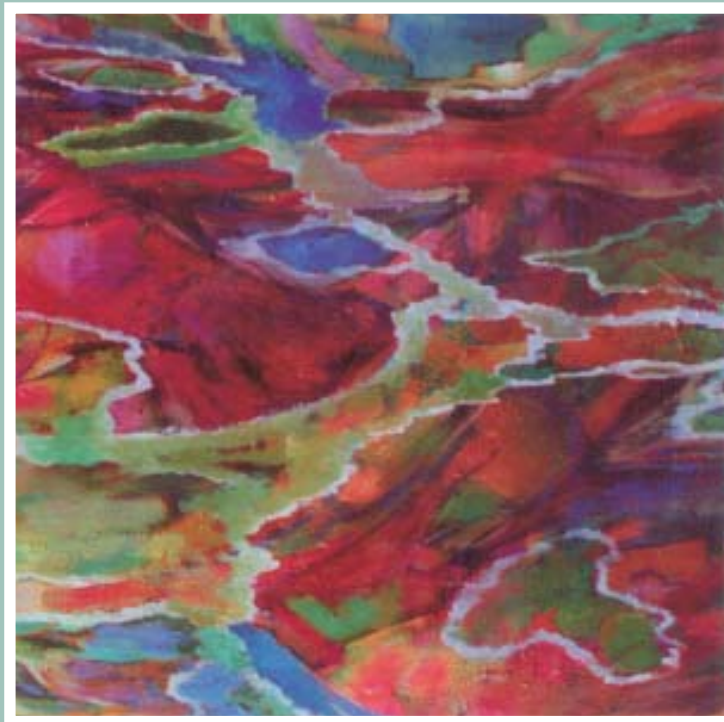


# Estudio Previo de Terrenos

Itinerario Badajoz - Huelva  
Tramo: La Nava - Beas



**NOTAS PREVIAS A LA LECTURA DE LOS  
“ESTUDIOS PREVIOS DE TERRENO”  
DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS, EN FORMATO DIGITAL**

La publicación que está consultando corresponde a la colección de *Estudios Previos de Terreno* (EPT) de la Dirección General de Carreteras, editados entre 1965 y 1998.

Los documentos que la integran presentan formatos diferentes pero una idea común: servir de base preliminar a los estudios y proyectos de esta Dirección General. En ese sentido y para una información más detallada se recomienda la lectura del documento *“Estudios previos de terreno de la Dirección General de Carreteras”* (Jesús Martín Contreras, et al, 2000)

Buena parte de los volúmenes que integran esta colección se encuentran agotados o resultan difícilmente disponibles, presentándose ahora por primera vez en soporte informático. El criterio seguido ha sido el de presentar las publicaciones tal y cómo fueron editadas, respetando su formato original, sin adiciones o enmiendas.

En consecuencia y a la vista, tanto del tiempo transcurrido como de los cambios de formato que ha sido necesario acometer, deben efectuarse las siguientes observaciones:

- La escala de los planos, cortes, croquis, etc., puede haberse alterado ligeramente respecto del original, por lo que únicamente resulta fiable cuando ésta se presenta de forma gráfica, junto a los mismos.
- La cartografía y nomenclatura corresponde obviamente a la fecha de edición de cada volumen, por lo que puede haberse visto modificada en los últimos años (nuevas infraestructuras, crecimiento de núcleos de población ...)
- El apartado relativo a sismicidad, cuando existe, se encuentra formalmente derogado por las sucesivas disposiciones sobre el particular. El resto de contenidos relativos a este aspecto pudiera, en consecuencia, haber sufrido importantes modificaciones.
- La bibliografía y cartografía geológica oficial (fundamentalmente del IGME) ha sido en numerosas ocasiones actualizada o completada desde la fecha de edición del correspondiente EPT.
- La información sobre yacimientos y canteras puede haber sufrido importantes modificaciones, derivadas del normal transcurso del tiempo en las mencionadas explotaciones. Pese a ello se ha optado por seguir manteniéndola, pues puede servir como orientación o guía.
- Por último, el documento entero debe entenderse e interpretarse a la luz del estado de la normativa, bibliografía, cartografía..., disponible en su momento. Sólo en este contexto puede resultar de utilidad y con ese fin se ofrece.

serie monografías

# Estudio Previo de Terrenos

---

Itinerario Badajoz - Huelva  
Tramo: La Nava - Beas



Ministerio de Obras Públicas, Transportes  
y Medio Ambiente

Secretaría General para las Infraestructuras del Transporte Terrestre  
Dirección General de Carreteras

1994

## INDICE

<b>1. INTRODUCCION</b> .....	7
<b>2. CARACTERES GENERALES DEL TRAMO</b> .....	9
2.1. CLIMATOLOGIA .....	9
2.2. TOPOGRAFIA.....	21
2.3. GEOMORFOLOGIA.....	22
2.4. ESTRATIGRAFIA.....	23
2.5. TECTONICA .....	29
2.6. SISMICIDAD.....	31
<b>3. ESTUDIO DE ZONAS</b> .....	33
3.0. DIVISION DEL TRAMO EN ZONAS DE ESTUDIO.....	33
3.1. ZONA 1: SIERRAS DE LA NAVA Y DE LOS CASTELLANOS.....	37
3.1.1. Geomorfología.....	37
3.1.2. Tectónica .....	43
3.1.3. Columna estratigráfica.....	43
3.1.4. Grupos litológicos.....	45
3.1.5. Grupos geotécnicos.....	53
3.1.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona.....	54
3.2. ZONA 2: SIERRAS DE LA VIRGEN Y DE LA CADENA, LOMAS Y CERROS DE JABUGO, Y NAVA DE FUENTEHERIDOS	55
3.2.1. Geomorfología.....	55
3.2.2. Tectónica .....	56
3.2.3. Columna estratigráfica.....	61
3.2.4. Grupos litológicos.....	63
3.2.5. Grupos geotécnicos.....	77
3.2.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona.....	79

3.3. ZONA 3: SIERRAS DE CORTEGANA Y ARACENA, Y LOMAS Y CERROS DE SANTA ANA.....	80
3.3.1. Geomorfología.....	80
3.3.2. Tectónica.....	86
3.3.3. Columna estratigráfica.....	86
3.3.4. Grupos litológicos.....	88
3.3.5. Grupos geotécnicos.....	103
3.3.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona.....	104
3.4. ZONA 4: LOMAS DE CAMPOFRIO Y CUEVA DE LA MORA Y SIERRAS DE PATRAS Y DE LA FUENTE.....	106
3.4.1. Geomorfología.....	106
3.4.2. Tectónica.....	112
3.4.3. Columna estratigráfica.....	113
3.4.4. Grupos litológicos.....	115
3.4.5. Grupos geotécnicos.....	127
3.4.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona.....	129
3.5. ZONA 5: CUENCA MINERA DE NERVA, Y LOMAS Y CERROS DE EL ESPARRAGAL.....	129
3.5.1. Geomorfología.....	129
3.5.2. Tectónica.....	135
3.5.3. Columna estratigráfica.....	135
3.5.4. Grupos litológicos.....	137
3.5.5. Grupos geotécnicos.....	141
3.5.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona.....	142
3.6. ZONA 6: MONTES DE ZALAMEA LA REAL, Y LOMAS Y LLANOS DE EL BUITRON.....	143
3.6.1. Geomorfología.....	143
3.6.2. Tectónica.....	144
3.6.3. Columna estratigráfica.....	151
3.6.4. Grupos litológicos.....	153
3.6.5. Grupos geotécnicos.....	155
3.6.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona.....	157
3.7. ZONA 7: LLANOS DE VALVERDE DEL CAMINO, Y SIERRAS DE MATABURRA Y DEL LEON.....	157
3.7.1. Geomorfología.....	157
3.7.2. Tectónica.....	158
3.7.3. Columna estratigráfica.....	163
3.7.4. Grupos litológicos.....	165
3.7.5. Grupos geotécnicos.....	168
3.7.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona.....	169

3.8. ZONA 8: LLANOS Y LOMAS DE BEAS Y DE NAVAHERMOSA.....	170
3.8.1. Geomorfología.....	170
3.8.2. Tectónica .....	176
3.8.3. Columna estratigráfica .....	176
3.8.4. Grupos litológicos.....	178
3.8.5. Grupos geotécnicos .....	183
3.8.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona.....	184
<b>4. CONCLUSIONES GENERALES DEL ESTUDIO .....</b>	<b>185</b>
4.1. RESUMEN DE PROBLEMAS TOPOGRAFICOS.....	185
4.2. RESUMEN DE PROBLEMAS GEOMORFOLOGICOS.....	189
4.3. RESUMEN DE PROBLEMAS GEOTECNICOS .....	192
4.4. CORREDORES DE TRAZADO SUGERIDOS.....	193
<b>5. INFORMACION SOBRE YACIMIENTOS .....</b>	<b>197</b>
5.1. ALCANCE DEL ESTUDIO .....	197
5.2. YACIMIENTOS ROCOSOS.....	197
5.3. YACIMIENTOS GRANULARES.....	198
5.4. MATERIALES PARA TERRAPLENES Y PEDRAPLENES .....	199
5.5. YACIMIENTOS QUE SE RECOMIENDA ESTUDIAR CON MAS DETALLE.....	199
<b>6. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....</b>	<b>201</b>
<b>7. ANEJOS.....</b>	<b>203</b>
7.1. ANEJO 1: SIMBOLOGIA UTILIZADA EN LAS COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS .....	205
7.2. ANEJO 2: CRITERIOS UTILIZADOS EN LAS DESCRIPCIONES GEOTECNICAS.....	207

## 1. INTRODUCCION

El presente Estudio Previo de Terrenos del Tramo La Nava-Beas tiene por objeto el establecimiento de las características litológicas, estructurales y geotécnicas, de las diferentes formaciones del área, con vistas a su uso en posteriores estudios relacionados con obras en las carreteras.

La superficie estudiada abarca los cuadrantes siguientes de las hojas del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000.

Nº	Hoja	Cuadrantes
917	Aracena	2, 3 y 4
938	Nerva	1, 2, 3 y 4
960	Valverde del Camino	1, 3 y 4
982	La Palma del Condado	4

El Estudio incluye Memoria y Planos. Para su realización se han utilizado las fotografías de la región a escala aproximada 1/33.000, de los cuales se han obtenido, mediante reducciones, unos mapas litológico-estructurales a escala 1/50.000. A partir de ellos, y mediante nuevas reducciones, se han trazado los esquemas geológico, geotécnico, morfológico, y de suelos y formaciones de pequeño espesor, todos ellos a escala 1/200.000.

En su conjunto, este Estudio Previo de Terreno ha supuesto la realización del plano geológico a escala 1/50.000, a partir de trabajos de fotogeología y de geología de campo simultáneamente, y previa recopilación y análisis de los datos publicados sobre la región. El estudio geológico se ha completado con una revisión, desde el punto de vista geotécnico, de todas las formaciones presentes en el área. De esta manera se ha descrito, en lo posible, la litología y las propiedades geotécnicas de las formaciones y materiales que, de alguna forma, pueden incidir en las posibles obras a realizar en las carreteras del Tramo. Todo ello queda plasmado en la Memoria.

Las propiedades geotécnicas de suelos y rocas se han estimado en muchos casos a partir de la experiencia y de la observación directa, ya que en este tipo de Estudios Previos no se considera oportuna una determinación más completa en laboratorio.

La simbología adoptada en la cartografía corresponde a la inserta en el Pliego de Prescripciones Técnicas para el Estudio Previo de Terrenos (Marzo, 1972), y en el Cuadro de Símbolos Estratigráficos para el Mapa Litológico-Estructural 1/50.000 (Marzo, 1973).

A continuación se relaciona el personal técnico que ha elaborado y supervisado el presente Estudio Previo:

POR PARTE DE LA DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS,  
SUBDIRECCION GENERAL DE TECNOLOGIA Y PROYECTOS,  
SERVICIO DE GEOTECNIA

D. Jesús M Contreras  
Licenciado en Ciencias Geológicas

D. Manuel Rodríguez Sánchez  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

POR PARTE DE LA EMPRESA CONSULTORA  
EQUIPO DE ASISTENCIA TECNICA, S.A. (E.A.T., S.A.)

D. José M<sup>a</sup> Rodríguez Ortiz  
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

D. Carlos Prieto Alcolea  
Licenciado en Ciencias Geológicas.

D. Jesús M<sup>a</sup> Rubio Amo  
Licenciado en Ciencias Geológicas.

D. Miguel Fernández Sánchez  
Licenciado en Ciencias Geológicas.

D. Miguel Angel del Puerto y Gil  
Licenciado en Ciencias Geológicas.



## 2. CARACTERES GENERALES DEL TRAMO

### 2.1. Climatología

El tipo climático característico del Tramo estudiado es el definido como "mediterráneo subtropical". Esta homogeneidad en cuanto al tipo climático no se mantiene respecto a las regiones climáticas definidas según el índice de Thornthwaite. Así pueden distinguirse tres áreas distintas, dos de las cuales presentan un mismo índice climático. La parte central del Tramo comprende la región definida como "subhúmeda", mientras que el tercio norte y el borde sureste del mismo quedan encuadrados en el tipo "húmedo" (ver fig. 2.8).

En las zonas topográficamente más elevadas del Tramo (Sierra de Aracena), en las que abunda la vegetación, es donde se localiza la "región húmeda", mientras que en la parte central del Tramo, con alturas topográficas algo más bajas y con menor vegetación, se sitúa la "región subhúmeda". Hacia el borde sureste del Tramo existe una "región húmeda" que parece corresponder a una zona con un microclima especial, puesto que su topografía, no muy acusada, tiene una pluviometría mayor que las áreas centrales del Tramo.

Con respecto al régimen térmico, todo el área se encuadra en el tipo "subtropical cálido", y la misma homogeneidad se produce en el régimen de humedad que es el definido como "mediterráneo húmedo".

En cuanto al volumen medio de precipitación anual, las estaciones meteorológicas situadas en la "región húmeda", según el índice de Thornthwaite, tienen precipitaciones en torno a los 1.000 mm: son las estaciones de Almonaster, Aracena, El Manzanito y Las Majadillas.

En la "región subhúmeda" las precipitaciones medias anuales están comprendidas entre los 600 y los 800 mm al año.

Con respecto a la evapotranspiración anual, se observa cómo la estación de Valverde tiene el valor más alto, con una E.T.P superior a 1.000 mm. En las estaciones de Almonaster, Baldios de Niebla, El Manzanito, el Villar y las Majadillas, dicho valor desciende hasta menos de 800 mm anuales.

Respecto a las temperaturas medias anuales, el valor más bajo se sitúa en la estación de Aracena, con 14,8º C, y el más alto en la de Valverde del Camino, con 19,4º C. Las demás estaciones meteorológicas presentan unas temperaturas medias comprendidas entre estos dos valores extremos. Es decir, existe una gradación de la temperatura media anual desde el Norte, que corresponde a las zonas topográficamente más elevadas, hasta el Sur, topográficamente más bajo.

Con respecto al balance hídrico, es decir, la diferencia entre precipitación y evapotranspiración potencial, se observa la existencia de un déficit de humedad en el suelo entre Mayo y Septiembre en las estaciones climatológicas de Almonaster, El Manzanito y Las Majadillas. Dicho déficit de humedad

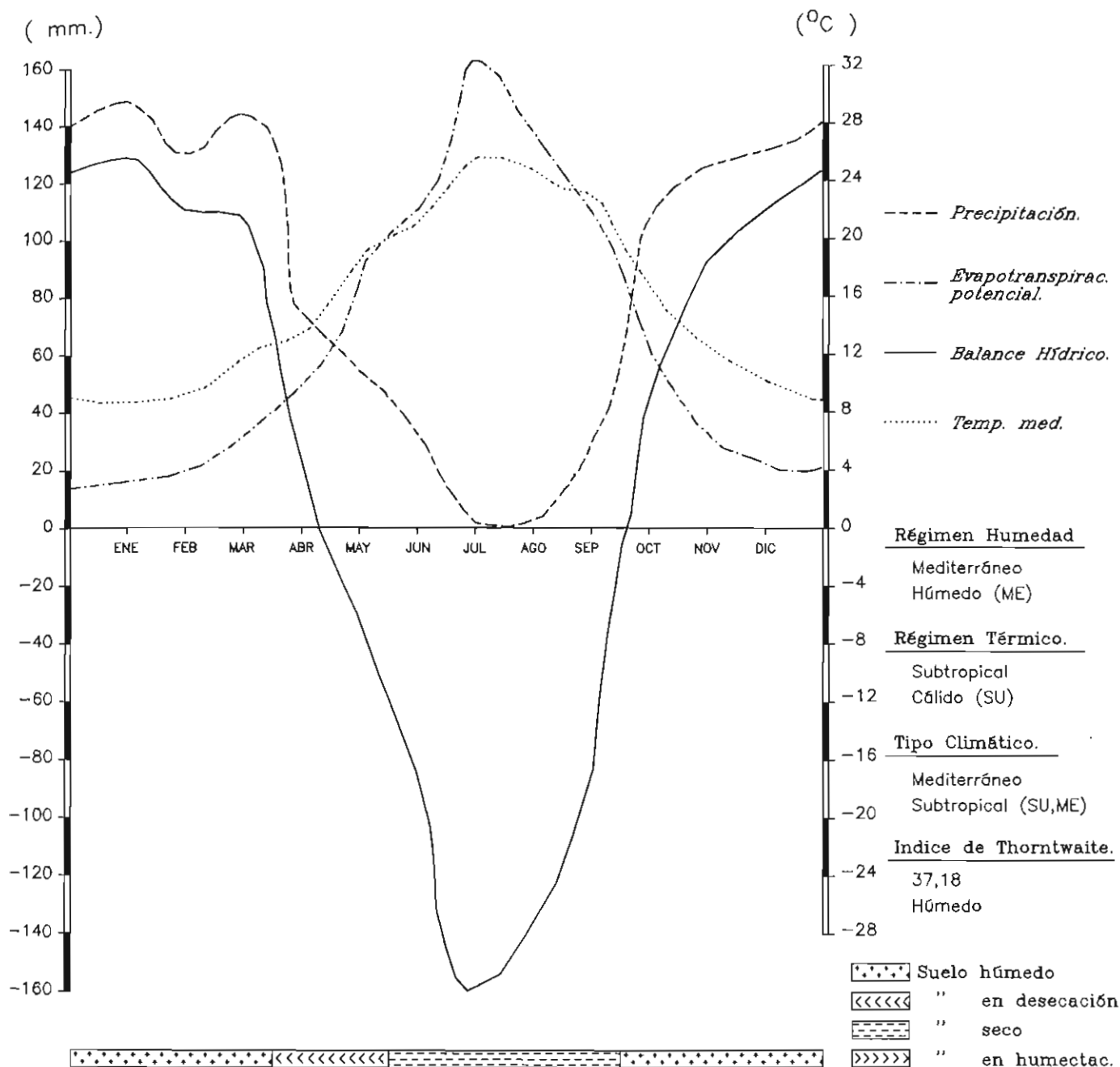
está comprendido entre Abril y Septiembre en las estaciones de El Villar y Valverde del Camino, es entre Junio y Septiembre en la estación de Aracena, y entre Mayo y Octubre en la estación de Baldios de Niebla.

En las Figuras 2.1 a 2.7 se recogen los valores climáticos de las estaciones meteorológicas consideradas.

ESTACION : ALMONASTER

Log: 6<sup>o</sup> 47 W.  
Lat: 37<sup>o</sup> 52.

A.S.N.M.: 610 m.



	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Precipitación media.	148	130	143	74	55	34	1	5	29	106	125	131	mm.
Evapotranspiración media	18	20	34	49	89	119	161	140	112	63	33	22	mm.
Balance hídrico.	130	110	109	25	-34	-85	-160	-135	-83	43	42	109	mm.
Temperatura media.	9,1	9,4	11,8	13,8	18,4	21,8	25,8	25,1	23,0	17,4	13,1	10,3	°C
Días con t sup.a 5°C a las 9h.	0,4	0,6	0,7	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,8	0,6	%
Días con precip.inf.a 1 mm.	0,72	0,75	0,72	0,83	0,86	0,94	0,98	0,98	0,89	0,76	0,82	0,61	%

FIG.2.1. - Balance hídrico y datos climáticos para obras en el exterior.

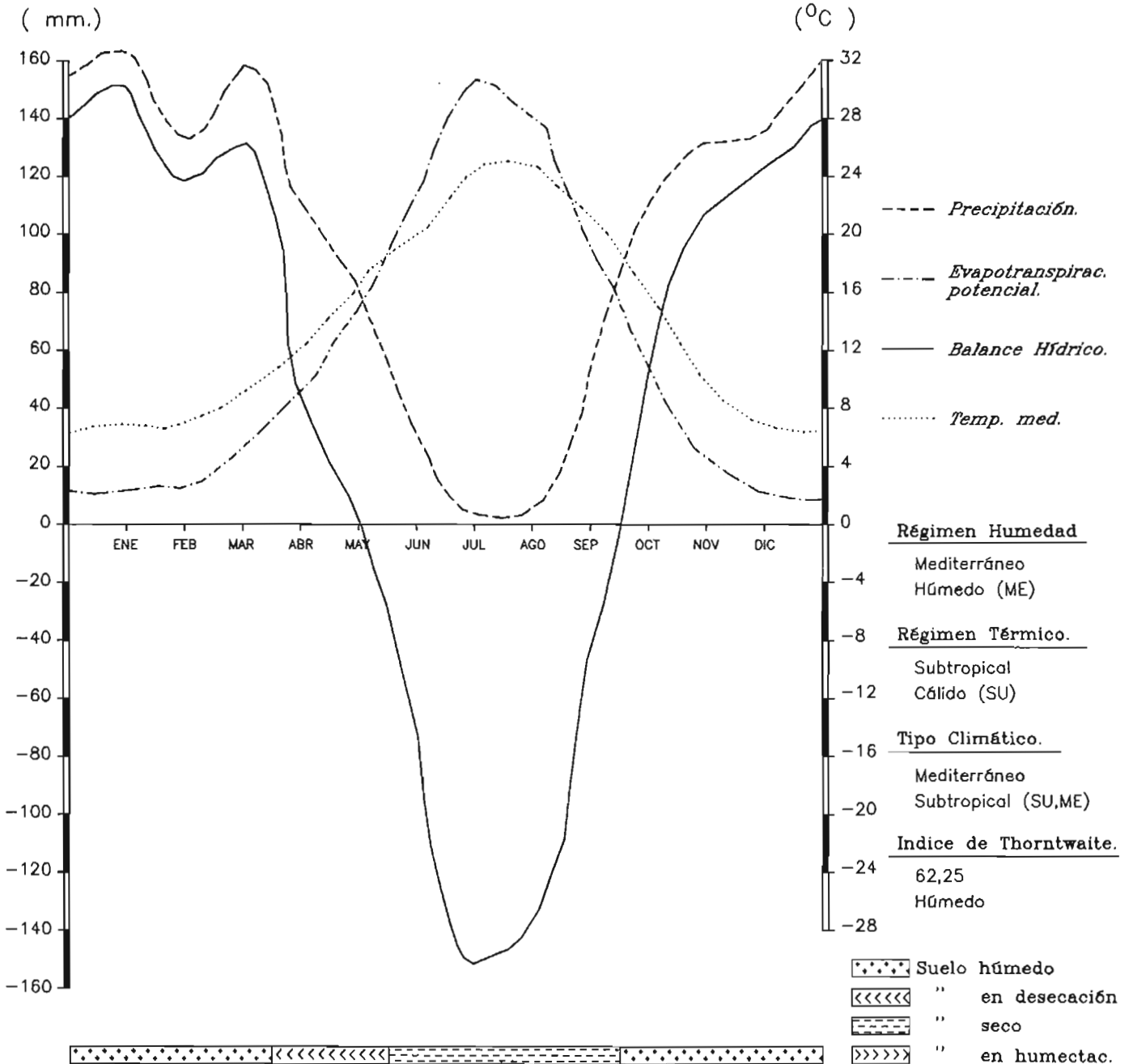
ESTACION :

ARACENA

Log: 6° 33 W.

Lat: 37° 54.

A.S.N.M.: 731 m.



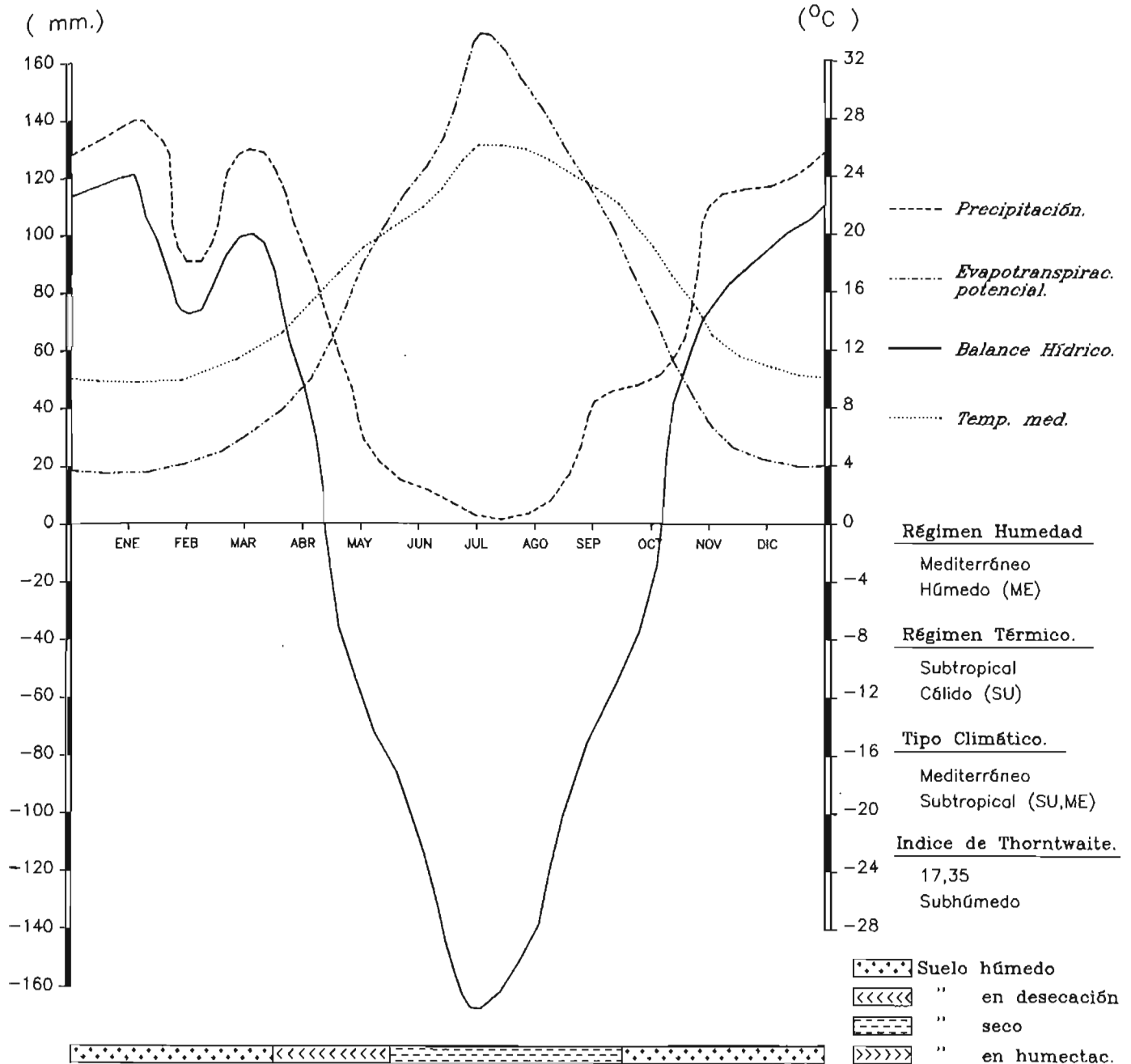
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Precipitación media.	163	132	160	90	81	36	4	5	53	111	133	136	mm.
Evapotranspiración media	13	13	28	46	77	112	154	144	100	58	25	12	mm.
Balance hídrico.	150	119	132	44	4	-76	-150	-139	-47	53	108	124	mm.
Temperatura media.	6,8	7,1	9,5	12,2	16,6	20,3	25,0	24,9	21,6	16,1	10,0	7,1	°C
Días con t sup.a 5°C a las 9h	0,4	0,5	0,7	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,8	0,6	%
Días con precip.inf.a 1 mm.	0,72	0,75	0,73	0,83	0,85	0,93	0,98	0,98	0,89	0,76	0,82	0,62	%

FIG.2.2. - Balance hídrico y datos climáticos para obras en el exterior.

ESTACION : BALDIOS DE NIEBLA

Log: 7° 24 W.  
Lat: 37° 13.

A.S.N.M.: 43 m.



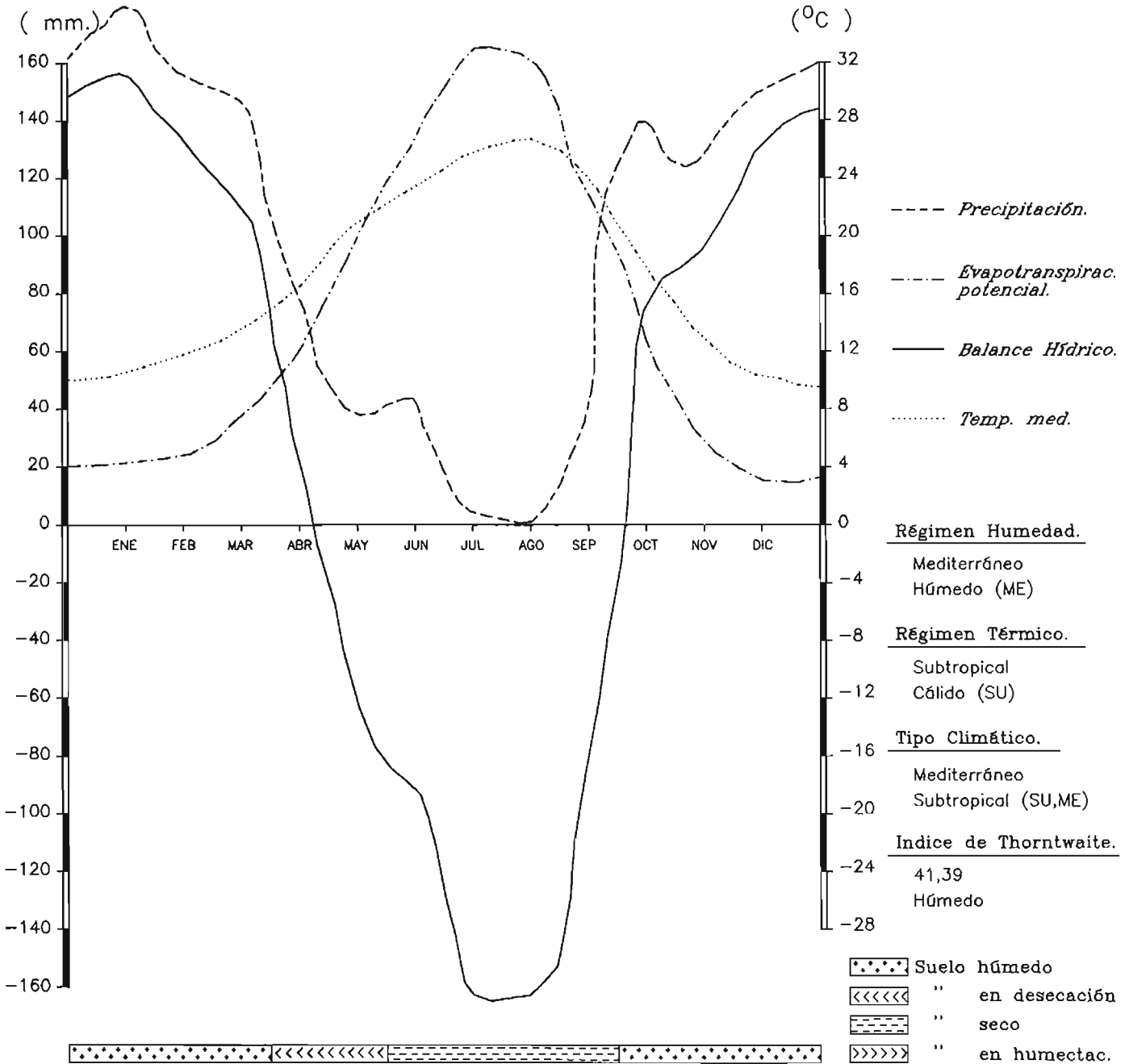
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Precipitación media.	139	91	129	90	30	12	1	4	43	49	109	117	mm.
Evapotranspiración media.	18	20	31	49	92	123	169	147	115	72	33	22	mm.
Balance hídrico.	121	71	98	41	-62	-111	-168	-143	-72	-23	76	95	mm.
Temperatura media.	9,8	10,0	12,1	14,6	19,0	22,0	26,4	25,8	23,6	19,0	13,6	10,8	°C
Días con t sup.a 5°C a las 9h.	0,6	0,8	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,6	%
Días con precip.inf.a 1 mm.	0,78	0,78	0,72	0,83	0,89	0,95	0,99	0,99	0,91	0,81	0,81	0,72	%

FIG.2.3. — Balance hídrico y datos climáticos para obras en el exterior.

ESTACION : EL MANZANITO

Log: 6° 40' W.  
 Lat: 37° 30'

A.S.N.M.: 200 m.



	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Precipitación media.	178	156	147	80	38	43	3	0	36	140	127	150	mm.
Evapotranspiración media	21	23	37	59	102	133	165	163	117	67	31	17	mm.
Balance hídrico.	157	133	110	21	-64	-90	-162	-163	-81	73	96	133	mm.
Temperatura media.	10,5	11,6	13,6	16,4	20,6	23,4	26,0	27,0	24,2	18,4	13,4	10,2	°C
Días con t sup.a 6°C a las 9h.	0,7	0,8	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,6	%
Días con precip.inf.a 1 mm.	0,78	0,78	0,72	0,83	0,89	0,95	0,99	0,99	0,91	0,81	0,81	0,72	%

FIG.2.4. - Balance hídrico y datos climáticos para obras en el exterior.

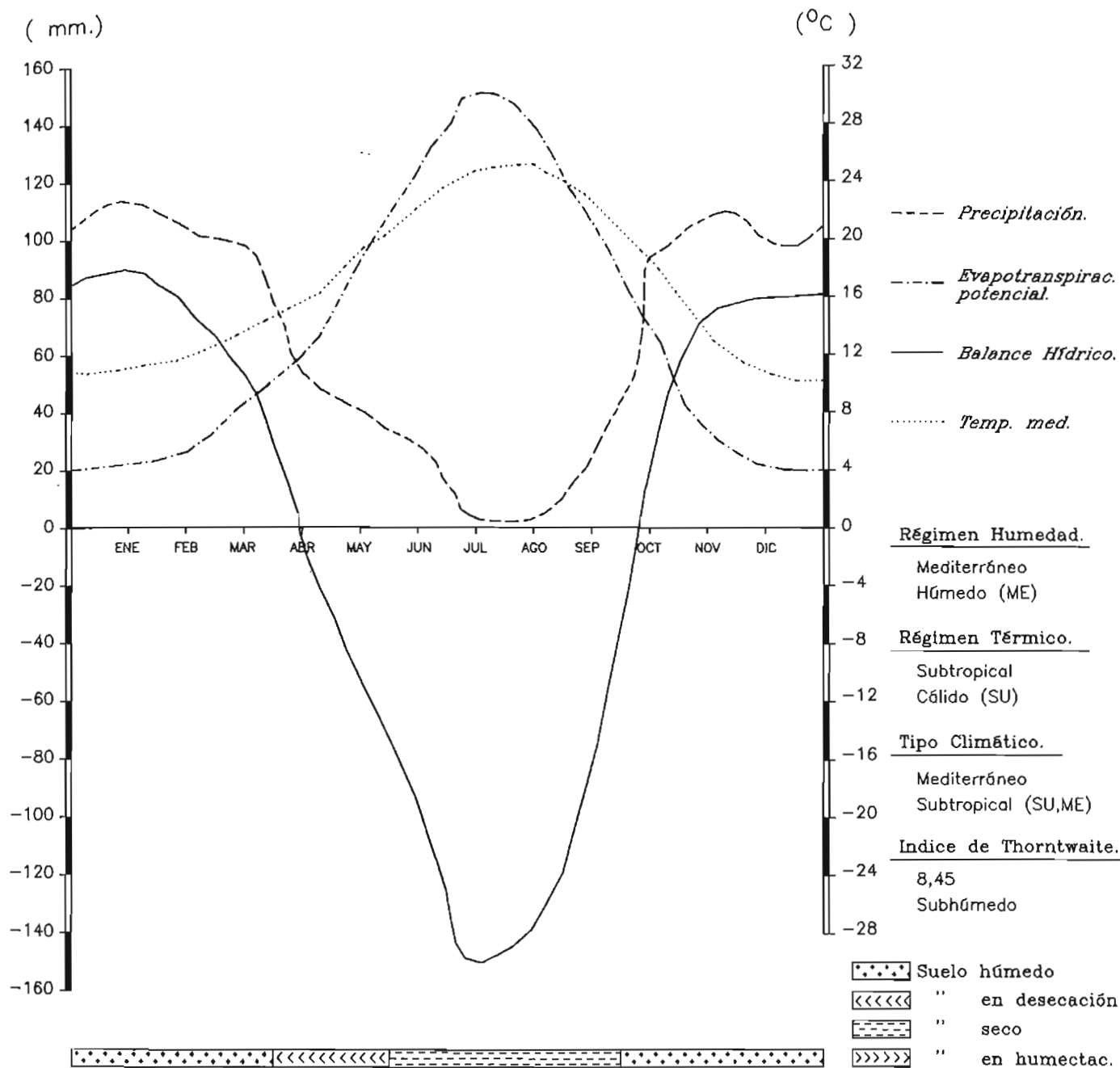
ESTACION :

EL VILLAR

Log: 6<sup>º</sup> 44 W.

Lat: 37<sup>º</sup> 42.

A.S.N.M.: 320 m.



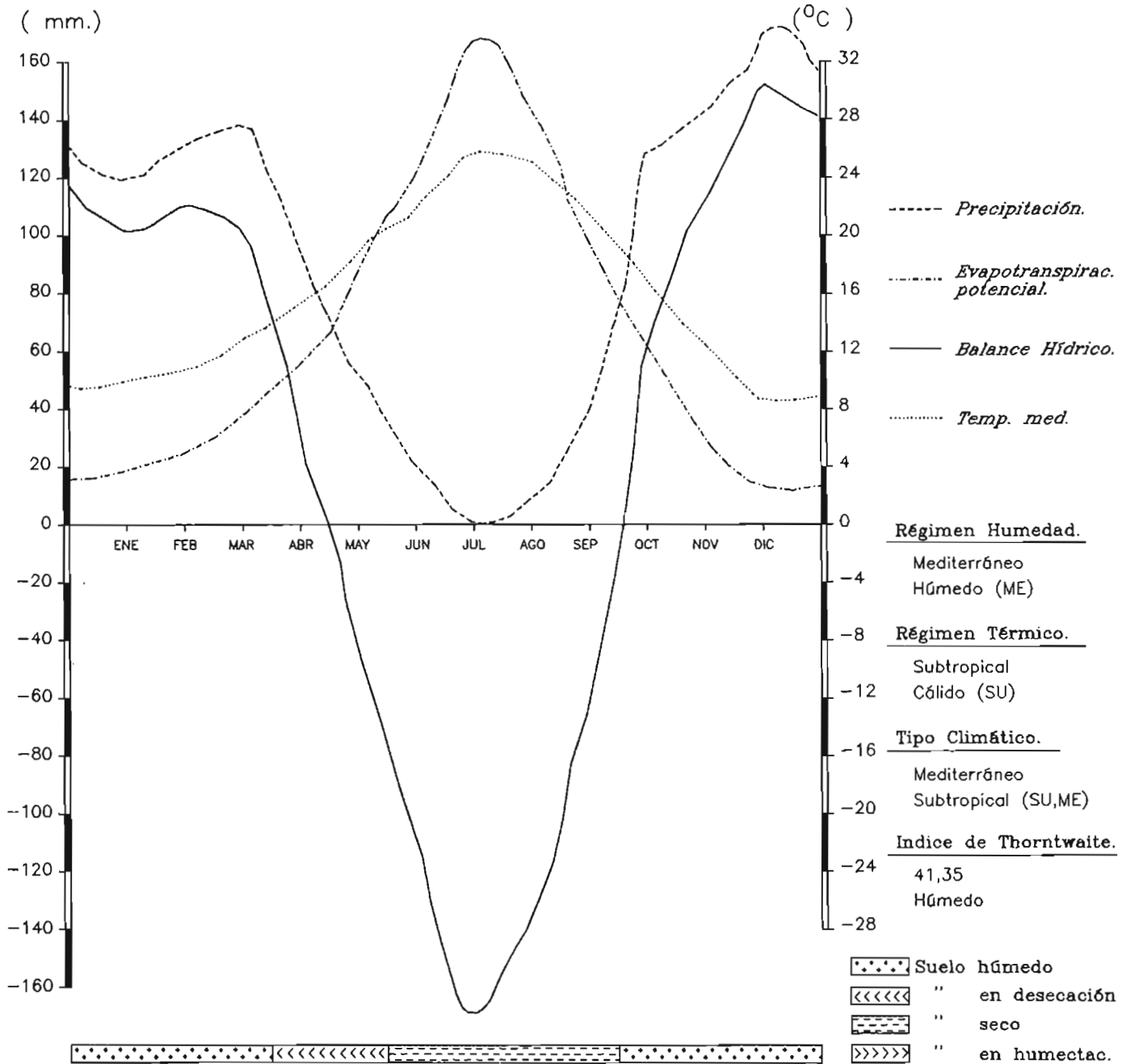
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Precipitación media.	112	101	96	52	38	28	0	2	23	90	107	100	mm.
Evapotranspiración media.	23	25	43	59	92	123	150	140	106	69	33	22	mm.
Balance hídrico.	89	76	53	-7	-54	-95	-150	-138	-83	21	74	78	mm.
Temperatura media.	10,7	11,6	13,5	15,5	19,0	22,0	24,7	25	22,5	18,5	13,3	10,7	°C
Días con t sup.a 5°C a las 9h.	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,7	%
Días con precip.inf.a 1 mm.	0,74	0,76	0,72	0,83	0,88	0,94	0,99	0,99	0,90	0,79	0,81	0,66	%

FIG.2.5. — Balance hídrico y datos climáticos para obras en el exterior.

ESTACION : LAS MAJADILLAS

Log: 6° 30 m.  
Lat: 37° 44

A.S.N.M.: 340 m.



	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Precipitación media.	120	133	137	94	52	22	2	9	38	128	143	170	mm.
Evapotranspiración media	20	23	37	56	92	123	169	147	103	66	33	17	mm.
Balance hídrico.	100	110	100	38	-40	-101	-167	-138	-65	62	110	153	mm.
Temperatura media.	10,0	10,4	12,6	15,2	19,0	22,1	26,2	25,7	22,3	18,1	13,0	9,2	°C
Días con t sup.a 5°C a las 9h.	0,6	0,6	0,8	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	0,7	%
Días con precip.inf.a 1 mm.	0,76	0,75	0,74	0,82	0,86	0,93	0,98	0,99	0,90	0,79	0,81	0,68	%

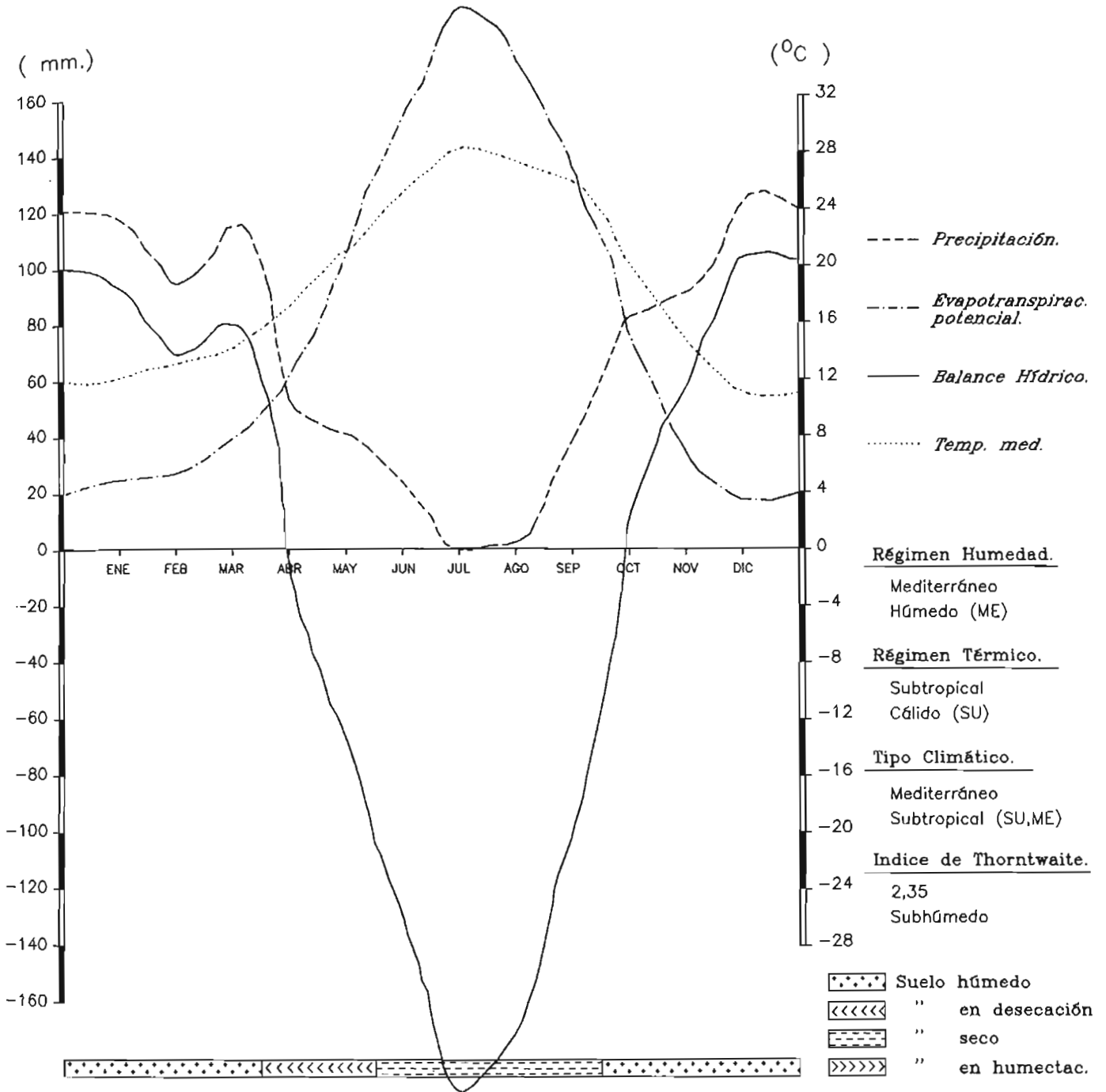
FIG.2.6. — Balance hídrico y datos climáticos para obras en el exterior.



ESTACION : VALVERDE (LOS RAMOS)

Log: 6° 45 W.  
Lat: 37° 34.

A.S.N.M.: 323 m.



	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Precipitación media.	117	95	118	55	42	24	1	4	37	83	92	124	mm.
Evapotranspiración media	23	25	37	63	107	149	190	173	134	75	33	20	mm.
Balance hídrico.	94	70	81	-8	-65	-125	-189	-169	-97	8	59	104	mm.
Temperatura media.	12,4	13,2	14,4	17,6	21,3	25,0	28,4	27,8	26,0	20,2	15,0	11,6	°C
Días con t sup.a 6°C a las 9h.	0,7	0,8	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,8	%
Días con precip.inf.a 1 mm.	0,76	0,78	0,71	0,83	0,89	0,95	0,99	0,99	0,91	0,80	0,81	0,70	%

FIG.2.7. - Balance hídrico y datos climáticos para obras en el exterior.

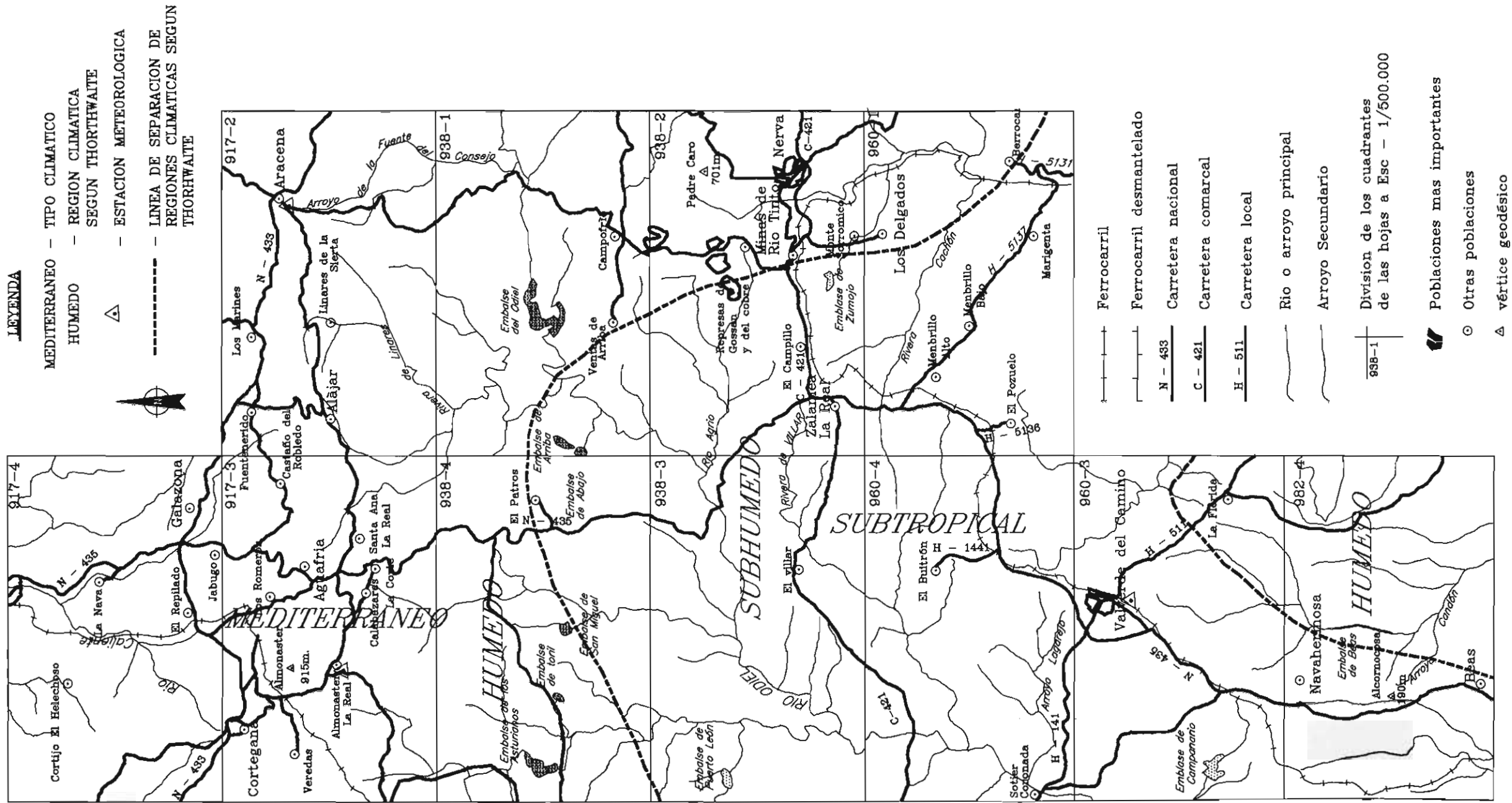


FIG.2.8. - ESQUEMA CLIMATICO

## 2.2. Topografía

Desde el punto de vista topográfico, el Tramo considerado puede dividirse en tres grandes sectores.

El primero de estos sectores comprende los relieves más importantes de la zona, y abarca la región denominada "Sierra de Aracena", que se sitúa al Norte del Tramo. Este primer sector se caracteriza por ser una zona montañosa, con desniveles moderados entre las cumbres y los fondos de los valles, y está constituido por una serie de sierras, paralelas entre sí, con direcciones principales comprendidas entre WNW-ESE y E-W.

La zona de cumbres de la Sierra de Aracena es la divisoria entre la cuenca fluvial del río Guadiana, al Norte, y la de los ríos Tinto y Odiel, al Sur, aunque administrativamente se incluyan ambas cuencas en la Confederación Hidrográfica del Guadiana.

La máxima altura de este sector y del Tramo se alcanza en el vértice geodésico Castaño, con 962 m, situado al Suroeste de Jabugo. Otras alturas importantes son los vértices de Almonaster, de 917 m, el de Sierra de Linares (892 m) al Noreste de Alájar, y el de San Ginés (869 m), al Este de Aracena.

La red de drenaje, a uno y otro lado de la divisoria fluvial, se presenta diversificada y marcada, predominando la erosión lineal sobre el depósito, y dando lugar a riberas, torrentes y arroyos encajados y de trazado sinuoso.

El segundo sector topográfico ocupa la mayor parte del Tramo, exceptuando el borde más meridional, que se incluye en el tercer sector.

Este segundo sector tiene un relieve algo menos acusado que el correspondiente a la Sierra de Aracena, con diferencias de altura entre las cimas de los cerros y los fondos de los valles comprendidas entre 100 y 200 m. Las laderas tienen en general pendientes moderadas a bajas. Hay que exceptuar los casos en que en las laderas afloran materiales resistentes a la erosión, pues entonces se pueden reconocer cantiles de algunas decenas de metros de altura, aunque son poco frecuentes.

Las máximas cotas absolutas en este sector comprenden desde 480 m al Sur del primer sector, hasta los 220 m en los alrededores de Valverde del Camino. Esta variación de cota absoluta de Norte a Sur, va acompañada de una disminución uniforme y progresiva de los desniveles entre las cimas y los fondos de los valles, de manera que en la parte meridional esta diferencia de cota es de unos 50 a 100 m.

Existen por otra parte, numerosos arroyos y torrentes que discurren en dirección hacia el Sur, y que en ocasiones se presentan encajados y con desniveles importantes, hasta del orden de los 40 a 50 m.

El tercer sector topográfico corresponde a la parte más meridional del Tramo y está constituido por áreas llanas, cubiertas por depósitos plio-cuaternarios, entre los que se ha instalado una red de drenaje algo encajada.

La cota máxima absoluta de este sector viene marcada por el vértice geodésico Alcornocosa, con 186 m, localizado al Norte de Beas.

### 2.3. Geomorfología

A grandes rasgos, el Tramo estudiado forma parte, en su tercio norte, de la cuenca hidrográfica del río Guadiana, y en sus dos tercios restantes, de las cuencas de los ríos Tinto y Odiel. Existe, sin embargo, un pequeño entrante por el Noroeste del Tramo, que corresponde a la cuenca hidrográfica del río Guadalquivir y que vierte sus aguas hacia el Sureste.

La Sierra de Aracena forma la divisoria natural de aguas entre la cuenca del río Guadiana y las de los ríos Tinto y Odiel.

Hacia el Norte del Tramo, existe una serie de sierras de acusada orografía, constituidas por alineaciones montañosas con direcciones WNW-ESE, concordantes con las estructuras tectónicas principales. En esta parte del Tramo no existen crestas y barreras acantiladas que dificulten el paso de las carreteras, aunque las pendientes de las laderas sí suelen ser muy acusadas.

La red hidrográfica se encuentra muy encajada y diversificada.

Los pasos practicables que atraviesan las Sierras son en sentido Norte-Sur generalmente, aprovechando los cauces de los arroyos y torrentes que discurren por la zona según esta misma dirección.

La existencia de algunos materiales resistentes, aflorando como asomos rocosos de desnivel medio, puede dar lugar en ocasiones, a la generación de desprendimientos y desplomes.

Algunos de los materiales de esta parte norte del Tramo se encuentran karstificados y con abundantes rellenos de arcillas rojas de descalcificación.

La parte central del Tramo presenta una morfología variable y una orografía más suave que la del sector septentrional. Hay sierras alomadas y zonas de amplias navas correspondientes a materiales plutónicos o volcánicos.

Las sierras suelen estar formadas por materiales de naturaleza generalmente pizarrosa, aunque también existen otras con materiales de tipo volcánico. Sus alineaciones principales, paralelas a las estructuras tectónicas, están comprendidas entre la dirección E-W y la WNW-ESE.

La red hidrográfica, como en el sector anterior, también se presenta encajada y diversificada. La dirección general de la red hidrográfica es de Norte a Sur, aunque también existen afluentes menores con direcciones E-W (paralelas a las alineaciones de las sierras), y otros de NE a SW.

El sector más meridional del Tramo presenta un relieve más suave que el anterior y constituye una penillanura colmatada por depósitos pliocuaternarios. Sobre ella se han encajado los arroyos y ríos procedentes del Norte, que dejan al descubierto en su fondo los materiales paleozoicos. La red hidrográfica en general está poco diversificada, y sólo los ríos procedentes del Norte han tenido la capacidad erosiva suficiente como para encajarse en los depósitos terciarios y cuaternarios que constituyen este sector.

## 2.4. **Estratigrafía**

Los materiales existentes en el Tramo pertenecen al Precámbrico Paleozoico, Terciario y Cuaternario. Véase la Columna Estratigráfica General del Tramo.

Para una mejor sistematización de los distintos materiales existentes en el Tramo, éstos se han agrupado en una serie de conjuntos que son los que figuran a continuación.

- **Formaciones intrusivas y filonianas.** Se encuentran ampliamente repartidas por la zona norte del Tramo y están constituidas por sienitas (grupo 001), pórfidos graníticos (grupo 002), diques de diabasas (002a), diques porfídicos ácidos (002b), diques de cuarzo (002c), gabros, dioritas, gabrodiabasas, cuarzodiabasas y cuarzo (003), y granitos, granodioritas y adamellitas (004).

- **Formaciones precámbricas.** Son formaciones de origen y naturaleza fundamentalmente volcánica, y minoritariamente metamórfica, constituidas por esquistos, cuarzoesquistos, cuarcitas y conglomerados (010a), metavulcanitas ácidas y tobas (010b), metabasitas, tobas, diabasas y lavas (010c), ortogneises, que son gneises derivados de granitos (010d), gneises biotíticos, piroxénicos y/o anfibolíticos (010e), rocas complejas de silicatos cálcicos (010f), y metacineritas y gneises biotíticos en tonos grisáceos (010g). Las relaciones mutuas entre los distintos grupos definidos presentan una gran dificultad, debido fundamentalmente a la falta de dataciones absolutas, a la complejidad tectónica que presentan, y a la dificultad de establecer columnas litoestratigráficas tipo, que permitan su extrapolación a todo el conjunto precámbrico.

- **Formaciones del Paleozoico Inferior.** Son formaciones cuyas edades abarcan desde el Cámbrico Inferior al Silúrico Inferior. La primera está constituida por mármoles, calizas marmóreas, dolomías y calcoesquistos, y pertenece al Cámbrico Inferior, (grupo 110). En contacto por falla, se dispone por encima un conjunto de filitas, pizarras, grauvacas y metaareniscas; del Ordovícico, (grupo 120). A continuación y suprayacente al grupo anterior se reconocen unas filitas y cuarzofilitas con intercalaciones de metabasitas, correspondientes al grupo (130a), de edad Silúrico Inferior.



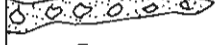

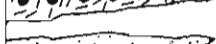
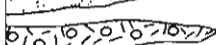
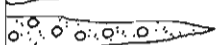
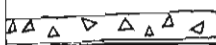


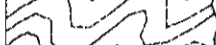

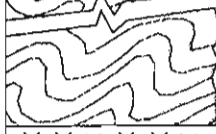


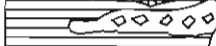

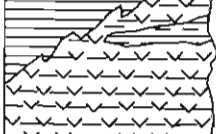
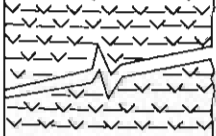
- **Formaciones del Paleozoico Superior.** Se agrupan en un conjunto de formaciones del Carbonífero Inferior. De abajo a arriba, en primer lugar hay una formación de pizarras grises con nódulos de "chert" (grupo 151a). Le sigue un conjunto de lavas y tobas ácidas (grupo 151c), y ocupando las cimas de pequeños cerros se reconocen jaspes con óxidos de hierro y manganeso con inclusiones de "chert" (grupo 151d). Suprayacente a los materiales anteriores se reconoce un nivel de pizarras moradas y violetas, de espesores decamétricos, (grupo 151e) que puede servir como nivel guía, y que está incluido entre tobas y tufitas con pizarras (grupo 151f). La secuencia litoestratigráfica de este conjunto finaliza con unas pizarras hojosas y grauvacas (grupo 151g), del Viseiense Superior, que contienen restos fósiles de ammonoideos y vegetales.

- **Formaciones terciarias y cuaternarias.** Están constituidas, en primer lugar, por depósitos del Mioceno Superior en disposición subhorizontal, compuestos por arenas, gravas y calizas bioclásticas (grupo 321a), conglomerados

dos, arenas y limos (grupo 321b), y por unas margas con tonalidades azuladas (grupo 321c). Hacia el sector meridional del Tramo se ha reconocido un conjunto constituido por un conglomerado de cantos redondeados y poligénicos, con una intensa cementación ferruginosa, denominado gossan transportado (grupo 321d). Coronando el conjunto miocénico aparece un plio-cuaternario constituido por conglomerados y arenas (grupo 350).

Los depósitos cuaternarios, escasamente representados en el Tramo, están compuestos por depósitos de terraza (grupo T), conos de deyección de granulometría variable (grupos D1 y D2), coluviales (grupo C1), travertinos (grupo Q), aluviales de los ríos Tinto y Odiel (grupo A) y depósitos antrópicos constituidos por escombreras de explotaciones mineras (grupo W1).

## COLUMNA ESTRATIGRAFICA

COLUMNA LITOLOGICA	REFERENCIA LITOLOGICA	REFERENCIA GEOTECNICA	DESCRIPCION	EDAD
	W1	A	Sedimentos antrópicos.	Cuaternario.
	A	A	Gravas , arenas y finos.	Cuaternario.
	C1	A	Coluvial de pie de monte.	Cuaternario.
	Q	E	Travertinos.	Cuaternario.
	D1	A	Conos de deyección.	Cuaternario.
	D2	A	Gravas , conglomerados , arenas y areniscas.	Cuaternario.
	T	A	Terrazas.	Cuaternario.
	350	A	Conglomerados y arenas.	Plio-cuaternario.
	321d	E	Gossan transportado.	Mioceno Superior.
	321c	B	Margas azules.	Mioceno Superior.
	321b	B	Conglomerados , arenas y limos.	Mioceno Superior.
	321a	B	Arenas , gravas y calizas bioclásticas.	Mioceno Superior.
	151g	C	Pizarras y grauvacas con fauna.	Viseiense.
	151f	C	Tobas , tufitas y pizarras.	Tourn.Viseiense.
	151e	C	Pizarras moradas.	Tourn.Viseiense.
	151d	E	Jaspes con manganeso y "chert".	Tournaisiense-Viseiense.
	151c	F	Lavas , tobas y aglomerados ácidos.	Tournaisiense-Viseiense.
	151b	F	Lavas básicas y tobas básicas esquistosas.	Tournaisiense.
	151a	C	Pizarras grises , a veces con nódulos de "chert".	Tournaisiense.

ESCALA 1 : 5.000.

## COLUMNA ESTRATIGRAFICA

COLUMNA LITOLOGICA	REFERENCIA LITOLOGICA	REFERENCIA GEOTECNICA	DESCRIPCION	EDAD
	150b	C	Pizarras , grauvacas , cuarzo- vacas y cuarcitas.	Devónico Inferior- Carbonífero.
	150a	D	Calizas , dolomías y calcoesquistos.	Carbonífero.
	150c	C	Flysch de filitas y grauvacas con lentejones de conglomerados.	Devónico Medio- Superior - Carbonífero.
	141	C	Filitas , pizarras , grauvacas y microconglomerados.	Silúrico Superior - Devónico Inferior.
	140b	E	Cuarcitas con intercalaciones esquistosas.	Silúrico- Devónico.
	140a	C	Esquistos con intercalaciones de cuarcitas.	Silúrico- Devónico.
	131	C	Filitas y cuarzofilitas grafitosas.	Silúrico- Devónico.
	130b	G	Ortoanfibolitas toleíticas de grano grueso.	Silúrico.
	130c	C	Ortoanfibolitas toleíticas de grano fino.	Silúrico.

ESCALA 1 : 5.000.



## COLUMNA ESTRATIGRAFICA

COLUMNA LITOLOGICA	REFERENCIA LITOLOGICA	REFERENCIA GEOTECNICA	DESCRIPCION	EDAD
	130a	C	Filitas , cuarzofilitas y metabasitas.	Silúrico Inferior.
	120	C	Filitas y pizarras , grauvacas y metaareniscas.	Ordovícico.
	110	D	Carbonatos , calizas marmóreas y mármoles , dolomías y calcoesquistos.	Cámbrico Inferior-Precámbrico Superior.
	010g	C	Metacineritas grises y gneis biotíticos.	Precámbrico Superior.
	010f	E	Rocas de silicatos cálcicos.	Precámbrico Superior.
	010c	C	Metabasitas , tobas , diabasas y lavas.	Precámbrico Superior.
	010b	C	Metavulcanitas ácidas , tobas.	Precámbrico Superior.
	010f	D	Rocas de silicatos cálcicos.	Precámbrico Superior.
	010e	G	Gneis biotíticos , piroxénicos y/o anfibólicos.	Precámbrico Superior.
	010d	G	Ortogneises.	Precámbrico Superior.
	010a	C	Esquistos , cuarzoesquistos , cuar-citas y conglomerados.	Precámbrico.
	004	G	Granitos,granodioritas y adamellitas.	?
	003	G	Gabros,dioritas,cuarzodioritas,diabasas,gabrodiab.	
	002c	E	Diques de cuarzo.	
	002b	E	Diques porfídicos ácidos.	?
002a	G	Diques de diabasa.	?	
002	G	Pórfidos graníticos.	?	
001	G	Sienitas.	?	

## 2.5. Tectónica

Desde el punto de vista tectónico, el Tramo estudiado puede dividirse en tres grandes sectores, que son los que se refieren a continuación.

- Sector de la Sierra de Aracena
- Sector central del Tramo
- Sector centro-meridional

En el sector de la Sierra de Aracena se pueden distinguir cuatro fases de plegamientos y una posterior de fracturación, como consecuencia de los esfuerzos tectónicos sufridos por los materiales durante la Orogenia Hercínica.

La primera fase (Fase I) genera pliegues tumbados que tienen gran desarrollo de sus flancos invertidos, y vergencia general hacia el Sur o el Suroeste. Asociada a los pliegues, se desarrolla una esquistosidad de flujo. Los ejes de los pliegues presentan direcciones variables de unas zonas a otras, desde la NW-SE a la E-W.

La segunda fase (Fase II) da lugar a una nueva generación de pliegues, semejantes a los de la fase anterior, pero con una vergencia general al Oeste o Noroeste. Localmente se puede reconocer una esquistosidad de fractura, asociada al plegamiento. La dirección axial de los pliegues está comprendida normalmente entre la N 20° E y la N 50° E.

La tercera fase de plegamiento (Fase III) genera pliegues de geometría cilíndrica, planos axiales subverticales, vergencia general al SW y direcciones de ejes comprendidas entre la N110°E y la N150°E. Asociada al plegamiento y sólo visible en las zonas de charnela, se desarrolla una esquistosidad de fractura que sólo se reconoce en áreas muy determinadas.

La cuarta fase (Fase IV) origina pliegues retrovergentes a pequeña escala, con geometría de "kink bands" y con direcciones axiales generales N 120° E.

La etapa de fracturación, posterior a las fases de plegamiento hercínicas, da lugar a grandes fallas, de dirección aproximada E-W y de gran desarrollo longitudinal, que producen la división de este sector en grandes bloques. Aquellas fallas que presentan un salto importante, en ocasiones llegan a poner en contacto la corteza continental con la corteza oceánica. Otras fallas asociadas a las principales, presentan desgarres sinestrosos, menor desarrollo longitudinal y son casi perpendiculares a las primeras. Aprovechando las fallas y desgarres de este sector, se intruyeron grandes cantidades de materiales magmáticos que quedaron ampliamente repartidos por el mismo.

En el sector central del Tramo se han reconocido tres fases de plegamiento que han originado esquistosidades y lineaciones de hasta tercera generación.

La primera fase, que es la más importante y la que mejor desarrollada está, da lugar a sinclinales y anticlinales apretados, de vergencia Sur, y direcciones de planos axiales WNW-ESE a E-W, frecuentemente volcados.

En la segunda fase se generaron pliegues abiertos, de dirección NNE-SSO ó N-S, y ortogonales a los pliegues de la fase anterior.

La tercera fase de plegamiento origina un microplegamiento de las series, dando lugar a una crenulación bien reconocible en las pizarras.

Posteriormente se reconoce una primera etapa de fracturación, con direcciones principales NNW-SSE ó N-S, y ortogonales a los pliegues de la fase anterior.

Más tarde se originó una segunda etapa de fracturación, con direcciones principales NNW-SSE y NNE-SSW, y con fallas de gran desarrollo y componente vertical.

En el sector centro-meridional del Tramo también se han reconocido tres fases distintas de plegamiento. Las dos primeras tienen mayor importancia que la tercera y son ortogonales entre sí.

