

MINISTERIO DE INDUSTRIA

DIRECCION GENERAL DE MINAS

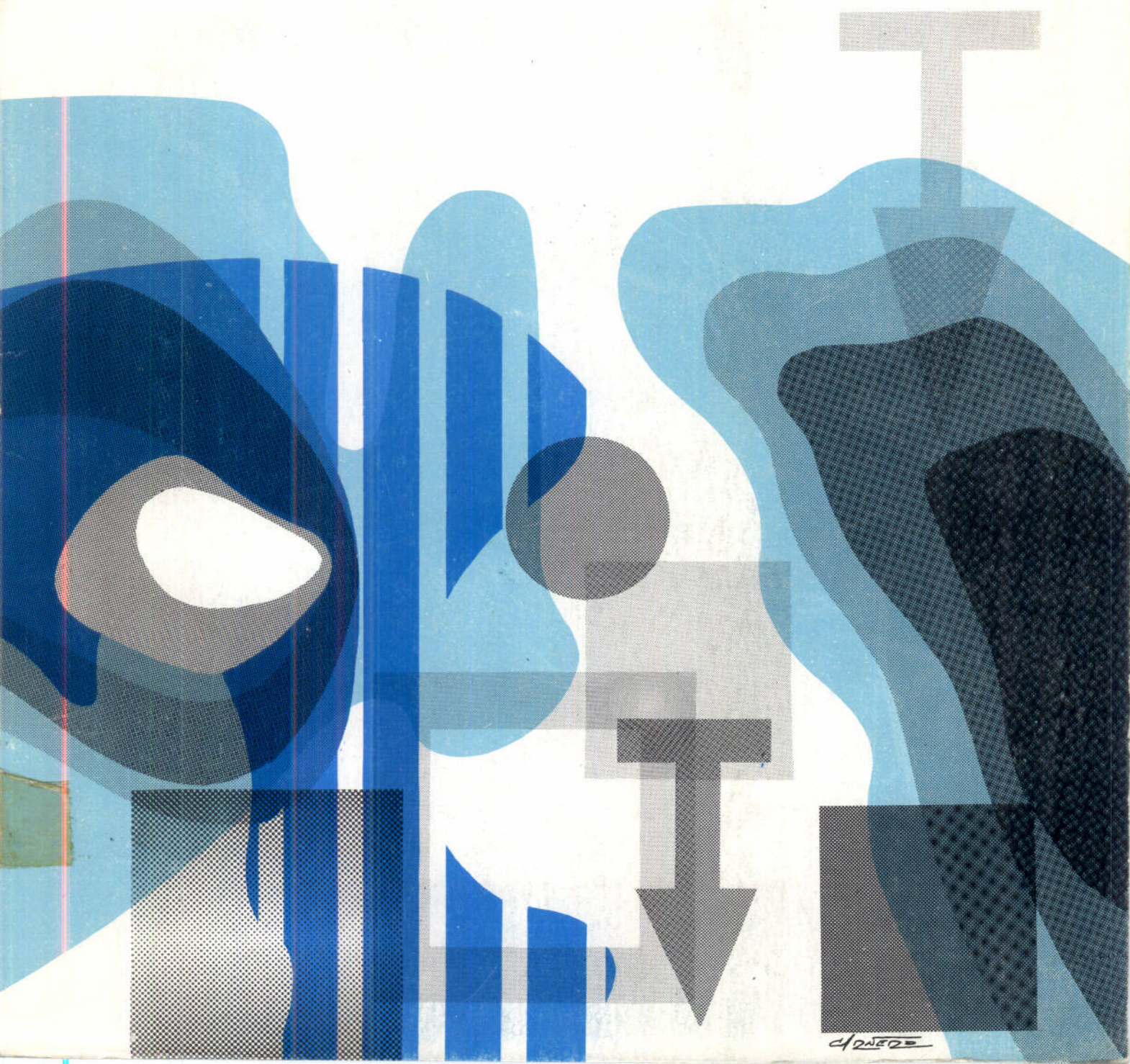
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

HOJAS	2-8 / 3-8
	58 / 59

00308

MAPA GEOTECNICO GENERAL

VILLARREAL - BADAJOZ



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

**MAPA GEOTECNICO GENERAL
E:1/200.000**

VILLARREAL - BADAJOZ

HOJAS 2-8/ 3-8/ 58/ 59

SERVICIO PUBLICACIONES
MINISTERIO DE INDUSTRIA

El presente estudio ha sido realizado por Proyectos e
Informes Geológicos y Geotécnicos (GEOPRIN, S.L.
en régimen de contratación con el Instituto Geológico
y Minero de España

Servicio de Publicaciones - Ministerio de Industria - Claudio Coello, 44 - Madrid-1

Depósito Legal M32365 - 1976

Talleres Gráficos IBERGESA - Crta. de Burgos km 12,200 - Madrid

INDICE

	pág
1. INTRODUCCION	1
2. DESCRIPCION DE FACTORES CON INCIDENCIA GEOTECNICA	3
2.1. Características físico-geográficas	3
2.2. Bosquejo geológico	6
2.3. Criterios de división. Características generales de las Areas	11
2.4. Formaciones superficiales y sustrato	19
2.5. Características geomorfológicas	28
2.6. Características hidrológicas	34
2.7. Características geotécnicas	39
3. INTERPRETACION GEOTECNICA DE LOS TERRENOS	49
3.1. Terrenos con condiciones constructivas Muy Desfavorables	50
3.2. Terrenos con condiciones constructivas Desfavorables	52
3.3. Terrenos con condiciones constructivas Aceptables	54
3.4. Terrenos con condiciones constructivas Favorables	54
3.5. Terrenos con condiciones constructivas Muy Favorables	55
BIBLIOGRAFIA	57

1. INTRODUCCION

El estudio del comportamiento mecánico del subsuelo constituye hoy una técnica muy desarrollada, investigadora de las tensiones y deformaciones que el suelo experimenta bajo estados de carga. No puede decirse lo mismo de la cartografía geotécnica, ya que, dada la complejidad de los posibles problemas a considerar, resulta difícil su representación en un número limitado de documentos gráficos. Esta es la razón por la que no se ha llegado a establecer en el mundo una sistemática para la confección de mapas geotécnicos.

Ante esta situación ha sido preciso establecer una metodología para la confección de mapas geotécnicos en nuestro país, para la que se ha tenido presente los resultados de dos estudios realizados:

- Cartografía geotécnica que se realiza en el mundo, sus finalidades, sus métodos y sus resultados.
- Problemas geotécnicos derivados del desarrollo inmediato en nuestro país.

Se han establecido los criterios de clasificación de los terrenos. Dado que esta clasificación hay que obtenerla a partir de innumerables datos de tipo geológico y mecánico, se ha establecido el tratamiento que es necesario dar a aquéllos para llegar a resultados utilizables.

Se consideran factores principales para la confección de mapas de aptitud de terrenos, la topografía y morfología; las formaciones litológicas blandas y consolidadas, así como sus características mecánicas; niveles freáticos y posibilidades de drenaje. Los factores secundarios serán los que se refieren a la climatología, sismología y la existencia o no de recursos naturales (agua, vegetación, arbolado, materiales rocosos para construcción).

La cartografía geotécnica es, pues, aquella rama de la geotecnia que mediante estudios de investigación de la estructura tectónica de la corteza terrestre, composición de

las rocas que forman la parte más superficial de la misma, análisis de los fenómenos geológicos actuales —aguas subterráneas y geomorfología—, y con las experiencias habidas en otras zonas geológicas y geográficas similares, establece una distribución de las condiciones geotécnicas de la corteza terrestre, explica el carácter zonal y regional de la distribución de los procesos y fenómenos geotécnicos, descubre los factores que rigen las condiciones geológicas para la construcción, y predice los cambios que en las condiciones geotécnicas pueden producir esas construcciones.

Los mapas geotécnicos serán mapas geológicos en los que se incluyen las características geotécnicas necesarias para el cálculo de estructuras industriales y urbanas, diferenciándose de aquéllos por suministrar datos cualitativos y cuantitativos del terreno, que podrán ser de aplicación inmediata en obras de construcción e ingeniería civil.

El fin de estos mapas será determinar las propiedades técnicas de cada unidad de clasificación y qué límite extensional, según los cambios de las mismas.

Los mapas "Generales" facilitarán, dentro de las limitaciones que impone la escala 1:200.000, las características físicas y mecánicas de los terrenos y sus límites de variación según varíen sus condiciones geológicas, hidrogeológicas, geomorfológicas, geodinámicas y geotécnicas.

Los resultados obtenidos durante la realización de los mismos se incluyen de forma sintetizada en el presente documento, quedando el conjunto de datos barajados para su elaboración archivados de forma sistemática en este Organismo, encargado, aparte de esta primera fase de confección, de su actualización en el tiempo a medida que se perfeccionen las técnicas de investigación, valoración y representación.

2. DESCRIPCION DE FACTORES CON INCIDENCIA GEOTECNICA

2.1. CARACTERISTICAS FISICO-GEOGRAFICAS

Las Hojas 2-8 (Villarreal) y 3-8 (Badajoz) del Mapa Topográfico Nacional a E 1:200.000, se sitúan en el límite O del territorio peninsular español y están recortadas a occidente por la frontera hispano-portuguesa.

Las coordenadas geográficas que las limitan son:

Hoja de Villarreal

Latitud: $38^{\circ} 40' 04''$, 8 - $39^{\circ} 20' 04''$, 8 N

El límite oriental se encuentra a $7^{\circ} 11' 10''$ al O del meridiano de Greenwich. El límite occidental lo marca la frontera portuguesa.

Hoja de Badajoz

Longitud: $7^{\circ} 11' 10''$, 6/7 y frontera hispano-portuguesa
 $-5^{\circ} 51' 10''$ 6/7 O

Latitud: $38^{\circ} 40' 04''$, 8 - $39^{\circ} 20' 04''$, 8 N

Están ocupadas en su mayor parte por la provincia de Badajoz, apareciendo en la esquina NO de la Hoja 3-8 una parte de la provincia de Cáceres.

La población más importante de las dos Hojas es Badajoz, con una población de 101.710 hab, seguida por Mérida (40.059 hab), Don Benito (26.295 hab), Almendralejo (21.929 hab), y Montijo (12.359 hab)—según datos tomados del Censo de la Población de España, I.N.E., 1970.

Estos grandes núcleos urbanos caracterizan el tipo de poblamiento de la región, consistente en pequeñas aldeas y pueblos dispersos por su geografía y concentraciones de población en escasos y grandes núcleos urbanos. Llama la atención la gran contraposición que existe entre la densidad de población de estos núcleos determinados y la del total provincial, con 30,75 hab/km², valor evidentemente bajo e inferior a la media nacional.

Las Hojas están ocupadas casi en su totalidad por la Depresión del Guadiana, río que atraviesa la Hoja de Badajoz de E a O. Dicha depresión está constituida por materiales terciarios y cuaternarios y dan lugar a una morfología suave y alomada, sin accidentes topográficos importantes.

Estos sedimentos modernos han fosilizado el relieve primitivo de los materiales paleozoicos, los cuales afloran en los bordes de la Hoja y dan lugar a numerosas sierras, como la de San Pedro (710 m), del Centinela (698 m) y de Montánchez (994 m), al N, y las Sierras de Peñas Blancas (677 m), de la Trancha (711 m), de Utrera (613 m) y de la Lapa (539 m), al SO.

Ambos conjuntos de Sierras delimitan la citada depresión, cuya altitud media oscila entre los 200 y 400 m; destacan del conjunto algunos afloramientos del sustrato paleozoico, a modo de montes islas, con altitudes que sobrepasan las anteriores.

El umbral granítico-granodiorítico de Mérida divide a la depresión en dos zonas, denominadas Vegas Altas y Vegas Bajas, y situadas al E y O, respectivamente, del umbral.

Las Vegas Bajas se hallan en su totalidad representadas en la Hoja y sus cultivos son regados por las aguas del Guadiana, controladas éstas por el embalse de Montijo, del que parten los canales de Montijo y Lobón, y el embalse de Alange, que aprovecha el caudal del río Matachel.

Las Vegas Altas están divididas por el límite de la Hoja, quedando dentro de la presente aproximadamente la mitad occidental. Sus campos son regados por las aguas de los grandes embalses de Orellana y del Zújar, situados al E de la Hoja.

Se trata en cuanto a economía, de una zona eminentemente agrícola y también ganadera, con un desarrollo industrial reciente y por lo tanto aún escaso si se compara con los índices nacionales.

La red fluvial de la Hoja pertenece a la cuenca hidrográfica del Guadiana, salvo parte de la esquina NO que corresponde a la del Tajo.

Los afluentes principales del Guadiana son, por la margen derecha y de O a E, los siguientes: Gévora, Aljucén, Búrdalo y Rucas. Por la izquierda, Olivenza, Guadajira, Matachel, Guadamez y Ortega.

CLIMATOLOGIA Y METEOROLOGIA

En este capítulo se recogen las características climáticas de la Hoja reunidas en cuatro apartados: Temperaturas, Precipitaciones, Vientos e Índices Climáticos.

Para el estudio de éstos, se han tomado datos generales del Servicio Meteorológico Nacional y del Ministerio de Obras Públicas, y puntuales de las estaciones de Badajoz, Talavera la Real y Cáceres.

Temperaturas

La media anual es de 16^o C, siendo las medias anuales extremas de 10-11^o C para las mínimas y 21-22^o C para las máximas; la temperatura disminuye ligeramente de S a N de la Hoja.

Los meses más fríos corresponden a los de diciembre, enero y febrero, registrándose las mínimas absolutas en el segundo, con valores extremos de -5°C . La temperatura media, para estos tres meses, está comprendida entre 7 y 9°C .

Los meses más calurosos son los de julio y agosto, con valores extremos registrados de $44-45^{\circ}\text{C}$, siendo su media mensual de 25° y 26°C .

El valor medio anual de horas de insolación es de 2.900 aproximadamente, correspondiendo el número máximo de horas al mes de julio, seguido por las de agosto y junio, con valores de 393, 361 y 347 respectivamente, en la estación de Badajoz. El mínimo pertenece a los meses de diciembre y enero, con 144 y 147 h. (Datos tomados del período comprendido entre los años 1931 y 1960).

Precipitaciones

Las precipitaciones medias anuales oscilan entre 400 y 500 mm registrándose los valores mínimos en el E de la Hoja y aumentando hacia el S, N y NO.

El mes más lluvioso es marzo, con una media comprendida entre 65 y 70 mm, registrándose en el mismo también el valor extremo máximo en la zona; sin embargo, los valores máximos observados corresponden a los meses de enero, noviembre y febrero.

Existe un salto brusco entre las precipitaciones de los meses de verano, junio, julio, agosto y septiembre, y el resto, en los que se pasa de valores comprendidos entre 2 y 20 mm a otros superiores de 40 mm en el resto de los meses.

Las heladas son poco frecuentes en la Hoja; se presentan sólo durante los meses de diciembre, enero y febrero, y de un modo muy restringido (entre 1 y 3 días del mes, como media).

(Datos tomados del período comprendido entre los años 1931 y 1960).

Vientos

Los vientos de la zona vienen predominantemente del O, siendo sus direcciones, según los períodos, NO-SE, O-E y SO-NE. Se observa una clara incidencia de los vientos atlánticos sobre la zona, los cuales aprovechan el Valle del Guadiana para penetrar hasta la meseta.

(Datos tomados del período comprendido entre los años 1953 y 1972).

Indices Climáticos

Es interesante conocer los índices de reducción laboral debidos a causas climatológicas, por el efecto que pudiesen ejercer sobre los planeamientos de las obras que se realicen en la zona.

A continuación se detallan de un modo esquemático estos valores.

Se ha seguido, para su obtención, el siguiente camino: suponer cada clase de obra repartida uniformemente a lo largo de los 365 días del año y éstos repartidos en los 12 meses, con arreglo a la tabla siguiente, en la que no se han tenido en cuenta los días festivos:

ENERO	0,0849	JULIO	0,0849
FEBRERO	0,0767	AGOSTO	0,0849
MARZO	0,0849	SEPTIEMBRE	0,0822
ABRIL	0,0822	OCTUBRE	0,0849
MAYO	0,0849	NOVIEMBRE	0,0822
JUNIO	0,0822	DICIEMBRE	0,0849

Multiplicando estos valores por los coeficientes de reducción correspondientes a cada mes y a cada clase de obra, y sumando estos productos parciales, se han obtenido los coeficientes medios anuales, que son los siguientes:

***Coeficientes medios anuales para la obtención del número
de días útiles de trabajo a partir del número de días laborables***

Provincias	CLASE DE OBRA				
	Hormigón	Explanaciones	Aridos	Riegos y Tratamientos	Mezclas Bituminosas
BADAJOS	0,933	0,878	0,952	0,614	0,776
CACERES	0,943	0,878	0,956	0,557	0,764

Los coeficientes que corresponden al hormigón, explanaciones, áridos y mezclas bituminosas, deben considerarse elevados en el conjunto de todos los valores peninsulares, como consecuencia lógica del clima continental-atlántico que afecta a la zona, que tiene precipitaciones inferiores a la media nacional.

Para los riegos y tratamientos, los valores de 0,614 y 0,557 son medios dentro del marco peninsular.

Como resumen, puede hablarse de unas condiciones climatológicas aceptables con respecto al número de días útiles de trabajo.

2.2. BOSQUEJO GEOLOGICO

Es evidente que un conocimiento lo más detallado posible de las características litológicas, litoestratigráficas y tectónicas (discordancias, estructuras, etc.), de la zona en estudio, resulta imprescindible para una acertada interpretación de los datos geotécnicos.

A continuación se realiza esta síntesis, poniendo especial interés en las circunstancias que por su naturaleza tienen mayor implicación.

LAS ROCAS

En líneas generales y atendiendo a los materiales que constituyen el conjunto de la Hoja, se pueden establecer los siguientes grandes grupos:

- A) Materiales precámbricos, constituidos por grauvacas, pizarras y cuarcitas principalmente.
- B) Materiales paleozoicos, constituidos por sedimentos pizarro-cuarcíticos afectados de metamorfismo, tanto regional como de contacto.
- C) Terrenos terciarios, de facies continental, formados por sedimentos terrígenos.

- D) Depósitos cuaternarios, constituidos principalmente por dos conjuntos, uno aluvial y otro de recubrimiento tipo fanglomerático.
- E) Rocas ígneas, en las que se incluyen las rocas plutónicas y volcánicas.
- F) Rocas metamórficas, constituidas principalmente por gneises, corneanas, esquistos y pizarras quistolíticas.

A) Materiales precámbricos

Litológicamente, este grupo está constituido por la alternancia de finas capas de grauvacas, pizarras lutíticas y cuarcitas principalmente.

El conjunto todo presenta una tonalidad gris verdosa debida a la presencia de clorita de neoformación.

La potencia del precámbrico varía grandemente de una zona a otra. Según VEGAS, R. (1971), en el borde septentrional de Sierra Morena el conjunto tiene 3.000 m y está compuesto por pizarras arenosas, lechos de liditas, grauvacas y cuarcitas negras. En las llanuras y sierras de la Alta Extremadura, y siempre según el mismo autor, el precámbrico se compone de pizarras y grauvacas y su potencia aproximada es de 5.000 m.

B) Materiales paleozoicos

a. Cámbrico

Está constituido por materiales altamente metamorfizados, lo cual implica la inexistencia de yacimientos fosilíferos, por lo que resulta difícil señalar con exactitud el límite entre el Cámbrico y el Precámbrico.

HERNANDEZ PACHECO, F. (1951), por comparación con otras series bien dadas, llega a precisar como Cámbrico Superior una gran mayoría de las series cámbricas de Extremadura.

Una serie ideal de los materiales cámbricos constaría de los siguientes términos: en el muro, la serie comienza con un complejo esquisto-grauváquico, de características similares al descrito en el Precámbrico, no habiéndose podido delimitar el contacto entre Precámbrico y Cámbrico.

A continuación, pizarras arcillosas grises con intercalaciones de rocas básicas o ácidas y algunos lentejones de calizas de hasta 20 m de potencia.

Siguiendo la serie de muro a techo, por encima de las pizarras arcillosas, habría calizas metamorfizadas por la influencia de las rocas ígneas, en las que se encuentran.

Le sigue un conjunto detrítico constituido por conglomerados con cantos de cuarcita y areniscas que localmente pueden pasar a pudingas.

Las areniscas tienen en el techo cuarcitas claras en bancos gruesos lenticulares, que pueden presentar eventualmente huellas de animales bentónicos.

La serie anteriormente descrita se modifica sensiblemente si se ve afectada por el metamorfismo de las apófisis batolíticas, dando lugar entonces a una serie que en el muro está formada por pizarras mosqueadas, seguidas de cornubianitas de cordierita, esquistos cuarcíticos y gneises, anfibolitas y en el techo skarn.

b. Ordovícico. Silúrico

Las analogías litológicas y la falta de fauna han impedido una datación precisa de algunos afloramientos. En general, se puede afirmar que está ampliamente representado en la zona. HERRANZ ARAUJO, P. (1970), establece para la zona SE los siguientes

tramos de muro a techo: cuarcitas en bancos gruesos, blancas o grises, con una potencia de 200-250 m. Hacia las sierras de la Lapa, Perdigón, Ortiga, etc. (NE), las cuarcitas se hacen más potentes. Estas cuarcitas se han datado como Skiddaviense.

El Llanvirniense-Llandeilo vendría dado por un conjunto muy heterogéneo, con predominio de pizarras claras, abigarradas o amarillentas. Suelen estar muy alteradas, y fuertemente erosionadas. La potencia calculada para esta serie es de 100 a 350 m.

Inmediatamente superior a la serie pelítica anteriormente descrita aparece otra arenoso-cuarcítica, de menor potencia, que podría pertenecer al Ordovícico Superior, e incluso al Silúrico Inferior. La potencia de estas cuarcitas es de 50-60 m.

Por encima de la cuarcita se encuentra el Silúrico s.l., representado por una potente serie pelítica. Se trata de pizarras oscuras, casi ampolíticas, de 400-500 m de espesor.

c. Devónico

Mediante una discordancia, los materiales devónicos descansan sobre el Silúrico e incluso sobre el Ordovícico.

En la zona de Oliva de Mérida, HERRANZ ARAUJO, P. (1970) da la siguiente serie teórica del Devónico:

100-150 m de areniscas ferruginosas bajo las que alternan cuarcitas, areniscas y pizarras claras.

80 m de pizarras arenosas grises, verdosas o rojizas.

25-30 m de caliza gris oscura, masiva.

15-20 m de pizarras arenosas grises y calcopelitas.

15-20 m de calizas biohémicas grises.

20-25 m de cuarcitas ferruginosas en potentes bancos.

80-100 m de cuarcitas oscuras alternando con pizarras, y pizarras arenosas muy ferruginosas.

100 m de pizarras ferruginosas.

d. Carbonífero

En la zona de Cáceres y Sierra de San Pedro el Carbonífero Inferior viene dado por una caliza de aspecto brechoide en la base, que indica el carácter transgresivo de las mismas. (BOCHMANN, H.G., 1956). La potencia de estas calizas es del orden de los 150 m.

Sobre estas calizas aparecen tramos de arcillas y pizarras; las arcillas son de color gris claro, y contienen cristales de piritita. Hacia el techo, pasan a arcillas pizarrosas. La potencia de esta serie es difícil de calcular debido a lo plegada que está, pero se estima del orden de los 600 m. Por meteorización da un terreno de una coloración amarillenta.

c. Materiales terciarios

Se trata casi exclusivamente de materiales detríticos. La edad de estos sedimentos según ROSSO DE LUNA, I. y HERNANDEZ PACHECO, F. (1958), es Vindoboniense Inferior y Medio, sin alcanzar a los niveles pontienses.

Cubre este Mioceno a la penillanura paleozoica, y adquiere su máximo desarrollo en la depresión del Guadiana.

HERNANDEZ PACHECO, F. (1960), diferencia el Terciario de esta área en distintas zonas debido a sus diferentes características litológicas en unos y otros lugares.

El primer conjunto que define es el Terciario de las Vegas Bajas; en superficie, el terreno está formado por depósitos de raña, de poco espesor, que cubre un conjunto fundamentalmente margoso, de gran potencia y muy variado, de coloración gris. Tal

conjunto cubre con leve discordancia erosiva a materiales arcillosos compactos, denominados "barros", que presentan intercalaciones de lentejones arenosos.

En zonas de una altitud de 240-245 m, el conjunto anterior queda cubierto por arcillas algo calcáreas, de tono amarillento-rojizo, que contiene concreciones que dan origen al "caleño". A partir de los 220-225 m, comienza el nivel de las arcillas arcósicas de tono rosado que están en contacto discordante con arcillas marrones y rojas, las cuales descansan sobre el sustrato pizarroso o granítico.

