

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
COMISARIA DE LA ENERGIA Y RECURSOS MINERALES

ESTUDIO GEOMECANICO
DE LAS PIZARRAS BITUMINOSAS
DE PUERTOLLANO (CIUDAD REAL)

TOMO 1



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Diciembre 1983

00789

ESTUDIO GEOMECANICO DE LAS PIZARRAS BITUMINOSAS

DE PUERTOLLANO (CIUDAD REAL)

TOMO 1

ESTUDIO GEOMECANICO DE LAS
PIZARRAS BITUMINOSAS DE PUERTOLLANO
(CIUDAD REAL)

INDICE

	<u>Pag.</u>
1. INTRODUCCION	1
1.1.- Antecedentes y objetivos del estudio	2
1.2.- El marco físico	4
2. REVISION DE LA INFORMACION GEOLOGICA Y MINERA	12
2.1.- Introducción	13
2.2.- Estratigrafía e hidro- geología	14
2.2.1.- Estratigrafía	14
2.2.2.- Hidrogeología	23
2.3.- Estructura tectónica	40
2.3.1.- A nivel regional	40
2.3.2.- A nivel local	40
2.3.3.- A nivel de aflora- mientos	41
2.4.- Análisis estructural de discontinuidades	42
2.4.1.- Fracturas que afectan a los flancos	42
2.4.2.- Fracturas que afectan a las cubetas	46

	<u>Pag.</u>
2.4.3.- Fracturas a nivel de afloramientos	47
2.4.3.1.- Mina "Emma"	50
2.4.3.2.- Mina Piloto "San Luís"	56
2.4.3.3.- Mina "La Manchega"...	56
2.4.3.4.- Mina "María Isabel" ..	63
2.4.4.- Interpretación de los datos estructurales de fracturación	66
2.4.5.- Conclusiones del análisis estructural	67
 3. REVISION DE LA INFORMACION DISPONIBLE SOBRE CORTAS SEMEJANTES	 68
 4. ESTUDIO GEOLOGICO-ESTRUCTURAL DE LA ZONA DE LA FUTURA EXPLOTACION A ES- CALA MESOTECTONICA	 76
4.1.- Introducción	77
4.2.- Tectónica de España	79
4.3.- Estructura general del área de Puertollano	83
4.4.- Sismología	84
 5. TESTIFICACION GEOTECNICA DE SONDEOS	 90

	<u>Pag.</u>
6. ESTUDIO DE FENOMENOS DE INESTABILIDAD OBSERVABLES EN LA ZONA	98
6.1.- Trabajos realizados	99
6.2.- Descripción de las explotaciones e incidencias observadas	105
6.2.1.- Mina Emma	105
6.2.2.- Mina La Manchega	120
6.2.3.- Mina María Isabel	121
6.2.4.- Mina San Luís	122
6.3.- Conclusiones	128
7. DETERMINACION DE PROPIEDADES GEOMECANICAS	130
7.1.- Materiales estudiados	131
7.2.- Propiedades de las pizarras y areniscas	133
7.3.- Propiedades tenso-deformacionales de las pizarras bituminosas	156
7.4.- Resumen de parámetros geotécnicos característicos	177
8. DEFINICION DE LOS POSIBLES TIPOS DE ROTURA EN TALUDES. INCIDENCIA DEL AGUA	180

	<u>Pag.</u>
8.1.- Sectorización	181
8.2.- Definición de los problemas de estabilidad	192
8.3.- Método de Análisis	205
8.4.- Factores hidrogeológicos	210
8.5.- Resultados obtenidos	213
8.5.1.- Posible caída de bloques	213
8.5.2.- Rotura según un plano	213
8.5.3.- Roturas poligonales	222
8.5.4.- Posibles inestabilidades en el talud de muro	249
 9. INCIDENCIA DE LAS GRANDES PROFUNDIDADES SOBRE LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES ...	 252
9.1.- Introducción	253
9.2.- Efectos de la descarga sobre el estado tensional	253
9.3.- Fenómenos de rotura progresiva y fluencia lenta	263
 10. INCIDENCIA DE LOS MINADOS ANTIGUOS	 270
 11. INCIDENCIA DE LA SISMICIDAD NATURAL E INDUCIDA	 285
11.1.- Sismicidad natural	286
11.2.- Sismicidad inducida	292

	<u>Pag.</u>
12. INCIDENCIA CON LAS EDIFICACIONES DE PUERTOLLANO	296
13. INCIDENCIA ENTRE LABORES A CIELO ABIERTO Y SUBTERRANEAS .. LIMITA - CIONES DE PROFUNDIDAD	314
14. RESUMEN Y CONCLUSIONES	322

ANEJO 1

FOTOGRAFIAS

1. INTRODUCCION

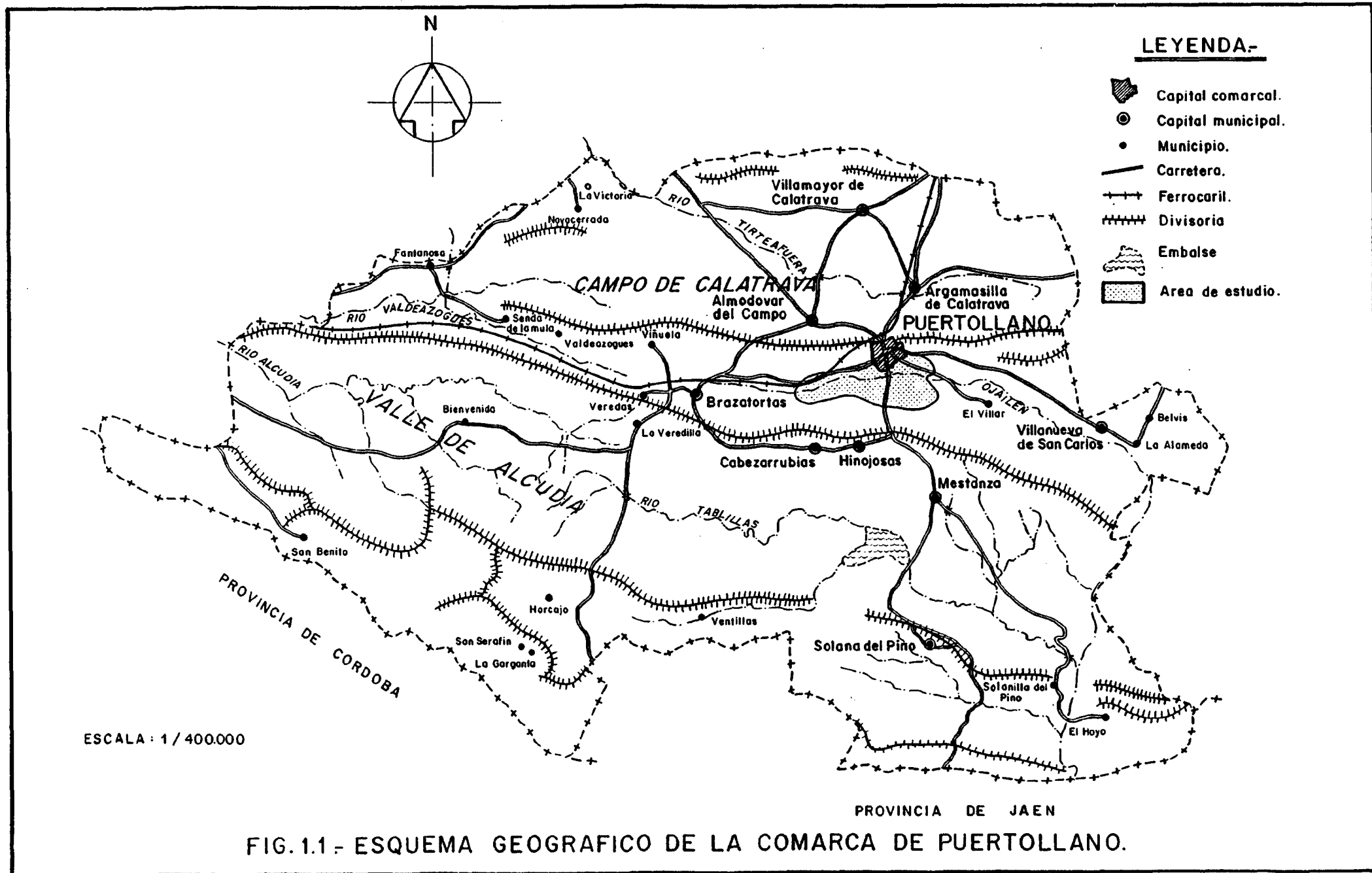
1.1.- ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO

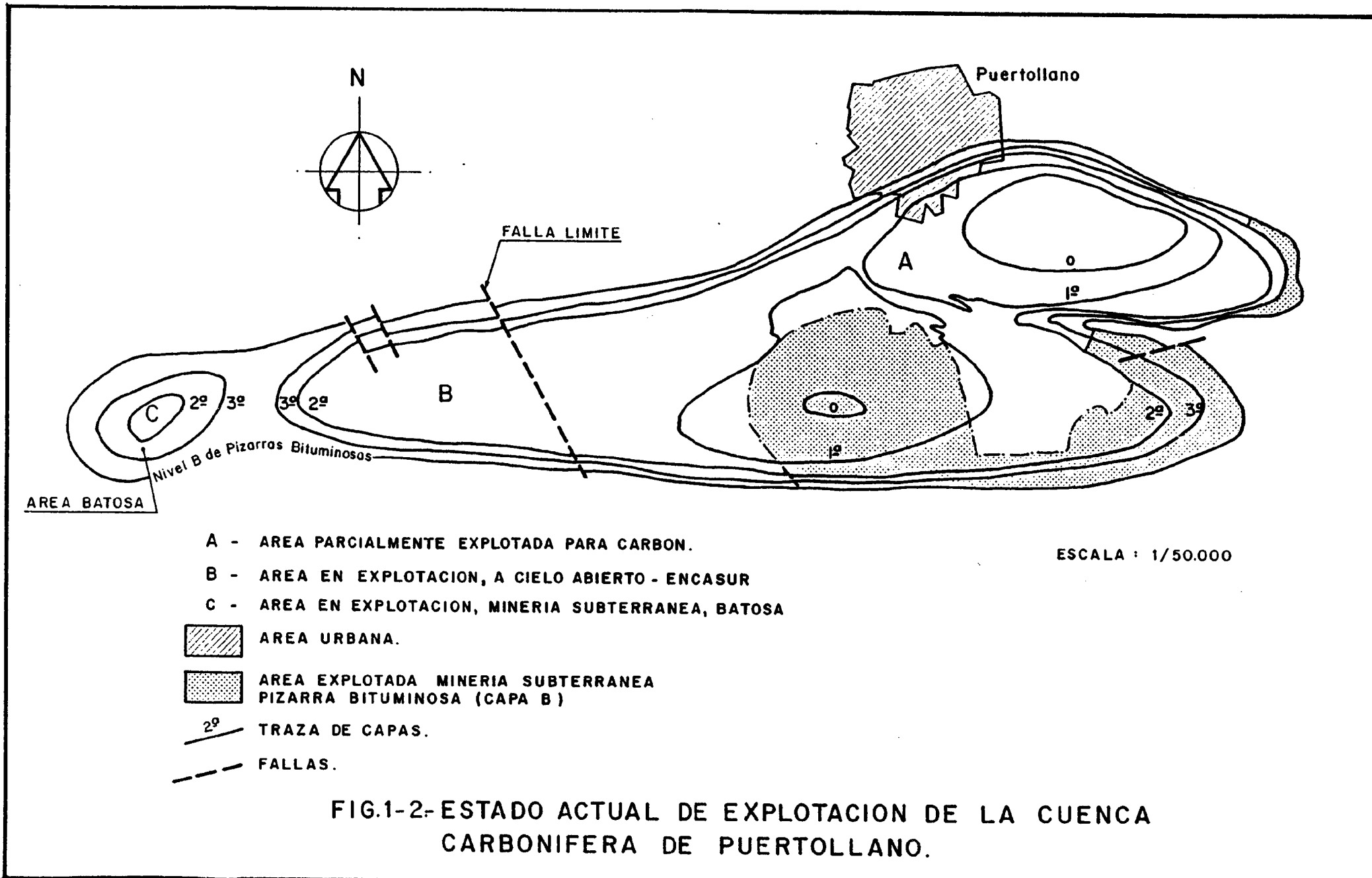
El presente Estudio responde al Convenio suscrito entre la EMPRESA NACIONAL ADARO DE INVESTIGACIONES MINERAS, S.A. y el INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA de Fecha Abril de 1982 y se enmarca en el Plan Nacional de Abastecimientos de Materias Primas Minerales (P.N.A.M.P.M.), dentro de un conjunto de estudios básicos en que se apoya la intensa actividad minera desarrollada por ENCASUR en el area de Puertollano. En la Fig. 1.1 se muestra la localización de la zona estudiada.

Geologicamente la cuenca de Puertollano es una cubeta cerrada con estructura general en sinclinorio alargado en sentido Este-Oeste y formado por dos sinclinales separados por un anticlinal. En los bordes afloran cuarcitas del Cámbrico y Ordovícico, estando Silúrico, Devónico y Carbonífero en la parte Central, cubiertos por un Pliocuaternario.

La actividad minera en la zona se remonta a 1880 al iniciarse la extracción de carbón en subterráneo. En 1945 la Empresa Nacional Calvo Sotelo inició las obras para la construcción de una planta de destilación de pizarras bituminosas. En el período 1955-1960 se llegó a superar el millón de Toneladas/año de carbón y las 650.000 Toneladas/año de pizarras bituminosas.

Actualmente se continúa la explotación subterránea en el area de Batosa (Fig. 1.2) y se ha iniciado la explotación global del area por minería de transferencia, avanzando en sentido O-E.





N

Puertollano

FALLA LIMITE

A

0

1º

B

2º

3º

3º

2º

Nivel B de Pizarras Bituminosas

0

1º

2º

3º

AREA BATOSA

- A - AREA PARCIALMENTE EXPLOTADA PARA CARBON.
- B - AREA EN EXPLOTACION, A CIELO ABIERTO - ENCASUR
- C - AREA EN EXPLOTACION, MINERIA SUBTERRANEA, BATOSA

ESCALA : 1/50.000



AREA URBANA.



AREA EXPLOTADA MINERIA SUBTERRANEA
PIZARRA BITUMINOSA (CAPA B)



TRAZA DE CAPAS.



FALLAS.

FIG.1-2- ESTADO ACTUAL DE EXPLOTACION DE LA CUENCA CARBONIFERA DE PUERTOLLANO.





A lo largo de 1982-83 se ha realizado una intensa campaña de investigación que, juntamente con las numerosas prospecciones anteriores, permitirá evaluar las reservas y características del depósito.

Se contabilizan 5 capas explotables de carbón y 3 horizontes bituminosos de espesores variables y buena continuidad, intercalados entre las capas 4ª y 5ª (Fig. 1.3).

En los años 1980-81, la Administración, a través del Plan Energético Nacional (PEN), encargó a la Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras, S.A. (ENADIMSA) un "Estudio de Viabilidad Técnica-Económica de Aprovechamiento de las Pizarras Bituminosas de Puertollano", entre cuyas conclusiones se planteaba la necesidad de estudiar diversos problemas geomecánicos y sirviendo por tanto de justificación al presente Estudio.

En el Convenio IGME-ENADIMSA de Abril del 82 se establecía por tanto como objetivo la definición de los problemas geotécnicos y sus soluciones para cortas de grandes profundidades y su interacción con la minería de interior. En el área inmediatamente al Sur de Puertollano, (incluso bajo la ciudad), la profundidad de las pizarras a casi 400 m. obliga a considerar la posibilidad de explotación mixta superficie-interior puesto que la primera, a dichas profundidades exigiría unos taludes que afectarían al casco urbano.

Desde un punto de vista metodológico se planteaba el estudio de los fenómenos de inestabilidad presentes en la corta actual, su influencia en las áreas circundantes y la incidencia de trabajos similares en las proximidades de Puertollano, así como aspectos ambientales, ángulos de los taludes de explotación, etc.

-  AREA URBANA.
-  2° TRAZA DE CAPAS.
-  FALLAS
-  5° TRAZA DE CAPA SUPUESTA.

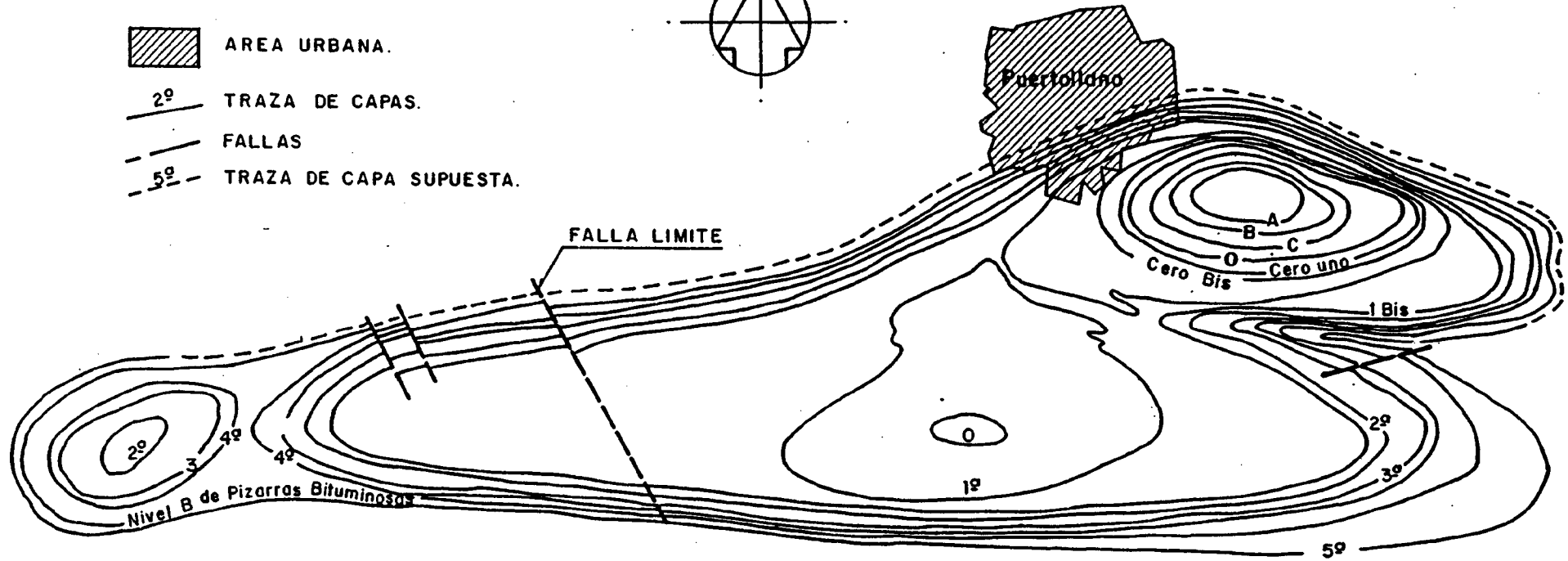
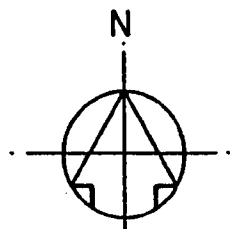


FIG. 1.3.- TRAZA DE LAS CAPAS DE CARBON.

Resulta evidente que, por su significación, importancia y trascendencia, el caso de la explotación por minería de superficie de los carbones y pizarras de Puertollano, - puede servir como estudio piloto para ulteriores estudios en otras áreas del territorio nacional.

En la redacción del presente Estudio se han tenido en cuenta, además del "Estudio de Viabilidad" elaborado por - ENADIMSA,

- el "Estudio hidrogeológico del Plan Estratégico de Explotación de la Cuenca de Puertollano", redactado por INTECSA en Abril de 1983.
- el "Estudio Geotécnico de los taludes de la explotación a cielo abierto del Plan Estratégico de la Cuenca de Puertollano".

Así como numerosos informes anteriores y los datos sobre la última campaña de sondeos y características de las explotaciones actuales amablemente facilitados por ENCASUR.

En Diciembre de 1982 se presentó al IGME un Informe - Parcial sobre el presente trabajo, el cual ha quedado recogido en esta Memoria.

Es interesante señalar que desde el establecimiento del Convenio IGME-ENADIMSA ha existido una evolución en los planes de ENCASUR respecto de la explotación del area, descartándose de forma casi definitiva la extracción de las pizarras bituminosas y centrando la actividad minera en el carbón. Por otra parte se han planteado problemas importantes de interferencia con el Plan General de Ordenación Urbana de Puertollano, afectando a amplias zonas explotables, sin que por el momento se haya resuelto el contencioso planteado.

Todo ello ha aconsejado un reajuste de los objetivos del Estudio, centrándolos sobre la minería del carbón, sin descuidar sin embargo las referencias necesarias a las capas y explotaciones de pizarras bituminosas.

1.2.- EL MARCO FISICO

La Comarca de Puertollano ocupa el extremo suroccidental de la provincia de Ciudad Real con una extensión de 2.857 Km² equivalentes al 15% de la superficie total de la misma.

Queda limitada al sur por Sierra Morena alguna de cuyas cordilleras se extienden de E a W, dejando entre las cumbres - valles paralelos a las mismas siendo el de Alcu^{dia} el principal de ellos (Fig. 1.1.).

La mitad norte de la comarca concentra la mayor parte de la población en la ciudad de Puertollano que, como su nombre in dica, ocupa un collado bajo entre el Campo de Calatrava al norte y el valle del río Ojailén al sur.

Los municipios incluídos en la comarca son. Almodovar del Campo, Argamasilla de Calatrava, Brazatortas, Cabezarrubias del Puerto, Hinojosas de Calatrava, Mestanza, Puertollano, Solana del Pino, Villamayor de Calatrava y Villanueva de San Carlos.

Sierra Morena es una continuación morfoestructural de la Meseta Castellana en un área donde aflora el substrato hercínico. Los materiales cuarcíticos de éste se alinean de WNW a ESE dando lugar a cresterías más o menos continuas en tanto que los valles se han labrado en las pizarras intercaladas, mucho menos competentes frente a la erosión.

El valle de Alcudia tiene un claro carácter estructural en forma de anticlinal de núcleo precámbrico en el que la denudación comienza a ser importante. Mas al norte, el valle del Ojailén alto y todavía más el Campo de Calatrava no han sido fuertemente denudados, constituyendo llanuras extensas entre cerros redondeados poco elevados, aunque con pendientes fuertes.

La Cuenca Minera de Puertollano ocupa parte de una de estas llanuras con una anchura media de 3,2 a 3,5 Km y unos 12-13 Km de longitud.

El río Ojailén penetra en la misma unos 20 Km aguas abajo de sus fuentes con una extensión vertiente de unos 87 Km², en tanto que sobre la propia cuenca vierten torrentes y arroyos con una superficie conjunta de otros 52 Km².

El clima comarcal es Mediterráneo Templado con sequía estival, veranos cálidos, inviernos fríos y cierta tendencia a la continentalidad. La temperatura media anual es de 14°- 15°C con máxima en torno a los 39°C y mínimas alrededor de -9°C (Fig. 1.4).

Respecto a las precipitaciones la comarca tiene una pluviosidad algo mayor que el resto de la provincia (480 ℓ/m^2 frente a 400 ℓ/m^2) dentro de la sequedad característica de la Mancha. El mes con mayor pluviometría es noviembre (70-80 ℓ/m^2) siendo el mínimo agosto con 2 ℓ/m^2 (Fig. 1.5).

Durante el verano el déficit de agua es muy elevado pues las precipitaciones representan aproximadamente el 8,5% del total anual. Por otra parte el régimen de precipitaciones es totalmente irregular tanto desde el punto de vista anual como interanual, lo que provoca periódicas inundaciones y profundos estiajes; el carácter de los ríos es por tanto marcadamente torrencial.

El 83% de los días del año la lluvia no entorpece el trabajo al aire libre (lluvia inferior a 0,1 $\ell/m^2/día$), en tanto que el período libre de heladas se extiende desde principios de abril hasta finales de octubre, es decir unos 215 días al año con temperaturas superiores a 0°C y unos 300 días con temperaturas superiores a 5°C a las 9 h. Por tanto los días con dificultades para el trabajo a cielo abierto oscilan en torno al 15% anual únicamente.

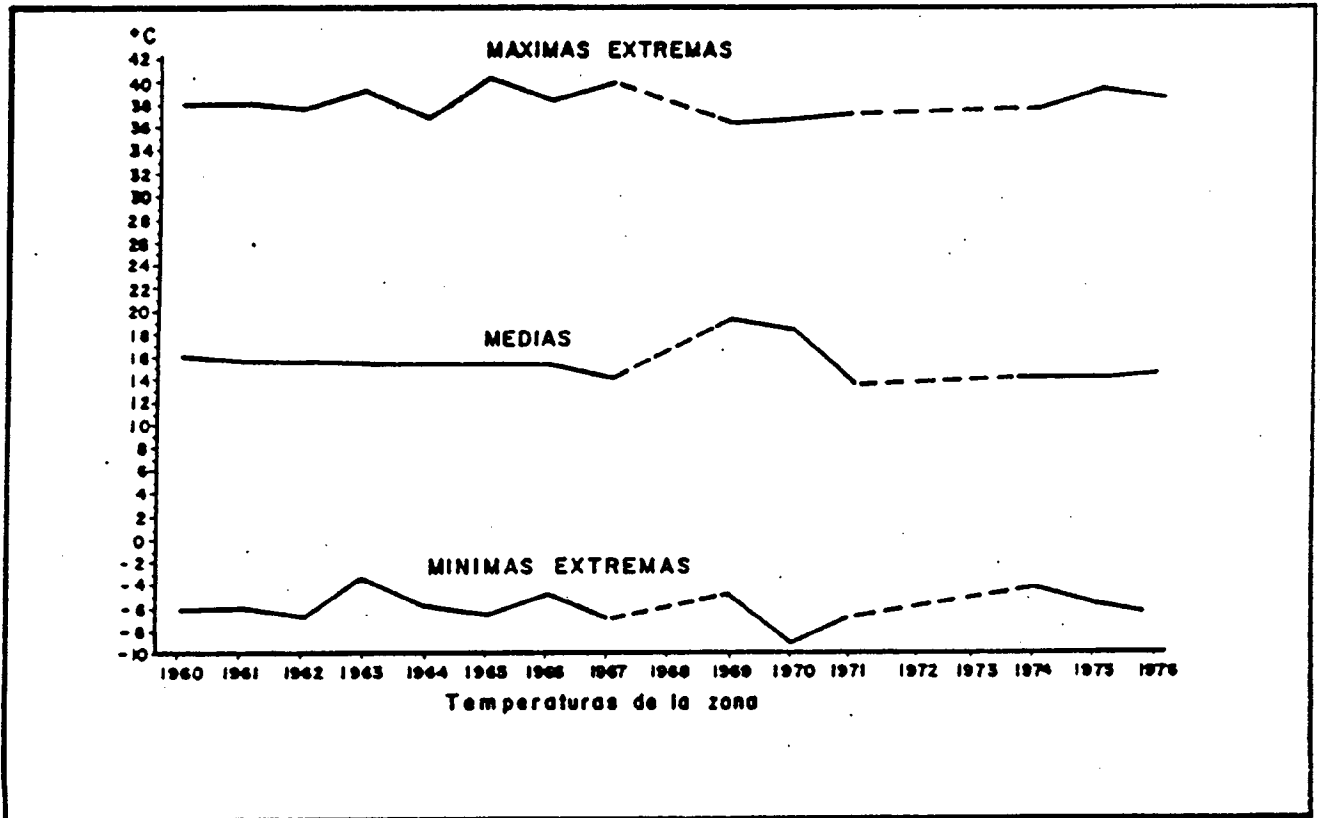


FIG. 1.4

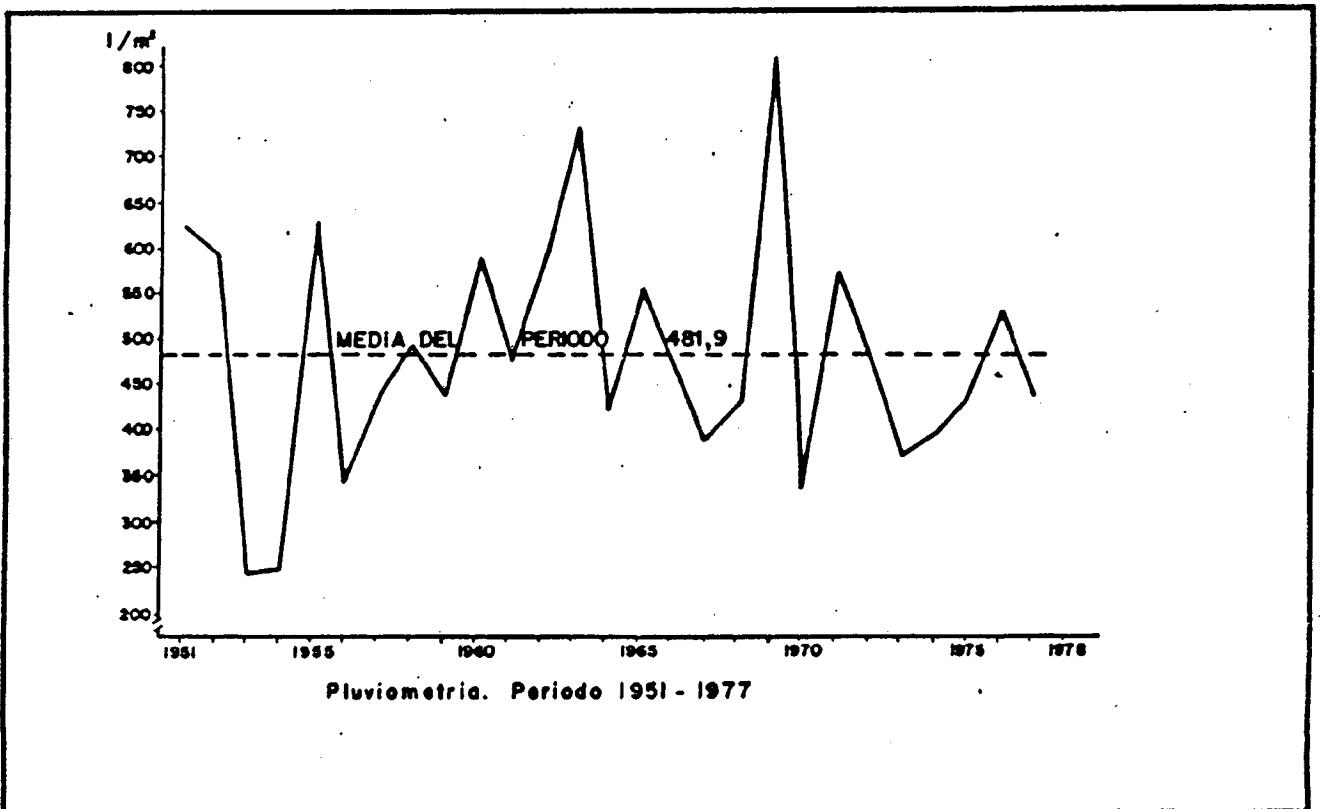


FIG. 1.5

2. REVISION DE LA INFORMACION GEOLOGICA Y MINERA

2.1. INTRODUCCION

El valle donde se encuentran enclavados los depósitos carboníferos que son objeto de la explotación por parte de ENCASUR, está modelado en un sinclinorio de dirección aproximada E-W.

Los flancos, tanto norte como sur, de dicho sinclinorio - los forman las potentes cuarcitas ordovícicas que debido a su - gran resistencia a la erosión dan un fuerte resalte en el relieve conformando al mismo tiempo las laderas del valle del río Ojailén hacia el interior se reconoce la base de los sedimentos silúricos, formados por cuarcitas, areniscas y pizarras silíceas.

Los depósitos Carboníferos y Devónicos no llegan a aflorar en superficie porque todo el valle está cubierto de depósitos Mio cenos y Pliocuaternarios. En ocasiones se observan intrusiones - de naturaleza volcánica. No obstante, tanto por la minería, subterránea y de superficie, como por sondeos, se tiene bastante información, sobre todo de los sedimentos que forman el gran paquete Carbonífero.

El sinclinorio forma parte de las estructuras hercínicas - tras la elevación de las cuales se implantó en la cuenca una fase de peneplanización que alcanzó hasta tiempos Oligocénicos. La - Orogenia Alpídica produjo la fracturación del substrato hercínico originando un conjunto de bloques con movimientos en la vertical conformándose la cuenca miocénica y elevándose las sierras actuales. Los perfiles esquemáticos transversales 1 a 4 permiten reconocer

la evolución del sinclinorio en su mitad oriental según se acentúa el anticlinal intermedio. (Fig. 2.1a,b,c)

2.2. ESTRATIGRAFIA E HIDROGEOLOGIA

2.2.1 Estratigrafía

De techo a muro, en el interior de la cuenca, la serie estratigráfica es la siguiente:

- PLIOCUATERNARIO RAÑOIDE -

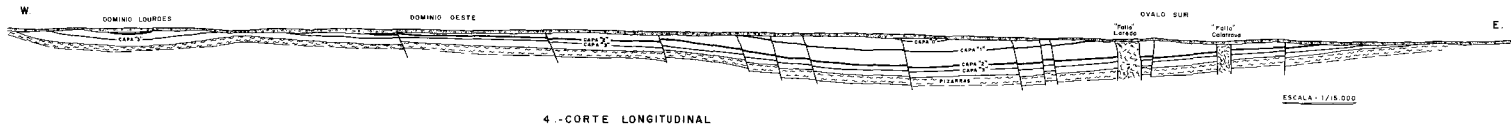
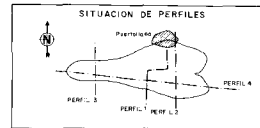
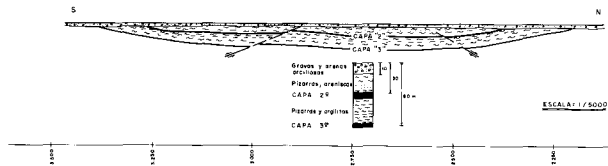
Conglomerado de cantos subredondeados de cuarcita con algunos otros de pizarra, con aspecto lajoso, de menor tamaño. En conjunto aparece bastante compacto con tramas semicerrada y matriz arcillosa que supone aproximadamente el 35% en volumen; su potencia oscila entre 2 y 8 m.

De esta edad parecen ser así mismo las intrusiones basálticas formadas por los elementos volcánicos, aflorantes abundantemente en la región oriental más próxima, y que dan lugar a pequeños asomos en la cuenca localizados en el entorno del poblado de Asdrúbal. Litológicamente parecen corresponder a basaltos, limburgitas, basaltos nefelínicos y algunas piroxenitas con textura porfídica en general. Los pequeños afloramientos vistos presentan en superficie una capa de alteración química débil y una fracturación importante pero no excesiva.

- MIOCENO -

Se han reconocido tres niveles de carácter subhorizontal en el área de explotación; estos son de arriba a abajo:

3.- PERFIL TRANSVERSAL 4 250 W.



- Carbón capa 0
- Carbón capa 1
- Carbón capa 2
- Carbón capa 3
- Pizarras (horizontes bituminosos)

FIG. 2.1b - PERFILES 3 y 4

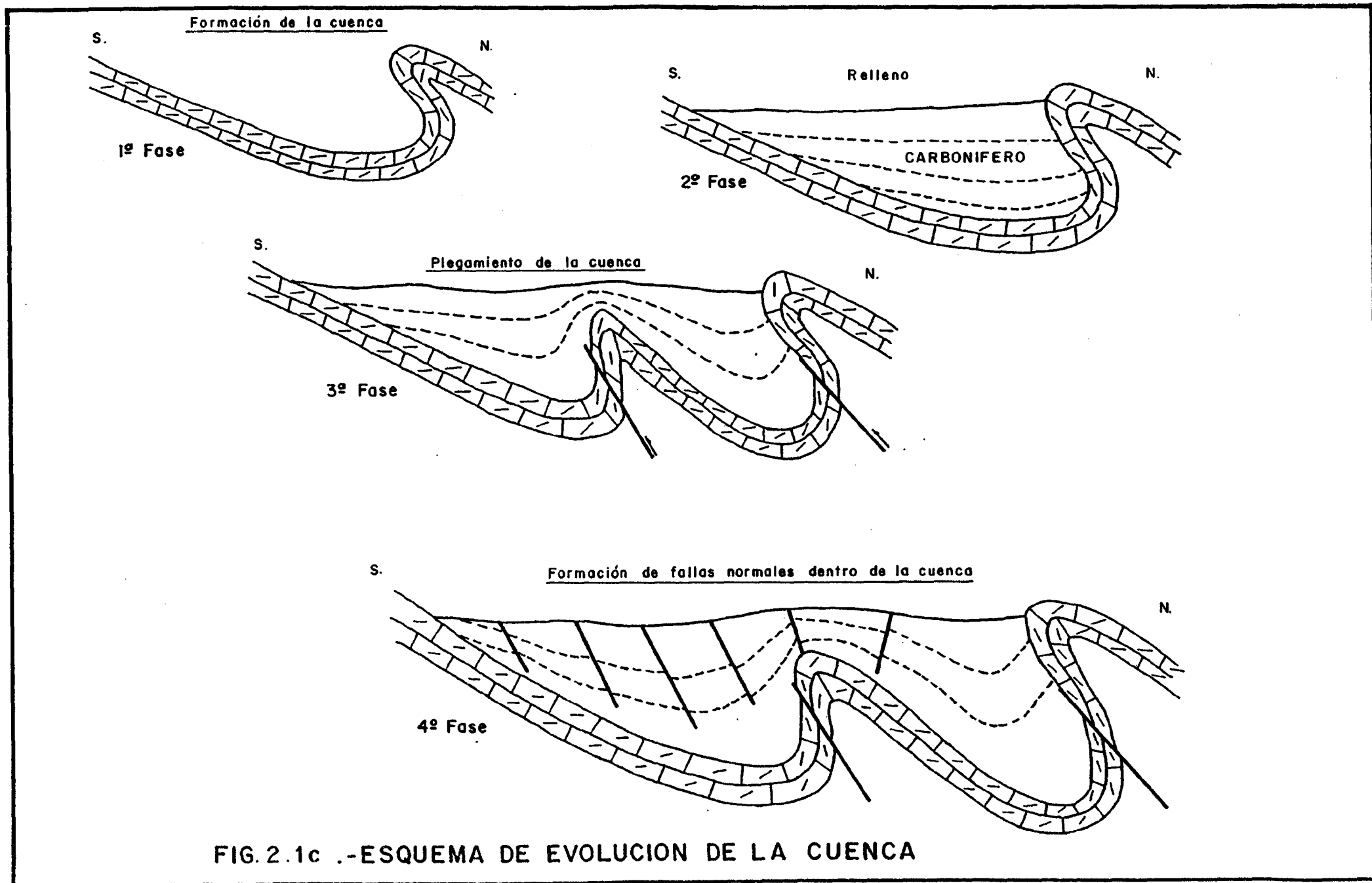


FIG. 2.1c .-ESQUEMA DE EVOLUCION DE LA CUENCA

- a) Margas y margocalizas masivas, sabulosas, con disyunción lajosa subconcoidea. En los cortes aparecen pequeñas fisuras de retracción por desecación que dan lugar a pequeños desplomes, se encuentran ligeramente diagenizadas y con fisuración secundaria bastante cerrada.
- b) Calizas margosas y calizas líticas tableadas con algunas juntas margosas; no presentan grandes fallas con milonitización apreciable aunque si diaclasas y fisuras abiertas en el área de voladuras con separación de 10 a 15 cm, normal a la estratificación. Entre ellas existen algunos niveles tobaceos de areniscas vulcano-sedimentarias.
- c) Calcarenitas con mayor índice de fisuración y con estratos más despegados.

- CARBONIFERO -

Se presenta casi concordante con el Mioceno en la parte central de la cuenca, y progresivamente discordante en los bordes y cierres perisinclinales hasta una diferencia angular en los buzamientos de 20° a 24°.

Existen cinco capas de carbón, apareciendo entre la cuarta y la quinta las pizarras bituminosas. El carbón alterna con pizarras, areniscas y grauwackas en facies flyschoide. Las pizarras son silíceas y algo micáceas en colores de gris verdoso a negro; las grauwackas presentan localmente engrosamientos que rompen la ritmicidad del conjunto. La distribución de techo a muro en cuanto a espesores es: 10-15 m sobre la capa uno; Capa 1 de hulla de unos 5 m con un nivel intermedio de areniscas que producen dos subniveles aprovechables, 1 y 1 bis. Hasta la capa 2 hay unos 60-80 m; Capa 2 de carbón en lechos de 10-12 cm de

disyunción lajosa, con intercalaciones pizarreñas de orden centimétrico, troceados; su potencia oscila entre 1,5 m y 3 m con borrasco en el muro y un 38 - 40% de cenizas en conjunto.

Hasta Capa 3 hay 20-30 m. Capa 3 de 1,5 m de potencia con 30 cm intercalados de piroclastos hacia el centro del conjunto de carbón; su encaje entre areniscas es bastante compacto. Entre la tercera y la cuarta capa hay unos 10 m de pizarras y areniscas. La Capa 4 es poco potente 0,8 a 1 m y en el techo hay limolitas poco estables.

Entre la cuarta y la quinta capa aparecen unos 110-130 m de potencia; en ellos se intercalan al menos tres niveles de pizarras bituminosas: A, B y C.

La descripción pormenorizada de las capas es como sigue:

1ª Capa

Ha sido la más importante por sus características y prácticamente se encuentra explotada en las dos cubetas. Su potencia es de 5 m separadas por una intercalación lo más probable de arenisca, lo que ha hecho que se explote como dos capas independientes. Lleva un contenido en cenizas del 10 al 12%.

2ª Capa

Tiene de 1,50 a 3 m de potencia, siendo de borrasco y de carbón sucio. Existen vetas de pizarras intermedias. Su explotación, tanto en Sur como en Norte en zona Este se encuentra prácticamente finalizada.

3ª Capa

Su potencia es aproximadamente de 1,50 m existiendo un nivel de cinerita (tonstein) de 30 cm a 1,20 m de muro. En la zona de ENCAÑUR sus cenizas oscilan entre el 36 y 38% y en cuanto a su techo y muro presentan una dureza bastante buena.

4ª Capa

Se encuentra a 10 m a muro de la anterior, de calidad buena, pero por su poca potencia (0,80 a 1 m) y por la poca solidez de su techo, la explotación apenas se realizó.

- Horizonte A de pizarras bituminosas

Se ubica a muro de la Capa 4 de carbón entre 40 y 50 m por debajo de ella. Puede considerarse formada por dos o tres niveles bituminosos separados por estériles lutíticos de espesor variable entre un decímetro y pocos metros.

- Horizonte B

Se sitúa a muro del Horizonte A a una distancia de 7 a 15 m en la zona Este de la falla límite y de 10 a 18 m en el área Oeste. Es el mas potente y continuo de todos. Su espesor oscila entre 2,05 y 8,80 m.

- Horizonte C

Suele encontrarse entre 30 y 40 m por debajo del Horizonte B en el tramo Este y entre 20 y 30 m al oeste de la falla límite, en esta zona el espesor es de 1,31 a 2,51 m, en tanto que en la zona oriental varía entre 0,68 m y 1,88 m.

5ª Capa

De 0,60 m y carbón bastante bueno, solo se explotó en algunas zonas marginales.

Las capas de carbón citadas con mayor o menor continuidad en los dos óvalos orientales en tanto que en la mitad occidental de la cuenca solo aparecen a partir de la segunda.

Aparte de estas capas de carbón existen otras, que en determinadas zonas se explotaron, como fueron la Capa 1ª bis. Y la Capa 0 en óvalo norte y parte del óvalo Sur.

Las correlaciones efectuadas en la zona oriental no son totalmente fiables para las capas superiores, ya que los datos utilizados proceden de fuentes muy diversas y su grado de aproximación es muy variable.

En la fig. 2.2. pueden verse las proyecciones de las capas de carbón bajo el Terciario y Cuaternario de la cuenca. La disposición ha sido reconstruída a partir de los datos procedentes de los sondeos y labores mineras.

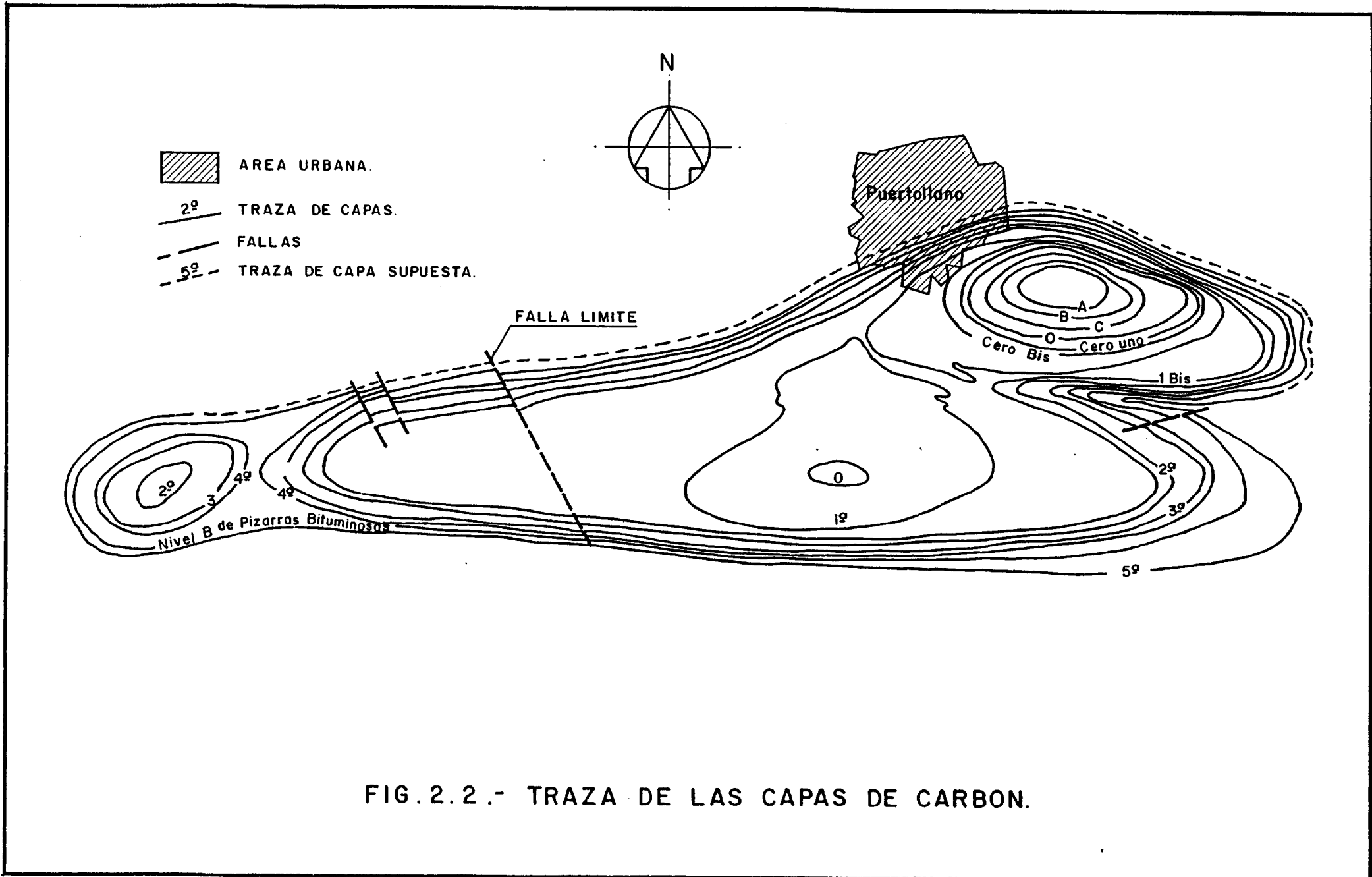


FIG. 2.2.- TRAZA DE LAS CAPAS DE CARBON.

