



# estudio previo de terrenos



## **Corredor del sur**

**TRAMO : VILLARRUBIA DE LOS OJOS - SANTA ELENA**

**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.

**M.O.P.  
DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS  
SUBDIRECCION GENERAL DE NORMAS TECNICAS Y PROSPECCIONES  
SECCION DE GEOTECNIA Y PROSPECCIONES**

**ESTUDIO PREVIO DE TERRENOS**

**CORREDOR DEL SUR  
TRAMO: VILLARRUBIA DE LOS OJOS—SANTA ELENA**

**Estudio 73/4**

**FECHA DE EJECUCION: DICIEMBRE 1973**

|                            |
|----------------------------|
| 737-2                      |
| VILLARRUBIA<br>DE LOS OJOS |
| 760-1                      |
| DAIMIEL                    |
| 760-2                      |
| 785-1                      |
| ALMAGRO                    |
| 785-2                      |

|                       |                           |                                  |
|-----------------------|---------------------------|----------------------------------|
| 811-4                 | 811-1                     |                                  |
| MORAL                 |                           |                                  |
| 811-3 DE<br>CALATRAVA | 811-2                     |                                  |
|                       | 837-1                     | 838-4                            |
|                       | VISO DEL<br>MARQUES 837-2 | SANTA CRUZ<br>DE 838-3<br>MUDELA |
|                       | 862-1                     |                                  |
| 862-3<br>SANTA ELENA  | 862-2                     |                                  |

## INDICE

|   | Pág. |
|---|------|
| <b>1. INTRODUCCION</b> .....  | 1    |
| <b>2. CARACTERES GENERALES DEL TRAMO</b> .....                                  | 2    |
| <b>2.1. GEOMORFOLOGIA</b> .....   | 2    |
| 2.1.1. Generalidades .....  | 2    |
| 2.1.2. Descripción de las unidades geomorfológicas ...                          | 2    |
| <b>2.2. TECTONICA</b> .....   | 7    |
| <b>2.3. ESTRATIGRAFIA</b> .....   | 8    |
| <b>2.4. GRUPOS GEOTECNICOS</b> .....  | 11   |
| 2.4.1. Introducción .....   | 11   |
| 2.4.2. Grupos litológicos-geotécnicos .....                                     | 11   |
| <b>3. ESTUDIO DE ZONAS</b> .....  | 15   |
| <b>3.0. ZONAS DE ESTUDIO</b> .....  | 15   |
| <b>3.1. ZONA 1: LLANOS DE DAIMIEL</b> .....                                     | 15   |
| 3.1.1. Geomorfología y tectónica .....  | 15   |
| 3.1.2. Columna estratigráfica .....   | 19   |
| 3.1.3. Grupos geotécnicos .....   | 20   |
| 3.1.4. Resumen de problemas geotécnicos que presenta<br>la zona .....           | 28   |
| 3.1.4.1. Problemas acusados .....   | 28   |
| 3.1.4.2. Problemas poco acusados .....  | 28   |
| <b>3.2. ZONA 2: AREA VOLCANICA DE LOS CAMPOS DE<br/>        CALATRAVA</b> ..... | 28   |
| 3.2.1. Geomorfología y tectónica .....  | 28   |
| 3.2.2. Columna estratigráfica .....   | 32   |
| 3.2.3. Grupos geotécnicos .....   | 33   |
| 3.2.4. Resumen de problemas geotécnicos que presenta<br>la zona .....           | 46   |
| 3.2.4.1. Problemas muy acusados .....   | 46   |
| 3.2.4.2. Problemas poco acusados .....  | 47   |

|   |            |
|---|------------|
| 3.3. ZONA 3: RELIEVES PIZARROSOS-CUARCITICOS DE SANTA CRUZ DE MUDELA .....  | Pág.<br>47 |
| 3.3.1. Geomorfología y tectónica .....                                      | 47         |
| 3.3.2. Columna estratigráfica .....   | 51         |
| 3.3.3. Grupos geotécnicos .....   | 52         |
| 3.3.4. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la zona .....          | 67         |
| 3.4. ZONA 4: SIERRAS DE SANTA ELENA .....                                   | 67         |
| 3.4.1. Geomorfología y tectónica .....                                      | 67         |
| 3.4.2. Columna estratigráfica .....   | 71         |
| 3.4.3. Grupos geotécnicos .....   | 72         |
| 3.4.4. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la zona .....          | 80         |
| 4. CONCLUSIONES GEOTECNICAS .....   | 81         |
| 4.1. RESUMEN DE PROBLEMAS GEOTECNICOS .....                                 | 81         |
| 4.1.1. Zona 1: Llanos de Daimiel .....                                      | 81         |
| 4.1.2. Zona 2: Area volcánica de los Campos de Calatrava .....              | 82         |
| 4.1.3. Zona 3: Relieves pizarroso-cuarcíticos de Santa Cruz de Mudela ..... | 84         |
| 4.1.4. Zona 4: Sierras de Santa Elena .....                                 | 85         |
| 4.2. CORREDORES DE TRAZADO SUGERIDOS .....                                  | 85         |
| 5. ESTUDIO DE YACIMIENTOS .....   | 88         |
| 5.0. INTRODUCCION .....   | 88         |
| 5.1. CANTERAS .....   | 88         |
| 5.1.1. Canteras de calizas .....  | 88         |
| 5.1.2. Canteras de cuarcitas .....  | 89         |
| 5.1.3. Canteras de coladas basálticas .....                                 | 90         |
| 5.1.4. Escombreras .....  | 90         |
| 5.2. GRAVERAS .....   | 90         |
| 5.2.1. Coluviales y conos de deyección .....                                | 90         |
| 5.2.2. Glacis, rañas, terrazas y aluviales .....                            | 90         |
| 5.2.3. Graveras de piroclastos .....  | 90         |
| 5.2.4. Graveras de lem granítico .....                                      | 91         |
| 5.3. PRETAMOS .....   | 91         |
| 6. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA .....  | 97         |

## 1. INTRODUCCION

El tramo Villarrubia de los Ojos-Santa Elena, perteneciente al Corredor del Sur, comprende los cuadrantes del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000, que a continuación se relacionan:

| <b>Hojas 1:50.000</b>       | <b>Cuadrantes</b> |
|-----------------------------|-------------------|
| 737 Villarrubia de los Ojos | 2                 |
| 760 Daimiel                 | 1 y 2             |
| 785 Almagro                 | 1 y 2             |
| 811 Moral de Calatrava      | 1, 2, 3 y 4       |
| 837 Viso del Marqués        | 1 y 2             |
| 838 Santa Cruz de Mudela    | 3 y 4             |
| 862 Santa Elena             | 1, 2 y 3          |

El presente estudio previo, consta de una memoria explicativa y tres planos, conteniendo cada uno de ellos un mapa litológico-estructural a escala 1:50.000 y cuatro esquemas a escala 1:200.000 de todo el tramo, en donde se sintetizan los caracteres geológicos, morfológicos, geotécnicos, y las formaciones y suelos de poco espesor.

El personal que ha supervisado y realizado este estudio previo es el siguiente:

**Dirección General de Carreteras**

**Subdirección General de Normas Técnicas y Prospecciones**

**Sección de Geotecnia y Prospecciones:**

Antonio Alcaide Pérez, doctor Ingeniero de Caminos

José Antonio Hinojosa Cabrera, Ingeniero de Caminos

María Concepción Bonet Muñoz, doctor en Ciencias Geológicas

**Gemat, S.L.:**

Severino Fernández Blanco, ingeniero de Caminos

Eduardo Muñoz Carreño, licenciado en Ciencias Geológicas

## 2. CARACTERES GENERALES DEL TRAMO

### 2.1. GEOMORFOLOGIA

#### 2.1.1. GENERALIDADES

Desde el punto de vista geomorfológico podemos distinguir las siguientes zonas: Llanos de Daimiel, área volcánica de los Campos de Calatrava, relieves pizarroso-cuarcíticos de Santa Cruz de Mudela y Sierras de Santa Elena.

Los Llanos de Daimiel constituyen una inmensa llanura, de edad miocena, en cuyos niveles superiores dominan los tramos calizos que han originado el desarrollo de un karst importante, favorecido también por una tectónica, que pudiera tratarse bien de una tectónica de zócalo o simplemente de una tectónica producida por la presencia de yesos en el sustrato. Este karst es el que ha originado los valles actuales y las numerosas áreas pantanosas que cubren gran parte de la zona. Como unidades geomorfológicas más importantes tenemos, valles, como los del Guadiana y Cigüela, depresiones kársticas y conos de deyección.

El área volcánica de los Campos de Calatrava, presenta una morfología muy característica, y en ella podemos distinguir las siguientes unidades geomorfológicas: cráteres de explosión, cabezos y lomas volcánicas y valle del río Jabalón.

Los relieves pizarroso-cuarcíticos de Santa Cruz de Mudela, son de una morfología variada, alternando zonas alomadas, correspondientes a los lugares donde se encuentran los materiales pizarrosos, con pequeñas crestas correspondientes a materiales cuarcíticos, y con llanuras originadas por los costrones travertínicos desarrollados sobre las formaciones post-miocenas, recubiertas posteriormente por glacia. En esta zona podemos distinguir las siguientes unidades geomorfológicas: lomas y crestas, glacia conglomeráticos y glacia terrígenos.

Las Sierras de Santa Elena juntamente con la Sierra de la Cueva, en el norte del tramo, constituyen los relieves más importantes del mismo, debido a la presencia de la serie de cuarcitas del Arenig. Podemos diferenciar aquí dos unidades geomorfológicas: las Sierras y la raña pliocena.

#### 2.1.2. DESCRIPCION DE LAS UNIDADES GEOMORFOLOGICAS

##### a) Valles de los ríos Guadiana y Cigüela

Los ríos Guadiana y Cigüela constituyen los dos únicos cursos de régimen permanente existentes en la zona. A ellos vierten algunos afluentes, todos ellos de pequeña importancia, que generalmente se encuentran secos, por lo que muchos de ellos son irreconocibles en el terreno. No obstante en época de lluvias pueden adquirir gran importancia, debido principalmente a la alta impermeabilidad de los materiales sobre los que discurren. Los ríos Guadiana y Cigüela atraviesan la gran llanura miocena, que cubre la casi totalidad de la primera zona. Su poder de erosión es muy pobre, debido principalmente a la escasa circulación de sus aguas y cuando ésta es algo

mayor, como en el término de Zuacorta, en la parte norte de la hoja de Daimiel, origina algunos escarpes, nunca de más de 10 m de altura, que dejan al descubierto las calizas y margas yesíferas que constituyen la serie principal de la zona. Cuando esto sucede, se señalan algunos meandros, que deben corresponder a cursos antiguos, formados por el hundimiento de las masas calizas sobre las que circulaba.



Fig. 1. Áreas pantanosas con gran desarrollo de vegetación, muy frecuentes en los cursos de los ríos Cigüela y Guadiana

Relacionado con la escasa circulación de las aguas está la formación de gran cantidad de áreas pantanosas con un gran desarrollo de vegetación del tipo de juncales, carrizos, etc... (Fig. 1).

Los aluviales de estos ríos están constituidos fundamentalmente, por limos orgánicos y yesíferos, siendo los correspondientes a sus afluentes de idéntica naturaleza, salvo los de la vertiente norte del río Cigüela (arroyo de la Salida, y arroyo de la Cañada), que por proceder de áreas cuarcíticas, contienen algunos cantos de las mismas englobados en una matriz limo-arcillosa.

#### b) Depresiones kársticas

La cantidad de agua que impregna a los materiales que constituyen la serie miocena de la zona, ha provocado la disolución de los yesos del sustrato, originándose así una tectónica local fuerte que ha dado lugar a hundimientos importantes, creándose, de esta forma, fondos de valle planos, y áreas pantanosas. Tanto los fondos de valle planos, como las áreas pantanosas son muy abundantes en la zona, correspondiendo la mayor concentración de estas unidades geomorfológicas, a una franja de dirección Este-Oeste comprendida, entre el río Guadiana, y una línea que teniendo esa dirección pasara al sur de Daimiel.

En los fondos de valle planos predominan los sedimentos de naturaleza limo-arcillosa, mientras que en las áreas pantanosas predominan los limos orgánicos.

#### c) Conos de deyección

Están localizados en el cuadrante 737-2, presentan dirección Oeste-Noreste. Proceden de la alteración de los materiales paleozoicos que cons-

tituyen la Sierra de la Cueva, situada en el ángulo noroccidental del cuadrante antes mencionado. La pendiente de este gran cono de deyección es muy variable, oscilando, desde unos 15° en la zona más próxima a dicha Sierra, hasta unos 5° en la zona más alejada.

#### d) Cráteres de explosión

Están ubicados principalmente, en el cuadrante 811-4, aunque también existe alguno en el 785-2. El cráter correspondiente al volcán del Cerro Gordo, fácilmente visible en el kilómetro 1 de la carretera que va desde Granátula de Calatrava a Valenzuela (parte norte del cuadrante 811-4); forma un área deprimida, que está rodeada por cerros de cuarcitas que en algunos puntos están recubiertas por coladas basálticas y en otros por cenizas y piroclastos muy erosionados. El cráter del volcán de Berrocal de Cervera, situado al Oeste del cuadrante 811-4, casi en el borde del mismo, constituye un área de tipo endorreico lagunar originando la laguna de Cervera. Este volcán no ha dado lugar a ningún tipo de colada y tan sólo ha proyectado materiales de tipo piroclastos y cenizas. Como el anterior también se encuentra rodeado por cerros de cuarcitas.

#### e) Cabezos y lomas volcánicas

Aparecen distribuidos por los cuadrantes, 785-2 y todos los que comprenden la hoja de Moral de Calatrava (Fig. 2).

Se encuentran relacionados, bien con los materiales paleozoicos, bien con los materiales miocenos y plio-cuaternarios. Las alturas que originan no suelen sobrepasar los 800 m y la mayor o menor suavidad de los perfiles está relacionada con las características de los materiales de que están constituidos, correspondiendo los relieves más fuertes a las zonas de coladas y los más tendidos a las zonas de cenizas y piroclastos.



Fig. 2. Morfología típica del Campo de Calatrava.

#### f) Valle del río Jabalón

El río Jabalón atraviesa los cuadrantes 811-1 y 811-4 de Moral de Calatrava en dirección Este-Oeste, así como el ángulo Noreste del cuadrante 838-4 de Santa Cruz de Mudela. El río se encuentra ya en su fase senil y el

valle que ha originado es simétrico y poco profundo (aproximadamente de unos 60 m). En los lugares donde la amplitud del valle es mayor origina meandros, como el que se encuentra en el lugar denominado Molino de Parra, en el camino antiguo de Aldea del Rey a Granátula de Calatrava. Los aluviales son de naturaleza limo-arcillosa, encontrándose gravas cuarcíticas y algún canto de origen volcánico cuando atraviesa zonas de estas características litológicas.

Los afluentes son más bien escasos; en la vertiente septentrional vierte sus aguas al río Añovete, que permanece seco gran parte del año y en la vertiente sur lo hacen la rambla de Santa Cruz y el arroyo Sequillo, ambos caracterizados por la escasez de sus aguas. La naturaleza de los aluviales de estos afluentes es también limo-arcillosa.

#### g) Lomas y crestas

Tienen gran desarrollo en la tercera zona, y dan lugar a las mayores elevaciones de la misma, que nunca llegan a sobrepasar la cota de 1.000 m. La morfología es suave y la presencia de lomas y crestas corresponde a una alternancia de materiales blandos, tipo pizarras, y de materiales también paleozoicos, pero mucho más silicificados, tipo areniscas y cuarcitas. El conjunto está orientado en dirección Noroeste-Sureste (Fig. 3).

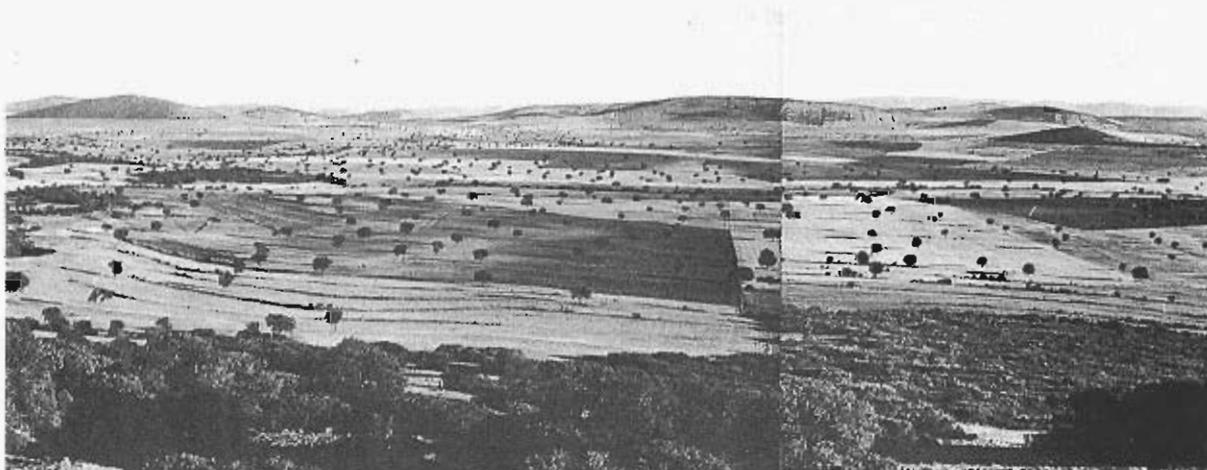


Fig. 3. Relieves pizarroso-cuarcíticos de Santa Cruz de Mudela.

#### h) Glacis conglomeráticos

Aunque están presentes en la mayoría de los cuadrantes que integran la zona, su mayor importancia la adquieren en el cuadrante 811-1.

A primera vista, podrían confundirse con coluvio-aluviales y con eluviales, pero su situación, así como las características de los materiales que los constituyen, permiten encuadrarlos como auténticos glacis. Litológicamente se trata de gravas de naturaleza silíceas bastante redondeadas, con una matriz limo-arcillosa y su procedencia hay que buscarla en los macizos cuarcítico-areniscosos próximos a las zonas donde estas formaciones detríticas se encuentran.

#### i) Glacis terrígenos

Proceden de la alteración de los materiales pizarrosos de edad Llanvirnien-se-Llandeilo. Se sitúan fundamentalmente en el cuadrante 838-4 de Santa Cruz de Mudela. Ocupan zonas de pequeña pendiente (unos 5° aproximadamente), y están constituidos principalmente por cantos de pizarra y algún canto de cuarcita disperso, todo ello inmerso en una matriz arcillo-margosa.

Sobre estos glacis se encaja la red fluvial actual, que prácticamente, carece de importancia.

#### j) Sierras

Ocupan la totalidad de los cuadrantes 862-1, 862-2 y 862-3 correspondientes a la hoja de Santa Elena. Las diferencias de cotas existentes son muy grandes, y así como en algunos puntos las alturas máximas no llegan a los 500 m, en otros sobrepasan los 1.300 m. El conjunto tiene una orientación preferente en la dirección Este-Oeste correspondiente a un plegamiento antiguo, de edad hercínica (Fig. 4). Los materiales que originan estos relieves, son paleozoicos y se trata de cuarcitas, areniscas y pizarras, correspondiendo los relieves más fuertes a aquellos lugares en los que se encuentran las cuarcitas del Arenig. La red fluvial que aquí se encaja es en gran parte la que corresponde a un régimen torrencial pluvial, debido a las diferencias topográficas existentes, si bien existen algunos cursos de régimen permanente como son, el río Jorge al norte del cuadrante 862-1, los ríos de la Campana y del Renegado en las proximidades de Santa Elena, y el río Grande al este del Centenillo.

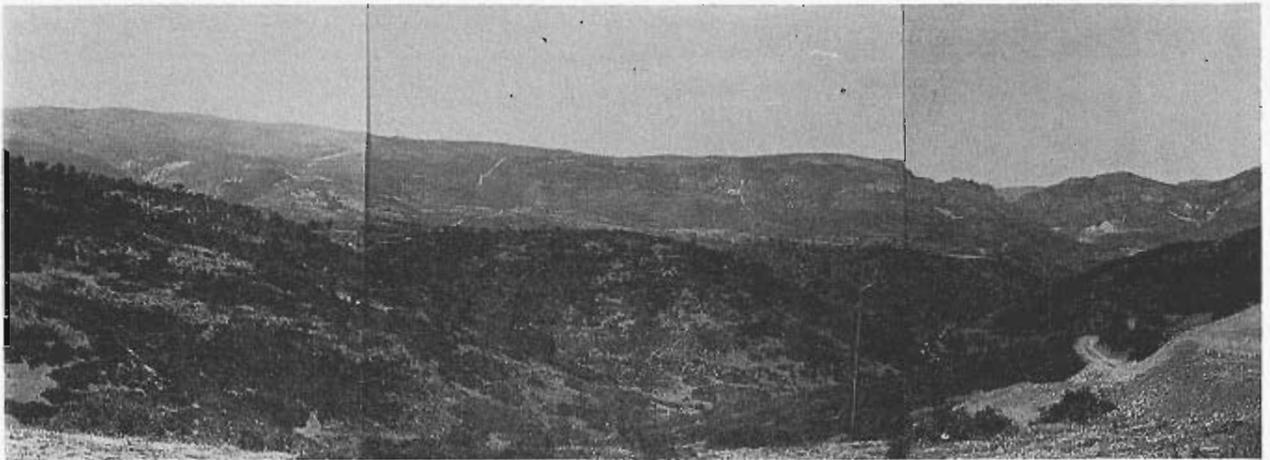


Fig. 4. Relieves originados por la serie de cuarcitas armóricas.

#### k) Raña pliocena

No es muy abundante a lo largo de la zona, y la mayor importancia la adquiere en el ángulo noreste del cuadrante 862-1 de Santa Elena. Su potencia es variable, aunque casi siempre pequeña, y no suele sobrepasar nunca los 4 m. Son zonas de aluvionamiento, situadas en lugares de poca pendiente, discordantes con los materiales paleozoicos sobre los que se emplazan. Su génesis no está muy clara, pudiendo corresponder tanto a un sistema de erosión de tipo árido, como a una erosión de tipo periglaciár.

## 2.2. TECTONICA

En el tramo podemos diferenciar dos dominios:

- A) Dominio norte
- B) Dominio sur

El dominio norte está constituido fundamentalmente por materiales de edad miocena y pliocena que se encuentran generalmente subhorizontales y están afectados por una serie de fracturas motivadas por causas diferentes. Por un lado existe una tectónica de origen kárstico, favorecida por la presencia de yesos en el sustrato, que ha provocado un reajuste en las series de materiales existentes, con hundimientos de bloques que han dado lugar a una serie de fracturas de dirección Noroeste-Sureste, y a otra serie perpendicular a ésta. Este tipo de tectónica es muy característica en la zona de Villarrubia de los Ojos y Daimiel. Por otro lado, en los Campos de Calatrava, la preexistencia de otra serie de fracturas sin una dirección preferente y su reactivación posterior, ha favorecido una serie de manifestaciones de carácter efusivo, presentes desde el Mioceno, que a su vez ha motivado un posterior reajuste de los materiales, originando otro conjunto de fracturas, pero de escasa importancia.

El dominio sur, en términos generales, se caracteriza por tratarse de un conjunto de sinclinatorios y anticlinorios con una dirección preferente Este-Oeste y un arco de concavidad hacia el norte, cuyas direcciones van de ONO-ESE a ENE-OSO.

En este dominio se pueden diferenciar dos grandes unidades estructurales: la primera de ellas está constituida por el gran anticlinorio de Despeñaperros, y la segunda la constituye el anticlinorio de Santa Cruz de Mudela, y el sinclinatorio del Viso del Marqués. Estas dos grandes unidades corresponden a una edad hercínica, pudiendo situarse la fase del plegamiento en el pre-Estefaniense.

El anticlinorio de Despeñaperros constituye un conjunto fuertemente tectonicado, predominando los pliegues apretados, en los cuales destacan los grandes crestones cuarcíticos correspondientes al Arenig. Hay gran cantidad de fracturas en todas direcciones, aunque la dirección predominante es la de Suroeste-Noreste. Localmente se puede advertir cómo las series pelíticas del Ordovícico Medio y Superior se encuentran siempre afectadas por una pizarrosidad de fractura. El alto grado de tectonicidad, hace que el conjunto presente un aspecto caótico, con gran cantidad de deslizamientos, fracturas y fallas, que han dificultado mucho el poder establecer la estratigrafía que figura en el presente estudio. Correspondiendo a la misma fase de plegamiento que originó el anticlinorio de Despeñaperros, tuvo lugar la intrusión del plutón granítico de Santa Elena. Consecuencia de ello, es la aparición de una serie de fallas de distensión que favorecieron la inyección de mineralizaciones causantes del metamorfismo de contacto existente.

Dentro de la segunda gran unidad estructural, podemos decir que tanto el anticlinorio de Santa Cruz de Mudela, como el sinclinatorio del Viso del Marqués presentan un aspecto diferente al anticlinorio de Despeñaperros. La diferencia existente entre estas dos grandes unidades estructurales estriba en que en esta segunda abundan los pliegues amplios, de gran radio, y cuando existen pliegues apretados, no lo son tanto como sucedía en el anticlinorio de Despeñaperros, debido a la actuación de una tectónica de menor intensidad. Generalmente en este caso, los pliegues van acompañados de fallas inversas y pequeñas fallas en dirección, que cortan en dirección oblicua a los ejes de los pliegues. La mayor tectonicidad corresponde a las series pelíticas, más concretamente a la serie de pizarras que abarcan del Ordovícico Medio (Llanvirniense) hasta el Silúrico Inferior, que siempre aparecen muy trituradas, presentando también en este caso el desarrollo de una pizarrosidad de fractura.

### 2.3. ESTRATIGRAFIA

Dentro del presente tramo, están representados los siguientes pisos estratigráficos:

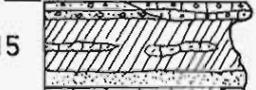
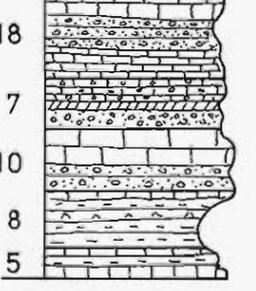
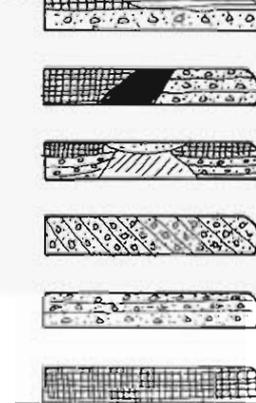
- un paleozoico bastante completo que abarca, desde el Ordovícico Inferior (Arenig), hasta el carbonífero inferior, durante el cual ha tenido lugar la intrusión del plutón granítico de Santa Elena;
- un terciario continental que comprende depósitos de edad miocena y pliocena, juntamente con manifestaciones de tipo volcánico;
- depósitos pliocuaternarios y cuaternarios continentales, de tipo glacis, rañas, coluviales, etc.

A continuación se indican las columnas estratigráficas correspondientes a estos pisos.

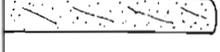
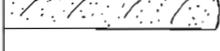
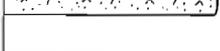
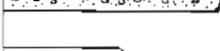
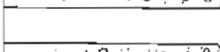
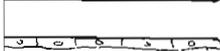
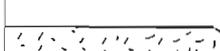
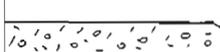
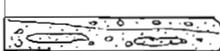
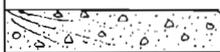
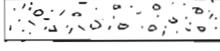
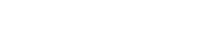
#### Columna estratigrafica del Paleozoico y Rocas Graníticas

| EDAD                      | ESP. (m.) | COLUMNA | DESCRIPCION  | GRUPO LITOLOGI. |
|---------------------------|-----------|---------|--|-----------------|
| CARBONIFERO               | 500       |         | Pizarras, areniscas y conglomerados.   | 150 a           |
| DEVONICO                  | 200       |         | Pizarras areniscosas y calizas con braquiópodos.                                 | 140 b           |
|                           | 200       |         | Cuarcitas y calizas con crinoides.   | 140 a           |
|                           | 100       |         | Cuarcitas y areniscas, alternando con pizarras.                                  | 132 a           |
| SILURICO                  | 200       |         | Pizarras con graptolitos, con intercalaciones de areniscas.                      | 131 b           |
|                           | 200       |         | Cuarcitas y areniscas.   | 131 a1          |
|                           | 200       |         | Cuarcitas y areniscas.   | 131 a           |
|                           | 300       |         | Pizarras, areniscas, cuarcitas y calizas.  | 123 b           |
|                           | 300       |         | Pizarras, areniscas, cuarcitas y calizas.  | 123 a           |
|                           | 100       |         | Pizarras y areniscas.  | 122 b1          |
| ORDOVICICO                | 300       |         | Cuarcitas con intercalaciones de areniscas y pizarras.                           | 122 b           |
|                           | 60        |         | Cuarcitas y areniscas.   | 122 a1          |
|                           | 200       |         | Pizarras con trilobites y braquiópodos.  | 122 a           |
|                           | 100       |         | Pizarras, areniscas y cuarcitas.   | 121 b           |
|                           | 200       |         | Cuarcita "armoricana".   | 121 a           |
| TARDIHERCIN.<br>HERCINICA |           |         | Esquistos mosqueados y esquistos quíastofíticos.<br>Granodioritas y adamellitas. | 123 c<br>011 g  |

## Columna estratigrafica del Mio-Plioceno y Formaciones Volcanicas

| EDAD                       | ESP.<br>(m.) | COLUMNA   | DESCRIPCION   | GRUPO<br>LITOLOG.                         |
|----------------------------|--------------|---|---|---|
| PLIOCENO                   | 15           |    | Travertinos, cineritas, arcillas y arenas.                        | 322 g<br>322 f<br>322 e<br>322 d<br>322 c |
|                            |              |   | Travertinos y arcillas.   | 322 b                                     |
|                            |              |   | Travertinos.  | 322 a                                     |
|                            |              |   | Conglomerados.  | 321 g                                     |
|                            |              |   | Calizas travertínicas y margas.                                   | 321 f                                     |
|                            |              |   | Margas  | 321 fi                                    |
| MIOCENO                    | 18           |   | Calizas travertínicas, conglomerados y calizas criptocristalinas. | 321 e                                     |
|                            |              |   | Calizas travertínicas, conglomerados y arcillas silíceas.         | 321 d                                     |
|                            |              |   | Calizas travertínicas y conglomerados travertinizados.            | 321 c                                     |
|                            |              |   | Travertinos, margas y yesos diseminados.                          | 321 b                                     |
|                            |              |   | Calizas travertínicas, margas, y calizas margosas.                | 321 a                                     |
|                            |              |   | Volcánico indiferenciado.   | 011 f                                     |
| TERCIARIO<br>INDIFERENCIA. | 5            |  | Conductos de emisión.   | 011 e                                     |
|                            |              |   | Cráteres de explosión.  | 011 d                                     |
|                            |              |   | Conos de Cínder.  | 011 c                                     |
|                            |              |   | Piroclastos.  | 011 b                                     |
|                            |              |   | Coladas basálticas.   | 011 a                                     |

### Columna estratigrafica del Plio-Cuaternario y Cuaternario

| EDAD        | ESP. (m)       | COLUMNA   | DESCRIPCION   | GRUPO LITOL. GI.  |                   |
|-------------|----------------|---|---|---|-------------------|
| CUATERNARIO | 6              |    | Aluviales de limos orgánicos y yesíferos.   | A   |                   |
|             | 1-6            |    | Aluviales limo-arcillosos con cantos dispersos.                                     | A1, a1  |                   |
|             | 6              |    | Aluviales limo-arcillosos con muchos cantos.  | A2  |                   |
|             | 1-5            |    | Aluviales limo-arcillosos.  | A3, a3  |                   |
|             | 3-5            |    | Aluviales arcillosos  | A4  |                   |
|             | 1-3            |    | Aluviales de cantos de cuarcita.  | a5  |                   |
|             | 3-5            |    | Areas pantanosas con arcillas, materia orgánica y limos yesíferos.                  | p   |                   |
|             | 3-4            |  | Terraza glacis.   | T   |                   |
|             | 3-4            |  | Terrazas.   | T1  |                   |
|             | 1-4            |  | Coluviales cuarcíticos con matriz arcillosa.  | C, c  |                   |
|             | 1-5            |  | Coluviales travertinizados.   | C1, c1  |                   |
|             | 1-3            |  | Coluviales arcillosos.  | c2  |                   |
|             | 2-7            |  | Conos de deyección de gravas silíceas.  | D   |                   |
|             | 2              |  | Recubrimientos arcillosos.  | r   |                   |
|             | 2              |  | Recubrimientos arcillosos con cantos.   | r1  |                   |
|             | PLIO - CUATER. | 5   |  | Arcillas con lechos de gravas y arenas.                           | 350               |
|             |                | 1-5   |  | Coluvio-aluviales con cantos de cuarcita y matriz limo-arcillosa. | 350 a -<br>-350 b |
|             |                | 1-5   |  | Coluvio-aluviales arcillo-margosos,                               | 350 c -<br>-350 d |
| 2-4         |                |  | Pudinga de cantos silíceos.   | 350 e   |                   |

## 2.4. GRUPOS GEOTECNICOS

### 2.4.1. INTRODUCCION

Ha sido motivo de este apartado el crear una clasificación geotécnica tomando como base, los grupos litológicos que figuran en la columna estratigráfica.

Se ha considerado fundamentalmente la litología de estos grupos litológicos, y en función de ésta, se han analizado las características geotécnicas de cada uno, que son las que en definitiva, nos han servido para establecer la relación que figura en el apartado 2.4.2.

A partir de los 63 grupos litológicos existentes y mediante la agrupación de algunos de ellos por la semejanza de sus características geotécnicas, hemos distinguido 40 grupos geotécnicos.

Los grupos geotécnicos que comprende varios grupos litológicos son los siguientes: los grupos litológicos, 011 d y 011 c constituyen el grupo B 2; los 122 a, 122 b1 y 131 b constituyen el E; los 122 a1, 122 b, 131 a, 131 a1 y 132 a constituyen el F; los 123 a y 123 b constituyen el G; los 321 c y 321 e constituyen el N; los 322 a y 322 b constituyen el R; los 322 d y 322 e constituyen el T; los 350 c y 350 constituyen el V 1; los A, A 3, a 3 y P constituyen el X 1; los A 1 y a 1 constituyen el X 2; los A 2, A 4 y a 5 constituyen el X 3; C y D constituyen el Y 1; los c, c 1 y c 2 constituyen el Z 1; y los r y r 1 constituyen el Z 2.

De esta manera se ha logrado dar una mayor fluidez y claridad al presente estudio, evitando repeticiones innecesarias que lo único que harían sería darle una mayor aridez.

Independientemente de la descripción detallada de los grupos geotécnicos (realizada en los apartados 3.1.3.; 3.2.3.; 3.3.3. y 3.4.3.) figura un resumen de los problemas geotécnicos presentes en cada zona y un apartado que bajo el título "conclusiones geotécnicas", hace un estudio detallado de los problemas geotécnicos de todo el tramo. Acompañando a este estudio detallado, figura, dentro de este apartado, un esquema de lo que pudiéramos llamar "Corredores de trazados sugeridos".

En el proceso de clasificación de los distintos grupos con características geotécnicas diferenciables, se ha seguido el criterio de valorar, además de las desigualdades litológicas bien manifiestas, esenciales la mayor parte de las veces, los factores geomorfológicos, hidrológicos y geotécnicos propiamente dichos, condicionantes, todos ellos, del comportamiento de los terrenos en los procesos constructivos.

### 2.4.2. GRUPOS LITOLOGICOS-GEOTECNICOS

A continuación se refleja mediante un cuadro la equivalencia de grupos litológicos y geotécnicos.

## GRUPOS LITOLÓGICOS Y GEOTÉCNICOS

| Grupo Litológico | Grupo Geotécnico | Grupo Litológico | Grupo Geotécnico |
|------------------|------------------|------------------|------------------|
| rl               | Z2               | 32l g            | Q                |
| r                |                  | 32l fl           | P1               |
| c2               | Z1               | 32l f            | P                |
| cl               |                  | 32l e            | N                |
| c                | Y4               | 32l d            | O                |
| Tl               |                  | 32l c            | N                |
| T                | Y3               | 32l b            | M                |
| Cl               | Y2               | 32l a            | L                |
| D                | Y1               |                  |                  |
| C                |                  |                  |                  |
| a5               | X3               | 150 a            | K                |
| A4               |                  | 140 b            | J                |
| A2               | X2               | 140 a            | I                |
| al               |                  | 132 a            | F                |
| Al               | X1               | 131 b            | E                |
| P                |                  | 131 al           | F                |
| a3               | X1               | 131 a            | F                |
| A3               |                  | 123 c            | H                |
| A                |                  | 123 b            | G                |
|                  |                  | 123 a            | G                |
|                  |                  | 122 bl           | E                |
|                  |                  | 122 b            | F                |
|                  |                  | 122 al           | F                |
|                  |                  | 122 a            | E                |
|                  |                  | 121 b            | D                |
|                  |                  | 121 a            | C                |
| 350 b            | V4               |                  |                  |
| 350 d            | V3               |                  |                  |
| 350 a            | V2               |                  |                  |
| 350 c            | V1               |                  |                  |
| 350              |                  |                  |                  |
| 350 e            | U                |                  |                  |
| 322 g            | T1               | 01l a            | B4               |
| 322 f            | S1               | 01l b            | B3               |
| 322 e            | T                | 01l c            | B2               |
| 322 d            |                  | 01l d            |                  |
| 322 c            | S                | 01l e            | B1               |
| 322 b            | R                | 01l f            |                  |
| 322 a            |                  |                  | 01l g            |
|                  |                  |                  |                  |

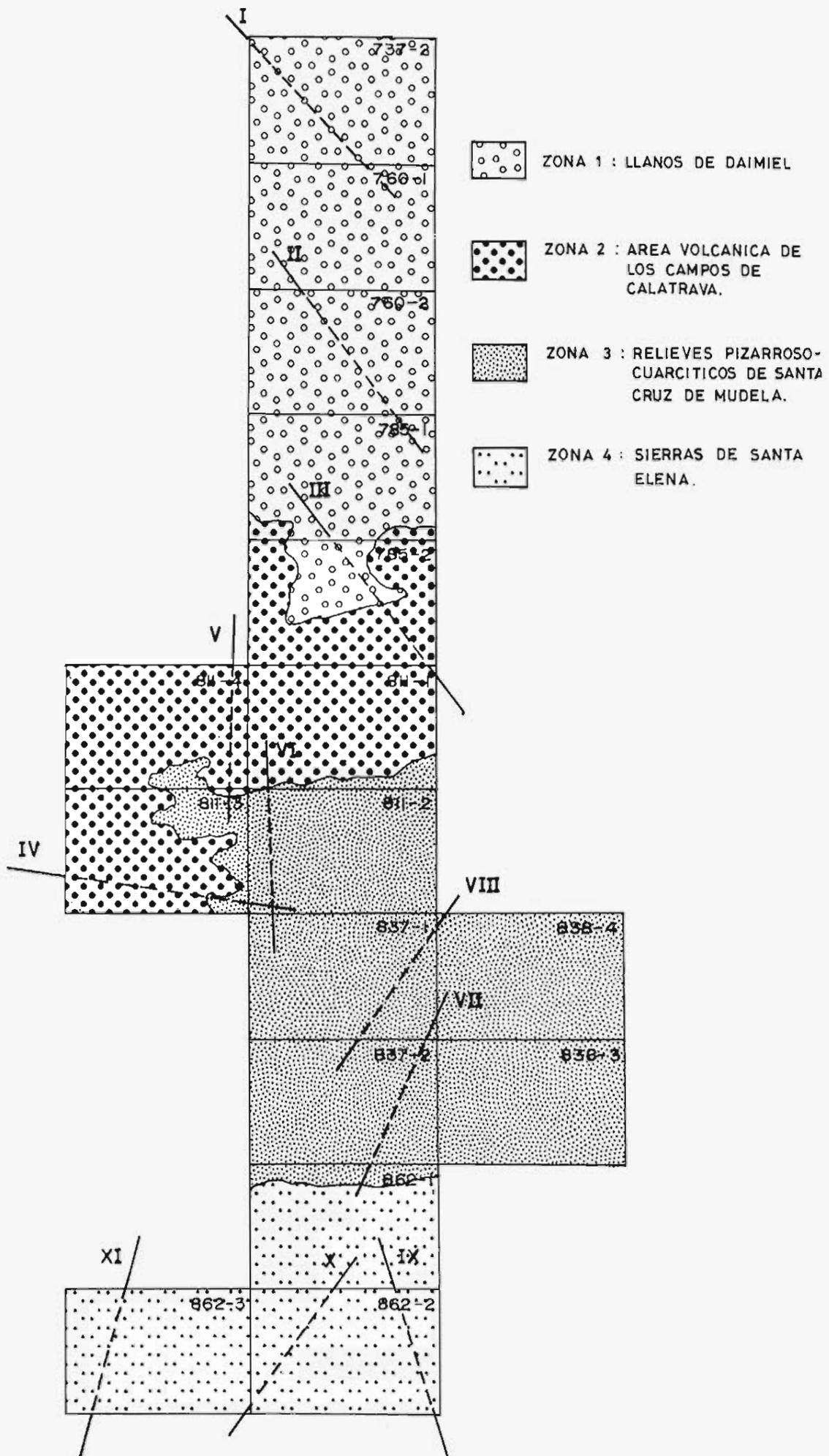


Fig. 5. Esquema de situación de zonas y cortes geológicos en el tramo.

