel 530, donde se desarrolló con una frente a lo largo de 100 m, un cuerpo de silicatos de rumbo casi perpendicular al Quinto Manto y de fuerte echado, el cual aparentemente no tiene relación con éste a esta elevación, pero que ha sido detectado con barrenos profundos un poco más al NE del extremo SE del Quinto Manto. La anomalía a profundidad que se observa en las secciones de plata, plomo y zinc, pudiera corresponder a la zona de intersección de las dos estructuras, pues como se ha visto en niveles superiores, la intersección de cuerpos se ve acompañada por un incremento de valores, tanto en diseminaciones, como en el desarrollo de bolsadas de sulfuros, por lo que en caso de existir esta intersección del Quinto Manto con la otra estructura, esta zona tiene un mayor interés, a parte de los ya altos valores detectados.

TERCERA : Otra anomalía positiva que es mucho más clara en las secciones de isopletas de plomo y zinc, se observa en la parte central de las mismas y parece estar relacionada directamente con una flexión que presenta el manto de la elevación 560 aproximadamente, hacia abajo, entre las secciones 5 a 8-E (Ver apéndice A); zona-

en la cual el manto presenta un mayor espesor.

Por último, existe una clara concordancia en lo que respecta a la zona de bajos valores (plata, plomo y zinc), que se observa en el extremo NW del nivel 530 y que aumenta a profundidad en dirección SE, hacia la parte central de las secciones.

En esta zona de bajos valores en plata, plomo y zinc, contrariamente se presentan los valores más altos de tungsteno, lo cual también ha de considerarse en el análisis de costeabilidad para la posterior explotación del manto.

4.- SUCESION PARAGENETICA:

Con base en las características observadas en las muestras, como son la relación espacial entre los diferentes minerales, el tamaño de los cristales, así como las pequeñas evidencias de reemplazamiento; se presenta a continuación un modelo de sucesión, que agrupa los modelos individuales para cada muestra que se presenta en cada una de las descripciones (apéndice B).

MINERALES	PRIMARIOS	SECUNDARIOS
CUARZO	—————	
ANDRADITA	—————	
GROSULARITA	—————	
VESUBIANITA	—————	
WOLLASTONITA	—————	
SCHEELITA	- - - - -	
MOLIBDENITA	- - - - -	
CALCOPIRITA	—————	
ESFALERITA	- - - - -	
GALENA	—————	
PIRITA	- - - - -	
FLUORITA	- - - - -	
CALCITA		- - - - -
YESO		- - - - -
ARCILLAS (?)		- - - - -
Ox Fe		- - - - -
CLORITA		- - - - -

5.- CALCULO DE RESERVAS :

En la mina de Naica el departamento de geología es el encargado del cálculo de reservas y ha establecido un método general, basado en secciones verticales cada 10 m, para el cálculo de cuerpos muy extensos de forma tabular (mantos), que ocasionalmente son calculados con base en plantas, cuando guardan una posición -- cercana a la horizontal y para el cálculo de reservas de las chime neas, se emplea la fórmula del prismoide :

$$t = \frac{A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 A_2}}{3} (h) \times (P.E.)$$

Siendo :

t = Tonelaje

A₁ = Area del nivel superior

A₂ = Area del nivel inferior

h = Altura entre los niveles

P.E. = Peso específico de las rocas

El Quinto Manto era el único cuerpo que se calculaba (entre los niveles 430-480 y 480-530), con base en una sección longitudinal (B-B') y con un espesor promedio de la estructura.

Este cálculo es un intento preliminar para incorporar este manto al sistema general de secciones transversales, que en este caso se construyeron cada 25 m, dando a cada sección una distancia de influencia de 12.5 m a cada lado y sólo 12.5 m a las de los extremos, siendo en el caso de la sección 1-E no el extremo del man-

to, sino la última sección al NW, donde se tiene información de barrenos y la sección 13-E si corresponde al borde SE del manto.

Las reservas calculadas se dividen en probadas y probables:

a) Probadas : Son aquellos bloques que han sido desarrollados entre dos niveles sucesivos y están conocidos entre ellos a través de barrenación a diamante o con obra directa (rampa) y están -- listos para su explotación.

b) Probables : Son aquellos bloques que únicamente se conocen en un solo nivel y/o con barrenación a diamante, por encima o debajo de éste y de momento no se puede explotar.

Para el presente cálculo se consideraron como probadas las reservas entre los niveles 430-480 y 480-530 y como mineral probable el cubicado debajo del nivel 530 y hasta 10 m debajo del barrenado más profundo en cada sección; se separan los bloques por líneas equidistantes entre los barrenos y dándole a cada bloque la ley promedio del barrenado o el promedio del muestreo de canal del desarrollo del nivel 530 (para cada sección dentro de la distancia de influencia, 12.5 m , a cada lado de la sección) junto con los barrenos que caen dentro de dicha área de influencia.

Al muestreo de canal se le aplicaron descuentos con base en estudios estadísticos de resultados del molino, comparados con -- los resultados que aportan los ensayos del laboratorio a las muestras de canal de los desarrollos (las cuales son tomadas cada -- 2 m sistemáticamente); este descuento se le conoce como descuen-

to por factor humano y se distribuye de la siguiente manera :

Ag - 10% Pb - 15% Zn - 10% Cu - 15%

Estos descuentos ya han sido aplicados a los promedios calculados para cada distancia de influencia (25.0 m y 12.5 m) de cada sección y que son presentados en la tabla número 3.

Para el cálculo del tonelaje se llevó a cabo la planimetría de los bloques en las secciones de reservas (apéndice C) y se multiplicó las áreas medidas por la distancia horizontal de influencia de cada una y esto a su vez fue multiplicado por el peso específico calculado en 3.0 para los silicatos. Los resultados se presentan en la tabla número 4 para el mineral probado y en la tabla número 5 para el mineral probable.

Para efecto del cálculo de la ley de cada bloque se presenta la tabla número 6, en la cual se especifican los elementos considerados en cada bloque de cada una de las secciones, se enlistan los resultados en las tablas número 7 para el mineral probado y número 8 para el mineral probable; así como el total y promedio.

A continuación se resumen los resultados obtenidos del cálculo de reservas efectuado :

MINERAL PROBADO

Nivel	Toneladas	g /Ton.		%				
		Au	Ag	Pb	Zn	Cu	WO ₃	Mo
430-480	85,949	0.24	211	3.8	3.0	0.54	0.30	0.13
480-530	488,025	0.22	193	3.3	2.3	0.39	0.27	0.16
TOTAL Y PROMEDIO	573,974	0.22	196	3.4	2.4	0.40	0.27	0.15

MINERAL PROBABLE

Nivel	Toneladas	g /Ton.		%				
		Au	Ag	Pb	Zn	Cu	WO3	Mo
DEBAJO N-530	1'586,850	0.20	187	3.5	2.7	0.24	0.20	0.13

TABLA NUMERO 2

LISTA DE BARRENOS UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCION
DE LAS SECCIONES DE ISOPLETAS:

Núm. del Barreno	Ancho m	g /Ton.		%				
		Au	Ag	Pb	Zn	Cu	WO3	Mo
1331	16.2	0.15	136	3.2	0.8	0.10		
1483	11.8	0.20	220	8.9	6.8	0.55		
1522	51.1	0.35	348	6.4	4.5	0.10	0.17	0.107
1566	41.8	0.20	217	4.9	4.3	0.10	0.12	0.106
1588	21.3	0.20	189	4.1	1.7	0.20		
1602	15.2	0.14	140	1.5	0.4	0.15	0.21	0.237
1680	19.5	0.20	211	4.3	2.5	0.65	0.11	0.018
1715	28.3	0.18	174	3.5	1.4	0.42	0.37	0.242
1874	13.7	0.11	117	2.8	0.7	0.16	0.29	0.175
1881	24.1	0.19	186	2.6	3.6	0.13	0.16	0.035
1942	10.3	0.35	269	7.9	8.4	0.75		
1956	5.4	0.21	206	5.3	2.7	0.72	0.22	0.375
1976	25.0	0.15	153	6.3	5.6	0.32	0.43	0.115
1987	40.1	0.31	296	6.9	5.4	0.18	0.12	0.106
1997	10.1	0.23	222	5.1	4.8	0.46	0.10	0.046
2020	8.8	0.33	248	16.1	15.4	0.50	0.05	0.006
2038	22.8	0.07	80	1.7	1.0	0.18	0.18	0.159
2051	22.6	0.08	88	1.8	0.9	0.14	0.19	0.031
2055	21.1	0.18	188	3.3	2.5	0.11	0.12	0.019
2060	9.7	0.30	301	6.1	4.7	0.96	0.22	0.093

Núm. del Barreno	Ancho m	g / Ton.		%				
		Au	Ag	Pb	Zn	Cu	W03	Mo
2064	36.6	0.21	212	2.6	1.8	0.67	0.33	0.206
2067	18.0	0.38	381	7.2	4.1	0.63	0.23	0.002
2071	6.0	Trs.	22	0.7	1.0	0.06	0.17	0.024
2092	18.3	0.26	252	4.3	1.8	0.24	0.27	0.123
2104	18.0	0.28	240	8.3	5.8	0.88	0.18	0.030
2119	34.2	0.17	96	1.3	0.7	0.33	0.32	0.055
2122	13.1	0.20	229	2.3	0.4	0.15	0.72	0.786
2129	22.6	0.20	164	4.2	3.4	0.53	0.16	0.004
2176	38.8	0.14	135	2.6	2.1	0.17	0.17	0.079
2182	7.4	0.32	299	4.6	2.1	0.37	0.65	0.193
2189	13.4	0.22	211	3.9	2.7	0.16	0.52	0.122
2196	25.9	0.29	256	5.4	3.8	0.15	0.29	0.210
2203	35.7	0.36	358	4.7	2.5	0.20	0.15	0.050
2204	17.7	0.06	50	0.7	0.3	0.10	0.08	0.007
2209	12.3	0.07	94	1.5	0.5	0.08	0.32	0.024
2212	12.3	0.23	218	2.9	1.3	0.26	0.15	0.093
2213	13.7	0.23	208	3.6	2.7	0.43	0.21	0.182
2215	40.7	0.14	120	2.2	3.6	0.42	0.18	0.031
2217	36.5	0.08	84	0.8	0.6	0.20	0.28	0.225
2223	23.3	0.07	78	1.8	0.9	0.40	0.16	0.229
2225	17.3	0.22	181	1.7	0.9	0.34	0.17	0.540
2227	13.2	0.09	113	0.9	0.4	0.06	0.19	0.150
2228	12.5	0.06	57	1.6	1.4	0.06	0.21	0.211
2235	17.0	0.13	94	1.1	2.3	0.38	0.11	0.060
2237	19.9	0.22	204	4.9	4.4	0.11	0.31	0.268
2241	9.7	0.11	138	5.2	6.9	0.25	0.12	0.300
2267	7.1	0.14	70	1.9	1.4	0.41	0.09	0.010
2296	23.3	0.04	53	1.0	0.6	0.09	0.03	0.005

TABLA NUMERO 3

MUESTREO DE CANAL EN LOS DESARROLLOS DEL QUINTO MANTO *
(CON EL DESCUENTO POR FACTOR HUMANO).

NIVEL 480:-
(Xc-4544-NW)

SECCION	Num. de muestra	Σ de anchos	g /Ton.		%				
			Au	Ag	Pb	Zn	Cu	WO3	Mo
3-E	18	32.4	0.23	185	3.2	1.5	0.30	0.08	0.01
4-E	12	35.6	0.15	105	1.5	0.5	0.23	0.24	0.11
5-E	11	30.1	0.23	190	2.4	0.5	0.23	0.34	0.25
6-E	12	37.9	0.37	312	4.4	2.1	0.74	1.05	0.18
7-E	11	24.0	0.40	305	4.9	5.9	1.04	0.15	0.05

NIVEL 530:-
(F-4642-W y F-4625-W)

1-E	15	31.1	0.08	86	1.4	0.5	0.16	0.57	0.14
2-E	18	34.5	0.03	30	0.4	0.3	0.07	0.21	0.06
3-E	15	32.0	0.03	40	0.7	0.2	0.08	0.12	0.45
4-E	30	88.2	0.21	195	3.9	2.0	0.54	0.22	0.08
5-E	31	63.7	0.25	212	4.4	3.1	0.60	0.16	0.12
6-E	44	105.8	0.32	334	5.5	2.7	0.61	0.32	0.09
7-E	26	73.0	0.28	235	3.1	3.0	0.35	0.27	0.11
8-E	32	84.1	0.15	133	2.0	0.9	0.14	0.68	0.44
9-E	44	116.0	0.31	249	6.3	4.5	0.60	0.45	0.13
10-E	29	77.2	0.29	211	4.8	3.5	0.37	0.22	0.05
11-E	26	73.6	0.20	172	2.0	0.6	0.14	0.18	0.25

SECCION	Num. de muestra	Σ de anchos	g /Ton.		%				
			Au	Ag	Pb	Zn	Cu	W03	Mo
12-E	15	34.9	0.24	2.8	2.8	0.9	0.21	0.17	0.22

* Promedio calculado para cada sección, en un área de influencia de 12.5 m a cada lado y 12.5 m únicamente en las secciones extremas.

TABLA NUMERO 4

CALCULO DEL TONELAJE POR PANELES:

(MINERAL PROBADO)

NIVEL 430-480:

SECCION	BLOQUE	Area ₂ vert. (M ²)	Dist. Hor. (M)	Vol. (M ³)	P. E.	Toneladas
3-E		123.0	12.5	1,537.5	3.0	4,612.0
4-E		157.0	25.0	3,925.0	"	11,775.0
5-E		187.0	25.0	4,675.0	"	14,025.0
6-E		398.0	25.0	9,950.0	"	29,850.0
7-E		685.0	12.5	8,562.5	"	25,687.0
T O T A L :-						85,949.0

NIVEL 480-530:

1-E	1	250.0	12.5	3,125.0	3.0	9,375.0
"	2	415.0	"	5,187.5	"	15,562.0
2-E	1	418.0	20.0	10,450.0	"	31,350.0
"	2	462.0	"	11,550.0	"	34,650.0
3-E	1	270.0	"	6,750.0	"	20,250.0
"	2	300.0	"	7,500.0	"	22,500.0
4-E	1	428.0	"	10,700.0	"	32,100.0
"	2	400.0	"	10,000.0	"	30,000.0
5-E	1	435.0	"	10,875.0	"	32,625.0
"	2	160.0	"	4,000.0	"	12,000.0
6-E	1	278.0	"	6,950.0	"	20,850.0
"	2	597.0	"	14,925.0	"	44,775.0
7-E	1	405.0	"	10,125.0	"	30,375.0
"	2	330.0	"	8,250.0	"	24,750.0

SECCION	BLOQUE	Area vert. (M ²)	Dist. Hor. (M)	Vol. (M ³)	P. E.	Toneladas
8-E	1	212.0	20.0	5,300.0	3.0	15,900.0
"	2	235.0	"	5,875.0	"	17,625.0
9-E	1	190.0	"	4,750.0	"	14,250.0
"	2	343.0	"	8,575.0	"	25,725.0
10-E	1	310.0	"	7,750.0	"	23,250.0
11-E	1	365.0	"	9,125.0	"	27,375.0
12-E	1	73.0	12.5	912.5	"	2,738.0
TOTAL:						488,025.0