La primera fase genera pliegues con vergencia Sur, direcciones WNW-ESE y E-W, y estructuras volcadas hacia el Sur ó el Suroeste. También se origina una esquistosidad de flujo.

La segunda fase tiene una dirección de la componente de esfuerzo de ESE a WNW, y da lugar a figuras de interferencia con la primera fase, y a pliegues de arrastre con ondulaciones suaves.

La tercera fase origina una crenulación en las pizarras, paralela a la esquistosidad desarrollada en la primera fase. La dirección de los esfuerzos de esta tercera fase es paralela y coaxial a la dirección de los esfuerzos de la primera fase (NNE-SSW a N-S), pero aquéllos son mucho más atenuados que éstos.

Una posterior etapa de fracturación da lugar a fallas con direcciones NNW-SSE y NNE-SSW, y a otras fallas distensivas, de dirección E-W.

## 2.6. Sismicidad

Según la Norma Sismorresistente P.D.S.-1 (1974), actualmente en vigor, y en la que se adopta la escala oficial macrosísmica M.S.K., la totalidad del Tramo estudiado se incluye en la zona sísmica segunda o de sismicidad media, entre las isosistas VI y VII. En esta Zona, y para las construcciones del grupo tercero, se habrán de tener en cuenta las acciones correspondientes a un grado de intensidad VII.

A estos efectos debe contarse con los parámetros siguientes

Velocidad (cm/s) ..... 6,0  
Aceleración (cm/s<sup>2</sup>) .....75,4  
Desplazamiento (cm) ..... 0,48

El coeficiente sísmico básico (C) para el grado de intensidad VII es

C = 0,08 para un período de oscilación de 0,5 segundos

Para períodos T > 0,5 segundos, el coeficiente sísmico básico puede calcularse por la fórmula

$C_G = \frac{C}{2T}$  siendo C el coeficiente sísmico básico definido anteriormente, y T el nuevo período considerado.

### 3. ESTUDIO DE ZONAS

#### 3.0. División del Tramo en Zonas de estudio

Para una mejor sistematización de este Estudio se han diferenciado las Zonas que a continuación se relacionan, atendiendo a sus características geomorfológicas y litológicas, toda vez que son éstas las que pueden condicionar las obras viarias a realizar en el futuro.

- Zona 1.- Sierras de la Nava y de los Castellanos.
- Zona 2.- Sierras de la Virgen y de la Cadena, lomas y cerros de Jabugo y Nava de Fuenteheridos.
- Zona 3.- Sierras de Cortegana y Aracena, y lomas y cerros de Santa Ana.
  
- Zona 4.- Lomas de Campofrío y Cueva de la Mora, sierras de Patrás y de la Fuente.
- Zona 5.- Cuenca Minera de Nerva, y lomas y cerros de El Esparragal.
- Zona 6.- Montes de Zalamea la Real, y lomas y llanos de El Buitrón.
- Zona 7.- Llanos de Valverde del Camino, y sierras de Mataburra y del León.
- Zona 8.- Llanos y lomas de Beas y de Navahermosa.

La Zona 1 ocupa aproximadamente la mitad norte del cuadrante 917-4 y un pequeño sector de este mismo cuadrante, en el tercio inferior occidental. Incluye también la esquina NE del cuadrante 917-2. Se extiende según una franja de límites irregulares, y dirección general WNW-ESE, condicionada por la estructura tectónica del territorio, que da lugar a sierras con esta misma dirección y con desniveles de hasta 200 m entre las cimas y los fondos de los valles, como en el caso de la sierra del Pocito. En ella, la red de drenaje (en sentido Sur-Norte) excava profundos barrancos, a través de los cuales se disponen las pocas carreteras que atraviesan la Zona.

Litológicamente esta Zona 1 está constituida por materiales detríticos, fundamentalmente filitas, pizarras, grauweekas y cuarcitas grafitosas. También se han reconocido pequeños afloramientos de conglomerados y alguna pequeña inclusión de calizas o dolomías impuras.

La Zona 2 se extiende sobre gran parte de la mitad sur del cuadrante 917-4, a excepción de su esquina SW, el tercio NW del cuadrante 917-3, y casi toda la mitad norte del cuadrante 917-2, a excepción de su esquina NE.

La Zona 2 queda delimitada al Norte y al Sur por grandes fallas con direcciones generales NO-SE. A la altura de Alájar la falla meridional cambia su dirección y se sitúa con trazado E-W, y más hacia el Este, cambia de nuevo de dirección adoptando una disposición WSW-ENE. Hacia el NE es desplazada escalonadamente por otras fallas de menor desarrollo y con direcciones WNW-ESE.

Litológicamente la Zona 2 está constituida de abajo a arriba, en la serie estratigráfica local, por un primer conjunto de materiales intrusivos y filonianos, compuesto por gabros, dioritas, cuarzodioritas, diabasas y gabrodiabasas.

Los materiales precámbricos de la Zona están representados en primer lugar, por un conjunto de esquistos y cuarzoesquistos con algún banco cuarcítico, sobre el que se depositó, en contacto discordante, un potente conjunto de metavulcanitas ácidas, constituidas fundamentalmente por tobas, y en menor proporción, por lavas. Intercalados en este último conjunto, aparecen una serie de materiales volcánicos o subvolcánicos del tipo de metacineritas, metabasitas y diabasas, así como gneises biotíticos, rocas mezcla de silicatos cálcicos y calizas marmóreas parcialmente dolomitizadas.

En contacto discordante con el potente conjunto de las metavulcanitas ácidas y suprayacente a él, aparece una serie de depósitos químicos, del tipo de calcoesquistos en la base y dolomías y calizas hacia el techo de la serie, entre los que se intercalan aportes de origen volcánico. Los materiales calcáreos han originado un pequeño travertino al NW de Alájar.

Morfológicamente la Zona queda enmarcada en sus bordes por un conjunto de sierras con direcciones generales NW-SE, mientras que en su parte central el relieve se dispone con algunos cerros de desnivel moderado. En esta Zona 2 se reconoce una pequeña parte de la divisoria fluvial entre los ríos Tinto y Odiel al Sur, y la cuenca del Guadiana al Norte.

La Zona 3 comprende la esquina suroeste del cuadrante 917-4, la mayor parte del cuadrante 917-3, excepto su esquina noreste, casi toda la mitad meridional del cuadrante 917-2, y una franja de dirección E-W, que se extiende por el Norte de los cuadrantes 938-1 y 938-4.

Al Norte de la Zona 3 se reconoce la mayor parte de la divisoria fluvial entre los ríos Tinto y Odiel, al Sur, y la cuenca del río Guadiana, al Norte. El conjunto orográfico que marca la divisoria fluvial se conoce con el nombre de sierra de Aracena, y su disposición y orientación, en sentido WNW-ESE, vienen condicionadas por la estructura tectónica general.

Al Sur de la sierra de Aracena se reconocen los cerros y lomas de Santa Ana, constituidos litológicamente por materiales ígneos fundamentalmente, y que dan lugar a relieves topográficos más suaves que los de aquélla. La red hidrográfica a uno y otro lado de la divisoria de la sierra de Aracena se encaja muy rápidamente, dando lugar a algunos pasos naturales en sentido Norte-Sur.

La Zona 4 ocupa la mayor parte del cuadrante 938-1 (hay que excluir su franja norte), la banda norte y esquina noreste del cuadrante 938-2, y la mayor parte del cuadrante 938-4 (hay que excluir dos franjas situadas al Norte y al Sur de este mismo cuadrante).

La naturaleza litológica de los materiales condiciona las características geomorfológicas de la Zona 4. Así, en el área Este de la misma, donde afloran materiales de afinidad granítica o granodiorítica, aparecen cerros y lomas de desnivel moderado con algunas navas entre ellos. En el área Oeste, en cambio, afloran materiales detríticos y metamórficos del tipo de pizarras, grauwackas y cuarcitas, y entonces los relieves resultantes son más acusados, dando lugar a sierras con direcciones ENE-WSW. Ortogonalmente a las sierras, se dispone una red de torrentes y barrancos encajados que constituyen los pasos naturales de comunicación en dirección N-S.

La Zona 5 se extiende por la parte central del cuadrante 938-2, ocupa una pequeña banda al Sur del cuadrante 938-4, el tercio norte y borde suroeste del cuadrante 938-3, y una pequeña franja con dirección WNW-ESE al Norte del cuadrante 960-4.

La Zona 5 está constituida mayoritariamente por pizarras y grauwackas, que dan lugar a un relieve acusado, y recortado por una red de drenaje muy diversificada y encajada.

En el borde Este de la Zona 5 se reconocen las explotaciones mineras de Nerva y Riotinto, que configuran unos rasgos característicos en el territorio, con numerosas cortas y gran número de escombreras.

La Zona 6 comprende la mitad meridional del cuadrante 938-3, a excepción del borde suroeste, el sector sur del cuadrante 938-2 y el borde norte de los cuadrantes 960-1 y 960-4.

La mayor parte de esta Zona 6 está compuesta por materiales volcánicos, asociados a los cuales se reconocen las mineralizaciones metálicas del área de Nerva y Riotinto. Los relieves sobre estos materiales son acusados, aunque en ocasiones y debido a la acumulación de depósitos al pie de las sierras principales, las laderas se disponen con pendientes de moderadas a bajas.

La red de drenaje, heredada y encajada, tiene tendencia a disponerse en sentido NNE-SSW, pero los arroyos y torrentes que nacen en la Zona y que suelen estar poco encajados, adquieren una dirección predominante del ESE al WNW, paralela a la estructura tectónica general.

La Zona 7 incluye el extremo noreste y la franja centro-oriental del cuadrante 960-3, dos pequeñas áreas situadas al noreste del cuadrante 982-4, una franja con dirección E-W situada al Sur de los cuadrantes 960-1 y 960-4, y unos acuíferos desde el Sur al Noroeste y desde el Este al Noroeste, en el cuadrante 960-1.

La mayor parte de la Zona 7 está constituida litológicamente por pizarras y grauwackas, que configuran un relieve acusado, con lomas de cimas redondeadas, laderas de pendientes medias, y una red de drenaje diversificada y marcada, aunque poco encajada. Los relieves mayores se reconocen en la parte norte de la Zona y configuran las denominadas sierras de Mataburra y del León.

La Zona 8 comprende el cuadrante 982-4, excepto dos pequeñas áreas

situadas al Noroeste y correspondientes a la Zona 7, y las esquinas suroeste y sureste del cuadrante 960-3.

Litológicamente la Zona 8 está compuesta, al Este y al Norte, por pizarras y grauwackas del Carbonífero. El resto de la Zona está constituido por depósitos detríticos, terciarios y cuaternarios.

Los relieves que configuran el territorio son suaves. Existen áreas llanas, correspondientes a los depósitos terciarios y cuaternarios, aunque con algunos desniveles puntuales medios, y áreas con relieves moderados, correspondientes a los materiales carboníferos, en las que se instala una red de drenaje diversificada, aunque poco encajada.

Los depósitos terciarios y cuaternarios constituyen una penillanura de erosión suavemente inclinada hacia el Sur, en la que se instala una red de drenaje con dirección principal N-S. La erosión hídrica ha dado lugar al desmantelamiento parcial de los materiales detríticos terciarios, con lo que han quedado algunos cerros aislados de estos mismos materiales, sobre todo hacia el Este de la Zona.



### 3.1. ZONA 1: SIERRAS DE LA NAVA Y DE LOS CASTELLANOS

#### 3.1.1. Geomorfología

La Zona 1 se encuentra situada en la parte más septentrional del Tramo, y comprende aproximadamente la mitad norte del cuadrante 917-4 y un pequeño sector de este mismo cuadrante, en el tercio suroccidental, y la esquina noreste del cuadrante 917-2.

La Zona 1 se extiende según una franja, de límites irregulares, con dirección general aproximada WNW-ESE. Esta disposición orográfica está condicionada por la estructura tectónica regional del Tramo, que da lugar a sierras alineadas según esta misma dirección. En la Figura 3.1 puede verse la situación de la Zona 1 y la de los cortes geológicos y el bloque-diagrama realizados. En la Figura 3.2 aparecen los dos cortes geológicos y en la Figura 3.3 el bloque-diagrama.

El territorio presenta relieves acusados, con alineaciones de sierras que discurren paralelas a la estructura general, y ligados fundamentalmente a los grupos (120) y (130 a) (ver Foto 3). Los restantes grupos, y principalmente el grupo (150 c), se disponen en áreas alomadas, en las que la erosión y la meteorización han sido más intensas debido a la menor resistencia de los materiales a los agentes de la geodinámica externa.

Los arroyos y ríos de la Zona, que vierten todos ellos a la cuenca hidrográfica del río Guadiana, se disponen en general muy encajados, sobre todo al atravesar las sierras principales. Por ello las carreteras, dispuestas en sentido ortogonal a estas sierras, presentan dificultades importantes y resultan trazados sinuosos.

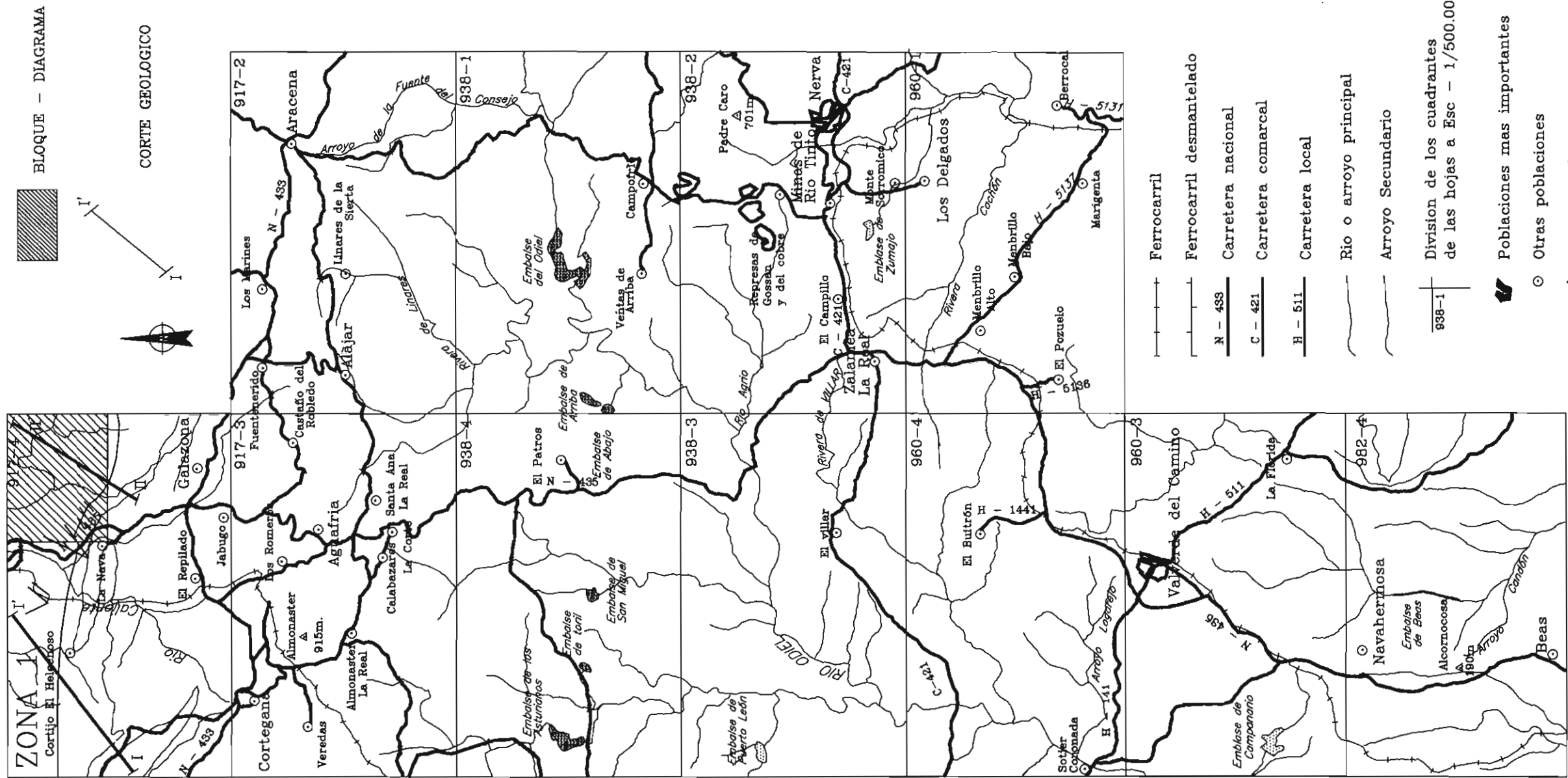


FIG.3.1. - ESQUEMA DE SITUACION DE LA ZONA 1, CORTES GEOLOGICOS Y BLOQUE - DIAGRAMA REALIZADOS EN LA MISMA.

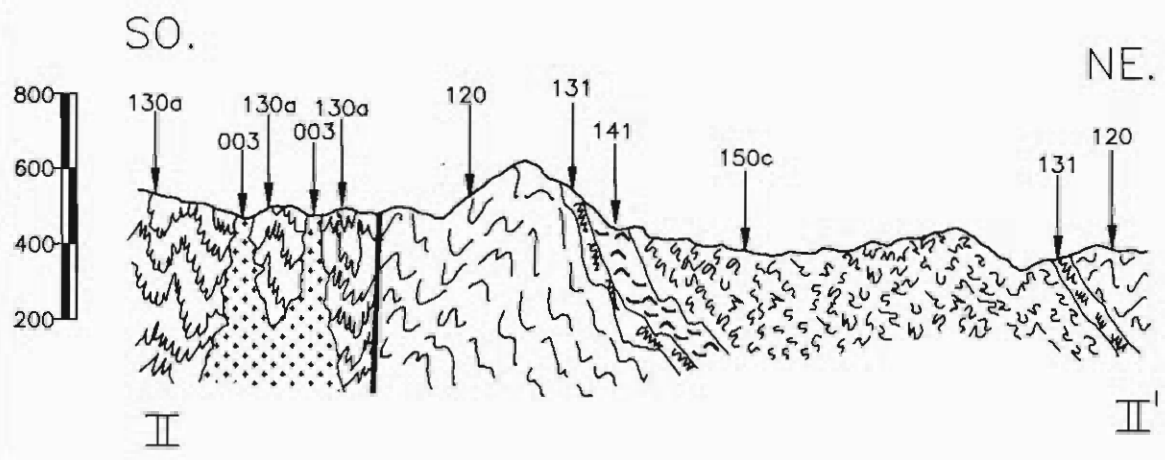
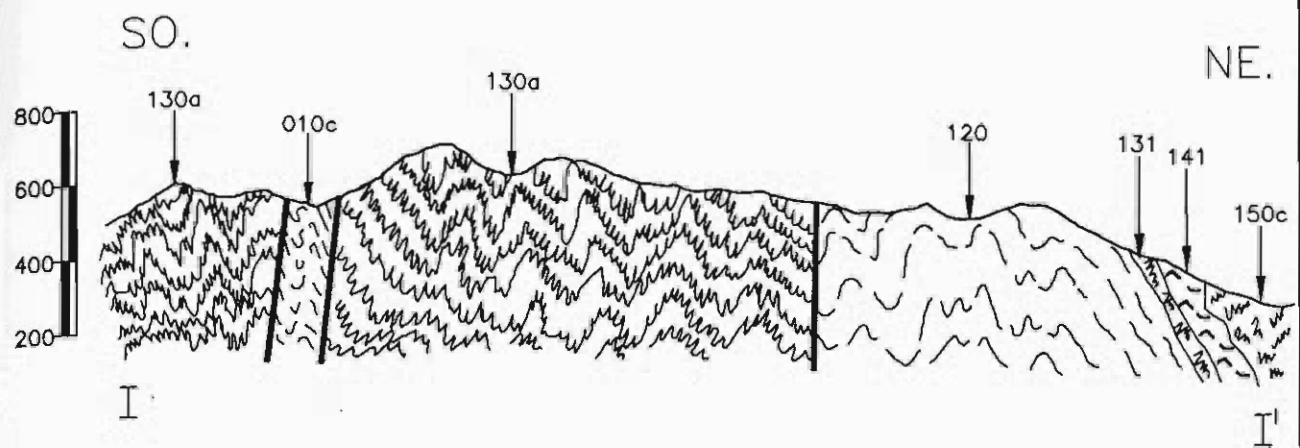


FIG.3.2. - CORTES GEOLOGICOS DE LA ZONA 1

ESCALA: H: 1/50.000  
V: 1/20.000

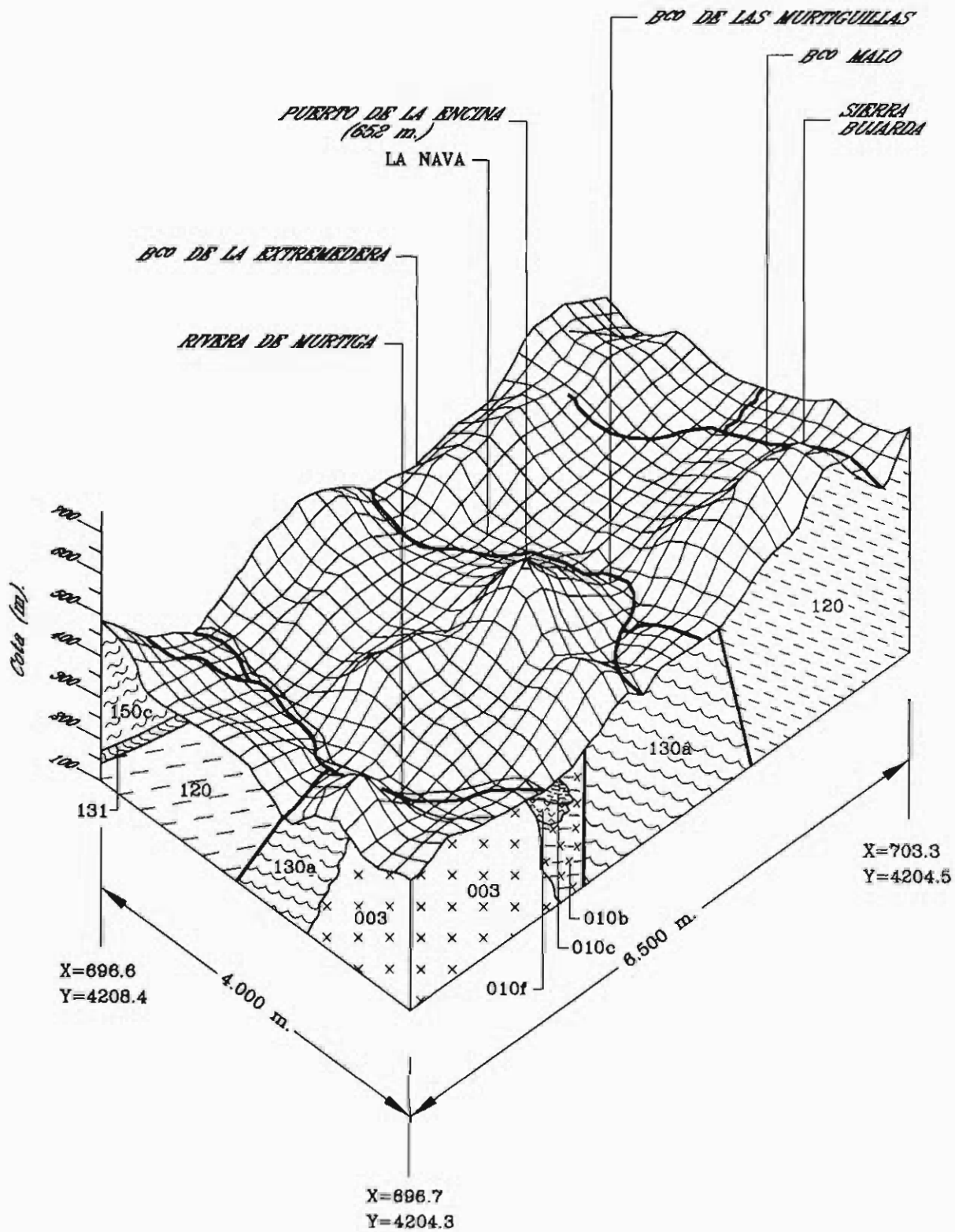


FIG.3.3. - BLOQUE DIAGRAMA DE LA ZONA 1.

### 3.1.2. Tectónica

En los materiales constituyentes de esta Zona 1 se han reconocido los efectos de la Orogenia Hercínica. Existen dos fases de plegamiento y una posterior de fracturación, aunque regionalmente se reconocen al menos cuatro fases de plegamiento y una fase posterior de fracturación. Las características de las dos fases de plegamiento mencionadas en primer lugar son las siguientes:

**Fase I.-** La primera fase de plegamiento da lugar a pliegues tumbados, con ejes subhorizontales y subparalelos, y con un gran desarrollo de sus flancos invertidos, y a veces despegados, que muestran una vergencia general al SW. También se reconoce en esta fase una esquistosidad de flujo sinmetamórfica.

**Fase II.-** Esta fase se pone de manifiesto en la Zona por la generación de pliegues de geometría cilíndrica, y con plano axial subvertical o con vergencia al SW. Se acompaña de una esquistosidad de fractura, sólo visible en las zonas de charnela, la cual se traduce en una reorientación mecánica de la roca.

Todo el área de la Zona 1 es tectónicamente una sinforma, rota en la zona de charnela y en la que aparecen, en el flanco norte, interferencias del tipo de "cabezas buzantes", mientras que en el flanco sur se produce la verticalización de las estructuras y de la esquistosidad de fase I.

- **Fracturación.** En la Zona 1 se reconocen dos familias de fallas principales, junto con otras conjugadas de menor entidad. La familia mejor representada es la de dirección WNW a ESE. Son fallas de gran desarrollo longitudinal, con hundimiento del labio norte, aunque con un cierto componente en la horizontal.

Otra familia de fallas, posterior a la primera, es la que presenta unas direcciones NE-SW e incluso N60°E. Se interpretan como fallas de cizalla, desarrolladas en un campo de esfuerzos cuya dirección de acortamiento sería N30°E.

Otras fallas menores, de origen probablemente distensivo, serían las que presentan direcciones N10°E a N30°E. Están poco representadas en la Zona 1.

### 3.1.3. Columna estratigráfica

Este apartado corresponde a la columna estratigráfica de las formaciones geológicas que afloran en la Zona 1.

### 3.1.3. - COLUMNA ESTRATIGRAFICA

COLUMNA LITOLOGICA	REFERENCIA LITOLOGICA	REFERENCIA GEOTECNICA	DESCRIPCION	EDAD
	150c	C	Flysch de filitas y grauvacas con lentejones de conglomerados.	Devónico Medio-Superior-Carbonífero.
	141	C	Filitas , pizarras , grauvacas y microconglomerados.	Silúrico Superior-Devónico Inferior.
	131	C	Filitas y cuarzofilitas grafitosas.	Silúrico Inferior.
	130a	C	Filitas , cuarzofilitas y metabasitas.	Silúrico Inferior.
	120	C	Filitas y pizarras , grauvacas y metaareniscas.	Ordovícico.
	003	G	Dioritas , cuarzodioritas y gabros.	Ordovícico.
	010c	C	Metabasitas , tobas , diabases y lavas.	Precámbrico Superior.

ESCALA 1 : 5.000.

#### 3.1.4. Grupos litológicos

En esta Zona 1 se han distinguido las siguientes formaciones geológicas:

GABROS, DIORITAS, CUARZODIORITAS, DIABASAS y GABRODIABASAS, (003).

Este grupo se define en la Zona 2, dada su mayor representatividad en ella.

METABASITAS, DIABASAS, LAVAS y TOBAS BASICAS, (010c).

Este grupo se define en la Zona 2, dada su mayor importancia en ella.

PIZARRAS, FILITAS, GRAUVACAS y METAARENISCAS, (120).

**Litología.-** Este grupo está compuesto mayoritariamente por pizarras y filitas en tonos verdosos o morados. Ambos materiales son muy lajosos. Esporádicamente se reconocen pequeñas intercalaciones, de espesor milimétrico o centimétrico, de cuarcitas, así como lentejones y niveles amigdaloides de cuarzo.

A techo de la serie y en tránsito gradual, aparecen bancos de grauvacas y/o metaareniscas, en general con tamaño de grano medio a fino y con cementación de naturaleza silícea.

En superficie puede reconocerse un litosuelo discontinuo, que no llega a cubrir totalmente la formación.

La acción de los agentes externos sobre esta formación produce una pequeña alteración superficial.

**Estructura.-** En conjunto, la formación se estructura según una dirección aproximada N 110° E, originando formas positivas y abruptas en el relieve. El contacto de este grupo con las formaciones superiores se realiza a través de los niveles de grauvacas, más resistentes, originando un resalte morfológico que no suele sobrepasar los 10 m de altura (ver Foto 1).

Los buzamientos de la serie son altos, siendo frecuente valores del orden de los 70° a 75°, normalmente al NNE.

Las pizarras y filitas presentan una foliación muy marcada, dando lugar, en superficie, a pequeñas lajas de espesor milimétrico a centimétrico.

La fracturación y el diaclasado, poco frecuentes, no presentan generalmente rellenos, salvo algunos casos concretos en que las diaclasas se encuentran selladas con rellenos de cuarzo.



Foto 1.- Grupo 120. Afloramiento de pizarras con hiladas de cuarzo, en el P.K. 108+200 de la carretera N-435.

**Geotecnia.-** Este grupo sólo será ripable en los niveles superficiales más alterados. En profundidad, los materiales presentan una ripabilidad marginal, en tránsito hacia la no ripabilidad.

No son materiales adecuados como préstamos, dada su alterabilidad y su difícil compactabilidad, aunque se podrán utilizar para el núcleo de los terraplenes si fuera necesario y siempre que se realice una fragmentación adecuada y una cuidadosa puesta en obra. Su permeabilidad es media en los niveles superficiales más alterados (2 a 3 m), y la formación sana debe considerarse impermeable.

Los taludes de excavación para alturas bajas (menores de 5 m) pueden cortarse subverticales, pero siempre que no exista estratificación, diaclasado o foliación desfavorables, en cuyo caso deberán rebajarse los ángulos de excavación, al menos hasta el valor de la estratificación, diaclasado o foliación, o bien efectuar labores de sostenimiento o contención.

Para alturas de talud medias y altas (más de 20 m), es recomendable la construcción de bermas intermedias cada 5 ó 6 m de altura, así como rebajar los ángulos de inclinación hasta los 60° y siempre que no exista la posibilidad de deslizamientos planos a través de la estratificación o foliación. En el caso de que sí exista esta posibilidad, deberán realizarse las labores de sostenimiento adecuadas (bulonado, mallazo anclado, gunitado y muro de pie, entre otras).

Es recomendable así mismo la construcción de una cuneta al pie del talud, que permita la recogida de los posibles derrubios que pudieran producirse.



## FILITAS, CUARZOFILITAS y METABASITAS, (130a).

**Litología.-** Este grupo lo componen filitas, cuarzofilitas y bandas estrechas de metabasitas.

Las filitas son predominantes, de grano fino, y tienen coloraciones en tonos rojizos oscuros, azulados, e incluso morados. Se presentan generalmente satinadas, con gran cantidad de cuarzo exudado. Los componentes principales son: sericita, moscovita, cuarzo, clorita, minerales arcillosos y, localmente, cloritoide y biotita. Como minerales accesorios aparecen apatito, circón, biotita, clorita y opacos.

Las cuarzofilitas son rocas de colores claros, más compactas y con un aspecto más masivo que las filitas anteriores. Este aspecto sirve para diferenciar unas de otras. Están compuestas por cuarzo, sericita, biotita y clorita, como minerales principales, y por moscovita, plagioclasa, apatito, rutilo y opacos (óxidos de hierro), como accesorios.

Las metabasitas son rocas verdosas en corte fresco, y de tonalidades grisáceas u ocre, en corte alterado. Se encuentran intercaladas entre las litologías anteriores según bandas estrechas de longitudes kilométricas.

**Estructura.-** La estructura general de plegamiento del grupo presenta una dirección de los ejes WNW-ESE, con buzamientos en los flancos normalmente elevados ( $70^{\circ}$  a  $80^{\circ}$ ) al NNE.

A nivel de afloramiento, se distingue un bandeo sedimentario definido por la alternancia de niveles micáceo-arcillosos y cuarcíticos, en las filitas (ver Foto 2), y un bandeo en las metabasitas, definido por el mayor o menor contenido en minerales ferromagnesianos.

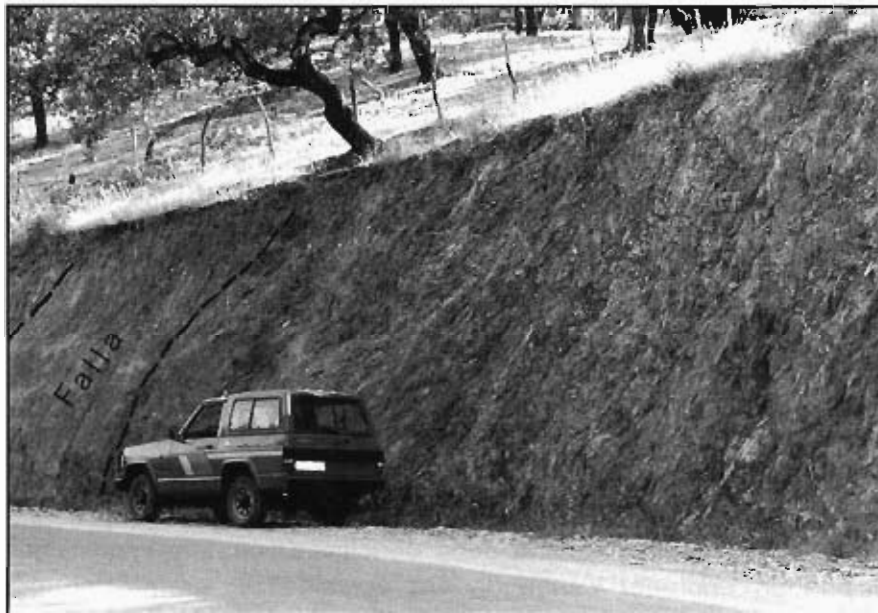


Foto 2.- Grupo (130a). Afloramiento en un talud de la carretera de Carboneras a Arcena, a 1 km de la primera población.

En los niveles de cuarzofilitas no se distingue el bandeado, al ser materiales más masivos y compactos.

En general, el grupo se presenta replegado a gran escala, y fracturado y diaclasado a escala decimétrica. Es frecuente la presencia de óxidos de hierro en las fracturas, así como la existencia de una foliación bien marcada.

Se han podido reconocer tres fases distintas de deformación. La primera ( $S_1$ ) da lugar a una recristalización de minerales filíticos, segregándose abundante cuarzo, en ocasiones acompañado de clorita. La segunda fase ( $S_2$ ) da lugar a una reorientación mecánica de la roca, originando nuevas superficies de discontinuidad mecánica. La tercera fase ( $S_3$ ) produce un microplegamiento de las estructuras originadas en las fases anteriores.

**Geotecnia.-** Los materiales que constituyen este grupo sólo pueden riparse en los niveles superiores de alteración. La dificultad de excavación aumenta con la profundidad, considerándose la formación rocosa sana como no ripable.

La permeabilidad es de tipo medio en los materiales alterados y fisurados superiores, y nula en profundidad.

La formación, en general, no es adecuada como material de préstamo, dada la alterabilidad y la dificultad de compactación, aunque podría utilizarse para el núcleo de los terraplenes si no existiese otra opción, pero efectuando previamente una fragmentación adecuada, una compactación energética y una cuidadosa puesta en obra. Por otra parte, deberán realizarse los ensayos correspondientes para determinar la calidad del material.

Los taludes de excavación para alturas bajas (menores de 5 m) pueden cortarse con inclinaciones 2V/1H, pero siempre que no exista estratificación, diaclasado o foliación desfavorables (paralelos al trazado), en cuyo caso deberá rebajarse la inclinación, al menos hasta el valor que presente la estratificación, diaclasado o foliación, o alternativamente hasta 1V/1H construyendo un cunetón al pie del desmonte. Para taludes de excavación de mayor altura puede mantenerse la misma inclinación anterior (2V/1H), siempre que no existan estructuras desfavorables, y deberán construirse bermas intermedias cada 5 m de altura. En caso de que las estructuras sean desfavorables, deberán realizarse labores de sostenimiento adecuadas. Al pie del talud de excavación deberá construirse un cunetón que permita la recogida de los posibles derrubios que pudieran producirse.

#### FILITAS Y CUARCITAS GRAFITOSAS (AMPELITAS Y LIDITAS), (131).

**Litología.-** Los materiales de este grupo lo forman filitas y cuarcitas grafitosas. Las filitas presentan alteraciones sericíticas, en tonos grisáceos o verdosos, y pueden contener cantidades apreciables de grafito, en cuyo caso presentan tonalidades negruzcas, denominándose entonces pizarras ampelíticas. Las cuarcitas grafitosas se disponen alternantes con las filitas, y debido a

su coloración negruzca y a su disposición en capas tableadas oscuras, se las denomina lilitas.

En superficie existe un pequeño litosuelo de alteración, que no llega a cubrir totalmente la formación, y que está compuesto por arenas arcillosas con clastos angulosos y lajosos, dispersos, de filitas y cuarcitas.

**Estructura.-** En superficie esta formación se reconoce según una banda estrecha de escasamente 50 m de potencia media, con dirección WNW-ESE.

Los buzamientos de las capas son muy acusados, con valores medios en torno a los 70°-80° hacia el NNW.

En superficie los materiales de la formación dan lugar a formas positivas y constituyen un nivel guía de gran valor estratigráfico.

En las áreas donde los materiales no están recubiertos por los suelos de alteración, se reconoce una fracturación acusada y una foliación bien marcada, que dan lugar a una fragmentación de la roca en pequeños clastos paralelepípedicos.

La relación con los grupos suprayacente (141) e infrayacente (120) se realiza por medio de un contacto normal.

**Geotecnia.-** Los materiales que componen este grupo presentan una permeabilidad media en los niveles superiores alterados y fisurados, y baja en la formación sana.

Los tramos de alteración superficial son ripables sin dificultad, pero la formación compacta y sana no se podrá excavar por medios tradicionales, por lo que deberá recurrirse al empleo de voladuras para realizar la fragmentación de la roca, antes de proceder a su remoción mecánica.

La formación, en general, no es adecuada como material de préstamo, dada la alterabilidad de las filitas y su difícil compactación, aunque en caso necesario se podrá emplear sólo para la construcción de los núcleos de los terraplenes, tras los preceptivos ensayos.

Los taludes de excavación de alturas bajas (menores de 5 m) podrán cortarse con inclinaciones 2V/1H, siempre que no exista un buzamiento de la estratificación, diaclasado o foliación desfavorable (paralelo a la carretera). En este caso, la inclinación de los taludes se recomienda que tenga un valor máximo igual al de la estratificación diaclasado o foliación, o, alternativamente 1V/1H, con cunetón al pie del talud.

Para taludes de alturas mayores (más de 20 m) se recomienda disponer bermas cada 5 m de altura, y diseñar los taludes con inclinaciones del orden de 2V/1H, siempre que no exista una estructura desfavorable. En caso contrario deberán realizarse ciertas labores de sostenimiento.

PIZARRAS, GRAUVACAS y MICROCONGLOMERADOS, (141).

**Litología.-** Este grupo está compuesto por una alternancia "flyshchoide"

de pizarras y grauvacas, entre las que se intercalan esporádicamente pequeñas hiladas y niveles microconglomeráticos y conglomeráticos.

Las pizarras son rocas grisáceas, de grano fino, a veces satinadas, en las que frecuentemente se pueden reconocer unas alternancias de bandas sericítico-moscovíticas con otras cuarzo-moscovíticas. Estas rocas proceden de sedimentos pelítico-arcillosos con finas intercalaciones arenoso-detríticas, que han derivado en hiladas cuarcíticas.

Las grauvacas poseen un tamaño de grano fino y una cementación silícea importante. A veces se reconoce la presencia de sulfuros metálicos, alterados a limonita.

Los microconglomerados son rocas de clastos heterogranulares, (algunos, esporádicos, de hasta cuatro centímetros de diámetro), inmersos en una matriz sericítico-clorítica. Los clastos son de "chert", pizarras, cineritas, lavas y, algunos poco frecuentes, de cuarzo de origen volcánico.

**Estructura.-** La disposición general del grupo se estructura según una banda de anchura hectométrica y dirección WNW-ESE, concordante con la directriz estructural regional (ver Foto 3).

A nivel de afloramiento se reconocen una foliación muy marcada y una fracturación intensa, que dan lugar a una fragmentación de la roca en forma de lajas.

La fracturación o el diaclasado no suele presentarse abierto, ni con rellenos, aunque localmente pueden existir diaclasas cerradas con rellenos de cuarzo.

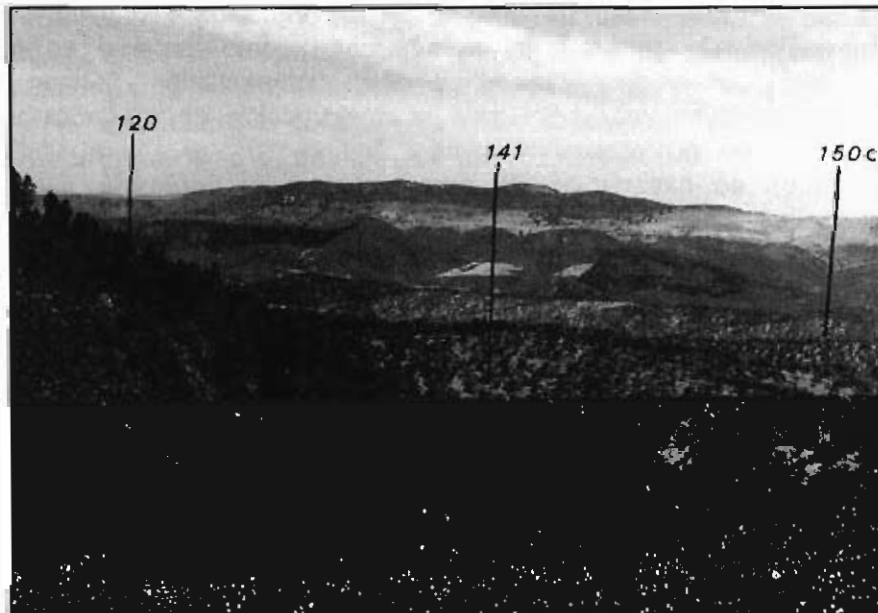


Foto 3.- Grupo 141. Aspecto general del grupo y su relación con los grupos inferior y superior. Panorámica realizada a 1 km al Norte de Sierra Bujarda.

El carácter "flyshchoide" de la serie queda patente por la alternancia de capas pizarrosas y de grauvacas, en general de espesor decimétrico, aunque existen bancos con potencias de orden métrico.

Hacia el techo del grupo se reconocen bancos de características conglomeráticas, que suelen originar un pequeño resalte morfológico.

**Geotecnia.-** Las grauvacas sanas y los conglomerados cementados no son ripables. Las pizarras son ripables en los niveles alterados más superficiales, pero la excavabilidad se va haciendo progresivamente más difícil según se profundiza, y llegan a no ser ripables a unos 4 ó 5 m de profundidad.

La capacidad portante en los niveles más superficiales y alterados es de valor medio. En la formación sana alcanzará valores altos.

Los materiales de este grupo 141 se podrán utilizar, tras los oportunos ensayos, en el núcleo de los terraplenes, pero no en la coronación de los mismos, ya que son materiales difícilmente compactables y que se alteran con relativa facilidad.

Deben considerarse como semipermeables los niveles de alteración superficial, e impermeable la propia formación sana.

En caso de realizar taludes de excavación, éstos podrán cortarse con ángulos de 60° para alturas medias, pero siempre que los materiales no presenten estratificación o foliación desfavorables (paralelas al trazado y con inclinación hacia la carretera). En caso contrario deberán realizarse diversas labores de sostenimiento del talud (bulonado, mallas ancladas y gunitado, entre otras). Es conveniente también la construcción de un cunetón amplio al pie de los taludes, que sirva para recoger los posibles derrubios.

#### FILITAS y GRAUVACAS, (150c).

**Litología.-** Este grupo está constituido por una secuencia de tipo "flysch", de características bastante constantes: finas capas de filitas y bancos decimétricos de grauvacas.

Las filitas son rocas foliadas, de tamaño de grano fino a medio, y con coloraciones grisáceas o pardas. En origen estos materiales debieron ser sedimentos pelíticos arcillosos que, por diagénesis y por un ligero metamorfismo posterior, se transformaron en filitas.

Las grauvacas son rocas de grano medio a fino, están compuestas mayoritariamente por cuarzo, plagioclasa y sericita, y tienen una matriz filítica orientada. Los granos de cuarzo están parcialmente recristalizados.

En superficie aparece un suelo de alteración discontinuo y de escaso espesor, compuesto por arenas limosas y algo arcillosas, y con clastos lajosos de tamaño medio.

**Estructura.-** Los materiales de este grupo afloran según una banda de dirección WNW-ESE. Ocupan el núcleo de un sinclinorio correspondiente a la

Fase I y definen una zona deprimida en el territorio, entre sierras, tanto por el Norte como por el Sur.

A nivel de afloramiento, destaca en primer lugar una esquistosidad muy bien marcada, que origina la fracturación de los materiales en pequeñas lascas, y en segundo lugar existe un diaclasado, a veces profundo, con separación milimétrica entre bordes.

La alternancia de materiales filíticos y de grauvacas se realiza de una manera homogénea, con espesores individuales que varían de centimétricos a decimétricos. También se aprecia ocasionalmente un pequeño replegamiento de capas correspondiente a la Fase IV de carácter regional.



Foto 4.- Grupo (150c). Aspecto de los materiales en la trinchera del ferrocarril de Zafra a Huelva, en el P.K. 78,3.

**Geotecnia.-** La formación en conjunto puede considerarse ripable en los niveles de suelo superficial y en los tramos superiores más alterados. La ripabilidad disminuye progresivamente con la profundidad.

La permeabilidad es alta en los niveles de alteración superficial. Los materiales rocosos sanos deben considerarse impermeables, aunque existe una ligera permeabilidad por fisuración en las zonas más tectonizadas.

La capacidad portante en la formación compacta alcanzará valores altos, mientras que en los tramos superficiales deberá considerarse como baja.

Los productos extraídos de las excavaciones realizadas no son recomendables para la construcción de los terraplenes, aunque en caso necesario podrán utilizarse para el núcleo de los mismos, realizando una compactación adecuada y tras los ensayos que verifiquen su comportamiento.

Los taludes de excavación para alturas bajas podrán cortarse con inclinación 2V/1H, pero siempre que no existan una esquistosidad o un diaclasado desfavorables. En caso contrario se producirán fácilmente deslizamientos de cuñas o bloques (ver Foto 4), y entonces deberá rebajarse la inclinación o bien realizar labores de sostenimiento que eviten la inestabilidad.

Para taludes de mayor altura, se recomienda la construcción de bermas cada cinco metros de altura, dar a los paramentos inclinaciones 1,5V/1H, y disponer un cunetón amplio al pie, que permita la recogida de los derrubios producidos.

### 3.1.5. Grupos geotécnicos

Las distintas formaciones que componen la Zona 1 pueden agruparse, en función de sus características geotécnicas, en los siguientes grupos, que se han denominado "geotécnicos":

- **Grupo C: Formaciones rocosas, troceadas, pizarrosas y esquistosas.**- Aquí están incluidos todos los afloramientos rocosos de la Zona 1, a excepción de pequeños asomos intrusivos, localizados en el borde centro-meridional de la Zona.

Presentan en superficie y en los niveles de alteración una permeabilidad tolerable, pero en profundidad deben considerarse impermeables. La capacidad portante será de valor medio en la zona de alteración, y alto en las formaciones sanas. La ripabilidad es elevada en los niveles superficiales, pero disminuye con la profundidad.

En los taludes de excavación pueden originarse importantes deslizamientos planos a favor de la estratificación, foliación o diaclasado. También se pueden producir, en zonas acantiladas concretas, desprendimientos de volumen medio.

Pertencen a este grupo geotécnico las formaciones (150c), 141, 131, (130a), (120) y (010c).

- **Grupo G: Formaciones magmáticas e intrusivas compactas.**- Los materiales de este grupo geotécnico se consideran ripables en la zona superficial de alteración, y no ripables cuando se presenten sanos.

La permeabilidad es elevada en superficie y en los niveles de alteración, pero disminuye rápidamente con la profundidad, aunque existe una ligera infiltración por las zonas fracturadas. La capacidad portante alcanzará valores medios en los niveles superficiales, y altos en las formaciones rocosas sanas. Los materiales de este grupo pueden ser canterables y utilizables como material de préstamo en la construcción de carreteras.

En los taludes de excavación pueden producirse deslizamientos importantes de la montera alterada si se excava con inclinaciones superiores a 1V/1H. La formación rocosa sana admite taludes subverticales.

A este grupo geotécnico sólo pertenece, en la Zona 1, la formación 003.

### 3.1.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona

Los principales problemas geotécnicos de la Zona 1 son los deslizamientos planos que se pueden producir en los taludes de excavación si éstos se cortan en materiales que presenten un buzamiento desfavorable hacia la carretera.

En áreas acantiladas y cuando los materiales rocosos se presentan con una trituración y un diaclasado importantes, se pueden producir desprendimientos de elevado volumen, sobre todo si se varían las condiciones morfológicas naturales de los materiales. En los desmontes artificiales también pueden producirse desprendimientos por "toppling" en aquellos materiales pizarrosos que sufren una fluencia lenta de los suelos de recubrimiento sobrepuestos.

La fácil erosionabilidad de las formaciones superficiales, aunque en general éstas son poco potentes, puede dar lugar a aterramientos de las carreteras. Por ello será conveniente construir cunetas amplias que permitan la recogida de derrubios, así como realizar una labor de limpieza periódica de las mismas.



### **3.2. ZONA 2: SIERRAS DE LA VIRGEN Y DE LA CADENA, LOMAS Y CERROS DE JABUGO, Y NAVA DE FUENTEHERIDOS**

#### **3.2.1. Geomorfología**

La Zona 2 se extiende sobre gran parte de la mitad sur del cuadrante 917-4, la esquina noreste del cuadrante 917-3, y casi toda la mitad norte del cuadrante 917-2.

La Zona 2 está condicionada geomorfológicamente por la tectónica y por la litología. Por el Norte y por el Sur, la Zona está limitada por grandes fallas con direcciones generales NO-SE. En el límite sur y en el entorno del pueblo de Alájar, la falla meridional cambia su dirección NO-SE hasta adoptar un trazado Oeste-Este, y luego más hacia el Este, cambia de nuevo su dirección hasta disponerse WSW-ENE.

Entre las poblaciones de Alájar y Aracena se extiende la sierra de la Virgen, cuya altura máxima se alcanza en el vértice Sierra de Linares, con 892 m. Otra cota importante es el vértice San Ginés, con 869 m, y situado entre Linares de la Sierra y Aracena. La sierra de la Virgen tiene una dirección aproximada W-E y en su línea de cumbres se reconoce una divisoria aguda que dificulta el trazado de carreteras en sentido ortogonal a la Sierra.

Las lomas y cerros de Jabugo se extienden por la mayor parte de la Zona 2. Son cerros de cimas redondeadas y con laderas convexas, de pendientes medias a bajas. Los desniveles entre el fondo de los arroyos y las cimas de los cerros no suelen sobrepasar los 150 m, y generalmente tienen valores medios en torno a los 100 m.

La red de drenaje instalada en esta Zona 2 se encuentra marcada y con encajamientos importantes, lo que da lugar a que la construcción y el trazado de las carreteras se realice con grandes dificultades.

La nava de Fuenteheridos es una zona más o menos llana, ligeramente alomada y que está enmarcada por la sierra de la Virgen, al Sur, y por la sierra de Navahermosa, al Norte, fuera ya del Tramo estudiado. En esta área llana, la red de drenaje presenta cauces de trazado difuso, y se reconocen zonas donde se han producido algunas capturas fluviales.

El área de la sierra de la Cadena se dispone con dirección NW-SE, en el borde Norte de la Zona. Presenta un relieve acusado, con diferencias de altura de cientos de metros entre las cumbres y el fondo de los arroyos. Con frecuencia en las laderas se reconocen asomos rocosos y algunos cantiles de desnivel moderado. La red de drenaje está algo diversificada y sólo por los ríos más importantes del área que atraviesan la sierra, es posible la comunicación en sentido Norte-Sur, aunque con trazados sinuosos. En la figura 3.4 puede verse la situación de la Zona 2 y la de los cortes geológicos y el bloque-diagrama realizados. En la Figura 3.5 los dos cortes geológicos y en la Figura 3.6 el bloque-diagrama.

### 3.2.2. Tectónica

En la Zona 2 los materiales han sufrido los efectos de la Orogenia Hercínica, y se reconocen 4 fases tectónicas de plegamiento y una posterior de fracturación.

- **Fase I.** Esta fase tectónica ha dado lugar a pliegues tumbados que presentan un gran desarrollo de los flancos inversos, llegando incluso a producirse despegues de capas. Los pliegues tienen una vergencia general al Sur o Suroeste, y se acompañan de una esquistosidad de flujo sinmetamórfica.

La geometría de los pliegues está bien determinada, ya que si se proyectan en un diagrama estereográfico, los polos de la estratificación y los de la esquistosidad son coincidentes en sus máximos, y, por lo tanto, son pliegues isoclinales.

- **Fase II.** En esta segunda fase se forma una nueva generación de pliegues, de tendencia similar, volcados e incluso tumbados, y con direcciones axiales comprendidas entre N20°E y N50°E. Presentan una vergencia general al Oeste o al Noroeste y se acompañan de una esquistosidad de fractura, a veces muy profunda y marcada.

A escala de afloramiento se observa cómo la longitud de onda de los pliegues, así como su geometría, están controladas por la naturaleza de las capas plegadas, lo que indica que la esquistosidad y los pliegues son el resultado de la deformación sufrida por las rocas mediante un proceso de "buckling", y por un aplastamiento progresivo de los materiales.

Esta Fase II adquiere un gran desarrollo en esta Zona 2, y así llega a invertir las series y es responsable de algunas estructuras cartográficas, como el cierre periclinal de los mármoles, al Noroeste de Aracena, y los pliegues localizados entre Galaroza y La Corte.

- **Fase III.** Esta fase se manifiesta dando pliegues de geometría cilíndrica, plano axial subvertical o con vergencia al Suroeste, y ejes axiales cuyas direcciones varían de N110°E a N150°E. Localmente se reconoce una esquistosidad de fractura, que sólo es visible en las zonas de charnela.

Dentro de la Zona 2, esta fase ha dado lugar a una gran antifforma denominada "antiforma de Fuenteheridos-La Umbría", cuyas direcciones de ejes axiales varían entre N130°E y N150°E. Dichos ejes son oblicuos a los de los pliegues de la Fase II situados al Norte y al Sur de la Zona. Es un área de cizalla compleja, entre la Zona 1, al Norte, y la Zona 3, al Sur.

- **Fase IV.** Esta fase da lugar a pliegues de tipo "kink band", retrovergentes y con direcciones axiales en torno a N120°E. Estos pliegues son visibles en los flancos de la "antiforma de Fuenteheridos-La Umbría", y deben ser posteriores a su formación, generándose por aplastamiento de los materiales cuando las capas ya estaban plegadas.

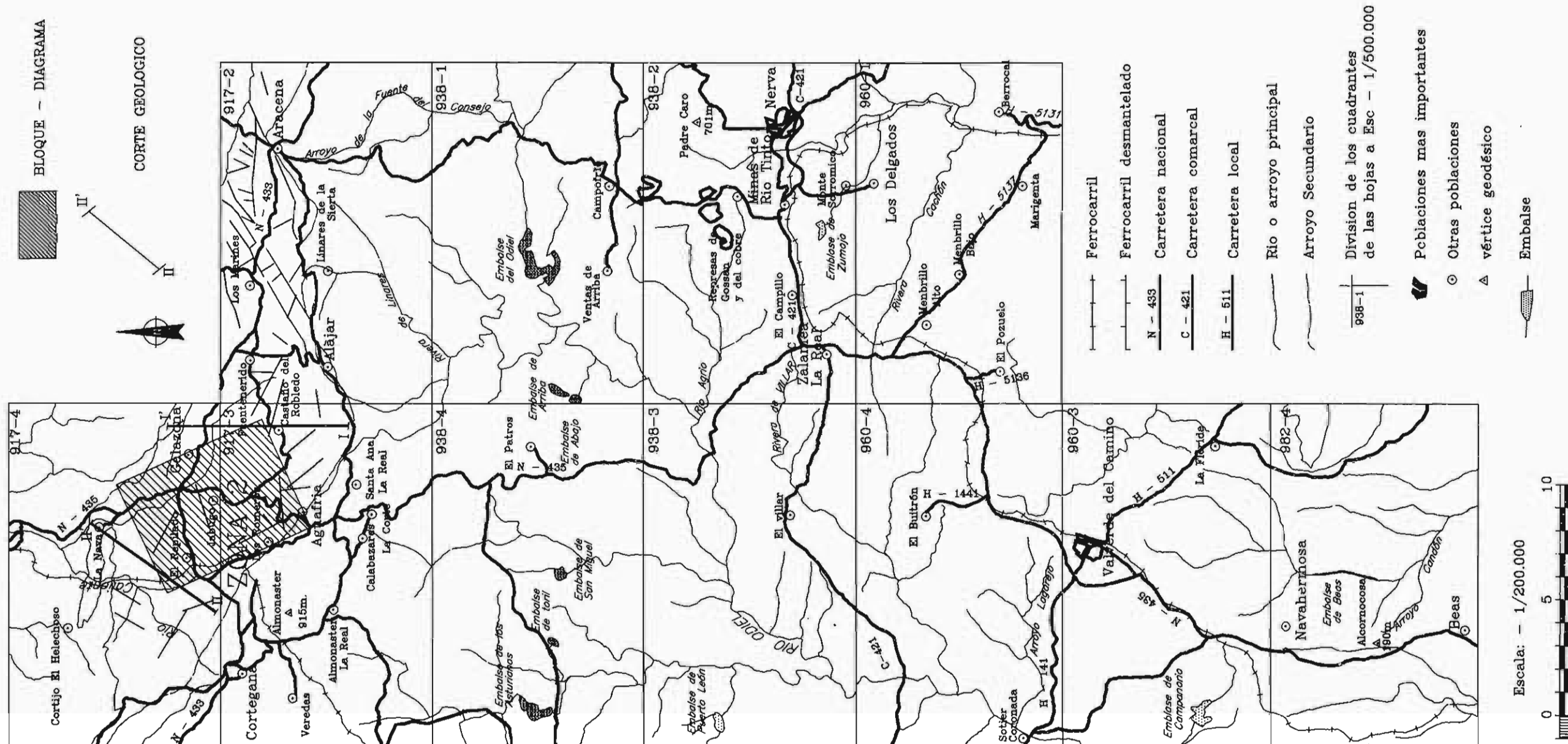


FIG.3.4. - ESQUEMA DE SITUACION DE LA ZONA 2, CORTES GEOLOGICOS Y BLOQUE - DIAGRAMA REALIZADOS EN LA MISMA.

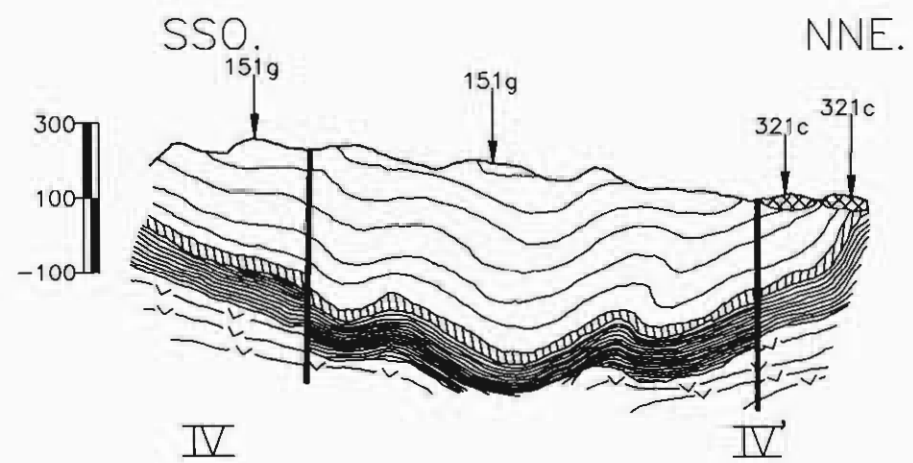
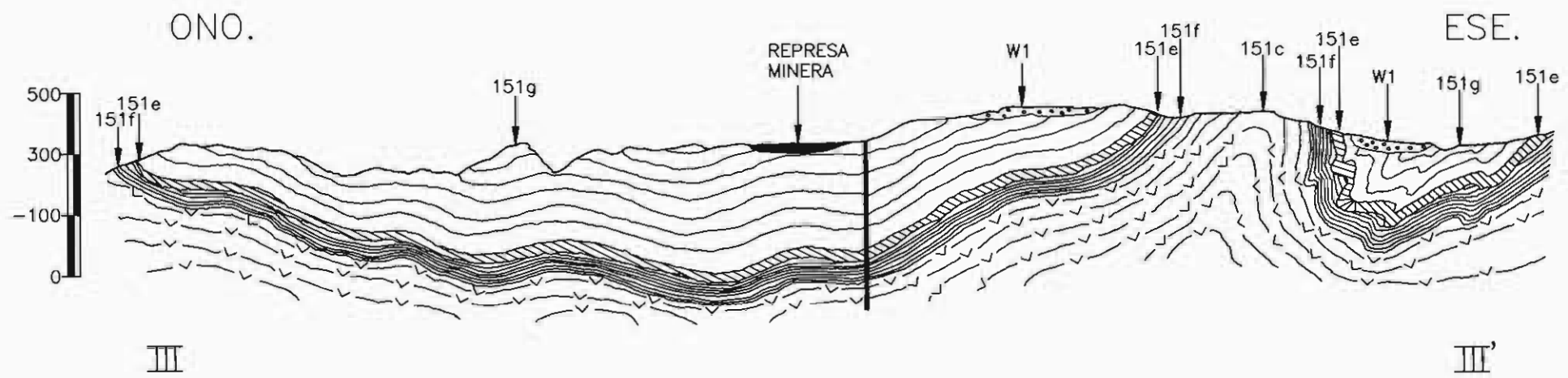
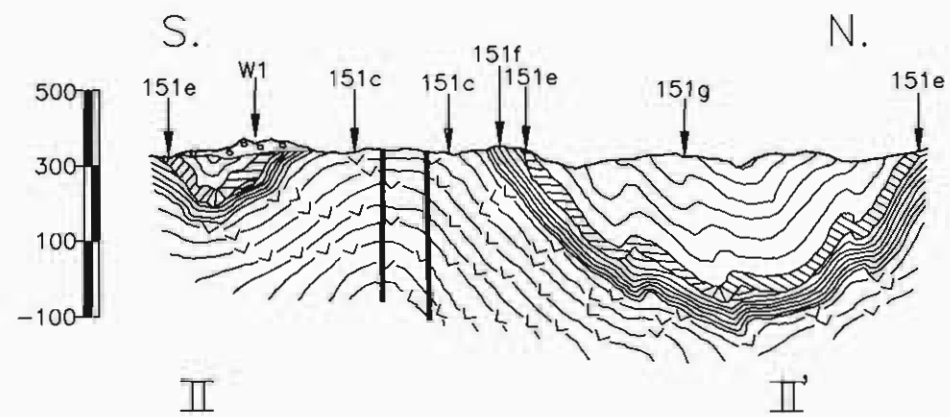
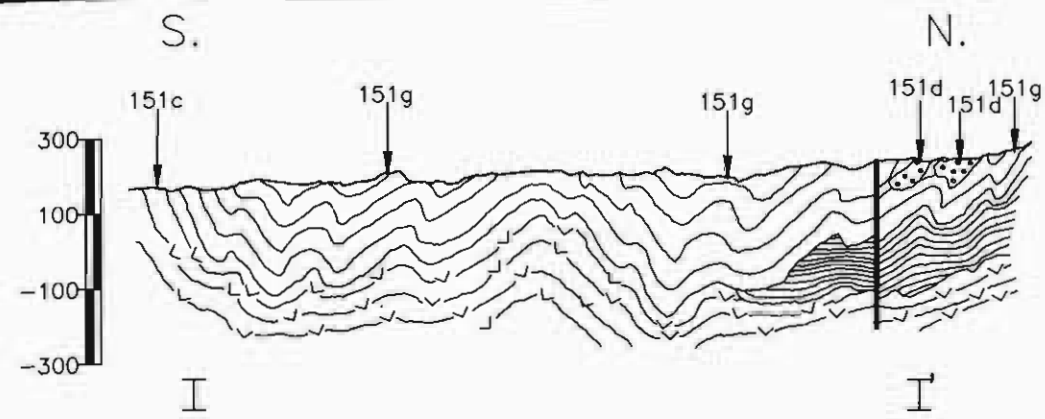


FIG.3.5. - CORTES GEOLOGICOS DE LA ZONA 2

ESCALA: H: 1/50.000  
V: 1/20.000

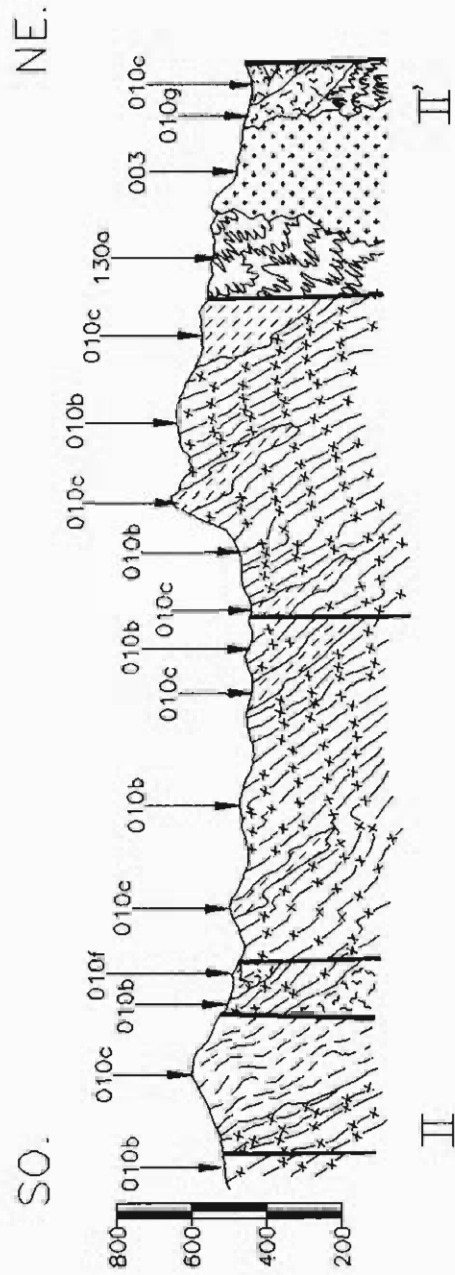
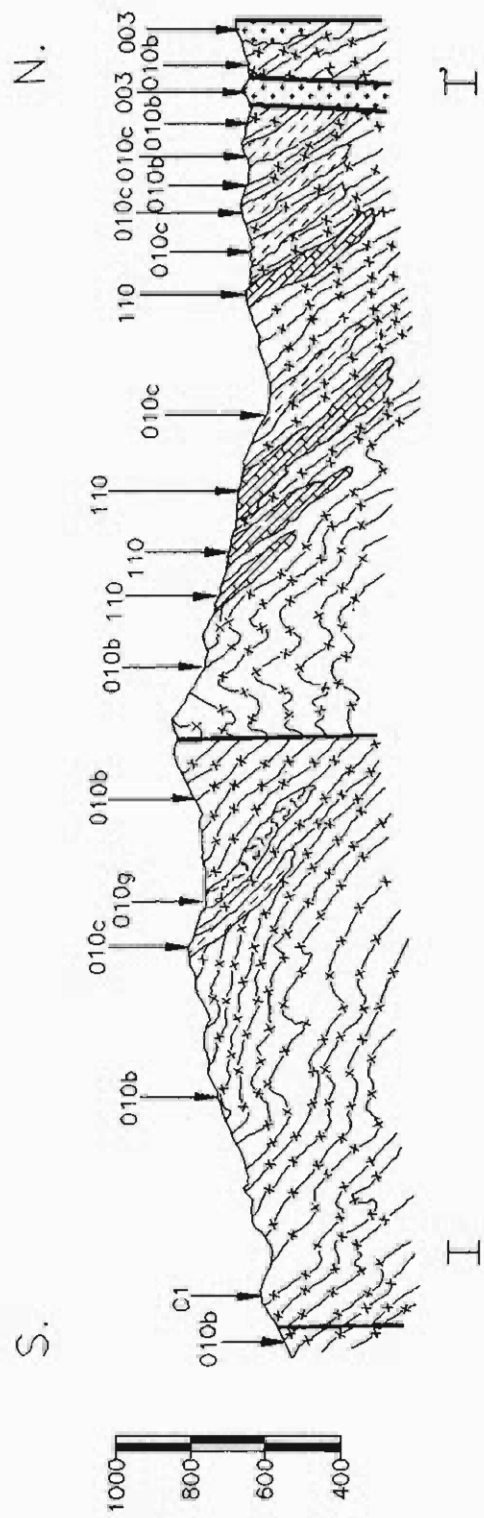


FIG.3.5. - CORTES GEOLOGICOS DE LA ZONA 2

ESCALA: H: 1/50.000  
V: 1/20.000

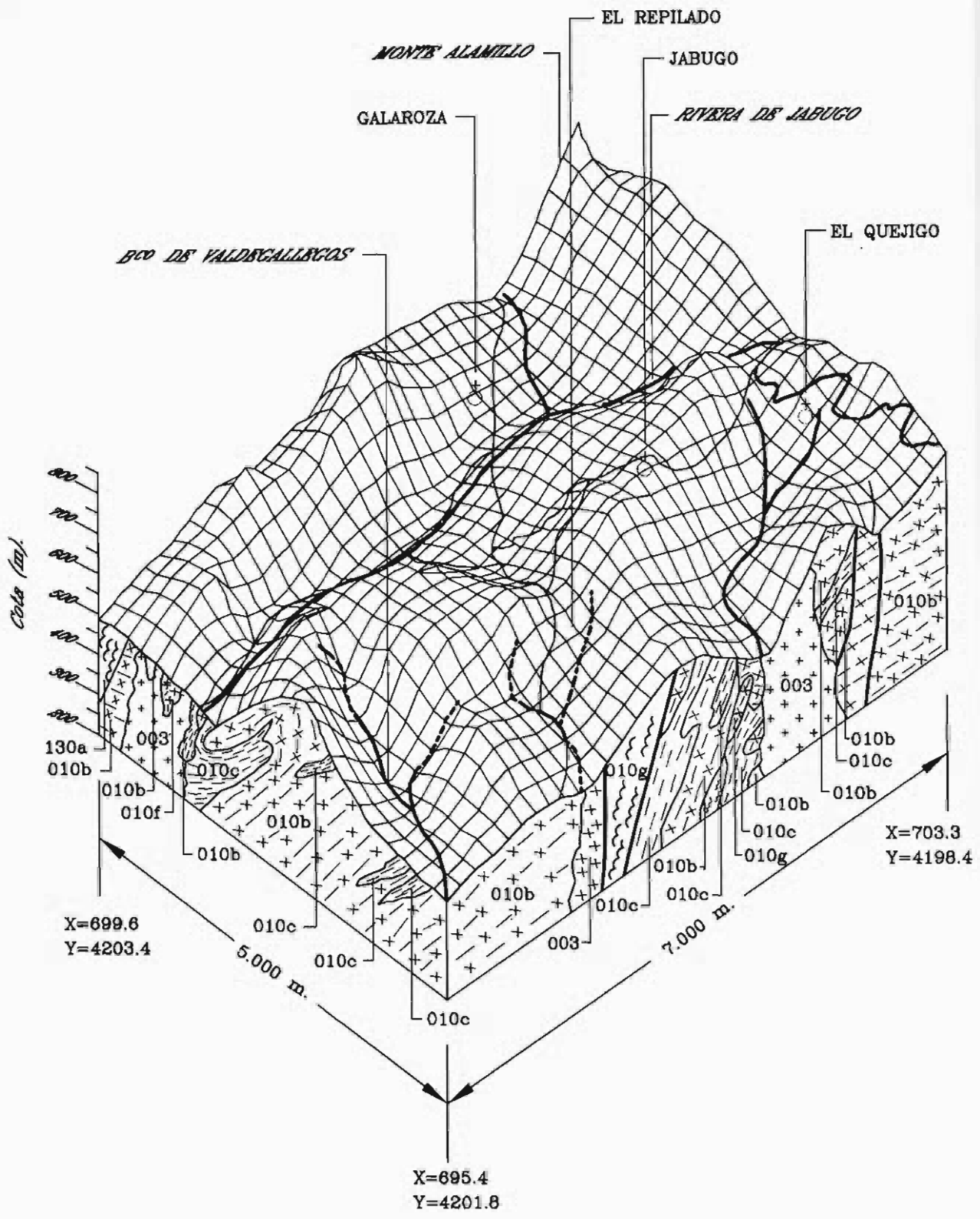


FIG.3.6. \_ BLOQUE DIAGRAMA DE LA ZONA 2.