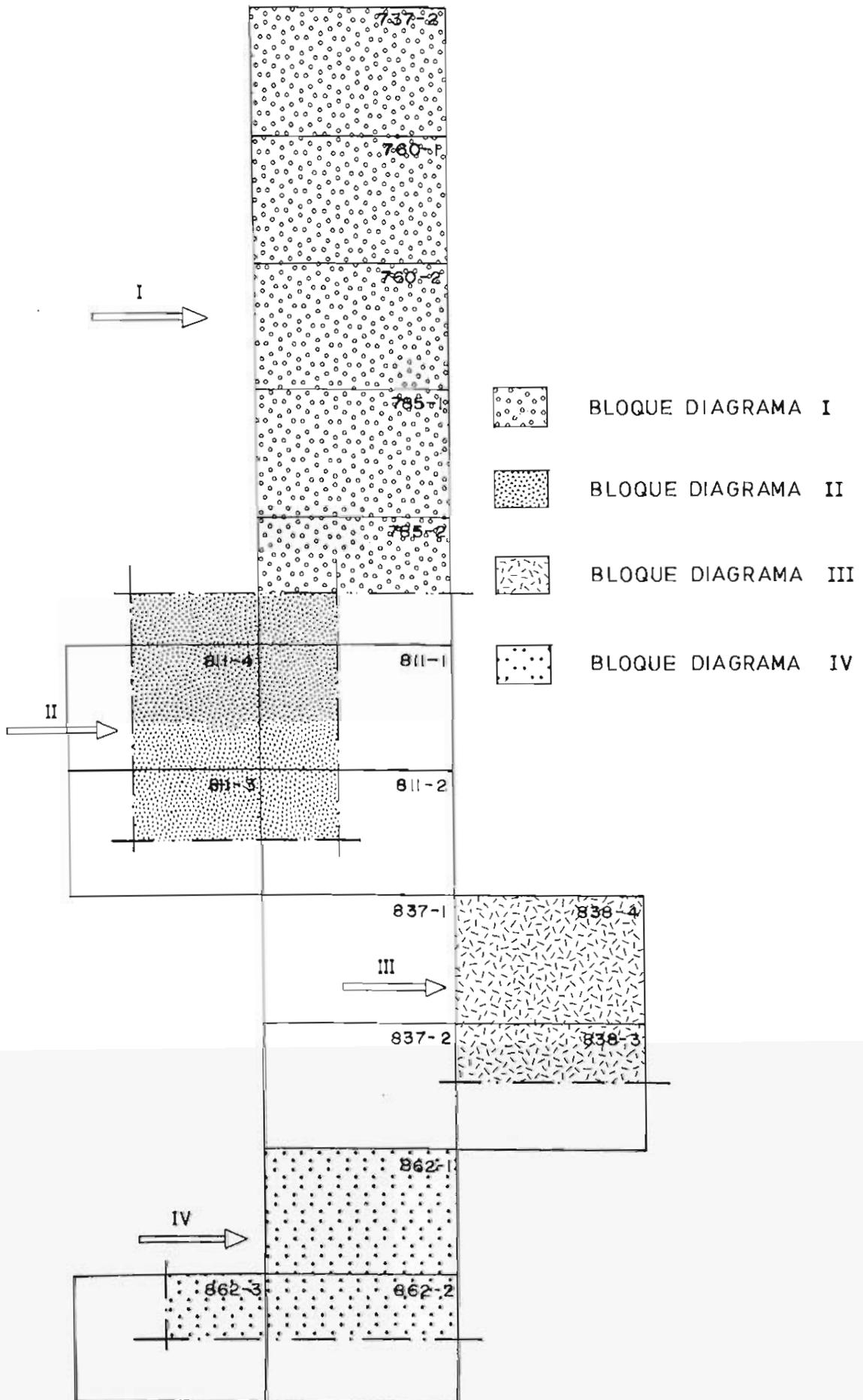


Fig. 6. Esquema de situación de bloques-diagrama.

### 3. ESTUDIO DE ZONAS

#### 3.0. ZONAS DE ESTUDIO

Como ya se ha dicho en el apartado 2.1.1. dedicado a Geomorfología, en el presente tramo podemos distinguir cuatro grandes zonas, con caracteres litológicos y morfológicos muy definidos (Figs. 5 y 6).

Zona 1: Llanos de Daimiel.

Zona 2: Area volcánica de los Campos de Calatrava.

Zona 3: Relieves pizarrosos-cuarcíticos de Santa Cruz de Mudela.

Zona 4: Sierras de Santa Elena.

#### 3.1. ZONA 1: LLANOS DE DAIMIEL

##### 3.1.1. GEOMORFOLOGIA Y TECTONICA

Ocupando una pequeña extensión en el ángulo noroccidental del cuadrante 737-2 correspondiente a Villarrubia de los Ojos, se encuentra la Sierra de la Cueva. Las características tanto litológicas como morfológicas de los materiales aquí ubicados, se corresponden con los de los materiales comprendidos en la zona 4. Ahora bien, debido a la escasa importancia que estos materiales adquieren en esta zona, a la gran distancia geográfica que los separa de los de la zona 4, y con el fin de darle una mayor fluidez al presente estudio, se ha creído conveniente englobarlo dentro de la zona 1 (Fig. 7).

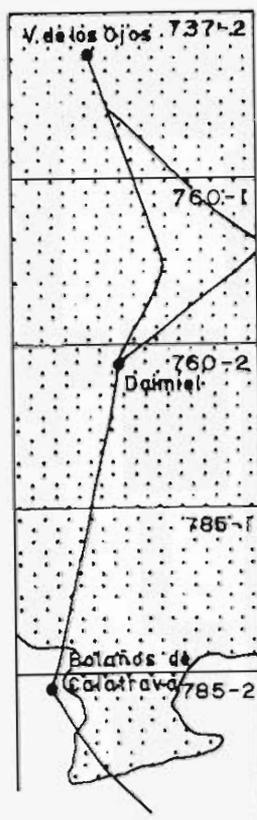


Fig. 7. Esquema de situación de la zona 1 (Llanos de Daimiel).

El resto de la zona comprende una gran unidad geomorfológica constituida por depósitos de facies continentales de edades miocenas y pliocenas. Esta gran unidad geomorfológica denominada por algunos autores "Las Tablas de Daimiel", constituye una vasta llanura, en la que las únicas elevaciones existentes, corresponden a los afloramientos pizarroso-cuarcíticos del Ordovícico Inferior (Arenig), que en algunos casos sobrepasan los 1.000 m de altura. El resto de la zona está comprendida entre alturas que oscilan entre los 620 m (cota de los cauces del Cigüela y del Guadiana) y los 700 m (borde de las sierras cuarcíticas antes mencionadas). Las grandes depresiones son también escasas, casi inapreciables, y casi nunca se sobrepasan diferencias topográficas de más de 10 m de altura; cuando esto sucede se debe al hundimiento de bloques de naturaleza calco-margosa que yacen sobre depósitos yesíferos.

La litología de los materiales que constituyen la zona 1 es muy uniforme. Excluyendo el ángulo noroccidental del cuadrante 737-2 que será tratado en el apartado correspondiente a la zona 4, se trata de materiales de facies continentales de edad miocena, fundamentalmente calizas y margas, teniendo una menor dispersión los materiales de tipo arcilloso y los sulfatos. Recubriendo una gran parte del conjunto se encuentran los depósitos de edad plio-cuaternaria, más groseros en las zonas de mayor pendiente, que en las zonas más alejadas de éstas, donde ya adquieren características de limos arcillosos. Como última fase deposicional se ha producido un encalichamiento del terreno, que favorece la existencia de estas grandes llanuras tan características de la zona (Fig. 8).

La tectónica, es poco notable por lo general. Las series aparecen siempre horizontales o subhorizontales sin signos de haber sido afectadas por ningún tipo de plegamiento. Como excepción a la ausencia de una tectónica notable, cabe destacar, la tectónica debida a los fenómenos de tipo kárst y a la que origina la presencia de yesos en el sustrato (mitad sur del cuadrante 737-2), que lleva consigo el hundimiento de bloques con la consiguiente creación de áreas pantanosas, pero por haber sido tratada en apartados anteriores, no vamos a insistir más en ello (Fig. 9).

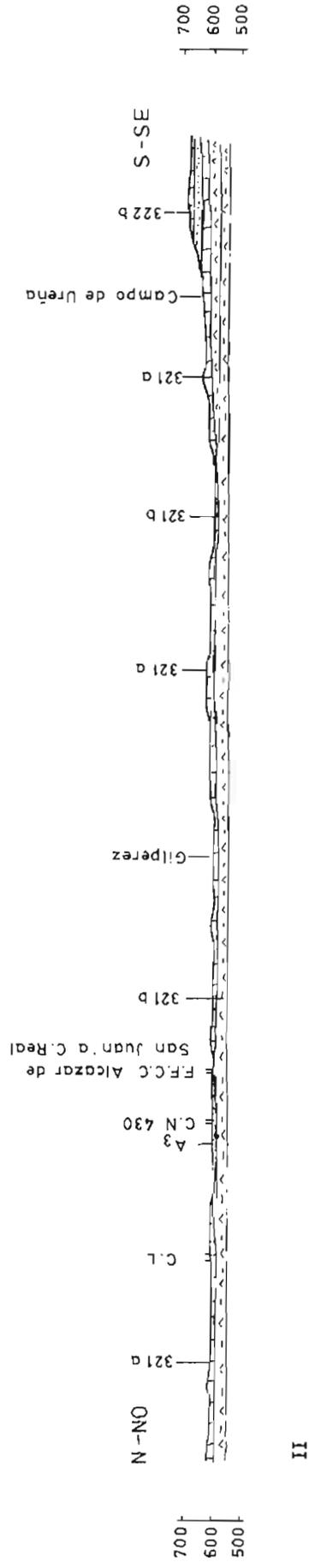
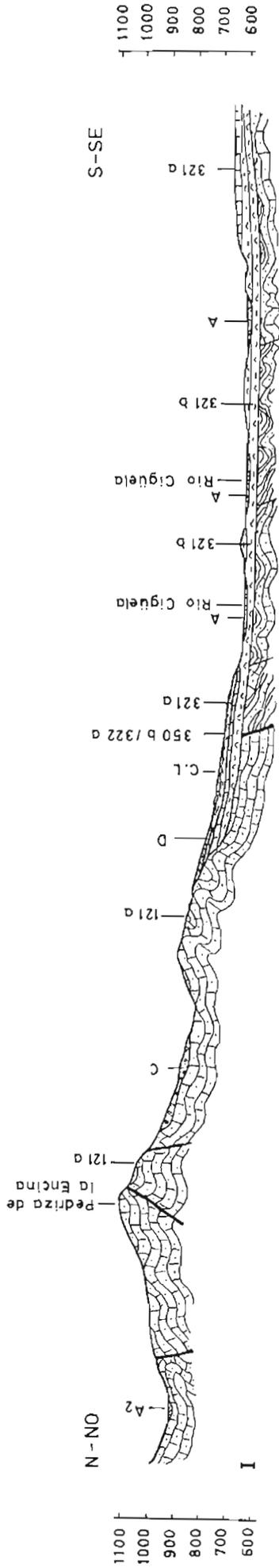


Fig. 8. Cortes geológicos generales de la zona 1., con los caracteres morfológicos y litológicos más acusados.

0 1 Km.

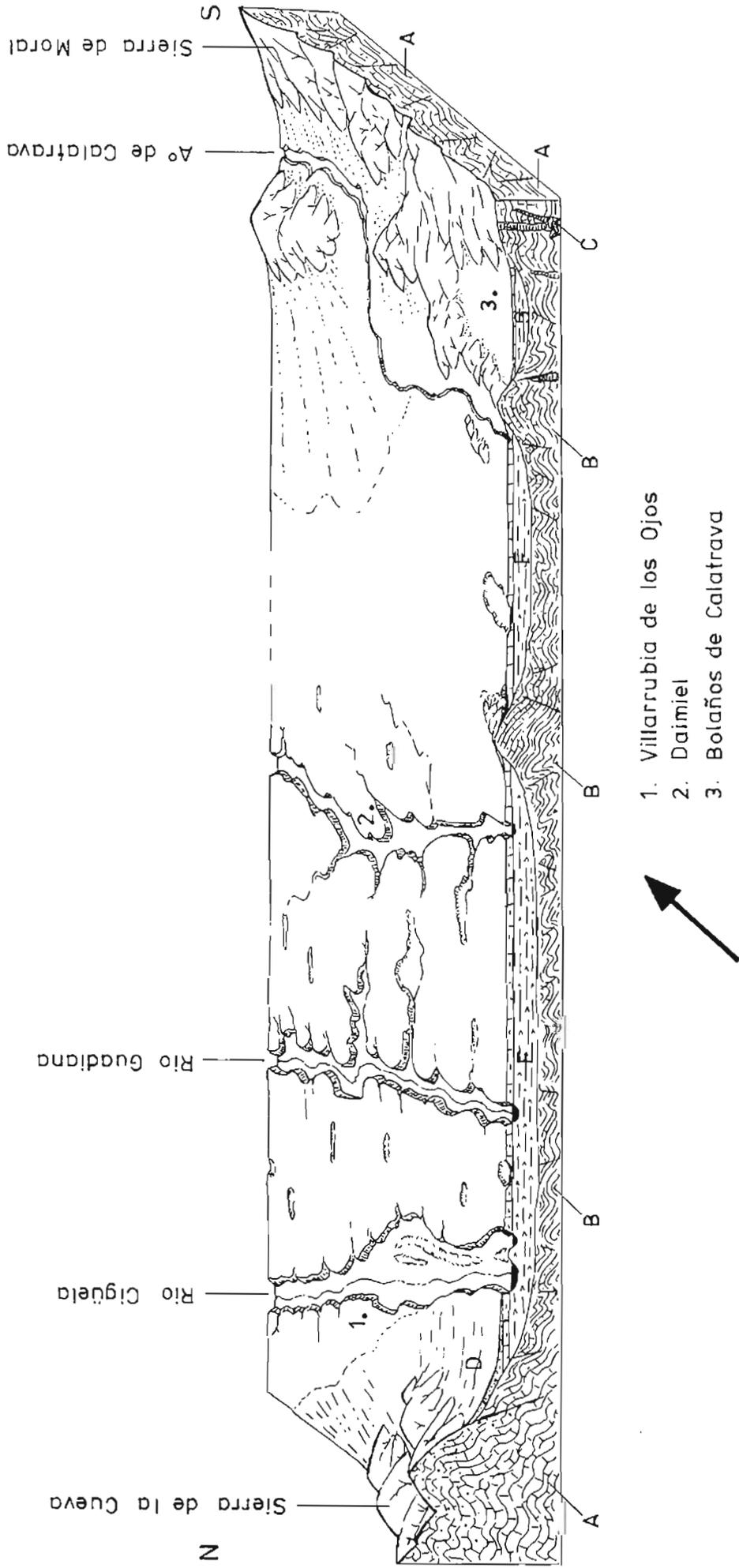
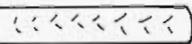
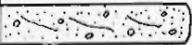
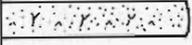
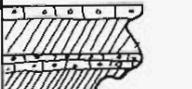


Fig. 9. Bloque diagrama correspondiente a la zona 1 (Llanos de Daimiel).  
 (A) cuarcitas, (B) cuarcitas, areniscas y pizarras, (C) conducto de emisión,  
 (D) cono de deyección, (E) travertinos, calizas, margas y margas vesíferas,  
 (F) travertinos, calizas y margas, (G) travertinos y arcillas.

### 3.1.2 COLUMNA ESTRATIGRAFICA

| COLUMNA LITOLOGICA  | GRUPO LITOLOG. | Gr. GEO. | DESCRIPCION   | EDAD           |
|---|----------------|----------|---|----------------|
|    | r              | Z2       | Recubrimientos arcillosos, muy poco potentes.   | CUATERNARIO    |
|    | c              | Z1       | Coluviales poco potentes.   | "              |
|    | Cl             | Y2       | Coluviales limosos, con cantos de cuarcitas y pizarras, travertinizados.                            | "              |
|    | C              | Y1       | Conos de deyección y coluviales de gravas silíceas.   | "              |
|    | D              |          |   |                |
|    | A2             | X3       | Aluviales de gravas silíceas con matriz limo-arcillosa.   | "              |
|    | A1, a1         | X2       | Aluviales limo-arcillosos.  | "              |
|    | A              | X1       | Aluviales de limos orgánicos y yesíferos, y áreas pantenosas.                                       | "              |
|   | A3, a3         |          |   |                |
|  | P              |          |   |                |
|  | 350 b          | V4       | Coluvio-aluviales limo-arcillosos con cantos de cuarcita, poco potentes.                            | PLIO - CUATER. |
|  | 322 b          | R        | Arcillas margo-calcáreas, superficialmente travertinizadas.   | PLIOCENO       |
|  | 322 a          |          |   |                |
|  | 321 b          | M        | Margas blancas, con yesos diseminados; conjunto superficialmente travertinizado.                    | MIOCENO        |
|  | 321 a          | L        | Calizas travertínicas y calizas margosas, con intercalaciones de margas blanquecinas pulverulentas. | "              |
|  | 121 b          | D        | Cuarcitas y pizarras silicificadas con intercalaciones de areniscas.                                | ORDOVICICO     |
|  | 121 a          | C        | Cuarcitas armoricanas.  | "              |

### 3.1.3. GRUPOS GEOTECNICOS

#### C) Cuarcitas Armoricanas (121 a)

##### Litología y Estructura

Las características de los materiales que integran este grupo litológico-geotécnico serán descritos en el apartado 3.4.3. correspondiente a la zona 4, por ser allí donde adquieren mayor importancia.

##### Geotecnia

Desde el punto de vista geotécnico cabe señalar que los problemas que plantea este afloramiento son ligeramente menores que los del afloramiento de la zona 4. Si bien aquí se alcanzan cotas de hasta 1.100 m, cota que es frecuente en el citado afloramiento de la zona 4 en el que se alcanzan sin embargo cotas superiores (así en vértice de "Estrella", en el cuadrante 862-2, tiene 1.300 m), el conjunto está sensiblemente menos tectonizado y la peligrosidad de desplomes es menor. A pesar de ello, en el esquema geotécnico a escala 1:200.000 se ha englobado en el mismo grupo por considerarse lo suficientemente afín desde el punto de vista que estamos tratando.

En resumen, este grupo provoca una topografía abrupta que dificulta en general el trazado de vías de comunicación. Obviamente no es ripable, salvo en aquellos puntos donde el grado de tectonización sea muy elevado (como hemos señalado no son frecuentes en este afloramiento), soporta taludes subverticales estables, y los peligros potenciales de desplomes no son muy elevados. El drenaje superficial es excelente.

#### D) Cuarcitas y pizarras adosadas a la Serie Armoricana (121 b)

##### Litología y Estructura

De la misma forma que el grupo anterior y por análogas circunstancias sus características litológico-estructurales serán descritas en el apartado 3.4.3. de la zona 4. En esta zona se presenta en manchas aisladas de poca extensión, y si bien suelen dar pequeñas elevaciones que a menudo destacan dentro de la subhorizontalidad de toda la zona, no son ni bruscas ni notables, así la elevación máxima que se consigue es de 670 m en el vértice de Cañadillas (borde 0 del cuadrante 785-1).

##### Geotecnia

Las características geotécnicas del grupo en esta zona son ligeramente distintas a las que presenta en la zona 4. Generalmente, los materiales aparecen bastante alterados y tectonizados, predominando claramente los niveles pizarrosos y areniscosos, al menos superficialmente. Todo esto hace pensar que al no ser necesario exigírsele desmontes fuertes, el grupo sea ripable hasta las profundidades exigidas en un trazado normal, salvo en puntos muy locales. Señalamos también que los peligros potenciales de inestabilidad de los taludes, derivados del buzamiento desfavorable de los paquetes, quedan enormemente disminuidos. El drenaje superficial es bueno.

## L) Calizas y margas de Daimiel (321 a)

### Litología

Conjunto formado por calizas travertínicas de potencia variable, sobre calizas margosas de colores claros bien estratificadas, de hasta 1 m de potencia. Dentro de este conjunto aparecen intercalaciones de margas blanquecinas pulverulentas en lechos delgados, adquiriendo una mayor potencia hacia la base de la formación (Fig. 10).

### Estructura

Esta formación da lugar a una inmensa plataforma que ocupa prácticamente las tres cuartas partes de la zona. La estratificación, es siempre buena, estando los estratos horizontales o subhorizontales. La potencia aproximada es de 5 m.

### Geotecnia

El área ocupada por este grupo se puede considerar en general como bastante apta para el trazado de vías de comunicación, presentando sin embargo algunos problemas que merece la pena destacar.

Por una parte cuando se encuentra en contacto con el grupo 321 b (margas yesíferas), en las proximidades del curso del río Cigüela, es frecuente la presencia de yesos. Este problema derivado de la existencia de sulfatos puede considerarse como de tipo local en el área antes señalada, donde ciertamente adquiere caracteres dignos de destacar, tanto cualitativa como cuantitativamente.

Por la propia estructura y naturaleza de todo el grupo es frecuente la existencia de dolinas, zonas hundidas donde la presencia de yesos puede dar problemas. Asimismo en estas zonas, perdida en líneas generales la consistencia dada por la costra travertínica, puede haber problemas de estabilidad si se exigen desmontes fuertes (poco probable dada la topografía), así como problemas de asentamientos diferenciales para el caso de disponer obras de fábrica. No obstante, estas zonas son fácilmente reconocibles y sólo se dan en determinados puntos. La frecuencia de existencia de estas zonas hundidas es mayor en los cuadrantes 737-2, 760-1 y parte norte del 760-2.

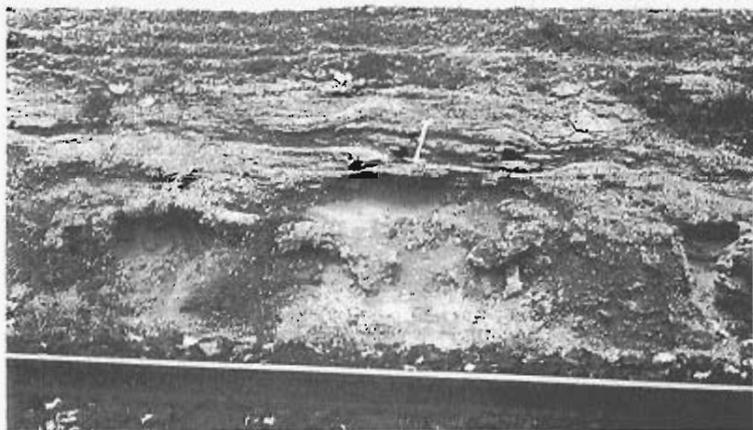


Fig. 10. Formación calco-margosa del grupo litológico 321 a. Foto tomada al norte de Daimiel en el desmonte del F.C. de Alcázar de San Juan a Ciudad Real.

En líneas generales, al norte de Daimiel puede considerarse que la frecuencia de las dolinas existentes es mayor, así como la probabilidad de que se forman nuevas dolinas también crece, siendo pues una zona de peligrosidad potencialmente alta. Cabe también señalar la existencia de deslizamientos en los bordes de este grupo que están en contacto con el X 1 (que engloba los grupos litológicos A, A 3 y P).

En resumen pues, dada la gran superficie que ocupa el grupo hay cierta variación en cuanto a sus características que gradualmente van empeorando hacia el norte. La permeabilidad se puede considerar de media a baja; el drenaje superficial de aceptable a deficiente, con algunas áreas hundidas donde prácticamente es nulo; la ripabilidad es alta, salvo en algunos puntos donde el espesor de la costra travertínica presente espesores anormalmente altos; los niveles margosos son en general erosionables y poco estables.

Si bien da una topografía en general plana (tipo plataforma), en las proximidades de los cursos fluviales, sobre todo en el del Guadiana, presenta taludes naturales casi verticales con alturas de unos 5 m cuya estabilidad no puede asegurarse, debido a que los espesores de los niveles calcáreos que los estabilizan presentan una gran variación. También se observan taludes artificiales verticales de unos 2 m en desmontes existentes en las carreteras de la zona y en el F.C., los cuales no presentan problemas de estabilidad.

El conjunto de la formación, salvo las zonas señaladas como peligrosas por la presencia de yesos, puede considerarse como apta para préstamos, sobre todo las capas superiores menos margosas, siendo frecuente ver que se han utilizado en algunas de las carreteras existentes.

#### **M) Margas yesíferas de Los Cachones (321 b)**

##### **Litología**

Formación constituida por margas de color blanco, yesos diseminados, de aspecto pulverulento; la proporción de yesos es escasa. Superficialmente la formación se encuentra travertinizada de forma irregular.

##### **Estructura**

Aunque presenta el conjunto un aspecto masivo, puede apreciarse su horizontalidad. Aparece en pequeñas depresiones en las proximidades del río Cigüela (Fig. 11). La potencia máxima aproximada es de 8 m.

##### **Geotecnia**

La extensión de este grupo es relativamente pequeña respecto a la de la zona, aunque su importancia no es despreciable. Las características de los aluviales del río Cigüela y del río Guadiana vienen bastante condicionadas por las de este grupo sobre el que reposan, y es él la causa fundamental de los hundimientos que se aprecian en el grupo L subyacente.

Se analizó una muestra del grupo tomada en las proximidades del estribo izquierdo del puente sobre el río Cigüela en la carretera de Villarrubia de los Ojos a Daimiel. Como resultado se obtuvo que el 99 por 100 pasaba por el tamiz nº 200 de la serie A.S.T.M.; el contenido de carbonatos, expresado en porcentaje de  $\text{CO}_3\text{Ca}$ , era del 45 por 100; el contenido en sulfatos solubles, expresada en porcentaje de  $\text{SO}_4^{--}$ , era del 0,29 por 100; el límite líquido fue de 38 y el índice de plasticidad de 18, clasificándose según Casagrande como CL y como A-6 en la H.R.B.

En líneas generales se puede decir que el grupo está constituido por margas yesíferas, blandas y de plasticidad media, alterables y de baja estabilidad, con problemas acusados de drenaje, siendo el conjunto de ripabilidad alta.



Fig. 11. Margas yesíferas sobre las que se encaja el río Cigueta, al sur de Villarrubia de los Ojos.

Al oeste de la zona que nos ocupa, los puentes sobre el río Guadiana en las carreteras de Malagón a Daimiel y de Malagón a Torralba de Calatrava han tenido bastantes problemas, y concretamente el citado en segundo lugar se ha derrumbado. Las causas de ello pueden encontrarse indirectamente en la erosionabilidad e inestabilidad del grupo. No obstante, creemos que la resistencia de estos materiales, en la zona sana y protegida puede ser suficiente para absorber las cargas que normalmente puedan transmitir las obras de fábrica que se proyectan; en cuanto a los asientos, cabe prever el problema de asientos diferenciales, cosa que debe tenerse en cuenta.

Conviene citar que antiguamente eran explotadas, para la extracción de yeso, pero debido al poco aprovechamiento, por la escasa proporción del mismo, fueron posteriormente abandonadas dichas explotaciones.

En resumen, pues, el grupo tiene una peligrosidad propia derivada de la presencia de yesos, y dada su situación debe de considerarse que su alterabilidad y baja estabilidad puede ocasionar problemas importantes si no se combaten adecuadamente. No se han observado taludes naturales ni artificiales.

#### R) Arcillas margo-calcáreas de Villarrubia de los Ojos (322 a y 322 b)

##### Litología

Arcillas nodulosas de colores rojizos, que contienen gran proporción de carbonatos. Se encuentran superficialmente travertinizadas, y presentan generalmente un recubrimiento limoso (Fig. 12).

## Estructura

Conjunto horizontal bien estratificado, que hacia el norte debido a la proximidad de la Sierra de la Cueva y, hacia el sureste debido a la proximidad de la Sierra del Moral, presenta un ligero buzamiento nunca mayor de  $5^{\circ}$ . La potencia máxima aproximada es de 20 m.



Fig. 12. Arcillas rojas visibles en las proximidades de Villarrubia de los Ojos.

## Geotecnia

En la zona, este grupo geotécnico está fundamentalmente constituido por el grupo litológico 322 a, que se presenta en dos bandas: una inmediatamente al norte del curso del río Cigüela y otra al sur de la zona, ocupando casi la mitad del cuadrante 785-1. El grupo litológico 322 b se da solamente al sur de la zona, en el cuadrante 785-2 dando áreas con problemas acusados de drenaje por corresponder a zonas deprimidas, en tanto que en las otras áreas el drenaje superficial puede considerarse como aceptable.

En la banda situada al norte del río Cigüela la costra travertínica es bastante irregular, pero los materiales son más estables, teniendo un aspecto más arenoso, manteniéndose a veces en taludes verticales de 1-2 m. Sin embargo en esta zona la proximidad del curso del río Cigüela condiciona una cierta peligrosidad potencial en las áreas próximas a él.

En la banda situada al sur de la zona, fundamentalmente en el cuadrante 785-1, la presencia de la costra travertínica atenúa los problemas propios de estas arcillas, en general blandas y de plasticidad media, alterables y erosionables, pero debe de tenerse en cuenta a efectos de obras de fábrica o de desmontes importantes, siendo de prever problemas de asiento.

En las pequeñas bandas del grupo 322 b, citadas al principio, la peligrosidad es también función del espesor de la costra travertínica, que aquí prevemos menor y de desarrollo más discontinuo, aparte de los acusados problemas de drenaje citados al principio (Fig. 13).

El grupo es en general ripable, salvo en las áreas donde la costra travertínica adquiere espesores altos. Los taludes naturales son subhorizontales, y se han observado taludes artificiales verticales de hasta 3 m sin problemas de estabilidad.



Fig. 13. Costra travertínica, que superficialmente recubre a los grupos 322 a y 322 b.  
Foto tomada al norte de Bolaños de Calatrava.

#### V 4) Recubrimientos de tipo glacis poco potentes (350 b)

Este grupo litológico-geotécnico será considerado en el apartado 3.4.3. de la zona 3, por carecer de importancia en esta zona. Su espesor es inferior a los 3 m, por lo que sus características geotécnicas, están condicionadas a las de los materiales infrayacentes.

#### X 1) Aluviales de los ríos Cigüela y Guadiana y áreas pantanosas (A, A 3, a 3 y P)

##### Litología

Se trata de aluviales de limos yesíferos con gran abundancia de materia orgánica que aisladamente engloba arcillas, hecho más frecuente cuando se trata de áreas pantanosas.

##### Estructura

Abarcan grandes áreas de estructura plana, que corresponden a cursos fluviales de aguas estancadas. La potencia máxima aproximada es de 6 m.

##### Geotecnia

Dan áreas de drenaje pésimo, con baja capacidad portante y estabilidad, con problemas de asentamientos diferenciales. La presencia de materia orgánica y de yesos le confieren ciertos caracteres de agresividad a tener en cuenta en cualquier tipo de construcción. Las arcillas de las áreas pantanosas presentan plasticidad de media a alta.

Las cimentaciones de obras de fábrica en este grupo deben de proyectarse ordenadamente. Los antecedentes de fallo de estructura, sobre todo de puentes sobre el río Guadiana, son frecuentes en áreas fuera de la zona de estudio pero totalmente análogos desde el punto de vista que estamos estudiando. Aparte de los comentarios al describir el grupo M, cabe señalar, entre otros, el caso del puente del Molino del Emperador, sobre el río Guadiana, en la desviación de la Carretera Nacional 401, al norte de Ciudad Real, que está construido sobre zapatas y no pudo ser puesto en uso dados los asentamientos producidos en los pilares, aún durante su construcción. Así pues, las cimentaciones de puentes exigen el uso de pilotes dado el peligro acusado que se presenta de asentamientos diferenciales en los terrenos que nos ocupan.

En las áreas próximas a Daimiel, donde se desarrolla el grupo litológico A 3, los problemas señalados son menos acusados, siendo la presencia de yesos y de materia orgánica prácticamente nula, con lo que el peligro de agresividad apuntado queda anulado.

## **X 2) Aluviales limo-arcillosos (A 1, a 1)**

### **Litología**

Son aluviales de limos y arcillas, que cuando atraviesan zonas montañosas, engloban alguna proporción de gravas silíceas.

### **Estructura**

Tienen escasa representación en esta zona, y al sur de Villarrubia de los Ojos se encuentran depositados sobre una parte de los materiales que constituyen el grupo X 1. Su potencia máxima es de 6 m.

### **Geotecnia**

Las características geotécnicas del grupo en esta zona vienen condicionadas en gran manera por las del grupo X 1 subyacente. No obstante cabe señalar que son materiales de plasticidad media y capacidad portante en general baja.

## **X 3) Aluviales de gravas silíceas (A 2)**

### **Litología**

Aluviales constituidos por gravas silíceas de granulometría variable, inmersos en una matriz limo-arcillosa. En algunas ocasiones, aunque raras veces, existe presencia de materia orgánica.

### **Estructura**

Corresponden a cauces poco profundos y cursos fluviales de régimen tranquilo, que han originado valles amplios la mayoría de las veces. La potencia máxima observada es de 6 m.

### **Geotecnia**

Tienen escasa representación en la zona, presentando en general una capacidad portante de media a alta, y alta permeabilidad. Son utilizables para préstamos en general, y como fuente de materiales granulares.

## **Y 1) Coluviales y Conos de Deyección (C, D)**

## **Litología**

En ambos casos se trata de depósitos de gravas silíceas, de granulometría muy variable, heteromorfas y con matriz limo-arcillosa.

## **Estructura**

La diferencia fundamental entre coluviales y conos de deyección es morfológica. Los coluviales ocupan la zona de las laderas, mientras que los conos de deyección ocupan la desembocadura de los barrancos. En ambos casos los materiales presentan un aspecto caótico. La potencia máxima aproximada observada es de 7 m.

## **Geotecnia**

Dan áreas inestables con pendientes de 15°-30°, salvo en las partes bajas de los conos de deyección donde ésta oscila entre 10° y 5°. Se reduce a las áreas que bordean la Sierra de la Cueva, en el vértice noroeste de la zona, existiendo deslizamientos en la actualidad.

La permeabilidad del grupo es media o baja, el drenaje superficial bueno y la capacidad portante en general de media a alta. Sin embargo, es fácilmente erosionable, pudiendo presentar problemas de estabilidad en los desmontes, además de la peligrosidad postencial que presenta todo el área, dado el problema de aparición de deslizamientos importantes.

En las partes más llanas de los conos de deyección la estabilidad del grupo es mayor, presentando entonces buenas condiciones constructivas en general.

### **Y 2) Coluviales de Bolaños de Calatrava (C 1)**

#### **Litología**

Se trata de coluviales de limos y cantos (casi siempre cuarcíticos, algunas veces de pizarras), que se encuentran cementados por carbonatos calcáreos.

#### **Estructura**

Se encuentran discordantes sobre los materiales paleozoicos o los materiales volcánicos infrayacentes, a los que fosiliza. La potencia observada no sobrepasa los 5 m.

#### **Geotecnia**

Son materiales de permeabilidad media, capacidad portante en general alta y ripables. Presentan buenas condiciones constructivas estando en general bastante estabilizados.

### **Z 1) Coluviales poco potentes (c)**

Las características de este grupo son las mismas que las del grupo Y 1, diferenciándose únicamente de éste en que tienen menor potencia. Su comportamiento geotécnico estará condicionado, por el carácter de los materiales sobre los que se encuentre.

### **Z 2) Recubrimientos muy poco potentes (r)**

Se trata de un grupo similar a A 1, a 1, que recubre muy superficialmente a un sustrato margoso o margo-yesífero en el valle del río Cigüela.

### 3.1.4. RESUMEN DE PROBLEMAS GEOTECNICOS QUE PRESENTA LA ZONA

#### 3.1.4.1. PROBLEMAS ACUSADOS

En el vértice noroeste de la zona existen problemas derivados de la abrupta topografía y del diaclasado y dureza de los materiales del grupo C, constituido por las Cuarcitas Armoricanas. Es de destacar también la inestabilidad de las áreas ocupadas por los coluviales del grupo Y 1.

Aproximadamente entre franjas que cruzan la zona de este a oeste se desarrolla el grupo X 1, siendo de esperar en él problemas importantes derivados de un pésimo drenaje, baja capacidad portante, y presencia de sulfatos y materia orgánica.

Del curso del río Cigüela hacia el sur se desarrolla una franja de aproximadamente unos 2 ó 3 km de anchura que presenta problemas derivados de la presencia de yesos, con una peligrosidad alta en el grupo M y media en el L, siendo de destacar en el primero la alterabilidad y baja estabilidad de las margas blandas que lo forman, y en el segundo la peligrosidad potencial de formación de dolinas que ya se encuentra en la actualidad con bastante frecuencia.

En el borde sur de la zona se localizan pequeñas manchas del grupo geotécnico R (litológico 322 b) que dan áreas deprimidas con acusados problemas de drenaje, así como de asentamientos diferenciales a efectos de obras de fábrica importantes y, de estabilidad en desmontes fuertes.

#### 3.1.4.2. PROBLEMAS POCO ACUSADOS

En la mayor parte de la zona en que se desarrolla el grupo L, las condiciones son en general buenas, pero existe el problema potencial de formación de dolinas que es creciente hacia el norte, pudiendo considerarse a la altura de Daimiel una línea divisoria entre las áreas de peligrosidad de media a alta (aumenta hacia el norte de ella) y de peligrosidad baja (disminuye hacia el sur). En la primera es relativamente frecuente la existencia de zonas hundidas con problemas de drenaje, de plasticidad y de asentamientos.