TABLA NUMERO 5
 CALCULO DEL TONELAJE POR PANELES
 (MINERAL PROBABLE)
 DEBAJO DEL NIVEL 530

SECCION	BLOQUE	Area ₂ vert. (M ²)	Dist. Hor. (M)	Vol. (M ³)	P.E.	Toneladas
1-E	A	313.0	25.0	7,825.0	3.0	23,475.0
2-E	A	1,835.0	"	45,875.0	"	137,625.0
"	B	945.0	"	23,625.0	"	70,875.0
"	C	485.0	"	12,125.0	"	36,375.0
3-E	A	620.0	"	15,500.0	"	46,500.0
"	B	440.0	"	11,000.0	"	33,000.0
4-E	A	460.0	"	11,500.0	"	34,500.0
"	B	515.0	"	12,875.0	"	38,625.0
"	C	390.0	"	9,750.0	"	29,250.0
"	D	820.0	"	20,500.0	"	61,500.0
5-E	A	535.0	"	13,375.0	"	40,125.0
"	B	795.0	"	19,875.0	"	59,625.0
6-E	A	395.0	"	9,875.0	"	29,625.0
"	B	370.0	"	9,250.0	"	27,750.0
7-E	A	245.0	"	6,150.0	"	18,375.0
"	B	635.0	"	15,875.0	"	47,625.0
"	C	720.0	"	18,000.0	"	54,000.0
8-E	A	235.0	"	5,875.0	"	17,625.0
"	B	660.0	"	16,500.0	"	49,500.0
"	C	720.0	"	18,000.0	"	54,000.0
9-E	A	365.0	"	9,125.0	"	27,375.0
"	B	1,180.0	"	29,500.0	"	88,500.0

SECCION	BLOQUE	Area, vert. (M ²)	Dist. Hor. (M)	Vol. (M ³)	P.E.	Toneladas
9-E	C	1,180.0	25.0	29,500.0	3.0	88,500.0
"	D	755.0	"	18,875.0	"	56,625.0
10-E	A	240.0	"	6,000.0	"	18,000.0
"	B	545.0	"	13,625.0	"	40,875.0
"	C	825.0	"	20,625.0	"	61,875.0
11-E	A	2,645.0	"	66,125.0	"	198,375.0
12-E	A	200.0	"	5,000.0	"	15,000.0
"	B	445.0	"	11,125.0	"	33,375.0
"	C	410.0	"	10,250.0	"	30,750.0
13-E	A	300.0	12.5	3,750.0	"	11,250.0
"	B	170.0	"	2,125.0	"	6,375.0
T O T A L						1'586,850.0

TABLA NUMERO 6

ELEMENTOS CONSIDERADOS PARA EL CALCULO DE LA LEY POR BLOCK

NIVEL 430-480:

SECCION	BLOQUE	
3-E		MUESTREO DE CANAL N-480, LEY BNOS. D-69 Y 2276
4-E		" " " " LEY BNOS. 2229 Y 2276
5-E		" " " " LEY BNOS. 2075 Y 2108
6-E		" " " " LEY PARCIAL BNOS. 2064, 2278 Y 1976
7-E		" " " " LEY BNOS. 2339, 2411 Y 2404

NIVEL 480-530:

1-E	1	MUESTREO DE CANAL N-530
"	2	LEY PARCIAL BNO. 2119
2-E	1	MUESTREO DE CANAL N-530 Y BNO. 2450
"	2	LEY BNO. 2225
3-E	1	MUESTREO DE CANAL N-530
"	2	" " " N-480
4-E	1	" " " N-530 Y BNO. 2051
"	2	" " " N-480 Y BNO. 1952
5-E	1	" " " N-530 Y BNO. 2053
"	2	" " " N-480 Y BNO. 2108
6-E	1	" " " N-530
"	2	" " " N-480, LEY PARCIAL BNOS. 2064 Y 1976
7-E	1	" " " N-530
"	2	" " " N-480
8-E	1	" " " N-530
"	2	LEY BNO. 2182

SECCION BLOQUE

9-E	1	MUESTREO DE CANAL N-530 Y BNO. 1874
"	2	LEY BNO. 1715
10-E	1	MUESTREO DE CANAL N-530 Y BNO. 2092
11-E	1	" " " " Y BNO. 2067
12-E	1	" " " "

DEBAJO DEL NIVEL 530:

1-E	A	BNO. 2129 (-70°)
2-E	A	" 2215 (-54½°)
"	B	" 2227 (-67°)
"	C	" 2235 (-78½°)
3-E	A	" 2238 (-65°)
"	B	" 1680 (-90°)
4-E	A	MUESTREO DE CANAL N-530
"	B	BNO. 2209 (-58°)
"	C	" 2212 (-69°)
"	D	" 2217 (-77°)
5-E	A	MUESTREO DE CANAL N-530
"	B	BNO. 1881 (-90°)
6-E	A	MUESTREO DE CANAL N-530
"	B	BNO. 2241 (-50°)
7-E	A	MUESTREO DE CANAL N-530
"	B	BNO. 2228 (-59°)
"	C	" 2237 (-80°)
8-E	A	MUESTREO DE CANAL N-530
"	B	BNO. 2228 (-59°)
"	C	" 2237 (-80°)

SECCION BLOQUE

9-E	A	MUESTREO DE CANAL N-530 Y BNO. 1874
"	B	BNO. 1987 (-90°)
"	C	" 1566 (-90°)
"	D	" 1588 (-90°)
10-E	A	MUESTREO DE CANAL N-530
"	B	BNO. 2189 (-60°)
"	C	" 2196 (-80°)
11-E	A	MUESTREO DE CANAL N-530 Y BNO. 2203
12-E	A	" " " "
"	B	BNO. 2213 (-61°)
"	C	" 2176 (-90°)
13-E	A	" 2060 (-50°)
"	B	" 1956 (-90°)

TABLA NUMERO 7

CALCULO DE LA LEY POR PANELES
(MINERAL PROBADO)

NIVEL 430-480

SECCION	BLOQUE	TONELADAS	g /Ton.		%				
			Au	Ag	Pb	Zn	Cu	WO3	Mo
3-E		4,612	0.18	156	3.4	2.2	0.33	0.07	0.01
4-E		11,775	0.13	101	1.6	0.7	0.23	0.20	0.07
5-E		14,025	0.25	236	3.6	3.0	0.42	0.24	0.13
6-E		29,850	0.23	213	4.5	3.3	0.47	0.55	0.16
7-E		25,687	0.30	256	4.2	3.9	0.85	0.14	0.16
TOTAL Y PROMEDIO		85,949	0.24	211	3.8	3.0	0.54	0.30	0.13

NIVEL 480-530

1-E	1	9,375	0.08	86	1.4	0.5	0.16	0.57	0.14
"	2	15,562	0.11	93	1.1	0.2	0.25	0.36	0.05
2-E	1	31,350	0.10	79	1.1	5.0	0.34	0.16	0.05
"	2	34,650	0.22	181	1.7	0.9	0.34	0.17	0.54
3-E	1	20,250	0.03	40	0.7	0.2	0.08	0.12	0.45
"	2	22,500	0.23	185	3.2	1.5	0.30	0.08	0.01
4-E	1	32,100	0.15	144	2.9	1.5	0.35	0.21	0.06
"	2	30,000	0.16	135	2.4	0.8	0.22	0.22	0.08
5-E	1	32,625	0.22	201	3.9	2.8	0.38	0.14	0.07
"	2	12,000	0.30	287	3.6	1.0	0.44	0.30	0.21
6-E	1	20,850	0.32	334	5.5	2.7	0.61	0.32	0.09
"	2	44,775	0.23	224	4.7	3.5	0.57	0.34	0.10
7-E	1	30,375	0.28	235	3.1	3.0	0.35	0.27	0.11

SECCION	BLOQUE	TONELADAS	/Ton.		%				
			Au	Ag	Pb	Zn	Cu	WO3	Mo
7-E	2	24,750	0.40	305	4.9	5.9	1.04	0.15	0.05
8-E	1	15,900	0.15	133	2.0	0.9	0.14	0.68	0.44
"	2	17,625	0.32	299	4.6	2.1	0.37	0.65	0.193
9-E	1	14,250	0.24	202	5.1	3.2	0.44	0.39	0.15
"	2	25,725	0.18	174	3.5	1.4	0.42	0.37	0.242
10-E	1	23,250	0.28	228	4.6	2.8	0.32	0.24	0.08
11-E	1	27,375	0.28	259	4.2	2.1	0.35	0.20	0.15
12-E	1	2,738	0.24	218	2.8	0.9	0.21	0.17	0.22
TOTAL Y PROMEDIO		488,025	0.22	193	3.3	2.3	0.39	0.27	0.16

TABLA NUMERO 8
 CALCULO DE LA LEY POR BLOCKS
 (MINERAL PROBABLE)
 DEBAJO DEL NIVEL 530

SECCION	BLOQUE	TONELADAS	g / Ton.		%				
			Au	Ag	Pb	Zn	Cu	WO3	Mo
1-E	A	23,475	0.20	164	4.2	3.4	0.53	0.16	0.004
2-E	A	137,625	0.14	120	2.2	3.6	0.42	0.18	0.031
"	B	70,875	0.09	113	0.9	0.4	0.06	0.19	0.150
"	C	36,375	0.13	94	1.1	2.3	0.38	0.11	0.060
3-E	A	46,500	0.07	80	1.7	1.0	0.18	0.18	0.159
"	B	33,000	0.20	211	4.3	2.5	0.65	0.11	0.018
4-E	A	34,500	0.21	195	3.9	2.0	0.54	0.22	0.080
"	B	38,625	0.07	94	1.5	0.5	0.08	0.32	0.024
"	C	29,250	0.23	218	2.9	1.3	0.26	0.15	0.093
"	D	61,500	0.08	84	0.8	0.6	0.20	0.28	0.225
5-E	A	40,125	0.25	212	4.4	3.1	0.60	0.16	0.120
"	B	59,625	0.19	186	2.6	3.6	0.13	0.16	0.035
6-E	A	29,625	0.32	334	5.5	2.7	0.61	0.32	0.090
"	B	27,750	0.11	138	5.2	6.9	0.25	0.12	0.300
7-E	A	18,375	0.28	235	3.1	3.0	0.35	0.27	0.110
"	B	47,625	0.06	57	1.6	1.5	0.06	0.21	0.211
"	C	54,000	0.22	204	4.9	4.4	0.11	0.31	0.268
8-E	A	17,625	0.15	133	2.0	0.9	0.14	0.68	0.440
"	B	49,500	0.06	57	1.6	1.4	0.06	0.21	0.211
"	C	54,000	0.22	204	4.9	4.4	0.11	0.31	0.268
9-E	A	27,375	0.24	202	5.1	3.2	0.44	0.39	0.150
"	B	88,500	0.31	296	6.9	5.4	0.18	0.12	0.106
"	C	88,500	0.20	217	4.9	4.3	0.10	0.12	0.106

SECCION	BLOQUE	TONELADAS	g / Ton.		Pb	Zn	%		
			Au	Ag			Cu	WO3	Mo
9-E	D	56,625	0.20	189	4.1	1.7	0.20		
10-E	A	18,000	0.29	211	4.8	3.5	0.37	0.22	0.050
"	B	40,875	0.22	211	3.9	2.7	0.16	0.52	0.122
"	C	61,875	0.29	256	5.4	3.8	0.15	0.29	0.210
11-E	A	198,375	0.29	281	3.6	1.7	0.18	0.16	0.130
12-E	A	15,000	0.24	218	2.8	0.9	0.21	0.17	0.220
"	B	33,375	0.23	208	3.6	2.7	0.43	0.21	0.182
"	C	30,750	0.14	135	2.6	2.1	0.17	0.17	0.079
13-E	A	11,250	0.30	301	6.1	4.7	0.96	0.22	0.093
"	B	6,375	0.21	206	5.3	2.7	0.72	0.22	0.375
TOTAL Y PROMEDIO:		1'586,850	0.20	187	3.5	2.7	0.24	0.20	0.130

VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las características más importantes que presenta el Quinto Manto se pueden puntualizar de la manera siguiente :

- El zoneamiento de los silicatos que presenta en sentido-transversal (de alto o bajo hacia el centro), aunque no está muy marcado, se ve acompañado por una variación en la abundancia relativa de sulfuros diseminados, la cual es mayor hacia los respaldos. Esta característica indica que precisamente los respaldos del manto fueron los conductos alimentadores de los fluidos-mineralizantes y que el reemplazamiento del dique se realizó a partir de sus contactos.

- Por otra parte, el fracturamiento longitudinal premieral del dique sirvió de control para el paso de soluciones y provocó en zonas de intenso fracturamiento un total reemplazamiento del mismo durante la etapa hidrotermal; asimismo dicho fracturamiento originó zonas de menor presión, en las cuales se propició la precipitación de los sulfuros; por ejemplo, en la zona del centro del nivel 530, hacia el extremo SE, en la cual se observa un total reemplazamiento del dique, así como una mayor abundancia tanto de diseminaciones, como de bolsas de sulfuros, esto principalmente en el alto del manto.

- Mineralógicamente se observaron una serie de relaciones como son :

a) La presencia de sulfuros (esfalerita y galena), que con mucha frecuencia ocupan los intersticios y cavidades dejados

por los granates (grossularita), en forma de agregados masivos. Estos intersticios se formaron durante la cristalización de la - grossularita, principalmente en las zonas externas del manto.

b) La relación estrecha que guarda la scheelita con la andradita comunmente en la zona intermedia y central del manto, -- aunque también se encontró con vesuvianita, pero con menos frecuencia.

c) La abundancia tan notable de molibdenita, que en general se presenta de dos formas :

La primera con un aspecto de matriz, rodeando a los silicatos en general.

La segunda en forma de bolsas o diseminaciones en los silicatos.

De momento este mineral no es aprovechado por su bajo precio, pero no deja de ser un potencial a futuro, cuando las condiciones de mercado lo permitan.

Estas relaciones podrían servir en un momento dado como -- guías para la exploración y explotación de este manto; pero la - distribución de los silicatos es sumamente irregular, y aunque - sean claras estas relaciones, difícilmente es predecible su comportamiento.

Esta consideración se observa tanto en el sentido horizontal del manto, como en el sentido vertical.

- Otra característica que viene a confirmarse es el hecho-

de que la zona mineralizada de mayor importancia del manto en el nivel 530, está encajonada por mármol blanco, que es una gufa importante.

- En relación al comportamiento de los contenidos metálicos y con base en las secciones de isopletas, es posible diferenciar al manto en dos zonas principales, una de valores bajos -- (plata, plomo y zinc) que se define del extremo NW (en el nivel 530), aumentando a profundidad hacia el SE, hasta llegar a casi la mitad de la sección a profundidad; y la otra zona sería el resto del área de la sección, la cual presenta las zonas con anomalías positivas y en general valores altos.

Se encontró una relación directa entre zonas de anomalía positiva y una flexión que presenta el manto, en la cual se observa un espesor mayor, lo cual seguramente debió de ser provocado por la presencia de un intenso fracturamiento.

Por último un aspecto importante es la presencia de valores altos de tungsteno, lo cual permite considerar para la explotación, zonas con bajos valores de plata, plomo y zinc.

Con el fin de corroborar algunas características aquí mencionadas y complementar la descripción mineralógica respecto a las especies presentes, sobre todo los minerales de plata, sería muy conveniente realizar un estudio mineragráfico de la estructura en general.

También en lo que respecta al cálculo de reservas, se pue

de realizar con más detalle, con secciones cada 10.0 m, a fin de darle más exactitud, tanto al cálculo del tonelaje, como al de la ley, se puede tomar el cálculo aquí presentado como base de comparación. Anteriormente se calculaban las reservas de este manto con base en una sección longitudinal (sección B-B'), en la cual se hacía la planimetría y se calculaba un espesor promedio para la estructura. Se obtenía así el volumen, el cual al ser multiplicado por el peso específico (3.0), da el tonelaje.

Dado que la estructura no es estrictamente vertical y no tiene un espesor constante, se considera que el método de cálculo presentado en este trabajo brinda un resultado más exacto que el método de la sección longitudinal.

Otro aspecto importante, es el efectuar un programa de exploración en el extremo SE del manto, para comprobar si existe la intersección del Quinto Manto con otra estructura que se desarrolló cerca de éste, en el nivel 530 y que tiene rumbo casi perpendicular y también es de fuerte echado. Esta intersección puede ser la causa de la anomalía que se observa en el extremo SE a profundidad, y dado que esta zona presenta una mejor mineralización, bien pudiera tratarse del principal centro exhalativo por donde fluyeron las soluciones, lo cual se podría apoyar también en el hecho de que el extremo NW del manto no presenta tanto reemplazamiento del dique y sus valores son considerablemente más bajos, debido ésto a una menor permeabilidad (fracturamiento).