2.2.2.- Hidrogeología

En principio sólo puede considerarse como acuífero permeable en la cuenca el constituido por los depósitos rañoides cuaternarios. Dentro del Mioceno las capas calcáreas o calcareníticas fisuradas pueden almacenar pequeños acuíferos colgados locales. El substrato paleozoico debe considerarse como prácticamente impermeable en general; no obstante ciertos niveles areniscosos y otros de pizarras silíceas en zonas falladas o fisuradas pueden encontrarse localmente cargados de agua.

Existe evidencia, sin embargo, de un importante volumen de agua almacenado en las antiguas labores cuyo origen parece deberse a aportes superficiales, bien por penetración directa en épocas de inundación o, mas probablemente, por infiltración desde los niveles cuaternarios y miocenos.

El acuífero superficial se encuentra alimentado por la infiltración propia y los aportes del río Ojailén y sus arroyos afluentes. La primera depende de unas precipitaciones anuales del orden de $500 \text{ l/m}^2/\text{año}$ con máximas en primavera ($\approx 100 \text{ l/m}^2/\text{mes}$) y otro máximo más atenuado en invierno. Hay déficit de humedad en el suelo entre mayo y octubre, y deben estimarse como meses de recarga exclusivamente de diciembre a abril con unos 240 l/m^2 repartidos entre infiltración y escorrentía. Esta recarga es por tanto bastante pequeña si se considera un índice de escorrentía medio de 0,4. La lluvia máxima diaria para un período de retorno de 50 años es de unos 80 mm.

El acuífero superficial ha sido tradicionalmente explotado para riego y otros usos. La relación de pozos existente en la zona, figura en el Cuadro 2.1. (Ver situación en fig. 2.3).

CUADRO 2.1
INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA.

POZO	PROFUNDIDAD (m.)	DIAMETRO (m.)	BOMBA	CAUDAL (l/s)	NIVEL ESTATICO (m.)
1	2,65	1	Manual		1,10
2	4,96	1	Manual		1,75
3	4	2 x 5	7 CV gasóleo.	3,5	0,20
4	2	2	Manual		0,20
5	1,5	1,5 x 5	7 CV	3,5	0,10
6	5,30	1,30	Manual		0,50
7	3,60	2 x 3	9 CV		0,20
8	11,35	2	Manual		7,40
9	10,03	1,10	Manual		7,80
10	8,90	1	Manual		0,30
11	5	3 x 1,3	Noria	2	0,30
12	(manantial)			1,5	
13	4,50	1,5 x 3	2 CV		2
14	2,30	1,30	Manual		0,10
15-16	3,18	0,7 x 0,7	1,5 CV		0,60
17	1,70	0,80	2 CV		0,60
18	1,15	0,70	Manual		0,40
19	5,60	1 x 2	2,5 CV	0,2	2,35
20	3,75	1 x 2	5 CV		1
21	12,62	2	7,5 m. sumerg.		3,37
22	1,5	1	6 CV		0,70
23	(manantial)			0,5	
24	14,46	1,5 x 3	Noria		2,90
25	11	1	Manual.		0,20
26	6,30	1,50	Manual		2,30
27	8,40	3	2,5 CV		1,30
28	2	1 x 1,5	Manual		1,90
29	15,24	desconocido	Sumerg.		1,58
30	4,44	1	Manual		1,60
31	18,70	0,40-0,60	Sumerg.		13,70
32	26	2	Sumerg.		21,50
33	24	3	Sumerg.	0,2	22

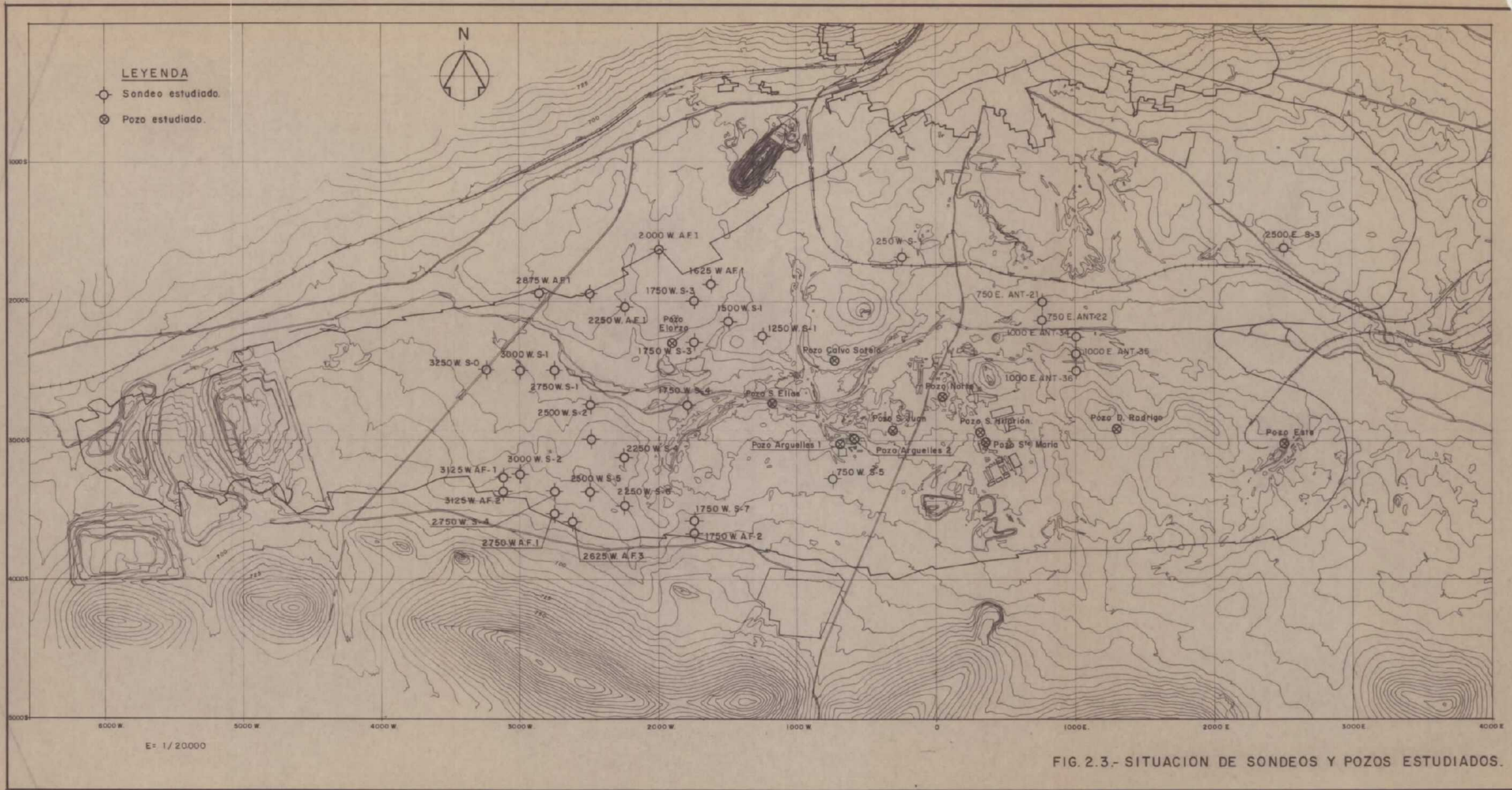


FIG. 2.3.- SITUACION DE SONDEOS Y POZOS ESTUDIADOS.

De los 33 puntos de agua inventariados, 30 corresponden a pozos abiertos, 2 a manantiales y uno a pozo de mina. La profundidad máxima de pozo encontrada corresponde a un pozo de la zona de las explotaciones de Elorza (número 32) de 26 m, aunque la mayoría de ellos tienen profundidades inferiores a los 10 m.

Los caudales de extracción son muy pequeños, 0,2-5 l/s con grandes variaciones verano-invierno.

Los pozos números 7, 10, 11, 13, 14 y 15 corresponden al acuífero aluvial. Son aguas para riego, insalubres por contaminación del río.

Los pozos números 27, 28, 29 y 30 captan de terrenos cuaternarios con características similares a los aluviales..

Los pozos 32 y 33 con las mayores profundidades del inventario explotan el acuífero terciario.

Los pozos restantes explotan el límite superior del paleozoico.

Existen algunos manantiales de pequeño caudal en la zona de La Nava, punto 23, aguas procedentes de la falla S del Cerro de La Olla.

El punto número 29 corresponde a un pozo de mina, canal de ventilación llamado por los mineros pozo La Alcoba, que presenta una profundidad de 15,24 m con bomba sumergida, y nivel estático 1,58 m. No se dispone de información completa sobre él.

Por lo que respecta al conjunto de materiales situados por encima del zócalo de cuarcitas silúricas, es de señalar su carácter relativamente homogéneo desde el punto de vista hidrogeológico.

Como se ha indicado en el apartado anterior, están constituidos principalmente por pizarras con intercalaciones de 3 capas de carbón, y otras discontinuas de areniscas, entre 0,10 m y 15 m de espesor. La disposición general es perisinclinal.

En esta formación se ubican numerosos minados antiguos. En el Cuadro 2.2 se indican las características de principales pozos de la zona. Estos pozos han sido objeto de un detallado análisis en un estudio realizado por INTECSA en Abril de 1983 y titulado - "Estudio hidrogeológico del plan estratégico de explotación de la cuenca de Puertollano".

En este estudio se pretendía establecer la posible incidencia del agua subterránea en la futura corta, así como determinar la calidad de las aguas almacenadas en los antiguos minados para su eventual utilización industrial.

Entre las conclusiones del citado estudio se pueden destacar las siguientes:

- Parece deducirse una relación entre la configuración geológica de la cuenca, en especial los rasgos tectónicos, y la forma de las isopiezas y las direcciones de flujo.
- Al Oeste de la cuenca estudiada existe un gradiente hidráulico muy elevado (20%) que permite aventurar un límite impermeable. En un caso se puede tratar del sellado que produce la "falla límite" y en otro (zona meridional), del contacto con las cuarcitas y pizarras ordovícicas.
- Paralelamente a la falla límite existe una zona de drenaje donde el agua se encuentra por debajo de la cota 610. Esta zona de drenaje se extiende hacia el Este y se amplía considerablemente

POZO	COTA BOCA	PROF. TOTAL	NIVEL DEL AGUA (cota S.N.M.)							
			año 1972	sept. 1973	17-6-80	6-11-81	16-6-82	1-3-83	2-3-83	4-3-83
ARGUELLES-1	677,52	246	---	473,52	590,52	---	596,02	---	---	600,52
ARGUELLES-2	677,52	94	432	558,52	590,27	---	597,97	---	---	599
CALVO SOTELO	664,57	---	336	---	589,17	---	600,57	601	---	---
D. RODRIGO	681	205	545	---	585	---	599,02	600,4	---	---
ELORZA	668,21	100	---	---	589,9	595,21	597,2	600,4	---	---
ESTE	661	---	552	---	586,26	---	595,56	---	---	---
NORTE	670,80	205	---	---	---	---	588,8	591,3	---	---
S. ELIAS	670,13	---	474	---	589,63	595,63	599,13	---	---	601,13
S. HILARION	665	---	460	---	590,10	---	596,30	---	600,76	---
S. JUAN	670	---	470	468,16	590,15	---	600,35	---	---	---
S. JULIAN	673,02	---	---	---	---	---	583,02	592,6	---	---
STA. MARIA	665	208	460	467	590,35	596	599	601	---	---

CUADRO 2-2

en la parte central de la cuenca, precisamente donde se localizan la mayor parte de los pozos de mina (San Elías, Calvo Sotelo, Argüelles 1 y 2, San Juan, San Hilarión, Santa María y Don Rodrigo) en los que el agua está a la cota 600 aproximadamente. Esto puede inducir a considerar que las labores antiguas actúan como colectores del agua drenada al acuífero. En el Carbonífero no explotado, sin embargo, el agua llega a la 670, lo que indica la menor permeabilidad del conjunto.

- En la zona oriental parece existir una amplia zona de menor permeabilidad de dirección E-O, a lo largo del río Ojailén, que puede coincidir con la parte central del "Ovalo Norte".
- Al Norte de esta zona y aproximadamente coincidiendo con la abscisa 1000 parece que se localiza una estrecha franja por donde, presumiblemente, se produciría el drenaje principal del agua subterránea de la cuenca carbonífera (Cuadro 2.3).

Esta hipótesis estaría apoyada por criterios hidrológicos y geológicos. De una parte los niveles de agua de los pozos de mina Norte y San Julián y del sondeo minero S-1 del perfil 2750E están a las cotas 588,80, 583,02 y 587,40 respectivamente, que son las más bajas de toda la cuenca. Desde el punto de vista geológico, el flanco Norte del sinclinal carbonífero se encuentra intensamente plegado y fracturado, lo que facilitaría una zona de drenaje preferente.

CUADRO 2.3.
INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA.

TIPO	NOMBRE	COTA BOCA	PROFUNDIDAD TOTAL	PROFUNDIDAD AGUA	COTA DEL AGUA	FECHA.
SONDEO	750 E ANT - 21	653,50	178,65	28,60	624,90	19-8-82
"	750 E ANT - 22	651,55	89,25	35,20	616,35	19-8-82
"	1000 E ANT - 34	651,80	81,65	32,00	619,80	19-8-82
"	1000 E ANT - 34	651,80	-	23,63	628,17	28-2-83
"	1000 E ANT - 35	658,00	90,25	16,70	641,30	19-8-82
"	1000 E ANT - 35	658,00	-	16,40	641,60	28-2-83
"	1000 E ANT - 36	662,04	92,60	24,20	637,84	19-8-82
"	1000 E ANT - 36	662,04	-	21,60	640,44	28-2-83
"	2500 E S - 3	662,90	215,35	12,10	650,80	-
"	250 W S - 1	667,90	227,50	64,20	603,70	19-8-82
"	250 W S - 1	667,90	-	62,98	604,92	4-3-83
"	750 W S - 5	679,00	268,50	62,60	616,40	
"	1250 W S - 1	673,50	165,20	44,10	629,40	
"	1500 W S - 1	666,75	167,20	8,40	658,35	
"	1750 W S - 1	689,90	126,00	19,70	670,00	
"	1750 W S - 3	668,11	145,00	15,80	652,31	
"	1750 W S - 4	660,00	165,00	48,70	611,13	19-9-82
"	1750 W S - 7	681,25	95,90	71,50	609,75	22-10-82
"	2250 W S - 4	677,11	132,05	50,00	627,11	22-10-82
"	2250 W S - 6	680,10	55,00	40,30	639,80	22-10-82
"	2500 W S - 2	668,00	147,35	48,00	620,00	22-10-82
"	2500 W S - 5	683,25	97,60	70,80	612,45	22-10-82
"	2500 W S - 5	683,25	0,00	ATERRADO	-	2-3-83
"	2750 W S - 1	662,88	0,00	ATERRADO	-	2-3-83
"	2750 W S - 4	684,00	-	70,43	613,57	2-3-83
"	3000 W S - 1	665,90	108,00	52,70	613,20	
"	3000 W S - 1	665,90	0,00	ATERRADO		3-3-83
"	3000 W S - 2	681,90	-	23,10	658,80	2-3-83
"	3250 W S - 0	667,51	92,00	60,30	607,21	
"	3250 W S - 0	661,51	0,00	ATERRADO	-	4-3-83
"	1625 W AF - 1	671,90	49,00	19,30	652,60	
"	1750 W AF - 2	685,19	50,00	23,00	662,19	22-10-82
"	2000 W AF - 1	674,35	55,00	23,80	650,55	
"	2250 W AF - 1	669,00	25,00	16,10	652,90	
"	2500 W AF - 1	672,70	25,00	26,30	646,40	
"	2500 W AF - 3	686,00	54,00	21,20	664,80	22-10-82
"	2500 W AF - 4	687,40	37,60	13,80	673,60	22-10-82
"	2625 W AF - 3	688,25	48,00	14,80	673,45	22-10-82
"	2750 W AF - 1	688,08	40,00	9,50	678,58	18-9-82
"	2875 W AF - 1	672,00	48,00	20,90	651,10	
"	3125 W AF - 1	681,25	41,00	26,60	654,65	18-9-82
"	3125 W AF - 1	681,25	-	34,88	646,37	2-3-83
"	3125 W AF - 2	684,50	41,00	7,30	677,20	18-9-82

Como puede apreciarse, los ascensos desde 1972 son generalizados. La velocidad de ascenso debió ser muy grande (más de 20 m/año de media) en el período 1972-75 debido a la progresiva disminución del volúmen de agua bombeado, y a partir de 1975 los ascensos se fueron amortiguando, todavía influenciados por la interrupción del bombeo y también debido a que el drenaje de la cuenca, si es que se produce, lo hace muy lentamente.

De los datos existentes a partir de 1980 que son los más fiables y no están distorsionados por bombeos, se deduce que el ascenso de niveles, en régimen natural, es del orden de unos 4,5 m/año. A este ritmo, y si no se modifican las condiciones actuales, en el plazo de 10-15 años el agua alcanzará la boca de algunos pozos.

De todo este cúmulo de datos incompletos se desprende que el agua de la cuenca carbonífera tiene dificultad para salir de ella y en todo caso, las recargas deben ser superiores a las salidas. El efecto inmediato es la gradual acumulación y, por consiguiente el ascenso de niveles.

-Se estima que la permeabilidad del acuífero en su conjunto debe ser pequeña, del orden de 1 m/d o quizás menor, pero debido a la heterogeneidad y anisotropía, el valor de la permeabilidad puede ser extremadamente variable de una zona a otra. En este sentido cabe destacar el importante papel que las fracturas y las intrusiones volcánicas tienen en el aumento de este parámetro.

-En concreto la parte central de la cuenca carbonífera -, donde existe una intrusión volcánica ve favorecido el flujo vertical debido a la mayor permeabilidad vertical, con-

-- secuencia de la distorsión estructural existente. En general todas las zonas de fracturas condicionan una mayor permeabilidad y son, por tanto, zonas de circulación preferente.

-Por lo que respecta al coeficiente de almacenamiento, se ha estimado entre el 2% y el 4% a la vista de la litología predominante de pizarras y areniscas. Para el cálculo del agua contenida en la formación carbonífera no minada ni explotada (zona virgen) se ha aplicado el valor de 0,02 como valor medio.

-El agua de lluvia se infiltra a través del recubrimiento terciario y de las zonas meteorizadas y fracturadas de los bordes, produciendo una recarga entre 1 y 2 Hm³/año.

-Una recarga importante procede del río Ojailén en su tramo medio, habiéndose medido en un aforo una pérdida neta de 65,6 l/s. La recarga media anual por este concepto se estima en 1,5 Hm³/año. (Ver fig. 2.4).

-En las figs. 2.5 y 2.6 se muestran los volúmenes almacenados a distintos niveles, según las estimaciones de INTEC-SA.

Como puede verse el almacenamiento crece de forma aproximadamente lineal con la profundidad en los 100 primeros metros, amortiguándose progresivamente en los cien metros siguientes y estabilizándose para profundidades mayores, lo cual resulta coherente con la historia de los minados de la zona.

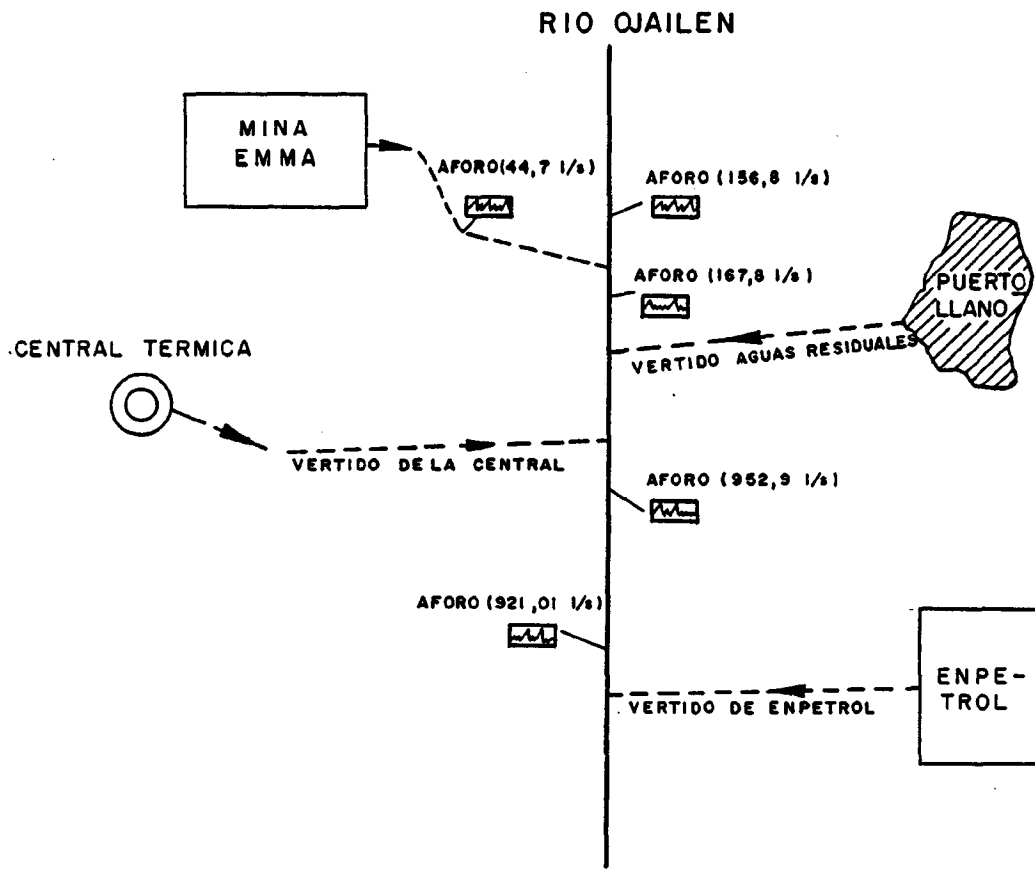


FIGURA. 2.4.-

FIG. 2.5.-

VOLUMEN DE AGUA ALMACENADO EN CADA FRANJA

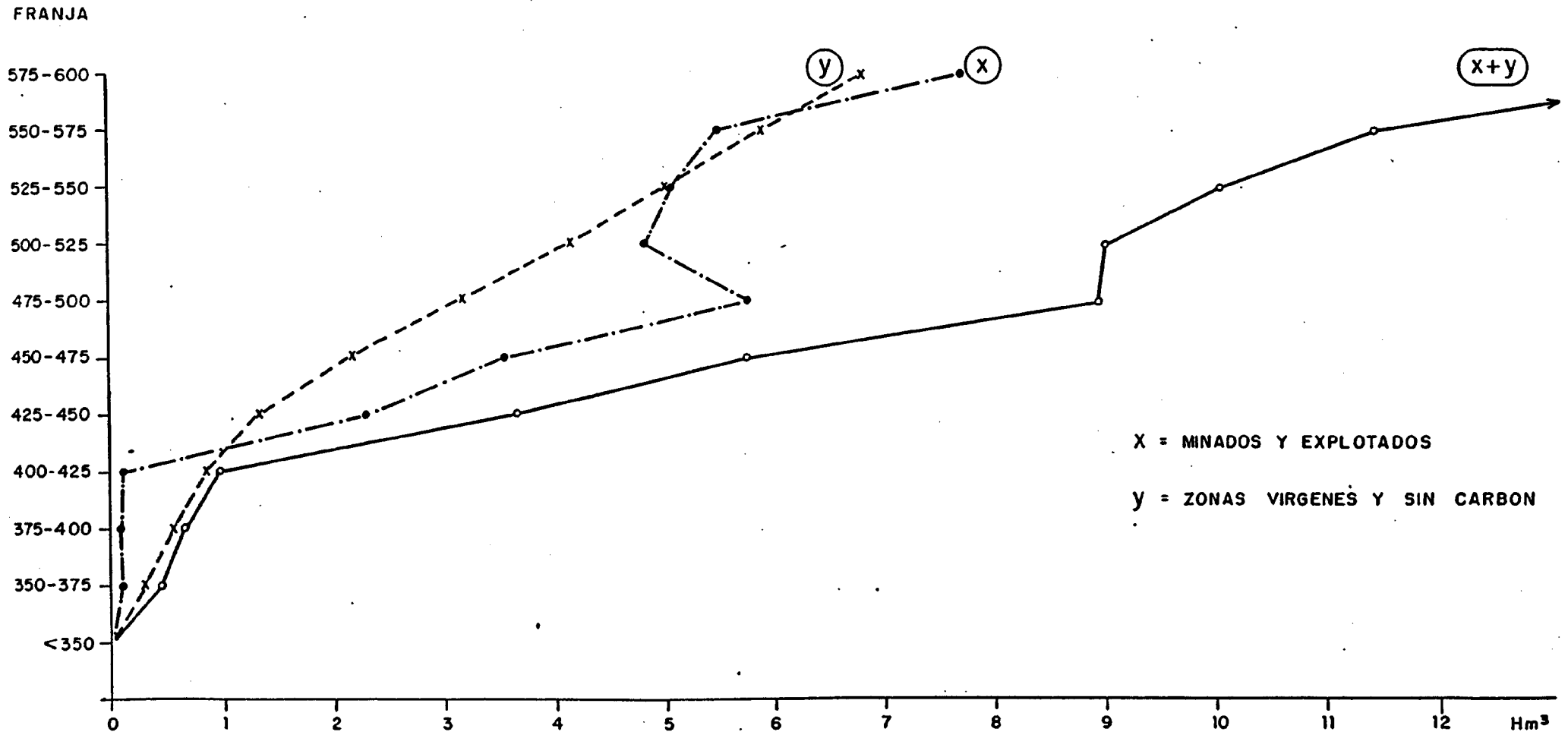
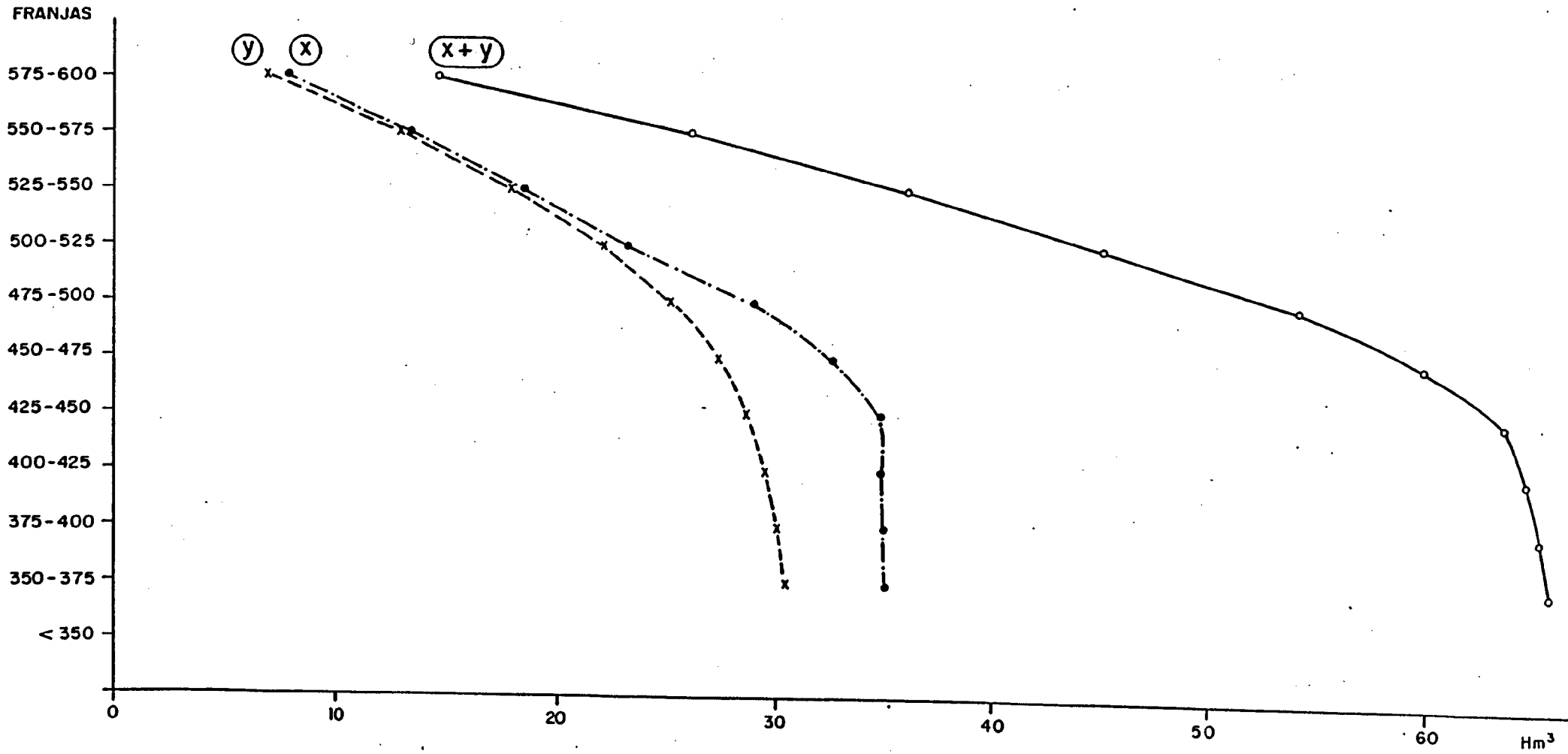


FIG. 2.6.-

VOLUMEN DE AGUA ALMACENADO POR ENCIMA DEL MURO DE LA FRANJA



Existen pocos datos objetivos sobre aportes reales a niveles profundos. Respecto al efecto de las grandes fallas se sabe que el aporte de las labores del pozo Este entre las "fallas" Laredo y Calatrava es de unos 850 m³/día a la cota 540 m. Son caudales importantes pero muy localizados que exigirán un estudio particular de drenaje en cada caso. A este aspecto deben considerarse las fallas de largo recorrido que afectan a los macizos rocosos encajantes de la cuenca.

Por lo que respecta al frente de corta se han detectado -pequeñas surgencias puntuales en un plano de falla de dirección N 166 E con buzamiento de 48° O y que recorre la corta en dirección NO-SE claramente visible en el talud n° 4, en el entorno de la antigua explotación por pilares, en el borde Noreste de la mina.

Por otra parte, se observan surgencias bastante generalizadas pero de escaso caudal ($< 1 \text{ l/m/min}$) en la parte superior de la Capa "2" de carbón, a una profundidad de 40 m bajo la superficie original del terreno y en la parte mas inferior de la explotación actual de dicha capa.

El hecho de fluir agua en la parte mas baja de la Capa "2" indica que ésta actúa de barrera impermeable frente a los materiales semipermeables suprayacentes.

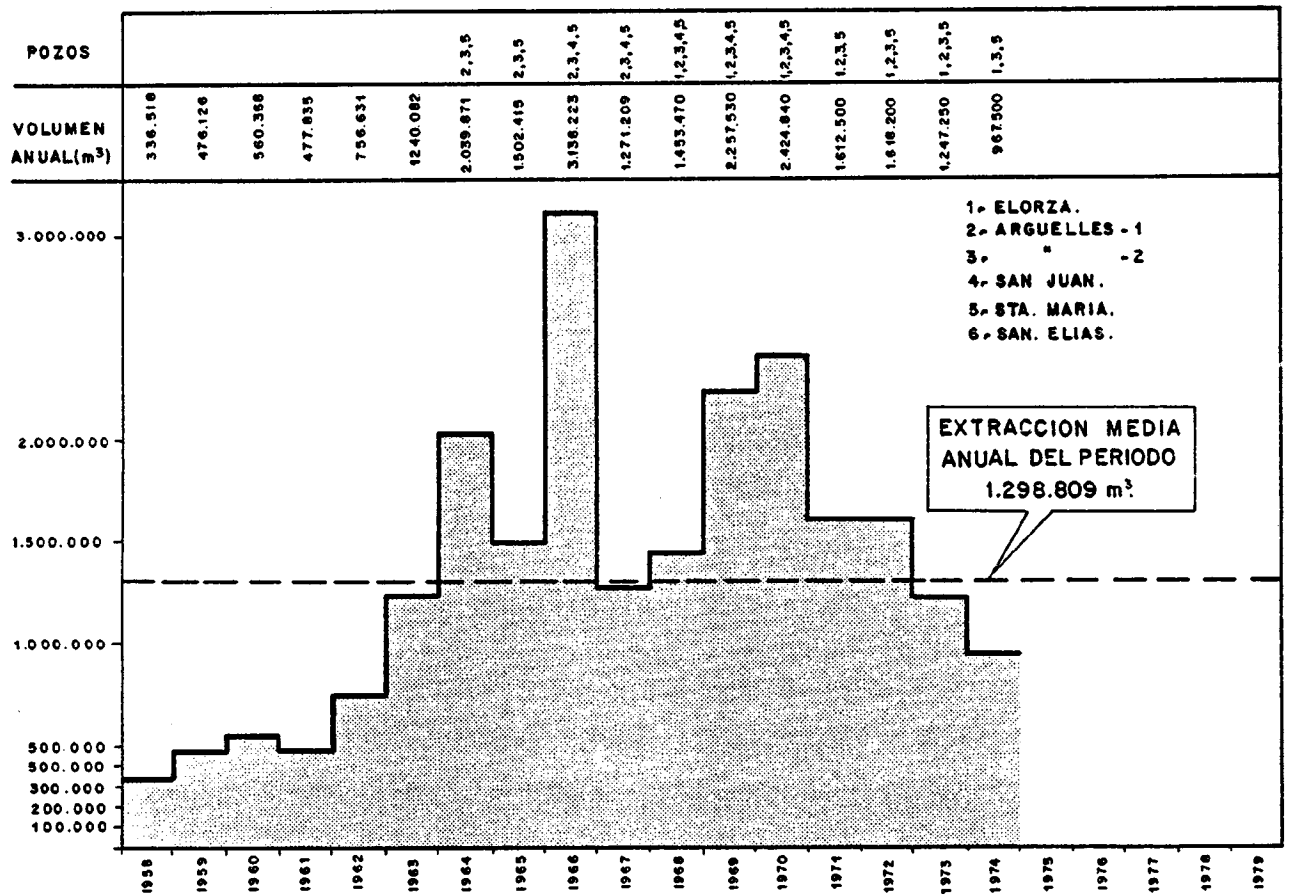
Asi mismo se han observado fenómenos puntuales de surgencias en la Capa "3" de carbón pero de menor caudal que en la Capa "2".

A nuestro juicio los aspectos mas destacados a considerar en las futuras explotaciones son:

- La incidencia de las grandes cargas de agua presentes en pozos y minados que pueden provocar que revienten zonas de los taludes o afectar a la estabilidad de los mismos por un efecto de subpresión localizada. Este tema se analiza con mas detalle en los Capítulos 8 y 10.
- Los bombeos actuales son muy reducidos pero debe contarse con un incremento notable de los mismos al aproximarse a los minados y a la "falla límite". La interconexión entre minados puede obligar a evacuar en épocas concretas volúmenes del orden de 0,5 Hm³ o superiores.
- El método de explotación está aumentando la capacidad de almacenamiento y permeabilidad de la cubeta. Aún sin conectar con las zonas cargadas de agua, deberá contarse con el bombeo del agua de lluvia infiltrada en las escombreras, cada vez mayores, que se van formando con la explotación.
- Resulta importante el desvío del río Ojailén en su tramo medio, aún no canalizado, evitando el riesgo de desbordamientos y la infiltración natural actual.
- Los niveles piezométricos en los pozos de mina presentan variaciones estacionales de 4 a 10 m, atribuibles según INTECSA al aumento de las aguas residuales de Puertollano, a los excedentes de la Compañía Sevillana y a los regadíos.

- En las antiguas explotaciones se estuvo bombeando desde el año 58 hasta alcanzar el máximo en el año 63. A partir de aquí el volúmen bombeado se ha mantenido elevado, descendiendo paulatiunamente a medida que cerraban las explotaciones para interrumpirse en el año 1975 (Fig. 2.7).

EVOLUCION DEL VOLUMEN ANUAL BOMBEADO



PRECIPITACION ANUAL

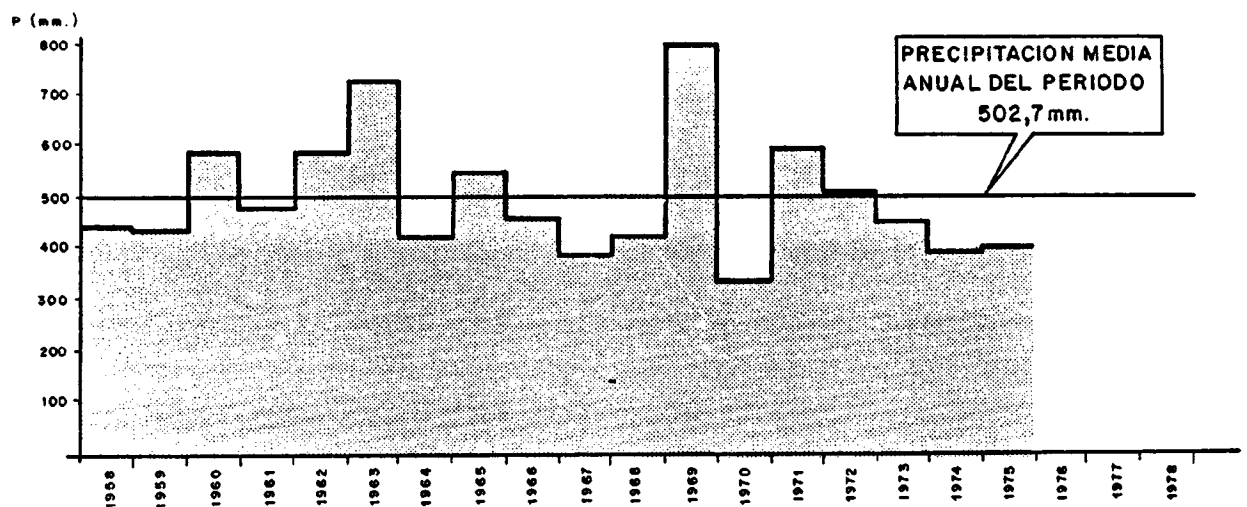


FIGURA. 2.7.-

2.3. ESTRUCTURA TECTONICA

Se van a distinguir tres niveles de apreciación de la tectónica en la zona de estudio.

2.3.1 A nivel regional

Existen unas direcciones de esfuerzo N20-30E que generan las grandes estructuras tales como el anticlinorio del Tirteafuera (situado al Norte), el Sinclinorio de Puertollano (que es la zona que nos ocupa) y el anticlinorio de Mestanza o del valle de Alcudia al sur.

Estas direcciones de esfuerzo generan unas direcciones de plegamientos próximos a N 110 E que es la que tienen, salvo tras toques locales, las grandes estructuras citadas.

Naturalmente, existen fallas y fracturas que pueden ser paralelas a las direcciones de plegamiento pero que la mayoría de las veces son transversales. (Ver análisis estructural de discontinuidades).

2.3.2 A nivel local

Dado que el estudio se centra en los depósitos de edad Carbonífera que contienen niveles carbonosos explotables, el Sinclinorio de Puertollano está compuesto por dos áreas distintas, el área occidental, más estrecha, donde la cubeta carbonífera es un sinclinal alargado según la dirección aproximada N 70 E y el área oriental, más ancha, en que hay un desdoblamiento y la cubeta está compuesta de dos sinclinales sepa

rados por una zona anticlinal fallada y rota por donde ha habido extrusiones de materiales volcánicos de naturaleza basáltica o próxima a ella.

Es en esta área oriental donde la cubeta carbonífera alcanza mayor profundidad.

Los bordes sobre todo el septentrional de la subcubeta norte tienen fuertes pendientes, es decir, los flancos de los sinclinales alcanzan buzamientos de hasta 45° e incluso más.

El área oriental tiene una dirección general próxima a N 90 E (E-W) y está separada de la occidental por una falla que con una dirección aproximada de N 155 E tiene un marcado componente de desgarro.

2.3.3 A nivel de afloramientos

Dado que éstos están limitados a las explotaciones se ve que, aunque la disposición de las capas en cuanto a dirección y buzamiento es muy homogénea, cuando hay fallas con desplazamientos las capas sufren una distorsión justo al lado de la falla.

También hay distorsiones de pequeña entidad dentro de las capas debido a estructuras deposicionales y a la plasticidad de algunos materiales que en ciertos casos pueden dar algún problema desde el punto de vista de estabilidad de taludes, sobre todo en los bordes de la cubeta donde la pendiente es mayor que hacia el centro.

La naturaleza de los materiales influye también en la frecuencia y repartición de las superficies de discontinuidad de tal

forma que los materiales más compactos y que están dispuestos en paquetes más potentes tienen una repartición de discontinuidades más espaciadas que los que están en estratos más finos y son menos resistentes.

También influye en la repartición de discontinuidades el hecho de que se esté en un frente de explotación orientado en el avance hacia el Este o hacia el Norte.

2.4. ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE DISCONTINUIDADES

Se ha trabajado a tres escalas:

- Fracturas que afectan a la gran estructura tectónica que es el Sinclinorio de Puertollano, centrándose en los bordes, en tránsito a los anticlinorios de Tirteafuera y Mestanza (Valle de Alcudia)
- Fracturas que afectan a las cubetas carboníferas dentro del sinclinorio, y
- Fracturas y discontinuidades en afloramientos.

2.4.1 Las Fracturas que afectan a los flancos del Sinclinorio (Fig.2.8) han sido medidas tanto en el norte (Figura 2.10) como en el Sur (Figura 2.11)

Salta a la vista que en ambos casos existen unas direcciones preferenciales que son prácticamente coincidentes (Entre N 30 E y N 60 E) y unas conjugadas de menor importancia relativa entre N 135 y N 150).

- ① - SUBDOMINIO LOURDES.
- ② - DOMINIO OESTE.
- ③ - DOMINIO ESTE
- ④ - DOMINIO DE LA SUBCUBETA SUR
- ⑤ - DOMINIO DE LA SUBCUBETA NORTE.
- ⑥ - DOMINIO DE LA ZONA DE TRASTORNOS.

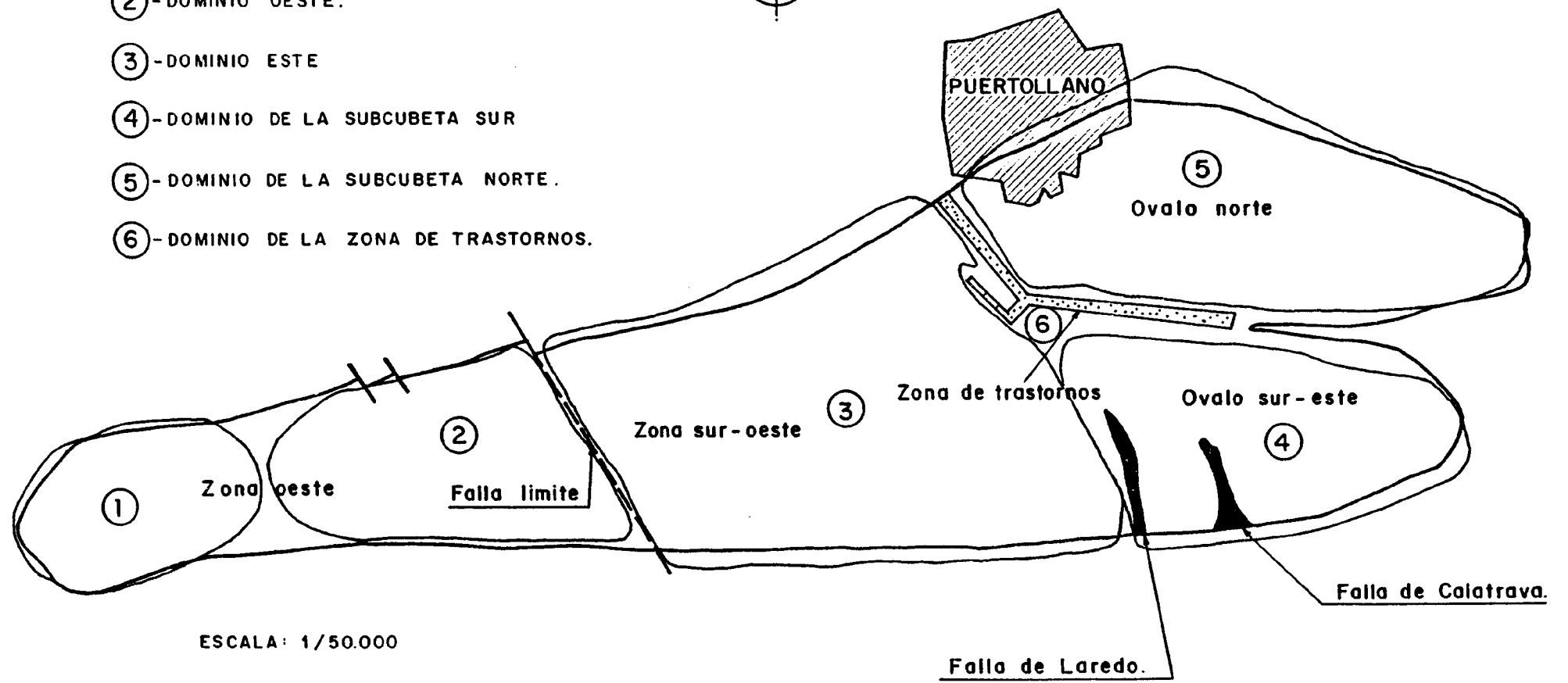
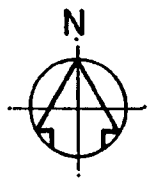








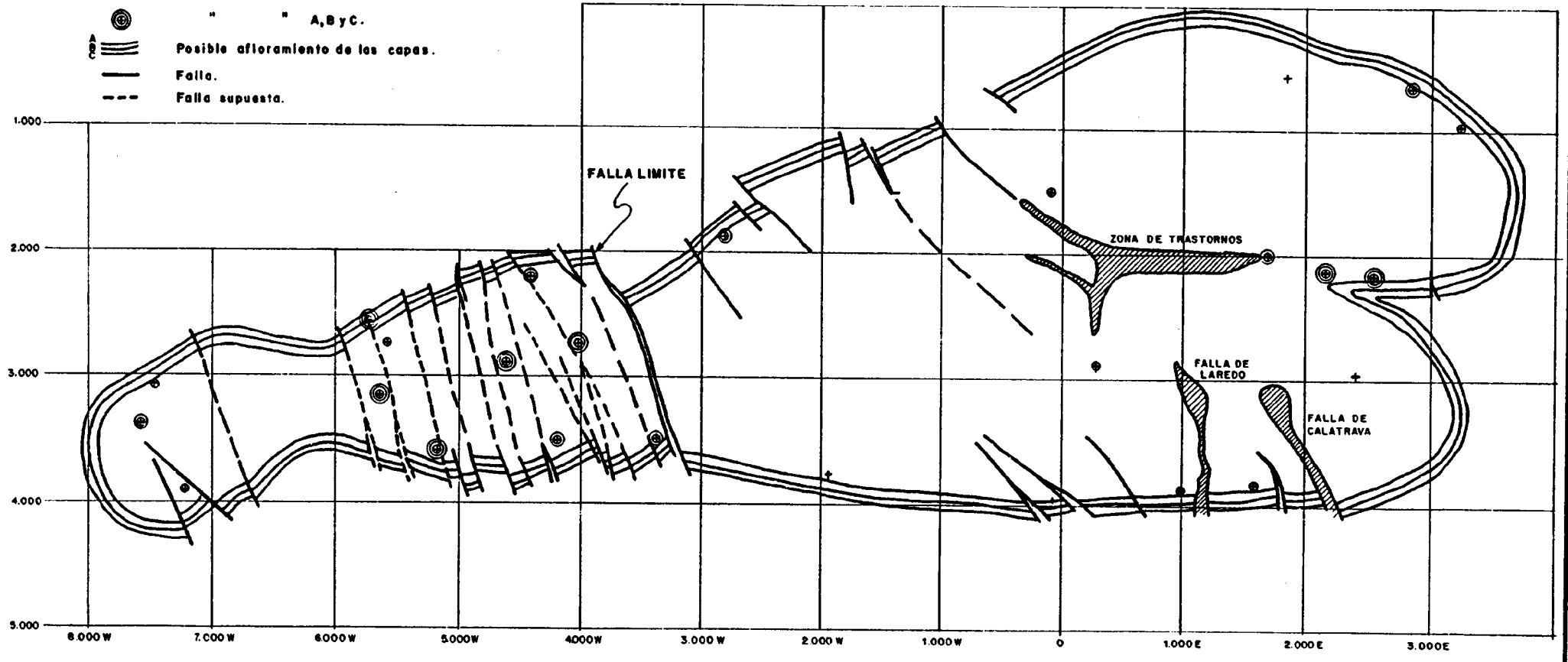
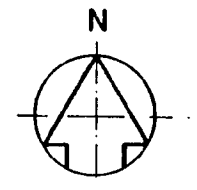


FIG.2.8.- ESQUEMA DE DOMINIOS CONSIDERADOS

LEYENDA-

-  Intrusiones basálticas.
-  Punto de información pozo o sondeo.
-  Información capa A.
-  " " A y B.
-  " " A, B y C.
-  Posible afloramiento de las capas.
-  Falla.
-  Falla supuesta.