- **Etapas de fracturación.** En la Zona 2 se distinguen varias familias de fracturas, algunas de las cuales presentan desarrollos longitudinales kilométricos.

La familia de fracturas mejor representada es la de componente NW-SE. El límite de la Zona 1 con la Zona 2 viene marcado precisamente por una falla de esta familia. También se reconocen otras fallas con la misma dirección, repartidas irregularmente por toda la Zona 2.




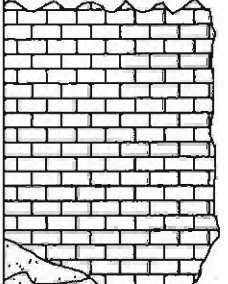
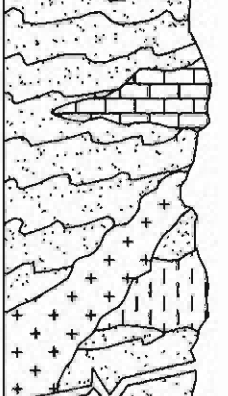





Otra familia de fallas es la que presenta una componente E-W. Está bien representada al Sur de la Zona. Los desarrollos longitudinales de estas fallas son menores que los del caso anterior, aunque también alcanzan longitudes kilométricas. Asociada a esta familia se intruyen rocas ígneas de naturaleza básica o intermedia.

Otro sistema de fracturas importante es el que presenta una dirección N60°E. Estas fracturas son principalmente reconocibles al Este de la Zona, y visibles en Aracena, Alájar y Linares de la Sierra, entre otras poblaciones, y han funcionado a lo largo del tiempo como desgarres sinestrosos. Este sistema de fracturas presenta una cierta componente vertical, que se traduce en pequeños cabalgamientos de los bloques más septentrionales sobre los meridionales. Conjugados con este sistema de fracturas se forman otros, de direcciones próximas a la Norte-Sur. Al Este de la población de Alájar se reconocen este tipo de fracturas.

### 3.2.3. Columna estratigráfica

Las formaciones geológicas que afloran en la Zona 2 aparecen en la columna estratigráfica próxima a esta referencia.

### 3.2.3. - COLUMNA ESTRATIGRAFICA

COLUMNA LITOLOGICA	REFERENCIA LITOLOGICA	REFERENCIA GEOTECNICA	DESCRIPCION	EDAD
	C1	A	Coluvial de pie de monte.	Cuaternario.
	Q	D	Travertino.	Cuaternario.
	130a	C	Filitas , cuarzofilitas y metabasitas.	Silúrico inferior.
	110	D	Carbonatos , calizas marmóreas y mármoles , dolomías , calcoesquistos.	Cámbrico Inferior- Precámbrico Superior.
	003	G	Dioritas , cuarzodioritas y gabros.	?
	010g	C	Metacineritas grises y gneis biotíficos.	Precámbrico Superior.
	010f	E	Rocas de silicatos cálcicos.	Precámbrico Superior.
	010c	C	Metabasitas , tobas , diabasas y lavas.	Precámbrico Superior.
	010b	C	Metavulcanitas ácidas y tobas.	Precámbrico Superior.
	010a		Esquistos , cuarzoquistos , cuarcitas y conglomerados.	Precámbrico

ESCALA 1 : 5.000.

NOTA: Los cuaternarios y plio-cuaternarios , sin escala.



### 3.2.4. Grupos Litológicos

Las formaciones geológicas distinguidas en esta Zona 2 son las siguientes:

GABROS, DIORITAS, CUARZODIORITAS, DIABASAS Y GABRODIABASAS, (003).

**Litología.-** Se incluye en este grupo un conjunto de rocas ígneas de composición mineralógica parecida, y que tienen un comportamiento geotécnico similar.

En la Zona 2 sólo se reconocen dioritas, gabros y cuarzodioritas. En general son rocas granudas, de tamaño de grano medio a grueso, de color oscuro en corte fresco (verdoso o grisáceo), y rojizo-anaranjado cuando se encuentran alteradas. La composición mineralógica está constituida como componentes principales por plagioclasa, anfíbol, biotita, clorita y minerales sericítico-arcillosos, y, en ocasiones, piroxeno. Como componentes secundarios destacan clorita, epidota, feldespato potásico, sericita y escapolita.

En superficie, los materiales se encuentran generalmente alterados, con fenómenos locales de arenización intensa, aunque normalmente la alteración no llega a borrar totalmente la estructura original.

**Estructura.-** Los materiales que componen el grupo 003 se disponen estructuralmente como intrusiones magmáticas masivas, de tendencia interme-



Foto 5.- Grupo 003. Intrusión diorítica en las cuarzofilitas del grupo (130a). Carretera local de Valdelarco a Fuenteheridos, en el P.K. 1+800.

dia o básica. Aparecen en afloramientos en contacto discontinuo con el encajante, o en cicatrizaciones de fracturas importantes, como la que se reconoce en la población de La Nava.

Por otra parte, cabe destacar que las rocas de caja, que poseen un gradiente de metamorfismo bajo, sufren un aumento de éste al contacto con los cuerpos intrusivos, originando una aureola de metamorfismo, de extensión y amplitud variables (ver Foto 5).

Con respecto a las formaciones dioríticas y cuarzodioríticas, debe mencionarse, por una parte, la existencia de una alteración superficial que da lugar a arenizaciones importantes, aunque manteniendo la estructura original, y por otra, la presencia de una fisuración y un diaclasado importantes, en los cuales, en ocasiones, puede reconocerse un relleno de pequeños filones de cuarzo.

**Geotecnia.-** Los niveles de alteración son ripables sin dificultades, pero la ripabilidad disminuye progresivamente con la profundidad, de forma que a los 4 ó 5 metros desde la superficie, los materiales no son excavables, ni ripables con métodos tradicionales.

La permeabilidad de los niveles superficiales alterados puede considerarse aceptable, pero en profundidad y cuando la roca se presente sana, estos materiales deben considerarse impermeables, aunque pueden existir zonas de infiltración preferente a favor de la fracturación.

Esta formación es adecuada para su utilización como préstamo, tanto para el núcleo, como para la coronación de los terraplenes, aunque deberán efectuarse una serie de ensayos de laboratorio (mecánicos, físicos y químicos, entre otros) para determinar la calidad de los préstamos. También es posible la obtención de tamaños para pedraplenes, e incluso en zonas determinadas para bloques de escollera.

Los taludes de excavación de alturas bajas (menores de 5 m) podrán admitir inclinaciones de 1V/1H en las zonas más arenizadas, y de 2V/1H en las áreas rocosas sanas. Para taludes de mayor altura sirven las mismas recomendaciones anteriores, aunque será conveniente la construcción de bermas intermedias, así como una cuneta al pie del talud que permita la recogida de derrubios.

En este grupo se han reconocido algunos desprendimientos rocosos en taludes de excavación artificiales, al dejar desenraizados bloques rocosos compactos, englobados en materiales alterados.

## ESQUISTOS, CUARZOESQUISTOS Y CUARCITAS, (010a).

**Litología.-** Este grupo se compone de esquistos, cuarzoesquistos y cuarcitas. Los esquistos y cuarzoesquistos presentan tonalidades grisáceas en superficie y son, por lo general, de grano fino. En ocasiones se reconocen fenocristales de cuarzo y feldespatos, inmersos en una matriz de naturaleza filítica.

En origen, estos materiales debieron ser depósitos lutíticos con aportes

ocasionales de sedimentos detríticos de cuarzo hacia la cuenca, por lo cual a veces se muestran alternantes niveles milimétricos de horizontes lutíticos y de hiladas areniscosas.

Hacia el techo de la serie, aparecen unos bancos de cuarcitas de coloración oscura, poca potencia y escasa continuidad lateral.

**Estructura.-** Este grupo se dispone cartográficamente como una banda continua, al SE de esta Zona 2. Está surcada por una serie de fallas, con dirección aproximada N60°E y componente sinestrosa, que desplaza los bloques hacia el Suroeste.

Los materiales de este grupo han sufrido al menos tres fases de deformación y otra posterior de fracturación. La primera fase, sinmetamórfica, da lugar a una blastesis de los minerales filíticos (biotita y moscovita). La segunda produce una reorientación mecánica de la roca, dando lugar a una foliación marcada y profunda, y la tercera da lugar a un microplegamiento de las superficies originadas en la primera fase.

A nivel de afloramiento se distingue una esquistosidad o foliación muy acusada, y un diaclasado y una fracturación algo marcadas, que en ocasiones se rellenan con pequeños filones de cuarzo (ver Foto 6).

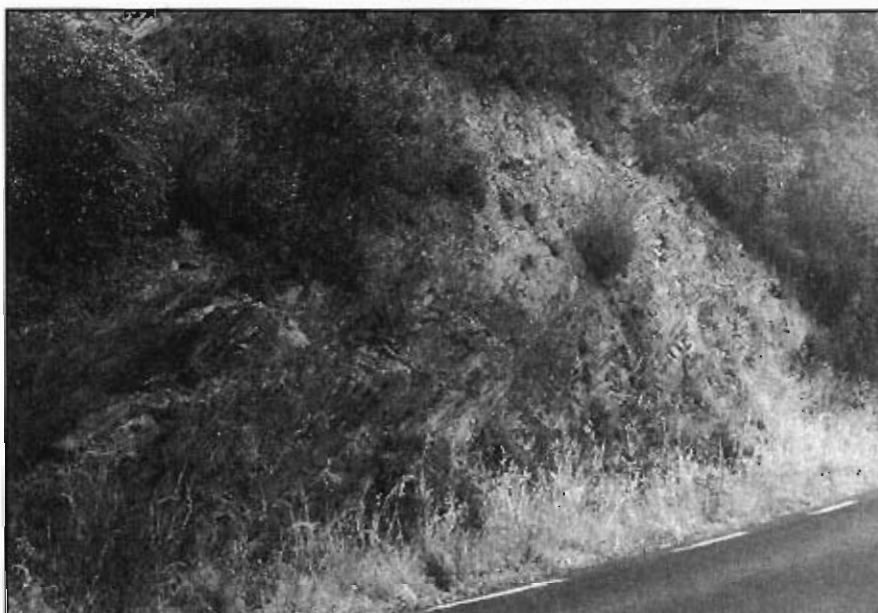


Foto 6.- Grupo (010a). Aspecto superficial de los esquistos y cuarcosquistos, en el P.K. 28 de la Carretera de Aracena a Alájar.

**Geotecnia.-** Las rocas de este grupo presentan una ripabilidad marginal en los tramos superiores poco alterados, si bien hay que exceptuar las cuarcitas, ya que no son ripables. En profundidad y en la formación sana, los esquistos no son ripables.

La permeabilidad es media en los tramos más alterados, pero disminuye con la profundidad, de manera que la formación sana deberá considerarse como impermeable, aunque puede existir una cierta transmisividad interna del agua, a través de las fracturas y diaclasas más importantes.

En conjunto los materiales no son adecuados como préstamo, dada su alterabilidad y su difícil compactación, aunque en caso necesario y tras los ensayos oportunos se podrán emplear sólo para la construcción del núcleo de los terraplenes.

Los taludes de excavación de baja altura podrán excavarse con inclinación 3V/1H, siempre que no exista una esquistosidad, foliación, estratificación o diaclasado desfavorable. En caso contrario, deberá rebajarse la pendiente hasta el valor del buzamiento de la estratificación o esquistosidad, o complementariamente hasta 1V/1H con cunetón al pie. Para taludes de alturas medias y altas (mayores de 20 m), se recomienda la construcción de bermas intermedias cada 5 ó 6 m de altura, rebajar las pendientes de los paramentos hasta 2V/1H, y construir un cunetón al pie que permita la recogida de los derrubios producidos.

#### METAVULCANITAS ACIDAS, (010b).

**Litología.-** Este grupo se encuentra ampliamente representado en la Zona 2. Son metavulcanitas ácidas, de afinidad riolítica o riodacítica, compuestas fundamentalmente por tobas con distintos tamaños de grano (vulcanismo explosivo). Aunque predominan las de tamaño medio, con colores claros, las de granulometría más fina, cuando existen, presentan tonos grisáceos.

Otro tipo litológico de este grupo lo constituyen las lavas, aunque tienen una representación minoritaria dentro del grupo. Su localización se circunscribe a zonas concretas dentro del conjunto, y son, en general, de grano muy fino. Tienen textura felsítica y, en ocasiones, se presentan bandeadas, ya sea debido al distinto tamaño de grano en los bordes, o por la distinta proporción de micas que presentan. También existen lavas masivas, sin estructura aparente.

Los componentes mineralógicos principales de las tobas son los siguientes: cuarzo, plagioclasa, biotita, feldespato potásico y apatito.

Con respecto a la mineralogía de las lavas, los componentes principales son: cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico y anfíbol.

Como componentes accesorios se reconocen sericita, circón, óxidos de hierro, moscovita, esfena y biotita.

**Estructura.-** La disposición estructural general del grupo es en forma anticlinorial ("antiforma de Fuenteheridos-La Umbría"), con inmersión al Noroeste y con una vergencia general al Suroeste. Esta aparente simplicidad en cuanto a la estructura tectónica general se ve complicada por los frecuentes cambios de dirección de los ejes axiales de los plegamientos, como consecuencia de las distintas fases tectónicas sufridas. La posterior etapa de

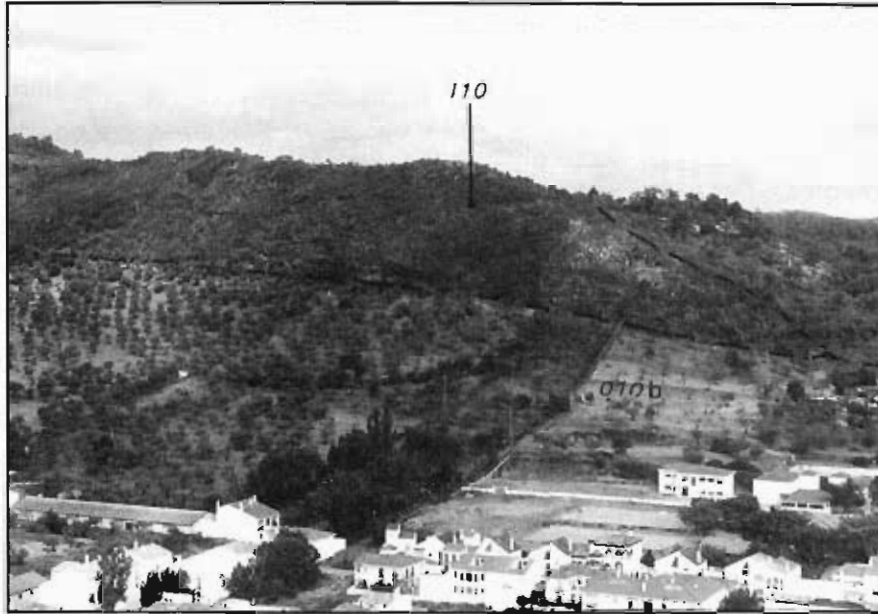


Foto 7.- Aspecto general del grupo (010b), en el entorno de Aracena. Nótese el contacto por falla con el grupo 110.

fracturación, en general distensiva, ha dado lugar a desplazamientos de bloques, con direcciones sinestrosas principalmente y de varios kilómetros de desarrollo, reconocibles sobre todo en el borde suroriental de la Zona (ver Foto 7).

A nivel de afloramiento, en las tobas puede reconocerse una foliación bien marcada, frecuentes exudaciones de bancos ricos en cuarzo, bastante replegados y con estructuras de deformación ("boudinage").

Las lavas son menos frecuentes que las tobas y aparecen intercaladas entre ellas. En ocasiones aquéllas se disponen con estructura masiva, algo foliada y con pequeños filones de cuarzo, intruidos a favor de pequeñas fracturas.

**Geotecnia.-** Los depósitos volcánicos que componen este grupo presentan una permeabilidad alta en los niveles superficiales de alteración, pero ésta disminuye rápidamente con la profundidad.

Los niveles alterados se pueden excavar sin dificultad, pero la ripabilidad del material se va haciendo progresivamente más difícil en profundidad, hasta llegar a no ser ripable.

Todos los materiales que componen este grupo, salvo los suelos superficiales con un cierto contenido orgánico, pueden ser utilizados para la construcción de terraplenes una vez realizados los ensayos pertinentes.

La inclinación de los taludes de excavación dependerá del grado y espesor de los niveles alterados. Como norma general pueden admitirse inclinaciones de los paramentos de 1V/1H en los niveles más alterados y arenizados. En la formación compacta, sana, y sin alteraciones, podrán admitirse

inclinaciones de 2V/1H, aunque será conveniente construir bermas cada 6 m de altura, así como disponer un cunetón al pie del talud para recoger los derrubios que se generen. Dado que la alteración no ocurre de una manera homogénea en toda la roca, sino a través de fracturas y diaclasas, puede ocurrir que al cortar los materiales queden bolos o elementos inestables en los paramentos. En estos casos deberán sanearse convenientemente los taludes, para evitar que dichos elementos caigan hacia la carretera.

#### DIABASAS, LAVAS Y TOBAS BASICAS, (010c).

**Litología.-** Este grupo está compuesto por un conjunto de materiales efusivos, heterogéneos y discontinuos que presentan coloraciones verdosas en corte fresco, y pardos y ocres cuando están alterados. El tamaño de grano es variable, desde grueso en las diabasas, a medio y fino en las lavas y tobas.

Los componentes principales de los diferentes tipos de roca son muy semejantes, existiendo plagioclasa, anfíbol, cuarzo y biotita. En los niveles de tobas se reconocen minerales clorítico-arcillosos. En algunos casos se ha reconocido diópsido.

Los minerales accesorios son apatito, esfena, circón, moscovita, epidota y opacos. Los piroxenos, cuando existen, han sufrido una transformación a anfíbol-clorita-epidota, y pueden proceder de una recristalización metamórfica, o bien ser heredados.

**Estructura.-** Este grupo aflora en bandas concordantes con la estructura general de la Zona y anchura variable, que puede alcanzar hasta 1 km, así como en forma de lentejones que se pierden lateralmente.

Las diabasas y las lavas son rocas masivas, a veces bandeadas, poco orientadas, y que presentan una disyunción en bolos (ver Foto 8). Las tobas suelen ser bandeadas y esquistosas. Las bandas suelen estar en relación con el mayor o menor contenido en ciertos minerales principales.

A nivel de afloramiento, en las tobas se reconocen una foliación bien marcada y un bandeado en tonos claros y oscuros. También se reconocen pequeños niveles de cuarzo que se encuentran en general replegados.

Las lavas y diabasas son más masivas, tienen foliación poco marcada y aparecen en superficie con aspecto terroso, debido a la alteración sufrida.

La fracturación y el diaclasado se reconocen fácilmente en las lavas y en las tobas. En las diabasas, el diaclasado queda enmascarado parcialmente al recubrirse éste con alteraciones superficiales.

**Geotecnia.-** Los materiales que componen este grupo presentan una capacidad portante alta cuando la roca está sana. En cambio, en superficie y en los niveles alterados, la capacidad portante es de tipo medio.

La permeabilidad es pequeña en los niveles de alteración y en los dos o tres metros superiores. En profundidad, los materiales deben considerarse

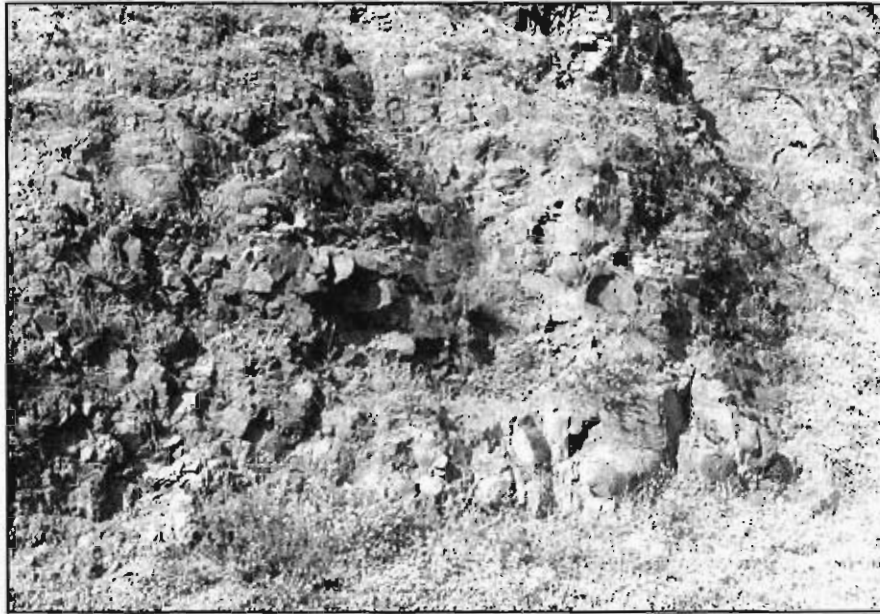


Foto 8.- Grupo (010c). Afloramiento de diabasas en la carretera de La Corte a Los Andreses. Nótese la disyunción en bolos.

impermeables, aunque existe una cierta transmisividad preferente, ligada a las estructuras de fracturación.

En su conjunto, este grupo deberá considerarse no ripable. Los niveles más superficiales, alterados, podrán excavarse con medios mecánicos tradicionales.

Los taludes de excavación de baja altura (menor de 5 m) podrán cortarse subverticales en la formación sana, y con inclinaciones de 1V/1H en los niveles más alterados. Los taludes de mayor altura se podrán cortar con inclinación 2V/1H en los tramos rocosos alterados, siempre que no exista una esquistosidad desfavorable. También se deberán construir bermas cada cinco metros de altura. En los niveles superficiales alterados, las inclinaciones deberán bajar a 1V/1H. Al pie de la excavación será conveniente construir una cuneta amplia, que permita la recogida de los derrubios producidos. También es recomendable la realización de un saneo cuidadoso de los paramentos, para evitar dejar elementos inestables en los mismos, que pueden caer en un futuro hacia la carretera.

#### ROCAS MEZCLA Y DE SILICATOS CALCICOS, (010f).

**Litología.-** Este grupo está formado por una serie de rocas mezcla de distintos materiales y por rocas de silicatos cálcicos.

El conjunto de rocas mezcla está compuesto por una serie de materiales de procedencia volcánica, junto con finos niveles carbonosos, que por metamorfismo han dado lugar a rocas de silicatos cálcicos.

Las rocas de silicatos cálcicos propiamente dichas son rocas de grano fino a medio, color verdoso o pardo y aspecto masivo. Proceden en origen de materiales volcánicos que, por efecto de un metamorfismo importante, se han transformado en epidotitas. En las zonas de mayor metamorfismo han dado lugar a gneises diopsídicos, que en muchos casos indican procedencias de rocas mixtas, con aportes volcánicos cuarzo-feldespáticos, simultáneos a la precipitación de carbonatos en la cuenca.

**Estructura.-** A nivel de afloramiento se reconoce un bandeo en ambos tipos de materiales (rocas mezcla y de silicatos cálcicos), que viene marcado por capas de composición mineralógica distinta, alternando capas de epidota-clorita con capas de cuarzo-plagioclasas o sericita. Otras veces el bandeo se identifica con pequeños cambios porcentuales de los minerales.

Las rocas de silicatos cálcicos suelen aparecer en forma masiva o en bancos de espesor métrico, con un diaclasado bien marcado, aunque no excesivo (ver Foto 9).



Foto 9.- Grupo (010f). Excavación artificial realizada en rocas de silicatos cálcicos, en el P.K. 72 de la carretera N-433.

Las rocas mezcla presentan una esquistosidad acusada y tienen un tamaño de grano de medio a fino. Ocasionalmente presentan aspecto terroso. En general se encuentran más fracturadas que las rocas de silicatos cálcicos, y además están más alteradas en superficie.

La estructura general del grupo está constituida por bandas de anchura y longitud variables, con frecuentes acuñamientos e indentaciones laterales de



las distintas formaciones. Probablemente este hecho se explique por las características paleogeográficas de la cuenca, que habría tenido abundantes umbrales, producidos por focos efusivos, entre los que se dispondrían pequeñas cuencas receptoras de sedimentos.

**Geotecnia.-** Las rocas de silicatos cálcicos tienen una alta compacidad y además no son ripables. Su alteración es pequeña, y poseen una permeabilidad acusada, como consecuencia de la fracturación y, en menor medida, del diaclasado.

El conjunto de rocas mezcla se considera ripable en los niveles alterados, y no ripable en la formación sana. La permeabilidad es de valor medio en la zona alterada, y bajo, en la formación sana, aunque dependiendo del grado de fracturación sufrido, dicha permeabilidad puede llegar a ser elevada.

En las rocas de silicatos cálcicos, los taludes de excavación para alturas bajas podrán cortarse subverticales, siempre que no exista una estratificación o un diaclasado desfavorables. En caso contrario, deberá rebajarse la pendiente de los paramentos hasta el valor del buzamiento como máximo, al objeto de evitar deslizamientos planos, o, alternativamente, recortar los taludes con inclinación 2V/1H y disponer medidas de sostenimiento adecuadas. Para taludes de mayor altura, deberán sanearse los paramentos de los elementos inestables que pudieran existir, y construir un cunetón al pie que permita la recogida de derrubios sin que lleguen a afectar a la calzada.

En la formación de rocas mezcla, los taludes de excavación para alturas bajas no deberían tener en general una inclinación mayor de 3V/2H, siempre que no exista esquistosidad o estratificación desfavorables. Para taludes de mayor altura, la inclinación de los paramentos puede ser 1V/1H, y se deben disponer bermas cada cinco metros de altura, y un cunetón amplio al pie para la recogida de derrubios.

#### METACINERITAS Y GNEISES BIOTITICOS, (010g).

**Litología.-** Este grupo está compuesto por metacineritas y por gneises biotíticos.

Las metacineritas son rocas de grano fino, y tonos grises oscuros o morados. Están apizarradas, y frecuentemente presentan brillo satinado. Como componentes mineralógicos principales destacan el cuarzo, sericita, moscovita, minerales arcillosos, epidota, feldespato potásico y, a veces, biotita. Como componentes accesorios figuran apatito, turmalina, material carbonoso, óxido de hierro y leucóxeno.

Los gneises biotíticos son rocas de grano fino y de coloraciones oscuras. A veces presentan un bandeo definido por la distinta concentración de biotita y feldespatos. Es frecuente la existencia de cuarzo de segregación. Sus componentes principales son cuarzo, biotita, feldespato potásico y plagioclasa. Como componentes accesorios se reconocen moscovita, circón, turmalina, andalucita, apatito, cordierita y sillimanita. En origen esta roca debió ser

un sedimento cuarzo-pelítico que tendría aportes esporádicos de materiales volcánicos.

**Estructura.-** A nivel de afloramiento es posible reconocer tres fases de deformación. La primera de ellas es responsable de una esquistosidad de flujo bien marcada. La segunda fase da lugar a una reorientación mecánica de los minerales, y la tercera se traduce en un microplegamiento suave de las superficies anteriormente creadas.

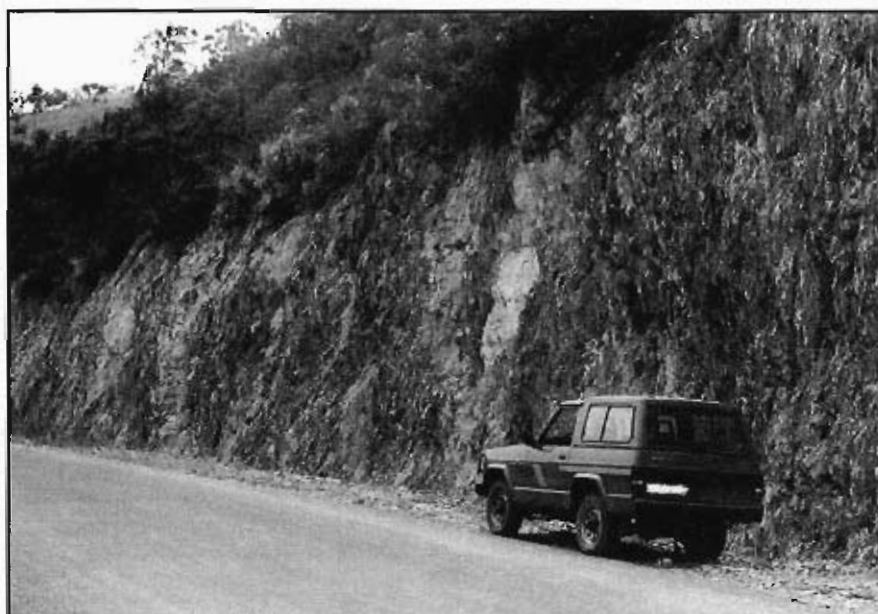


Foto 10.- Aspecto de las metacineritas del grupo (010g), en un talud situado a 2 Km de Carboneras, en la carretera de Aracena a esta población

A escala cartográfica, este grupo da lugar a relieves positivos, y se extiende según una banda discontinua, desde el Norte de Aracena hasta el Norte de Los Marines, en el límite centro-oriental de la Zona 2, donde queda laminado por una gran falla de dirección Oeste-Este. Más al Oeste, vuelve a aparecer al Sur de Jabugo según bandas discontinuas de dirección SE-NO, y pueden seguirse sus afloramientos hasta el Norte de La Corte.

Existen numerosas fallas de desarrollo kilométrico y salto variable, que desplazan esta formación al NE o al SO.

**Geotecnia.-** Este grupo sólo es ripable en los niveles superficiales más alterados. En profundidad y hasta unos 3 ó 4 m presenta una categoría de

ripabilidad marginal. La formación sana y compacta debe considerarse como no ripable.

La permeabilidad tiene valor medio en los niveles alterados y meteorizados, y disminuye con la profundidad, de forma que a los 4 ó 5 m la roca puede considerarse impermeable, aunque puede existir una cierta transmisividad a través de las estructuras de fracturación.

Estos materiales no son aconsejables como material de préstamo, dada su heterogeneidad, alterabilidad y difícil compactación. Sin embargo y en caso de necesidad, podrían utilizarse para la construcción del núcleo de los terraplenes con una puesta en obra cuidadosa y una compactación adecuada y siempre que cumplan las condiciones exigidas en el PG-3.

Los taludes de excavación de baja altura (menor de 5 m) pueden cortarse subverticales si no existe esquistosidad o estratificación desfavorable, y se debería construir una cuneta al pie, de anchura suficiente para la recogida de derrubios. Los taludes de excavación de mayor altura podrán cortarse con inclinación de 60° e incluso superior (ver Foto 10), siempre que no exista estratificación o esquistosidad desfavorable. En caso contrario se recomienda cortarlos con inclinación 1V/1H, construir un cunetón al pie y realizar medidas de sostenimiento adecuadas.

#### MARMOLES, CALIZAS MARMÓREAS Y CALCOESQUISTOS, (110).

**Litología.-** Este grupo está constituido por una formación carbonatada compuesta por mármoles, calizas marmóreas y calcoesquistos.

Los mármoles son masivos, tienen un tamaño de grano de medio a fino, colores grises, blancos u ocre, y presentan una pátina de alteración con coloración marrón oscuro.

Las calizas marmóreas son muy puras, de color blanco y están parcialmente dolomitizadas. A veces llegan a ser auténticas dolomías y entonces la coloración es de tonos crema o grises. En origen eran calizas impuras formadas por aportes de productos vulcanogénicos simultáneos a la precipitación de los carbonatos, en un medio de sedimentación de cuenca somera, dispuesta entre un arco-isla y el continente.

Los calcoesquistos son materiales de grano fino y coloración oscura, que están constituidos por depósitos carbonatados junto con aportes cuarzo-lutíticos, que en gran parte son de origen volcánico. Estos materiales proceden de una serie de depósitos complejos, formados por una mezcla de productos vulcanogénicos finos, que se depositaron junto a rocas carbonatadas. El metamorfismo posterior transformó estos depósitos en calcoesquistos.

**Estructura.-** En general los materiales de este grupo aparecen en forma masiva. No se reconocen las superficies de estratificación debido al metamorfismo que han sufrido los depósitos (ver Foto 11).

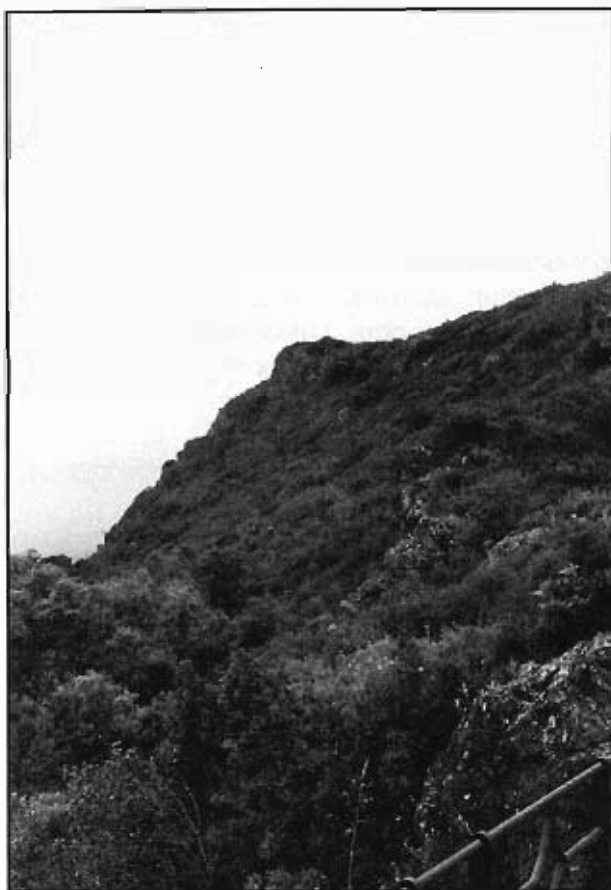


Foto 11.- Aspecto general del grupo 110 en la carretera de Alájar a Fuente-heridos, a 2 km de la primera población.

A nivel cartográfico, los depósitos carbonatados aparecen con estructuras de plegamiento importantes al Este de Aracena y Alájar, y al Norte de Cortegana y Santa Ana la Real. La distribución superficial de los materiales se efectúa según bandas y lentejones de anchura y longitud variables, concordantes con la estructura regional (NW-SE). Poseen un diaclasado importante que puede presentar rellenos arcillosos rojizos, y en varias áreas se detecta una acusada karstificación.

Este grupo origina relieves positivos, y las fallas, de desplazamiento y generalmente sinestrosas, separan el conjunto en bloques con desplazamientos de algunos kilómetros. Los trazados de las fallas siguen direcciones NW-SE, NE-SW y ENE-WSW, y presentan desarrollos kilométricos.

**Geotecnia.-** Este grupo puede considerarse como no ripable. Es necesario el empleo de explosivos para producir la fragmentación de la roca.

Estos materiales pueden ser utilizables como préstamos. De hecho existen varias explotaciones activas que utilizan los productos extraídos para su empleo como áridos de trituración.

La permeabilidad es muy alta en las zonas que presentan una karstificación importante. La capacidad portante, en las formaciones sanas, debe considerarse de tipo alto.

Los taludes de excavación pueden cortarse con inclinaciones subverticales, pero deberá efectuarse un saneo cuidadoso de los paramentos, para evitar dejar cuñas o bloques desprendibles que pudieran afectar a la carretera. También es conveniente construir un cunetón al pie, que permita la recogida de los derrubios producidos.

#### FILITAS, CUARZOFILITAS Y METABASITAS, (130a).

Este grupo se ha definido en la Zona 1, dada su mayor representatividad en ella.

#### COLUVIAL DE JABUGO Y DE SANTA ANA LA REAL, (C1).

**Litología.-** Depósito coluvial formado por cantos angulosos y algo lajosos, de tamaño grava, de vulcanitas, pizarras, filitas y cuarzo, y por una matriz arenosa, media y fina, con algo de limos, en tonos anaranjados y rojizos. La proporción entre gravas (esqueleto) y matriz es de aproximadamente 20% a 80%, respectivamente (ver Foto 12).

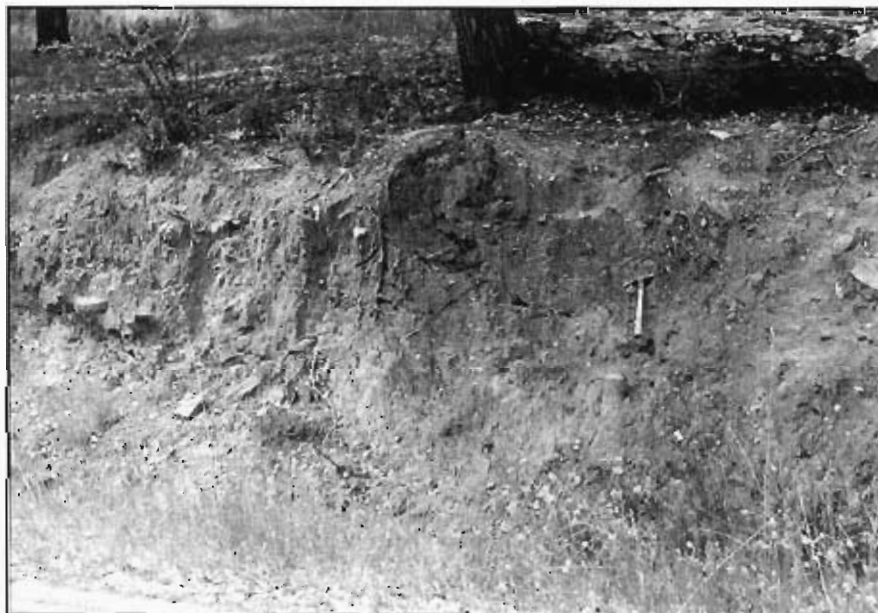


Foto 12.- Aspecto del coluvial C1 en un talud de la carretera de Alájar a Santa Ana la Real, próximo al P.K. 17,5.

**Estructura.-** Los depósitos coluviales ocupan extensiones pequeñas en la Zona. Se presentan en forma masiva, sin estratificación aparente, aunque se reconoce una ligera gradación por tamaños en los pocos cortes reconocidos.

**Geotecnia.-** Los materiales del coluvial son ripables y pueden ser utilizados como préstamos para el núcleo de los terraplenes. La permeabilidad es alta por porosidad intergranular, aunque localmente puede existir un cierto contenido algo mayor en elementos finos que rebaje dicha porosidad, pudiendo entonces dar lugar a pequeños encharcamientos.

La capacidad portante es baja, y por ello, en su caso, sería necesario disponer una explanada mejorada.

La erosionabilidad que presenta este grupo es alta, y por tanto podrán llegar a taponarse los drenes y las pequeñas obras de paso que se construyan. Se recomienda, por tanto, un dimensionado generoso de las mismas.

Los taludes de excavación para alturas bajas podrán cortarse subverticales para evitar la erosión, pero deberá construirse un cunetón amplio al pie que permita la recogida de los derrubios.

#### TRAVERTINO DE ALAJAR, (Q).

**Litología.-** Este grupo está formado por carbonatos masivos, originados como consecuencia de la deposición de carbonato cálcico en surgencias asociadas a fallas. Dichas surgencias son las salidas naturales de los acuíferos instalados en el grupo 110 (ver Foto 13).



Foto 13.- Grupo Q. Aspecto de los travertinos de Alájar.

**Estructura.-** Estos materiales se presentan con carácter masivo y tienen algunos restos mineralizados de tallos e intercalaciones minoritarias de niveles detríticos.

**Geotecnia.-** Los depósitos travertínicos, por su propia naturaleza, presentan una elevada porosidad y abundantes oquedades y conductos, que los hacen muy permeables. En general son depósitos no ripables, debido a la cementación carbonatada, y no son aconsejables como préstamos, debido al elevado volumen de huecos, que podrían dar lugar a colapsos postconstructivos.

Los taludes naturales estables reconocidos son subverticales en los depósitos masivos. Pueden dar origen a desprendimientos importantes si se varían sus condiciones naturales.

### 3.2.5. Grupos geotécnicos

Los distintos materiales que constituyen esta Zona 2 se agrupan, por sus características geotécnicas, en los distintos grupos que a continuación se indican y que se han calificado como "geotécnicos".

- Grupo A: Materiales cuaternarios no cohesivos.- Son formaciones que están compuestas por materiales arenosos, medios y finos, y con un porcentaje en cantos de diversa naturaleza y granulometría del orden del 20% respecto del total. Son depósitos fácilmente ripables, utilizables como préstamos y erosionables.

A este grupo pertenece la formación C1.

- Grupo C: Formaciones rocosas troceadas, pizarrosas y esquistosas.- Constituyen la mayor parte de los afloramientos de la Zona 2. Presentan una permeabilidad tolerable en superficie, pero en profundidad son impermeables. La capacidad portante es pequeña en la zona de alteración y alta en la formación y en la zona de alteración sana. Aunque los niveles superficiales son excavables con medios mecánicos normales, la ripabilidad disminuye con la profundidad. En los taludes de excavación pueden originarse importantes deslizamientos planos a favor de la esquistosidad o de la estratificación, si el talud corta a las estructuras con buzamiento desfavorable (ver Foto 14). En zonas concretas estas formaciones pueden dar lugar a desprendimientos notables.

En este grupo se incluyen las formaciones (130a), (010g), (010c), (010b) y (010a).

- Grupo D: Formaciones carbonatadas compactas.- En general estas formaciones se encuentran karstificadas y por tanto poseen una elevada permeabilidad. Son materiales adecuados para su utilización como préstamos. Poseen

una elevada capacidad portante y no son ripables. En áreas acantiladas, pueden dar origen a desprendimientos puntuales de elevado volumen.

A este grupo pertenecen las formaciones Q y 110.

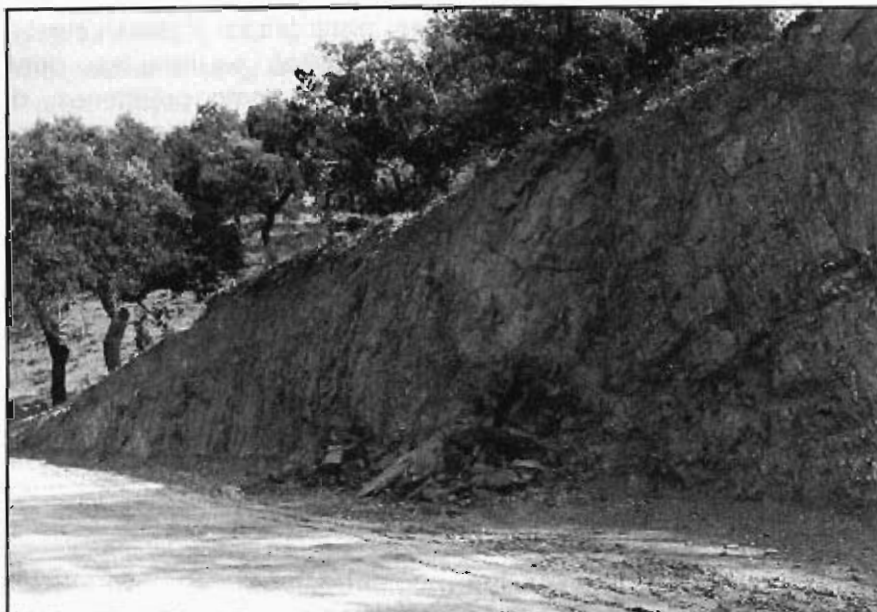


Foto 14.- Deslizamiento de una cuña a favor a la esquistosidad y del diaclasado en el P.K. 5,5 de la carretera de Cortegana a La Corte.

- **Grupo E: Formaciones silíceas y ferruginosas compactas.**- Estos materiales pueden presentar problemas de desprendimientos en zonas acantiladas. No son ripables y poseen una elevada capacidad portante. Son impermeables, excepto en zonas muy tectonizadas, y podrían utilizarse como material de préstamos. Los taludes de excavación pueden cortarse subverticales siempre que no exista estratificación o esquistosidad desfavorable.

Dentro de este grupo sólo se incluye la formación (010 f).

- **Grupo G: Formaciones magmáticas e intrusivas compactas.**- Los materiales de estas formaciones presentan una cierta alteración superficial, y entonces son fácilmente ripables, pero en profundidad no son excavables. Tienen una cierta permeabilidad en los niveles de alteración, pero en profundidad la formación debe considerarse impermeable. En los niveles alterados los taludes de excavación temporales admiten inclinaciones subverticales cuando los materiales se encuentren secos, pero sufren una rápida degradación cuando se humedecen. La formación sana puede admitir inclinaciones subverticales.

A este grupo pertenece la formación 003.



### 3.2.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona

Los problemas geotécnicos que se pueden presentar en esta Zona 2 están relacionados, en primer lugar, con la excavación de taludes artificiales con inclinación inapropiada en las formaciones rocosas troceadas, pizarrosas o esquistasas, que pueden dar lugar a deslizamientos planos de cuñas o bloques, bien a favor de la estratificación o bien de la esquistosidad (ver Foto 15). Dichos problemas pueden producirse en los grupos (130 a), (010 f), (010 b) y (010 a).

En áreas acantiladas y en formaciones rocosas competentes, se pueden producir importantes desprendimientos de elevado volumen, sobre todo si los materiales se encuentran con un diaclasado y una tectonización intensas. Las formaciones que pueden verse afectadas por estos procesos son la Q, 110, (010f) y (010c).

Problemas derivados de la baja capacidad portante se darán en aquellas formaciones que poseen un nivel de alteración superficial importante. Es el caso de los grupos C1, (010g), (010c), (010b) y 003.



Foto 15.- Deslizamiento plano de tipo cuña a favor de la esquistosidad y de una gran zona fallada. Nueva variante de Jabugo.

Habrà que tener en cuenta la problemática que supone la erosión en las pendientes naturales que sobrepasen una inclinación media mayor de 20°, así como en los grupos que tienen una cobertera de alteración importante y en el coluvial C1.

### 3.3. ZONA 3: SIERRAS DE CORTEGANA Y ARACENA, Y LOMAS Y CERROS DE SANTA ANA

#### 3.3.1. Geomorfología

La Zona 3 comprende la esquina suroeste del cuadrante 917-4, la mayor parte del cuadrante 917-3, casi toda la mitad meridional del cuadrante 917-2, y una pequeña franja de dirección Este-Oeste, que se extiende por el Norte de los cuadrantes 938-1 y 938-4.

En esta Zona se reconoce, en parte, la divisoria fluvial entre el río Guadiana, al Norte, y el río Odiel, al Sur. Dicha divisoria se orienta según una alineación de sierras dispuestas de NW a SE entre Cortegana y Santa Ana la Real, y de ESE a WNW entre esta última población y Aracena.

El conjunto de sierras que marcan esta divisoria fluvial se conoce como la Sierra de Aracena, y su disposición y orientación está condicionada por la estructura tectónica regional. Las capas se presentan con buzamientos generalmente hacia el NE. En consecuencia, si se efectúa el trazado de una carretera en sentido longitudinal a dichas sierras y se realizan desmontes importantes, se pueden originar deslizamientos planos de elevado volumen, a favor de la esquistosidad o de la estratificación, ya que las excavaciones tendrían que realizarse con buzamientos desfavorables respecto del trazado.

Al Sur de las sierras principales, que discurren aproximadamente por la parte central de la Zona 3, se reconocen las lomas y cerros de Santa Ana, constituidos por extensos afloramientos de materiales ígneos, y que dan lugar a relieves negativos y deprimidos con respecto a las sierras. En superficie existen depósitos discontinuos de suelos de alteración, en ocasiones de espesor métrico, que pueden dar lugar a deslizamientos y erosiones importantes si se excavan con inclinaciones inadecuadas.

La alteración de algunas de las formaciones rocosas da lugar en ocasiones a una disyunción en bolos recubiertos por materiales arenizados sueltos. Si en estos materiales se realizan excavaciones, los bolos pueden quedar desarraigados y desplomarse hacia la calzada, por lo que deberá asegurarse su estabilidad o proceder a su retirada.

Las formaciones ortoanfibolíticas, dioríticas y calcáreas, localizadas preferentemente al Norte de las sierras principales, presentan una mayor resistencia a la erosión que los materiales volcánicos y gneísicos, y originan resaltes morfológicos positivos. En estos materiales y en áreas donde existan asomos rocosos o cantiles, y en los que el diaclasado haya fragmentado la roca, pueden producirse importantes desprendimientos de material, de carácter puntual, aunque de elevado volumen.

La red hidrográfica a uno y otro lado de la divisoria fluvial se encaja rápidamente en los materiales existentes, debido generalmente a su baja resistencia y a su erosionabilidad. Por estas mismas razones la red hidrográfica se presenta marcada y con un grado de diversificación importante. En la figura 3.7 puede verse la situación de la Zona 3 y la de los cortes geológicos y el bloque-diagrama realizados. En la Figura 3.8 los tres cortes geológicos y en la Figura 3.9 el bloque-diagrama.

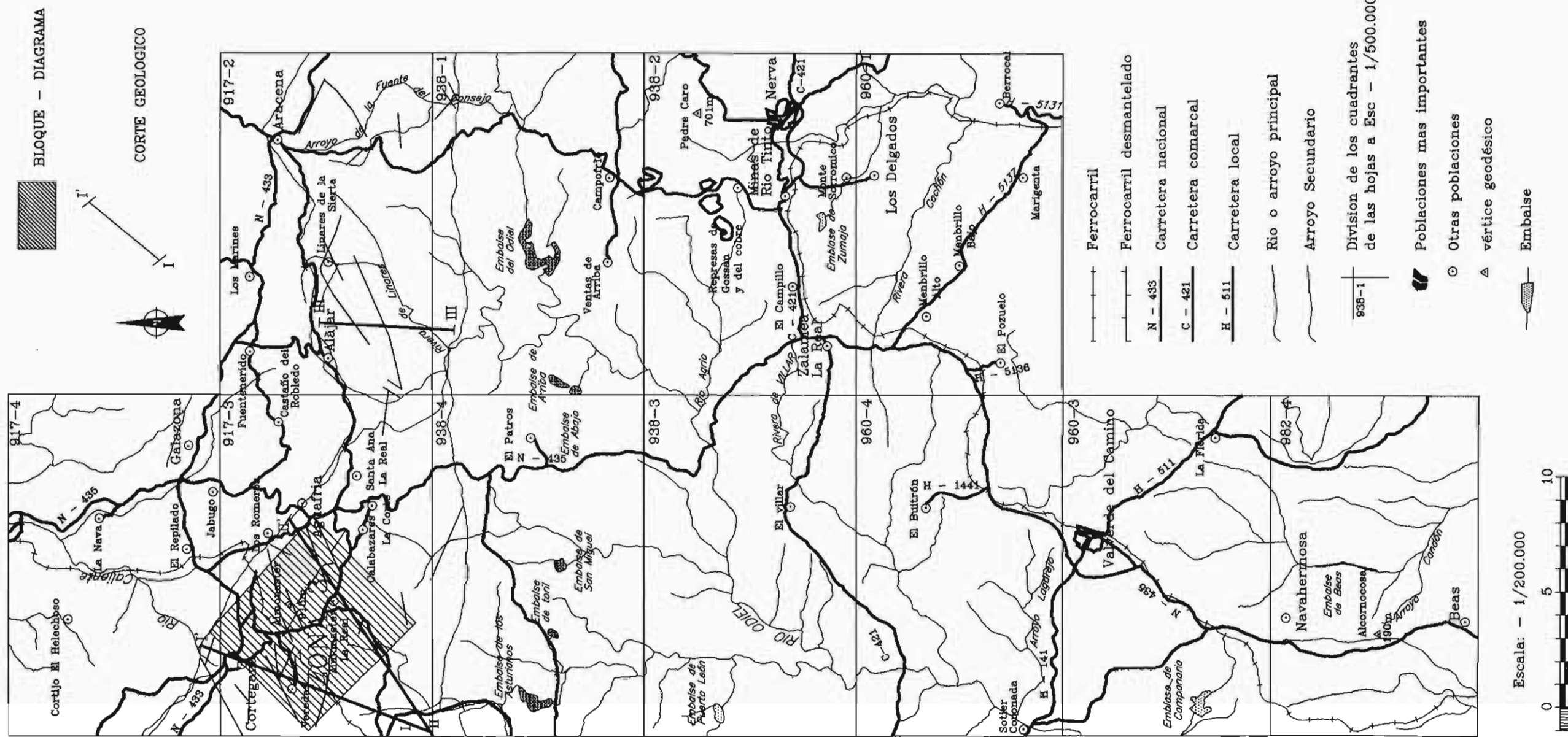


FIG.3.7. - ESQUEMA DE SITUACION DE LA ZONA 3, CORTES GEOLOGICOS Y BLOQUE - DIAGRAMA REALIZADOS EN LA MISMA.

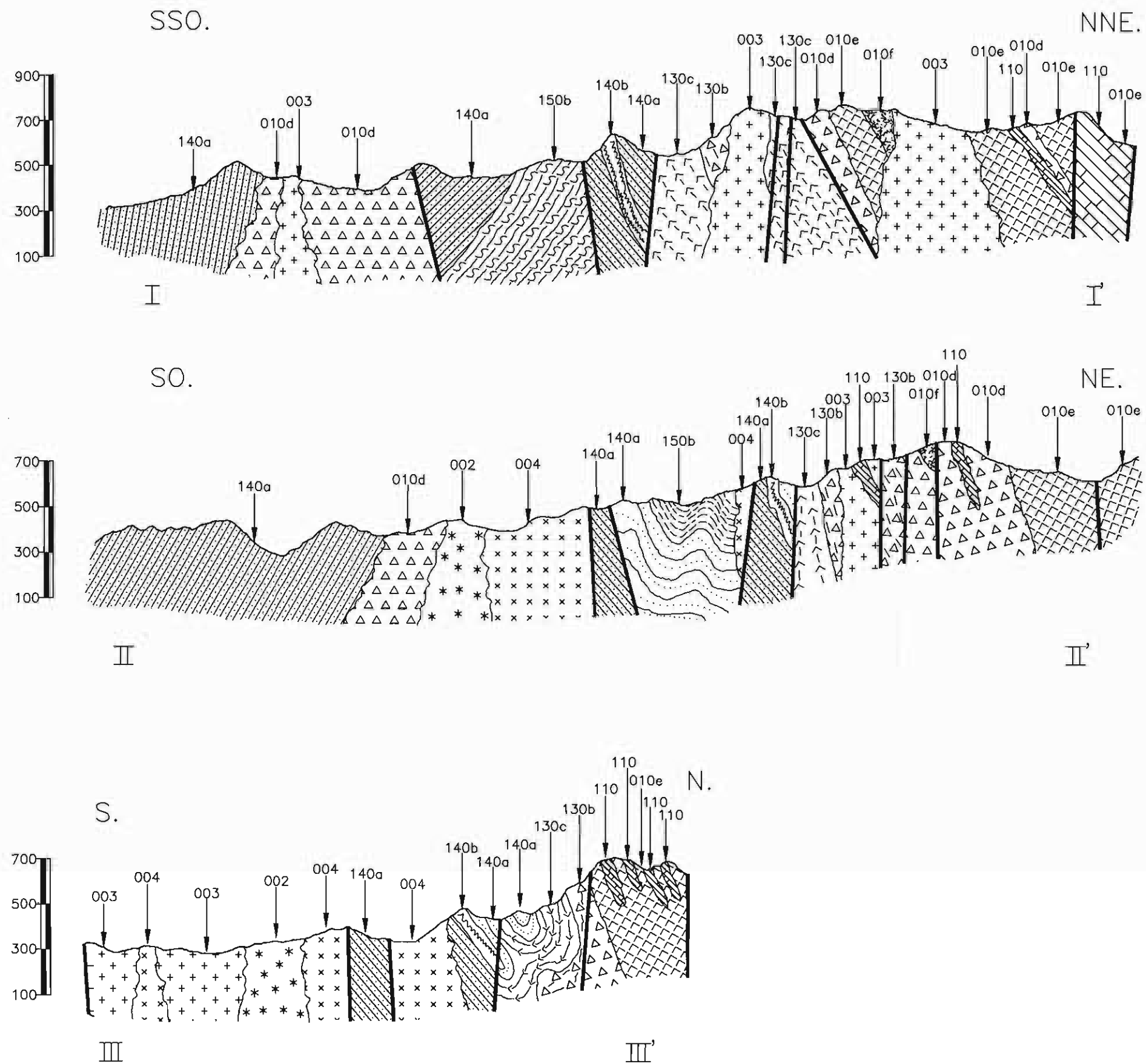


FIG.3.8. — CORTES GEOLOGICOS DE LA ZONA 3

ESCALA: H: 1/50.000  
V: 1/20.000

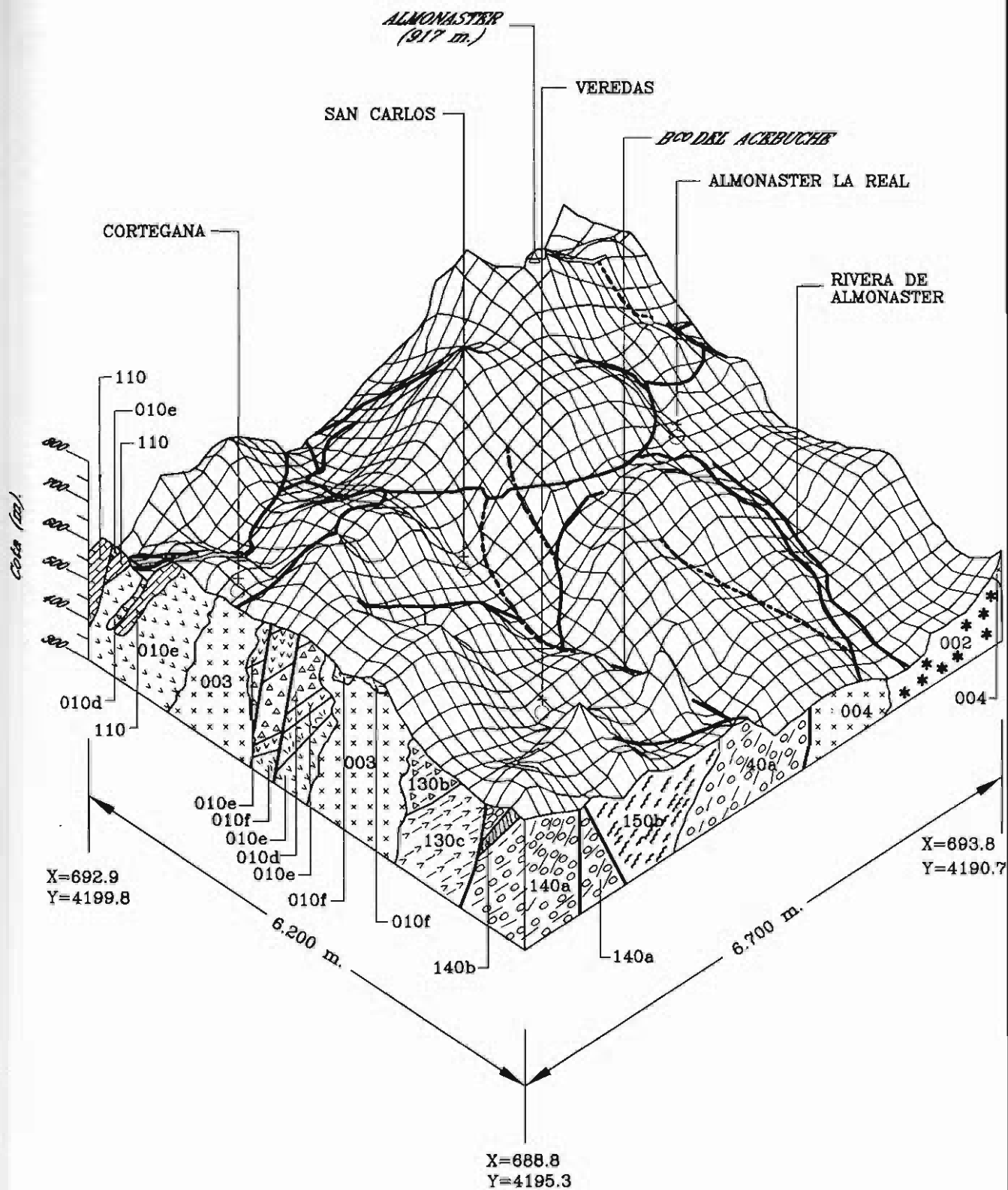


FIG.3.9. - BLOQUE DIAGRAMA DE LA ZONA 3.

### 3.3.2. Tectónica

Los materiales de la Zona 3 han sufrido los efectos de la Orogenia Hercínica, cuya distribución y geometría polifásica se describe seguidamente.

- **Fase I.** Durante esta primera fase la dirección general de esfuerzos es la NE-SW, con desarrollo mayor en sentido al Suroeste, lo que se traduce en una serie de pliegues, con ejes axiales subhorizontales y paralelos, direcciones de NNW a SSE y otras de NW a SE, y vergencia general al Sur ó al Suroeste. En esta fase se desarrolla además una esquistosidad de flujo sinmetamórfica.

- **Fase II.** Tras la fase I se origina una serie de pliegues, de tendencia similar, con direcciones de ejes de N20°E a N50°E, vergencia general al Noroeste o al Oeste, y acompañados de una esquistosidad de fractura bien marcada. Esta fase se reconoce difícilmente en esta Zona.

- **Fase III.** Durante esta fase se generan pliegues de geometría cilíndrica y subcoaxiales a los pliegues generados en la fase I. La dirección de los ejes de estos pliegues está comprendida generalmente entre N100°E y N120°E.

- **Fase IV.** Esta última fase de plegamiento origina pliegues retrovergentes, del tipo de "kink-bands", de charnela simple y flancos rectos a escala de afloramiento. Estos pliegues se interpretan como estructuras de aplastamiento, con esfuerzos según la dirección de la estratificación, y una vez que las capas ya se encontraban inclinadas.

- **Fase de fracturación.** En la Zona 3 se reconocen diversas familias de fallas con direcciones variables. Merecen destacarse las siguientes:

Fallas de rumbo NW-SE. Se reconocen sobre todo en la mitad noroccidental de la Zona y presentan desarrollos kilométricos. Una falla de esta familia marca el límite entre la Zona 2 y la Zona 3.

Posteriores a esta familia, se reconocen otras, con direcciones WSW-ENE, que separan los materiales en bloques más o menos paralelos y con componente sinestrosa. El desarrollo de estas fallas es menor que el de la primera familia, aunque alcanza longitudes de algunos kilómetros (2 a 3 km).

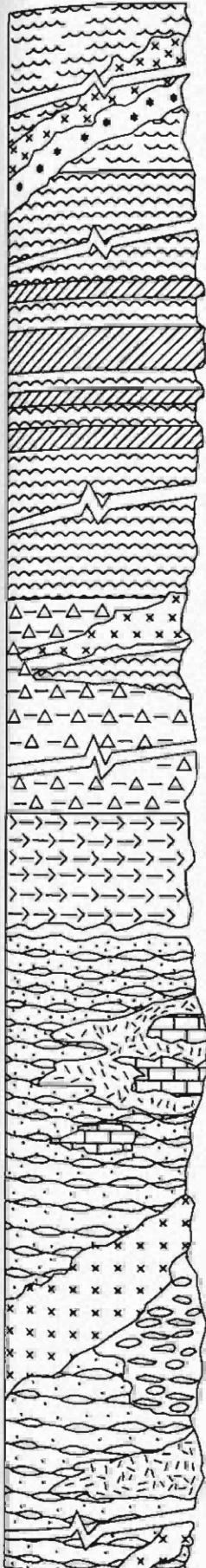
Otra familia importante de fallas de dirección aproximada E-W y en relación con la cual se intruyen rocas ígneas, se reconoce en el área central y occidental de la Zona. Esta familia funciona como desgarres sinestrosos, son subverticales, y su generación es posterior a las últimas estructuras hercínicas.

Otra familia de fallas de menor importancia relativa y poco representada en la Zona, es la de dirección próxima a la N-S. Corresponden a estructuras conjugadas con las fallas de dirección WSW-ENE.

### 3.3.3. Columna estratigráfica

Las formaciones geológicas que afloran en la Zona 3 están representadas en la columna estratigráfica próxima a esta referencia.

### 3.3.3. - COLUMNA ESTRATIGRAFICA

COLUMNA LITOLOGICA	REFERENCIA LITOLOGICA	REFERENCIA GEOTECNICA	DESCRIPCION	EDAD
	002	G	Pórfidos graníticos Igneos.	?
	150b	C	Pizarras , grauvacas , cuarzo- vacas y cuarcitas.	Devónico Superior- Carbonífero.
	140b	E	Cuarcitas con intercalaciones de esquistos.	Silúrico- Devónico.
	140a	C	Esquistos con intercala- ciones cuarcíticas.	Silúrico- Devónico.
	003	G	Dioritas , cuarzodioritas y gabros.	?
	130b	G	Ortoanfibolitas toleíticas de grano grueso.	Silúrico.
	130c	C	Ortoanfibolitas toleíticas de grano fino.	Silúrico.
	110	D	Carbonatos , calizas marmóreas, mármoles , dolomías y calcoes- quistos.	Cámbrico Inferior.
	010f	E	Rocas de silicatos cálcicos.	Precámbrico Superior.
	010e	G	Gneis biotíticos , piroxénicos y/o anfibólicos.	Precámbrico Superior.
	004	G	Granitos , granodioritas y adamellitas.	?
	010d	G	Ortogneises.	Precámbrico Superior.
	001	G	Sienitas Igneas.	Precámbrico Superior.

ESCALA 1 : 5.000.

### 3.3.4. Grupos litológicos

En este apartado se describen las características litológicas, estructurales y geotécnicas de las formaciones geológicas que afloran en esta Zona 3. Son las siguientes:

SIENITAS, (001).

**Litología.-** Este grupo se localiza al Este de Cortegana como un pequeño afloramiento asociado a una falla. Son rocas granudas, con tamaño de grano variado, color claro, y en general con tonos rosados. Como minerales principales se reconocen feldespato potásico y plagioclasa (albita). Como componentes accesorios figuran anfíbol, cuarzo, piroxeno, epidota, biotita, apatito, granate, esfena y rutilo. La textura es alotriomórfica y, en ocasiones, hipidiomórfica.