Sobre este nivel se ha excavado el Valle del Guadiana, que en superficie está cubierto por importantes masas de cascajes y arenales actuales.

En los llanos situados tanto al N como al S del amplio Valle del Guadiana, el terreno terciario está formado por arcillas rosadas, finas, compactas y homogéneas, las cuales quedan cubiertas en algunas zonas por arcillas arenosas de tipo "caleño".

El segundo conjunto, definido por HERNANDEZ PACHECO, F. (1960) es el Terciario del S del Valle del Guadiana, que pertenece a la Tierra de Barros. Dichos terrenos son en general bastante superficiales, y en ocasiones sólo alcanzan espesores de algunos metros, pero hacia Almendralejo se han medido mediante sondeos potencias de 80-85 m. La columna estratigráfica efectuada en la carretera de Almendralejo a Alonza comienza en la base con arcillas arenosas de color gris rojizo, con cantos dispersos semirredondeados en la zona de contacto con el Paleozoico; sigue un conglomerado brechiforme poligénico de cantos poco redondeados, y continúan areniscas arcillosas de tipo arcósico, con unos 10 m de potencia. Mediante una marcada discordancia erosiva, este conjunto inferior queda cubierto por arcillas arenosas de tono claro, homogéneas, con depósitos cálcicos. Por encima, a partir de los 332 m y también con discordancia erosiva, se inician las arcillas de "barros", que son homogéneas, consistentes y poco calcáreas. Siguiendo de muro a techo, y a partir de los 360 m, se encuentra el "caleño", de tono rojizo parduzco y escasa uniformidad. Por último, todo este conjunto queda cubierto por canturreal de tipo rañizo, originado a partir de la destrucción de niveles de rañas.

El Terciario situado en el casco urbano de Almendralejo es mucho más completo que el anteriormente descrito; está constituido en la base por calizas blancas y compactas, que aparecen discordantes sobre los materiales paleozoicos. A continuación le sigue un conjunto claramente detrítico constituido por conglomerados y areniscas de aproximadamente 20 m de potencia. Este conjunto detrítico tiene en el techo una serie de otros 20 m formada por arcillas rojas, que hacia la base se hacen margosas. Por encima vuelve a aparecer un conjunto detrítico constituido por conglomerados arcillosos y areniscas, para finalizar con un nivel de 10 m de arcillas rojas.

Un corte sintético del Terciario aparecería formado del siguiente modo: en la base, materiales arcillosos o margosos, de color rojizo; sobre ellos y en contacto discordante, el conjunto de arcosas, que hacia el techo se hacen acentuadamente arenosas, de tonos amarillentos. Siguen unos "barros" o "caleños" que son francamente arcillosos y de tonos pardos. Al final, y como manto superficial, queda la "raña".

d. Cuaternario

Los materiales cuaternarios de la zona se pueden agrupar en los siguientes tipos según su origen:

Depósitos aluviales formados por arenas y gravas, mezclados con limos y arcillas que se encuentran ligados a los actuales cauces de los ríos. Dentro del marco general de la Hoja no representan una gran extensión y su espesor, salvo raras excepciones, no alcanza valores importantes.

Terrazas ligadas a antiguos cauces de los ríos. Su litología es similar a la de los depósitos aluviales, encontrándose en líneas generales poco desarrolladas.

Por último es importante mencionar los derrubios de laderas, de carácter detrítico, que ocupan grandes extensiones pero son de escasa potencia. Este tipo de depósitos se halla frecuentemente recubriendo materiales pizarrosos.

e. Rocas ígneas

Las rocas ígneas de la zona estudiada se presentan en amplias franjas, muchas veces interrumpidas, que tienen una dirección general NO-SE. Predominan las rocas de composición ácida sobre las básicas, las cuales están reducidas a pequeños afloramientos aislados, que se localizan en los materiales paleozoicos, o incluso dentro de las rocas ácidas.

En la zona de Montánchez-Albalá, se presenta una amplia extensión de rocas ácidas. A grandes rasgos se pueden diferenciar dos tipos de granitos: el primero, de facies superficial, gneísico, fundamentalmente de grano grueso, con predominio de moscovita sobre biotita, y el segundo de facies más profunda, cristalino, cuya mica predominante es la biotita.

El área NO de la Hoja, zona de Alburquerque, está ocupada por rocas ácidas de tipo porfídico, y por granitos de grano grueso no porfídicos biotíticos. También es frecuente encontrar diferenciaciones de microgranitos en forma de apófisis más o menos desarrolladas.

En la zona de Mérida, ROSSO DE LUNA, I. y HERNANDEZ PACHECO, F. (1949) dividen en dos grupos las rocas aflorantes: granitos y dioritas.

Los granitos son calco-alcalinos de dos micas, principalmente biotita, y de grano grueso.

Las dioritas de la zona son cuarcíferas con biotita y dioritas típicas.

Por último, en la área de Villar del Rey los mismos autores dividen los materiales rocosos en dos conjuntos. Uno granítico, que puede estar relacionado con materiales del Paleozoico Inferior, en el cual se inyecta, metamorfizándolo. El otro conjunto está constituido por rocas gabroideas relacionadas íntimamente con la dirección orogénica general.

f. Rocas metamórficas

El conjunto de rocas metamórficas está formado fundamentalmente por gneises de tonos rosados, corneanas, esquistos y pizarras quiastolíticas.

Aparte de estos materiales metamórficos, existe gran número de rocas que también han sufrido procesos de metamorfismo pero que están datadas como paleozoicas, razón por la cual se ha hablado de ellas en el apartado correspondiente.

Los materiales gneísicos se localizan principalmente en la área SE de la zona estudiada, y se limitan a pequeños afloramientos si se comparan con el conjunto formado por las rocas plutónicas.

EVOLUCION GEOLOGICA DE LA ZONA

Durante el Paleozoico Inferior, dominó en la zona extremeña un amplio geosinclinal. En el Cámbrico Medio (ROSSO DE LUNA, I. y HERNANDEZ PACHECO, F. 1960), es probable que emergiera una masa continental en algunas zonas, relacionadas muy directamente con antiguas masas sedimentarias precámbricas. Se ha llegado a esta conclusión por la aparición de los depósitos calizos de carácter arrecifal.

Después del episodio arrecifal, el geosinclinal vuelve a acentuarse, restableciéndose la sedimentación que posteriormente dio lugar a la potente serie de pizarras, de gran uniformidad, interrumpida, hacia el techo, por la aparición de grauvacas, que reflejan el inicio de una lenta regresión marina. Dicha regresión continúa posteriormente y comien-

zan a depositarse materiales típicamente detríticos (areniscas), que los procesos metamórficos posteriores transforman en cuarcitas ordovícicas. El inicio patente de la emersión de masas continentales con acusado relieve queda reflejado en la aparición de conglomerados de base en el muro de las cuarcitas del Ordovícico. Continúa esta época con sedimentación de facies litoral.

A continuación se inicia un nuevo proceso de regresión que persiste durante todo el Ordovícico. Durante estas épocas se producen movimientos epirogénicos derivados de la fase orogénica Caledónica.

La zona se encuentra invadida por sedimentos batiales del Devónico Inferior que, con discordancia erosiva patente, descansan sobre los arrasados materiales anteriores. La orogenia Hercínica, especialmente su fase Astúrica, produce el plegamiento de los materiales depositados anteriormente. Este conjunto fue al mismo tiempo inyectado por masas de rocas endógenas que metamorfizaron los sedimentos paleozoicos, los cuales a partir de entonces han formado un núcleo continental, hoy día completamente arrasado por repetidos ciclos erosivos.

La tectónica alpina tuvo repercusiones poco marcadas en esta zona, ya que afectó a bloques rígidos, que como tales reaccionaron.

Esta zona, que a lo largo del Mesozoico había sido reducida a penillanura, es afectada, durante el Terciario, por una sedimentación marcadamente detrítica de facies continental, cuyos productos hoy también aparecen muy erosionados, permitiendo observar el Paleozoico en los lugares donde la erosión ha sido más acentuada. La culminación de la sedimentación miocena lo constituye la superficial masa de derrubios de "raña" en el Plioceno Superior.

A partir de entonces, todo el país, que sólo ha sufrido suaves movimientos de basculación, ha estado sometido a un ciclo de erosión muy intenso, que ha permitido la formación de los sedimentos detríticos del Cuaternario.

2.3. CRITERIOS DE DIVISION. CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS AREAS

Resulta primordial, en un estudio de esta índole, con una escala tan reducida como es la 1:200.000, el intentar sintetizar y agrupar en grandes conjuntos las unidades que presentan unas características o rasgos generales comunes.

Por consiguiente, se ha realizado la división zonal de la Hoja, en regiones como unidades de primer orden, y en áreas como unidades de segundo orden. Con esta clasificación queda simplificado el estudio de la misma, a la vez que pueden exponerse con mayor claridad todos los datos manejados y se evita el perderse en descripciones sistemáticas, particulares de cada punto de la Hoja, las cuales desviarían al estudio de su fin primordial, que es el de dar una idea de conjunto de las diferentes zonas que la componen.

CRITERIOS DE DIVISION GEOTECNICA

Las regiones se han definido como unidades de primer orden con el denominador común de la homogeneidad geotectónica, y las áreas como unidades de segundo orden y subdivisiones de las anteriores, con una homogeneidad macrogeomorfológica.

Esto lleva consigo el conferir a las unidades diferenciadas una personalidad física, fácilmente observable en los mapas, con lo que el estudio comparativo de las características de éstas entre sí queda sensiblemente simplificado.

Los casos excepcionales en que una pequeña zona queda englobada en otra mayor de características geotécnicas distintas, serán contemplados adecuadamente en la Memoria.

En la presente Hoja se ha diferenciado tres regiones y nueve áreas, que a continuación se citan:

Región I - Depresión del Guadiana

Esta región agrupa, prácticamente, la totalidad de los materiales terciarios y cuaternarios de la Hoja que forman el relleno de la gran depresión del Guadiana sobre el sustrato paleozoico que aflora alrededor de ellos.

También se incluyen las rocas graníticas que dan lugar al "Umbral de Mérida".
Consta de las siguientes áreas:

Area I₁

Terrenos aluviales relacionados con el río Guadiana.

Area I₂

Terrenos terciarios detríticos gruesos.

Area I₃

Terrenos terciarios detríticos finos.

Area I₄

Materiales que constituyen el "Umbral de Mérida", formados en su mayor parte por rocas plutónicas.

Región II - Penillanura Cacereña

Bajo este nombre se engloba la parte meridional de la Penillanura Cacereña, que en su mayor parte está compuesta por materiales pizarrosos paleozoicos, atravesados por intrusiones de rocas ígneas, algunas de ellas de considerable importancia. Se distinguen las siguientes áreas:

Area II₁

Constituida por rocas graníticas y afines, además de las aureolas de contacto a que dieron lugar.

Area II₂

Materiales paleozoicos que constituyen el gran anticlinal de la Sierra de San Pedro.

Area II₃

Penillanura Cacereña propiamente dicha, constituida por terrenos paleozoicos, que en su mayor parte son rocas pizarrosas.

Región III - Estribaciones de Sierra Morena

Ocupa esta región el tercio E y parte del límite meridional de la Hoja.

Está compuesta en su mayor parte por materiales paleozoicos de litologías muy variadas y que se hallan en numerosos casos recubiertos por depósitos cuaternarios.

Se dividen en las siguientes áreas:

Area III₁

Materiales paleozoicos, de litología muy variable, recubiertos en algunas zonas por depósitos cuaternarios.

Area III₂

Materiales paleozoicos, fundamentalmente calcáreos, que forman el límite septentrional de la Tierra de Barros.

CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS AREAS

Area I₁

Corresponde a los materiales aluviales depositados por el río Guadiana.

Su morfología es marcadamente horizontal, con lo que en muchos puntos resalta del entorno terciario que la rodea.

Son sedimentos detríticos, que varían desde gravas hasta arcillas, pasando por los términos de arenas y limos. Como ocurre en este tipo de depósitos, la distribución parcial de sus componentes es errática, y su grado de compactación escaso, salvo en puntos muy locales.

Es una zona notable, tanto ante condiciones naturales como bajo la acción del hombre.

La permeabilidad de estos materiales es elevada y sus condiciones de drenaje favorables. Al estar relacionados con cursos de agua permanentes, existe en muchos casos agua a escasa profundidad, constituyendo acuíferos más o menos superficiales.

Su capacidad de carga es baja y es muy probable la aparición de asientos absolutos elevados, sobre todo donde predominan los elementos finos.

La explotación de los materiales más gruesos es factible en aquellos puntos donde se hallan acumulados, existiendo ya en la zona varias instalaciones extractivas de este tipo.

Area I₂

Se sitúa tanto al N como al S de la área anterior y corresponde a la mayor parte de los materiales terciarios de la Hoja.

Al N queda limitada por la Penillanura Cacereña (Región II) y al S por las rocas calcáreas paleozoicas de la Tierra de Barros. Al O se extiende hasta Portugal y al E termina en la Area I₃, constituida por los terrenos terciarios más finos.

Su morfología es bastante llana, con pendientes que no sobrepasan el 7 por ciento salvo raras excepciones. Son frecuentes las zonas planas en el conjunto, aunque en realidad éste podría considerarse como un relieve alomado suave.

Los materiales que la constituyen son en su mayor parte arcosas, más o menos arcillosas, miocenas, y recubiertas en muchos puntos por un pequeño espesor de arenas poco arcillosas con numerosos cantos.

Irregularmente repartidos y en menor proporción, existen otros tipos de materiales, tales como las arcillas del Mioceno Inferior, las margas calcáreas denominadas popularmente "caleño", cuya principal representación se localiza al N y NO del área, las arcillas arenosas pliocenas y ciertos restos de raña. También hay que tener en cuenta los sedimentos que constituyen los fondos de los afluentes secundarios del Guadiana, y cuya composición es similar a la descrita para los depósitos de este último.

En general, se considera una zona estable bajo condiciones naturales e incluso bajo la acción del hombre.

En los puntos donde existen pendientes pronunciadas, se observan deslizamientos a favor de la pendiente, lo cual hace pensar en la existencia de otras inestabilidades potenciales en aquellos puntos donde coincidan estas características. De todos modos, estos son casos muy concretos y que no corresponden a la tónica general de la área.

Son materiales por lo general poco permeables, aunque en las zonas donde hay otros tipos de depósitos que no sean los característicos de la área esta propiedad puede variar desde impermeables, como en el caleño, hasta permeables, como en los aluviales de los ríos.

Algo similar a lo que ocurre para la permeabilidad debe apuntarse para las condiciones de drenaje, en donde la tónica general es deficiente, aunque por la misma razón pueden darse condiciones mejores y peores respecto a las citadas.

Los acuíferos que existen son debidos a la porosidad intergranular de los sedimentos y dan lugar ocasionalmente a aguas colgadas.

La capacidad de carga de las arcosas arcillosas es muy alta, y los asentamientos muy bajos. Sin embargo, debido a la complejidad litológica que concurre en la área, estas características pueden variar notablemente respecto a las citadas para las arcosas.

Area I₃

Son los sedimentos terciarios más finos, concretamente arcillosos, que pertenecen a la base del Terciario de Extremadura.

Su morfología es hasta cierto punto similar a la descrita para la área anterior, con pendientes que sólo ocasionalmente superan el 7 por ciento y con abundantes formas planas, aunque al ser materiales arcillosos la erosión da formas algo diferentes a las originadas por las arcosas.

También coexisten en esta área, junto con las arcillas que le dan la personalidad, otros tipos de materiales en mucha menor proporción, tales como arcosas, arcillas, areniscas y depósitos aluviales.

En conjunto, se trata de una área estable, tanto ante las condiciones naturales como bajo la acción del hombre.

Esta área es propicia a encharcamientos temporales. Los acuíferos son escasos, dando lugar a aguas colgadas al aprovechar niveles detríticos más gruesos, dentro del conjunto arcilloso.

Sus condiciones de drenaje son en general nulas, debido a la impermeabilidad de sus materiales y su escasa pendiente.

La capacidad de carga del conjunto se considera media, al igual que los asientos absolutos, siendo los diferenciales poco importantes.

Area I₄

Geográficamente es conocida con el nombre de "Umbral de Mérida", ya que divide a la Depresión del Guadiana de N a S en dos partes, las Vegas Altas al E y las Vegas Bajas al O.

Morfológicamente se caracteriza por un relieve suave alomado, con afloramientos aislados de la roca, más o menos abundantes, y con pendientes que como norma general no sobrepasan el 7 por ciento, aunque aisladamente y sobre todo en la parte más septentrional de la área, se llegan a alcanzar valores hasta del 30 por ciento.

Los materiales que la constituyen en su mayor parte, y a su vez la infieren mayor personalidad, son las rocas plutónicas (granitos y granodioritas).

Acompañando a estas rocas existen sedimentos más modernos, como depósitos coluviales, arcillas arenosas pliocenas y restos de raña.

Formando los relieves destacables de la área se encuentran las cuarcitas y pizarras del Ordovícico y Silúrico. Originan sierras, como Sierra Bermeja y la Sierra del Saltillo. Todos estos terrenos aparecen representados en la mitad N de la unidad. Estos materiales son propicios a la caída de bloques e incluso a la formación de canchales en las laderas.

Conviene destacar el hecho importante de la intensa alteración superficial que sufren las granodioritas, con espesores que adquieren sobrada importancia como para ser tenidos en cuenta.

No ocurre lo mismo con el granito, el cual aflora con mucha mayor densidad, por lo que, en realidad, la área puede caracterizarse por dos parámetros geotécnicos, que corresponderán uno al granito y otro a la alteración superficial de las granodioritas.

La estabilidad de la área es completa, salvo en su parte más septentrional, que puede presentar inestabilidad ante la acción del hombre.

Desde el punto de vista hidrológico, se observan materiales impermeables, como son los granitos y granodioritas, y semipermeables, como son las alteraciones superficiales de estas rocas. Las condiciones de drenaje son muy deficientes o nulas y aceptables, respectivamente, para estos dos conjuntos.

Las aguas subterráneas estarán ligadas a los fenómenos de alteración y fracturación superficial de las rocas citadas, apareciendo con frecuencia niveles freáticos someros.

Los acuíferos estarán aislados unos de otros, debido al carácter superficial que poseen, y adquieren un desarrollo espacial superior a las granodioritas, en las que la profundidad de alteración presenta un mayor espesor.

Como denominador común de la área, se puede decir que la capacidad de carga varía entre alta y muy alta, y los asientos entre muy bajos y medios.

Area II₁

Constituida por dos afloramientos graníticos que destacan claramente dentro de la Región II, y que se sitúan al NE y NO de la Hoja.

Se puede caracterizar la área por una morfología de formas suaves, que no sobrepasan pendientes del 7 por ciento, aunque existen casos excepcionales dentro de ella en donde se alcanzan valores superiores al 30 por ciento. En estas últimas zonas cabe la posibilidad de que existan deslizamientos a favor de la pendiente, aprovechando las alteraciones superficiales de la roca o los recubrimientos coluviales.

También existen pendientes intermedias, pero siempre sin una representación superficial importante.

Agrupar esta área las rocas graníticas que aparecen dentro de la Región II, junto con la aureola de metamorfismo que originó su intrusión. También existen numerosos diques aplíticos que las atraviesan y que por lo general, presentan una mayor resistencia a la erosión.

Es frecuente una alteración superficial de la roca, en zonas imposibles de cartografiar a esta escala, pero que desde un punto de vista geotécnico conviene tener presentes.

Se trata de una área estable en conjunto, aunque en los puntos donde las pendientes son acusadas pueden darse casos de inestabilidad ante la acción del hombre.

Por lo general, los materiales que la componen son impermeables y salvo los lugares donde la pendiente adquiere importancia el drenaje será nulo o muy deficiente.

Las aguas subterráneas están ligadas a fenómenos de fracturación y alteración superficial, lo cual da lugar a niveles freáticos someros y acuíferos aislados.

La capacidad de carga está comprendida entre alta y muy alta y los asentos esperados, entre muy bajos y bajos.

Area II₂

Comprende íntegramente al anticlinal de la Sierra de San Pedro.

Está caracterizada por pendientes comprendidas entre el 15 y 30 por ciento, aunque en donde afloran materiales más erosionables se suavizan hasta valores inferiores al 7 por ciento.

Los materiales que la componen, paleozoicos en su totalidad, pertenecen a litologías muy variadas, tales como pizarras, cuarcitas, areniscas, conglomerados y micrograuvacas, a través de los cuales existen pequeñas inyecciones magmáticas básicas de diabasas.

Son frecuentes los depósitos de bloques de los estratos cuarcíticos. También existen zonas donde la alteración arcillosa de las pizarras adquiere un desarrollo importante.

Es una área tectónicamente compleja en la que se encuentran materiales desde el Precámbrico hasta el Carbonífero.

Se puede considerar estable bajo condiciones naturales e inestable bajo la acción del hombre.

Es impermeable en general, pero su drenaje es aceptable, gracias a la pendiente media que posee. En los puntos donde ésta disminuye, las condiciones de drenaje empeoran notablemente.

La capacidad de carga de la área es alta o muy alta y los asentos bajos o muy bajos.

Area II₃

Corresponden a la parte meridional de la Penillanura Cacereña.

Su morfología es característica y está constituida por formas suavizadas con pendientes que oscilan entre el 0 y el 15 por ciento, por lo general, aunque los materiales que la componen son propicios a crear abarrancamientos o resaltes topográficos con pendientes superiores a las citadas.

Las sierras formadas por rocas más competentes originan relieves abruptos y montañosos que destacan del conjunto.

Los materiales que la caracterizan son las pizarras, aunque coexisten con ellas otros grupos litológicos, tales como cuarcitas, areniscas, conglomerados, micrograuvacas y calizas. Recubriendo estos materiales localmente, aparece la raña, que no adquiere un desarrollo destacable en la área. También existen dos pequeñas intrusiones graníticas en las zonas de Villar del Rey y la Roca de la Sierra, exactamente en el límite entre la Región II y la Región I. Por último, conviene destacar ciertos afloramientos diabásicos, que atraviesan los materiales paleozoicos de forma indiscriminada.

Es frecuente el desarrollo de coluviones en las laderas de las sierras, los cuales dan lugar a deslizamientos tanto activos como potenciales a favor de la pendiente. También en las zonas donde se conjuga una pendiente acusada con el buzamiento adecuado de planos estructurales de pizarras, ocurren deslizamientos a favor de dichos planos.

La área, en conjunto, es estable, tanto ante condiciones naturales como bajo la acción del hombre. Solamente los coluviones desarrollados en las laderas de las sierras, o la conjugación de la pendiente con la dirección de tectonización de las pizarras, podrán ocasionar inestabilidades que contradigan la tónica general estable definida.

Es frecuente la caída de bloques e incluso la acumulación de éstos en las laderas de las sierras cuarcíticas. También son destacables los conos de deyección que forman los torrentes en las partes bajas de las sierras importantes.

Los materiales en general son impermeables, factor éste que unido a la escasa pendiente media ocasiona un drenaje nulo o muy deficiente.

Estas condiciones pueden verse cambiadas por el aumento de la pendiente o de la permeabilidad de los materiales, pero estos casos siempre serán excepciones más o menos locales.

Los acuíferos son aislados y ligados a fenómenos de fracturación y alteración superficial de la roca, ocasionando que allí donde existen el agua se encuentre a escasa profundidad.

La capacidad de carga es alta o muy alta, y los asientos bajos o muy bajos, aunque debido a la variedad litológica de la área pueden aparecer valores inferiores de estas características mecánicas, ocasionalmente.

Area III₁

Se localiza en la esquina SO de la Hoja.

En esta área se engloba el conjunto de materiales paleozoicos que pertenecen a las estribaciones más septentrionales de Sierra Morena. Estos materiales mantienen claramente las directrices NO-SE de esta gran unidad.

Su morfología es la más accidentada de la Hoja, con una pendiente media comprendida entre el 15 y el 30 por ciento.

Son numerosas las sierras que la componen, tales como las de Peñas Blancas, San Serván, de la Trancha, de Utrera, de la Lapa y de la Ortiga, entre las más importantes.

Está compuesta por una gran variedad litológica. Fundamentalmente son terrenos paleozoicos, formados por pizarras, cuarcitas, areniscas, conglomerados, micrograuvacas y calizas. También existen numerosas intrusiones de rocas ígneas (granitos y granodioritas) así como algunas bandas de rocas de alto grado de metamorfismo, tales como gneises, corneanas, esquistos y pizarras quiastolíticas, asociadas a las intrusiones mencionadas.