Y por último, un aspecto que no toca este trabajo, pero no deja de ser importante, es el de la exploración regional. Con base en la similitud que existe en el tipo de mineralización de

Santa Eulalia y la de Naica, se podría realizar un estudio regional y poner especial atención en la tectónica regional, así como en las características afines a los dos yacimientos mencionados; de este modo se podrá ubicar otras zonas de condiciones similares, que pudieran considerarse como blancos de exploración.

BIBLIOGRAFIA

- Basset, A. M. (1949) Geología y Mineralización del Distrito Minero de Naica (inédito).
- Cervantes, J. A. (1983) Ore Minerals And Their Intergrowths From The Naica Mine, Chihuahua, Mexico.
Ore Microscopy 537 (inédito).
- Clarck, E. K. (1979) Magmatismo en el Norte de México en relación a los Yacimientos Metalíferos.
A.I.M.M.G.M., A. C., Memoria XIII - p. 8-57.
- De Ford, K. R. (1970) Stratigraphic Nomenclature of Cretaceous Rocks in Northeastern, Chihuahua, in The Geologic Framework of The Chihuahua Tectonic Belt, West - Texas. Geol. Soc. Pub. No. 71-59.
- Duarte, B. E. (1964) Geología del Distrito Minero de Naica.
Tesis Profesional, U.N.A.M.
- Erwood, R. J. y (1979) Compositionally Distinct, Saline - Kesler, S. E. Hidrotermal Solutions, Naica Mine, Chihuahua, Mexico.
Economic Geology V. 74 p. 95-108.

- Franco, R. M. (1978) Estratigrafía del Albiano-Cenomaniano en la región de Naica, Chihuahua y su Relación con los yacimientos de plomo y zinc.
Tesis de M. C., Facultad de Ciencias U.N.A.M. (inédito).
- Gonzalez-Reyna, J. (1954) Memoria Geológico-Minera del Estado de Chihuahua. XX Congreso Geológico-Internacional México. p. 280.
- Imlay, R. W. (1955) Cretaceous Formations of Central America and Mexico. Am. Assoc. Petroleum Geologist.
Bull. V. 28 p. 123-135.
- Johnson, P. W. (1961) The Mineral Collector's Mexico Gems-And Minerals. June, 1961 (inédito)
- Jurado, A. A. (1975) Yacimientos Minerales de Naica, Chihuahua.
Tesis Profesional. E.S.I.A.
- Lambert, A. D. (1892) Zona Minera de Naica. Boletín de Agricultura y Minería.
- Hewitt, W. P. (1943) Geology And Mineralization of the -- San Antonio Mine, Santa Eulalia District, Chihuahua, Mexico.
Bulletin of The Geological Society - of America. Vol. 54 p. 173-204.

- López Ramos, E. (1979) Geología de México. Tomo II. 1a. Edición. p. 162-170.
- Márquez, B. (1973) Informe NE-M-1309. Superintendencia de Exploración, D.F.N.E. PEMEX. p. 32-43 (inédito)
- Raisz, E. (1959) Land Forms of Mexico. Cambridge, -- Mass.
Mapa con texto, Esc. 1:3'000,000
- Salas, P. G. (1975) Carta y Provincias Metalogenéticas - de la República Mexicana. C.R.M. Publicación 21-E p. 242.
- Stone, J. G. (1959) Ore Genesis in the Naica District, - Chihuahua, Mexico.
Economic Geology Vol. 54 p. 1002 - 10034.
- Wilson, I. F. (1955-56) El Distrito Minero de Naica, Chihuahua, México. XX Congreso Geológico - Internacional, Excursiones A-2 y A-5 p. 63-75.

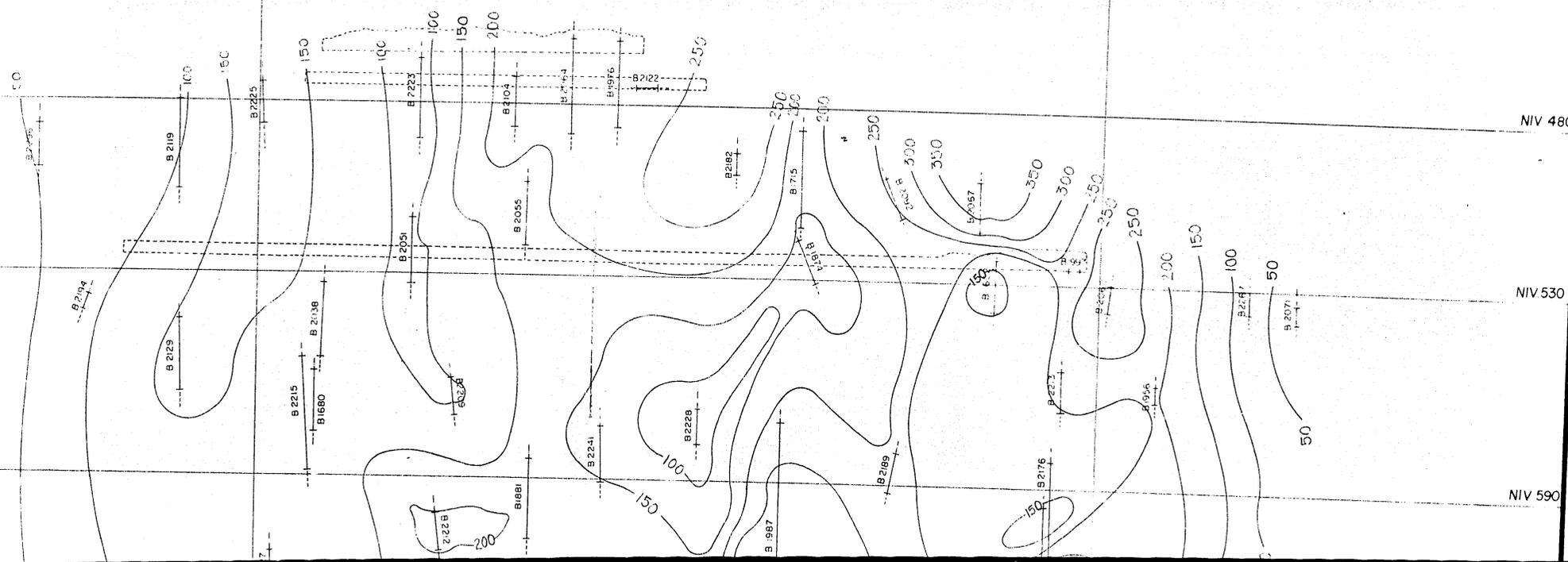
APENDICE A

SECCIONES DE ISOPLETAS

L R

B

B'

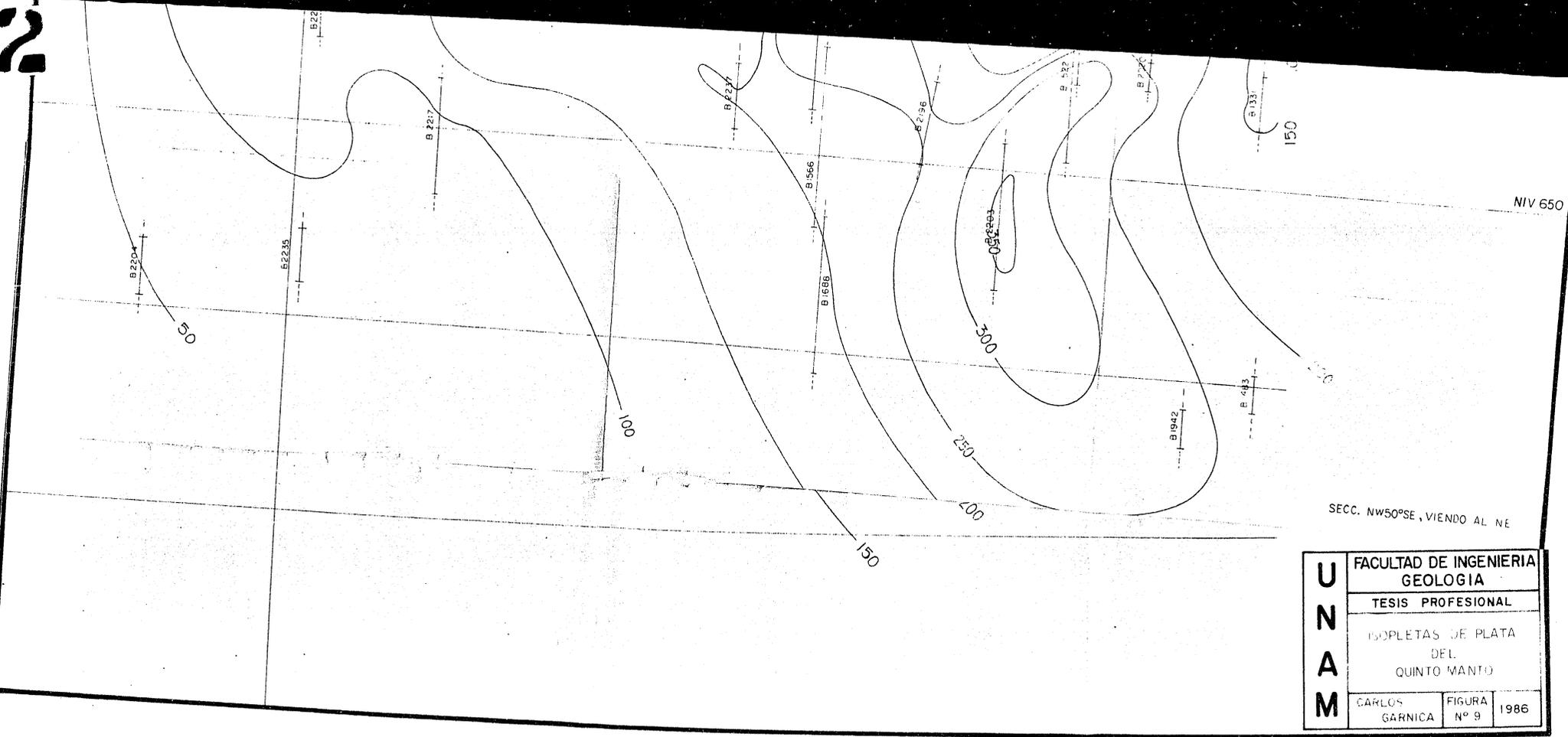


NIV 480

NIV 530

NIV 590

2

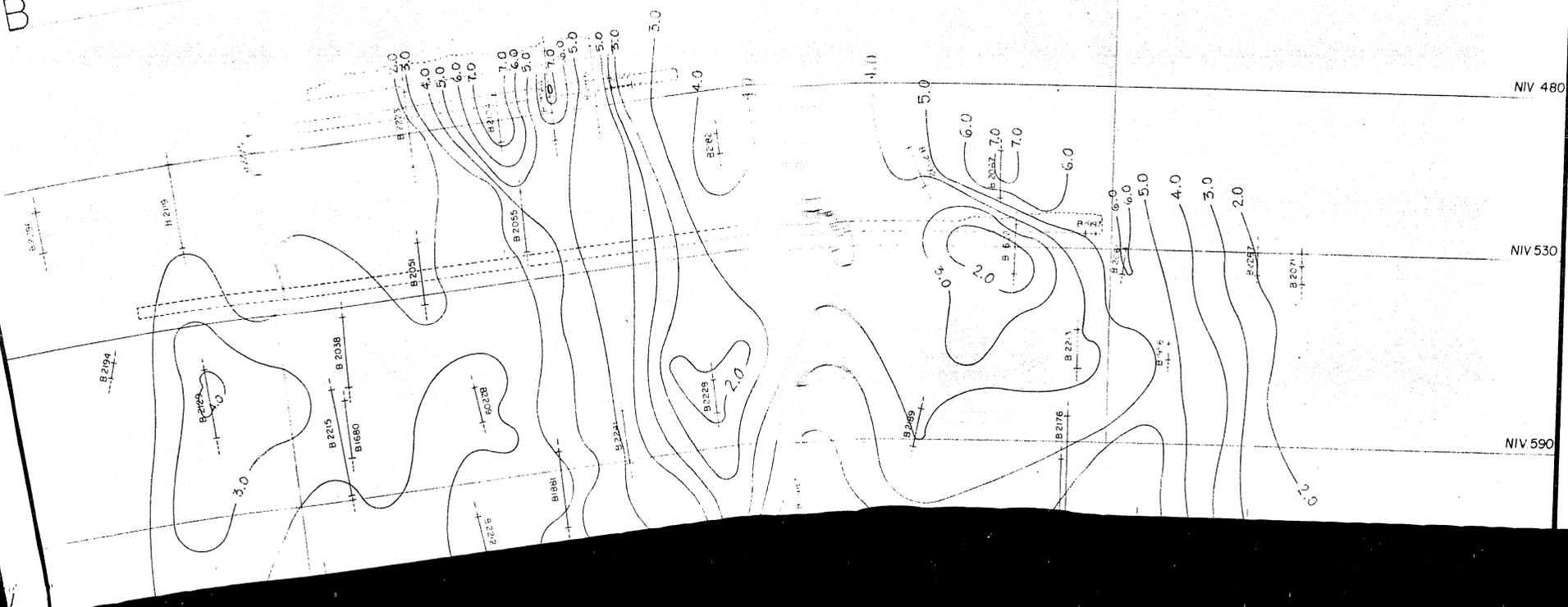


SECC. NW50°SE, VIENDO AL NE

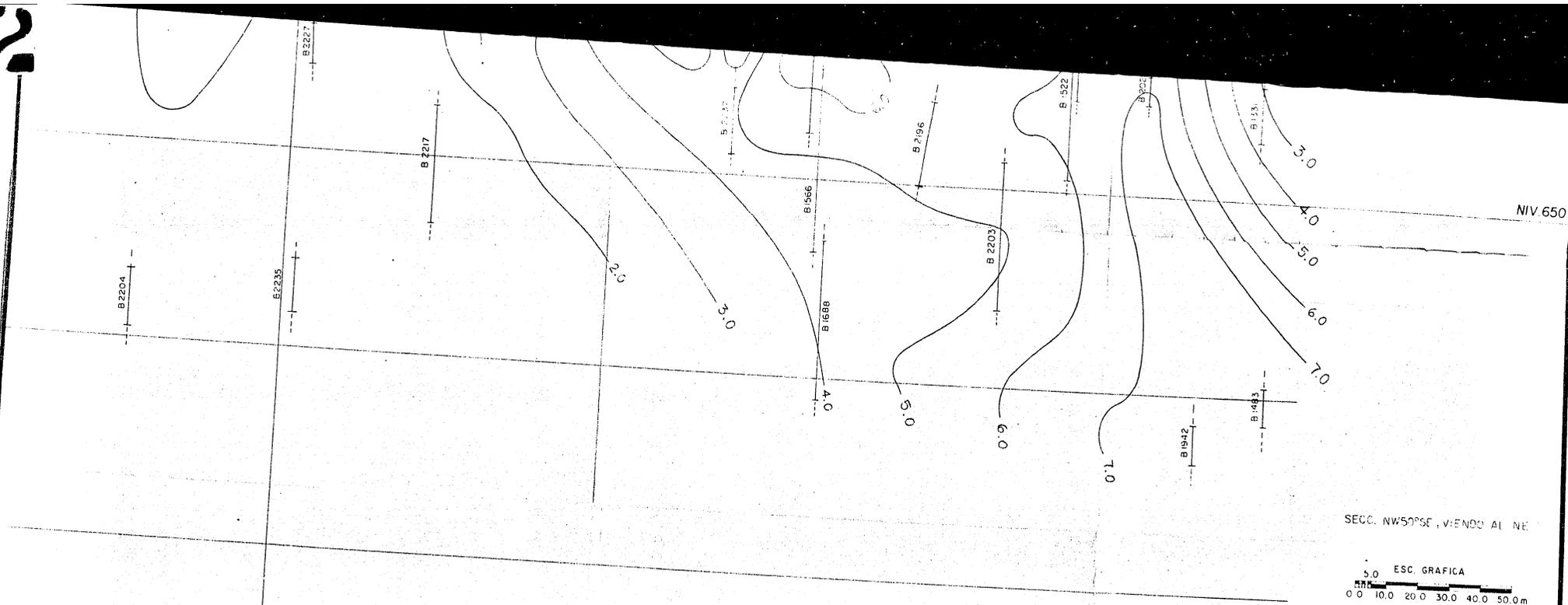
U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGIA		
	TESIS PROFESIONAL		
	ISOPLETAS DE PLATA DEL QUINTO MANTO		
	CARLOS GARNICA	FIGURA Nº 9	1986

