MINISTERIO DE INDUSTRIA

DIRECCION GENERAL DE MINAS

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

HOJAS	2-9 / 3-9
	67 / 68

00255

MAPA GEOTECNICO GENERAL

CHELES - VILLAFRANCA DE LOS BARROS

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

MAPA GEOTECNICO GENERAL
E: 1/200.000

CHELES
VILLAFRANCA DE LOS BARROS

HOJAS 2-9/3-9/67/68

SERVICIO PUBLICACIONES
MINISTERIO DE INDUSTRIA

El presente estudio ha sido realizado por Informes y Proyectos, (INYPSA), 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 M 32363 - 1976

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

INDICE

	pág
1. INTRODUCCION	**1**
2. DESCRIPCION DE FACTORES CON INCIDENCIAS GEOTECNICAS	**3**
2.1. Características físico-geográficas	**3**
2.2. Bosquejo geológico	**6**
2.3. Criterios de división. Características generales de las Areas	**20**
2.4. Formaciones superficiales y sustrato	**24**
2.5. Características geomorfológicas	**31**
2.6. Características hidrológicas	**35**
2.7. Características geotécnicas	**36**
3. INTERPRETACION GEOTECNICA DE LOS TERRENOS	**41**
3.1. Terrenos con condiciones constructivas muy desfavorables	**41**
3.2. Terrenos con condiciones constructivas desfavorables	**42**
3.3. Terrenos con condiciones constructivas aceptables	**43**
3.4. Terrenos con condiciones constructivas favorables	**44**
3.5. Terrenos con condiciones constructivas muy favorables	**44**
BIBLIOGRAFIA	**45**

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 INCIDENCIAS GEOTECNICAS

2.1. CARACTERISTICAS FISICO-GEOGRAFICAS

Se incluyen dentro de este apartado la situación geográfica, el relieve, la climatología y la red fluvial.

SITUACION GEOGRAFICA

La área objeto de estudio corresponde a las Hojas 3-9, Villafranca de los Barros y 2-9, Cheles. Como base topográfica se ha utilizado el Mapa Militar de España a E 1:200.000. Los límites coinciden con la n° 67-68 del Mapa Geológico de Síntesis a la misma escala.

La zona queda situada en la área S-O de la Península. La superficie es de 8.300 km^2 aproximadamente y está comprendida entre 38° 00' 04'', 8 - 38° 40' 40'', 8 latitud N, 7° 11' 10'', 7 - 5° 51' 10'', 8 longitud O, referidos a Greenwich. Corresponde en casi su mayoría a la provincia de Badajoz, estando el resto de la área repartida entre las provincias de Huelva y Sevilla.

EL RELIEVE

Las alineaciones de máxima altitud, se disponen orientadas en dirección NO-SE, aunque al S de la Hoja adoptan una disposición E-O. Dentro del primer grupo direccional, se encuentran las Sierras de Hornachos, María Andrés, de los Puertos, de los Santos,

Jayona y San Miguel. En el segundo grupo, están una serie de sierras que forman la gran unidad geográfica de Sierra Morena, siendo éstas las de Guadalcorral, San Salvador, del Viento y Contiendas. Todas estas sierras presentan altitudes comprendidas entre los 600 y 1.100 m. El relieve medio de la Hoja, oscila alrededor de los 550 m.

La zona de Sierra Morena es la que presenta mayor relieve (al S de la Hoja), mientras que al N el relieve es muy suave, casi llano (Tierra de Barros).

El río Guadiana discurre con dirección sub-meridiana al O de la Hoja, delimitando la frontera con Portugal.

CLIMATOLOGIA

Se han utilizado datos proporcionados por las estaciones de Cabeza de Vaca, Jerez de los Caballeros y Zafra, además de los de Almendralejo y Berlanga que, aunque encontrándose fuera de la Hoja, por su situación de proximidad a ésta, se ha considerado necesaria su interpretación para una mejor comprensión de los datos.

Temperaturas

Se ha resumido en un cuadro las temperaturas, tanto medias como máximas y mínimas absolutas (mensuales y estacionales) para el decenio 1951-60 excepto los datos correspondientes a las estaciones de Almendralejo, cuyos datos se refieren a siete años (1954-60) y la de Berlanga, que sólo dispone para los años (1957-60)..