Recubriendo todos estos materiales de un modo irregular existen coluviones y rañas, que adquieren una representación importante dentro de la superficie de la área.

Por último, conviene destacar las alteraciones "in situ" de las rocas, especialmente de las pizarras, que en algunos puntos poseen espesores dignos de ser tenidos en cuenta.

Debido a la pendiente que caracteriza la área, ésta debe considerarse inestable, en unos casos sólo ante la acción del hombre y en otros también bajo las condiciones naturales.

Existen deslizamientos en las zonas de pendientes acusadas, aprovechando los recubrimientos de tipo coluvial o los materiales de alteración de la roca.

La área en conjunto es impermeable, aunque se den casos de zonas poco permeables, semipermeables e incluso permeables.

Las condiciones de drenaje, a pesar de la impermeabilidad general de los materiales, son favorables debido a la alta pendiente media que predomina, aunque consecuentemente con lo expuesto en párrafos anteriores existirán casos más desfavorables.

Los acuíferos, cuando existan, serán aislados y aprovecharán las zonas de alteración y fracturación superficial de la roca, por lo que el agua en ellos se encontrará a escasa profundidad.

La capacidad de carga es alta, salvo en los depósitos coluviales y rañas, a las cuales corresponden valores bajos. Los asientos que cabe esperar en estos terrenos son bajos o muy bajos aunque, al igual que para la capacidad de carga, conviene aclarar que serán medios o incluso elevados en los coluviones y rañas.

Area III₂

Se encuentra representada al S de la Hoja. Está dividida en dos partes, una al SO, correspondiente a la zona de Olivenza, y otra en los alrededores de Almendralejo, en la zona Centro-Sur. Abarca aproximadamente el borde septentrional de la Tierra de Barros.

Su morfología es suave y alomada. Las pendientes, por lo general, no sobrepasan el 7 por ciento. Como excepciones, existen tanto zonas planas como zonas con valores de la pendiente de hasta el 15 por ciento, siempre irregularmente repartidas por la superficie de la área.

En estos puntos donde la pendiente se acrecienta pueden darse deslizamientos aprovechando los depósitos de alteración de las rocas, aunque siempre serán casos aislados, sin suficiente entidad como para caracterizar a la área.

Los materiales que la componen son fundamentalmente paleozoicos, siendo las calizas las rocas dominantes. Existe también una pequeña intrusión granítica, así como arcillas arenosas pliocenas y restos aluviales de los ríos de la zona, si bien en ningún caso estos terrenos adquieren una representación relevante.

Las calizas paleozoicas frecuentemente están alteradas superficialmente, teniendo a veces esta alteración un espesor considerable.

En conjunto, la área debe considerarse estable, tanto bajo condiciones naturales como ante la acción del hombre.

Las condiciones de drenaje son deficientes, consecuencia lógica de la escasa permeabilidad de los materiales que la componen y de las suaves pendientes. Puntualmente, aparecen casos de drenaje aceptables e incluso favorables.

La capacidad de carga para el conjunto es muy alta y los asientos muy bajos, aunque localmente pueden darse casos con características mecánicas inferiores.

2.4. FORMACIONES SUPERFICIALES Y SUSTRATO

En el apartado dedicado al bosquejo geológico se hace un inventario exhaustivo de todos los materiales presentes en la Hoja, atendiendo a todas sus peculiaridades litológicas y cronológicas.

El conjunto final es de una complejidad extraordinaria, y no resulta práctico para los fines pretendidos por muchísimas razones, entre las que pueden destacarse las siguientes:

La cronología, factor de enorme interés geológico, tiene una utilidad mecánica más reducida, y su introducción solamente sirve, en muchas ocasiones, para complicar innecesariamente el cuadro final, al obligar a dar un tratamiento separado a materiales de diferente edad, pero de similar comportamiento mecánico.

El bosquejo geológico, realizado dentro de la más pura ortodoxia científica, contempla los suelos y las rocas bajo un prisma totalmente diferente al que usaría un proyectista o un constructor. Esta cualidad debe corregirse inmediatamente para conseguir alcanzar los fines prácticos que se pretenden.

En el bosquejo geológico, los suelos y rocas han sido designados por un nombre litológico y por unos apellidos cronológicos o deposicionales, o cromáticos, o de fauna, o de facies. Todo ello es interesante, pero no basta, y el establecimiento de cada material debe hacerse atendiendo exclusivamente a su litología, sus características de identificación geotécnica y sus parámetros mecánicos.

La evolución geológica de la Hoja, que fue merecedora de una considerable extensión, y cuyo interés geológico es indudable, tiene una significación escasa en las condiciones constructivas de los terrenos, cuya definición constituye el objetivo primordial de todo el trabajo.

Por todo ello, a partir de este momento se hace necesario emprender un método totalmente diferente que, recopilando toda la cuantiosa información contenida en el bosquejo geológico, la moldee convirtiéndola en una herramienta utilizable para las futuras andaduras que aguardan.

En primer lugar, se modificará el lenguaje usado en el texto, adaptándolo al destinatario más frecuente de estas Hojas. De este modo, se huirá en lo posible de precisiones cronoestratigráficas y se incidirá en la terminología habitual de la Mecánica de Suelos, mucho más práctica para los fines pretendidos y mejor conocida por todos aquellos que proyectan o construyen sobre el terreno.

En segundo lugar, se dividirán todos los materiales de la Hoja en un número reducido de grupos, atendiendo exclusivamente al comportamiento similar ante los diferentes estímulos, y huyendo intencionadamente de cualquier otra consideración, con el objeto de no hacer excesivamente prolijo el cuadro.

En tercer lugar, los grupos así creados se clasifican en dos grandes ordenaciones de rango superior, que hemos conocido con el nombre de formaciones superficiales y sustrato. En las primeras se incluyen todas las alteraciones y todos los suelos depositados recientemente, que pueden presentar todavía una diferente consolidación o un pobre estado de compactación. En los segundos se agrupan todos los materiales antiguos, normalmente bien consolidados. En la mayoría de los casos puede hablarse de una barrera cronológica en el Villafranquense; pero este aserto dista mucho de tener generalidad, pues en todo momento se ha procurado que el criterio mecánico prime sobre cualquier

otro a la hora de hacer la separación. De este modo, una alteración con deficiente estado de compactación será siempre considerada como una formación superficial, sea cual sea la edad de su formación e idéntica consideración cabría hacer sobre las inconsistentes rañas.

El fundamento de esta división hay que buscarlo en razones puramente geotécnicas, al darse cita los problemas con mucha frecuencia e intensidad en estos materiales recientes, sueltos e inconsolidados que se ha dado en llamar formaciones superficiales; aunque ello no implica, ni mucho menos, una bondad "a priori" de los sustratos.

En el texto se analizarán separadamente las formaciones superficiales y los sustratos, tratando consecutivamente dentro de estas grandes ordenaciones cada uno de los diferentes grupos creados.

Naturalmente, en el desarrollo se huirá de cualquier aspecto geológico o científico, los cuales tuvieron ya su apartado específico. Por esta razón, únicamente se recogerán características identificativas y parámetros mecánicos, información de utilidad innegable y de la que se hará amplio uso en el resto de la Hoja.

FORMACIONES SUPERFICIALES

Depósitos coluviales. Q_c

Compuestos por mezclas íntimas de arcillas, arenas y cantos.

Se trata de materiales escasamente representados y dispersos por toda la Hoja, sin que pueda hablarse de localizaciones preferenciales.

Es difícil establecer una identificación general de estos suelos, puesto que su naturaleza depende íntimamente de la de la roca fuente que les sirvió de origen; pero como rasgos predominantes puede hablarse de una pobre distribución granulométrica, así como de la presencia frecuente de bolos y bloques de gran tamaño. Prácticamente se encontrarán en estos suelos todos los grupos de clasificación posibles aunque los más representados serán los GP y SC; por lo general las fracciones finas se integran dentro del CL.

Su carácter es predominantemente granular; pero con excepciones numerosas que quitan toda generalidad a este aserto. Ni siquiera pueden hacerse separaciones por zonas, puesto que los cambios se producen de un modo totalmente errático y puntual.

El estado natural de compactación de estos materiales puede calificarse de aceptable, mientras que las densidades relativas fluctúan entre medias y elevadas. La presentación normal de las fracciones cohesivas es la semisólida, con índices de consistencia ligeramente inferiores a la unidad.

Los ángulos de rozamiento suelen oscilar entre medios y elevados. Los asientos son de tipo elástico e instantáneo, con módulos de compresión de valor aceptable.

Estos materiales están sujetos con harta frecuencia a la acción del agua en movimiento con un cierto gradiente hidráulico. La consecuencia directa es la aparición muy normal de mezclas granulares lavadas, de características bastante desfavorables. Afortunadamente, este lavado de fracciones finas progresa escasamente en profundidad, siendo posible encontrar suelos sanos a cotas más bien reducidas.

Esta acción del agua en movimiento es también causa de que estos materiales, que suelen yacer inclinados, presenten en muchas ocasiones equilibrios precarios.

La ripabilidad de los depósitos coluviales es muy sencilla. Por otro lado, muy frecuentemente los materiales procedentes de desmontes podrán servir para la ejecución de terraplenes, incluso cargados, puesto que se trata de suelos que admiten bien la compactación mecánica.

El ángulo de rozamiento interno determina, generalmente, la inclinación de reposo de los taludes; pero estos suelos nunca carecen totalmente de cohesión, por lo que cabe,

incluso, la estabilidad vertical precaria, hecho importante en el tallado de zanjas de fundación. No obstante, en este aspecto puede hablarse de las condiciones más desfavorables de la Hoja. La verticalidad es tan precaria que en muy pocas horas puede inestabilizarse el conjunto.

El valor de estos suelos como sostén de pavimentaciones es medio, y en muchos casos podrá descansar directamente sobre ellos la base granular de las mismas.

Aluviales. Q_a

Se encuentran ampliamente representados en la Hoja. Por otro lado, su interés sube de grado al considerar que sobre suelos aluviales descansarán muchos de los más progresivos municipios del área de estudio, y que, por consiguiente, ellos deberán ser quienes soporten la mayor parte del futuro crecimiento.

La litología es idéntica al caso anterior, mezclas íntimas de gravas, arenas, limos y arcillas, radicando la mayor diferencia en la mejor distribución granulométrica del conjunto, así como en la proporción algo superior en que se presentan las fracciones finas.

Su carácter es predominantemente granular; pero asimismo caracteriza a estos suelos la existencia frecuente de lentejones puramente cohesivos.

Los grupos más representados son los GP y GW, aunque también aparecen con mucha frecuencia los SM y los SC; mientras que los CL y los ML son los más característicos de los frecuentes lentejones cohesivos mencionados.

La presentación de las intercalaciones finas es plástica o semisólida, y su cohesión baja. Los ángulos de rozamiento de las fracciones granulares varían enormemente de un modo puntual, cabiendo señalar la existencia de valores bajos, aunque no su predominio.

Los asientos serán generalmente elásticos e instantáneos, debido a que la consolidación de los lentejones cohesivos, de reducida potencia y drenaje por ambas caras, será siempre muy rápida. Los valores de los módulos de compresión oscilarán entre límites enormes. El predominio corresponderá a los medios y elevados pero nunca puede olvidarse la más posible existencia de módulos bajos, e incluso muy bajos.

La ripabilidad será siempre muy sencilla, aunque la presencia muy frecuente de nivel freático a escasa profundidad marcará un límite claro para los desmontes económicos.

Estos materiales, con excepciones, admiten bien la compactación mecánica y generalmente los productos de desmonte son utilizables para terraplenes, incluso cargados. En los casos más favorables estos suelos constituyen verdaderas zavorras naturales, perfectas para su utilización como materiales de préstamo.

El valor de estos suelos como sostén de pavimentaciones es, como consecuencia lógica de todo lo expuesto, variable entre amplios límites. En muchas ocasiones servirán previamente compactados, como subbase de las mismas, pero en ocasiones desfavorables, y no excesivamente raras, será preciso interponer, incluso, una capa anticontaminante entre la subbase de préstamo y el terreno.

El ángulo de rozamiento interno determinará, generalmente, el reposo estable de estos suelos. No obstante, siempre existe cohesión (real o aparente) suficiente para permitir el tallado vertical de zanjas de fundación con equilibrio precario, pero generalmente suficiente para permitir el hormigonado de las mismas sin necesidad de recurrir a entibaciones.

Rañas. T_{2/5/3}

Esta característica mezcla de arcillas con bolos está menos representada en la Hoja de lo que es habitual en Extremadura. Del mismo modo, tampoco alcanzan casi nunca espesores importantes en la área estudiada.

Su carácter es predominantemente cohesivo, con pocas excepciones, siendo el CL el grupo más representado.

Consistencias generalmente reducidas, y frecuentes presentaciones plásticas son características comunes en el conjunto.

La cohesión también es baja, mientras que los módulos edométricos varían entre medios y elevados.

Los asientos serán, generalmente, diferidos. La velocidad total de producción de los mismos vendrá condicionada por el espesor de la raña, así como por la permeabilidad de los materiales infrayacentes.

Frecuentemente, las rañas se disponen con acusadas inclinaciones, reflejando la primitiva morfología de los sustratos. Cuando concurren tales condiciones, la situación es sumamente favorable para la presencia de una inestabilidad más o menos acusada, con todo tipo de fenómenos geomorfológicos fácilmente observables.

Las arcillas de las rañas son normalmente consolidadas o, a lo sumo, ligeramente preconsolidadas por desecación, por lo que los asientos reales se aproximan bastante a los teóricos de cálculo.

La ripabilidad es sencilla, pero la compensación de tierras es muy desfavorable.

El valor de estos suelos como sostén de pavimentaciones es muy bajo, precisando, por otro lado, la interposición de una capa anticontaminante entre la subbase y el terreno.

Al comportarse el conjunto con arreglo al modelo de los suelos puramente cohesivos, será siempre posible conseguir una estabilidad vertical precaria, aunque el equilibrio estable requiera paredes sumamente tendidas.

Alteraciones de rocas ígneas ácidas. Q_c

La abundancia de estos eluviales ha permitido su cartografía separada en amplias zonas, que en los documentos geológicos aparecen representada como granodioritas. Para proceder así, se ha tenido en cuenta el evidente hecho de que las alteraciones areno-arcillosas tienen mucho más interés geotécnico que las rocas a cuyas expensas se han formado.

Predomina el carácter granular, y el grupo más frecuentemente representado es el SC.

Lo característico de estos suelos es la mejora constante y rápida de todos los parámetros mecánicos con la profundidad consiguiéndose, a partir de cotas más bien reducidas, elevadas densidades relativas, altos ángulos de rozamiento y considerables módulos de compresión.

Sin embargo, en estas alteraciones existen fracciones cohesivas duras o rígidas que presentan una compresibilidad media o elevada. Este hecho se ha constatado en numerosas ocasiones, y resulta conveniente prevenir sobre su eventualidad.

La ripabilidad de estos suelos es sencilla, aunque la dificultad crece con la profundidad, llegando a convertirse en nula al tocar el techo de la roca meteorizada.

Estos materiales admiten bien la compactación mecánica, lo que permite en muchas ocasiones su uso directo como subbase de pavimentaciones. Por otro lado, este mismo hecho posibilita el uso de los productos de desmonte en la ejecución de terraplenes.

El ángulo de rozamiento interno, generalmente elevado, determina el reposo estable de estos suelos. Sin embargo, la estabilidad vertical precaria es siempre posible, e incluso durante períodos de tiempo bastante elevados.

SUSTRATO

Arcillas arenosas T_{5/3}

Materiales muy dispares según predomine la arcilla o la arena. Sin embargo, suele ser mayoritaria la primera, por lo que se supondrá que sus propiedades serán las determinantes del comportamiento del conjunto. Por otro lado, tal modo de proceder repercute en beneficio de la seguridad, puesto que, en este caso, las arcillas presentan peores características mecánicas.

Su carácter es predominantemente cohesivo, y los grupos mayoritarios los CH y CL.

Los rasgos distintivos de estas arcillas son su sobreconsolidación, su sensibilidad y su presión de hinchamiento libre variable entre media y elevada. Todos estos factores van en cierto modo ligados, y el beneficio que supone la sobreconsolidación en la reducción de los asientos reales queda compensado con creces por los importantes perjuicios que pueden derivarse de la importante expansividad que, aunque no con carácter general, aparecerá en amplias zonas.

La cohesión varía entre media y elevada, mientras que los coeficientes edométricos tienen valores medios.

Los asientos, raramente importantes, tendrán carácter diferido, aunque las intercalaciones arenosas reducirán notablemente el tiempo de producción total.

La ripabilidad será sumamente sencilla. No obstante, los productos de desmonte no servirán para la ejecución de terraplenes que tengan que soportar cargas. Por otro lado, como es habitual en arcillas sensitivas y expansivas, la estabilidad de las paredes de desmonte constituirá siempre un problema serio.

El valor de estos suelos como sostén de pavimentaciones es francamente bajo, precisándose, generalmente, capa anticontaminante y subbase de préstamo.

Problemas, como se ve, variados, aunque el más grave se deriva de la expansividad que aparecerá frecuentemente. Este indeseable fenómeno se debe en parte a la naturaleza de las arcillas, y en parte a las características climatológicas de la región extremeña, con dilatados períodos de sequía, susceptibles de provocar retracciones capaces de separar los suelos de las fundaciones, y con lluvias torrenciales, desencadenantes de las elevadas presiones de hinchamiento.

Arcillas pardo-rojizas. T₅

Poco hay que decir sobre estos suelos puramente cohesivos, análogos en todo a los descritos en el apartado anterior. Solamente podría puntualizarse que en este caso existen muchas menos excepciones sobre el comportamiento general antes descrito.

También en estas arcillas cabe decir que el hecho más característico es su carácter expansivo, propiedad a la que no cabe atribuir una presencia general en todos los emplazamientos, aunque sí una probabilidad alta de que pueda aparecer en cualquier punto.

La potencia del paquete expansivo es muy variable. Algunas veces, el nivel freático marcará su base; pero, las más, acontecerá antes el tránsito a la zona de humedad constante, no sujeta a las variaciones estacionales que constituyen el final de los hinchamientos y

retracciones. Cabe pensar en espesores medios comprendidos entre dos y tres metros, lo que puede dar lugar a fuerzas importantes, capaces de ocasionar problemas para estabilidad de las estructuras que asienten sobre estas arcillas.

No es preciso añadir más, pues todos los datos que podrían tener interés han sido expuestos en el apartado anterior.

Caleños. T₁₀₅

Se trata de una arcilla muy dura con presencia sólida y plasticidad elevada perteneciente, por tanto, al grupo CH de la clasificación de Casagrande. Su representación es escasa dentro de la superficie de la Hoja.

Tan elevada es su rigidez, que observadores no especializados podrían confundir el caleño con una verdadera roca. Sin embargo, una vez humedecido, o simplemente expuesto al aire, desaparece todo posible equívoco.

Naturalmente, su carácter es puramente cohesivo, y las consistencias superiores a la unidad. Los ángulos de rozamiento son despreciables ante aplicaciones rápidas de la carga y las cohesiones son muy elevadas.

La sobreconsolidación es evidente, y tuvo que ser muy fuerte para dar lugar a unas características mecánicas tan elevadas. Consecuentemente, los asientos totales serán muy reducidos, a pesar de que los coeficientes edométricos oscilarán entre medios y elevados.

También estas arcillas rígidas son frecuentemente expansivas, aunque en este caso el problema tiene menor importancia, como consecuencia de que la capacidad portante es muy alta, lo que permite reducir al mínimo el tamaño de las fundaciones, con el consiguiente alivio, debido a que las fuerzas de levantamiento son directamente proporcionales a la superficie lateral de cimentación incluida dentro de la zona de humedad variable.

Ripabilidad sencilla, compensación de tierras desfavorable y valor aceptable como sostén de pavimentaciones, son otras características que acaban de perfilar el cuadro mecánico de los caleños.

La sensibilidad de estas arcillas es muy alta, y cuando son trabajadas pierden todas sus excelentes características mecánicas, convirtiéndose en unos suelos degradados e indeseables, muy poco agradecidos a la compactación mecánica.

A pesar de su sensibilidad y expansividad, suele ser posible trazar zanjas de fundación verticales en el caleño, conservándose el equilibrio el tiempo suficiente para proceder a su hormigonado. Este hecho es curioso, pues es muy conocida de los constructores la total inestabilidad de las arcillas de bujeo, cuyas paredes se derrumban bruscamente al desprenderse súbitamente las lajas. Sin embargo, en el caso de los caleños hay que tener en cuenta que sus características mecánicas son muy superiores a las normales, factor que no debe ser olvidado en ningún momento.

Arcosas. T₃

Se trata de suelos de rozamiento puro, carentes de cohesión, cuyas características mecánicas dependen en gran medida del grado de cementación.

En muchas ocasiones hay que hablar de verdaderas areniscas, de competencia elevadísima y compresibilidad totalmente despreciable.

Sin embargo, en otras ocasiones son arenas sueltas, lavadas en sus niveles más superficiales; pero incluso entonces, los parámetros mecánicos son satisfactorios a cotas reducidas en cuanto desaparece el efecto de lavado de las fracciones finas, que sólo muy raramente progresa en profundidad.

Así pues, se debe hablar de densidades relativas elevadas, ángulos de rozamientos altos y excelentes módulos de compresión.

La ripabilidad de estos materiales es función directa de su grado de cementación. En muchas ocasiones será casi nula y, por otro lado, las herramientas de arranque sufrirán un considerable desgaste como consecuencia de la abrasividad de las areniscas. Otras veces, sin embargo, la remoción de arenas sueltas no representará ninguna dificultad. No cabe, por tanto, establecer ninguna regla general.

Estos materiales admiten bien la compactación mecánica. Por ello, los productos de desmonte son directamente utilizables en la confección de terraplenes.

Muchas veces será posible utilizar estos suelos como subbase de pavimentos, sin necesidad de recurrir al préstamo.

Las areniscas bien cementadas soportan sin menoscabo paredes casi verticales. Por el contrario, en las arenas sueltas el equilibrio estable viene determinado por el ángulo de rozamiento interno. A pesar de ello, existe casi siempre una cohesión suficiente para que las zanjas de fundación puedan ser autoportantes el tiempo necesario para proceder a su hormigonado.

Calizas. P₁₂

Al iniciar la descripción de este tipo de materiales se abandona definitivamente al campo de la Mecánica de Suelos, y comienza el de la Mecánica de las Rocas.

A partir de ahora no es preciso hacer hincapié en las características mecánicas, que son siempre elevadísimas. Por ello, puede adoptarse una descripción más rápida, sin menoscabo del rigor de las conclusiones finales.

En este sentido, por lo que se refiere a las calizas, escasamente representadas en la Hoja, es suficiente poner de relieve que su competencia es muy elevada y su compresibilidad despreciable. Únicamente para la ejecución de grandes obras públicas o excavaciones en galería de mina estaría justificado un estudio profundo de los parámetros mecánicos que, en las construcciones normales, jamás implicarán ningún tipo de limitaciones.

La ripabilidad de las calizas es nula, y el movimiento de la roca deberá hacerse con auxilio de explosivos.

Todos los restantes factores se conjugan en su grado más favorable: excelente valor como sostén de pavimentos, estabilidad vertical de las paredes de desmonte, perfecta idoneidad de los fragmentos procedentes de las voladuras para terraplenes y otras aplicaciones, etc.

Pizarras arenosas y arcillosas. P₁₁

Son materiales ampliamente representados en la Hoja.

Lo más característico de las pizarras es su anisotropía mecánica y puede decirse que la resistencia a la compresión simple de una probeta de pizarra depende estrechamente del ángulo formado por la línea de aplicación del esfuerzo y la dirección de los planos de esquistosidad. Esta anisotropía es tal marcada que puede hablarse de relaciones muy altas entre los extremos del amplio abanico, que no son otros que los correspondientes a incidencias paralelas y perpendiculares a los planos de esquistosidad.