B

B'



2



U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGIA		
	TESIS PROFESIONAL		
	ISOPLETHAS DE PLOMO DEL QUINTO MANTO		
	CARLOS GARNICA	FIGURA Nº 10	1986

B

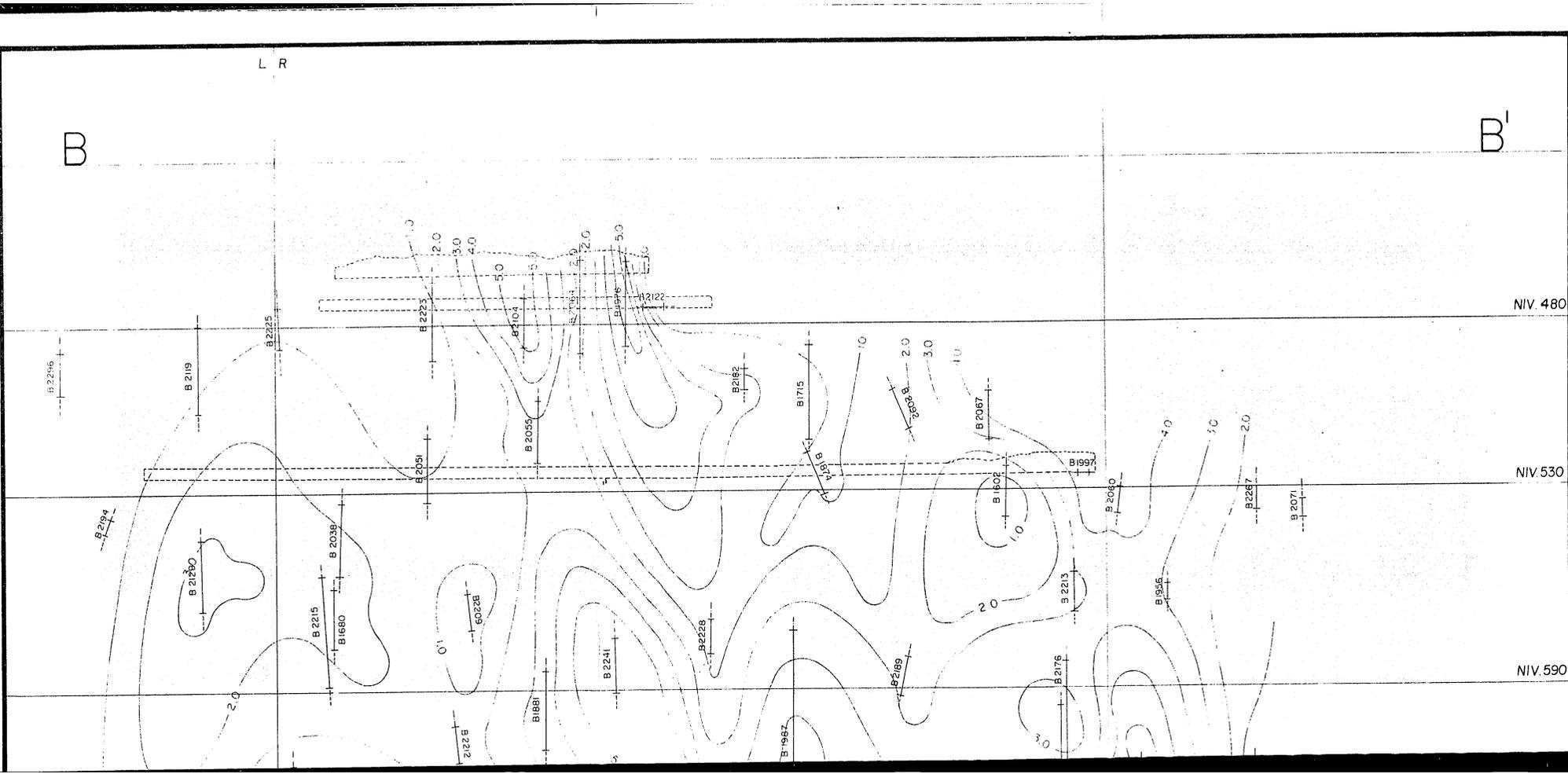
L R

B'

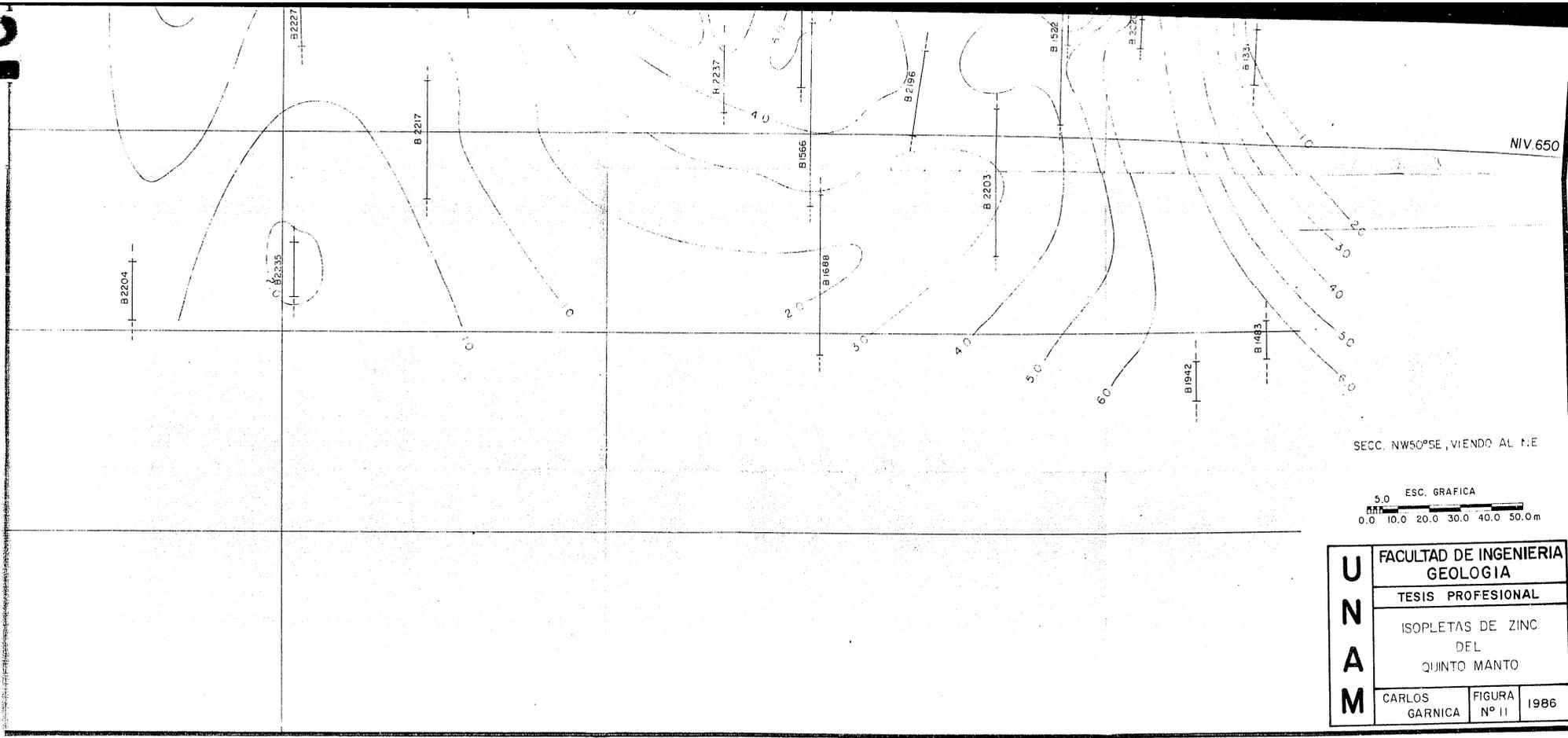
NIV. 480

NIV. 530

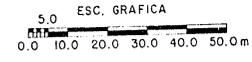
NIV. 590



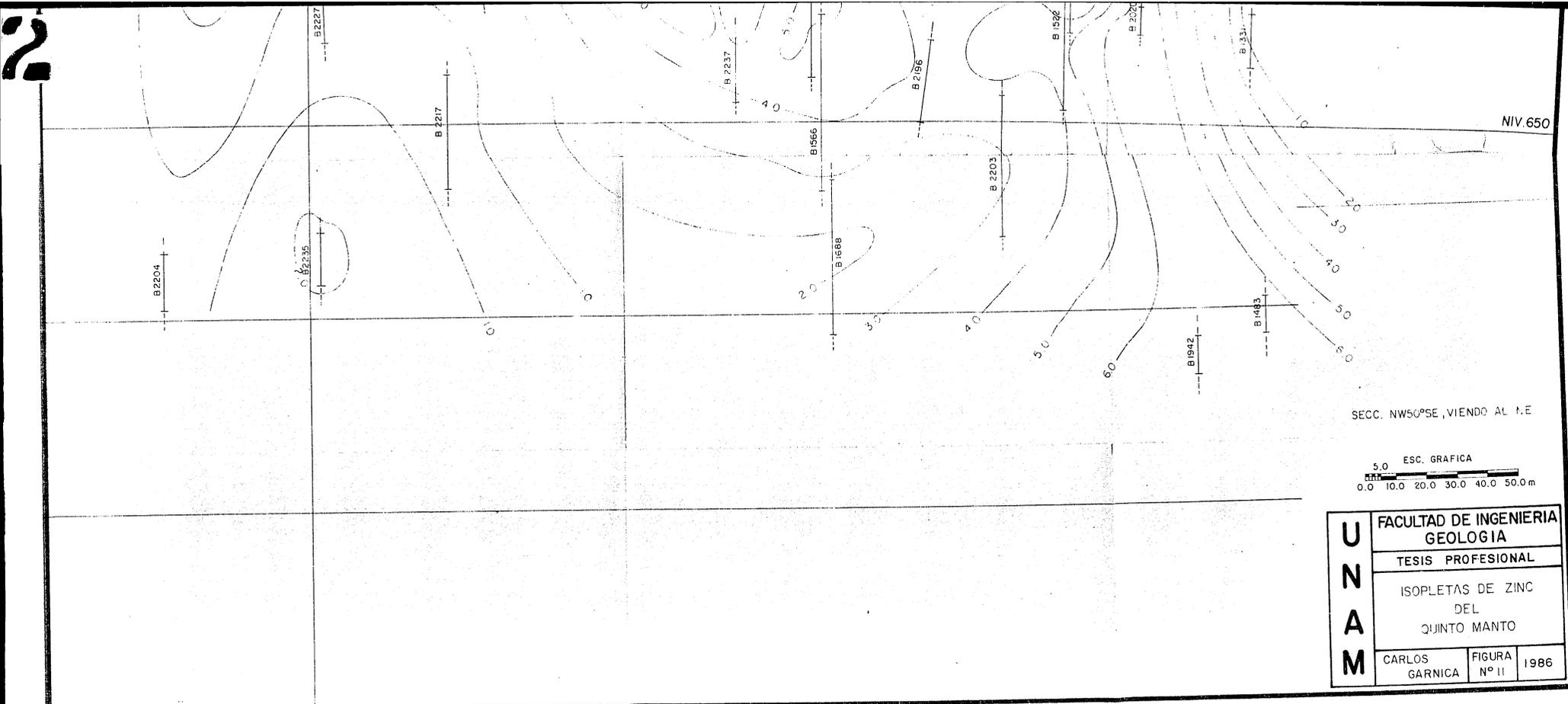
2



SECC. NWS0°SE, VIENDO AL N.E

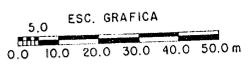


U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGIA		
	TESIS PROFESIONAL		
	ISOPLETAS DE ZINC DEL QUINTO MANTO		
	CARLOS GARNICA	FIGURA Nº 11	1986

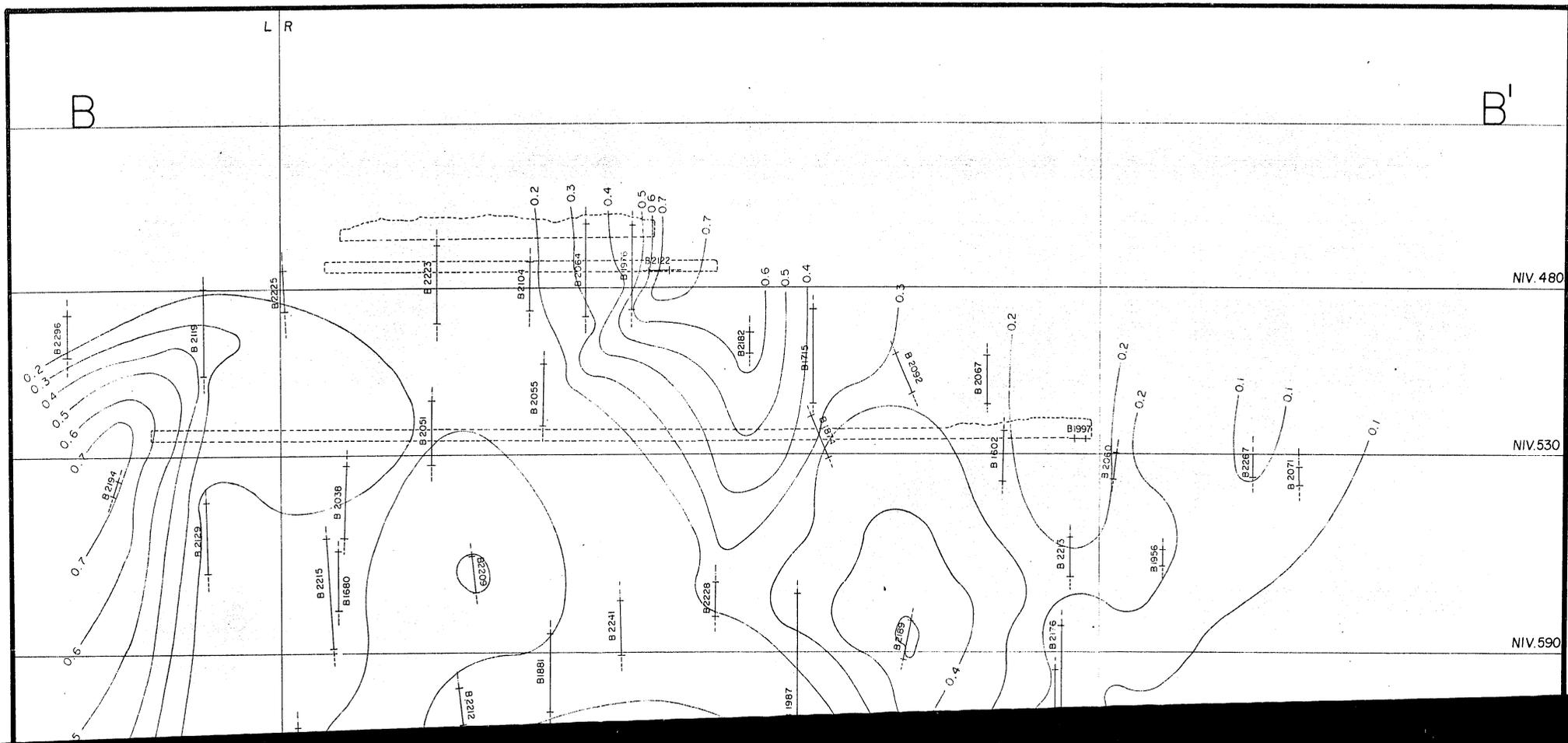


NIV.650

SECC. NW50°SE, VIENDO AL N.E



UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGIA		
	TESIS PROFESIONAL		
	ISOPLETAS DE ZINC DEL QUINTO MANTO		
	CARLOS GARNICA	FIGURA Nº 11	1986