La temperatura media anual mínima es 13,9^{o} C y corresponde a Cabeza la Vaca y la media máxima es de 22,5^{o} C (Almendralejo). La máxima absoluta es de 44,0^{o} (Jerez de los Caballeros) y la mínima absoluta es de -9, que coincide con Zafra y Cabeza la Vaca.

En otro cuadro se adjuntan las características térmicas de la estación de invierno, así como otro de verano para las cinco estaciones consideradas.

Se han obtenido los datos de heladas en las cinco estaciones. El mayor número de días corresponde a Cabeza la Vaca con treinta y ocho en 1956 y Zafra con treinta y tres días en 1952.

	Fecha de la última helada de primavera	**Fecha de la primera helada del otoño**	**N^{o} de días de helada**		
			Máx	**Mín**	**Medio**
Almendralejo	13 abril	1 diciembre	31	3	13,0
Berlanga	14 abril	30 noviembre	28	9	17,5
Cabeza de Vaca	17 abril	2 noviembre	38	7	22,1
Jerez de los Caballeros	13 marzo	18 noviembre	32	4	17,5
Zafra	19 abril	18 noviembre	33	1	19,0

Precipitaciones

La precipitación media anual varía desde los 420 mm en la zona de Almendralejo, a los 865 mm en Cabeza la Vaca (Sierra Morena).

Existe pues una irregularidad en cuanto a precipitaciones y clima en general.

La media provincial de lluvia anual es de 559,29 mm existiendo una máxima anual de 1.160,9 mm en Cabeza la Vaca y un mínimo de 209,0 mm en Almendralejo.

La humedad relativa para esta zona no ha podido ser obtenida al no existir datos, motivo por el cual se ha recurrido a los existentes en Badajoz, único punto donde están recopilados para el decenio 1951-1960. La humedad media anual es de 51,0 por ciento. La media de la máxima es 80,9 por ciento y de la mínima es de 30,3 por ciento.

Indices climáticos

Dado el interés que pudiera tener el conocer los coeficientes de reducción laboral achacables a causas climáticas, se incluirán a continuación algunos de ellos en función de los distintos tipos de obras.

Para ello se ha supuesto cada obra repartida uniformemente a lo largo de los 365 días del año, y éstos a su vez, 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 el cuadro anterior por los coeficientes de reducción correspondientes a cada mes, y sumando los productos de los meses, se han obtenido los siguientes coeficientes medios anuales.

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

	CLASE DE OBRA				
Provincias	**Hormigón**	**Explanaciones**	**Aridos**	**Riegos y Tratamientos**	**Mezclas Bituminosas**
CORDOBA	0,913	0,857	0,927	0,606	0,754
BADAJOZ	0,933	0,878	0,952	0,614	0,776
SEVILLA	0,936	0,889	0,943	0,666	0,807
C. REAL	0,860	0,805	0,954	0,574	0,704

REGIMEN Y RED FLUVIAL

La área en estudio pertenece casi en su totalidad a la cuenca del Guadiana. Solamente el ángulo inferior derecho de la Hoja corresponde a la cuenca del Guadalquivir.

El río Guadiana atraviesa la zona objeto de este trabajo por su parte más occidental, poniendo límite con Portugal. Discurre prácticamente con dirección submeridiana encajado sobre un sustrato de pizarras, materiales que componen esta zona. La longitud del cauce de este río, comprendido en la Hoja, es pequeña, aproximadamente de unos 15 km,

ésto unido a la falta de aforos es el motivo por el cual se hace una descripción somera de éste.

La cuenca del Guadiana tienen en total una superficie de 64.500 km^2, con un perímetro de 1.748 km. Presenta un índice de compacidad de 1,93 y un índice de pendiente de 0,0347. La cota media de curso es de 465 m.

Dentro de la Hoja recibe como afluentes principales el Matiga, Alcarracha y Ardela, desembocando estos dos últimos ya dentro de Portugal. El río Ardela es el tributario más importante dentro de la zona. Nace en la Sierra de Tiedra y riega, junto con sus afluentes, los partidos de Fuente de Cantos, Fregenal de la Sierra y Jerez de los Caballeros, formando un corto trayecto en la frontera portuguesa, internándose en Portugal para desembocar en el Guadiana.