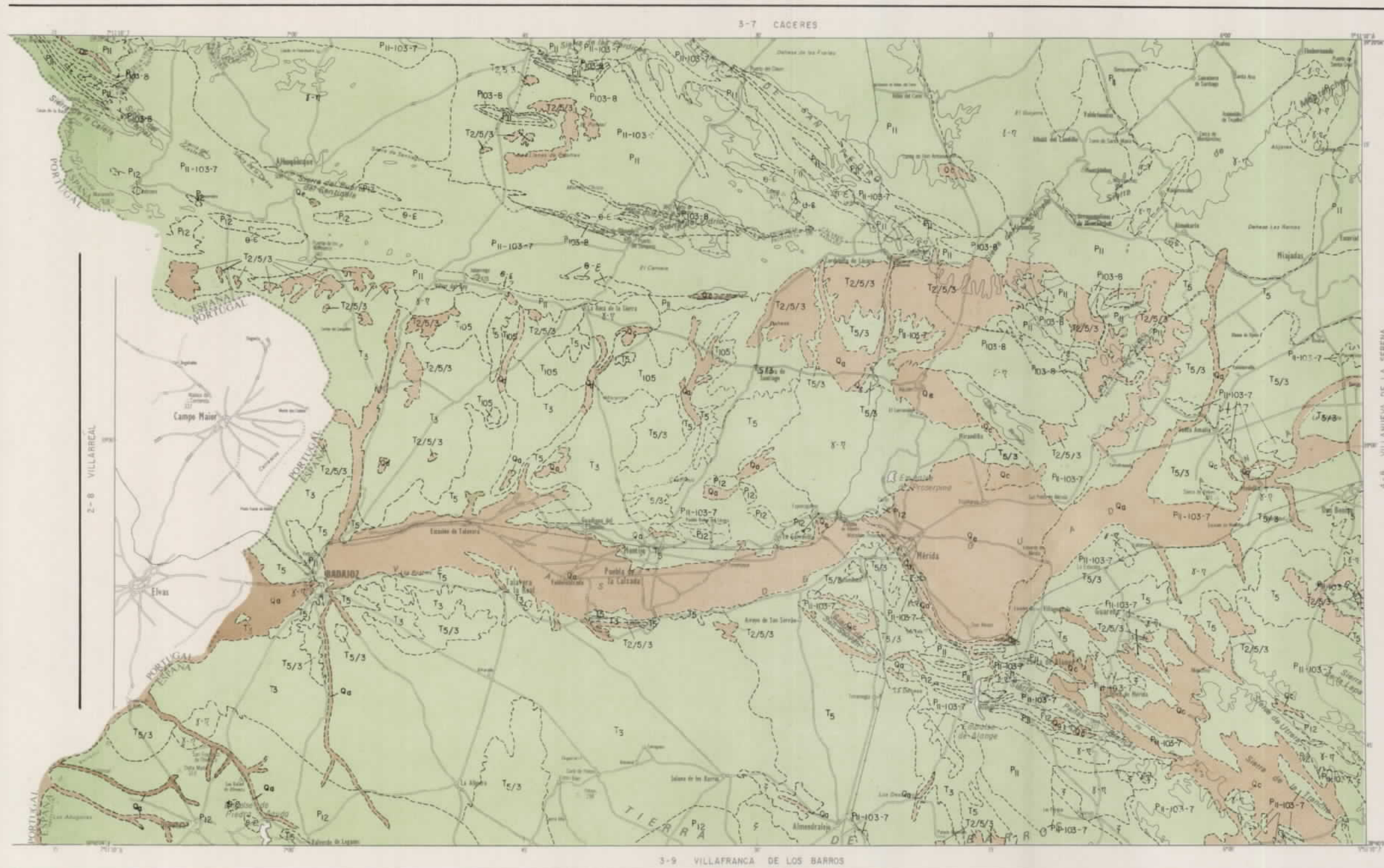
A pesar de esta anisotropía, conviene decir rápidamente que hasta los valores más desfavorables son elevadísimos, y que las fundaciones apoyadas sobre pizarras no sufrirán, prácticamente, ninguna limitación geotécnica.

REGION	AREA	FICHA DE CARACTERISTICAS LITOLOGICAS
I	I ₁	Los materiales que la componen son gravas, arenas, limos y arcillas. Se puede afirmar que los materiales más abundantes son las gravas y las arenas, estando los limos y las arcillas en menor proporción. Corresponde a los depósitos aluviales del Guadiana y de sus afluentes más importantes.
	I ₂	Constituida por una litología muy variada. Los materiales predominantes son las arcosas. En menor proporción, se encuentran también arcillas arenosas. En algunas zonas, se localizan depósitos de raña, formados por bloques y cantos muy mal clasificados, con matriz arcillosa abundante. Existen también depósitos de tipo aluvial y localmente "caleño" y arcillas.
	I ₃	El material más abundante es la arcilla. En menor proporción, se localizan arcosas y arcillas arenosas. En puntos muy aislados, existen depósitos aluviales y de "raña".
	I ₄	Fundamentalmente está constituida por granitos y granodioritas que, superficialmente presentan en numerosos lugares alteraciones que constituyen el denominado "lehm granítico". Otros materiales localizados en esta área son pizarras, gneises, corneanas, esquistos, pizarras quistolíticas, areniscas y cuarcitas. Especialmente estas últimas originan canchales de diversa importancia. Mucho más restringidos que los otros materiales, se encuentran depósitos de "raña".
II	II ₁	Esta área está constituida casi exclusivamente por granitos. En menor proporción se localizan aplitas. Ocupando una zona relativamente extensa, se encuentran materiales metamórficos, originados por la intrusión plutónica.
	II ₂	Los materiales que componen esta área son: pizarras, cuarcitas, areniscas, conglomerados y micrograuvacas. Ya en menor proporción se localizan gabros y diabasas. Todos estos materiales se presentan fuertemente fracturados, factor este, que junto con el relieve acusado de algunas zonas de esta área, facilitan enormemente la formación de canchales.
	II ₃	La litología de esta zona es muy variada. Los materiales principales que la componen son los siguientes: pizarras, y en menor proporción, cuarcitas, areniscas, conglomerados, microconglomerados, granitos, gabros, diabasas y calizas. En puntos aislados se localizan sedimentos de tipo raña.
III	III ₁	Area litológicamente compuesta por pizarras, cuarcitas, areniscas, conglomerados, microconglomerados, calizas. Tienen cierta importancia los derrubios de ladera que en muchas ocasiones originan importantes coluviones. Existen algunos tipos de rocas ígneas: granitos, granodioritas y anfíbolitas. En lugares más o menos aislados, se encuentran depósitos de raña, enmascarando los materiales anteriormente citados.
	III ₂	Compuesta fundamentalmente por calizas paleozoicas. Además de estas rocas aparecen otros materiales, aunque en menor proporción; dichos materiales son los siguientes: granitos, gabros, diabasas, gneises, corneanas, esquistos, pizarras quistolíticas, arcillas arenosas y depósitos aluviales.



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

FORMACIONES SUPERFICIALES Y SUSTRATO



SUSTRATO

- | | |
|-----------------------------|--|
| T_{5/3} | Arcillas arenosas |
| T₃ | Arcosas |
| T₅ | Arcillas pardo-rojizas. |
| T₁₀₅ | Margas con enriquecimientos locales en carbonato cálcico (caleño). |
| P₁₂ | Calizas. |
| P₁₁ | Pizarras arenosas y arcillosas. |
| P₁₀₃₋₈ | Cuarcitas y areniscas. |
| P₁₁₋₁₀₃₋₇ | Pizarras, cuarcitas, conglomerados, areniscas y micrograuwacas. |
| T | Gneises, corneanas, esquistos y pizarras quistolíticas. |
| g-r | Granitos, granodioritas, anfibolitas, y aplitas. |
| g-e | Gabros y diabasas. |

FORMACIONES SUPERFICIALES

- | | | | |
|----------------------|--|--------------------------|---|
| Q_a | Arcillas y arenas con cantos en proporciones variables. (Depósitos aluviales). | T_{2/5/3} | Gravas con matriz arcillo-arenosa (Raña) |
| Q_c | Gravas, arenas, limos y arcillas (Depósitos coluviales) | Q_e | Arenas arcillosas (alteración superficial de rocas ígneas). |

Las únicas dos características que merecen ser reseñadas al hablar de estas rocas son la posible formación de arcillas blandas, normalmente consolidadas y de alteración, y las bastante posibles inestabilidades locales cuando se dan cita conjuntamente una pendiente apreciable y una dirección de los planos de esquistosidad a favor de la misma.

Sobre la primera de ellas hay que señalar que en la Hoja las alteraciones son prácticamente inexistentes y que, cuando aparecen, tienen un espesor tan reducido que no constituye ningún problema el rebasarlas con las fundaciones.

La posible inestabilidad local tiene mayor interés y será comentada en su apartado específico. Por el momento, es suficiente señalar su existencia, y quitar importancia a su gravedad, que frecuentemente se ha exagerado. Hay que decir que existen, incluso en la Hoja, otros suelos con problemas geomorfológicos más graves, y hay que señalar también que los deslizamientos en las paredes de pizarra siempre son locales, perfectamente anticipables y fácilmente corregibles.

En otro orden de cosas, muy escasos problemas: características mecánicas excelentes, ripabilidad de dificultad media y escasa idoneidad de los productos de desmonte para la ejecución de terraplenes cargados.

Quarcitas y areniscas. P₁₀₃₋₈

Todas sus características mecánicas son muy elevadas y las cargas de trabajo de las fundaciones apoyadas sobre estas rocas no sufrirán ninguna limitación geotécnica.

Los problemas más graves radican en su nula ripabilidad y en su fuerte abrasividad, lo que determina un costo muy considerable de cualquier movimiento de roca, aún a pesar del alivio que supone la posibilidad de tallar paredes casi verticales y de la elevada idoneidad de los productos de desmonte para la ejecución de terraplenes.

Gneises, corneanas, esquistos y pizarras quiastolíticas. §

Dentro de este amplio y heterogéneo conjunto, las pizarras ocupan los mínimos mecánicos, por lo que sus características geotécnicas determinan el comportamiento general.

No es necesario, por tanto, repetir lo que ya se expuso al hablar de las mismas rocas en el epígrafe correspondiente. Conviene recordar únicamente que las características mecánicas serán ahora iguales o más elevadas que entonces, y que la ripabilidad tropezará con graves dificultades puntuales que pueden obligar al uso de explosivos por la presencia, dentro de la mezcla, de rocas de elevada competencia y dureza, que entonces no existían.

La escasez y reducida potencia de las alteraciones, y la posibilidad de inestabilidades locales completan ahora, como en el apartado anterior, el cuadro mecánico final.

Pizarras, cuarcitas, conglomerados, areniscas y micrograuvacas. P₁₁₋₁₀₃₋₇

Basta leer la mezcla de litologías presentes para advertir que las características mecánicas serán una combinación de las expuestas al hablar separadamente de las pizarras y las cuarcitas.

Cabe hablar, pues, de características mecánicas elevadas o muy elevadas y ripabilidad nula o de dificultad media. Habrá parcelas cuya preparación podrá hacerse con cierta sencillez al estar ocupadas enteramente por pizarras; pero lo más normal es que esto no

ocurra, y que aparezcan asomos cuarcíticos más o menos frecuentes, cuya remoción, además de precisar el uso de explosivos, impondrá un fuerte desgaste sobre las herramientas de ataque.

Granitos, granodioritas, anfibolitas y aplitas. $\gamma - \eta$

Se trata de rocas de extramada competencia, con características mecánicas muy elevadas, lo que permite que las cargas de trabajo puedan planearse con criterios exclusivamente económicos, como si el terreno fuese infinitamente portante.

La ripabilidad es nula, y la preparación de los terrenos deberá hacerse mediante voladuras. Las paredes de los desmontes serán totalmente estables con posiciones casi verticales, y los fragmentos de las excavaciones constituirán un valioso material de préstamo, apto para la ejecución de terraplenes.

Únicamente hay que señalar la frecuente existencia de alteraciones areno-arcillosas. En ocasiones, ha sido posible cartografiar y describir estos eluviales separadamente, pero en otras, la escala de trabajo ha impedido hacerlo. En cualquier caso, las características mecánicas de estas alteraciones no cartografiadas serán exactamente iguales que las puestas de relieve en el correspondiente epígrafe específico que pueden resumirse hablando de parámetros en constante mejora con la profundidad, con ángulos de rozamiento importantes a cotas todavía someras, módulos de compresión y coeficientes de compresibilidad edométricos medios en las fracciones cohesivas; propiedades, en suma, más que aceptables, lo que permitirá el diseño de fundaciones con cargas de trabajo muy satisfactorias.

Rocas básicas, gabros y diabasas. $\Theta - \epsilon$

Estos materiales están muy escasamente representados en la Hoja.

No existe ninguna razón geotécnica que justifique la separación entre las rocas eruptivas básicas y las ácidas ya que su comportamiento ante todos los estímulos, tanto naturales como humanos, es muy similar.

El haber asignado un epígrafe específico a estas rocas básicas responde a una concepción a las motivaciones geológicas, quizás la única que se ha realizado en la Hoja. Bajo este prisma científico, es tan neta la división entre las rocas eruptivas básicas y las ácidas, que se ha considerado conveniente respetarla, aún incurriendo en la redundancia mecánica. Defecto poco importante y que vale la pena anotar con el objeto de no perder totalmente las raíces básicas que han servido de punto de arranque del desarrollo.

2.5. CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS

Para alcanzar resultados prácticos, el relieve actual de los terrenos de la Hoja debe ser considerado como una realidad inmutable, sin que tenga sentido la interrogación de su génesis ni la previsión de su futura evolución. Ahora bien, admitiendo las actuales pendientes, y conociendo la naturaleza de los materiales que forman sus laderas, es posible darse cuenta de que el equilibrio estable, objetivo final de todos los reajustes y movimientos, es una meta no siempre lograda.

La inclinación máxima que pueden soportar los suelos cohesivos depende de su cohesión, la de los granulares de su ángulo de rozamiento. Incluso las rocas tienen ángulos máximos compatibles con la estabilidad, si bien dependen de factores más diversos, sobre todo del ángulo que forma la estratificación y la dirección de la pendiente.

Con frecuencia, los agentes erosivos tallan paredes en los suelos y las rocas, más inclinadas de lo que estos materiales pueden soportar de acuerdo con su naturaleza mecánica. El resultado es una inestabilidad natural que se resuelve en plazo breve con deslizamientos o movimientos en busca de posiciones más tendidas.

La investigación de esta inestabilidad natural constituye uno de los grandes objetivos del apartado. Su importancia en las condiciones constructivas finales es enorme, dado que los terrenos que actualmente se encuentran en equilibrio precario pueden buscar un reajuste en períodos de tiempo relativamente breves, ocasionando posiblemente la ruina de estructuras fundadas sin contemplar esta eventualidad.

En el documento gráfico adjunto, estos terrenos han sido cartografiados como inestables en todas las condiciones. Su separación no ha sido sencilla, y han tenido que aunarse los trabajos de gabinete con los reconocimientos en campo. El criterio más importante ha sido la presencia de deslizamientos activos o fósiles, y la concurrencia de agentes naturales desencadenantes de la inestabilidad (como el agua en reposo, que modifica la cohesión, o el agua en movimiento, que lava los finos de los suelos granulares, reduciendo su ángulo de rozamiento y, consecuentemente, su inclinación de reposo).

No obstante, mucho más importante y frecuente que esta inestabilidad natural es la que puede originar el hombre con la aplicación de las cargas. Todos los terrenos inclinados presentan una componente del peso en dirección de la pendiente. Cuando esta componente vence las fuerzas resistentes (rozamientos, cohesiones, etc), se produce el deslizamiento. En otros muchos casos, las fuerzas resistentes son suficientes para permitir un equilibrio estable; pero las cargas humanas pueden incrementar la componente en dirección de la pendiente desencadenando reajustes compensatorios.

Estos terrenos han sido calificados en la cartografía adjunta como estables en condiciones naturales e inestables bajo la acción del hombre. Las servidumbres de la escala han obligado a olvidar pequeñas zonas en que pudo constatarse la posibilidad del fenómeno. Por otro lado, en muchas ocasiones ha habido que optar por criterios conservadores y calificar como potencialmente inestables amplias áreas aún a sabiendas de que el problema no aparecerá de un modo general, sino minoritario y local. El texto procurará subsanar en lo posible las limitaciones del gráfico, justificando las razones de cada una de las definiciones adoptadas, y apuntando matices y excepciones imposibles de exponer en los gráficos.

El relieve, la naturaleza mecánica de las tierras y la acción de las aguas serán las tres piedras angulares que servirán para precisar el grado de estabilidad final. El primero de ellos aparece sintetizado en una cartea de pendientes medias. Los otros dos serán analizados separadamente en cada caso concreto.

De este modo, todos los materiales de la Hoja se han dividido en grupos con idéntico comportamiento geomorfológico, abordándose consecuentemente la respuesta de cada uno de ellos a los diferentes estímulos a que se ven sometidos —mayor o menor pendiente y más alto o más bajo gradiente hidráulico—.

Los grupos formados son los siguientes: formaciones superficiales predominantemente granulares, formaciones superficiales predominantemente cohesivas, alteraciones, sustratos cohesivos, sustratos granulares más o menos cementados, sustratos metamórficos con predominio de las pizarras, sustratos metamórficos con predominio de rocas abrasivas y rocas ígneas.

Antes de comenzar el tratamiento individualizado de los grupos así creados, conviene poner de relieve que, en conjunto, la Hoja de Badajoz debe ser calificada de mayoritariamente estable. Las zonas con relieve abrupto o montañoso son muy escasas, y las inestabilidades, casi nunca naturales, se registran únicamente en emplazamientos muy concretos.

Aparte de la descripción separada por grupos litológicos y del correspondiente documento gráfico, el capítulo se completa con una ficha resumen que recoge las características geomorfológicas más destacadas de las unidades de clasificación de segundo orden Areas, cuya utilidad es innegable para adquirir una primera y rápida visión de la problemática dominante en amplias zonas.

Formaciones superficiales predominantemente granulares

Estos materiales fueron cartografiados con los símbolos Q_a y Q_c en el documento gráfico del apartado dedicado a la descripción de las formaciones superficiales y los sustratos. Se encuentran muy ampliamente representados en la Hoja, y su importancia es todavía mayor, por ocupar las zonas más densamente pobladas y con mayor potencialidad de desarrollo.

No cabe hablar en ningún momento de suelos granulares puros, puesto que siempre existe una apreciable proporción de fracciones cohesivas que, puntualmente, pueden llegar incluso a ser mayoritarias. A pesar de ello, de un modo general cabe hablar del predominio del rozamiento sobre la cohesión.

Normalmente, estos materiales yacen con relieve llano; pero precisando un poco más, cabría decir que los depósitos coluviales se presentan muchas veces con fuertes inclinaciones, lo que casi nunca ocurre en los aluviales, muchísimo más abundantes.

El ángulo de rozamiento interno determina casi siempre la inclinación de reposo de estos suelos, que prácticamente nunca es rebasado en la Hoja. Sin embargo, algunos coluviales están dispuestos con pendientes próximas a las de equilibrio, y sometidos a la acción del agua con un cierto gradiente. En estas condiciones el efecto degradante del arrastre de finos sobre el ángulo de rozamiento interno puede provocar la inestabilidad del conjunto, con la consiguiente aparición de deslizamientos tendentes a buscar una nueva posición de equilibrio.

La mayor parte de los fenómenos geomorfológicos observables en campo en este tipo de suelos responden a estas causas, y se concentran en algunos coluviones con inclinaciones apreciables y sometidos a la acción del agua.

En los aluviales no existe casi nada destacable y mucho menos cartografiable. Existe alguna pared casi vertical totalmente inestable en las orillas de los cursos de agua que presenta, incluso, numerosos deslizamientos perfectamente observables. Sin embargo, su tamaño es tan reducido que forzosamente hay que limitarse a dejar constancia de las mismas en el texto.

Los terrenos estables en condiciones naturales, pero que pueden ser inestabilizados por la intervención humana, tampoco son numerosos, aunque se hallan algo más representados que los completamente inestables.

Casi todos los deslizamientos cartografiables se encuentran en los depósitos coluviales con inclinaciones medias bastante inferiores a los ángulos de rozamiento interno, pero que serán suficientes para que un incremento de las componentes de las fuerzas en favor de la pendiente pueda provocar el desequilibrio del conjunto.

Resumiendo, podría hablarse de completa estabilidad en los aluviales y de emplazamientos escasos en equilibrio precario en los depósitos coluviales.

Formaciones superficiales predominantemente cohesivas

Dentro de este grupo se incluyen las rañas que fueron cartografiadas con el símbolo $T_{2/5/3}$ en el documento gráfico del capítulo dedicado a las formaciones superficiales y los sustratos.

No puede hablarse en ningún momento de un carácter puramente cohesivo, aunque sí de su claro predominio. En estas condiciones, la cohesión es el determinante primordial del equilibrio.

El relieve predominante es el llano; pero existen multitud de excepciones, algunas incluso de gran entidad.

A pesar de ello, son muy pocos los emplazamientos que actualmente presentan inclinaciones superiores a las máximas permisibles en condiciones normales de humedad; y en la inmensa mayoría de las inestabilidades naturales cartografiadas en estos suelos hay que contar con la acción degradante del agua, cuya presencia reduce el índice de consistencia, la cohesión y, consecuentemente, el ángulo de reposo.

Más abundantes que los terrenos inestables en condiciones naturales son aquellos otros cuyo equilibrio, perfecto actualmente, puede romperse por la aplicación de las cargas humanas. En estos casos el agente desencadenador de los deslizamientos es doble: por una parte, la reducción de la cohesión por un fuerte aumento del contenido en humedad, y por otra, el incremento de las fuerzas motoras como consecuencia de las componentes de las cargas de los pilares en dirección de la pendiente.

Resumiendo, puede decirse que buena parte de las inestabilidades y los fenómenos geomorfológicos observables en la Hoja concurren en estos suelos cohesivos. Sin embargo, la completa estabilidad es la nota dominante. Esta doble y aparentemente paradójica afirmación es muy indicativa y muy digna de ser meditada.

Alteraciones

Dentro de este grupo ampliamente representado se incluyen los terrenos integrados por suelos arcilloso-arenosos originados como consecuencia de la alteración "in situ" de rocas ígneas ácidas.

El relieve suave y la estabilidad completa son las características dominantes de estos terrenos, y no existen excepciones dignas de ser resaltadas.

Sustratos predominantemente granulares

Dentro de este grupo se incluyen las arcosas terciarias, que fueron cartografiadas con el símbolo T_3 en el apartado dedicado a las formaciones superficiales y los sustratos, y que son uno de los materiales más abundantes en la Hoja.

Predomina en estos terrenos la topografía suave, prácticamente horizontal en muchas ocasiones. Las excepciones a esta regla están constituidas por zonas con relieve intermedio, y más raramente abrupto.

Poca cosa, por tanto, y por ello estos terrenos han sido calificados como completamente estables en todas las condiciones.

Sustratos predominantemente cohesivos

Los terrenos incluidos bajo este epígrafe están constituidos por los caleños y los suelos predominantemente arcillosos que fueron cartografiados con los símbolos $T_{5/3}$, T_5 y T_{105} en el apartado dedicado a las formaciones superficiales y los sustratos. Se trata de uno de los grupos más ampliamente representados y más importantes.

Predomina el relieve llano y la topografía suave, con pocas excepciones.