ESCALA: 1/ 50.000

FIG.2.9- ESQUEMA DE FRACTURAS.

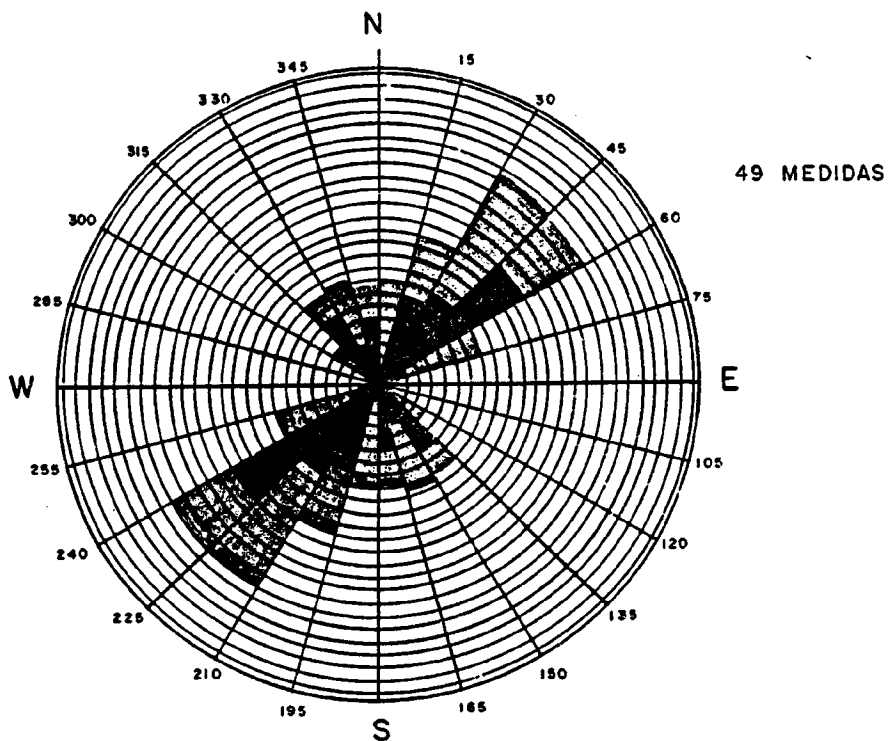


FIG. 2.10.-FLANCO N (S Y SW DE ALMODOVAR) FRACTURAS DE SUPERFICIE

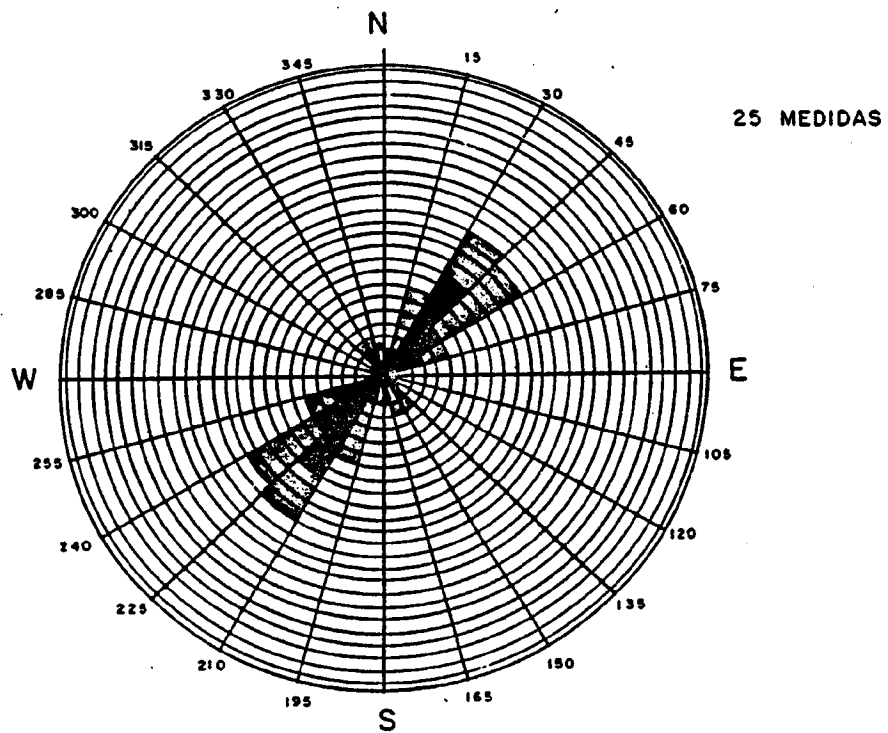


FIG. 2.11.-FLANCO SUR (ALREDEDORES PUERTO MESTANZA)

Estas direcciones concuerdan perfectamente con las direcciones de los ejes de plegamiento en cuanto a resultado de reajustes y etapa de distensión.

En cualquier caso quizá lo más importante de destacar es que una de las dos direcciones está mucho más desarrollada aunque la conjugada también está presente.

2.4.2 Las fracturas que afectan a las cubetas carboníferas vienen dispuestas en la figura 2.9.

A simple vista se ve una zona con predominio exclusivo de fallas que atraviesan la cubeta en su parte occidental con una repartición muy frecuente y con una dirección preferencial muy marcada entre N 160 y N 170 E, que es la que afecta a la zona más estrecha de la cubeta carbonífera (su parte occidental) y otra zona, afectada sobre todo por fallas de borde y con direcciones preferenciales marcadas entre N 120 y N 150 E; queda aún otra zona que está situada en el anticlinal que separa las dos subcubetas del área oriental de la cuenca carbonífera que está caracterizada por fallas de pequeño trazado pero importante salto.

Existen zonas profundamente tectonizadas en las que unas veces ha habido expulsión de rocas volcánicas y otras no tanto que se conocen en la región como "Fallas", como las de Laredo, y Calatrava situadas en la parte suroriental de la cuenca y la "Zona de trastornos" que ocupa la mitad occidental del anticlinal (fig. 2.9)

Se podría resumir la repartición de dominios estructurales dentro de la cuenca Carbonífera definiendo cinco dominios y subdominios en ella (fig. 2.8)

Dominio Oeste (2) (Fig. 2.12)

Dirección predominante N 150 a 180 E
Repartición muy frecuente de fallas y fracturas
Cruzan toda la cuenca por lo general

Dominio Lourdes Oeste (1), igual que 2 pero con aparición menos frecuente de fallas y fracturas.

Dominio Este (3)

Fallas casi siempre de borde; no atraviesan la cuenca
(Fig. 2.13)
Dirección dominante N 120 E a N 150 E.

Dominio del Anticlinal y zona de trastornos (4)

Direcciones de fallas y fracturas próximas a N-S y E-W
(Fig. 2.14)

Dominio Subcubeta Norte (5)

Ausencia de fallas de importancia, si bien las pendientes de las capas son las mayores de toda la cuenca.

Todas las fallas medidas dentro de la Cuenca Carbonífera se han reunido en la Fig. 2.15.

2.4.3.- A nivel de afloramientos se han hecho medidas en las explotaciones a cielo abierto que hay en la actualidad funcionando

- Mina "Emma"
 - Mina Piloto "San Luis"
 - Mina "La Manchega"
 - Mina "María Isabel"
- } ENCASUR

FALLAS

DOMINIO OESTE

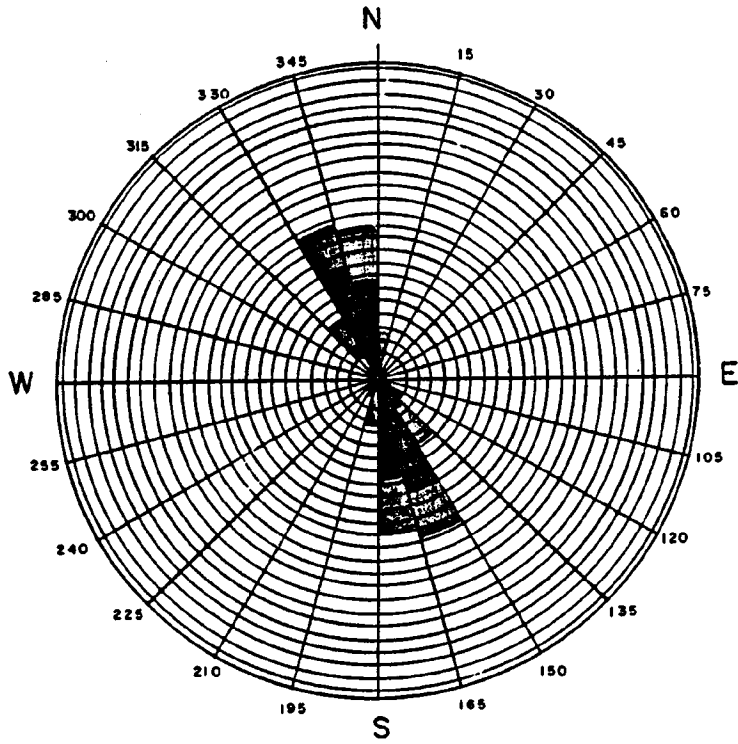


FIG. 2-12 - FALLAS MUY FRECUENTES CRUZAN TODA LA CUENCA CASI SIEMPRE ENTRE N 170 Y N 160 LA MAYORIA.

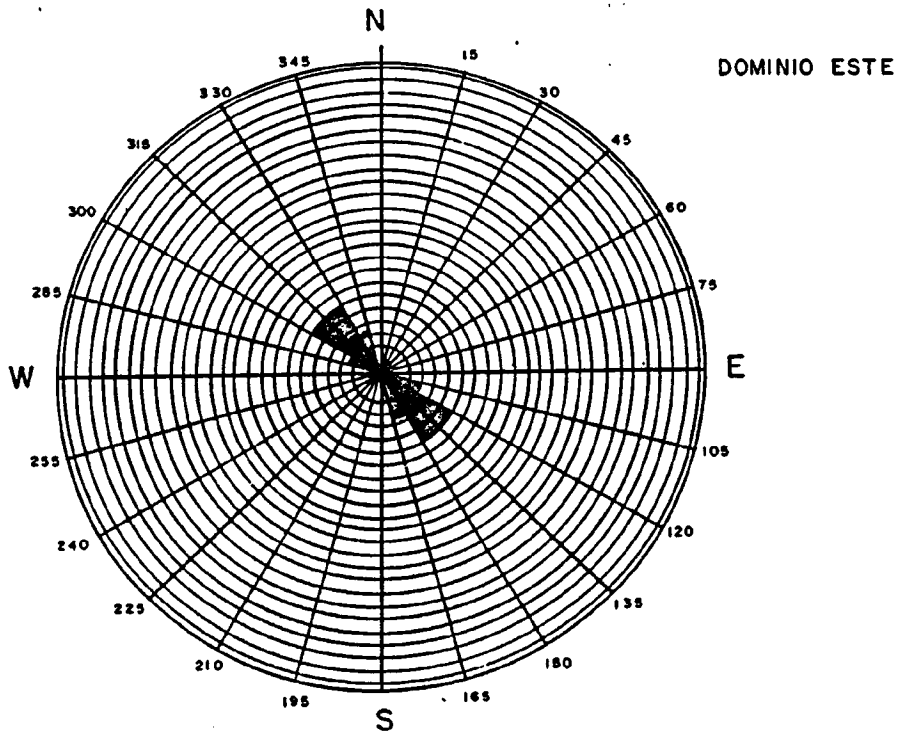


FIG. 2-13 - FALLAS CASI TODAS DE BORDE.

FALLAS

DOMINIO ZONA DE TRASTORNOS

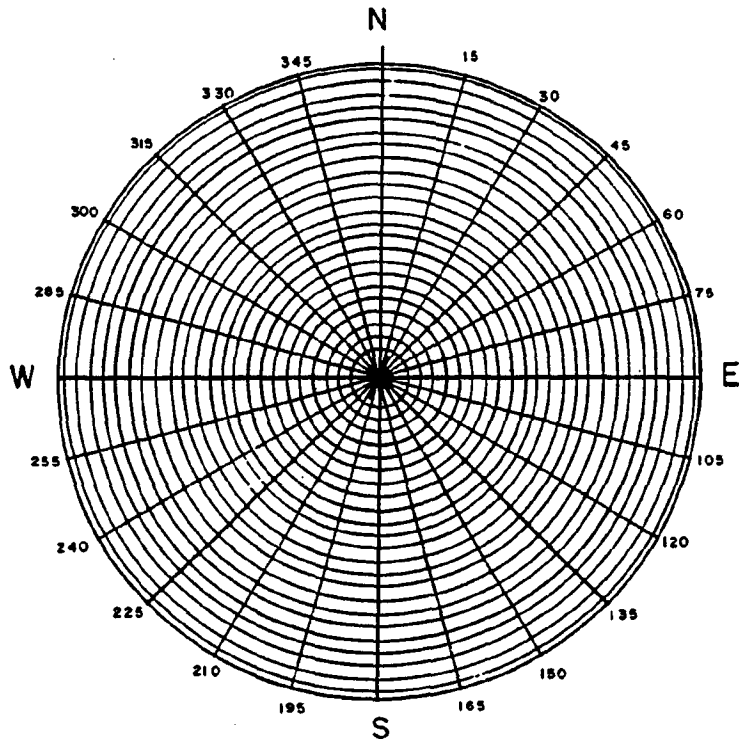


FIG. 2-14.-

TOTAL CUENCA

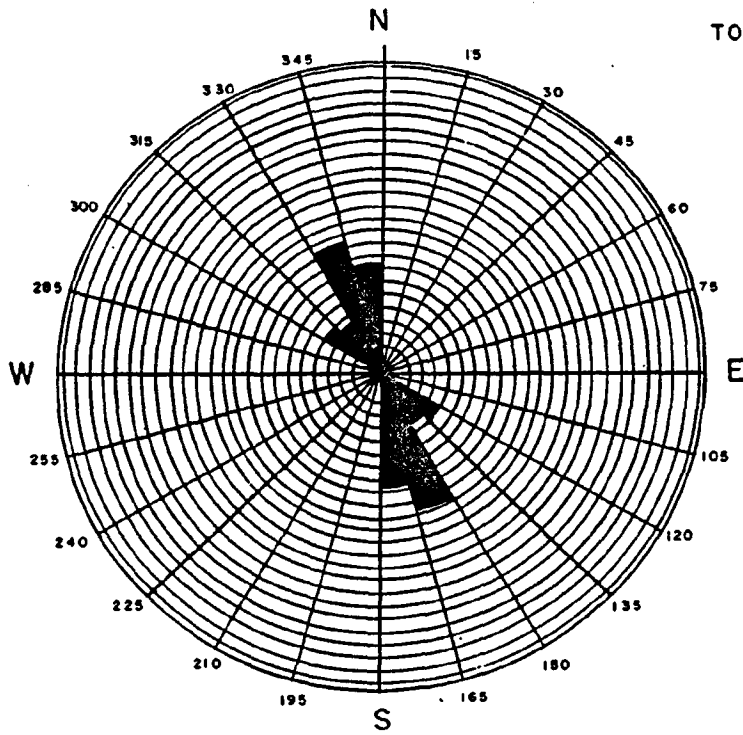


FIG. 2-15.-

El número total de medidas tomadas ha sido de 511 con una repartición por explotaciones expresada a continuación:

Mina "Emma"		
Sector N	61	Medidas
Sector E	113	Medidas
Mina Piloto "San Luis"	143	Medidas
Mina "La Manchega"		
Sector N	67	Medidas
Sector S	38	Medidas
Mina "María Isabel"	89	Medidas
		<hr/>
TOTAL	511	Medidas

La presentación de estas medidas para su análisis y estudio se hace plasmándolas en (para cada estación)

- Representación de los polos de las superficies de discontinuidad en falsilla.
- Representación de contornos de isocontenidos (en %) a partir de la anterior
- Diagramas en "rosa" de Direcciones de discontinuidad.

2.4.3.1.- Mina "Emma" (ENCASUR)

La explotación está situada en el sector occidental de la Cuenca Carbonífera de Puertollano.

Debido a la disposición de los avances de los frentes de explotación la toma de datos se hizo en dos partes, la Norte, en un frente que va avanzando de Sur a Norte aproximadamente y que por tanto las disposiciones de los "tiros" de las voladuras son aproximadamente Este-Oeste.

En este frente se han realizado 61 medidas de diaclasado.

Las fracturas (diaclasas) son más o menos abiertas dependiendo de la proximidad a las explosiones y forman una red en la que están bastante bien representadas las dos familias conjugadas como bien se ve en el diagrama en rosa (Fig. n°2.16)

Las direcciones dominantes de estas dos familias son:

N90	a	105	y
N150	a	165	

En el diagrama de isocontenidos se ve que el buzamiento de la primera familia es mayoritariamente hacia el Sur entre 75 y 80° y la segunda es casi por igual al Este y al Oeste, en ambos casos muy verticalizadas (entre 85 y 90°).

La proximidad de una fractura que casi llega a poner en contacto las capas en explotación 2^a y 3^a se deja notar en el diagrama al haber una dispersión de medidas entre N-S y N45E.

Las superficies de estratificación van muy homogéneas manteniendo la dirección alrededor de N55 a 75E y siendo el buzamiento decreciente desde 30° en el borde de explotación de Capa 3^a hasta los 12°-15°

Al margen de las fracturas que afectan a todo el frente de explotación hay un hecho geológico que puede afectar bastante a la estabilidad de los taludes, y es una capa arcillosa de colores blanquecinos y grises claros que debido a su especial composición y comportamiento frente a la humedad y por su situación, justo encima de la Capa 3^a de carbón puede influir, en tiempo húmedo en la estabilidad de los taludes, sobre todo en las zonas de borde de -

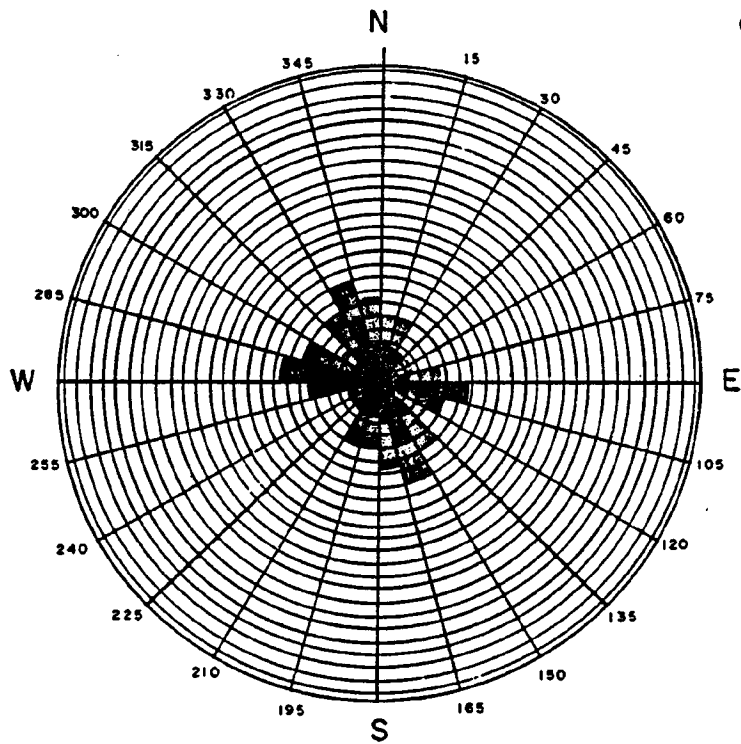


FIG. 2.16 - MINA "EMMA" (ENCASUR) ZONA DE AVANCE N.

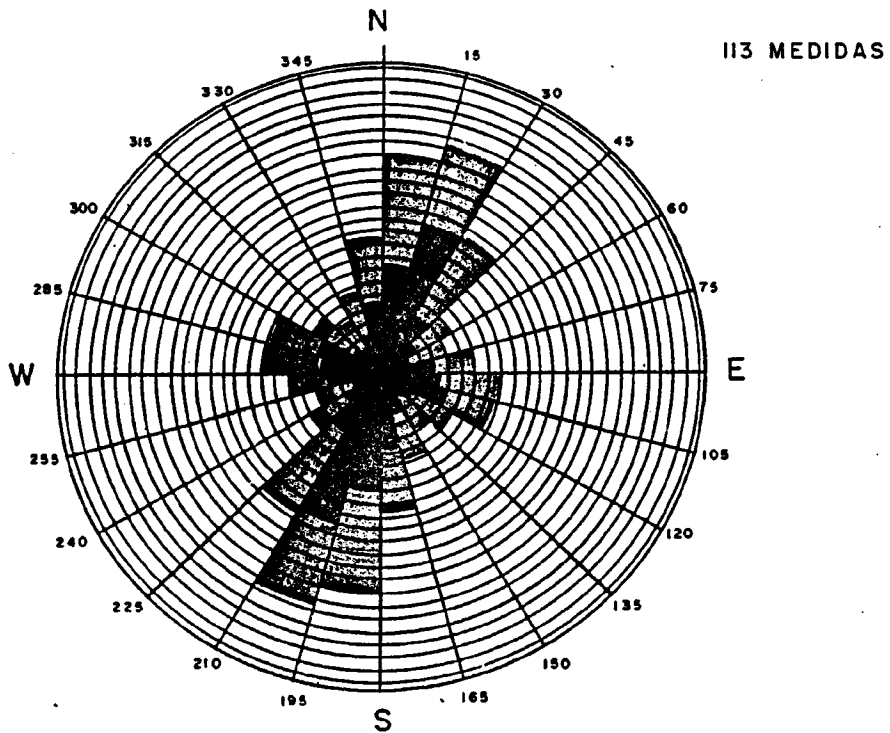


FIG. 2.19 - MINA "EMMA" (ENCASUR) ZONA DE AVANCE ESTE .

cuenca donde el buzamiento de las capas es mayor. En la Fig.2.17 se representan los polos y en la 2.18 los contornos de isocontenidos de éste frente.

En el Apéndice 1 se dan los resultados de los análisis de muestras de dicha capa.

El otro frente de avance de la explotación es el que va de Oeste a Este. En este frente los tiros de las voladuras tienen por lo general una disposición N-S.

Las medidas de diaclasado, en un número de 113 están representadas en las Figs.2.19 (diagrama en rosa), 2.20 y 2.21 Polos y Contornos de isocontenidos.

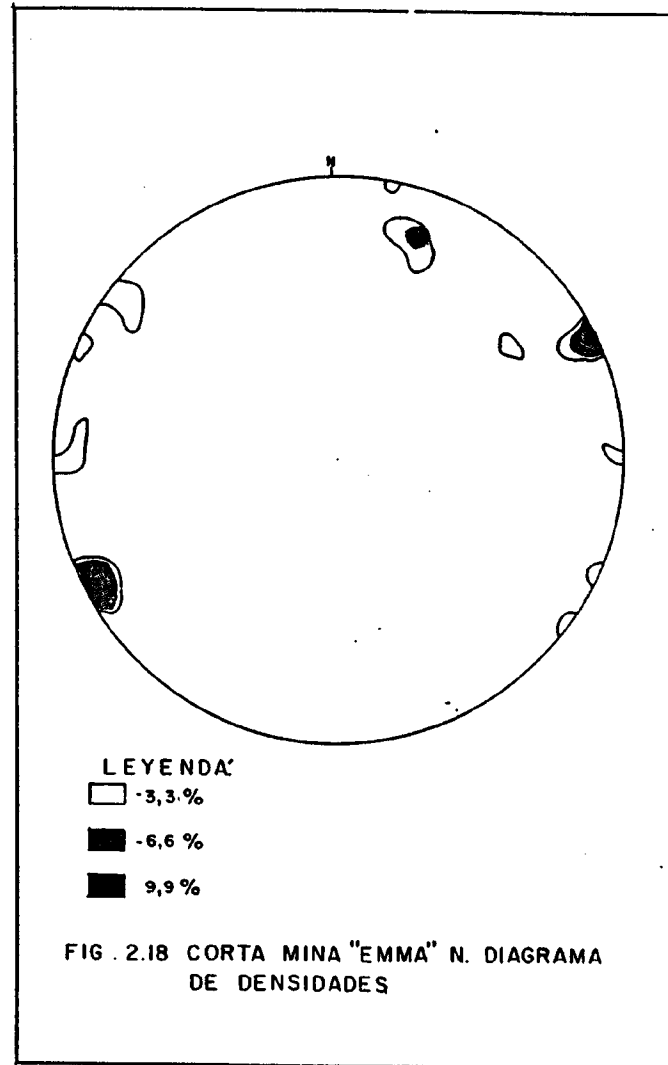
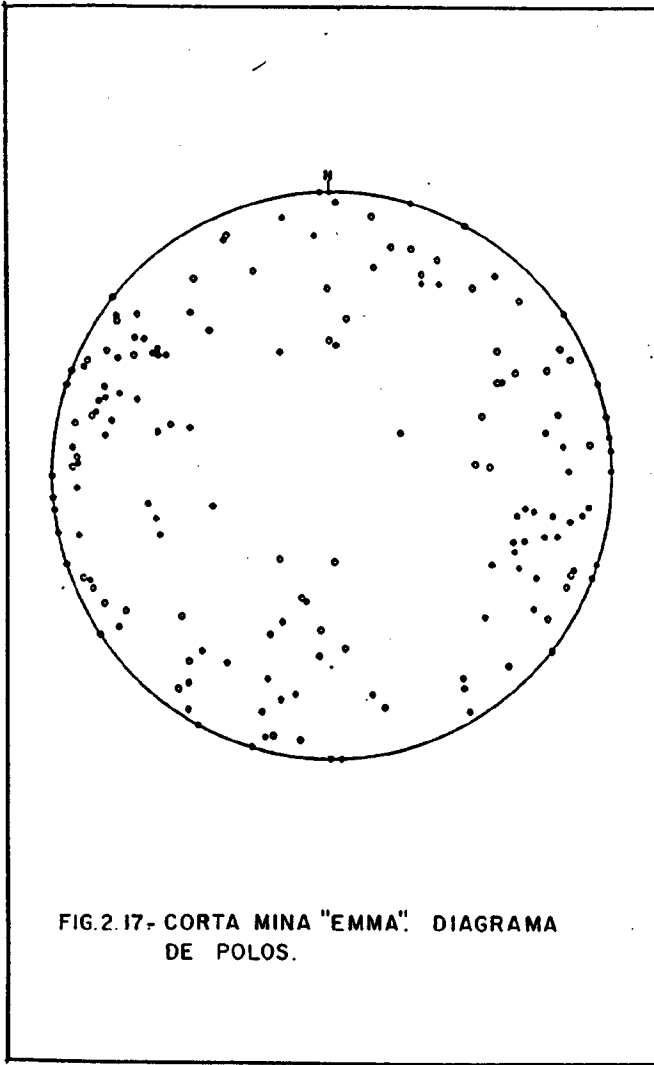
Se ve que hay una dirección predominante,

N 0 a 30 E

y otra, conjugada, entre N 75 y N 120 E.

Los buzamientos, en el primer caso son tanto al Este como al Oeste entre 70 y 80° y en el segundo algo más abundantes hacia el Norte. En la Fig.2.22 se han reunido las diaclasas del conjunto de la corta.

La estratificación en este frente Este es muy patente, regular y homogénea y el buzamiento es muy débil pudiendo ir hacia el norte hacia el Sur según donde nos encontremos.



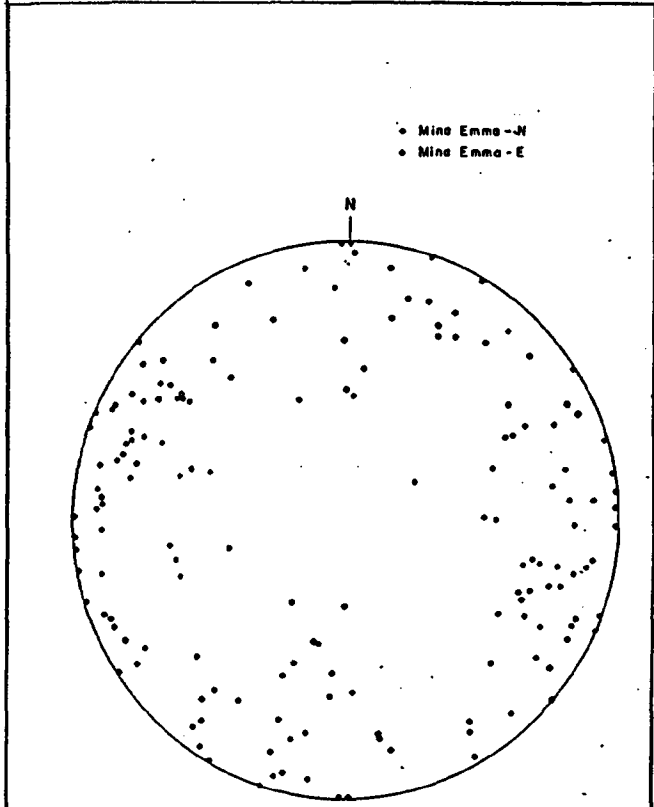
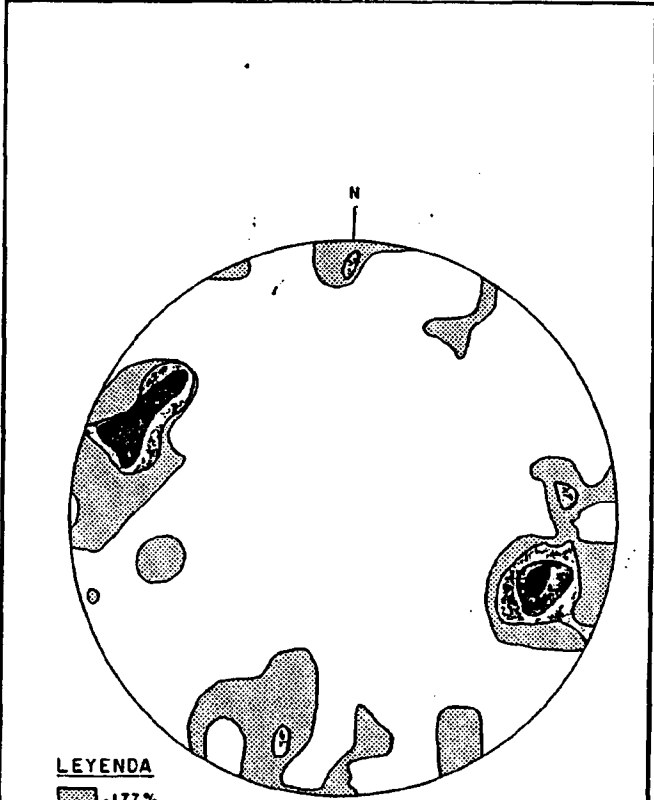


FIG. 2.20.- MINA EMMA DIAGRAMA DE POLOS



LEYENDA
 -1,77 %
 -3,54 %
 -5,31 %
 -7,96 %

FIG. 2.21.- MINA EMMA E. DIAGRAMA DE ISOCONTENIDOS.

2.4.3.2.- Mina Piloto "San Luis"

La mina San Luis se está abriendo en el borde Sur-occidental de la terminación oeste de la traza de Capa 1^a en superficie. (Ver Fig. 2.9.)

Se han realizado labores de desmonte de estéril con objeto de dejar al descubierto la capa de carbón.

Se han medido 143 superficies de diaclasado que se han reflejado en los diagramas correspondientes (Figs. 2.23, 2.24 y 2.25)

Hay una dirección preferencial entre

N 120 y N 135 E

aunque entre éstas y la N 180 hay muchas medidas dispersas.

La conjugada a la dirección preferencial está comprendida entre N 30 y N 75 E.

La estratificación es muy patente y existen niveles estratigráficos que se siguen muy bien de varios centímetros de potencia y netamente ferruginosos, la serie buza ligeramente al Norte y NW entre 7 y 15° con una dirección general próxima a N 105-120°E aunque localmente puede haber ligeras variaciones.

2.4.3.3.- Mina "La Manchega"

Esta explotación tiene la particularidad de que al estar -
atravesada por una manifestación volcánica y haber al menos una -
falla de edad reciente, al menos miocena, el frente norte de la -

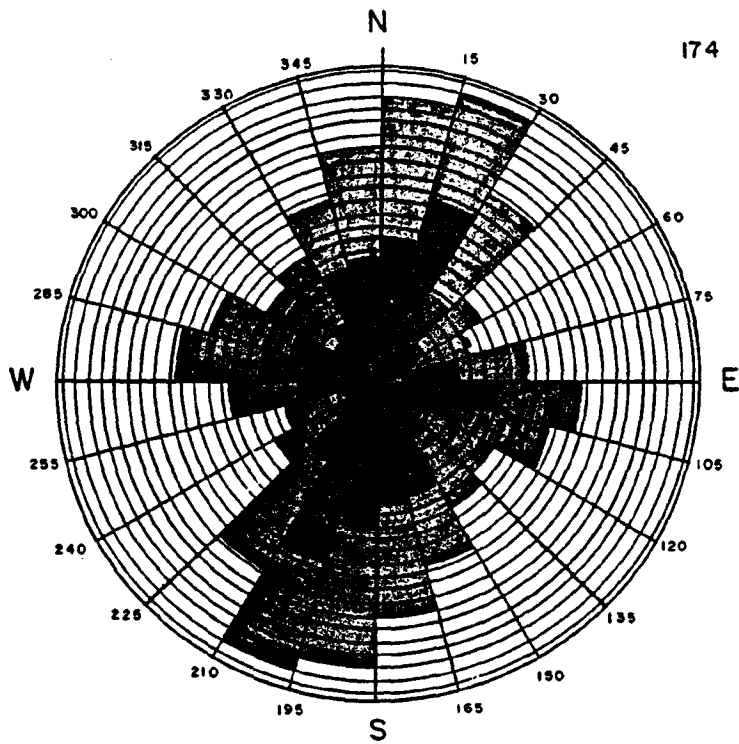


FIG. 2.22 - MINA "EMMA" (ENCASUR)

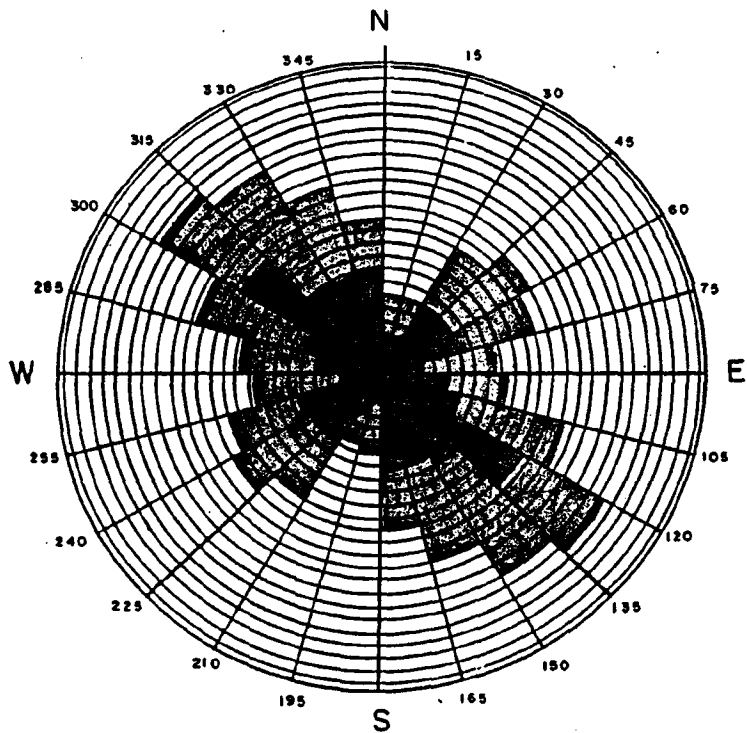


FIG. 2.23 - CORTA "SAN LUIS" (ENCASUR)

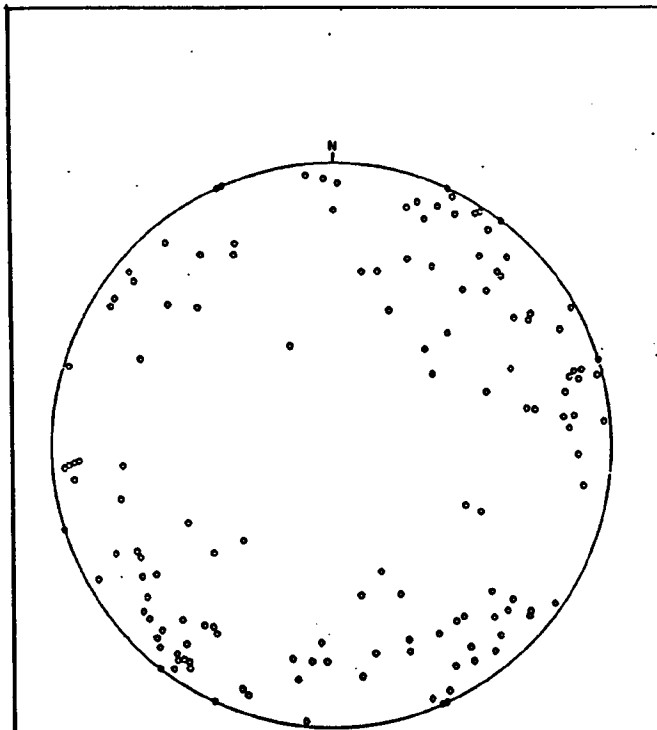
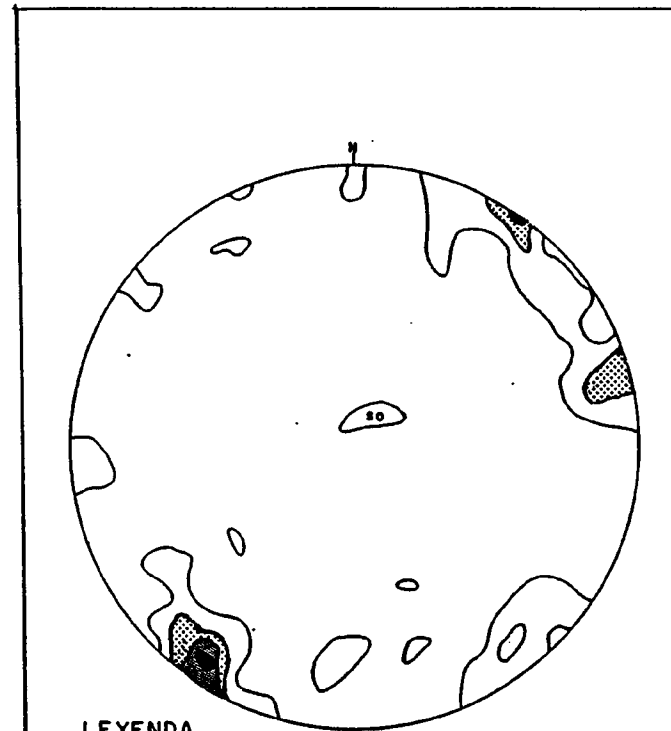


FIG.2.24 .- CORTA SAN LUIS. DIAGRAMA DE POLOS. MEDIDA DE DIACLASADO



LEYENDA

- -2,1%
- ▨ -4,2%
- -6,3%
- -8,4%

FIG.2.25.- CORTA SAN LUIS. CONTORNO DE ISOCONTENIDOS DE DISCONTINUIDADES.

explotación ha puesto de manifiesto la existencia de dos juegos de diaclasado con sus direcciones conjugadas cada uno de ellos.

Se han realizado 67 medidas en el frente N y según se desprende de los diagramas (Figs. 2.26, 2.27, 2.28) hay una dirección.

N90 a 105 N
y su conjugada
N150 a 165 N

que formarían el primer juego de diaclasas; y

N45 a 75 N y su conjugada
N120 a 135 N

que representan el segundo juego.

Relativamente es más importante el 1° que el 2°.

En cuanto al frente Sur las direcciones predominantes forman un único juego de diaclasas conjugadas muy bien definidas. - Se han realizado 38 medidas y las direcciones resultantes son:

N30 a 45 E y
N105 a 120 E, ver Figs. 2.29, 2.30 y 2.31

buzando mayoritariamente al NW y N. En la Fig. 2.32 se han reunido las direcciones de las 105 medidas realizadas en la mina.

La estratificación buza ligeramente al N (sobre 10°) y tiene una dirección entre N65 a N75E bastante general para toda la explotación.

El frente Sur, en sus direcciones predominantes de diaclasado se corresponde bastante bien con el segundo de los juegos desarrollados en el frente norte.

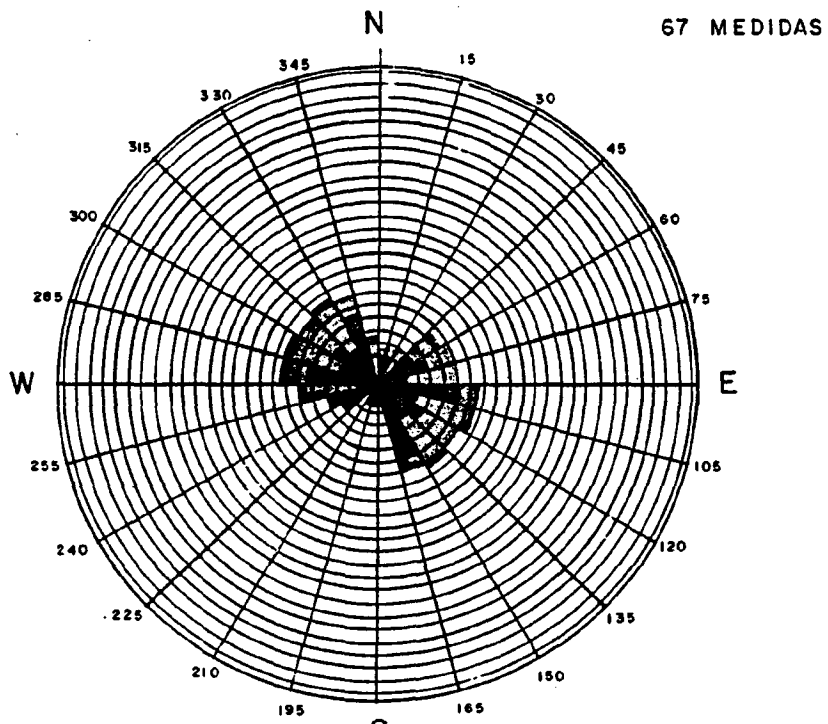


FIG. 2.26 - "LA MANCHEGA" BORDE N.

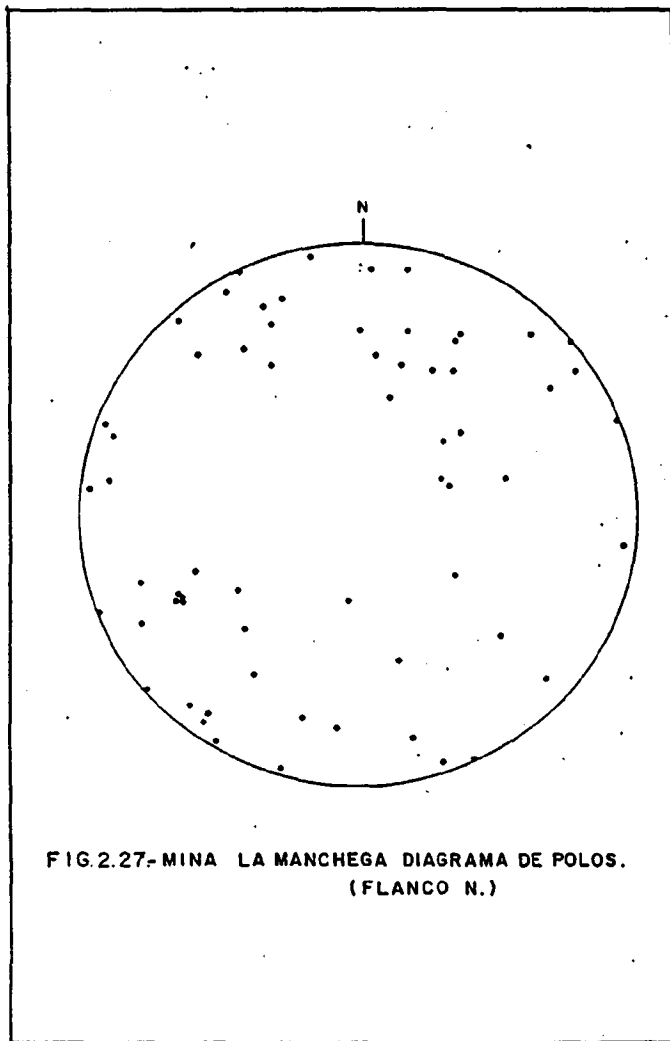


FIG. 2.27- MINA LA MANCHEGA DIAGRAMA DE POLOS.
(FLANCO N.)

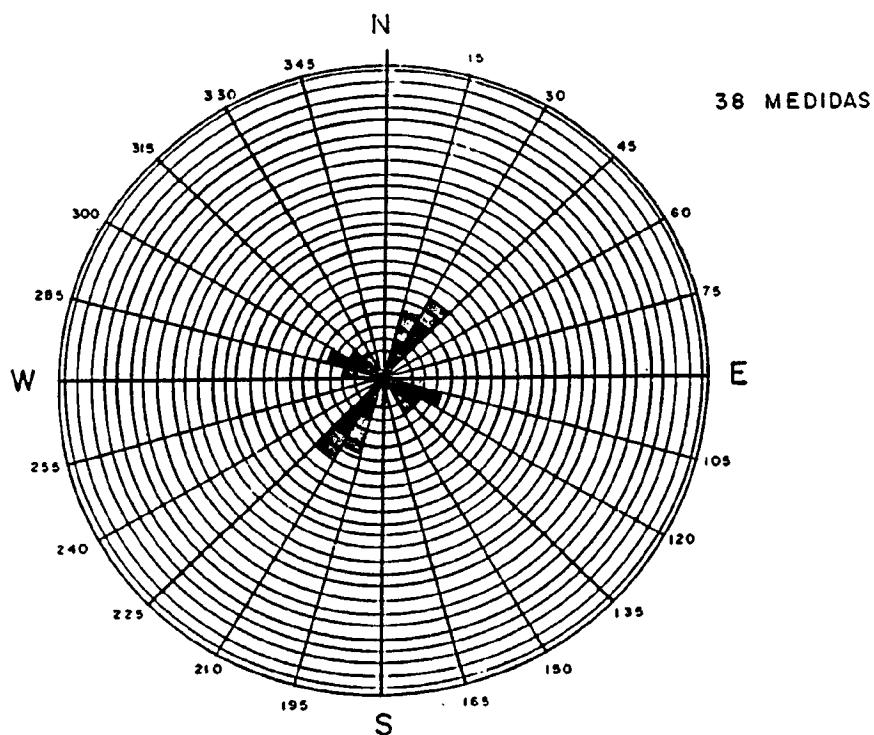
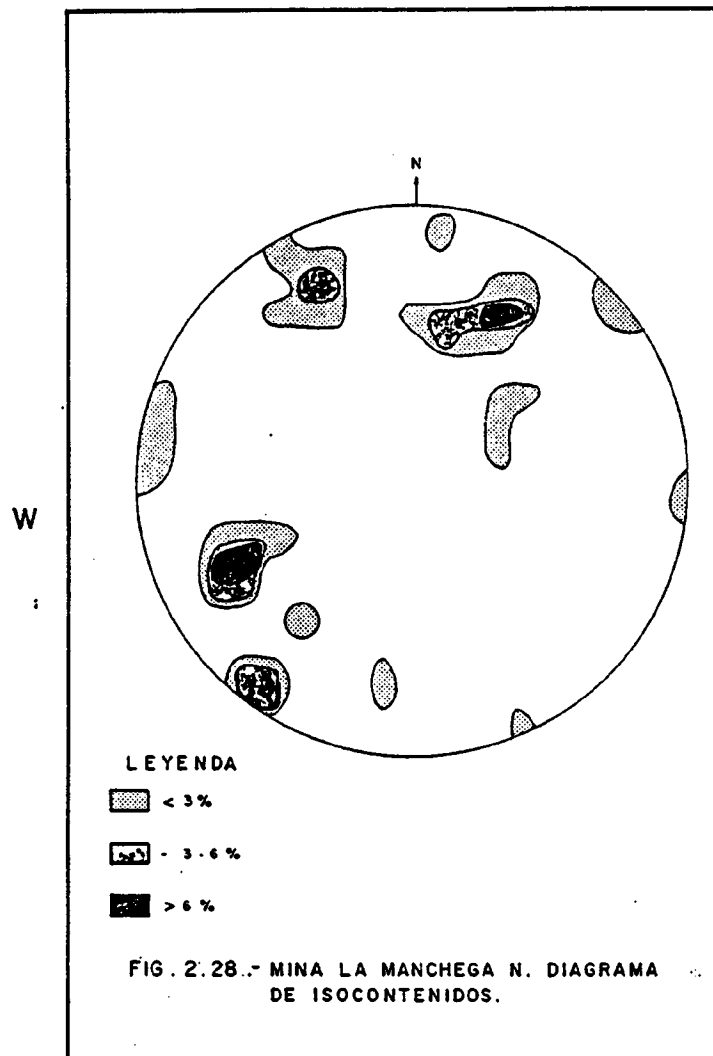


FIG. 2.29 . "LA MANCHEGA" BORDE S.