En el grupo R (322 a) desarrollado al norte del río Cigüela y al sureste de la zona caben señalar los problemas de asentamientos diferenciales, función siempre del espesor de la costra travertínica, y son de tener en cuenta a efectos de obras de fábrica.

## 3.2. ZONA 2: AREA VOLCANICA DE LOS CAMPOS DE CALATRAVA

### 3.2.1. GEOMORFOLOGIA Y TECTONICA

Concurren en esta zona diferentes estilos morfológicos que le proporcionan una gran variedad, apartándola de la monotonía de las demás zonas. Por un lado, tenemos llanuras que corresponden a los depósitos miocenos y plio-cuaternarios en los cuales se ha encajado la red fluvial actual, originando valles amplios y planos; por otro, las sierras paleozoicas constituidas por las cuarcitas del Arenig, y por fin, los estilos morfológicos correspondientes a los afloramientos de los materiales de naturaleza volcánica (Fig. 14).

La formación de las sierras cuarcíticas corresponde a una fase del plegamiento hercínico que originó, al mismo tiempo, una serie de pequeños umbrales poco profundos, que posteriormente rellenos dieron lugar a los depósitos más recientes. Durante esta fase de plegamiento se produjeron también gran cantidad de fracturas, a las que hay que añadir fracturas posteriores (posthercínicas) correspondientes a fenómenos de distensión. Los materiales que ocupan la zona, no han sido afectados por una tectónica posterior, por lo que las manifestaciones efusivas hay que relacionarlas con

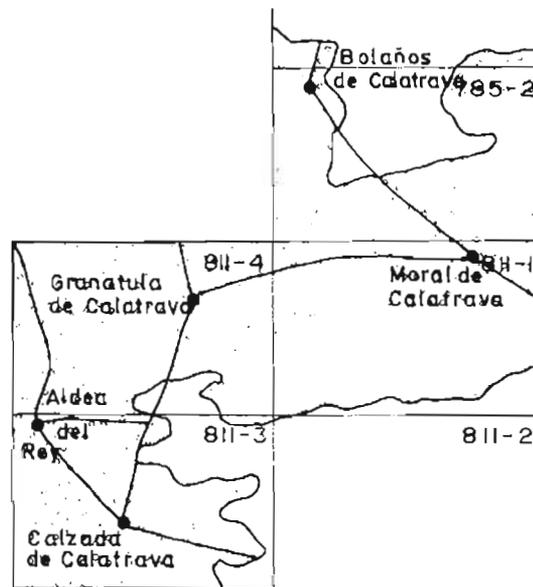


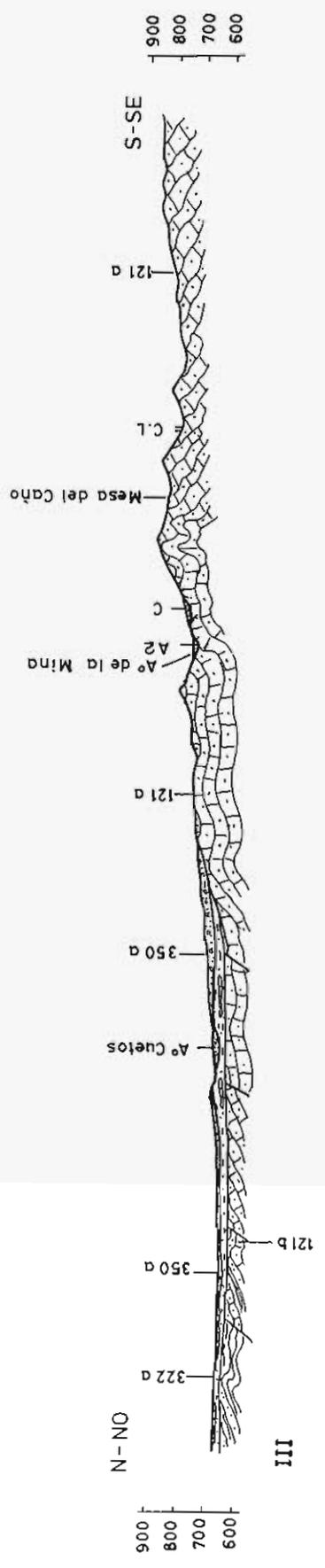
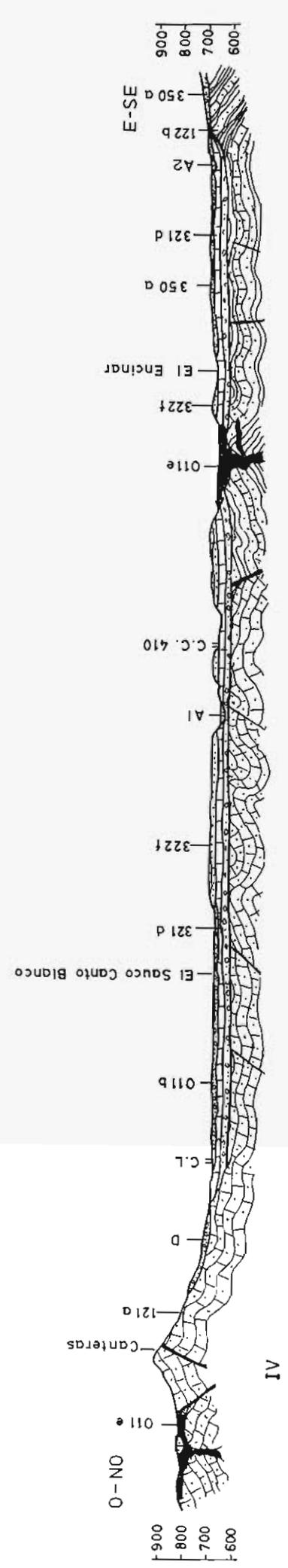
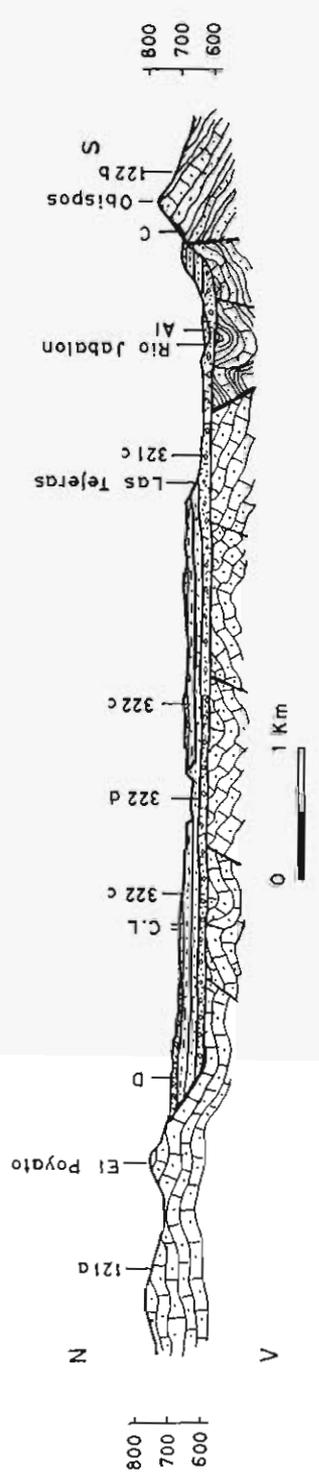
Fig. 14. Esquema de situación de la zona 2 (Área volcánica de los Campos de Calatrava).

posibles reactivaciones de las fracturas a las que antes aludíamos. Se observa con bastante frecuencia la proximidad, o mejor dicho el adosamiento, de los focos de emisión de material de origen volcánico a las sierras cuarcíticas y, precisando aún más, a los flancos de los anticlinales que en estas cuarcitas se producen. Esto en principio no hace más que apoyar la teoría, a la que hacíamos referencia anteriormente, de que el vulcanismo en esta zona de los Campos de Calatrava, corresponde a una reactivación de las grandes fracturas que atraviesan los materiales cuarcíticos; esta reactivación debe estar relacionada muy directamente con fenómenos de intrusión de magmas profundos. Se pueden diferenciar tres épocas diferentes en las que han tenido lugar manifestaciones volcánicas. La más antigua, intramiocena, posiblemente del Burdigaliense, a continuación una prepliocena y por último la más reciente de edad holocena.

Según F. Hernández-Pacheco corresponderían a tres tipos diferentes de volcanes, a saber: cúmulovolcanes, estrombolianos y vulcanianos. El tipo de materiales emitidos, a lo largo de estas tres épocas, es muy similar, alternando piroclastos de tipo lavas escoriáceas, bombas, lapillis y cenizas, con coladas de basaltos olivínicos y otras veces limburgítics.

Con posterioridad a estos fenómenos no se aprecian signos tectónicos que puedan interpretarse como una nueva reactivación de fracturas; puede decirse que no existe una tectónica posterior.

En las figuras 15 y 16 pueden apreciarse tres cortes generales y un bloque diagrama de esta zona.



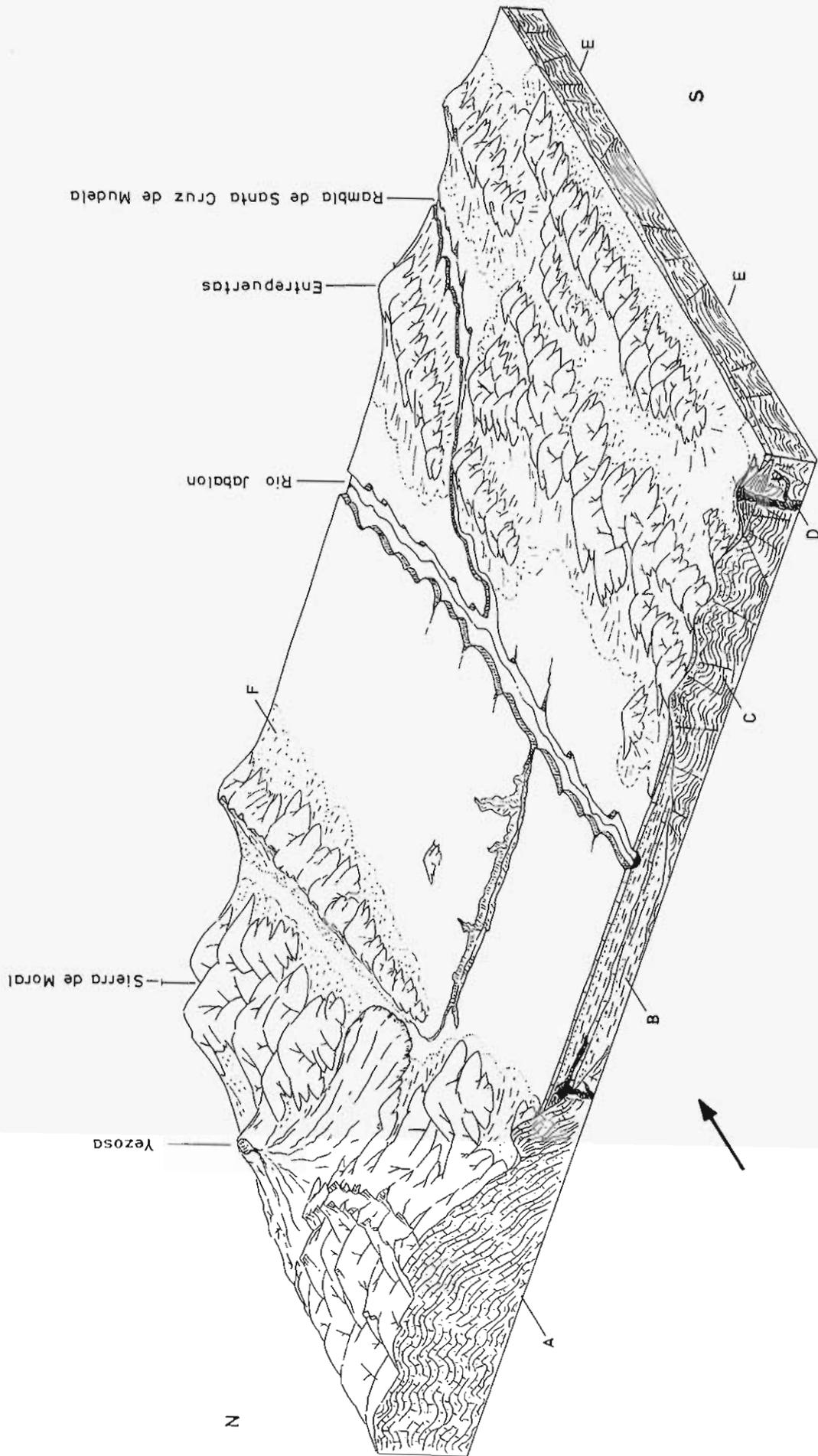


Fig. 16. Bloque diagrama correspondiente a la zona 2 (Área volcánica de los Campos de Calatrava). (A) cuarcitas, (B) traverminos, cineritas y arcillas, (C) cuarcitas, areniscas y pizarras, (D) cráter de explosión, (E) pizarras, areniscas y calizas, (F) coluviales.

### 3.2.2 COLUMNA ESTRATIGRAFICA

| COLUMNA LITOLOGICA | GRUPO LITOLÓG. | Gr. GEO. | DESCRIPCION  | EDAD           |
|--------------------|----------------|----------|--|----------------|
|                    | r              | Z2       | Z2 Recubrimientos arcillosos, muy poco potentes.   | CUATERNARIO    |
|                    | r1             |          |  |                |
|                    | c              | Z1       | Z1 Coluviales poco potentes.<br>Y2 Coluviales limosos, con cantos de cuarcitas y pizarras travertinizados.               | "              |
|                    | c1             |          |  |                |
|                    | c2             | X3       | X3 Aluviales de gravas silíceas con matriz limo-arcillosa.   | "              |
|                    | C1             | Y2       | X2 Aluviales limo-arcillosos.  | "              |
|                    | C              | Y1       | X1 Aluviales de limos orgánicos y yesíferos, y áreas pantanosas.   | "              |
|                    | D              |          | V4 Coluvio-aluviales limo-arcillosos con cantos de cuarcitas, poco potentes.   |                |
|                    | A2             | X3       | V2 Coluvio-aluviales potentes, constituidos por gravas silíceas de granulometría muy variable y matriz limo arcillosa.   | "              |
|                    | A1,a1          |          | T1 Sedimentos detríticos-volcánicos de granulometría fina y matriz carbonática.  |                |
|                    | P              | X1       | S1 Sedimentos detrítico-volcánicos y arcillas calcáreas nodulosas de color rojo, sobre arenas de granulometría variable. | "              |
|                    | 350 b          | V4       | T Cineritas, sobre arcillas rojas con niveles de cantos de naturaleza silícea.   | PLIO - CUATER. |
|                    | 350 a          | V2       | S Costras travertínicas sobre sedimentos detríticos de naturaleza volcánica, o sobre arcillas calcáreas nodulosas rojas. | "              |
|                    | 322 g          | T1       | R Arcillas margo-calcáreas, superficialmente travertinizadas.  | PLIOCENO       |
|                    | 322 f          | S1       |  |                |
|                    | 322 e          | T        | N Calizas travertínicas potentes, sobre conglomerados polimícticos con cemento calcáreo.                                 | "              |
|                    | 322 d          | S        |  |                |
|                    | 322 c          | S        | O Calizas travertínicas sobre conglomerados de cantos silíceos, con intercalaciones de niveles de arcillas silíceas.     | "              |
|                    | 322 b          | R        |  |                |
|                    | 321 e          | N        | L Calizas travertínicas y calizas margosas, con intercalaciones de margas blanquecinas pulverulentas.                    | MIOCENO        |
|                    | 321 d          | O        |  |                |
|                    | 321 c          | N        | D Cuarcitas y pizarras silicificadas con intercalaciones de areniscas.   | "              |
|                    | 321 a          | L        |  |                |
|                    | 121 b          | D        | C Cuarcitas armoricanas.   | ORDOVICICO     |
|                    | 121 a          | C        |  |                |
|                    | 011 e          | B2       | B2 Conos Cinder, cráteres de explosión y conductos de emisión.   | TERC. - INDIF. |
|                    | 011 d          |          | B3 Piroclastos.  |                |
|                    | 011 c          |          | B4 Coladas basálticas.   |                |
|                    | 011 b          | B3       |  | "              |
|                    | 011 a          | B4       |  | "              |

### 3.2.3. GRUPOS GEOTECNICOS

#### B 2) Conos de cinder, cráteres de explosión y conductos de emisión (011 c, 011 d, 011 e)

En este grupo se han asociado los tres estilos morfológicos diferentes que corresponden a los principales focos de emisión de materiales de naturaleza volcánica.

La extensión de este grupo es relativamente pequeña dentro de la zona. Los conos de cinder se reducen prácticamente a tres: el de "Yezosa", en el cuadrante 785-2 (Figs. 17 y 18), donde se alcanza la cota 853 m teniendo un desarrollo de unos 750 m de diámetro; el de "Cerro Columba" en el cuadrante 811-4, donde se alcanza la cota 730 m con un desarrollo en planta de unos 1.700 m de diámetro; y el más pequeño, situado hacia el centro del cuadrante 811-1, que alcanza la cota 685 m, con un desarrollo de unos 400 m de diámetro.



Fig. 17. Coladas basálticas y piroclastos correspondientes al cono volcánico de Yezosa.

Los cráteres de explosión se reducen también a tres: uno en el cuadrante 785-2, al sur de Bolaños de Calatrava y próximo a él, con un desarrollo en planta de unos 500 m de diámetro; otro en el cuadrante 811-4 y hacia el norte, por el que pasa la carretera de Granátula de Calatrava a Valenzuela de Calatrava, es el mayor de los tres en extensión, con un diámetro de unos 800 m y una depresión máxima de unos 5 a 10 m; y un tercero, también en el cuadrante 811-4 pero hacia el este, próximo a la carretera de Aldea del Rey a Ciudad Real, y con un desarrollo en planta de unos 400 m de diámetro, alcanzándose en él depresiones de unos 10 m.

Los conductos de emisión se presentan fundamentalmente en los cuadrantes 811-3 y 811-4. En el cuadrante 811-3 dan unas cuatro manchas aisladas, una en cada punto cardinal con desarrollo de diámetros, entre 800 m y 1.200 m, dando los dos más importantes: el cerro de "Cabeza Encinar", hacia el sur y de 705 m de cota; y el "Cerro Cabezuelo", hacia el norte y de 701 m de cota. En el cuadrante 811-4 se desarrollan pequeñas manchas hacia la esquina noroeste, entrecruzándose con los afloramientos cuarcíticos del grupo geotécnico C o en sus bordes.

### **Litología**

Conjunto formado por cenizas volcánicas bien estratificadas en bancos de hasta 30 cm con intercalaciones de coladas basálticas de colores oscuros y gran densidad.

### **Estructura**

El buzamiento de las capas, casi siempre suave, es a favor de las pendientes naturales.

### **Geotecnia**

Las áreas deprimidas correspondientes a los cráteres de explosión señalados, presentan problemas acusados de drenaje, desarrollándose en ellos recubrimientos arcillosos bastante plásticos, cuyo espesor es bastante variable, debiendo cuidarse este particular a efectos de obras.

Se puede considerar que los conductos de emisión del cuadrante 811-4, dan áreas inestables similares a las de los coluviales del grupo Y 1 que, aunque más estabilizadas, siguen presentando problemas potenciales de deslizamiento.



Fig. 18. Otro aspecto de los materiales que afloran en el cono Yezosa.

Los conos de cinder y conductos de emisión del cuadrante 811-3 presentan pendientes fácilmente superiores a los 20°, y aunque parecen estar bastante estabilizados no debe dejar de preverse una cierta inestabilidad potencial. Pueden presentarse problemas locales de ripabilidad.

Todos los materiales de este grupo pueden considerarse en general como bastante meteorizables en presencia de agua.

### B 3) Piroclastos de Granátula de Calatrava (011 b)

De todos los terrenos volcánicos es el que se presenta con mayor extensión. En el cuadrante 785-2 da una serie de manchas, de las cuales la más importante es la que bordea el cono Cinder de "Yezosa" y en la cual se explotan canteras de cenizas volcánicas de cierta importancia (Figs. 19 y 20). En el cuadrante 811-3 da como una aureola que va de oeste a sur, y en el 811-4 se presenta con cierta importancia en el este y norte, con pequeñas manchas hacia el centro.

#### Litología

Formación constituida por lavas escoriáceas de colores grises y azules, cenizas volcánicas compactas, lapillis y bombas de naturaleza basáltica, y microconglomerados formados por cantos de basalto y cuarcita, cementados diferencialmente. Superficialmente esta formación aparece travertinizada, por costras poco potentes.

#### Estructura

Conjunto en general bien estratificado, en estratos horizontales o subhorizontales.

#### Geotecnia

Los materiales tienen una permeabilidad de media a alta y en líneas generales son ripables, no presentando problemas de drenaje.

En los afloramientos de los cuadrantes 785-2 y 811-3 se presentan con unas pendientes suaves, pudiendo originarse problemas de estabilidad, aunque muy locales y afectando a un pequeño volumen. Dan en general tramos de condiciones aptas para el trazado de carreteras.

En los afloramientos del norte y noroeste del cuadrante 811-4 se presentan problemas de estabilidad que deben tenerse en cuenta. En ellos se han localizado deslizamientos en las proximidades de la carretera de Aldea del Rey a Ciudad Real, muy próximos a las "Casas de Cervera". Así pues, las áreas de pendientes elevadas deben considerarse con peligros potencialmente altos de deslizamientos, en grado similar al señalado para algunas áreas del grupo B 2 y siempre menor que el correspondiente al grupo C.



Fig. 19. Panorámica tomada desde el cono Yezosa. A la derecha pueden observarse piroclastos y cenizas volcánicas.



Fig. 20. Explotación de cenizas volcánicas en las proximidades de Almagro.

#### B 4) Colcadas basálticas (011 a)

Se presentan estas coladas en el cuadrante 785-2 en manchas bastante dispersas, una en las proximidades de la carretera de Bolaños de Calatrava a Moral de Calatrava (Fig. 21) y otra al suroeste del mismo, sobre la que discurre la carretera Nacional 415 de Almagro a Moral de Calatrava. Las primeras están muy diaclasadas y en las segundas parece que la capa superficial alterada no debe tener gran espesor.

Se presentan también en varios puntos del cuadrante 811-4; al norte sembrando las laderas del "Cerro Gordo" a más de 820 m de cota y con pendientes elevadas; hacia el sur en las partes más bajas del "Cerro Columba" (Fig. 22) apoyándose en él los estribos del puente citado al tratar de la estructura; y en el suroeste con pendientes medias. En el cuadrante 811-3 hay varias manchas de estas coladas, distribuidas al sur y suroeste del mismo.

#### Litología

Conjunto formado por basaltos olivínicos de textura microporfídica; la matriz es traquítica-fluidal y pueden considerarse como verdaderas "limburgitas"; algunas veces presentan numerosas vacuolas. Tienen gran densidad y dureza, fractura irregular y colores oscuros, grises y azulados.

#### Estructura

Presentan estructura masiva (fácilmente observable en las proximidades del puente sobre el río Jabalón en la carretera que va desde Aldea del Rey a Granátula de Calatrava) cortando en algunas ocasiones las estructuras horizontales de los materiales que integran el grupo B 3.

#### Geotecnia

El grupo es en general estable y ripable en la parte superficial alterada

que puede alcanzar unos 50 cm, dando áreas con un drenaje en general aceptable.

Con respecto a la estabilidad, hemos de destacar que en las manchas situadas al suroeste del cuadrante 811-4, entre el arroyo del Corralón y los de Argamasilla y Diezgo, se han localizado deslizamientos importantes, a nuestro juicio condicionados por las pendientes que presentan, de medias a elevadas, y sobre todo por el grupo T subyacente.

Podemos pues señalar dentro del grupo unas áreas con problemas de estabilidad a tener en cuenta, que limitaremos al citado afloramiento y al apuntado al oeste del cuadrante 811-3 por similitud con el anterior. Asimismo, y en menor grado, pueden considerarse como de inestabilidad potencial las áreas que se presentan con fuertes pendientes en las que los mantos de coladas tienen poco espesor.

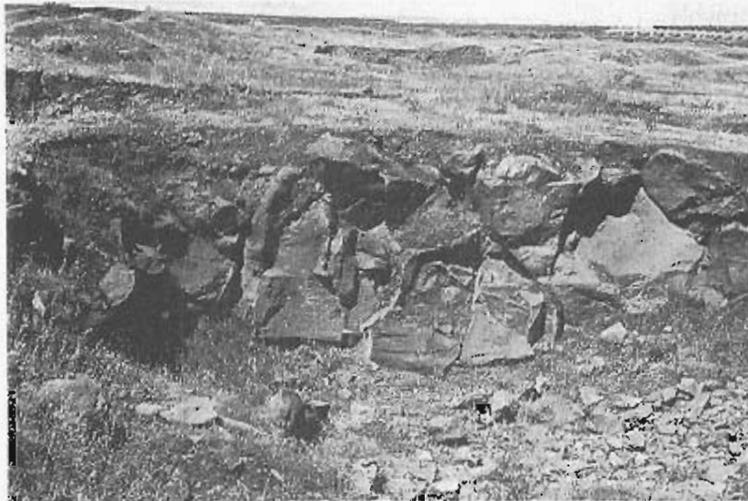


Fig. 21. Coladas basálticas del grupo 011 a, en las proximidades de la carretera de Bolaños de Calatrava a Moral de Calatrava.



Fig. 22. Coladas basálticas y cenizas volcánicas estratificadas al sur de Granátula de Calatrava.

### C) Cuarcitas Armóricas (121 a)

#### Litología y Estructura

Como ya hemos dicho en el apartado 3.1.3., este grupo será descrito en el apartado 3.4.3., de la zona 4.

#### Geotecnia

Respecto a las características geotécnicas peculiares en el afloramiento de la zona, cabe señalar que la topografía con que se presenta no es tan abrupta como la que presenta en la zona 4, así como la del afloramiento del grupo en la zona 1, que ya se ha comentado. Presentará los problemas constructivos derivados de la dureza propia de los materiales que lo forman, si bien en algunos puntos en que el grado de diaclasado sea elevado puede ser ripable.

Debe destacarse el peligro de desplomes en los bordes de las alineaciones montañosas (Fig. 23), peligro que es mayor en el afloramiento situado al suroeste del cuadrante 811-3, donde se alcanzan las mayores cotas de la zona (985 m en el "Pico de los Navajos") y donde la tectonización es claramente más acusada.



Fig. 23. Alineaciones de cuarcitas del Arenig, del grupo 121 a, en las proximidades de Moral de Calatrava.

### D) Cuarcitas y pizarras adosadas a la Serie Armórica (121 b)

#### Litología y Estructura

Este grupo también será descrito en el apartado 3.4.3., ya que su importancia en la zona es mínima, pues se reduce a unos pequeños afloramientos al oeste del cuadrante 785-2.

#### Geotecnia

En los cortes observados (Fig. 24) parecen adquirir importancia los paquetes pizarrosos muy lajeados, blandos y alterados, y si bien se presen-

tan las superficies bastante tendidas, deben de evitarse los desmontes con buzamiento de los paquetes según ladera por los problemas acusados de estabilidad que provocaría. Se puede considerar el conjunto como ripable, con problemas locales al respecto. En resumen, se presenta con taludes naturales estables y muy tendidos, los taludes artificiales observados también estables, son verticales, alcanzando alturas de 2-3 m.



Fig. 24. Alternancia de pizarras, areniscas y cuarcitas correspondientes al grupo 121 b (P.K28 de la carretera de Moral de Calatrava a Almagro).

#### L) Calizas y margas de Daimiel (321 a)

De escasísima representación en esta zona pues se reduce a dos minúsculas manchas al norte del cuadrante 785-2, sus características geotécnicas corresponden a las ya descritas en el apartado 3.1.3.

#### N) Calizas y Conglomerados de Casa del Marqués (321 c y 321 e)

##### Litología

Conjunto formado por calizas travertínicas, en bancos potentes, sobre un conglomerado de cantos de naturaleza silíceo con alguno disperso de naturaleza calcárea, y abundante cemento calcáreo (Fig. 25). Estas dos unidades se apoyan a su vez sobre unas calizas muy duras, criptocristalinas, de colores claros, en bancos de potencia variable.



Fig. 25. Aspecto que presenta el conglomerado correspondiente al grupo 321 c. en las proximidades de la estación de ferrocarril de Granátula de Calatrava.

### Estructura

Formación, en depósitos horizontales, aunque a veces aparece afectada por fenómenos de tipo volcánico. Cuando sucede esto último presenta buzamientos, que en algunos lugares llega a alcanzar  $30^\circ$  (Fig. 26), y se originan desplomes y movimientos de bloques que ofrecen el aspecto de verdaderas dolinas, o de estilos morfológicos que erróneamente pudieran relacionarse con fenómenos kársticos. La potencia máxima aproximada observada es de 18 m.

### Geotecnia

La permeabilidad del grupo es de media a alta, con drenaje superficial bueno en general. Es ripable en los niveles superiores y de taludes naturales estables de muy variada inclinación y altura. Los niveles de conglomerados aparecen en general bien cementados. Cabe destacarse como único afloramiento de calizas de calidad aceptable de la zona, y uno de los pocos del tramo; los niveles de calizas criptocristalinas son una fuente de buenos áridos, aunque ciertamente muy escasa, pues se reducen a dos pequeñas manchas al sur y noroeste del cuadrante 811-4.

Las condiciones constructivas del grupo son en general buenas.



Fig. 26. Calizas travertínicas correspondientes al grupo geotécnico N, buzando fuertemente como consecuencia de estar afectadas por manifestaciones de origen volcánico. Proximidades de Granátula de Calatrava.

#### O) Calizas travertínicas del Molino de la Parra (321 d)

##### Litología

Calizas travertínicas que engloban cantos calcáreos de granulometría variable, sobre conglomerados de cantos silíceos y cemento calcáreo, muy cementados; algunas veces aparecen intercaladas arcillas silíceas de colores pardo-rojizos.

##### Estructura

El conjunto se presenta generalmente bien estratificado, en estratos horizontales. Ahora bien, cuando se encuentra en las proximidades de zonas donde ha existido vulcanismo, ha sido afectado por éste, y entonces presenta buzamientos suaves que oscilan entre  $5^{\circ}$  y  $10^{\circ}$ . La potencia máxima aproximada observada es de 7 m.

##### Geotecnia

Aflora el grupo en el cuadrante 811-3, en las proximidades de la Calzada de Calatrava, y en el 811-4, en diversos puntos del curso del río Jabalón, donde dan taludes subverticales estables de hasta unos 4 m de altura.

Su permeabilidad es de media a alta y el drenaje superficial es bueno. En general son ríapables aunque pueden presentarse problemas locales a este respecto; así en el área próxima al citado núcleo urbano se localizan desde zonas poco compactadas a otras de alto grado de compactación.

#### R) Arcillas margocalcáreas de Villarrubia de los Ojos (322 b)

De muy escasa representación en la zona, reduciéndose a una pequeña mancha al noroeste. Por otra parte ya ha sido descrito en la zona 1, apartado 3.1.3.

## **S) Travertinos y serie detrítica de Moral de Calatrava (322 c)**

### **Litología**

Formación constituida por costras travertínicas de potencia variable, aunque siempre reducida, sobre formaciones detríticas de origen volcánico unas veces, y otras sobre arcillas calcáreas nodulosas rojas.

### **Estructura**

Se presentan bien estratificados en depósitos horizontales, dando relieves de morfología suave. Su potencia máxima aproximada es de 8 m.

### **Geotecnia**

Este grupo se desarrolla fundamentalmente en el cuadrante 811-1, del cual ocupa la mayor parte, dando zonas muy llanas en las que el drenaje superficial es bastante deficiente, y su permeabilidad baja.

La capacidad portante del grupo es buena por la presencia de la costra travertínica, siendo en general ripable, salvo en puntos donde el espesor de dicha costra sea excesiva.

En obras de fábrica y desmontes importantes surgen los problemas derivados de la alterabilidad y plasticidad de las formaciones detrítico-volcánicas y de las arcillas. Estos problemas son similares a los que plantea el grupo T.

Debe pues considerarse como un grupo de peligrosidad potencialmente alta.

## **S 1) Serie detrítica de Moral de Calatrava (322 f)**

### **Litología y Estructura**

Esta formación es similar a la que comprende el grupo anterior (S) diferenciándose de él: en el tipo de relieve (en este caso es ondulado), en la casi ausencia de costras travertínicas, y en que localmente aparecen las arenas inferiores de granulometría variable y colores claros.

### **Geotecnia**

Geotécnicamente sus características pueden considerarse intermedias entre las del grupo S y el T, dependiendo de la presencia o no de la costra travertínica y de su espesor. Los problemas de drenaje señalados en el grupo S se ven aquí disminuidos, pero el peligro potencial apuntado para aquél es aquí de mayor grado.

## **T) Cineritas y arcillas rojas de Calzada de Calatrava (322 d, 322 e)**

### **Litología**

Conjunto formado por sedimentos detríticos volcánicos de granulometría fina, con matriz carbonática, de colores parduzcos (cineritas), presentando hacia el techo niveles arcillosos muy alterados de color blanquecino (Fig. 27). La base de esta formación está constituida por unas arcillas calcáreas, nodulosas, de color rojo, procedentes de la alteración de las rocas basálticas infrayacentes; estas arcillas, presentan algunas veces niveles de cantos silíceos, de gran tamaño, heteromorfos que corresponden a depósitos coluviales antiguos, posteriormente fosilizados, así como intercalaciones de niveles de travertinos.



Fig. 27. Cineritas y arcillas rojas de Calzada de Calatrava.

### Estructura

Conjunto bien estratificado, que se presenta en estratos horizontales. Los niveles arcillosos superiores presentan algunas veces inflexiones, consecuencia de un proceso de aumento de volumen (Fig. 28). El hundimiento de áreas, que a veces se produce dentro de este grupo, da lugar a la formación de zonas endorreico-pantanosas, como las que aparecen al sur de Moral de Calatrava y que constituyen el grupo 322 e. La potencia máxima aproximada es de 10 m.



Fig. 28. Inflexiones observables en los niveles arcillosos superiores del grupo geotécnico T. (Proximidades de Aldea del Rey).

## **Geotecnia**

El grupo presenta ripabilidad alta, baja permeabilidad, alterabilidad y erosionabilidad altas, presentando un drenaje superficial muy deficiente.

De este grupo se tomaron dos muestras en las proximidades de Calzada de Calatrava. Del orden del 98 por 100 pasa por el tamiz nº 200 de la serie A.S.T.M., careciendo de sulfatos solubles y con un contenido en carbonatos, expresado en porcentaje de  $\text{CO}_3\text{Ca}$ , entre el 3 por 100 y el 5 por 100; los límites líquidos fueron de 48 y 67, y los índices de plasticidad respectivos de 27 y 40; en la clasificación H.R.B. se clasifican como A-7-6, con índices de grupo de 16 y 20 respectivamente; según Casagrande se clasifica CL y CH, pudiendo considerarse como arcillas inorgánicas de plasticidad media y generalmente alta.

El grupo es en general muy inestable, presentando niveles arcillosos expansivos, más abundantes en el cuadrante 811-3, donde al sur de Calzada de Calatrava fueron observados, si bien con poca importancia cualitativa. Debido a éstos originan frecuentes problemas que, aunque no de modo general, deben preverse.

La citada inestabilidad del grupo es manifiesta, siendo frecuentes los taludes de 1 m a 2 m de altura que no se mantienen verticales. Esta inestabilidad está notablemente disminuida donde predominan las arcillas nodulosas rojas con niveles de travertinos intercalados como se puede ver en algunas trincheras del F.C.

Resumiendo pues, es una formación de alta peligrosidad, aunque a niveles diferentes según las áreas.

En las zonas pantanosas (grupo 322 a) los problemas antes apuntados son más acusados.

### **T 1) Cineritas de Calzada de Calatrava (322 g)**

Los materiales, que integran este grupo están englobados en el grupo 322 d correspondiente al grupo geotécnico T; no obstante, le consideramos como grupo con características propias, por no aparecer siempre los materiales que lo constituyen junto con las arcillas nodulosas rojas; esto, unido a las características de la sedimentación en gran parte de la zona, nos hacen pensar que no siempre estarán relacionados con las citadas arcillas. Corresponde al techo de la formación comprendida en el grupo 322 d, constituido por sedimentos detríticos volcánicos, de tonos pardo amarillentos y gris-verdosos, y por niveles alterados de naturaleza arcillosa y color blanquecino (Fig. 29).

Las características geotécnicas son similares a las del grupo T. Los niveles arcillosos siguen presentando caracteres de expansividad y la peligrosidad del grupo es bastante alta, aunque ligeramente menor que la del citado grupo.

### **V 2) Glacis conglomeráticos (350 a)**

Grupo litológico-geotécnico que como ya dijimos en el apartado 3.1.3. de la zona 1, será descrito en el apartado 3.3.3. de la zona 3. Además aquí adquieren poca importancia y se presenta con los caracteres y propiedades tipo.

### **V 4) Recubrimientos de tipo glacis poco potentes (350 b)**

- Este grupo será descrito en el apartado 3.3.3. de la zona 3.

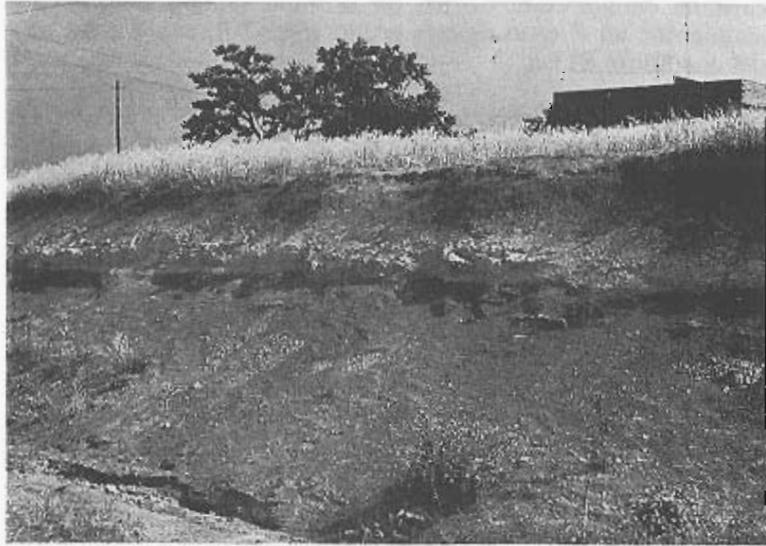


Fig. 29. Niveles cineríticos correspondientes al grupo geotécnico T 1, cerca de Calzada de Calatrava.

#### X 1) Aluviales de los ríos Cigüela y Guadiana, y áreas pantanosas (P)

Este grupo ha sido ya descrito en la zona 1, en el apartado 3.1.3., reduciéndose aquí a una minúscula zona pantanosa, al sureste del cuadrante 811-3.

#### X 2) Aluviales limo-arcillosos (A 1 y a 1)

##### Litología y Estructura

Este grupo ha sido ya descrito en la zona 1, en el apartado 3.1.3.

##### Geotecnia

Geotécnicamente, al no reposar aquí sobre los materiales del grupo X 1, como ocurría en la zona 1, las características se ven sensiblemente mejoradas con respecto a los allí descritos.

Dan en general áreas semipantanosas con drenaje pésimo y baja capacidad portante, siendo de considerar sólo los aluviales del río Jabalón que atraviesa la zona de este a oeste.

Son posibles algunos problemas de cimentación de obras de fábrica, principalmente en las zonas en que reposan sobre los materiales del grupo T.