REGION	AREA	FICHA DE CARACTERISTICAS GEOMORFOLOGICAS
I	I ₁	Relieve: sensiblemente llano. Altitud media: 200 m. Tectónica: inexistente. Capas: en posición horizontal. Fenómenos geomorfológicos: ninguno destacable. Estabilidad: completa bajo todas las condiciones.
	I ₂	Relieve: formas planas y alomadas con pendientes inferiores al 7 por ciento. Altitud media: 200-300 m. Tectónica: inexistente. Capas: horizontales. Fenómenos geomorfológicos: en general no existen fenómenos destacables, aunque en puntos aislados, se localizan deslizamientos en potencia a favor de la pendiente natural. Estabilidad: se trata de una área estable bajo todas las condiciones, aunque, en puntos muy aislados, aparecen zonas inestables tanto bajo la acción del hombre, como en condiciones naturales.
	I ₃	Relieve: sensiblemente llano, con pendientes inferiores al 7 por ciento. Altitud media: 200-300 m. Tectónica: inexistente. Capas: horizontales. Fenómenos geomorfológicos: ninguno destacable. Estabilidad: completa, tanto en condiciones naturales, como bajo la acción del hombre.
	I ₄	Relieve: alomado con pendientes que no suelen superar el 7 por ciento, aunque existen zonas con pendientes de hasta el 30 por ciento. Altitud media: 300-500 m. Fracturación: intensa, con abundantes diaclasas. Fenómenos geomorfológicos: esta área se caracteriza por laderas con abundantes recubrimientos por alteración, desprendimientos de bloques que al acumularse en zonas de pendiente más estable, forman canchales. Estabilidad: en general se puede afirmar que se trata de una zona estable en condiciones naturales, si bien existen lugares inestables bajo la acción del hombre.
II	II ₁	Relieve: alomado con pendientes que no suelen superar el 7 por ciento, aunque existen zonas donde las formas del relieve se hacen acusadas, con pendientes que pueden superar el 30 por ciento. Altitud: oscila entre 350 y 1.000 m. Fracturación: intensa, con numerosas diaclasas. Fenómenos geomorfológicos: laderas con abundantes recubrimientos por alteración. Estabilidad: se trata de una zona estable, aunque existen lugares inestables bajo la acción del hombre, e incluso, bajo condiciones naturales, si bien hay que destacar que este último caso es el menos abundantes.
	II ₂	Relieve: formas de relieve acusadas. Altitud: varía entre 350 y 700 m. Tectónica: fuerte. Fracturación: intensa. Fenómenos geomorfológicos: desprendimiento de bloques, que en algunos puntos forman canchales y laderas con abundante recubrimiento por alteración. Estabilidad: se trata de una zona inestable bajo la acción del hombre, y estable en condiciones naturales, como tónica general, pero también existen zonas con estabilidad completa.
	II ₃	Relieve: en general, formas de relieve alomadas. Altitud: 300-400 m. Tectónica: fuerte. Fracturación: intensa. Fenómenos geomorfológicos: abarrancamientos, deslizamientos a favor de la tectonización, y de la pendiente natural, desprendimiento de bloques, acumulación de rocas sueltas y depósitos formados por acumulación de torrentes. Estabilidad: es una área en conjunto estable salvo en las zonas donde concurren los fenómenos geomorfológicos citados, en los que aparecen inestabilidades ante la acción del hombre y localmente bajo condiciones naturales.
III	III ₁	Relieve: acusado y muy acusado. Altitud: oscila entre 300 y 700 m. Tectónica: fuerte. Fracturación: intensa. Fenómenos geomorfológicos: deslizamientos, activos y en potencia a favor de la pendiente y de la tectonización, desprendimiento de bloques, formación de canchales y laderas con abundante recubrimiento por alteración. Estabilidad: en general inestable ante la acción del hombre, y puntualmente bajo condiciones naturales. También existen zonas de estabilidad completa.
	III ₂	Relieve: alomado con pendientes inferiores al 7 por ciento. Altitud media: 300-350 m. Tectónica: fuerte. Fracturación: intensa. Fenómenos geomorfológicos: laderas con abundante recubrimiento por alteración, y localmente deslizamientos a favor de la pendiente natural. Estabilidad: completa, tanto en condiciones naturales, como bajo la acción del hombre.



INTERPRETACION DEL MAPA TOPOGRAFICO

- Zonas planas, pendientes de 0 al 7 por ciento.
- Zonas intermedias, pendientes del 7 al 15 por ciento.
- Zonas abruptas, pendientes del 15 al 30 por ciento.
- Zonas montañosas, pendientes superior al 30 por ciento.
- Límite de separación de Zonas.

SEPARACION DE ZONAS SEGUN SU GRADO DE ESTABILIDAD

- Zonas estables, bajo condiciones naturales y bajo la acción del hombre.
- Zonas estables, bajo condiciones naturales e inestables bajo la acción del hombre.
- Zonas inestables, bajo condiciones naturales y bajo la acción del hombre.
- Límite de Separación de Zonas.

SIMBOLOGIA

FENOMENOS GEOLOGICOS ENDOGENOS

- Falla o zona de falla.
- Falla o zona de falla supuesta.
- Zona influenciada por fracturas o fallas.
- Frente de cabalgamiento o manto de corrimiento.
- Dirección de pizarrosidad.

- Formas de relieve muy acusadas.
- Formas de relieve acusadas.
- Formas de relieve alomadas.
- Formas de relieve llanas.
- Abarrancamiento.

FENOMENOS GEOLOGICOS EXOGENOS

- Depósitos formados por acumulación de torrentes.
- Desprendimientos de bloques.
- Acumulación de rocas sueltas.
- Ladera con abundante recubrimiento por alteración.
- Deslizamiento activo a favor de la tectonización.
- Deslizamiento en potencia a favor de la tectonización.
- Deslizamiento activo a favor de la pendiente natural.
- Deslizamiento en potencia a favor de la pendiente natural.

DIVISION ZONAL

- Límite de Separación de Regiones.
- Límite de separación de Areas.
- Designación de un Area.

En cartografía han sido definidos casi siempre como completamente estables atendiendo a las inclinaciones suaves predominantes. Sin embargo, estas arcillas dispuestas con una cierta pendiente son una segura fuente de deslizamientos, como consecuencia de su elevada sensibilidad y de su poder para hincharse o retraerse con las modificaciones del contenido en humedad.

A pesar de la definición adoptada de una forma casi general, existirán, por tanto, frecuentes inestabilidades puntuales, que sólo en raras ocasiones han podido cartografiarse. Por otro lado, el movimiento de tierras en los terrenos de este grupo puede ser causante de inestabilidades, si no se plantean bien las pendientes máximas y los drenajes.

Sustratos carbonatados

Los terrenos incluidos en este grupo fueron cartografiados con el símbolo P_{12} en el apartado dedicado a las formaciones superficiales y los sustratos.

El relieve varía entre llano y abrupto, pudiéndose encontrar parcelas de topografía muy viva. A pesar de ello, la estabilidad es completa en todas las condiciones.

Sustratos metamórficos con predominio de las pizarras

Estos terrenos, ampliamente representados, fueron cartografiados con los símbolos P_{11} $P_{11-103-7}$ en el apartado dedicado a las formaciones superficiales y los sustratos.

Predomina el relieve llano, pero existen todas las posibilidades, con topografías de detalle sumamente variadas.

Con pendientes vivas pueden ocurrir deslizamientos cuando los planos de esquistosidad tienen una dirección adecuada. Estos deslizamientos pueden ser provocados también con inclinaciones medias, cuando la componente gravitatoria es incrementada por la debida a las cargas humanas.

Por ello, en la cartografía se han definido como inestables bajo la acción del hombre amplias zonas con relieve abrupto, aún sabiendo que por lo general serán completamente estables y que sólo ocurrirá el fenómeno en las laderas con desfavorable dirección de esquistosidad.

La postura adoptada es, por tanto, conservadora; pero, de este modo se llama la atención sobre una posibilidad que merece ser investigada puntualmente.

Sustratos metamórficos con predominio de las rocas competentes

Dentro de este grupo se incluyen los terrenos que fueron cartografiados con el símbolo P_{103-8} y ξ en el apartado dedicado a las formaciones superficiales y los sustratos.

La topografía es muy variada, no siendo raros los relieves abruptos. A pesar de ello, existe una completa estabilidad en todas las condiciones.

Rocas ígneas

Los terrenos incluidos en este grupo fueron cartografiados con los símbolos γ - η y Θ - ϵ en el apartado dedicado a las formaciones superficiales y los sustratos.

Se trata de terrenos completamente estables en todas las condiciones, a pesar de sus variadas posibilidades de relieve, lo que resulta lógico si se considera la competencia de los materiales que los integran.

2.6. CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS

Las interacciones agua-partículas sólidas constituyen uno de los campos más amplios e importantes de la Mecánica de los suelos. El comportamiento esfuerzo-deformación, la rotura de macizos, los colapsos de granulometrías finas, las socavaciones, la creación de cavidades cársticas, y muchos otros fenómenos de enorme interés están ligados íntimamente a la presencia y al gradiente del agua en el terreno.

Sin embargo, aunque todos los efectos mencionados, y muchos otros, tengan su causa común en el agua, no serán estudiados en este apartado, puesto que intencionadamente se realizó una agrupación finalista, y no causal, de las características con incidencia en la idoneidad constructiva. De este modo, las reducciones en la capacidad portante determinadas por la presencia del nivel freático se analizarán en el apartado geotécnico, los deslizamientos originados por las precipitaciones en el geomorfológico, y así sucesivamente.

Sentada esta premisa, es fácil comprender que este apartado está dedicado exclusivamente a las acciones del agua que tienen una incidencia directa en la idoneidad constructiva, sin determinar previamente un efecto geomorfológico y geotécnico.

La principal, y casi la única característica que cumple esta definición, es la idoneidad de los terrenos para ser drenados.

Como es sabido, la evacuación de aguas residuales y pluviales requiere siempre una solución constructiva, cuyo costo está ligado únicamente a la permeabilidad y ripabilidad de los materiales, así como al relieve de los terrenos. Si la permeabilidad es suficiente, puede recurrirse al uso de pozos filtrantes, y las condiciones de drenaje serían siempre favorables. Si la permeabilidad es baja, hay que planear la evacuación de las aguas con colectores, tarea más o menos costosa según cual sea la topografía de la parcela y la ripabilidad de los materiales que la integran, concurriendo las condiciones más favorables en los terrenos rocosos horizontales.

La definición de las condiciones de drenaje constituye, por tanto, el objeto fundamental de este apartado. Para ello, ha sido preciso confeccionar previamente un mapa de permeabilidades, puesto que los otros dos factores determinantes (ripabilidad y relieve) son ya bien conocidos por haber sido analizados en los apartados de formaciones superficiales y sustrato y geomorfológico, respectivamente.

El resultado final ha sido la división de los terrenos de la Hoja en tres grandes grupos, según sus condiciones de drenaje sean favorables, aceptables o desfavorables. Como siempre, estos grupos aparecen cartografiados en un documento gráfico, que también recoge otras características hidrológicas de menor interés, como direcciones de escurrimiento, encharcamientos permanentes, etc.

El texto tiene la finalidad de aclarar y justificar la cartografía, poniendo de relieve los criterios que, en todo momento, han servido de base. Para ello, (y dado que la permeabilidad y la ripabilidad depende de la litología) se han formado grupos litológicos que, en idéntica disposición topográfica, presenten iguales condiciones de drenaje, grupos que se analizan separada y detalladamente.

Por último, el apartado se cierra con una ficha resumen que recoge las características hidrológicas dominantes en las unidades de clasificación de segundo orden.

Los grupos litológicos formados son los siguientes: formaciones superficiales predominantemente granulares, formaciones superficiales predominantemente cohesivas, alteraciones, sustratos cohesivos, sustratos granulares, sustratos carbonatados, sustratos metamórficos con predominio de las pizarras, sustratos metamórficos con predominio de rocas abrasivas y rocas ígneas.

Formaciones superficiales predominantemente granulares

Los terrenos incluidos en este grupo están integrados por mezclas de suelos cohesivos y granulares, con predominio de los segundos, que fueron cartografiados con los símbolos Q_a y Q_c en el mapa de formaciones superficiales y sustrato.

La permeabilidad de estos terrenos varía entre media y elevada. Su topografía predominante es la horizontal. La ripabilidad es siempre favorable.

Como consecuencia, existen casi siempre buenas posibilidades para efectuar el drenaje por pozos filtrantes. En las escasas zonas en que ello no sea posible, será económico realizar las pendientes mecánicas para la evacuación, puesto que la ripabilidad es muy sencilla.

Las condiciones de drenaje han sido calificadas, por tanto, de favorables sin ninguna excepción.

Formaciones superficiales predominantemente cohesivas

Los terrenos incluidos en este grupo están integrados por las mezclas de suelos cohesivos y granulares, con predominio de los primeros, designados como rañas y cartografiados con el símbolo $T_{2/5/3}$ en el mapa de formaciones superficiales y sustrato.

La permeabilidad varía entre baja y media. El relieve entre llano y abrupto. La ripabilidad es siempre sencilla.

El drenaje por infiltración oscila, por tanto, entre muy deficiente y aceptable, el drenaje por escorrentía entre favorable y deficiente. El costo de los colectores y pendientes en las parcelas horizontales normalmente será reducido.

Las condiciones finales de drenaje pueden calificarse de aceptables para los terrenos completamente llanos y favorables para el resto.

Alteraciones

Los terrenos incluidos dentro de este grupo están constituidos por mezclas de suelos cohesivos y granulares, con predominio de los segundos. Se caracterizan por un tránsito gradual hasta la roca madre. Fueron cartografiados con el símbolo Q_e en el apartado de formaciones superficiales y sustrato.

La permeabilidad de estos terrenos decrece con la profundidad, pasando de alta a nula. El relieve predominante es el llano contemplado a gran escala, y atendiendo a las pendientes medias. Sin embargo, a nivel de parcela existen siempre unas ciertas inclinaciones. La ripabilidad puede ser nula puntualmente, y, desde luego, su dificultad aumenta constantemente con la profundidad.

Como consecuencia, las condiciones para el drenaje por infiltración dependen fundamentalmente de la potencia de la alteración y de la topografía de la roca infrayacente, variando entre favorables y deficientes, aunque con predominio de las primeras. Las

posibilidades de drenaje por escorrentía también son generalmente aceptables. Por último, el costo de los colectores y pendientes de recogida suele ser económico, porque no requieren excesivas profundizaciones, y a cotas someras la ripabilidad es sencilla.

Las condiciones finales de drenaje son, consecuentemente, favorables en la mayor parte de los casos.

Sustratos cohesivos

Dentro de este grupo se incluyen todos los terrenos integrados por mezclas predominantemente arcillosas, de edad terciaria. En el apartado correspondiente fueron descritos con los símbolos $T_{5/3}$, T_5 y T_{105} .

La permeabilidad es muy baja, el relieve predominante es llano, y la ripabilidad sencilla.

Las posibilidades de drenaje por infiltración o por escorrentía son, por tanto, muy bajas siempre. El costo de las pendientes o colectores no es excesivo pero existe el problema adicional de que el agua puede hinchar las arcillas. Por ello, debe estar en contacto con el terreno el menor tiempo posible, lo que obliga a revestir los colectores y a unas fuertes pendientes de recogida. Esta característica implica un fuerte sobrecosto.

Sustratos granulares

Los terrenos incluidos en este grupo están constituidos por las arcosas que fueron reseñadas con el símbolo T_3 en el apartado de formaciones superficiales y sustrato.

La permeabilidad varía con el grado de cementación entre muy alta y muy baja. La topografía de las parcelas oscila entre la horizontal y las inclinaciones suaves. La ripabilidad oscila entre muy favorable para las arenas sueltas y casi nula para las areniscas bien cementadas.

Como consecuencia, las condiciones finales de drenaje oscilarán entre favorables, para las arenas sueltas con cualquier inclinación, y desfavorables para las areniscas bien cementadas dispuestas con completa horizontalidad, no existiendo ninguna definición general debido a que las posibilidades de drenaje por infiltración, la facilidad del drenaje por escorrentía, y el costo de los colectores y pendientes de evacuación, varían entre amplios límites.

Sustratos carbonatados

En los terrenos de este grupo predominan las calizas, y fueron cartografiados con el símbolo P_{12} en el mapa dedicado a las formaciones superficiales y sustratos.

La permeabilidad primaria es bajísima. La fracturación puede crear una permeabilidad secundaria, pero no se puede contar con ella a los efectos prácticos de evacuación de aguas. La ripabilidad es prácticamente nula, sin excepción. La topografía es sumamente variable, aunque los terrenos horizontales son muy raros.

Consecuentemente, cabe hablar de posibilidades nulas para el drenaje por infiltración, y variables para el drenaje por escorrentía, aunque predominan las favorables. La excavación de zanjas colectoras será siempre una tarea costosa.

Las condiciones finales de drenaje han merecido, por tanto, calificativos variados, según la topografía; aunque el calificativo de deficiente es el menos abundante, debido al predominio de las inclinaciones apreciables, que favorecen considerablemente la escorrentía.

Sustratos metamórficos con predominio de las pizarras

Los terrenos incluidos en este grupo son los más abundantes de la Hoja. Fueron cartografiados con los símbolos P_{11} y $P_{11-103-7}$ y en el apartado dedicado a las formaciones superficiales y sustratos.

La permeabilidad primaria es bajísima, y la posible secundaria no debe ser considerada a efectos prácticos. Predominan los terrenos llanos, aunque también se dan cita todos los posibles grados de inclinación. La ripabilidad nunca es sencilla, pero puntualmente puede calificarse de nula, debiendo recurrirse a los explosivos o a los martillos.

El drenaje por infiltración en estos terrenos es, por tanto, imposible. De igual modo, en la mayor parte de las ocasiones existen muy escasas posibilidades de escorrentía. Por otro lado, el costo de pendientes de recogida y colectores suele ser elevado.

Consecuentemente, las condiciones finales de drenaje han recibido calificativos variables con las características topográficas, si bien existe un fuerte predominio del drenaje deficiente.

Sustratos metamórficos con predominio de rocas competentes

Los terrenos integrados en este grupo fueron cartografiados con los símbolos P_{103-8} y ζ en el mapa dedicado a las formaciones superficiales y los sustratos.

La permeabilidad primaria es bajísima, y no debe ser considerada la posible secundaria a efectos prácticos. Los terrenos horizontales son escasos, predominando los relieves fuertes. La ripabilidad es casi nula y la abrasividad considerable.

Las posibilidades de drenaje por infiltración son prácticamente inexistentes. Por el contrario, la escorrentía suele ser favorecida por la topografía. La construcción de colectores y pendientes de recogida en los terrenos llanos comporta un costo muy importante, puesto que debe recurrirse a explosivos o a martillos mecánicos, los cuales experimentarán un considerable desgaste.

Como consecuencia de todo lo expuesto, predominan las condiciones de drenaje aceptables o favorables, debido a que, generalmente, la topografía favorece una buena escorrentía. Sin embargo, hay que advertir que cuando las cuarcitas se disponen horizontalmente, concurren las peores condiciones de drenaje de toda la Hoja.

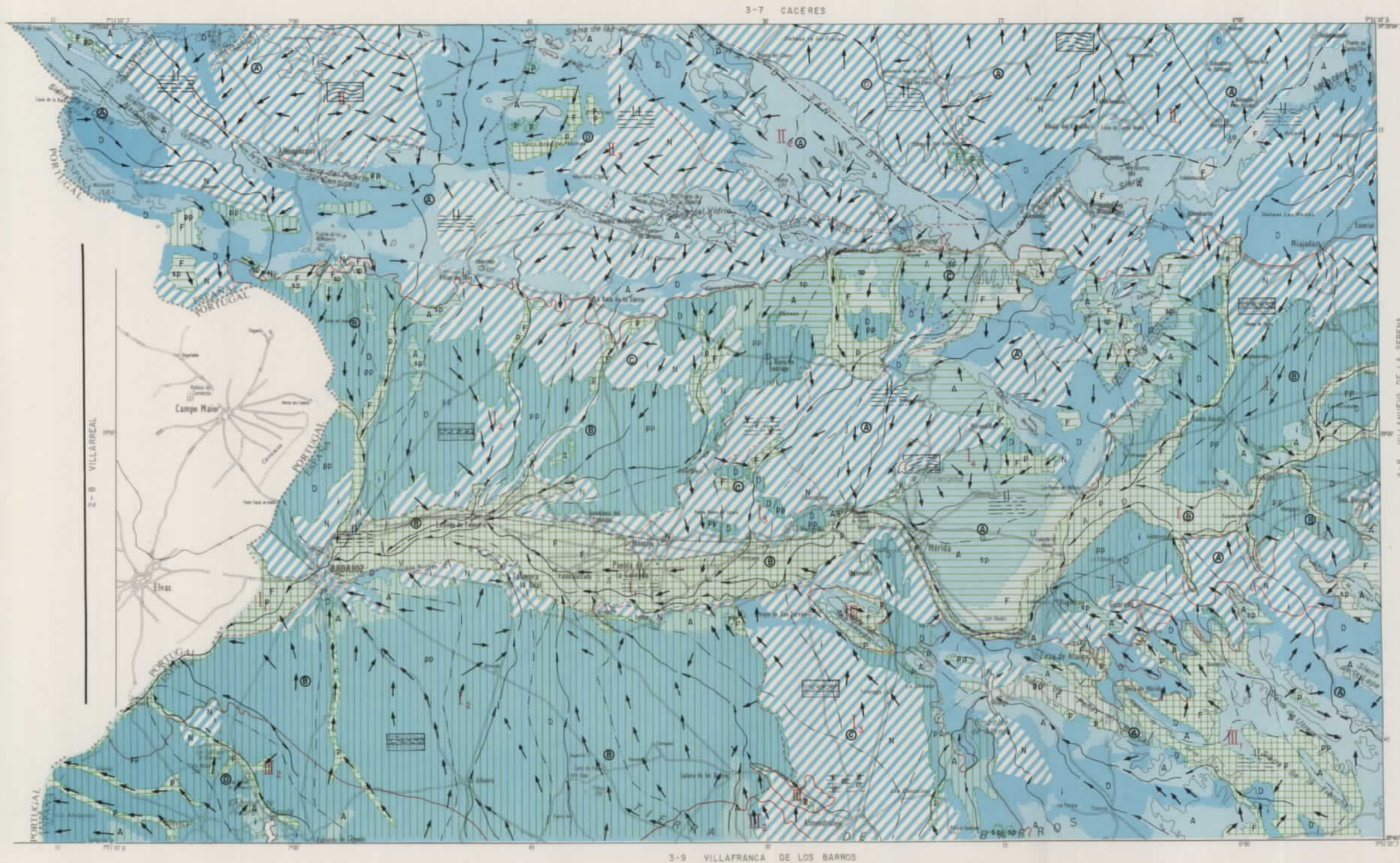
Rocas ígneas

Los terrenos integrados en este grupo fueron cartografiados con los símbolos γ - η y Θ - ϵ en el mapa dedicado a las formaciones superficiales y los sustratos.

Permeabilidad muy baja, relieve variado y ripabilidad nula, son las características fundamentales de estos terrenos.

Como consecuencia, la ejecución de colectores y pendientes es siempre un problema costoso. Las posibilidades de drenaje por infiltración son nulas, y las posibilidades de drenaje por escorrentía muy variadas.

REGION	AREA	FICHA DE CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS
I	I ₁	Materiales: permeables. Drenaje por infiltración: favorable. Drenaje por escorrentía: deficiente. Condiciones generales de drenaje: favorables. Los acuíferos están ligados a los cauces de agua, por lo que los niveles freáticos frecuentemente se encontrarán a escasa profundidad.
	I ₂	Materiales: poco permeables, aunque existen zonas permeables, semipermeables e impermeables. Drenaje por infiltración: deficiente. Drenaje por escorrentía: deficiente. Condiciones generales de drenaje: deficientes. Los acuíferos se desarrollarán en las zonas permeables por porosidad intergranular, ocasionando en algunos casos aguas colgadas.
	I ₃	Materiales: impermeables. Drenaje por infiltración: nulo. Drenaje por escorrentía: deficiente. Condiciones generales de drenaje: deficientes o nulas. Existen zonas propensas a encharcamientos. Los acuíferos son escasos, dando lugar frecuentemente a aguas colgadas.
	I ₄	Materiales: impermeables los granitos y semipermeables la alteración de las granodioritas. Drenaje por infiltración: nulo en granitos y aceptable e incluso favorable en el lehm. Drenaje por escorrentía: deficiente, aunque en las zonas cuya pendiente es acusada, el drenaje puede ser aceptable e incluso favorable. Condiciones generales de drenaje: se puede afirmar que conviven zonas con drenaje muy deficiente o nulo con otras aceptables e incluso favorables. En una área con acuíferos aislados, que están ligados a fenómenos de fracturación y alteración superficial de la roca. Debido a este carácter superficial que poseen, los niveles freáticos se encontrarán a escasa profundidad.
II	II ₁	Materiales: impermeables. Drenaje por infiltración: nulo. Drenaje por escorrentía: deficiente y en casos aislados aceptable e incluso favorable. Condiciones generales de drenaje: deficientes o aceptables. Zonas con acuíferos aislados y ligados a la fracturación y alteración superficial de la roca. Los niveles freáticos correspondientes son someros.
	II ₂	Materiales: impermeables. Drenaje por infiltración: nulo. Drenaje por escorrentía: aceptable. Condiciones generales de drenaje: aceptables. Area con escasos acuíferos aislados entre sí. Normalmente, donde éstos existen, las aguas estarán a escasa profundidad.
	II ₃	Materiales: impermeables. Drenaje por infiltración: nulo. Drenaje por escorrentía: deficiente. Condiciones generales de drenaje: se puede afirmar que se trata de una área cuyas condiciones son muy deficientes e incluso nulas. Zona con acuíferos aislados y en formaciones permeables por fisuración, que se localizan a escasa profundidad lo cual da lugar a niveles freáticos someros.
III	III ₁	Materiales: impermeables. Drenaje por infiltración: deficiente. Drenaje por escorrentía: aceptable. Condiciones generales de drenaje: aceptable, salvo en zonas donde puede ser deficiente o nulo, debido a la escasa pendiente. Los acuíferos se encuentran aislados y a escasa profundidad, dando lugar, en donde existen, a niveles freáticos someros.
	III ₂	Materiales: poco permeables. Drenaje por infiltración: deficiente. Drenaje por escorrentía: deficiente. Condiciones generales de drenaje: en general deficiente, aunque existen zonas donde puede ser aceptable o incluso favorables. Area de acuíferos en formaciones permeables por fisuración. Frecuentemente, en donde aparezcan, darán lugar a aguas a escasa profundidad.