B

B'

L R

NIV.480

NIV.530

NIV.590

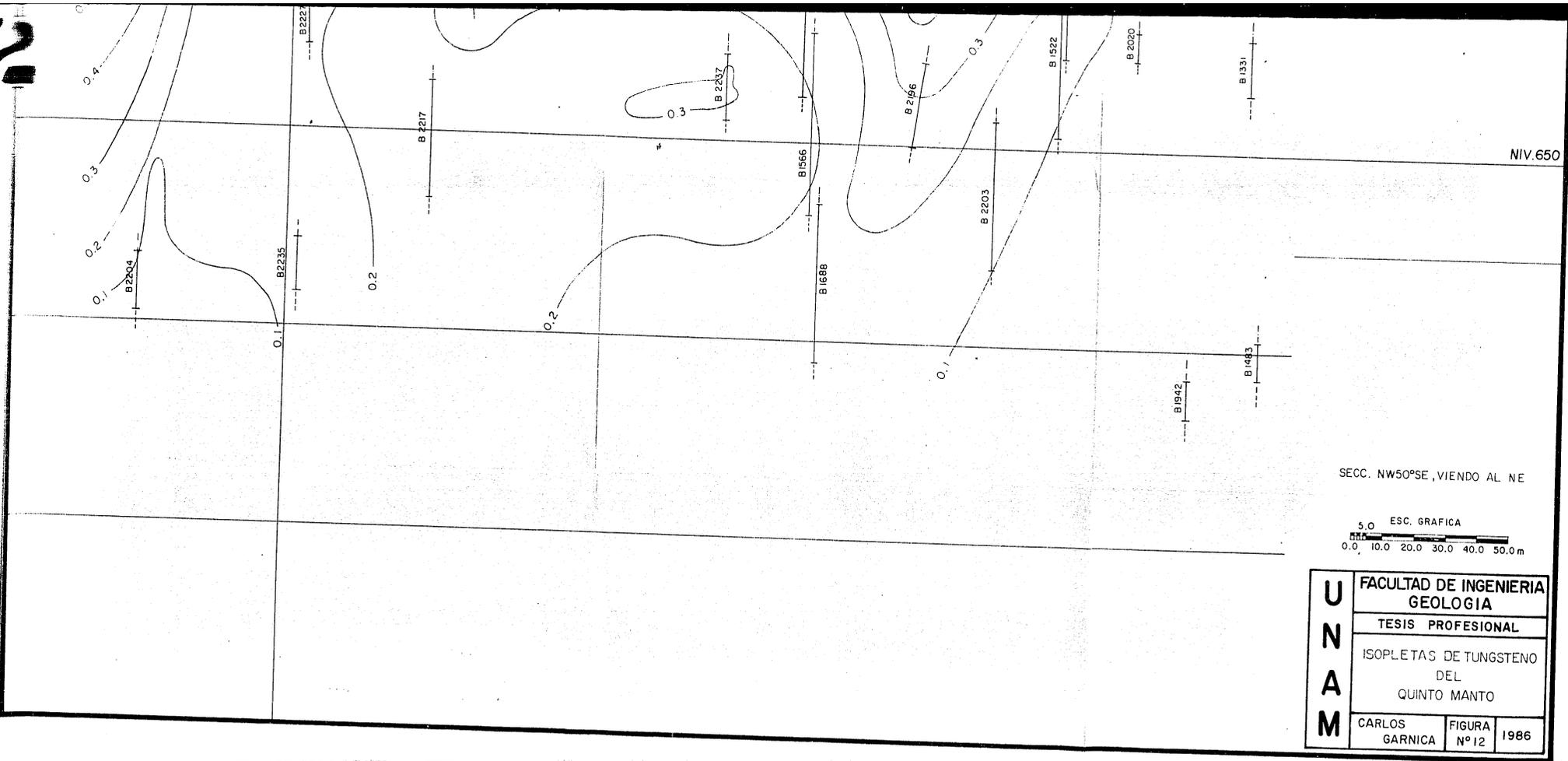
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
B 2184
B 2129
B 2215
B 1680
B 2051
B 2055
B 2104
B 2223
B 2059
B 2228
B 2241
B 1881
B 2159
B 2228
B 1802
B 2067
B 1992
B 2060
B 2216
B 2176
B 1956
B 2067
B 2071

0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.2
0.2
0.1
0.1
0.1
0.4
0.4
0.2
0.1

502236

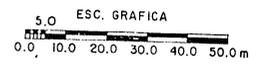
502239

2



NIV.650

SECC. NW50°SE, VIENDO AL NE



U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGIA		
	TESIS PROFESIONAL		
	ISOPLETAS DE TUNGSTENO DEL QUINTO MANTO		
	CARLOS GARNICA	FIGURA Nº 12	1986

APENDICE B

DESCRIPCION MACROSCOPICA DE MUESTRAS

LISTA DE ABREVIATURAS DE MINERALES

ANDRADITA.....	And
ARCILLAS.....	Arc
ARSENOPIRITA.....	Asp
CALCITA.....	Cal
CALCOPIRITA.....	Cpy
CLORITA.....	Clo
CUARZO.....	Qz
ESFALERITA.....	Esf
FLUORITA.....	Flu
GALENA.....	Gn
GROSULARITA.....	Grs
MOLIBDENITA.....	Mo
OXIDOS DE FIERRO...	OxFe
PIRITA.....	Py
SCHEELITA.....	Shlt
VESUBIANITA.....	Vsb
WOLLASTONITA.....	Woll

DESCRIPCION MACROSCOPICA

MUESTRA: M48-5-1

LOCALIDAD: Mina Naica, Naica, Chih.

COLOR: Verde Claro

LOCALIZACION: Secc. 5-E, Niv. 480
(al bajo)

MINERALOGIA	% (visual)	TAMAÑO (aprox. mm)
-------------	------------	--------------------

MINERALES ESENCIALES :

Vesubianita	90	2-15
-------------	----	------

MINERALES ACCESORIOS :

Scheelita	3	1-5
Fluorita	3	---
Molibdenita	1	1
Calcopirita	1	1

MINERALES SECUNDARIOS :

Calcita	2	---
---------	---	-----

TEXTURA :

Granoblástica

SUCESION PARAGENETICA :

Vsb → Shlt → Mo → Cpy → Flu → Cal

CLASIFICACION :

Skarn de Vesubianita.

DESCRIPCION MACROSCOPICA

MUESTRA: M53-0-1

LOCALIDAD: Mina Naica. Naica, Chih.

COLOR: Verde Olivo

LOCALIZACION: Secc. 0, Niv. 530
(al bajo)

MINERALOGIA	% (visual)	TAMAÑO (aprox. mm)
-------------	------------	--------------------

MINERALES ESENCIALES :

Vesubianita	60	6-15
Grossularita	3	----
Scheelita	1	2-8
Cuarzo	30	----

MINERALES ACCESORIOS :

Fluorita	3	1-3
Pirita	1	1
Calcopirita	1	1
Molibdenita	Tz.	----

MINERALES SECUNDARIOS :

Calcita	1	1
---------	---	---

TEXTURA :

Granoblástica

SUCESION PARAGENETICA :

Qz → Grs → Shlt → Vsb → Mol → Cpy → Py → Flu → Cal

CLASIFICACION :

Skarn de Vesubianita.

DESCRIPCION MACROSCOPICA

MUESTRA: M53-2-1

LOCALIDAD: Mina Naica. Naica, Chih.

COLOR: Verde Claro

LOCALIZACION: Secc. 2-E, Niv. 530
(al bajo)

MINERALOGIA	% (visual)	TAMAÑO (aprox. mm)
-------------	------------	--------------------

MINERALES ESENCIALES :

Grossularita	80	1-2
Cuarzo	10	1

MINERALES ACCESORIOS :

Clorita	4	---
Pirita	1	1
Fluorita	3	1-2
Scheelita	Tz.	---

MINERALES SECUNDARIOS :

Clorita	1	---
Calcita	1	1

TEXTURA :

Granoblástica

SUCESION PARAGENETICA :

Grs → Shlt → Py → Flu → Clo → Cal

CLASIFICACION :

Skarn de Grossularita.

DESCRIPCION MACROSCOPICA

MUESTRA: M53-4-1

LOCALIDAD: Mina Naica. Naica, Chih.

COLOR: Verde Claro

LOCALIZACION: Secc. 4-E, Niv. 530
(al bajo)

MINERALOGIA	% (visual)	TAMAÑO (aprox. mm)
-------------	------------	--------------------

MINERALES ESENCIALES :

Vesuvianita	70	1-2
Andradita	20	---

MINERALES ACCESORIOS :

Calcopirita	1	3-4
Esfalerita	1	1-2
Scheelita	1	2-5
Fluorita	5	---

MINERALES SECUNDARIOS :

Arcilla	3	---
---------	---	-----

TEXTURA :

Xenoblástica

SUCESION PARAGENETICA :

And → Vsb → Shlt → Esf → Cpy → Flu

CLASIFICACION :

Skarn de Vesuvianita.

DESCRIPCION MACROSCOPICA

MUESTRA: M53-5-1

LOCALIDAD: Mina Naica. Naica, Chih.

COLOR: Verde Oscuro

LOCALIZACION: Secc. 5-E, Niv. 530
(al bajo)

MINERALOGIA	% (visual)	TAMAÑO (aprox. mm)
-------------	------------	--------------------

MINERALES ESENCIALES :

Andradita	60	2-3
Grossularita	15	1-2
Vesuvianita	10	1-2
Fluorita	5	---

MINERALES ACCESORIOS :

Calcopirita	2	1
Esfalerita	1	2-4
Galena	1	1
Pirita	1	1
Molibdenita	1	1
Scheelita	1	1-2
Calcita	Tz.	---

MINERALES SECUNDARIOS :

Calcita	2	---
Clorita	Tz.	---
Oxido de Hierro	Tz.	---

TEXTURA :

Granoblástica

SUCESION PARAGENETICA :

And → Shlt → Grs → Vsb → Mo → Cpy → Py → Esf → Gn → Flu → Cal

CLASIFICACION :

Skarn de Granate.

DESCRIPCION MACROSCOPICA

MUESTRA: M53-6-1

LOCALIDAD: Mina Naica. Naica, Chih.

COLOR: Pardo Claro

LOCALIZACION: Secc. 6-E, Niv. 530
(al bajo)

MINERALOGIA	% (visual)	TAMAÑO (aprox. mm)
-------------	------------	--------------------

MINERALES ESENCIALES :

Andradita (Pardo Claro)	80	----
Grossularita	10	2-3

MINERALES ACCESORIOS :

Molibdenita	4	1
Calcopirita	1	----
Pirita	Tz.	----
Calcita	1	3-5
Fluorita	1	1-2
Scheelita	1	5-6

MINERALES SECUNDARIOS :

Clorita	1	----
---------	---	------

TEXTURA :

Xenoblástica

SUCESION PARAGENETICA :

And → Grs → Shlt → Mo → Cpy → Py → Flu → Cal → Clo

CLASIFICACION :

Skarn de Granate.

DESCRIPCION MACROSCOPICA

MUESTRA: M53-6-2

LOCALIDAD: Mina Naica. Naica, Chih.

COLOR: Verde Olivo

LOCALIZACION: Secc. 6-E, Niv. 530
(al alto)

MINERALOGIA

% (visual)

TAMAÑO (aprox. mm)

MINERALES ESENCIALES :

Grossularita	70	1-2
Esfalerita	15	1

MINERALES ACCESORIOS :

Galena	4	1
Calcopirita	1	1
Molibdenita	1	1
Fluorita	8	2-4
Scheelita	1	---

MINERALES SECUNDARIOS :

Oxidos de Hierro	Tz.	---
------------------	-----	-----

TEXTURA :

Granoblástica

SUCESION PARAGENETICA :

Grs → Mo → Esf → Cpy → Gn → Flu

CLASIFICACION :

Skarn de Grossularita.

DESCRIPCION MACROSCOPICA

MUESTRA: M53-7-1

LOCALIDAD: Mina Naica. Naica, Chih.

COLOR: Verde Claro

LOCALIZACION: Secc. 7-E, Niv. 530
(al bajo)

MINERALOGIA	% (visual)	TAMAÑO (aprox. mm)
-------------	------------	--------------------

MINERALES ESENCIALES :

Grossularita	85	1-5
Scheelita	5	1-10
Fluorita	8	----

MINERALES ACCESORIOS :

Molibdenita	1	1
Calcita	1	----

MINERALES SECUNDARIOS :

Calcita	1	----
Arcillas	1	----

TEXTURA :

Granoblástica

SUCESION PARAGENETICA :

Gr_s → Sh_{lt} → Mo → Flu → Cal → Arc

CLASIFICACION :

Skarn de Grossularita.

DESCRIPCION MACROSCOPICA

MUESTRA: M53-7-2

LOCALIDAD: Mina Naica. Naica, Chih.

COLOR: Blanco

LOCALIZACION: Secc. 7-E, Niv. 530
(al alto)

MINERALOGIA	% (visual)	TAMAÑO (aprox. mm)
-------------	------------	--------------------

MINERALES ESENCIALES :

Wollastonita	80	----
Grossularita	7	1
Calcita	3	----

MINERALES ACCESORIOS :

Esfalerita	3	1
Galena	1	1
Molibdenita	1	1
Fluorita	2	----
Scheelita	2	1-5

MINERALES SECUNDARIOS :

Calcita	Tz.	----
---------	-----	------

TEXTURA :

Xenoblástica

SUCESION PARAGENETICA :

Grs → Shlt → Woll → Mo → Esf → Gn → Flu

CLASIFICACION :

Skarn de Wollastonita.

DESCRIPCION MACROSCOPICA

MUESTRA: M53-8-1

LOCALIDAD: Mina Naica. Naica, Chih.

COLOR: Verde Oscuro

LOCALIZACION: Secc. 8-E, Niv. 530
(al bajo)

MINERALOGIA	% (visual)	TAMAÑO (aprox. mm)
-------------	------------	--------------------

MINERALES ESENCIALES :

Vesuvianita	90	7-20
Grossularita	5	----

MINERALES ACCESORIOS :

Molibdenita	3	1
-------------	---	---

MINERALES SECUNDARIOS :

Calcita	1	1
Clorita	Tz.	----
Arcillas	Tz.	----
Oxidos de Hierro	Tz.	----

TEXTURA :

Granoblástica

SUCESION PARAGENETICA :

Grs → Vsb → Mo → Clo → Cal → Arc → OxFe

CLASIFICACION :

Skarn de Vesuvianita.

DESCRIPCION MACROSCOPICA

MUESTRA: M53-8-2

LOCALIDAD: Mina Naica. Naica, Chih.

COLOR: Verde Claro

LOCALIZACION: Secc. 8-E, Niv. 530
(al alto)

MINERALOGIA % (visual) TAMAÑO (aprox. mm)

MINERALES ESENCIALES :

Vesubianita	80	8-15
Fluorita	10	1-2
Molibdenita	4	----

MINERALES ACCESORIOS :

Scheelita	1	2
Esfalerita	3	1
Calcopirita	1	1

MINERALES SECUNDARIOS :

Calcita	Tz.	----
Clorita	1	----

TEXTURA :

Granoblástica

SUCESION PARAGENETICA :

Vsb → Shlt → Mo → Esf → Cpy → Flu → Clo → Cal

CLASIFICACION :

Skarn de Vesubianita.

DESCRIPCION MACROSCOPICA

MUESTRA: M53-9-1

LOCALIDAD: Mina Naica, Naica, Chih.