#### X 3) Aluviales de gravas silíceas (A2)

Este grupo ha sido ya descrito en el apartado 3.1.3. de la zona 1, presentándose con características geotécnicas idénticas.

#### Y 1) Coluviales y Conos de Deyección (C, D)

Este grupo ha sido ya descrito en el apartado 3.1.3. de la zona 1.

Conviene señalar que dentro de la zona se han observado bastantes deslizamientos en el seno de este grupo (Fig. 30), sobre todo en el vértice 5.0 del cuadrante 811-3.



Fig. 30. Aspecto caótico que presentan los coluviales cuarcíticos del grupo Y 1. (Carretera de Bolaños de Calatrava a Moral de Calatrava).

#### **Y 2) Coluviales de Bolaños de Calatrava (C 1)**

Este grupo ha sido ya descrito en el apartado 3.1.3. de la zona 1, adquiriendo aquí su mayor extensión aunque no importante. Las características geotécnicas son tan buenas como en la citada zona.

#### **Z 1) Coluviales poco potentes (c, c 1, c 2)**

Este grupo ha sido ya descrito en la zona 1, apartado 3.1.3.

#### **Z 2) Recubrimientos arcillosos muy poco potentes (r y r 1)**

Este grupo ha sido ya descrito en la zona 1, apartado 3.1.3.

### **3.2.4. RESUMEN DE PROBLEMAS GEOTECNICOS QUE PRESENTA LA ZONA**

#### **3.2.4.1. PROBLEMAS MUY ACUSADOS**

– Areas lagunares y pantanosas constituidas por los grupos X 2 (A 1) y T (322 e), con drenaje pésimo, baja capacidad portante y plasticidad elevada, dando una estrecha franja que atraviesa la zona según el río Jabalón y pequeñas manchas al sur de Moral de Calatrava.

– Areas de peligrosidad alta ocupadas por los grupos T (322 d) y T 1 (322 g), de materiales muy alterables y erosionables, de plasticidad en general elevada, con presencia de niveles expansivos. Constituyen una gran mancha al oeste de la zona, con bifurcaciones según el cauce del río Jabalón y normales a él.

– Peligrosidad también alta en los grupos S (322 c) y S 1 (322 f), con

problemas acusados de drenaje en algunas áreas y con problemas de asentamientos y estabilidad en función del espesor de la costra travertínica, siempre irregular. Con el área anterior constituye la mayor parte de la zona sur de la sierra del Moral.

– Problemas de estabilidad en los coluviales que bordean las sierras (grupo Y 1), en algunas formaciones volcánicas situadas con pendientes fuertes en los bordes de las sierras grupo B 2 (011 e) y B 3 (011 b) y ciertas coladas basálticas (grupo B 4 (011 a).

– Problemas de drenaje y plasticidad en los cráteres de explosión (grupo B 2 (011 d).

#### 3.2.4.2. PROBLEMAS POCO ACUSADOS

– Baja ripabilidad de los materiales cuarcíticos del grupo C (121 a) que ocupan gran parte de la zona.

– Problemas de ripabilidad en las manchas basálticas (grupo B 4 (011 a) y en general en los materiales volcánicos, aunque de modo local.

### 3.3. ZONA 3: RELIEVES PIZARROSOS-CUARCITICOS DE SANTA CRUZ DE MUDELA

#### 3.3.1. GEOMORFOLOGIA Y TECTONICA

Gran parte de la geomorfología de la zona está definida por los macizos paleozoicos presentes en la misma. La tectónica hercínica, que ha originado la formación de estos macizos, es, en definitiva, la que ha jugado el más importante papel en la creación de los relieves actuales. Factor muy importante a considerar es la erosión diferencial de los materiales ordovícicos, que ha dado como resultado algunos de los distintos tipos de relieve que aquí se encuentran. La morfología es en general suave, destacando en algunos cerros los materiales más competentes de tipo cuarcitas. Predominan sin embargo las zonas alomadas correspondientes a los materiales cuyo grado de silicificación es menor, característica ya apuntada en el apartado 2.1.1. (Fig. 31).

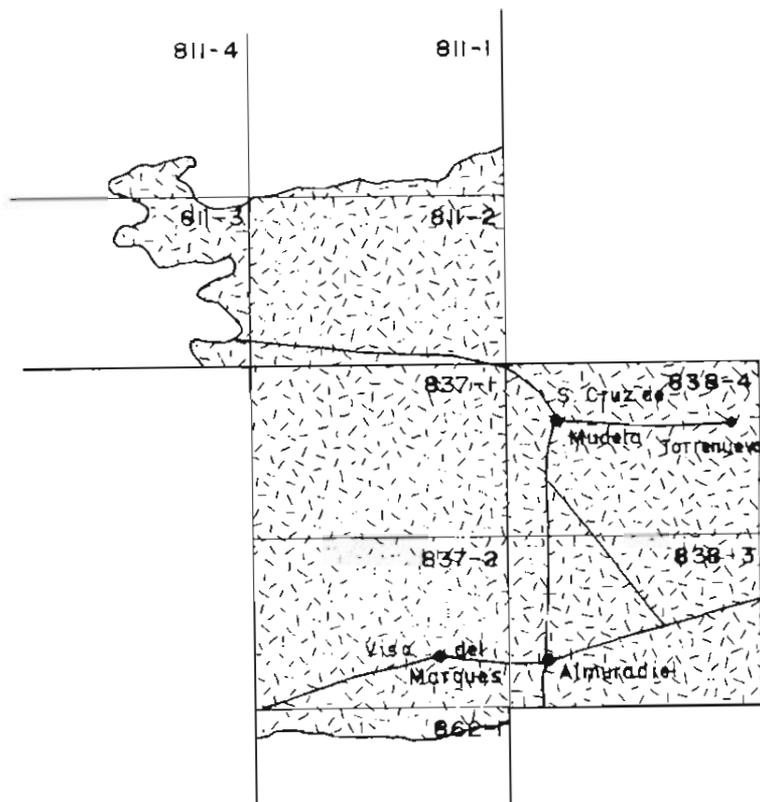


Fig. 31. Esquema de situación de la zona 3. (Relieves pizarroso-cuarcíticos de Santa Cruz de Mudela).

A partir de estos relieves, y por erosión de los mismos, se ha originado los depósitos coluviales y conos de deyección y coluvio-aluviales de tipo glacis, que tanto proliferan en la zona imprimiéndole unos rasgos muy característicos. Contrastan con estos relieves los correspondientes a los depósitos miocenos calco-margosos, y a los depósitos pliocuaternarios arcillosos, del cuadrante 838-4 de Santa Cruz de Mudela. Se trata de relieves suaves, que si bien inicialmente en los bordes de las sierras, adquieren ligeras pendientes, poco a poco van disminuyendo hasta llegar a una topografía de tipo llanura, que presenta generalmente un recubrimiento limo-arcilloso.

Los valles a que ha dado origen la red fluvial, son amplios, simétricos, poco profundos y característicos de cursos fluviales de régimen tranquilo. Todos los materiales que aparecen en la zona, a excepción de los más modernos, se encuentran afectados por la tectónica hercínica. Respecto, a las características del plegamiento, ya nos hemos referido a ellas en el apartado 2.2. y, como ya dijimos, existen dos estilos de plegamiento diferentes. Por un lado existe un plegamiento pasivo, que corresponde a las series pelíticas y series no pelíticas débilmente silicificadas, y por otro lado existe un plegamiento de flexo-deslizamiento que ha afectado a las series no pelíticas. La dirección predominante del plegamiento es Este-Oeste, manifestada en una serie de anticlinales y sinclinales, cuyos pliegues vergen hacia el sur. Acompañando a esta serie de pliegues abundan las fallas inversas, y las fallas en dirección, más abundantes en las series de materiales de mayor competencia.

En las figuras 32 y 33 pueden verse tres cortes geológicos generales y un bloque diagrama.

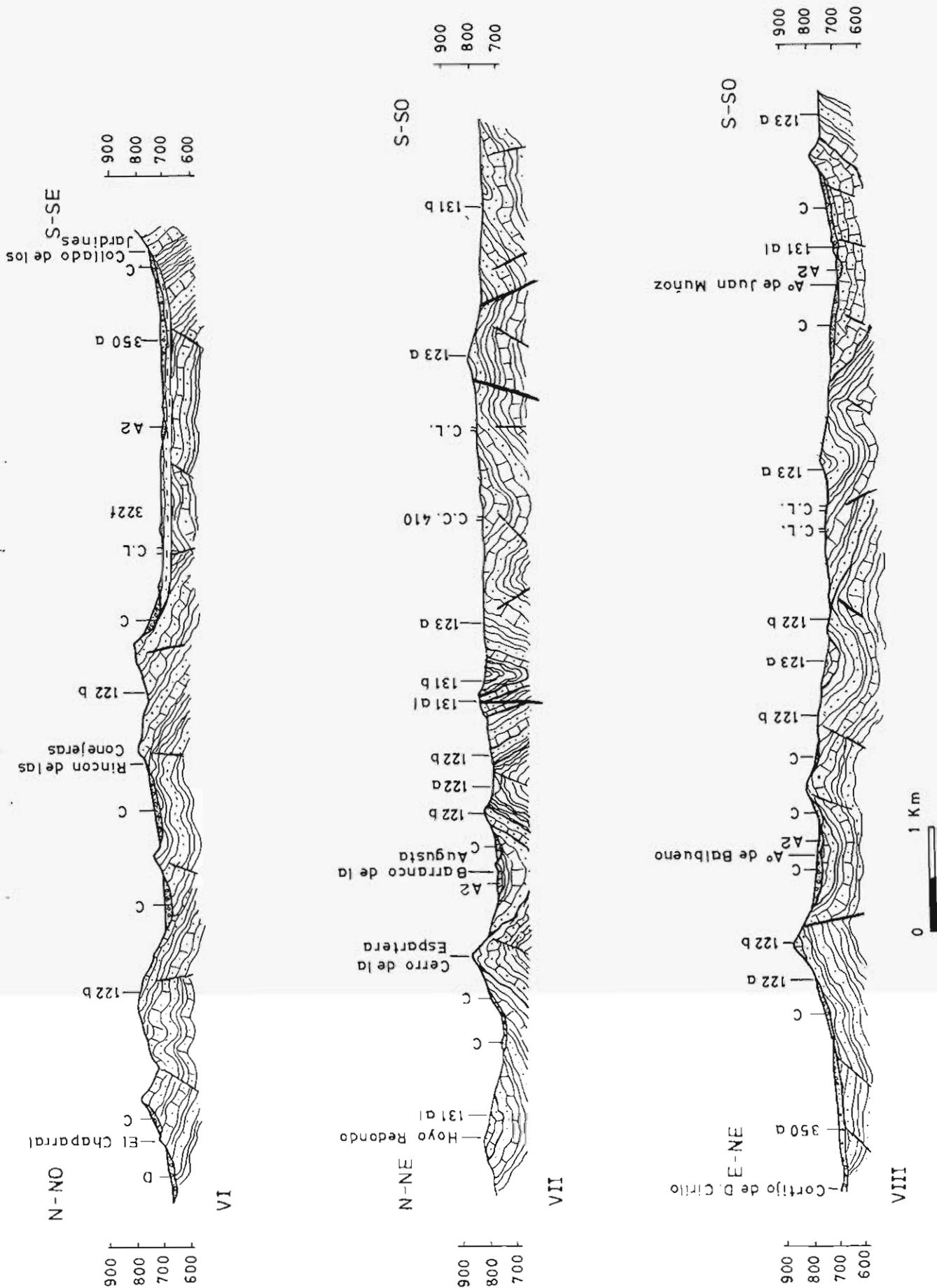


Fig. 32. Cortes geológicos generales de la zona 3 con los caracteres morfológicos y litológicos más acusados.

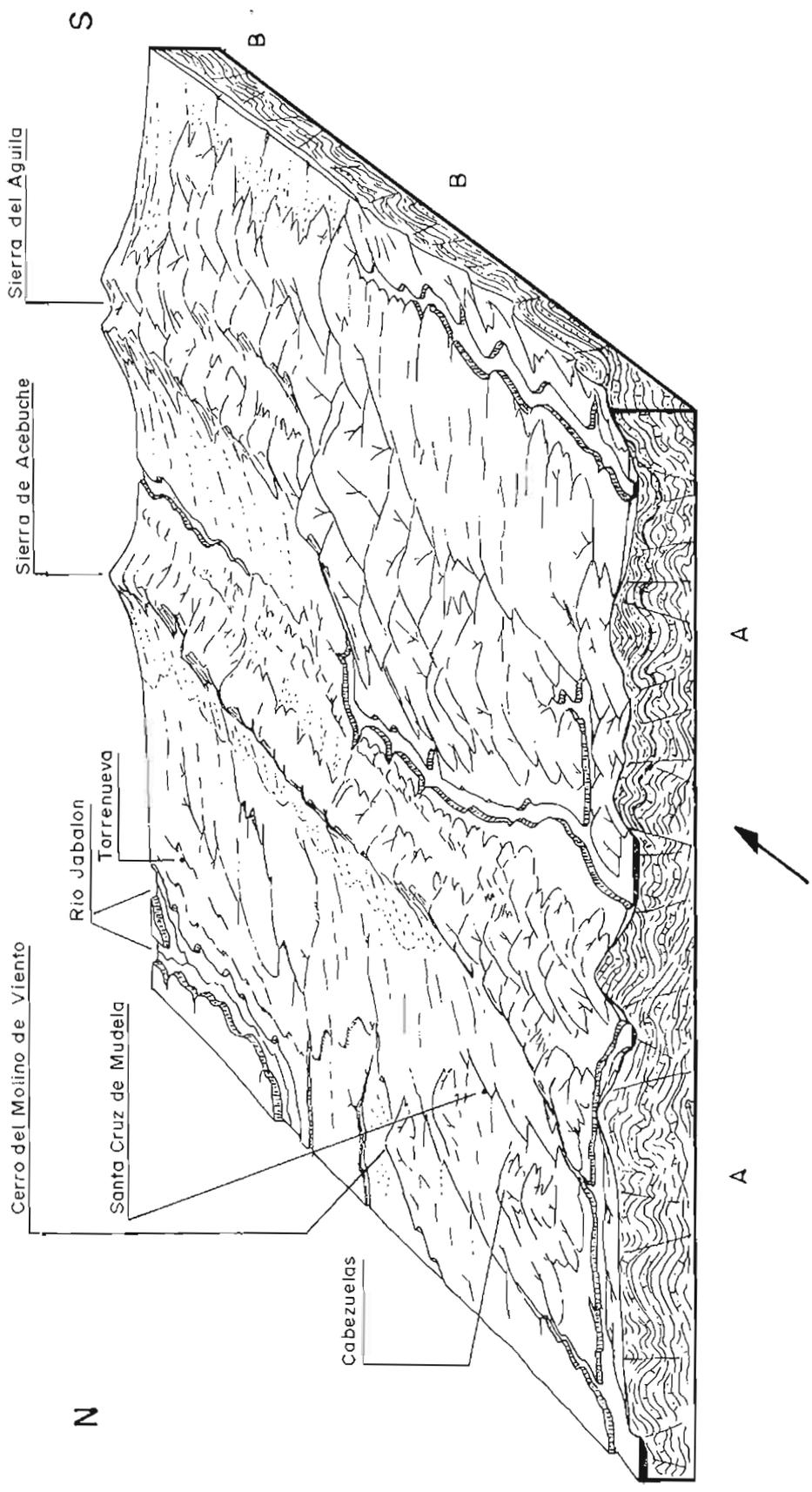


Fig. 33. Bloque diagrama correspondiente a la zona 3. (Relieves pizarroso-cuarcíticos de Santa Cruz de Mudela). (A) pizarras, areniscas, cuarcitas y calizas. (B) pizarras, areniscas.

### 3.3.2 COLUMNA ESTRATIGRAFICA

| COLUMNA LITOLOGICA | GRUPO LITOLOG. | Gr. GEO. | DESCRIPCION   | EDAD            |
|--------------------|----------------|----------|---|-----------------|
|                    | r              | Z2       | Z 2 Recubrimientos arcillosos, muy poco potentes.   | CUATERNARIO     |
|                    | r1             |          |   |                 |
|                    | c              | Z1       | Z 1 Coluviales poco potentes.   | "               |
|                    | T              | Y3       | Y 3 Terrazas de la rambla de Santa Cruz de Mudela.  | "               |
|                    | C              |          | Y 1 Conos de deyección y coluviales de gravas silíceas.   |                 |
|                    | D              | Y1       | X 3 Aluviales de gravas silíceas con matriz limo-arcillosa.   | "               |
|                    | A 2            |          | X 2 Aluviales limo-arcillosos.  |                 |
|                    | A 4            | X3       | X 1 Aluviales de limos orgánicos y yesíferos, y áreas pantanosas.   | "               |
|                    | a 5            |          | V 4 Coluvio-aluviales limo-arcillosos, con cantos de cuarcita, poco potentes.   |                 |
|                    | Al, al         | X2       | V 3 Coluvio-aluviales arcillosos, poco potentes.  | "               |
|                    | P              |          | V 2 Coluvio-aluviales potentes, constituidos por gravas silíceas de granulometría muy variable y matriz limo-arcillosa. |                 |
|                    | 350 b          | V4       | V 1 Coluvio-aluviales, arcillo-limosos y arcillo-margosos, con lechos de gravas silíceas y de arenas.                   | PLIO - CUATER.  |
|                    | 350 d          | V3       | U Pudín de cantos silíceos con matriz arcillosa.  | "               |
|                    | 350 a          | V2       | T Cineritas, sobre arcillas rojas con niveles de cantos de naturaleza silícea.  | "               |
|                    | 350            | V1       | Q Conglomerado de cantos de cuarcita y pizarras.  | "               |
|                    | 350 c          |          | P Calizas travertínicas poco potentes, sobre margas arcillosas y arcillas margosas.                                     |                 |
|                    | 350 e          |          | U P 1 Margas arcillosas de colores claros, y arcillas margosas de colores rojos.  |                 |
|                    | 322 d          | T        | J Pizarras silicificadas y calizas mármóreas con braquiópodos.  | PLIOCENO        |
|                    | 321 g          | Q        | I Cuarcitas en bancos potentes, con lentejones de calizas con crinoides.  | MIOCENO         |
|                    | 321 f          | P        | F Cuarcitas en bancos potentes, alternando con areniscas y pizarras.  | "               |
|                    | 321 fi         | P1       | E Pizarras arcillosas con intercalaciones de areniscas de grano medio.  | "               |
|                    | 140 b          | J        | F Cuarcitas en bancos potentes, alternando con areniscas y pizarras.  | DEVONICO        |
|                    | 140 a          | I        | G Pizarras arcillosas y areniscas de grano medio con intercalaciones de calizas criptocristalinas y de cuarcitas.       | "               |
|                    | 132 a          | F        | E Pizarras arcillosas con intercalaciones de areniscas de grano medio.  | SILURICO        |
|                    | 131 b          | F        | F Cuarcitas en bancos potentes, alternando con areniscas y pizarras.  | "               |
|                    | 131 a          | F        | E Pizarras arcillosas con intercalaciones de areniscas de grano medio.  | "               |
|                    | 123 a          | G        | F Cuarcitas en bancos potentes, alternando con areniscas y pizarras.  | ORDOVICICO      |
|                    | 122 b          | E        | E Pizarras arcillosas con intercalaciones de areniscas de grano medio.  | "               |
|                    | 122 b          | F        | F Cuarcitas en bancos potentes, alternando con areniscas y pizarras.  | "               |
|                    | 122 a          | F        | E Pizarras arcillosas con intercalaciones de areniscas de grano medio.  | "               |
|                    | 122 a          | E        | B 1 Material volcánico indiferenciado.  | "               |
|                    | 011 f          | B1       | B 2 Conos Cinder, cráteres de explosión y conductos de emisión.   | TERCIA.- INDIF. |
|                    | 011 e          | B2       |   | "               |

### 3.3.3. GRUPOS GEOTECNICOS

#### B 1) Formación volcánica de la Doctora (011 f)

Se presenta en diversos puntos del cuadrante 811-3 y al sur del cuadrante 811-4, existiendo una mancha en el 811-2 y otra en el 837-1. La extensión es en general pequeña salvo en los dos citados en primer lugar. En general se presentan en los bordes de los afloramientos cuarcíticos-areniscosos del grupo F, con pendientes de medias a elevadas.

##### Litología

Conjunto constituido por una serie de materiales de origen volcánico cuyas características no pueden apreciarse claramente debido a un recubrimiento de tipo coluvial, que los enmascara. Este recubrimiento es de naturaleza limo-arcillosa, y engloba algunos cantos dispersos de material silíceo y volcánico.

##### Estructura

Los materiales que integran este conjunto, se encuentran generalmente, rellenando conductos de emisión, fracturas y fallas, sin presentar una estratificación definida.

##### Geotecnia

Considerando al grupo como una formación volcánica indiferenciada, se le atribuye una permeabilidad media; en general es ripable salvo en algunos puntos localizados.

Las zonas con pendientes de medias a elevadas pueden considerarse como áreas de inestabilidad potencial que podemos asimilar a las del grupo Y 1 con los que normalmente están en contacto.

#### B 2) Conos Cinder, cráteres de explosión y conductos de emisión (011 e)

La presencia de este grupo en la zona se reduce a pequeñísimas manchas del grupo litológico 011 e (conductos de emisión) que prácticamente no tienen importancia. El grupo ha sido descrito en el apartado 3.2.3., al estudiar la zona 2.

#### E) Formaciones pizarrosas de Santa Cruz de Mudela y Almuradiel (122 a, 122 b1, 131 b)

##### Litología

Formación potente, fundamentalmente pizarrosa que comprende materiales de edades situados entre el Ordovícico Inferior y el Silúrico Inferior. La base de esta formación está constituida por una serie de pizarras arcillosas de color verde (122 a), cuando se encuentran alteradas, y negras en fractura fresca, con abundante fauna de braquiópodos y trilobites. El tramo medio, ya más silicificado, comprende una serie de pizarras arenosas, verde-grisáceas, con intercalaciones de areniscas de grano medio y de pizarras también arenosas de color negro (122 b). El tramo superior comprende pizarras areniscosas de color negro, con graptolitos e intercalaciones de areniscas de grano medio (131 b); en algunas zonas, se presentan muy alteradas, pasando a caolín apareciendo como productos secundarios de esta transformación yesos diseminados que, dada su escasa importancia no comentaremos con un mayor detalle.

## Estructura

Conjunto en general muy tectonizado, en el que alternan los plegamientos suaves, de tipo isoclinal en los tramos inferiores, con pliegues muy apretados en los tramos superiores. La pizarrosidad generalmente se presenta normal a la estratificación, aunque casi siempre resulta difícil diferenciar una de otra, debido al alto grado de tectonicidad existente (Fig. 34). La potencia máxima aproximada es de 600 m.



Fig. 34. Aspecto que presentan las pizarras del grupo 122 a, en la trinchera del F.C. Madrid-Córdoba, cerca del cruce a distinto nivel con la carretera N-IV.



Fig. 35. Aspecto de las pizarras correspondientes del grupo 122 a en el término denominado "Fresnedas Altas".

## Geotecnia

En general podemos decir que este grupo, de importante extensión en la zona, da áreas de topografía suave y ondulada, con buenas condiciones constructivas en general, presentando problemas locales de ripabilidad y de estabilidad en los desmontes, dependiendo de la orientación de la pizarrosidad.

La permeabilidad es variable, función siempre del grado de alteración y diaclasado de la formación (Fig. 35). Son ripables en la parte superficial alterada. Ocupan áreas en las que el drenaje superficial es en general bueno. La formación es estable, aunque en algunos puntos en que aparecen en las laderas de los cerros, adosados a las formaciones cuarcíticas que los coronan (como ocurre en ciertos puntos de los cuadrantes 837-2 y 838-3), se ven afectados por la inestabilidad propia de los coluviales que sobre ellos reposan, habiéndose localizado deslizamientos en estos últimos que llegan a afectar a los niveles del grupo E que estamos tratando.

En el cuadrante 638-3 y en dirección este-oeste, un poco al norte de Almuradiel, se presenta un afloramiento del grupo (concretamente del litológico 131 b) en el que son frecuentes las áreas caolinitizadas. Se han localizado éstas en varios puntos (Figs. 36 y 37) y puede considerarse toda la franja anterior con peligro potencial de aparición de dichos problemas.

Esto comunica al grupo unas características distintas al grupo, dando áreas con problemas derivados de la mayor plasticidad de la zona alterada, siendo previsible corrimientos y deslizamientos en función de las pendientes, si bien de poca importancia por el carácter local del fenómeno.



Fig. 36. Pizarras del grupo 131 b, en las proximidades de la carretera de Castellar de Santiago a Almuradiel.



Fig. 37. Detalle de los suelos originados por las pizarras del citado grupo 131 b, en el mismo punto que el correspondiente a la figura anterior.

**F) Cuarcitas, areniscas y pizarras del Viso del Marqués (122 a1, 122 b, 131 a1, 132 a)**

**Litología**

Formación constituida fundamentalmente por cuarcitas y areniscas que corresponden a materiales de edades comprendidas entre el Ordovícico inferior y el Silúrico medio. La variedad de los componentes básicos que integran este conjunto, es muy amplia, como puede suponerse en las formaciones de este tipo. Se pueden diferenciar principalmente tres tramos. El tramo basal está formado por los grupos 122 a1 y 122 b, constituidos por una serie de areniscas de grano medio a grueso en lechos de unos 40 cm, alternando con pizarras verdosas muy silicificadas, en paquetes pequeños de unos 15 cm de espesor (Figs. 38 y 39). En el tramo medio van desapareciendo las pizarras adquiriendo mayor importancia las areniscas, cuyos bancos son más gruesos, y aparecen los primeros paquetes de cuarcitas, de colores claros (131 a1), en este tramo medio es muy frecuente la presencia de diquecillos de cuarzo que atraviesan a los materiales en todas direcciones. El tramo superior es netamente cuarcítico (132 a), predominan los bancos potentes de cuarcitas de características muy variadas, con algunas intercalaciones de areniscas de grano grueso, en paquetes de unos 20 cm y esporádicamente, aparecen algunos niveles pizarrosos, areniscosos, pardo-grisáceos, pero ya prácticamente inapreciables. En el tramo superior, además de las vetillas de cuarzo, presentes en los tramos anteriores, aparecen verdaderos diques de cuarzo cortando la estratificación, que en algunos lugares alcanzan potencias de hasta 1 m, como el que se aprecia en la figura 40.

**Estructura**

El conjunto ha sido enormemente afectado por la tectónica hercínica y consecuencia de ello, es el estado caótico que presentan todos los materiales. La serie aparece diferencialmente plegada (se mantiene la dirección de



Fig. 38. Cuarcitas y areniscas del grupo 122 b, en el cerro del Molino de Viento, en las proximidades de Santa Cruz de Mudela.



Fig. 39. Areniscas y pizarras del grupo 122 a, en las proximidades del VISO del Marqués.

plegamiento hercínico), alternando los pliegues de tipo isoclinal con pliegues muy apretados, existiendo toda una variedad de tipos intermedios, que en conjunto originan anticlinorios y sinclinorios, tales como el anticlinorio de Santa Cruz de Mudela y el sinclinorio del Viso del Marqués. Las fracturas y fallas son muy abundantes, tanto más cuanto más nos acercamos a los tramos superiores. La potencia máxima aproximada es de 400 m.

### Geotecnia

Las características geotécnicas pueden tener variaciones según el predominio de materiales pizarrosos (tramos inferiores) o materiales cuarcíticos (tramo superior), pero siempre de importancia poco acusada.

En general podemos decir que es un grupo con permeabilidad de media a alta, que da áreas sin problemas de drenaje. Presenta el problema de su ripabilidad, salvo en aquellos puntos en que el diaclasado sea muy intenso o en las zonas superficiales alteradas cuando predominan los materiales pizarrosos.

Las áreas más cuarcíticas suelen dar topografías más abruptas, aunque nunca del orden de las del grupo C de las cuarcitas armoricanas (122 a), y plantean el peligro potencial de desplomes, nunca de gran importancia, problema creciente con el grado de tectonización, que a veces es muy elevado.



Fig. 40. Dique de cuarzo, en las proximidades del puente de la Muerte en la carretera que va del Viso del Marqués a San Lorenzo de Calatrava.

### G) Pizarras y areniscas, con calizas y cuarcitas (123 a)

#### Litología

Conjunto formado por pizarras arcillosas de colores verde-grisáceos, localmente silicificadas, y areniscas de grano medio de tonos claros con intercalaciones de calizas fosilíferas muy duras, criptocristalinas de colores oscuros (Fig. 41) y de cuarcitas grises, en bancos de hasta 5 m de espesor.

### Estructura

El conjunto se presenta generalmente bien estratificado, siendo la pizarrosidad concordante con la estratificación. Aparece siempre muy afectado por la tectónica, presentan en superficie un alto grado de alterabilidad. Su mayor difusión se encuentra en los cuadrantes 837-1 y 837-2 ocupando el núcleo de los sinclinales que componen el gran sinclinal del Viso del Marqués. La potencia máxima es de 600 m.

### Geotecnia

Este grupo, de importante extensión en la zona, tiene una permeabilidad variable, en general media. Es ripable en la parte superficial alterada, que como se ha dicho lo es en alto grado, siendo en general de las zonas más tectonizadas. El drenaje superficial es en general bueno, salvo en áreas deprimidas, poco frecuentes, donde puede calificarse de deficiente.



Fig. 41. Detalle de los lentejones de calizas presentes en el grupo 123 a en las proximidades del Viso del Marqués.

Los niveles calcáreos no son canterables por el modo discontinuo de presentarse y ser poco potentes, aunque son de buena calidad.

Cabe señalar el problema de estabilidad de los desmontes que se efectúan según la dirección de la pizarrosidad, problema que aquí está aumentado por la tectonización, en general alta, de la formación. También, algunos afloramientos, sobre todo en los del cuadrante 811-2, presentan problemas de estabilidad similares a los señalados al hablar del grupo E, esto es, afloran

en las laderas de algunos cerros, con pendientes relativamente fuertes, y se ven afectados por la inestabilidad propia de los coluviales que sobre ellos reposan o a partir de los cuales comienzan, habiéndose localizado algunos deslizamientos que llegan a afectar a los niveles de este grupo G.

#### l) Cuarcitas y calizas de Virtudes (140 a)

##### Litología

Formación constituida por cuarcitas en bancos potentes de colores claros que algunas veces aparecen teñidos por óxidos de hierro, con lentejones de calizas de colores grises, muy recrystalizadas, con tallos de crinoides.

##### Estructura

El conjunto se encuentra concordante con los materiales de las series inferiores. Aparece bien estratificado en bancos potentes, predominando los buzamientos fuertes, alcanzando la verticalidad en algunos lugares. Constituye los flancos del sinclinal devónico localizado al norte del cuadrante 838-3, correspondiente a Santa Cruz de Mudela. Su potencia aproximada es de 200 m (Fig. 42).

##### Geotecnia

Se desarrolla el grupo en áreas con taludes naturales estables superiores a los 50 m de altura con pendientes del orden de  $20^{\circ}$ - $30^{\circ}$ , situados siempre por encima de la cota 800 m. No dan una topografía abrupta, y el drenaje superficial es bueno.

Este grupo presenta los consabidos problemas de ripabilidad derivados de la dureza de los materiales que lo componen, siendo de calidad muy similar a la del grupo C de las cuarcitas armorianas, si bien no parece estar tan diaclasado y fracturado, ni los inconvenientes topográficos son tan acusados.



Fig. 42. Aspecto que presentan los materiales que integran el grupo 140 a, cerca de Virtudes.

## J) Pizarras y calizas de las Canteras (140 b)

Su presencia en la zona se reduce al afloramiento del ángulo noreste del cuadrante 838-3, ciertamente poco importante en el conjunto de la zona.

### Litología

Se trata de una serie de pizarras que presentan alto grado de silicificación, de colores grises y verdosos, encima de las cuales aparecen unas calizas de aspecto mármóreo, con abundante fauna de braquiópodos.

### Estructura

Este grupo se encuentra por encima del grupo anterior, ocupando el núcleo del sinclinal antes mencionado. Las calizas se presentan bastante fracturadas y tienen el aspecto de haber estado sometidas a procesos de karstificación intensos. La potencia máxima aproximada es de 500 m.

### Geotecnia

Constituyen zonas hundidas respecto a las ocupadas por el grupo I, con un drenaje superficial aceptable, siendo la permeabilidad del conjunto de la formación de media a alta.

Los niveles pizarrosos son ripables en las capas superiores alteradas. Los niveles calizos localmente son ripables, en función del grado de karstificación que presenten. Interesa destacarlos como uno de los pocos afloramientos calizos del tramo, habiendo sido explotada una cantera en las proximidades de Nuestra Señora de las Virtudes (Fig. 43), y que hoy está abandonada. Las calizas son de buena calidad y su canterabilidad es función del volumen canterable y otras condiciones de tipo económico.



Fig. 43. Cantera de calizas del grupo 140 b, en Virtudes.

## P) Calizas y margas de El Carrascal (321 f)

La presencia del grupo se reduce a las manchas situadas al norte del cuadrante 838.4 que son áreas muy llanas.

### Litología

Calizas travertínicas poco potentes, sobre margas arcillosas de colores claros y arcillas margosas de tonos rojos. En las zonas de borde de cuenca, próximas a los materiales ordovícicos, tanto las margas como las arcillas, engloban gran cantidad de cantos (Fig. 44), fundamentalmente de pizarras, que van desapareciendo hasta la totalidad a medida que nos vamos alejando de las series paleozoicas.

### Estructura

Conjunto estratificado horizontalmente, salvo en las zonas de borde de cuenca, donde presenta buzamientos suaves nunca mayores de  $5^\circ$ . La potencia aproximada es de 15 m.

### Geotecnia

La permeabilidad del grupo es baja y el drenaje superficial de las zonas ocupadas por él es en general deficiente.

Es un grupo bastante erosionable y de baja estabilidad, presentando una plasticidad de media a alta. En las canteras que se explotan es fácil ver cómo taludes verticales de 1-2 m no se mantienen, salvo cuando engloban en su seno gran cantidad de cantos que lo estabilizan.

Habida cuenta pues de la topografía con que se presenta el grupo, siendo su capacidad portante en general alta, no planteará problemas más que cuando sean precisos desmontes u obras de fábrica, aparte del apuntado problema de drenaje.

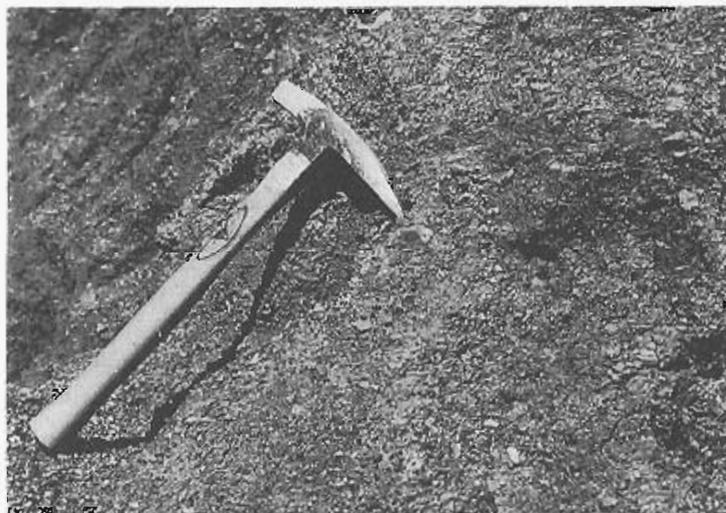


Fig. 44. Aspecto que presentan los tramos inferiores del grupo 321 f, en las zonas próximas a los bordes de cuenca. (Proximidades de Santa Cruz de Mudela).

Actualmente los materiales margosos y arcillo-margosos, son explotados por los habitantes de la zona para fabricación de cerámica.

#### **P 1) Margas de el Carrascal (321 f1)**

Este grupo posee características litológicas y geotécnicas similares al grupo anterior, diferenciándose de aquél únicamente en la ausencia de las calizas travertínicas, a pesar de lo cual su capacidad portante es también buena (Fig. 45).

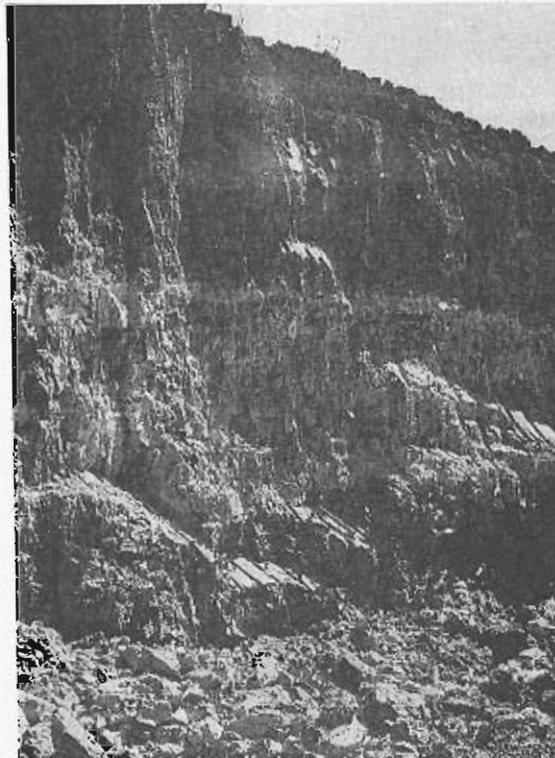


Fig. 45. Aspecto que presentan las margas del grupo 321 f, en las proximidades de Santa Cruz de Mudela.

#### **Q) Conglomerados de Torrenueva (321 g)**

De muy escasa representación en el tramo, ocupa tan sólo una estrecha faja en el ángulo noreste del cuadrante 838-4 de Santa Cruz de Mudela.

##### **Litología**

Formación constituida por un conglomerado de cantos fundamentalmente de cuarcitas y algunos dispersos de pizarras con cemento calcáreo; el tamaño de los cantos es muy variable, oscilando su diámetro desde pocos milímetros hasta 5 cm.

## Estructura

Conjunto horizontal. Potencia aproximada de 5 m.

## Geotecnia

En general es un grupo no ripable (salvo en puntos muy localizados) y de alta estabilidad.

### T) Cineritas y arcillas rojas de Granátula de Calatrava (322 d)

Este grupo reduce su presencia a un pequeño afloramiento al este del cuadrante 811-2, habiendo sido descrito en el apartado 3.2.3. al estudiar la zona 2.

### U) Raña pliocena (350 e)

Este grupo adquiere mayor importancia en la zona 4 y será descrito en el apartado 3.4.3. En esta zona aparece en una pequeñísima mancha al oeste del cuadrante 837-1, y próxima al embalse de Fresneda, hacia el p. km 47 de la Carretera Nacional 410 de Viso del Marqués a la Calzada de Calatrava (Fig. 46). Asimismo en el cuadrante 847-2 se presenta en varios puntos. El espesor que presenta suele ser de 2 a 4 m, y normalmente lo hacen con superficies subhorizontales. Cuando las pendientes con que se presentan son de medias a elevadas pueden ocasionar problemas de estabilidad, si bien poco importantes por el pequeño volumen del grupo y su carácter local. En general las características geotécnicas vienen condicionadas por las de los grupos subyacentes.



Fig. 46. Depósitos de raña pliocena (350 e), en las proximidades del embalse de Fresneda.