CONDICIONES DE DRENAJE

- Zonas con drenaje muy deficiente o nulo.
- Zonas con drenaje deficiente.
- Zonas con drenaje aceptable.
- Zonas con drenaje favorable.
- Límite de separación de Zonas.

PERMEABILIDAD DE LOS MATERIALES

- Materiales impermeables.
- Materiales poco permeables.
- Materiales semipermeables.
- Materiales permeables.
- Límite de separación de los distintos materiales.

SIMBOLOGIA

HIDROLOGIA SUPERFICIAL

- Cuenca hidrográfica.
- Subcuenca hidrográfica.
- Red de drenaje.
- Dirección de esorrentía.

HIDROLOGIA SUBTERRANEA

- Zonas con acuíferos aislados.
- Zonas con acuíferos en formaciones permeables por porosidad intergranular.
- Zonas sin acuíferos.
- Zonas con acuíferos en formaciones permeables por fracturación.

FACTORES HIDROLOGICOS VARIOS

- Agua ligada a fenómenos de fracturación.
- Aguas colgadas.
- Agua a escasa profundidad.
- Zonas propensas a encharcamientos.

DIVISION ZONAL

- Límite de separación de Regiones.
- Límite de separación de Areas.
- Designación de un Area.

Las condiciones finales de drenaje varían, por tanto, con la topografía entre favorables y deficientes, reservándose este último calificativo para los terrenos dispuestos con inclinaciones suaves, que son bastante abundantes.

2.7. CARACTERISTICAS GEOTECNICAS

La capacidad portante y la compresibilidad son las dos características geotécnicas esenciales, y de ellas se deduce casi directamente la cota de fundación y la carga de trabajo de las cimentaciones. Por esta razón, buena parte del documento gráfico adjunto está consagrado a su cartografía. Sin embargo, existen otros factores mecánicos de interés también indudable. Parte de ellos han podido ser recogidos gráficamente; pero otros muchos no, por lo que el texto debe subsanar en lo posible esta limitación. De este modo cabría referirse a la cuantía de los asentos diferenciales, a la velocidad de consolidación, al grado sísmico de los diferentes terrenos, a la existencia de agresividades de aguas o suelos sobre el cemento del hormigón de las fundaciones, a la existencia de arcillas expansivas, al costo de los movimientos de tierras, y a las recomendaciones más adecuadas para planear los reconocimientos puntuales, siempre necesarios.

Generalmente, la mayor parte de las estructuras humanas soportan sin menoscabo importantes asentos absolutos, siempre que su cuantía sea aproximadamente la misma en todos los pilares. Sin embargo son muy sensibles y tienen poca tolerancia ante los asentos diferenciales. Por esta razón, la compresibilidad de un suelo es una característica importante, pero que queda incompleta sin profundizar un poco más en el tipo de las deformaciones esperadas.

La velocidad de consolidación es otra característica importante. En algunos casos, los asentos se producen de un modo casi simultáneo con la aplicación de las cargas. En otros muchos, la deformación es gradual y lenta, completándose bastantes años después de terminada la obra. La repercusión económica de las posibles medidas correctoras es diferente en un caso que en otro.

El grado sísmico, combinado con el carácter y destino de la obra, puede obligar a la observación de las especificaciones de la Norma Sismorresistente, lo que tiene una notable incidencia sobre el resultado económico final.

La presencia en las aguas o en los suelos de aniones sulfato puede provocar la formación, en el cemento del hormigón de las fundaciones de las sales de Candlot, con el consiguiente hinchamiento, pérdida de resistencia y consecuencias finales que pueden ser catastróficas. Por todo ello, la presencia de sulfatos en ciertas proporciones obliga al uso de cementos especiales sulfatorresistentes, pobres en aluminato tricálcico, y con la consiguiente repercusión económica.

La expansividad de arcillas constituye un problema muy grave, que obliga a importantes descensos en la cota de fundación y a costosas recomendaciones constructivas.

La preparación previa de los terrenos requiere siempre un movimiento de tierras más o menos importante, según cuales sean las peculiaridades topográficas de la parcela. El costo de este movimiento es, por tanto, un factor económico decisivo y depende en una buena medida de la ripabilidad, taludes permisibles y posibilidad de compensación de tierras.

Por último, debe insistirse en la necesidad de los estudios geotécnicos puntuales con todo, planear el tipo de campaña de reconocimiento más adecuado constituye una decisión importante, que debe contemplar la naturaleza de los suelos y la problemática más probable esperada en cada caso.

Los factores geotécnicos son, por tanto, numerosísimos y todos ellos de enorme importancia. En la cartografía ha sido posible recoger la capacidad portante, la compresibilidad, la importancia de los asentamientos diferenciales y el grado sísmico; pero los restantes comentados no han podido ser desarrollados, ha habido que limitarse a algunos apuntes generales. Por ello, en este apartado el texto debe jugar un papel esencial, puesto que no solamente debe justificar y aclarar la cartografía, como hasta ahora, sino que también debe definir por sí solo una serie de características irrepresentables y de interés indudable.

Para alcanzar este objetivo, se han formado una serie de grupos litológicos de parecido comportamiento mecánico y que serán analizados individualmente.

Los grupos así creados son los siguientes: formaciones superficiales predominantemente granulares, formaciones superficiales predominantemente cohesivas, alteraciones de rocas ígneas ácidas, sustratos carbonatados, sustratos metamórficos con predominio de las pizarras, sustratos metamórficos con predominio de rocas abrasivas y rocas ígneas.

El apartado se completa con una ficha resumen que glosa las características geotécnicas más destacadas de las unidades de clasificación de segundo orden (áreas).

Formaciones superficiales predominantemente granulares

Los terrenos incluidos en este grupo están constituidos por mezclas de suelos cohesivos y granulares, con predominio de los segundos. Estos materiales fueron cartografiados con los símbolos Q_a y Q_c en el apartado dedicado a la descripción de las formaciones superficiales y los sustratos.

En muchos de estos terrenos, singularmente en los aluviales, el nivel freático se encuentra a escasa profundidad, lo que determina una reducción de las presiones efectivas, con el consiguiente incremento de la compresibilidad y disminución de la resistencia.

La capacidad portante de estos materiales varía entre baja y media. En muchos casos ha sido imposible separar una de la otra, optándose por el criterio más conservador. En otros el carácter más granular, la superior compactación y la ausencia de nivel freático han permitido usar en la cartografía la definición más favorable.

La compresibilidad varía entre media y elevada; pero la posibilidad de fuertes asentamientos diferenciales (de cuantía igual a la de los absolutos máximos) es una constante de los terrenos.

La limitación de los asentamientos diferenciales a valores tolerables constituye la servidumbre más severa para las cargas de trabajo de las fundaciones que apoyen sobre los terrenos de este grupo.

La velocidad de producción de los asentamientos es muy rápida, y puede decirse que la deformación total se producirá de un modo prácticamente simultáneo con la aplicación de las últimas fases de la carga.

No existen problemas de agresividades dignos de ser tenidos en cuenta. Por ello, el hormigón de las fundaciones podrá confeccionarse con cementos normales.

Los movimientos de tierras en estos terrenos (siempre que los desmontes no alcancen la cota del nivel freático) serán económicos, al conjugarse una sencilla ripabilidad y una buena posibilidad de realizar una perfecta compactación de materiales. El único inconveniente radica en la necesidad de taludes permanentes bastante tendidos. No obstante, en este caso concreto las ventajas pesan decididamente más que los inconvenientes. Por otro lado, la preparación de los terrenos de este grupo, predominantemente llanos, tampoco requerirá la remoción de grandes volúmenes de tierras.

A pesar de que los taludes permanentes deberán tener inclinaciones suaves, será posible comunmente tallar zanjas de fundación verticales, si bien el equilibrio es precario

y el hormigonado debe demorarse el menor tiempo posible. Esta estabilidad vertical puede verse comprometida en los aluviales cuando las excavaciones deban progresar por debajo del nivel freático, así como en los derrubios de gruesa granulometría y carentes de fracciones finas, que son relativamente abundantes.

Por último, es conveniente señalar la posibilidad de que en estos terrenos concurren, aunque de modo muy aislado y puntual, dos graves problemas geotécnicos: las socavaciones y los colapsos. Las primeras pueden producirse en los depósitos aluviales y coluviales siempre que exista circulación de agua con un cierto gradiente, las segundas ocurrirán en los aluviales, cuando exista un nivel freático pulsante, debido a las extracciones o la irregularidad de las precipitaciones, y los suelos tengan niveles con la granulometría adecuada, tamaño limo o arena fina.

La recomendación más importante que cabe hacer para los terrenos de este grupo es la necesidad ineludible de efectuar campañas de reconocimiento puntuales. Para su planteamiento, hay que tener en cuenta que los penetrómetros no serán utilizables por no poder atravesar los niveles de gravas. Por ello, habrá que optar por sondeos mecánicos. No obstante, no será sencillo extraer conclusiones. En parte, debido a la extraordinaria dispersión puntual de características mecánicas, típica de estos suelos, y en parte porque la ausencia de cohesión hará muy difícil la extracción y posterior ensayo de muestras inalteradas.

Formaciones superficiales predominantemente cohesivas

Los terrenos incluidos dentro de este grupo están constituidos por los suelos predominantemente cohesivos que fueron conocidos como rañas y cartografiados con el símbolo $T_{2/5/3}$ en el documento gráfico dedicado a las formaciones superficiales y los sustratos.

Al predominar las arcillas blandas, normalmente consolidadas, de consistencia reducida y presentaciones plásticas o semisólidas, no puede resultar sorprendente que la capacidad portante sea generalmente baja.

La compresibilidad varía entre media y elevada, puesto que hay que tener en cuenta que estos suelos tienen una potencia reducida y por ello los asientos totales (directamente proporcionales al espesor de la capa compresible y al coeficiente de compresibilidad) no tienen en muchos casos, sobre todo cuando las fundaciones son de dimensiones grandes, toda la cuantía que cabría esperar del carácter normalmente consolidado de las arcillas predominantes.

Como consecuencia directa del reducido y variable espesor de estas rañas, no puede descartarse la posibilidad de asientos diferenciales fuertes. A pesar de ello, el principal inconveniente de estos suelos viene dado por la reducida capacidad portante de los mismos mientras que la carga de trabajo vendrá condicionada por la necesidad de poseer un coeficiente de seguridad suficiente respecto a la rotura del terreno.

La velocidad de producción de asientos variará entre lenta y muy lenta. El coeficiente de consolidación de los suelos será bajo; pero las variaciones de espesor del paquete compresible y la permeabilidad de los materiales infrayacentes imponen el uso del doble calificativo, debiendo hablarse de asientos lentos cuando la potencia no sea excesiva y exista drenaje por una cara.

Tampoco en estos terrenos existe ningún problema de agresividades, y el hormigón de las fundaciones podrá confeccionarse con cementos normales.

La preparación de estos terrenos raras veces requerirá grandes movimientos de tierras, dado que predominan los relieves suaves. Por otro lado, la fácil ripabilidad supone

una importante ventaja, aunque hay que anotar la escasa idoneidad de los productos de desmonte para la ejecución de terraplenes, así como la necesidad de recurrir a taludes permanentes muy tendidos.

A pesar de ello, estos suelos tienen cohesión suficiente como para permitir estabilidad vertical precaria de las paredes de las zanjas de fundación, sin necesidad de tener que recurrir a refuerzos mecánicos.

Las campañas puntuales, totalmente necesarias en los terrenos de este grupo, deben basarse fundamentalmente en el uso de sondeos mecánicos con extracción de muestras inalteradas para su posterior ensayo. Los penetrómetros no carecen totalmente de utilidad; pero por sí solos no resuelven la problemática típica de los suelos cohesivos.

Alteraciones de rocas ígneas ácidas

Los terrenos incluidos dentro de este grupo están integrados por suelos eluviales areno-arcillosos originados por la alteración "in situ" de rocas ígneas ácidas.

La capacidad portante aumenta constantemente con la profundidad, pero debe calificarse de elevada a partir de cotas relativamente someras.

La compresibilidad disminuye de un modo invariable con la profundidad, a la par que crece la competencia. Sin embargo, es típica de estos suelos la presencia de fracciones cohesivas bastante compresibles a pesar de poseer una rigidez elevada.

No puede descartarse la producción de asientos diferenciales, motivados por las importantes variaciones de espesor de los suelos compresibles. Sin embargo, la relativa homogeneidad de las características mecánicas determina que su acontecimientos constituya más bien la excepción que la regla.

La velocidad de consolidación es rápida, y la totalidad de los asientos se producirá de un modo casi simultáneo con la aplicación de la carga.

La compresibilidad constituye la limitación más severa para las cargas de trabajo de las fundaciones. Sin embargo, lo normal es que sea posible acudir a presiones medias importantes sin que se produzcan asientos intolerables.

Tampoco en estos terrenos es previsible ningún tipo de agresividad, pudiendo usarse cementos normales en el hormigón de las fundaciones.

Predomina claramente el relieve llano, y por ello la preparación previa de estos terrenos no requerirá movimientos de tierras importantes. El costo de estos movimientos puede calificarse de medio, puesto que la ripabilidad encierra alguna dificultad, sin contar con que la remoción de algunos bolos sueltos puede requerir el uso de explosivos. Esta cualidad queda sobradamente subsanada por la posibilidad de compensación de materiales y por la viabilidad de tallar taludes con inclinación fuerte en los desmontes. Sin embargo, en los proyectos de preparaciones y explanaciones es necesario huir de las grandes excavaciones, que podrán interesar al granito infrayacente, ya que la remoción de estas rocas constituye una tarea ardua y de elevado costo. A fin de corregirlo, el mejor procedimiento es levantar un mapa de isobatas del techo de la roca en la parcela, valiéndose de sondeos eléctricos o perfiles sísmicos, para posteriormente planear adecuadamente el movimiento de tierras de tal modo que los desmontes transcurran en su totalidad sobre los suelos eluviales.

El tallado vertical de las zanjas de fundación será posible en todos los casos. El equilibrio es precario, pero holgadamente suficiente para dar tiempo a la ejecución del hormigonado.

En las campañas de reconocimiento sobre estos terrenos pueden usarse con muy buen resultado una combinación de escasos sondeos mecánicos con abundantes labores geofísicas de costo unitario muy inferior.

Sustratos cohesivos

Los terrenos incluidos dentro de este grupo están constituidos por las arcillas y caleños que fueron cartografiados con los símbolos $T_{5/3}$, T_5 y T_{105} en el apartado dedicado a las formaciones superficiales y los sustratos.

La capacidad portante de estos terrenos es, generalmente, media cuando predominan las arcillas, y francamente elevada cuando predominan los caleños.

La compresibilidad varía entre baja y media en el caso de las arcillas, y entre baja y muy baja en el caso de los caleños, habida cuenta de que tanto unas como otros son materiales fuertemente sobreconsolidados.

Los asentamientos diferenciales, como suele suceder en los suelos cohesivos, raramente alcanzan una cuantía del orden de la mitad de los absolutos máximos y, por esta razón, carecen de interés en los terrenos de este grupo.

La velocidad de consolidación será siempre muy lenta, pues tienen que transcurrir años hasta que se produzca la totalidad de los asentamientos.

Tampoco en estos terrenos existe ningún tipo de agresividad. Por ello el hormigón de las fundaciones podrá ser confeccionado como cementos normales.

A la vista de todo lo expuesto hasta ahora, parecería que el comportamiento mecánico de los terrenos de este grupo es excelente, y sin embargo no es cierto, ya que en ellos concurre episódicamente, aunque con cierta frecuencia, el grave problema de la expansividad de arcillas.

En muchos de los terrenos de este grupo, el paquete superficial de suelos, sometido a los cambios de humedad estacionales, sufrirá hinchamientos o retracciones, y este hecho obligará a buscar cotas de fundación profundas y a la adopción de otras costosas soluciones constructivas.

En realidad, las cimentaciones en estos terrenos expansivos deben calcularse de modo que el rozamiento en la zona de humedad constante, sumado a la carga del pilar, pueda vencer la fuerza vertical de levantamiento. Ello obliga a descensos sumamente variables, aunque siempre importantes.

Predomina claramente el relieve llano. Por esta razón, la preparación previa de estos terrenos no requerirá un excesivo movimiento de tierras. Para el proyecto y valoración de estas explanaciones hay que tener en cuenta que la ripabilidad de las arcillas es favorable, aunque la remoción de caleños con presentación sólida puede significar un cierto problema. Los taludes de desmonte aguantarán sin menoscabo pendientes considerables en el caso de los caleños, siempre que un eficaz drenaje los proteja de la acción degradante del agua. Los taludes en arcillas, por el contrario, deberán ser muy tendidos, y aún así convendrá siempre su vigilancia. Por último, hay que tener en cuenta que tanto los caleños como las arcillas tienen una sensibilidad elevada, por lo que los parámetros mecánicos de los suelos trabajados o remoldeados son varias veces inferiores a los que tenían en estado natural. Este hecho tiene como consecuencia que la compensación de tierras no sea factible y que los productos de desmonte no sirvan para la ejecución de terrapienes cargados.

La estabilidad vertical precaria de las zanjas de fundación está asegurada en los caleños, siempre que éstos se encuentran con su habitual presentación semisólida o sólida. Por el contrario, en las arcillas habrá que recurrir muchas veces a refuerzos mecánicos, puesto que es típico de las arcillas expansivas la rotura brusca en láminas, sobre todo cuando un dilatado período de lluvias determina presentaciones plásticas o fluidas.

Lo expuesto es suficiente para poner de manifiesto que fundar sobre estos terrenos sin estudios previos puntuales sería una temeridad, que podría tener graves consecuencias. En estas campañas de reconocimiento, ninguna otra labor puede suplir al uso de sondeos mecánicos, con abundante extracción de muestras inalteradas para su posterior ensayo.

Sustratos granulares

Los terrenos incluidos dentro de este grupo están integrados por las arcosas más o menos cementadas, que fueron cartografiadas con el símbolo T_3 en el apartado dedicado al estudio de las formaciones superficiales y los sustratos.

La capacidad portante de estos terrenos varía entre media y muy elevada, dependiendo del grado de cementación, siempre que se desprecien los niveles más superficiales, generalmente lavados y flojos. El calificativo de elevado que se ha usado generalmente, responde por tanto únicamente a la media más frecuente.

De igual modo, la compresibilidad varía entre media y muy baja, aunque con un cierto predominio de esta última, debido a que el espesor de arenas sueltas (tampoco excesivamente compresibles) suele ser muy reducido.

La escasa entidad de los asientos absolutos previsibles quita también importancia al problema de los diferenciales, aunque la cuantía de unos y otros puede ser la misma.

La carga de trabajo de las fundaciones en estos terrenos no sufrirá, por tanto, limitaciones geotécnicas importantes, y suele ser posible acudir a elevadas presiones medias.

La velocidad de consolidación es muy rápida y los asientos se producirán de un modo casi simultáneo con la aplicación de las diferentes fases de carga.

Tampoco en estos terrenos cabe esperar ningún tipo de agresividad, por lo que será posible el uso de cementos normales en el hormigón de las fundaciones.

Las parcelas de este grupo presentan, generalmente, una topografía suave y, por ello, la preparación del terreno no requerirá grandes movimientos de tierras.

Para su planteamiento hay que prever que la ripabilidad tendrá una dificultad muy variable, aunque la compensación de tierras podrá ser casi perfecta y los taludes en areniscas bien cementadas podrán soportar pendientes muy fuertes sin menoscabo, si bien en arenas sueltas no podrán rebasarse inclinaciones medias.

El tallado vertical de las zanjas de fundación será siempre posible sin necesidad de refuerzos, aunque cuando la excavación transcurra en arenas sueltas el equilibrio será muy precario y el hormigonado no debe demorarse.

Sustratos carbonatados

Los terrenos incluidos dentro de este grupo están constituidos por calizas que fueron descritas bajo el símbolo P_{12} en el apartado dedicado a las formaciones superficiales y los sustratos.

La capacidad portante de estas rocas es muy elevada y su compresibilidad despreciable. Previsiblemente, no habrá que tener limitaciones geotécnicas en la decisión final de las cargas de trabajo.

Tampoco es de temer la existencia de ningún tipo de agresividad, por lo que podrán usarse cementos normales en el hormigón de las fundaciones.

La remoción de las calizas requerirá el uso de explosivos. Por ello, los movimientos de tierras pueden alcanzar costos fuertes, que dependerán de la topografía de la parcela.

La estabilidad casi vertical de paredes de desmonte y zanjas de fundación será perfectamente posible. Por otro lado, los productos de las excavaciones tendrán una elevada idoneidad mecánica para la ejecución de terraplenes cargados.

Sustratos metamórficos con predominio de las pizarras

Son los terrenos más abundantes de la Hoja y fueron cartografiados con los símbolos P_{11} y $P_{11-103-7}$ en el documento gráfico dedicado a las formaciones superficiales y sustratos.

La carga de rotura de una pizarra depende fundamentalmente de la dirección de aplicación del esfuerzo. A pesar de esta anisotropía, hay que hablar siempre de capacidad portante muy alta, y solamente alta en los supuestos más desfavorables.

La compresibilidad será siempre prácticamente despreciable.

En esas condiciones, las cargas de trabajo se verán sometidas a muy pocas limitaciones geotécnicas.

La posibilidad de que existan arcillas de alteración no resta generalidad a este aserto. Su presencia constituye una excepción y cuando aparecen, tienen un espesor reducido y fácilmente atravesable por las zanjas de fundación.

La preparación del terreno puede alcanzar costos importantes en los sitios de topografía abrupta, afortunadamente no demasiado frecuentes. La compensación de tierras es difícil, la ripabilidad nunca será sencilla, pudiendo ser nula en muchos puntos y los taludes de desmonte deben ser vigilados; pues según las direcciones de los planos de esquistosidad pueden ser una fuente de problemas.

Tampoco es previsible la existencia de agresividades de suelos o aguas, pudiendo usarse, por tanto, cementos normales en el hormigón de las fundaciones.

Sustratos metamórficos con predominio de rocas competentes

Estos terrenos están integrados por los materiales que fueron reseñados con los símbolos P_{103-8} y ζ en el apartado de las formaciones superficiales y los sustratos.

La capacidad portante es, generalmente, muy elevada y en raras ocasiones elevada. La compresibilidad es despreciable. Las cargas de trabajo no sufrirán limitaciones geotécnicas.

No existe tampoco ningún problema de agresividades, pudiendo usarse cementos normales en el hormigón de las fundaciones.

La topografía abrupta es frecuente en estos terrenos que, consiguientemente, necesitarán en muchas ocasiones fuertes movimientos de roca para su preparación. El costo de estos movimientos será muy elevado, al conjugarse una ripabilidad nula con una fuerte abrasividad, sin que suponga una contrapartida valiosa la posibilidad de tallar paredes de desmonte casi verticales, ni tampoco el hecho de poder practicarse una buena compensación de tierras.