COLOR: Verde Claro

LOCALIZACION: Secc. 9-E, Niv. 530
(al bajo)

MINERALOGIA	% (visual)	TAMAÑO (aprox. mm)
-------------	------------	--------------------

MINERALES ESENCIALES :

Andradita (Pardo Claro)	30	----
Vesubianita	50	1-30
Grossularita	10	1-2

MINERALES ACCESORIOS :

Molibdenita	4	1
Galena	1	1
Esfalerita	1	1
Fluorita	1	----
Scheelita	1	1-3
Calcopirita	Tz.	1-2

MINERALES SECUNDARIOS :

Yeso	1	----
Calcita	1	----

TEXTURA :

Granoblástica

SUCESION PARAGENETICA :

And → Shlt → Grs → Vsb → Mo → Esf → Gn → Cpy → Flu → Yeso → Cal

CLASIFICACION :

Skarn de Vesubianita.

DESCRIPCION MACROSCOPICA

MUESTRA: M53-9-2

LOCALIDAD: Mina Naica. Naica, Chih.

COLOR: Verde Oscuro

LOCALIZACION: Secc. 9-E, Niv. 530
(al alto)

MINERALOGIA % (visual) TAMAÑO (aprox. mm)

MINERALES ESENCIALES :

Vesuvianita	95	1-10
Grossularita	2	1-2

MINERALES ACCESORIOS :

Molibdenita	1	1
Fluorita	1	1
Scheelita	1	1-2

MINERALES SECUNDARIOS :

TEXTURA :

Granoblástica

SUCESION PARAGENETICA :

Grs → Shlt → Vsb → Mo → Flu

CLASIFICACION :

Skarn de Vesuvianita.

DESCRIPCION MACROSCOPICA

MUESTRA: M53-10-1

LOCALIDAD: Mina Naica. Naica, Chih.

COLOR: Verde Claro

LOCALIZACION: Secc. 10-E, Niv. 530
(al centro)

MINERALOGIA

% (visual)

TAMAÑO (aprox. mm)

MINERALES ESENCIALES :

Vesuvianita	90	10
Scheelita	1	1

MINERALES ACCESORIOS :

Grossularita	3	2-3
Esfalerita	2	1-2
Calcopirita	1	1
Galena	1	1
Fluorita	3	10-15
Pirita	Tz.	-----

MINERALES SECUNDARIOS :

Clorita	Tz.	-----
---------	-----	-------

TEXTURA :

Granoblástica

SUCESION PARAGENETICA :

Grs → Py(?) → Vsb → Shlt → Esf → Cpy → Py(?) → Gn → Flu

CLASIFICACION :

Skarn de Vesuvianita.

DESCRIPCION MACROSCOPICA

MUESTRA: M53-11-1

LOCALIDAD: Mina Naica. Naica, Chih.

COLOR: Verde Claro

LOCALIZACION: Secc. 11-E, Niv. 530
(al bajo)

MINERALOGIA	% (visual)	TAMAÑO (aprox. mm)
-------------	------------	--------------------

MINERALES ESENCIALES :

Vesuvianita	70	5-10
Andradita	20	----

MINERALES ACCESORIOS :

Calcita	5	----
Molibdenita	1	1
Calcopirita	1	1
Scheelita	3	----
Esfalerita	Tz.	1

MINERALES SECUNDARIOS :

Calcita	Tz.	----
---------	-----	------

TEXTURA :

Granoblástica

SUCESION PARAGENETICA :

And → Vsb → Shlt → Mo → Cpy → Esf → Cal

CLASIFICACION :

Skarn de Vesuvianita.

DESCRIPCION MACROSCOPICA

MUESTRA: M53-12-1

LOCALIDAD: Mina Naica. Naica, Chih.

COLOR: Verde Olivo

LOCALIZACION: Secc. 12-E, Niv. 530
(al bajo)

MINERALOGIA	% (visual)	TAMAÑO (aprox. mm)
-------------	------------	--------------------

MINERALES ESENCIALES :

Grossularita	80	1-6
Esfalerita	10	1-3
Galena	4	2-4

MINERALES ACCESORIOS :

Fluorita	5	10-20
Calcopirita	1	1-3

MINERALES SECUNDARIOS :

Calcita	Tz.	-----
---------	-----	-------

TEXTURA :

Granoblástica

SUCESION PARAGENETICA :

Grs → Esf → Cpy → Gn → Flu → Cal

CLASIFICACION :

Skarn de Grossularita.

DESCRIPCION MACROSCOPICA

MUESTRA: M53- 12-2

LOCALIDAD: Mina Naica. Naica, Chih.

COLOR: Blanco

LOCALIZACION: Secc. 12-E, Niv.530
(al alto)

MINERALOGIA

% (visual)

TAMAÑO (aprox. mm)

MINERALES ESENCIALES :

Wollastonita

90

Agujas de varios cm

Grossularita

5

3-5

MINERALES ACCESORIOS :

Calcopirita

2

2-4

Molibdenita

1

1

Esfalerita

1

1

Fluorita

1

2-3

MINERALES SECUNDARIOS :

TEXTURA :

Granoblástica

SUCESION PARAGENETICA :

Grs → Woll → Mo → Cpy → Esf → Flu

CLASIFICACION :

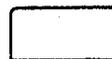
Skarn de Wollastonita.

APENDICE C

SECCIONES PARA CALCULO DE RESERVAS

LEYENDA

OBRAS MINERAS



BARRENOS DE DIAMANTE



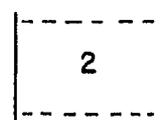
ADELANTE DE LA SECCION



ATRAS DE LA SECCION



BLOQUE EN RESERVAS PROBADAS



BLOQUE EN RESERVAS PROBABLES



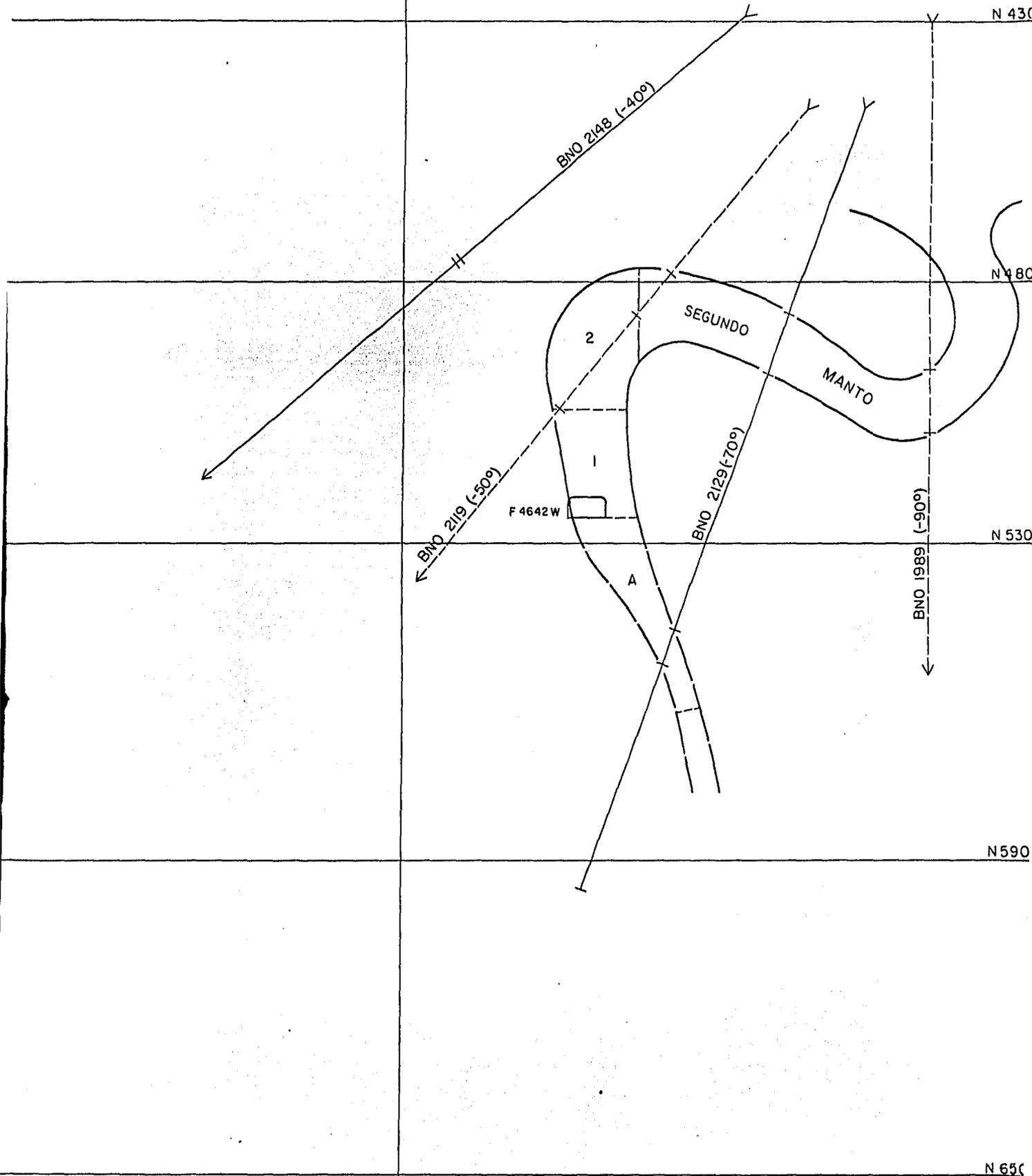
ORIENTACION DE LAS SECCIONES
(Ver figs. 7 y 8)