**Estructura.-** Esta formación se dispone con estructura masiva, sin orientación, aunque en ocasiones se reconocen estructuras fluidales, correspondientes a rocas magmáticas intrusivas. En los afloramientos es difícil establecer límites o separaciones con los materiales adyacentes, dado que los contactos entre la roca caja y la intrusión no son visibles, tanto por el tránsito gradual entre los materiales, como por los recubrimientos de alteración (que enmascaran los contactos).

**Geotecnia.-** Estas rocas no son ríptiles y su permeabilidad es nula. Son materiales canterables y utilizables como préstamos para la coronación de terraplenes y, probablemente, para subbase, base y capa de rodadura, aunque deberán efectuarse los ensayos pertinentes para determinar su calidad. La capacidad portante es alta.

Los taludes de excavación para distintas alturas podrán cortarse con inclinaciones subverticales. Hay que exceptuar la zona superficial de alteración, si la hubiere, en la cual se deben dar inclinaciones de 1V/1H. Al ejecutar la excavación deberá evitarse que queden elementos inestables que pudieran desprenderse, mediante un saneo cuidadoso de los paramentos.

PORFIDOS GRANITICOS, (002).

**Litología.-** Este grupo está formado por pórfidos graníticos de carácter ígneo, que se reconocen en la parte central de la Zona. Son rocas de grano grueso y textura porfídica, aunque en ocasiones el tamaño de grano es más fino. Sus componentes principales son cuarzo, feldespato potásico y plagioclasas, y los accesorios: clorita, sericita, apatito, rutilo, circón, epidota, moscovita y pirita.



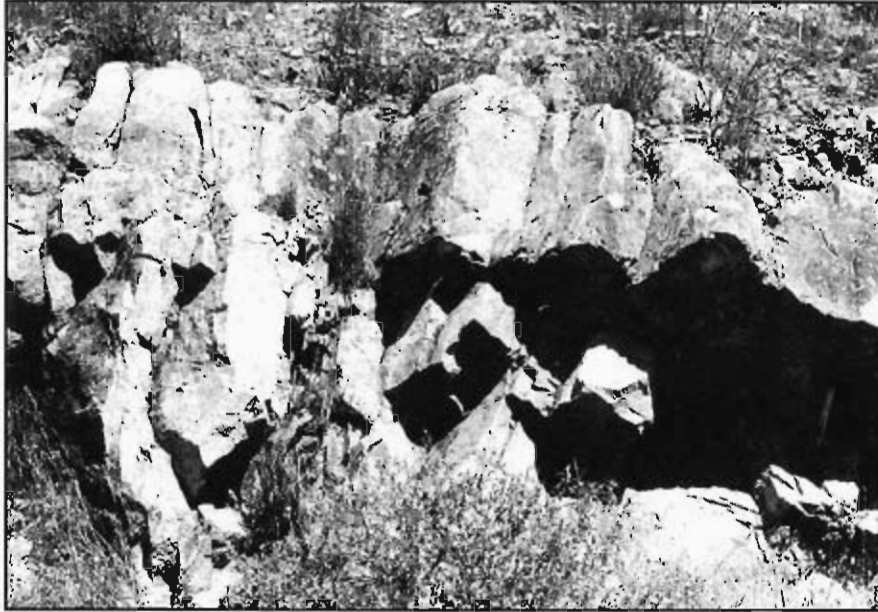


Foto 16.- Detalle de los pórfidos del grupo 002 en el kilómetro 33,1 de la carretera de Aracena a Campofrío.

En superficie aparece en ocasiones un nivel de alteración, en el que los procesos de arenización incipiente no llegan a desagregar totalmente la roca.

Existen también pequeños diques de aplitas y de rocas básicas, así como otros de cuarzo, que intruyen el conjunto, aunque con potencias reducidas (no sobrepasan el metro y medio de espesor).

**Estructura.-** Esta formación se dispone con carácter masivo, según bandas de anchura variable y dirección Este-Oeste, que están cortadas por fallas de rumbo NW-SE.

A nivel de afloramiento algunas veces se reconoce una notable fracturación, con diaclasas cerradas y sin rellenos, y otras se observan diques de cuarzo y de aplitas, intruidos a favor de las fracturas.

La alteración superficial de estos pórfidos no se realiza de una forma homogénea, y así existen áreas en donde aflora la roca sana, con disyunción en bolos o masiva, y áreas en las que los procesos de alteración han dado lugar a una meteorización total, "in situ", de la roca, aunque sin desagregar totalmente los materiales.

**Geotecnia.-** Los niveles superficiales de alteración que presenta la roca poseen una capacidad portante media, y son además permeables y fácilmente ripables. La formación sana, en cambio, es impermeable y no ripable, por lo que en caso de tener que efectuar excavaciones, éstas deberán realizarse por medio de voladuras.

Los taludes de excavación podrán cortarse con inclinación subvertical, pero deberán eliminarse los elementos inestables de los paramentos, producidos por las voladuras, para evitar que su caída afecte a la carretera (ver Foto 16). En el nivel de alteración superficial, los taludes deberán rebajarse al menos hasta 1V/1H.

Los materiales de este grupo son canterables, tanto para la coronación de los terraplenes, como para las capas de subbase, base y rodadura, aunque deberán realizarse los ensayos correspondientes para determinar la calidad del material a utilizar.

#### GABROS, DIORITAS, CUARZODIORITAS, DIABASAS Y GABRODIABASAS, (003).

Este grupo se ha definido en la Zona 2, dada su mayor representatividad en ella.

#### GRANITOS, GRANODIORITAS Y ADAMELLITAS, (004).

**Litología.-** Está compuesto este grupo por granitos, granodioritas y adamellitas, que se diferencian entre sí por el tamaño de grano y por pequeñas variaciones en los porcentajes de los componentes mineralógicos, aunque el aspecto externo es bastante similar.

En general son rocas de grano medio (granitos) y finos (granodioritas y adamellitas), cuyos componentes mineralógicos principales son cuarzo, feldespático potásico, plagioclasas (albita-oligoclasa) y biotita. En las granodioritas también se reconoce hornblenda. Como componentes accesorios figuran apatito, epidota, circón, clorita secundaria, biotita alterada, rutilo y menas metálicas.

En algunas áreas y en superficie se reconocen procesos de alteración importante, que dan lugar a jabres discontinuos y de espesor variable.

En algunas áreas se han reconocido pequeños diques de naturaleza ácida (cuarzo y aplitas, principalmente) o básica (diabasas), que intruyen al conjunto granítico.

**Estructura.-** La estructura del grupo es masiva, aunque existe una fracturación y un diaclasado importantes que dan lugar a una meteorización intensa en determinadas áreas, produciendo depósitos de arenas limosas ("lehm" granítico), de espesor y extensión variables (ver Foto 17). En otras ocasiones la meteorización produce una disyunción en bolos, cuyos tamaños dependen de la intensidad tanto del diaclasado como de la meteorización. A nivel general, los afloramientos de granitos y rocas asociadas se disponen según bandas extensas de dirección Este-Oeste, que están atravesadas por fallas principales de desarrollo kilométrico y rumbos de Noroeste a Sureste.



Foto 17.- Grupo 004. Afloramiento localizado en el P.K. 3 de la carretera de Almonaster la Real a Gil Márquez. Nótese la alteración sufrida y la disyunción en bolos en primer término.

**Geotecnia.-** Los niveles superficiales de alteración, así como las zonas diaclasadas y meteorizadas, presentan una permeabilidad acusada, y son además fácilmente ripables. La formación sana y compacta posee una permeabilidad nula, y sólo existen planos de transmisividades preferenciales en las zonas diaclasadas o falladas. Además no es ripable y en caso de ser necesaria su excavación, deberá recurrirse a empleo de explosivos para fragmentar la roca, antes de proceder a su remoción mecánica.

La capacidad portante es alta en la formación sana, y disminuye lógicamente en los niveles superficiales alterados y desagregados.

La formación sana puede ser utilizable como fuente de áridos de machaqueo para la capa de rodadura, aunque evidentemente deberán efectuarse los ensayos pertinentes para determinar su calidad para tal fin.

Los taludes de excavación para alturas bajas y medias podrán cortarse subverticales, siempre que no existan bolos rocosos compactos, englobados en una matriz arenosa suelta, que puedan alcanzar la carretera si se desprenden. En este caso deberá efectuarse un saneo cuidadoso de los elementos inestables. Para taludes de excavación de mayor altura, son admisibles las mismas inclinaciones anteriores si se siguen las recomendaciones precedentes y se construye un cunetón amplio al pie, para recogida de posibles derrubios. En los tramos más alterados y meteorizados, la inclinación adecuada puede ser la 1,5V/1H.

## ORTOGNEISES, (010d).

**Litología.-** Este grupo está constituido por el denominado "ortogneis de Gil Márquez" (gneis derivado de rocas ígneas), que ocupa una extensión de unos 4 Km<sup>2</sup> en el borde centro-occidental de la Zona, y por unos afloramientos en forma de bandas de anchura variable, que se pueden seguir desde el Sur de Cortegana y Alájar, hasta Linares de la Sierra y Aracena. Son rocas que presentan un tamaño de grano de medio a grueso, ricas en cuarzo, feldespatos y biotita, y con coloraciones ocres o rojizas cuando están alteradas, y oscuras y grisáceas en corte fresco.

En superficie y de manera discontinua se reconoce un suelo de alteración, constituido por arenas más o menos limosas, con algunos cristales grandes (1 a 2 cm de diámetro) de cuarzo y feldespatos sin alterar.

La meteorización y la alteración, que es bastante generalizada, se concentran sobre todo en las zonas diaclasadas, dando lugar a una disyunción en bolos, como la observada en la Foto 18.

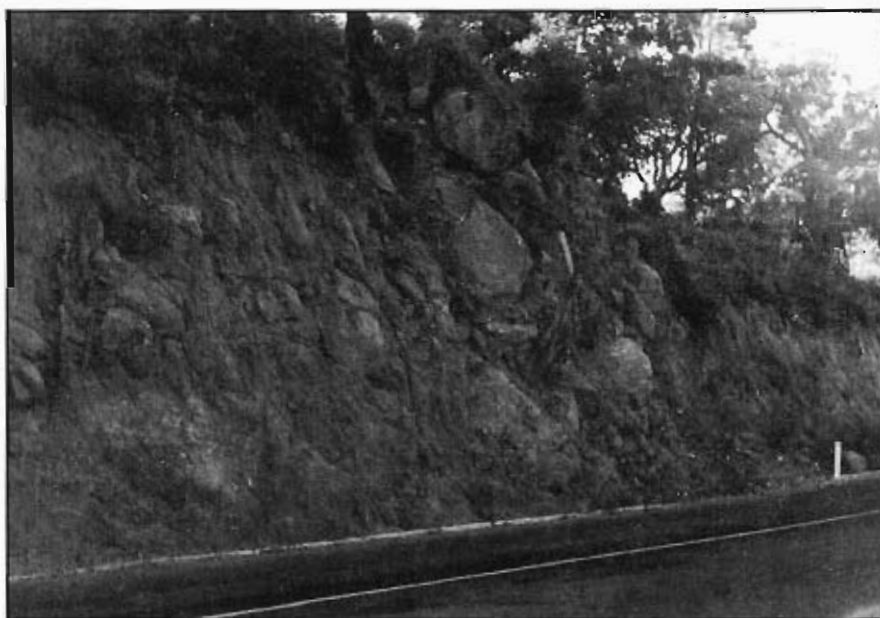


Foto 18.- Disyunción en bolos de los ortogneises del grupo (010d) en el kilómetro 11 de la carretera de Almonaster la Real a Santa Ana la Rcal.

**Estructura.-** La disposición estructural del conjunto es en forma masiva, aunque se reconocen un diaclasado intenso y profundo y una foliación marcada. La relación con las formaciones adyacentes se efectúa mediante un contacto mecánico, o bien por medio de falla, aunque en ocasiones existe una aparente continuidad de las series.

Los afloramientos en bandas, que se reconocen desde Cortegana hasta Santa Ana la Real, están desplazados varios cientos de metros, por medio de fallas sinestrosas, de dirección WSW-ENE y saltos hectométricos. En las bandas situadas entre Alájar y Aracena, los desplazamientos llegan a ser de orden kilométrico en la horizontal.

**Geotecnia.-** Esta formación se encuentra parcialmente alterada en los niveles superiores, aunque dicha alteración no se produce de una manera homogénea. Los niveles alterados son fácilmente ripables, pero debe tenerse en cuenta la existencia de bolos y bloques grandes, no ripables, incluidos dentro de áreas alteradas, que en caso de tener que excavarlas, sólo se podrán fragmentar mediante taqueos o pequeñas voladuras.

La formación sana y compacta, infrayacente, es impermeable y no ripable. Dicha formación es canterable y utilizable como préstamos para las explanadas y para la capa de rodadura, aunque deberán efectuarse los correspondientes ensayos para determinar su calidad para tal fin.

En la formación sana los taludes de excavación pueden cortarse con inclinación subvertical, saneando los paramentos de los elementos inestables que pudieran crearse tras las voladuras. En los niveles alterados, la inclinación de los taludes no debe sobrepasar los 45°, ya que pueden dar lugar a deslizamientos si se cortan con mayor inclinación. También se recomienda la construcción de un cunetón amplio al pie del talud, para la recogida de derrubios.

#### GNEISES Y ORTOANFIBOLITAS, (010e).

**Litología.-** Este grupo está constituido por un conjunto compuesto por gneises y ortoanfíbolitas.

Los gneises son en general de naturaleza cuarzo-feldespática y tienen tonos marrones y grises, y contenidos variables de biotita, anfíbolitas y piroxenos. Ocasionalmente se reconoce grafito, lo que les da una coloración negruzca. El tamaño de grano suele ser fino y se reconoce una diferenciación en bandas de tonos claros y oscuros, en función del mayor o menor contenido en cuarzo y/o biotita o feldespato. En ocasiones se reconocen grandes fenoblastos de cuarzo y otras veces aparecen cristales no alterados de feldespato potásico. Intercaladas entre las bandas claras y oscuras, pueden aparecer pequeños lechos de cuarcitas grafitosas, a veces con sulfuros. En otras ocasiones se han observado pequeños lentejones de mármoles y de rocas básicas ortoderivadas.

Las ortoanfíbolitas son rocas de color verde oscuro, a veces grisáceo, y con un tamaño de grano medio y fino. Son materiales procedentes de rocas ígneas básicas, interpretables como los productos de un vulcanismo básico submarino, ya que se han encontrado mezcladas con pequeñas capas de naturaleza carbonatada. En ocasiones se las clasifica como gneises anfíbolíticos, aunque debe destacarse el hecho de que son ortoderivados.

**Estructura.-** A nivel de afloramiento este grupo presenta un bandeo característico en tonos claros y oscuros, correspondientes a las distintas proporciones mineralógicas de cuarzo y feldespato, junto con un diaclasado bastante marcado.

Estos materiales han sufrido dos fases de deformación. La primera, de características sinmetamórficas, ha originado una textura lepidoblástica de los minerales filíticos (esquistosidad de flujo) y una recristalización del cuarzo. La segunda fase, visible sólo en ocasiones, ha dado lugar a una esquistosidad de fractura, que produce a su vez una reorientación mecánica de los minerales, llegando a recristalizar biotita.

A nivel cartográfico, esta formación ocupa una gran extensión superficial. Aflora según una banda continua, de dirección NW-SE, que discurre desde Cortegana, pasando por Los Romeros y Los Morales, hasta Santa Ana la Real. Desde aquí hasta Aracena, los afloramientos se disponen según una dirección aproximada ONO-ESE. Esta banda de gneises se encuentra fallada en sentido E-W y NE-SW, y está delimitada al Norte por un gran accidente tectónico, que la separa (en gran parte) de la formación (010b).

**Geotecnia.-** Este grupo debe considerarse permeable en los niveles superficiales de suelos residuales, semipermeable por fisuración en los dos o tres metros superiores de roca alterada, e impermeable en la formación rocosa sana. Tanto el suelo residual superficial, como los niveles superiores alterados de la roca, pueden ser ripables y excavables, pero la formación sana deberá considerarse no ripable.

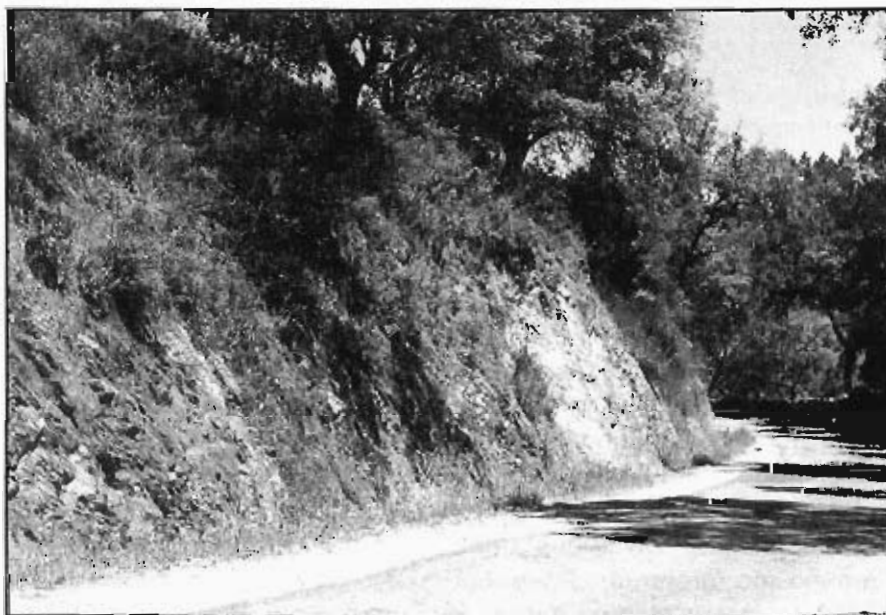


Foto 19.- Grupo 010 e. Aspecto superficial de los gneises, en un pequeño desmonte próximo al P.K. 1,8 de la carretera de Cortegana a La Corte.

Los materiales extraídos como producto de las excavaciones podrían emplearse en la construcción del núcleo de los terraplenes con una compactación adecuada, pero no son válidos para la coronación de los mismos.

Los taludes de excavación para alturas bajas y medias (menores de 20 m) pueden cortarse con inclinaciones de 2V/1H, siempre que no exista una esquistosidad o un diaclasado desfavorable, paralelo al trazado (ver Foto 19).

Se deberían colocar bermas cada 5 m de altura y disponer, al pie del talud, un cunetón amplio que permita la recogida de los derrubios producidos.

#### ROCAS MEZCLA Y DE SILICATOS CALCICOS, (010f).

Este grupo se ha definido en la Zona 2, dada su mayor representatividad en ella.

#### MARMOLES, CALIZAS MARMOREAS Y CALCOESQUISTOS, (110).

Este grupo se ha definido en la Zona 2, debido a su mayor extensión en ella.

#### ORTOANFIBOLITAS TOLEITICAS DE GRANO FINO, (130c).

**Litología.-** Este grupo se compone de ortoanfibolitas toleíticas de grano fino, que esporádicamente intercalan pequeños episodios detríticos (esquistos cloríticos). Son rocas oscuras, de coloraciones grises o verdosas, muy homogéneas, y que a veces presentan algunos porfidoblastos de plagioclasa y piroxeno monoclinico. Como componentes accesorios se pueden citar el cuarzo, epidota, esfena, leucoxeno, feldespato potásico y apatito, y como minerales secundarios, la sericita y distintos minerales arcillosos producto de la alteración de las plagioclasas.

**Estructura.-** La formación de ortoanfibolitas de grano fino aflora al Sur del grupo (130b), según una banda de gran continuidad lateral, desplazada por fallas levóginas de dirección N60°E.

La mayor extensión de los afloramientos de esta formación se localiza al Sur de Aracena, disminuyendo progresivamente la potencia en sentido Este-Oeste.

A nivel de afloramiento, esta formación se encuentra muy foliada y esquistosada y tiene un aspecto hojoso o tableado. Este hecho, unido al notable diaclasado, da lugar a pequeños clastos angulosos, de tamaños variables, en las zonas más superficiales.

Esta formación da lugar a relieves más suaves que los del grupo (130 b), ya que tiene una resistencia a la erosión algo menor que la de éste.

**Geotecnia.-** Este grupo sólo es ripable en los niveles superficiales más alterados. En profundidad y en la formación sana, la ripabilidad debe considerarse nula. La permeabilidad es alta en superficie, pero disminuye progresivamente con la profundidad, hasta llegar a la formación rocosa sana, que debe considerarse impermeable, aunque exista una cierta transmisividad preferente a través de las facturas y diaclasas mayores.



Foto 20.- Talud de desmonte realizado en las ortoanfíbolitas del grupo (130c), en el P.K. 5,5 de la carretera de Almonaster la Real a Cortegana.

Los materiales extraídos de las excavaciones podrían ser utilizables como préstamos en la construcción de terraplenes y posiblemente para la coronación de los mismos, aunque deberá determinarse su calidad en el laboratorio.

Los taludes de excavación de alturas bajas y medias pueden cortarse con inclinaciones de 3V/1H en la formación sana (ver Foto 21), y con pendientes 1V/1H en los niveles alterados, siempre que no exista un buzamiento de la esquistosidad o del diaclasado desfavorable.

#### ORTOANFIBOLITAS TOLEÍTICAS DE GRANO GRUESO, (130b).

**Litología.-** Este grupo está constituido por ortoanfíbolitas, de afinidad toleítica, procedentes de rocas básicas magmáticas. Son rocas bandeadas, de tonalidades grisáceas cuando están alteradas, y de coloración anaranjada u ocre en corte fresco. El tamaño de grano varía de grueso a medio, y en



muestra de mano pueden reconocerse los cristales de anfíboles y feldespatos calcosódicos (plagioclasas), causantes del bandeo anteriormente mencionado, probablemente debido a un fenómeno de diferenciación metamórfica.

En superficie existe un nivel de alteración, poco potente, de arenas limosas constituidas por pequeños cristales alterados de anfíbol y plagioclasas.

**Estructura.-** Este grupo aparece como un nivel continuo, de dirección WNW-ESE, desde el Suroeste de Cortegana hasta La Corte. Dicho nivel se encuentra separado en bloques por efecto de algunas fallas sinestrosas, de dirección WSW-ENE y desplazamientos de varios cientos de metros. Desde La Corte hasta Alájar la formación adquiere una dirección W-E, para irse incurvando según una dirección NW-SE hasta el Sureste de Aracena. En este último tramo se reconoce también una serie de fallas, en menor número que en los afloramientos anteriores, pero con desplazamientos más importantes, longitudes kilométricas y direcciones NE-SW y NW-SE.

A nivel de afloramiento se observa que estos materiales originan resaltes morfológicos positivos (ver Foto 20). También se reconocen un bandeo y un diaclasado poco marcado. La fracturación es discontinua, existiendo áreas donde se han producido intrusiones de cuarzo. En otras ocasiones las fracturas han originado una trituración del material (cataclastitas), pero en general las potencias son de poca importancia, no llegando a superar normalmente los 30 ó 40 cm.

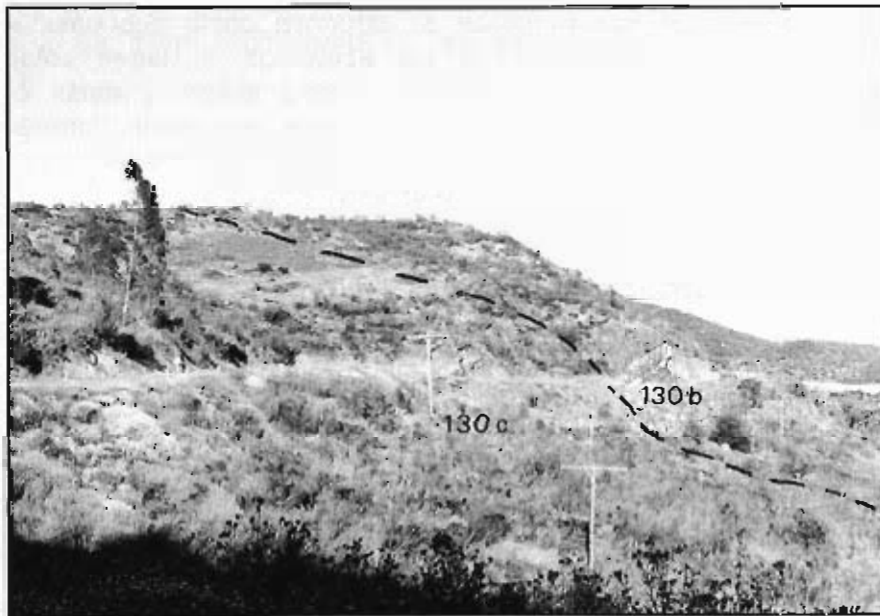


Foto 21.- Aspecto general del grupo (130b), en contacto con las ortoanfíbolitas de grano fino (grupo 130c). P.K. 9 de la carretera de Almonaster La Real a Santa Ana La Real.

**Geotecnia.-** Los niveles superficiales más alterados de esta formación pueden considerarse ripables. En profundidad y en la formación sana la ripabilidad es nula, por lo que en caso de tener que hacer excavaciones, éstas deberán efectuarse mediante voladuras.

La permeabilidad es alta en el nivel de alteración, pero disminuye rápidamente con la profundidad.

Estas rocas podrían emplearse como préstamos en la construcción de los terraplenes e incluso para pedraplenes, aunque deberán desecharse los niveles superficiales de alteración.

En los taludes de excavación de baja altura (menor de 5 m), la inclinación puede ser subvertical en la formación sana, y de 1V/1H en los niveles de alteración, siempre que no exista la posibilidad de que se produzcan deslizamientos de bloques o cuñas a favor del diaclasado o de la estratificación. Para taludes de mayor altura, es recomendable rebajar la pendiente de los paramentos hasta la 2V/1H, construir bermas cada 5 m de altura, y disponer una cuneta al pie para la recogida de derrubios.

#### ESQUISTOS SERICITICOS, CUARCITAS Y METAARENISCAS, (140a).

**Litología.-** Este grupo está compuesto por esquistos sericíticos, que contienen pequeños bancos intercalados de cuarcitas y metaareniscas.

Los esquistos son rocas satinadas, de grano fino a medio y con coloraciones marrones o grisáceas. Como componentes mineralógicos principales destacan el cuarzo, biotita y moscovita, y como secundarios, la sericita y los óxidos de hierro.

Las cuarcitas y las metaareniscas se disponen como pequeñas intercalaciones de espesor decimétrico entre los esquistos, y tienen coloraciones ocreas o marrones. El tamaño de grano es fino a medio, y están compuestas mayoritariamente por cuarzo, y minoritariamente por circón, turmalina, sericita, limolita y óxidos de hierro. En origen estos materiales debieron ser unas areniscas cuarcíferas, que posteriormente habrían sufrido un metamorfismo de bajo grado, que produjo una recristalización metamórfica débil.

**Estructura.-** Los materiales de este grupo afloran según bandas de gran continuidad lateral, con dirección aproximada N110°E. Están surcados por una serie de fallas, subparalelas a las estructuras principales y de desarrollo kilométrico, y por otras, de trazado más corto, que presentan diferentes direcciones y que forman ángulos de 45° con las fallas mayores.

A nivel de afloramiento, se distingue una esquistosidad de flujo muy marcada. Las capas de cuarcitas y metaareniscas, de espesor decimétrico a centimétrico, están ligeramente replegadas y presentan un diaclasado poco marcado que no llega a fragmentar la roca (ver Foto 22).

En los materiales de esta formación se han distinguido tres fases de deformación: la primera da lugar a una recristalización y orientación de los minerales filíticos y tiene un carácter sinmetamórfico. La segunda fase crea una segunda superficie de discontinuidad, oblicua a la generada en la prime-



Foto 22.- Aspecto superficial de los materiales del grupo (140a), en un afloramiento próximo a Almonaster la Real.

ra fase, y produce una reorientación mecánica de la roca. La tercera fase da lugar a un microplegamiento de las superficies originadas en las fases anteriores.

**Geotecnia.-** Los materiales de este grupo sólo son ripables cuando se encuentran alterados. La ripabilidad disminuye progresivamente en profundidad, y así habrá que considerar una ripabilidad marginal en los 4 ó 5 m superficiales poco alterados, y que no podrá excavarse con medios mecánicos la formación sana y compacta.

En general, este grupo debe considerarse impermeable, aunque en superficie y en los tramos alterados y tectonizados, puede existir una cierta transmisividad, ligada principalmente a las zonas de fracturas.

Los productos de la excavación sólo podrán emplearse en los núcleos de los terraplenes, si se realiza una compactación adecuada que triture los clastos mayores y con un aporte de agua de regado cuyo volumen vendrá dado por los ensayos pertinentes.

Los taludes de excavación para alturas bajas pueden cortarse con inclinación 2V/1H, siempre que no exista esquistosidad o diaclasado desfavorable. Los taludes de mayor altura se podrán ejecutar con la misma inclinación y la misma condición anterior, aunque en este caso convendrá construir bermas cada 5 m de altura, y disponer al pie del talud un cunetón amplio que permita la recogida de derrubios.

## CUARCITAS Y ESQUISTOS, (140b).

**Litología.-** Este grupo está constituido por cuarcitas dispuestas en bancos, entre los que se intercalan niveles de esquistos sericíticos.

Las cuarcitas son rocas estratificadas, compactas, duras y resistentes. Tienen coloraciones grisáceas en superficie, y tonos blanquecinos, con brillo vítreo, en corte fresco. Presentan una recristalización metamórfica débil y los tamaños de grano son finos.

Los bancos esquistosos presentan coloraciones grisáceas o marrones y son de grano medio a fino. En ocasiones se reconocen dentro de estos materiales pequeños lentejones de cuarzo, que son concordantes con la esquistosidad primaria. La alterabilidad de estos materiales ha dado lugar a un pequeño suelo de recubrimiento que enmascara la formación.

Como componentes mineralógicos principales de los esquistos se pueden citar el cuarzo, sericita, clorita y plagioclasa. Como minerales accesorios figuran biotita, turmalina y opacos.

Con respecto a las cuarcitas, el mineral principal es lógicamente el cuarzo, y como accesorios se reconocen el circón, turmalina, sericita, limonita y opacos (óxidos de hierro).

**Estructura.-** Este grupo aflora según bandas estrechas que dan lugar a una clara alineación de pequeñas sierras desde el extremo oeste del Tramo hasta el Sur de Linares de la Sierra. Su potencia es muy variable y disminuye desde el Oeste, donde se han medido espesores de 30 m, hasta el Este donde el espesor alcanza los 20 m.

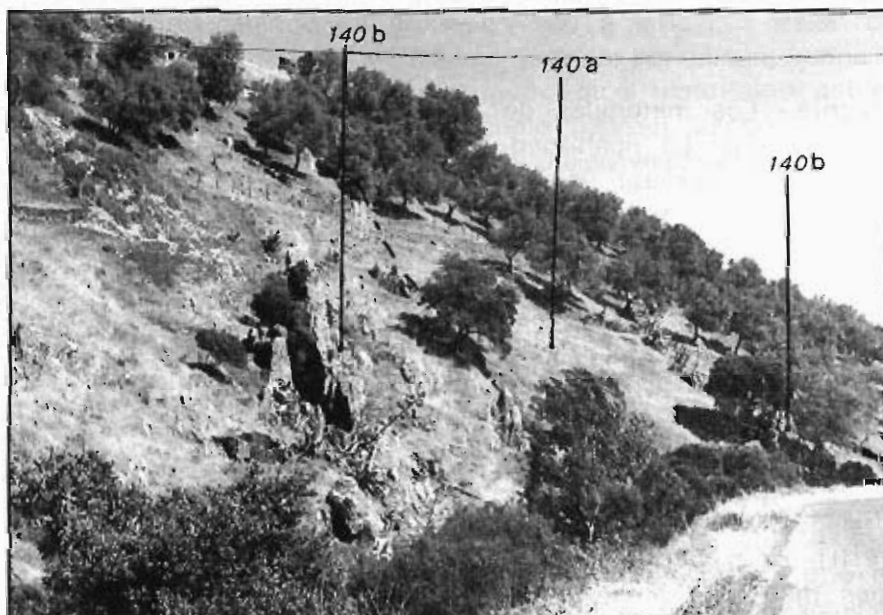


Foto 23.- Asomos cuarcíticos del grupo (140b), en las proximidades de Almonaster la Real.

En superficie las cuarcitas dan resaltes morfológicos y originan pequeñas cresterías (ver Foto 23), mientras que los esquistos sericíticos, al ser más erosionables, se disponen con pendientes más tendidas. Los buzamientos de las capas tienen valores medios comprendidos entre los 30° y los 60°.

A nivel de afloramiento, en las cuarcitas se observan bancos de espesor individual decimétrico, que agrupados en conjunto dan potencias de orden métrico. El diaclasado no es muy intenso (2 a 4 diaclasas por metro), aunque existen áreas donde la fracturación es más importante y se produce una fragmentación de la roca en bloques y gravas paralelepípedicas.

En los esquistos se reconocen, por una parte, una esquistosidad primaria bien marcada, originada por la alineación de minerales filíticos, y por otra, un pequeño repliegamiento de capas, originado en una fase posterior.

**Geotecnia.-** El grupo en su conjunto debe considerarse como no ripable. Hay que exceptuar las zonas esquistosas muy tectonizadas y los pequeños niveles de alteración dispuestos sobre los materiales esquistosos.

Los tramos cuarcíticos pueden utilizarse como fuente de áridos de machaqueo para subbase y para la capa de base, pero no para la de rodadura, ya que poseen una baja adhesividad al betún.

Los niveles esquistosos podrían utilizarse para la construcción del núcleo de los terraplenes, pero realizando una compactación adecuada y regando las tongadas convenientemente.

En general este grupo debe considerarse impermeable, aunque los niveles de esquistos alterados y el suelo reconocido sobre estos materiales tengan un carácter semipermeable. La capacidad portante es alta, salvo en los suelos de alteración superficial.

La formación cuarcítica admite ángulos de excavación subverticales para alturas bajas y medias, aunque los paramentos deberán sanearse de aquellos elementos inestables que pudieran aparecer tras las voladuras. En los tramos esquistosos, la inclinación de los paramentos podrá ser 2V/1H, siempre que no exista una esquistosidad o un diaclasado desfavorable. En los suelos superficiales, la inclinación adecuada será la 2V/3H.

#### PIZARRAS Y GRAUVACAS, (150b).

**Litología.-** Este grupo se compone fundamentalmente de pizarras y grauvacas, aunque también se han reconocido en zonas puntuales, niveles tobáceos de poco espesor y pequeñas hiladas y lentejones de cuarzo.

Las pizarras aparecen en superficie con tonos grises oscuros en corte fresco, y con coloraciones rojizas, ocreas o pardas, cuando están alteradas. El tamaño de grano es fino y pueden presentar brillo satinado.

Las grauvacas aparecen como pequeños bancos o hiladas, intercalados entre las pizarras, y originan pequeños resaltes morfológicos. El tamaño de grano varía de fino a medio y, en ocasiones, pueden reconocerse pequeños cristales de cuarzo en muestra de mano. Las coloraciones de los bancos son similares a las de las pizarras, con tonos negruzcos o grisáceos en

corte fresco, y con coloraciones rojizas, pardas o marrón claro, en los niveles alterados.



Foto 24.- Aspecto de los materiales del grupo (150b), en un desmonte de la carretera N-435, aproximadamente en el P.K. 84.

**Estructura.-** La formación aflora de Oeste a Este, en bandas extensas y cuya anchura llega a alcanzar hasta 1 km aproximadamente. Está afectada por algunas fallas de rumbo Este-Oeste y de gran desarrollo, y por otras con direcciones variables (NW-SE, NE-SW), de longitud más moderada.

A nivel de afloramiento, las pizarras aparecen con una pizarrosidad muy marcada, que da lugar, en las excavaciones y en superficie, a la creación de pequeñas lajas. En los cortes naturales y artificiales es posible reconocer tres fases de plegamiento. Una primera, que origina una esquistosidad de flujo, producida como consecuencia del alineamiento de minerales filíticos, una segunda, que da lugar a una reorientación mecánica de la roca, con esquistosidades oblicuas a la primera, y una tercera, que origina un microplegado de las esquistosidades anteriores.

En los niveles grauváquicos se han reconocido, en algunos puntos, estructuras sedimentarias del tipo de estratificación gradada y cruzada.

Algunas de las fallas que atraviesan el conjunto dan lugar a áreas milonitizadas, de espesor variable, que presentan coloraciones negruzcas o rojizas, como consecuencia de la oxidación de minerales de hierro o la circulación interna de agua.

**Geotecnia.-** Este grupo es ripable en los niveles superficiales alterados, y es de ripabilidad marginal en los tramos sanos. Los bancos de grauvacas de cierto espesor deben considerarse no ripables.

En conjunto, la formación debe considerarse impermeable, aunque los niveles superficiales alterados y las zonas más tectonizadas tienen una cierta permeabilidad por fisuración.

Los productos extraídos de las excavaciones no son recomendables para la construcción de terraplenes, debido a la alterabilidad del material y a su difícil compactabilidad.

La capacidad portante en la formación sana alcanza valores altos, pero en los niveles superficiales de alteración deberá considerarse baja. Los taludes de excavación para alturas medias y altas (mayores de 20 m) admiten inclinaciones 2V/1H, siempre que no exista una pizarrosidad o un diaclasado desfavorable (dirección paralela al trazado y buzamiento hacia la carretera) (ver Foto 24). En caso contrario, deberá rebajarse la inclinación de los paramentos hasta el valor del buzamiento de la pizarrosidad, o alternativamente, mantener la inclinación y efectuar diversas labores de sostenimiento (gunitado, bulonado y malla, entre otras). La alteración de este material da lugar a lajas de dimensiones variables, que pueden deslizarse y caer al pie de la excavación. En consecuencia será conveniente construir un cunetón en la base del talud, que permita la recogida de los desprendimientos. En la parte superior de algunas excavaciones y en taludes artificiales con pendientes acusadas (mayores de 50°), se han reconocido pequeños desprendimientos por vuelco ("toppling") de capas pizarrosas. En consecuencia, la parte superior (1,0 a 1,5 m) del talud debe ser cortada con inclinación 1V/2H.

### 3.3.5. Grupos geotécnicos

Las formaciones geológicas reconocidas en la Zona 3 pueden agruparse teniendo en cuenta sus características geotécnicas, en los siguientes grupos, que se han denominado "geotécnicos":

- **Grupo C: Formaciones rocosas, troceadas, pizarrosas y esquistosas.-** Son formaciones que pueden presentar problemas de estabilidad de taludes en aquellas zonas donde exista una esquistosidad, pizarrosidad o diaclasado desfavorable (paralelo al trazado). En particular pueden dar lugar a importantes deslizamientos planos. También se pueden producir desprendimientos por vuelco de estratos. En superficie y en la zona alterada (3 a 4 m), presentan una cierta permeabilidad, pero en profundidad son impermeables, aunque con una pequeña transmisividad preferente por las zonas más tectonizadas. Los niveles de alteración son ripables, pero en profundidad la formación sana no es ripable. La capacidad portante alcanzará valores pequeños en los niveles de alteración y grandes en los materiales rocosos sanos.

En este grupo C se incluyen las formaciones (150b), (140a) y (130c).

- **Grupo D: Formaciones carbonatadas compactas.**- Los materiales que integran este Grupo se encuentran generalmente karstificados, lo que hace que presenten una permeabilidad y una porosidad elevadas. No son materiales ripables y su capacidad portante es alta. Son depósitos canterables y utilizables como préstamos para núcleo y coronación de terraplenes, y posiblemente para la fabricación de hormigones hidráulicos.

Los taludes de excavación admiten inclinaciones subverticales, si bien habría que sanear los elementos inestables que aparecieran en los paramentos.

A este grupo D pertenece la formación 110.

- **Grupo E: Formaciones silíceas y ferruginosas compactas.**- Estas formaciones presentan algún desprendimiento de pequeño volumen en áreas acantiladas. Los materiales no son ripables y poseen una elevada capacidad portante. Por su propia naturaleza son impermeables, aunque en áreas tectonizadas puede existir una cierta permeabilidad por fisuración.

Los taludes de excavación admiten inclinaciones subverticales, siempre que no exista un diaclasado o una esquistosidad desfavorable que pueda descalzar algún bloque.

Dentro de este grupo E se incluyen las formaciones (140b) y (010f).

- **Grupo G: Formaciones magmáticas e intrusivas, compactas.**- Los materiales de este Grupo se suelen encontrar alterados superficialmente en una extensión y profundidad variables, y presentan en ocasiones disyunciones en bolos. Los niveles de alteración son fácilmente ripables, si bien hay que exceptuar los bolos poco alterados y arenizados. Las formaciones sanas no son ripables. La permeabilidad es alta en los niveles de alteración, pero disminuye rápidamente con la profundidad, de modo que las formaciones rocosas compactas deben considerarse impermeables. Algunas de las formaciones que constituyen este grupo son canterables y utilizables como préstamos, pero requieren un estudio especial para la determinación de su calidad.

En los niveles alterados, los taludes de excavación admiten inclinaciones máximas 1V/1H. En las formaciones sanas podrían ser verticales, si bien habrá que sanear los elementos inestables creados tras las voladuras en los paramentos.

A este grupo G pertenecen las formaciones (130b), (010e), (010d), (004), (003), (002) y (001).

### 3.3.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona

En esta Zona 3 los problemas geotécnicos están determinados, por una parte, por la baja capacidad portante de las formaciones que poseen una alteración superficial importante, y por otra, por las inestabilidades que se pueden producir en las formaciones rocosas. Dichas inestabilidades son de diversa índole y pueden afectar a volúmenes importantes de material.



Algunos deslizamientos planos se pueden originar en aquellas formaciones que presentan una esquistosidad o un diaclasado importante y con buzamientos medios o altos, y en las que al efectuar la excavación se genere un descalce de capas al tener éstas un buzamiento desfavorable. Estos problemas pueden surgir en las formaciones (150b), (140a) y (130c).

Los vuelcos de estratos ("toppling") se han reconocido en materiales pizarrosos o esquistosos con buzamientos elevados, en los que los procesos de reptaciones superficiales del suelo llegan a afectar a los niveles superiores de las formaciones pizarrosas.

Los procesos de desprendimientos y desplomes se desencadenan en aquellas formaciones compactas y resistentes, con un diaclasado poco frecuente, y en áreas de morfología acantilada o con asomos rocosos, en las que los volúmenes removilizados pueden alcanzar valores importantes. Las formaciones magmáticas, los materiales silíceos compactos y los grupos carbonatados son los más propensos a presentar esta situación (ver Foto 25).



Foto 25.- Desprendimientos potenciales en el grupo 110, en un área con rellenos de arcillas de descalcificación. P.K. 26 de la carretera de Alájar a Aracena.

En aquellas formaciones que posean una alteración superficial importante y presenten pendientes medias, habrá que tener en cuenta su facilidad de erosión y, por tanto, la posibilidad de que se produzcan aterramientos de cunetas y obras de drenaje.

#### 3.4. ZONA 4: LOMAS DE CAMPOFRIO Y DE CUEVA DE LA MORA, Y SIERRAS DE PATRAS Y DE LA FUENTE.

##### 3.4.1. Geomorfología

La Zona 4 ocupa la mayor parte del cuadrante 1 de la Hoja 938, la esquina noreste y una banda al Norte del cuadrante 2 de esta misma Hoja, y gran parte del cuadrante 938-4.

Las características geomorfológicas de la Zona vienen condicionadas por la naturaleza litológica de los materiales presentes y por la disposición estructural de los mismos.

La naturaleza de los materiales condiciona su mayor o menor erosionabilidad frente a los agentes externos, y así por ejemplo, mientras los niveles silíceos (grupos (151d) ó (002c)) originan importantes resaltes y crestas agudas, aunque de reducida extensión, los materiales más degradables, como son los de afinidad granodiorítica (grupo 004) o de origen volcánico (grupos (151f) o (151c)), dan lugar a áreas más o menos deprimidas, con relieves alomados y dispuestos entre las sierras, que en esta Zona 4 tienen una dirección Este-Oeste.

Ortogonalmente a la dirección general de la Zona, (Este-Oeste), se disponen una serie de arroyos y algunos barrancos encajados cuyos nacimientos se sitúan al Norte de aquélla. Dadas las favorables condiciones que presenta este área, se han construido en ella diversos embalses. La red de drenaje se dispone en general con trazado ortogonal, en sentido Norte-Sur y Este-Oeste.

Los cursos meridianos se encuentran en ocasiones profundamente encajados y en muchos casos han cortado las divisorias de las sierras en su erosión remontante, dando lugar a gargantas con desniveles entre el cauce y las cimas de hasta 100 m.

Los ríos y arroyos que poseen un trazado Este-Oeste se localizan en las partes más bajas de los valles que quedan enmarcados por las sierras. Presentan cursos de corto recorrido que desaguan a los ríos principales de dirección Norte-Sur.

Las cotas máximas absolutas que se alcanzan en las cimas de las sierras principales son del orden de los 450 m-500 m.

Los procesos de meteorización y arenización, sufridos principalmente por los materiales ígneos, hacen que los niveles superiores de éstos tengan una elevada erosionabilidad en épocas lluviosas, lo que puede originar importantes arrastres de derrubios hacia la calzada, si estos depósitos sueltos se excavan con pendientes elevadas.

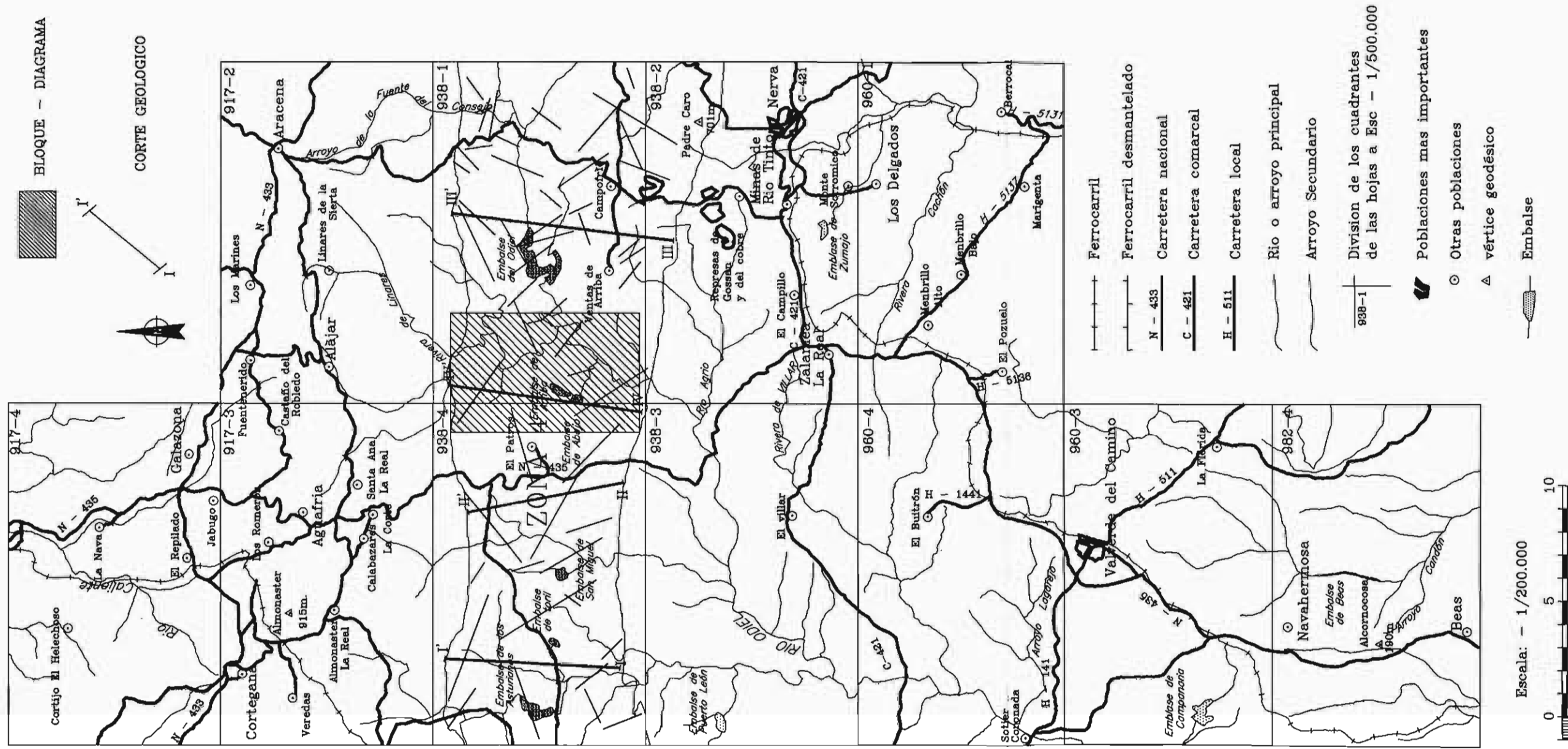


FIG.3.10. - ESQUEMA DE SITUACION DE LA ZONA 4, CORTES GEOLOGICOS Y BLOQUE - DIAGRAMA REALIZADOS EN LA MISMA.

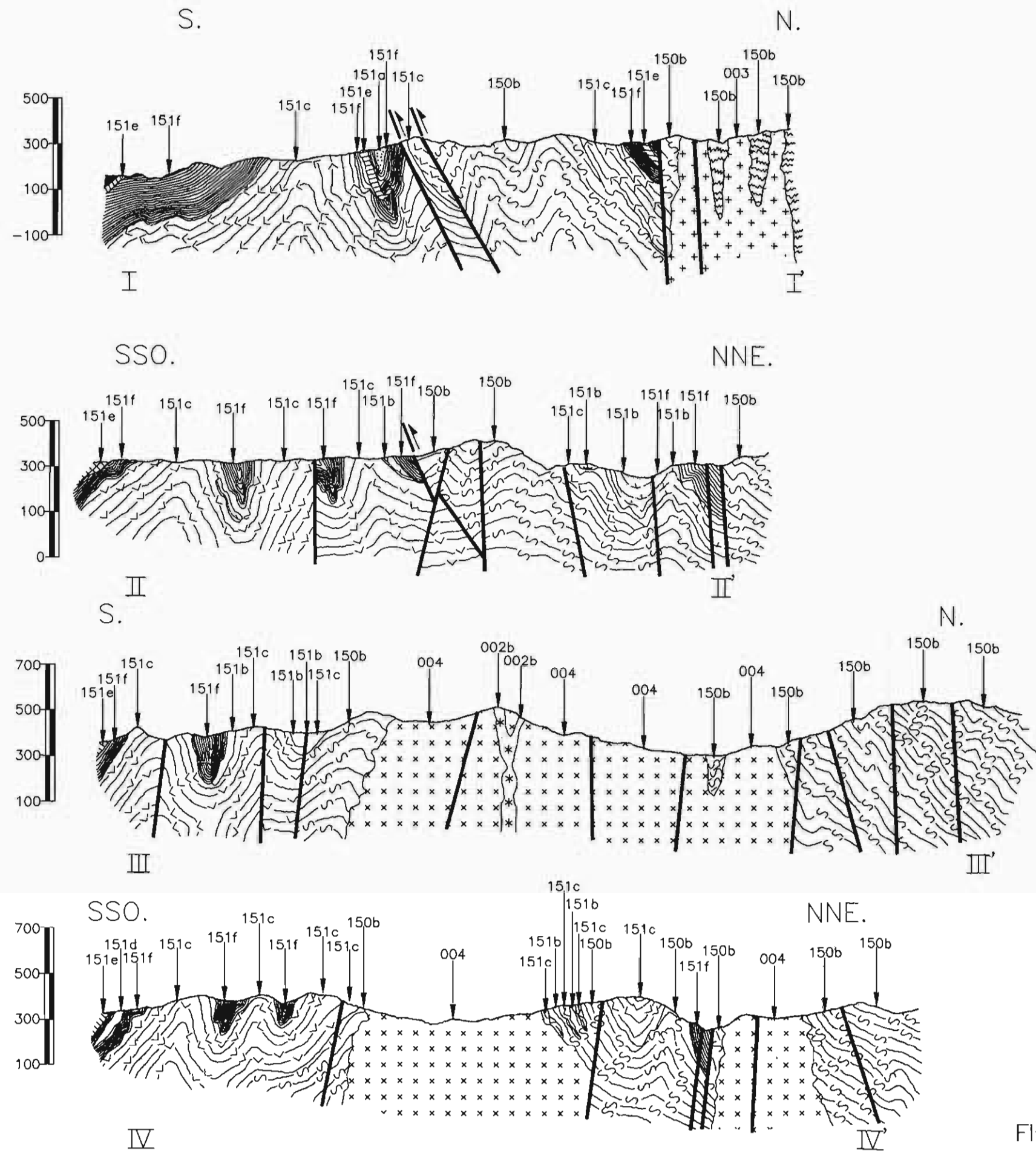


FIG.3.11. - CORTES GEOLOGICOS DE LA ZONA 4

ESCALA: H: 1/50.000  
V: 1/20.000

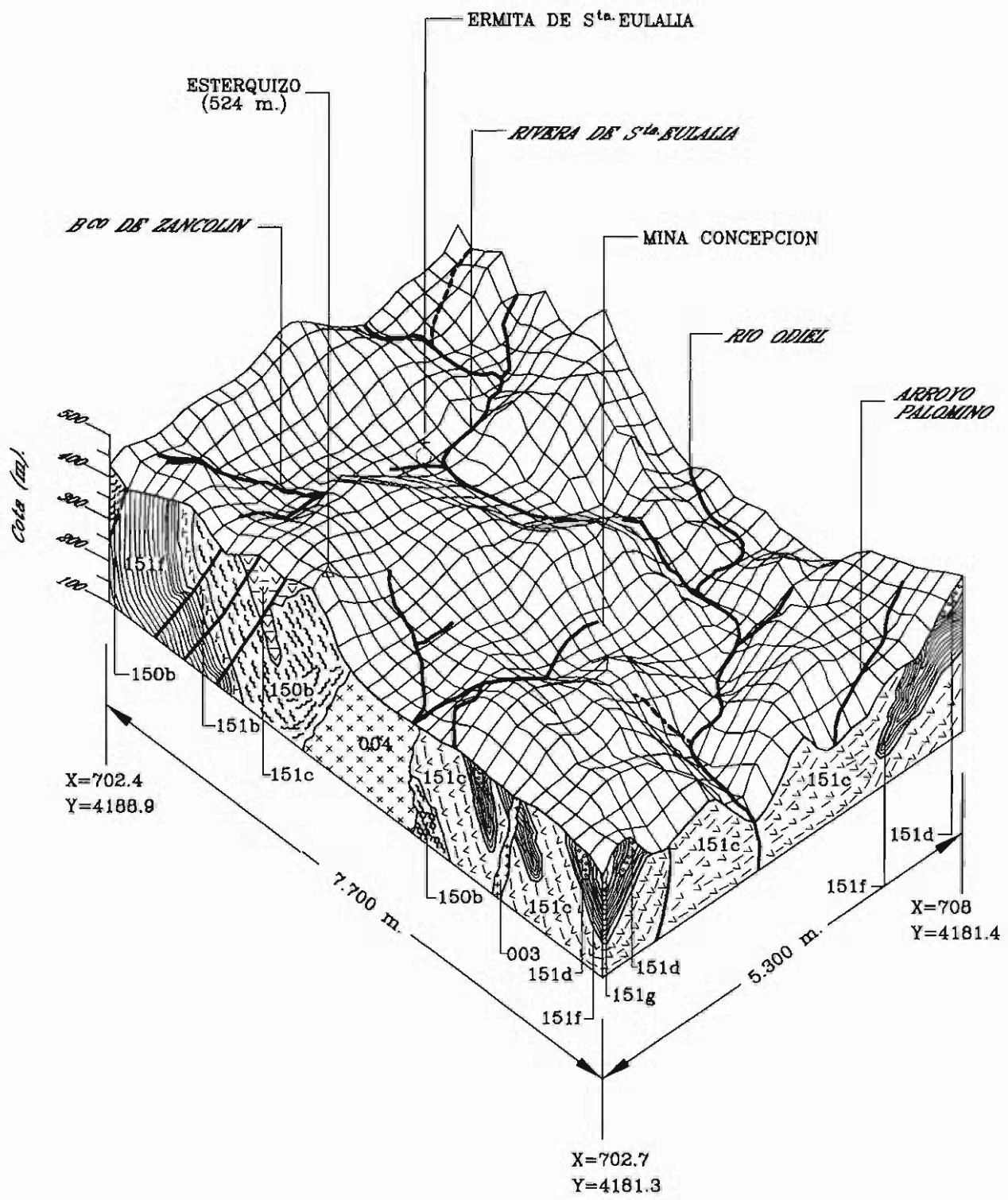


FIG.3.12. - BLOQUE DIAGRAMA DE LA ZONA 4.

Las laderas de las lomas y sierras de la Zona tienen en general pendientes de moderadas a bajas, y las cimas suelen ser redondeadas, excepto cuando existen niveles más resistentes que dan lugar a crestas y cantiles, de desniveles decamétricos, en los que pueden originarse algunos desprendimientos puntuales.

En la figura 3.10 puede verse la situación de la Zona 4 y la de los cortes geológicos y el bloque-diagrama realizados. En la Figura 3.11 los cuatro cortes geológicos y en la Figura 3.12 el bloque-diagrama.

### 3.4.2. Tectónica

Los esfuerzos tectónicos sufridos por los materiales de la Zona 4 han dado lugar a una estructura general de plegamiento de tipo anticlinorio, que discurre aproximadamente por el centro de la Zona y con dirección axial de Oeste a Este. Hacia el Este de la estructura se disponen materiales intrusivos del tipo de granitos y granodioritas, y en el borde más al Este de la hoja de Nerva (nº 938) se han detectado intrusiones de gabros (gabros de Campofrío). Hacia la parte occidental, los distintos materiales parecen marcar una inmersión del anticlinorio hacia el Oeste. La vergencia general de la serie, deducida de las distintas mediciones realizadas, es hacia el Sur y Suroeste.

El anticlinorio, denominado de "La Tallisca-Sierra de la Picota", está constituido por una serie de pequeñas estructuras (anticlinales, sinclinales y fallas) integradas en la estructura mayor.

El flanco sur del anticlinorio se encuentra fallado, como se reconoce en las proximidades de Cueva de la Mora. El cierre periclinal, situado en la parte occidental de la Zona, se desdobra en dos estructuras más pequeñas de carácter anticlinal.

En la parte septentrional del anticlinorio existe una banda de materiales (grupo (150b)) que no forma parte de la estructura, ya que el contacto con los grupos situados al Sur se efectúa mediante un importante contacto mecánico.

La mayor parte de las estructuras de plegamiento reconocidas en la Zona se generaron en una 1ª fase. Los pliegues tienen direcciones comprendidas entre la N90ºE y la N120ºE, vergencias al Sur o Suroeste, y una esquistosidad asociada de plano axial. La tipología de los pliegues y la frecuencia y los cambios en la dirección y buzamiento de la esquistosidad, son función de la distinta competencia de los materiales afectados.

La 2ª fase tectónica afecta a los materiales en menor grado y se reconoce por el plegamiento de la esquistosidad generada en la primera fase, y por la generación de una esquistosidad de fractura, espaciada y con buzamiento general hacia el Sur, coincidente con los planos axiales de los pliegues generados en esta segunda fase.

La 3ª fase da lugar a una esquistosidad de fractura, transversal a las anteriores, con dirección Norte, muy espaciada y poco profunda. Esta esquistosidad da lugar a una crenulación de las esquistosidades de las fases ante-


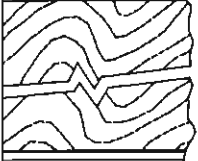





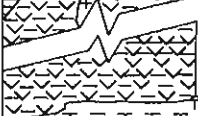
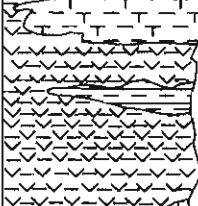
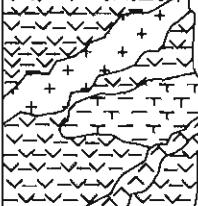
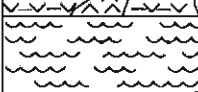
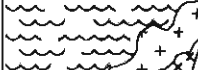
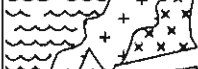
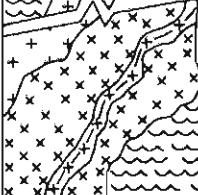
riores. A escala de afloramiento se reconoce la generación de pequeños pliegues y ondulaciones de capas, con direcciones NNE-SSO y N-S, ortogonales a los pliegues de las fases 1ª y 2ª.

Una etapa posterior de fracturación da lugar a la generación de fallas según dos familias principales: La primera y más desarrollada se dispone según una dirección NW-SE, y la segunda, algo menos importante, se presenta con dirección NE-SW y ENE-WSW.

#### 3.4.3. **Columna estratigráfica**

Las formaciones geológicas que afloran en esta Zona 4 aparecen en la columna estratigráfica que corresponde a este apartado.

### 3.4.3. - COLUMNA ESTRATIGRAFICA

COLUMNA LITOLOGICA	REFERENCIA LITOLOGICA	REFERENCIA GEOTECNICA	DESCRIPCION	EDAD
	W1	A	Sedimentos antrópicos.	Cuaternario.
	151g	C	Pizarras y grauvacas.	Viseiense.
	151f	C	Tobas , tufitas y pizarras.	Tournaisiense- Viseiense.
	151e	C	Pizarras moradas.	Tournaisiense- Viseiense.
	151d	E	Jaspes con manganeso y "cherts".	Tournaisiense- Viseiense.
	002c	E	Diques de cuarzo.	?
	151c	F	Lavas , tobas y aglomerados ácidos.	Tournaisiense- Viseiense.
	151b	F	Lavas básicas y tobas básicas esquistosas.	Tournaisiense- Viseiense.
	151a	C	Pizarras grises a veces con nódulos de "chert".	Tournaisiense- Viseiense.
	002a	G	Diques de diabasa.	?
	150b	C	Pizarras , grauvacas , cuarzo- vacas y cuarcitas.	Devónico Superior Carbonífero Inferior
	003	G	Gabros , gabrodiabasas y diabasas.	?
	004	G	Granitos y granodioritas.	?
	002b	E	Diques porfídicos ácidos.	?

ESCALA 1 : 5.000.

NOTA: Los cuaternarios y plio-cuaternarios , sin escala.



#### 3.4.4. Grupos litológicos

Las características litológicas, estructurales y geotécnicas de las distintas formaciones que afloran en la Zona 4 se reseñan en este apartado. Son las siguientes:

##### DIQUES DE DIABASAS, (002 a).

**Litología.-** Este grupo está compuesto por diques de diabasas, de color verdoso en corte fresco y ocre o pardo cuando están alteradas. Suelen tener un tamaño de grano fino. Algunos de los diques reconocidos tienen pirita diseminada. En superficie suele existir un nivel de alteración, de espesor y continuidad variables, formado por pequeños cantos angulosos de diabasas, junto con una matriz arenosa.

**Estructura.-** Los diques de diabasa afloran con espesores muy variables, desde algunos decímetros hasta varios metros. Suelen tener una dirección aproximada N-S, y en ocasiones se encuentran aflorando como diques complejos. Su orientación viene marcada por las estructuras tectónicas generales, ya que suelen intruírse a favor de fallas.

La mayor parte de las veces, estos diques no han podido ser cartografiados dado su poco espesor (ver Foto 26).



Foto 26.- Pequeños diques de diabasas del grupo (002a), intruidos entre granodioritas del grupo (004). P.K. 19,700 de la carretera de Minas de Riotinto a Aracena.

En ocasiones se han cartografiado pequeños enjambres de diques básicos, exagerando la extensión superficial de los afloramientos, ya que a la escala del Estudio no tendrían representación.

Cuando los diques se reconocen en corte fresco, bien en un afloramiento natural o bien por la realización de una excavación artificial, aparecen generalmente con un diaclasado intenso que da lugar a una fragmentación de la roca en pequeños bloques paralelepípedicos, según dos o tres sistemas de diaclasas casi ortogonales entre sí. Dichas diaclasas suelen presentar una separación milimétrica y no suelen existir rellenos.

**Geotecnia.-** Este grupo sólo será ripable en aquellas zonas donde exista un profundo diaclasado y en la parte superior alterada. Los diques adquieren en profundidad una compacidad y resistencia grandes que los hacen no ripables.

Los materiales producto de las excavaciones pueden ser utilizados como material de préstamos, incluso probablemente para la capa de rodadura, aunque deberán realizarse los ensayos pertinentes para determinar su calidad para tal fin.

La permeabilidad es muy baja en profundidad, si bien existe una transmisividad preferente a favor de las diaclasas. En superficie y en el suelo de alteración, la permeabilidad debe considerarse alta.

Los taludes de excavación admiten inclinaciones subverticales, siempre que no existan diaclasas desfavorables que den origen a desprendimientos de cuñas o bloques. En cualquier caso, deberán sanearse los paramentos de los posibles elementos inestables creados tras las voladuras, y convendrá colocar una malla anclada en la cabecera del talud, para evitar que los pequeños desprendimientos alcancen la carretera.

#### DIQUES PORFIDICOS ACIDOS, (002 b).

**Litología.-** Este grupo está compuesto por diques porfídicos ácidos (con abundante cuarzo), que tienen generalmente coloraciones rosadas o pardas. El tamaño de grano es variable, y se reconocen fenoblastos de plagioclasas macladas muy abundantes, y otros de cuarzo en menor proporción. En algunos de los diques existen importantes disseminaciones de pirita y calcopirita, que dieron lugar a mineralizaciones y se explotaron en el pasado.

**Estructura.-** Las intrusiones filonianas de este grupo se suelen disponer como agrupaciones de diques de espesores individuales variables, que pueden llegar hasta los 50 m. Presentan una fracturación irregular, en ocasiones rellena de cuarzo o de aplitas, y pueden tener unas pátinas ocres o rojizas de oxidación.

Estos diques suelen originar relieves positivos en el terreno, ya que poseen una mayor resistencia a la erosión frente a la roca-caja a la que intruyen (ver Foto 27).

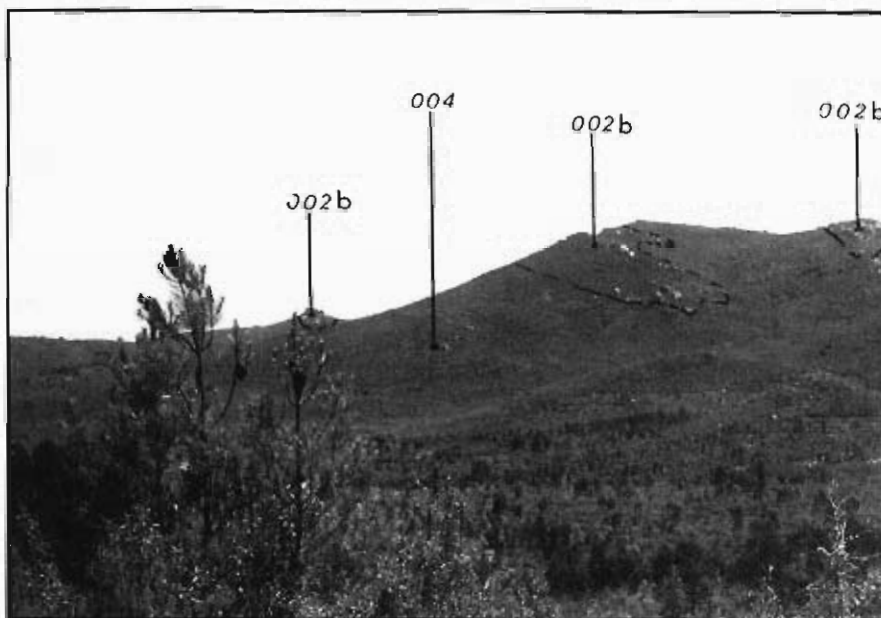


Foto 27.- Aspecto superficial del grupo (002b), en las proximidades del embalse del río Odiel.

**Geotecnia.-** Los materiales que constituyen este grupo pueden utilizarse en principio como material de préstamos para pedraplenes, subbase, base y probablemente para capa de rodadura, aunque deberán determinarse en laboratorio sus propiedades y su calidad, para definir su aptitud como préstamo.

La permeabilidad en profundidad se debe considerar de tipo medio, y ligada únicamente a las zonas fracturadas. En los niveles de alteración superficial, la permeabilidad es alta.

La formación sana no es ripable, por lo que deberá recurrirse al empleo de las voladuras para fragmentar la roca. Los niveles superficiales alterados son fácilmente ripables, excepto cuando existan bloques de elevado volumen.

Los taludes de excavación admitirán inclinaciones subverticales siempre que no existan bolos o bloques desarraigados por meteorización, que pueden dar lugar a desprendimientos. Es conveniente construir una cuneta al pie del talud, que permita la recogida de los derrubios y desprendimientos producidos.

#### DIQUES DE CUARZO, (002c).

**Litología.-** Este grupo está constituido por diques de cuarzo de aspecto lechoso, que originan pequeños resaltes morfológicos. En algunos de los diques reconocidos se ha detectado la presencia de sulfuros de hierro y manganeso, originados por removilizaciones secundarias y que han dado lugar a pequeñas explotaciones mineras.

**Estructura.-** Los diques que constituyen este grupo son de pequeña potencia (menores de 10 m), pero de gran desarrollo longitudinal (hasta 900 m). Su dirección es variable, aunque generalmente se intruyen según dos rumbos principales, N65° a 85°E y N160° - 175°E, predominando los primeros sobre los segundos. Los buzamientos suelen ser subverticales, y los materiales se suelen encontrar con un notable diaclasado, que da lugar en superficie a una fragmentación de la roca en pequeños bloques angulosos.