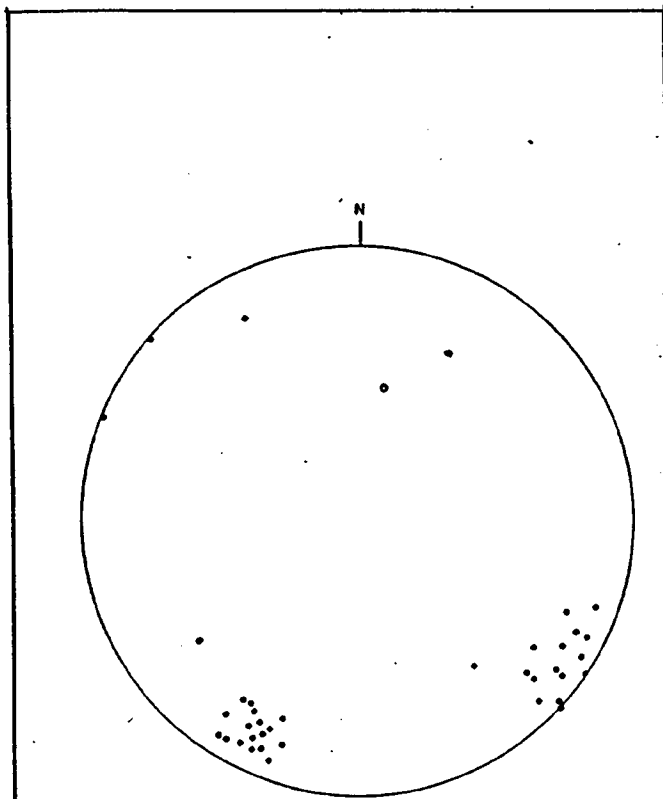


FIG - 2.30- MINA LA MANCHEGA DIAGRAMA DE POLOS.
(FLANCO S.)

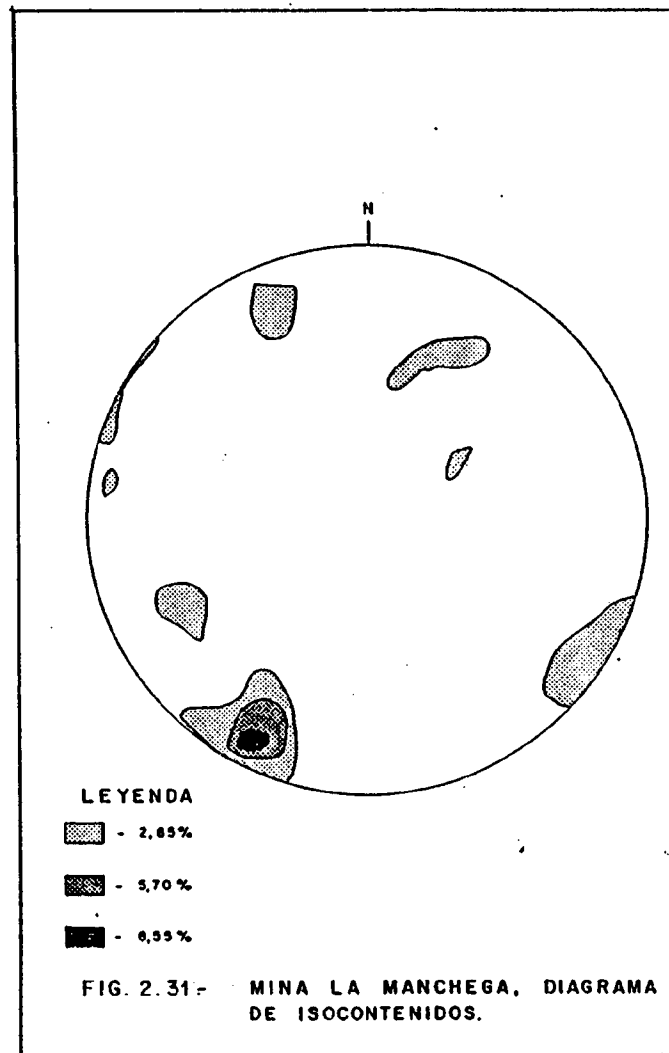


FIG. 2.31- MINA LA MANCHEGA, DIAGRAMA DE ISOCONTENIDOS.

2.4.3.4.- Mina "María Isabel"

Se han tomado 89 medidas, todas ellas de fracturas de diaclasado en el frente N, ya que el Sur en su mayor parte es un gran deslizamiento del primitivo talud y no están in situ.

Como se observa en los diagramas (Fig.2.33 y 2.34) hay dos juegos de diaclasas:

El primero está formado por las direcciones

N45 a 60E y su conjugada
N120 a 135E

y el segundo por la

N90 a 105E y su conjugada
N165 a 180E

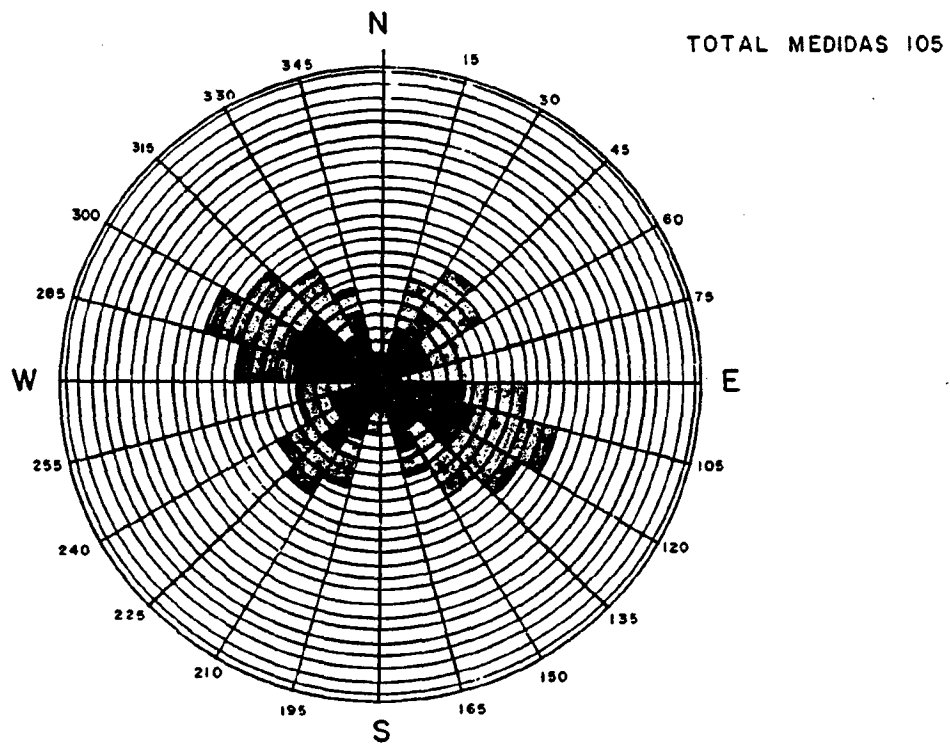


FIG. 2.32 - " LA MANCHEGA .

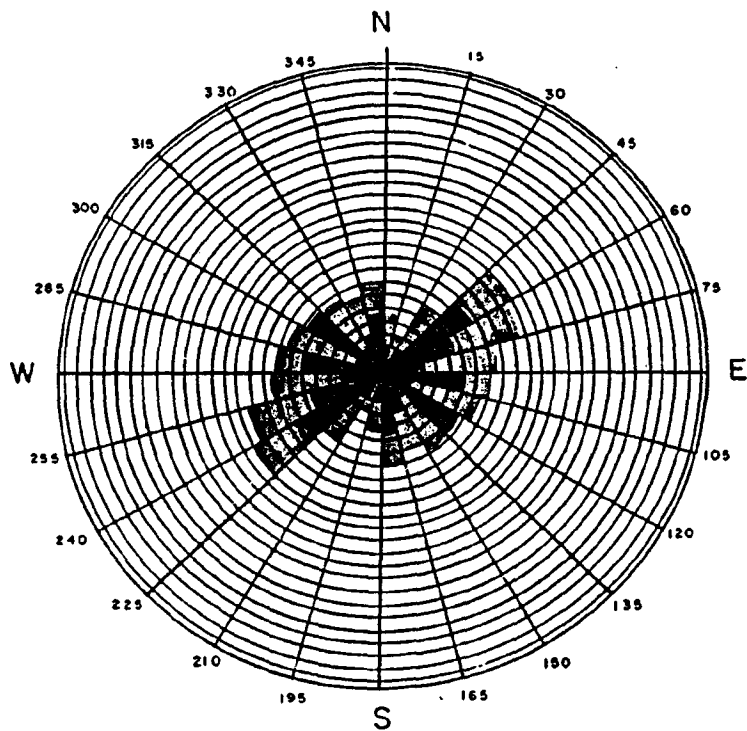
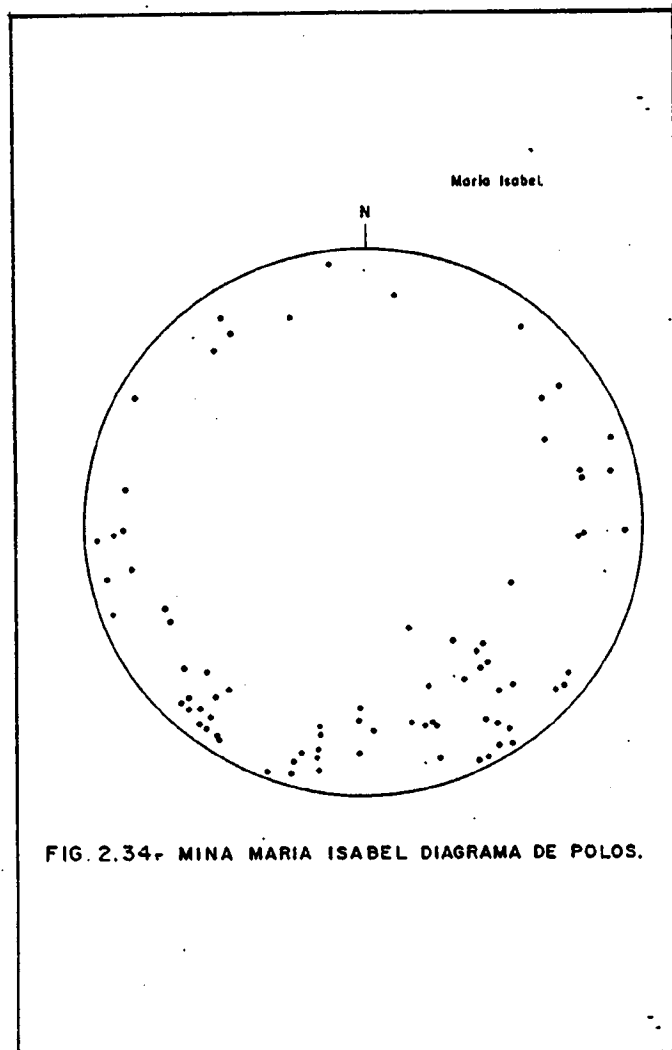


FIG. 2.33-CORTA " MARIA ISABEL "



2.4.4.- Interpretación de los datos estructurales de fracturación

La comparación de las Figs. 2.10, 2.11, con las nos 2.12 - 2.13, 2.14 y 2.15 permite considerar que la dirección de fracturación del Ordovícico encajante de la cubeta (el que forma las sierras de Almodovar-Puertollano y Cabezarrubias-Hinojosas) y la correspondiente al Carbonífero no tienen una correspondencia directa.

En el primer caso, sierras, la dirección principal de fracturación se dispone al sur entre N 30°E y N 50°E, casi siempre son fallas directas y con hundimiento del labio noroccidental; - la otra familia, siguiente en importancia presenta una dirección N 30°W, N 45°W, es poco frecuente en las sierras. En detalle, al norte aparece un ligero giro disponiéndose la dirección principal N 40°E - N 60°E y la otra familia (algo más ostensible) se desdobra en dos N 5° - 15°W y N 30° - 45°W.

En el centro de la cubeta las direcciones visibles en superficie son N 5° - 30°E para el Dominio Oeste y N 35° - 60°W para el Dominio Este.

No pueden tratarse uno y otro caso de deformaciones contemporáneas, ya que sus cambios de rumbo no pueden explicarse por adaptaciones locales; esto obliga a pensar en dos momentos de esfuerzos, pero dado que la fracturación NW-SE ("sensu Latu") se encuentra poco desarrollada en las sierras, cabe pensar que se trata de esfuerzos tardíos de descompresión, más visibles en los materiales blandos del centro de la cubeta.

Por otra parte, estas fallas (NW-SE) tienen localmente saltos importantes (140 m Falla Límite) y milonitizaciones amplias -

(Fallas Laredo y Calatrava), por lo que deberían reconocerse a nivel regional en las sierras vecinas. Observando estas con detalle, la citada dirección de fracturación de la cubeta, puede apreciarse en el Alto de la Posadilla y Collado de las Vacas al este del Puerto de Mestanza y también en el Collado de San Muñoz y Cerro de la Mota en la Serreta de Cabezarrubias, es decir existe, aunque enmarcada por la principal.

Considerando ahora los análisis efectuados en las cortas de Mina Emma, Mina San Luis, La Manchega, Mina María Isabel, se reconocen de nuevo (figs. 2.22, 2.23, 2.32, 2.33) las dos direcciones de fracturación principales, con diferentes desarrollos en uno y otro punto. Las fracturas satélites deben interpretarse como con direcciones secundarias en el esfuerzo de compresión. En consecuencia debemos suponer, pese a la discordancia existente entre el Silúrico y Carbonífero, que los esfuerzos responsables de la fracturación han sido posteriores al Estefaniense; los esfuerzos principales de plegamiento no es seguro que sea exclusivamente alpídica pero sí, probablemente se reactivó en esta orogenia.

El estudio individual de unas y otras cortas permite aventurar las siguientes hipótesis:

- En Mina Emma predominan los esfuerzos de compresión S-N con amplio desarrollo de la fracturación N-15°-30°E y fracturas secundarias N-15°W y N 80°W. La dirección de decompresión aparece, en parte, enmarcada por la fracturación secundaria y tiene una separación grande entre planos con salto apreciable (15-200 m).

No obstante éstos tienen una clara continuidad en todo el Dominio Oeste.

- En las sierras circundantes de la cuenca ésta es la dirección de fracturación por compresión más visible; se aprecian así mismo fracturas secundarias N 5°-10°W y eventualmente N 80°W.
- Superficialmente en la cubeta predominan las fracturas de decompresión NNW-SSE a NW-SE con frecuencia de 150 a 200 m y saltos métricos a veces importantes (140 m en Falla límite).
- Estas fracturas de decompresión funcionan como fallas directas con zona amplia de milonitización en la parte oriental de la Cubeta.
- El estudio de detalle de las cortas permite constatar que las discontinuidades de compresión tienen una frecuencia máxima (decimétrica) en la zona occidental de la Cubeta (Dominio Oeste), en tanto que en la zona oriental (Dominio Este) están poco desarrolladas, junto a la zona de Trastornos una y otra familia coexisten con la misma importancia relativa y con ellas otras familias de segundo orden también están bastante desarrolladas.
- En consecuencia se puede considerar que, salvo en la zona de Trastornos donde la fracturación no tiene una dirección predominante y los esfuerzos se han sucedido en el tiempo con rumbos diferentes, el área que ha estado sometida a mayores empujes tectónicos ha sido el Dominio Oeste. Mina Emma es por tanto el área de mayor dificultad tectónica: fracturas de frecuencia más alta y mayores tensiones residuales.

3. REVISION DE LA INFORMACION DISPONIBLE
SOBRE CORTAS SEMEJANTES

3. REVISION DE LA INFORMACION DISPONIBLE SOBRE CORTAS SEMEJANTES

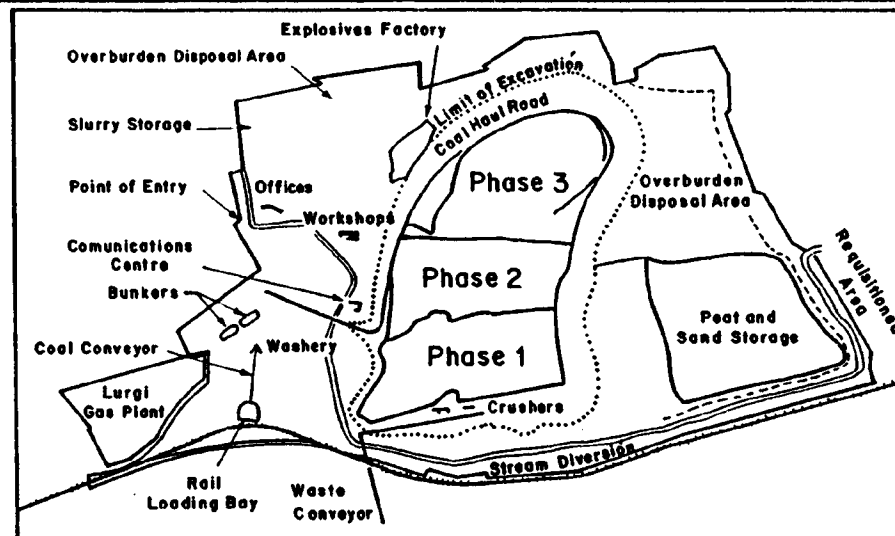
Se ha realizado una revisión exhaustiva de documentación intentando localizar cortas semejantes a la proyectada. Sin embargo, esta correlación resulta muy difícil de establecer dado que:

- Las profundidades actuales de explotación en corta raramente superan los 300 m.
- Las rocas encajantes suelen ser más blandas que las de Puertollano
- La estructura en cubeta sinclinal es típica de una situación muy concreta
- La potencia de las capas de carbón es muy pequeña comparada con la de otras muchas explotaciones, etc.

A pesar de ello, existe alguna información parcial aprovechable, como la referente a las explotaciones siguientes:

a) Corta Westfield (Escocia)

Es una de las mayores cortas europeas (fig. 3.1), explotada bajo la dirección del National Coal Board y actualmente en su 3ª fase en la que se piensan extraer 8,5 millones de toneladas de hulla grasa. La producción mensual del lavadero es de unas 100.000 toneladas con un volumen de excavación de unos 600.000 m³.



Westfield surface layout and mining sequence

PLANTA

PERFIL

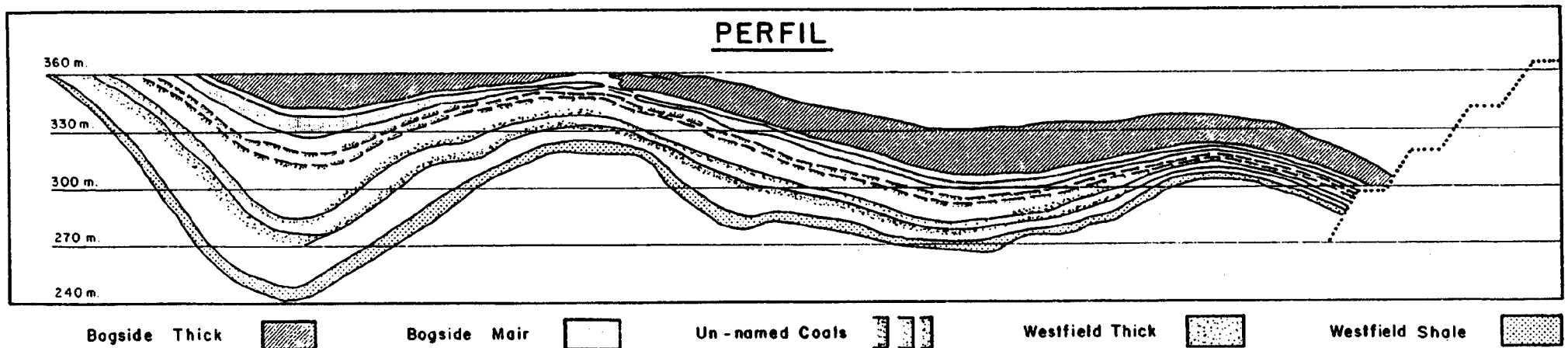


FIG. 3.1.- CORTA WESTFIELD.

La estructura de la corta es de una doble cubeta, - con una profundidad máxima de 240 m. La parte superficial estaba cubierta (10-12 m) de turba que fue necesario dragar con aporte de agua de un arroyo próximo.

La excavación inicial se hizo por bancos de 7,50 m de altura, volando los paquetes de areniscas duras y pizarras carbonosas. Al llegar a las capas de hulla, de espesor entre 0,30 y 6 m los bancos se redujeron a unos 6m de altura, dejando bermas de seguridad de 12 m de ancho en el talud de explotación, con separaciones en vertical de unos 22,50 m, salvo en las zonas meteorizadas. Las - rampas de acceso tenían una pendiente del 8%, con un ancho de 18 m. Se ha utilizado en gran parte el método de transferencia aunque hubo que crear una escombrera ini - cial de 1920 x 600 m² y 55 m de altura, además de la balsa para almacenamiento de las turbas dragadas. Puede decirse que esta corta, tanto por sus características geológicas, como por su geometría es la que puede presentar una semejanza más acusada con las explotaciones de Puertollano.

b) Corta de Kingswood (Inglaterra)

Se encuentra a 2 millas de la localidad de Cannock. Es una cubeta en forma de artesa, con buzamientos máxi - mos entre 1:20 (39) y 1:4,5 (12,59). Existen 18 vetas de carbón con potencias entre 0,15 y 2,57 m, encajadas entre fangolitas y limolitas con areniscas y con un recubri - miento morrénico de 30 m.

La explotación se comenzó en 1978 y las reservas to

tales se estiman en 4,2 millones de toneladas, con 40 millones de m³ de estéril (ratio 10,4:1).

La máxima profundidad de corta es de 93 m y han existido algunos problemas con los antiguos minados de las capas Brooch y Eight Feet.

c) Corta de East Kootenay (Canadá)

Se ubica en el flanco de un sinclinal, con buzamientos de hasta 40° y profundidades máximas previstas de unos 480 m (fig. 3.3). El terreno es una secuencia de areniscas y lutitas que van del Jurásico superior al Cretácico inferior. Aunque existen varias capas de carbón, las principales son las n^o 1 y 2 de 1 y 6 m de potencia, separadas por una capa de arenisca.

El proyecto de la corta ha supuesto detallados cálculos de estabilidad ante la existencia de fallas de empuje, zonas fracturadas e importantes presiones de agua al muro de las capas, que ha sido necesario aliviar.

d) Cortas del área Elk River-Crows Nest (Canadá)

Pertenecen a la Kaiser Resources Ltd. y también explotan la formación Kootenay y fundamentalmente la capa Balmer n^o 10, de 15 m de potencia, aunque existen en total de 8 a 15 capas de carbón, con potencias muy variadas (0,8 a 3m), si bien las de potencia inferior a 1,80 m no se consideran explotables.

En el área existen cuatro cortas activas: Baldy Ridge, Adit 29 South, Adit 29-G y Harmer n^o 2. Esta última corta ha llegado a superar los 7 millones de toneladas año.

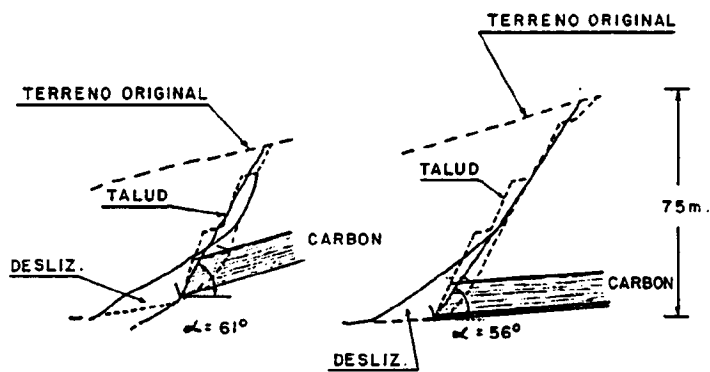


FIG. 3.2.- PERFILES DE LA CORTA N° 3
NATAL, COLUMBIA BRIT.

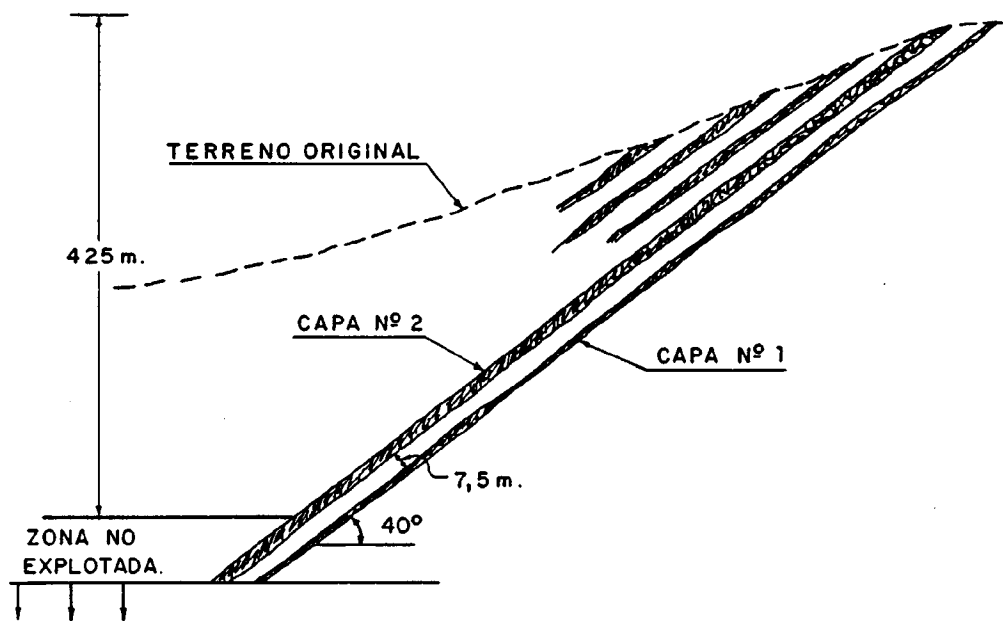


FIG. 3.3.- SECCION TIPICA DE LA CORTA
DE KOOTENAY.

Las explotaciones se han iniciado por los afloramientos de las capas, descendiendo con bancos de 15 m. El ratio inicial estéril/carbón era de 5:1 pero con 180 m de profundidad aumentará a 12:1.

La profundidad máxima prevista es de 360 m.

e) Corta de Belchatow (Polonia)

Se ubica en una fosa tectónica de 40 km de longitud por 1,5-2 km de ancho y 0,5 km de profundidad. Los recubrimientos medios son de 140 m y la potencia media del lignito pardo es de 54 m, alcanzando en algunas zonas los 150 m.

La corta tiene profundidades entre 150 y 250 m y el frente de excavación avanza unos 500 m/año. Por el momento los escombros se dejan en los bordes de la corta, pasando a rellenarla a partir de 1987. La producción anual se aproxima a los 40 millones de toneladas con un ratio de 1:3 aproximadamente.

Los principales problemas se derivan de la sismicidad inducida por el drenaje de los depósitos de lignito.

f) Corta Rhos (Inglaterra)

Se encuentra próxima a la localidad de Ammanford y aunque es de muy poca entidad presenta interesantes problemas geomecánicos como afectar a diversas edificaciones y existir antiguos minados con importante carga de agua. Las reservas son de 0,5 millones de toneladas de antracita (ratio 1:20) en tres capas de un metro de potencia, con buzamientos de unos 11º y profundidad máxima de 53 m.

g) Otras cortas

A título indicativo citaremos otras cortas de cierta entidad en carbón que, aún con marcadas diferencias respecto a la explotación prevista en Puertollano, pueden proporcionar información interesante sobre algunos aspectos de la explotación. Algunas de ellas aún se encuentran en fase de proyecto o existe muy escasa información publicada.

<u>CORTA</u>	<u>PROFUNDIDAD</u>
Kemer (EE.UU)	250 m
Theodore (Australia)	185 m
Llanilid (Gales)	150 m
Paso Diablo (Venezuela)	80 m
Kosovo (Yugoslavia)	80 m
Natal nº 3 (Canadá)	75 m (Fig.3.2)
Buckhead (Inglaterra)	60 m

Por lo que se refiere a los aspectos geomecánicos a considerar en la estabilidad de los taludes de grandes cortas, la información disponible se recoge y comenta en el Cap. 8.

4. ESTUDIO GEOLOGICO-ESTRUCTURAL DE LA ZONA
DE LA FUTURA EXPLOTACION A ESCALA MESO -
TECTONICA

4.1. INTRODUCCION

Los terrenos que afloran en la Península Ibérica se pueden agrupar en cuatro conjuntos esenciales:

1.- Terrenos precámbricos deformados con anterioridad al Paleozoico. En el sector que nos ocupa aparece este tipo de terrenos muy alterados superficialmente, en los valles de Alcuñia y Tirteafuera; que se encuentran replegados debido a la acción de los movimientos Asínticos.

2.- Terrenos Paleozoicos deformados por la orogenia hercínica y que ocupan gran parte del tramo estudiado.

3.- Terrenos Mesozoicos y Terciarios deformados por la orogenia Alpídica. En el área estudiada no se encuentran.

4.- Terrenos Mesozoicos y Terciarios no deformados por la orogenia Alpídica. En la zona de Puertollano solo existe parte del Terciario no deformado y un Cuaternario aluviocoluvial de escaso espesor.

En razón de los posibles efectos geotécnicos y sísmicos el substrato de la Península en la actualidad aparece con dos partes bien diferenciadas, una correspondiente a un segmento de la cordillera Hercínica europea y otra que pertenece al Sistema Alpídico (s.l.). El área de Puertollano se encuentra incluida en el primer grupo.

El dominio Hercínico aunque ocupa mucha extensión en la Península, está en gran parte oculto por materiales Mesozoicos y Cenozoicos (en nuestro caso sólo por el Terciario) que forman áreas tabulares o con grado de deformación variable.

El dominio Alpídico está fundamentalmente formado por el Pirineo, las Cordilleras Béticas, la Ibérica y las Cordilleras Costero - Catalanas. En él los depósitos Cenozoicos y Paleógenos aparecen intensamente plegados y fracturados y, en Pirineo y las Béticas llegan a aflorar los materiales Paleozoicos en las zonas axiales.

Superpuesto a todo este edificio existe una tectónica de fractura de edad Cenozoica, autónoma con respecto a las estructuras anteriores.

Finalmente hay áreas tectónicamente activas en la actualidad que, por lo que se conoce actualmente, parecen quedar circunscritas al Dominio Bético y a parte de la costa Mediterránea. No obstante de alguna forma durante el Pleistoceno el Campo de Calatrava ha tenido cierta actividad tectónica al menos fisural (a través de fallas) como lo prueban los numerosos testimonios volcánicos que en él existen.

En el sinclinal de Puertollano estas fallas pueden estar relacionadas con fracturas tardihercínicas reactivadas aunque no está suficientemente claro.

En el caso por ejemplo de la "falla" Laredo, de la "falla" Calatrava, etc., hacia el sur y sureste la reactivación de aquellas estructuras es mucho más evidente.

4.2. TECTONICA DE ESPAÑA

La tectónica de la Península es lo suficientemente complicada como para que intentar resumir en poco espacio toda la información que se posee sea prácticamente imposible; nos referiremos por tanto exclusivamente a aquellos datos que puedan afectar al área de Puertollano.

La teoría de la tectónica de placas nos permite esbozar un modelo de cómo se comportó la Península a lo largo de su historia geológica y cual puede ser su evolución y fundamentalmente el riesgo sísmico de la futura explotación.

Al comienzo del Paleozoico, la Península Ibérica formó parte de un orógeno ortotectónico de grandes dimensiones que abarcaba Europa y América, estructurándose el conjunto durante la orogénesis Hercínicas cuyos plegamientos principales se produjeron entre el Devónico y el final del Carbonífero.

En la Península Ibérica se reconoce completo el ciclo de Wilson (Vegas 1977) que comienza por la fragmentación y estiramiento de un continente hacia -850 m.a. y da lugar a la creación de un protoceano en América, Eurasia y África. La sedimentación refleja una etapa inicial de movimientos diferenciales en la vertical formando bloques. Estos movimientos parecen corresponder en el área estudiada a la discordancia existente entre el Precámbrico de Alcuña y Tirteafuera con el Cámbrico y Ordovícico aflorantes en las sierras que enmarcan la cuenca de Puertollano; así mismo parecen explicar la probable laguna estratigráfica que afecta al Cámbrico inferior y medio del área.

A partir del Ordovícico (-490 m.a.) la subsidencia de los márgenes continentales del protoceano se hace por flexura hasta

el final del Silúrico (-395 m.a.), en el Devónico se inician las fases finales del ciclo de Wilson por convergencia de las placas litosféricas y subducción en las márgenes continentales.

Esta sucesión tectogenética es posible reconocerla en las sierras de Almodovar y Puertollano; en lo que se refiere a los niveles inferiores los depósitos Devónicos son bastante problemáticos en cuanto parecen haber desaparecido bien por erosión precarbonífera, bien por laguna estratigráfica.

Parece más probable la primera hipótesis ya que la línea Despeñaperros-Almadén, jalonada por pequeñas cuencas del Paleozoico medio y superior, posee casi siempre depósitos Devónicos; nos inclinamos a suponer que alguna emersión local durante el Carbonífero inferior desmanteló los niveles Devónicos de Puertollano, aunque es posible que no lo fueran totalmente y recubiertos por el Mioceno, queden restos de estos depósitos en la cuenca.

Continuando la historia geológica del hercínico, en este período del Paleozoico medio en el SO de la península se produce un choque entre dos placas, una continental y otra oceánica con una zona de subducción intermedia que da lugar a una importante deformación y reactivación de la corteza. Hacia el NO por el contrario sólo se produce una colisión deformándose la litosfera y estructurándose una cadena montañosa antes del Estefaniense. Estas colisiones entre placas afectan poco al tramo que nos ocupa salvo en la aparición de un importante foco de vulcanismo con efusión de rocas básicas.

Durante el Estefaniense y el Pérmico se desarrolló una etapa tectónica ligada a la intrusión de granitoides calcoalcalinos tardihercíncos. El hecho de que no existan estas intrusiones

ni una tectónica intensa en el área de Puertollano puede explicar las diferencias existentes entre el Estefaniense de Asturias (en margen continental) y el correspondiente a la cuenca de Puertollano, claramente continental con ciclotemas productivos.

La sedimentación Pérmica de la Península refleja una inestabilidad tectónica (Virgili et al, 1975) que en nuestro tramo no se ha datado.

La tectónica tardihercínica de desgarres, dió lugar en la Península a fallas sinestrales de direcciones NE-SO y NNE-SSO y a fallas dextrales de dirección aproximada NO-SE bien representadas en el área que nos ocupa.

El resultado de lo anterior es la compartimentación del macizo Hercínico de la Península según las direcciones mencionadas, en nuestro caso se incluye en la llamada zona centroibérica que a su vez se encuentra subdividida en otros bloques menores. Estas fracturas tardihercínicas del zócalo han tenido posteriormente gran repercusión tanto para la formación de cuencas sedimentarias por hundimientos de bloques como para la tectogénesis alpídica al reactivarse; en esta reactivación, sin embargo los movimientos relativos de los labios se han podido invertir o funcionar como fallas en dirección, cabalgamientos, etc.

Las fracturas mayores del zócalo sobrepasan los límites de las diferentes unidades alpídicas y su actividad es reconocible incluso en la tectónica reciente (neotectónica).

La evolución posthercínica de la Península es consecuencia de los movimientos relativos entre las placas Eurasiática y Africana durante la fragmentación de la Pangea.

La Península se ubica en una posición especial dentro del sistema, ocupando el vértice occidental en donde confluyen las dos grandes placas América y Eurasia y el mar de Thetys al sur del cual aparece la placa africana. Los movimientos relativos entre ellas dan lugar a la compleja estructura determinante del Sistema Alpídico, que no está representado en el tramo de Puertollano - salvo por pequeños reajustes de fracturas tardihercénicas. Uno de estos reajustes dió lugar al suave plegamiento que formó el sinclinal del Carbonífero de Puertollano sobre el que se depositó posteriormente el Terciario continental que lo recubre.

Como consecuencia del ciclo Alpídico se formaron tanto al norte como al sur y sureste de la Península dos zonas de subducción que dieron lugar al Pirineo y a las Béticas, las cuales coinciden con las áreas sísmicamente activas de la Península.

La Cordillera Ibérica queda como una cadena de tipo intermedio adosada al cratón Hercénico considerado como sísmica y tectonicamente estable a grandes rasgos.

Por tanto el bloque occidental de la Meseta en donde se incluye el tramo de Puertollano, responde a un borde tectonicamente inactivo durante la Orogenia Alpídica. En detalle se produce en él unos movimientos verticales de bloques limitados por fallas - normales algunas de las cuales muestra saltos importantes probablemente referidos a fases precoces del ciclo, pero que se han mantenido inactivas a partir del Neógeno.

Este carácter de tranquilidad queda compartido en general por toda el área sur de la Zona Centroibérica que se extiende hasta el batolito de los Pedroches. Al suroeste de éste se extiende la Zona Ossa-Morena donde el vulcanismo y plutonismo paleozoicos son importantes y además está ampliamente afectada por la

fracturación Alpídica y neotectónica asociada a las cordilleras Béticas.

A pesar de esto el vulcanismo del Campo de Calatrava hace pensar que las fracturas han sido activas durante el Plioceno y hasta bien entrado el Cuaternario. Los datos estructurales de que se dispone no permiten definir líneas de actuación preferentes, ni siquiera si son adaptaciones a estructuras previas o responden a un sistema neotectónico que, con dirección NNE-SSW, parece extenderse por toda la Europa occidental desde la fosa del Rhin al mar de Alborán.

4.3. ESTRUCTURA GENERAL DEL AREA DE PUERTOLLANO

La cuenca carbonífera del sur de Puertollano responde a una estructura de sinclinal de unos 12 Km de longitud con anchura variable entre 4 Km al Este y 1,5 Km al Oeste.

Al Este dentro del sinclinal se incluye un anticlinal en el centro separando dos zonas o cubetas sinclinales conocidas como ovalo sur y ovalo norte. El eje anticlinal presenta una inmersión hacia el Oeste desapareciendo sus efectos hacia el centro de la cubeta y quedando solo una cubeta sinclinal llamado ovalo occidental.

El eje sinclinal en el extremo Oeste sufre una elevación para posteriormente presentar una inmersión y más adelante de nuevo se eleva dando lugar al pequeño ovalo Lourdes.

El anticlinal central está trastocado en su eje donde incluso se intruyeron capas de lavas Mioceno-Cuaternarias.

Los buzamientos de los estratos son suaves en general - salvo en los flancos en donde son algo más pronunciados.

En general el sinclinal presenta gran cantidad de fallas de pequeño salto ≈ 10 m. Destaca la falla límite en el tercio occidental de la cubeta y las "fallas" de Calatrava y Laredo - situadas en la parte oriental por donde afloraran materiales - volcánicos tipo basaltos, limburgitas, etc.

La zona presenta dos familias de fracturas en dos direcciones predominantes NE-SO que es la principal y NNO-SSE menos notable que la anterior y con pocos ejemplos representativos.

Son fracturas normales y abiertas en general, con saltos bajos, disponiéndose perpendiculares a las capas y cortando a estas. Las más representativas se observan claramente en los flancos Norte y Sur del sinclinal.

Este sinclinal formado por los depósitos Estefanienses - productivos y su recubrimiento terciario se halla a su vez encajado en otro sinclinal, algo más pronunciado, que incluye los materiales del Paleozoico inferior y, posiblemente, Devónicos en su núcleo.

4.4. SISMOLOGIA

El área estudiada se enmarca dentro de una de las unidades tectónicas de la Península que es la Meseta. Sustancialmente formada por la plataforma continental Hercílica no invadida por mares epicontinentales poco o nada deformada posteriormente al ciclo Alpídico. Únicamente se ha podido reactivar algunas fracturas tardihercílicas o bien se han producido pequeñas basculaciones de bloques.

En el macizo Hespérico o plataforma Hercílica de la península se ha observado un sistema de fallas con dirección unas NE-SO y otras NO-SE que parece ser que han funcionado en distintas épocas geológicas, no así en el área estudiada en donde al ser una zona cratonizada y estable no se tiene constancia, desde el año 309 hasta nuestros días de ningún sismo catastrófico cuyo epicentro se haya producido en el sinclinal de Puertollano o sus inmediaciones.

Los movimientos sísmicos de epicentros más cercanos incluidos en el catálogo oficial del Instituto Geológico Nacional son:

- 1°.- Sismos de Villanueva de los Infantes el primero con fecha 8/8/1979 de magnitud 2.3 y el segundo el 1/12/1979 de magnitud 2.2
- 2°.- Sismo de Manzanares, 26/11/1967 de magnitud 3.8
- 3°.- Sismo de Fuencaliente, 3/7/1965 de magnitud 2.6
- 4°.- Sismo de Almendralejo, 20/3/1962 de magnitud 3.7
- 5°.- Sismo de Villaviciosa de Córdoba, 2/6/1957 de magnitud no elevada ($\sim < 3$)
- 6°.- Sismos de Andujar 7/6/1951 y 28/6/1951 de grado III en la escala macrosísmica M.S.K.
- 7°.- Sismo de Obejo 17/7/1949, magnitud 3.6 (grado IV escala M.S.K.)
- 8°.- Sismo de Llerena 15/5/1947, grado III de la escala M.S.K.

- 9°.- Sismo de Higuera la Real 24/10/1946, grado IV de la escala M.S.K.
- 10°.- Sismo de Arroyo de S. Serván 28/8/1944, grado V de la escala M.S.K.
- 11°.- Sismos de Villa del Río 15/9/1943 de magnitud 3.6 y grado V en la escala M.S.K. y 2/11/1943 de grado IV.
- 12°.- Sismo de Sotuélamos 26/2/1941 de grado III M.S.K.)
- 13°.- Sismo de Barcarrota 13/8/1939 de magnitud 3.2
- 14°.- Sismo de Córdoba 2/10/1932 de grado II (M.S.K.)
- 15°.- Sismo de Ossa de Montiel 10/8/1930 de grado V (M.S.K.)
- 16°.- Sismo de Andujar 1/12/1911 de grado IV (M.S.K.)
- 17°.- Sismo de Andujar 15/10/1906 de grado IV (M.S.K.)
- 18°.- Sismo de Trujillo, 1970 de grado V (M.S.K.)
- 19°.- Sismos de Mora de Toledo 24/8/1755 de grado V y 4/10/1755) grado IV (M.S.K.)
- 20°.- Sismo de Andujar 18/2/1169

Aún admitiendo que los sismos anteriores a 1900 se encuentran bien definidos en intensidad epicentral, parece claro que ninguno de ellos ha llegado a afectar al área de la futura corta con intensidad suficiente para producir efectos catastróficos. No obstante puede intentarse una correlación de la situación de

los mismos sobre un esquema estructural para reconocer su asociación a posibles fallas activas (tomando el término en su sentido más amplio de discontinuidad estructural).

En este sentido podemos ver que Andujar, Villa del Río y Córdoba aparecen claramente asociados a la falla o flexura del Guadalquivir; Ossa de Montiel y Mora de Toledo se sitúan sobre la línea sismo-tectónica del Guadiana Alto (falla de desgarre - dextrógira de dirección NW-SE) y su prolongación hacia el noroeste por el valle del río Algodor; Villanueva de los Infantes y Manzanares se disponen sobre una línea paralela a la anterior que ocupa el valle tectónico del río Azuer. Hacia el suroeste se dibujan las líneas Obejo, Villaviciosa de Córdoba, Almendralejo, Arroyo de S. Serván y Cazalla de la Sierra-Llerena-Barcarrota-Olivenza; fuera de ellas quedan los centros de Trujillo y Fuencaliente, este último el más próximo geográficamente a Puertollano. En cualquier caso todos los epicentros corresponden a la Zona Ossa-Morena o a la orla mesozoica de la Ibérica salvo los ya citados de Fuencaliente y Trujillo no asociables a ninguna macroestructura; en Fuencaliente el movimiento aparece asociado a una falla local NE-SW y probablemente se produjo en función de un ajuste isostático.

El hecho de que no se haya registrado sismos importantes en el área de Puertollano implica que el tramo es bastante estable presentando un avanzado estado fósil por lo que no se espera inestabilidades sísmicas originadas en la zona.

No obstante el riesgo sísmico no es nulo ya que algunos movimientos sísmicos lejanos de gran intensidad pueden, al menos teóricamente, llegar a afectar el área.

A este respecto el estudio de Beatriz Presmanes (1978) - considera que el llamado terremoto de Lisboa de 1 de noviembre de 1755 cuyo epicentro se calcula situado en el Atlántico a los 37°N y 10°W y cuya intensidad macrocísmica fué de grado X, afectó a Ciudad Real y Campo de Criptana con una intensidad de VI-VII, a Almadén con intensidad IV, a Córdoba con intensidad de grado VII, a Jaén con intensidad VI-VII, a Valdepeñas con intensidad de grado V, a Tarancón con intensidad V-VI y a Toledo y Ocaña con intensidad de grado IV; las intensidades calculadas aumentan rápidamente hacia el suroeste VII - Ecija, Utrera y Loja - VII-VIII Sevilla y VIII Huelva.

Esto hace pensar que la transmisión de energía se produjo fácilmente a través del cratón hercínico deteniéndose o amortiguándose en las cubiertas mesozoicas y terciarias, las cuales no actuaron como resonadores. Los máximos de transmisividad eran asociados a la falla del Guadalquivir y las intracratónicas de Alertesca-Plasencia, Torreldones-Almendralejo a la lineación Ciudad Real-Huelva que más que una fractura debe interpretarse como un área de mínimos en el grosor de la corteza (S. Cadavid 1977) que se atenúa hacia el nordeste.

Esto produce que el riesgo sísmico de la zona se haya evaluado como de grado VI pese al carácter cratónico del área y a la inexistencia de evidencias neotectónicas, ya que la "falla" - Azores-Gibraltar es un foco de epicentros sísmicos muy importante y algunos de ellos pueden transmitirse como hemos visto hacia el interior del cratón.

Ha de tenerse en cuenta por otra parte que la realización de los mapas de intensidad sísmica histórica para el ámbito peninsular, se realizan considerando la mayor intensidad sísmica registrada en cada punto de acuerdo con los mapas de isosistas de cada

terremoto individual. Evidentemente se tienen en cuenta los sismos más importantes y la influencia de uno sólo de ellos puede ser determinante en una zona de sismicidad escasa o poco conocida. Este parece ser el caso de Puertollano de intensidad VII M.K.S., se debe al parecer, exclusivamente a los efectos del sismo de Lisboa de 1755 (A.J. Martín 1981).