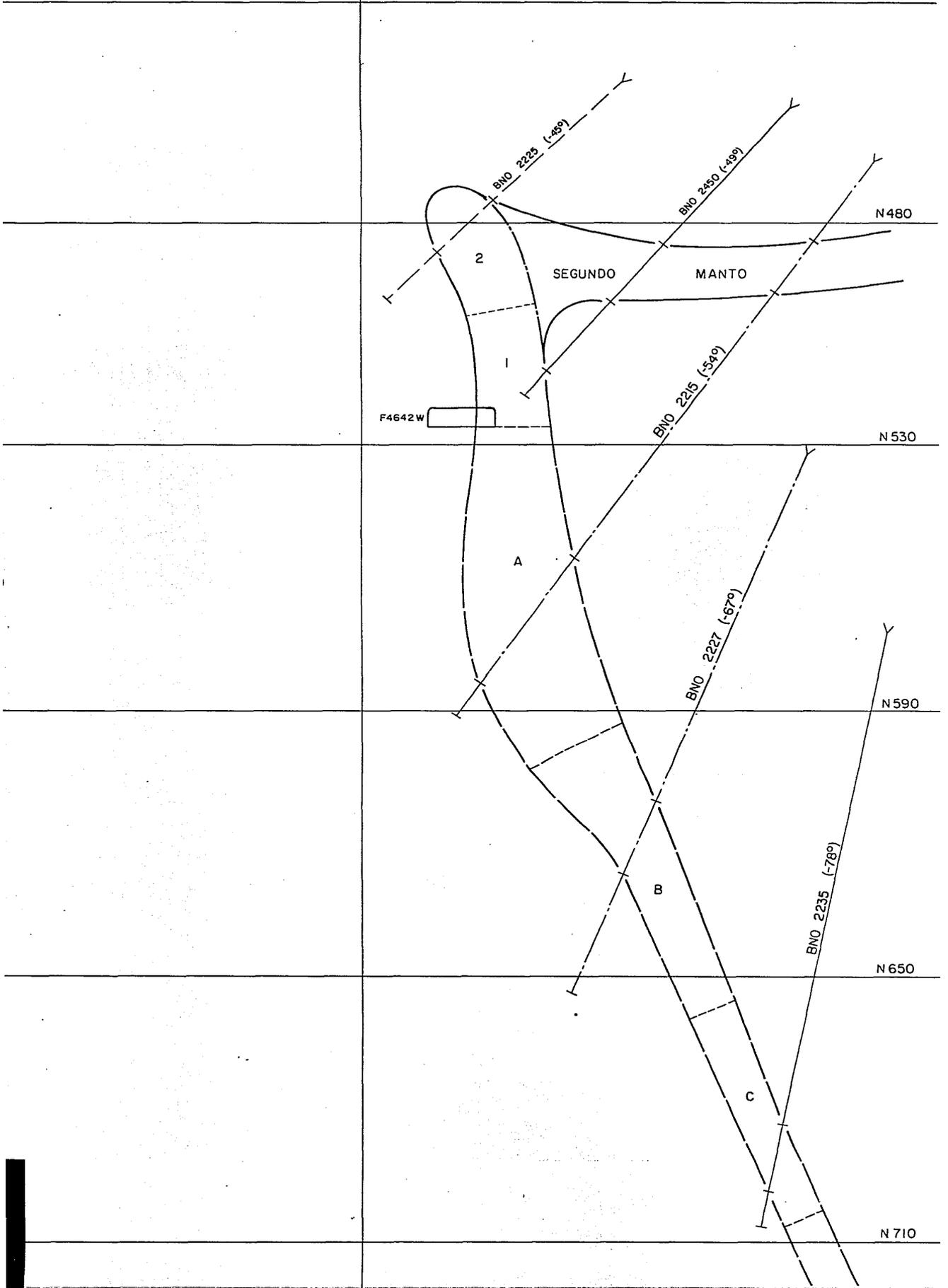
NE 40°SW, Viendo al NW

ESCALA DE LAS SECCIONES

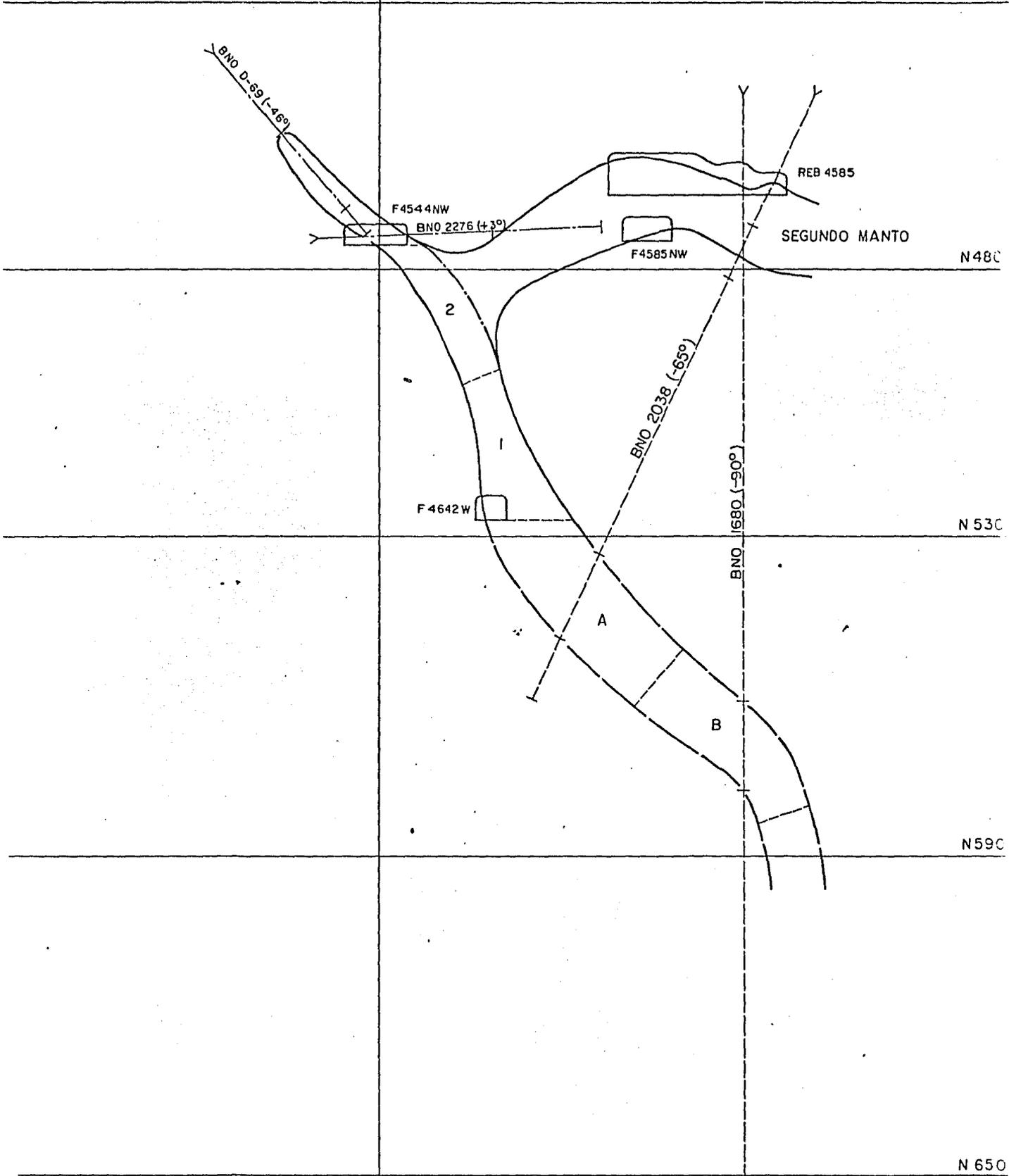
1:1,000

Z F





N 430



N 480

N 530

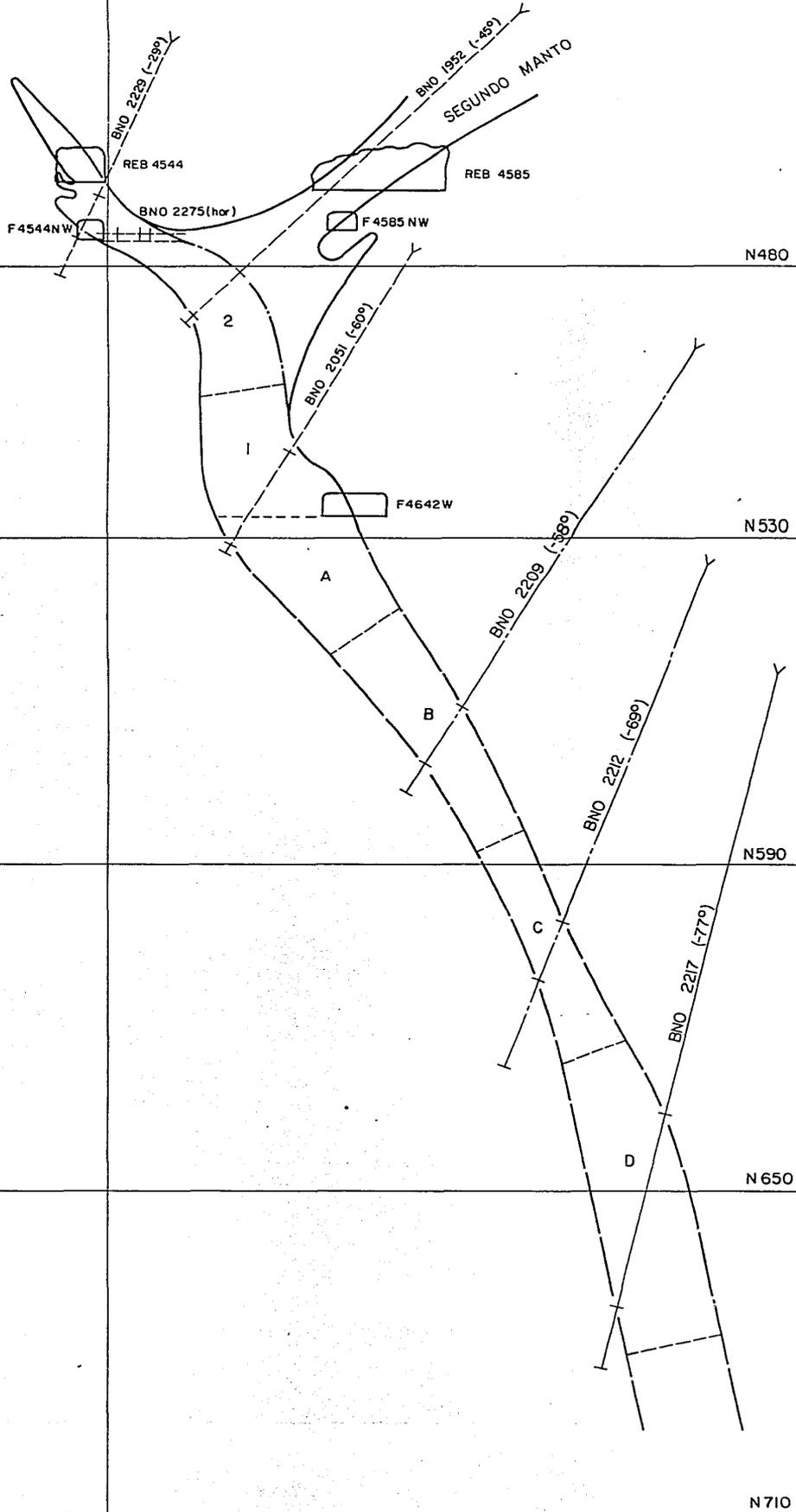
N 590

N 650

SECC. 3-E

Z F

N 430



N 480

N 530

N 590

N 650

N 710

SECC. 4-E

N 430

N 480

N 530

N 590

N 650

Z F

BNO 2070 (-469)

BNO 2108 (-90°)

BNO 2104 (-359)

SEGUNDO MANTO
BNO 2023 (-609)

BNO 1881 (-90°)