## V 1) Coluvio-aluviales arcillosos (350, 350 c)

### Litología

Constituyen esta formación depósitos arcillo-limosos (350) y arcillo-margosos de colores rojizos y ocres (350 c), que localmente presentan lechos de gravas silíceas y de arenas de granulometría variable. Independientemente de estos lechos de gravas, muy característicos en algunos lugares, aparecen, sobre todo en superficie, gran cantidad de cantos de pizarras, procedentes de alteración de las pizarras ordovícicas infrayacentes.

### Estructura

Algunas veces presentan estructura típica de glacis y otras están rellenando fondos de valle, depresiones, etc. Cuando se encuentran rellenando fondos de valle aparecen siempre recubiertos superficialmente por depósitos coluviales muy modernos, o bien por depósitos de tipo glacis.

### Geotecnia

Los materiales son de permeabilidad en general baja, ripables y erosionables. En general presentan baja estabilidad, apreciable en los bordes de los afloramientos y en los desmontes existentes en ellos, salvo en aquellas áreas en que la presencia de cantos los estabiliza.

Su capacidad portante es en general buena, pero pueden dar problemas en desmontes, así como, para la cimentación de obras de fábrica, debidos a su citada inestabilidad y a la plasticidad generalmente alta de los niveles arcillosos.

Cuando se desarrolla sobre áreas deprimidas, ocasionan problemas de drenaje, lo que dadas las características anteriormente citadas confiere al grupo cierta peligrosidad, a tener en cuenta, en función de la topografía. En las áreas con estructura típica de glacis disminuye notablemente su peligrosidad.

Los materiales que constituyen esta formación, al igual que lo que sucede con los que constituyen el grupo P, son explotados para la obtención de productos de cerámica (Fig. 47).



Fig. 47. Explotación de los materiales que integran el grupo 350 c, para cerámica, en las proximidades de Santa Cruz de Mudela.

## V 2) Glacis conglomeráticos (350 a)

### Litología

Se trata de coluvio-aluviales potentes constituidos fundamentalmente por cantos de cuarcitas de granulometría muy variable, inmersos en una matriz limo-arcillosa. En las zonas próximas a las sierras, los cantos son muy abundantes y de gran tamaño, disminuyendo tanto la proporción como el tamaño de los mismos a medida que nos vamos alejando de las zonas de mayor pendiente.

### Estructura

Estructura típica de glacis, con pendientes que oscilan entre los 5° y los 10°. Convergen generalmente con depósitos aluviales, y en algunos casos con terrazas, como sucede con la terraza de la rambla de Santa Cruz de Mudela (Fig. 48). La potencia aproximada es de 5 m.

### Geotecnia

La permeabilidad del conjunto es variable, dependiendo de la granulometría y proporción de finos. La ripabilidad es variable de unos puntos a otros, siendo en general alta.

Se presentan abundantes, bastante estabilizados, siendo su capacidad portante de media a buena. Puede sin embargo plantear problemas de estabilidad en desmontes, si se le exige taludes verticales superiores a unos 3 m, sobre todo en las áreas más alejadas de las sierras, así como en los bordes del grupo.



Fig. 48. Glacis conglomeráticos (350 a). Paisaje muy frecuente en las zonas ocupadas por estos depósitos.

El drenaje superficial de las áreas ocupadas por el grupo es en general bueno, pudiendo en conjunto considerarse como uno de los grupos con mejores condiciones constructivas del tramo.

### **V 3) Coluvio-aluviales arcillosos poco potentes (350 d)**

Grupo litológico-geotécnico semejante al grupo V 1, la única diferencia reside en la potencia, que en este grupo, no sobrepasa los 3 m. Sus características geotécnicas están condicionadas por las de los materiales infrayacentes.

### **V 4) Recubrimientos de tipo glacis poco potentes (350 b)**

Grupo litológico-geotécnico semejante al grupo V 2, la única diferencia reside en la potencia, que en este grupo, no sobrepasa los 3 m. Sus características geotécnicas están condicionadas por las de los materiales infrayacentes.

### **X 1) Aluviales de los ríos Cigüela y Guadiana y áreas pantanosas (P)**

Este grupo geotécnico ha sido descrito en el apartado 3.1.3. de la zona 1. Aquí tiene prácticamente poca importancia por su escasa representación.

### **X 2) Aluviales limo-arcillosos (A 1 y a 1)**

Este grupo geotécnico ha sido descrito en los apartados 3.1.3. y 3.2.3. al estudiar respectivamente las zonas 1 y 2, siendo aquí totalmente similares a los de zona 2, si bien su importancia es mucho menor.

### **X 3) Aluviales de gravas silíceas (A 2, A 4, a 5)**

Este grupo geotécnico ha sido descrito en los apartados 3.1.3. y 3.2.3. al estudiar respectivamente las zonas 1 y 2.

### **Y 1) Coluviales y conos de deyección (C y D)**

Este grupo geotécnico ha sido descrito en los apartados 3.1.3. y 3.2.3. al estudiar respectivamente las zonas 1 y 2.

Hemos de señalar que este grupo adquiere gran importancia en esta zona, sobre todo en su mitad norte. Las características son análogas a las comentadas para los afloramientos de otras zonas, siendo de destacar aquí la gran cantidad de deslizamientos observados, a veces importantes y afectando a los niveles pizarrosos de los grupos E y G. En los cuadrantes 811-2 y 837-1, se puede decir que en todas las laderas de las elevaciones de cerros cuarcíticos orientados al norte se han producido deslizamientos.

Característica fundamental del grupo sigue siendo su inestabilidad, acusada si cabe en esta zona. Sus características geotécnicas dependen del tamaño de los cantos, de la cantidad de finos, del grado de cementación y de la pendiente topográfica. Su ripabilidad es en general alta, aunque variable de unos puntos a otros.

### **Y 3) Terrazas de la rambla de Santa Cruz de Mudela (T)**

#### **Litología**

Terrazas glacis de la rambla de Santa Cruz de Mudela, constituida por cantos de cuarcita con abundante matriz limo-arcillosa.

## Estructura

Estructura típica de terraza que lateralmente pasa a coluvio-aluviales de tipo glacis. La potencia aproximada es de 3-4 m.

## Geotecnia

Se desarrolla en el cuadrante 811-2. Su permeabilidad es función de la granulometría de los cantos y de la proporción de finos, pero en general es alta. El drenaje superficial es aceptable y la capacidad portante en general alta. Es ripable, aunque diferencialmente, según el grado de compactación.

### Z 1) Coluviales poco potentes (c)

Este grupo ha sido descrito en el apartado 3.1.3. de la zona 1.

### Z 2) Recubrimientos arcillosos, muy poco potentes (r y r 1)

Este grupo ha sido descrito en el apartado 3.1.3. de la zona 1.

### 3.3.4. RESUMEN DE PROBLEMAS GEOTECNICOS QUE PRESENTA LA ZONA

Cabe señalar como más importantes los siguientes:

- Problemas de estabilidad en las laderas de las alineaciones montañosas que cruzan la zona noroeste a sureste, ocupados fundamentalmente por el grupo Y 1 (C y D) y en menor escala por el B 1 (011 f) y retazos de las E y G (122 a y 123 a).
- Problemas de ripabilidad en las alineaciones cuarcíticas o fundamentalmente cuarcíticas, de los grupos I y P (140 a, 131 a y 132 a).
- Problemas de estabilidad y plasticidad alta en los grupos P y P 1 (321 f y 321 f1) al norte del cuadrante 838-4 y, que se pondrán de manifiesto en desmontes y cimentaciones de obras de fábrica.
- Problemas de drenaje y estabilidad en las áreas ocupadas por el grupo V 1 (350 y 350 c), sobre todo en las zonas deprimidas de los cuadrantes 838-4 y 838-3.
- Problemas locales de estabilidad y plasticidad en las áreas caolinizadas del grupo E (122 b1), que se reducen a una franja al norte de Almuradiel en el cuadrante 838-3.

## 3.4. ZONA 4: SIERRAS DE SANTA ELENA

### 3.4.1. GEOMORFOLOGIA Y TECTONICA

Las "Sierras de Santa Elena", constituyen una zona de gran complejidad, tanto desde el punto de vista geomorfológico como desde el punto de vista tectónico (Fig. 49).

Geomorfológicamente, tal y como dijimos en el apartado 2.1.1., constituye una zona de grandes relieves, formado en su totalidad por materiales paleozoicos (Ordovícico inferior hasta el Carbonífero inferior) y por rocas ácidas. Las características litológicas de los materiales y su erosión diferencial, así como la tectónica hercínica, han sido las que más directamente han influido sobre la formación de los relieves actuales. Con posterioridad a la orogenia hercínica, los materiales continuaron emergidos, por lo que no cabe pensar en la existencia de una peneplanización y en un rejuveneci-

miento posterior del relieve, dato que apoya lo que decíamos anteriormente sobre los factores que habían condicionado la formación de los actuales relieves.

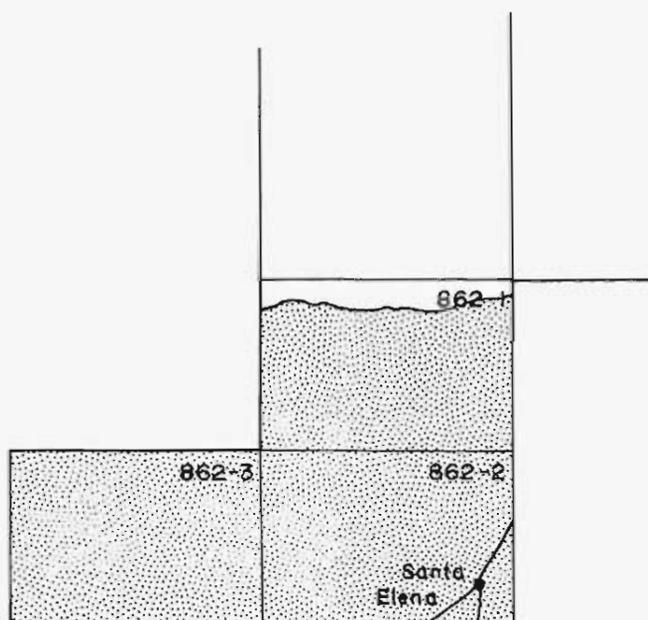


Fig. 49. Esquema de situación de la zona 4. (Sierras de Santa Elena).

Las mayores elevaciones de la zona corresponden a las sierras de "cuarcitas armóricas", así como los relieves más fuertes, con grandes escarpes y topografía áspera, contrastando con los relieves suaves, mucho más tendidos, de las áreas ocupadas por las rocas plutónicas ácidas y por los materiales de edad carbonífera. En algunos lugares destacan algunas áreas originadas por los depósitos de raña pliocenos, que fosilizando a los materiales paleozoicos, confieren un aspecto distinto al que presenta la mayor parte de la zona.

En la presente zona, pueden distinguirse dos tipos de tectónica diferente: una tectónica de plegamiento de edad hercínica, y una tectónica de fracturas de edad tardihercínica. La tectónica de plegamiento originó el gran anticlinorio de Despeñaperros, de dirección este-oeste y con una clara vergencia hacia el sur. Este plegamiento afectó diferencialmente a las series pelíticas, y a las series no pelíticas, correspondiendo a aquéllas, pliegues suaves de tipo isoclinal con presencia de pizarrosidad de fractura, y a las series no pelíticas pliegues mucho más apretados. En ambos casos los pliegues van siempre acompañados de fallas de gravedad, fallas inversas y fallas de dirección.

La tectónica de plegamiento lleva consigo la producción de grandes fallas, con una dirección preferente este-noreste-oeste-sur-oeste, y una serie de fracturas que con su reactivación posterior originaron una serie de mineralizaciones, de carácter hidrotermal, muy frecuentes al sur de la zona.

A continuación, en las figuras 50 y 51 están representados tres cortes y un bloque diagrama de la zona.

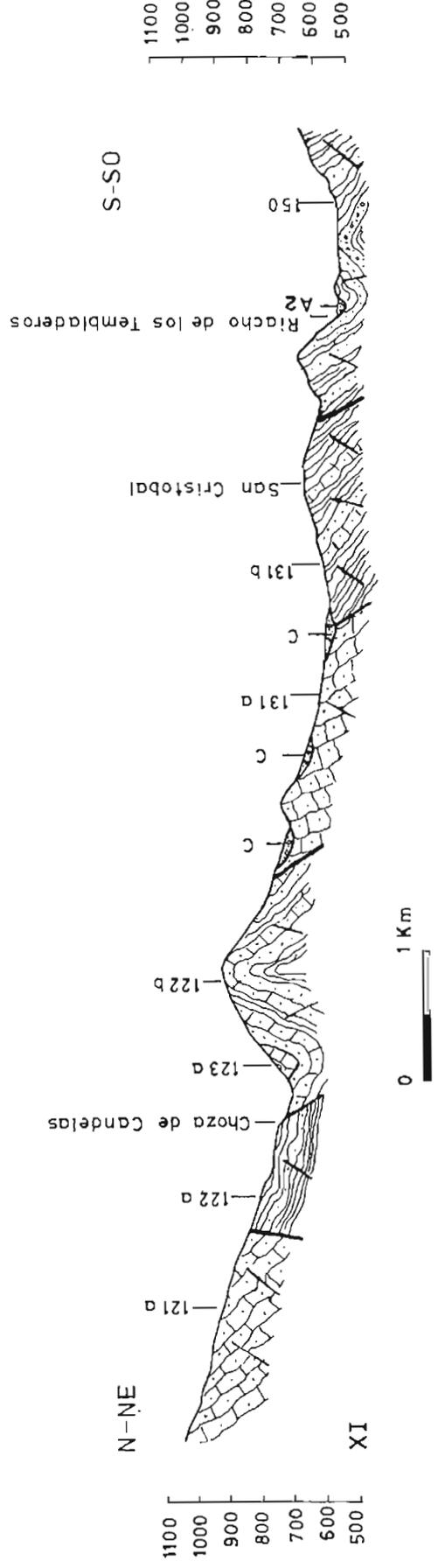
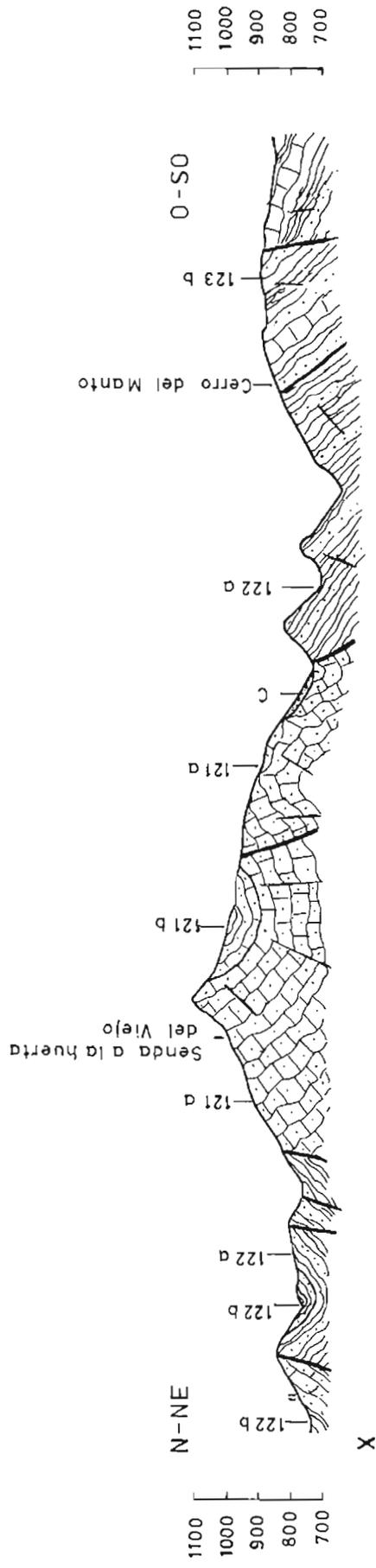
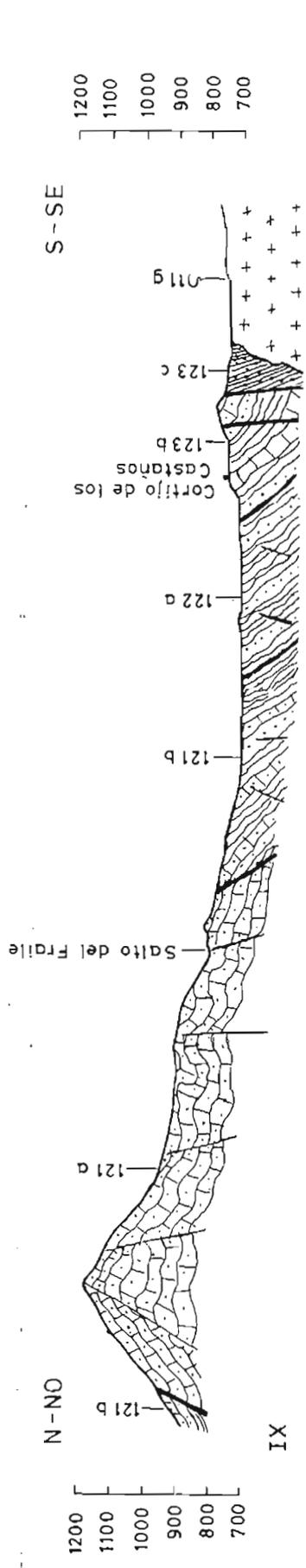


Fig. 50. Cortes geológicos generales de la zona 4, con los caracteres morfológicos y litológicos más acusados.

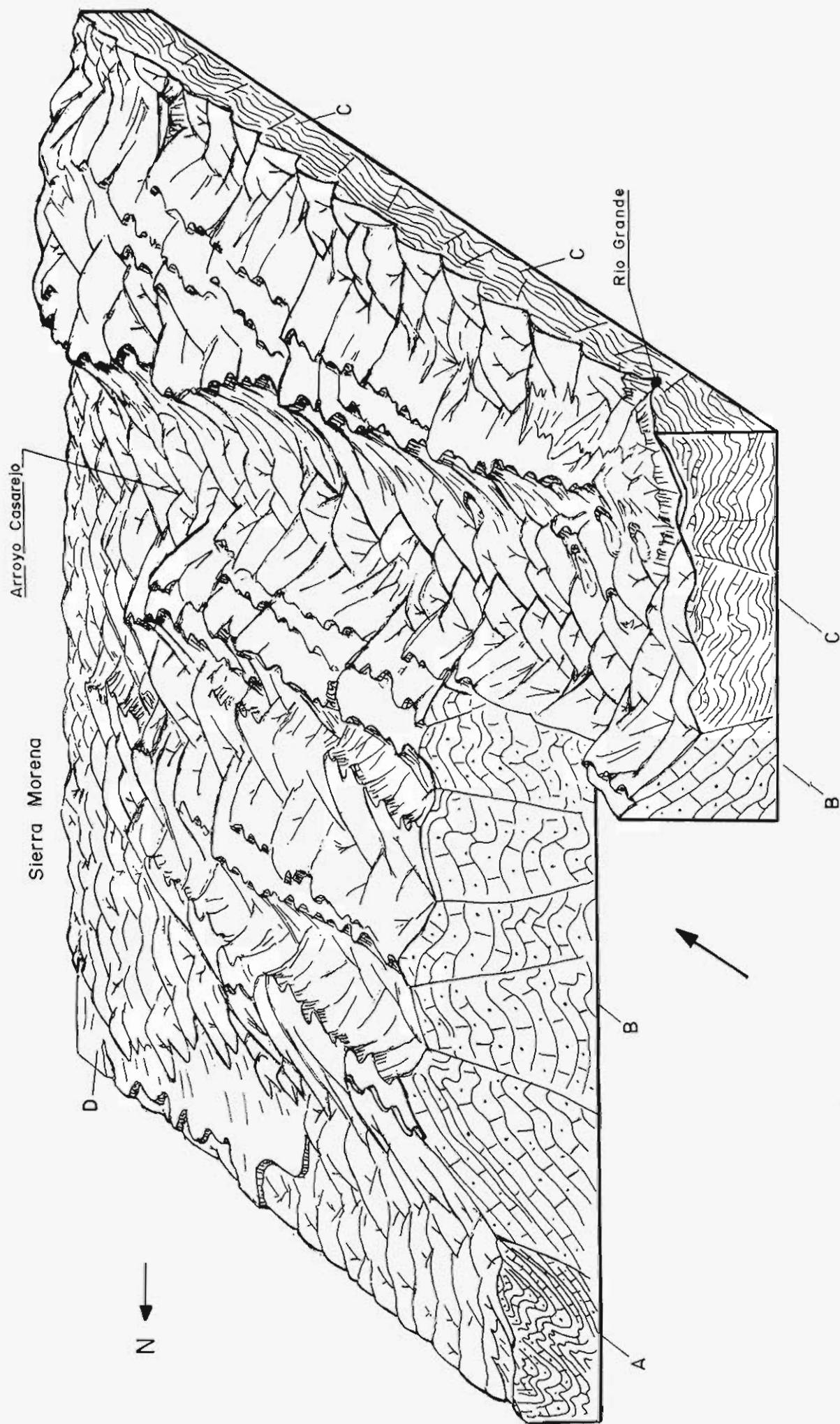
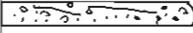
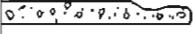
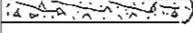
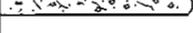
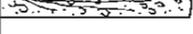
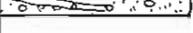
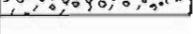
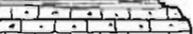
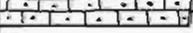


Fig. 51. Bloque diagrama correspondiente a la zona 4. (Sierras de Santa Elena). (A) cuarcitas, areniscas y pizarras, (B) cuarcitas, (C) pizarras, areniscas y cuarcitas, (D) Raña.

### 3.4.2 COLUMNA ESTRATIGRAFICA

| COLUMNA LITOLOGICA  | GRUPO LITOLÓG. | Gr. GEO. | DESCRIPCION   | EDAD            |
|---|----------------|----------|---|-----------------|
|    | c              | Z1       | Coluviales poco potentes.   | CUATERNARIO     |
|    | T1             | Y4       | Terrazas del río Grande.  | "               |
|    | C              | Y1       | Conos de deyección y coluviales de gravas silíceas.   | "               |
|    | A2             | X3       | Aluviales de gravas silíceas con matriz limo-arcillosa.   | "               |
|    | A1             | X2       | Aluviales limo-arcillosos.  | "               |
|    | 350b           | V4       | Coluvio-aluviales limo-arcillosos con cantos de cuarcita, poco potentes.  | PLIO - CUATER.  |
|    | 350a           | V2       | Coluvio-aluviales potentes, constituidos por gravas silíceas de granulometría muy variable                      | "               |
|    | 350e           | U        | Pudinga de cantos silíceos con matriz arcillosa.  | "               |
|    | 150a           | K        | Pizarras satinadas de color pardo con intercalaciones de areniscas de grano medio y conglomerados silíceos.     | CARBONIFERO     |
|    | 132a           | F        | Cuarcitas en bancos potentes, alternando con areniscas y pizarras.  | SILURICO        |
|  | 131b           | E        | Pizarras arcillosas con intercalaciones de areniscas de grano medio.  | "               |
|  | 131a           | F        | Cuarcitas en bancos potentes, alternando con areniscas y pizarras.  | "               |
|  | 123b           | G        | Pizarras arcillosas y areniscas de grano medio con intercalaciones de calizas criptocristalinas y de cuarcitas. | ORDOVIGICO      |
|  | 123a           |          |   |                 |
|  | 122b           | F        | Cuarcitas en bancos potentes, alternando con areniscas y pizarras.  | "               |
|  | 122a           | E        | Pizarras arcillosas con intercalaciones de areniscas de grano medio   | "               |
|  | 121b           | D        | Cuarcitas y pizarras silicificadas con intercalaciones de areniscas.  | "               |
|  | 121a           | C        | Cuarcitas armoricanas.  | "               |
|  | 123c           | H        | Esquistos mosqueados y esquistos quiasfolíticos.  | TARDI - HERCIN. |
|  | 011g           | A        | Granodioritas y adamellititas.  | HERCINICA       |

### 3.4.3. GRUPOS GEOTECNICOS

#### A) Granitos de Santa Elena (011 g)

##### Litología

Granito de grano medio a grueso, compuesto mineralógicamente por cuarzo, feldespatos alcalinos y biotita, teniendo como elementos accesorios circón, apatito e ilmenita, y como elementos secundarios materiales sericíticos y carbonatos. Es frecuente la presencia de gabarros, (diferenciados microcristalinos básicos). De acuerdo con su composición química, se trata de una granodiorita o una adamellita.

##### Estructura

Por abarcar una zona de contacto con materiales paleozoicos, no presenta las típicas estructuras berrocales de los materiales graníticos, sino que constituyen una masa heterogénea alterable, que conserva en gran parte la estructura del Paleozoico. Se presentan en discordancia con la roca encajante. Se trata de granitos masivos que encierran gran cantidad de enclaves de materiales paleozoicos y que al mismo tiempo están inyectados por mineralizaciones realizadas a favor de las abundantes fracturas y diaclasas. Acompañan al conjunto rocas filonianas ácidas (aplitas y pegmatitas), con facies de contacto.

##### Geotecnia

Su importancia es pequeña en la zona, reduciéndose al vértice sureste del cuadrante 862-2. La permeabilidad del grupo varía de media a baja en función del grado de diaclasado y profundidad a que llega la alteración. En las partes superficiales alteradas pueden ser ripables, aunque sólo localmente, dependiendo del grado de la misma que en algunos puntos es elevada. Se presentan con topografía muy suave, a modo de plataforma, siendo el drenaje superficial bueno.

#### C) Cuarcitas Armóricas (121 a)

Este grupo presenta las mayores elevaciones de la zona y del tramo, alcanzándose la máxima de 1.300 m en el vértice "Estrella" (cuadrante 862-2).

##### Litología

Comienza la serie, con un tramo inferior cuarcítico, constituido por cuarcitas masivas de grano medio a grueso de colores claros. El tramo medio, se compone de una serie de cuarcitas en bancos potentes, de grano grueso y colores claros con intercalación de unas cuarcitas más arenosas de grano medio y color gris. Tanto en el tramo inferior, como en el tramo medio, son abundantes las impregnaciones de óxidos de hierro, más localizados en las zonas de fracturas. El tramo superior, igual que el inferior, fundamentalmente cuarcítico, está constituido por cuarcitas masivas de color blanco, donde es muy abundante la presencia de moscovita. En el tramo medio se han encontrado Cruziana goldfusi y Cruziana furcifera, que nos han permitido datar a este grupo litológico-geotécnico como de edad Arenig.

## Estructura

El conjunto aparece fuertemente plegado y tectonizado. Los pliegues son generalmente apretados y con dirección hercínica, siendo las direcciones de las fracturas unas veces paralelas a la hercínica y otras normales a ella. Las fracturas se pueden considerar singenéticas a la fase de plegamiento. Son frecuentes las fallas de desgarre, como lo son también las fallas normales y las de dirección. La potencia máxima aproximada es de 300 m.

## Geotecnia

El grupo tiene una permeabilidad alta por fisuración y el drenaje en el área ocupada por él es bueno.

Presenta una topografía muy abrupta (la más fuerte de todo el tramo), alcanzándose pendientes mayores al 30 por ciento y grandes escarpes subverticales (Fig. 52). Ello ocasiona una serie de problemas que unido a la dureza propia de los materiales permite calificar la mayor parte de las áreas ocupadas por él como de difícil acceso. Es de destacar el alto grado de tectonización y diaclasado del grupo, lo que entre otras peculiaridades hace que sean relativamente frecuentes los desplomes de grandes bloques, pudiendo calificar a casi todos los bordes del grupo como de peligrosidad potencialmente alta en este aspecto.



Fig. 52. Sierras cuarcíticas de Santa Elena. (Foto tomada desde el camino forestal que parte de Miranda del Rey).

## D) Cuarcitas y pizarras adosadas a la serie armoricana (121 b)

### Litología

Constituye esta formación, una serie de cuarcitas areniscosas de grano medio, tableadas, y de colores claros, que alternan con pizarras arcillosas, con abundante moscovita, de colores rojizos. Intercaladas en este conjunto, aparecen areniscas de grano medio muy silicificadas, en lechos de hasta 30 cm de espesor.

## **Estructura**

Las características estructurales de este grupo son muy parecidas a las correspondientes al grupo C, por tratarse de una serie adosada a la serie que comprende el citado grupo y por la semejanza de la naturaleza de los materiales comprendidos. La única diferencia parte de la presencia, aquí, de intercalaciones de materiales menos competentes tipo pizarras, que le dan mayor plasticidad al conjunto frente a la fuerte tectónica existente, reflejándose en una mayor amplitud en los pliegues y una disminución en el número de fallas y fracturas. La potencia aproximada es de 150 m.

## **Geotecnia**

Este grupo bordea al anterior (el C) en el cuadrante 862-1 y en la parte sur en el cuadrante 862-2. Su permeabilidad es variable, aunque en general baja, debido entre otras razones a la baja fisuración. El drenaje superficial es bueno. Los niveles de pizarras suelen ser blandos y el conjunto es localmente ripable, dependiendo del buzamiento de los paquetes y de los espesores de los niveles más competentes.

La topografía de las áreas en que aflora es brusca, pero no tanto como la encontrada en el grupo C. Señalaremos que dada la heterogeneidad de los paquetes que lo componen, este grupo puede presentar problemas de estabilidad en desmontes importantes si queda el buzamiento de los estratos a su favor. Conviene también destacar que en el cuadrante 862-2 se han localizado deslizamientos en el seno de esta formación, lo que nos permite considerarlo como grupo potencialmente inestable en ciertas áreas en que las pendientes son fuertes, la tectonización alta y el buzamiento favorable.

### **E) Formaciones pizarrosas de Santa Cruz de Mudela y Almuradiel (122 a, 131 b)**

#### **Litología y estructura**

Este grupo ha sido descrito en el apartado 3.3.3. correspondiente a la zona 3.

#### **Geotecnia**

A las características geotécnicas allí señaladas conviene añadir otras propias de esta zona.

En los afloramientos al norte y este del cuadrante 862-1, y en los situados al sur del grupo C en el cuadrante 862-2 no tenemos nada que puntualizar. Sin embargo en los situados entre las dos grandes manchas del grupo C que afloran en la zona, y en las del cuadrante 962-3 debemos destacar su inestabilidad ciertamente alta (Figs. 53 y 54). Las fuertes pendientes con que se presentan y la complejidad tectónica del área que ocupan, favorecen la aparición de deslizamientos importantes que movilizan volúmenes considerables. Así en las riberas del embalse del río Grande (cuadrante 862-3) han sido claramente observados, al igual que en otros puntos de las áreas indicadas.

### **F) Cuarcitas y areniscas del Viso del Marqués (122 b, 131 a, 132 a)**

#### **Litología y Estructura**

Este grupo ha sido descrito en el apartado 3.3.3. de la zona 3. Los afloramientos del mismo se reducen fundamentalmente en esta zona al

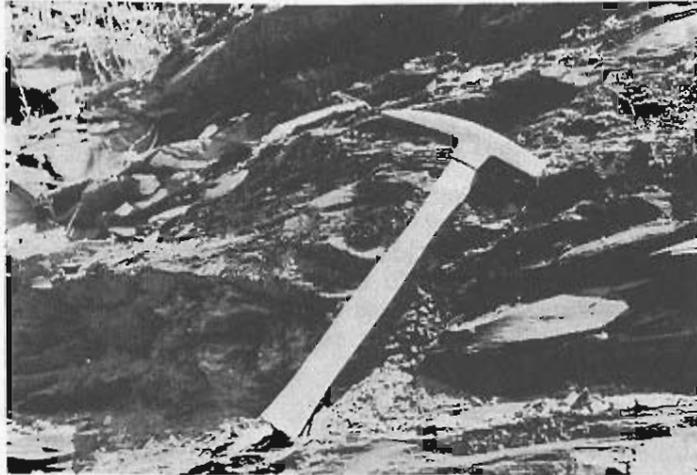


Fig. 53. Pizarras del grupo 122 a en el camino forestal de Miranda del Rey.



Fig. 54. Otro aspecto de las pizarras del grupo 122 a. en el mismo punto que el que corresponde a la figura anterior.

cuadrante 862-3 y a manchas aisladas en la franja que discurre entre los dos grandes afloramientos del grupo C que se presentan en la zona.

### Geotecnia

Como características geotécnicas propias del grupo en la zona, cabe señalar su inestabilidad, al igual que ocurre con el grupo E. Como éste, se presenta en áreas con fuertes pendientes, muy tectonizadas y fracturadas habiéndose observado numerosos deslizamientos que lo afectan.

### G) Pizarras y areniscas con calizas y cuarcitas (123 a, 123 b)

#### Litología y Estructura

Este grupo ha sido descrito en el apartado 3.3.3. correspondiente a la zona 3.

#### Geotecnia

Con respecto a las características geotécnicas propias del grupo en esta zona, cabe señalar que los afloramientos del mismo situados en el cuadrante 862-3 se ven en general afectados por los problemas de estabilidad comentados para los grupos E y F. El afloramiento situado al sur del cuadrante 862-3 no presenta características diferenciales con respecto a los tratados en la zona 3, como no sea que se presenta con pendientes ligeramente mayores (Fig. 55).



Fig. 55. Fractura en la serie de materiales que componen el grupo 123 b. (Carretera N-IV en las proximidades del kilómetro 256).

### H) Facies de contacto (123 c)

El grupo tiene escasa representación en la zona, pues se reduce al vértice sureste del cuadrante 862-2, dando una aureola de unos 500 m alrededor del área granítica allí localizada (grupo A) (Fig. 56).

#### Litología

Está constituido en la zona, por una serie de esquistos mosqueados y de esquistos quistalíticos de colores oscuros.

#### Estructura

Este grupo forma una aureola de contacto, que no puede relacionarse

con un metamorfismo de contacto sincrónico con la intrusión del granito, debido a las características térmicas de los minerales que componen estas rocas. La aureola de contacto, hay que relacionarla con las inyecciones metalíferas de características neumatolíticas-hidrotermales que se realizaron a través de las numerosas fracturas existentes, con posterioridad a la intrusión y a la consolidación del granito.

### Geotecnia

La permeabilidad del grupo es en general baja, siendo ripable en la parte superficial alterada, que suele ser de cierta importancia pues otra característica del grupo es su general alterabilidad. El drenaje de las áreas que ocupan es en general bueno.



Fig. 56. Suelos coluviales que enmascaran las facies de contacto correspondientes al grupo 123 c en las proximidades de Santa Elena.

### K) Pizarras, areniscas y conglomerados de San Cristóbal (150 a)

#### Litología

Formación compuesta por pizarras satinadas de colores pardo-verdosos, con intercalaciones lenticulares de areniscas silíceas de grano medio, amarillentas, y de conglomerados fundamentalmente de cantos de cuarcita de diámetro variable, inmersos en una matriz pelítica. A esta formación se la denomina "Capas de Campana".

### **Estructura**

El conjunto aparece bien estratificado y ligeramente discordante sobre los materiales infrayacentes. Afectado por la tectónica hercínica, presenta gran cantidad de fracturas y fallas. La pizarrosidad es en general concordante con la estratificación. La potencia máxima aproximada es de 500 m.

### **Geotecnia**

Su permeabilidad es variable con el grado de alteración y diaclasado. Es ripable en la parte superficial alterada, que en general es de espesor variable.

Se presenta el grupo al sur y sureste del cuadrante 862-3, dando a modo de plataformas que enlazan con el conjunto heterogéneo de materiales que afloran hacia el centro del citado cuadrante. El drenaje de las áreas ocupadas por él es en general bueno.

Cabe señalar que los bordes de este grupo están afectados por los problemas de estabilidad ya comentados al describir los grupos E, F y G. El resto presenta unas condiciones constructivas buenas en general, con problemas locales de ripabilidad y de estabilidad en desmontes; estos problemas, son función de la dirección de pizarrosidad.

### **U) Raña pliocena (350 e)**

#### **Litología**

Pudinga de cantos silíceos, con abundante matriz arcillosa. El tamaño de los cantos es muy variable oscilando su diámetro desde pocos milímetros hasta varios centímetros.

#### **Estructura**

Presenta aspecto masivo, y se encuentra discordante sobre los materiales subyacentes. Origina zonas de morfología plana, coronando los relieves paleozoicos a los que fosiliza. La potencia máxima es de 4 m.

#### **Geotecnia**

Dado el poco espesor de la raña, sus características geotécnicas vienen condicionadas generalmente por las de los grupos subyacentes.

Cuando se encuentran adosados a coluviales y zonas inestables se comporta como tales, efecto a tener en cuenta dada su poca compactación. En general son ripables.

### **V 2) Glacis conglomeráticos (350 a)**

Este grupo tiene escasa representación en esta zona (Fig. 57). Su descripción ha sido detallada en el apartado 3.3.3., de la zona 3.

### **V 4) Recubrimientos de tipo glacis poco potentes (350 b)**

Este grupo ha sido descrito en el apartado 3.3.3. al estudiar la zona 3.

### **X 2) Aluviales limo-arcillosos (A 1)**

Este grupo ha sido descrito en los apartados 3.1.3. y 3.2.3. al estudiar las

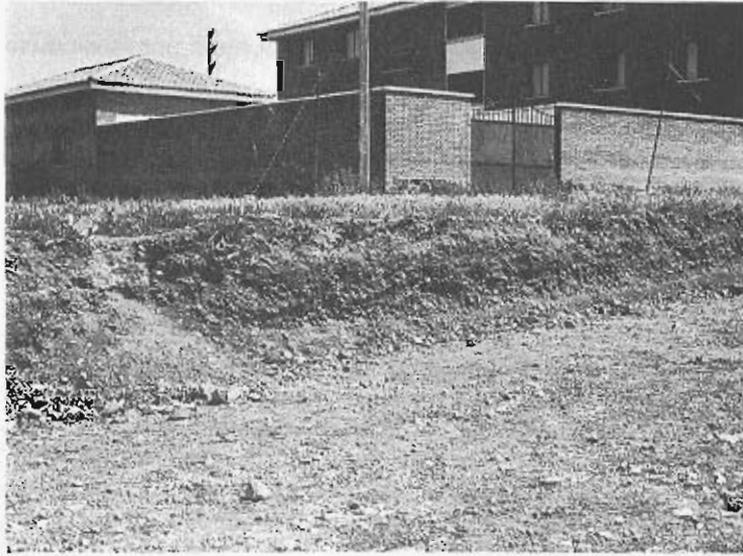


Fig. 57. Recubrimiento de tipo glaci (350 a) sobre el grupo 011 g en las proximidades de Santa Elena.

zonas 1 y 2 respectivamente, siendo su importancia aquí muy inferior y sus características similares a las citadas en el estudio de la zona 2 (3.2.3.).

### **X 3) Aluviales de gravas silíceas (A 2)**

Este grupo ha sido descrito en el apartado 3.1.3. correspondiente a la zona 1.

### **Y 1) Coluviales y conos de deyección (C)**

Este grupo ha sido descrito en el apartado 3.1.3. correspondiente a la zona 1. Su importancia en cuanto a extensión en esta zona no es grande, concentrándose su presencia en el centro del cuadrante 862-3 y en manchas aisladas en los bordes del grupo C (121 a).

La potencia del coluvial suele ser aquí más elevada que en otras zonas, y su inestabilidad se ve aumentada por la inestabilidad general de los materiales sobre los que yacen, adquiriendo un grado de peligrosidad mayor que la que presenta en otras zonas.

### **Y 4) Terraza del río Grande (T 1)**

#### **Litología**

Terrenos constituidos por cantos de cuarcitas y matriz areno-limosa.