5. TESTIFICACION GEOTECNICA DE SONDEOS

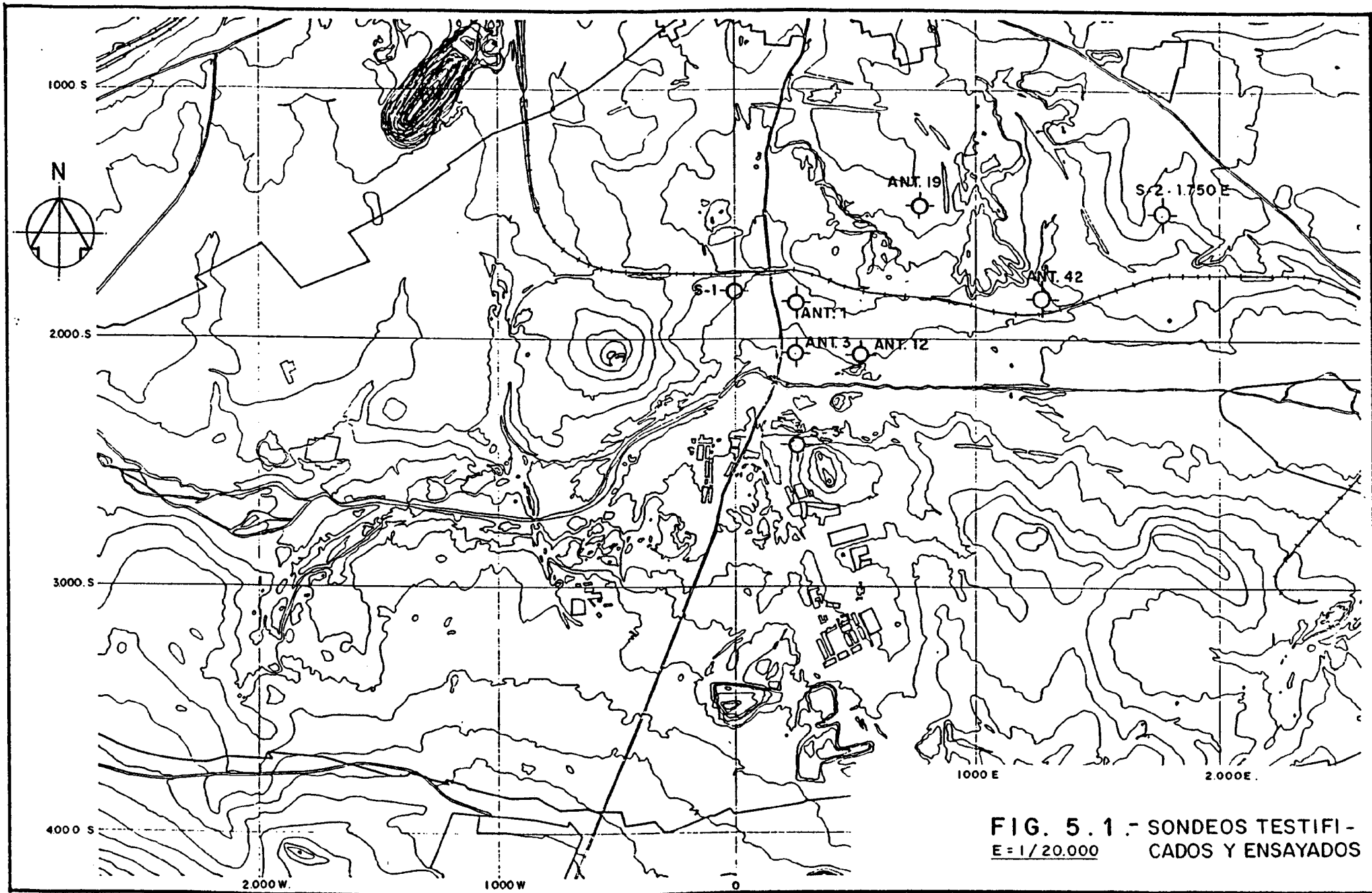
5. TESTIFICACION GEOTECNICA DE SONDEOS

Para el desarrollo de este trabajo se ha aprovechado algunos de los muchos sondeos antiguos existentes en la zona (señalados como ANT-) y algunos recientes de exploración minera, la mayoría de ellos realizados por ADARO.

En la adjunta Fig. 5.1 se sitúan los considerados en este estudio.

Hay que hacer notar que muchos de los sondeos mineros, realizados con tricono hasta llegar a las capas explotables son de escasa utilidad a efectos geomecánicos.

Se incluye los resultados de la evaluación mediante el RQD de los sondeos más característicos. Como puede apreciarse el registro refleja la naturaleza finamente estratificada de las pizarras y la dificultad de recuperación de testigo. El RQD desciende a valores muy bajos en las capas de carbón y algunos niveles de pizarras carbonosas



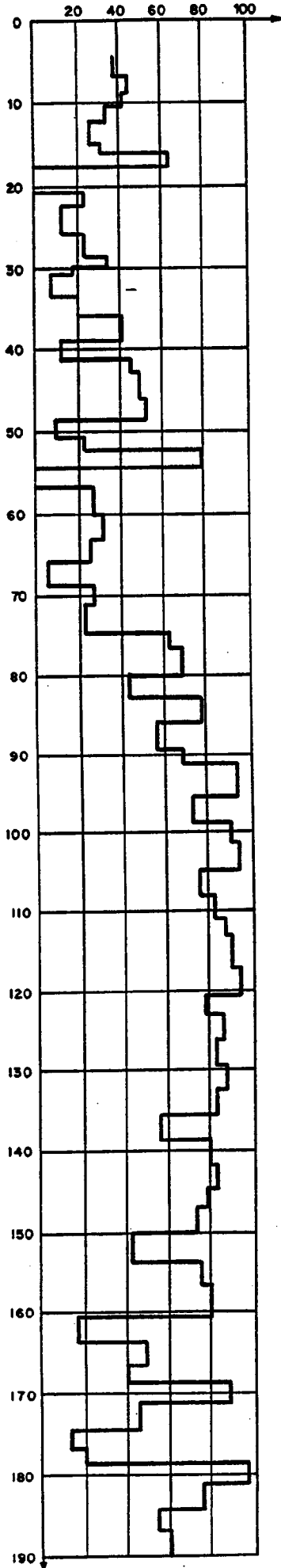
**FIG. 5.1 - SONDEOS TESTIFI-
 CADOS Y ENSAYADOS**
E=1/20.000

SONDEO ANT. 1

RQD

TESTIFICACION
POR EL RQD

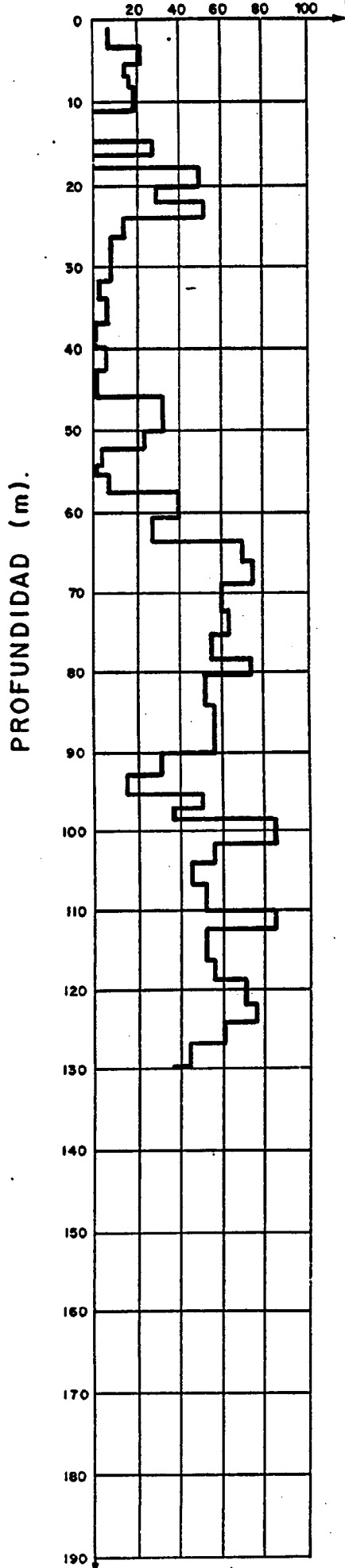
PROFUNDIDAD (m).



SONDEO ANT.3

RQD

TESTIFICACION
POR EL RQD

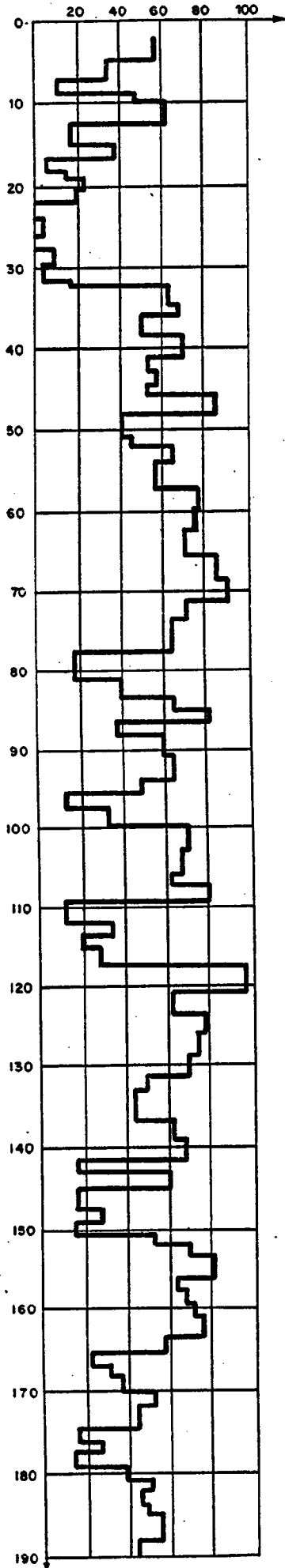


SONDEO ANT. 42

R Q D

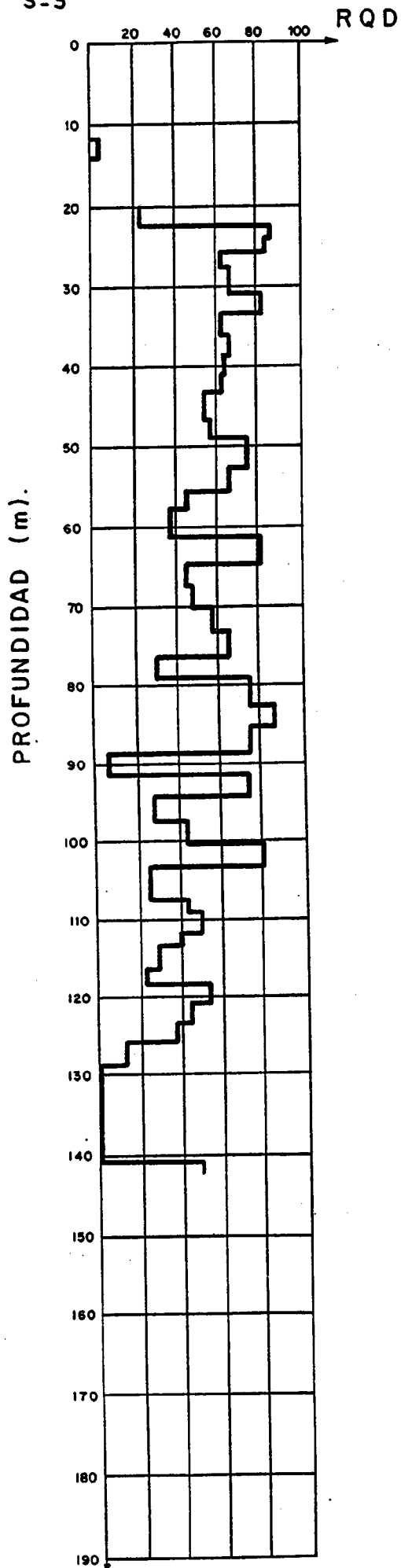
TESTIFICACION
POR EL R Q D

PROFUNDIDAD (m).



SONDEO S-3

TESTIFICACION
POR EL RQD

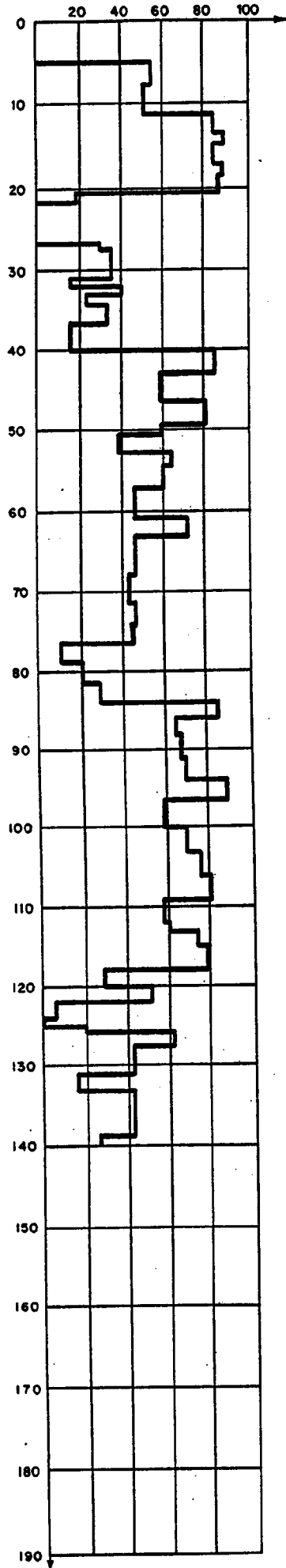


SONDEO S-2 1750 E

R Q D

TESTIFICACION
POR EL R Q D

PROFUNDIDAD (m).



6. ESTUDIO DE FENOMENOS DE INESTABILIDAD OBSERVABLES EN LA ZONA.

6.1. TRABAJOS REALIZADOS

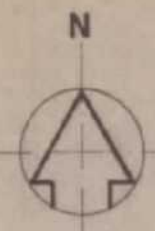
Durante los estudios de campo del área de Puertollano, se realizaron diversos perfiles en las cortas de las explotaciones existentes. Se identificaron los diferentes taludes actuales así como las características de vertido, anotando con especial interés aquellos aspectos cuya incidencia sobre la estabilidad del talud fuera más notable. (Ver fichas de taludes y Plano 6.1)

Se han tomado diversas medidas de diaclasas para identificar las diferentes familias de discontinuidades, en orden a intentar clasificar y analizar las características --reológicas del macizo rocoso.

Así mismo, se observó la presencia o ausencia de agua por ser una variable importante en su influencia sobre la --estabilidad o inestabilidad de los taludes estudiados.

Por otro lado se ha hecho una descripción litológica de los taludes y se ha reconstruido una columna tipo, para poder referenciar en ella todos los tramos que aparecen en los frentes analizados (ver esquemas adjuntos).

Se han estudiado los movimientos producidos en los taludes actuales para poder predecir las condiciones de estabilidad o inestabilidad de las cortas a realizar en el futuro.

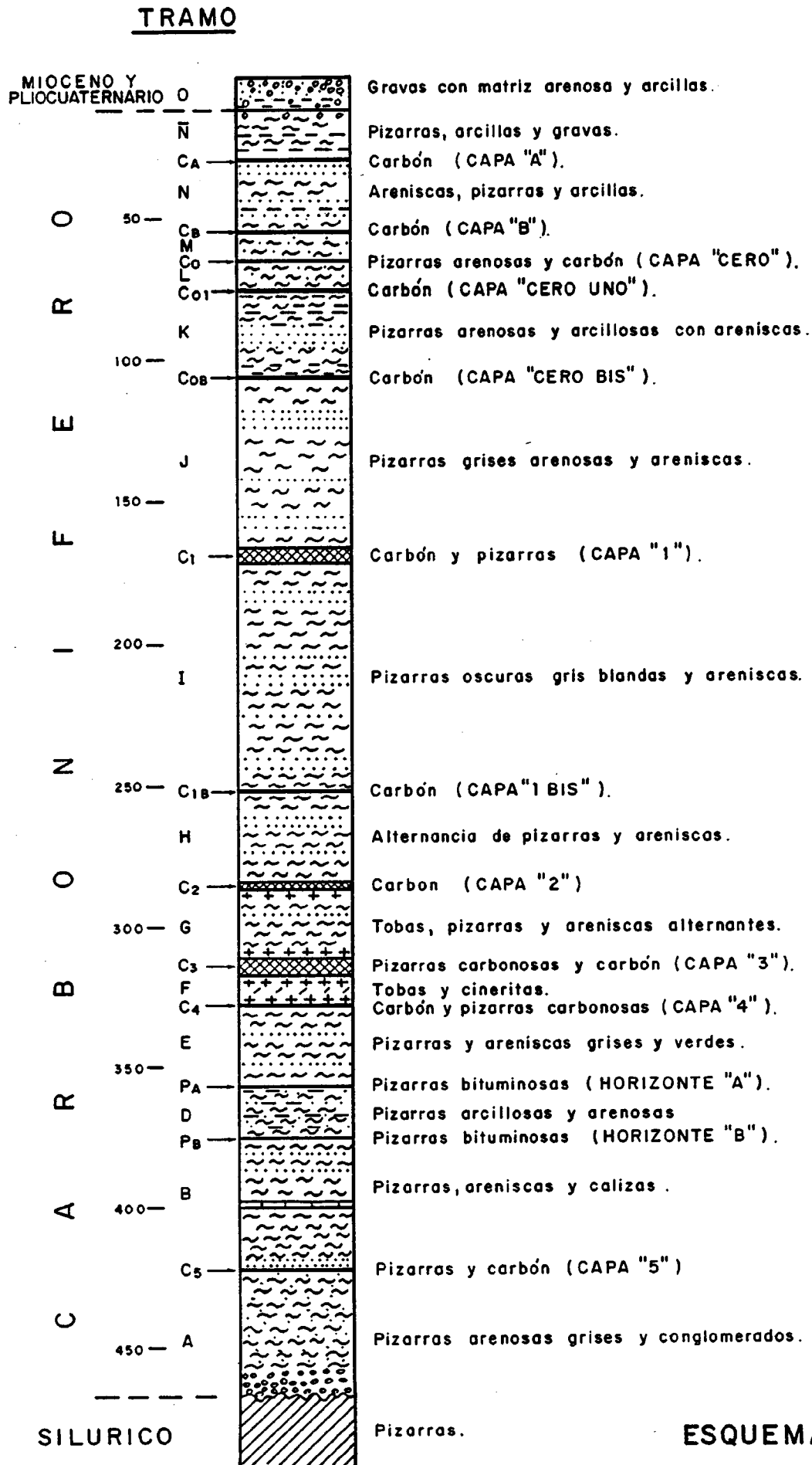


E= 1/20000

© TALUDES MINA "EMMA"

PLANO 6.1- SITUACION DE EXPLOTACIONES Y TALUDES ESTUDIADOS.

COLUMNA TIPO

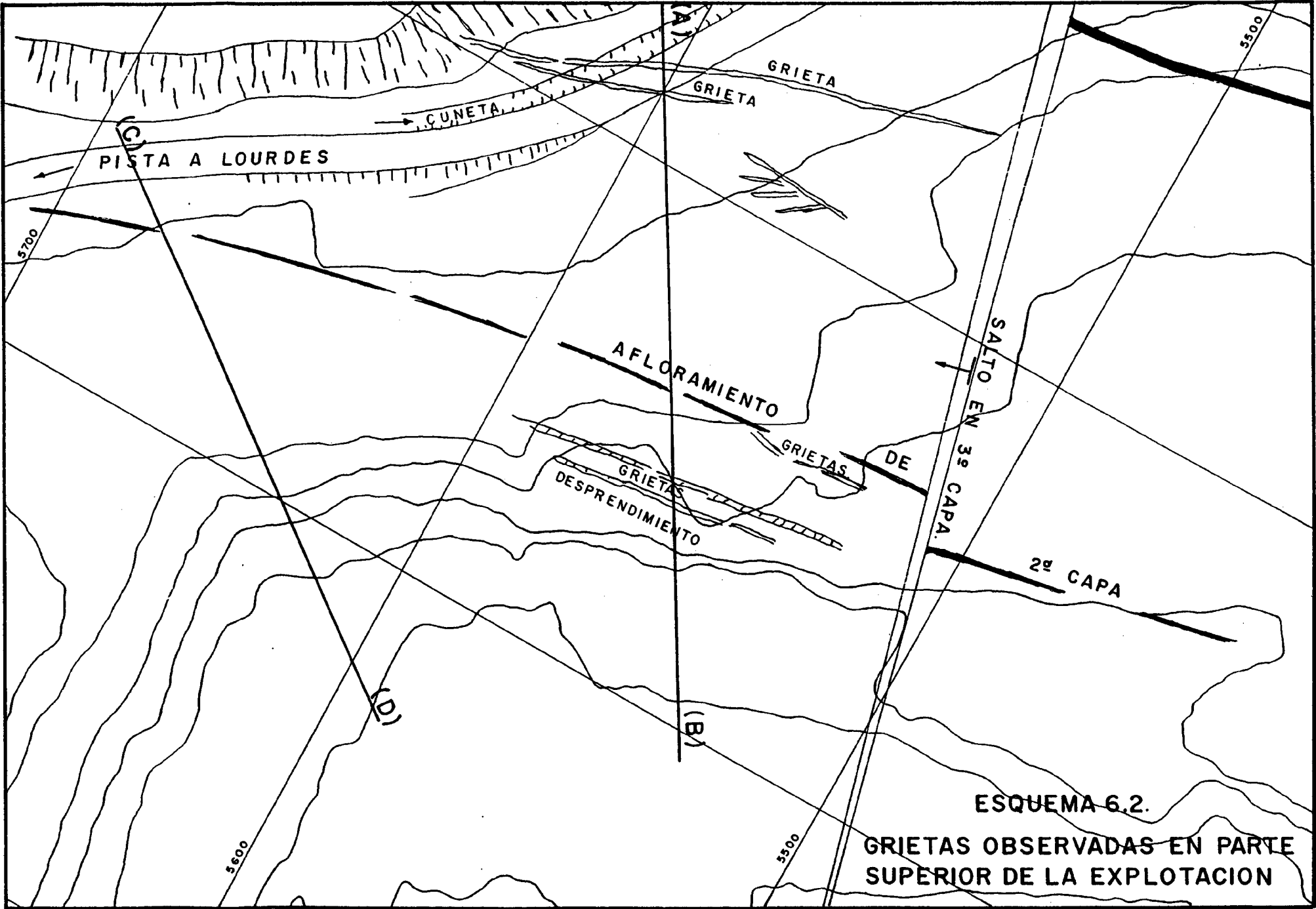


ESQUEMA 6.1.

Accesoriamente se tomaron medidas de dirección y buza -
miento a lo largo del flanco sur del sinclinorio y se identi-
ficaron diversos tramos rocosos ordovícicos de naturaleza --
cuarcítica e intrusiones basálticas en las zonas centrales -
del sinclinorio.

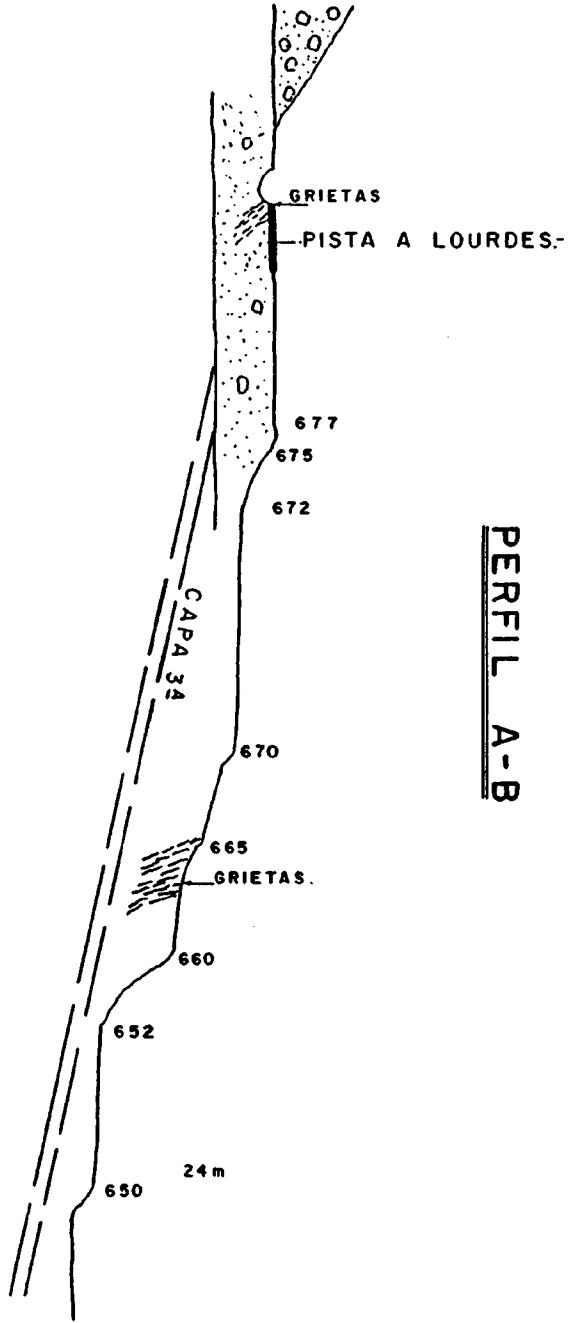
Por último, se han observado en campo algunas grietas --
superficiales en zonas concretas de las explotaciones lo que
podría dar origen a removilizaciones y movimientos superfi -
ciales de la montera si se excavasen taludes en dichas áreas
(ver esquema adjunto).

Ya en gabinete, se ha realizado una serie de cortes es -
quemáticos y su descripción, adjuntando una ficha tipo para
cada frente; así mismo, se adjuntan las fotografías de los --
taludes estudiados resaltando aquellos aspectos considerados
más interesantes o representativos en función de su estabili-
dad.

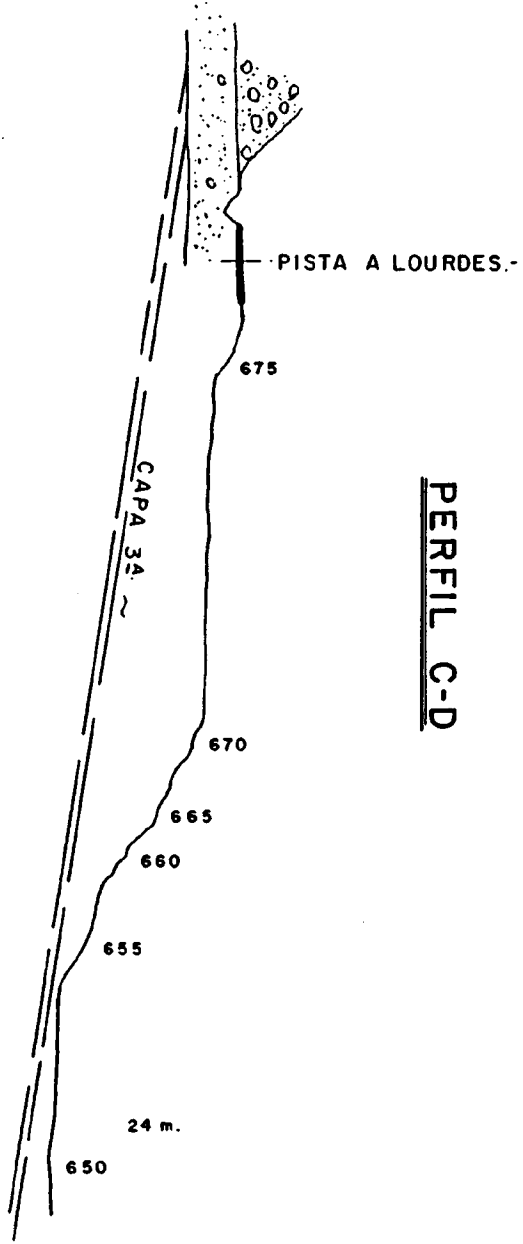


ESQUEMA 6.2.
GRIETAS OBSERVADAS EN PARTE SUPERIOR DE LA EXPLOTACION

PERFIL A-B



PERFIL C-D



ESQUEMA 6.3

PERFILES DE LAS ZONAS CON GRIETAS
SUPERFICIALES.

6.2. DESCRIPCION DE LAS EXPLOTACIONES E INCI - DENCIAS OBSERVADAS

6.2.1. Mina "Emma"

Se encuentra situada en el óvalo occidental de la cuenca entre los perfiles transversales 4.000 W y 6.000 W; la explotación comenzó por la parte suroeste de forma que el avance actual se realiza fundamentalmente hacia el noreste; los taludes ya explotados, sur y oeste quedan progresivamente cubiertos por escombreras. (Explotación por transferencia, fig. 6.1.)

a) Frente de Explotación

En la zona de avance la altura de banco es del orden de 8 m., la anchura de bermas de unos 30 m. aproximadamente y el talud de los bancos tiene una inclinación de unos 45° (1:1).

La altura de bancos sufre variaciones en las capas explotables de carbón (capa 2a y 3a), en donde presentan alturas de 2 a 4 m. Los demás taludes mantienen en general, alturas constantes de 6 a 8 m. presentando variaciones laterales en zonas de paso en las cuales los frentes se acuñan.

La distancia entre la zona de trabajo en el fondo de la corta y el frente de relleno es de unos 20 m.

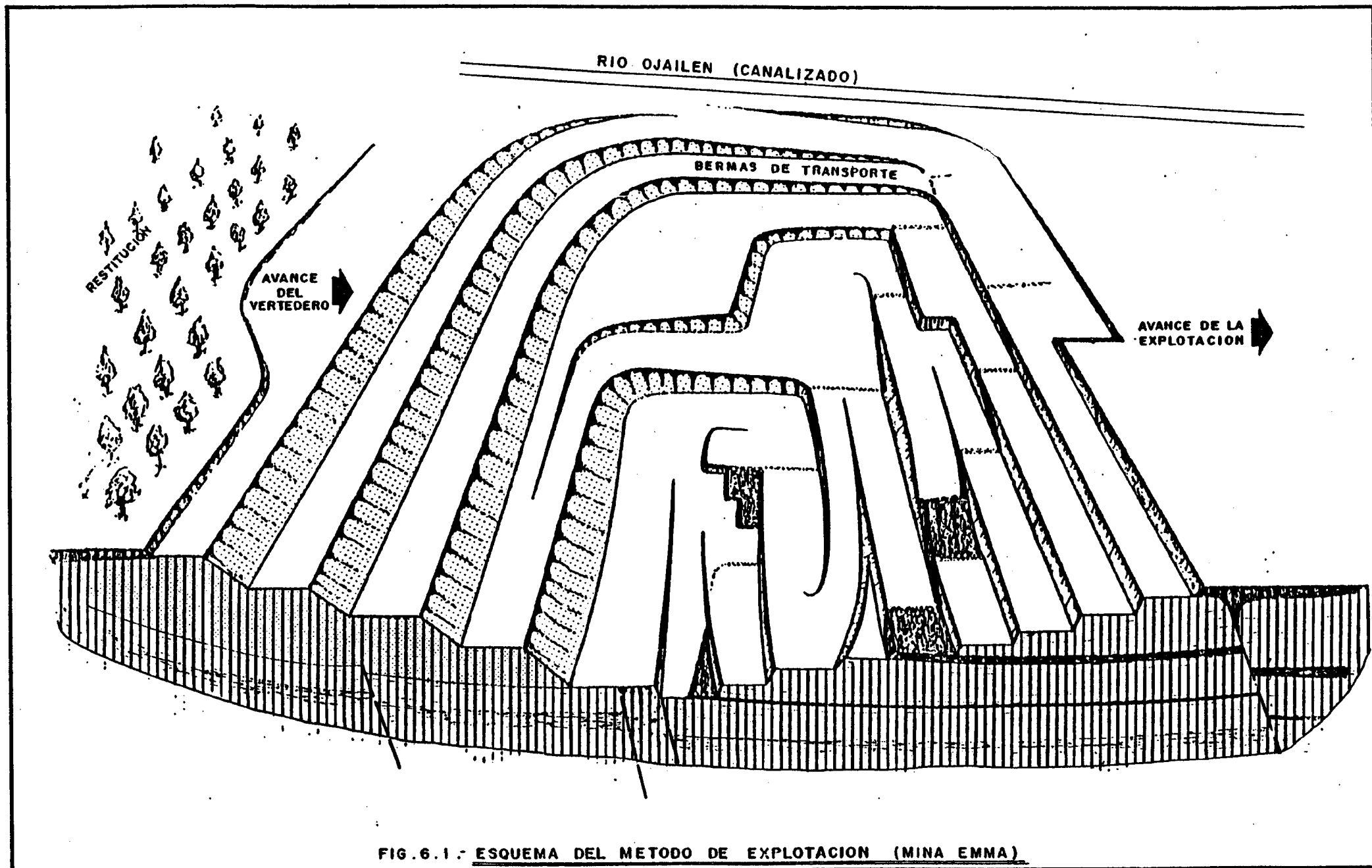


FIG. 6.1 : ESQUEMA DEL METODO DE EXPLOTACION (MINA EMMA)

El flanco sur del sinclinal mantiene un buzamiento medio de 18° hacia el norte, en tanto que el flanco septentrional buza 25° hacia el sur; estos buzamientos decrecen progresivamente hacia el centro de la cubeta hasta quedar las capas horizontales en la zona central de la misma.

La explotación actual se realiza exclusivamente sobre la 2ª y 3ª capas de carbón (fig. 6.2.). La profundidad desde la llanura aluvial hasta el fondo de mina es de 78 m. (fig. 6.3.).

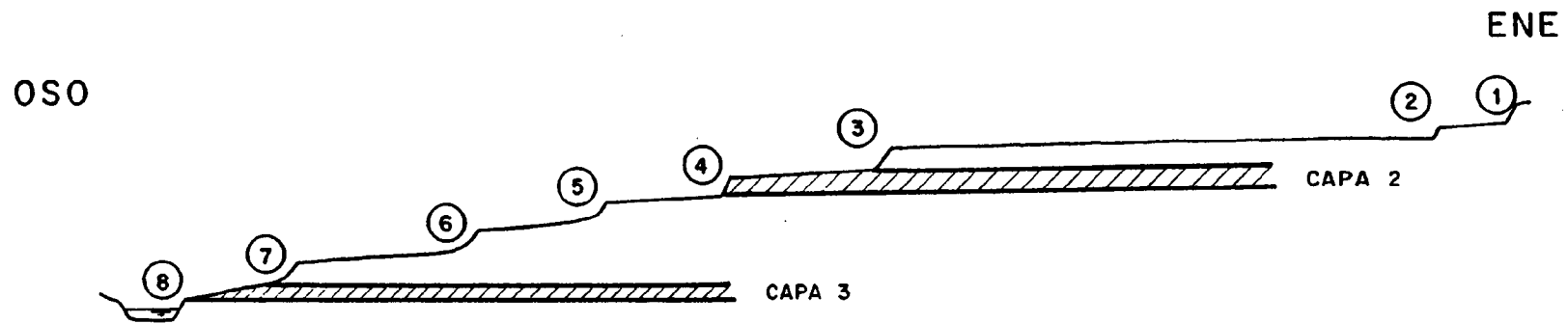
En 1.979 se produjo un deslizamiento en el frente de ataque motivado por una falla cargada de agua en su parte más alta debido a la infiltración de un arroyo - próximo, (fig. 6.4.).

B) Escombreras

En la zona de vertido la altura media de las escombreras es de unos 10-15 m. con algunas excepciones, y una anchura de paso estándar de 25 m. La pendiente en los frentes es de unos 32-34° que corresponde al ángulo de equilibrio natural del escombros.

El vertido se realiza sin selección previa del material, vertiendo los dumpers directamente sobre los taludes. Para alisar las zonas de paso se utiliza una máquina "bulldozer" de neumáticos.

"MINA EMMA"



ESCALA 1/2500

FIG. 6.2.- PERFIL ESQUEMATICO DE LOS FRENTES DE EXPLOTACION.

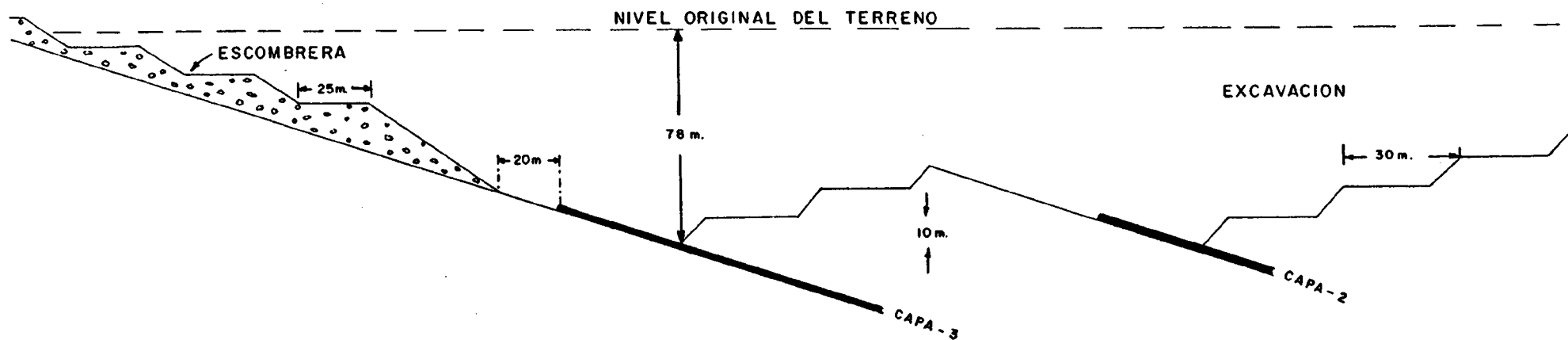


FIG. 6.3.- ESQUEMA DE EXPLOTACION DE MINA "EMMA"

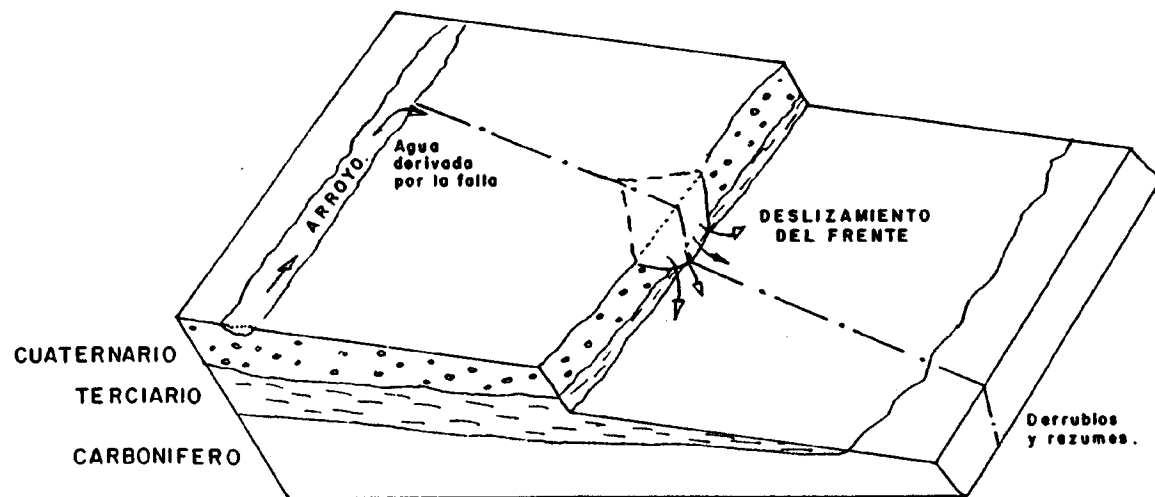


FIG.6.4.- DESLIZAMIENTO DEL FRETE CUATERNARIO Y TERCARIO AL CORTAR UNA FALLA CARGADA DE AGUA.

FICHAS DE TALUDES ACTUALES.

CORTA : MINA EMMA

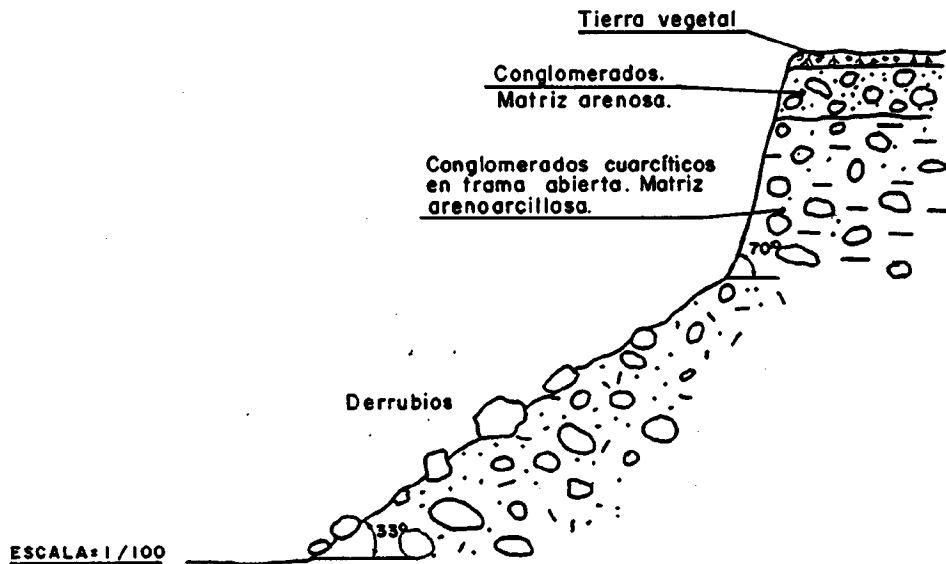
LADO N E
DIRECCION DE EXPLOTACION N-162-SE
TALUD Nº 1
ALTURA DEL TALUD 6 M.
Nº DE BANCOS VER ESQUEMA
INCLINACION MEDIA 70º
LONGITUD DEL TALUD 450 M.

MOVIMIENTOS OBSERVADOS :

DESPLAZAMIENTOS CIRCULARES DE CARACTER POTENCIAL

REFERENCIA A LA COLUMNA TIPO :

TRAMO 0



F I C H A S D E T A L U D E S A C T U A L E S .

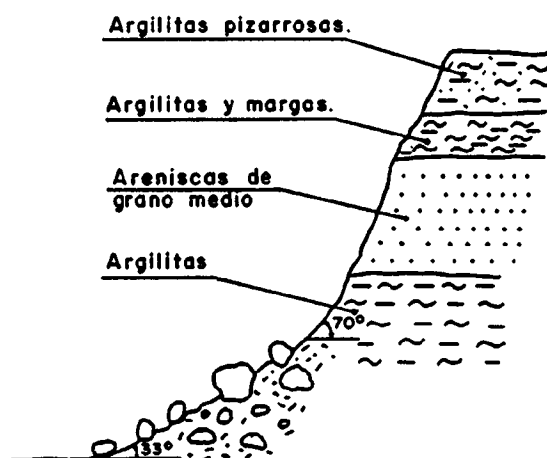
CORTA : MINA EMMA

LADO N E
DIRECCION DE EXPLOTACION N-160-SE
TALUD Nº 2
ALTURA DEL TALUD 6 M.
Nº DE BANCOS VER ESQUEMA
INCLINACION MEDIA 65º - 70º
LONGITUD DEL TALUD 180 M.
MOVIMIENTOS OBSERVADOS :

CAIDA DE DETRITOS PRACTICAMENTE CONSTANTE:
RIESGO DE DESLIZAMIENTOS CIRCULARES.

REFERENCIA A LA COLUMNA TIPO :

CORRESPONDE A LA PARTE MEDIA DEL TRAMO I

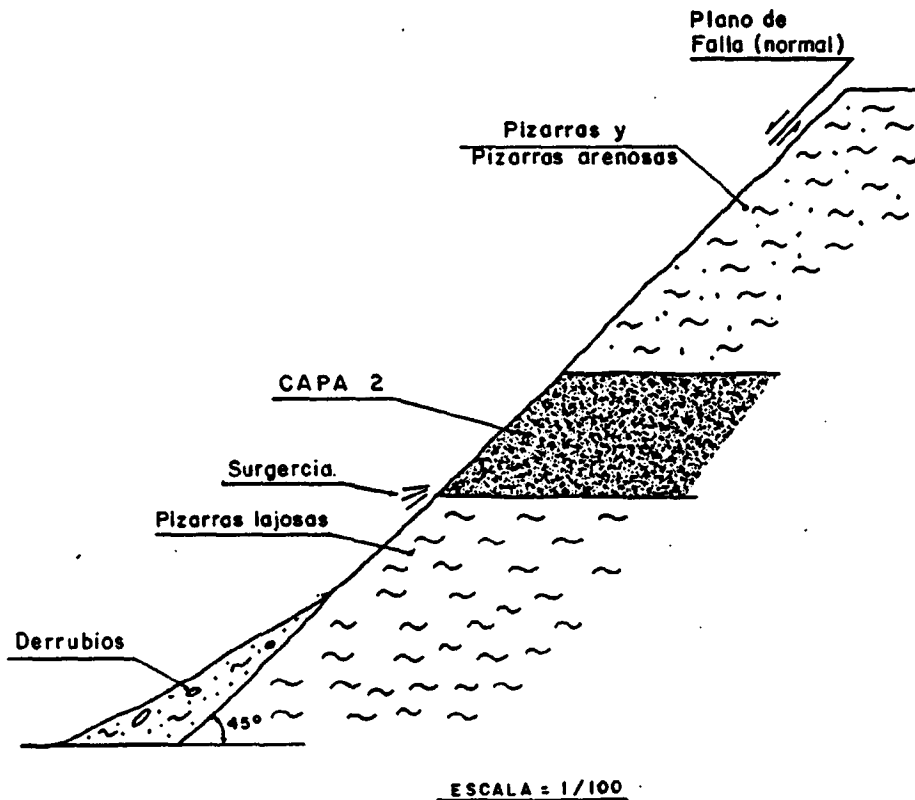


ESCALA = 1/100

F I C H A S D E T A L U D E S A C T U A L E S .

CORTA : MINA EMMA

LADO N E
DIRECCION DE EXPLOTACION N-162-E
TALUD Nº 3
ALTURA DEL TALUD VARIABLE (2,5-9 m)
Nº DE BANCOS VER ESQUEMA
INCLINACION MEDIA 45º
LONGITUD DEL TALUD 150 M.
MOVIMIENTOS OBSERVADOS :
 CAIDA GENERALIZADA DE DETRITOS
REFERENCIA A LA COLUMNA TIPO :
 TRAMO II



FICHAS DE TALUDES ACTUALES.

CORTA : MINA EMMA

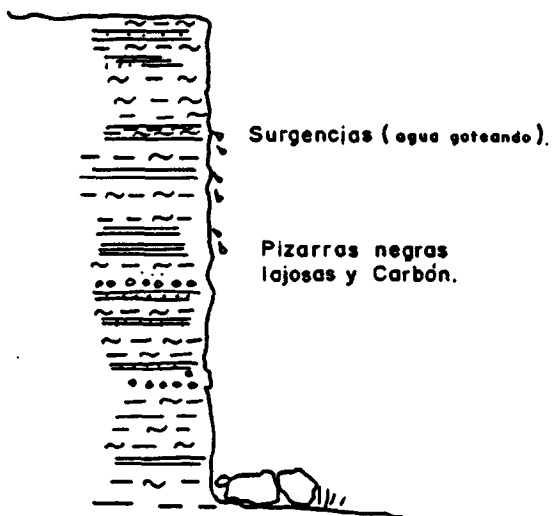
LADO N E
 DIRECCION DE EXPLOTACION N-160-SE CON VARIACIONES EN ANGULOS DE 90º SEGUN LA DIRECCION N-52-E
 TALUD Nº 4
 ALTURA DEL TALUD 3,50 M
 Nº DE BANCOS VER CORTE
 INCLINACION MEDIA 80-90º
 LONGITUD DEL TALUD 200-300 M

MOVIMIENTOS OBSERVADOS :

EN GENERAL SE PUEDEN ADMITIR ANGULOS SUBVERTICALES. EN EL FRENTE SE PRODUCEN PEQUEÑOS DESPRENDIMIENTOS DECIMETRICOS DE BLOQUES PARALELEPIPEDICOS. ES DE DESTACAR LA PRESENCIA DE AGUA (AGUA GOTEANDO-FLUYENDO)

REFERENCIA A LA COLUMNA TIPO :

CORRESPONDE AL TRAMO C₂



DIACLASADO

δ	β	ϕ
30°	83	25/30 por m.
100°	90	
38°	90	
94°	88	
110°	90	
36°	76 NQ	
105°	90	
170°	90 E.	15/20 por m.