**Geotecnia.-** Este grupo no es ripable, por lo cual si es necesaria su excavación, deberá recurrirse al empleo de voladuras. Es impermeable y puede ser utilizado como préstamo.

Los taludes naturales decomprimidos, que son de baja altura, se disponen con inclinación subvertical. Los taludes de excavación para alturas bajas y medias podrán cortarse subverticales, pero deberá efectuarse un saneo cuidadoso de los elementos inestables creados tras las voladuras y que pudieran desprenderse a corto y medio plazo.

La capacidad portante de este grupo alcanza valores altos.

GABROS, DIORITAS, CUARZODIORITAS, DIABASAS Y GABRODIABASAS, (003).

Este grupo se ha definido en la Zona 2, dada su mayor extensión en ella.

GRANITOS, GRANODIORITAS Y ADAMELLITAS, (004).

Este grupo se define en la Zona 3, dada su mayor importancia en ella.

PIZARRAS GRISES, (151a).

Este grupo se define en la Zona 6, dada su mayor representatividad en ella.

LAVAS BASICAS Y TOBAS BASICAS ESQUISTOSAS, (151b).

**Litología.-** Este grupo está constituido por lavas y tobas de naturaleza básica.

Las lavas presentan coloraciones verde-azuladas en corte fresco, y tonos amarillentos o pardos cuando están alteradas. En general son de grano fino a medio, de cristalinidad elevada y poco porfídicas. En algunos afloramientos se han reconocido pequeñas vacuolas y amígdalas de cuarzo, feldespatos secundarios, clorita o epidota.

Las tobas son menos frecuentes que las lavas. En corte fresco se han reconocido pequeños clastos fusiformes, heterométricos y angulosos, paralelos a los planos de esquistosidad y de composición más ácida que la matriz tobácea verde esquistosa que los engloba.

Las tobas tienen unas coloraciones grises y moradas, y presentan una pátina amarillenta cuando están alteradas, y un bandeado característico en tonos violetas y verdosos en corte fresco.

Tanto en las lavas como en las tobas se han reconocido manchas verdes oscuras de clorita, y en ocasiones diseminaciones de pirita.

En superficie existe un nivel de alteración y de fracturación, de potencia variable, que recubre en muchos casos a la formación sana.

Estructura.- Este grupo se dispone en afloramientos lentejonares de extensión superficial moderada, que se incluyen entre las lavas y tobas ácidas del grupo (151c).

En la Zona 6 esta formación presenta un desarrollo mayor, formando coladas de gran extensión y potencia.

En varios afloramientos de lavas, se han reconocido estructuras de lavas almohadilladas ("pillow-lavas"), lo que prueba el carácter submarino de las emisiones. En estos casos la disyunción es en bolas, a veces de gran tamaño (60 a 80 cm de diámetro).

La fracturación y el diaclasado están irregularmente repartidos en los afloramientos. Las fracturas se pueden encontrar rellenas y cerradas por pequeños diques de cuarzo. En otras ocasiones el diaclasado se presenta cerrado, sin rellenos y con pátinas de óxidos de hierro (Ver Foto 28).



Foto 28.- Aspecto de las lavas básicas del grupo (151b) en el P.K. 75,3 de la carretera N-435, de Zalamea la Real a Jabugo.

Las tobas se presentan generalmente con una esquistosidad marcada y con separaciones centimétricas entre planos. El diaclasado, casi ortogonal a los planos de esquistosidad, puede aparecer con rellenos de cuarzo o con óxidos de hierro, aunque lo común es que se presente cerrado o con una separación milimétrica entre labios.

A nivel cartográfico los afloramientos se disponen en lentejones o en bandas concordantes con la estructura general (W-E), y fallados según dos direcciones principales, NE-SW y NNW-SSE.

**Geotecnia.-** Los materiales rocosos sanos de este grupo deben considerarse no ripables. Para efectuar su excavación será necesario el empleo de voladuras para fragmentar la roca, antes de proceder a su retirada mecánica. El nivel superficial de alteración, en cambio, es excavable y ripable.

La permeabilidad puede considerarse alta en los niveles superiores de la alteración, pero disminuye rápidamente con la profundidad. Así la formación sana debe considerarse impermeable, y las áreas en que exista un cierto grado de fracturación, semipermeables.

La formación sana puede considerarse como conjunto canterable y sus materiales ser utilizables como préstamos para núcleo y coronación de los terraplenes. Deberán efectuarse, no obstante, los ensayos pertinentes para determinar su calidad.

En las lavas sanas los taludes de excavación podrán cortarse subverticales, siempre que no exista un diaclasado desfavorable que origine inestabilidad de cuñas o bloques, o áreas donde se reconozca una disyunción en bolas que puedan desprenderse. Los niveles de alteración superficial deberán cortarse con inclinaciones 2V/3H.

En los materiales tobáceos deberán tenerse en cuenta la dirección y el buzamiento de la esquistosidad en relación con el trazado de la carretera, ya que si la estructura es desfavorable, pueden originarse importantes desprendimientos planos. Las pendientes estables en taludes excavados sobre estos materiales no serán superiores a 3V/2H en la formación sana, y 2V/3H en el nivel de alteración.

La capacidad portante en la formación sana, tanto en las lavas como en las tobas, es de valor elevado, pero en los niveles de alteración superficial, en uno y otro caso, debe considerarse baja.

#### LAVAS, TOBAS Y AGLOMERADOS ACIDOS, (151c).

**Litología.-** Este grupo presenta una gran extensión superficial en esta Zona 4. Está constituido por lavas y por materiales piroclásticos, entre los que se incluyen tobas y aglomerados.

Las lavas son de coloraciones claras, blanquecinas, verdosas, ocreas, o rosadas y de composición ácida-riolítica. Tienen algunos cristales de cuarzo, de hasta 2 ó 3 mm de diámetro y, ocasionalmente, amígdalas silíceas o vacuolas. En general pueden reconocerse pátinas de óxidos metálicos

(de manganeso o de hierro). En superficie presentan una pequeña alteración de espesor decimétrico.

Las tobas presentan una granulometría variable, desde fenoblastos silíceos de algunos milímetros de diámetro, hasta granos finos y criptocristalinos de naturaleza vítrea. En superficie se reconocen coloraciones claras, blanquecinas, pardas o rojizas. En ocasiones están atravesadas por pequeños diques de cuarzo, de hasta 30 cm de potencia, que suelen estar impregnados por óxidos de hierro y manganeso.

Los aglomerados están constituidos por clastos heterométricos (hasta un máximo de 40 cm de diámetro) y generalmente subangulosos, aunque hay otros redondeados y de naturaleza silícea, y por una matriz tobácea más básica y de grano fino. Los aglomerados se encuentran atravesados localmente por diques de cuarzo de pequeño espesor.

**Estructura.-** Este grupo está ampliamente representado en los flancos del anticlinorio de Patrás, así como en el anticlinorio de Zalamea la Real, en la Zona 6.

Las lavas a nivel de afloramiento son masivas, y presentan un diaclasado marcado, aunque poco frecuente, y textura porfídica. En algunas ocasiones se puede reconocer un bandeado a escala centimétrica dentro de una misma colada, que se origina por una diferenciación mineralógica, y en otras se observa un bandeado a mayor escala, que parece corresponder a un apilamiento de coladas sucesivas. Las pequeñas fracturas y diaclasas reconocidas en las lavas pueden encontrarse rellenas de cuarzo, o con tinciones negruzcas o rojizas, como consecuencia de la existencia de óxidos y peróxidos de manganeso y hierro.

Las tobas se encuentran esquistosadas y dan lugar a relieves positivos. Otras veces la esquistosidad no es tan evidente, pudiendo confundirse aquellas con materiales lávicos. El diaclasado es heterógeno, aunque frecuente, y las diaclasas en ocasiones están abiertas, y otras veces están selladas por pequeños filones de cuarzo, de espesor centimétrico, que contienen óxidos de hierro y manganeso, y que producen coloraciones negruzcas o rojizas.

Los aglomerados ácidos presentan una extensión superficial menor que los materiales anteriores, y su granulometría varía en función de la proximidad o lejanía a los focos efusivos, así como de la mayor o menor actividad de éstos. En general no presentan orientaciones, y sólo en el caso de algunos que tienen una estructura ignimbrítica, es posible reconocer unos planos de discontinuidad entre los distintos niveles. El diaclasado es variable en función del área reconocida, aunque generalmente menor que en los depósitos tobáceos.

**Geotecnia.-** Tanto los materiales piroclásticos como los lávicos deben considerarse no ripables cuando la roca se encuentra sana y sin alteración. En cambio, los niveles alterados superficiales son ripables sin dificultades.

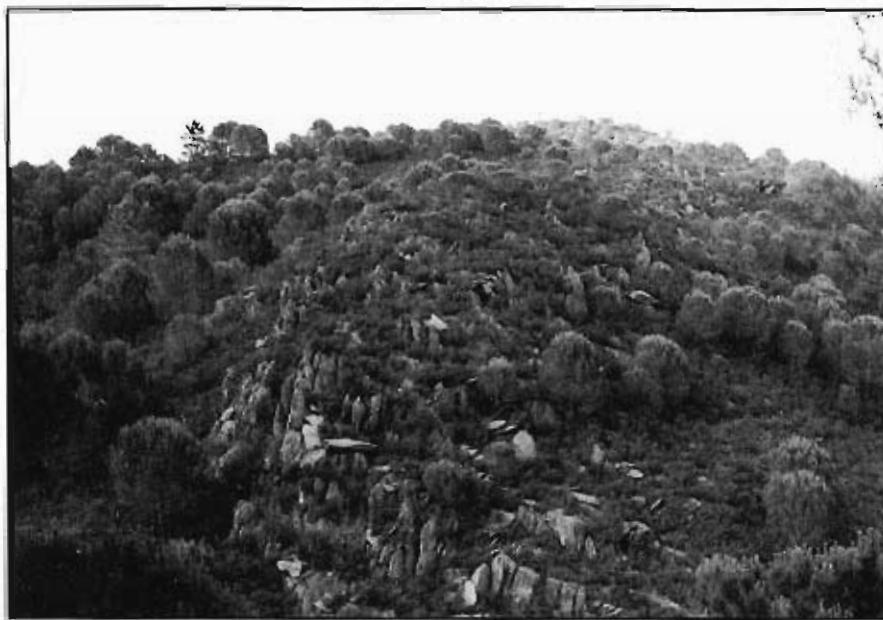


Foto 29.- Aspecto superficial de las tobas esquistosas del grupo (151c), vistas desde el P.K. 5 de la carretera de Nerva a La Granada de Río-Tinto. Se reconocen desprendimientos de losas de pequeño recorrido.

La permeabilidad en el conjunto del grupo es baja, de origen fisural en los materiales rocosos sanos, y alta en los niveles de alteración.

La capacidad portante es elevada en las formaciones rocosas sanas, pero disminuye en los niveles superficiales meteorizados.

Las lavas y los materiales piroclásticos pueden considerarse aptos como materiales de préstamo para núcleo de terraplenes con una compactación adecuada, aunque no deberán emplearse en pedraplenes.

En los aglomerados y en los depósitos lávicos, los taludes de excavación pueden cortarse con inclinación subvertical, siempre que no exista una esquistosidad o un diaclasado desfavorable que dé lugar a cuñas o bloques inestables. En los materiales tobáceos y debido principalmente a la esquistosidad tan marcada que presentan, se pueden originar desprendimientos importantes de losas (ver Foto 29), que pueden llegar a afectar a la carretera. En estos materiales convendrá dar unas inclinaciones 2V/1H a los taludes de gran altura (mayor de 20 m) y disponer bermas cada 5 m de altura. También es recomendable la construcción de un cunetón amplio al pie que permita la recogida de derrubios.

#### JASPES CON MANGANESO Y CHERT, (151d).

**Litología.-** Este grupo está constituido por jaspes en tonos fundamentalmente rojizos, en los que se reconocen hiladas negras y lentejones de chert.



Los jaspes son duros, compactos, y contienen inclusiones negras de óxidos y peróxidos de manganeso y hierro, que fueron explotadas antiguamente. Las mineralizaciones aparecen con formas variadas. Unas veces se disponen como rellenos de fracturas, y otras como masas botroidales, sacaroideas y micáceas, incluidas en los jaspes.

Los niveles de chert presentan tonos grises o blanquecinos y tienen algunas inclusiones negruzcas de manganeso.

**Estructura.-** Las capas y bancos de los jaspes se presentan concordantes con la formación (151f), e incluidos dentro de ésta. La extensión superficial de los afloramientos suele ser muy pequeña, con anchuras que no suelen sobrepasar los 80 m, y longitudes de algunos hectómetros.

Debido a la elevada resistencia frente a la erosión que presenta este grupo, origina resaltes morfológicos y crestones, que se disponen en las partes altas de los cerros y lomas. La fracturación es importante, aunque irregular, y da lugar a la fragmentación de la roca en distintos tamaños de bloques.

En general, los buzamientos de las capas de jaspes suelen ser elevados (mayores de 60°), por lo que en los resaltes morfológicos se reconocen planos de estratificación, que son visibles al producirse algunos desprendimientos de losas.

**Geotecnia.-** El conjunto en su totalidad se considera no ripable y de alta capacidad portante. La permeabilidad debe considerarse media, por fracturación, en los 3 ó 4 m más superficiales, pero en profundidad la formación es impermeable.

En conjunto son materiales utilizables en coronación de terraplenes. De hecho se están aprovechando actualmente las escombreras de las antiguas explotaciones como material de préstamo para la capa de rodadura.

Existen taludes naturales verticales, pero dan lugar a desprendimientos de bloques y cuñas por conjunción de fracturas.

Los taludes de excavación de pequeña altura pueden cortarse con inclinación subvertical, pero construyendo una cuneta al pie que permita la recogida de los desprendimientos. En los taludes de excavación de mayor altura deberá realizarse un análisis de estabilidad particular para cada caso, en orden a determinar la inclinación de los paramentos más conveniente, que asegure su futura estabilidad.

#### PIZARRAS MORADAS, (151e).

**Litología.-** Este grupo está formado por pizarras moradas, en ocasiones violetas, que por alteración dan lugar a tonos pardos o grisáceos. En ocasiones se reconocen impregnaciones, láminas y mineralizaciones de óxidos de hierro y manganeso, de color negruzco y brillo metálico, o bien pequeños nódulos de la misma composición dentro del conjunto rocoso.

También se han reconocido pequeños filones de cuarzo traslúcido, paralelos a la pizarrosidad, o rellenando diaclasas.

**Estructura.-** Estos materiales pizarrosos tienen una potencia decamétrica y gran continuidad lateral, lo que les hace ser un buen nivel-guía a escala comarcal.

Las pizarras aparecen, por lo general, muy foliadas y replegadas a nivel de afloramiento (ver Foto 30), y con una fracturación y diaclasado irregular y heterogéneo.



Foto 30.- Aspecto superficial de las pizarras del grupo (151e), en el P.K. 68,1 de la carretera N-435

En superficie existe un pequeño nivel de suelo de alteración, de algunos decímetros de potencia, constituido por pequeños cantos lajosos, arenas limosas y materia orgánica.

En la cartografía, las pizarras moradas se disponen según una banda estrecha, concordante con los grupos (151d) y (151f). Los buzamientos de la

esquistosidad son importantes, del orden de los 70° a 80° y generalmente al Norte, y los buzamientos de la estratificación, de unos 40° a 50° también al Norte.

Se reconocen dos sistemas de fallas que cortan y desplazan la banda de pizarras moradas según dos direcciones principales: una, NE a SW, y otra, NW a SE. Ambos sistemas de fallas presentan desarrollos kilométricos.

**Geotecnia.-** Esta formación es ripable en los niveles superiores de alteración (3 ó 4 m más superficiales). La dificultad de la excavación aumenta progresivamente con la profundidad, y la formación sana no es ripable.

La permeabilidad es grande en los niveles superficiales, tanto por la alteración sufrida como por la existencia de fisuras abiertas, pero disminuye en profundidad, de modo que los materiales sanos deben considerarse impermeables.

Los taludes de excavación para alturas bajas y medias pueden cortarse en principio con inclinación 3V/1H, pero será necesario hacer un análisis estructural puntual para cada talud, para reconocer la existencia de cuñas o bloques inestables y desprendibles. En su caso, deberán realizarse las labores de sostenimiento adecuadas. Al pie del talud convendrá disponer un cunetón amplio, de al menos 3 m de anchura en los taludes de alturas medias y altas, que permita la recogida de los desprendimientos producidos sin que alcancen la carretera. Los niveles superiores de alteración se cortarán con una inclinación 1V/1H, y será aconsejable construir una cuneta de guarda, que impida que las aguas de la escorrentía erosionen el talud.

Los materiales extraídos como consecuencia de las excavaciones podrán utilizarse para el núcleo de los terraplenes, tras los correspondientes ensayos, y efectuando una puesta en obra cuidadosa, y una compactación y un regado adecuados.

#### TOBAS, TUFITAS Y PIZARRAS, (151f).

**Litología.-** Esta formación se define como una alternancia de tobas, tufitas y pizarras.

Las tobas tienen coloraciones variables, verdosas, blanquecinas y ocres, una composición fundamentalmente ácida, y un tamaño de grano variable, generalmente con cristales visibles a simple vista.

Las tufitas tienen un tamaño de grano fino, normalmente están apizarradas, y presentan coloraciones pardas y ocres. Se reconocen por un bandeo característico en tonos claros y oscuros, y de espesor centimétrico a decimétrico.

Las pizarras se presentan generalmente en tonos grises, son arcillosas cuando están alteradas, untuosas al tacto, y tienen brillos satinados.

Todo el conjunto anterior se encuentra atravesado esporádicamente por algunos diques centimétricos de cuarzo, de direcciones variables. En algunas diaclasas es frecuente reconocer pátinas rojizas de óxidos de hierro.

**Estructura.-** Esta formación es concordante con los grupos inferior y superior de la columna estratigráfica general del Tramo.

Las tobas presentan una esquistosidad muy marcada, que da lugar a una serie de láminas finas más o menos onduladas (ver Foto 31). Las pizarras también presentan un tableado característico, con espesores individuales milimétricos a centimétricos. La meteorización de estos dos materiales es diferente. En el caso de las tobas la alteración da lugar a un conjunto más o menos homogéneo de arenas, en las que pueden reconocerse algunas lascas. En cambio, en las pizarras lo predominante es la formación de pequeñas lascas lisas, de longitud mayor decimétrica, junto con un cierto contenido en arenas limosas.



Foto 31.- Aspecto de las tobas (parte superior de la foto) y tufitas (parte inferior), del grupo (151f). Afloramiento localizado en un camino que parte del P.K. 12,500 de la carretera de Riotinto a Campofrío.

Las tufitas se alteran en forma de cantos angulosos heterométricos, debido a que poseen una mayor compacidad y resistencia frente a la erosión.

El diaclasado es importante en todo el conjunto, aunque se reconoce fundamentalmente en las tufitas. También aparece en las pizarras y tiene un menor desarrollo en las tobas.

En ocasiones es posible reconocer una deformación tectónica de orden métrico (pliegues de arrastre), producida como consecuencia de una fase de plegamiento mayor. La tendencia general de la deformación presenta una

dirección de N100° a 130°E, con buzamientos de unos 40° a 50° al Norte, y pliegues de vergencia generalmente al Sur o al Suroeste.

**Geotecnia.-** En general los niveles de alteración de los distintos materiales descritos pueden considerarse como ripables. Sin embargo y dado el diferente comportamiento que presentan frente a la meteorización, en unos casos (pizarras y tobas) el nivel de alteración será mayor (3 ó 4 m), y en otros más pequeño (tufitas).

El grado de ripabilidad disminuye progresivamente con la profundidad, de forma que los materiales sanos y compactos, que no han sufrido alteración superficial, deberán considerarse como no ripables.

La permeabilidad en la parte superficial alterada es alta, pero disminuye con la profundidad, debiendo considerarse los materiales sanos como impermeables. Sin embargo y en profundidad, existe una ligera permeabilidad por fisuración, aunque con transmisividades bajas.

La capacidad portante es elevada en los materiales sanos, y de valor medio en los niveles alterados.

Los taludes de excavación de alturas bajas y medias admitirán inclinaciones 2V/1H. Sin embargo, deberá realizarse un análisis geomecánico puntual en cada caso, para determinar las posibles inestabilidades que pudieran existir, y efectuar, en consecuencia, las labores de sostenimiento más adecuadas. En cualquier caso convendrá construir un cunetón amplio al pie de los taludes, para la recogida de los derrubios.

Los productos de las excavaciones se podrán emplear en el núcleo de los terraplenes, pero no en la coronación de los mismos, ni en pedraplenes. Estos materiales deberán compactarse adecuadamente, y la puesta en obra debe ser cuidadosa.

#### PIZARRAS Y GRAUVACAS, (151g).

Este grupo se define en la Zona 5, dada su mayor extensión en ella.

#### ESCOMBRERAS, (W1).

Este Grupo se define en la Zona 5, debido a su mayor importancia en ella.

#### 3.4.5. Grupos geotécnicos

Las diferentes formaciones que constituyen esta Zona 4 se pueden agrupar, de acuerdo con sus características geotécnicas, en los siguientes grupos geotécnicos:

- **Grupo A: Materiales cuaternarios no cohesivos.**- Corresponden a formaciones granulares, compuestas por cantos o bolos de tamaño y composición variables y mal clasificados generalmente. Tienen una permeabilidad alta y una capacidad portante baja. Algunos de los depósitos pueden emplearse para coronación de terraplenes. Los taludes de excavación no admiten inclinaciones mayores de 30°.

En esta Zona 4, a este grupo A pertenece la formación W1.

- **Grupo C: Formaciones rocosas, troceadas, pizarrosas y esquistosas.**- Presentan problemas de estabilidad de taludes si éstos se excavan con buzamientos desfavorables, pudiendo originarse entonces deslizamientos planos. Tienen permeabilidades bajas, por fracturación, en profundidad, y altas en los niveles alterados. Estos últimos son fácilmente ripables y excavables, pero en profundidad son materiales marginales e incluso no ripables. La capacidad portante es alta en los tramos no alterados. Los productos de las excavaciones pueden ser utilizables para los núcleos de los terraplenes, con una compactación adecuada.

En esta Zona 4, dentro de este grupo C se incluyen las formaciones (151g), (151f), (151e), (151a) y (150b).

- **Grupo E: Formaciones silíceas y ferruginosas compactas.**- Son formaciones por lo general no ripables, de extensión superficial reducida y de alta capacidad portante. Pueden ser materiales canterables y utilizables como préstamos. Los taludes de excavación pueden cortarse subverticales, si bien habrá que realizar un posterior saneo, cuidadoso, de los paramentos. La permeabilidad es baja y se produce sólo por fisuración.

En esta Zona 4, el grupo E incluyen las formaciones (151d), (002c) y (002b).

- **Grupo F: Formaciones volcánicas compactas.**- Son formaciones no ripables, aunque pueden existir áreas de ripabilidad marginal, y otras, con alteración superficial, fácilmente ripables. La permeabilidad es pequeña en profundidad, y de valor medio en los niveles superficiales. Algunos materiales de estas formaciones pueden ser canterables y utilizables como material de préstamos para coronación de terraplenes. Los taludes de excavación pueden cortarse subverticales para alturas bajas, pero saneando los elementos inestables que pudieran existir en los paramentos.

En esta Zona 4, a este grupo F pertenecen las formaciones (151c) y (151b).

- **Grupo G: Formaciones magmáticas e intrusivas compactas.**- Son formaciones masivas que pueden presentar un nivel de alteración superficial ripable y permeable. En profundidad son materiales impermeables y no ripables. La capacidad portante en las formaciones sanas es alta, y en los niveles alterados disminuye apreciablemente. Los taludes de excavación pueden cortarse subverticales en las formaciones compactas, pero la inclinación no debe ser mayor de 1V/1H en los niveles más superficiales alterados.

Dentro de este grupo se incluyen las formaciones (004), (003) y (002a).

### 3.4.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona

Procesos de inestabilidad por deslizamientos planos o caída de cuñas se pueden presentar en aquellas formaciones pizarrosas o esquistosas en que, al realizar las excavaciones, se corten los materiales con buzamientos desfavorables hacia la carretera.

Problemas de desprendimientos y desplomes de material se pueden producir en las excavaciones realizadas en formaciones masivas, cuando por la presencia de diaclasas o fracturas, resulten bloques aislados o bolos de roca desarraigados del conjunto.

Problemas derivados de la baja capacidad portante se pueden presentar en aquellas formaciones que tienen un nivel de alteración importante. Se deberá recompactar el nivel de alteración, antes de proceder a la extensión de la explanada de la carretera.

En los materiales granulares sueltos pueden originarse deslizamientos importantes si se excavan con una inclinación inadecuada. Así mismo, también se pueden producir erosiones y arrastres de derrubios hacia la carretera si previamente no se toman las medidas adecuadas en cuanto a pendientes de las excavaciones y cunetas al pie.

En los materiales silíceos competentes, y dado el grado de tectonización sufrido, se pueden producir importantes desprendimientos de elevado volumen en áreas acantiladas y en crestas. Dichos desprendimientos serán puntuales y pueden llegar a afectar a las carreteras que discurren al pie de dichos materiales.

## 3.5. ZONA 5: CUENCA MINERA DE NERVA, Y LOMAS Y CERROS DE EL ESPARRAGAL

### 3.5.1. Geomorfología

Esta Zona 5 ocupa la franja central del cuadrante 938-2, el tercio norte y suroeste del cuadrante 938-3, una pequeña banda al Sur del cuadrante 938-4, y una franja con dirección WNW-ESE al norte del cuadrante 960-4.

El relieve es acusado, aunque los cauces de los arroyos y ríos están algo menos encajados que en la Zona anterior. La acción antrópica realizada sobre el territorio, fundamentalmente en lo que se refiere a las explotaciones mineras, ha modificado profundamente el relieve y la morfología de la Zona, con numerosas cortas y excavaciones profundas de gran amplitud, y numerosas escombreras de desechos que imponen un rasgo peculiar al paisaje, sobre todo en el sector Este de la Zona.

La red hidrográfica, perteneciente en su totalidad a la cuenca del río Odiel, presenta una disposición de tipo dendrítico y algo encajada, pero esto se reconoce sólo en aquellas zonas donde los cursos de agua no han sido modificados por las explotaciones mineras. La acción antrópica ha dado lugar a la interceptación de los cruces naturales, desviando los cursos hacia zonas

no explotadas y creando grandes balsas de decantación. Todo ello ha originado un cambio radical en las condiciones morfológicas naturales.

Las pendientes naturales de las laderas se disponen con inclinaciones medias, y las partes altas de las lomas y los cerros suelen presentar cimas redondeadas. En la figura 3.13 puede verse la situación de la Zona 5 y la de los cortes geológicos y el bloque-diagrama realizados. En la Figura 3.14 los cuatro cortes geológicos y en la Figura 3.15 el bloque-diagrama.



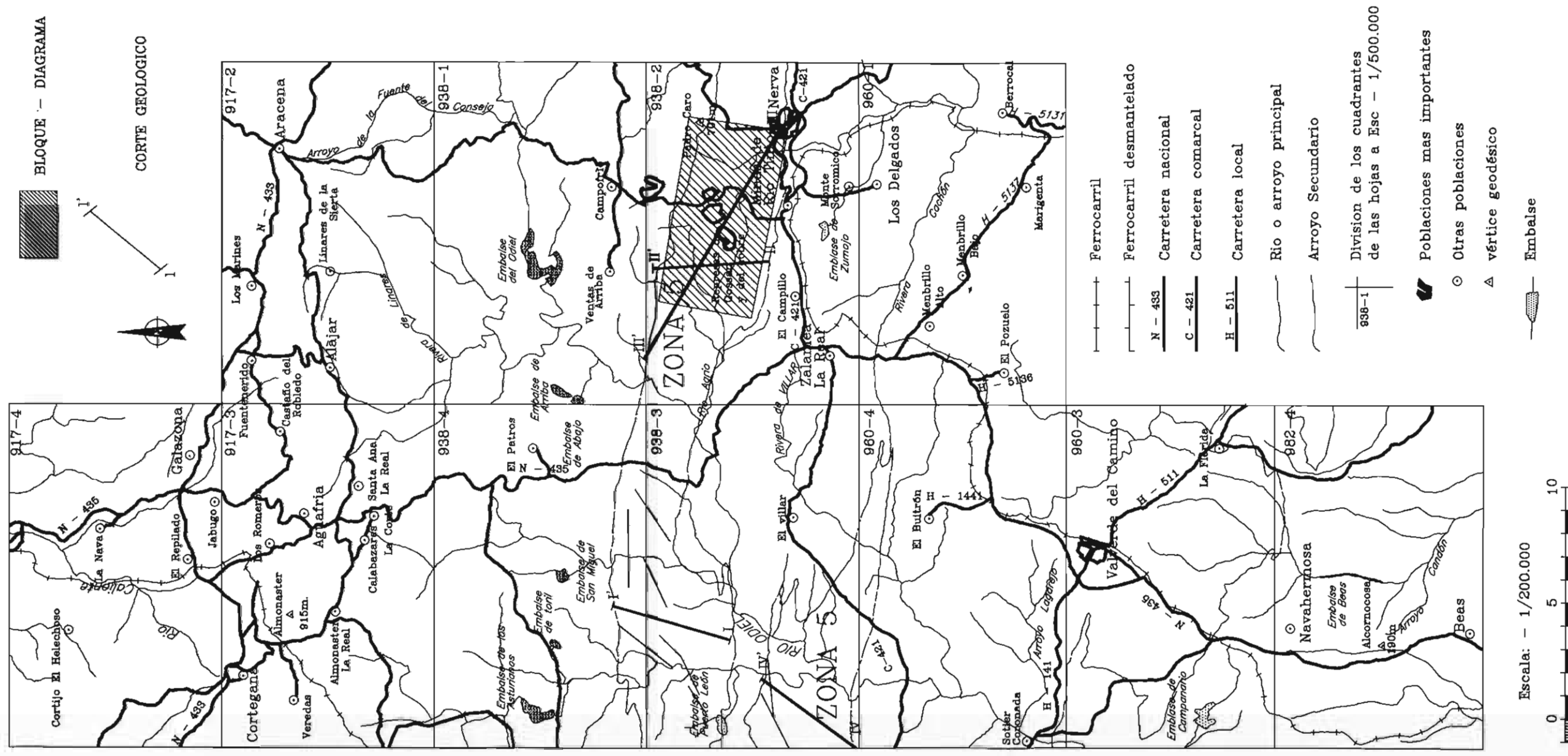


FIG.3.13. - ESQUEMA DE SITUACION DE LA ZONA 5, CORTES GEOLOGICOS Y BLOQUE - DIAGRAMA REALIZADOS EN LA MISMA.

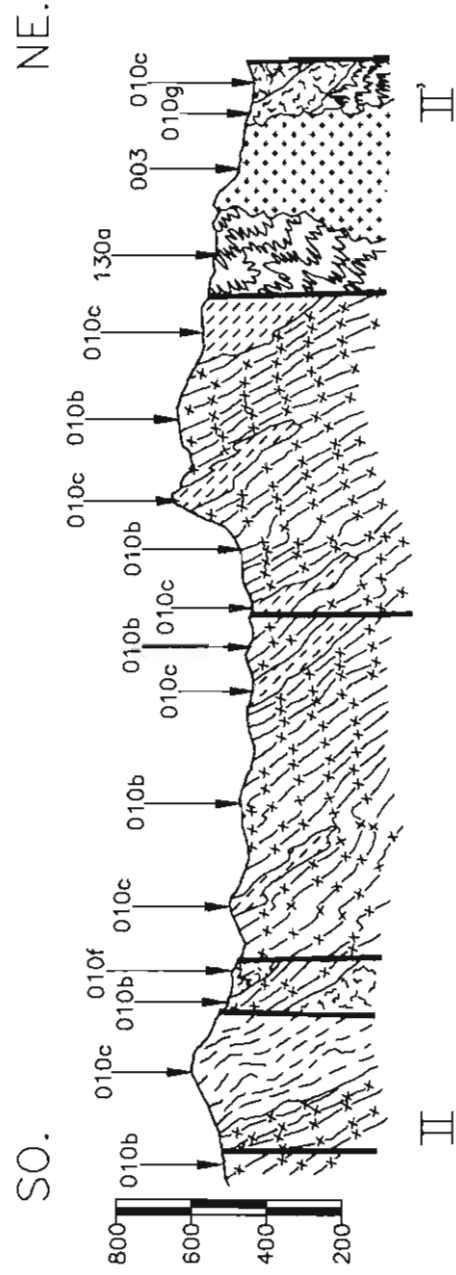
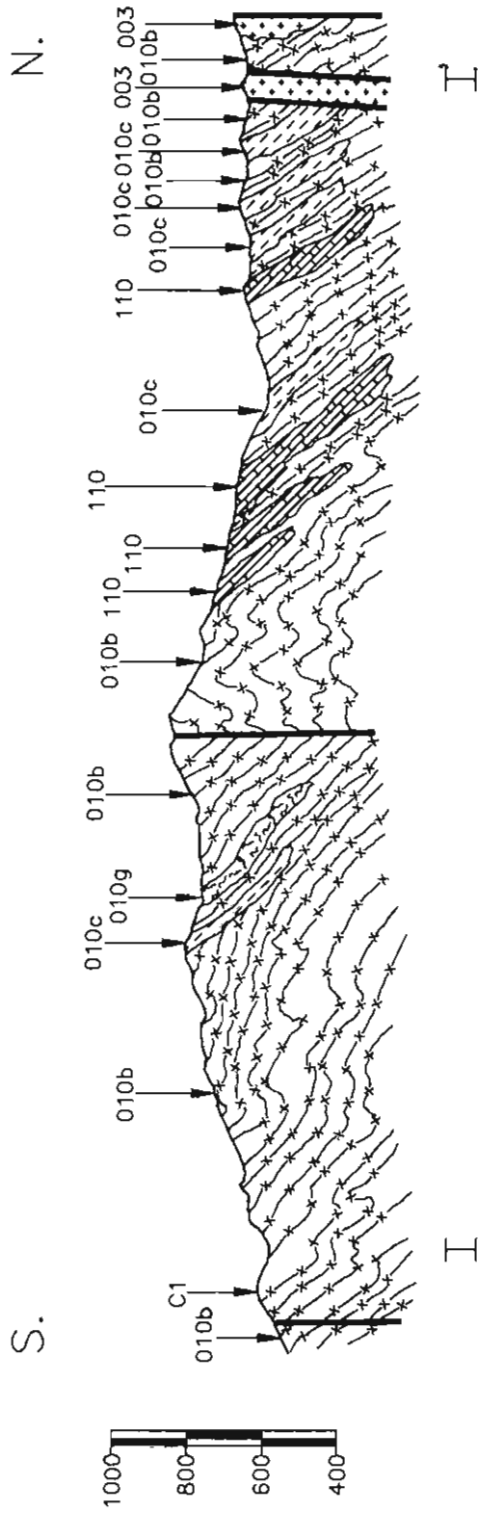


FIG.3.14. - CORTES GEOLOGICOS DE LA ZONA 5

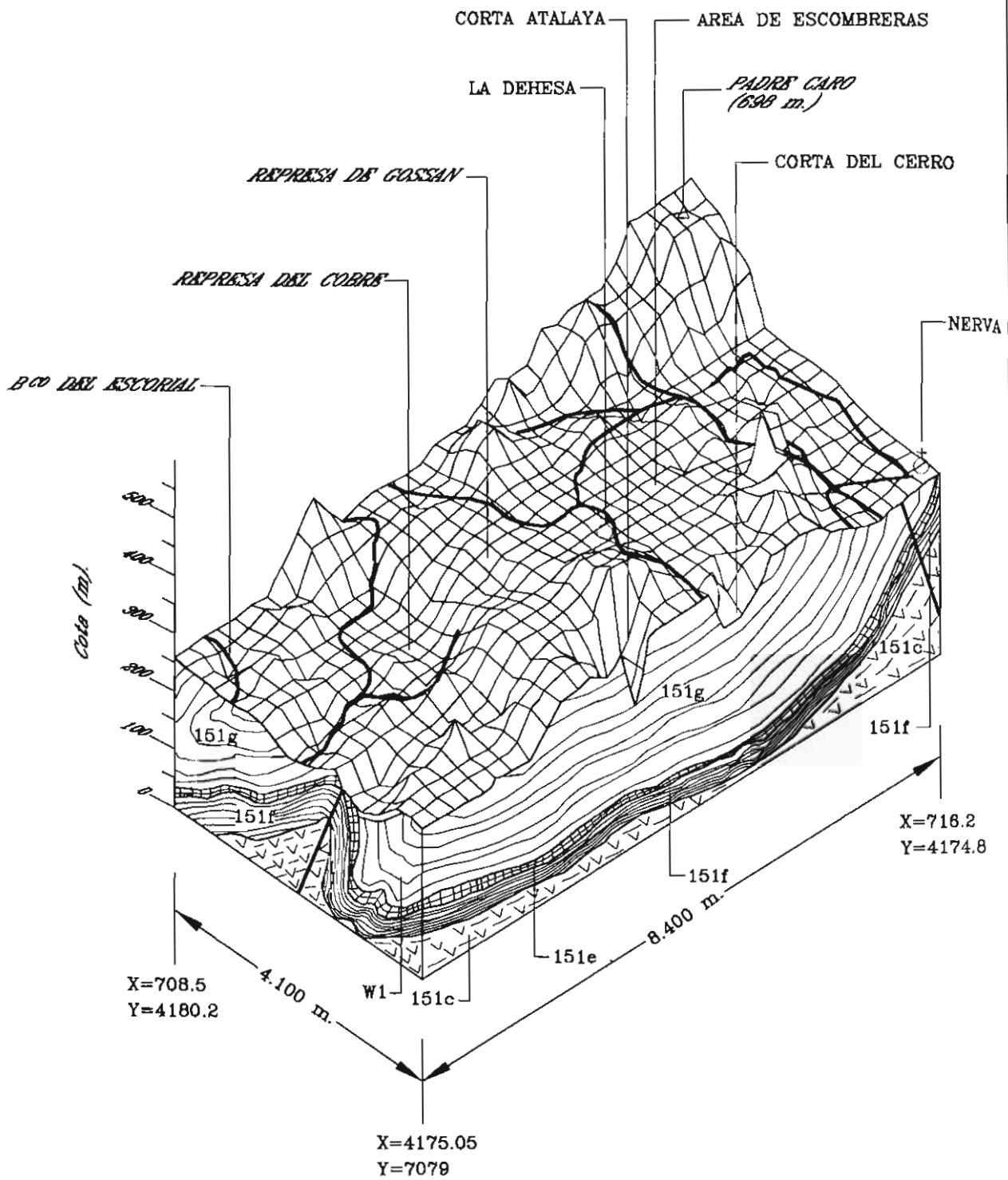


FIG.3.15. — BLOQUE DIAGRAMA DE LA ZONA 5.

### 3.5.2. Tectónica

La Zona 5 se dispone estructuralmente como un gran sinclinorio de dirección aproximada E-W. Es el denominado "sinclinorio carbonífero de Riotinto". Esta gran estructura tectónica posee otros repliegues menores, uno de los cuales constituye el anticlinal volcánico de Riotinto, que posee mineralizaciones metálicas asociadas, que están siendo intensamente explotadas.

El plegamiento principal del sinclinorio se originó en la fase I. Las siguientes fases de plegamiento interfirieron con la estructura principal, deformando y plegando las estructuras originadas en la primera fase tectónica. La fase I da lugar a pliegues de dirección N90° a 120°E, vergentes al Sur o al Suroeste, y a una esquistosidad de plano axial. También se origina en esta fase una esquistosidad de flujo que, con frecuencia, enmascara los planos de estratificación.

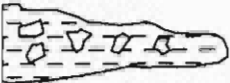
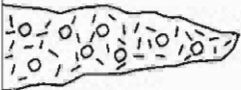
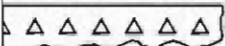
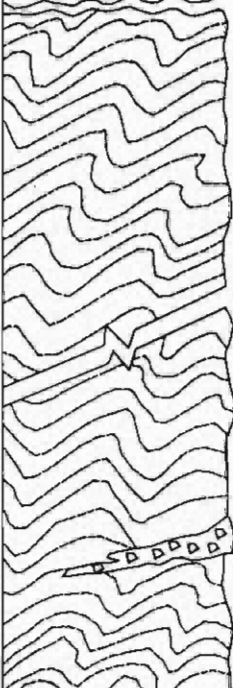





La fase II genera una segunda esquistosidad mucho menos desarrollada y más espaciada que la de la fase I, y pliega la esquistosidad de plano axial de la primera fase. Esta segunda fase actúa de una manera heterogénea sobre los materiales de la Zona, y origina esquistosidades según bandas longitudinales de dirección E-W.

La fase III da lugar a plegamientos poco importantes y de gran amplitud. Asociados a éstos se reconoce una esquistosidad de fractura, transversal a las esquistosidades anteriores, y muy espaciada.

### 3.5.3. Columna estratigráfica

Las formaciones geológicas que afloran en esta Zona 5 aparecen en la columna estratigráfica que corresponde a este apartado.

### 3.5.3. - COLUMNA ESTRATIGRAFICA

COLUMNA LITOLOGICA	REFERENCIA LITOLOGICA	REFERENCIA GEOTECNICA	DESCRIPCION	EDAD
	W1	A	Sedimentos antrópicos.	Cuaternario.
	T	A	Terrazas.	Cuaternario.
	321d	E	Gossan transportado.	Mioceno Superior.
	151g	C	Pizarras y grauvacas con fauna.	Viséense.
	151e	C	Pizarras moradas.	Tournaiese-Viseense.
	151f	C	Tobas , tufitas , pizarras y algunas lavas.	Tournaiese-Viseense.
	151d	E	Jaspes con manganeso y "cherts".	Tournaiese-Viseense.
	151c	F	Lavas , tobas y aglomerados ácidos.	Tournaiese-Viseense.
	151b	F	Lavas básicas y tobas básicas esquistosas.	Tournaiese.

ESCALA 1 : 5.000.

NOTA: Los cuaternarios y plio-cuaternarios , sin escala.

### 3.5.4. Grupos Litológicos

Las características litológicas, estructurales y geotécnicas de las distintas formaciones que afloran en la Zona 5 se reseñan en este apartado. Son las siguientes:

LAVAS BASICAS Y TOBAS BASICAS ESQUISTOSAS, (151b).  
LAVAS, TOBAS Y AGLOMERADOS ACIDOS, (151c).  
JASPES CON MANGANESO Y CHERT, (151d).  
TOBAS, TUFITAS Y PIZARRAS, (151f).  
PIZARRAS MORADAS, (151e).

Estos cinco grupos litológicos, que afloran en esta Zona 5, se han definido en la Zona 4 dado que aquí tienen más importancia al aflorar en una mayor extensión.

PIZARRAS Y GRAUVACAS, (151g).

**Litología.-** Este grupo está compuesto por una serie rítmica, de naturaleza turbidítica, de pizarras y grauvacas. Las pizarras son de coloraciones grises, pardas u ocre, tienen brillo satinado, y se alteran con relativa facilidad, bien en forma de detritos, bien en pequeñas lajas.

Las grauvacas están compuestas por granos de cuarzo criptocristalino, y otros de composición silíceo, empastados en una matriz arcillosa y arenosa.

Es frecuente también la existencia de pequeños diques y filones de cuarzo, de potencia individual centimétrica a decimétrica, y con direcciones tanto paralelas a la estructura general, como atravesando aquélla.

**Estructura.-** Los materiales de esta formación presentan por lo general una foliación muy marcada. Esta es más importante en los tramos pizarrosos que en los tramos grauváquicos (ver Foto 32).

Las pizarras y grauvacas se disponen en capas alternantes. Esta alternancia de materiales no siempre mantiene el mismo espesor individual, y así los bancos de grauvacas tienen en algunas zonas potencias de 8 a 10 m, y en otras, espesores de 2 ó 3 m.

Se reconocen plegamientos de capas a nivel de afloramiento, con radios de curvatura de pocos centímetros, y otros con valores métricos. La fracturación y el diaclasado son importantes en los materiales pizarrosos y grauváquicos. Estas estructuras forman un pequeño ángulo con la foliación principal y afectan a los materiales, dando como resultado una fragmentación de las rocas en lajas, cuyas longitudes mayores son de orden centimétrico.

En ocasiones, la fracturación en superficie se presenta abierta y con rellenos arcillo-limosos de tonos rojizos. En algunas fracturas es posible reconocer pátinas de óxidos metálicos.



Foto 32.- Aspecto superficial de las capas pizarrosas del grupo (151g) en el P.K. 67,5 de la carretera N-435.

**Geotecnia.-** Los materiales pizarrosos pueden considerarse ripables en los 4 ó 5 m más superficiales. En profundidad van adquiriendo resistencia, pudiendo clasificarse entonces como marginales. Las grauvacas son difícilmente excavables, existiendo áreas en donde no podrán riparse con métodos tradicionales.

En las pizarras la permeabilidad es media en los 4 ó 5 m más superficiales, pero en profundidad deberán considerarse como impermeables. Las grauvacas poseen una porosidad eficaz bastante baja, aunque son permeables en los 2 ó 3 m superficiales y semipermeables en profundidad.

En conjunto, los materiales pizarrosos y grauváquicos no son aconsejables como material de préstamo, aunque en caso de necesidad y tras los oportunos ensayos, se podrían emplear para la construcción del núcleo de los terraplenes, realizando una compactación adecuada.

En estos materiales la inclinación de los taludes de excavación está condicionada por la altura de los mismos, por la dirección y buzamiento de la foliación con respecto al trazado, y por el espesor de los niveles de alteración. Esto implica que cada talud de excavación proyectado sea un caso singular, que deberá estudiarse en el momento de su ejecución. Como norma general puede afirmarse que los taludes que presentan una foliación desfavorable (en cuesta estructural respecto del trazado), deberán tenderse hasta el valor de dicha foliación, siempre que ésta sea superior a  $45^\circ$ , para evitar que se originen deslizamientos planos. Alternativamente, los taludes pueden cortarse con una inclinación 2V/1H, pero en el caso de que la foliación sea desfavorable, deberán tomarse medidas de sostenimiento para evitar inestabilidades. En los niveles superiores de alteración, es recomendable una inclinación máxima 1V/1H y construir así mismo una berma en el contacto

nivel alterado-roca sana. Al pie de la excavación es conveniente la construcción de un cunetón, cuya anchura será función de la altura del talud construido, que permita recoger los derrubios que se originen con el tiempo.

#### GOSSAN TRANSPORTADO, (321d).

**Litología.-** Este grupo se presenta como un conjunto heterogéneo de cantos, generalmente redondeados, de limolita, hematites, pizarras y cuarzo, que están unidos por una cementación ferruginosa muy intensa y tiene coloraciones rojizas o pardas. En general, estos materiales forman bancos compactos y duros, aunque en ocasiones se les puede encontrar sueltos y sin cementación.



Foto 33.- Aspecto de los conglomerados del grupo (321d) en el Alto de la Mesa, junto a la población de Riotinto.

**Estructura.-** La disposición estructural de esta formación es discordante con las series paleozoicas infrayacentes. En superficie se reconoce una pequeña inclinación de unos 5° a 10° hacia el Sur, cuyo origen probablemente sea sinsedimentario.

En los bancos, de espesor decimétrico a métrico, a veces es posible reconocer una granoselección y una cierta laminación sedimentaria. En otras ocasiones los bancos presentan una cierta fracturación, a favor de la cual la meteorización y la erosión han dado lugar a afloramientos de bolos y bloques redondeados y de tonos rojizos.



**Geotecnia.-** Este grupo debe considerarse como de ripabilidad marginal. Hay algunas áreas no ripables, y por tanto en ellas deberán emplearse explosivos para fragmentar la roca, antes de proceder a su remoción mecánica (ver Foto 33).

Dada la alteración que sufren los materiales con el paso del tiempo, no son aconsejables como préstamos, aunque podrían utilizarse para el núcleo de terraplenes, con una compactación adecuada y una puesta en obra cuidadosa.

Estos materiales poseen una porosidad de tipo medio, y su permeabilidad puede considerarse alta, por lo que no habrá problemas de encharcamientos ni de drenaje.

#### TERRAZA DEL RIO ODIEL, (T).

**Litología.-** La terraza del río Odiel está constituida por cantos poligénicos de cuarzo, pizarra, volcanitas y esquistos, entre otros. Suelen tener una forma subredondeada y están englobados en una matriz limo-arenosa. La proporción de cantos y de matriz es variable, dependiendo del lugar de observación.

**Estructura.-** Los niveles de terraza se disponen con una altura media de 8 a 10 m sobre el cauce, y son testigos de un episodio erosivo anterior al Holoceno.

Su disposición es discordante con los materiales infrayacentes, y estratigráficamente se reconocen subhorizontales.

**Geotecnia.-** El conjunto de los materiales que componen esta terraza debe considerarse ripable. La capacidad portante será de tipo medio, y la permeabilidad es elevada.

Estos materiales pueden ser utilizados como préstamos para el núcleo y la coronación de terraplenes.

Los taludes de excavación no admiten inclinaciones superiores a los 45°, y son, además, erosionables y degradables a medio plazo, por lo que es recomendable la construcción de un cunetón al pie de la excavación, que permita la recogida de los derrubios producidos.

#### ESCOMBRERAS, (W1).

**Litología.-** Este grupo está compuesto por un conjunto heterogéneo de clastos de pizarras, tobas, esquistos, cuarzo, etc., que es el producto de desecho de las explotaciones de la minería metálica que se encuentran ampliamente repartidas a lo largo de casi todo el Tramo estudiado. Pueden contener algunos restos de mineralizaciones de hierro y manganeso, de concentración baja.



Foto 34.- Grupo W1. Aspecto de las escombreras de residuos mineros en el área de Nerva.

**Estructura.-** Los productos de desecho en las escombreras llegan a ocupar grandes extensiones superficiales, y debido al sistema de vertido, generalmente mediante camiones, presentan inclinaciones medias del orden de los  $30^{\circ}$  a  $35^{\circ}$  (ver Foto 34).

Las alturas que presentan las escombreras son muy variables, llegando a tener hasta un máximo de 30 m en algunos casos.

**Geotecnia.-** Algunos de los productos de las escombreras se están utilizando actualmente para la coronación de los terraplenes y para la subbase de carreteras, ya que poseen las propiedades adecuadas para ello.

En conjunto son depósitos fácilmente ripables y excavables, de baja capacidad portante, y permeables.

En el caso de ejecutar taludes de excavación en estos depósitos, éstos no deberán cortarse con inclinaciones superiores a los  $30^{\circ}$ , ya que con pendientes mayores sufren frecuentes deslizamientos y segregaciones de cantos y bolos.

### 3.5.5. Grupos geotécnicos

En este apartado, las formaciones reconocidas en esta Zona 5, se agrupan en función de sus características geotécnicas en lo que en este Estudio se ha dado en llamar "grupos geotécnicos". Son los siguientes:

- Grupo A: Materiales cuaternarios no cohesivos.- Son formaciones de naturaleza fundamentalmente granular, constituidas por cantos y bolos de tamaño y composición variables, y generalmente mal clasificados. Poseen una permeabilidad elevada y son ripables. Algunos materiales de este grupo A pueden utilizarse para la coronación de los terraplenes. Dada la elevada erosionabilidad de los materiales, los taludes de excavación no admiten inclinaciones superiores a los 30°.

En esta Zona 5, a este grupo A pertenecen las formaciones T y W1.

- Grupo C: Formaciones rocosas, troceadas, pizarrosas y esquistosas.- Son formaciones que presentan problemas de estabilidad en los taludes de excavación, si éstos se cortan con buzamientos desfavorables (en cuesta estructural hacia la carretera). Son permeables en superficie, e impermeables en la formación rocosa sana. En caso necesario, podrían utilizarse como material de préstamos para el núcleo de los terraplenes.

En esta Zona 5, en el grupo C se incluyen las formaciones (151g), (151f) y (151e).

- Grupo E: Formaciones silíceas y ferruginosas compactas.- Son formaciones en general no ripables, de extensión superficial reducida y de elevada capacidad portante. Algunos de los materiales de este grupo E pueden ser canterables y utilizables como préstamos para coronación de terraplenes, y son impermeables.

En la Zona 5, dentro de este grupo E se incluyen las formaciones (321d) y (151d).

- Grupo F: Formaciones volcánicas compactas.- Son formaciones de elevada capacidad portante, no ripables cuando la roca se encuentra sana, e impermeables. Pueden presentar un nivel superficial potente, de elevada permeabilidad y ripable. Algunos de los materiales que integran este grupo F pueden ser canterables y utilizables como préstamos. Los taludes de excavación pueden cortarse subverticales cuando la roca se encuentra sin alteración. En los tramos alterados, en cambio, la inclinación máxima admisible será de 30°.

En la Zona 5, a este grupo F pertenecen las formaciones (151c) y (151b).

### 3.5.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona

Los depósitos granulares sueltos, como son las escombreras y las terrazas, pueden producir deslizamientos importantes si se excavan con inclinaciones mayores de 30°. También se pueden originar segregaciones de cantos y bolos grandes, que, por rodadura, alcancen la carretera.

Los materiales que presentan una esquistosidad o pizarrosidad marcada, y cuyo buzamiento sea desfavorable respecto al trazado, pueden dar lugar a importantes deslizamientos planos.

Problemas de desprendimientos y desplomes se pueden originar en aquellas formaciones rocosas compactas, con un diaclasado notable y una morfología acantilada, como es el caso del grupo (151d).

En los materiales pizarrosos y esquistosos pueden darse procesos de vuelco de estratos cuando la pizarrosidad se dispone subvertical y existe un proceso de desplazamiento del suelo sobrepuesto. El resultado es una caída casi constante de pequeñas losas y lajas al pie del talud, pudiendo llegar a cegar la cuneta si ésta no se ha dimensionado adecuadamente.

Si no se toman las medidas adecuadas, se producirán problemas derivados de la baja capacidad portante en los tramos alterados de las formaciones rocosas, y en los grupos granulares sueltos y flojos. Normalmente será recomendable realizar una compactación adecuada sobre estos materiales, antes de proceder a la extensión de las tongadas de los terraplenes.

### **3.6. ZONA 6: MONTES DE ZALAMEA LA REAL, Y LOMAS Y LLANOS DE EL BUITRON**

#### **3.6.1. Geomorfología**

Esta Zona 6 comprende la mitad meridional del cuadrante 938-3, el sector sur del cuadrante 938-2, y el borde norte de los cuadrantes 960-1 y 960-4, salvo los entrantes de las Zonas 5 y 7, dispuestos con una dirección ONO-ESE, y localizados en la mitad meridional del cuadrante 960-1 y al norte del cuadrante 960-4.

La mayor parte de esta Zona 6 está constituida por materiales volcánicos o por rocas metamórficas ortoderivadas que incluyen pequeñas intrusiones ígneas.

Tanto la tectónica de la Zona, como la distinta resistencia de los materiales frente a los procesos geodinámicos externos, condicionan las formas del relieve. Así en el borde septentrional de la Zona, en el contacto de los grupos (151g) y (151c), se producen a veces cambios considerables en las pendientes, originando este último grupo algunos montes y sierras de cierta importancia, alineadas según la dirección WNW-ESE, a través de las cuales los ríos suelen tener un mayor encajamiento, como en el caso de los ríos Tinto y Odiel.

Tanto el encajamiento de la red hidrográfica en el grupo (151c), como las alineaciones de sierras en este grupo y en las formaciones (151b) y (151f), pueden condicionar el trazado de futuras carreteras, obligando a la construcción de importantes desmontes y terraplenes.

La alta densidad de la red de drenaje, con numerosos arroyos y algunos barrancos encajados, da lugar a un relieve disectado e irregular, con lomas de altura moderada, cimas redondeadas y laderas de pendiente y desnivel medios.

Las cotas máximas de la Zona 6 son del orden de los 350 m a los 400 m. En la figura 3.16 puede verse la situación de la Zona 5 y la de los cortes geológicos y el bloque-diagrama realizados. En las Figuras 3.17 y 3.18 los cinco cortes geológicos y en la Figura 3.19 el bloque-diagrama.

### 3.6.2. Tectónica

Los materiales de la Zona 6 se disponen estructuralmente como un gran anticlinorio, con vergencia Sur y cierre perianticinal al Oeste, denominado "anticlinorio de Zalamea". En el núcleo del mismo afloran materiales de edad devónico-carbonífera correspondientes al grupo (150b). En ellos se reconocen algunas intrusiones de rocas volcánicas básicas, que también están replegadas.

Hacia el flanco norte del anticlinorio se sitúa el anticlinal de "El Cerrajón-Sierra de la Muela", mientras que en su flanco sur aparecen una serie de anticlinales y sinclinales con núcleos de rocas básicas.

Todos estos plegamientos se produjeron en la fase I de la Orogenia Hercínica, que desarrolla además una esquistosidad de plano axial y una esquistosidad de flujo, sincrónica con el metamorfismo epizonal regional. Ambas esquistosidades generalmente enmascaran los planos de estratificación.

En la fase II se produce una esquistosidad de fractura, con buzamiento generalmente al Sur y concordante con el eje axial de los pliegues originados en esta segunda fase. A su vez, los esfuerzos tectónicos de esta segunda fase pliegan y deforman las estructuras de la primera fase.

La fase III da lugar a una esquistosidad transversal a las anteriores, con direcciones aproximadas N10° a 15°E, poco marcada y muy espaciada. Los pliegues originados en esta última fase son muy abiertos y las direcciones de sus ejes (NNE-SSO a N-S) son perpendiculares a las direcciones de los ejes de la fase I.

La última etapa tectónica es de fracturación, y da lugar a grandes fallas de recorrido kilométrico, y direcciones NNE-SSW, que cortan a otro grupo de fracturas, algo menos desarrollado, y con direcciones NNO-SSE.

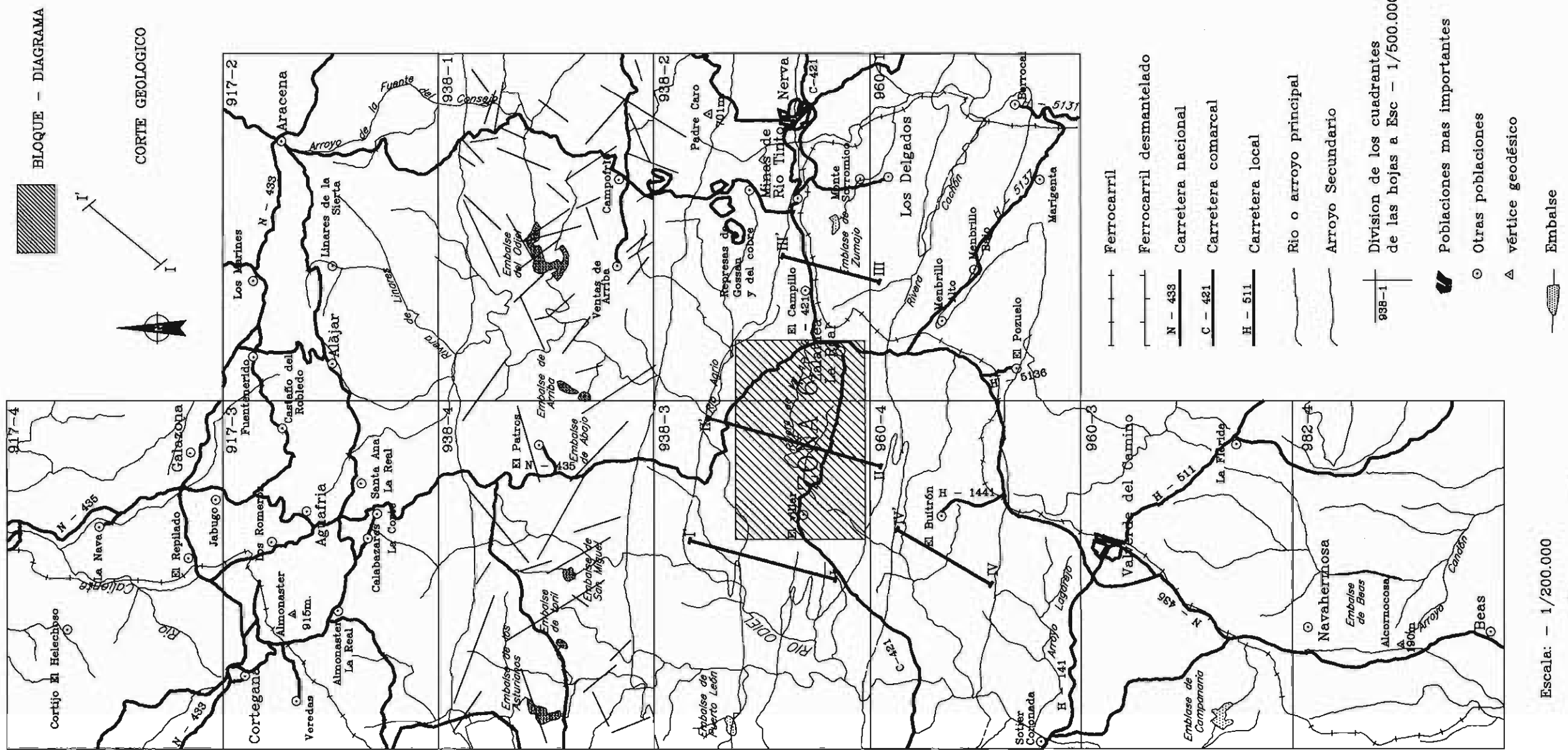


FIG.3.16. - ESQUEMA DE SITUACION DE LA ZONA 6, CORTES GEOLOGICOS Y BLOQUE - DIAGRAMA REALIZADOS EN LA MISMA.

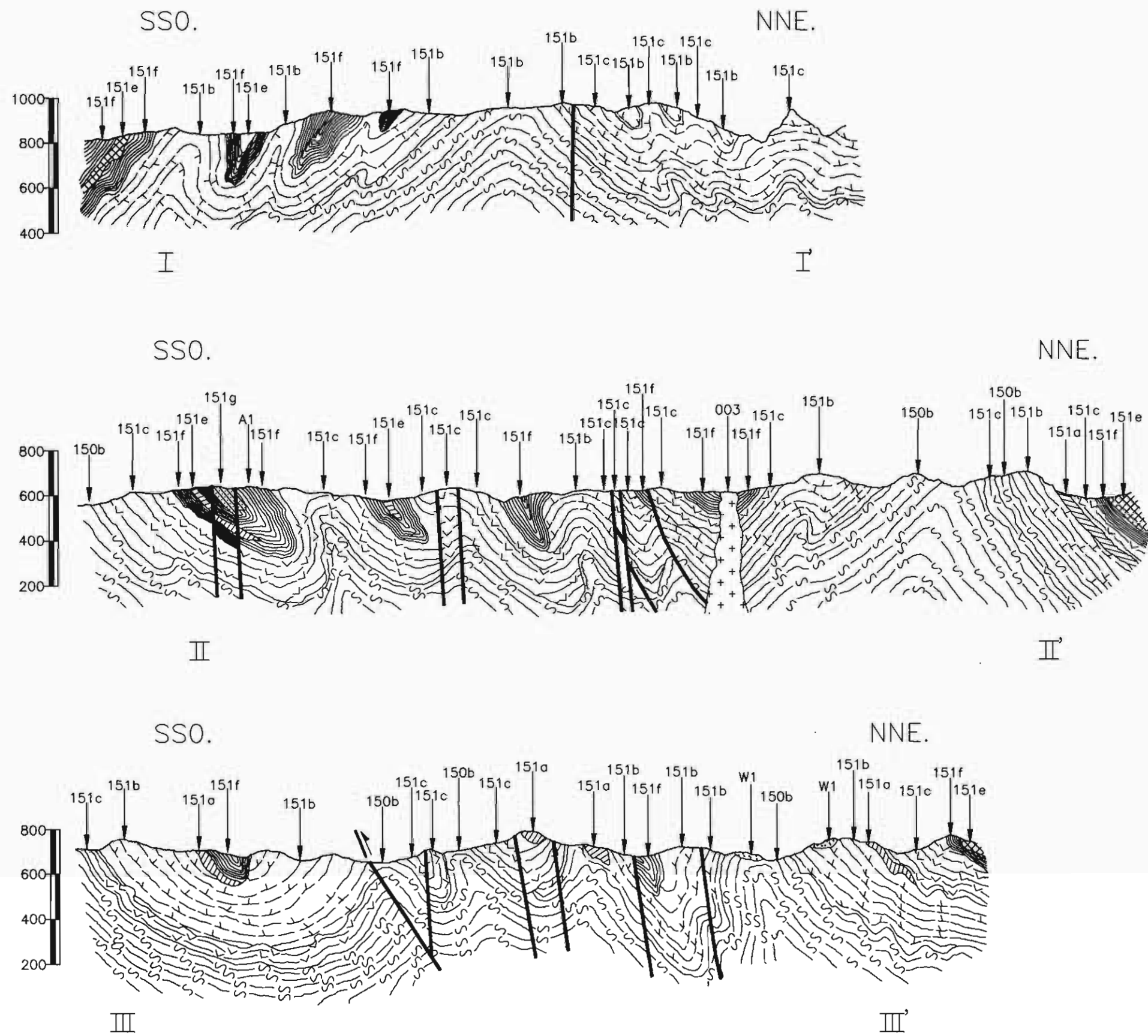


FIG.3.17. - CORTES GEOLOGICOS DE LA ZONA 6

ESCALA: H: 1/50.000  
V: 1/20.000

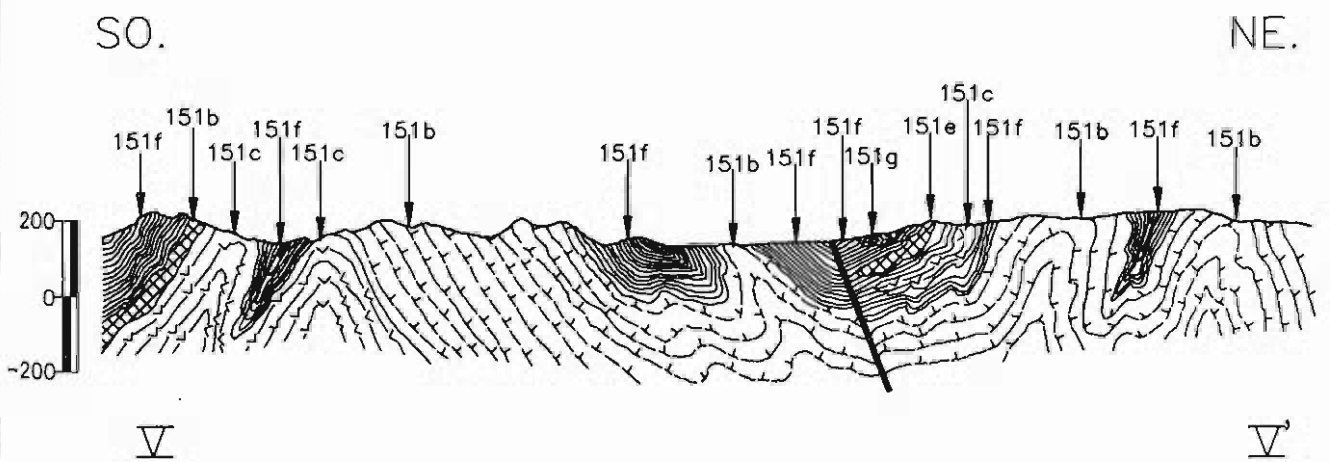
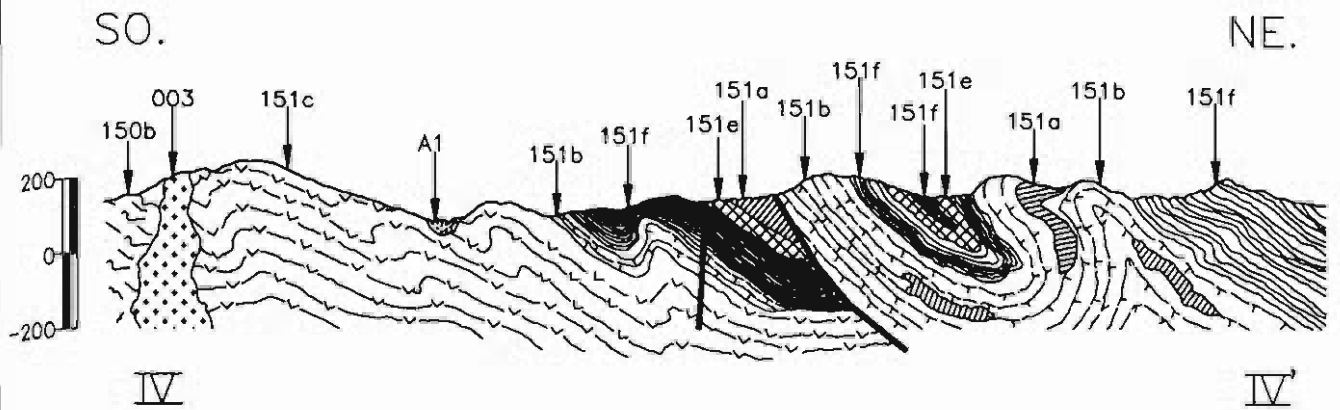


FIG.3.18. - CORTES GEOLOGICOS DE LA ZONA 6

ESCALA: H: 1/50.000  
V: 1/20.000



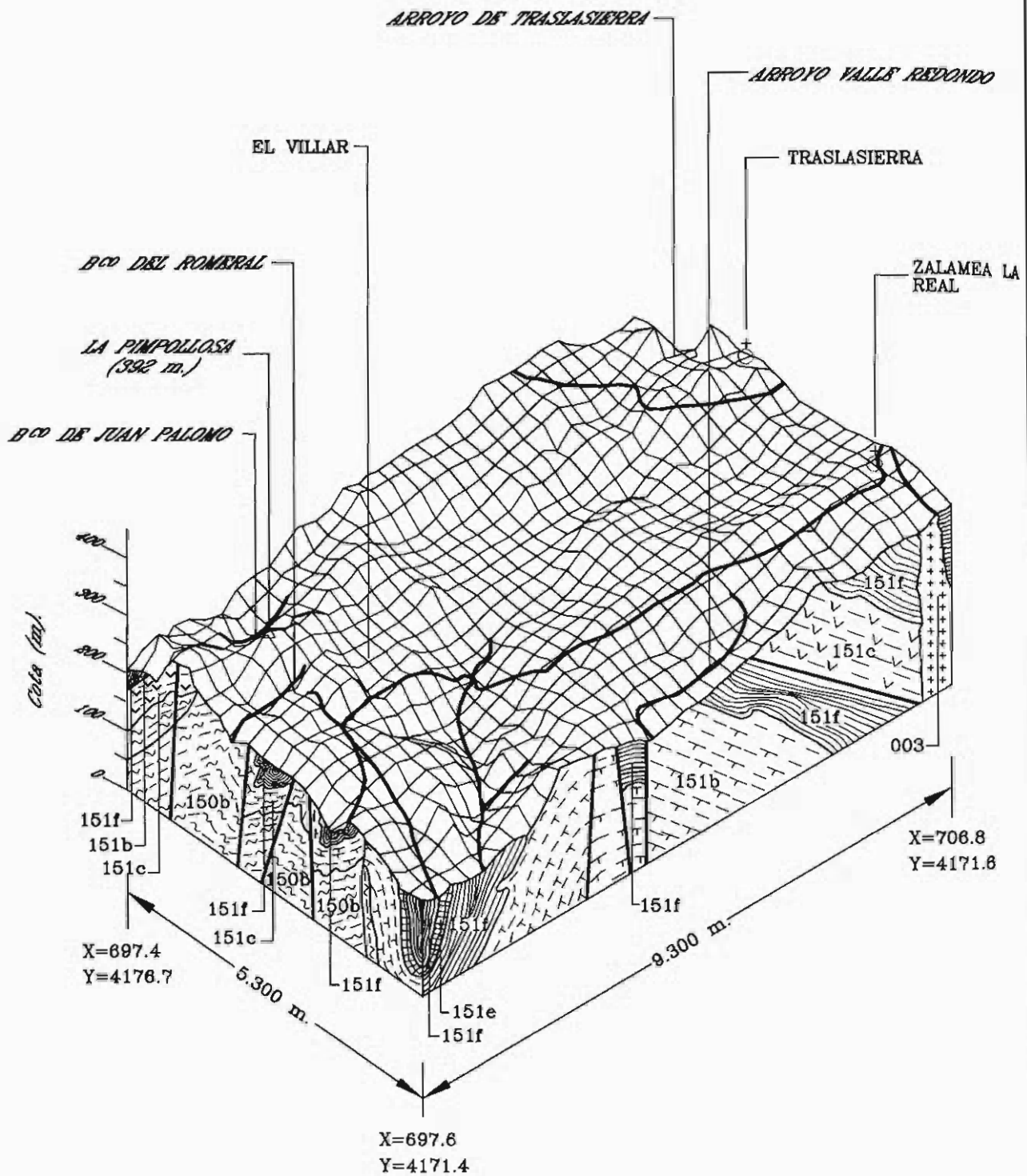
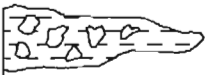
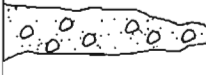

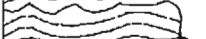



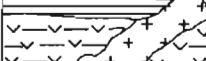
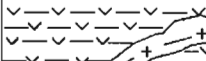

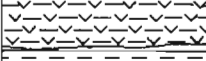

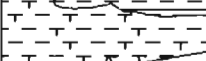


FIG.3.19. — BLOQUE DIAGRAMA DE LA ZONA 6.