La área correspondiente a la cuenca del Guadalquivir como anteriormente se ha señalado, ocupa el ángulo inferior derecho de la Hoja. El río Viar, nace cerca del pueblo de Monesterio y tiene como afluentes el Vendoval y Bembézar, que riegan las zonas de Fuente de Cantos y Llerena, desembocando sus aguas en el río Guadalquivir.

2.2. BOSQUEJO GEOLOGICO

Los materiales representados en esta Hoja son fundamentalmente precámbricos y paleozoicos, con algunas áreas de sedimentos terciarios continentales. Las rocas plutónicas están asimismo muy bien representadas, destacando entre ellas los grandes afloramientos graníticos, constituidos principalmente por rocas de carácter intermedio.

ESTRATIGRAFIA

Precámbrico

Si bien, se consideran como "Infracámbricos" los depósitos que a continuación se describen como precámbricos, se ha optado por esta última denominación con vistas a una mayor uniformidad.

"Serie Neísica"

Está formada por un potente complejo metamórfico, formado por paraneises micáceos, ortoneises, anfibolitas, micacitas, micasquistos y cuarcitas.

Los paraneises están compuestos de cuarzo, biotita, moscovita y sericita, y, en ocasiones, contienen plagioclasas y granates. Hay autores que consideran estos materiales como resultado del metamorfismo regional sobre una serie arcósica y pelítico-arcillosa y pertenecientes a la subfacies de más alta temperatura de las pizarras verdes de Barrow y a las facies de anfibolitas de Eskola y Turner. El feldespato potásico detrítico de las arcosas no es estable en las condiciones de intenso dinamometamorfismo y se transforma en micas sericíticas. La moscovita procedería, de modo análogo, del cemento arcilloso de las arcosas, y la clorita autigénica se transformaría en biotita.

Junto con los paraneises aparecen también anfibolitas y a veces cuarcitas muy replegadas, estratificadas en bancos de 15-20 cm, intercalada en ellas. También aparecen bandas de micasquistos y de micacitas oscuras muy monótonas.

Destaca netamente en campo la banda de ortoneises de Llera, que forma dentro del complejo metamórfico una mancha de hasta 2 km de ancho por más de 15 de largo, con dirección NO-SE. Se trata de rocas de color grisáceo, más oscuras hacia Valencia de las Torres, con grandes porfidoblastos blancos o rosados de feldespato potásico, en una matriz cuarzo-feldespático-biotítica con orientación muy marcada. Hay niveles muy semejantes a los conocidos como "Ollo de Sapo", con distena, granate y sillimanita. En la composición de estas rocas destacan, como esenciales, cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa, moscovita y biotita, y como accesorios, clorita, apatito, carbonatos y opacos.

El origen de este tipo de rocas es tema de actualidad que suscita controversias. Diversos autores suponen un proceso metamórficos que afecta a diversos niveles estratigráficos. Otros creen en la existencia de un origen asociado a cataclasis. Se trataría de un granito s.s. al que hubiera afectado un metamorfismo regional de grado medio. Los ortoneises así originados presentan una marcada foliación de dirección hercínica NNO-SSE, lo que hace suponer que sea contemporánea con la fase mayor del plegamiento (Fase II, BARD, J.P., 1969). Con estos antecedentes se incluyen estos ortoneises dentro del grupo de granitoides anteriores a la II Fase de deformación hercínica, pues, en efecto, el emplazamiento del primitivo granito debió tener lugar con anterioridad a dicha fase. Las condiciones de metamorfismo son de meso o catazona.

El contacto de este complejo con los materiales que lo rodean es mecánico.

Se supone una edad cámbrica inferior o precámbrica para los sedimentos originarios de la "formación estrato-cristalina" descrita. Se considera la posibilidad de que se trate de la "serie negra" sometida a un mayor grado de metamorfismo.

"Serie negra"

Forma un conjunto de más de 2.000 m de potencia, constituido por cuarcitas, liditas, pizarras oscuras, bandas de caliza cristalina gris oscura, esquistos, lava, grauwackas, arcosas, etc., siendo muy fuertes los cambios laterales, tanto de facies como de espesores, a escala regional.