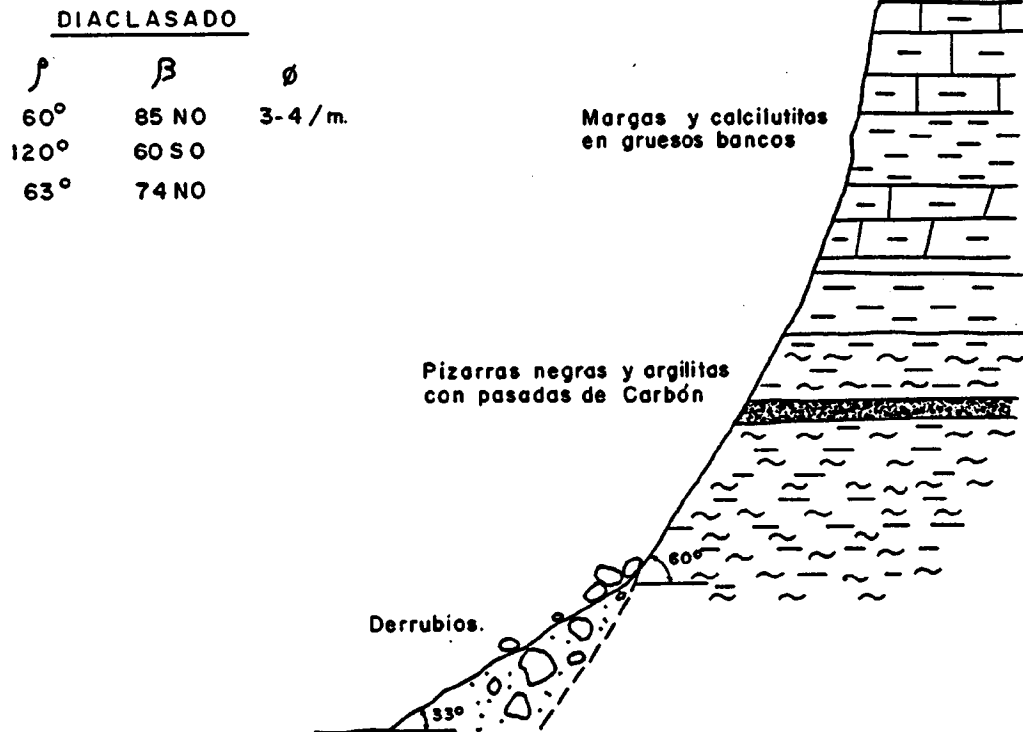
FICHAS DE TALUDES ACTUALES.

CORTA : MINA EMMA

LADO N E
 DIRECCION DE EXPLOTACION N-164-SE
 TALUD Nº 5
 ALTURA DEL TALUD 5 M
 Nº DE BANCOS VER ESQUEMA
 INCLINACION MEDIA 60-65º
 LONGITUD DEL TALUD 100 M
 MOVIMIENTOS OBSERVADOS :

NO SE HAN DETECTADO, AUNQUE DEBIDO AL DIACLASADO
 ABIERTO EXISTENTE PUEDEN DAR ORIGEN A CAIDA DE -
 BLOQUES

REFERENCIA A LA COLUMNA TIPO :
 PARTE SUPERIOR DEL TRAMO G



FICHAS DE TALUDES ACTUALES.

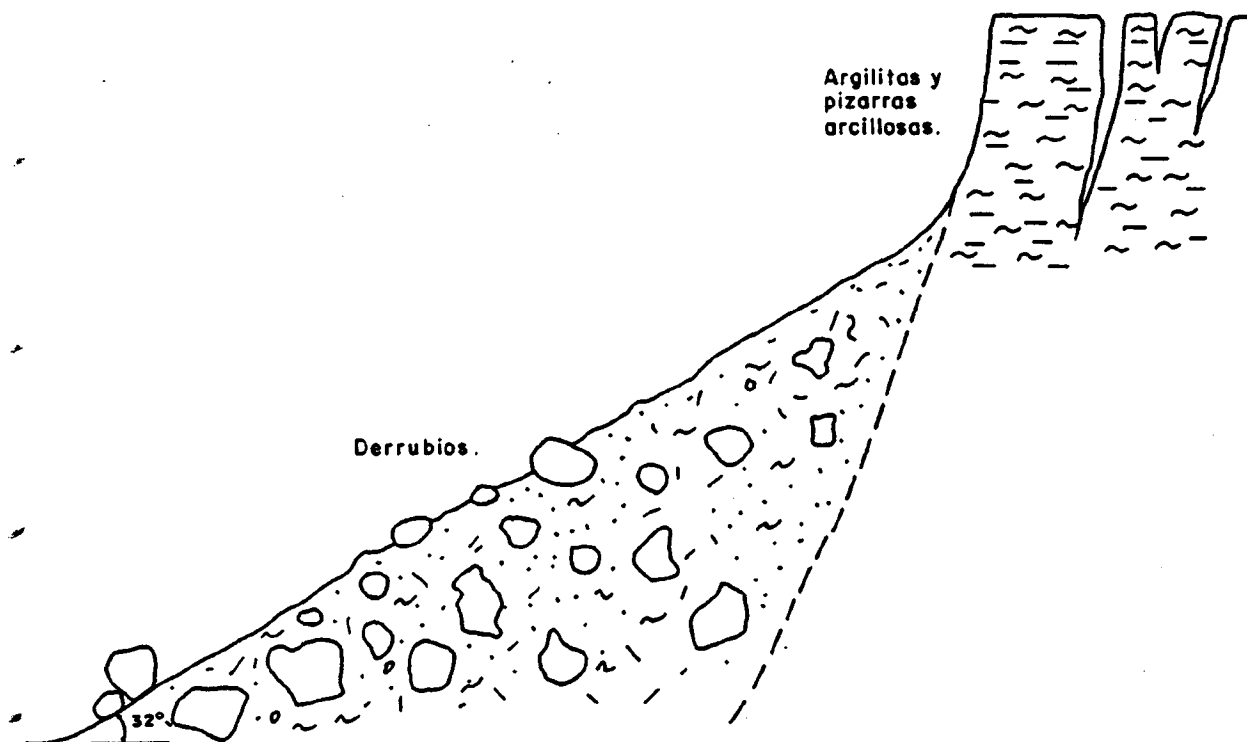
CORTA : MINA EMMA

LADO NE
DIRECCION DE EXPLOTACION N-164-SE
TALUD Nº 6
ALTURA DEL TALUD 5 M
Nº DE BANCOS VER ESQUEMA
INCLINACION MEDIA 40º
LONGITUD DEL TALUD 120 M
MOVIMIENTOS OBSERVADOS :

CAIDA DE DETRITOS CASI CONSTANTE

REFERENCIA A LA COLUMNA TIPO

PARTE MEDIA DEL TRAMO G



ESCALA = 1/50

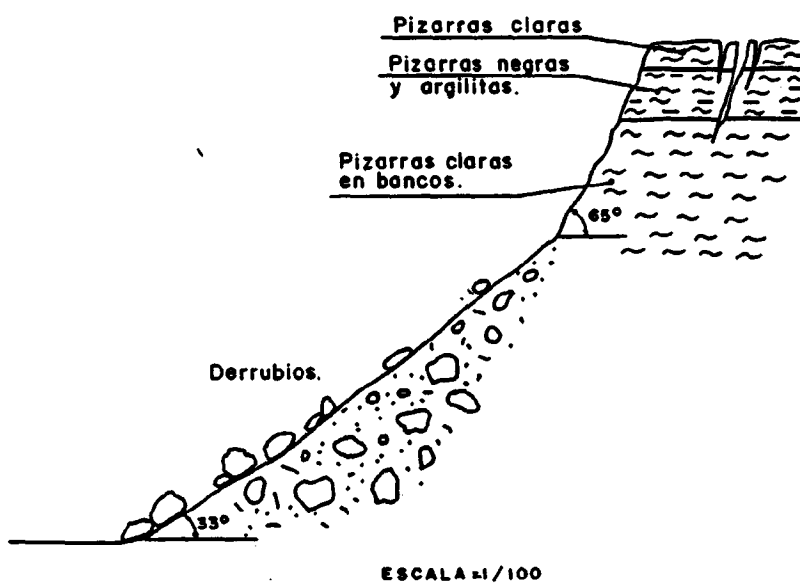
F I C H A S D E T A L U D E S A C T U A L E S .

CORTA : MINA EMMA

LADO N E
DIRECCION DE EXPLOTACION N-162-SE
TALUD Nº 7
ALTURA DEL TALUD 7 M
Nº DE BANCOS VER ESQUEMA
INCLINACION MEDIA 60º-65º
LONGITUD DEL TALUD 80-100 M
MOVIMIENTOS OBSERVADOS :

EN LA BERMA DE LA PARTE SUPERIOR SE OBSERVAN
GRIETAS QUE PUEDEN DAR LUGAR A DESLIZAMIENTOS
CIRCULARES

REFERENCIA A LA COLUMNA TIPO
PARTE INFERIOR DEL TRAMO C



F I C H A S D E T A L U D E S A C T U A L E S .

CORTA : MINA EMMA

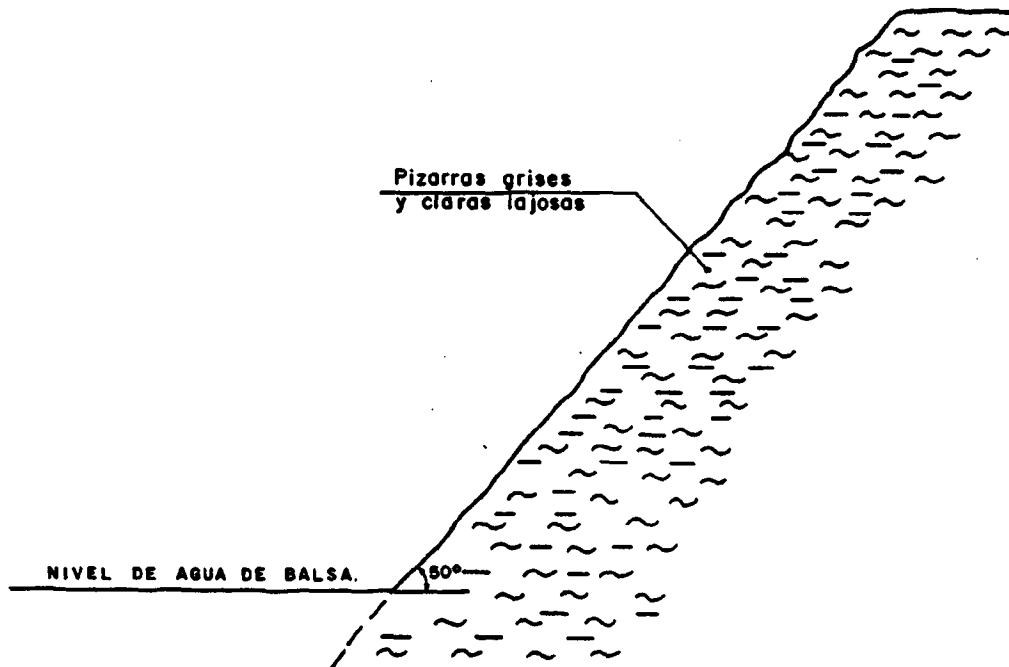
LADO N E
DIRECCION DE EXPLOTACION N-210-E
TALUD Nº 8
ALTURA DEL TALUD 4 M
Nº DE BANCOS VER ESQUEMA
INCLINACION MEDIA 50º
LONGITUD DEL TALUD 25 M

MOVIMIENTOS OBSERVADOS :

CAIDA ESPORADICA DE DETRITOS EN EPOCA DE
LLUVIAS INTENSAS

REFERENCIA A LA COLUMNA TIPO :

PARTE SUPERIOR DEL TRAMO E



ESCALA = 1/50

Para que el escombros no rebasa la anchura de paso de 25 m., primeramente se marca con piedras dicha anchura y a continuación se procede a echar una tongada de material de unos 0,5 m. de espesor para que el vertido de los dumpers en el frente superior, quede retenido al pie.

Una vez conseguida la anchura de paso deseada, se procede a verter en el talud superior por el mismo sistema. Esto implica que las hermas deben ser más anchas al inicio del vertido.

La implantación de los frentes de escombreras se realiza de abajo a arriba, de forma que cuando el talud inferior haya conseguido la altura y anchura de paso deseada, se procede a verter en el talud inmediatamente superior. - Y así sucesivamente hasta llegar a la escombrera superior, repitiéndose de nuevo el ciclo.

El talud superior de la escombrera alcanza los 25 m. Es un talud mixto, en cuya mitad inferior se vertieron pizarras negras y argilitas, mientras que su parte superior está formada por arcilla y cantos cuarcíticos de tamaño variable.

Los restantes taludes presentan alturas de 10-12 m. - con progresivos acañamientos laterales en las zonas de paso.

Con respecto a la estabilidad, los problemas de capacidad portante, deslizamiento por la base de la escombrera, se produjeron al principio cuando los apoyos sobre el glacis pliocuaternario de la ladera se empaparon en época de lluvias intensas. El ángulo original del terreno era de 10° , la altura de la escombrera de 30 m. y el ángulo del frente era de unos 35° .

Actualmente no se han detectado problemas apreciables de inestabilidad.

6.2.2. Mina "La Manchega"

Profundidad 23 m.

En esta mina no existen mayores problemas salvo pequeños deslizamientos curvilineales en el talud sur. La litología que presenta es prácticamente idéntica a la de mina Emma si exceptuamos unas intrusiones basálticas que aparecen en un cerro inmediatamente al sur de la explotación.

La mina no tiene una geometría de explotación claramente definida. Existe un talud al norte, muy tumbado, que parece haber sido realizado por una pala excavadora. Este talud permanece fijo y estable.

El talud Este presenta una altura de 20 m. con ángulos de 45° (1:1). Hay que hacer constar que el nivel margoso se encuentra muy fracturado. Sin embargo, no da problemas de estabilidad, dado que es prácticamente horizontal.

En el talud Sur, como se ha mencionado anteriormente, deslizaron con las lluvias unas pequeñas masas de material cuaternario (unos 2-3 m. de altura). No han vuelto a producirse estos problemas.

En el momento de la apertura de la mina, al cortar la falla, apareció un nivel de agua, pero tan pequeño que con 8-10 cubas quedó prácticamente seca.

La escombrera llega a tener en algún punto máximo, alturas de 25 m., con talud natural y sin selección de materiales, de 33°.

6.2.3. Mina "María Isabel"

En esta mina es donde se observa algún problema aunque solo en el talud sur. El recubrimiento oscila entre 12 y 14 m.

El talud sur deslizó en cuestión de horas. Al ir abriendo la corta, se atravesaron las margas, así como unos 9 m. de pizarra, hasta que alcanzó un nivel en el que la pizarra es suave al tacto, jabonosa, produciéndose entonces el deslizamiento. También se producen pequeños deslizamientos circulares en la montera pliocuaterna en tramos localizados de los taludes.

El talud norte tiene una altura de \approx 20 m. (sin recubrimiento). El que permanezcan verticales, sin problemas, está influido porque los estratos buzcan hacia el Norte con un 15% de pendiente.

Aparecen aguas colgadas en el talud superior norte pero de carácter puntual, de manera que prácticamente no influyen en la estabilidad del mismo.

La profundidad actual es de 40-45 metros, estando previsto alcanzar en algún punto los 70-75 m.

Las escombreras se hacen sin selección de material, con vertido directo de los dumpers, y en algunos casos llegan a superar los 40 m. de altura.

6.2.4. Mina "San Luis"

Es una mina piloto proyectada para la ubicación y conocimiento geométrico de las capas de carbón en orden a explotarlas en un futuro.

En consecuencia es una excavación pequeña con un desnivel máximo de 25 m.

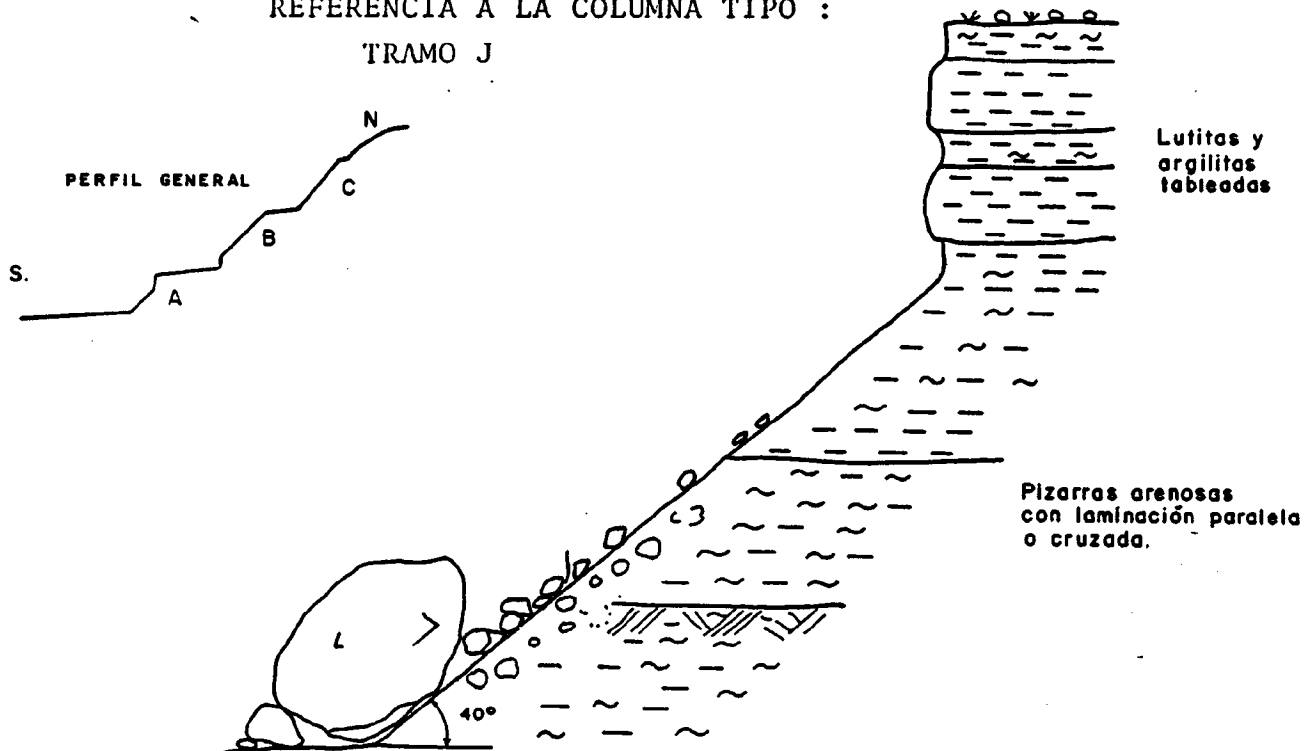
Han existido importantes problemas de deslizamientos planos en el talud oeste (inclinación de unos 50°) a favor del buzamiento de las capas, 22° N favorecido además por el tipo de material existente que es arcilloso y plástico. Así mismo, la montera pliocuaternaria en el mismo flanco de la mina ha sufrido deslizamientos circulares generalizados que al ser de poca altura, (-3 m.), no representan un riesgo notable, debido a la existencia de una berma de 6-8 metros de ancha.

En el flanco noreste de la mina no existen problemas graves ya que los buzamientos de las capas son favorables; sólo existe el riesgo de erosión progresiva debido a la plasticidad del material en la parte media y alta del talud. En la zona baja existe un pequeño riesgo de desprendimientos en áreas fracturadas y milonitizadas de escasa entidad.

FICHAS DE TALUDES ACTUALES.

CORTA : MINA PILOTO "SAN LUIS"

LADO : N E
DIRECCION : 100-SE, CON CAMBIOS
HACIA EL SO (190-SO)
TALUD : A
ALTURA DEL TALUD : 5 M
Nº DE BANCOS : 4
INCLINACION MEDIA : HASTA 3,25 M DE ALTURA,
INCLINACION DE 40º, -
DESDE 3,25 M HASTA 5 M,
INCLINACION 90º
LONGITUD DEL TALUD : ≈ 150 M
MOVIMIENTOS OBSERVADOS :
TALUD INESTABLE.- SE PUEDEN REMOVILIZAR BLOQUES DE
TAMAÑO NOTABLE SOBRE TODO A ZONAS FRACTURADAS.
EROSION INTENSA
REFERENCIA A LA COLUMNA TIPO :
TRAMO J

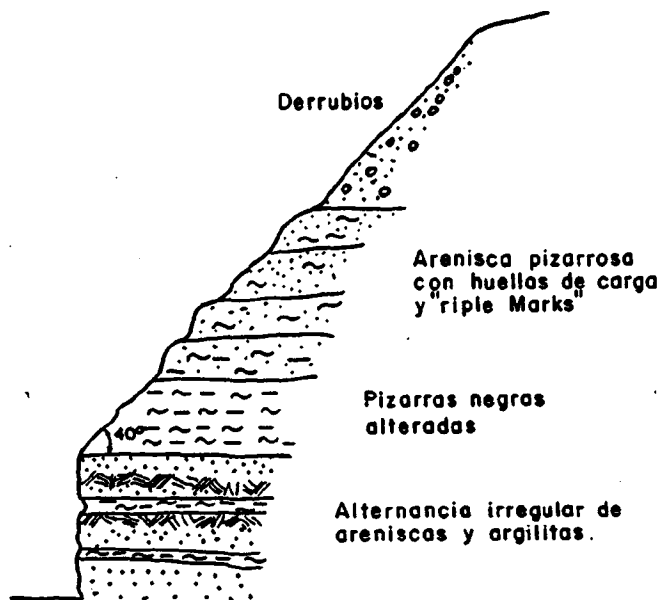


F I C H A S D E T A L U D E S A C T U A L E S .

CORTA : MINA PILOTO "SAN LUIS"

LADO : N E
 DIRECCION : 100-SE CON CAMBIOS HACIA EL SO (190-SO)
 TALUD : B
 ALTURA DEL TALUD : 8 M
 Nº DE BANCOS : 4 (VISIBLES)
 INCLINACION MEDIA : DESDE LA TIERRA HASTA 2 M DE ALTURA, INCLINACION DE 90°. DESDE 2 M HASTA 8 M INCLINACION DE 40°
 LONGITUD DEL TALUD : ≈ 200 M
 MOVIMIENTOS OBSERVADOS : NO SE HAN OBSERVADO, PERO LA EROSION PRODUCIDA EN EL TALUD ES ALTA, SUFRIENDO UNA DEGRADACION PROGRESIVA
 REFERENCIA A LA COLUMNA TIPO : TRAMO J

DIACLASADO		
ρ	β	ϕ
120°	81 NE	5-6/mt.
135°	80 NE	
128°	70 NE	
130°	76 NE	



ESCALA = 1/100

FICHAS DE TALUDES ACTUALES.

CORTA : MINA PILOTO "SAN LUIS"

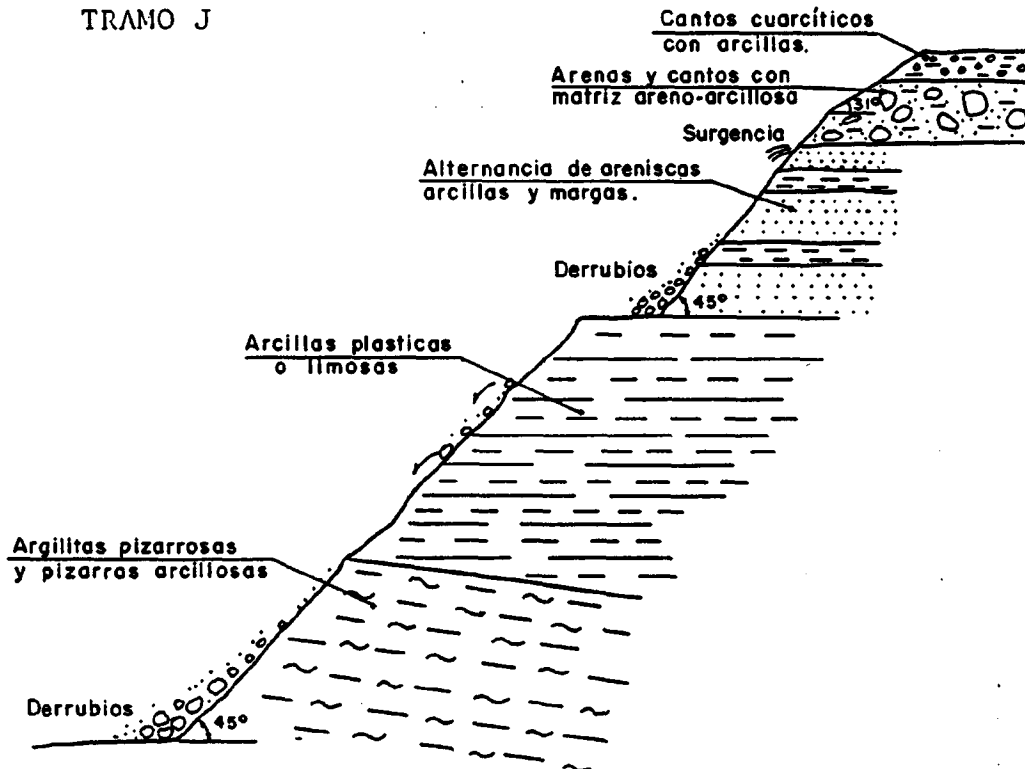
LADO : N E
DIRECCION : 100-SE CON CAMBIOS HACIA EL
SO (190-SO) y 70-SE
TALUD : C
ALTURA DEL TALUD : 9 M
Nº DE BANCOS : 4 M
INCLINACION MEDIA : 45º

MOVIMIENTOS OBSERVADOS :

NO SE HAN OBSERVADO MOVIMIENTOS PERO LA EROSION ES INTENSA: SE ESTAN FORMANDO CARCAVILLAS EN LA PARTE ALTA. ALLI DONDE EXISTEN SURGENCIAS DE AGUA, LA EROSION ES MAS IMPORTANTE

REFERENCIA A LA COLUMNA TIPO :

TRAMO J



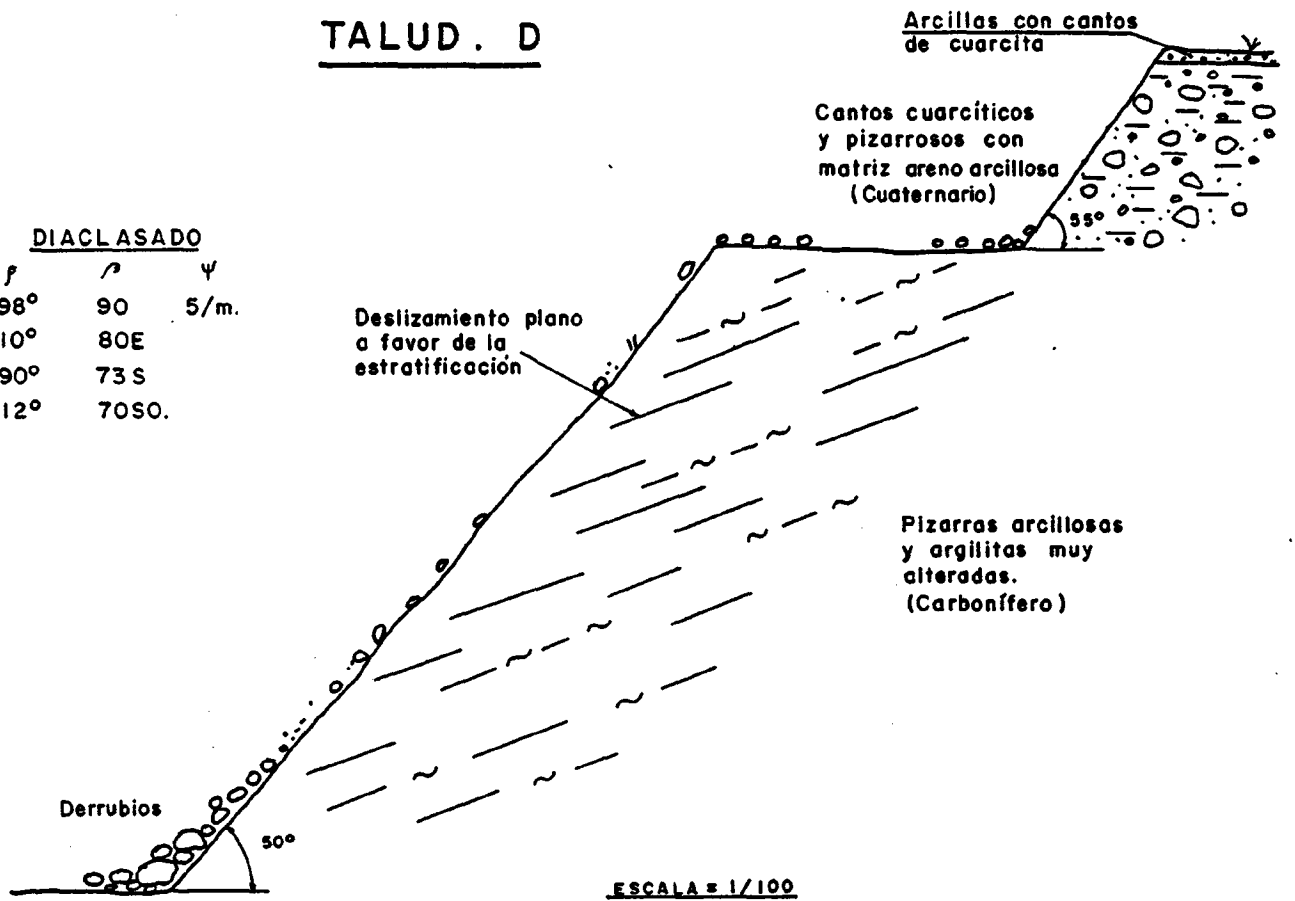
ESCALA = 1/100

F I C H A S D E T A L U D E S A C T U A L E S .

CORTA : MINA PILOTO "SAN LUIS"

LADO : S O
DIRECCION : SE-NO
TALUD : D
ALTURA DEL TALUD : 12,30 M
Nº DE BANCOS : VER CORTE
INCLINACION MEDIA : HASTA 9 M DE ALTURA
DONDE SE ENCUENTRA
LA BERMA SUPERIOR,
INCLINACION DE 50º
DESDE 9 M HASTA
12,30 M INCLINACION
DE 55º
LONGITUD DEL TALUD : = 200 M
MOVIMIENTOS OBSERVADOS :
DESLIZAMIENTOS DE CARACTER PLANO A FAVOR DE
LA ESTRATIFICACION. EN ZONAS DONDE NO HA -
DESLIZADO, EL RIESGO ES MUY ALTO. PARA EL -
TALUD, CON MAS DE 20º DE PENDIENTE SE PRO -
DUCIRA DESLIZAMIENTO. EROSION ALTA. EN LA
PARTE SUPERIOR (CUATERNARIO) SE PRODUCEN
DESLIZAMIENTOS CIRCULARES GENERALIZADOS
REFERENCIA A LA COLUMNA TIPO :
TRAMO J

TALUD. D



6.3. CONCLUSIONES

- Las escombreras estudiadas se implantan sin selección previa de material teniendo ángulos variables entre 30 y 35º, correspondientes al ángulo de equilibrio natural del escombros.

No parecen existir problemas en cuanto a su estabilidad, no obstante conviene fijarlas mediante replantes o con repoblación cuando ya no sean funcionales, en orden a evitar el riesgo de deslizamientos.

- Para taludes con buzamientos de capas desfavorables (caso de mina "San Luís") se producen corrimientos y deslizamientos curvoplanares generalizados aún en el caso de buzamientos tan bajos como 22º.

Lo mismo ocurre cuando existe un nivel de pizarras -- "jabonosas" (caso de mina "María Isabel").

- La montera pliocuaternaria sufre deslizamientos de carácter circular en casi todos los casos. En algunas cortas estudiadas existe una berma al pié de estos taludes para la recogida de escombros, en otras explotaciones se ha optado por rebajar los ángulos de los taludes (caso de "Mina María Isabel").

- La existencia de agua en algunos taludes aparece fundamentalmente cuando la explotación atraviesa zonas falladas, pudiendo dar origen a deslizamientos en frentes de explotación en áreas localizadas.

En otros casos las mismas capas de carbón actúan como niveles impermeables existiendo surgencias en el fondo de dichas capas (caso de "Mina Emma").

7. DETERMINACION DE PROPIEDADES GEOMECHANICAS

7.1. MATERIALES ESTUDIADOS

Para establecer el marco general de propiedades - geomecánicas generales de los materiales que pueden - ser afectados por las futuras excavaciones, se ha acudido a ensayar testigos extraídos de los sondeos, muestras representativas tomadas en superficie, bloques - extraídos de las excavaciones actuales y restos de escombreras no muy antiguas.

De esta forma, se ha intentado caracterizar de - una forma suficientemente fiable -desde el punto de - vista estadístico- los parámetros geotécnicos fundamentales para la valoración de la estabilidad de las futuras cortas. Lo que se ha pretendido con ello es determinar el campo de variación lógico de cada parámetro, a fin de establecer unos valores representativos para los citados análisis, aunque teniendo en cuenta en - ellos los fenómenos físicos y químicos involucrados: - decompresión, plastificación, alteración ambiental, - etc.

Para completar esta caracterización geomecánica, - se ha procedido también a una recopilación de valores de ensayos previamente obtenidos en el área de Puertollano, efectuados en general para otros trabajos llevados a cabo por el I.G.M.E. Así mismo, se ha procedido a confrontar los valores obtenidos en Puertollano - con los publicados correspondientes a otras zonas y - países sobre materiales semejantes, a efectos de comparar la adecuada validez de los resultados obtenidos o conocer las discrepancias existentes.

Los materiales presentes en la zona, como se deduce de los estudios geológicos son, en general:

- Un recubrimiento cuaternario, tipo raña, de un espesor máximo del orden de 15 a 18 m, en el que aparecen gravas con matriz arcillosa y en cuyo seno suele encontrarse agua a poca profundidad. A veces las gravas están cementadas, a manera de conglomerados.
- Una formación arcillo-margosa, con niveles miocénicos sedimentarios y volcánicos muy compactos, con intercalaciones calcáreas. En general es muy competente, aunque a veces incluye, debajo de las zonas volcánicas arcillas de consistencia media a blanda, como se ha detectado en el emplazamiento de la Refinería de Enpetrol.
- Las capas de carbón más características (la 0, la 1ª, 2ª, 3ª y 4ª), con espesores, en general, de 1 a 2 m.
- Por debajo se presentan tres capas de pizarras bituminosas (la A con espesor medio de 0,8 a 1,2 m, la B con 4-5 m de potencia y la C con 1-1,5 m)
- Entre estas capas de carbón y las de pizarras bituminosas se presentan los materiales que pueden denominarse "básicos" o "masivos" en la estratigrafía general de conjunto: Se trata de las pizarras (esquistos arenosos de grano fino y medio y esquistos arcillosos, que llegan a ser argilitas en zonas alteradas, relativamente superficiales) y de las areniscas (que a veces llegan a ser de grano medio y practicamente con aspecto de conglomerados). Estos materiales se presentan constitu-

yendo series de espesores globales de 10 a 90 m entre las capas de carbón y pizarra bituminosa, pero que - suelen aparecer alternados en capas de 15 a 40 cm. En esta formación básica también se detectan zonas de tobas.

Las formaciones pliocuaternarias y miocénicas superficiales suelen -en conjunto- tener un espesor medio de 15-20 m y afectan a las zonas superficiales de las explotaciones actuales, como se ha visto en la revisión del estado actual de - las cortas del área. Estos materiales son irregulares y afectan solo a los primeros bancos, pudiendo considerarse que su influencia es muy pequeña en la estabilidad de los grandes - taludes.

Por ese motivo se ha prestado atención especial a las - pizarras y areniscas (rocas soporte de las capas explotables) y a la pizarra bituminosa (por tratarse de un material poco conocido y caracterizado). De las capas de carbón no se han podido hacer prácticamente ensayos geomecánicos, por haberse utilizado el material recuperado principalmente para estu - dios mineros y porque el material sobrante no reunía condi - ciones para su caracterización geotécnica.

7.2. PROPIEDADES DE LAS PIZARRAS Y ARENISCAS

De los sondeos recientemente realizados se han elegido 78 testigos para efectuar ensayos de estado y clasificación. En el anejo nº 1 aparece la relación de testigos utilizados, indicándose el sondeo a que pertenecen, su profundidad, des - cripción específica y diámetro del testigo.

En el mismo Anejo aparecen también los resultados de -

los ensayos de estado y clasificación realizados: Densidad aparente, determinación de la velocidad de propagación de ondas (V_p) y el índice, I_s , del ensayo de carga puntual. - Con algunas de esas muestras también se han efectuado ensayos de alterabilidad.

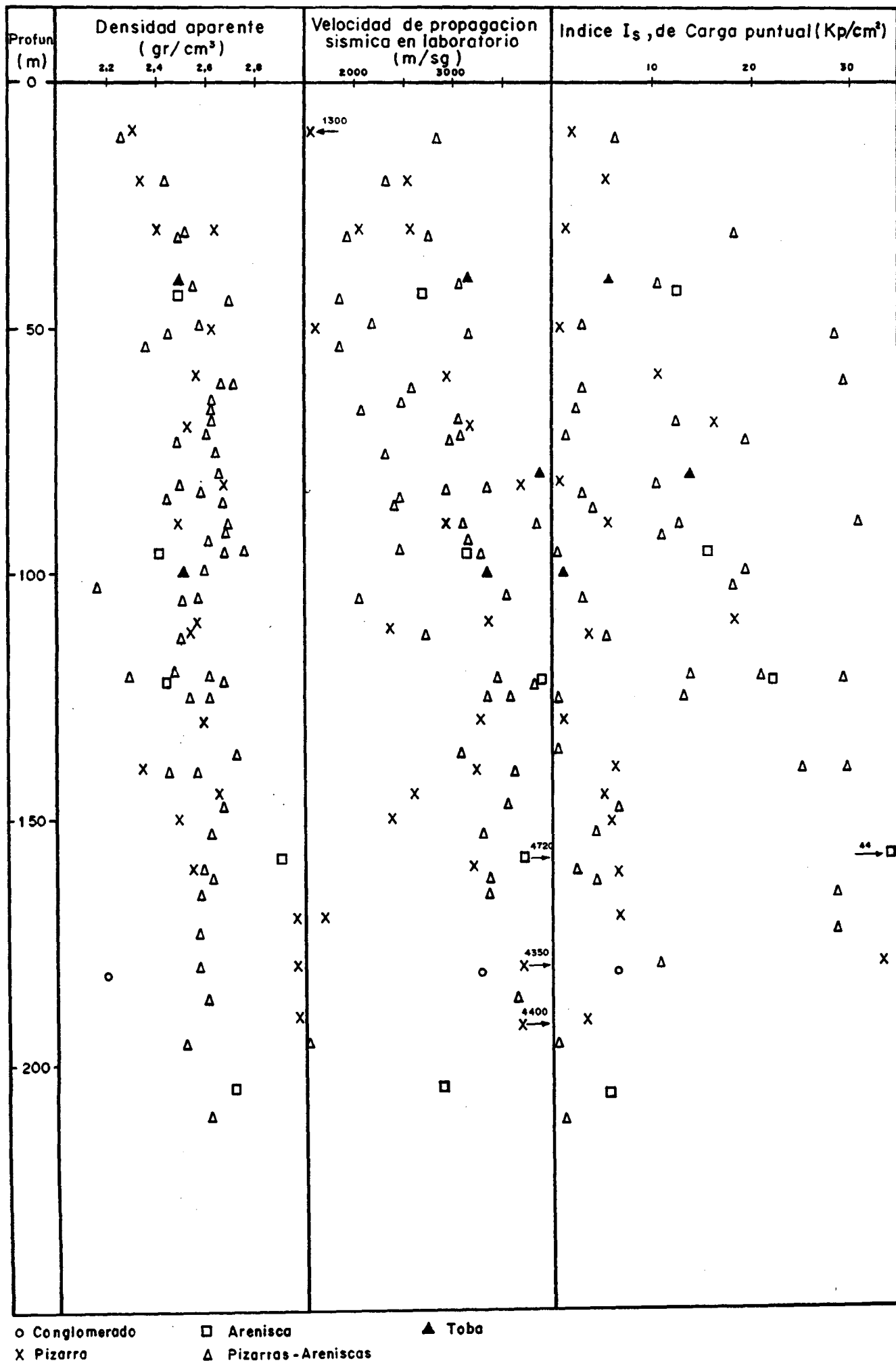
Como complemento de estos resultados se cuenta también con los datos de un estudio anterior sobre la cuenca de Puertollano, realizado por ENADIMSA en 1980. En el Cuadro 7.1 aparecen las muestras ensayadas en aquella ocasión incluyendo densidad seca aparente y el índice de carga puntual determinado en algunos casos.

De los valores de ensayo citados se deduce que el peso específico de pizarras y areniscas es muy similar y varía entre 2,3 y 2,7 T/m^3 , con unos valores representativos del orden de 2,50 a 2,60 t/m^3 . El contenido de agua es muy bajo, puesto que las humedades varían del 0,3 al 1%.

En la fig. 7.1 se ha representado la variación con la profundidad de tres propiedades básicas: peso específico aparente, V_p e I_s . En ella se ve como el peso específico aparente, γ_{ap} , crece ligeramente con la profundidad hasta unos 50 m, desde valores de 2,3 a 2,6 t/m^3 . De forma análoga crece V_p desde 2000 m/seg a 3000-3500 m/seg. Se deduce, así, la existencia de una zona de mayor alteración, superficial, en que el conjunto de materiales está menos denso, con fisuras más abiertas, lo cual está de acuerdo con lo observado en las cortas en explotación.

Para clasificar la roca se ha utilizado el ensayo de carga puntual (de Broch y Franklin), determinando el índice

FIG. 7.1 - VARIACION DE PROPIEDADES TÍPICAS CON LA PROFUNDIDAD



CUADRO 7.1. - RESUMEN DE PROPIEDADES GEOTECNICAS DE ARENISCAS Y PIZARRAS

MATERIAL	SONDEO	PROF. (m)	DENSIDAD SECA	HUMEDAD (%)	RESISTENCIA COMP. SIMPLE (Kg/cm ²) σ_c	RESISTENCIA A TRACCION (Kg/cm ²) σ_t	CARGA PUNTUAL Kg/cm ² I_s	MODULO DE DEFORMACION (Kg/cm ²) E	MODULO DE POISSON ν	E/ σ_c
Arenisca	PP-11/1	131,-	2,40	0,60	497			90.909	0,060	162,90
"	PP-2/4	81,-	2,57	0,65	356		10,-	80.000	0,10	224,70
"	PP-12/8	56,81	2,09	1,15		12,5	13,-			
"	PP-1/10	44,64	2,41	0,7	494			153.846	0,15	311,43
"	PP-1/11	88,32	2,43	0,9		33,1				
"	PP-1/13	112,92	2,31	0,75	604		32,-	117.647	0,12	194,78
"	PP-1/14	100,74	2,53	0,50	391			58.823		150,44
"	PP-3/16	65,00	2,40	1,30		42,8				
"	PP-10/19	45,-	2,47	0,50	196		23,-	66.667	0,03	340,14
"	PP-5/25	48,32	2,32	0,70	341	25,2	12,-	68.000		117,30
"	PP-13/G-1	272,-	2,44	0,80	180	29,3		56.666		185,18
"	PP-13/G-14	270,-	2,48	0,97	384	34,2		100.000	0,05	260,42
"	PP-13/G-23	208,02	2,72	0,30	666			263.158	0,31	395,13
Piz. fina	PP-4/2-6	92,00	2,17	1,0	608	16,9		166.667	0,13	274,12
"	PP-13/G-4	228,00	2,46	0,9		13,2				
"	PP-13/G-9	235,00	2,51	1,0			6,2			
"	PP-13/G-12	235,00	2,40	1,6		22,4				
"	PP-13/G-20	216,00	2,55	1,1		31,-				
Piz.arenosa	PP-12/2	86,-	2,46	0,9		32,3				
"	PP-12/3	23,51	2,42	0,7		12,1				
"	PP-12/9	76,89	2,45	0,7	149	21,8	16,6	80.000	0,08	536,91
"	PP-13/G-2	276,36	2,52	0,8	351	40,1		103.030		172,67
"	PP-13/G-3	226,00	2,49	0,9		16,9				
"	PP-13/G-5	280,-	2,56	1,03	375			105.263	0,16	280,70
"	PP-13/G-6	264,-	2,48	0,5	699			206.060		173,41
"	PP-13/G-8	252,71	2,56	1,01	418			141.666	0,14	199,36
"	PP-13/G-10	217,-	2,59	0,8	184			61.819		197,63
"	PP-13/G-15	256,97	2,58	0,4	451			128.302		167,34
"	PP-13/G-16	286,-	2,48	0,8			12,7			
"	PP-13/G-18	269,-	2,39	0,6			22,-			
"	PP-13/G-19	237,-	2,48	1,2		22,30				
"	PP-13/G-21	227,87	2,46	1,0	490	21,8		65.383		78,49
Areniscapiz.	PP-8/7	129,29	2,35	0,9	539			133.833	0,13	247,37
"	PP-2/17	6,9	2,32	1,15	342	5,1		82.926		142,63
"	PP-13/G-11	218,-	2,51	0,75	354	42,6		71.428	0,07	196,23
"	PP-13/G-25	270,-	2,48	0,73	447			120.000	0,20	268,46

ce I_s con referencia al diámetro standar de 50 mm.

Aún descartando las roturas anómalas por fisuras, resulta una variación considerable: 3 a 44 Kp/cm^2 . Parece, sin embargo, que hay una concentración de valores alrededor de 5 Kp/cm^2 y otra alrededor de un valor medio de 18 Kp/cm^2 que representa la resistencia de los materiales más sanos y menos fracturados. En los resultados del año 1980, la variación fue de 10 a 33 Kp/cm^2 que está dentro de la gama ahora obtenida.

El valor de 5 Kp/cm^2 indica resistencias "bajas", mientras que el de 18 Kp/cm^2 , resistencias "altas", según la clasificación de Broch y Franklin (Int. Journal of Rock Mechanics, 1972), lo cual parece indicar que dentro de la masa de pizarras y areniscas, se presentan dos calidades diferentes, seguramente influidas por el grado de fisuración y contenido arenisco. En la fig. 7.2, en la que se ha dibujado la distribución obtenida en los ensayos de 1980 y 1982, los testigos de areniscas, propiamente dichas, ensayados son pocos con un I_s medio del orden de 12-13 Kp/cm^2 , mientras que las muestras pizarrosas dan valores medios del orden de 5 Kp/cm^2 . Los testigos denominados de "areniscas-pizarras" en que estos materiales están alternados dan unas ciertas acumulaciones que, unidas a los valores de los materiales anteriores, permiten distinguir los valores de 5 y 18 Kp/cm^2 tomados anteriormente como representativos.

Los conglomerados presentan resistencias comparables a las areniscas, mientras que las tobas resultan intermedias entre éstas y las pizarras.

La resistencia a compresión simple se ha obtenido en más de 20 muestras cilíndricas, en las que se midieron las deformaciones longitudinales y transversales con bandas extensométricas resistivas. Los resultados obtenidos aparecen incluidos en la Tabla 7.2, así como el módulo elástico o de Young, E, y el módulo de Poisson, ν , deducidos de las medidas eléctricas.