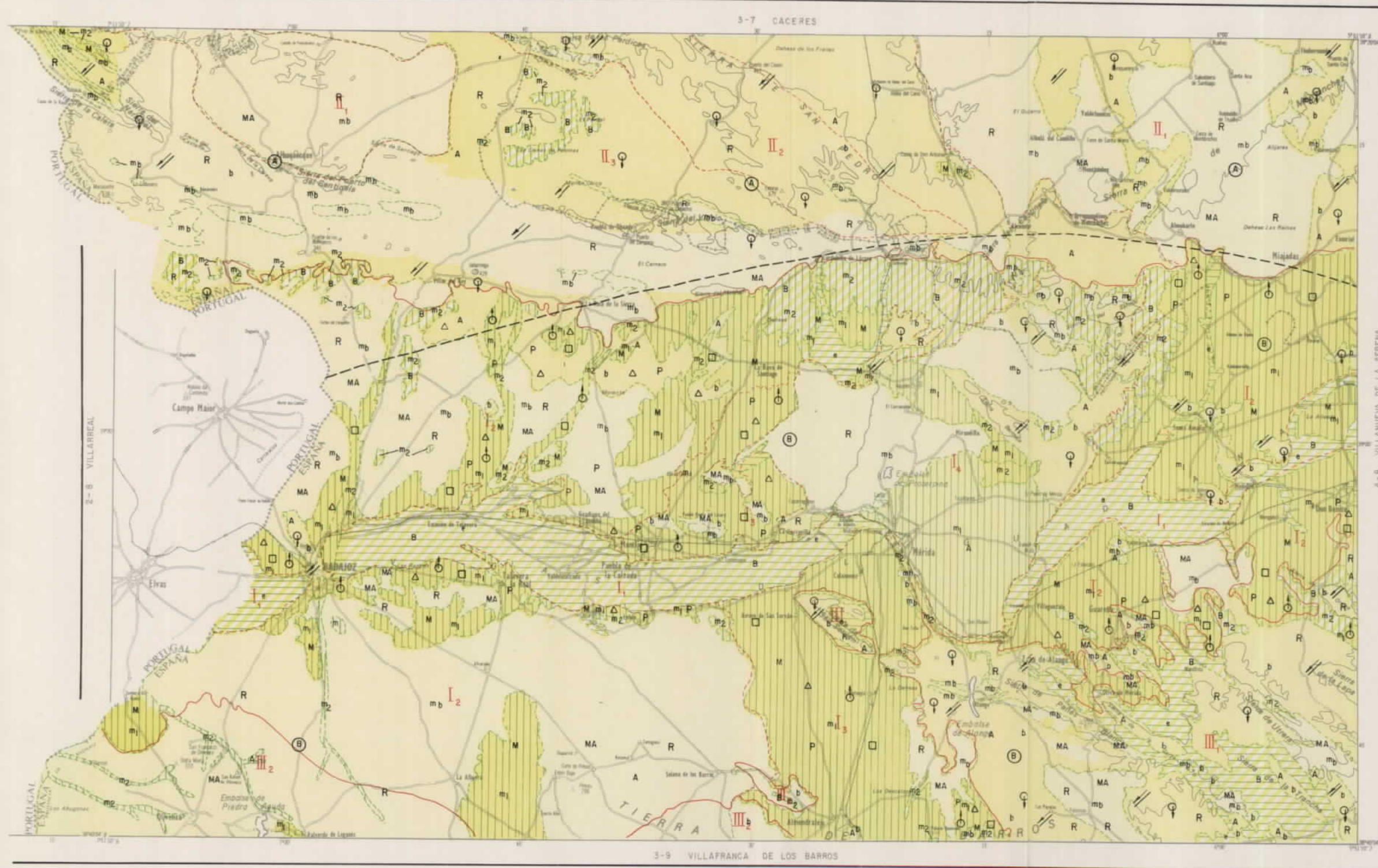
Rocas ígneas

Los terrenos incluidos en este grupo están constituidos por las rocas plutónicas ácidas y básicas, y las rocas volcánicas que fueron cartografiadas con los símbolos γ - η y θ - ϵ en el apartado dedicado a las formaciones superficiales y los sustratos.

La capacidad portante es muy elevada y la compresibilidad despreciable, por lo que las cargas de trabajo no sufrirán limitaciones geotécnicas.

Las alteraciones son frecuentes y potentes. En algunos casos ha sido posible su cartografía y tratamiento separado, pero en ocasiones ha sido totalmente imposible. Debe prevenirse, por tanto, su probable aparición en cualquiera de los terrenos incluidos en este

REGION	AREA	FICHA DE CARACTERISTICAS GEOTECNICAS
I	I ₁	Capacidad de carga: baja. Compresibilidad: varía entre media y alta. Expansividad: baja. Agresividad de suelos: despreciable. Agresividad de aguas: despreciable. Movimiento de tierras: económico, aunque es necesario hacer taludes permanentes bastante tendidos.
	I ₂	Capacidad de carga: de media a muy elevada. Compresibilidad: varía de media a muy baja. Expansividad: despreciable, salvo casos puntuales. Agresividad de suelos: despreciable. Agresividad de aguas: despreciable. Movimiento de tierras: económico.
	I ₃	Capacidad de carga: de media a elevada. Compresibilidad: de media a baja. Expansividad: importante. Agresividad de suelos: despreciable. Agresividad de aguas: despreciable. Movimiento de tierras: económico.
	I ₄	Capacidad de carga: muy alta en el granito y alta en el lehm. Compresibilidad: muy baja en el granito y media en el lehm. Expansividad: nula. Agresividad de suelos: despreciable. Agresividad de aguas: despreciable. Movimiento de tierras: en los materiales de alteración, resulta económico y por el contrario el costo muy elevado en el granito.
II	II ₁	Capacidad de carga: muy alta. Compresibilidad: muy baja. Expansividad: nula. Agresividad de suelos: despreciable. Agresividad de aguas: despreciable. Movimiento de tierras: costo elevado.
	II ₂	Capacidad de carga: alta. Compresibilidad: baja. Expansividad: nula. Agresividad de suelos: despreciable. Agresividad de aguas: despreciable. Movimiento de tierras: costo elevado.
	II ₃	Capacidad de carga: varía de alta a muy alta. Compresibilidad: baja. Expansividad: nula. Agresividad de suelos: despreciable. Agresividad de aguas: despreciable. Movimiento de tierras: costo elevado.
III	III ₁	Capacidad de carga: alta, excepto en depósitos coluviales y rañas, donde es baja. Compresibilidad: baja. Expansividad: nula. Agresividad de suelos: despreciable. Agresividad de aguas: despreciable. Movimiento de tierras: costo elevado.
	III ₂	Capacidad de carga: muy alta. Compresibilidad: muy baja. Expansividad: nula. Agresividad de suelos: despreciable. Agresividad de aguas: despreciable. Movimiento de tierras: costo elevado.



CAPACIDAD DE CARGA

- MA Zonas con capacidad de carga muy alta.
- A Zonas con capacidad de carga alta.
- M Zonas con capacidad de carga media.
- B Zonas con capacidad de carga baja.
- Límite de separación de Zonas.

ASIENTOS PREVISIBLES

- mb Zonas con asientos absolutos bajos.
mb : muy bajos.
b : bajos.
- m1 Zonas con asientos absolutos medios.
m1 : diferenciales poco importantes.
m2 : diferenciales importantes.
- e Zonas con asientos absolutos elevados.
- Límite de separación de Zonas.

SIMBOLOGIA

GRADO DE SISMICIDAD

- (A) Bajo $G \leq VI$
- (B) Medio $VI < G \leq VIII$
- (C) Alto $G > VIII$

Escala internacional macrosísmica (MSK).

--- Límite de separación de Zonas

FACTORES GEOTECNICOS VARIOS

- △ Existencia de arcillas expansivas.
- Existencia de arcillas de alta sensibilidad.
- Existencia de arcillas sobreconsolidadas
- Existencia de arcillas blandas de alteración.
- // Existencia de roturas preferenciales desfavorables.
- P Posible obligatoriedad de descender las Fundaciones hasta la zona de humedad constante.
- R Ripabilidad difícil.

DIVISION ZONAL

- Límite de separación de Regiones
- Límite de separación de Areas
- I Designación de un Area

grupo. En ese caso, se repetirán las mismas condiciones analizadas en un punto anterior: características mecánicas en constante mejora con la profundidad, capacidad portante elevada y compresibilidad generalmente media.

La remoción de la roca requerirá con seguridad el uso de explosivos. Por ello, la preparación previa de los terrenos resultará costosa siempre, tanto más cuanto más fuerte sea la topografía.

Tampoco hay que temer agresividades, y podrán emplearse cementos normales para el hormigón de las fundaciones.

DATOS SISMICOS DE LA HOJA

El territorio nacional, en cuanto atañe a las acciones sísmicas, ha sido dividido en tres zonas correlacionadas con el grado de intensidad, según se especifica en la Norma Sismorresistente P.G, S-1 (1968) Parte A.

Estas tres zonas han sido divididas en base a la Escala Macrosísmica Internacional (M.S.K.) y son las que siguen:

Zona A. De sismicidad baja

Comprende la parte del territorio donde no son previsibles sismos de intensidad superior a los de grado VI. No se producen daños de consideración en las construcciones.

Zona B. De sismicidad media

Comprende la parte del territorio donde son previsibles sismos de intensidad igual o superior al grado VI e inferior al grado VIII.

Se pueden producir daños moderados y graves en las construcciones.

Zona C. De sismicidad alta

Comprende la parte del territorio donde son previsibles sismos de grados VIII y superiores.

Se pueden producir daños graves, destrucción e incluso colapso de las construcciones.

La Hoja de Villarreal-Badajoz forma parte de dos de las tres zonas descritas anteriormente.

Aproximadamente el tercio superior pertenece a la Zona A de Sismicidad baja, por lo que no es necesario tomar medidas especiales en las construcciones que se realicen en ella. Las otras dos terceras partes de la Hoja pertenecen a la Zona B de Sismicidad media y, por tanto, las construcciones que se enclaven en ella deberán observar las normas de control y previsión sísmica correspondientes a cada tipo de obra, según se especifica en la Norma Sismorresistente P.G, S-1 (1974) Parte A.

3. INTERPRETACION GEOTECNICA DE LOS TERRENOS

El capítulo anterior ha servido para establecer las características de todo tipo de los suelos de la Hoja, pero resta la tarea de sintetizar esta información en un documento único, directamente utilizable, que recoja la problemática existente en los diferentes terrenos y consiguientemente, defina en una primera aproximación la idoneidad constructiva de los mismos.

El número y el tipo de las dificultades se extraen directamente de las características analizadas, no existiendo ningún factor subjetivo en esta ordenación. Sin embargo, la calificación posterior de la idoneidad constructiva no puede ser objetiva, requiriendo, por tanto, con más razón que nunca, que el texto aclare y justifique las definiciones finales adoptadas en la cartografía.

El número de problemas presentados en ellos, con la expresión de su clase y la ponderación de su importancia, constituye la herramienta básica que ha permitido dividir los terrenos de la Hoja en cinco grandes grupos, atendiendo a la calificación que han merecido sus condiciones constructivas: muy favorables, favorables, aceptables, desfavorables y muy desfavorables.

Posteriormente, cada uno de estos grupos se ha dividido en una serie de subgrupos, atendiendo exclusivamente a los tipos de dificultades existentes. Cada uno de estos subgrupos será analizado separadamente en el texto, aparte de haber sido cartografiado en el correspondiente documento gráfico, que contiene también en esta ocasión un cuadro resumen de las condiciones constructivas generales de las unidades de clasificación de segundo orden (Áreas).

3.1. TERRENOS CON CONDICIONES CONSTRUCTIVAS MUY DESFAVORABLES

Los terrenos incluidos en este grupo se encuentran bien representados en la Hoja, sin que sea posible limitarlos a zonas concretas.

La razón del calificativo final adoptado hay que buscarla en la severidad de los problemas presentados y no en el número de los mismos. El denominador común de todos los terrenos del grupo es la existencia constante de dificultades geotécnicas acusadas. Los otros tipos de problemas, si es que existen, tienen mucha menor significación y en ningún caso son condicionantes de la idoneidad constructiva final.

Problemas de tipo geotécnico y geomorfológico

Los terrenos incluidos en este subgrupo son muy escasos en la Hoja. Están dispuestos con relieves abruptos e integrados por mezclas de suelos cohesivos y granulares con consistencias reducidas y compacidades medias o deficientes que, en su momento, fueron incluidas dentro de las formaciones superficiales y cartografiadas con los símbolos Q_a , Q_t y $T_{2/5/3}$.

La capacidad portante es media o baja, la compresibilidad, media o elevada, y los asentamientos diferenciales pueden alcanzar valores muy importantes en todos los terrenos de estos subgrupo.

Estos materiales están dispuestos con pendientes fuertes y consecuentemente se hallan sometidos a la acción del agua con un cierto gradiente, lo que determina el lavado de las fracciones finas y la modificación de la consistencia de los términos cohesivos, con la consiguiente creación de dificultades geotécnicas adicionales.

Por otro lado, esta modificación de los parámetros mecánicos proviene de que en todos estos terrenos existen muchas laderas naturalmente inestables, siendo aún más abundantes aquellas otras, actualmente en equilibrio, que pueden inestabilizarse bajo la acción de las cargas humanas.

El aprovechamiento de estos terrenos requerirá siempre cuidadosas campañas puntuales, tendentes a la definición de cargas de trabajo y cotas de fundación, así como a la evaluación de niveles más profundos, con vistas a una eventual cimentación especial. Por otra parte, la estabilidad del conjunto debe ser siempre investigada, ataludándose las laderas sospechosas y cuidando los drenajes para evitar la degradante acción del agua.

La existencia de estas dificultades ha sido suficiente para calificar de muy desfavorables las condiciones constructivas de los terrenos incluidos en este subgrupo.

Problemas de tipo geotécnico p.d.

Los terrenos incluidos en este subgrupo, escasamente representados en la Hoja, están integrados por los sustratos cohesivos, excepto los caleños, y dispuestos con relieves medios o abruptos.

El único problema, aunque gravísimo, radica en la capacidad de buena parte de estas arcillas para hincharse o retraerse cuando varía su contenido en humedad. Ello obliga al uso de fundaciones profundas o semiprofundas, capaces de neutralizar las tensiones de hinchamiento con la fracción en la zona de humedad constante, sumada a la carga total del pilar. Por otro lado, impermeabilizaciones, drenajes y conducciones deben ser cuidados al máximo para evitar accesos innecesarios de agua al terreno. Del mismo modo, deben ser evitadas otras prácticas susceptibles de resecar los suelos, como por ejemplo las

calefacciones en sótano; sin olvidar tampoco el uso de cámaras de aire o de lechos granulares que cumplan con las especificaciones de filtro entre el terreno y el primer forjado, para evitar el agrietamiento de las soleras derivado de los hinchamientos libres.

Problemática, por tanto, grave e intensa y que justifica plenamente la adopción del calificativo final.

Es necesario poner de relieve que la expansividad no es una constante en todos estos terrenos y que solamente concurrirá de un modo puntual, lo que no impide que sea la mera posibilidad de su aparición la que marque la tónica del conjunto. En esta ocasión, como en muchas otras, ha habido que optar por un criterio conservador, puesto que con ello se consigue llamar la atención sobre una problemática posible, aunque sólo en ámbitos locales. Procediendo así, destaca más la necesidad de campañas puntuales de reconocimiento, único medio de conocer las características de las parcelas concretas.

Aparte de este primero y fundamental problema, hay que señalar que la preparación de los terrenos de este subgrupo comportará costos de una cierta importancia. Ya ha quedado establecido que el relieve es medio o abrupto, lo que implica la necesidad de movimientos de tierras considerables, encarecidos por la imposibilidad de compensación de materiales y por la obligatoriedad de recurrir a taludes muy tendidos. En arcillas expansivas, cada ladera y cada desmonte constituye un problema concreto puesto que, como consecuencia de su sensibilidad a los cambios de humedad, pueden originarse deslizamientos, incluso con inclinaciones muy suaves. Por ello, los drenajes con zanjas de cabeza y las protecciones superficiales son medidas más eficaces, en ocasiones, que el simple ataludado.

Problemas de tipo geotécnico e hidrológico p.d.

Los terrenos incluidos en este subgrupo son abundantes en toda la Hoja y están constituidos por sustratos cohesivos dispuestos horizontalmente, excepción hecha de los caleños, que merecen tratamiento separado.

La problemática esencial de estos terrenos es exactamente igual que la expuesta para los del subgrupo anterior y similares son también, por tanto, las soluciones constructivas que entonces quedaron apuntadas. Por ello, no se considera conveniente la repetición de las mismas.

La razón de crear este subgrupo diferenciado hay que buscarla en que la topografía horizontal y la impermeabilidad de las arcillas imponen unas dificultades de drenaje que no concurren en los terrenos del subgrupo anterior, cuya escorrentía estaba facilitada por el relieve medio o abrupto dominante.

Por otro lado, la existencia de arcillas expansivas obliga a que el agua permanezca en contacto con el terreno el menor tiempo posible, lo que debe conseguirse con pendientes de recogida de bastante inclinación y con el revestimiento de los colectores; soluciones sencillas, pero que, indudablemente, implican un sobre costo adicional para el aprovechamiento de estos terrenos.

Como contrapartida, la topografía suave de las parcelas de este subgrupo determina que su preparación requiera movimientos de tierras menos importantes que los necesarios en los terrenos del subgrupo anterior, con la consiguiente ventaja económica.

No obstante, todas estas diferenciaciones carecen de especial relevancia. El denominador común a este subgrupo y al anterior radica en la existencia puntual de arcillas expansivas, y este grave problema es suficiente por sí solo para imprimir carácter al conjunto y justificar la adopción del calificativo final adoptado, en la cartografía y el texto, en ambos casos.

3.2. TERRENOS CON CONDICIONES CONSTRUCTIVAS DESFAVORABLES

Dentro de este grupo se incluyen una serie de terrenos que presentan uno o dos tipos de problemas con intensidad acusada.

Problemas de tipo litológico y geomorfológico

Se han incluido en este subgrupo, escasamente representado en la Hoja, los terrenos integrados por rocas abrasivas dispuestas con relieve abrupto que, muy localmente, puede llegar a ser montañoso.

La preparación previa de las parcelas de este subgrupo requerirá movimientos importantes y de elevado costo. No sólo será totalmente necesario recurrir al uso de explosivos, sino que, además, la retirada de los fragmentos volados será una tarea que determinará un fuerte desgaste de material, como consecuencia de su abrasividad.

La posibilidad de tallar paredes de desmonte casi verticales y la de una buena compensación de materiales constituyen ventajas indudables, que servirán para paliar el costo total resultante; pero éste será siempre muy elevado, por conjugarse la ripabilidad nula con la abrasividad considerable.

La recomendación más importante que cabe realizar es la conveniencia de que el proyecto de explanaciones contemple las dificultades previstas, y procure paliar los costos, huyendo en lo posible de los desmontes, aún a costa de tener que recurrir al terraplado de préstamo, práctica más barata en muchas ocasiones que la de remover cuarcitas.

Problemas de tipo geotécnico p.d.

Los terrenos incluidos en este subgrupo están muy bien representados en la Hoja. Además, su estudio detallado encierra un gran interés, dado que constituyen el asiento de los núcleos más progresivos de la Hoja.

Estos terrenos están integrados por formaciones superficiales, excluidas las alteraciones, dispuestas con un relieve suave, o por caleños, con relieve intermedio o abrupto; litologías, por tanto, muy variadas que, como es lógico, originan problemáticas muy distintas.

Si se trata de terrenos integrados por depósitos coluviales, la capacidad portante suele ser media, lo mismo que la compresibilidad, presentándose como problema más grave la posibilidad de producción de asientos diferenciales elevados.

En los terrenos aluviales todas las características mecánicas varían enormemente de un modo puntual, no pudiendo establecerse reglas generales. Sin embargo, es común a todos ellos la posibilidad de fuertes asientos diferenciales, mientras que en emplazamientos concretos puede concurrir también una capacidad portante reducida, o bien una compresibilidad elevada.

Las rañas suelen poseer una capacidad portante reducida, una compresibilidad media o alta y una estimable capacidad de producción de asientos diferenciales.

Resumiendo, por tanto, puede decirse que en las formaciones superficiales concurren los problemas geotécnicos más clásicos: desfavorables valores de la capacidad portante, o bien de la compresibilidad o de los asientos diferenciales. En ningún caso puede generalizarse y solamente campañas puntuales de detalle, totalmente necesarias, pueden permitir el conocimiento de las parcelas concretas. Sin embargo, en una primera aproximación, es lícito decir que en los terrenos coluviales suelen concurrir parámetros mecáni-

cos más elevados que en los aluviales y en éstos más que en las rañas. Por otro lado, es también una constante de todos estos suelos que la producción de asientos diferenciales suele ser el problema más grave en todos ellos y que la posibilidad de fundación directa superficial en los coluviales y aluviales depende exclusivamente de esta limitación, que condiciona totalmente la carga final de trabajo. En las rañas, sin embargo, el punzonamiento del terreno puede ser la servidumbre más severa de las presiones medias y de las tensiones puntuales máximas en la base de las fundaciones.

El último problema geotécnico, común a la mayoría de los suelos aluviales, es la presencia casi constante de un nivel freático a escasa profundidad, con pulsaciones importantes. La primera consecuencia de este hecho es el deterioro de la capacidad portante y el aumento de la compresibilidad, como consecuencia de la reducción de las tensiones efectivas. La segunda consecuencia es la posibilidad de colapso de algún lentejón de limos, al quedar sumergidos bajo carga, como consecuencia de una subida del nivel de agua. La tercera consecuencia es el elevado costo de los desmontes o excavaciones para sótanos, que deberán ser ejecutados con achique a partir de cotas someras, operación dificultada por la elevada permeabilidad de estos suelos. Podría también señalarse alguna otra posibilidad menos frecuente, como las socavaciones o los lavados de finos, pero lo expuesto es suficiente para advertir la problemática creada por la elevada cota del nivel freático.

En el caso de los caleños, las dificultades geotécnicas son de tipo muy diferente. Se trata de suelos cohesivos muy rígidos, de capacidad portante muy elevada y compresibilidad despreciable. Hay que notar, sin embargo, dos cualidades negativas: su elevada sensibilidad y un poder para hincharse o contraerse al modificarse los contenidos en humedad.

Como consecuencia de ello, será preciso descender las fundaciones hasta cotas no sometidas a cambios de humedad, aunque el problema queda aminorado al poderse acudir a cargas de trabajo elevadísimas.

Otra consecuencia de la sensibilidad de estas arcillas es la imposibilidad de usar los productos de desmonte en la ejecución de terraplenes, lo que encarece el costo de los movimientos de tierras, que no podrán beneficiarse de una buena compensación. Este problema tiene importancia en los caleños de este subgrupo, puesto que su relieve es acusado y la preparación de las parcelas requerirá la remoción de un considerable volumen de material.

Problemas de tipo geotécnico e hidrológico p.d.

Los terrenos integrados en este subgrupo están constituidos por caleños dispuestos en relieve horizontal.

Consiguientemente y al igual que en el subgrupo anterior, el problema más grave radica en la expansividad de este material. Debido a ello, será preciso acudir a cotas de fundación bastante profundas, si bien se cuenta en todo momento con la importante ventaja de que las cargas de trabajo tolerables son muy elevadas, lo que permite reducir notoriamente la superficie de las cimentaciones, con el consiguiente ahorro de excavación y con notable mejora del comportamiento en cuanto que se reduce la fuerza vertical ascendente (directamente proporcional a la superficie lateral de las fundaciones en el intervalo de humedad variable).

Otro problema adicional, aunque menos grave, radica en el deficiente drenaje de estas parcelas, donde no existe ni infiltración ni escorrentía. Todo, por tanto, debe conseguirse con la obra. El problema se encarece por el hecho de que el proyecto debe contemplar el perjuicio de que el agua permanezca mucho tiempo en contacto con el terreno, desencadenando perniciosas presiones de hinchamiento. Para evitarlo, deben pla-

nearse pendientes de recogida bastante fuertes, y colectores siempre revestidos, lo que, indudablemente, supone un costo adicional.

3.3. TERRENOS CON CONDICIONES CONSTRUCTIVAS ACEPTABLES

Problemas de tipo litológico y geomorfológico

Los terrenos incluidos bajo este epígrafe están integrados por rocas abrasivas dispuestas con relieves medios, o por rocas competentes dispuestas con relieves medios, o por rocas competentes dispuestas con relieve abrupto, o por pizarras dispuestas con relieve abrupto.

La preparación previa de los terrenos de este subgrupo integrados por rocas competentes requerirá un movimiento de tierras considerable, por predominar el relieve abrupto y ello conllevará un costo importante, al tenerse que recurrir forzosamente al uso de explosivos.

La preparación de los terrenos de este subgrupo integrados por rocas abrasivas requerirá movimientos de tierras medios; pero su costo será elevado, por tenerse que recurrir al uso de explosivos y por tener que contar con un fuerte desgaste de las máquinas-herramienta.

En las pizarras hará falta también un importante volumen de movimiento de roca, aunque en este caso puede contarse con una cierta ripabilidad, existiendo, en contraposición, el inconveniente de la posible presencia de zonas potencialmente inestables, que pueden requerir medidas correctoras. Esta misma razón hará necesaria la vigilancia de las paredes de los desmontes que, en supuestos desfavorables de la dirección de esquistosidad, deberán ataludarse hasta inclinaciones relativamente suaves.

A pesar de estos inconvenientes, los terrenos de este subgrupo han sido calificados como de condiciones constructivas aceptables, pesando mucho en la decisión final el hecho de que todas las restantes características, singularmente las geotécnicas, se conjugan en su grado más favorable.

3.4. TERRENOS CON CONDICIONES CONSTRUCTIVAS FAVORABLES

Problemas de tipo litológico y geomorfológico

Dentro de este epígrafe se incluyen los terrenos constituidos por rocas abrasivas con relieves suaves, o competentes con relieves medios, o pizarras con relieves medios, o alteraciones de rocas ácidas con topografía fuerte, o arcosas con pendientes vivas.