### 3.6.3. **Columna estratigráfica**

Este apartado corresponde a la columna estratigráfica de las formaciones que afloran en esta Zona 6. Dicha columna aparece a continuación de estas líneas.

### 3.6.3. - COLUMNA ESTRATIGRAFICA.

COLUMNA LITOLOGICA	REFERENCIA LITOLOGICA	REFERENCIA GEOTECNICA	DESCRIPCION	EDAD
	W1	A	Sedimentos antrópicos.	Cuaternario.
	350	A	Conglomerados y arenas.	Plio-cuaternario.
	321d	E	Gossan transportado.	Mioceno Superior.
	151g	C	Pizarras y grauwacas con fauna.	Viseiense.
	151e	C	Pizarras moradas.	Tournaisiense-Viseiense.
	151f	C	Tobas , tufitas y pizarras.	Tournaisiense-Viseiense.
	151d	E	Jaspes con manganeso y "cherts".	Tournaisiense-Viseiense.
	002c	E	Diques de cuarzo.	?
	151c	F	Lavas , tobas y aglomerados ácidos.	Tournaisiense-Viseiense.
	151b	F	Lavas básicas y tobas básicas esquitosas.	Tournaisiense.
	151a	C	Pizarras grises , a veces con nódulos de "chert".	Tournaisiense-Viseiense.
	003	G	Gabros , gabrodiabasas y diabasas.	?
	150b	C	Pizarras , grauwacas , cuarzo-vacas y cuarcitas.	Tournaisiense.

ESCALA 1 : 5.000.

NOTA: Los cuaternarios y plio-cuaternarios , sin escala.

#### 3.6.4. Grupos Litológicos

Las formaciones geológicas que se han diferenciado en esta Zona 6 son las siguientes:

##### DIQUES DE CUARZO, (002c).

Este grupo se ha definido en la Zona 4, debido a su mayor importancia en ella.

##### GABROS, DIORITAS, CUARZODIORITAS, DIABASAS Y GABRODIABASAS, (003).

Este grupo se ha definido en la Zona 2, dada su mayor importancia en ella.

##### PIZARRAS Y GRAUVACAS, (150b).

Este grupo se ha definido en la Zona 3, debido a su mayor extensión en ella.

##### PIZARRAS GRISES, (151a).

**Litología.-** Este grupo está constituido por pizarras grises, lajosas y hojosas, muy replegadas, que pueden contener intercalaciones de cuarzo blanquecino o niveles negruzcos de sílex.

En superficie y en los tramos alterados, las pizarras presentan coloraciones generalmente grisáceas. En corte fresco se han reconocido tonos pardos, rojizos, e incluso blanquecinos. Ligados a los planos de discontinuidad mecánica, se han observado pátinas negruzcas de óxidos de hierro y manganeso, depositados en las juntas como consecuencia de la circulación de aguas cargadas con dichos óxidos.

En superficie existe un nivel de alteración superficial de espesor variable (0,5 m a 2,0 m), que es más profundo en las zonas falladas.

También se han reconocido pequeños diques de cuarzo, discordantes con la esquistosidad o estratificación, y con espesores máximos en torno a 15 cm.

**Estructura.-** La disposición estructural general del grupo presenta una dirección comprendida entre N 100° y N 130° al Este, y el buzamiento medio es de unos 40° a 60° al Norte.

A nivel de afloramiento, las pizarras se disponen con una gran complejidad tectónica, frecuentes repliegues de capas, diaclasas de gran longitud, y fracturas con espesores de trituración de hasta 30 cm (ver Foto 35).



Foto 35.- Pizarras grises replegadas y fracturadas, del grupo (151a), en la carretera de Nerva a El Madroño.

Se han diferenciado, al menos, una primera esquistosidad, de plano axial, y una segunda que forma ángulos de unos  $60^\circ$  con la esquistosidad primaria, y que da lugar a unas lineaciones, con inmersiones del orden de los  $60^\circ$  al Noroeste.

El diaclasado es muy profundo, con frecuencia de orden decimétrico, y labios generalmente cerrados, lisos y sin rellenos. No se ha reconocido la presencia de agua en las diaclasas.

**Geotecnia.-** Los niveles superficiales de alteración de las pizarras, hasta unos 2 ó 3 m de profundidad, pueden considerarse ripables. A mayor profundidad los materiales se van haciendo progresivamente más compactos y su ripabilidad deberá considerarse como marginal. La formación sana no es ripable.

La permeabilidad es alta en los tramos superficiales alterados, y de baja a nula en profundidad.

Las pizarras no son adecuadas como material de préstamo, aunque podrían utilizarse para el núcleo de los terraplenes, con una compactación adecuada y una puesta en obra cuidadosa.

Los taludes de excavación de baja altura (menos de 5 m) pueden cortarse con inclinación 2V/1H, pero siempre que no exista una esquistosidad o un diaclasado desfavorables, en cuyo caso deberán realizarse ciertas labores de sostenimiento (bulonado, mallazo, gunitado, entre otras). Los taludes de mayor altura pueden cortarse con la misma inclinación, pero en este caso es conveniente construir bermas cada 5 m de altura y disponer al pie un cunetón para la recogida de derrubios. En el caso de que la formación se

corte con inclinación desfavorable de la esquistosidad respecto a la carretera, deberán realizarse labores de contención y sostenimiento (bulonado, muro al pie, malla anclada y gunitado, entre otras).

LAVAS BASICAS Y TOBAS BASICAS ESQUISTOSAS, (151b).

LAVAS, TOBAS Y AGLOMERADOS ACIDOS, (151c).

JASPES CON MANGANESO Y CHERT, (151d).

PIZARRAS MORADAS (151e).

TOBAS, TUFITAS Y PIZARRAS, (151f).

Estos cinco grupos anteriores están descritos en la Zona 4, pues es ahí donde sus afloramientos alcanzan mayor extensión.

PIZARRAS Y GRAUVACAS, (151g).

Este grupo se ha descrito en la Zona 5 dado que es en ella donde tiene mayor representatividad.

CONGLOMERADOS Y ARENAS, (350).

Este grupo se definirá en la Zona 7, dada su mayor importancia en ella.

GOSSAN TRANSPORTADO, (321d).

ESCOMBRERAS, (W1).

Estos dos grupos anteriores se han descrito en la Zona 5, dado que en ella aparecen en mayor extensión.

### 3.6.5. Grupos geotécnicos

En este apartado las distintas formaciones geológicas que integran la Zona 6 se agrupan, en función de sus características geotécnicas, en los siguientes grupos.

- Grupo A: Materiales cuaternarios no cohesivos.- Son formaciones granulares, compuestas por gravas y gravillas, de granulometría y composición variables, e inmersas en una matriz arenosa y limosa. Prácticamente no hay cementación.

Estas formaciones poseen una permeabilidad elevada, y son ripables sin dificultad. Los taludes de excavación con inclinaciones medias presentan pro-

blemas de estabilidad. Algunos de los materiales pueden ser utilizados como préstamos.

En esta Zona 6, a este grupo A pertenecen las formaciones W1 y 350.

- **Grupo C: Formaciones rocosas, troceadas, pizarrosas y esquistosas.**- En estas formaciones los taludes de excavación pueden tener problemas de estabilidad si se cortan con buzamientos desfavorables, pudiendo originarse importantes deslizamientos planos. Sus materiales suelen tener una ripabilidad de tipo marginal, y son semipermeables en el nivel de alteración, e impermeables en la formación rocosa sana.

A este grupo C pertenecen las formaciones (151a), (151e), (151f), (151g) y (150b).

- **Grupo E: Formaciones silíceas y ferruginosas compactas.**- Son formaciones no ripables, impermeables y, en ocasiones, utilizables como material de préstamos. Los taludes de excavación se pueden cortar subverticales, siempre que no exista una estratificación desfavorable.

En esta Zona 6, a este grupo pertenecen las formaciones (002c), (151d) y (321d).

- **Grupo F: Formaciones volcánicas compactas.**- Son formaciones que poseen una cierta alterabilidad superficial, aunque son compactas a poca profundidad y no ripables. La permeabilidad es baja en profundidad y está ligada a las fracturas y fisuras que poseen las formaciones. En el nivel alterado la permeabilidad es alta. Algunos materiales de este Grupo pueden ser canterables y utilizables como préstamos, incluso para la coronación de los terraplenes. Los taludes de excavación pueden cortarse subverticales para alturas bajas, pero saneando los paramentos de aquellos elementos inestables que pudieran existir.

En esta Zona 6, a este grupo F pertenecen las formaciones (151b) y (151c).

- **Grupo G: Formaciones magmáticas e intrusivas compactas.**- Son formaciones que se encuentran alteradas en superficie, en un espesor variable. Estos niveles son fácilmente ripables y tienen una permeabilidad alta. La formación compacta y sin alteración no se puede "ripar" con medios tradicionales y su permeabilidad es nula. Estos materiales además pueden ser utilizables como préstamos. Los taludes de excavación en los niveles alterados no deben cortarse con inclinaciones mayores de 30°, ya que pueden deslizarse. En la propia formación sana, los taludes se pueden tallar con inclinaciones subverticales.

En esta Zona 6, a este grupo G pertenece la formación (003).

### 3.6.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona

En esta Zona 6 se pueden producir deslizamientos planos, a favor de la esquistosidad y del diaclasado, en aquellas formaciones foliadas y con buzamiento desfavorable respecto del plano de corte. Estos problemas se originarán fundamentalmente en las formaciones del grupo geotécnico C.

Problemas de desprendimientos de bloques se pueden originar en las formaciones ígneas que presenten disyunción en bolos, pues en los taludes de excavación quedan bolos desarraigados y rodeados por material alterado.

Erosiones y arrastres de material hacia la calzada se pueden producir en los niveles sueltos y alterados de las formaciones rocosas, cuando los desmontes se ejecuten con una inclinación inadecuada.

Problemas derivados de la baja capacidad portante, con la consiguiente aparición de asentamientos retardados en la carretera, se producirán en las formaciones alteradas y de baja resistencia superficial, como es el caso del grupo W1 y de los niveles de alteración dispuestos sobre las formaciones rocosas.

### 3.7. ZONA 7: LLANOS DE VALVERDE DEL CAMINO, Y SIERRAS DE MATABURRA Y DEL LEÓN

#### 3.7.1. Geomorfología

La Zona 7 incluye el extremo NE y la franja centro-oriental del cuadrante 960-3, dos áreas al NE del cuadrante 982-4, y una franja, con dirección E-W, al sur de los cuadrantes 960-1 y 960-4 (Ver figura 3.20). En la Figura 3.21 pueden verse los tres cortes geológicos y en la Figura 3.22 el bloque-diagrama.

Los ríos principales de la Zona, el Tinto y el Odiel, tienen una dirección predominante N-S, y se encuentran muy encajados y con escasos depósitos aluviales o de terrazas.

La mayor parte de la Zona está constituida por pizarras y grauvacas del grupo (150b), que configuran un relieve acusado, con lomas de cimas redondeadas, laderas de pendientes medias y una red de drenaje muy diversificada y marcada, aunque poco encajada. Ocasionalmente se reconocen algunos afloramientos acantilados con desniveles de hasta 50 m.

En conjunto, esta Zona constituye una penillanura en proceso de rejuvenecimiento desde el Cuaternario, con una ligera inclinación desde el Norte hasta el Sur, y con altitudes que varían desde los 300 m, al Norte de la Zona, hasta los 200 m al Sur.

La existencia de una tectónica de plegamiento dispuesta en dirección NNE-SSW, así como de una esquistosidad asociada, con esta misma dirección, condiciona el trazado de las carreteras y la estabilidad de los taludes de desmonte en la dirección E-W, ya que se pueden originar importantes deslizamientos planos, según la esquistosidad, al cortar las formaciones en esta dirección.



### 3.7.2. Tectónica

Los materiales paleozoicos del área están afectados por la Orogenia Hercínica, que ha dado lugar a tres fases principales de plegamiento y una posterior de fracturación.

La fase I, de mayor magnitud, origina pliegues con dirección N 90° a 130°E y vergentes al Sur o Suroeste. Asociada a los mismos, se desarrolla una esquistosidad de plano axial, que en ocasiones enmascara la estratificación, y cuya dirección media varía de N100° a N120°E. Sus buzamientos comprenden desde 55° hasta 80° al Norte. La intersección de la esquistosidad con la dirección de los pliegues principales origina una lineación que es paralela a la intersección de dicha esquistosidad con la estratificación. La mayor parte de las estructuras originadas en esta fase corresponde a pliegues anticlinales a gran escala, que responden a esfuerzos compresivos de dirección NNE-SSO.

En la fase II se desarrolla una esquistosidad de fractura, de plano axial, asociada a los pliegues de segunda generación. Aunque es de menor envergadura que la primera, en esta fase se generan una serie de pequeños pliegues de arrastre, ondulaciones de capas y mesopliegues en "v". Aparece también una crenulación en las pizarras, coincidente con los ejes de la primera esquistosidad.

Durante esta segunda fase se desarrolla una zona de cizalla, de unos 500 m de anchura y unos 6 kms de larga, dispuesta al Sur del cuadrante 960-4. Esta zona de cizalla se encuentra atravesada por grandes fallas de direcciones N-S y E-O, que definen importantes cambios estructurales (levantamiento de bloques, hundimientos y desgarres, entre otros).

Entre la fase I y la fase II se intruyen los diferentes diques reconocidos en la Zona, que suelen estar afectados por la esquistosidad de fase II.

En la fase III, la más débil de todas, aparece una esquistosidad de fractura, transversal a las anteriores y con dirección predominante N-S. Los pliegues generados, poco frecuentes, son de radio amplio y abiertos, y constituyen suaves ondulaciones con direcciones medias NNE-SSO. Estos pliegues responden a esfuerzos compresivos de dirección ONO-ESE.

La etapa de fracturación da lugar a fallas de carácter normal, generalmente con desarrollos hectométricos a kilométricos, y con direcciones predominantes que varían entre NW-SE y NNW-SSE y entre NNE-SSO y NE-SW.

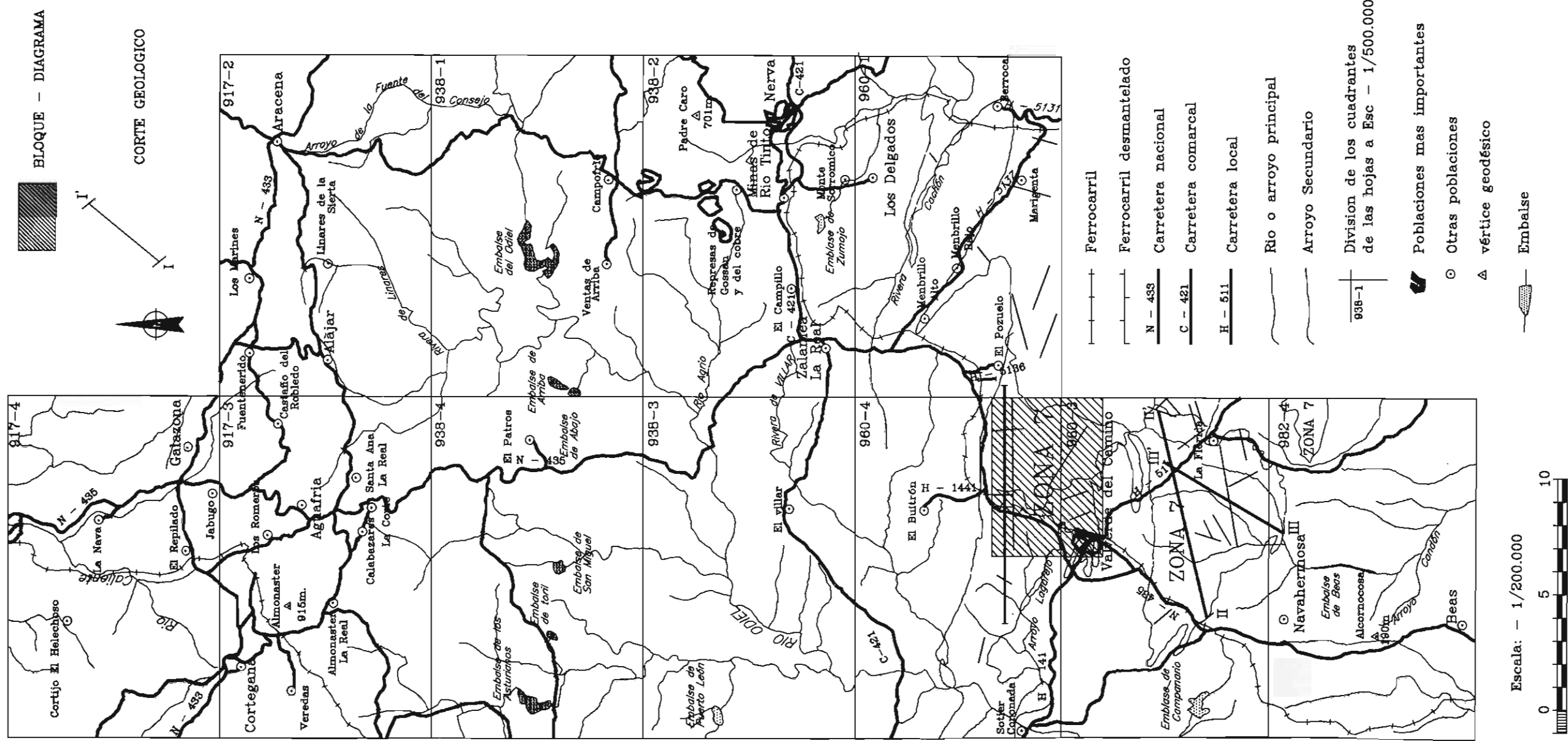


FIG.3.20. - ESQUEMA DE SITUACION DE LA ZONA 7, CORTES GEOLOGICOS Y BLOQUE - DIAGRAMA REALIZADOS EN LA MISMA.

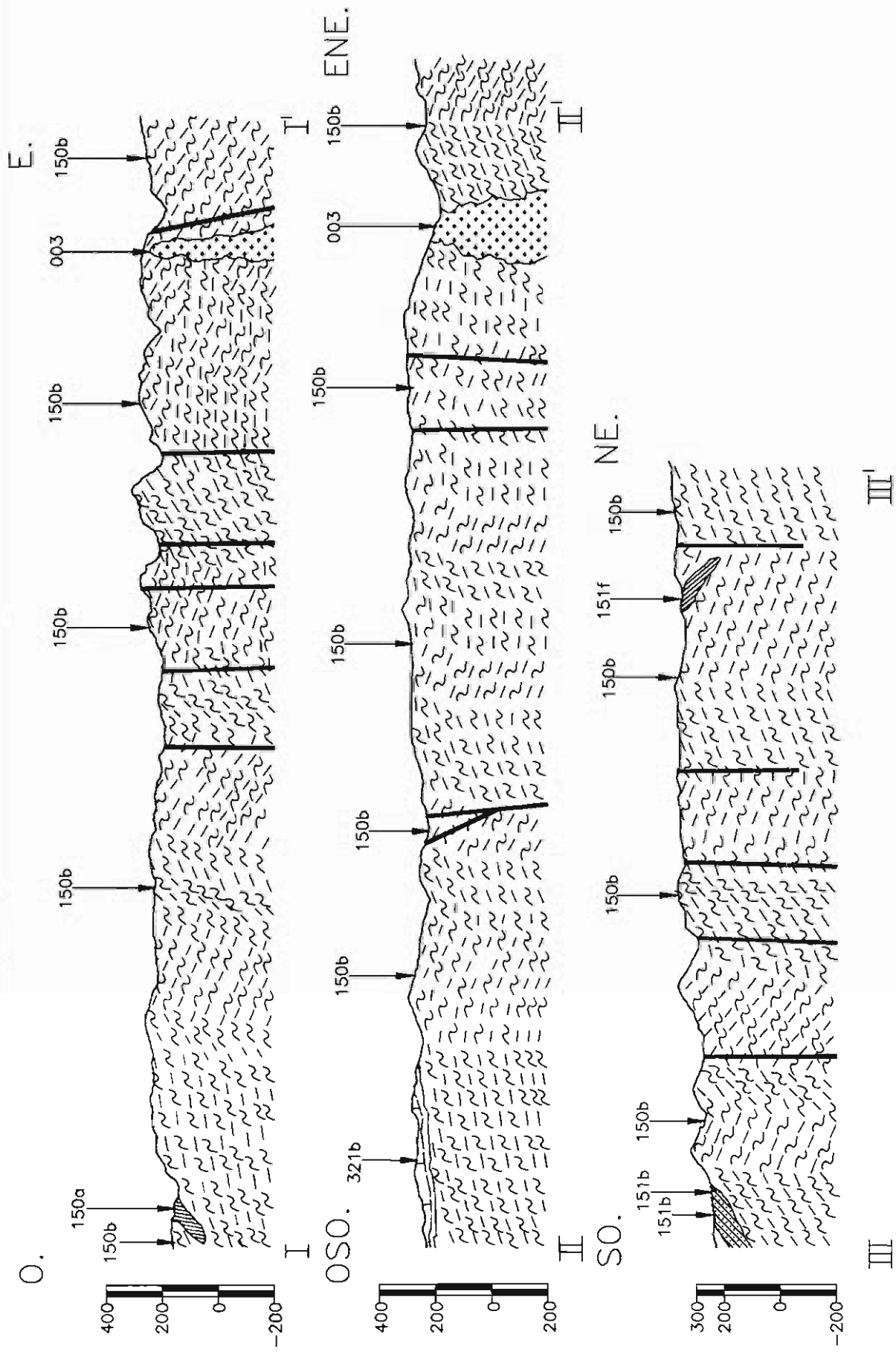


FIG.3.21. - CORTES GEOLOGICOS DE LA ZONA 7

ESCALA: H: 1/50.000  
V: 1/20.000

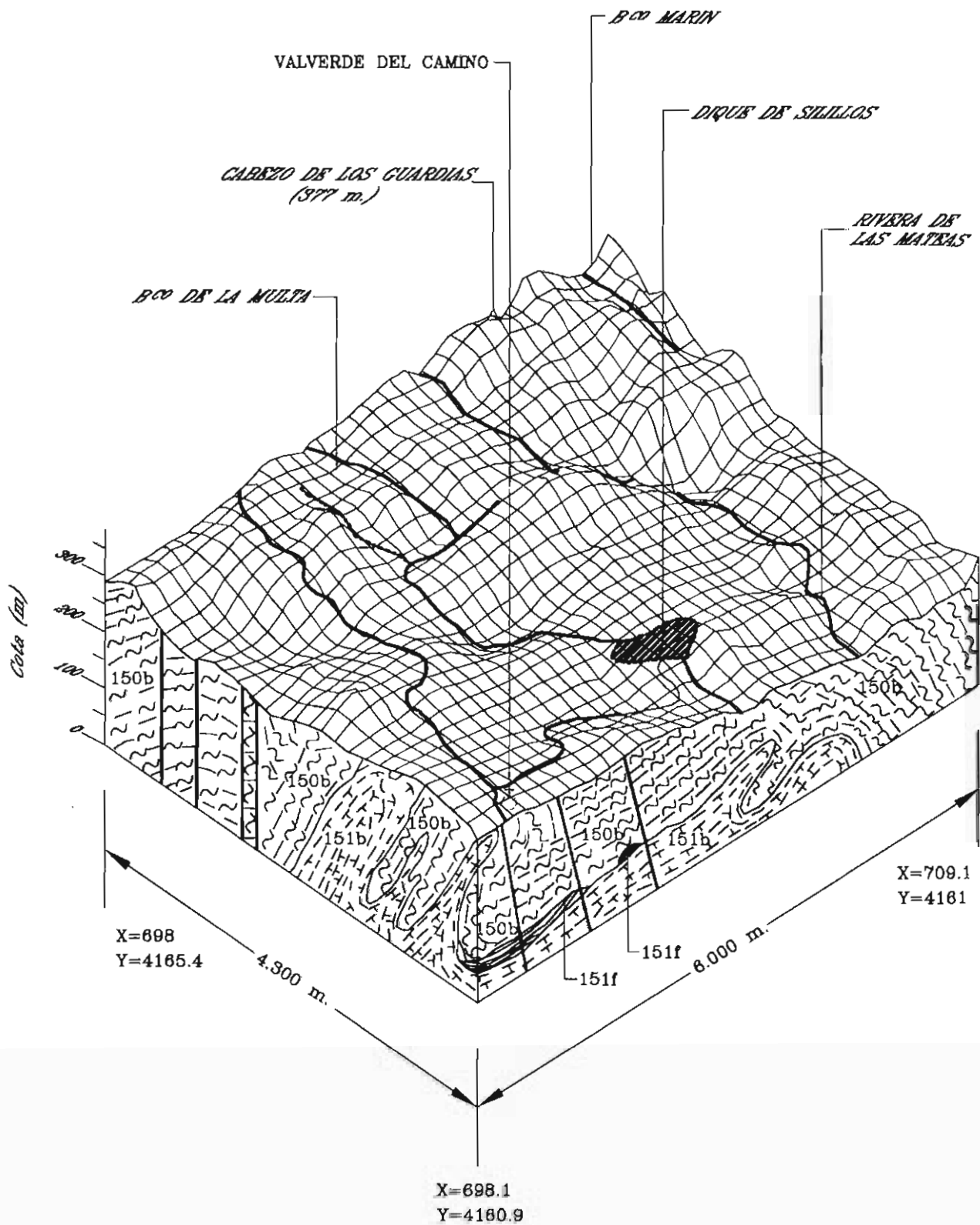
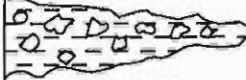


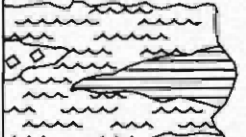
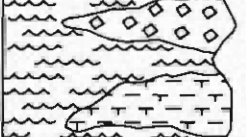
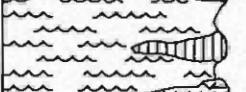
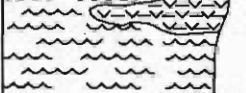
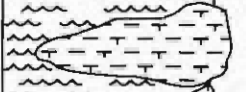
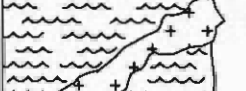
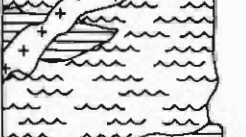
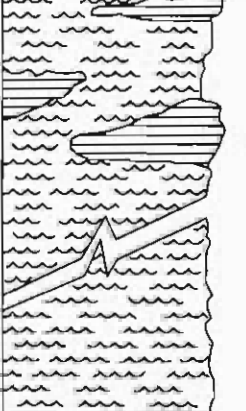


FIG.3.22. - BLOQUE DIAGRAMA DE LA ZONA 7.

### 3.7.3. Columna estratigráfica

Las formaciones geológicas que afloran en la Zona 7 aparecen en la columna estratigráfica que sigue a continuación:

### 3.7.3. - COLUMNA ESTRATIGRAFICA

COLUMNA LITOLOGICA	REFERENCIA LITOLOGICA	REFERENCIA GEOTECNICA	DESCRIPCION	EDAD
	W1	A	Sedimentos antrópicos.	Holoceno.
	350	A	Conglomerados y arenas.	Plio-cuaternario.
	321b	B	Arenas , gravas y limos.	Mioceno Superior.
	151f	C	Tobas , tufitas y pizarras.	Tournaisiense-Viseiense.
	151d	E	Jaspes con manganeso y "cherts".	Tournaisiense-Viseiense.
	150a	D	Calizas , dolomías , calcoesquistos.	Carbonífero.
	151c	F	Lavas , tobas y aglomerados ácidos.	Tournaisiense-Viseiense.
	151b	F	Lavas básicas y tobas básicas esquistosas.	Tournaisiense.
	003	G	Gabros , gabrodiabasas y diabasas.	?
	151f	C	Tobas , tufitas , pizarras y algunas lavas.	Tournaisiense-Viseiense.
	150b	C	Pizarras , grauvacas , cuarzo-vacas y cuarcitas.	Devónico Superior-Carbonífero.

ESCALA 1 : 5.000.

NOTA: Los cuaternarios y plio-cuaternarios , sin escala.

#### 3.7.4. Grupos Litológicos

En esta Zona 7 se han diferenciado las siguientes formaciones geológicas:

GABROS, DIORITAS, CUARZODIORITAS, DIABASAS Y GABRODIABASAS, (003).

Este grupo se ha definido en la Zona 2, dada su mayor representatividad en ella.

CALIZAS GRISES Y CALCOESQUISTOS FERRUGINOSOS, (150a).

**Litología.-** Este grupo está escasamente representado en la Zona 7. Constituye pequeños afloramientos hectométricos dentro del grupo (150b).

Son calizas grises y calcoesquistos ferruginosos. Las calizas grises son de tonos ocres, tienen un cierto contenido en arenas medias y finas, y han sido prácticamente explotadas en su totalidad en el único afloramiento que se ha reconocido en la Zona. Los calcoesquistos ferruginosos aparecen en lentejones entre las pizarras del grupo (150b), son de tonos ocres o amarillentos y presentan pátinas de coloraciones pseudo-rojizas como consecuencia de la oxidación. A veces es posible reconocer en los esquistos pequeñas láminas y vénulas de calcita blanca.

**Estructura.-** Los calcoesquistos presentan una esquistosidad muy marcada y profunda. Se reconocen algunos pliegues de pequeño tamaño, correspondientes al menos a dos fases de plegamiento. En general, estos materiales presentan un buzamiento no muy elevado hacia el Noreste.

El grado de fracturación es de tipo medio y bastante profundo, lo que da lugar a una alteración importante a favor de estas estructuras.

**Geotecnia.-** Los calcoesquistos deben considerarse como de ripabilidad marginal, y las calizas como no ripables. Son materiales tolerables como préstamos, pero sólo para el núcleo de los terraplenes y no para coronación de los mismos.

Los calcoesquistos tienen una permeabilidad baja, ligada exclusivamente a las zonas fracturadas y diaclasadas.

PIZARRAS Y GRAUVACAS, (150b).

Este Grupo se ha descrito en la Zona 3, dada su mayor representatividad en ella.

LAVAS BASICAS Y TOBAS BASICAS ESQUISTOSAS, (151b).  
LAVAS, TOBAS Y AGLOMERADOS ACIDOS, (151c).  
JASPES CON MANGANESO Y CHERT, (151d).  
TOBAS, TUFITAS Y PIZARRAS, (151f).

Estos cuatro grupos anteriores se han descrito en la Zona 4, pues en ella tienen su mayor representación.

ARENAS, GRAVAS Y LIMOS, (321b).

**Litología.-** Este grupo está constituido por un conjunto heterogéneo de arenas, gravas y limos.

Las arenas tienen un tamaño de grano medio a fino, y se presentan en general con coloraciones amarillentas, rojizas o grises. Las gravas están constituidas fundamentalmente por cantos de cuarzo, y tienen tamaños heterométricos (desde unos 2 cm de diámetro, hasta 10 cm).

Englobando a las arenas y gravas se reconocen, como matriz, unos limos blanquecinos o amarillentos, no plásticos, que tiznan las partículas y cantos de aquéllas.

**Estructura.-** Los materiales de esta formación se disponen subhorizontales, con una cierta imbricación de los cantos, y una cierta laminación horizontal en las arenas (ver Foto 36). En los paramentos de los taludes de excavación se reconocen, en ocasiones, pequeñas fisuras y grietas subverti-

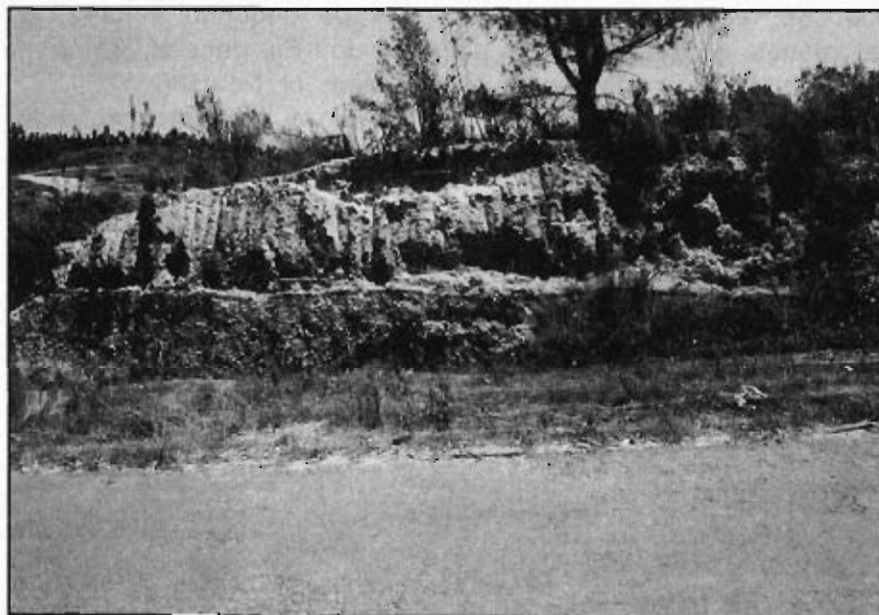


Foto 36.- Grupo (321b). Niveles de gravas inferiores y arenas limosas superiores, en la carretera de Valverde del Camino a Niebla.



cales, tanto ortogonales a la excavación como paralelas a la misma, debido probablemente al efecto de humectación-desección.

**Geotecnia.-** Esta formación es fácilmente ripable y excavable. Su permeabilidad, en conjunto, debe considerarse alta, aunque localmente y al existir una mayor concentración de limos, puede haber áreas en que sea pequeña e incluso nula.

La mayor parte de los depósitos son utilizables como material de préstamos, tanto para núcleo como para coronación de los terraplenes.

Los taludes de excavación para alturas bajas podrán cortarse con inclinación subvertical, aunque deberá construirse a su pie un cunetón amplio que recoja los derrubios producidos a lo largo del tiempo. Los taludes de mayor altura no es previsible que se construyan, dada la poca potencia de la formación, y las laderas tan tendidas que ésta posee.

#### CONGLOMERADOS Y ARENAS, (350).

**Litología.-** Este grupo está constituido por pequeños afloramientos de conglomerados y arenas. Los conglomerados están compuestos por cantos de diversa naturaleza (pizarras, cuarcitas, cuarzo y rocas volcánicas), englobados en una matriz arenosa y algo limosa y de tonos rojizos o amarillentos. Tanto el tamaño de los cantos (de 2 a 20 cm), como su índice de redondez, son muy variables. Su cementación es escasa.

Las arenas son de grano medio a fino y de tonos amarillentos.

**Estructura.-** Estos materiales se presentan con estratificación subhorizontal y con una cierta inclinación hacia el Sur, de carácter sinsedimentario. Los sedimentos detríticos más gruesos se disponen generalmente en la base de la formación, mientras que los depósitos arenosos son más frecuentes hacia el techo de la serie.

Ocasionalmente se reconocen lentejones de conglomerados, poco cementados, incluidos en los niveles arenosos, y otras veces se han reconocido pequeñas láminas y niveles de arenas entre los bancos conglomeráticos.

**Geotecnia.-** Esta formación debe considerarse ripable y fácilmente excavable. Su permeabilidad es alta por porosidad intergranular, y su capacidad portante es baja en los niveles arenosos, y media en los tramos conglomeráticos.

Son depósitos utilizables como préstamos para el núcleo de los terraplenes, e incluso para la coronación de los mismos, haciendo una selección previa de tamaños del material.

Los taludes de excavación admiten inclinaciones subverticales para alturas bajas, aunque son erosionables y degradables con el tiempo. Por ello debe

disponerse un cunetón al pie de la excavación, para la recogida de los derrubios producidos.

Dada la poca potencia de la formación, no es de prever la existencia de taludes de gran altura.

ESCOMBRERAS, (W1).

Este grupo se ha definido en la Zona 5, dada su mayor importancia en ella.

### 3.7.5. Grupos geotécnicos

En este apartado las formaciones de la Zona 7 se agrupan, por sus características geotécnicas, en los siguientes grupos, que se han denominado "geotécnicos":

- **Grupo A: Materiales cuaternarios no cohesivos.**- Son materiales fundamentalmente granulares, constituidos por cantos de diferente granulometría y composición, y a veces con una matriz arenosa y limosa. Las formaciones de este grupo A tienen permeabilidades altas y son fácilmente ripables. Los taludes de excavación se erosionan y degradan fácilmente con el tiempo.

En la Zona 7, dentro de este grupo A se incluyen las formaciones (W1) y (350).

- **Grupo B: Materiales detríticos y detrítico-arcillosos.**- Son formaciones compuestas por cantidades variables de arenas y finos. Su permeabilidad alcanza valores medios. Presentan una capacidad portante de tipo medio. Los taludes de excavación para alturas bajas admiten inclinaciones subverticales, pero dado que son materiales erosionables y degradables con el tiempo, es imprescindible la construcción de un cunetón al pie que recoja los derrubios producidos.

En la Zona 7, a este grupo B pertenece la formación (321b).

- **Grupo C: Formaciones rocosas, troceadas, pizarrosas y esquistosas.**- Estas formaciones poseen en superficie un nivel de alteración, de potencia variable, que es ripable y permeable. La propia formación sana deberá considerarse como impermeable y no ripable.

Los taludes de excavación en las formaciones compactas y para alturas bajas y medias, admiten inclinaciones 2V/1H, siempre que no exista una estratificación o una esquistosidad desfavorable respecto del plano de corte. En caso contrario, deberán rebajarse los pendientes hasta alcanzar la esquistosidad, o bien se mantendrá la misma inclinación pero ejecutando labores de sostenimiento. Los niveles superficiales de alteración no admiten inclinaciones superiores a 1V/1H.

En la Zona 7 a este Grupo C pertenecen las formaciones (151f) y (150b).

- **Grupo D: Formaciones carbonatadas compactas.**- Son materiales que pueden utilizarse como préstamos, aunque debido a su explotación casi total y a su escasa extensión, no debe considerarse su utilización.

En la Zona 7 a este grupo D sólo pertenece la formación (150a).

- **Grupo E: Formaciones silíceas y ferruginosas compactas.**- Son formaciones no ripables, impermeables y de alta capacidad portante. Sus materiales pueden ser canterables y utilizables como préstamos, tanto para el núcleo como para la coronación de los terraplenes. En las áreas elevadas de los cerros y donde existan cantiles, pueden originarse importantes desprendimientos de volumen métrico, aunque de carácter puntual.

En la Zona 7, a este grupo E sólo pertenece la formación (151d).

- **Grupo F: Formaciones volcánicas compactas.**- Son formaciones de elevada capacidad portante en los tramos compactos, y de capacidad portante media en los niveles superficiales de alteración. En éstos la permeabilidad alcanza un valor medio. Las formaciones sanas son impermeables. Algunos materiales de este grupo F pueden ser canterables y utilizables como préstamos. Los taludes de excavación pueden cortarse con inclinación subvertical en las formaciones sanas, para alturas bajas y medias, siempre que no exista una esquistosidad desfavorable respecto del plano de corte. En los niveles de alteración superficial, la inclinación de los desmontes no deberá ser mayor de 1V/1H.

En la Zona 7, a este grupo F pertenecen las formaciones (151b) y (151c).

- **Grupo G: Formaciones magmáticas e intrusivas compactas.**- Son formaciones que poseen un nivel de alteración superficial, de espesor variable. Hay fenómenos frecuentes de disyunción ovoide en los tramos sanos. En éstos, la permeabilidad es baja, mientras que en los niveles de alteración la permeabilidad puede considerarse alta. Las formaciones compactas no serán ripables, debiendo recurrirse a voladuras para fragmentar la roca, antes de proceder a su retirada mecánica. Los niveles de alteración superficial son fácilmente ripables.

Los taludes de excavación en los tramos alterados no deben sobrepasar una inclinación 1V/1H. En las formaciones compactas, dicha inclinación puede ser subvertical, pero no se deben dejar bolos sueltos y desarraigados que puedan caer a la carretera.

En la Zona 7, a este grupo G sólo pertenece la formación (003).

### 3.7.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona

Los principales problemas geotécnicos que se pueden presentar en esta Zona 7 son los derivados de los posibles deslizamientos planos, a favor de diaclasas o de la esquistosidad, si los taludes de excavación se cortan con inclinación desfavorable de la esquistosidad o de la pizarrosidad con respecto del trazado de las carreteras. También se pueden producir pequeños des-

prendimientos por vuelco de capas, en aquellas formaciones con una pizarrosidad o esquistosidad marcada y con buzamientos elevados (mayores de 60°).

Problemas de desprendimientos puntuales se pueden originar en aquellas formaciones rocosas y compactas, que tienen un cierto grado de diaclasamiento, y en afloramientos acantilados, o bien al cortar los taludes en los grupos litológicos con disyunción ovoide, al quedar desarraigados grandes bolos en los paramentos.

Los problemas derivados de la baja capacidad portante se pueden presentar en aquellas formaciones con un nivel superficial de alteración importante, o en aquellos otros materiales de baja resistencia superficial.

### **3.8. ZONA 8: LLANOS Y LOMAS DE BEAS Y DE NAVAHERMOSA**

#### **3.8.1. Geomorfología**

La Zona 8 comprende todo el cuadrante 982-4, excepto dos pequeñas áreas al Noroeste que corresponden a la Zona 7, así como las esquinas suroeste y sureste del cuadrante 960-3 (Ver Figura 3.23). En la Figura 3.24 se representan los dos cortes geológicos realizados y en la Figura 3.25 el bloque-diagrama.

La Zona 8 se dispone en las áreas topográficamente más bajas de todo el Tramo y sus alturas absolutas disminuyen progresivamente desde el Norte hasta el Sur.

El relieve de la Zona viene condicionado por la gran extensión de los depósitos detríticos terciarios, que configuran un área llana en la que destacan algunos cerros y mesas de cimas planas, laderas muy suaves y desniveles entre las mesas y los fondos de los valles de sólo algunas decenas de metros.

La red hidrográfica, de dirección preferente N-S, está poco diversificada, y los ríos principales del territorio, que nacen al Norte y fuera de la Zona, se han encajado profundamente en los depósitos terciarios y cuaternarios en la parte Oeste de la Zona, dejando al descubierto los depósitos paleozoicos en el fondo de los valles.

En cambio, en la mitad oriental de la Zona, la erosión de los materiales terciarios y cuaternarios ha sido mucho más intensa, y así los depósitos terciarios quedan reducidos a pequeños cerros-testigos y a las cimas de las lomas de mayor altura. Gran parte de la mitad oriental de la Zona corresponde casi exclusivamente a los afloramientos del grupo (151g), en los que la red de drenaje se encuentra diversificada y algo encajada, y donde el relieve es más acusado que en la mitad occidental de la Zona. En cualquier caso, la diferencia de altura entre el fondo de los valles y las cimas de los cerros no suele sobrepasar los 50 m. Las laderas, además, tienen pendientes bajas, de no más de 15° a 20°.

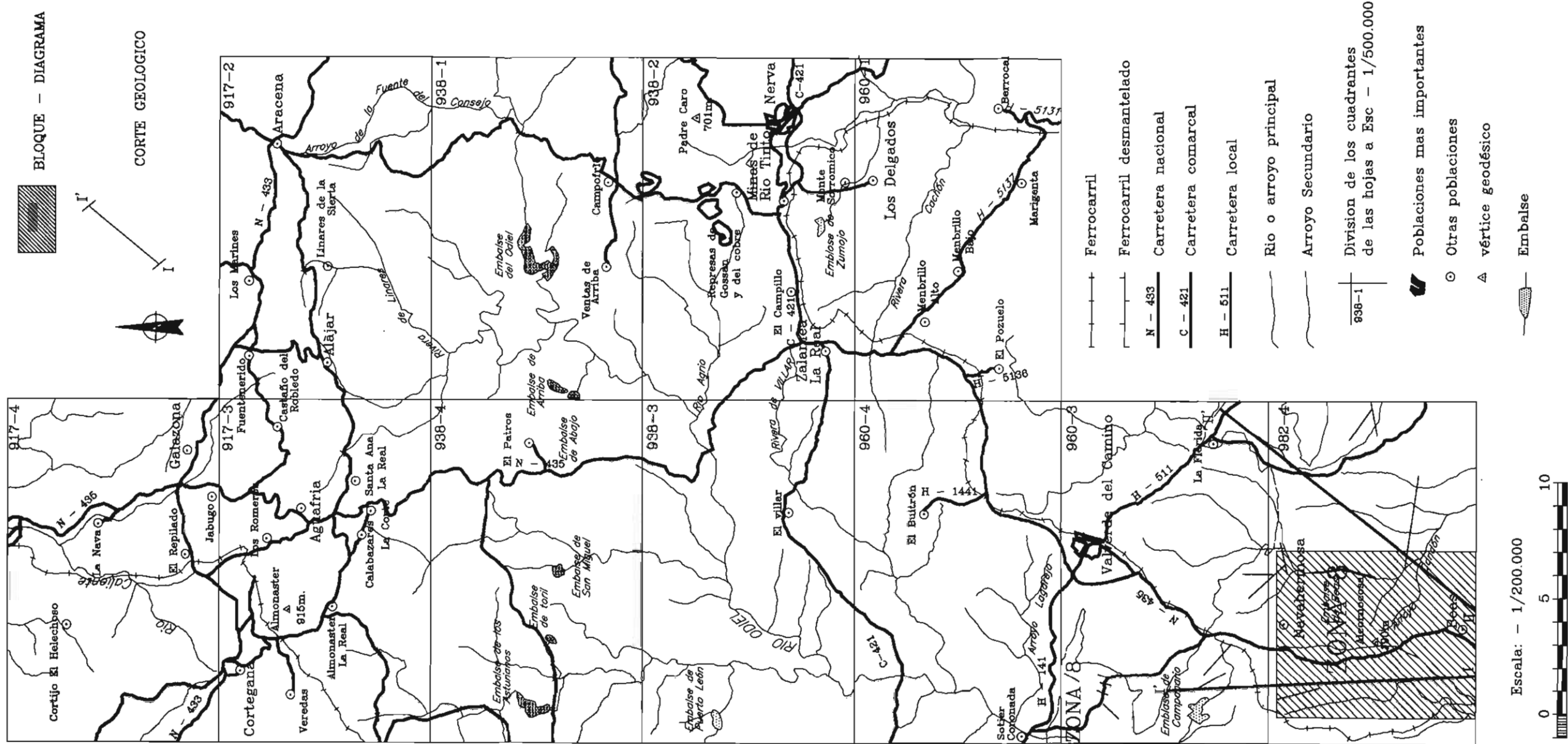


FIG.3.23. - ESQUEMA DE SITUACION DE LA ZONA 8, CORTES GEOLOGICOS Y BLOQUE - DIAGRAMA REALIZADOS EN LA MISMA.

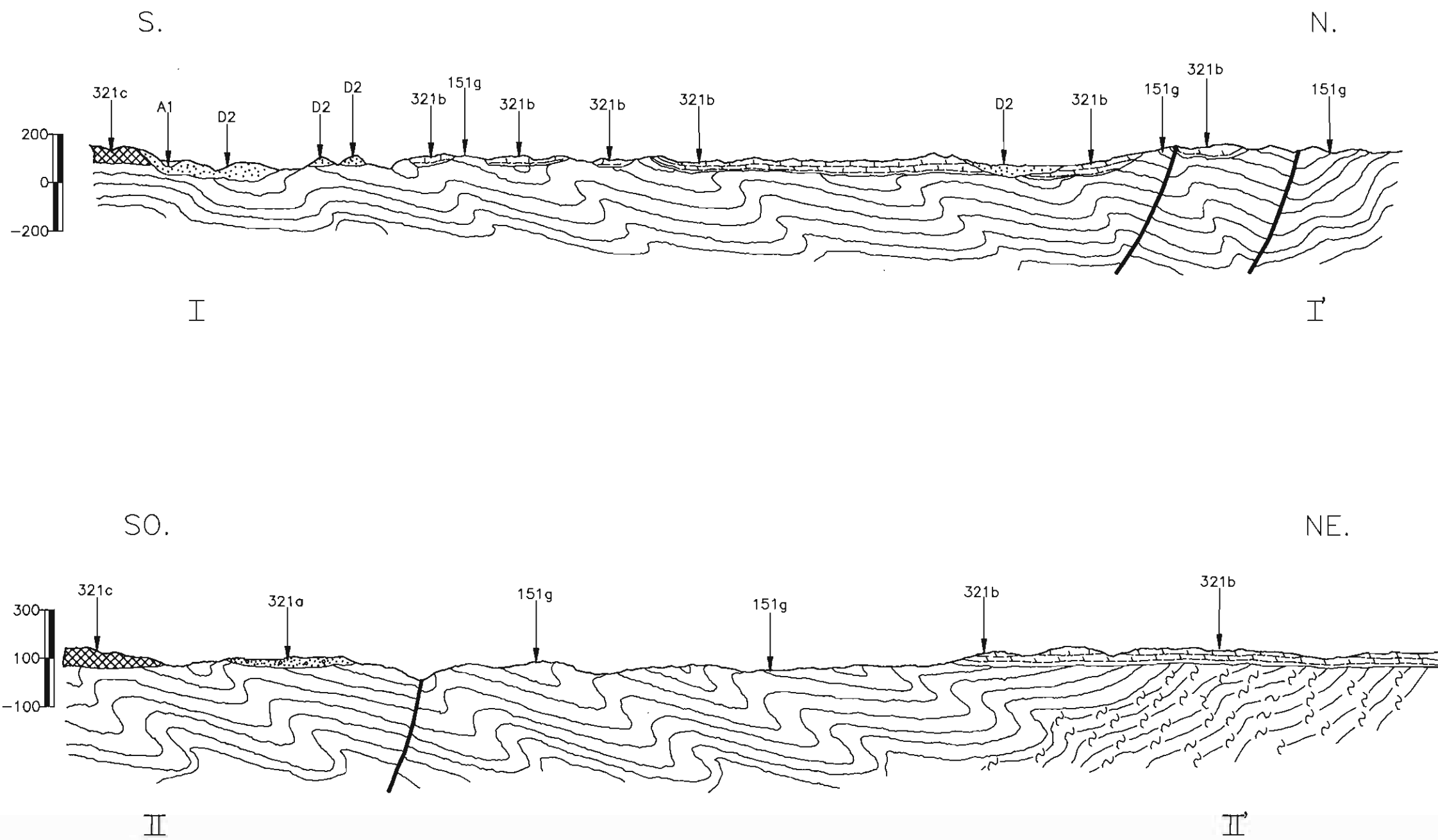


FIG.3.24. - CORTES GEOLOGICOS DE LA ZONA 8

ESCALA: H: 1/50.000  
V: 1/20.000

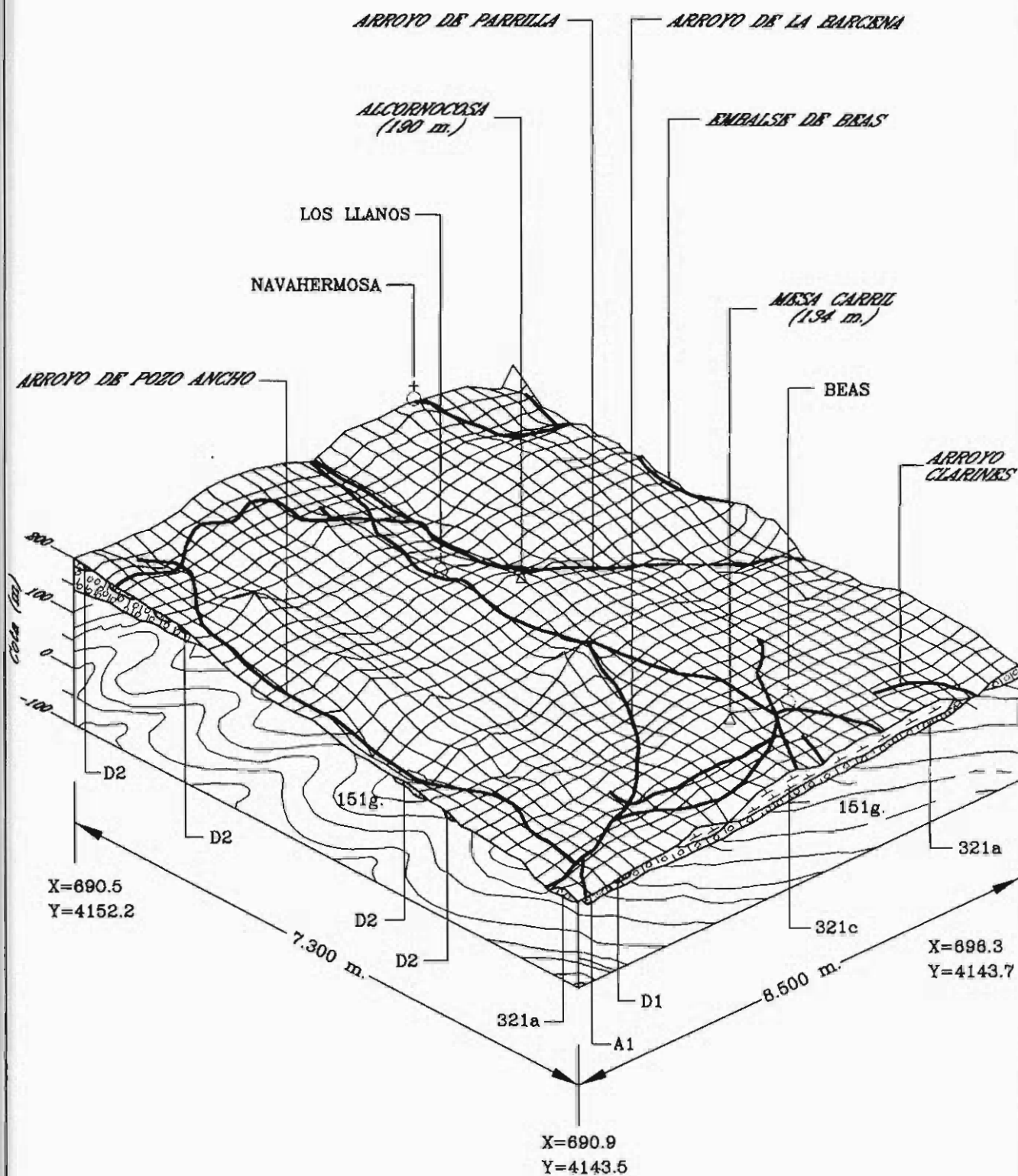


FIG.3.25. - BLOQUE DIAGRAMA DE LA ZONA 8.

Los depósitos terciarios y cuaternarios poseen una elevada erosionabilidad al ser depósitos sueltos y generalmente sin cementación, pero dado que las laderas tienen pendientes muy tendidas, este problema queda reducido a zonas concretas del territorio, en donde exista una pendiente algo mayor, como en el caso de algunos zapados basales de los arroyos.

Algunos problemas de deslizamientos planos se producirán en los afloramientos paleozoicos localizados en el fondo de los valles principales, pero dado que el trazado de las carreteras no discurre por los mismos, este problema no afectará a las vías de comunicación.

### 3.8.2. Tectónica

Los rasgos tectónicos de la Zona 8 sólo pueden reconocerse en los afloramientos paleozoicos del grupo (151g), localizado en el fondo de los valles y en la mitad oriental de la Zona. Los depósitos terciarios y cuaternarios no han sufrido efectos tectónicos destacables.

En los materiales paleozoicos se han reconocido tres fases tectónicas.

La fase I responde a esfuerzos compresivos de dirección NNE-SSW, que originan plegamientos de dirección WNW-ESE a W-E, y estructuras volcadas hacia el Sur o el Suroeste. Asociada a esta fase se reconoce una esquistosidad de plano axial, de dirección  $N90^{\circ}$ - $100^{\circ}$ E, y buzamientos medios de  $50^{\circ}$  a  $80^{\circ}$  al Norte, que en ocasiones enmascara la estratificación. A lo largo de esta primera fase se generan pliegues de tipo abierto, concéntrico e isoclinal, a diferentes escalas. La edad de esta fase parece corresponder al Westfaliense Medio (fase astúrica de la Orogenia Hercínica).

La fase II genera pliegues abiertos, de dirección N-S a NNE-SSW, ortogonales a los pliegues de primera generación, y que responden a esfuerzos compresivos de dirección ENE-WNW. Asociada a los pliegues se reconoce una segunda esquistosidad de fractura, de plano axial y poco penetrativa, que es prácticamente perpendicular a la esquistosidad de la primera fase. Durante esta segunda fase se generan además discontinuidades estructurales, fallas y fracturas, tanto longitudinales respecto a la dirección del plegamiento, como transversales al mismo, así como otras, conjugadas con las primeras, de dirección NNW-SSE.

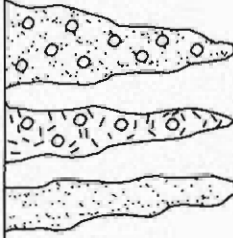
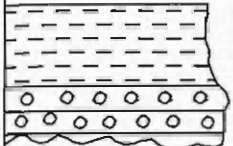
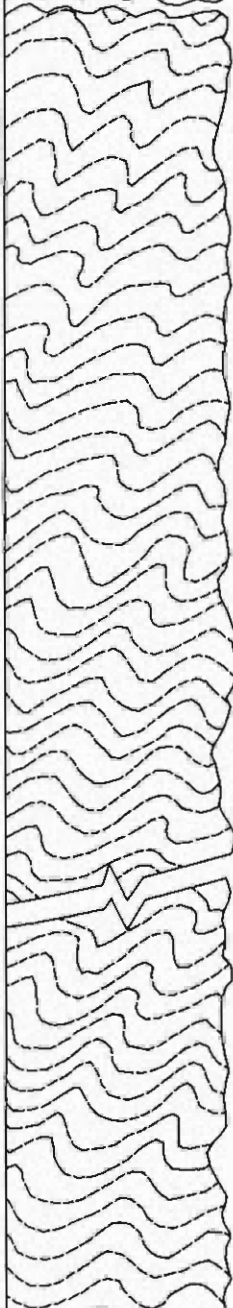
La fase III, coaxial con la fase I, es de mucha menor entidad que ella y genera una esquistosidad de plano axial, pliegues de tipo "kink-folds", y una crenulación en las pizarras, paralela a la esquistosidad de la fase I.

### 3.8.3. Columna estratigráfica

Este apartado corresponde a la columna estratigráfica de la Zona 8. Dicha columna aparece a continuación de estas líneas.



### 3.8.3. - COLUMNA ESTRATIGRAFICA

COLUMNA LITOLOGICA	REFERENCIA LITOLOGICA	REFERENCIA GEOTECNICA	DESCRIPCION	EDAD
	A1	A	Gravas , arenas y finos.	Cuaternario
	D1	A	Conos de deyección.	Cuaternario
	D2	A	Gravas , conglomerados , arenas y areniscas.	Cuaternario
	321c	B	Margas azules.	Mioceno Superior.
	321b	B	Arenas , gravas y limos.	Mioceno Superior.
	321a	B	Arenas , gravas y calizas bioclásticas.	Mioceno Superior.
	151g	C	Pizarras y grauvacas con fauna.	Viseiense.

ESCALA 1 : 5.000.

NOTA: Los cuaternarios y plio-cuaternarios , sin escala.

#### 3.8.4. Grupos litológicos

En esta Zona 8 se han diferenciado las siguientes formaciones litológicas:

PIZARRAS Y GRAUVACAS, (151g).

Este grupo se ha definido en la Zona 5, dada su mayor representatividad en ella.

ARENAS, GRAVAS Y CALIZAS BIOCLÁSTICAS, (321a).

**Litología.-** Esta formación la componen un conjunto de arenas, gravas y niveles esporádicos de calizas bioclásticas. Las arenas son de granulometría fina y tienen tonos ocres o amarillentos y esporádicamente rojizos. Intercalados entre las arenas aparecen bancos de gravas, generalmente de cuarzo, subredondeadas, y otras de fragmentos de calizas angulosas y heterométricas. Las calizas bioclásticas sólo se han reconocido en un afloramiento de la formación, y están compuestas por una lumaquela de ostreidos. En otras ocasiones sólo se ha detectado la existencia de numerosos fragmentos de calizas, sin continuidad lateral.

La existencia de un "hard ground" ferruginoso, local, de unos 10 cm de potencia media, indica una interrupción en la sedimentación y una exhumación de la cuenca sedimentaria.

**Estructura.-** La estructura sedimentaria que presentan estos materiales es subhorizontal. En algunos niveles de gravas se reconocen una cierta imbricación de cantos y una ordenación de éstos, en disposición subhorizontal, según el eje mayor de los mismos.

En las arenas se reconoce una cierta laminación paralela, visible por un ligero cambio en la coloración de láminas. Las arenas de tonalidades rojizas suelen disponerse por debajo de las arenas amarillentas, según un contacto neto horizontal (ver Foto 37). En los paramentos de algunas excavaciones en las arenas, se reconocen una serie de fisuras verticales y pequeños tubos, debidos probablemente a restos de raíces.

**Geotecnia.-** Estos materiales son fácilmente excavables y ripables, y tienen permeabilidad alta. La capacidad portante será de valor bajo en las arenas, media en las gravas, y alta en las calizas bioclásticas.

En las zonas llanas y en donde se puedan depositar elementos finos, pueden originarse problemas de encharcamiento.

Estos materiales pueden ser utilizables como préstamos para el núcleo de los terraplenes e incluso para la coronación de los mismos, pero haciendo una selección previa del material a utilizar.

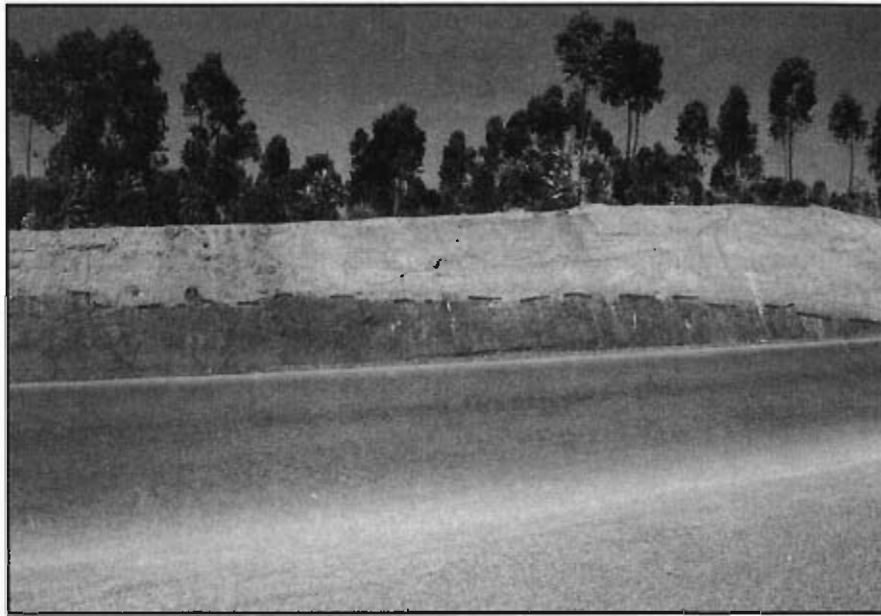


Foto 37.- Grupo (321a). Talud de desmonte en la carretera de Valverde del Camino a La Palma del Condado.

Los taludes de excavación para alturas bajas pueden cortarse subverticales, pero dado que presentan una erosionabilidad muy elevada, conviene construir un cunetón al pie de los taludes, que permita la recogida de los derrubios producidos.

#### ARENAS, GRAVAS Y LIMOS, (321b).

Este grupo se ha descrito en la Zona 7, dada su mayor extensión en ella.

#### MARGAS AZULES, (321c).

**Litología.-** Esta formación la componen unas margas, azules en corte fresco, y de tonos verdosos u ocre, en superficie y cuando se encuentran alteradas.

Hacia el extremo sur de la Zona las margas contienen un cierto porcentaje de arenas y limos, y presentan un aspecto general homogéneo y terroso. Contienen además abundante microfauna, que ha permitido datarlas cronoestratigráficamente.

**Estructura.-** La disposición sedimentaria de las margas es masiva, sin orden aparente, aunque a pequeña escala se puede reconocer una laminación paralela, subhorizontal.

**Geotecnia.-** La formación de margas azules debe considerarse ripable y excavable, y de baja capacidad portante. Son impermeables, y no son adecuadas como material de préstamos, dado su elevado contenido en elementos finos, y la dificultad de compactación de éstos últimos.

Los taludes de excavación para alturas bajas admiten inclinaciones temporales subverticales (ver Foto 38), pero su alta erosionabilidad hace que se degraden muy rápidamente. Es recomendable cortar los materiales con inclinaciones no mayores de  $25^{\circ}$  a  $35^{\circ}$ , revegetar los paramentos para evitar la erosión, y construir un cunetón al pie del talud que permita la recogida de los derrubios producidos.



Foto 38.- Aspecto de los materiales margosos del grupo (321c), en el entorno de la población de Beas.

#### CONOS DE DEYECCION, (D1).

**Litología.-** Este grupo se compone de un conjunto de gravas angulosas y heterométricas, de cuarzo, pizarras, esquistos y calizas, inmerso en una matriz arenosa y arcillosa.

**Estructura.-** La estructura sedimentaria es la correspondiente a los depósitos de conos de deyección, esto es, existe una cierta gradación de tamaños, los gruesos en la zona apical del cono, y los depósitos más finos en la zona distal del mismo.

Existen frecuentes estructuras de estratificación cruzada, rellenos de antiguos canales y orientación de cantos.

**Geotecnia.-** Los materiales que constituyen los conos de deyección son fácilmente ripables y excavables. La permeabilidad del conjunto es elevada. Estos materiales pueden ser utilizables como préstamos para núcleo de terraplenes, e incluso para la coronación de los mismos, pero haciendo previamente una selección del material a emplear.

Los taludes de excavación para alturas bajas no deben cortarse con inclinaciones superiores a 30°, ya que pueden originarse deslizamientos. También es conveniente construir un cunetón al pie del desmonte, que permita la recogida de los derrubios producidos.