Para clasificar la roca con estos resultados se ha acudido a la utilización del criterio de Deere-Miller que combina la resistencia a compresión simple, σ_c , con el módulo E. En la fig. 7.3 aparecen dibujados los puntos correspondientes a las areniscas, a las pizarras y a las areniscas-pizarras en un diagrama Deere-Miller. Se aprecia que las resistencias y deformabilidades de estos tres tipos de materiales son similares y que, desde un punto de vista geomecánico, pueden considerarse como un solo material. Los valores quedan dentro de los que Deere-Miller consideran habituales para areniscas y pizarras con esquistosidad horizontal, indicando resistencia media a baja y deformabilidad media.

El valor medio de σ_c para las areniscas es de 475 -- kg/cm² (desde 180 kg/cm² para las fisuras a 670 Kg/cm² para las de grano fino), mientras que el de las pizarras es de 430 kg/cm² (de 150 Kg/cm² de las fisuras a 608 de las muy sanas), por lo que resulta indicado tomar un valor único representativo de 450 Kg/cm², con lo que resultaría

CUADRO 7.2. - RESUMEN DE PROPIEDADES GEOTECNICAS DE PIZARRAS BITUMINOSAS

ORIGEN	FISURAS (DIRECCION)	DENSIDAD SECA T/m ³	HUMEDAD (%)	CONTENIDO ACEITE l/t	RESISTENCIA COMP. SIMPLE (Kg/cm ²) c	RESISTENCIA A TRACCION (Kg/cm ²) t	CARGA PUNTUAL Kg/cm ² l	MODULO DE DEFORMACION (Kg/cm ²) E	MODULO DE POISSON	E/ c
ESCOMBRERA ENPETROL	H*	1,73		184		75,-				
	H	1,50	0,98	200	590	86,-	10,1			
	H	1,70	1,27	200	539/431*	93,-	10,8	37.000	0,32	68,64
	H	1,77	1,04	170	478*	120,-	10,3			
	H	1,64	0,98	216	691/502	72,-	15,1	35.000	0,22	50,65
	H	1,88	0,96	130		57,-				
	H	1,68	1,28	200	358	65,-	10,1			
	H	1,77	1,50	170	335	70,-	14,1			
	V	1,78	0,80	170	362			62.500	0,49	172,65
	V	1,75	1,14	178	247			68.000	0,5	275,30
	V	1,63	1,21	216			10,1			
	H	1,64	0,90	216			10,1			
	H	1,70	0,71	200		118,-				
	H	1,70	1,00	200		123,-				
	H	1,58	0,89	240		96,-				
	H	1,57	0,66	240		108,-				
	H	1,62	0,53	223	492			29.400	0,21	59,76
	H	1,64	0,50	216	263			41.600	0,20	158,17
	V	1,74	0,62	178	221			38.900	0,14	176,02
	V	1,76	0,34	178						
	H	1,73	2,12	178				10,1		
	H	1,69	0,97	200				10,3		
	H	1,74	1,28	178		106,-				
	H	1,72	0,87	200		77,-				
	H	1,72	0,87	200		97,-				
	H	1,73	1,42	186		62,-				
	H	1,76	0,91	178	503			42.100	0,21	83,70
	V	1,66	0,78	210	245			66.600	0,5	271,84
H	1,76	0,67	178	625			37.000	0,28	59,20	
Sondeo	Prof. (m)									
PP-13/G-7	251,-	2,33	0,52	22	376			60.606		161,19
PP-13/Bn-1	247,31	2,03	0,80	95						
PP-13 B/2	246,87	1,74	0,40	178						
PP-13 B/4	245,77	2,10	0,80	71		49,-	11,4			
PP-13 B ₂ /3	266,89	1,59	0,20	240		29,-				
PP-13 B/12	247,75	2,31	0,60	30		50,-				
							32,-			

*H = Fisuras horizontales y perpendiculares al eje del cilindro de la probeta
V = Fisuras verticales y paralelas al eje del cilindro de la probeta

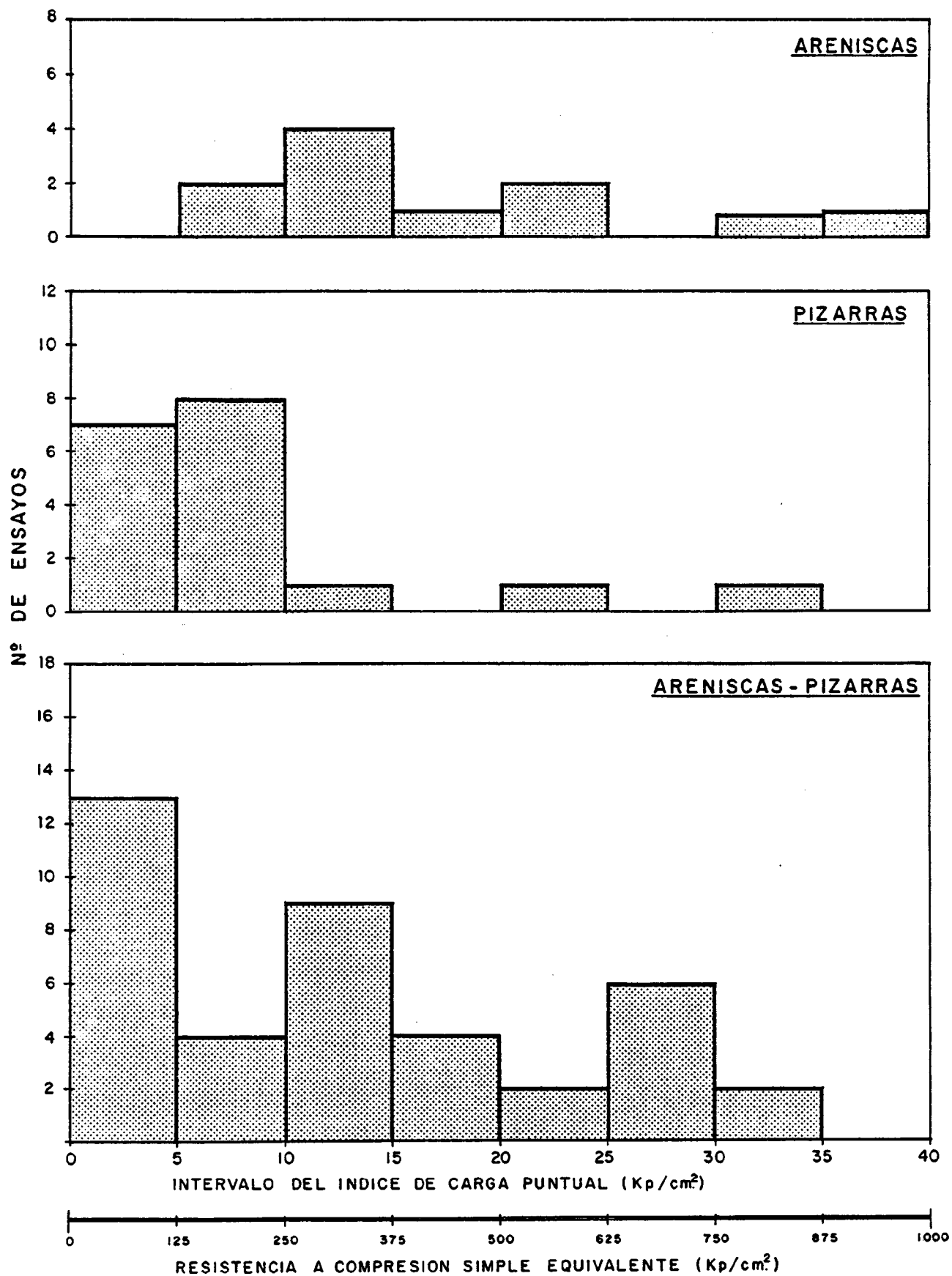


FIG.7.2.- DISTRIBUCION DEL INDICE DE CARGA PUNTUAL EN LOS PRINCIPALES MATERIALES EXISTENTES

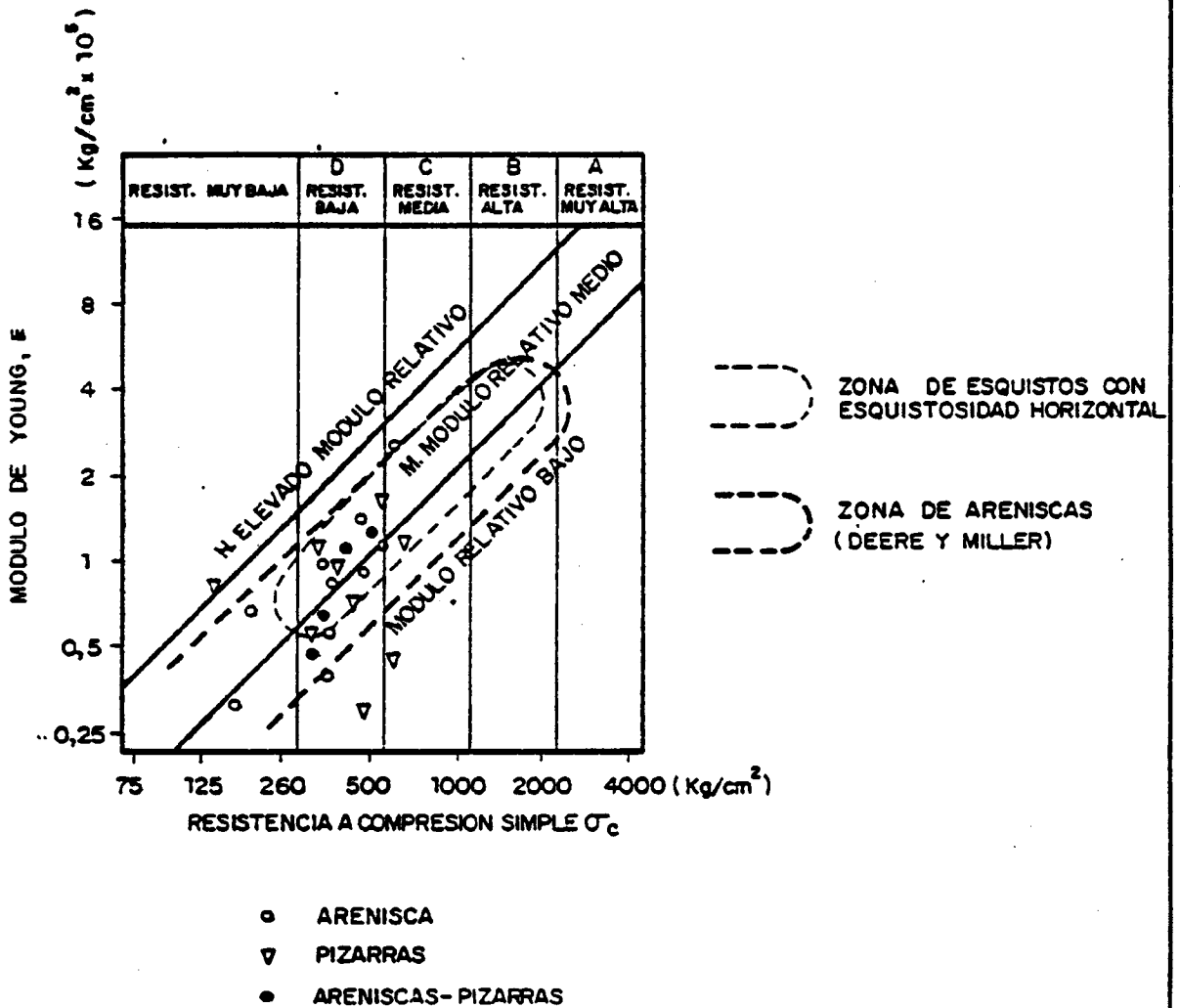


FIG. 7.3 .- CLASIFICACION DE LAS ARENISCAS Y PIZARRAS SEGUN EL CRITERIO DE DEERE Y MILLER

una dispersión de $\pm 35\%$.

En otros estudios para cortas en pizarras-areniscas se ha obtenido valores comparables en las pizarras a los de las areniscas, salvo en las muestras muy alteradas.

Estos resultados del valor de σ_c pueden compararse con los del índice I_s del ensayo de carga puntual, como suele ser habitual en la práctica. Habitualmente se utiliza una relación entre σ_c e I_s de la forma:

$$\sigma_c = \eta I_s$$

habiendo recomendado Bieniawski el valor de 25 para el coeficiente η .

En nuestro caso, esta correlación da buenos resultados para la gama de valores altos, ya que si se toma el valor de $I_s = 18$, resulta:

$$\sigma_c = 25 \times 18 \text{ Kp/cm}^2 = 450 \text{ Kp/cm}^2$$

El otro valor distinguido para I_s y que representa el caso de pizarras más blandas o alteradas, reduciría a:

$$\sigma_c = 25 \times 5 \text{ Kp/cm}^2 = 125 \text{ Kp/cm}^2$$

Este valor resulta representativo de las zonas más blandas de las pizarras, es decir aquellas que vienen afectadas por la meteorización o por la fracturación, correspondiéndole a la parte más profunda y sana de las pizarras, valores de σ_c similares a los de las areniscas.

A la hora de efectuar futuros reconocimientos de detalle podrían, por tanto, utilizarse ensayos de carga puntual a efectuar con aparatos portátiles, y muestras en cuya preparación no se exigen requisitos tan rigurosos como en el caso de la compresión simple. Sin embargo, deberá examinar-

se la forma de rotura de los testigos, puesto que la estratificación horizontal juega un papel muy importante - en el ensayo de carga puntual. Así se ha demostrado, ensayando testigos con la carga puntual en la dirección del eje y no diametralmente (ver resultados en la Tabla 7.1) En general se obtiene, así, mayor resistencia, con una elevación de la carga de rotura entre 1, 3 y 5 veces - (aunque en algún caso existe incluso disminución, por presentarse fisuras quasi-verticales). Estos resultados indicarían resistencias medias de I_s más elevadas, con valores medios entre 15 y 20 Kp/cm², que conducirían nuevamente a resistencias a compresión simple entre 375 y 500 Kp/cm².

La resistencia a tracción se ha obtenido en ensayos brasileños (tabla 7.2). Varía de 5,1 a 42,1 Kg/cm² es decir, aparentemente hay gran dispersión. La mayoría de los valores se agrupan entre 20 y 35 Kg/cm² y corresponden a muestras sin fisuras. La mayor disparidad de valores se debe a la presencia de discontinuidades en el testigo, a cambio de naturaleza de arenisca, a presencia de pizarrosidad, etc. que en el caso de los ensayos de resistencia a tracción introducen mayores diferencias. El valor medio del orden de 29 Kg/cm² indica "resistencia débil" a la tracción, según las clasificaciones de FOURMAINTREUX y de OTEO (1978).

Habitualmente también se emplea una correlación entre la resistencia a compresión simple, σ_c , y la de tracción σ_t , de forma que puede escribirse:

$$\sigma_c = N \cdot \sigma_t$$

siendo $N = 10$ a 25 (10 a 15 para rocas de resistencia muy baja y 15 a 25 para resistencias altas). En nuestro

caso, dados los valores de σ_c ($\sim 400-500$ Kg/cm²) debería resultar un valor del orden de 15. Para comprobarlo se han representado (fig. 7.4) los valores σ_c y σ_t disponibles, apreciándose una correlación suficientemente aproximada para el valor 15. Este hecho da idea de que ambas resistencias están en consonancia y, además, puede servir también para que en futuros reconocimientos y estudios de detalle se estime σ_c a partir de σ_t , que es mucho más sencilla, rápida y económica de determinar.

En cuanto a la deformabilidad, cabe indicar que el módulo elástico E, varió entre 80.000 y 125.000 Kg/cm² en las areniscas y entre 70.000 y 135.000 Kg/cm² en las pizarras, con valores medios de 108.300 y 96.400 Kg/cm² respectivamente. Vemos, nuevamente, una similitud grande entre ambos materiales, con disposiciones semejantes, por lo que tomar un módulo único igual a 102.000 Kg/cm² se considera suficientemente representativo.

Lo mismo ocurre con el coeficiente de Poisson, ν , que varía de 0,17 a 0,28 en las areniscas y de 0,18 a 0,26 en las pizarras. Por ello se recomienda utilizar un valor único igual a 0,21.

También se ha determinado la resistencia al esfuerzo en diaclasas de pizarras (las de menor resistencia, en cualquier caso). Los resultados de las muestras ensayadas para este estudio (ver Anejo nº 1) se han dibujado en la fig. 7.5. Estos resultados corresponden a una rotura producida a lo largo de la esquistosidad o de una junta conseguida artificialmente por golpeo del testigo y utilizando un aparato de corte portátil, tipo Hoek.

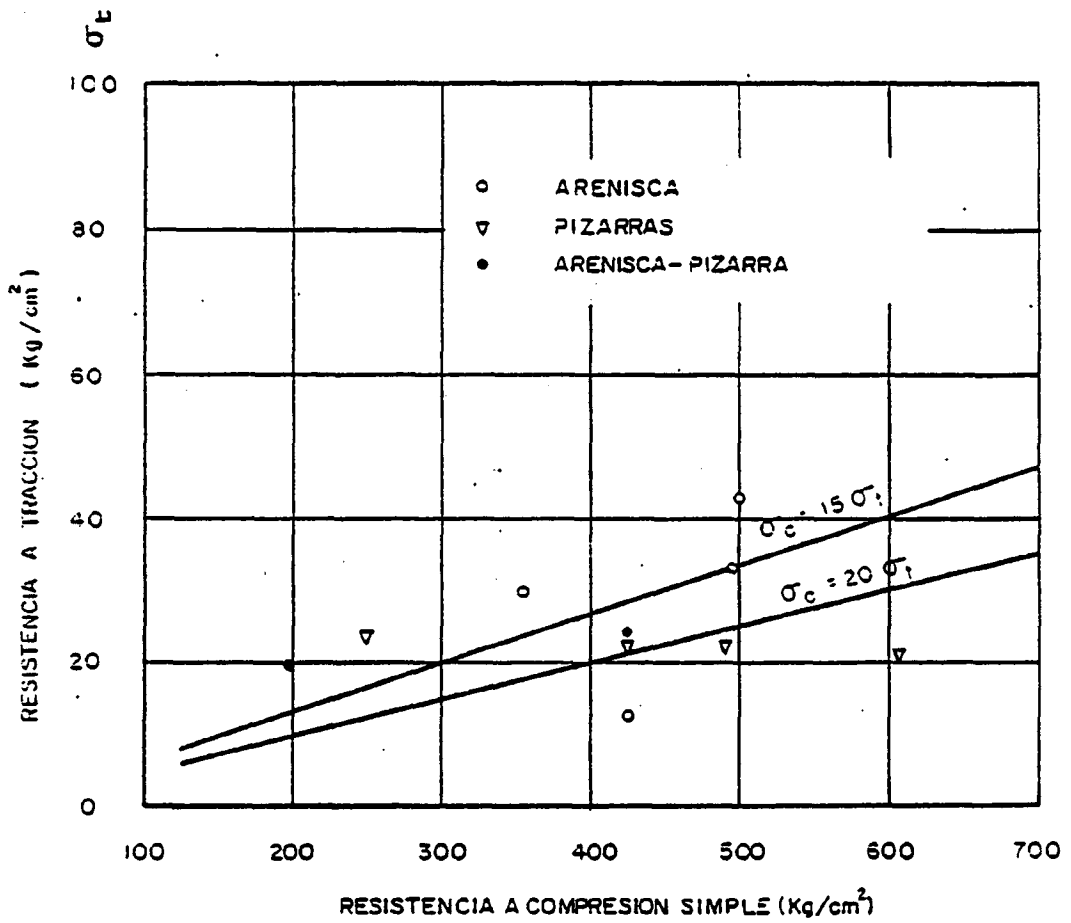


FIG. 7.4 .- RELACION ENTRE LOS VALORES DE σ_c Y σ_t EN LAS ARENISCAS Y PIZARRAS

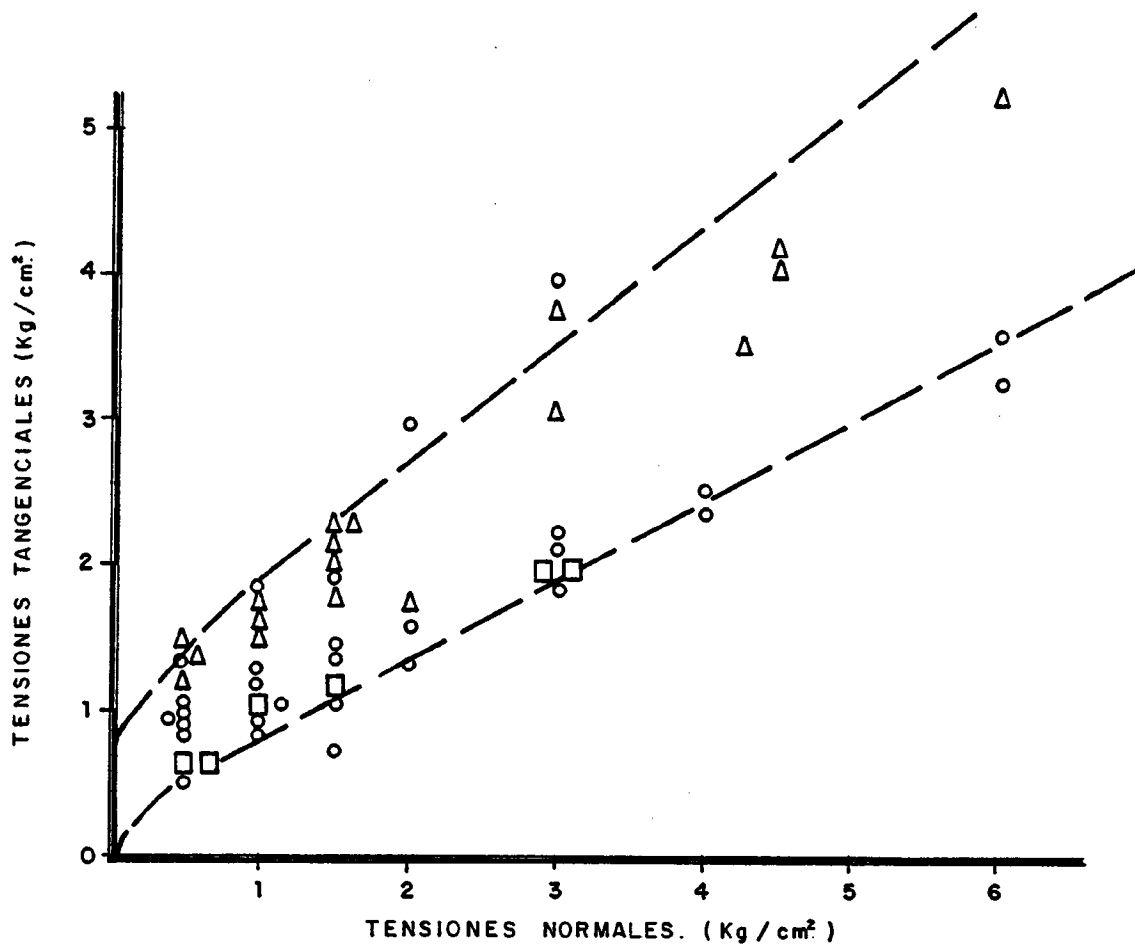
Estos ensayos que intentan definir la resistencia al esfuerzo cortante a lo largo de una diaclasa o un plano de estratificación son muy importantes pues, si bien el conjunto areniscas-pizarras puede considerarse como un todo-uno, no puede olvidarse su carácter de medio estratificado y fracturado.

Los resultados obtenidos se han representado en la fig. 7.5, en la que se incluyen ensayos correspondientes a pizarras-areniscas, areniscas pizarrosas y tobas.

También se dispone de ensayos de la campaña de 1980, realizados con un aparato de corte directo de laboratorio y con molde de 15 x 14 cm y diseñado con las especificaciones de la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas, a fin de que pueda tenerse en cuenta debidamente la dilatación vertical del testigo al aplicar el esfuerzo cortante a la diaclasa. Los resultados obtenidos aparecen en la fig. 7.6.

Es importante advertir la apreciable cohesión aparente que se deduce con carga vertical nula en la fig. 7.5. Más que por la curvatura de la línea de resistencia intrínseca, este comportamiento es atribuible a efectos de forma de las superficies en contacto a lo largo de la discontinuidad (rugosidades) y a la coacción frente a la dilatación que existe en el aparato de ensayo de Hoek. En la fig. 7.3 esta cohesión es menor, seguramente por permitir mejor el aparato utilizado la dilatación vertical. Obsérvese, sin embargo, que los ángulos de rozamientos internos deducibles de ambas figuras son semejantes, por no influir en él las características de los aparatos usados.

En cualquier caso, parece razonable contar con una pequeña cohesión aparente, que englobe los efectos antes cita-



SIMBOLOGIA.

- - PIZARRAS Y PIZARRAS ARENOSAS.
- Δ - ARENISCA Y ARENISCAS PIZARROSAS
- - TOBAS.

FIG. 7.5 .- DETERMINACION DE LA RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE EN TESTIGOS DE SONDEOS, CON EL APARATO DE CORTE PORTATIL (TIPO HOEK).

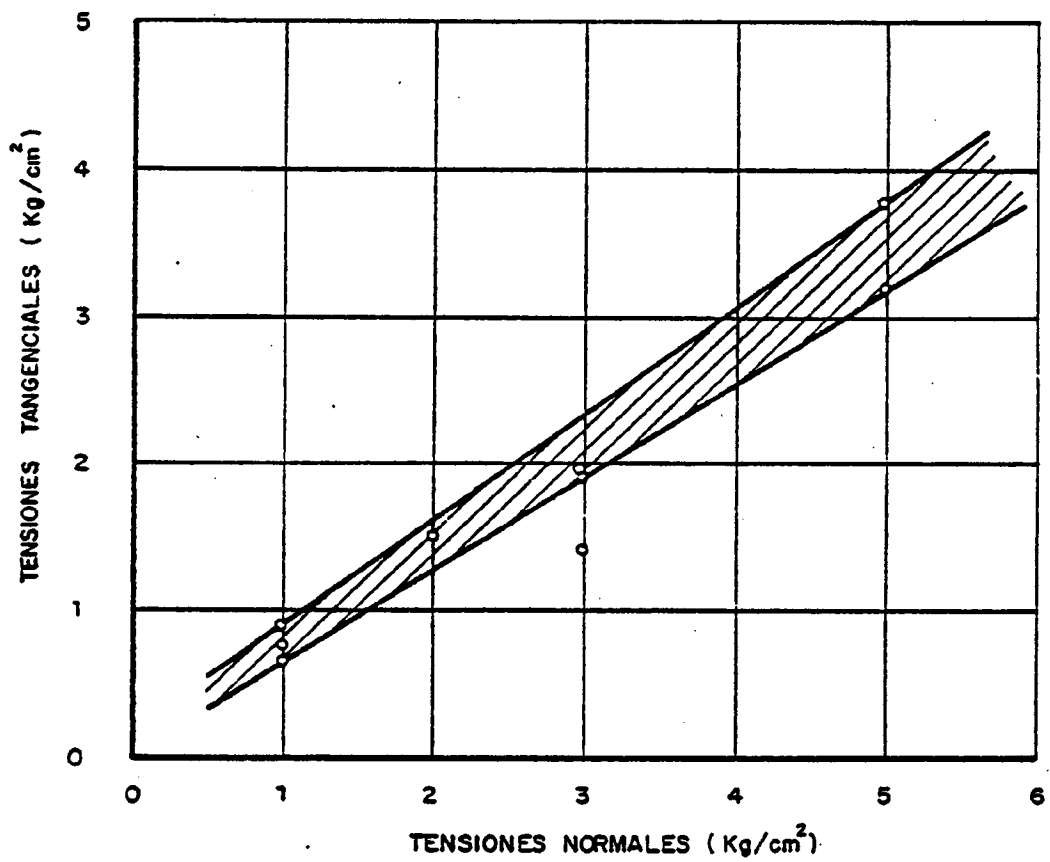


FIG. 7.6 .— ENSAYOS DE ROZAMIENTO EN DIACLASAS
MUESTRAS DE PIZARRAS

dos, incluso en superficies de discontinuidad. Así se ha hecho en los estudios de otras cortas españolas excavadas en pizarras y estudiadas por ENADIMSA, como indican las figs. 7.7 y 7.8, en las que se observa cómo la cohesión aparente tiende a disminuir al aumentar el rozamiento interno. Esta relación parece estar asociada con diversos factores: RQD, grado de meteorización, tectonización, etc.

Debe de tenerse en cuenta, además, que estas consideraciones se refieren a la resistencia al corte a lo largo de discontinuidades. Si en un talud se produjera una rotura a lo largo de una superficie que no coincidiera con un plano de estratificación o con una litoclasa, se movilizaría parte de la resistencia de las diaclasas y parte de la resistencia de la masa de roca, en forma escalonada. Si el plano de rotura fuese normal a la estratificación, ésta no influiría apenas y la resistencia sería máxima. Esta variación de resistencia puede considerarse que afectaría, fundamentalmente, a la cohesión, ya que, por la forma de realizar los ensayos de resistencia al corte en diaclasas, el rozamiento entre partículas de roca se mide con bastante representatividad. Por eso, se ha considerado que el ángulo de rozamiento interno, ϕ , no varía al hacerlo la orientación relativa plano de rotura-estratificación (medida por el ángulo α que forman entre ellos) y, sin embargo, la cohesión, c , varía en función de α .

Esta dependencia $c \div \alpha$ debería determinarse con ensayos de laboratorio en gran número, pero no ha podido hacerse así por falta de muestras similares en gran cantidad. Se ha considerado que el límite inferior de c sería $3,0 \text{ t/m}^2$ (y determinando $\alpha = 0$ en laboratorio) y que el máximo de c sería de 100 t/m^2 ($\alpha = 90^\circ$). Este -

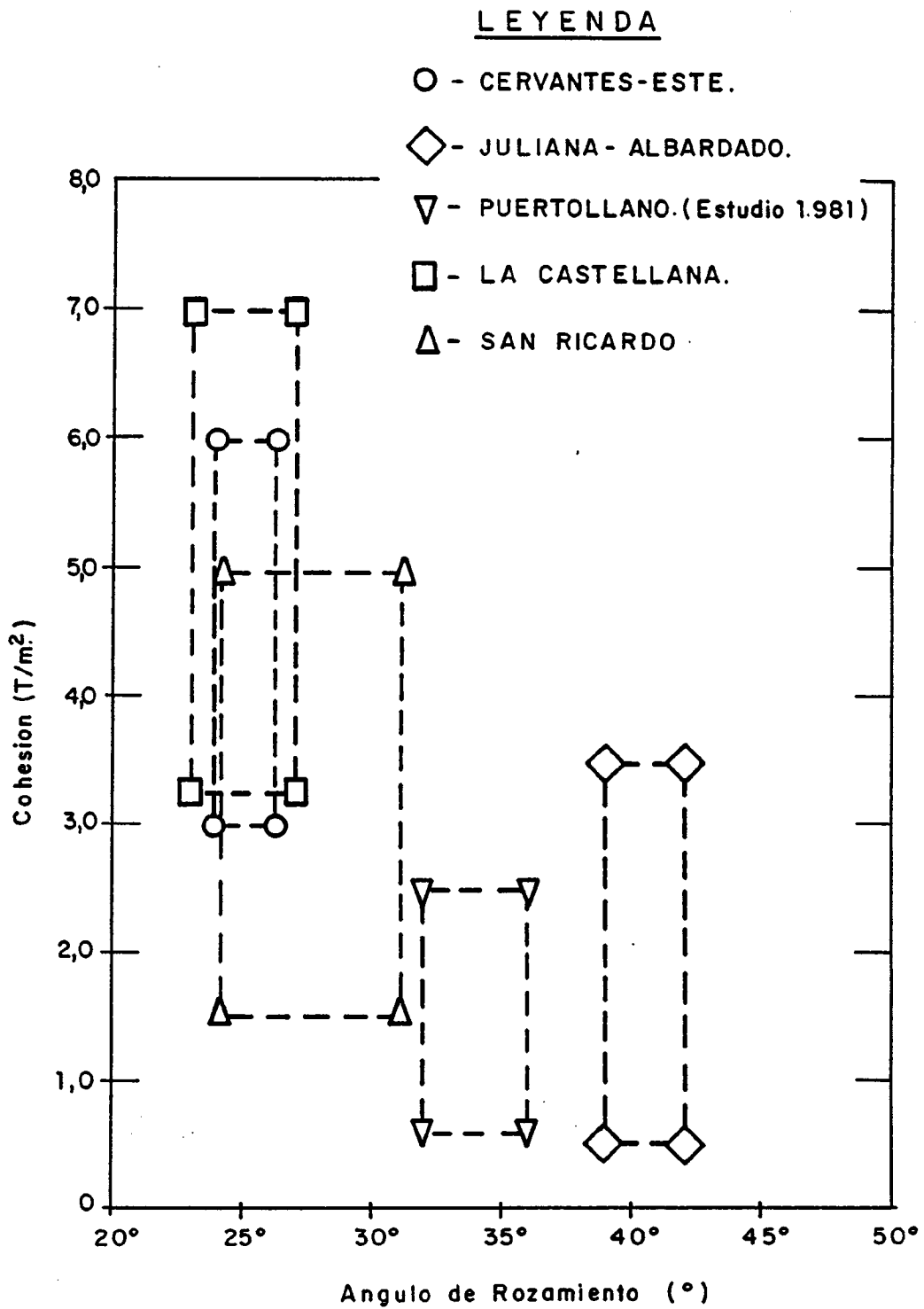


FIG. 7.7.- RELACION COHESION-ROZAMIENTO PARA DISTINTAS FORMACIONES PIZARROSAS ESPAÑOLAS.

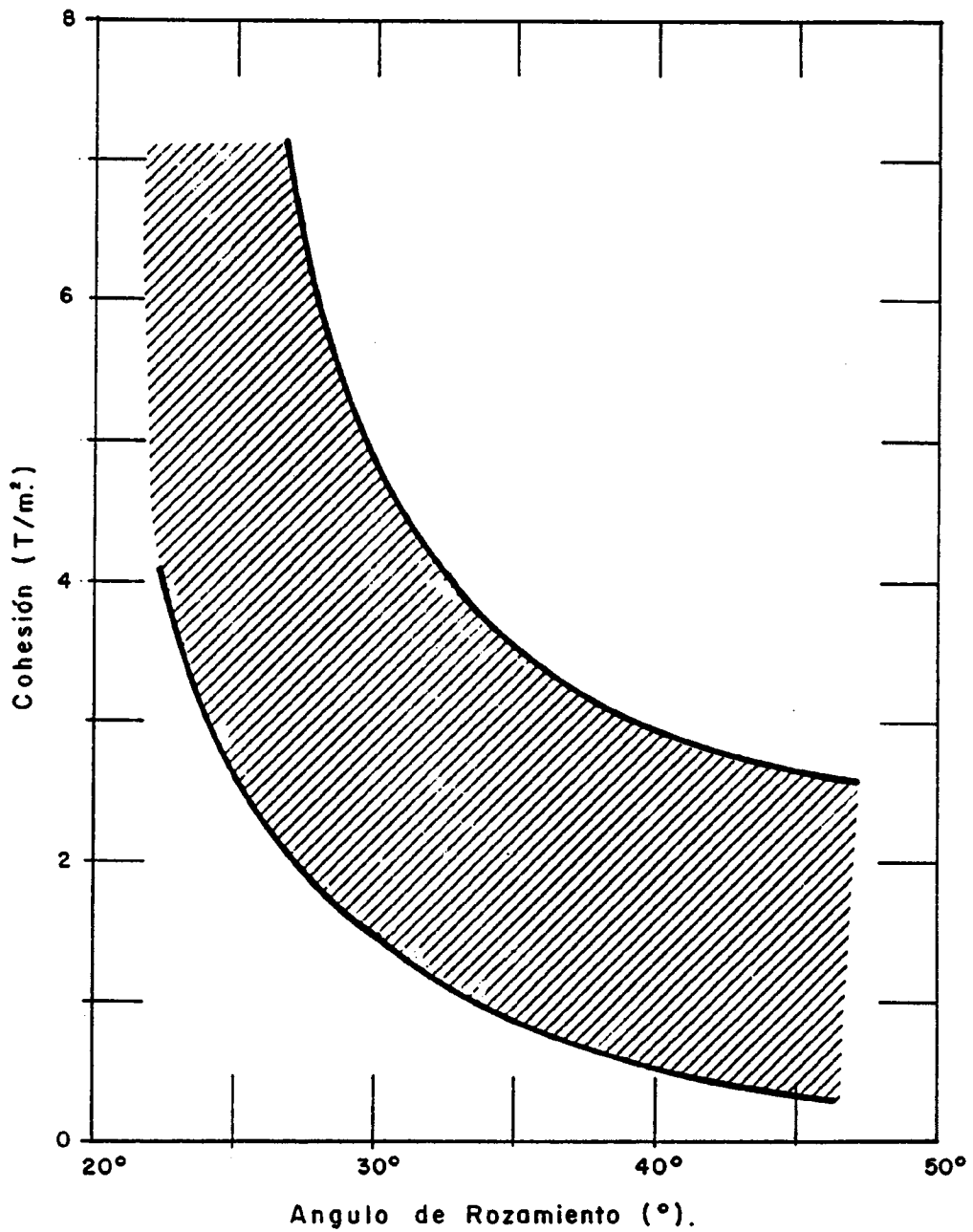


FIG.7.8 .- RELACION APARENTE ENTRE LA COHESION Y EL ROZAMIENTO EN PIZARRAS DE CUENCAS CARBONIFERAS ESPAÑOLAS.

valor se ha obtenido considerando un diagrama de Mohr-Coulomb en el que se ha representado el círculo de menor resistencia a la compresión simple (180 Kg/cm^2) y se ha trazado una envolvente de resistencia intrínseca con 35° (el máximo valor de ϕ) de inclinación, resultando, así, una cohesión para la roca matriz de 400 t/m^2 . Ello supone admitir que para tensiones muy bajas el ángulo ϕ desarrollado es el de los ensayos de diaclasas, hipótesis generalmente admisible. Pero los ensayos de Hoek en pizarras (ver "Mecánica de Rocas en la Ingeniería Práctica") indican que el valor así obtenido no debe ser superior a 30-40 veces el obtenido en diaclasas, por lo que se ha limitado la cohesión a 100 t/m^2 .

Establecidos los valores mínimos y máximos de c en función de α , se ha determinado su variación sin más que considerar un medio estratificado en el que se cumplen la condición de rotura de Mohr-Coulomb. El resultado se ha representado en la fig. 7.9.

Por último, es necesario comentar la posibilidad de que estos materiales pizarro-areniscosos -que van a formar la masa de los futuros taludes a abrir- pueden verse sometidos a meteorización o alteración por los agentes ambientales, fenómenos que pueden verse ayudados por la importante decompresión que puede llegar a experimentar el terreno al hacer las excavaciones.

Estos fenómenos de meteorización se manifiestan con mayor intensidad en las explotaciones cuyos métodos implican la permanencia prolongada de los taludes, lo que es de esperar que suceda en las proximidades de la zona de trastornos, en la que puede llegarse a alcanzar más de 300 m de altura de talud, lo cual implica una permanencia larga de los taludes

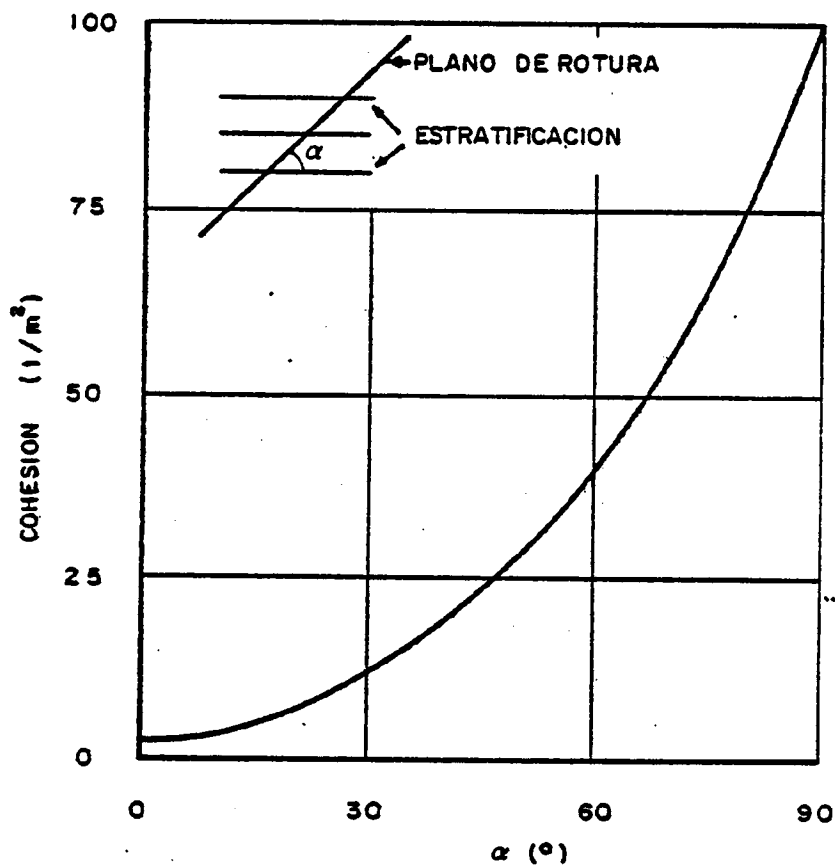


FIG. 7.9 — VARIACION DE LA COHESION SEGUN LA ORIENTACION RELATIVA DEL PLANO DE ESTRATIFICACION Y EL DE CORTE EN EL CONJUNTO PIZARRAS-ARENISCAS

sometidos a los agentes ambientales. Los problemas más característicos que genera la meteorización de las pizarras pueden ser los siguientes:

- Roturas superficiales, que afectan a taludes de banco.
- Reblandecimientos en las bermas de paso.
- Degradación progresiva de taludes de banco y finales, con sucesivos desprendimientos, lo cual puede suponer un aumento del riesgo de inestabilidades globales.

Por estos motivos se ha prestado consideración especial a este problema, como a continuación se indica.

Los materiales pizarrosos del área de Puertollano y Peñarroya han sido estudiados mediante preparaciones de lámina delgada, tal como describen González de Vallejo y Oteo (1982, VII Simposio Nacional de la S.E.M.R.): La fracción mayor de 2 micras contiene un 30-40% de cuarzo e intercalaciones de carbón en láminas y nódulos, así como micas y feldespatos potásico. La fracción menor de 2 micras (minerales arcillosos) contiene, predominantemente, caolinita e illita y, además, cloritas y feldespatos. Esta presencia de caolín y feldespatos indica que las pizarras son potencialmente meteorizables, puesto que parte de los feldespatos se habrán transformado en caolín.

En las pizarras de tipo lutítico el cuarzo representa un 30-40% frente a un 25-35% de arcillas, mientras que en las pizarras areniscosas el cuarzo se eleva al 40% existe otro 40% de micas y las arcillas no sobrepasan el 20%, lo que les hace más resistentes a la meteorización.

En algunas muestras, sobre todo en las próximas a capas de carbón, se observa al microscopio electrónico superficies de despegue coincidiendo con intercalaciones de láminas de carbón, así como neoformaciones de minerales de aspecto laminar. Resulta así una anisotropía mecánica que da superficies fácilmente exfoliables con un desigual comportamiento frente a la meteorización, así como a fenómenos de rápida oxidación de los minerales carbonosos, con detrimento de su resistencia.

En el Anejo nº 1 se han incluido los resultados de algunos ensayos físicos destinados a poner de manifiesto esta alterabilidad potencial. Se ha utilizado el ensayo de sequedad-humedad-desmoronamiento (Slake Durability Test.), normalizado por la I.S.R.M. En dicho Cuadro 7.1. viene expresado el índice de alterabilidad, Id, que es la pérdida de peso (en %) que ha experimentado cada muestra después del ensayo en dos ciclos de ataque.

El índice Id obtenido va desde un 33% a un 77%, pareciendo que un valor del orden del 40-45% es suficientemente representativo. Ello implica que la resistencia frente a la meteorización de las pizarras está en la frontera de "media" a "baja", lo cual coincide con los resultados obtenidos por González de Vallejo y Oteo (1982) para las pizarras de la zona de Peñarroya, y con lo observado en el estudio de la mineralogía y fábrica.

Las condiciones de explotación (tipo de arranque, descompresión, secuencia y temporalidad, cambios en la red de flujo de agua, etc.) y las climáticas pueden actuar significativamente sobre el proceso de meteorización, acentuándose o aminorándose.

7.3. PROPIEDADES TENSO-DEFORMACIONALES DE LAS PIZARRAS BITUMINOSAS

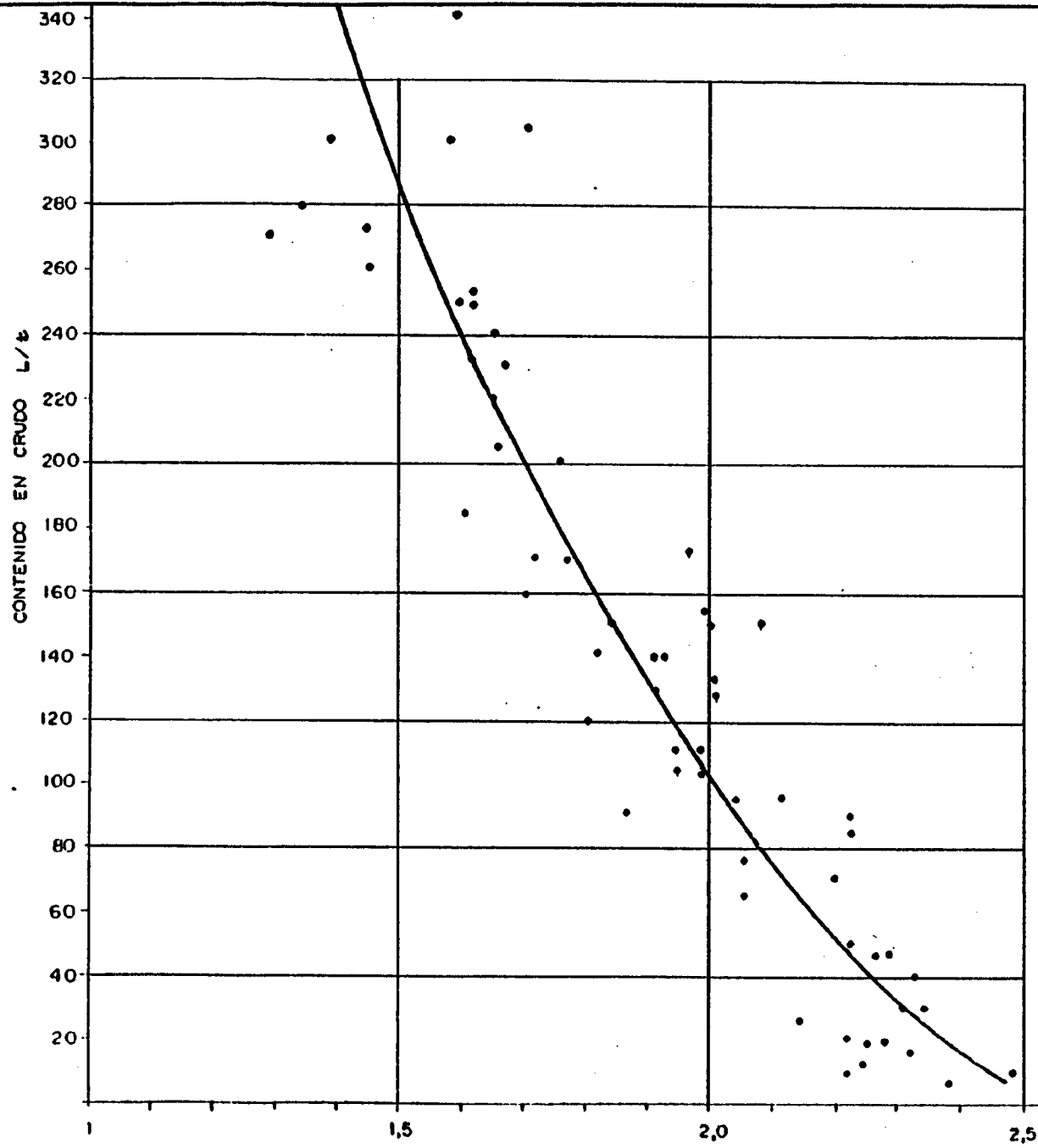
Para caracterizar geomecanicamente a las pizarras bituminosas se ha dispuesto principalmente de la información procedente de 1980, momento en que se dispuso de algunos testigos cortos del sondeo PP-13, de diversos bloques tomados de la Escombrera de ENPETROL y de bloques tomados en el Plano Inclinado Piloto excavado en aquella época. Estos bloques presentaban una forma lajosa, definida principalmente por las discontinuidades que se presentan en su masa.