#### **Estructura**

La estructura es típica de terraza, y tiene muy poco desarrollo superficial, siendo su potencia variable de 2 a 4 m.

## **Geotecnia**

No se describen sus características geotécnicas por la escasísima representación en el tramo y su pequeño espesor.

### **Z 1) Coluviales poco potentes (c)**

Este grupo ha sido descrito en el apartado 3.1.3. de la zona 1.

#### **3.4.4. RESUMEN DE PROBLEMAS GEOTECNICOS QUE PRESENTA LA ZONA**

Los problemas más acusados de esta zona son de inestabilidad y de ripabilidad.

Ocupando fundamentalmente el centro del cuadrante 862-3 y la franja que discurre a través de los dos grandes afloramientos del grupo C (121 a) que se dan en la zona, se puede delimitar un área de peligrosidad alta, constituida por materiales heterogéneos (coluviales y formaciones cuarcíticas areniscosas y pizarrosas) desarrollados en valles de pendientes muy escarpadas y zonas altamente tectonizadas. Esta es una de las áreas de mayor inestabilidad de todo el tramo con deslizamientos importantes en la actualidad, tanto en las áreas de coluviales como en las formaciones in situ.

Las áreas ocupadas por el grupo C se caracterizan por su agreste topografía y su dureza, presentándose con grandes escarpes y pendientes mayores al 30 por ciento, siendo potencialmente alto el peligro de desplomes en sus bordes.

Bordeando estas áreas de un modo incompleto, hacia el norte y al sur, se desarrollan zonas inestables ocupadas por potentes coluviales cuya peligrosidad es menor que la de los grupos equivalentes a las otras zonas de estudio.

## 4. CONCLUSIONES GEOTECNICAS

### 4.1. RESUMEN DE PROBLEMAS GEOTECNICOS

En este apartado se valoran, con vistas al proyecto de carreteras, los factores topográficos, tectónicos, geotécnicos y de yacimiento de materiales. Se seguirá el esquema de zonas propuesto en el apartado 3 de la presente memoria.

Resumiremos para cada zona los principales problemas geotécnicos, así como su alcance y significancia. Igualmente se hacen recomendaciones sobre los yacimientos canterables, granulares y de préstamos, y se fijan líneas generales para un plan de reconocimiento del terreno a nivel de proyecto.

#### 4.1.1. ZONA 1: LLANOS DE DAIMIEL

En esta zona no hay dificultades topográficas dignas de mención, excluyendo el vértice noroccidental de la misma en que se desarrollan las estribaciones de la Sierra de Cueva. A este respecto señalamos que a la abrupta topografía del área últimamente citada se añade la dureza y abundante diaclasado de los materiales cuarcíticos que la forman, lo que hará de bajo rendimiento el uso de explosivos para excavaciones, y ello con alto número de pegas; por otra parte dicha área aparece bordeada por coluviales inestables con bastantes deslizamientos en la actualidad. Así pues, aunque no imposible de atravesar si resultará costoso el hacerlo, y además la peligrosidad potencial de deslizamientos y desplomes debe de tenerse muy en cuenta y tomar las medidas adecuadas.

En el resto de la zona, si bien no se presentan problemas derivados de la topografía, y en general es bastante buena para el trazado de vías de comunicación, se presentan en diversas áreas problemas geotécnicos de importancia variable.

Por una parte, las áreas ocupadas por el grupo geotécnico X 1 (de los aluviales de los ríos Cigüela y Guadiana), que aproximadamente constituyen tres franjas de anchura variable con intercomunicaciones entre ellas, presentan problemas acusados de drenaje, con baja capacidad portante y peligro de agresividad derivada de la presencia de materia orgánica y de sulfatos. En ellos sería precisa una buena densidad de toma de muestras, orientando los trabajos de reconocimiento a la determinación de las características geotécnicas y situación del nivel freático. Para cualquier obra de fábrica que se proyecte aquí debe de considerarse una partida para ensayos geotécnicos de tipo local.

En la margen izquierda del río Cigüela, y en una franja de unos 2 ó 3 km de anchura, se mantiene, entre otros, el problema de la agresividad derivado de la presencia de yesos, que aunque cualitativamente variable, debe de tenerse en cuenta. Sobre este particular creemos que la peligrosidad es alta en las margas del grupo M (321 b) y media en los tramos que corresponden al grupo L (32 a).

En las áreas ocupadas por las margas del grupo M, se precisa también una buena densidad de toma de muestras, si bien la importancia del grupo, en cuanto a extensión, es pequeña. Cabe destacar la alterabilidad y baja estabilidad del mismo, punto importante a efectos de desmontes y de cimentaciones de obras de fábrica.

En las pequeñas manchas del grupo geotécnico R (litológico 322 b) que aparecen en el borde sur de la zona dando áreas deprimidas, adquieren importancia los problemas derivados del mal drenaje. Aquí adquieren también importancia los trabajos encaminados a la determinación del nivel freático. Asimismo deben determinarse los espesores de las costras travertínicas, lo que exige trabajos de reconocimiento similares a los que más adelante recomendamos. Ello permitirá evitar los peligros de hundimientos y de asentos diferenciales ocasionados por la diferencial resistencia, condicionada ésta por las características de la citada costra superficial.

En el resto de la zona, ocupada fundamentalmente por el grupo geotécnico L, y en menor proporción por el R (litológico 322 a), las condiciones son en general buenas. Serán precisos sin embargo trabajos de reconocimientos para estimar los espesores de las costras travertínicas. A este respecto la prospección sísmica por refracción no dará resultados fiables, y los sondeos mecánicos pueden tener dificultades de interpretación si se usan diámetros pequeños. Por ello parece adecuado definir los citados espesores con sondeos mecánicos de diámetros no inferiores a 100 mm y/o con prospección eléctrica ligada a la observación de los taludes existentes. Se evitarán así los peligros de hundimientos, que como hemos señalado en 3.1.3. y 3.1.4. son más acusados hacia el norte.

La presencia en estas áreas de zonas hundidas en la actualidad, con depresiones máximas de unos 10 m, puede dificultar la imposición de un trazado, pues siendo más frecuentes hacia el norte su distribución es generalmente irregular. Sin embargo, ello se evitará fácilmente con ensayos y trabajos de reconocimientos adecuados siguiendo el trazado elegido; en dichas zonas debe estudiarse la situación del nivel freático, y la densidad de toma de muestras debe ser mayor que en el resto, pudiendo así conocerse el alcance de la peligrosidad derivada de la presencia de sulfatos, que en general se presentarán, y las características geotécnicas de las margas a efectos de estabilidad, así como de cementación de obras de fábrica si fueran precisas; también debe de preverse el peligro de asentos diferenciales en los terraplenes que sobre ellos se extiendan.

A efectos de compensación son aprovechables la mayor parte de los materiales observados, exceptuando los del grupo X 1 (A, A 3, P), con presencia de materia orgánica y sulfatos, y las margas del grupo M (321 b). Serían sin embargo precisos ensayos adecuados para el resto de los terrenos margo-arcillosos que representan, que por otra parte prácticamente se desarrollan en casi toda la zona por debajo de las capas superiores travertinizadas.

Para bases granulares sólo se localizan materiales adecuados en los aluviales A 2 del grupo geotécnico X 3, fundamentalmente al sur de la zona, y también pueden obtenerse de los coluviales y glaciares que constituyen los grupos geotécnicos Z 1, Y 2, Y 1 y V 4, con los consabidos inconvenientes.

Yacimientos canterables de caliza no se localizan en la zona, si bien en algunos puntos del grupo geotécnico (321 a) se pueden explotar, siendo siempre de poca extensión y baja calidad por el origen de las mismas. Las cuarcitas del vértice noroccidental serían utilizables para áridos de hormigones, si bien los inconvenientes son de todos conocidos.

#### 4.1.2. ZONA 2: AREA VOLCANICA DE LOS CAMPOS DE CALATRAVA

En esta zona se presentan hacia el norte, oeste y sur dificultades topográficas

ficas de relativa importancia, sobre todo en comparación con la subhorizontalidad del resto de la zona, y la de la zona 1.

Con respecto a las áreas ocupadas por las cuarcitas del grupo C (121 a) cabe señalar los problemas apuntados en la zona 1 para las estribaciones de la Sierra de la Cueva, si bien aquí se ven disminuidos al ser la topografía menos brusca. Los coluviales que se presentan en sus bordes plantean problemas de inestabilidad similares a los comentados para los de la zona 1, extendiéndose aquí la inestabilidad a ciertas áreas de materiales volcánicos desarrollados en fuertes pendientes.

También se presentan aquí los problemas de ripabilidad de las manchas basálticas, que no son muy extensas. Como dato favorable se presentan éstas, en general, con topografía suave, salvo en puntos ya comentados en 3.2.3. Exigirán para su excavación el uso de explosivos y el número de pegas será elevado dado su cuarteamiento. Este problema de ripabilidad es en general extensible a todos los demás materiales volcánicos, si bien con un carácter más local dada su heterogeneidad.

Otros problemas geotécnicos que caben citar son los ya señalados en el apartado 3.2.4., si bien salvo los de los grupos T, T 1, S y S 1 (zonas pantanosas, sedimentos detríticos volcánicos, cineritas y costras travertínicas) que ocupan el área centro-sur de la zona, son de carácter muy local.

Así, las áreas lagunares ocupadas por el grupo T (litológico 322 e) y las semipantanosas del grupo X 2 (litológico A 1), presentan problemas acusados de drenaje, baja capacidad portante y plasticidad elevada. Cuando no sea posible evitarlos serán precisos ensayos adecuados, de tipo local, y una buena densidad de toma de muestras para definir con suficiente detalle sus características geotécnicas.

Los cráteres de explosión grupo geotécnico B 2 (011 d) dan áreas con problemas de drenaje, y problemas derivados de la plasticidad generalmente alta de los materiales productos de la alteración de los terrenos volcánicos. Deben determinarse con ensayos adecuados los espesores de estas partes superficiales de alteración, así como sus características geotécnicas, en previsión de asentamientos diferenciales; a este respecto conviene señalar la valiosa ayuda del registro de radiación y material en los sondeos mecánicos que para ello se realicen, aparte de otros métodos.

En las áreas ocupadas por los grupos S y S 1 (322 c y 322 f) adquieren importancia los trabajos de reconocimientos orientados a la determinación de los espesores de la costra travertínica, para lo que sigue siendo válidas las orientaciones apuntadas al tratar la zona 1.

Las áreas en las que se desarrollan los grupos geotécnicos T (litológico 322 d) y T 1 (322 g) adquieren importancia en esta zona por su peligrosidad y extensión, sobre todo si tenemos en cuenta que los materiales subyacentes a las costras travertínicas de los grupos S y S 1, son iguales o al menos geotécnicamente muy similares a ellos.

Los terrenos de estos grupos son muy alterables y erosionables, si bien en algunas áreas aparecen estabilizados por la presencia de niveles de cantos y/o travertinos intercalados. La plasticidad es en general elevada y se desarrollan en ellos niveles de arcillas expansivas que les comunican alta peligrosidad. Para estas áreas de densidad de toma de muestras debe ser alta y, mediante ensayos adecuados, deben determinarse sus características geotécnicas, a efectos de proyectos de taludes, compensaciones y obras de fábrica, entre otros.

A efectos de compensación deben desecharse los materiales de los grupos T (322 e) y X 2 (A 1), y los de los grupos T (322 d) y T 1 (exigirán ensayos previos, salvo en puntos localizados).

Para bases granulares sólo se localizan materiales adecuados en los aluviales del grupo X 3 (A 2), si bien tiene escasa representación en la zona. Pueden también obtenerse a partir de los coluviales y glaciares de los grupos Y 1, Y 2 y Z 1, que en algunos puntos, sobre todo el norte de la Sierra del

Moral de Calatrava (en que se desarrolla también con ligera importancia el X 3 (A 2), tienen cierta importancia.

Yacimientos canterables de calizas se localizan en los afloramientos de los grupos N y O (321 1c y 321 d) siendo de señalar que los del grupo N, en sus niveles criptocristalinos, tienen buena calidad aunque escaso volumen; los del grupo O son en general de baja calidad.

#### 4.1.3. ZONA 3: RELIEVES PIZARROSO-CUARCÍTICOS DE SANTA CRUZ DE MUDELA

La topografía de la zona es bastante variada, no presentando elevaciones de importancia, originando un paisaje suave y ondulado salvo en ciertos puntos en que los materiales cuarcíticos irrumpen bruscamente. Cabe señalar cómo progresivamente hacia el sur se van alcanzando mayores cotas y las pendientes van siendo mayores. Así pues, desde este punto de vista no representarán problemas importantes, si bien para el trazado de una autopista los movimientos de tierras adquirirán mayor importancia que en las zonas anteriores y serán un factor a considerar para la elección del trazado.

La parte oeste de la zona, en los cuadrantes 811-2 y 837-1, está fundamentalmente ocupada por alineaciones de materiales cuarcítico-areniscosos del grupo geotécnico F (122 a1, 122 b, 131 a1, 132 a), con alturas máximas que oscilan entre los 800 y los 900 metros. En ellos se presentan los problemas de su dureza y diaclasado.

En los bordes de estas alineaciones se desarrolla el grupo geotécnico Y 1 (C y D) con acusados problemas de inestabilidad, siendo elevado el número de deslizamientos observados en su seno. Estos deslizamientos alcanzan algunas veces los niveles de materiales pizarro-areniscosos de los grupos E y G (122 a1, 122 b y 123 a), subyacentes. Caracteres similares presentan las laderas recubiertas por material volcánico indiferenciado del grupo B 1 (011 f) que aparecen fundamentalmente en el cuadrante 811-3.

En general en todas las coronaciones de los cerros y alineaciones de la zona se plantean problemas de ripabilidad, propios de los materiales cuarcíticos que los componen. Dentro de la zona este problema es más acusado en las cuarcitas del grupo I (140 a), que se sitúan al norte del cuadrante 838-3 y sur del 838-1.

Fundamentalmente al norte del cuadrante 838-1 se desarrollan diversas áreas ocupadas por los grupos geotécnicos P y P 1 (321 f y 321 f1), No habrá aquí problemas si el trazado va sobre ellos, lo que sería normal dada la topografía sensiblemente llana que originan, pero en sus bordes y si se realizan desmontes, se plantean problemas de estabilidad, debiendo estudiarse sus características geotécnicas con detalle para el adecuado proyecto de taludes, si ello fuera preciso. Asimismo para la cimentación de obras de fábrica deben preverse estudios locales.

En algunas áreas al sur del cuadrante 838-1 y en el cuadrante 838-3 existen problemas de drenaje en las áreas en que se desarrolla el grupo geotécnico V 1 (350 y 350 c), que en general lo hace en zonas deprimidas, así como de estabilidad en desmontes y localmente de asientos diferenciales. Deberá investigarse en estas áreas la situación de los niveles freáticos, así como el grado de su compactación.

Al norte de Almuradiel, en el cuadrante 838-3, y siguiendo una franja de dirección este-oeste, el grupo geotécnico E (131 b y 122 b1) cabe esperar que se presente con una cierta caolinización que localmente es importante. Debe de investigarse aquí el espesor de la parte afectada y las características de los materiales generalmente arcilloso que los recubren, a efectos de estabilidad en los taludes que se efectúen.

En el resto de la zona, fundamentalmente ocupada por materiales pizarroso-areniscosos, deben efectuarse trabajos de reconocimiento para estimar la parte superficial alterada que puede ser ripable; para ello dará, en

general, buenos resultados la prospección sísmica por refracción, siendo en general suficiente la de tipo normal, sin recurrir al uso de explosivos.

También serán precisos, en estas últimas áreas, estudios locales de pizarrosidad en aquellos puntos en que se prevean desmontes con taludes importantes, a efectos de asegurar la estabilidad de los mismos.

A efectos de compensación prácticamente todos los materiales observados en la zona son aprovechables, debiendo realizarse ensayos adecuados en los de los materiales margo-arcillosos de los grupos P, P 1 y V 1 y deshecharse los de los pequeños afloramientos de los grupos X 1, X 2 y T (A, P y 322 d).

Para bases granulares sólo se localizan materiales adecuados en los aluviales del grupo X 3, que adquieren cierta importancia en la denominada Rambla de Santa Cruz de Mudela. A estos efectos también pudieran utilizarse los coluviales y glaciares de los grupos V 2, V 4, Y 1 y Z 1, así como las terrazas del grupo Y 3 y las rañas del grupo U.

Yacimientos canterables de calizas se localizan en el grupo J (140 b), al norte del cuadrante 838-2, que en general son de buena calidad, aunque no constituyen yacimientos de gran volumen. También cabe señalar al respecto los niveles de calizas del grupo G (123 a), que si bien discontinuos y poco potentes, aunque de buena calidad, son de los pocos que existen en todo el tramo.

#### 4.1.4. ZONA 4: SIERRAS DE SANTA ELENA

En esta zona los factores topográficos, unidos a la naturaleza de los materiales y a la fuerte tectonización, son los que condicionan enormemente el trazado de vías de comunicación.

Los problemas más acusados son de estabilidad y de topografía agreste, unidas a la dureza general de la mayor parte de los materiales que afloran.

De los tres cuadrantes que la componen, el 862-1 está prácticamente ocupado en su totalidad por las cuarcitas del grupo C; el 862-2 queda dividido en dos por una franja de cuarcitas del mismo grupo, en la que además se dan las más altas elevaciones del tramo (vértice "Estrella" con 1.300 m); el 862-3, en su parte norte está ocupado por el mismo grupo y en su zona central se desarrolla un conjunto heterogéneo de materiales, fundamentalmente pizarrosos, afectado por un gran número de fallas y fracturas importantes; en el borde sur de la zona se desarrollan plataformas sobre materiales pizarrosos o graníticos (al sureste).

Se pueden distinguir dos áreas de problemas acusados. Una muy inestable, con numerosos e importantes deslizamientos y corrimientos en la actualidad, que ocupa el centro del cuadrante 862-3 y una franja que discurre a través de los dos grandes afloramientos del grupo C (121 a) en la zona; y en este área podría englobarse los bordes de las elevaciones cuarcíticas, en general muy fracturadas y con peligros de desplomes importantes. Otro área ocupada por las cuarcitas del Arenig (grupo C) y las series de pizarras, presenta problemas de ripabilidad. En las pizarras el problema se reduce al ser ripables superficialmente.

En cuanto a préstamos todos los materiales son adecuados. Yacimientos para base granulares prácticamente no se encuentran pudiendo utilizarse las rañas y algunas áreas de coluviales. No hay en la zona yacimientos de calizas.

#### 4.2. CORREDORES DE TRAZADO SUGERIDOS

Partiendo del supuesto de un trazado que enlace la localidad de Villarrubia de los Ojos (cuadrante 737-2, al norte del tramo) con la de Santa Elena (al sureste del cuadrante 862-2 y al sur del tramo), y de acuerdo con el resumen de problemas geotécnicos del tramo que constituye el apartado anterior, se sugieren como más adecuados los indicados en la figura 58.

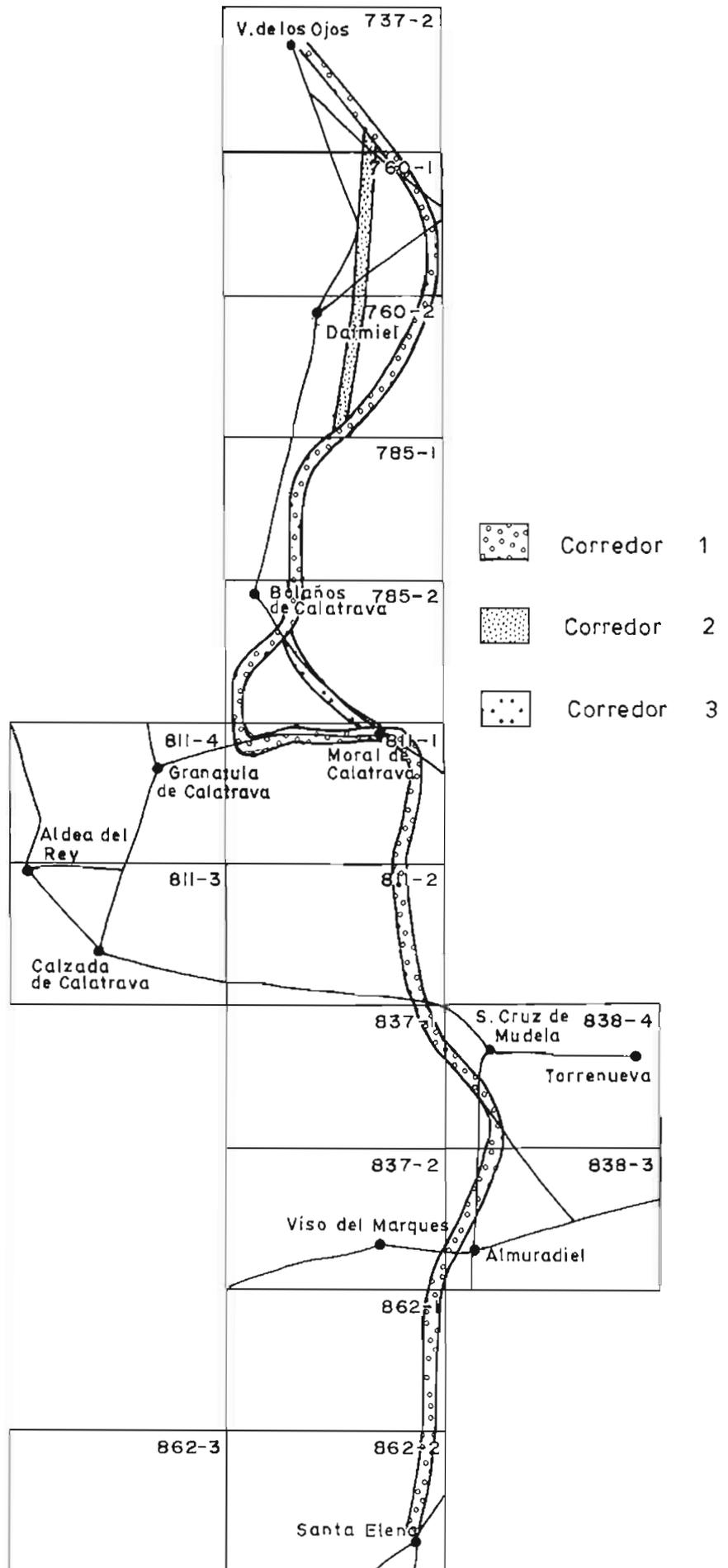


Fig. 58. Corredores de trazado sugeridos.

De este modo, siendo inevitable el cruce con el río Cigüela, parece aconsejable efectuarlo por el punto indicado, que coincide con el de la carretera de Villarrubia de los Ojos a Daimiel, pues en él la anchura del grupo geotécnico X 1 (A) es menor y no parece que hayan surgido hasta el presente problemas importantes con el paso actual. Notamos no obstante, que hacia el este, fuera del tramo, el paso sobre el río Cigüela no constituye prácticamente ningún problema, particular que debe de tenerse en cuenta.

Una vez situados sobre el grupo L (321 a), parece conveniente desviarse hacia el este para evitar el cruce con el río Guadiana, tal como se indica en la figura 54, aunque también se puede atravesar éste por el punto por donde lo hace la carretera antes citada sin excesivos problemas. Será cuestión de considerar el problema de las obras de fábrica precisas frente al aumento de longitud del trazado.

Sobre este grupo, podría discurrir el trazado por cualquier parte, teniendo en cuenta la presencia de zonas pantanosas o semipantanosas, así como las áreas hundidas. Creemos sin embargo aconsejable llevarlo lo más posible hacia el este, pues así se evitan las primeras, y las segundas son menos frecuentes. Discurre luego el trazado con una curva hacia el oeste para mantenerse sobre este grupo, y así evitar el grupo M (321 b) (por los problemas apuntados para el mismo, sobre todo a efectos de obras de fábricas o desmontes que pudieran ser necesarios en enlaces, etc.) viniendo también condicionado por el paso que se aconseja para atravesar la Sierra del Moral.

Situados en las proximidades de Bolaños de Calatrava, el paso al valle del río Jabalón a través de la Sierra del Moral parece razonable hacerlo por donde va la actual carretera de Almagro a Moral de Calatrava que es un paso natural que disminuye sobremanera los movimientos de tierra y además lo hace sobre materiales sin problemas geotécnicos acusados.

Una vez en el valle del río Jabalón parece conveniente el trazado propuesto que discurre sobre el grupo geotécnico S (322 c), muy próximo a la sierra, con lo cual se reducen los problemas del mismo, pudiendo atravesarse el río por donde lo hace la actual carretera de Santa Cruz de Mudela a Moral de Calatrava, siguiendo más o menos un trazado hasta aquella localidad. De este modo se evitan, en lo posible, las áreas con claro predominio de coluviales y se reducen los tramos sobre el grupo T (322 d) que como hemos apuntado en apartados anteriores presenta bastante problemas. En contraposición, serían precisos algunos desmontes en las cuarcitas y pizarras del grupo F (122 b) para atravesar las pequeñas estribaciones que separan el valle del río Jabalón del de la Rambla de Santa Cruz de Mudela.

Desde Santa Cruz de Mudela hasta la zona de Almuradiel al sur de la hoja 837-2, el trazado de la actual carretera N.IV parece el más adecuado, sin que ello evite la posibilidad de otros que pudieran venir impuestos por necesidades viarias, cuya única desventaja pudiera ser la derivada de mayores volúmenes de movimientos de tierras, no en cuantía elevada, o bien la necesidad de atravesar algunas estribaciones de materiales cuarcíticos, siempre más costosos.

Llegados a este punto, la agreste topografía que se presenta hacia el sur y la inestabilidad general de los Valles del río Grande y del arroyo de Pobeda, aconseja como único paso viable el actual de la carretera N.IV a través del Desfiladero de Despeñaperros, ligeramente al este del tramo. Así lo hemos puesto de manifiesto en el esquema de la figura 58. No obstante, el paso con otro trazado claramente no es imposible, pero sí costoso en grado sumo.

## 5. ESTUDIO DE YACIMIENTOS

### 5.0. INTRODUCCION

En el presente apartado, se efectúa una clasificación de las masas canterables y yacimientos granulares, de acuerdo con las características litológicas de los materiales que constituyen los distintos yacimientos, agrupada en los dos cuadros adjuntos, incluye, aparte de las canteras y graveras más importantes, los centros de gravedad de las formaciones que podrían ser explotadas. La simbología empleada es la siguiente: para las canteras utilizaremos las letras C y c, cuando éstas sean de calizas, C' y c' cuando correspondan a materiales cuarcíticos y C'' y c'' cuando se trate de coladas basálticas, también consideraremos las escombreras, en este caso de pizarras y cuarcitas, por tratarse de fuentes importantes para la obtención de áridos; las representaremos por las letras E y e; por último usaremos las letras G y g en el caso de referirnos a graveras. El uso de letras mayúsculas o minúsculas en la simbología antes mencionada dependerá del volumen de los yacimientos a explotar; así utilizaremos letras mayúsculas cuando el volumen de éstas sobrepase los 200.000 m<sup>3</sup>, dejando las minúsculas para cuando el volumen de los citados yacimientos sea inferior a los 200.000 m<sup>3</sup>. Utilizaremos el término "ilimitado", en aquellos yacimientos cuyo volumen exceda el millón de metros cúbicos.

### 5.1. CANTERAS

#### 5.1.1. CANTERAS DE CALIZAS

Son bastante abundantes a lo largo de la mayor parte del tramo. No obstante, la baja calidad de la mayoría de estas masas canterables y su escaso aprovechamiento, hacen que este tipo de canteras carezca de importancia en el presente tramo (Fig. 59).

La totalidad de las canteras, a las que estamos haciendo referencia, se encuentran abandonadas. Dado que todas ellas son fácilmente accesibles, hay que indicar que las características de los materiales que las constituyen las hacen poco adecuadas para su utilización.

**NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación**



Fig. 59. Cantera de calizas (140 b) en Virtudes.

#### 5.1.2. CANTERAS DE CUARCITAS

Constituyen masas canterables de volumen ilimitado, y generalmente de difícil acceso (Fig. 60). Son muy frecuentes en todo el tramo y a la hora de pensar en su explotación habrá que tener en cuenta los graves inconvenientes que plantean, sobradamente conocidos por todos.



Fig. 60. Cantera de cuarcitas (112 b) en el Cerro del Molino del Viento, próximo a Santa Cruz de Mudela.

## **NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación**

### 5.1.3. CANTERAS DE COLADAS BASALTICAS

Se localizan fundamentalmente en la hoja 811 correspondiente a Moral de Calatrava. Las masas canterables presentan problemas que dificultarán enormemente su explotación. Por un lado se trata de materiales fácilmente alterables y resulta muy difícil encontrar la roca sana; por otro, lateral y esporádicamente pasan a aglomerados, piroclastos y otros productos de origen volcánico que falsean el volumen calculado inicialmente, y por fin, gran parte de las coladas ubicadas en estas áreas presentan gran cantidad de vacuolas por lo que serían precisos ensayos para estudiar a fondo su posible aprovechamiento. En general no representa gran problema lo que a su acceso se refieren y en cuanto a su volumen cabe decir que en la mayoría de los casos no resulta fácil de prever, aunque puede decirse que siempre es limitado.

### 5.1.4. ESCOMBRERAS

Son frecuentes en la Hoja 862, correspondiente a Santa Elena, en los alrededores de El Centenillo y Santa Elena respectivamente. Se trata de materiales de naturaleza cuarcítica y pizarrosa fundamentalmente mezclados con materia mineral de tipo sulfuros que confieren al conjunto gran heterogeneidad, haciendo preciso la utilización de ensayos para comprobar su aprovechamiento. Constituyen masas canterables de volumen limitado y fácil acceso.

## 5.2. GRAVERAS

### 5.2.1. COLUVIALES Y CONOS DE DEYECCION

Son muy abundantes en todo el tramo. Constituyen materiales muy heterogéneos, aunque predominan los de naturaleza cuarcítica, siempre mal clasificados. Su coeficiente de aprovechamiento es bajo, y no se considera este tipo de áridos, como material más idóneo para su utilización.

### 5.2.2. GLACIS, RAÑAS, TERRAZAS Y ALUVIALES

Los glacis están constituidos por gravas silíceas mal graduadas y se encuentran muy repartidos por todo el tramo, adquiriendo en algunos puntos cierta importancia (Fig. 61). Su aprovechamiento es más bien bajo y su volumen bastante limitado por la escasa potencia de los afloramientos.

Tanto las rañas, como las terrazas están formadas por materiales muy aptos para su utilización como áridos de hormigones, pero su escasa representación en el tramo y su escasa potencia nos limitan enormemente lo que a su volumen se refiere.

Los aluviales tampoco podemos tenerlos muy en cuenta dado que apenas contienen cantidad suficiente de gravas; tan sólo los correspondientes al río Jabalón y a algunos de sus afluentes que adquieren alguna importancia al atravesar las sierras cuarcíticas, pero esto sucede en puntos muy localizados, por lo que su interés como yacimientos granulares es casi nulo.

### 5.2.3. GRAVERAS DE PIROCLASTOS

La gran calidad de los materiales que constituyen este tipo de yacimientos, su volumen, el alto coeficiente de aprovechamiento y su fácil accesibilidad, hacen de este conjunto que sea el más apto de los aquí mencionados para su explotación como yacimientos granulares. Actualmente existen varias explotaciones en este tipo de materiales.

**NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación**

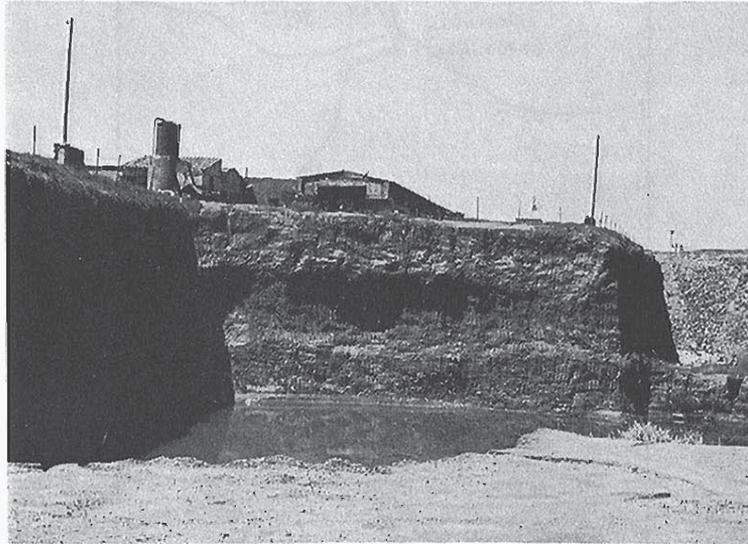


Fig. 61. Gravera en glacis (350 c), a la salida de Santa Cruz de Mudela, en dirección a Torrenueva.

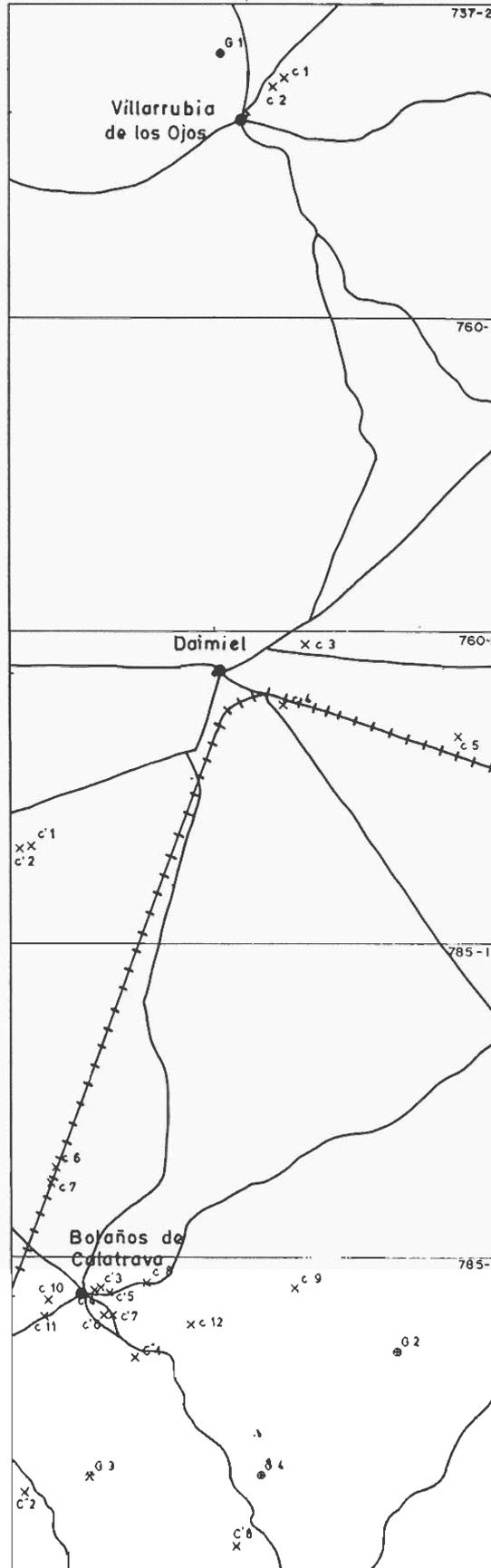
#### 5.2.4. GRAVERAS DE LEM GRANITICO

Constituyen materiales sumamente alterables pero su gran calidad y fácil acceso les hacen susceptibles de ser explotados.

#### 5.3. PRESTAMOS

Puede considerarse que la gran mayoría de los materiales del tramo, pueden ser utilizados como préstamos. Habrá que exceptuar a aquellos materiales que mencionábamos en el apartado 4 por no reunir las características geotécnicas adecuadas para su uso, en tales fines. Debido a la gran amplitud que representaría un cuadro de clasificación de este tipo de materiales, hemos decidido excluirlo de la presente publicación.

**NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación**

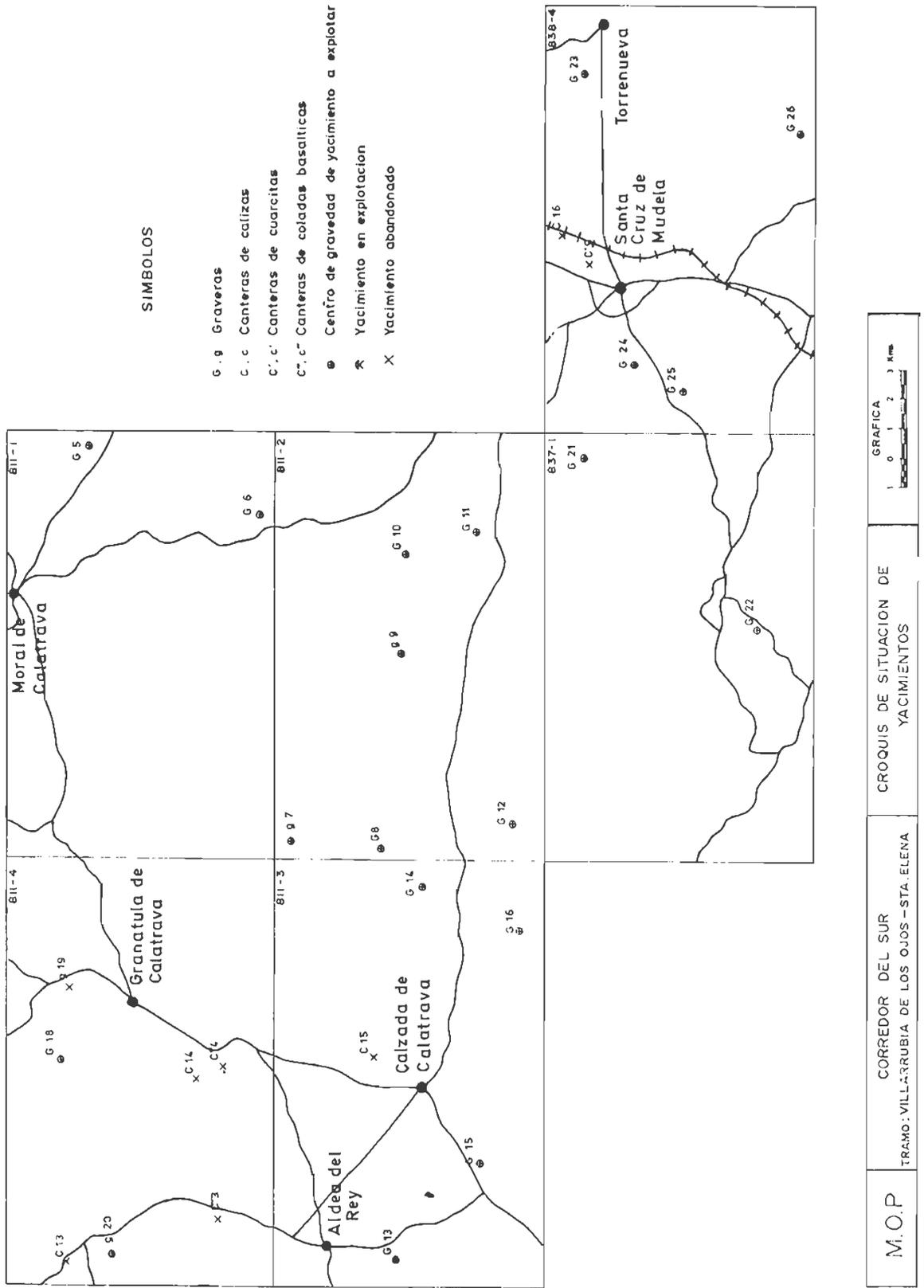


**SIMBOLOS**

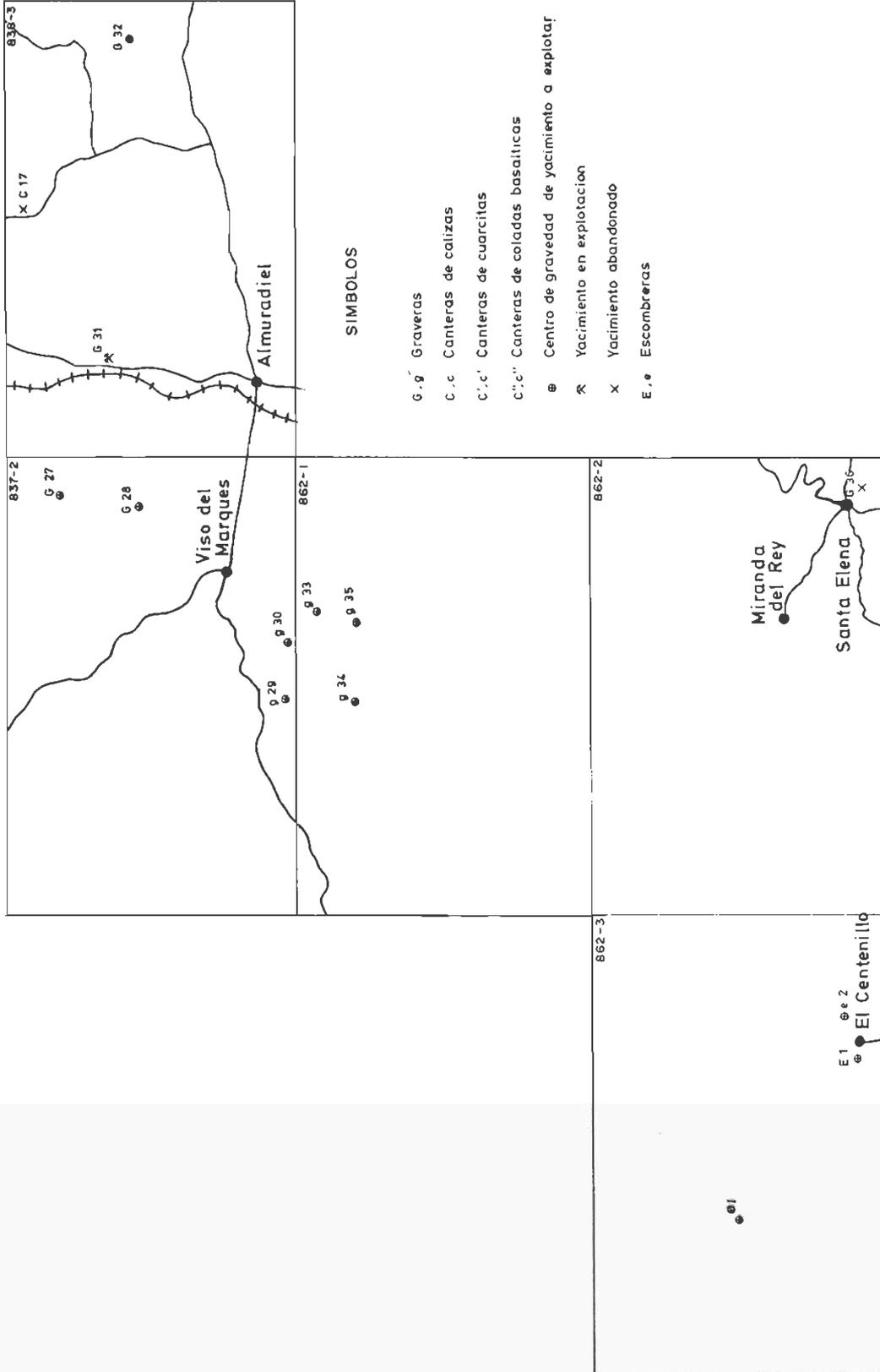
- G . g Graveras
- C . c Canteras de calizas
- C'.c' Canteras de cuarcitas
- C''.c' Canteras de coladas basálticas
- ⊙ Centro de gravedad de yacimiento a explotar
- ⊛ Yacimiento en explotación
- × Yacimiento abandonado

|       |   |  |                        |
|-------|---|--|------------------------|
| M.O.P | CORREDOR DEL SUR<br>TRAMO VILLARRUBIA DE LOS OJOS - STA ELENA | CROQUIS DE SITUACION DE<br>YACIMIENTOS | GRAFICA<br>0 1 2 3 Kms |
|-------|---|--|------------------------|

**NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación**



**NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación**



|        |   |  |                         |
|--------|---|--|-------------------------|
| M.O.P. | CORREDOR DEL SUR<br>TRAMO: VILLARRUBIA DE LOS OJOS - STA. ELENA | CROQUIS DE SITUACION DE<br>YACIMIENTOS | GRAFICA<br>1 0 1 2 3 Km |
|--------|---|--|-------------------------|

**NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación**

Cuadro I  
CANTERAS

| N°<br>referencia<br>croquis | N°<br>cuadr. | Coordenadas |           | V. aprox. | C. aprov. | Grup. litol. |
|-----------------------------|--------------|-------------|-----------|-----------|-----------|--------------|
|                             |              | X           | Y         |           |           |              |
| C <sub>1</sub>              | 737-2        | 0°05'26"    | 39°13'45" | 50.000    | 50 %      | 322 a        |
| C <sub>2</sub>              | 737-2        | 0°05'20"    | 39°13'35" | 50.000    | 50 %      | 322 a        |
| C <sub>3</sub>              | 760-2        | 0°06' 8"    | 39°04'45" | 20.000    | 50 %      | 321 a        |
| C <sub>4</sub>              | 760-2        | 0°05'30"    | 39°03'28" | 50.000    | 50 %      | 321 a        |
| C <sub>5</sub>              | 760-2        | 0°09'10"    | 39°03'15" | 175.000   | 70 %      | 321 a        |
| C' <sub>1</sub>             | 760-2        | 0°00'30"    | 39°01'30" | 175.000   | 60 %      | 121 b        |
| C' <sub>2</sub>             | 760-2        | 0°00'10"    | 39°01'25" | 175.000   | 60 %      | 121 b        |
| C' <sub>2</sub>             | 760-2        | 0°00'10"    | 39°01'25" | 175.000   | 60 %      | 121 b        |
| C <sub>6</sub>              | 785-1        | 0°00'53"    | 38°56'30" | 60.000    | 50 %      | 321 a        |
| C <sub>7</sub>              | 785-1        | 0°00'40"    | 38°56'22" | 60.000    | 50 %      | 321 a        |
| C <sub>8</sub>              | 785-2        | 0°02'45"    | 38°54'35" | 15.000    | 50 %      | 322 b        |
| C <sub>9</sub>              | 785-2        | 0°05'50"    | 38°54'30" | 30.000    | 70 %      | 321 a        |
| C' <sub>3</sub>             | 785-2        | 0°01'49"    | 38°54'31" | 150.000   | 60 %      | 121 b        |
| C' <sub>4</sub>             | 785-2        | 0°01'45"    | 38°54'28" | 150.000   | 60 %      | 121 b        |
| C' <sub>5</sub>             | 785-2        | 0°01'58"    | 38°54'25" | 150.000   | 60 %      | 121 b        |
| C <sub>10</sub>             | 785-2        | 0°00'40"    | 38°54'28" | 30.000    | 60 %      | 322 b        |
| C <sub>11</sub>             | 785-2        | 0°00'22"    | 38°54'12" | 30.000    | 60 %      | 322 b        |
| C' <sub>6</sub>             | 785-2        | 0°02'       | 38°54' 5" | 150.000   | 60 %      | 121 b        |
| C' <sub>7</sub>             | 785-2        | 0°02'10"    | 38°54' 5" | 150.000   | 60 %      | 121 b        |
| C <sub>12</sub>             | 785-2        | 0°03'42"    | 38°53'42" | 50.000    | 50 %      | 322 b        |
| G'' <sub>1</sub>            | 785-2        | 0°02'28"    | 38°53'27" | Ilimitado | 50 %      | 011 a        |
| G'' <sub>2</sub>            | 785-2        | 0°00'12"    | 38°51'11" | Ilimitado | 95 %      | 011 a        |
| G' <sub>8</sub>             | 785-2        | 0°04'40"    | 38°50'25" | Ilimitado | 95 %      | 121 a        |
| G <sub>13</sub>             | 811-9        | 0°10'28"    | 38°49'50" | Ilimitado | 95 %      | 321 e        |
| G <sub>14</sub>             | 811-4        | 0°04'58"    | 38°46'35" | Ilimitado | 95 %      | 321 d        |
| G'' <sub>3</sub>            | 811-4        | 0°09'40"    | 38°46'12" | Ilimitado | 95 %      | 011 a        |
| G'' <sub>4</sub>            | 811-4        | 0°05'10"    | 38°46' 4" | Ilimitado | 95 %      | 011 a        |
| G <sub>15</sub>             | 811-4        | 0°05'30"    | 38°43'20" | 250.000   | 80 %      | 321 e        |
| C <sub>16</sub>             | 838-4        | 0°14'25"    | 38°39'42" | 100.000   | 70 %      | 321 f        |
| G' <sub>9</sub>             | 838-4        | 0°13'50"    | 38°39'10" | 250.000   | 80 %      | 122 b        |
| C <sub>17</sub>             | 838-3        | 0°15'20"    | 38°34'38" | 150.000   | 95 %      | 140 a        |
| C <sub>18</sub>             | 838-3        | 0°15'25"    | 38°34'36" | 150.000   | 95 %      | 140 a        |
| e <sub>1</sub>              | 862-3        | 0°06'35"    | 38°22'32" | 50.000    | 70 %      | 131 a        |
| e <sub>2</sub>              | 862-3        | 0°02'18"    | 38°20'40" | 50.000    | 70 %      | 123 a        |
| E <sub>1</sub>              | 862-3        | 0°03'10"    | 38°20'35" | 300.000   | 70 %      | 123 a        |

**NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación**

**Cuadro II**  
**GRAVERAS**

| N°<br>referencia<br>croquis | N°<br>cuadr. | Coordenadas |           | V. aprox. | C. aprov. | Grup. litol. |
|-----------------------------|--------------|-------------|-----------|-----------|-----------|--------------|
|                             |              | X           | Y         |           |           |              |
| G <sub>1</sub>              | 737-2        | 0°04'20"    | 39°14'    | Ilimitado | 70 %      | D            |
| G <sub>2</sub>              | 785-2        | 0°07'50"    | 38°53'32" | 250.000   | 80 %      | A 2          |
| G <sub>3</sub>              | 785-2        | 0°01'35"    | 38°51'30" | Ilimitado | 90 %      | 011 b        |
| G <sub>4</sub>              | 785-2        | 0°05'10"    | 38°51'32" | 250.000   | 80 %      | A 2          |
| G <sub>5</sub>              | 811-1        | 0°09'40"    | 38°48'35" | Ilimitado | 70 %      | G            |
| G <sub>6</sub>              | 811-1        | 0°08'20"    | 38°45'48" | 250.000   | 70 %      | D            |
| g <sub>7</sub>              | 811-2        | 0°00'32"    | 38°44'45" | 100.000   | 65 %      | D            |
| G <sub>8</sub>              | 811-2        | 0°00'25"    | 38°43'10" | Ilimitado | 70 %      | G            |
| g <sub>9</sub>              | 811-2        | 0°04'55"    | 38°42'45" | 100.000   | 65 %      | D            |
| G <sub>10</sub>             | 811-2        | 0°07'15"    | 38°42'35" | Ilimitado | 80 %      | T            |
| G <sub>11</sub>             | 811-2        | 0°07'45"    | 38°41'10" | Ilimitado | 70 %      | 350 a        |
| G <sub>12</sub>             | 811-2        | 0°00'50"    | 38°40'48" | Ilimitado | 70 %      | 350 a        |
| G <sub>13</sub>             | 811-3        | 0°09'30"    | 38°42'50" | 300.000   | 85 %      | 011 b        |
| G <sub>14</sub>             | 811-3        | 8°00'25"    | 38°42'12" | 250.000   | 70 %      | G            |
| G <sub>15</sub>             | 811-3        | 0°07'11"    | 38°41'22" | 350.000   | 85 %      | 011 b        |
| G <sub>16</sub>             | 811-3        | 0°01'40"    | 38°40'35" | 300.000   | 70 %      | 350 a        |
| G <sub>17</sub>             | 811-3        | 0°04'55"    | 38°40'12" | Ilimitado | 85 %      | 011 b        |
| G <sub>18</sub>             | 811-3        | 0°04'48"    | 38°49'10" | Ilimitado | 80 %      | 011 b        |
| g <sub>19</sub>             | 811-3        | 0°02'55"    | 38°49'5"  | 150.000   | 75 %      | 011b         |
| G <sub>20</sub>             | 811-3        | 0°09'30"    | 38°48'18" | Ilimitado | 80 %      | 011 b        |
| G <sub>21</sub>             | 837-3        | 0°09'20"    | 38°39'15" | Ilimitado | 70 %      | 350 a        |
| G <sub>22</sub>             | 837-1        | 0°05'20"    | 38°36'    | 250.000   | 70 %      | 350 a        |
| G <sub>23</sub>             | 838-4        | 0°18'15"    | 38°39'15" | 250.000   | 75 %      | A 1          |
| G <sub>24</sub>             | 838-4        | 0°11'20"    | 38°38'25" | 250.000   | 70 %      | 350 a        |
| G <sub>25</sub>             | 838-4        | 0°10'50"    | 38°37'25" | 250.000   | 65 %      | D            |
| G <sub>26</sub>             | 838-4        | 0°17'       | 38°35'15" | 250.000   | 70 %      | C            |
| G <sub>27</sub>             | 837-2        | 0°09'15"    | 38°34'    | 250.000   | 70 %      | C            |
| G <sub>28</sub>             | 837-2        | 0°08'50"    | 38°32'35" | 250.000   | 80 %      | A 2          |
| g <sub>29</sub>             | 837-2        | 0°04'45"    | 38°30'10" | 150.000   | 80 %      | 350 e        |
| g <sub>30</sub>             | 837-2        | 0°05'50"    | 38°30'10" | 150.000   | 80 %      | 350 e        |
| G <sub>31</sub>             | 838-3        | 0°12' 5"    | 38°33'20" | 250.000   | 80 %      | A 2          |
| G <sub>32</sub>             | 838-3        | 0°19'25"    | 38°33'    | 250.000   | 70 %      | G            |
| g <sub>33</sub>             | 862-1        | 0°04'45"    | 38°29'42" | 150.000   | 80 %      | 350 e        |
| g <sub>34</sub>             | 862-1        | 0°06'30"    | 38°29'10" | 150.000   | 80 %      | 350 e        |
| g <sub>35</sub>             | 862-1        | 0°06'48"    | 38°29'    | 150.000   | 80 %      | 350 e        |
| G <sub>36</sub>             | 862-2        | 0°09'10"    | 38°20'20" | 250.000   | 90 %      | 011 g        |

## BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

**ALIA MEDINA, M., CAPOTE, R. y HERNANDEZ ENRILE, J.L.**

- 1971 Rasgos geológicos y tectónicos de la Sierra Morena Oriental y sus estribaciones meridionales en la transversal de Moral de Calatrava (Ciudad Real) a Villanueva del Arzobispo (Jaén). Departamento de Geomorfología y Geotectónica. Cátedra de Geodinámica Interna, Universidad Complutense de Madrid.

**CORTAZAR, D. de**

- 1880 Reseña física y geológica de la provincia de Ciudad Real. "Bol. Com. Mapa Geol.", tomo VII, págs. 289-329, Madrid.

**CHAUVEL, J., BROT, J., PILLET, J. et TAMAIN, G.**

- 1969 Précisions sur l'Ordovicien moyen et supérieur de la "série-type" du Centenillo (Sierra Morena orientale, Espagne). Bull. Soc. Geol. de France, 171, XI, pp. 613-626.

**GIL CID, M.D.**

- 1971 Nota sobre algunos Calymenáceos (Trilobites) del Ordovícico de los Montes de Toledo. Est. Geol. Vol. XXVII, pp. 311-316. Inst. Lucas Mallada, C.S.I.C., España.
- 1972 Sobre algunos Asaphidae (Trilobites) del Ordovícico de los Montes de Toledo (España). Est. Geol. Vol. XXVIII, pp. 89-101. Inst. Lucas Mallada C.S.I.C., España.
- 1972 Sobre los Phacopina del Ordovícico de los Montes de Toledo. Est. Geol. Vol. XXVIII, pp. 143-153. Inst. Lucas Mallada, C.S.I.C., España.

**HERNANDEZ PACHECO, E.**

- 1926 Les volcans de la region centrale de L'Espagne. Bull. Vol. Sections de Vulcanologie de l'Union Géodesique et Géophysique Internationale, Vol. 13-14, Napoli (Italia).

**HERNANDEZ PACHECO, F.**

- 1932 Estudio de la región volcánica central de España. Mem. R. Acad. Cienc. Exact. Fis. y Nat. de Madrid, T. III, Cien. Nat. Madrid.

**HERNANDEZ PACHECO, F. y MACAU VILAR, F.**

- 1962 Itinerario geológico Madrid-Cádiz. Serv. Geol. Obras Públicas. Madrid.

**INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA**

- 1934 Mapa Geológico de España a escala 1:50.000. Explicación de la Hoja 760, Daimiel.
- 1935 Mapa Geológico de España a escala 1:50.000. Explicación de la Hoja 785, Almagro.
- 1935 Mapa Geológico de España a escala 1:50.000. Explicación de la Hoja 811, Moral de Calatrava.
- 1935 Mapa Geológico de España a escala 1:50.000. Explicación de la Hoja 838, Santa Cruz de Mudela.
- 1971 Mapa Geológico de España a escala 1:200.000. Memoria explicativa de la Hoja 61, Ciudad Real.
- 1971 Mapa Geológico de España a escala 1:200.000. Memoria explicativa de la Hoja 70, Linares.

**MOLINA, E., PEREZ GONZALEZ, A. y AGRUIRRE, E.**

- 1972 Observaciones geológicas en el Campo de Calatrava. Est. Geol. Vol. XXVIII, pp. 3-11. Inst. Lucas Mallada C.S.I.C. España.

**MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS**

- 1971 Estudios previos de terrenos. Autopista Madrid-Córdoba, tramo Ciudad Real-Fuencaliente. Dirección General de Carreteras. Madrid.
- 1971 Estudios previos de terrenos. Autopista Madrid-Córdoba, tramo Piedrabuena-Ciudad Real. Dirección General de Carreteras. Madrid.

**SANCHEZ CELA, V. y APARICIO YAGUE, A.**

- 1969 Estudio petrológico de los afloramientos graníticos de Santa Elena y Linares (Jaén). Bol. Inst. Geol. y Min. de España, T. LXXX-IV (344-351). Madrid.

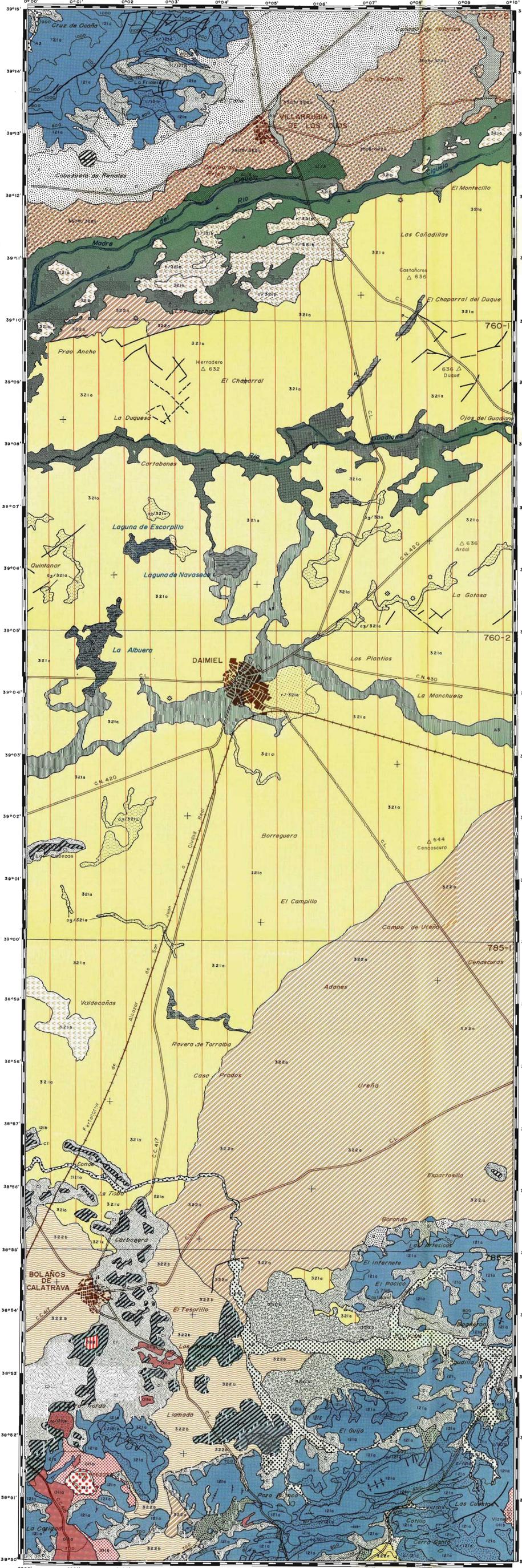
**SERVICIO GEOLOGICO DE OBRAS PUBLICAS**

- 1928 "Informe del puente en la Carretera N.IV de Madrid a Cádiz, sobre el río Cigüela". Madrid.
- 1944 "Informe geológico sobre el pantano de la Vega del río Jabalón". Madrid.
- 1948 "Informe del puente sobre el Guadiana en la Carretera N.430 de Badajoz a Valencia por Almansa". Madrid.
- 1959 "Informe del puente sobre el río Guadiana en la Carretera de Madrid a Ciudad Real".
- 1970 "Estudio preliminar de Recursos Hidráulicos Totales de la zona de la Mancha". Madrid.
- 1971 "Captación de aguas para el abastecimiento de Castellar de Santiago (Ciudad Real)". Madrid.
- 1972 "Estudio de los Recursos Hidráulicos Totales de la zona de la Mancha". Madrid.

**TAMAIN, G.**

- 1967 "El Centenillo - zona de reference pour l'étude de l'Ordovicien de la Sierra Morena Orientale (Espagne)". C.R. de S. de l'Ac. des Sc. de París, T. 265.

MAPA LITOLOGICO - ESTRUCTURAL Escala, 1:50.000



FORMACIONES CUARCITICO - ARENOSAS

- 121a** Cuarzitas marinas o en bancos potentes, de grano fino a grueso, de colores claros, con impregnaciones de óxido de hierro en las zonas de fractura ("cuarcitas armorianas"). Fuertemente tectonizadas, disposición muy variable. Permeabilidad alta por fisuración, drenaje superficial bueno; peligros locales de deslizamientos, taludes naturales estables. (Ordovícico Inf. P.a.: 200 m).
- 121b** Cuarzitas arenosas de grano medio, tabulares, alternando con pizarras arcillosas de color rojo; intracaladas en esta serie aparecen areniscas cuarcíticas de grano medio en lotes de hasta 30 cm de espesor. Generalmente la estratificación es normal a la estratificación. Permeabilidad de media a baja, drenaje superficial aceptable; riopables en las partes superiores alteradas; en general estables, aunque cuando están sobre el grupo 222 (flaca al oeste) presentan problemas de deslizamientos; taludes naturales en general estables. (B.M. 10<sup>a</sup>-15<sup>a</sup>. (Terciario Indif. P.a.: Indef.).

FORMACIONES VOLCANICAS Y GRANITICAS

- 010a** Coladas basálticas, con fenocristales de olivino, textura microporfidica, de colores grises-azulados, y de gran dureza y densidad. Estructura masiva. Permeabilidad de media a baja, drenaje superficial aceptable; riopables en las partes superiores alteradas; en general estables, aunque cuando están sobre el grupo 222 (flaca al oeste) presentan problemas de deslizamientos; taludes naturales en general estables. (B.M. 10<sup>a</sup>-15<sup>a</sup>. (Terciario Indif. P.a.: Indef.).
- 010b** Cenizas volcánicas compactas, lapilli escoriolosos de naturaleza basáltica, microagregados de cantos de cuarcita y basalto, diferencialmente cementados con cenizas travertínicas de escasa potencia. Concreto estratificado. Permeabilidad de media a alta; riopabilidad en general alta, drenaje superficial aceptable; deslizamientos actuales en algunas áreas, problemas locales de estabilidad; buenas cenizas de cenizas volcánicas; taludes naturales en general estables. (B.M. 10<sup>a</sup>-15<sup>a</sup>. (Terciario Indif. P.a.: Indef.).

FORMACIONES CALCO - MARGOSAS

- 322c** Contreras travertínicas de potencia variable, pero siempre reducida, sobre formaciones detríticas volcánicas, o sobre arcillas calcáreas nodulosas rojas. Origen niveles de morfología suave. Características geotécnicas similares a las del grupo 322 b; aterabilidad media, evitando taludes naturales inestables. (Plioceno. P.a.: 3-5 m).
- 322a** Calizas travertínicas sobre calizas margosas de tonos amarillentos, bien estratificadas, en capas de hasta 1 m de espesor, con intercalaciones de margas blanquecinas pulverulentas. Estructura subhorizontal. Permeabilidad de media a baja, drenaje superficial de aceptable a deficiente; riopabilidad en general alta; erosionalidad alta en los niveles margosos, presencia en algunos puntos de sulfatos localizados hacia el norte, próximos de deslizamientos en los contactos con los grupos A y A3, así como de formación de dolinas. (Mioceno. P.a.: 5 m).

FORMACIONES DETRITICAS, ARCILLO - MARGOSAS

- 321a** Arcillas margosas rojas y margas blancas pulverulentas, recubiertas por contreras travertínicas a veces potentes. Se disponen horizontalmente salvo en los bordes de sierras. Permeabilidad en general baja, drenaje superficial de aceptable a deficiente; riopabilidad en general alta, aterable y erosionalidad; taludes naturales estables. (B. 0<sup>a</sup>-5<sup>a</sup>. (Plioceno. P.a.: 10-20 m).
- 321b** Arcillas carbonatadas nodulosas, de tonos pardos-rojos, recubiertas por contreras travertínicas de potencia variable (1 a 3 m), encima de las cuales se presenta un recubrimiento limoso. Ocupan llanos, en zonas endoréicas o cerradas, o fondos de valle planos. Permeabilidad baja, drenaje superficial deficiente; capacidad portante media o alta por la presencia de la corte travertínica; resistencia de media a baja en los niveles arcillosos; conjunto en general riopable; taludes naturales estables. (B. 0<sup>a</sup>-5<sup>a</sup>. (Plioceno. P.a.: 10-15 m).
- 321c** Margas blanquecinas pulverulentas con yesos diseminados, irregularmente travertinizadas en superficie. Estructura horizontal. Permeabilidad baja, mal drenaje; riopabilidad alta, aterable; baja estabilidad, plasticidad media; no se observan taludes naturales. (Mioceno. P.a.: 6-8 m).

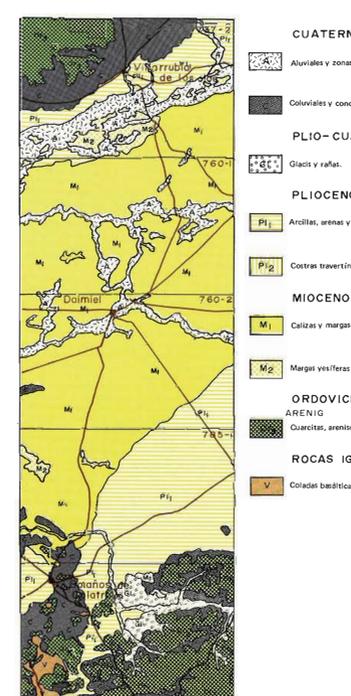
FORMACIONES DETRITICAS

Cuarcitas arenosas potentes, constituidas por cantos de cuarcita de granulometría variable, con matriz limo-arcillosa. Estructura típica de glaci. Permeabilidad de media a alta, drenaje superficial aceptable; capacidad portante media. (Cuaternario. P.a.: 3-5 m).

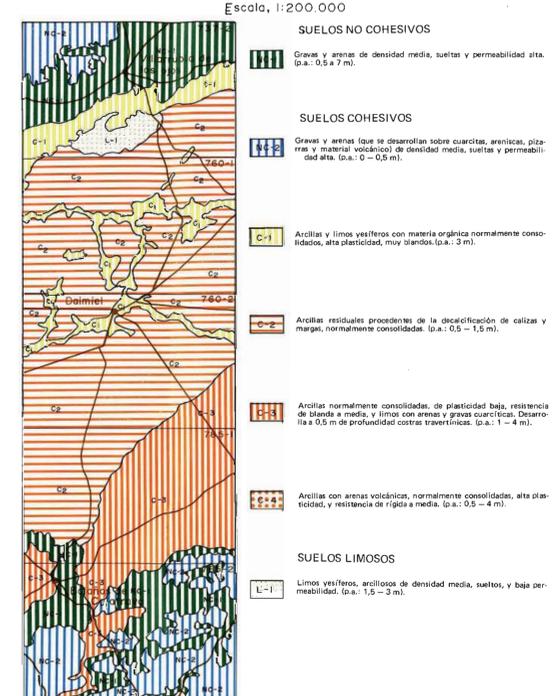
FORMACIONES SUPERFICIALES

- A** Aluviales potentes constituidos por limos orgánicos y yesíferos. Drenaje pélimo, baja capacidad portante; grupo geotécnico peligroso. (Cuaternario. P.a.: 6 m).
- A1** Aluviales limo arcillosos potentes, con alguna proporción de cantos de cuarcita. Mal drenaje; capacidad portante baja; plasticidad media. (Cuaternario. P.a.: 6 m).
- A2** Aluviales limo arcillosos potentes, con gran proporción de cantos de cuarcita. Permeabilidad en general alta; capacidad portante de media a alta; utilizable para puentes en general. (Cuaternario. P.a.: 6 m).
- A3** Aluviales potentes, limo arcillosos. Drenaje pélimo; capacidad portante en general baja; plasticidad media. (Cuaternario. P.a.: 3-5 m).
- C1** Coluviales potentes, constituidos por gran proporción de cantos de cuarcita y matriz arcillosa. Permeabilidad de media a baja, drenaje superficial aceptable; erosionalidad; problemas de deslizamientos en la actualidad; taludes naturales en general inestables. (B.M. 10<sup>a</sup>-15<sup>a</sup>. (Cuaternario. P.a.: 4 m).
- C2** Coluviales potentes constituidos por limos y cantos cementados por cenizas travertínicas. Permeabilidad media; capacidad portante en general alta; riopabilidad en general alta; taludes naturales estables. (B.M. 10<sup>a</sup>-15<sup>a</sup>. (Cuaternario. P.a.: 3-5 m).
- C3** Conos de deyección, de potencia variable, constituidos por gravas silíceas con matriz limo-arcillosa. Permeabilidad en general baja, drenaje superficial aceptable; problemas locales de estabilidad en los desmontes; taludes naturales estables. (B.M. 10<sup>a</sup>-15<sup>a</sup>. (Cuaternario. P.a.: 2-7 m).
- C4** Áreas endoréicas pantanosas, constituidas fundamentalmente por arcillas, materia orgánica y limos yesíferos. Permeabilidad en general baja, drenaje superficial pélimo; capacidad portante baja. (Cuaternario. P.a.: 3-5 m).
- S20 a** Grupo semejante a S20 a, con menor potencia. (Plio-Cuaternario. P.a.: 1-3 m).
- S1** Aluviales limo-arcillosos, poco potentes. (Cuaternario. P.a.: 1-3 m).
- S2** Aluviales limo-arcillosos poco potentes. (Cuaternario. P.a.: 1-3 m).
- S3** Coluviales poco potentes constituidos por gran proporción de cantos de cuarcita en matriz arcillosa. (Cuaternario. P.a.: 1-3 m).
- S4** Coluviales poco potentes, de naturaleza similar al grupo C1. (Cuaternario. P.a.: 1-3 m).
- R** Recubrimientos muy poco potentes fundamentalmente arcillosos. (Cuaternario. P.a.: 2 m).

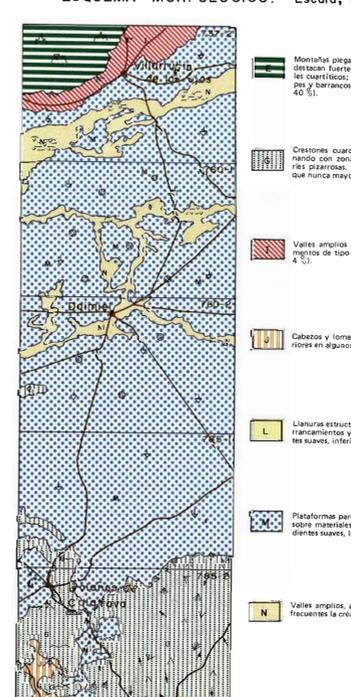
ESQUEMA GEOLOGICO. - Escala, 1:200.000



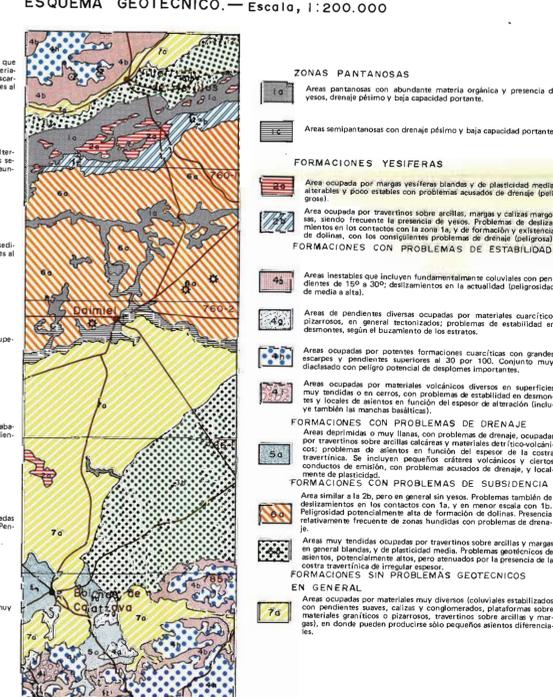
ESQUEMA DE SUELOS Y FORMACIONES DE PEQUEÑO ESPESOR Escala, 1:200.000



ESQUEMA MORFOLOGICO. - Escala, 1:200.000



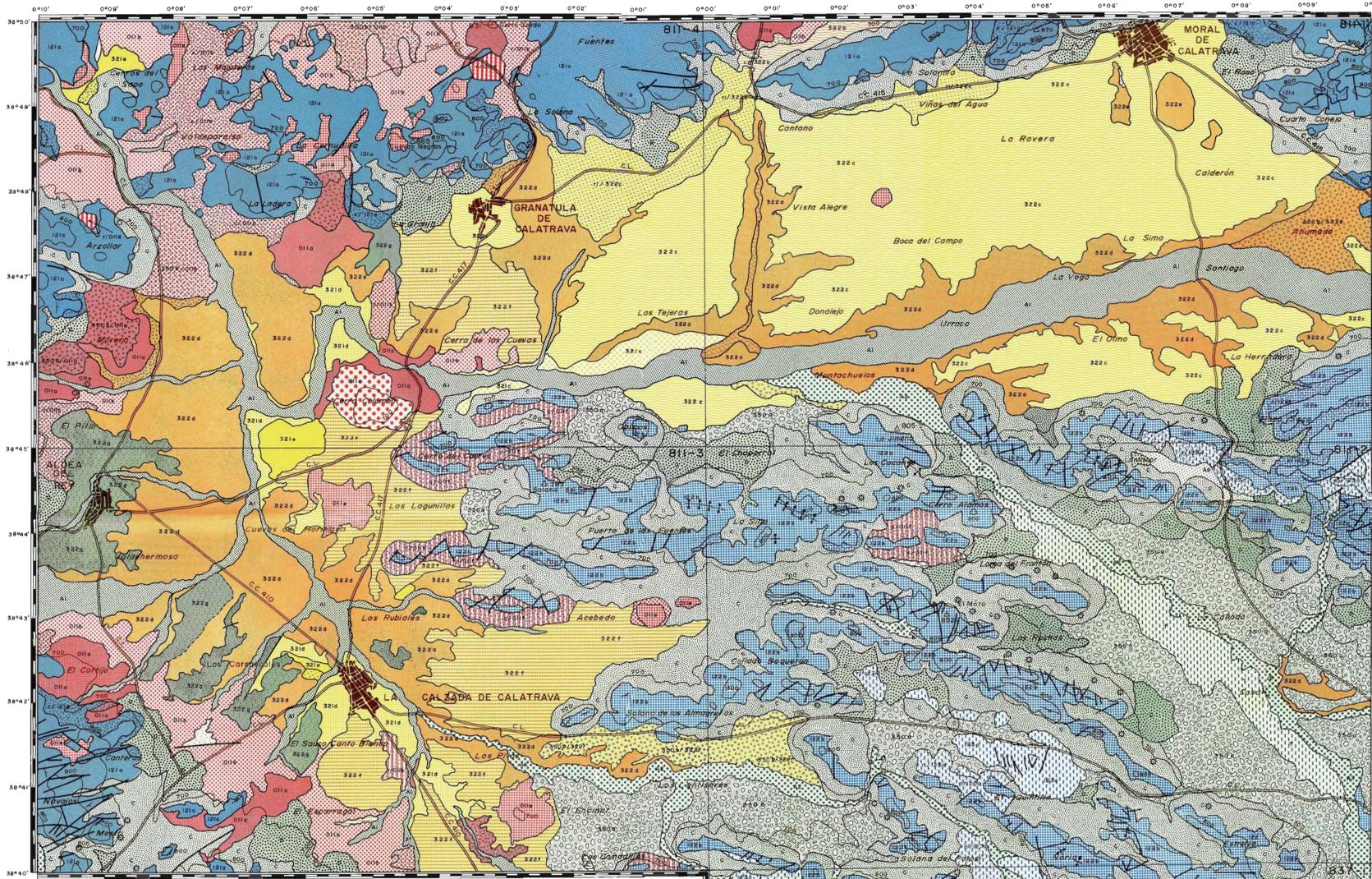
ESQUEMA GEOTECNICO. - Escala, 1:200.000



- SÍMBOLOS CONVENCIONALES (MORFOLOGICO)**
- AREAS PANTANOSAS
  - RELIEVE ACUSADO
  - RELIEVE MUY ACUSADO
  - ZONAS CARSTICAS
  - ZONAS ALOMADAS
  - CONO CINDER
  - CRATER DE EXPLOSION
  - DIGUES
  - COLADAS
  - ABANICOS COLUVIALES O DE DEYECCION
  - AREAS CON TENDENCIA AL ENDOREISMO (MAL DRENAJE)
  - DRENAJE ACEPTABLE
  - DRENAJE DEFICIENTE

- SÍMBOLOS CONVENCIONALES (GEOTECNICO)**
- DESLIZAMIENTO
  - DESPRENDIMIENTOS
  - HUNDIMIENTOS
- SÍMBOLOS CONVENCIONALES (MAPA LITOLOGICO - ESTRUCTURAL)**
- FALLA
  - FALLA SUPUESTA
  - ANTICLINAL
  - SINCLINAL
  - DESPLAZAMIENTO
  - DESPRENDIMIENTOS
  - HUNDIMIENTO
  - CANTERAS
  - BUZAMIENTO DE 0° - 30°
  - BUZAMIENTO DE 30° - 60°
  - BUZAMIENTO DE 60° - 90°
  - BUZAMIENTO HORIZONTAL
  - BUZAMIENTO VERTICAL
  - CAPA

# MAPA LITOLOGICO-ESTRUCTURAL Escala, 1:50.000



## FORMACIONES CUARZITICO-ARENISOSAS

- 321a** Cuarcitas de colores claros con lenticillas de cuarzo muy duras y cristalizadas, con oniridos. Presentan buzamiento fuerte, algunas veces hacia verticales. Permeabilidad de media a alta, drenaje superficial bueno; taludes naturales estables. (Ordoñico inf: P.a.: 200 m).
- 321b** Cuarcitas de color gris claro, en bancos potentes, alternados por diaclasas de cuarzo de pequeño espesor. Fuertes buzamientos y gran diaclasado. Permeabilidad en general alta, drenaje superficial bueno; taludes naturales de deslizamiento; taludes naturales estables muy variables de inclinación y altura. (Silurico: P.a.: 160 m).
- 321c** Cuarcitas de grano medio de colores rojizos, con algunas intercalaciones hacia la base de areniscas cuarcíticas en lechos delgados. Buzamiento subvertical. Permeabilidad de media a alta, drenaje superficial bueno; grupo con escasa representación. (Ordoñico medio: P.a.: 60 m).
- 321d** Cuarcitas areniscosas de grano medio, tabuladas, alternadas con pizarras arcillosas de color rojizo. Generalmente la plasticidad es normal a la estratificación. Permeabilidad baja, drenaje superficial aceptable; los niveles de pizarras suelen ser blandos y el conjunto puede ser localmente rígido, se mantiene blando en las subverticales y colinas a la estratificación; taludes naturales estables. (Ordoñico inf: P.a.: 100 m).
- 321e** Pizarras verde-olivas arenosas, con intercalaciones de areniscas cuarcíticas de grano medio y pizarras de color negro, taludes arenosos. Buzamientos casi verticales. Permeabilidad media, drenaje superficial aceptable; ripables en general. (Ordoñico medio: P.a.: 100 m).