REB 4544

REB 4585

F4544NW

F4585NW

Xc 4571NW

F4642W

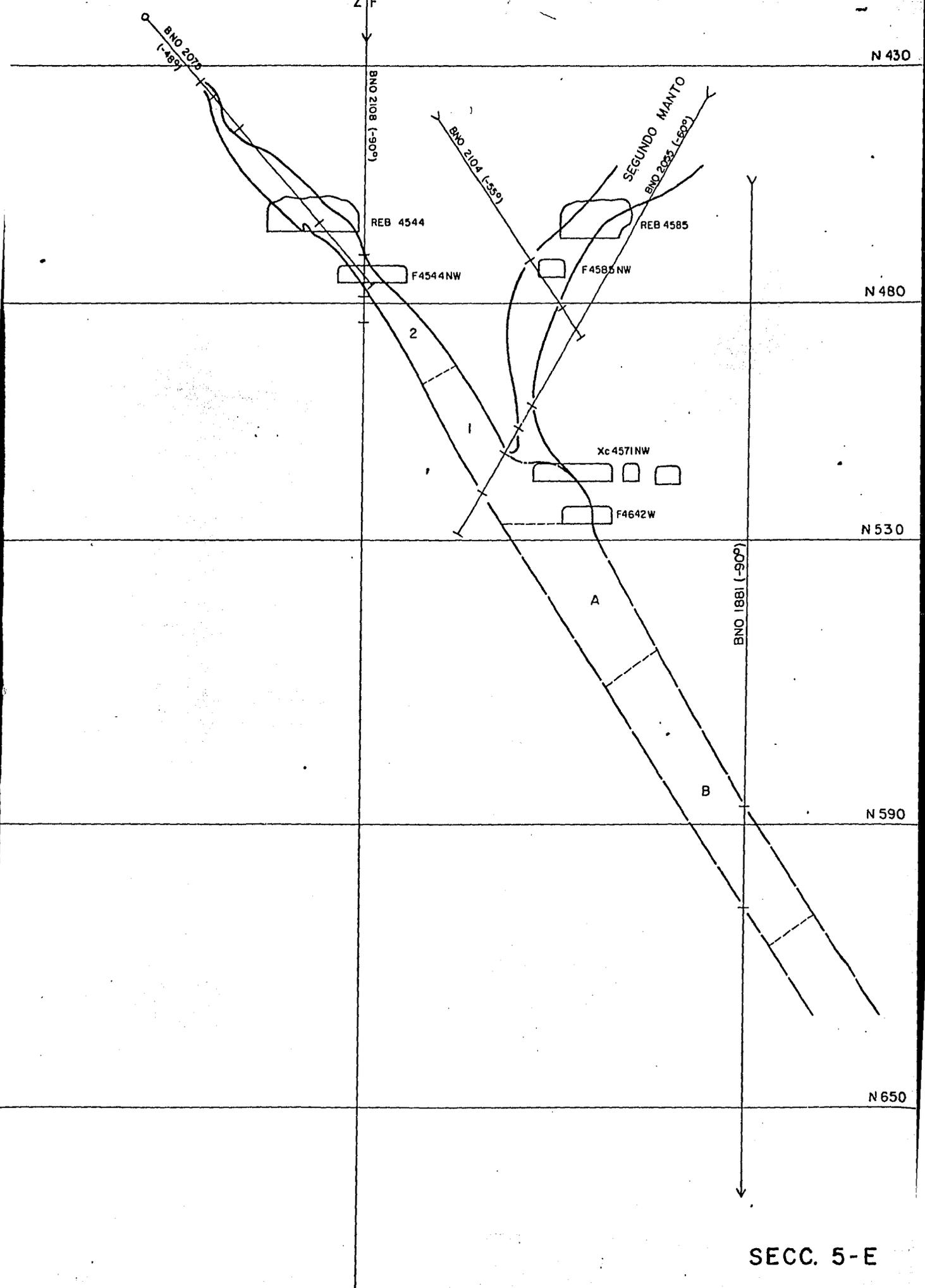
2

1

A

B

SECC. 5-E



Z F

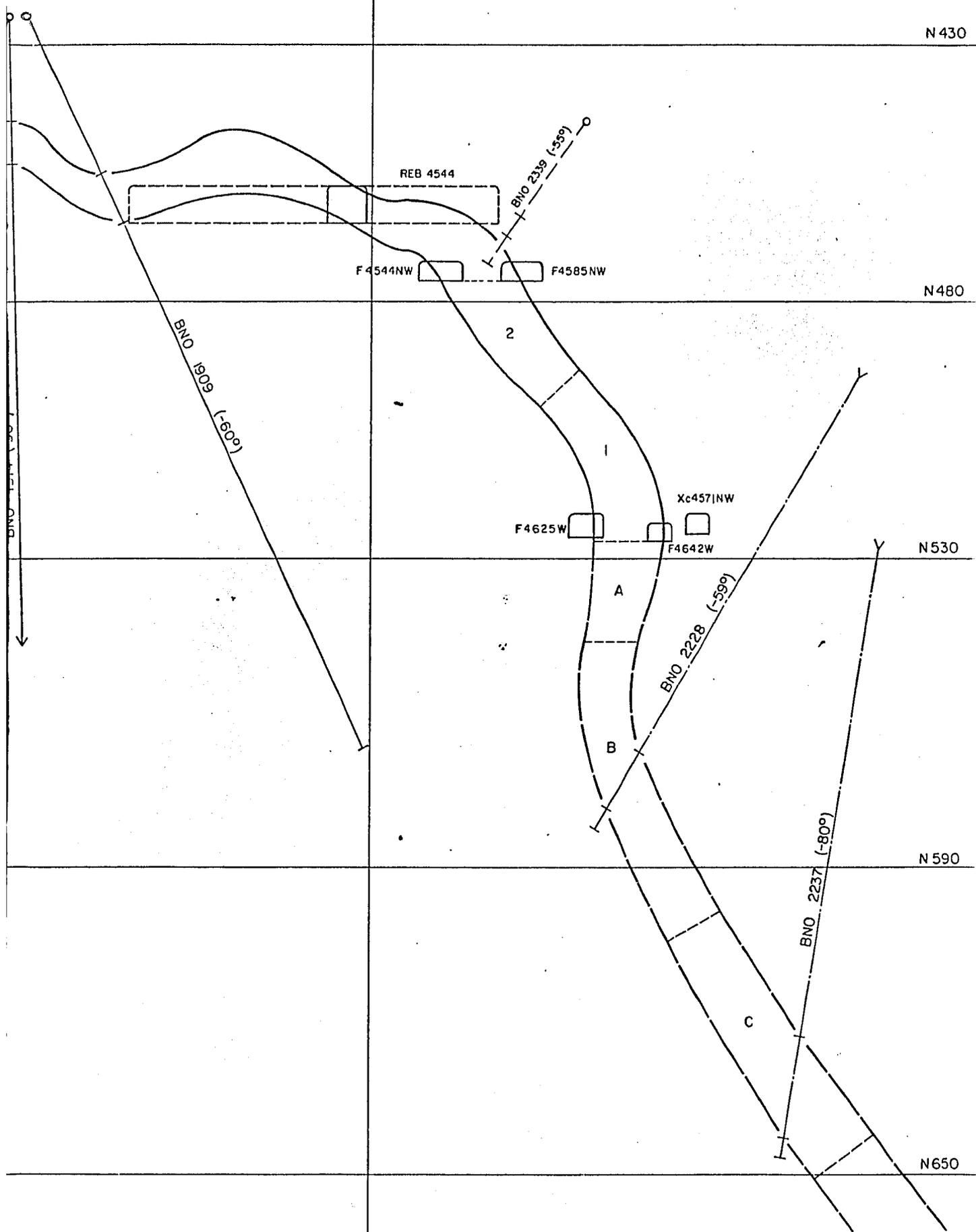
N 430

N 480

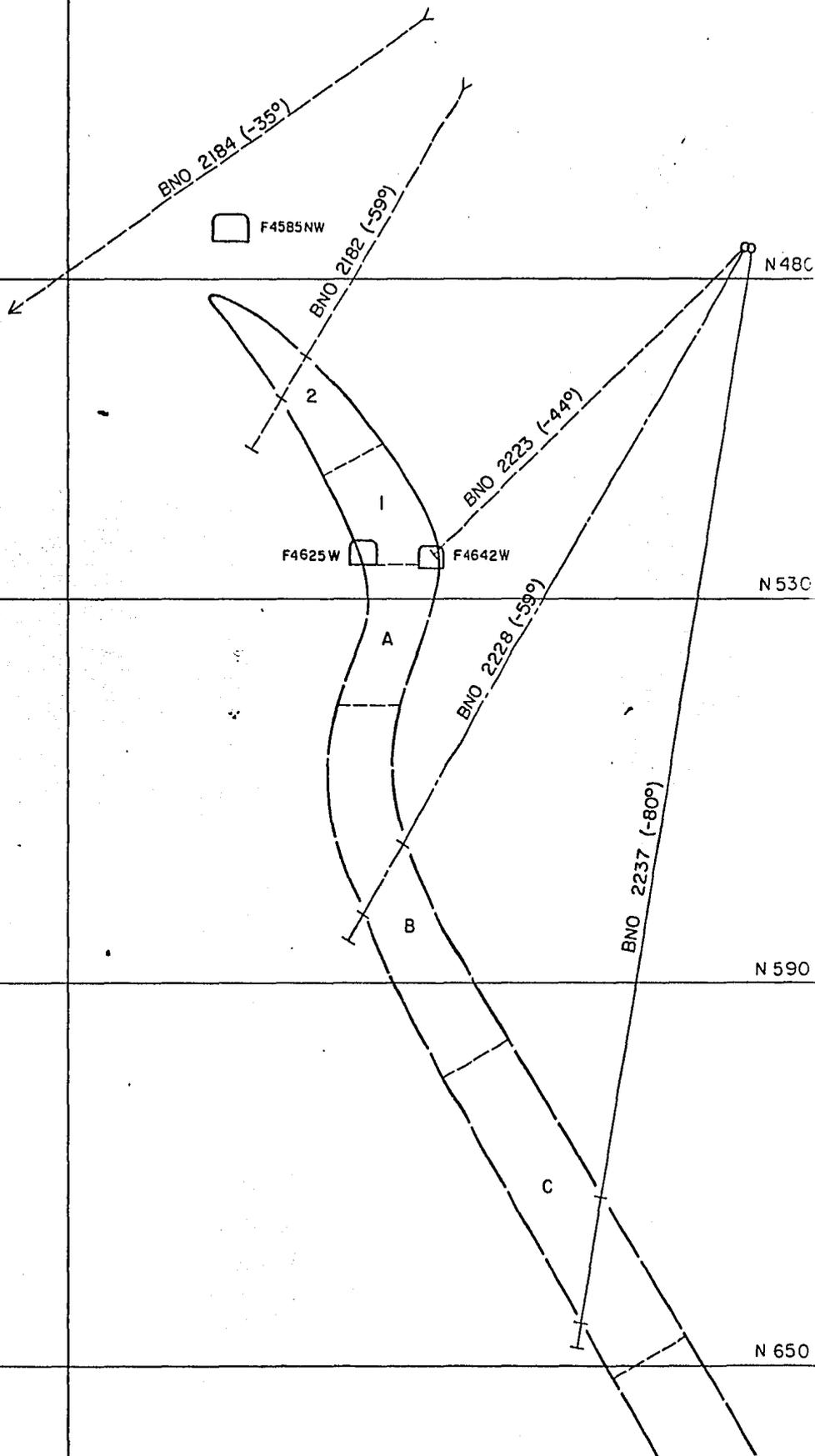
N 530

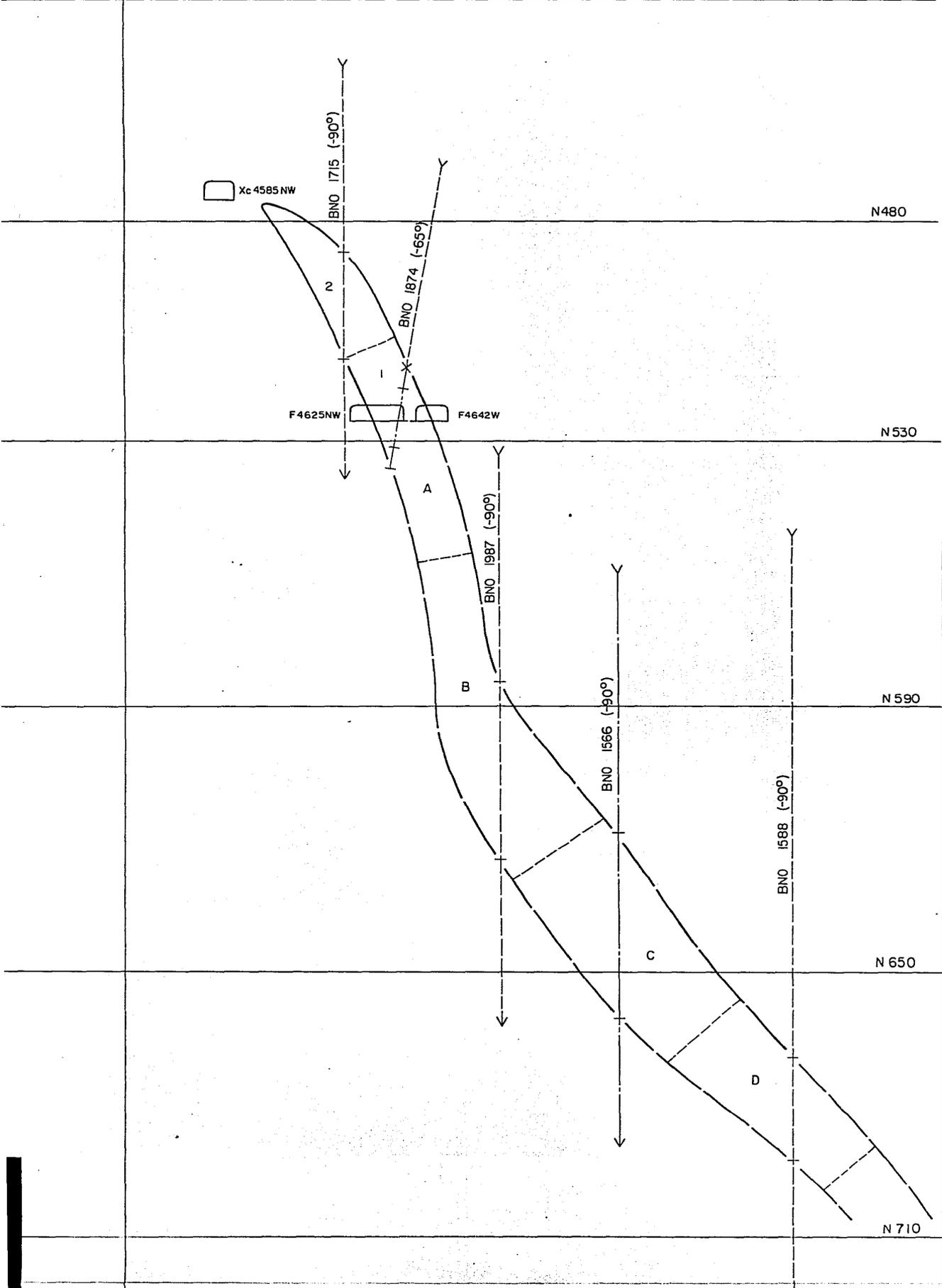
N 590

N 650



SECC. 7-E





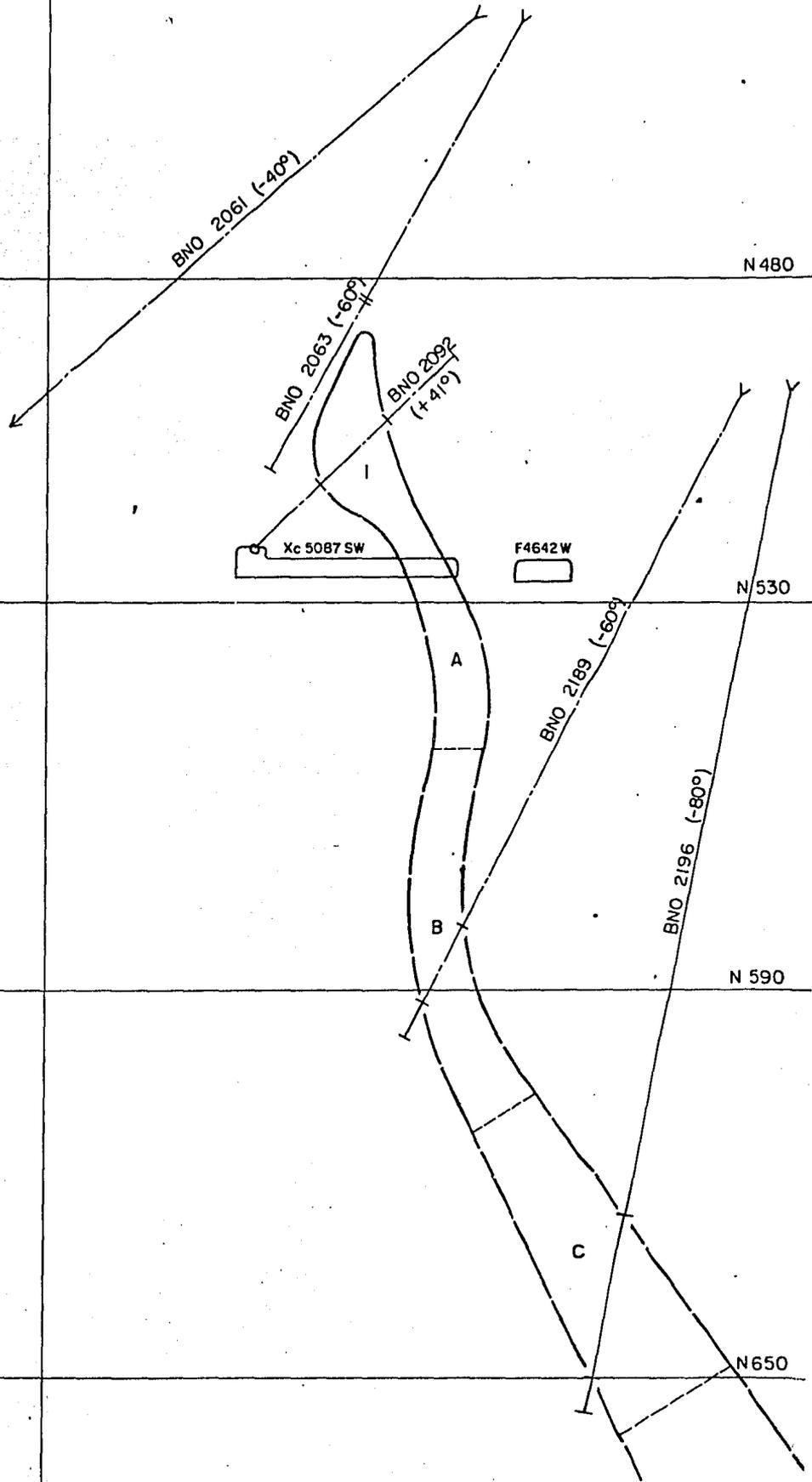
N 480

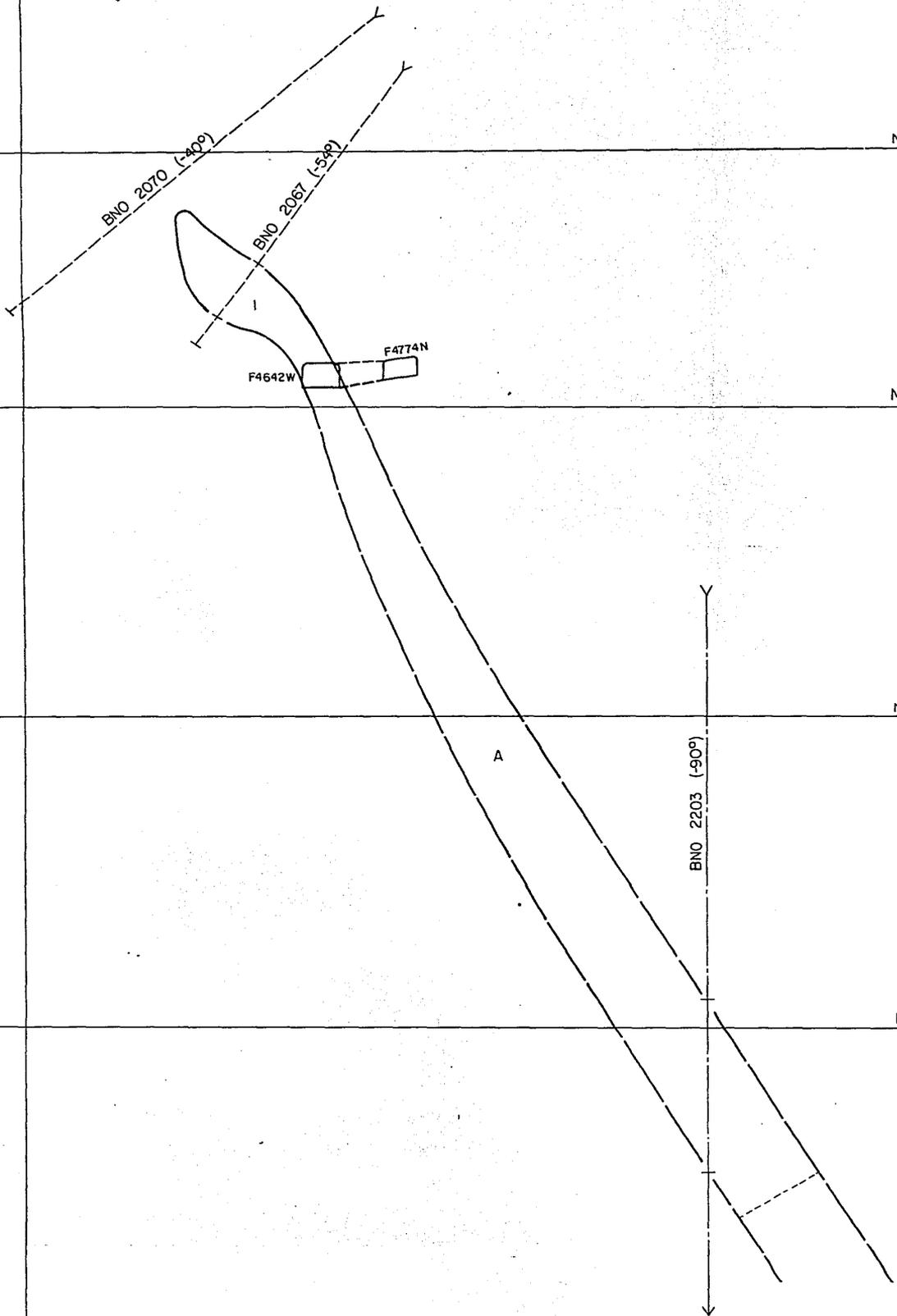
N 530

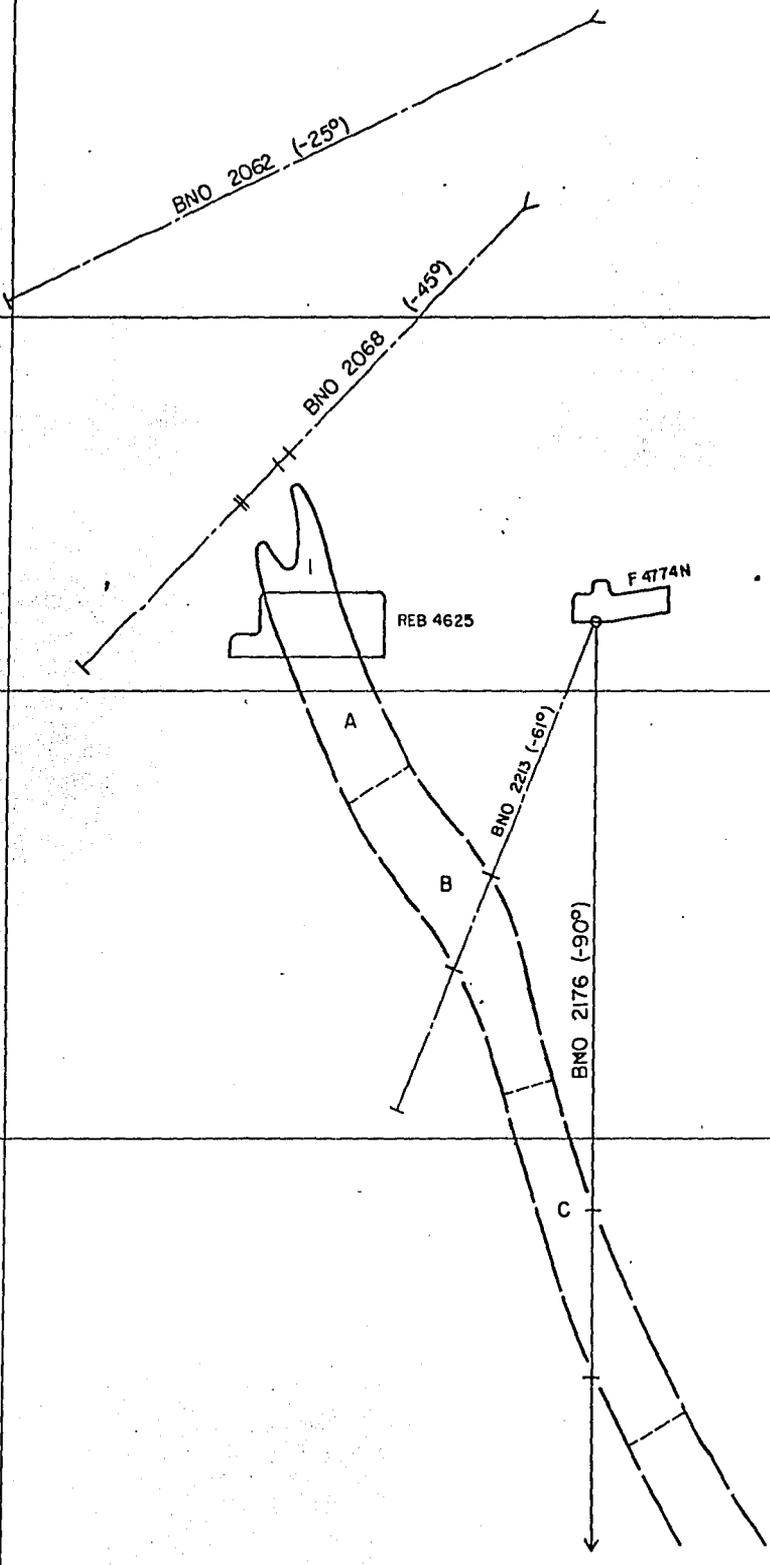
N 590

N 650

N 710







Z F

N 430

N 480

N 530

N 590

N 650