#### GRAVAS, CONGLOMERADOS, ARENAS Y ARENISCAS, (D2).

**Litología.-** Este grupo se compone de un conjunto de gravas, arenas, conglomerados y areniscas, en disposición irregular.

Dependiendo del grado de cementación, que es heterogéneo, se reconocen gravas o conglomerados, y arenas o areniscas (ver Foto 39).



Foto 39.- Aspecto de los materiales de la formación D2, en la carretera de Beas al arroyo de la Bárcena.

Las arenas suelen ser amarillentas hacia el Sur y de grano medio a fino, y de tonalidades rojizas al Norte, y con la misma granulometría.

Las gravas suelen ser de origen metamórfico y fundamentalmente provienen de esquistos, pizarras y cuarzo.

**Estructura.-** Los materiales que componen este Grupo D2 se disponen con una estructura masiva, en la que se puede reconocer una cierta grano-selección. Las gravas tienen un tamaño variable (hasta un máximo de 25 cm de diámetro) y están pobremente seleccionadas.

Las arenas, de granulometría media y fina, presentan en ocasiones laminaciones paralelas y subhorizontales.

**Geotecnia.-** Son depósitos ripables en general, aunque hay algunas áreas de características marginales en lo que a ripabilidad se refiere. Sus materiales pueden ser utilizables como préstamos para núcleo de terraplenes y, ocasionalmente, para coronación de los mismos. En este caso, deberá realizarse una selección previa del material a utilizar.

En conjunto, el grupo es permeable. La capacidad portante debe considerarse baja en las arenas, y alta en las areniscas y conglomerados. En las gravas, la capacidad portante alcanzará valores medios.

Los taludes de excavación para alturas pequeñas admiten inclinaciones de hasta 30°, pero deberá construirse un cunetón al pie, para recoger los derrubios producidos.

#### GRAVAS, ARENAS Y FINOS, (A1).

**Litología.-** Este grupo es el aluvial del arroyo de la Bárcena, localizado al Suroeste de la Zona, y constituido por gravas, en general de cantos de cuarzo, subredondeadas y heterométricas, y por arenas en tonos ocre y pardos, de granulometría media y fina, que incluyen en su seno un cierto porcentaje de limos arcillosos (ver Foto 40).



Foto 40.- Aspecto de los materiales del aluvial A1, en el fondo del cauce del arroyo de la Bárcena.

**Estructura.-** Estos materiales se disponen con estructura masiva. Solamente cuando se reconocen niveles de gravas, es posible establecer unos planos sedimentarios subhorizontales.

Las gravas se encuentran probablemente seleccionadas y sus cantos tienen tamaños comprendidos entre 2 y 15 cm de diámetro.

**Geotecnia.-** Este aluvial es fácilmente ripable y excavable. Su permeabilidad es alta, y su capacidad portante pequeña. Sus materiales serán adecuados como préstamos para el núcleo de los terraplenes, pero no para la coronación de los mismos.

Las excavaciones o las zanjas realizadas en este grupo deben entibarse adecuadamente, ya que pueden sufrir deslizamientos importantes. El nivel freático se encuentra próximo a la superficie, por lo que existirán problemas de agotamiento.

### 3.8.5. Grupos geotécnicos

En este apartado los distintos materiales que forman la Zona 8 se agrupan por sus características geotécnicas en los siguientes "grupos geotécnicos":

- **Grupo A: Materiales cuaternarios no cohesivos.-** Son depósitos granulares, constituidos por cantos heterométricos, inmersos en una matriz arenosa y con un cierto porcentaje de elementos finos. Son fácilmente ripables y excavables, y presentan problemas en el mantenimiento de los taludes de excavación, si se cortan con inclinación inadecuada. Algunos de estos materiales pueden ser utilizables como préstamos para núcleo y coronación de terraplenes. La capacidad portante es, en general, de valor medio a bajo.

En la Zona 8, a este grupo A pertenecen las formaciones D2, D1 y A1.

- **Grupo B: Materiales detríticos y detrítico-arcillosos.-** Son depósitos constituidos en unos casos por arenas y finos, y con una cierta proporción de gravas de diferente tamaño, y en otros por depósitos mayoritarios de finos. Presentan una baja capacidad portante, y son fácilmente ripables y excavables. La permeabilidad es grande en los materiales detríticos, y pequeña a nula en los depósitos detrítico-arcillosos o margosos. Los taludes de excavación se erosionan con facilidad.

En la Zona 8, a este grupo B pertenecen las formaciones (321a), (321b) y (321c).

- **Grupo C: Formaciones rocosas, troceadas, pizarrosas y esquistosas.-** Son formaciones que suelen presentar un nivel superficial de alteración, de potencia variable. Este nivel tiene una permeabilidad elevada, y es fácilmente ripable. Su capacidad portante es pequeña.

Las formaciones rocosas compactas tienen una permeabilidad baja y debida sólo a la fisuración. Su capacidad portante es elevada, y no son ripables.

En los taludes de excavación se pueden originar importantes deslizamientos planos a favor de la esquistosidad o del diaclasado, si el buzamiento resulta desfavorable con respecto al plano de corte.

En la Zona 8, en este grupo C sólo se incluye la formación (151g).

### **3.8.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona**

Los principales problemas de índole geotécnica que se pueden presentar en esta Zona 8 son los derivados de la baja capacidad portante de la mayor parte de sus materiales. Podrán producirse asientos retardados en las estructuras sobrepuestas.

Deslizamientos planos a favor de la esquistosidad, estratificación o diaclasado, se producirán en aquellas formaciones con inclinación de la discontinuidad desfavorable respecto del trazado de las vías.

Los arrastres debidos a la erosión, con el consiguiente cegamiento de cunetas, pueden darse en la mayor parte de los grupos terciarios y cuaternarios de la Zona. Convendrá hacer una limpieza periódica de cunetas y un dimensionado generoso de los drenajes longitudinales y transversales de las carreteras.



## 4. CONCLUSIONES GENERALES DEL ESTUDIO

### 4.1. Resumen de problemas topográficos

Las características topográficas particulares de cada una de las Zonas en que se ha dividido el Tramo, hacen aconsejable su trato por separado en la mayor parte de los casos, aunque alguna vez puedan agruparse debido a su similitud.

#### Zona 1

La Zona 1 se localiza en el sector más septentrional del Tramo. Los desniveles entre el cauce de los ríos o el fondo de los barrancos y las cumbres de los cerros y sierras suelen ser muy importantes. Los barrancos principales y los cauces de los ríos están bastante encajados. Por otra parte, las laderas presentan unas inclinaciones medias y altas.

Cabe destacar la presencia de alineaciones de sierras con dirección general WNW-ESE que dificultan el trazado de las comunicaciones en dirección Norte-Sur. Destacan la sierra de Monte Venero, sierra Bujarda, sierra Valdecarreta, sierra de las Herrumbres y sierra del Pocito.

Uno de los principales problemas de esta Zona es su topografía abrupta. Por otra parte, los cauces de los ríos, bastante encajados, y las alineaciones de las sierras anteriormente citadas, dan lugar a que las vías de comunicación tengan trazados sinuosos y, en ocasiones, pendientes longitudinales importantes. Se aprovechan los cauces de los ríos y arroyos principales de la Zona, dispuestos generalmente en sentido Sur-Norte, para el trazado de las carreteras actuales. También existen problemas en el trazado de vías de comunicación en dirección Este-Oeste, ya que los cauces encajados de los ríos, así como las pendientes medias o altas de las sierras, obligarían a un trazado sinuoso de las carreteras, con pendientes longitudinales elevadas y a la construcción de varios puentes.

Actualmente en esta Zona 1 no existen vías de comunicación con dirección Este-Oeste, pero sin embargo sí las hay con dirección Norte-Sur. Es el caso de la carretera N-435 a su paso por La Nava, que discurre paralela al cauce de la rivera del Múrtiga. También existe el trazado del tramo de ferrocarril Mérida-Huelva, que a su paso por la Zona, y para salvar las alineaciones de sierras, hizo necesaria la construcción de un túnel de unos 500 m de longitud.

### Zona 2 y Sector Norte de la Zona 3

En la Zona 2 y en el Sector Norte de la Zona 3 es donde se encuentra el mayor número de núcleos de población, y por tanto, por donde discurre el mayor número de vías de comunicación de la parte septentrional del Tramo.

La topografía de estos sectores es bastante acusada, pero menos abrupta que en el caso de la Zona 1. Existen también pequeñas áreas donde la orografía es más suave. En estos sectores también aparecen sierras de cierta importancia, con desniveles marcados entre el fondo de los barrancos y las partes altas de los cerros y sierras. Aquí se localiza el vértice geodésico de mayor altura de todo el Tramo estudiado (Almonaster, 917 m), al Suroeste de esta Zona 2. Cabe destacar también algunos accidentes orográficos de cierta importancia, que dificultan en cierto modo el trazado de las vías de comunicación, como la sierra de la Virgen, que va desde las inmediaciones de Castaño del Robledo hasta Linares de la Sierra, y que se prolonga hacia el Este y cambia su denominación por sierra de San Ginés y sierra de la Cruz, hasta Aracena. Esta alineación de sierras constituye un cambio brusco en el relieve, que dificulta enormemente el trazado de vías de comunicación, tanto hacia el Norte, por la elevada pendiente longitudinal de las laderas, como en dirección Este-Oeste, ya que entonces deben salvarse importantes accidentes topográficos, como barrancos encajados, ríos y arroyos, entre otros, que obligarían a construir importantes obras de paso (puentes y viaductos).

Otras zonas con problemas debido a la existencia de una topografía acusada es la Zona Sur-Occidental del Sector Norte de la Zona 3, por donde discurren algunas vías de trazado bastante irregular y difícil, y donde las pendientes, en algunos casos, pueden ser muy importantes. Deben mencionarse especialmente los problemas topográficos que presenta la carretera N-435 en el área central o centro-septentrional de la Zona 2, pues ahí se localizan algunos relieves de importancia y los trazados de las carreteras Norte-Sur se disponen con desarrollos sinuosos y pendientes longitudinales altas, pese a haberse efectuado importantes obras de tierra, tales como excavaciones de taludes de alturas medias o altas, terraplenes importantes, así como la construcción de viaductos y puentes.

### Sector Centro y Sur de la Zona 3

El Sector Centro y Sur de la Zona 3 viene limitado al Norte por el grupo (140a). Tanto el grupo (140a), como el (140b), originan los mayores problemas topográficos de esta Zona, ya que dan lugar a una serie de sierras y cerros alineados en dirección Este-Oeste, que dificultan, aunque no impiden, el trazado de las vías de comunicación en dirección Norte-Sur. Entre las sierras constituidas por estos grupos, se pueden citar la sierra de la Giralda, la sierra del Pico, y la sierra de las Cumbres, en las proximidades de Alájar, que se extiende hasta el extremo occidental de la Hoja de Aracena, enlazando con la sierra del Rincón. Esta alineación de pequeñas

sierras y cerros origina una ruptura en el relieve, que dificulta el trazado de vías de comunicación, debiéndose aprovechar los cauces de los ríos, que generalmente se encuentran muy encajados, para la construcción de las carreteras.

Dentro de esta Zona, y sobre todo donde afloran materiales intrusivos, aparecen áreas con topografía menos acusada y que, por lo general, no presentan problemas de importancia en lo que se refiere al trazado de posibles vías de comunicación. Dichas áreas alcanzan su mayor extensión en el sector oriental de esta Zona.

En el Sector Sur-occidental aparecen de nuevo los materiales del grupo (140a), dando lugar a un conjunto de cerros y sierras que podrían originar problemas para el trazado de futuras vías de comunicación. Estos accidentes topográficos son la sierra de las Bañas, la sierra de la Lima y el cerro del Membrillo. Entre dichas sierras se disponen los cauces de los ríos, que suelen estar muy encajados.

#### Zona 4

Los rasgos topográficos de esta Zona 4 vienen condicionados principalmente por la litología. Por lo general existe un relieve acusado, con barrancos encajados y desniveles importantes entre el fondo de los barrancos y las partes más altas de las sierras y cerros. Hay áreas de relieve menos acusado y constituidas por pequeños cerros y lomas.

La presencia de los materiales del grupo (150b) coincide con las áreas de mayor problemática topográfica de la Zona, ya que donde este grupo aflora suele haber alineaciones de cerros, así como cauces muy encajados. Entre los accidentes topográficos más importantes de la Zona cabe destacar, en el sector nororiental, las sierras del Colmenar y del Carrizo, en el sector noroccidental, el cerro de las Cardenchas y el cerro del Mojón, y en la parte central, las cumbres de Patrás, cerro de la Tallisca y cerro del Puerto.

#### Zona 5

Se extiende según una banda de dirección aproximada ONO-ESE y surca la Hoja de Nerva en su totalidad. Existe otra banda de dirección NW-SE, al Sur de la Hoja de Nerva y que se adentra en la Hoja de Valverde del Camino. Esta Zona se presenta en general muy homogénea en cuanto a topografía, con relieves en lomas y algunos cerros. Su topografía es menos acusada que en el caso de las Zonas anteriores, aunque algunos de los cauces siguen estando bastante encajados.

Es una Zona donde localmente podrá haber problemas en cuanto al trazado de carreteras, pero de menor grado que en el caso de las anteriormente descritas. Se puede citar la existencia de un área en el centro de la franja más septentrional, por donde actualmente discurre la carretera N-435, que tiene un relieve bastante suave, y que significa por tanto un área de implantación sencilla para las comunicaciones N-S.

## Zona 6

Por lo general la Zona 6 es bastante similar a la Zona 4. Las posibles diferencias vienen determinadas por el tipo de litología presente. En general, su topografía es menos acusada, aunque se pueden observar tres sectores donde aquélla condiciona en gran medida el trazado de las vías de comunicación.

Un primer sector se localiza en el borde norte de la Zona, y en él los materiales del grupo (151c) originan una serie de alineaciones de cerros y pequeñas sierras que dificultan el paso de posibles carreteras. Como accidentes topográficos, en este sector, cabe destacar la sierra del Madroñal, en la parte más oriental de la Zona y próxima a Nerva, la sierra del Sacristán, en su parte central y atravesada por el río Odiel, muy encajado, y hacia el Oeste, la sierra del Aguila y la sierra Blanca, ya en las proximidades de La Algaida.

Esta alineación de cerros y sierras causará problemas a la hora de establecer vías de comunicación con dirección N-S, ya que las carreteras presentarán trazados sinuosos, con curvas cerradas y pendientes longitudinales generalmente altas, y será frecuente la necesidad de construir puentes, así como la de excavar taludes de alturas medias y altas.

El segundo sector en que se pueden presentar problemas topográficos es el área suroccidental de esta Zona 6. Se encuentra situado en la Hoja de Valverde del Camino, por él discurre el río Odiel, bastante encajado, y contiene la sierra del Cerrajón. En este sector se presentarán problemas importantes en las carreteras que tengan dirección Este-Oeste, mientras que las que discurran de Norte a Sur podrían ir paralelas al cauce del río Odiel.

El tercer sector que pudiera dar problemas de índole topográfica es el área suroriental de esta Zona 6. Ocupa el ángulo nororiental de la Hoja de Valverde del Camino, y por él discurre encajado el río Tinto. En este sector se producen problemas similares a los del segundo sector anteriormente mencionado.

## Zona 7

La Zona 7 presenta una orografía de lomas, barrancos por lo general muy encajados, y algunas zonas llanas. Esta Zona se presenta muy homogénea en cuanto a topografía, predominando las características anteriormente descritas, y presentando cotas medias absolutas entre los 250 m y los 350 m.

Es un área que no ocupa una gran extensión superficial y que además está surcada por el río Odiel. A ambos lados del cauce del río Odiel aparecen algunas sierras, entre las que cabe destacar la sierra de León y la sierra del Turnio. No habrá problemas de importancia a la hora del trazado de posibles vías de comunicación, ya que éstas simplemente podrían rodear las sierras o discurrir paralelas al cauce del río.

Por lo general, en el resto de la Zona el trazado de las carreteras va a depender de las variaciones locales en la topografía, pues no existen barreras de importancia.

Se podría señalar un área de topografía algo más acusada, situada en la zona sur y sureste del cuadrante 1 de la Hoja de Valverde del Camino, donde el relieve se hace más abrupto y el cauce del río Tinto se encuentra bastante encajado.

## Zona 8

Esta Zona 8 tiene una topografía muy similar a la de la Zona 7, aunque el cuadrante 4 de la Hoja de La Palma del Condado presenta unos relieves llanos, en los que existen pocos problemas de índole topográfica, pese a que los cauces encajados de los ríos obligan a la construcción de algunos viaductos.

Dentro de esta Zona sólo sería conveniente citar el extremo más septentrional, localizado en la Hoja de Valverde del Camino. En este sector se presentan los relieves algo más notables de la Zona, aunque en ningún caso supongan una dificultad a la construcción de carreteras.

## **4.2. Resumen de problemas geomorfológicos**

Los problemas geomorfológicos que se presentan en cada una de las Zonas consideradas son los que se describen a continuación.

a) En la Zona 1 los principales problemas geomorfológicos vienen derivados de la alineación de sierras, con dirección ONO-ESE y a la dificultad de enlazar el área Norte y Sur de los mismos a través de las laderas naturales, ya que éstas presentan pendientes longitudinales del orden de 20° a 25°, lo que obliga a realizar trazados sinuosos para salvar las diferencias de cota con unas pendientes longitudinales de carreteras no demasiado elevadas.

Los pocos pasos practicables se localizan en los valles de los ríos que cruzan la zona, que están, además, profundamente encajados y con trazado sinuoso.

El nivel de cumbres de la sierras se sitúa a los 650 m - 700 m y los ríos que atraviesan la Zona 1, en su erosión remontante desde el Norte hacia el Sur, han cortado la divisoria, discurriendo a una cota de 340 m a 360 m, lo que da como resultado una diferencia de altura entre las cumbres y los fondos de los valles de unos 300 m - 350 m aproximadamente.

Es frecuente encontrar en los materiales del grupo 120, que constituye la mayor parte de la Zona, laderas con asomos rocosos en forma de pequeños crestones, a veces con pendientes naturales importantes, en los que pueden originarse desprendimientos puntuales.

b) En la Zona 2 y en el Sector Norte de la Zona 3 los principales problemas geomorfológicos vienen condicionados en gran medida por la litología existente.

En este área, los materiales responsables de los principales relieves son los grupos (130a), (010b), (110) y (130b). Los materiales de los grupos (010c), (010g) y (010f) van a originar normalmente áreas con relieves alomados, en los que la erosión producida por los agentes externos ha originado un desmantelamiento de los niveles más alterables.

En este área las pendientes naturales más acusadas aparecen en relación con los afloramientos de los materiales del grupo 110, como es el caso del anticlinal de Fuenteheridos, que discurre desde Aracena hasta Fuenteheridos y Castaño del Robledo, y en el que se reconoce un salto en el relieve en el sector más meridional de su afloramiento. Otra característica a destacar de estos materiales es que se encuentran bastante karstificados y fracturados, por lo que presentan las permeabilidades más altas de la zona.

Otro conjunto de materiales que dan lugar a pendientes acusadas son los del grupo (130b), que forman una alineación de pequeños cerros, con dirección ONO-ESE, localizados en el cuadrante 4 de la Hoja de Aracena. En este área se presentan algunas dificultades en el paso de las vías de comunicación en dirección N-S, y se deberán aprovechar los cauces de los principales ríos que atraviesan dichos materiales.

En términos generales las pendientes de este área son variables. Se han reconocido laderas más acusadas sobre todo en relación con los materiales de los grupos (110) y (131b). Las pendientes más bajas están relacionadas con los materiales metavolcánicos, materiales intrusivos ígneos (grupo 003), y a veces con los gneises y ortogneises.

c) Los problemas de índole geomorfológica presentes en el Sector Sur de la Zona 3 vienen relacionados con los afloramientos de los materiales de los grupos (140a) y (140b). Este último es mucho más extenso que el primero. Ambos grupos se disponen según una banda de dirección aproximada Este-Oeste, y forman una alineación de cerros y sierras que dificultan el trazado de las posibles vías de comunicación, sobre todo en la dirección Norte-Sur.

Las pendientes más acusadas de este sector están relacionadas con los afloramientos de los materiales de los grupos (140b) y (140a), que en algunos casos poseen pendientes naturales del orden de los 30°.

En áreas determinadas existen asomos rocosos, con pendientes subverticales en las partes más altas de los cerros, relacionadas fundamentalmente con el afloramiento de los materiales del grupo (140b).

Por otra parte en este sector también existen materiales de origen ígneo-intrusivo y ortogneises, que en superficie suelen estar muy alterados, y que suelen originar asomos rocosos en forma de bolos. En los niveles alterados, las pendientes naturales son pequeñas, pudiendo originarse deslizamientos puntuales por zapado de ríos o arroyos, o bien problemas ligados a erosión.

d) En la Zona 4 los problemas geomorfológicos vienen condicionados,

como en las zonas anteriores, por la litología, de tal forma que la topografía más acusada está en relación con los afloramientos de los materiales del grupo (150b), y a veces con los materiales del grupo (151c).

Así los materiales del grupo (150b), debido a su mayor resistencia frente a la erosión, dan lugar a algunos cerros y sierras. También cabe reseñar que en algunas áreas de esta Zona, los materiales del grupo (151c) son los responsables de un relieve más acusado que en los restantes materiales.

Las pendientes naturales con valores más altos se relacionan con los afloramientos de los grupos (150b) y (151c).

La Zona 4 se extiende en dirección Este-Oeste según una banda de anchura variable, en la que se pueden diferenciar dos sectores geomorfológicos. El primero se localiza al Este de la Zona, y está mayoritariamente constituido por extensos afloramientos de granitos y granodioritas, que conforman un relieve alomado, con frecuentes asomos rocosos y cerros de cimas redondeadas, entre los cuales se reconocen áreas más o menos llanas y extensas, recubiertas por un suelo de alteración.

El segundo sector se sitúa en la mitad occidental de la Zona 4 y está constituido por sierras de alturas moderadas y en dirección Este-Oeste. Las laderas de las sierras poseen pendientes medias del orden de los 25º, lo que dificulta el trazado de carreteras por las pendientes naturales y en sentido Norte-Sur. Los pasos naturales de comunicación se localizan en los valles de los ríos que cortan las sierras, los cuales se encuentran en ocasiones bastante encajados. Las cumbres de las sierras poseen formas redondeadas y alargadas en dirección Este-Oeste, generalmente sin asomos rocosos, en las cuales el trazado de la divisoria de agua no se puede establecer de una forma definida.

Cabe también reseñar la importancia de algunos materiales de poca extensión superficial, entre ellos los del grupo (151d) y (002a) (002b), que pueden dar resaltes o asomos rocosos.

Las pendientes naturales más reducidas se reconocen en los materiales de los grupos (003) y (004), que a veces originan lomas con asomos rocosos en forma de bolos de roca sana; por ello debe tenerse en cuenta, a la hora de cortar taludes, que se pueden originar desprendimientos puntuales de los bolos citados.

e) La Zona 5 no presenta, por lo general, problemas geomorfológicos importantes, pero cabe destacar que debido a que son materiales foliados, pueden originar, en determinados casos, algunos deslizamientos puntuales. Las pendientes en la Zona son de tipo medio. A veces a lo largo de las laderas hay abundantes asomos rocosos en forma de pequeñas crestas.

Otro problema a tener en cuenta es la existencia de algunos deslizamientos en las escombreras de la Zona.

f) El relieve de la Zona 6 es similar al de la Zona 4, si bien es algo más suave. Hay que exceptuar ciertas áreas del grupo (151c), en donde en algunos casos se pueden encontrar relieves algo más acusados, y en otros, el relieve es más quebrado, debido al encajamiento del cauce de los ríos principales, entre los que destacan el Tinto y el Odiel.

La posible existencia local de deslizamientos planos en algunos desmontes naturales, como consecuencia del zapado basal de los arroyos, es un hecho a tener en cuenta, en los materiales foliados de los grupos (151f) y (150b), y en las tobas foliadas del grupo (151c). La presencia del grupo (151d), cuyos materiales afloran a veces como pequeños resaltes, puede crear alguna dificultad en los trazados de las carreteras. Los demás materiales, entre ellos las tobas y lavas básicas y los materiales del grupo (003), suelen dar relieves suaves, aunque en ocasiones aparecen asomos rocosos con morfología de bolos.

g) La Zona 7 no presenta en general resaltes morfológicos importantes, exceptuando algunos de tipo local, originados como consecuencia del encajamiento de los ríos principales. Se debe mencionar sin embargo la existencia esporádica de algunos deslizamientos de tipo planar en algunas zonas con relieve algo más acusado y en áreas donde existe socavación de los ríos, sobre todo en los materiales del grupo (150b).

h) La Zona 8 no presenta unos rasgos geomorfológicos acusados. Esta Zona se dispone con relieves más o menos llanos, en los que la red de drenaje no ha llegado a dismantelar totalmente los depósitos. El resultado es una morfología alomada, con frecuentes superficies de arrasamiento y cerros con superficie plana. Cabe destacar la presencia de los sedimentos terciarios y cuaternarios, sobre los materiales carboníferos, que son bastante erosionables, lo que puede ocasionar pequeños problemas de aterramientos de la calzada. En general, en esta Zona, las pendientes medias no suelen ser superiores a 15°.

#### 4.3. Resumen de problemas geotécnicos

En el Tramo estudiado, la problemática relacionada con la geotecnia es la siguiente:

1º) Deslizamientos planos, bien a favor de la estratificación, o bien de la esquistosidad o del diaclasado, pueden ocurrir en aquellas formaciones en que los materiales se presentan foliados o fracturados. Estos deslizamientos potenciales pueden tener lugar al cortar las formaciones que tienen buzamientos desfavorables con respecto a la dirección del trazado de la carretera. Deslizamientos de este tipo se pueden originar en las formaciones: (151f), (151e), (151d), (150c), (150b), 141, (140a), 131, (130c), 120, (010g), (010c), (010b) y (010a).

2º) Desprendimientos, vuelco de estratos o desplomes, localizados en áreas donde existen cantiles o cornisas, o bien en el caso de taludes de excavación, pueden originarse en áreas en que el diaclasado o la fracturación sean intensos en los niveles lajosos alterados y cuando los taludes presenten grandes inclinaciones. Este tipo de problemas afecta a los grupos



litológicos (151d), (151c), (151b), (140b), 110, (010f) y, en algunos casos, a los grupos 004, 003, (002c), (002b), (002a) y 002.

En los grupos 004, 003, 002 y (010d), se pueden originar desprendimientos individuales de bolos, al quedar éstos desarraigados respecto de los materiales alterados que los rodean.

3º) Deslizamientos o reptaciones se pueden producir en materiales arcillosos o margosos, cuando existan laderas con un desnivel apreciable y en ciertas condiciones de humedad. En el caso de la excavación de taludes artificiales, si la pendiente del paramento es elevada, se pueden dar deslizamientos curvos o reptaciones, condicionados por los procesos de humectación-deseccación. Estas inestabilidades se pueden encontrar en el grupo litológico (321c).

4º) Habrá que tener en cuenta la baja capacidad portante de los materiales cuaternarios, de los depósitos detríticos o detrítico-arcillosos, y de los niveles superficiales alterados de las formaciones magmáticas e intrusivas, y de los grupos metamórficos.

Este asunto deberá ser considerado en los grupos litológicos: C1, A1, D1, D2, W1, T, 350, (321a), (321b), (321c), y en los niveles superficiales, cuando los procesos de alteración sean muy importantes, de los grupos (010d), (010e), (004), (003) y (002).

5º) Procesos de erosión y de arrastre de material pueden tener lugar en las formaciones no consolidadas, o en los recubrimientos alterados de las formaciones rocosas, cuando exista una cierta pendiente y los agentes de la geodinámica externa puedan actuar libremente sobre ellos. Estos problemas se pueden producir en algunos lugares de las formaciones D1, D2, A1, 350, (321a), (321b) y (321c), o en las superficies de alteración del resto de los materiales, aunque con mayor importancia en las zonas arenizadas de los grupos (004), (003), (002) y (010d).

6º) Problemas de hundimientos se pueden producir en los materiales karstificados del Tramo al disponer una estructura sobre ellos, lo que puede originar el colapso de la misma. Los grupos afectados por este peligro son tres: Q, (321a) y (110).

#### **4.4. Corredores de trazado sugeridos**

En líneas generales el corredor principal que une La Nava y Beas discurre por la actual carretera N-435 en dirección Norte-Sur. Existen algunos tramos de esta carretera, en los que si se desea mejorar el trazado, deberán rectificarse algunas curvas de radio reducido, y construir algunos terraplenes de longitud y altura importante, así como algunos puentes y viaductos.

Otro corredor en sentido Este-Oeste es aquél que partiendo desde

Sevilla se adentra en el Tramo a la altura de Aracena discurriendo por la carretera N-433. Desde aquí se dirige en sentido Oeste hacia Galaroza y Cortegana, y llegando hasta la frontera portuguesa en las inmediaciones de la población de Rosal de la Frontera.

Un segundo corredor Este-Oeste, sería aquél que saliendo desde la población de El Castillo de Las Guardas, en la carretera N-433 y fuera del Tramo, se dirige hacia la población de Aulaga por la carretera C-421, entrando en el Tramo a la altura de Nerva y dirigiéndose por esta misma carretera hacia Minas de Río Tinto, El Campillo, Zalamea la Real, El Villar y llegando hasta Calañas, ya fuera del Tramo. Desde esta última población el corredor podría enlazar con la frontera portuguesa en la misma población del corredor anteriormente descrito de Rosal de la Frontera, pasando por Cabezas Rubias y Santa Bárbara de Casa.

Un tercer corredor Sureste-Noroeste al sur del anterior podría ser aquél que partiendo desde la población de La Palma del Condado, en la carretera N-431, se dirige hacia Valverde del Camino por la carretera H-511, y desde aquí discurre hasta la población de Calañas por la carretera H-141, enlazando hasta la frontera portuguesa por la carretera C-421 del corredor anterior.

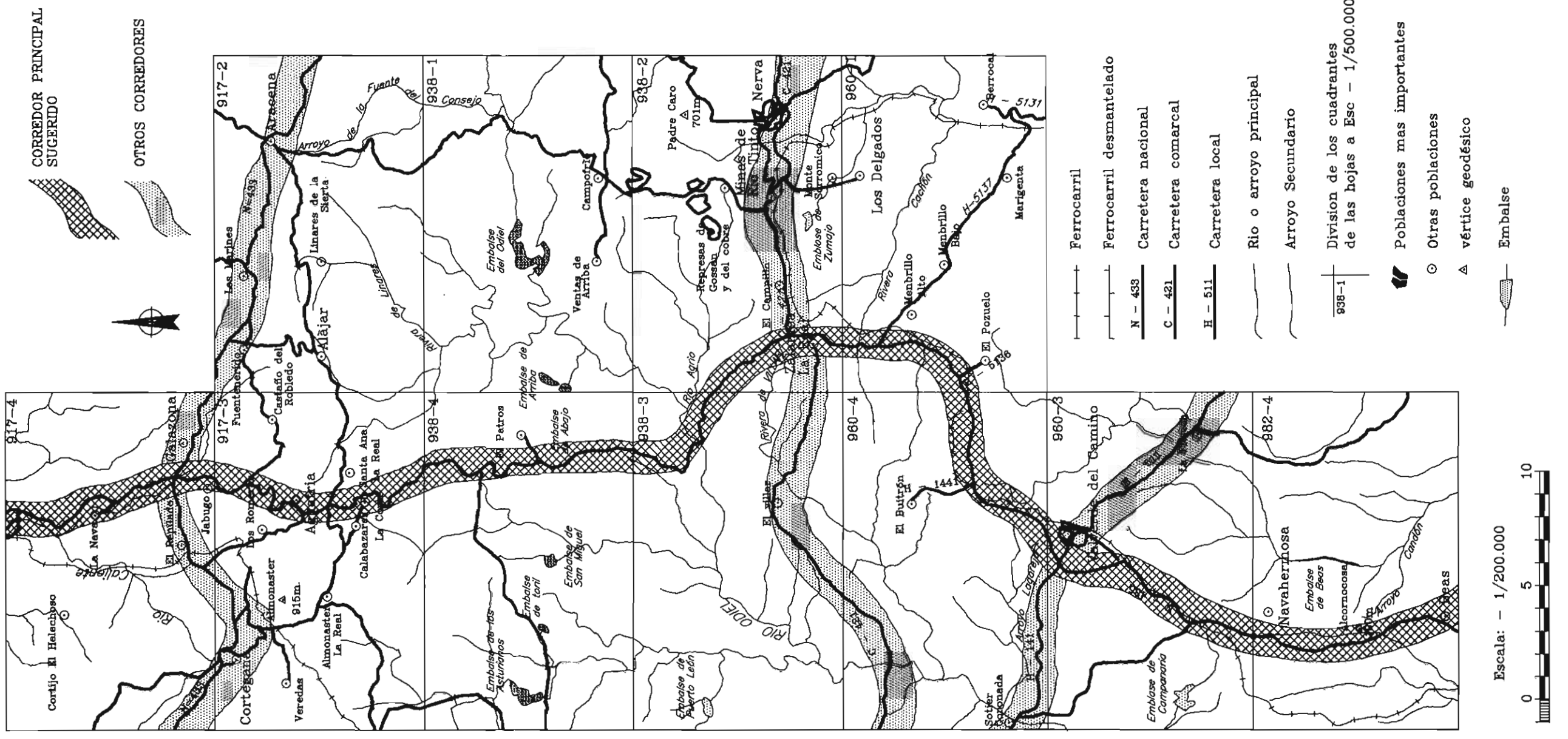


FIG. 4. - ESQUEMA DE CORREDORES SUGERIDOS

# **NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación**

## **5. INFORMACION SOBRE YACIMIENTOS**

### **5.1. Alcance del estudio**

En este capítulo no se efectúa un análisis exhaustivo de los yacimientos susceptibles de aprovechamiento en el Tramo, ya que dicho análisis desborda, por su amplitud y especial metodología, el alcance de los Estudios Previos de Terrenos. Sin embargo, sí se ha considerado conveniente presentar, de una forma ordenada, la información recogida sobre los yacimientos explotados en el Tramo con motivo de la realización de este Estudio Previo de Terrenos. Esta información, sin responder a un trabajo sistemático de exploración de yacimientos, puede ser muy útil como punto de partida para futuros trabajos de prospección y exploración de yacimientos.

La información que se expone a continuación se refiere exclusivamente a yacimientos cuyos materiales pueden ser utilizables en obras de carreteras (canteras, graveras y materiales de préstamos). Además se ha dedicado un apartado especial a aquellos yacimientos que, por su importancia o especial interés, merecen un estudio posterior más detallado.

### **5.2. Yacimientos rocosos**

Los yacimientos rocosos que han sido o están siendo explotados en el Tramo se encuentran distribuidos de una forma bastante homogénea, exceptuando la zona próxima a Beas (cuadrante 4 de la Hoja de La Palma del Condado), donde son prácticamente inexistentes.

Cabe destacar por su importancia los yacimientos de rocas carbonatadas, en los que se explotan fundamentalmente calizas marmóreas y mármoles, en su mayor parte como áridos de machaqueo. Estos yacimientos están localizados en el sector norte de la zona de Aracena. También podrían ser explotables los diferentes afloramientos de estos materiales repartidos por el Tramo, aunque deberían efectuarse previamente los correspondientes ensayos, tanto mecánicos como químicos, para determinar su calidad como material utilizable en carreteras. Los ensayos mecánicos realizados en estos materiales en cuanto a desgaste (Los Angeles) y adhesividad, han dado resultados positivos para su utilización como material para carreteras. En cuanto a los ensayos químicos realizados, han dado una valoración de la presencia de sulfatos, nula por lo general. Se incluye en el epígrafe 5.5. un análisis químico

## **NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación**

y mecánico de unos mármoles explotados en una cantera en las proximidades de Los Marines.

Otro material también explotable para su posible utilización en carreteras son las rocas de afinidad granítica que afloran tanto en la Hoja de Aracena, como en la parte norte de la Hoja de Nerva. Las explotaciones de la zona se dedican a la extracción tanto de áridos de machaqueo, como para materiales de construcción (adoquines, bordillos, etc.).

También cabe destacar la presencia de explotaciones de rocas volcánicas, destinadas en su gran mayoría a la extracción de áridos de machaqueo. La mayor parte de las explotaciones son intermitentes, ya que generalmente sólo se extraen materiales cuando son necesarios. Con objeto de determinar la posible utilización de estos materiales para la construcción de carreteras, se aconseja efectuar los correspondientes análisis mecánicos, físicos y químicos.

Otro material de importancia para su posible utilización como préstamos en carreteras son las diabasas. Estas rocas dan valores aceptables en cuanto a desgaste (valores medios de 13,9% de Desgaste "Los Angeles", granulometría A), y un 98% de adhesividad a los ligantes bituminosos, con lo cual se pueden utilizar tanto para la capa de base de carreteras como para la capa de rodadura.

Especial atención merecen las escombreras de residuos mineros, que son muy abundantes en el Tramo, pero también muy heterogéneas en cuanto a la litología se refiere. Para el posible uso de estos materiales en construcción de carreteras, sería aconsejable hacer un estudio detallado de las mismas. A continuación se reseñan dos plantas de trituración de estos materiales actualmente en funcionamiento.

La primera está situada en las cercanías de Cueva de la Mora, en el cuadrante 4 de la Hoja de Nerva, donde se explota una antigua escombrera de fundición de pirita. Se obtienen materiales de trituración, de diversa granulometría que se utilizan en la actualidad para subbase y capa de rodadura en algunas carreteras del Tramo.

La segunda explotación, situada en Soloviejo, se localiza en las escombreras de una cantera agotada de manganeso, abierta en el grupo (151d). En ella se ha obtenido material de trituración para su empleo en la capa de rodadura de las carreteras de la zona.

Al final de este capítulo se presenta un cuadro-resumen de yacimientos rocosos detectados en el Tramo de Estudio.

### **5.3. Yacimientos granulares**

En el Tramo estudiado no son muy numerosas las explotaciones granulares, y las pocas existentes se agrupan sobre todo en el sector sur del Tramo, en el cuadrante 4 de la Hoja de La Palma del Condado, dado el predominio de materiales granulares allí existente.

Destacan sobre todo las explotaciones de gravas y arenas del Mioceno Superior, que forman parte del grupo (321a). El material extraído en la mayoría de los casos son arenas. Sería aconsejable hacer un análisis, tanto

## **NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación**

de granulometría como de comportamiento mecánico de estos materiales, de cara a su uso como préstamo para carreteras.

Otras explotaciones se dedican a la extracción de gravas del grupo A, que son materiales aluviales cuaternarios, y que se disponen en los cauces de los principales ríos, entre ellos el Tinto y el Odiel.

Al final de este capítulo se incluye un cuadro-resumen de los principales yacimientos granulares del Tramo.

### **5.4. Materiales para terraplenes y pedraplenes**

Dado el carácter de este Estudio Previo de Terrenos, no se han definido de una manera cualitativa los posibles yacimientos de préstamos. No obstante, se pueden tomar en consideración para este fin los materiales de los grupos que se citan a continuación: C1, D1, A, D2, T1, 350, (321a) y (321b), pudiéndose aprovechar sus productos para terraplenes. Para la construcción de pedraplenes pueden tomarse en consideración los grupos 001, 002, (002a), (002b), 003, 004, (010a), (010d), (010e), (110) y (151d).

### **5.5. Yacimientos que se recomienda estudiar con más detalle**

Por lo que se ha observado a lo largo del Tramo, sería conveniente estudiar con más detalle los yacimientos canterables de los siguientes grupos litológicos: 110, 003, 004, (010d), (151c) y (151b).

En cuanto a los yacimientos granulares, serían interesantes los grupos A, (321a) y (321b), situados al Sur del Tramo.

También sería de interés el estudio del grupo W1, el cual se puede aprovechar, y de hecho en algunos casos se explotan los materiales de este grupo para la construcción de explanadas de carretera, e incluso para la capa de rodadura en algunos casos.

Otro grupo a tener en cuenta son los mármoles de la zona de Aracena. De estos materiales se han efectuado una serie de ensayos cuyos resultados son los siguientes.

#### MARMOLES LOS MARINES

	SiO <sub>2</sub>	-	3,02%	
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	0,04%	
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	0,38%	
	TiO <sub>2</sub>	-	-	
	Ca O	-	53,25%	
	Mg O	-	0,72%	
	K <sub>2</sub> O	-	-	
	Na <sub>2</sub> O	-	-	
	SO <sub>3</sub>	-	-	
(Pérdida por calcinación)	P.p.c.	-	43,59%	
Desgaste Los Angeles	(granulometría A)	▶	17%	
Adhesividad		→	97,6%	

**NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación**

Estos mármoles, en principio, podrían utilizarse para capa de rodadura, pero debería hacerse otro muestreo más exhaustivo y un posterior análisis de adhesividad y desgaste. También se ha podido comprobar que son admisibles para la fabricación de hormigones hidráulicos, debido a la baja cantidad de Mg O que contienen.

**CUADRO-RESUMEN DE YACIMIENTOS ROCOSOS**

COORDENADAS - U.T.M.		ZONA	DENOMINACION GRUPO LITOLOGICO	MATERIAL	ESTADO
LONGITUD	LATITUD				
7 13.3	41 97.4	Tercio Norte	110	Caliza	Activa
7 08.9	41 97.4	"	110	Caliza	Activa
7 00.6	41 93	"	110	Caliza	Inactiva
8 96.6	41 91.5	"	004	Granito	Activa
6 90	41 92	"	010d	Ortogneis	Activa
6 92.3	41 91.7	"	010d	Ortogneis	No explotada
7 13	41 91	"	002	Porfido Granítico	Inactiva
6 99	41 94.6	"	110	Caliza	Inactiva
6 99.5	41 87.5	Centro	151c	Riolita	Inactiva
7 00.4	41 74.4	Centro	151b	Diabasa	Inactiva
7 18.5	41 74	Centro	151b	Diabasa	Activa
7 15.3	41 73.7	Centro	151c	Porfido	Inactiva
7 15	41 66.5	Centro	151b	Diabasa	Inactiva
6 90.5	41 62.5	Centro	151c	Riolita	Inactiva
6 93	41 84	Centro	W1	Escombr.	Activa
6 0.3	41 81.3	Centro	W1	Escombr.	Inactiva

**CUADRO-RESUMEN DE YACIMIENTOS GRANULARES**

COORDENADAS - U.T.M.		ZONA	DENOMINACION GRUPO LITOLOGICO	MATERIAL	ESTADO
LONGITUD	LATITUD				
6 98	42 07.4	Norte	A1	Grava	Activa
6 98,2	41 86.5	Centro-Norte	A1	Grava	Activa
7 03	41 55.2	Sur	321a	Grava	Activa
7 01	41 52	Sur	321a	Arena	Activa
6 93.6	41 50	Sur	321a	Arena	Inactiva
6 93.7	41 51.2	Sur	321a	Arena	Inactiva

## 6. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

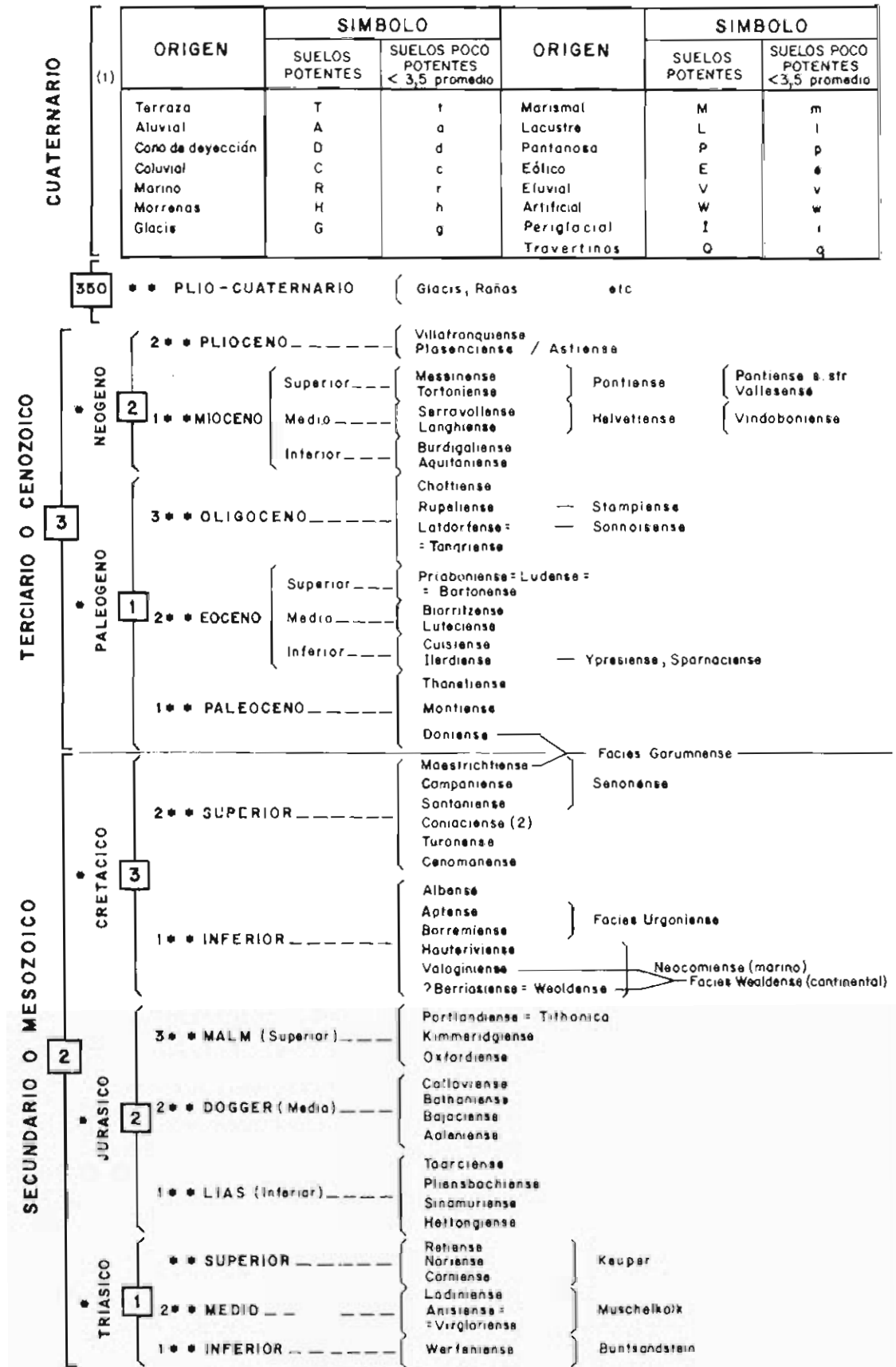
- APALATEGUI ISASA, O. y SANCHEZ CARRETERO, R. (1991).**- "Síntesis y correlación de unidades en el borde meridional de la Zona de Ossa-Morena (ZOM): Implicaciones geológicas". Boletín Geológico y Minero, Vol. 102-3.
- GONZALO Y TARIN, J. (1978).**- "Reseña geológica de la provincia de Huelva". Boletín Geológico y Minero, T. 87, Vol. 4, pp. 372-401.
- INSTITUTO TECNOLOGICO Y GEOMINERO DE ESPAÑA (1974).**- "Mapa de rocas Industriales, nº 75 (Sevilla), escala: 1/200.000". Madrid.
- INSTITUTO TECNOLOGICO Y GEOMINERO DE ESPAÑA (1984).**- "Memoria explicativa de la Hoja nº 917 (Aracena), escala: 1/50.000, 2ª serie, MAGNA". Madrid.
- INSTITUTO TECNOLOGICO Y GEOMINERO DE ESPAÑA (1982).**- "Memoria explicativa de la Hoja nº 938 (Nerva), escala: 1/50.000, 2ª serie, MAGNA". Madrid.
- INSTITUTO TECNOLOGICO Y GEOMINERO DE ESPAÑA (1982).**- "Memoria explicativa de la Hoja nº 960 (Valverde del Camino), escala: 1/50.000, 2ª serie, MAGNA". Madrid.
- INSTITUTO TECNOLOGICO Y GEOMINERO DE ESPAÑA (1983).**- "Memoria explicativa de la Hoja nº 982 (La Palma del Condado), escala: 1/50.000, 2ª serie, MAGNA". Madrid.
- M.O.P.U. (1975).**- "Firmes flexibles. Instrucción de carreteras". Norma 6.1 IC".
- M.O.P.U. (1975).**- "Firmes rígidos. Instrucción de carreteras. Norma 6.2 IC"
- M.O.P.U. (1975).**- "Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes".
- ROMANA RUIZ, M. y FERNANDEZ-ALLER RUIZ, A. (1971).**- "Factores geológicos de la inestabilidad de taludes". Congreso Hispano-Luso-Americano.

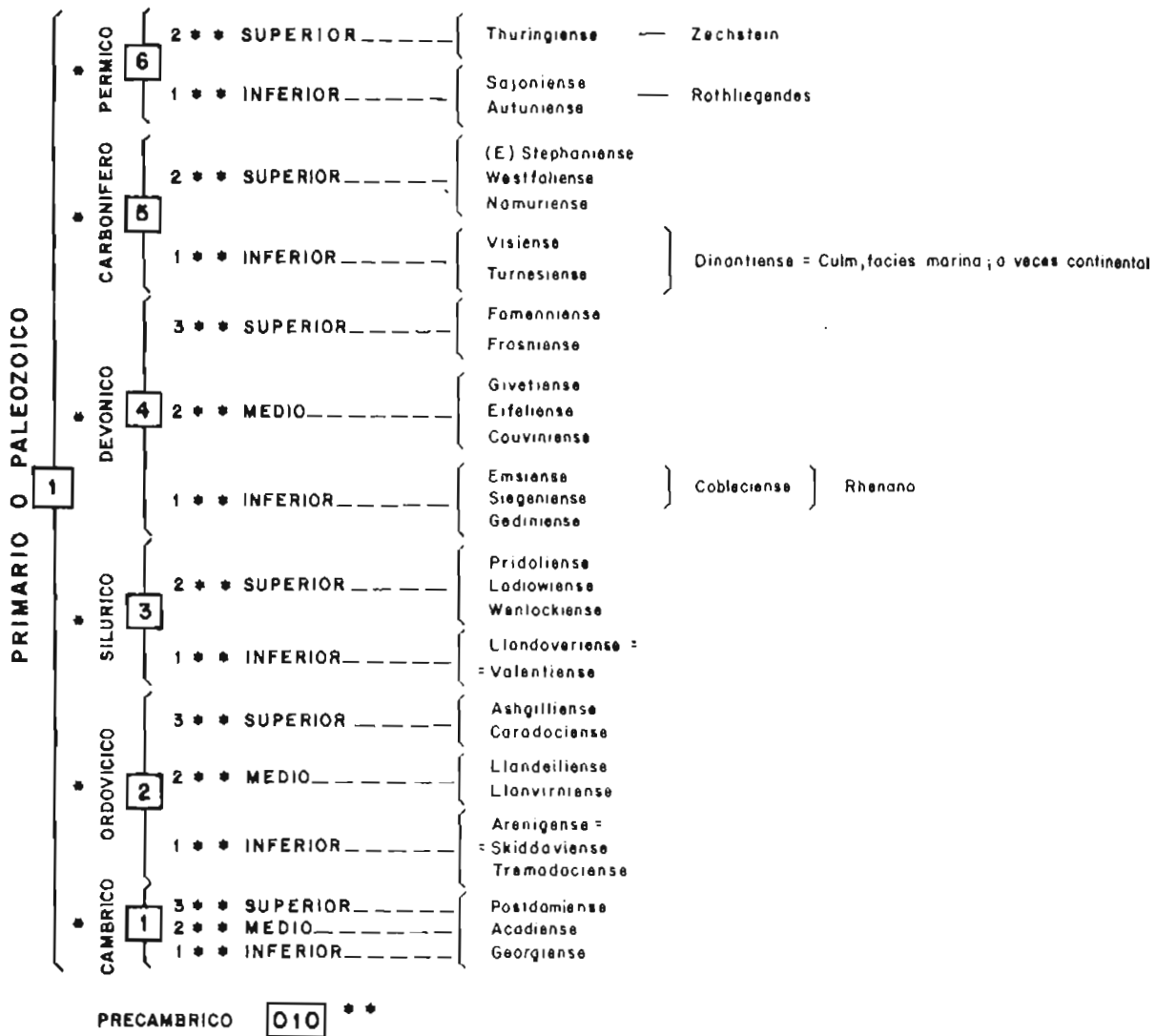


## 7. ANEJOS

7.1. ANEJO 1: SIMBOLOGÍA UTILIZADA EN LAS COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS.

COLUMNA ESTRATIGRAFICA





Los materiales cristalinos de edad indeterminada se denominarán (001) \* \* para rocas masivas y (002) para diques

- (1) Los materiales cuaternarios se cartografiarán con la letra correspondiente a sus potentes o poco potentes.
- (2) Es discutida la pertenencia del Coniaciense al Senonense.

\* Los grupos litológicos indeterminados estratigráficamente se denominarán con la primera cifra correspondiente a la era añadiendo dos ceros como signo de indeterminación para el período y época.

En caso de indeterminación de la época, se denominarán los grupos litológicos con las cifras correspondientes a la era y período añadiendo un cero como signo de indeterminación.

\* \* Cuando existan varios grupos litológicos dentro de lo mismo época, se denominarán con el número estratigráfico correspondiente, al que se agregará la letra (a, b, c, etc) para diferenciarlos entre si.

## 7.2. ANEJO 2 : CRITERIOS UTILIZADOS EN LAS DESCRIPCIONES GEOTECNICAS

### INTRODUCCION

Con objeto de precisar, en lo posible, el contenido de las descripciones geotécnicas de los materiales del Tramo, se indican a continuación los criterios utilizados en la exposición de las características del terreno, tales como ripabilidad, estabilidad de taludes, capacidad portante y niveles freáticos.

Para evaluar las características geotécnicas sólo se ha dispuesto de las observaciones de campo (datos sobre taludes naturales y desmontes, comportamiento geotécnico de los mismos, escorrentía de las aguas superficiales, permeabilidad de las formaciones, observaciones sobre el estado de los firmes de las carreteras existentes en la zona, alterabilidad y erosionabilidad de los materiales, etc.). Por tanto sólo se puede dar una valoración cualitativa de dichas características.

### RIPABILIDAD

En lo que a ripabilidad de los materiales del Tramo se refiere, se han considerado los tres niveles o grados que a continuación se indican:

a) Se considera ripable todo material (roca natural o suelo) que pueda ser directamente excavado con un ripper de potencia media, sin previa preparación del terreno mediante explosivos u otros medios. Cuando no se indica espesor ripable alguno, se considera que toda la masa es ripable, al menos en el espesor afectado por posibles desmontes en las variantes o modificaciones de un trazado.

b) Se consideran de ripabilidad media a aquellos materiales que no son ripables utilizando maquinaria de potencia media, pero que sí lo serían empleando maquinaria de mayor potencia. Estos materiales son los llamados "terrenos de transición", que se encuentran en la mayor parte de las formaciones rocosas y que son semiripables en su zona de alteración o ripables mediante una ligera preparación con voladuras.

c) Se consideran no ripables aquellas formaciones que necesitan para realizar su excavación el empleo de explosivos u otros materiales violentos que produzcan su rotura.

### CAPACIDAD PORTANTE

En relación con la capacidad portante de los distintos materiales de lTramo, al no poder contar con resultados de ensayos "in situ", se ha adoptado el siguiente criterio:

- a) Capacidad portante alta o elevada es la que corresponde a una formación constituida por materiales compactos y preconsolidados, o bien a formaciones rocosas estables y resistentes, de excelentes características como cimiento de un firme de una carretera o de una obra de fábrica.
- b) Capacidad portante media es la de aquellas formaciones constituidas por materiales compactos y preconsolidados, que tienen sus capas superficiales algo alteradas y que, por tanto, determinan un suelo en el que la aplicación de cargas moderadas superficiales (2-3 kg/cm<sup>2</sup>) produce asentamientos tolerables en las obras de fábrica. En este caso, la estabilidad del material considerado como explanada del firme es suficiente en general, sin que sea necesaria la mejora del suelo.
- c) Capacidad portante baja es la correspondiente a materiales de suelos desagregados en los que la aplicación de cargas moderadas produce asentamientos inadmisibles para las obras de fábrica con cimentación superficial. La ejecución de firmes en este tipo de materiales requerirá fuertes espesores estructurales, colocación de explanadas mejoradas, retirada de los suelos plásticos si son poco potentes o cimentación de las obras de fábrica en la formación subyacente.

## ESTABILIDAD DE TALUDES

La evaluación de la estabilidad de taludes se ha apoyado, exclusivamente, en las medidas y observaciones de campo realizadas sobre los taludes naturales y desmontes existentes en el Tramo. Esto confiere a los ángulos de estabilidad de los taludes, asignados a los distintos materiales del Tramo, un carácter puramente estimativo y expresa sólo el orden de magnitud de los taludes existentes en la zona y su comportamiento geotécnico. En cuanto a las alturas de los taludes, se ha seguido el criterio o clasificación que a continuación se indica:

B: Bajos (0 a 5 m de altura).

M: Medios (5 a 20 m de altura).

A: Altos (20 a 40 m de altura).

Para indicar la inclinación de los taludes, salvo en los casos en que se especifica su valor, se han utilizado las palabras "subvertical" (ángulo de más de 65°) y "subhorizontal" (ángulo de menos de 10°).

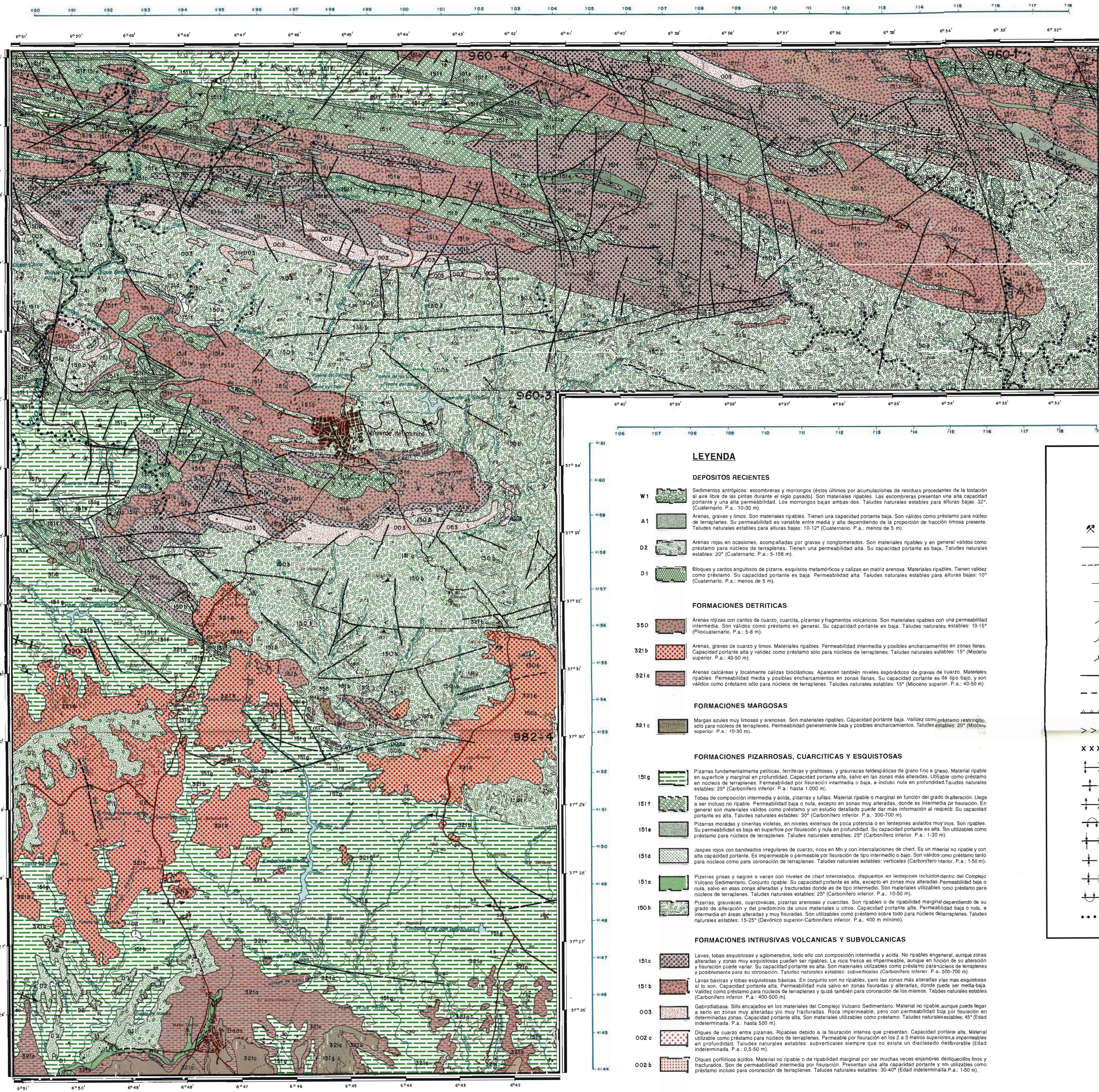
Se han considerado formaciones con problemas de estabilidad de taludes, aquellas en las que bien sea porque el ángulo de estabilidad natural del material es muy tendido, bien porque la formación está integrada por materiales de diferente comportamiento geotécnico, pueden producirse derrumbamientos, desprendimientos o deslizamientos de ladera. En general, para cada material y talud, se indica el tipo de problemas que pueden presentarse.

## DRENAJE

El movimiento superficial y profundo de las aguas de lluvia se reseña en la descripción de las distintas formaciones litológicas. Conviene resaltar que los datos disponibles para una correcta localización de los niveles freáticos del Tramo y sus periódicas variaciones en relación con las distintas épocas del año son escasos. Las observaciones realizadas sobre el terreno sólo han permitido dar unas ideas generales sobre el movimiento del agua a través de las formaciones.

## PLANOS

**MAPA LITOLOGICO-ESTRUCTURAL**  
(ESCALA 1:50.000)



**LEYENDA**

**DEPOSITOS RECIENTES**

- W1** Sedimentos antrópicos: escombros y morrongos (éstos últimos por acumulaciones de residuos procedentes de la tostación al aire libre de las piritas durante el siglo pasado). Son materiales ripables. Los escombros presentan una alta capacidad portante y una alta permeabilidad. Los morrongos bajas ambas dos. Taludes naturales estables para alturas bajas: 32° (Cuaternario, P.a.: 10-30 m).
- A1** Arenas, gravas y limos. Son materiales ripables. Tienen una capacidad portante baja. Son válidos como préstamo para núcleos de terrapienes. Su permeabilidad es variable entre media y alta dependiendo de la proporción de fracción limosa presente. Taludes naturales estables para alturas bajas: 10-12° (Cuaternario, P.a.: menos de 5 m).
- D2** Arenas rojas en ocasiones, acompañadas por gravas y conglomerados. Son materiales ripables y en general válidos como préstamo para núcleos de terrapienes. Tienen una permeabilidad alta. Taludes naturales estables para alturas bajas: 20° (Cuaternario, P.a.: 5-15 m).
- D1** Bloques y cantos angulosos de pizarra, esquistos metamórficos y calizas en matriz arenosa. Materiales ripables. Tienen validez como préstamo. Su capacidad portante es baja. Permeabilidad alta. Taludes naturales estables para alturas bajas: 10° (Cuaternario, P.a.: menos de 5 m).

**FORMACIONES DETRITICAS**

- 350** Arenas rojas con cantos de cuarzo, cuarzos, pizarras y fragmentos volcánicos. Son materiales ripables con una permeabilidad intermedia. Son válidos como préstamo en general. Su capacidad portante es baja. Taludes naturales estables: 10-15° (Pliocuatrnario, P.a.: 5-8 m).
- 321b** Arenas, gravas de cuarzo y limos. Materiales ripables. Permeabilidad intermedia y posibles encharcamientos en zonas limas. Capacidad portante alta y validez como préstamo sólo para núcleos de terrapienes. Taludes naturales estables: 15° (Mioceno superior, P.a.: 40-50 m).
- 321a** Arenas calcáreas y localmente calizas biocálcicas. Aparecen también niveles esporádicos de gravas de cuarzo. Materiales ripables. Permeabilidad media y posibles encharcamientos en zonas limas. Su capacidad portante es de tipo bajo y son válidos como préstamo sólo para núcleos de terrapienes. Taludes naturales estables: 15° (Mioceno superior, P.a.: 40-50 m).

**FORMACIONES MARGOSAS**

- 321c** Margas azules muy limosas y arenosas. Son materiales ripables. Capacidad portante baja. Validez como préstamo restringido, sólo para cobetas de terrapienes. Permeabilidad generalmente baja y posibles encharcamientos. Taludes estables: 20° (Mioceno superior, P.a.: 10-30 m).

**FORMACIONES PIZARROSAS, CUARCITICAS Y ESQUISTOSAS**

- 151g** Pizarras fundamentalmente pelíticas, ferríferas y grafitosas, y grauwacas feldespáticas de grano fino a grueso. Material ripable en superficie y marginal en profundidad. Capacidad portante alta, salvo en las zonas más alteradas. Utilizable como préstamo en núcleos de terrapienes. Permeabilidad por fisuración intermedia o baja, e incluso nula en profundidad. Taludes naturales estables: 25° (Carbonífero inferior, P.a.: hasta 1.000 m).
- 151f** Tobas de composición intermedia y ácidas, pizarras y lutitas. Material ripable o marginal en función del grado de alteración. Llega a ser incluso no ripable. Permeabilidad baja o nula, excepto en zonas muy alteradas, donde es intermedia por fisuración. En general son materiales válidos como préstamo y un estudio detallado puede dar más información al respecto. Su capacidad portante es alta. Taludes naturales estables: 30° (Carbonífero inferior, P.a.: 300-700 m).
- 151e** Pizarras moradas y cinerizas violetas, en niveles extensos de poca potencia o en lentogones aislados muy raras. Son ripables. Su permeabilidad es baja en superficie por fisuración y nula en profundidad. Su capacidad portante es alta. Son utilizables como préstamo para núcleos de terrapienes. Taludes naturales estables: 25° (Carbonífero inferior, P.a.: 1-30 m).
- 151d** Jaspes rojos con bandeados irregulares de cuarzo, ricas en Mn y con intercalaciones de chert. Es un mineral no ripable y con alta capacidad portante. Es impermeable o permeable por fisuración de tipo intermedio o bajo. Son válidos como préstamo tanto para núcleos como para coronación de terrapienes. Taludes naturales estables: verticales (Carbonífero inferior, P.a.: 1-30 m).
- 151c** Pizarras grises y negras a veces con niveles de chert intercalados, dispuestos en lentogones incluidos dentro del Complejo Volcánico Sedimentario. Conjunto ripable. Su capacidad portante es alta, excepto en zonas muy alteradas. Permeabilidad baja o nula, salvo en esas zonas alteradas y fracturadas donde es de tipo intermedio. Son materiales utilizables como préstamo para núcleos de terrapienes. Taludes naturales estables: 25° (Carbonífero inferior, P.a.: 10-50 m).
- 151b** Lavas básicas y tobas esquistosas básicas. En conjunto son no ripables, pero las zonas más alteradas vías más esquistosas sí lo son. Capacidad portante alta. Permeabilidad nula salvo en zonas fisuradas y alteradas, donde puede ser media-baja. Validez como préstamo para núcleos de terrapienes y quizá también para coronación de los mismos. Taludes naturales estables (Carbonífero inferior, P.a.: 400-500 m).
- 003** Gneises. Silos encajados en los materiales del Complejo Volcánico Sedimentario. Material no ripable aunque puede llegar a serlo en zonas muy alteradas y/o muy fracturadas. Roca utilizable, pero con permeabilidad baja por fisuración en determinadas zonas. Capacidad portante alta. Son materiales utilizables como préstamo. Taludes naturales estables: 45° (Edad indeterminada, P.a.: hasta 500 m).
- 002c** Diques de cuarzo entre pizarras. Ripables debido a la fisuración intensa que presentan. Capacidad portante alta. Material utilizable como préstamo para núcleos de terrapienes. Permeable por fisuración en los 2 a 3 metros superiores e impermeable en profundidad. Taludes naturales estables: subverticales siempre que no exista un disclisado desfavorable (Edad indeterminada, P.a.: 0,5-50 m).
- 002b** Diques porfíricos ácidos. Material no ripable o de ripabilidad marginal por ser muchas veces enjambres de fragmentos finos y fracturados. Son de permeabilidad intermedia por fisuración. Presentan una alta capacidad portante y no utilizables como préstamo incluso para coronación de terrapienes. Taludes naturales estables: 30-40° (Edad indeterminada, P.a.: 1-50 m).