En el caso de las cuarcitas, u otras rocas abrasivas, dispuestas con relieves suaves, hay que contar con las importantes dificultades que supone para el movimiento de tierras la nula ripabilidad y la fuerte abrasividad de estos materiales. Sin embargo, predomina el relieve suave y, por ello, no es previsible que haya que recurrir a grandes desmontes, lo que resta importancia al problema.

A pesar de que las rocas abrasivas son impermeables y de que las incluidas en este subgrupo presentan un relieve suave, no existen razones suficientes para hablar de drenaje deficiente salvo en casos muy concretos, ya que existen siempre formas acusadas y un cierto relieve, capaz de permitir una escorrentía aceptable. Por ello, no se considera preciso tratar separadamente el caso de las rocas abrasivas con problemas hidrológicos,

aunque se advierte que existen con muy rara frecuencia. Las condiciones constructivas de estos terrenos abrasivos totalmente horizontales son también favorables, puesto que el problema hidrológico queda compensado por la facilidad de la preparación previa de estas parcelas, totalmente llanas.

Los terrenos integrados por rocas competentes o pizarras, presentan exactamente la misma problemática analizada en el subgrupo anterior para las mismas litologías, aunque menos acusada, como consecuencia lógica de unas menores pendientes medias.

Las alteraciones de rocas ácidas dispuestas con relieves abruptos requerirán movimientos de tierras importantes para su explanación; pero si el proyecto se ejecuta acertadamente, la mayor parte de este movimiento podrá hacerse con un costo reducido, pues la ripabilidad de los niveles superficiales es generalmente sencilla, aunque no pueda descartarse que haya que recurrir al uso limitado de explosivos para trocear bolos de gran tamaño, o asomos de roca. En cualquier caso, debe huirse de los desmontes profundos, que interesarían a la roca, planeando explanaciones descompensadas, con predominio neto del terraplén. Por lo demás, estas alteraciones tienen unas características sumamente favorables, que justifican el calificativo usado para sus condiciones constructivas.

En las arcosas sucede algo parecido: ripabilidad sencilla en los niveles superficiales y dificultad creciente con la profundidad, al aumentar el grado de cementación, conjugándose el resto de las características muy favorablemente. El único problema radica, por tanto, en el costo de la preparación de los terrenos y puede ser obviado en buena medida evitando el recurrir a desmontes profundos, aún a costa de tener que acudir a explanaciones descompensadas, con predominio del terraplén.

Como se ve, en este subgrupo existen todavía problemas, aunque de escasa importancia y ninguno de ellos es de tipo geotécnico que, en principio, son los más preocupantes. Por esta razón está justificado el calificativo usado para sus condiciones constructivas.

3.5. TERRENOS CON CONDICIONES CONSTRUCTIVAS MUY FAVORABLES

La Hoja de Villarreal-Badajoz puede ser calificada en conjunto como de condiciones constructivas muy favorables, debido a que los terrenos merecedores de este calificativo predominan muy claramente sobre el resto.

Dentro de este grupo cabe formar dos subgrupos, caracterizados por la existencia de uno o dos problemas muy poco acusados y que nunca son de los tipos geotécnico o geomorfológico, a los que lógicamente, se ha atribuido un superior peso específico.

Problemas de tipo litológico e hidrológico

Se incluyen dentro de este amplio subgrupo los terrenos integrados por rocas competentes o pizarras dispuestas con relieve suave.

La única problemática radica en la dificultad de realizar el escaso movimiento de rocas necesario y en la necesidad de dar una solución constructiva a un drenaje generalmente deficiente en el estado original de los terrenos.

Ninguna de estas dificultades tiene importancia y, por ello, no se ha dudado en calificar de muy favorables las condiciones constructivas del subgrupo. En todo momento ha pesado en la decisión final el hecho de contarse con unas características mecánicas elevadísimas, que permitirán acudir a cargas de trabajo excelentes.

Dentro de este subgrupo se han incluido las alteraciones de rocas ácidas y las arcosas dispuestas con relieve suave.

Prácticamente no existe ningún problema digno de mención. Las características mecánicas son satisfactorias, el drenaje por infiltración favorable y el movimiento de tierras necesario para la preparación previa muy escaso. Únicamente podría señalarse la necesidad de tener que recurrir al uso de explosivo para trocear pequeños asomos rocosos, o algunos bolos de gran tamaño, en el caso improbable de que la explanación requiera su movimiento.

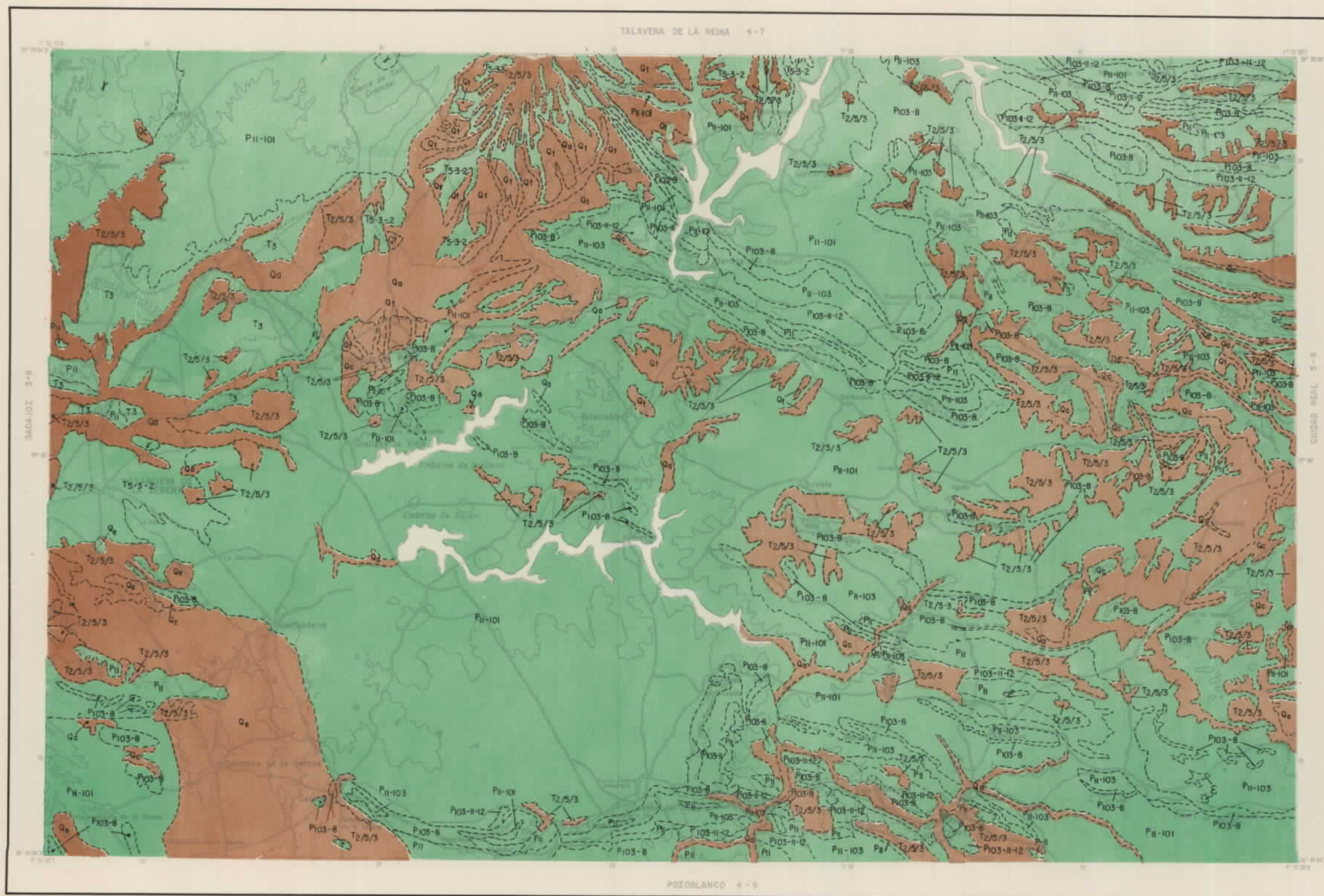
BIBLIOGRAFIA

- Cámara de Comercio e Industria de España. **Atlas Industrial de España** (1964-1965).
- Cámara de Comercio e Industria de España. **Nomenclator de las ciudades, villas, lugares, aldeas y demás entidades de población.**
- Consejo Económico Sindical Provincial. **Estructura y posibilidades de desarrollo económico de la provincia de Badajoz** (1970).
- C.S.I.C. Instituto Nacional de Edafología y Agrobiología "José María Albareda". **Explicación del mapa provincial de suelos.** Badajoz (1968).
- Echevarría Caballero, M. **Evolución histórica de los mapas geotécnicos en el mundo.** Bol. Geol. y Minero de España. Tomo LXXXIV. Madrid (1973).
- Elías Castillo, F. y Giménez Ortiz, R. **Evapotranspiraciones potenciales y balances de agua en España.** Ministerio de Agricultura. Dirección General de Agricultura. Madrid (1965).
- Graux, D. **Fundamento de Mecánica de Suelos.** T.I. Ed. Editores Técnicos Asociados, S.A. Barcelona (1970).
- Hernández Pacheco, F. **El Terciario Continental de Extremadura.** Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Tomo LVIII (1960).
- Instituto Geográfico y Catastral. **Comarcas geográficas de España.** (1960)
- I.G.M.E. **Mapa geológico de España a E 1:200.000.** Hoja 58-59, Villarreal-Badajoz (1971).
- Instituto Nacional de Estadística. **Censo de la población de España.** (1970).
- Jiménez Salas, J.A. y Justo Alpañes, J.L. **Geotecnia y Cimientos.** T.I. Ed. Rueda. Madrid (1971).
- Lambe, T.W. y Whitman, R.V. **Mecánica de suelos.** Ed. Limusa-Wiley S.A. (1972).
- Lautensach, H. **Geografía de España y Portugal.** Ed. Vincens-Vives. Barcelona (1967)
- Ministerio de Industria. **Memoria del Consejo Superior del Ministerio de Industria.** (1973).
- Ministerio de Planificación del Desarrollo. **Norma Sismorresistente P.G, S-1. Boletín Oficial del Estado N° 279.** (1974).
- M.O.P. **Aforos 1968-69. Río Guadiana.** Dirección General de Obras Hidráulicas del M.O.P.
- M.O.P. **Datos climáticos para carreteras.** (1964).
- Servicio Meteorológico Nacional. **Datos climáticos de las estaciones de Badajoz, Talavera la Real y Cáceres.**
- Teran M. de, Sole Sabaris, L. y otros. **Geografía regional de España.** Ediciones Ariel. Barcelona (1968).

- Terzaghi, K. **Mecánica de Suelos en la ingeniería práctica**. Ed. El Ateneo. Barcelona (1963).
- Tschebotarioff, G. **Soil Mechanics, Foundations and Earth Structures**. Ed. Mc. Graw - Hill Book Company, Inc. New York (1951).
- Vegas, R. **Geología de la región comprendida entre la Sierra Morena y las Sierras del Norte de la provincia de Cáceres (Extremadura española)**. Boletín del Instituto Geológico y Minero de España. T LXXXII. (1971).
- Verdeyen, I., Roisin, V. y Nuyens, J. **Applications de la Mecanique des sols**. T.I. Ed. Vanaer. Bruxelles-Lovain (1971).
- Verdeyen, I., Roisin, V. y Nuyens, J. Din. 1.054. **Cimentaciones**. Ed. Balzola. Bilbao.
- Verdeyen, I., Roisin, V. y Nuyens, J. **Design Manual. Soils Mechanics, Foundations and Earth Structures**. Department of the Navy Naval, facilities engineering command. Washington (1971).



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA



SUSTRATO

- T5-3-2 Arcillas y arenas. Arcillas y gravas.
- T3 Arcosas.
- P11 Pizarras arenosas y arcillosas.
- P103-8 Cuarcitas y areniscas.
- P103-11-12 Cuarcitas, areniscas, pizarras, calizas, con glomerados, tuffitas y vulcanitas.
- P11-103 Pizarras, areniscas y cuarcitas.
- P11-101 Pizarras, grauwas y cuarcitas (Complejo esquisto-grauwáquico).
- γ Granitos y aplitas.
- ε Pórfidos cuarcíferos y diabasas.

FORMACIONES SUPERFICIALES

- Qe Gravas, arenas, limos y arcillas (Depósitos aluviales).
- Qc Arcillas y arenas con cantos en proporciones variables. (Depósitos coluviales).
- Qt Depósitos de terraza y de glaciés de erosión.
- T2/5/3 Gravas con matriz arcillo-arenosa (Raña).
- Qa Arenas arcillosas (Alteración superficial de rocas ígneas).



Escala 1:400.000

INTERPRETACION DEL MAPA TOPOGRAFICO

- Zonas planas, pendientes de 0 al 7 por ciento.
- Zonas intermedias, pendientes del 7 al 15 por ciento.
- Zonas abruptas, pendientes del 15 al 30 por ciento.
- Zonas montañosas, pendiente superior al 30 por ciento.
- Límite de separación de Zonas.

SEPARACION DE ZONAS SEGUN SU GRADO DE ESTABILIDAD

- Zonas estables, bajo condiciones naturales y bajo la acción del hombre.
- Zonas estables, bajo condiciones naturales e inestables bajo la acción del hombre.
- Zonas inestables, bajo condiciones naturales y bajo la acción del hombre.
- Límite de separación de Zonas.

FENOMENOS GEOLOGICOS ENDOGENOS

- Falla o zona de falla.
- Falla o zona de falla supuesta.
- Zona influenciada por fracturas o fallas.
- Frente de cabalgamiento o manto de corrimiento.
- Dirección de pizarrosidad.

SIMBOLOGIA

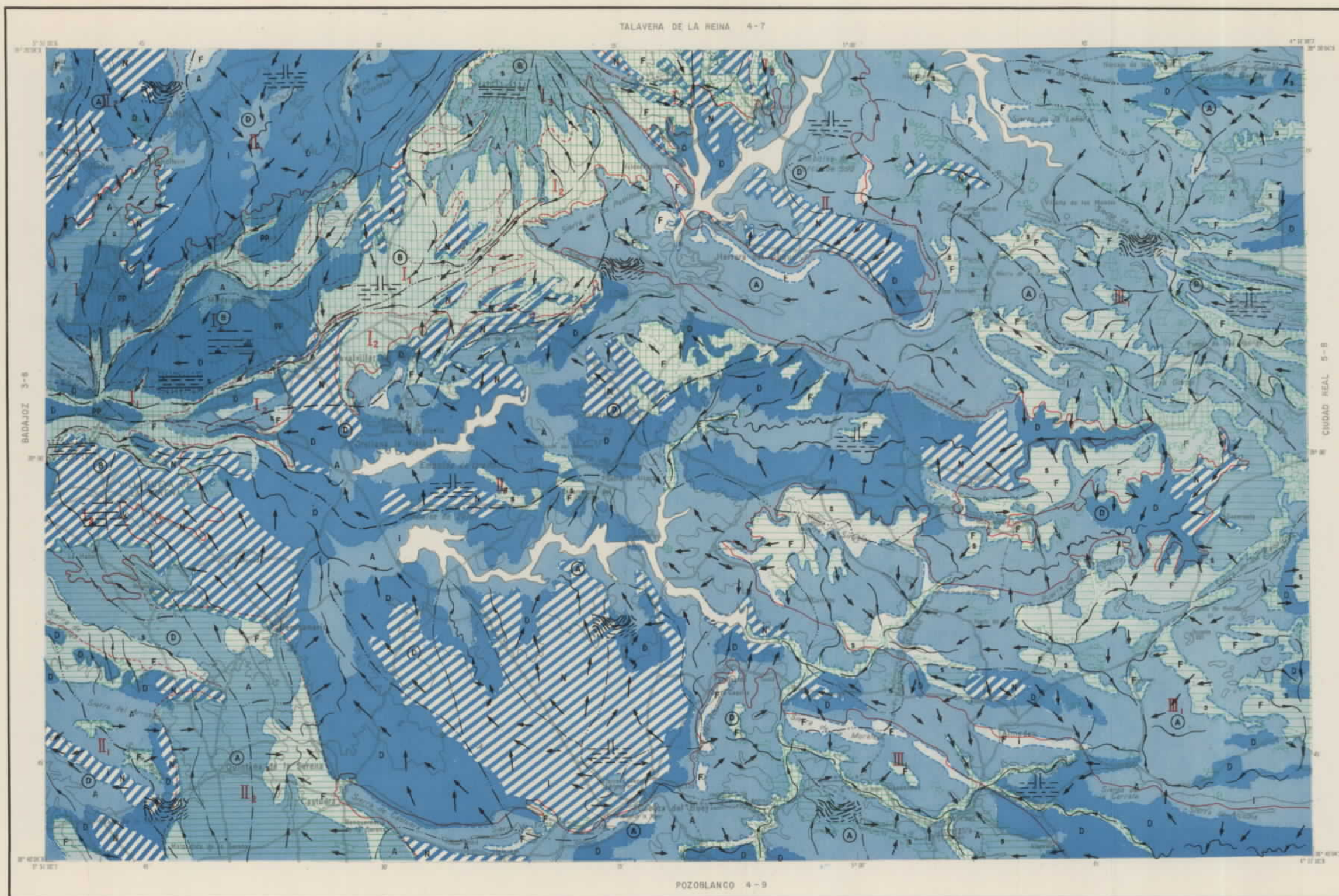
- Formas de relieve muy acusadas.
- Formas de relieve acusadas.
- Formas de relieve alomadas.
- Formas de relieve llanas.
- Abarrancamiento.

FENOMENOS GEOLOGICOS EXOGENOS

- Depósitos formados por acumulación de torrentes.
- Desprendimientos de bloques.
- Acumulación de rocas sueltas.
- Ladera con abundante recubrimiento por alteración.
- Deslizamiento activo a favor de la tectonización.
- Deslizamiento activo a favor de la pendiente natural.
- Deslizamiento en potencia a favor de la tectonización.
- Deslizamiento en potencia a favor de la pendiente natural.

DIVISION ZONAL

- Límite de separación de Regiones.
- Límite de separación de Áreas.
- Designación de un Área.



Escala 1:400.000

CONDICIONES DE DRENAJE

- Zonas con drenaje muy deficiente o nulo.
- Zonas con drenaje deficiente
- Zonas con drenaje aceptable
- Zonas con drenaje favorable.
- Límite de separación de Zonas.

PERMEABILIDAD DE LOS MATERIALES

- Materiales impermeables.
- Materiales poco permeables.
- Materiales semipermeables.
- Materiales permeables.
- Límite de separación de los distintos materiales.

SIMBOLOGIA

HIDROLOGIA SUPERFICIAL

- Red de drenaje.
- Dirección de escorrentía.
- Cuenca hidrográfica.
- Subcuenca hidrográfica.

HIDROLOGIA SUBTERRANEA

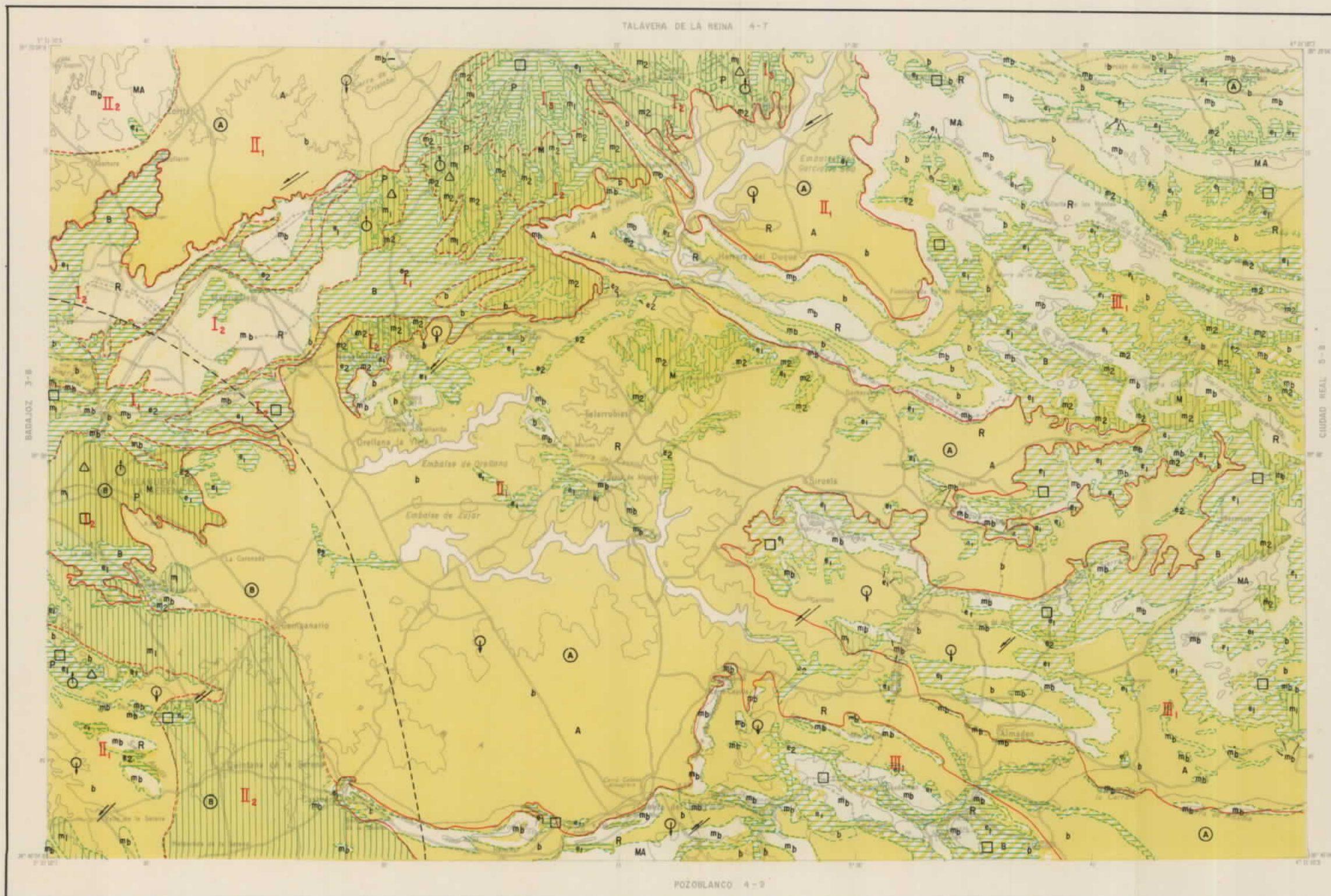
- Zonas con acuíferos aislados.
- Zonas con acuíferos en formaciones permeables por porosidad intergranular.
- Zonas sin acuíferos.
- Zonas con acuíferos en formaciones permeables por fracturación.

FACTORES HIDROLOGICOS VARIOS

- Agua ligada a fenómenos de fracturación.
- Aguas colgadas.
- Zonas propensas a encharcamientos.
- Agua a escasa profundidad.

DIVISION ZONAL

- Límite de separación de Regiones.
- Límite de separación de Areas.
- Designación de un Area.



Escala 1:400.000

CAPACIDAD DE CARGA

- MA Zonas con capacidad de carga muy alta.
- A Zonas con capacidad de carga alta.
- M Zonas con capacidad de carga media.
- B Zonas con capacidad de carga baja.
- Límite de separación de Zonas.

ASIENTOS PREVISIBLES

- mb b Zonas con asientos absolutos bajos.
mb: muy bajos
b: bajos
- m₁ m₂ Zonas con asientos absolutos medios.
m₁: diferenciales poco importantes.
m₂: diferenciales importantes.
- e₁ e₂ Zonas con asientos absolutos elevados.
e₁: diferenciales medios.
e₂: diferenciales altos.
- Límite de separación de Zonas.

GRADO DE SISMICIDAD

- (A) Bajo $G \leq VI$
- (B) Medio $VI < G \leq VIII$
- (C) Alto $G > VIII$

Escala internacional macrosísmica (MSK).

--- Límite de separación de Zonas.

SIMBOLOGIA

- △ Existencia de arcillas expansivas.
- Existencia de arcillas de alta sensibilidad.
- ⊕ Existencia de arcillas sobreconsolidadas
- ⊙ Existencia de arcillas blandas de alteración.

FACTORES GEOTECNICOS VARIOS

- / Existencia de roturas preferenciales desfavorables.
- P Posible obligatoriedad de descender las Fundaciones hasta la zona de humedad constante.
- R Ripabilidad difícil.

DIVISION ZONAL

- Límite de separación de Regiones.
- Límite de separación de Areas.
- I₂ Designación de un Area.