Cuando se querían tallar probetas era necesario extremar las precauciones operativas, pues en ese momento se abrían, a veces, las discontinuidades internas (separadas unos 2 cm) que podían impedir el tallado. A pesar de ello se obtuvieron 17 probetas para ensayos de compresión simple, 19 para ensayos "brasileños", 12 para ensayos de carga puntual y 8 -con una discontinuidad en el centro- para ensayos de resistencia de diaclasas.

En cada bloque y probeta se determinaba la densidad o peso específico aparente, a efectos de estimar el contenido en aceite (determinado mediante el ensayo Fisher la destilación para un gran número de muestras que permite establecer la correlación de la fig. 7.10). De esa forma, en el Cuadro 7.2., que resume los resultados de la mayoría de los ensayos realizados, se ha podido incluir en cada muestra la densidad aparente, el contenido de aceite, las resistencias a compresión y tracción, la de carga puntual y los módulos de Young y Poisson.

CORRELACION PESO ESPECIFICO
CONTENIDO EN CRUDO

FIG.- 7. 10



PESO ESPECIFICO gr/cm³

Los pesos específicos aparentes secos, presentan una amplia variación, puesto que se han obtenido valores que van desde 1,58 t/m³ a 2,33 t/m³; esta dispersión se presenta incluso en un mismo bloque de 30 x 20 x 10 cm. Sin embargo la mayoría de los valores están comprendidos entre 1,70 y 1,78 t/m³. La humedad es muy baja (0,20 a 1,27%), con una acumulación de valores alrededor del 0,7 al 0,8%.

Como en el caso de areniscas-pizarras se determinó la resistencia a compresión simple de probetas cilíndricas con medida de deformaciones longitudinales y transversales con bandas extensométricas y longitudinales con extensómetros mecánicos. En algunos casos sólo pudieron utilizarse estos últimos. El módulo E_m , en estos casos, se determinó mediante la relación:

$$E_m = \frac{\Delta \sigma_y}{\Delta \epsilon_y}$$

en que $\Delta \sigma_y$ y $\Delta \epsilon_y$ son el incremento de tensión y de deformación, respectivamente, según el eje del cilindro ensayado.

En la fig. 7.11 se han utilizado los resultados obtenidos para clasificar las pizarras bituminosas según el criterio de Deere-Miller. Los puntos representativos caen dentro de la zona que establecen estos autores para pizarras arcillosas. Aunque no sea éste nuestro caso, el contenido de aceite les hace comportarse como más blandos de lo normal en una pizarra (compárense las Figs. 7.3 y 7.11). La resistencia puede calificarse como de baja, con deforma-

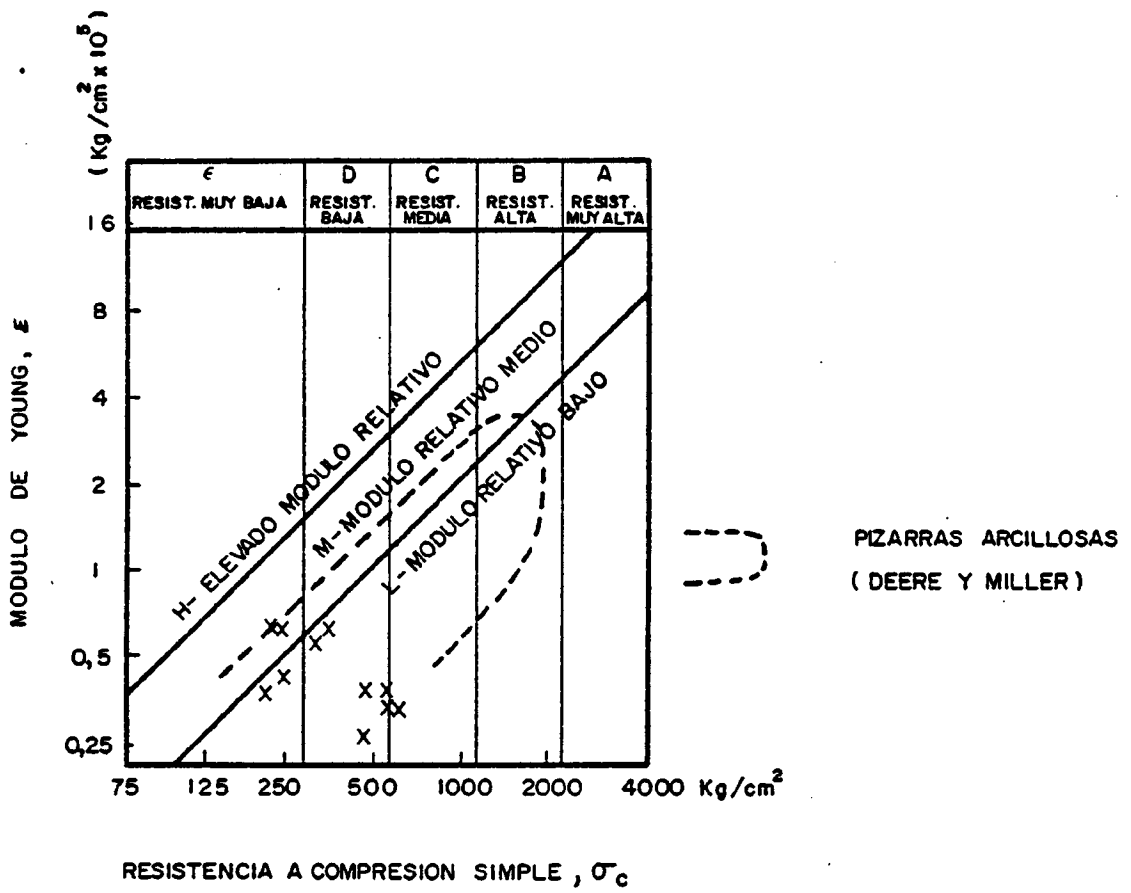


FIG. 7.11 — CLASIFICACION DE LAS PIZARRAS BITUMINOSAS SEGUN EL CRITERIO DE DEERE Y MILLER

bilidad relativa baja.

También puede utilizarse la clasificación de Bieniawski, que Djahanguiri y Abel (1976) consideran adecuada para las pizarras bituminosas de Colorado. Así se ha hecho en la Fig. 7.12, en la que se ha tenido en cuenta el contenido en aceite de las probetas ensayadas. En dicha figura puede apreciarse que casi todos los puntos caen en la zona que Bieniawski considera de resistencia baja, a pesar de que el contenido en aceite tenga una variación considerable. Como los límites de Bienawski no coinciden exactamente con los de Deere-Miller se produce una diferente consideración de la resistencia como baja o como baja a muy baja. De todas formas, ésta segunda distinción no es de una importancia relevante, por lo que calificaremos a estas pizarras bituminosas simplemente como de baja resistencia. Puede decirse también, "a priori" que el contenido en aceite no influye de forma predominante en esta clasificación.

Ello se pone más claramente de manifiesto en la Fig. 7.13, en la que se ha representado la resistencia a compresión, σ_c , en función del contenido en aceite expresado en litros/tonelada. Cabe decir que dicho contenido se ha deducido a partir de la densidad seca y que ésta se ha obtenido a partir de dos determinaciones diferentes: en la propia probeta y en el bloque original.

No se aprecia ningún tipo de relación entre la -

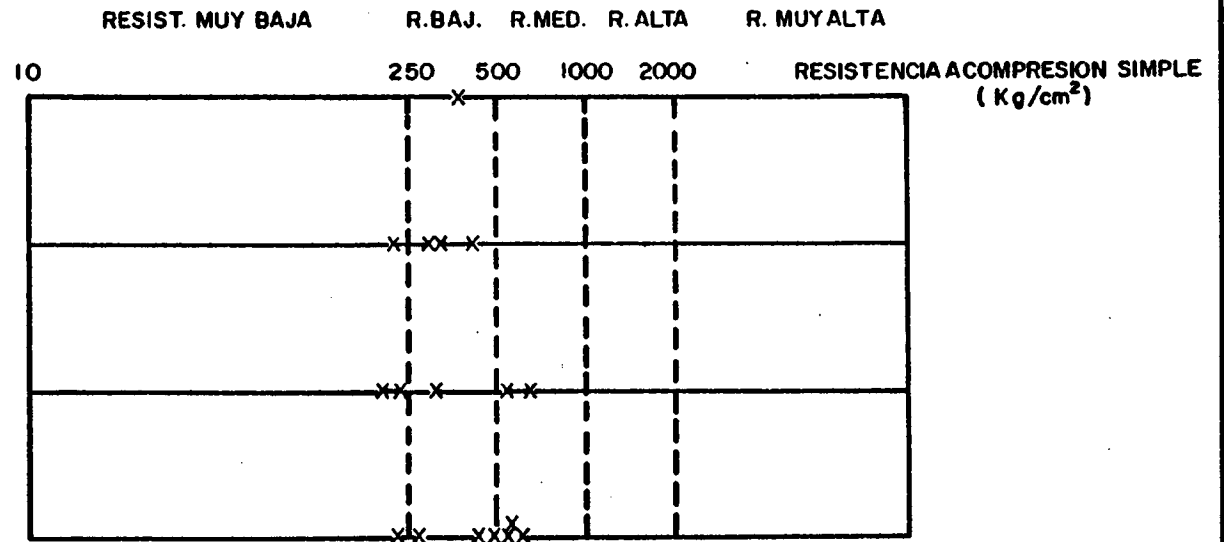
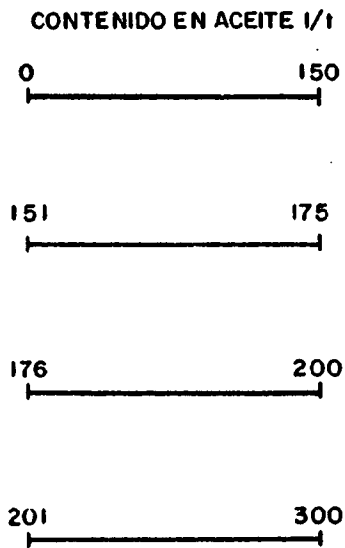


FIG. 7.12 — CLASIFICACION DE LAS MUESTRAS DE PIZARRAS BITUMINOSAS SEGUN EL CRITERIO DE BIENIAWSKI (1973)

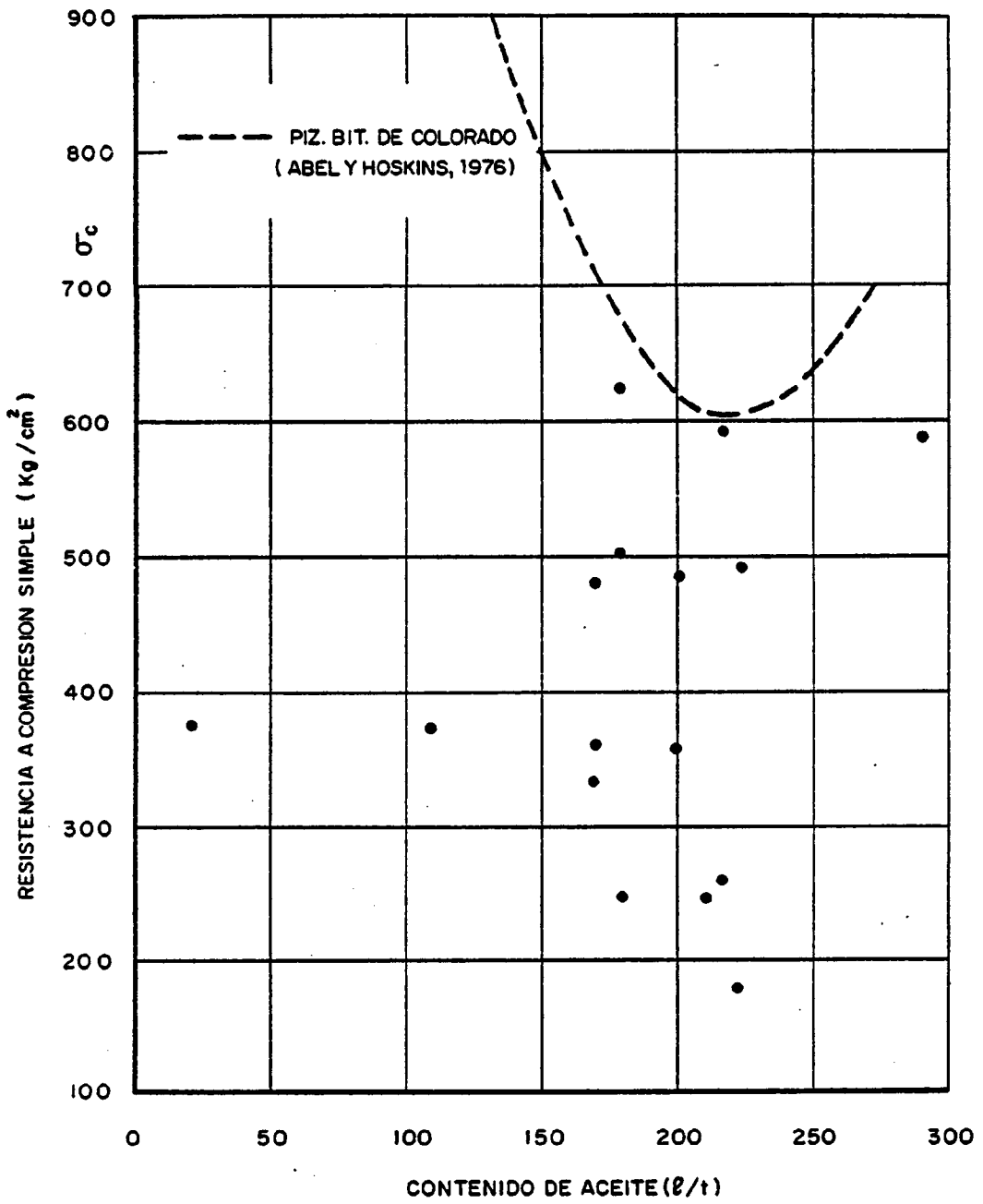


FIG. 7.13 — RELACION ENTRE EL CONTENIDO DE ACEITE Y LA RESISTENCIA A COMPRESION

resistencia a compresión y el contenido en aceite. Realmente lo que se observa es que dicho contenido varía poco, ya que está principalmente entre 110 y 220 l/t, mientras que la resistencia varía de 200 a 600 kg/cm². Esta variación de la resistencia es mayor que la de contenido en crudo, puesto que en ella influyen las fisuras visibles y las que se abren por efecto de tallado, de compresión, etc.

En la misma Fig. 7.13 se ha representado la correlación obtenida por Abel y Hoskins (9th Oil Shale Conference, 1976) en las pizarras bituminosas de Colorado (U.S.A.). En ellas, el contenido en crudo varía considerablemente (entre 50 y 270 l/t), habiendo encontrado los citados autores que σ_c varía entre 1900 y 600 kg/cm² y generalmente disminuye al aumentar el contenido de crudo, hasta alcanzar un valor de unos 220 l/t, a partir de donde σ_c aumenta ligeramente (o se mantiene constante) al aumentar el aceite.

Como se aprecia en la Fig. 7.13 los valores obtenidos en el caso de Puertollano están claramente por debajo de la correlación de Abel y Hoskins, puesto que el mínimo valor medio obtenido en Colorado es nuestro máximo. Además, como ya hemos comentado anteriormente, no se aprecia en nuestro caso correlación entre σ_c y el contenido de crudo, el cual varía, en general, entre límites mucho menores que en la amplia y conocida formación de pizarras bituminosas de Puertollano. Realmente no es de extrañar esta discrepancia puesto que si se observan los valores originales utilizados por Abel y Hoskins, presentan dispersiones similares a los de las muestras de Puertollano en el mismo intervalo de contenido de aceite, aunque ellos pueden obtener una cierta correlación por disponer de una gama más amplia de contenidos de crudo.

Como anteriormente se ha indicado, se tallaron probetas cilíndricas con eje normal y paralelo a la estratificación. En el primer caso la resistencia media es del orden de 445 kp/cm^2 , mientras que en el segundo sólo de 270 kp/cm^2 , lo que pone de manifiesto la influencia de las discontinuidades.

En la resistencia a tracción también se manifiestan fenómenos similares que con la de compresión simple. En la Fig. 7.14 puede verse una amplia dispersión (30 a 130 kp/cm^2), con un contenido de aceite que varía, casi siempre, entre 170 y 240 l/Tn . En este caso la resistencia se ha medido tallando probetas cilíndricas de eje perpendicular a la estratificación y aplicando la carga en dos generatrices opuestas del cilindro. Según Chong, Smith, Chang y Roine (Journal of the Geotechnical Div, A.S.C.E., 1980), esta técnica es análoga a la de tallar las probetas con las generatrices paralelas a la estratificación, según han comprobado tras ensayar numerosas muestras de la formación Green River (Colorado, U.S.A.).

Durante los ensayos "brasileños" se observó que en muchos casos la resistencia venía limitada al romperse las probetas por los planos de estratificación más que por tracción en la propia roca matriz. Aún así, se obtienen magnitudes elevadas, con un valor medio de 89 kp/cm^2 lo que permite clasificar estas pizarras como de resistencia a tracción media (FOURMENTRAUX) a alta (OTEO, 1978).

Nuevamente hay discrepancia con la correlación obtenida por HOSKINS y otros (9th Oil Shale Conference, 1976), que permite obtener σ_t en función del contenido de aceite (Fig. 7.14). En este caso, Puertollano muestra resistencias a tracción claramente más elevadas que las pizarras bituminosas de Colorado. Sin embargo los valores que proporcionan la correlación de CHONG y otros (1980) para las de Green River son algo más bajos, puesto que, para igual contenido de aceite, proporcionarían valores de 70 a 154 kp/cm^2 , superiores al intervalo real obtenido. Ello supone, como en el caso de la resistencia a com -

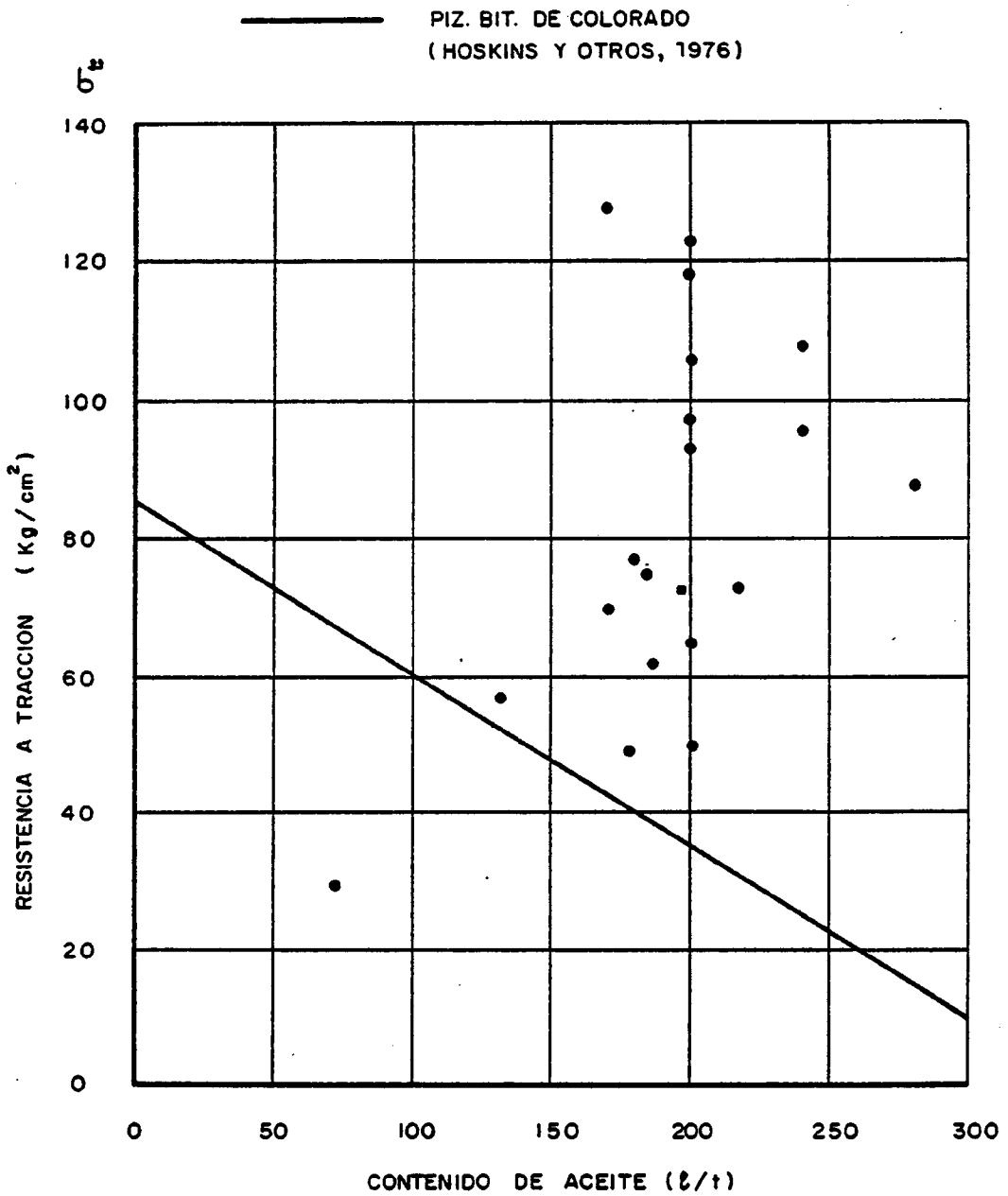


FIG. 7.14 — RELACION ENTRE EL CONTENIDO EN ACEITE Y LA RESISTENCIA A TRACCION

presión simple, que es preciso estudiar cada yacimiento - independientemente y que las correlaciones obtenidas para otras formaciones sólo sirven para tener alguna idea sobre órdenes de magnitudes, pero que pueden duplicarse o reducir a la mitad en el caso considerado.

En cuanto a la relación que une σ_t y σ_c , se ha visualizado en la Fig. 7.15. En ella se aprecia gran dispersión y que la relación σ_c / σ_t es del orden 5 a 10, valores que resultan más pequeños que lo habitual, si se considera la resistencia media a compresión simple de las pizarras bituminosas. Ello vuelve a poner de manifiesto la considerable resistencia a tracción con respecto a la de compresión, medidas en laboratorio, debido a que en ésta última resistencia influye más la fisuración y estratificación. En este caso no resulta tan claro que se determine el valor de σ_c a partir de σ_t , pero una relación de σ_c / σ_t de 7 puede servir para estimaciones futuras sencillas y rápidas.

Los ensayos de carga puntual han resultado muy uniformes y han dado un valor medio de 11,6 Kp/cm² para el índice I_s , que corresponde a una resistencia media. En este caso, la correlación σ_c / I_s no es tan satisfactoria como en el caso de las areniscas-pizarras puesto que sería necesario utilizar un valor de 40 para tener resultados adecuados (Fig. 7.15). Sólo si se considera el caso de estratificación paralela a la presión la relación σ_c / I_s es aproximadamente 25, caso en que quizás los dos ensayos resultan más comparables, por la influencia relativa de las fisuras en cada caso.

En cuanto a la deformabilidad, se ha medido, como en el caso de las areniscas-pizarras, en los ensayos de compresión simple, habiéndose incluido en el Cuadro 7.2 los resultados obtenidos para el módulo de Young, E, y para -

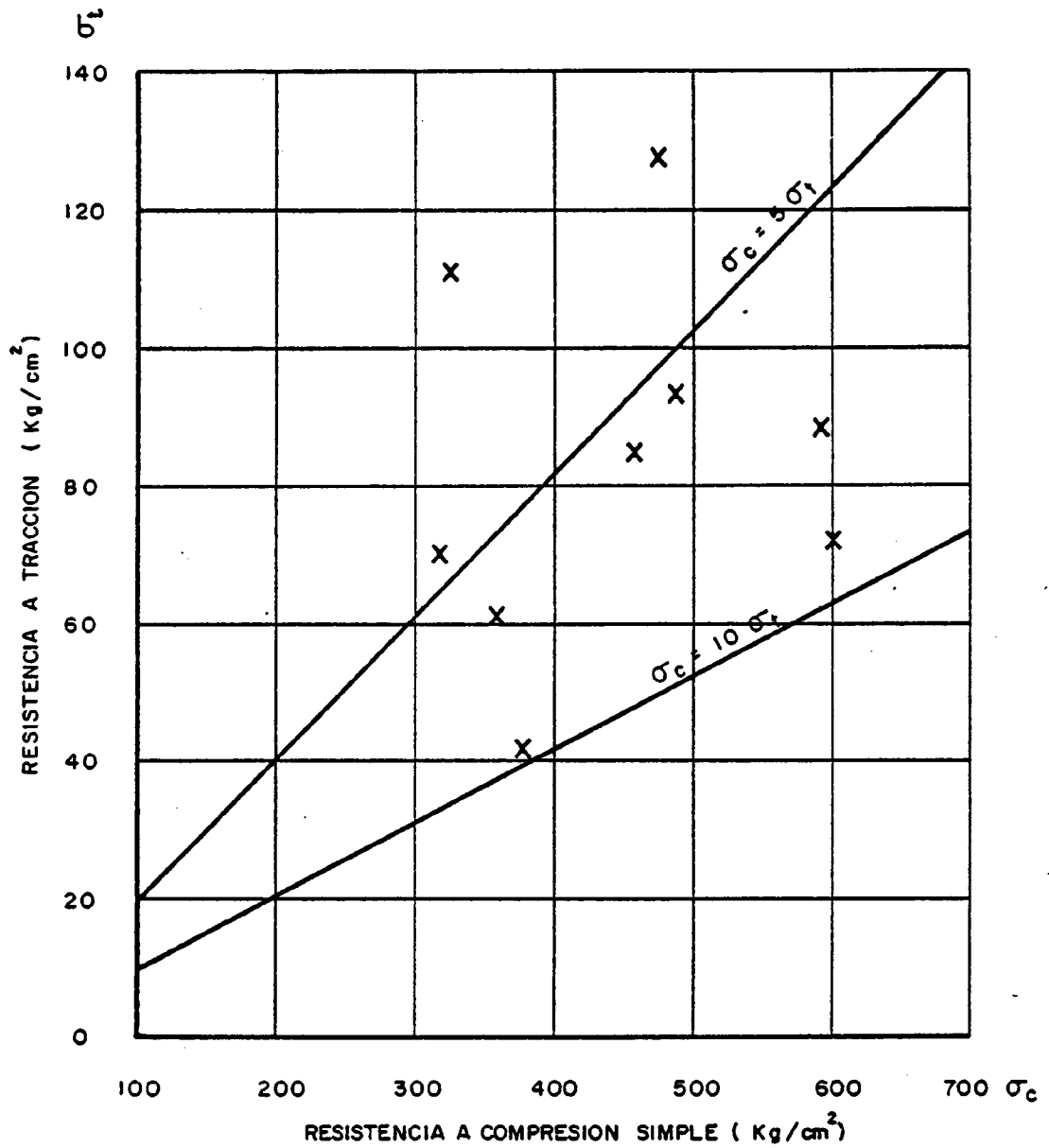


FIG. 7.15 .- RELACION ENTRE LOS VALORES DE σ_c Y σ_t EN LAS PIZARRAS BITUMINOSAS

el módulo de Poisson, ν . La deformabilidad perpendicular a la estratificación resulta algo menor que en sentido paralelo (valores medios de 46.000 Kp/cm² en el primer caso, y de 59.000 Kp/cm²), aunque no considerablemente diferente. El módulo de Poisson no parece claramente afectado por la orientación de las diaclasas, variando entre 0,2 y 0,5, con un valor medio del orden de 0,30.

En los ensayos de compresión simple, las bandas extensométricas eran de suficiente longitud (fig. 7.16) como para tener en cuenta la presencia de alguna fisura, por lo que estos valores obtenidos pueden considerarse representativos del conjunto roca-fisuras. Para determinar, sin embargo, la deformabilidad de la roca en zonas sanas sin fisuras, dado que estas corresponden a planos quasi-horizontales, se tallaron probetas con eje perpendiculares a éstos y se sometieron a ensayos "brasileños". En ese caso se pegaban pequeñas bandas extensométricas en las caras planas de las probetas, de forma que fueran paralelas y perpendiculares a la carga aplicada sobre dos generatrices opuestas del cilindro (fig. 7.17).

En este caso, si la dirección del eje X corresponde a la perpendicular a la carga aplicada y la del eje Y a la paralela, en el centro de las caras planas de las probetas (donde estaban las bandas) canalizando la distribución de tensión de un cilindro sometido a dos cargas lineales situadas diametralmente opuestas, resulta:

$$\sigma_x = \frac{2 P}{\eta DL} \quad \sigma_y = - \frac{6 P}{\eta DL} = - 3 \sigma_x$$

en que P es la carga total aplicada sobre el cilindro de diámetro D y longitud L. Suponiendo un comportamiento elás

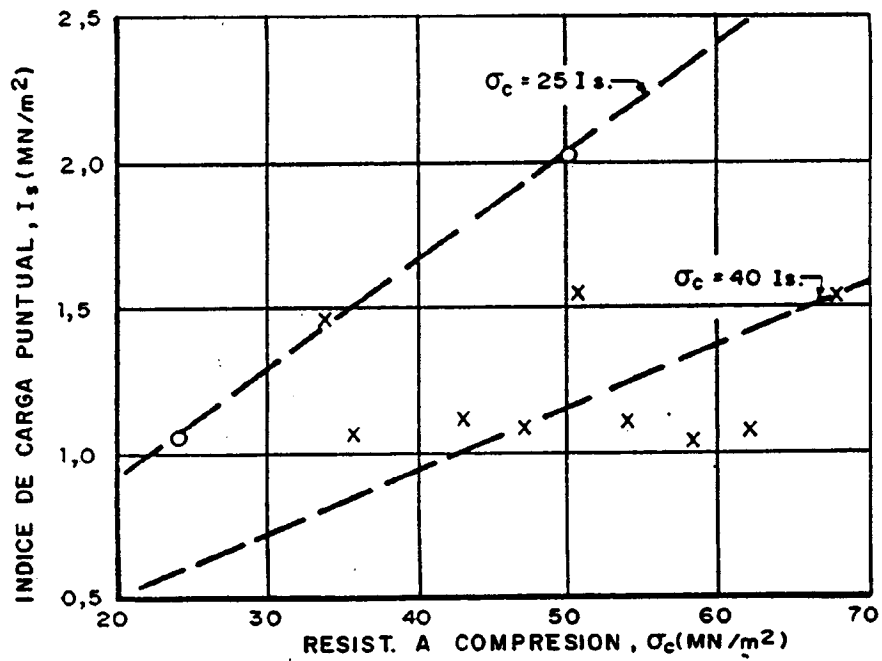


FIG. 7.16.- RELACION ENTRE LA RESISTENCIA A COMPRESION Y EL INDICE DE CARGA PUNTUAL.

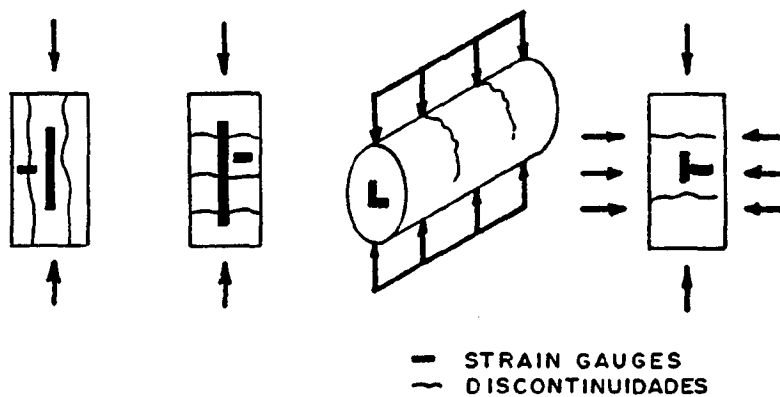


FIG. 7. 17.- ESQUEMAS DE LOS SISTEMAS DE MEDIDA DE LA DEFORMABILIDAD.

tico en la probeta, los módulos de deformación resultan:

$$\nu = \frac{\epsilon_y \sigma_x - \epsilon_x \sigma_y}{\epsilon_y \sigma_y - \epsilon_x \sigma_x}$$

$$E = \frac{\sigma_y - \nu \sigma_x}{\epsilon_y}$$

en que ϵ_x y ϵ_y son las deformaciones unitarias medidas en las bandas para las tensiones σ_x y σ_y . El signo positivo corresponde en estas fórmulas a la tracción y alargamiento. Con ello resulta:

$$E = - \frac{16 P}{\eta DL (\epsilon_x + 3\epsilon_y)}$$

$$\nu = - \frac{6 P + \eta DL \epsilon_y E}{2 P}$$

Aplicando estas fórmulas a las seis probetas ensayadas (ver Cuadro 7.3) resulta un módulo E medio igual a 104.000 Kp/cm² con módulos de Poisson entre 0,17 a 0,48. Es decir, resulta una deformabilidad de la roca sana, sin fisuras de estratificación, del orden de la mitad de la que se obtiene teniendo en cuenta las discontinuidades.

Las medidas de deformabilidad y resistencia de probetas de roca se han complementado ahora con un ensayo triaxial, en el que se aplicaron presiones laterales de 30, 50 y 100 Kp/cm². Los círculos de Mohr correspondien-

CUADRO 7.3

DETERMINACION DE LA DEFORMABILIDAD DE LAS PIZARRAS
BITUMINOSAS EN ENSAYOS DE TRACCION.

Muestra N.L.T.	Humedad %	Densidad Seca (T/m ³)	Tensión Rotura Kg/cm ²	Cofic. Poisson ν	Mod. Elasticidad Kg/cm ²
95875	1.16	1.96	127.8	0,50	145833
95875	0.96	1.88	57.3	0,37	168500
96107(P-2)	1.0	1.70	122.6	0,17	60961
96107(P-3)	0.89	1.58	95.8	0,25	62500
96108(P-2)	1.28	1.74	77.1	0,17	75476
96108(P-4)	1.42	1.73	62.4	0,48	104400

tes pueden verse en la fig. 7.18. En ella también se ha dibujado un círculo representativo de la resistencia a compresión simple media.

De esta fig. 7.18 se deduce que la roca intacta - puede tener un rozamiento interno muy elevado (del orden de los 45°) y una cohesión de unos 40 Kp/cm². Sin embargo, estos valores son sólo representativos de la resistencia de la roca matriz y no de las capas de pizarra bituminosa "in situ". La deformabilidad medida en estas probetas es del mismo orden de magnitud que la obtenida en los ensayos "brasileños".

Por último comentaremos que también se han realizado ensayos destinados a determinar la resistencia al esfuerzo cortante en discontinuidades. Para ello se realizaron ensayos de rozamiento sobre muestras cilíndricas de forma que el plano de corte fuese una discontinuidad. Los resultados obtenidos se han resumido en la Fig. 7.19, en la que se han distinguido ensayos realizados en seco de los "sumergidos". En el primer caso resulta una cohesión aparente, c , de 1,8 a 3 t/m² y un rozamiento interno, ϕ , medio de 20 a 26°, mientras que en los ensayos con presencia de agua, c resulta casi nula ($\approx 0,5$ t/m²) y el rozamiento ϕ baja a 18-20°.

Estos valores pueden compararse con los obtenidos en otras formaciones. Por ejemplo, ABEL Y HOSKINS (9th Oil Shale Conf, 1976) informan de los resultados obtenidos con muestras de la Formación Green River (Colorado). Han sometido probetas muy sanas a ensayos triaxiales, tomadas de bloques en que las juntas de estratificación estaban espaciadas, generalmente, del orden de 30 cm, es decir con mayor espaciamiento que en Puertollano. Con estas probetas han obtenido rozamientos -

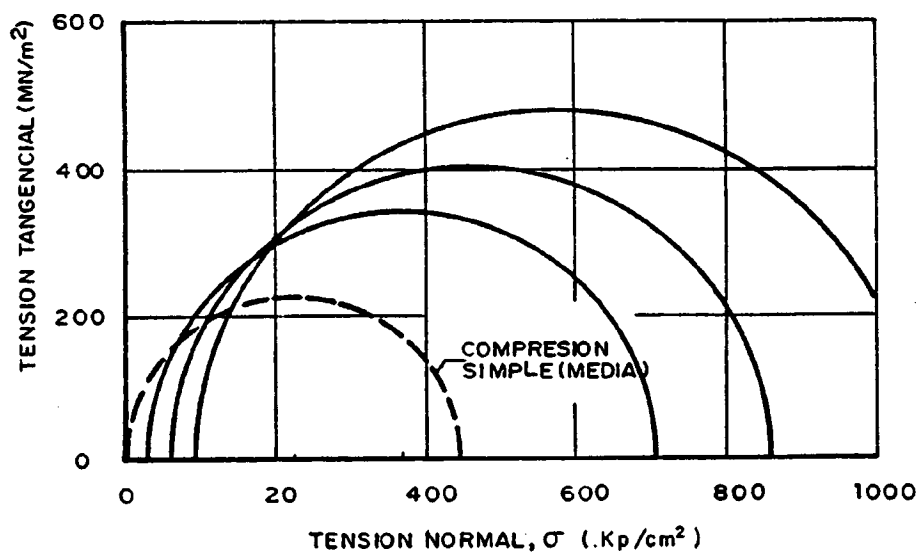


FIG. 7. 18.- ENSAYO TRIAXIAL.

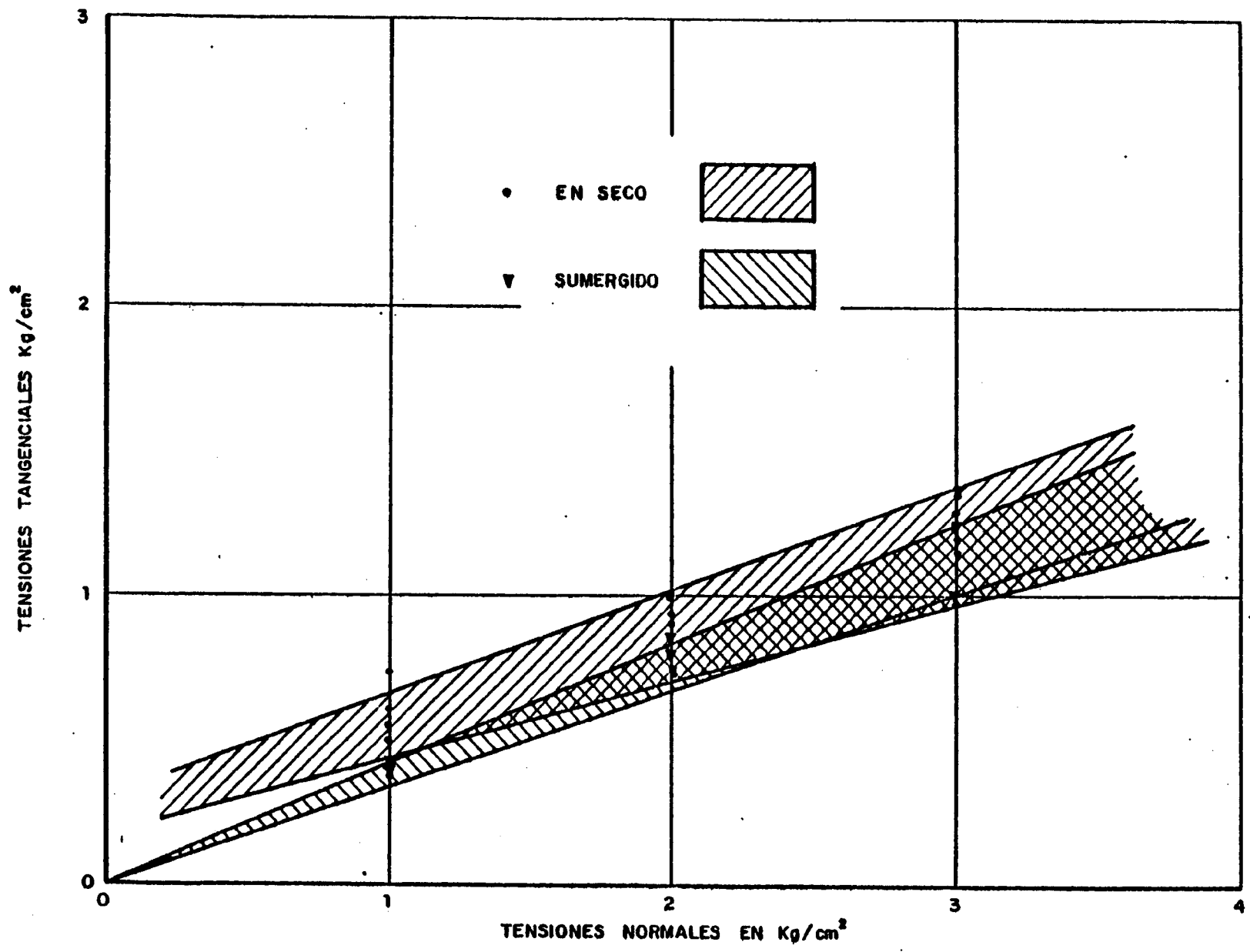


FIG. 7.19 .- ENSAYOS DE ROZAMIENTO EN DISCONTINUIDADES DE PIZARRAS BITUMINOSAS

internos de 27 a 40° (según que el contenido de aceite fuera 150 a 85 l/Tn, respectivamente). Con la ley de variación obtenida por estos autores para ϕ y el contenido de crudo de Puertollano se obtendría 20 a 25°, que están en consonancia con nuestros valores. En los mismos ensayos triaxiales se han obtenido cohesiones medias de los 230 Kp/cm² que no son comparables con las cohesiones aparentes en las discontinuidades, puesto que corresponden a la roca sana o matriz y no a discontinuidades. Ese valor de 230 Kp/cm², está en consonancia con la resistencia a compresión obtenida por ABEL Y HOSKINS y resulta más elevada que la que correspondería a nuestras muestras sanas, pues debería ser del orden de 60-120 Kp/cm² como media, a juzgar por el rozamiento obtenido en diaclasas y los resultados de ensayos de compresión simple y como indica el ensayo triaxial efectuado por nosotros.

Si se quiere tener en cuenta la resistencia en función de la orientación del plano de rotura con respecto al de estratificación, puede seguirse un procedimiento análogo al indicado en el caso del conjunto areniscas-pizarras. En ese caso la cohesión anónima podría tomarse igual a 2 t/m² (media medida en ensayos de rozamiento en diaclasas) mientras que el máximo sería del orden de 70 t/m², con una curva de variación de C con α semejante a la obtenida para las pizarras-areniscas.

No son de esperar problemas de fluencia bajo presión puesto que en otras formaciones de Colorado y Wyoming, no se han detectado fluencias apreciables con presiones mantenidas del orden de los 150 Kp/cm² y porque en el ensayo triaxial realizado, el comportamiento era muy lineal hasta prácticamente rotura.

7.4. RESUMEN DE PARAMETROS GEOTECNICOS CARACTERISTICOS

Con el fin de resumir lo expuesto anteriormente, se enuncian a continuación las conclusiones básicas - que pueden obtenerse del estudio de propiedades geomecánicas de la zona.

- Se presenta una formación constituída básicamente por areniscas y pizarras alternadas, en capas desde 0,30 a 1,0 m de espesor entre las que aparecen hasta cuatro capas principales de carbón (1ª, 2ª, 3ª, y 4ª) y hasta tres de pizarras bituminosas (A, B y C).
- Desde un punto de vista geomecánico, el conjunto de areniscas y pizarras puede considerarse como un material único pero claramente estratificado.
- Las pizarras bituminosas se encuentran con discontinuidades o estratificaciones espaciadas - 20 a 50 cm, a juzgar por los bloques que se han podido observar, dentro de los que aparece otro sistema de discontinuidades, no apreciable a simple vista, que da lugar a la apertura de fisuras, cuando se maneja el material, con separación de 2 a 3 cm.
- Las propiedades geotécnicas de resistencia y deformabilidad se han resumido en el Cuadro 7.4, en el que se ha establecido los parámetros geomecánicos mas representativos de las areniscas-pizarras, carbón y pizarras bituminosas -

que pueden ser necesarios bien para análisis de estabilidad en los estudios de explotación a cielo abierto, bien en los tenso-deformacionales correspondientes a minería subterránea.

Los datos correspondientes al carbón han sido determinados a partir de nuestra propia experiencia y de la información incluida en diversas publicaciones de Mecánica de Rocas (HOEK Y BRAY: "Rock Slope Engineering": STAGG Y ZIENKIEWICK: "Rock Mechanics in Engineering Practice", recientes artículos de la revista Ground Engineering, etc). Es de destacar que en estos trabajos se indica que el rozamiento en las pizarras puede llegar a ser superior a 30° . Sin embargo, a efectos de tener en cuenta lo comentado al hablar de la meteorización de las pizarras (superficies de despegue en su seno en las zonas de contacto con carbón), parece que puede haber zonas de debilidad en la masa de carbón o en su contacto con las pizarras, en las que el ángulo de rozamiento interno puede llegar a disminuir hasta unos 20° , a lo cual contribuyen la decompresión debida a las excavaciones. Esto ha sido comprobado en la Corta de San Ricardo (Peñarroya) y estudiado con detalle en el estudio de esta Corta, realizado por ENADIMSA. Por dicho motivo, para el análisis de estabilidad de taludes se considera que el rozamiento en las capas de carbón puede ser de 20° (cuando exista gran decompresión, o sea, al pié de taludes) y de 25° a lo largo de superficies de rotura potenciales menos decomprimidas como son las que siguen toda la capa desde el pié a la cabeza del talud.

CUADRO 7.4

RESUMEN DE PARAMETROS GEOMECANICOS CARACTERISTICOS

MATERIAL		PESO ESPECIFICO SECO L/m ³	HUMEDAD %	COHESION t/m ² **	ROZAMIENTO INTERNO (°) **	RESISTENCIA A COMP. SIMP. Kp/cm ²	RESISTENCIA A TRACCION Kp/cm ²	INDICE DE CARGA PUNTUAL Kp/cm ²	MODULO DE YOUNG DE LA MASA Kp/cm ²	MODULO DE YOUNG VERTICAL Kp/cm ² ***	MODULO DE YOUNG HORIZONTAL Kp/cm ²	MODULO DE POISSON	CALIFICACION DE LA RESISTENCIA	CALIFICACION DE LA DEFORMABILIDAD.
ARENISAS CASIPARRAS.	ROTURA PARALELA A LA ESTRATIFICACION	2,5	0,7	3	30	450	29	17	-	102.000	-	0,21	MEDIA	
	ROTURA NORMAL A ESTRATIFICACION	2,5	0,7	100	35	±	+ 40% - 80%	± 40%	-	± 28%	-	± 60%	A BAJA	MEDIA
CARBON *		1,6	0,5	2,0	20-25	-	-	-	-	-	-	0,25	-	-
PIZARRAS BITUMINOSAS	ROTURA PARALELA A LA ESTRATIFICACION	1,75	0,8	2	24	440 + 50% - 30%	89	11,6	104.000	46.000	59.000	0,30	BAJA.	ALTA.
	ROTURA NORMAL A ESTRATIFICACION	1,75	0,8	70	26 ****	270 ± 30%	± 35%	+ 33% - 14%	+ 60% - 40%	± 30%	+ 15% - 35%	± 70%		

* Valores determinados a partir de datos existentes en la bibliografía. (HÖEK y BRAY, y otros).

** Parámetros recomendados para análisis de estabilidad de taludes. Valor medio: 53°

*** Vertical indica perpendicular a la estratificación.

**** Estos valores de 24 y 26° descienden a 18 y 20°, respectivamente, en presencia de agua.