**FORMACIONES INTRUSIVAS VOLCANICAS Y SUBVOLCANICAS**

- 151c** Lavas, tobas esquistosas y aglomerados, todo ello con composición intermedia y ácida. No ripables en general, aunque zonas alteradas y zonas muy esquistosas pueden ser ripables. La roca fresca es impermeable, aunque en función de su alteración y fisuración puede variar. Su capacidad portante es alta. Son materiales utilizables como préstamo para núcleos de terrapienes y posiblemente para su coronación. Taludes naturales estables: subverticales (Carbonífero inferior, P.a.: 300-700 m).
- 151b** Lavas básicas y tobas esquistosas básicas. En conjunto son no ripables, pero las zonas más alteradas vías más esquistosas sí lo son. Capacidad portante alta. Permeabilidad nula salvo en zonas fisuradas y alteradas, donde puede ser media-baja. Validez como préstamo para núcleos de terrapienes y quizá también para coronación de los mismos. Taludes naturales estables (Carbonífero inferior, P.a.: 400-500 m).
- 003** Gneises. Silos encajados en los materiales del Complejo Volcánico Sedimentario. Material no ripable aunque puede llegar a serlo en zonas muy alteradas y/o muy fracturadas. Roca utilizable, pero con permeabilidad baja por fisuración en determinadas zonas. Capacidad portante alta. Son materiales utilizables como préstamo. Taludes naturales estables: 45° (Edad indeterminada, P.a.: hasta 500 m).
- 002c** Diques de cuarzo entre pizarras. Ripables debido a la fisuración intensa que presentan. Capacidad portante alta. Material utilizable como préstamo para núcleos de terrapienes. Permeable por fisuración en los 2 a 3 metros superiores e impermeable en profundidad. Taludes naturales estables: subverticales siempre que no exista un disclisado desfavorable (Edad indeterminada, P.a.: 0,5-50 m).
- 002b** Diques porfíricos ácidos. Material no ripable o de ripabilidad marginal por ser muchas veces enjambres de fragmentos finos y fracturados. Son de permeabilidad intermedia por fisuración. Presentan una alta capacidad portante y no utilizables como préstamo incluso para coronación de terrapienes. Taludes naturales estables: 30-40° (Edad indeterminada, P.a.: 1-50 m).

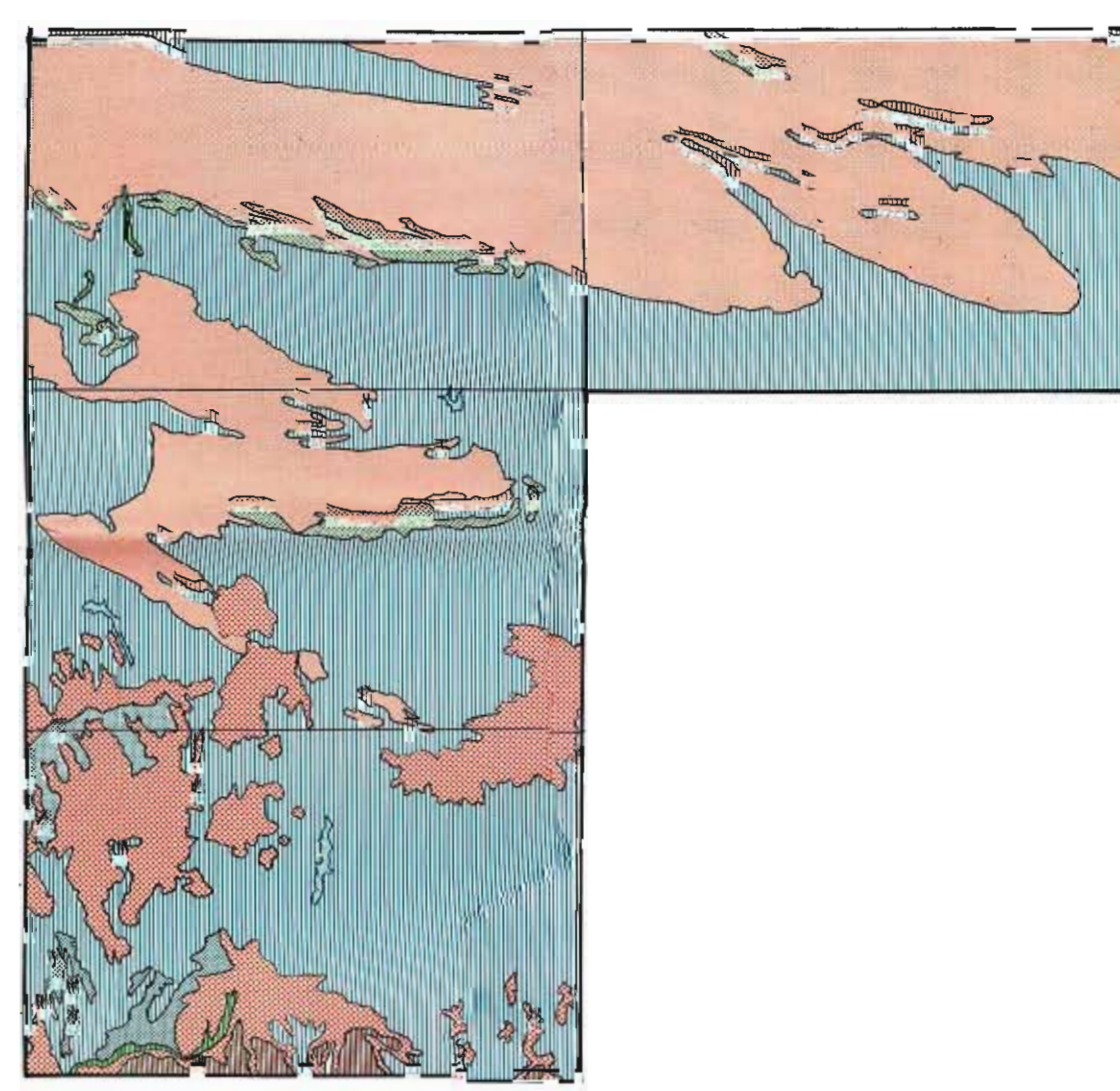
**FORMACIONES CALCAREAS**

- 150a** Lentogones de calizas y calcosquistos ferruginosos entre tobas, lutitas y pizarras. Material ripable y permeable por disolución y por los planos de exaristación. Capacidad portante baja en los calcosquistos y alta en las calizas. Son materiales válidos como préstamo para núcleos de terrapienes. Taludes naturales estables para alturas bajas: 10° (Devoniano superior-Carbonífero inferior, P.a.: 25 m).

**SIMBOLOGIA**

- Canteras y graveros (Activa, inactiva)
- Contacto litológico
- Contacto litológico supuesto
- Estratos verticales
- Estratos horizontales
- Dirección y cantidad de buzamiento de la estratificación
- Dirección y cantidad de buzamiento de la esquistosidad
- Esquistosidad vertical
- Falla
- Falla supuesta o deducida
- Falla inversa
- Anticlinorio
- Sinclinorio
- Anticlinal
- Anticlinal supuesto o deducido
- Anticlinal con inmersión
- Anticlinal volcado con inmersión
- Sinclinal
- Sinclinal supuesto o deducido
- Sinclinal con inmersión
- Sinclinal tumbado con inmersión
- Rio o arroyo encajado

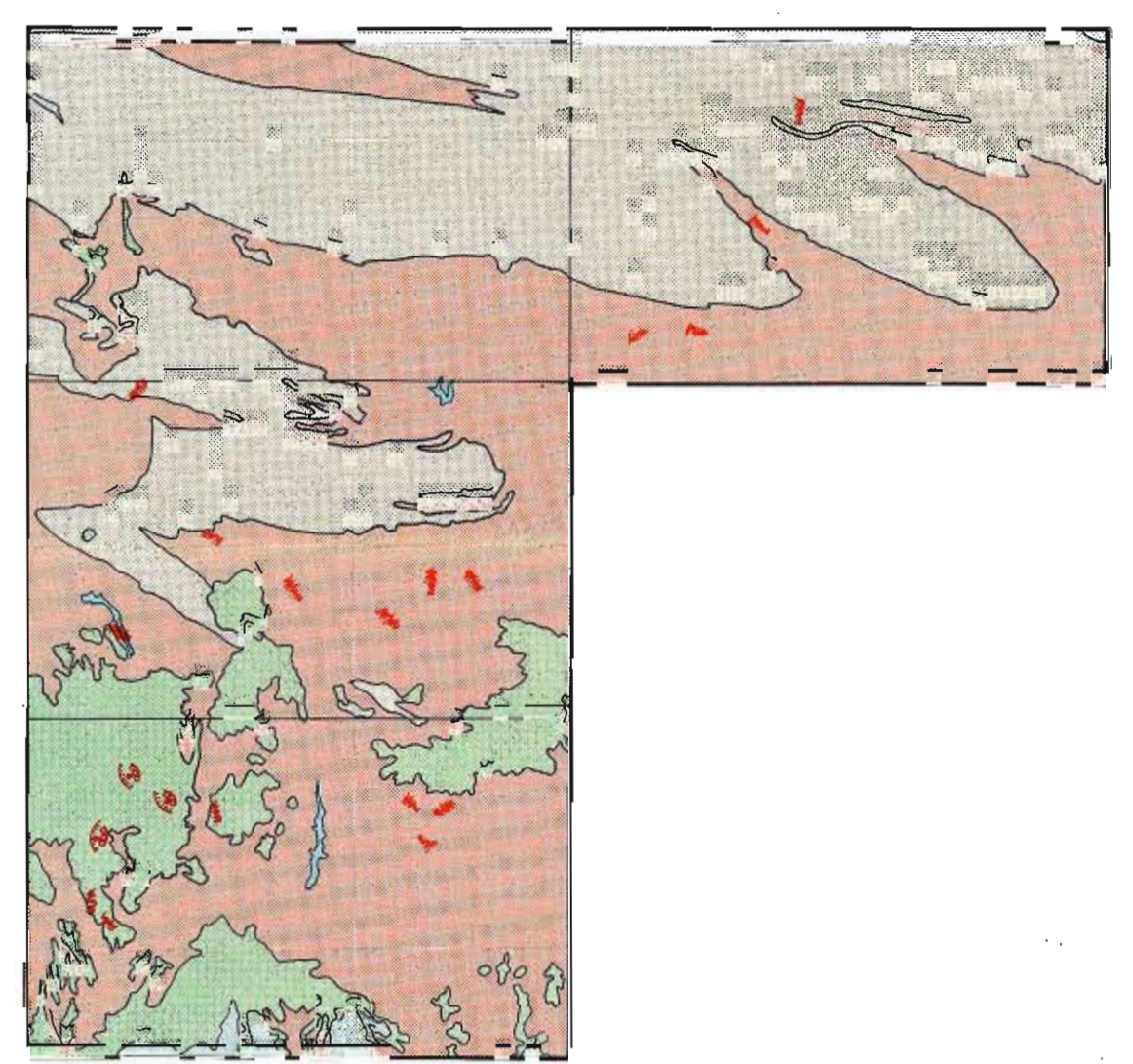
**ESQUEMA DE SUELOS Y FORMACIONES DE PEQUEÑO ESPESOR**  
E: 1:200.000



**LEYENDA**

- SUELOS COHESIVOS**
  - Margas arcillo-limosas con algo de arenas.
- SUELOS NO COHESIVOS**
  - Arenas y gravas con alta proporción de finos, conglomerados y arenas, bloques y cantos angulosos a veces con matriz arenosa roja.
  - Conglomerados y arenas, bloques y cantos angulosos a veces con matriz arenosa roja.
  - Arenas y gravas de composición cuarcítica y limos en proporciones variables.
  - Litosuelos sobre volcánicas, arenas limosas con bolos de roca sana y cantos meteorizados.
  - Litosuelos sobre rocas ígneas, arenas limosas con cantos meteorizados y arenarizados.
  - Litosuelos sobre rocas metamórficas, gravas lajasas de pizarras y esquistos con matriz arenosa y limosa.

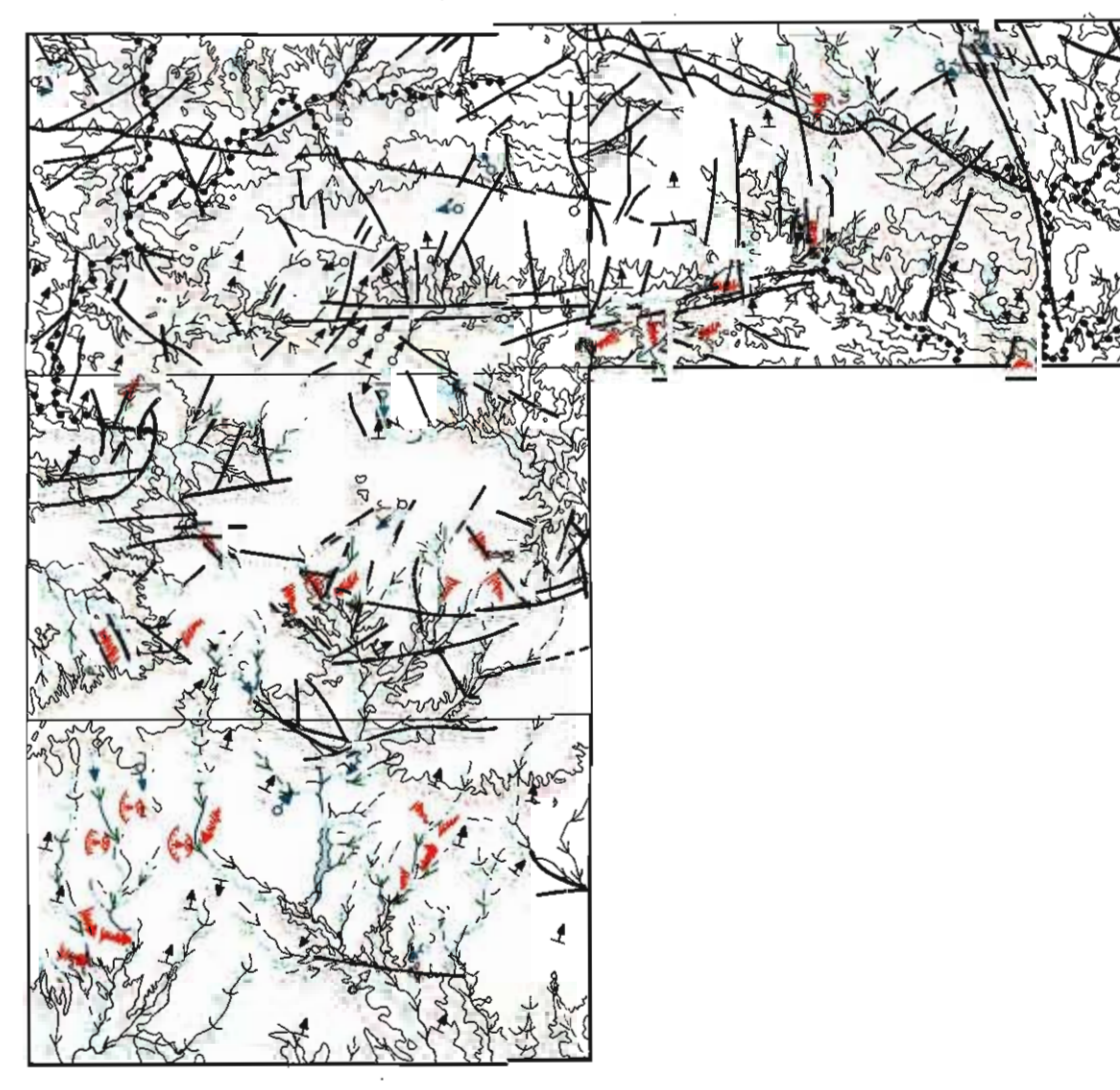
**ESQUEMA GEOTECNICO**  
E: 1:200.000



**LEYENDA**

- Suelos cohesivos flojos
- Suelos y materiales granulares
- Formaciones rocosas con posibilidad de desprendimientos y/o deslizamientos planos
- Formaciones rocosas alterables y meteorizables
- Erosión importante
- Deslizamientos activos

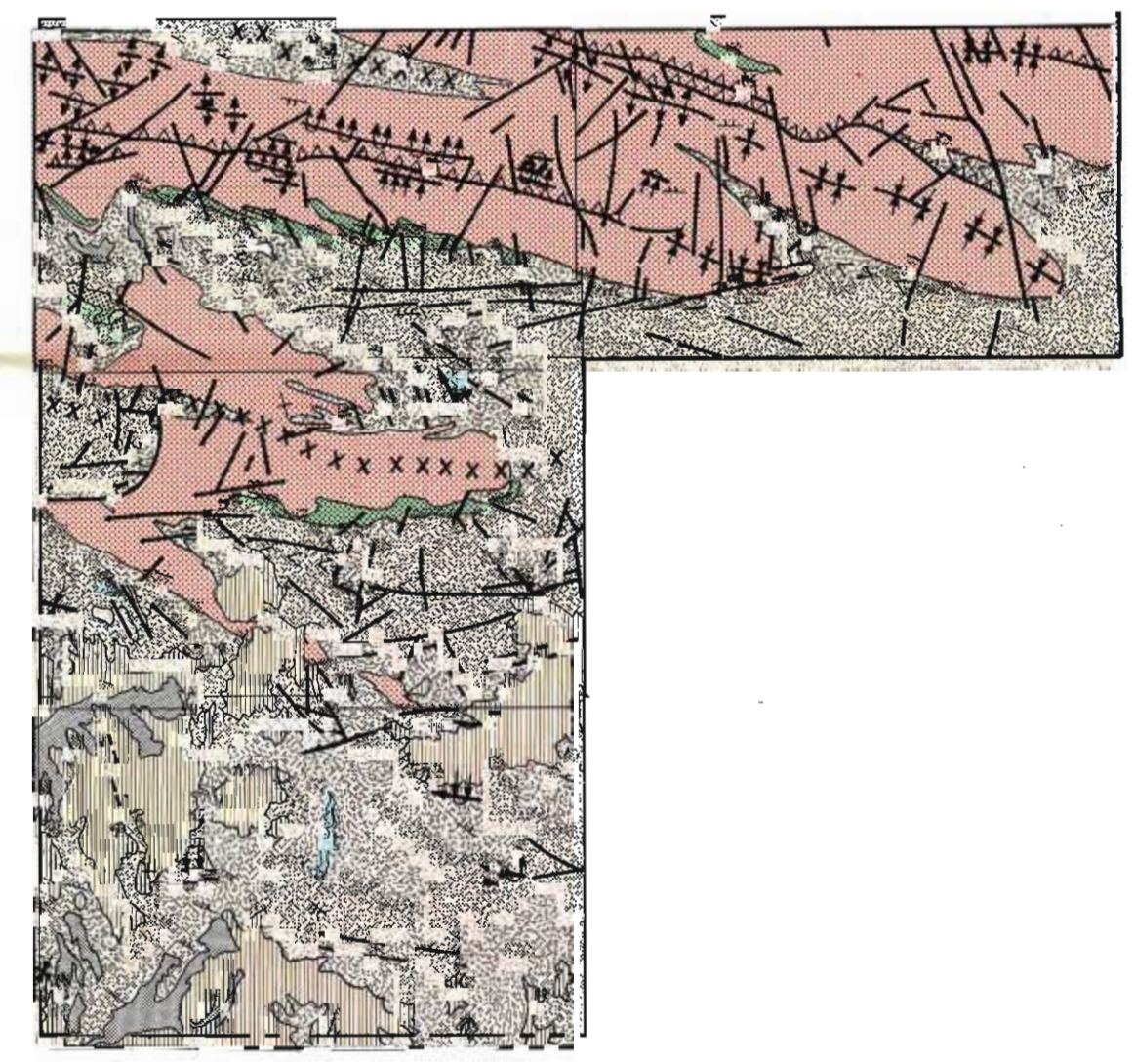
**ESQUEMA GEOMORFOLOGICO**  
E: 1:200.000



**LEYENDA**

- Rio o arroyo encajado
- Falla inversa
- Falla
- Falla supuesta o deducida
- Dirección y buzamiento
- Arroyo de curso estacional
- Manantial
- Embalse o balsa minera
- Arroyada concentrada
- Abarrancamiento
- Deslizamiento
- Valle en "V"
- Valle en arista

**ESQUEMA GEOLOGICO**  
E: 1:200.000

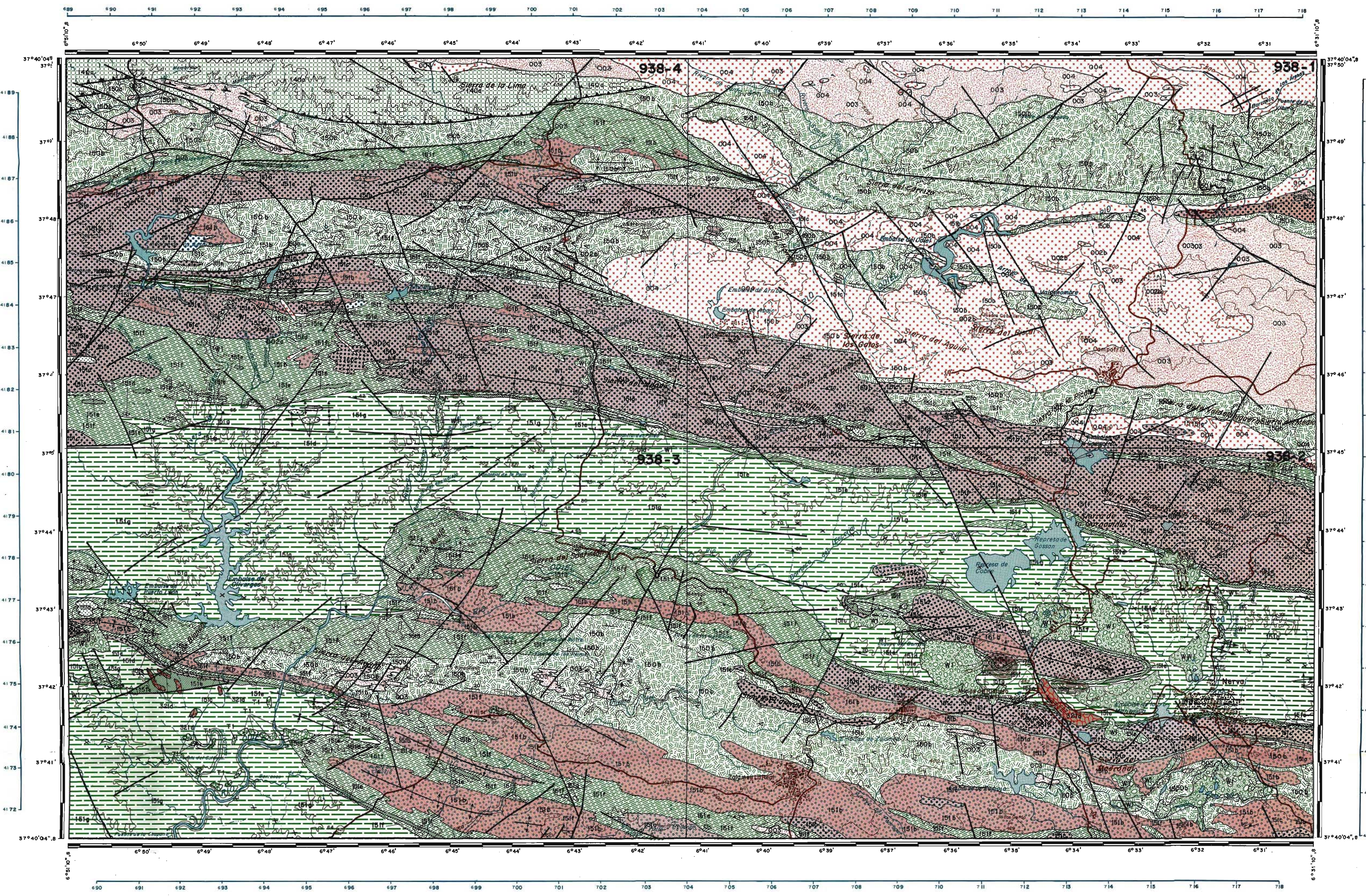


**LEYENDA**

- Falla normal
- Falla supuesta o deducida
- Falla inversa
- Anticlinal
- Sinclinal
- Anticlinal volcado
- Sinclinal tumbado
- Anticlinal con inmersión
- Sinclinal con inmersión
- Anticlinal volcado con inmersión
- Sinclinal tumbado con inmersión
- Anticlinorio
- Sinclinorio
- Cuaternario
- Pliocuatrnario
- Mioceno
- Carbonífero
- Rocas plúcticas
- Rocas volcánicas
- Estratos horizontales
- Buzamiento de 5° a 30°
- Buzamiento de 30° a 60°
- Buzamiento de 60° a 80°
- Estratos verticales



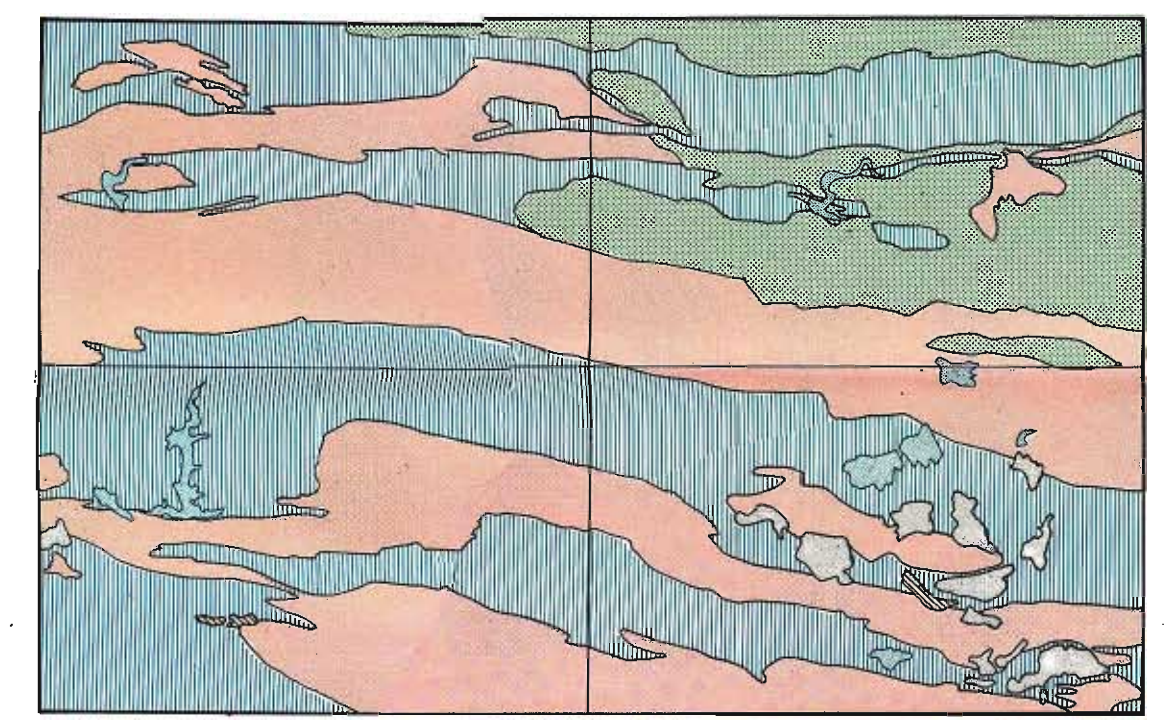
MAPA LITOLOGICO-ESTRUCTURAL  
(ESCALA 1:50.000)



SIMBOLOGIA

- Desprendimiento
- Canteras y graveras (Activa, inactiva)
- Contacto litológico
- Contacto litológico supuesto
- Estratos verticales
- Dirección y cantidad de buzamiento de la estratificación
- Buzamiento de la estratificación de 5° a 30°
- Buzamiento de la estratificación de 30° a 60°
- Buzamiento de la estratificación de 60° a 80°
- Dirección y cantidad de buzamiento de la esquistosidad
- Esquistosidad vertical
- Falla
- Falla supuesta o deducida
- Falla inversa
- Cabalgamiento
- Cabalgamiento supuesto o deducido
- Sinclinorio
- Anticlinorio
- Sinclinal
- Sinclinal con inmersión
- Sinclinal tumbado con inmersión
- Anticlinal
- Anticlinal con inmersión
- Anticlinal volcado con inmersión

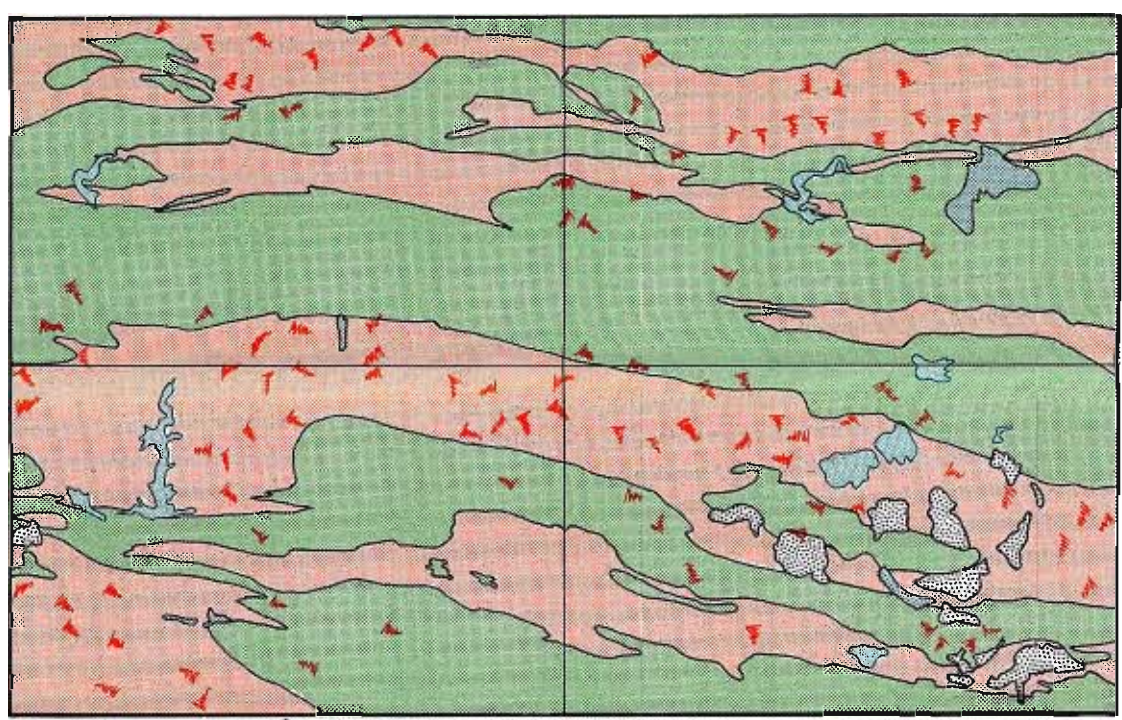
ESQUEMA DE SUELOS Y FORMACIONES DE PEQUEÑO ESPESOR  
E: 1:200.000



LEYENDA

- Litosuelos sobre rocas ígneas, arenas limosas con cantos meteorizados y arenizados, a veces con bolos de roca sana.
- Litosuelos sobre rocas volcánicas, arenas limosas con cantos meteorizados, a veces con cuartzo y con matriz arenosa o limosa.
- Litosuelos sobre rocas metamórficas, gravas fósiles de pizarras y esquistos, a veces con cuarzo y con matriz arenosa o limosa.
- SUELOS NO COHESIVOS**
- Escobreras mineras.
- Arenas y gravas con cierta proporción de finos. Localmente pueden estar cementados.

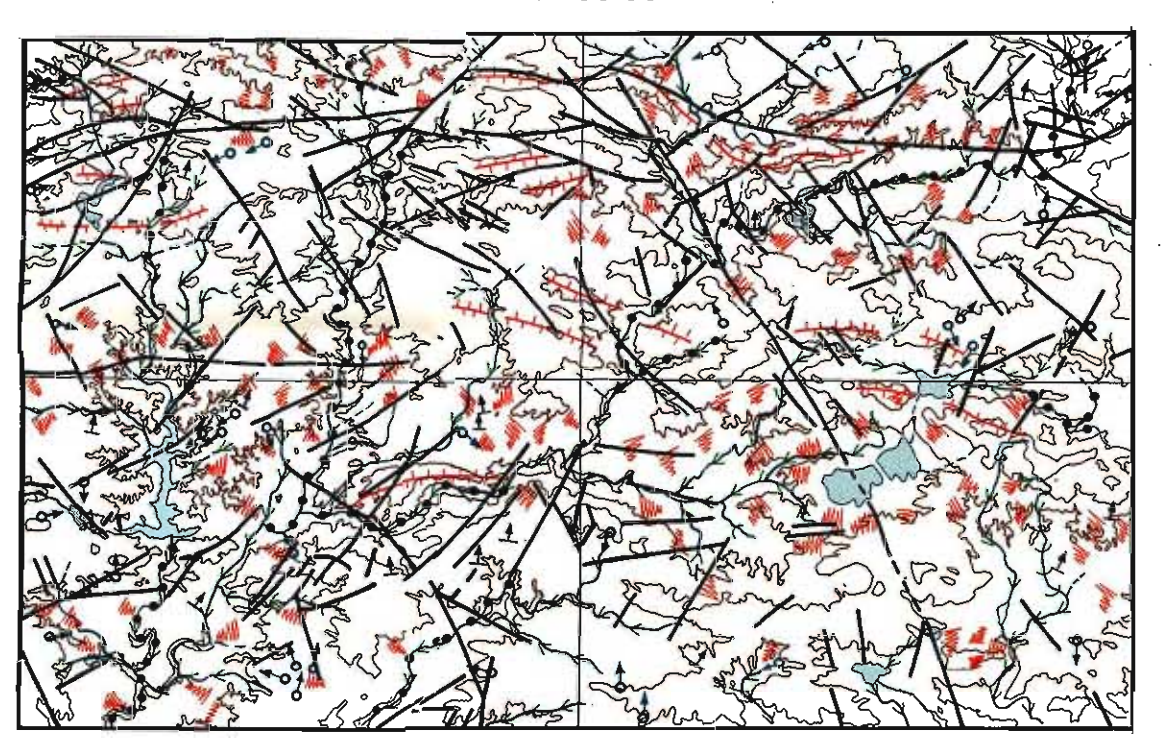
ESQUEMA GEOTECNICO  
E: 1:200.000



LEYENDA

- Suelos y materiales granulares
- Formaciones rocosas alterables y meteorizables
- Formaciones rocosas con posibilidad de desprendimientos y deslizamientos planos
- Escobarrera minera
- Abarrancamiento

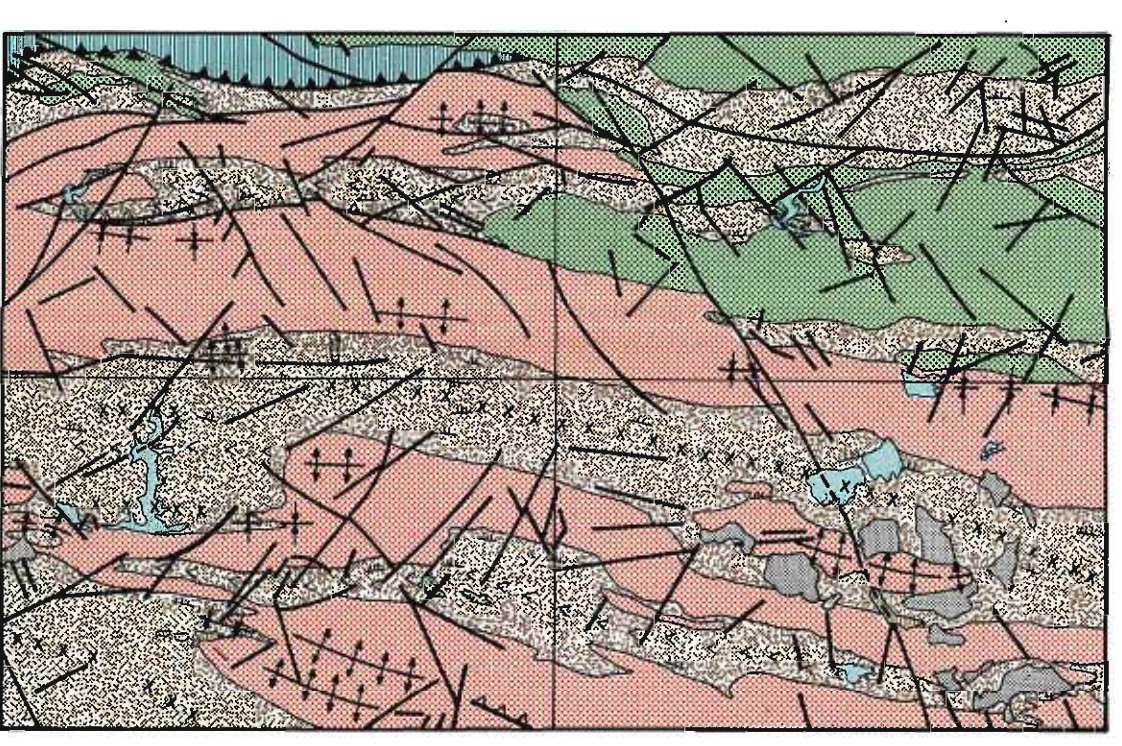
ESQUEMA GEOMORFOLOGICO  
E: 1:200.000



LEYENDA

- Río o arroyo encajado
- Falla
- Falla supuesta
- Dirección y buzamiento
- Abarrancamiento
- Río en curso continuo
- Manantial
- Arroyo de curso estacional
- Embalse o balza minera
- Valle en "V"
- Valle en artesa

ESQUEMA GEOLOGICO  
E: 1:200.000



LEYENDA

- Falla normal
- Falla supuesta
- Falla inversa
- Cabalgamiento
- Anticlinorio
- Sinclinal
- Sinclinorio
- Anticlinorio
- Buzamiento de 5° a 30°
- Buzamiento de 30° a 60°
- Buzamiento de 60° a 80°
- Cuaternario
- Mioceno
- Carbonífero
- Devónico
- Rocas plutónicas
- Rocas volcánicas

LEYENDA

DEPOSITOS RECIENTES

- W1** Sedimentos detríticos: escobreras y morrongos (éstos últimos por acumulaciones de residuos procedentes de la tosación al aire libre de las piritas durante el siglo pasado). Son materiales ripables. Las escobreras presentan una alta capacidad portante y una alta permeabilidad. Los morrongos bajas ambas dos. Taludes naturales estables para alturas bajas. 32° (Cuaternario, P.a.: 10-30 m).
- T1** Cantos redondeados poligénicos englobados en una matriz limo-arenosa. Es un material ripable. Su capacidad portante es media a baja y su permeabilidad baja en general, pudiéndose producir encharcamiento en zonas llanas. Es válido como préstamo para núcleos de terrapienes y quizá seleccionándolo también para coronaciones. Taludes naturales estables: 15° (Cuaternario, P.a.: 1-5 m).

FORMACIONES DETRITICAS

- 321 d** Gossan transportado. Masas irregulares de óxidos de Fe y Mn. Material con ripabilidad marginal. Capacidad portante alta. Material poco utilizable como préstamo, aunque pudiere ser válido para núcleos de terrapienes. Permeabilidad fusal o integradora de tipo medio-bajo. Taludes naturales estables: horizontales o subhorizontales. (Mioceno superior, P.a.: 1-15 m).

FORMACIONES PIZARROSAS, CUARCITICAS Y ESQUISTOSAS

- 151 g** Pizarras fundamentalmente pelíticas, ferríferas y grauvicas feidespólicas de grano fino a grueso. Material ripable en superficie y marginal en profundidad. Capacidad portante alta, salvo en las zonas más alteradas. Utilizable como préstamo en núcleos de terrapienes. Permeabilidad por fisuración intermedia o baja, e incluso nula en profundidad. Taludes naturales estables: 25° (Carbonífero inferior, P.a.: hasta 1.000 m).
- 151 i** Tocas de composición intermedia y ácida, pizarras y tufitas. Material ripable o marginal en función del grado de alteración. Llegó a ser incluso no ripable. Permeabilidad baja o nula, excepto en zonas muy alteradas, donde es intermedia por fisuración. En general son materiales válidos como préstamo y un estudio detallado puede dar más información al respecto. Su capacidad portante es alta. Taludes naturales estables: 30° (Carbonífero inferior, P.a.: 300-700 m).

FORMACIONES INTRUSIVAS VOLCANICAS Y SUBVOLCANICAS

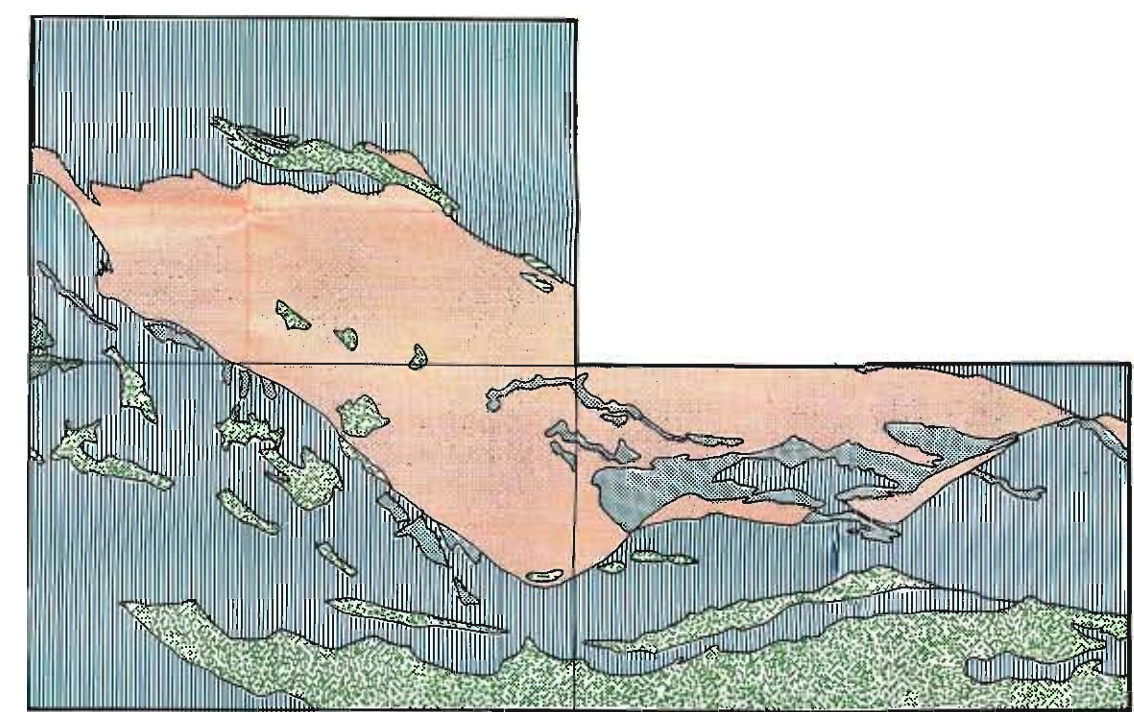
- 151 c** Lavas, tobas esquistosas y aglomerados, todo ello con composición intermedia y ácida. No ripables en general, aunque zonas alteradas y zonas muy esquistosas pueden ser ripables. La roca fresca es impermeable, aunque en función de su alteración y fisuración puede variar. Su capacidad portante es alta. Son materiales utilizables como préstamo para núcleos de terrapienes y posiblemente para su coronación. Taludes naturales estables: subverticales (Carbonífero inferior, P.a.: 500-700 m).
- 151 b** Lavas básicas y tobas esquistosas básicas. En conjunto son no ripables, pero las zonas más alteradas y las más esquistosas si lo son. Capacidad portante alta. Permeabilidad nula salvo en zonas fisuradas y alteradas, donde puede ser media-baja. Valiosos como préstamo para núcleos de terrapienes y en algunos casos también para coronación de los mismos. Taludes naturales estables (Carbonífero inferior, P.a.: 400-500 m).
- 004** Gneiss, leucogranitos y granodioritas de grano medio a grueso con diques porfíricos, silleros y diabásicos. Son no ripables en profundidad, pero ripables o de ripabilidad marginal en superficie por su alteración. Por ello su capacidad portante es alta en roca sana y baja en superficie. Igualmente la permeabilidad es de tipo integrador-media sin superficie, y al ir desmenuándose pasa a ser baja fusal o nula. Es un material acomodable como préstamo para arriales de terrapienes y posiblemente también para coronaciones. Taludes naturales estables: 15° (Edad indeterminada, P.a.: 1.000-3.000 m).
- 003** Silis básicos de diabasas albiticas y gabbro-diabasas encajados en los materiales del Complejo Volcánico Sedimentario. Por lo general son no ripables, aunque los hay muy alterados y fracturados que si lo son. La roca sana es impermeable, pero cuanto está alterada presenta permeabilidad intermedia-baja de tipo integrador y fusal. Su capacidad portante es alta excepto en zonas muy alteradas. Son válidos en general para su uso como préstamo. Taludes naturales estables: 45° (Edad indeterminada, P.a.: 10-200 m).
- 002c** Diques de cuarzo entre pizarras. Ripables debido a su fracturación intensa. Capacidad portante alta. Material utilizable como préstamo para núcleos de terrapienes. Permeable por fisuración en los niveles superiores (2-3 m), e impermeables en profundidad. Taludes naturales estables: 40° máximo (Edad indeterminada, P.a.: 1-50 m).
- 002 b** Diques porfíricos ácidos. Son no ripables o de ripabilidad marginal por su configuración morfológica como enjambres de diques finos y fracturados. Su permeabilidad es intermedia por fisuración. Presentan una alta capacidad portante. Son utilizables como préstamo para núcleos y coronación de terrapienes. Taludes naturales estables: 40° máximo (Edad indeterminada, P.a.: 1-50 m).
- 002 a** Diques de diabasas muy alteradas. Ripabilidad marginal. Permeabilidad intermedia o baja por fisuración. Capacidad portante alta. Material canterable y utilizable como préstamo. Taludes naturales estables: 1:1 en nivel de alteración y subverticales en roca sana (Edad indeterminada, P.a.: 50 m).

**MAPA LITOLOGICO-ESTRUCTURAL**  
(ESCALA 1:50.000)

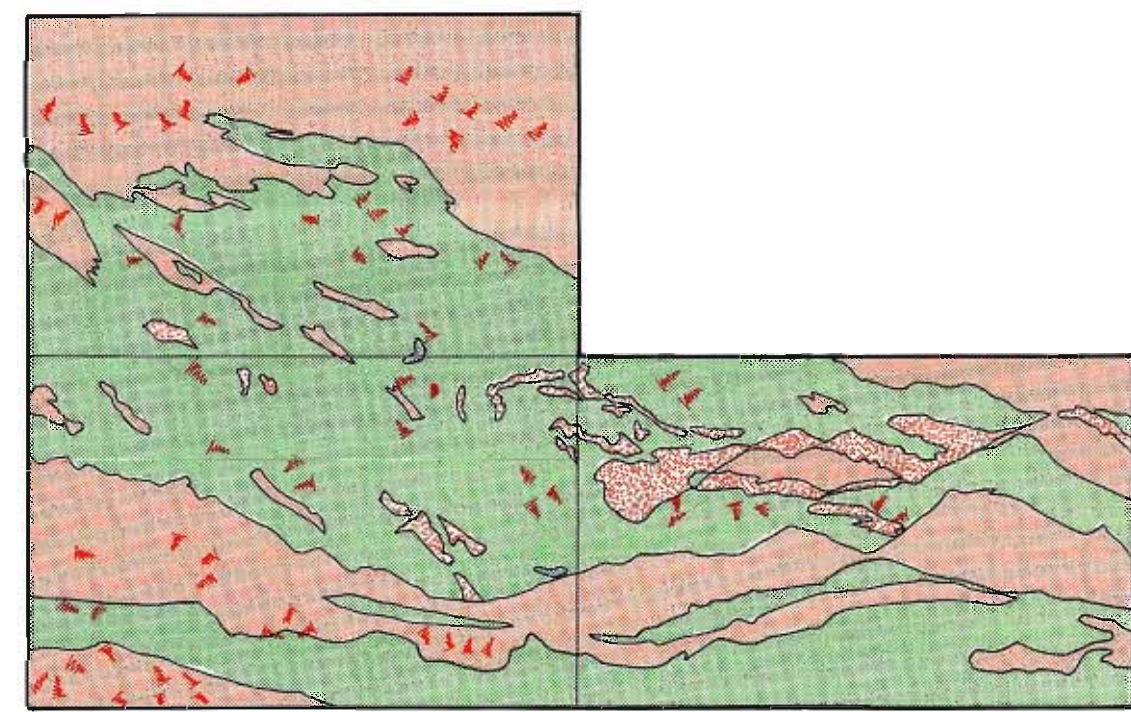
**SIMBOLOGIA**

- Escarpe
- Divisoria aguda
- Desprendimiento
- Canteras y graveras (Activas abandonadas)
- Contacto litológico
- Contacto litológico supuesto
- Estratos horizontales
- Estratos verticales o subverticales
- Dirección y cantidad de buzamiento de la estratificación
- Dirección y cantidad de buzamiento de la esquistosidad
- Esquistosidad vertical
- Falla
- Falla supuesta o deducida
- Falla con indicación de desplazamiento horizontal
- Anticlinal
- Anticlinal tumbado

**ESQUEMA DE SUELOS Y FORMACIONES DE PEQUEÑO ESPESOR**  
E: 1:200.000



**ESQUEMA GEOTECNICO**  
E: 1:200.000



**LEYENDA**

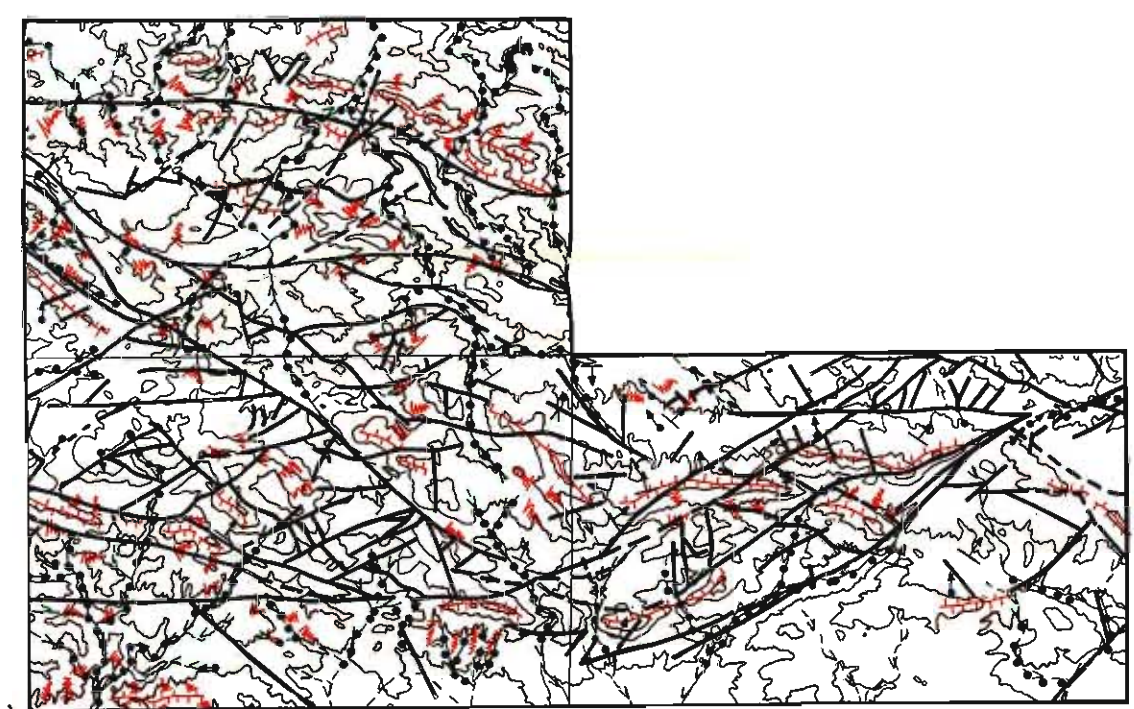
**SUELOS NO COHESIVOS**

- Cantos poligénicos englobados en una matriz limosa o arcillo-limosa en proporciones variables.
- Litosuelos sobre rocas ígneas, arenas limosas con cantos meteorizados y arenizados, a veces con gravas y bolos de roca sana.
- Litosuelos sobre rocas volcánicas, arenas limosas con bolos meteorizados.
- Litosuelos sobre rocas meteorizadas, gravas lejanas ses en ocasiones con cuarzo y con matriz arenosa y de pizarras, esquistos o gneis y limosa.
- Litosuelos sobre rocas carbonatadas, arcillas o limos naturaleza carbonatada y frecuentes asomos rocosos.

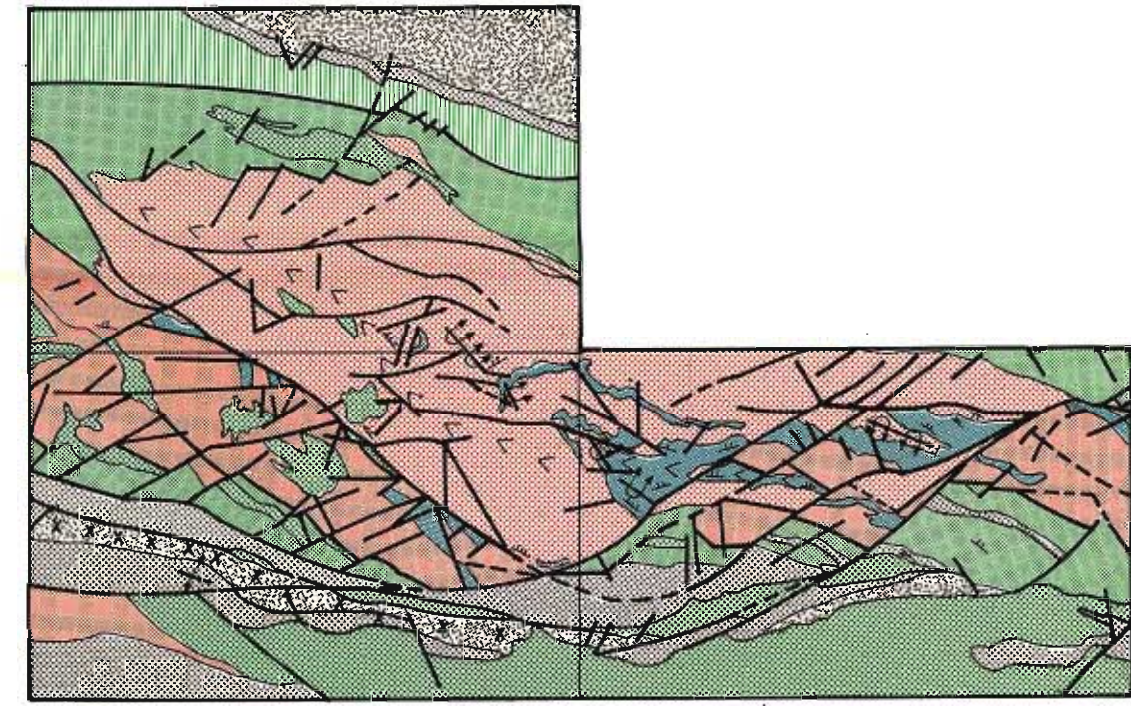
**LEYENDA**

- Suelos y materiales granulares
- Formaciones rocosas alterables y meteorizables
- Formaciones rocosas con posibilidad de desprendimientos y deslizamientos planos
- Formaciones rocosas parcialmente karstificadas
- Abarrancamiento
- Deslizamiento

**ESQUEMA GEOMORFOLOGICO**  
E: 1:200.000



**ESQUEMA GEOLOGICO**  
E: 1:200.000

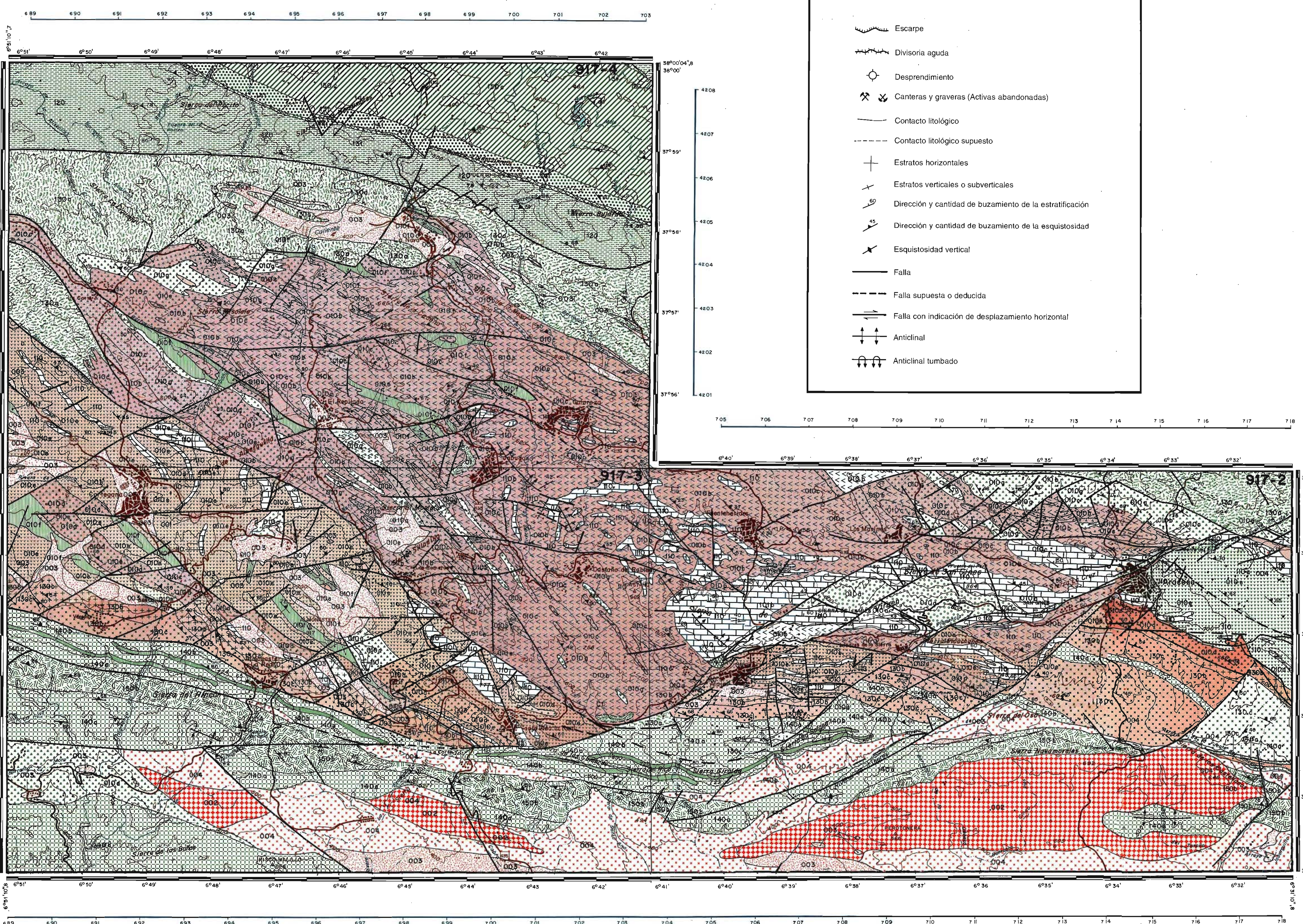


**LEYENDA**

- Río encajado
- Falla
- Falla supuesta
- Falla supuesta o deducida
- Dirección y buzamiento
- Abarrancamiento
- Divisoria aguda
- Río de curso continuo
- Río o arroyo de curso estacional
- Embalse
- Manantial
- Valle en V

**LEYENDA**

- Falla
- Falla supuesta
- Anticlinal
- Anticlinal volcado
- Anticlinorio
- Sinclinorio
- Buzamiento de 5° a 30°
- Buzamiento de 30° a 60°
- Buzamiento de 60° a 90°
- Cuaternario
- Carbonífero
- Devónico
- Silúrico
- Ordovícico
- Cámbrico
- Precámbrico
- Rocas plutónicas
- Rocas ígneas



**LEYENDA**

**DEPOSITOS RECIENTES**

- C 1** Cantos subredondeados poligénicos y heterométricos englobados en una matriz arcillosa u arcillo-limosa. Son materiales ripables. Su capacidad portante es de tipo intermedio. Son semipermeables e impermeables pudiendo encharcarse en zonas llanas. Es un material utilizable como préstamo para núcleos de terraplenes. Taludes naturales estables: 20° (Cuaternario P.a.: 3 m).
- Q** Travertinos en relación con manantiales y fuentes situados en los contactos de los niveles carbonatados. Material no ripable, con capacidad portante alta y permeabilidad alta por karstificación. Canterable y útil como préstamo para núcleos de terraplenes y posiblemente para coronaciones. Taludes naturales estables. Subverticales (Cuaternario P.a.: 30 m máximo).

**FORMACIONES PIZARRASAS, CUARCITICAS Y ESQUISTOSAS**

- 150c** Pizarras y gravacas alternando, con intercalaciones esporádicas de microconglomerados. Material generalmente ripable, aunque localmente sea de ripabilidad marginal. Capacidad portante alta. Permeabilidad baja o intermedia por fisuración. Son materiales válidos para usarse como préstamo en núcleos de terraplenes. Taludes naturales estables: 25° (Devónico medio y superior y Carbonífero inferior. P.a.: 750 m).
- 150b** Pizarras y gravacas, con niveles de cuarzo, cuarcitas, pizarras arenosas y esquistos. Materiales ripables, con áreas de ripabilidad marginal. Capacidad portante alta. Permeabilidad baja o media de tipo fisural. Máx. válido como préstamo para núcleos de terraplenes y los domos gravauquinos también para coronación de los mismos, taludes naturales estables: 25° (Devónico superior y Carbonífero inferior. P.a.: 375 m).
- 141** Filitas, gravacas y microconglomerados petrologicamente iguales a las gravacas. Son materiales con ripabilidad de tipo marginal. Presentan una alta capacidad portante. Permeabilidad intermedia de tipo fisural. En general no son válidos para usarse como préstamo, pero podrán llegar a utilizarse en núcleos de terraplenes. Taludes naturales estables: 30° para alturas bajas y esquistosidades favorables (Silúrico superior-Devónico inferior. P.a.: 230 m).
- 140b** Cuarcitas con intercalaciones de esquistos sericiticos. Es un material no ripable. Su capacidad portante es alta. Presentan una permeabilidad media por fisuración en los niveles más superficiales y nula en profundidad. Las cuarcitas son utilizables como préstamo en núcleos y coronas de terraplenes. Taludes naturales estables: 30° (Silúrico-Devónico. P.a.: No determinable).
- 140c** Esquistos sericiticos y cuarcitos con intercalaciones de niveles cuarcíticos y localmente gravauquinos. Material ripable y con alta capacidad portante. Permeabilidad de tipo fisural baja y ocasionalmente intermedia. Son materiales utilizables como préstamo para núcleos de terraplenes. Taludes naturales estables: 25° (Silúrico-Devónico. P.a.: 1.000 m).
- 131** Pizarras sericiticas y grafitas, y cuarcas grafitas. Presentan una alta capacidad portante y son ripables. Su permeabilidad es generalmente baja, pero algo mayor en las niveles superficiales por su alteración. Material únicamente válido como préstamo para núcleos de terraplenes. Taludes naturales estables para alturas bajas: 20° (Silúrico. P.a.: 35-50 m).

- 130c** Filitas y cuarcitos sericitico-cloríticos con algún nivel aislado intercalado de metabasas andesíticas. Ripables o de tipo marginal localmente. Su capacidad portante es elevada. Su permeabilidad es intermedia o baja y de tipo fisural, disminuyendo en profundidad. Son materiales válidos como préstamo para núcleos de terraplenes y las cuarcitas pueden serlo también para su coronación. Taludes naturales estables: 20°-30° (Precámbrico-Silúrico. P.a.: 300-700 m).
- 120** Pizarras moscovíticas con intercalaciones milimétricas cuarcíticas. Material ripable de tipo marginal, que presenta una alta capacidad portante y una permeabilidad intermedia por fisuración. No se considera válido como préstamo, o en último extremo como un componente más en el conjunto de materiales de núcleo de terraplén. Taludes naturales estables: 45° con buzamiento favorable (Ordovícico inferior y medio. P.a.: 500-600 m).
- 010g** Metacineritas grises y gneises biotíticos. Material ripable con áreas de ripabilidad marginal. Presentan una alta capacidad portante y una permeabilidad media por fisuración. Son utilizables como préstamo para núcleos de terraplenes. Taludes naturales estables: 15-40°, dependiendo del buzamiento de las distintas discontinuidades (Precámbrico superior. P.a.: 100-200 m).
- 010f** Rocas mezcla de meta de tobas ácidas, ígneas, andrinitas carbonosas y rocas volcánicas, diabásico-trasmielvas, y rocas de silicatos alcaes devotas de niveles fríos carbonosos. Cantos con ripabilidad marginal, aunque localmente ripable no ripable. Permeabilidad media o alta por fisuración. Capacidad portante alta. Las rocas de silicatos alcaes son útiles como préstamo en núcleos de terraplenes, mientras que las rocas de silicatos alcaes son útiles para coronación de ellos. Taludes naturales estables: 15° (Precámbrico superior. P.a.: 100-200 m).
- 010e** Gneises cuarzoalbiticos biotíticos, proterocinos y/o anfibólicos y orbaanfobitas. Son materiales ripables en superficie, y marginales e incluso no ripables en profundidad. Su capacidad portante es alta y su permeabilidad de tipo fisural es generalmente baja aunque puede llegar a ser intermedia, e incluso alta. Es válido como préstamo para núcleos de terraplenes. Taludes naturales estables: 15° (Precámbrico superior. P.a.: 150-500 m).
- 010d** Granito anatómico de afinidad charoñolítica. Se trata de un ortogneis ripable en superficie si está alterado, o de ripabilidad marginal si no lo está, y no ripable en profundidad. Su capacidad portante es alta y su permeabilidad de tipo fisural es generalmente baja aunque puede llegar a ser intermedia, e incluso alta. Es válido como préstamo para núcleos de terraplenes. Taludes naturales estables: 15° (Precámbrico superior. P.a.: 800 m).

**FORMACIONES INTRUSIVAS VOLCANICAS Y SUBVOLCANICAS**

- 010c** Metabasas, Diabásas, lavas y tobas de afinidad andesítica. Son materiales ripables de ripabilidad marginal cuando predominan las facies sanas. Capacidad portante alta, y permeabilidad en función de la fracturación, generalmente media-baja. Válido como préstamo para núcleos de terraplenes. Urtíferos estudios podrán dividirse su validez para coronación de ellos. Taludes naturales estables: 15° (Precámbrico superior. P.a.: 200-400 m).
- 010b** Metavulcanitas ácidas de afinidad ríolítica o nodulítica. Son sobre todo tobas con diferente tamaño de grano y algunas lavas. Presentan en general una ripabilidad marginal, pero varían de ripables a no ripables. Su capacidad portante es alta, y permeabilidad intermedia o baja. Válido como préstamo para núcleos de terraplenes y algunos quizá para coronaciones. Taludes naturales estables: 15-30° (Precámbrico superior. P.a.: 1.200 m mínimo).
- 004** Granitos, granodioritas y adamellitas de grano medio a grueso, surecadas por diques porfídicos, apfíticos y diabásas. Ripables o de ripabilidad marginal en superficie, y no ripables en profundidad. Capacidad portante alta excepto en zonas muy alteradas. En esas zonas hay permeabilidad alta intergranular, y en el resto será de tipo fisural, de media a baja. Válido como préstamo para núcleos de terraplenes, y la roca sana posiblemente para coronación. Taludes naturales estables: 15° (Edad indeterminada. P.a.: no reconocible o quizá ± 300-1.500 m).
- 003** Dioritas en relación con fracturas a en pequeños stocks. Materiales con distintas ripabilidades en función de su grado de alteración. En profundidad son no ripables. Igualmente varía su capacidad portante, siendo alta en la roca sana. Permeabilidad alta intergranular en zonas alteradas, y media a baja y a nula. fisural cuando la hay, en la zona poco alterada o sana. Válido como préstamo para núcleos de terraplenes y posiblemente, tras estudios hidroquímicos, también para coronaciones. Taludes naturales estables: 15° (Edad indeterminada. P.a.: no reconocible, quizá 100-600 m).
- 002** Porfidos graníticos ígneos, de grano grueso a veces intermedio. Material de ripabilidad marginal, variando asénelmente a ripable o no ripable. Capacidad portante alta, excepto en zonas muy alteradas donde será baja. Permeabilidad en función del grado de alteración y fracturación de la roca. Vasta de alta intergranular; media-baja fisural; e impermeable en roca sana en profundidad. Son materiales válidos como préstamo para núcleos de terraplenes y en roca sana también para la coronación de ellos. Taludes naturales estables: 10-20° (Edad indeterminada. P.a.: no determinable o 400-5.000 m).
- 001** Cuarcas ígneas de grano grueso y tobas clásicas. No son ripables e en algunos casos presentan ripabilidades marginales. Capacidad portante alta. Permeabilidad de tipo medio-baja y origen fisural. Son materiales válidos como préstamo incluso como árido de machaqueo. Taludes naturales estables: 40° (Edad indeterminada. P.a.: 5-15 m).

**FORMACIONES CALIZAS**

- 110** Mármoles dolomíticos y calizas marmóreas en menor proporción. Material no ripable, con una alta capacidad portante. Son canterables y válidos como préstamo. Se explotan como áridos. Permeabilidad alta por fisuración y karstificación. Taludes naturales estables: subverticales (Precámbrico superior-Cambriero inferior. P.a.: 250-400 m).

**FORMACIONES INTRUSIVAS VOLCANICAS Y SUBVOLCANICAS**

- 130b** Ortoanfobitas biotíticas de grano grueso. Material de ripabilidad marginal o no ripable. Permeabilidad intermedia de tipo fisural. Presentan una capacidad portante alta. Son válidos como préstamo para terraplenes y pedraplenes, y la roca sana puede serlo incluso para sus coronaciones. Taludes naturales estables: hasta 30° (Silúrico. P.a.: nunca superior a 300 m).
- 130c** Ortoanfobitas biotíticas de grano fino. Material ripable en general. Presenta una alta capacidad portante. La permeabilidad que tiene este material es de tipo fisural, siendo generalmente media, y pudiendo variar hacia alta o baja. Su utilidad como préstamo se reduce al uso en núcleos de terraplenes. Taludes naturales estables: 20° máximo (Silúrico. P.a.: 1.500 m mínimo).



Ministerio de Obras Públicas, Transportes  
y Medio Ambiente  
Centro de Publicaciones