## FORMACIONES PIZARROSO-ARENISOSAS

- 322a** Cuarcitas y areniscas de grano grueso, de tonos claros en lechos de hasta 50 cm de espesor, alternando con pizarras areniscosas, poco gradadas, muy sectorizadas. Buzamientos muy acusados en los flancos de los sinclinales. Permeabilidad de media a alta. La rigidez es muy variable dependiendo de los tiempos parásitos y del diaclasado. Taludes naturales de inclinación y altura variables generalmente estables. (Silurico Sup: P.a.: 100 m).
- 322b** Pizarras areniscosas negras con graptolitos e intercalaciones de areniscas cuarcíticas de grano medio. Pegamitos suaves de tipo local, a veces muy frías. Características geotécnicas similares a las del grupo 321a, aunque su rigidez es más alta a causa de la fracturación elevada. (Silurico inf: P.a.: 200 m).
- 322c** Pizarras verdes y areniscas cuarcíticas de grano medio con intercalaciones de calizas fósiles de color gris y cuarcitas. Conjunto muy fracturado y diaclasado. Permeabilidad variable, en general media; ripables en la parte superficial blanda, en algunos casos muy variable. Drenaje superficial en general aceptable en algunos puntos deficientes; taludes naturales estables de muy variable inclinación y altura. (Ordoñico Sup: P.a.: 200-300 m).
- 322d** Pizarras arcillosas, de color verde cuando están atravesadas y negro en fractura fresca, con abundante fauna. Muy diaclasadas con diaclasado abundante. Permeabilidad variable según el grado de atracción y diaclasado; ripables en la parte superficial atravesada, drenaje superficial en general aceptable; problemas de deslizamientos en algunos puntos (hacia el sur); taludes naturales estables muy variables. (B, 5-300; Ordoñico medio: P.a.: 200 m).

## FORMACIONES VOLCANICAS Y GRANITICAS

- 011a** Coladas basálticas, con fenocristales de olivino, textura microporfídica, de colores griseo-azules, y de gran dureza y densidad. Estructura media. Permeabilidad media, drenaje superficial aceptable; ripables en las partes superiores blandas, en las inferiores estables, aunque cuando están sobre el grupo 322d (hacia el oeste) presentan problemas de deslizamientos; taludes naturales en general estables. (B, 10-150; Terciario inf: P.a.: Indef.).
- 011b** Conos volcánicos concastrados, haplos acuosos de naturaleza basáltica; intercalaciones de cantos de cuarcita y basalto, diferencialmente compactados con costras travertínicas de escasa potencia. Conjunto estratificado. Permeabilidad de media a alta; ripables en general alta, drenaje superficial aceptable; deslizamientos en algunos casos; problemas locales de estabilidad; buzamientos en general variables; taludes naturales estables. (B, 10-200; Terciario inf: P.a.: Indef.).
- 011c** Conos de Cínder, fundamentalmente formados por pizarras con intercalaciones de coladas basálticas. Material blando ligeramente a favor de las pendientes naturales. Características geotécnicas similares a las del grupo 011b, si bien localmente su rigidez puede ser baja. (Terciario inf: P.a.: Indef.).
- 011d** Cráter de explosión con materiales de análogo naturaleza a los descritos en el grupo 011c, siendo la diferencia de tipo morfológico. Características geotécnicas similares a las del grupo 011c, aunque su rigidez es más alta a causa de la atracción y diaclasado; ripables en la parte superficial atravesada, drenaje superficial prácticamente nulo. (Terciario inf: P.a.: Indef.).
- 011e** Conducto de emisión con materiales de análogo naturaleza a los descritos en el grupo 011c, por su morfología. Características geotécnicas similares a las del grupo 011c anteriormente, presentando con pendientes naturales menores. (Terciario inf: P.a.: Indef.).
- 011f** Formación volcánica intrusiva recubierta por suelos coladales de naturaleza limo-arcillosa con canto. Permeabilidad media; ripables; drenaje superficial deficiente; taludes naturales estables. (A, 15-300; Terciario inf: P.a.: Indef.).

## FORMACIONES CALCO-MARGOSAS

- 323a** Costras travertínicas de potencia variable, pero siempre reducida, sobre formaciones detríticas volcánicas, o sobre arcillas calcáreas basálticas. Drenaje nulo de morfología suave. Características geotécnicas similares a las del grupo 322b; aterabilidad media, existiendo taludes naturales estables. (B, subverticales; Plioceno: P.a.: 3-5 m).
- 323b** Calizas travertínicas a veces potentes, sobre conglomerados travertínicos de cantos fundamentalmente silíceos y alguno de naturaleza calcárea. Conjunto horizontal, sano en las proximidades de zonas donde han tenido lugar manipulaciones de carácter efusivo. Permeabilidad de media a alta, drenaje superficial aceptable; ripables en general alta; taludes naturales estables. (B, subverticales; Mioceno: P.a.: 8-10 m).
- 323c** Calizas travertínicas potentes que engloban cantos calcáreos, sobre conglomerados de naturaleza calcárea y cemento calcáreo, con intercalaciones de arcillas silíceas perdo-rietas. Estructura horizontal, sano cuando se encuentra afectado por fenómenos de tipo volcánico. Permeabilidad de media a alta, drenaje superficial adecuado; ripables en general alta; taludes naturales estables. (B, subverticales; Mioceno: P.a.: 10-15 m).
- 323d** Calizas travertínicas en bancos potentes, sobre conglomerados de cantos de cuarcita heterométricos, y cemento calcáreo, y sales a su vez sobre calizas muy duras, microporíficas, de colores claros. Estructura isotónica a la del grupo 321c. Permeabilidad, drenaje superficial aceptable; ripables los niveles superiores, localmente exsoportables; taludes naturales estables de altura e inclinación variables. (Mioceno Sup: P.a.: 10-15 m).
- 323e** Calizas travertínicas poco potentes, sobre margas arcillosas de colores claros y arcillas margosas. Estructura horizontal o subhorizontal. Permeabilidad baja, drenaje superficial deficiente; ripables, erosionables; plasticidad de media a alta; baja estabilidad; taludes naturales estables. (B, 0-50; Mioceno Sup: P.a.: 10-15 m).

## FORMACIONES DETRITICAS, ARCILLO-MARGOSAS

- 324a** Arcillas carbonatadas nodulosas, de tonos verde-olivos, regulares por costras travertínicas de potencia variable (1 a 3 m), encima de las cuales se presenta un reemplazamiento limoso. Ocupan llanos, en zonas endorreicas o cerradas, o fondos de valle. Permeabilidad alta, drenaje superficial deficiente; capacidad portante media a alta; el drenaje de la costra travertínica, resistencia de media a alta en los niveles inferiores; conjunto en general ripable; taludes naturales estables. (Plioceno: P.a.: 10-15 m).
- 324b** Arcillas carbonatadas nodulosas, ricas, con intercalaciones de niveles de travertínico y que hacia el techo presentan bancadas detrítico-volcánicas, de colores oscuros. Conjunto en general bien estratificado de forma horizontal. Permeabilidad alta, drenaje superficial muy deficiente; ripabilidad alta; aterabilidad alta; exsoportabilidad de media a alta; plasticidad en general alta; taludes naturales estables. (B, 50-150; Plioceno: P.a.: 6-10 m).
- 324c** Grupo idéntico al 322c, pero formando zonas endorreicas pantanosas. Características geotécnicas similares al citado grupo, pero con drenaje pésimo. (Plioceno: P.a.: 6-10 m).
- 324d** Grupo similar al 321c, pero con un relieve onduloso y menos costras travertínicas, atravesando las arenas inferiores de colores amarillentos y grisesos. Estructura horizontal. Características geotécnicas intermedias entre las del grupo 322c y 322d, dependiendo de mayor o menor espesor de la costra travertínica. (Plioceno: P.a.: 6-10 m).

## FORMACIONES DETRITICAS

- 325a** Arcillas limosas de tonos rojos y ocres con lechos de grava y arena. Se encuentran recubriendo fondos de valles y están a su vez superficialmente recubiertas por depósitos muy modernos de tipo glacial o coluvial. Ripables; permeabilidad de media a baja, drenaje superficial aceptable; exsoportabilidad alta; taludes naturales estables. (B, subverticales; Plioceno: P.a.: 5-8 m).
- 325b** Canto-arcillosos potentes, constituidos por cantos de cuarcita de granulometría variable, con matriz limo-arcillosa. Estructura típica de glacé. Permeabilidad de media a alta, drenaje superficial aceptable; capacidad portante media; taludes naturales estables. (B, 5-30; Plioceno: P.a.: 10-15 m).
- 325c** Canto-arcillosos arcillo-margosos con cantos dispersos de pizarras y cuarcitas. Estructura típica de glacé. Permeabilidad baja, drenaje superficial deficiente; ripabilidad alta; erosionables; plasticidad media; baja estabilidad; taludes naturales estables. (B, 50; Plioceno: P.a.: 3-8 m).
- 325d** Sedimentos detrítico-volcánicos arenosos de tonos pardo-amarillentos y gris-verdosos y niveles estratos de naturaleza arcillosa de color bronceado. Este grupo constituye el techo del grupo 322c; permeabilidad media, drenaje superficial muy deficiente; ripabilidad alta; aterabilidad y exsoportabilidad en general alta, peligrosidad derivada de la presencia de niveles arcillosos exsoportables. (B, 50; subverticales; Plioceno: P.a.: 3-7 m).
- 325e** Conglomerados de cantos de cuarcita y de pizarras de granulometría variable (desde pocos mm hasta 5 cm de diámetro), con cemento calcáreo. Estructura horizontal. Ripabilidad baja, alta estabilidad. Taludes naturales estables. (B, 100-200; Plioceno: P.a.: 3-5 m).

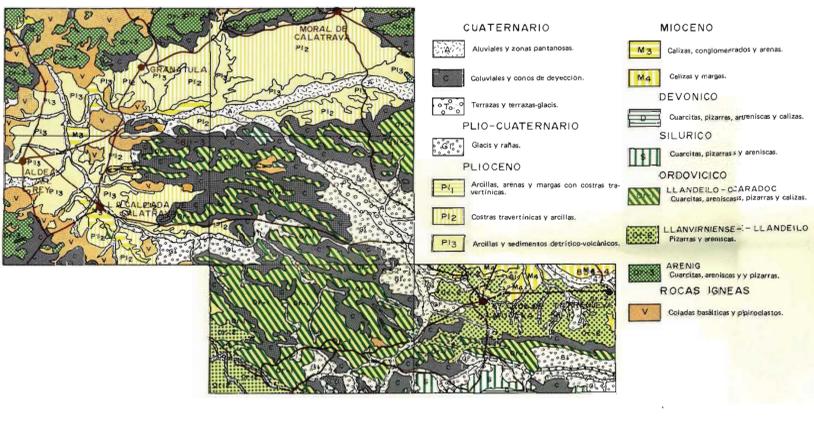
## FORMACIONES SUPERFICIALES

- A1** Aluviales limo-arcillosos potentes, con alguna proporción de cantos de cuarcita. Mal drenaje; capacidad portante en general baja; plasticidad media. (Cuaternario: P.a.: 6 m).
- A2** Aluviales limo-arcillosos potentes, con gran proporción de cantos de cuarcita. Permeabilidad en general alta, capacidad portante de media a alta, viables para préstamos en general. (Cuaternario: P.a.: 6 m).
- A3** Aluviales arcillosos potentes, procedentes de colinas y conos de devesión. Características geotécnicas similares a las del grupo A2. (Cuaternario: P.a.: 3-5 m).
- A4** Aluviales arcillosos potentes, constituidos por gran proporción de cantos de cuarcita y matriz arcillosa. Se ubican en las laderas. Permeabilidad de media a alta, drenaje superficial aceptable; capacidad portante media; erosionables; problemas de deslizamientos en la actualidad; taludes naturales en general medianos. (B, 150-200; Cuaternario: P.a.: 4 m).
- A5** Conos de devesión, de potencia variable, constituidos por gravas y arenas con matriz limo-arcillosa y gran proporción de cantos de cuarcita en superficie. Ocupan la desembocadura de los barreros. Permeabilidad en general baja, drenaje superficial aceptable; problemas locales de estabilidad en los desmontes; taludes naturales estables. (B, 100-150; Cuaternario: P.a.: 2-7 m).
- A6** Zonas endorreicas, pantanosas, constituidas fundamentalmente por arcillas, materia orgánica y limos viscosos. Permeabilidad baja, drenaje superficial pésimo; capacidad portante baja. (Cuaternario: P.a.: 3-5 m).
- A7** Terrazas glacé constituidas por cantos de cuarcita, con abundante matriz limo-arcillosa. Permeabilidad de media a alta, drenaje superficial bueno; capacidad portante en alta. (Cuaternario: P.a.: 3-4 m).
- A8** Grupo semejante a 360 a menor potencia. (Plioceno: P.a.: 1-3 m).
- A9** Aluviales poco potentes limo-arcillosos, con alguna proporción de cantos de cuarcita. (Cuaternario: P.a.: 1-3 m).
- A10** Aluviales limo-arcillosos, poco potentes, con alguna proporción de cantos de cuarcita. (Cuaternario: P.a.: 1-3 m).
- A11** Aluviales poco potentes constituidos por gran proporción de cantos de cuarcita y matriz arcillosa. (Cuaternario: P.a.: 1-3 m).
- A12** Coluviales poco potentes, arcillosos, procedentes de la atracción de materiales eruptivos. (Cuaternario: P.a.: 1-3 m).
- A13** Reemplazamientos muy poco potentes fundamentalmente arcillosos. (Cuaternario: P.a.: 2 m).
- A14** Reemplazamientos muy poco potentes, arcillosos y con alguna proporción de cantos de cuarcita. (Cuaternario: P.a.: 2 m).

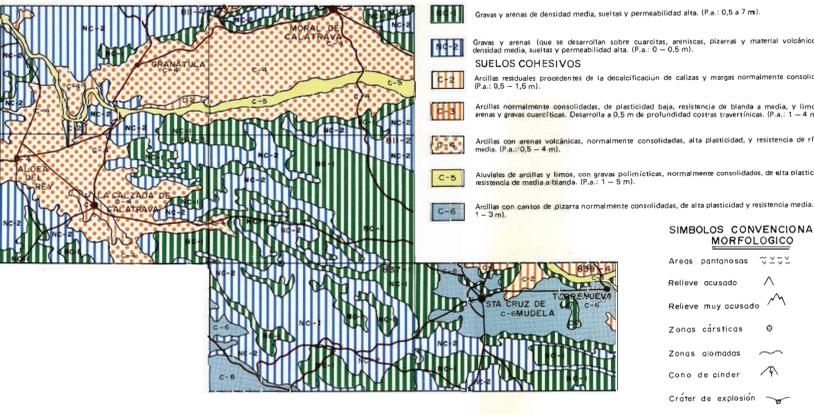
## SIGNOS CONVENCIONALES (MAPA LITOLOGICO-ESTRUCTURAL)

- Anticlinal
- Sinclinal
- Folio
- Fallo supesto
- Deslizamiento
- Desprendimiento
- Hundimiento
- Canteros
- Buzamiento de 30° a 30°
- Buzamiento de 30° a 60°
- Buzamiento de 60° a 90°
- Copa
- Buzamiento horizontal
- Buzamiento vertical

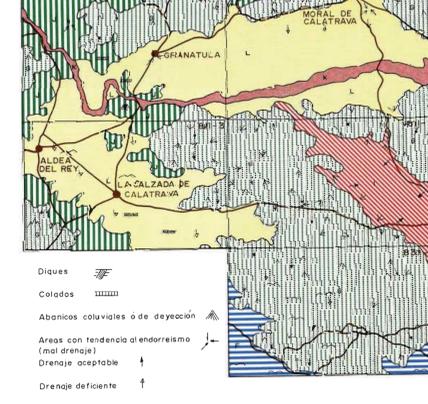
## ESQUEMA GEOLOGICO.—Escala, 1:200.000



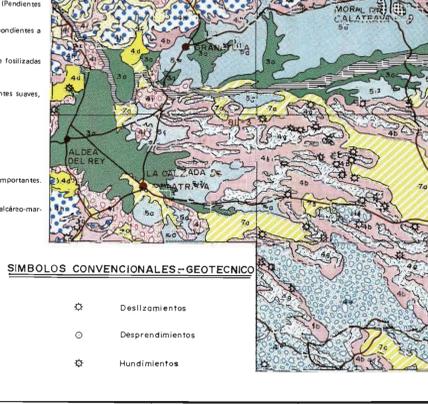
## ESQUEMA DE SUELOS Y FORMACIONES DE PEQUEÑO ESPESOR.—Escala, 1:200.000



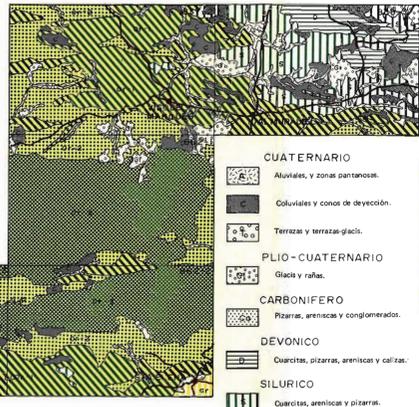
## ESQUEMA MORFOLOGICO.—Escala, 1:200.000



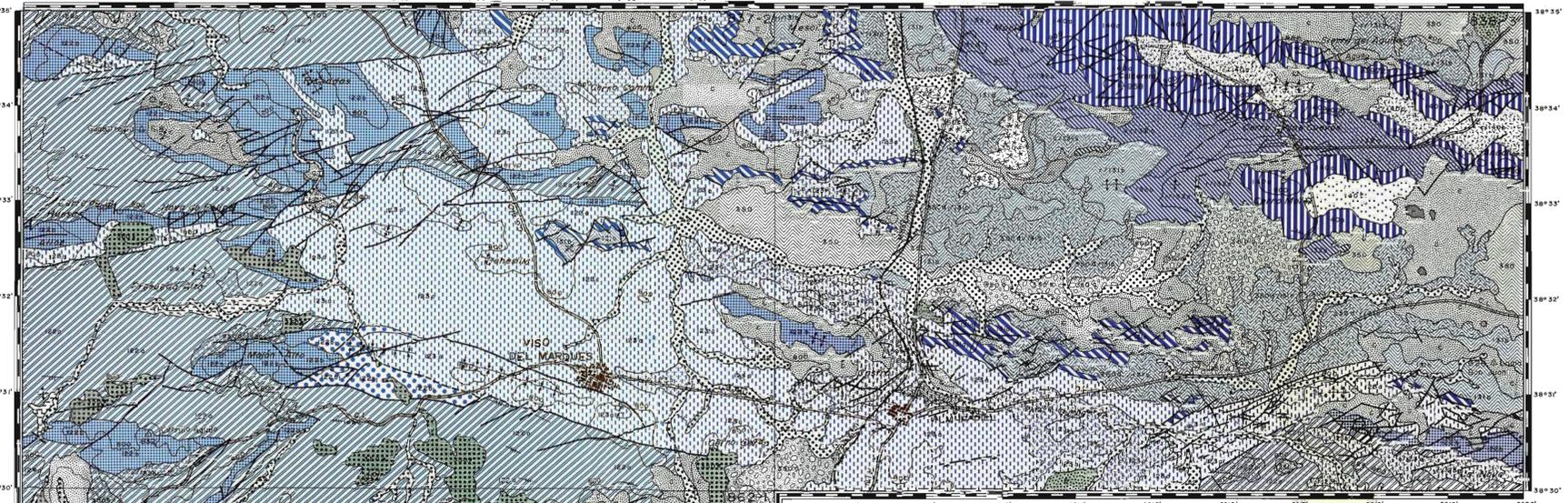
## ESQUEMA GEOTECNICO.—Escala, 1:200.000



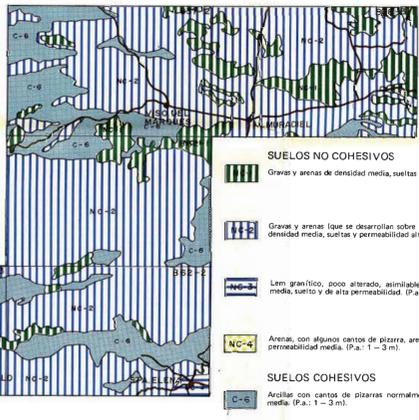
ESQUEMA GEOLOGICO.— Escala, 1:200.000



- CUATERNARIO**
  - Aluviales, y zonas pantanosas.
  - Coluviales y conos de deyección.
  - Terrazas y terrazas-glaci.
- PLIO-CUATERNARIO**
  - Glaci y rañas.
- CARBONIFERO**
  - Pizarra, areniscas y conglomerados.
- DEVONICO**
  - Quarcitas, pizarra, areniscas y calizas.
- SILURICO**
  - Quarcitas, areniscas y pizarra.
- ORDOVICICO**
  - Quarcitas, areniscas, LLANDEILO.
  - LLANVIRNIENSE
  - Pizarra y areniscas.
  - ARENIG
  - Quarcitas, areniscas y pizarra.
  - ROCAS IGNEAS
  - Granodiorita - Adamelita.



ESQUEMA DE SUELOS Y FORMACIONES DE PEQUEÑO ESPESOR.— Escala, 1:200.000



- SUELOS NO COHESIVOS**
  - Grava y arenas de densidad media, sueltas y permeabilidad alta. (P.a.: 0,5 a 7 m).
  - Grava y arenas que se desarrollan sobre cuarcitas, areniscas, pizarra y material de densidad media, sueltas y permeabilidad alta. (P.a.: 0 - 0,5 m).
  - Lim granítico, poco alterado, asimilable a suelo no cohesivo (limo-arenoso), medio fuerte y alta permeabilidad. (P.a.: 1 - 10 m).
  - Arenas, con algunos campos de pizarra, areniscas y conglomerados de densidad media, permeabilidad media. (P.a.: 1 - 3 m).
- SUELOS COHESIVOS**
  - Arcillas con cantos de pizarra normalmente consolidadas, de alta plasticidad media. (P.a.: 1 - 3 m).

MAPA LITOLOGICO-ESTRUCTURAL Escala, 1:50.000

**FORMACIONES CUARCITICO-ARENISOSAS.**

- Quarcitas de colores claros con lentones de calizas muy duras y recristalizadas, con crinoides. Presentan buzamientos fuertes, algunas veces, hasta verticales. Permeabilidad de media a alta, drenaje superficial bueno; taludes naturales estables: I, 15°-20° (Ordovico Inf.: P.a.: 200 m).
- Quarcitas y areniscas, de grano medio y colores claros, en bancos potentes separados por lechos de pizarra areniscosa. Desarrollo y estructura de las pizarra areniscosa. Permeabilidad de media a alta, drenaje superficial bueno; problemas de deslizamientos en la actualidad; taludes naturales estables: M-A, 15°-30° (Cuaternario: P.a.: 4 m).
- Quarcitas de color gris claro, en bancos potentes, atravesados por diaclasas de cuarzo de pequeño tamaño. Fuertes buzamientos y gran diaclasado. Permeabilidad en general alta, drenaje superficial bueno; problemas locales de deslizamientos; taludes naturales estables muy variables de inclinación y altura. (Silurico: P.a.: 100 m).
- Quarcitas areniscas de grano medio a grueso con intercalaciones de areniscas cuarcíticas; estructura en anticlinorio. Permeabilidad de media a alta por fracturas, drenaje superficial bueno; problemas pueden ser raros, suelen aparecer en las coronaciones de los cerros, siendo en general un tipo estable con algunos locales de deslizamientos; taludes naturales estables: A-I, inclinación variable (hasta subvertical). (Ordovico medio: P.a.: 300 m).
- Pizarra verde-grisácea arenosa, con intercalaciones de areniscas cuarcíticas de grano medio y pizarra de color negro, también arenosa. Buzamientos casi verticales. Permeabilidad media, drenaje superficial aceptable; raras en general. (Ordovico medio: P.a.: 100 m).
- Quarcitas mates o en bancos potentes, de grano fino a grueso, de colores claros, con impregnaciones de lúpidos de hierro en las zonas de fractura (cuarcita "armónica"). Fuerte tectonización, disposición muy variable. Permeabilidad alta por fracturas, drenaje superficial bueno; algunos locales de deslizamientos; taludes naturales estables: I y B, inclinación variable (hasta subvertical). (Ordovico Inf.: P.a.: 200 m).
- Quarcitas areniscas de grano medio, tabulares, alternando con pizarra arcillosa de color rojo; laminadas en esta serie aparecen areniscas cuarcíticas de grano medio en lechos de hasta 30 cm de espesor. Generalmente la pizarra es normal a estratificada. Permeabilidad de media a baja, drenaje superficial aceptable; los niveles de pizarra suelen ser tabulares y el conjunto puede ser localmente ripable; se mantiene bien en cortes subverticales y oblicuos a la estratificación; taludes naturales estables: M, 15°-20° (Ordovico Inf.: P.a.: 100 m).

**FORMACIONES PIZARROSO-ARENISOSAS.**

- Pizarra salmá, de color claro con intercalaciones tabulares de areniscas cuarcíticas amarillentas de grano medio, y conglomerados con cantos de naturaleza fílica. Ligera tectonización sobre los materiales subyacentes. Permeabilidad variable según el grado de alteración y diaclasado; drenaje superficial aceptable; ripables en la parte superficial alterada de espesor variable; taludes naturales estables: I, 15°-20° (Carbonifero: P.a.: 500 m).
- Pizarra areniscas de colores verde-grisácea y calizas a veces marmóneas con braquiópodas que se presentan bastante fracturadas, con signos de karstificación. Causas el núcleo de inclinación. Permeabilidad de media a alta, drenaje superficial aceptable; ripabilidad alta en las capas superiores alteradas de las pizarra; taludes naturales estables: A-I, inclinación variable. (Ordovico Inf.: P.a.: 200 m).
- Pizarra y areniscas de grano grueso, de tonos claros en lechos de hasta 50 cm de espesor, alternando con pizarra areniscas; grado granítico, muy tectonizadas. Buzamientos muy acusados en los flancos de los sinclinales tectonizados. (Silurico Sup.: P.a.: 100 m).
- Pizarra areniscas negras con graptolitos e intercalaciones de areniscas cuarcíticas de grano medio. Pagamientos suaves, de tipo laminar. A veces están muy fracturadas. Características geotécnicas similares a las del grupo 132 a, aunque su ripabilidad generalmente en esta serie fracturación elevada. (Silurico Inf.: P.a.: 200 m).
- Pizarra verdosas y areniscas cuarcíticas de grano medio con intercalaciones esporádicas de calizas fósiles de color gris y cuarcitas. Conjunto muy fracturado y tectonizado. Permeabilidad variable, en general media; ripables en la parte superficial alterada; drenaje superficial aceptable; inclinación variable y en algunos puntos deficiente; taludes naturales estables de muy variada inclinación y altura. (Ordovico Sup.: P.a.: 200-300 m).
- Conjunto por los materiales del grupo 123 a y una serie superior de pizarra areniscas de colores pardos. Conjunto muy fracturado y tectonizado. Características geotécnicas similares a las del grupo 123 a, con drenaje superficial aceptable; taludes naturales estables: I, 20°-30° (Carbonifera: P.a.: 200-300 m).

**FORMACIONES VOLCANICAS Y GRANITICAS.**

- Enclaves micascaños y equinos cuarcíticos de color gris. Permeabilidad en general baja, drenaje superficial aceptable; ripables en la parte superficial alterada; en general alterables; taludes naturales estables de muy variada altura e inclinación. (Ordovico Sup.: P.a.: 50 m).
- Pizarra arcillosa, de color verde cuando está alterada y rojo en fractura fresca, con abundante fauna. Muy tectonizada con diaclasado abundante. Permeabilidad variable según el grado de alteración y diaclasado; ripables en la parte superficial alterada; drenaje superficial aceptable; problemas de deslizamientos en algunos puntos hacia el suroriente; taludes naturales estables muy variados: B-I, 50°-90° (Ordovico medio: P.a.: 200 m).

**FORMACIONES DETRITICAS.**

- Arcillas limosas de tonos rojizo y ocres con lechos de grava y arena. Se encuentran reubicados fondos de valles y áreas a su vez superficialmente recubiertas por depósitos rotatorios de tipo glaciar o aluvial. Ripables; permeabilidad de media a baja, drenaje superficial aceptable; erosinabilidad alta; taludes naturales estables: M, tendidos. (Plio-Cuaternario: P.a.: 5 m).
- Coluvio-aluviales potentes, constituidos por cantos de cuarcita de granulometría variable, con matriz limo-arcillosa. Estructura típica de glaci. Permeabilidad de media a alta, drenaje superficial aceptable; capacidad portante media; taludes naturales estables: B-M, 10°-20° (Plio-Cuaternario: P.a.: 3-5 m).
- Coluvio aluviales arcillo-emergidos con cantos dispersos de pizarra y cuarcitas. Estructura típica de glaci. Permeabilidad baja, drenaje superficial deficiente; ripabilidad alta, erosinabilidad; plasticidad media, baja estabilidad; taludes naturales estables: B, 50°-90° (Plio-Cuaternario: P.a.: 3-8 m).
- Pudra de cantos silíceos con matriz arcillosa de color rojo. Estructura masiva, se encuentran discordancias sobre los materiales subyacentes. (Plio-Cuaternario: P.a.: 2-4 m).

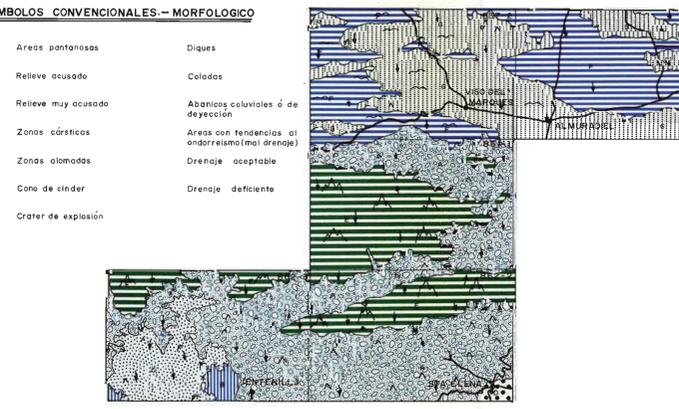
**FORMACIONES SUPERFICIALES.**

- Aluviales limo-arcillosos potentes, con alguna proporción de cantos de cuarcita. Má drenaje; capacidad portante en general baja; plasticidad media. (Cuaternario: P.a.: 6 m).
- Aluviales limo-arcillosos potentes, con gran proporción de cantos de cuarcita. Permeabilidad en general alta; capacidad portante de media a alta; utilizables para prístinos en general. (Cuaternario: P.a.: 6 m).
- Coluviales potentes constituidos por gran proporción de cantos de cuarcita en matriz arcillosa. Se ubican en las laderas. Permeabilidad de media a baja, drenaje superficial aceptable; capacidad portante media; erosinabilidad; problemas de deslizamientos en la actualidad; taludes naturales en general inestables: M-A, 15°-30° (Cuaternario: P.a.: 4 m).
- Cóncavos de deyección, de vanguardia variable, constituidos por gravas silíceas con matriz limo-arcillosa y gran proporción de cantos de cuarcita en superficie. Ocupan la desembocadura de los barrancos. Permeabilidad en general baja, drenaje superficial aceptable; problemas locales de estabilidad en los desmontes; taludes naturales estables: B-M, 10°-15° (Cuaternario: P.a.: 2-7 m).
- Areas endorreicas pantanosas, constituidas fundamentalmente por arcillas, materia orgánica y limos yesíferos. Permeabilidad baja, drenaje superficial pésimo; capacidad portante baja. (Cuaternario: P.a.: 3-6 m).
- Terrazas constituidas por cantos de cuarcita y matriz limo-arcillosa. (Cuaternario: P.a.: 3-4 m).
- Grupo semejante a 350 a con menor potencia. (Plio-Cuaternario: P.a.: 1-3 m).
- Formación semejante a 350 c, con menor potencia. (Plio-Cuaternario: P.a.: 1-3 m).
- Coluviales poco potentes constituidos por gran proporción de cantos de cuarcita en matriz arcillosa. (Cuaternario: P.a.: 1-3 m).
- Recubrimientos muy poco potentes fundamentalmente arcillosos. (Cuaternario: P.a.: 2 m).
- Recubrimientos muy poco potentes, arcillosos y con alguna proporción de cantos de cuarcita. (Cuaternario: P.a.: 2 m).

**SIMBOLOS CONVENCIONALES (MAPA LITOLOGICO-ESTRUCTURAL)**

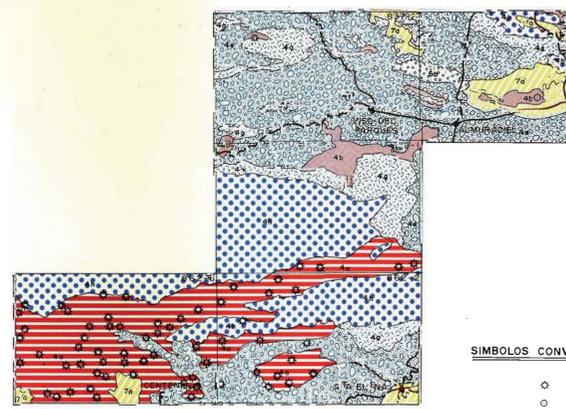
- Anticlin
- Sinclin
- Folio
- Folio supuesto
- Deslizamiento
- Desprendimiento
- Hundimiento
- Coneros
- Buzamiento de 0° a 30°
- Buzamiento de 30° a 60°
- Buzamiento de 60° a 90°
- Copp
- Buzamiento horizontal
- Buzamiento vertical

ESQUEMA MORFOLOGICO.— Escala, 1:200.000



- SIMBOLOS CONVENCIONALES - MORFOLOGICO**
- Areas pantanosas
  - Relieve acusado
  - Relieve muy acusado
  - Zonas cársticas
  - Zonas alomadas
  - Cóno de cinder
  - Cráter de explosión
  - Diques
  - Calados
  - Abanicos coluviales ó de deyección
  - Areas con tendencias al ondoreismo (mal drenaje)
  - Drenaje aceptable
  - Drenaje deficiente
  - Llanuras seniles, rejuvenecidas por el empobrecimiento de la red fluvial actual. Barrancos con fuertes pronunciación e interfaces agudas, producto de la erosión diferencial, de materiales más o menos silificados. (Pendientes suaves, nunca superiores al 15 %).
  - Plataformas abarrancadas desarrolladas sobre materiales pizarrosos homogéneos. (Pendientes medias, inferiores al 10 %).
  - Valles estructurales de tipo sinclinal y pendientes escarpadas, en materiales débilmente silificados. (Pendientes muy fuertes, superiores al 30 %).
  - Plataformas alomadas, desarrolladas sobre materiales graníticos. (Pendientes medias, inferiores al 10 %).
  - Montañas plegadas, de estructura compleja, en las que destacan fuertes crestas correspondientes a materiales cuarcíticos, con muy abundantes los grandes escarpes y barrancos. (Pendientes muy fuertes, superiores al 40 %).
  - Lomas de relieve nuevo, desarrolladas en series pelíticas parcialmente silificadas. (Pendientes medias, inferiores al 10 %).
  - Crestones cuarcíticos de relieve muy acusado, alternando en zonas alomadas correspondientes a las series pizarrosas. (Pendientes de media a fuertes, aunque nunca mayores del 15 %).

ESQUEMA GEOTECNICO.— Escala, 1:200.000



- FORMACIONES CON PROBLEMAS DE ESTABILIDAD**
- 40: Areas muy inestables que incluyen valles de pendientes escarpadas y zonas muy tectonizadas desarrolladas en materiales cuarcíticos y pizarrosos, con abundantes y potentes coluviales; deslizamientos en los coluviales y en las formaciones in situ. (Peligradas altas).
  - 45: Areas inestables que incluyen fundamentalmente coluviales con pendientes de 15° a 30°; deslizamientos en la actualidad (geotécnica de media a alta).
  - 46: Areas ocupadas por materiales pizarro-areniscosos, con topografía alomada y fuertes desnives, incluyendo algunos cerros de materiales cuarcíticos; problemas de estabilidad en desmontes según la pizarrosidad.
  - 47: Areas llanas o muy tendidas ocupadas por materiales pizarro-areniscosos en general muy fracturados; presentan áreas cañonizadas, muy atravesadas; problemas de estabilidad en desmontes (geotécnica potencial media).
  - 48: Areas de pendientes diversas ocupadas por materiales cuarcítico-pizarrosos, en general tectonizados; problemas de estabilidad en desmontes, según el buzamiento de los estratos.
  - 49: Areas ocupadas por potentes formaciones cuarcíticas con grandes escarpes y pendientes superiores al 30 por 100. Conjunto muy diaclasado con peligro potencial de deslismos imprevistos.
- FORMACIONES CON PROBLEMAS DE DRENAJE**
- 50: Areas en general llanas ocupadas por fondos de valle en que se presentan materiales detríticos con pocos cantos; problemas de drenaje y plasticidad, de inestabilidad en desmontes fuertes, y localmente de asensos.
- FORMACIONES SIN PROBLEMAS GEOTECNICOS EN GENERAL**
- 70: Areas ocupadas por materiales muy diversos (coluviales estabilizados con pendientes suaves, calizas y conglomerados, plataformas sobre materiales graníticos o pizarrosos, travertinos sobre arcillas y margas), en donde pueden producirse sólo pequeños asentamientos diferenciales.
- SIMBOLOS CONVENCIONALES - GEOTECNICO**
- Deslizamiento
  - Desprendimiento
  - Hundimiento