Se puede subdividir esa "Serie negra" de acuerdo con su litología y grado de metamorfismo, en dos tramos:

- El primero, formado por cuarcitas negras, liditas, esquistos, pizarras, bancos calcáreos y lavas. La paragénesis corresponde a la facies de anfibolitas, teniendo como elementos principales cuarzo, anfíbol y plagioclasa, y como accesorios, biotita, epidota, esfena, apatito y opacos.
- El segundo tramo lo constituyen depósitos predominantemente detríticos, arcosas y grauwackas, de colores grises claros (con abundancia de feldespato potásico, plagioclasa y material arcilloso), niveles calcáreos y material volcánico: sills diabásicos o coladas interestratificadas y plegadas. Espesor, entre 300 y 800 m.

A techo pueden aparecer lechos conglomeráticos intercalados, de 20 a 30 m de espesor, con restos de areniscas arcósicas, esquistos verdes, esquistos negros, cuarcitas y rocas porfídicas.

Los depósitos descritos corresponderían al Precámbrico alto o serie detrítica de transición. Se supone esta edad basándose en la posición que dichos materiales ocupan bajo series cámbricas bajas datadas paleontológicamente, y de las cuales están separados por series detríticas groseras.

Cámbrico

Georgiense Inferior. "Serie detrítica inferior"

Los depósitos de la base del Cámbrico, con un espesor máximo de 450-600 m, comienzan por conglomerados, areniscas arcósicas, pizarras, lavas y lechos calcáreos, intercalados en una serie pizarrosa verde, de gran desarrollo en determinadas áreas.

En algunos sectores, comienza el Cámbrico con un conglomerado poligénico de espesor muy variable, su posición en el techo de la serie detrítica de transición plantea dificultades para la delimitación cartográfica de Cámbrico y Precámbrico.

Los conglomerados citados tienen cantos heterométricos, de 2 a 15 cm, redondeados, predominando los de naturaleza ígnea, lavas e incluso granitos; más escasos, de pizarras y cuarcitas. En la matriz se encuentra también el origen volcánico, destacando la presencia de plagioclasa, anfíbol y epidota. Es, pues, evidente la existencia de un magmatismo ácido previo a los sedimentos cámbricos.

La repetida ausencia local de estos conglomerados entre depósitos precámbricos y cámbricos sugiere la posibilidad de varias explicaciones. Hay teorías que hablan de una probable existencia de cambio lateral a facies detríticas más finas, sin descartar el posible efecto de un accidente tectónico que impidiera el afloramiento de los conglomerados.

Sobre los niveles conglomeráticos aparece un tramo en cuya base predominan las areniscas feldespáticas de grano grueso, e insensiblemente se pasa a pizarras verdes o negras, satinadas, arcillosas o margosas, con frecuentes intercalaciones de areniscas y grauwackas tienen como elemento fundamental granos de cuarzo de tamaño medio a grueso, subangulosos o subredondeados, en matriz serícito-arcillosa. Como accesorios contienen feldespato potásico, apatito y circón. La textura es granoblástica.

Hacia el techo, las pizarras se van haciendo más calcáreas y comienzan a aparecer intercalados lentejones calizos, lo que muestra un tránsito gradual del tramo detrítico al carbonatado suprayacente.

La edad de esta serie no ha sido determinada, ya que sólo se han encontrado, en sus episodios finales, huellas de reptación en un nivel muy característico. Al techo aparecen las calizas de Arqueociátidos (Georgiense Medio) y al muro los depósitos de la "Serie negra". En conjunto, representa la serie descrita facies de profundidad escasa, pero progresiva entre los conglomerados basales y las calizas de Arqueociátidos.

Georgiense Medio "Serie carbonatada"

Las calizas que constituyen la mayor parte del tramo calcáreo están por lo general fuertemente recristalizadas o marmorizadas, con acusada silificación. Varían composición, tamaño de grano y color. Las más frecuentes son grises o pardas.

Hacia la base del paquete predominan los bancos finos, llegando a una estratificación casi masiva hacia la parte alta y media.

Por lo general, alternan con las calizas niveles pizarrosos o calcopelíticos, de tonos amarillentos, pardos o verdosos, de neta exfolición, que permiten seguir con facilidad la estratificación de las calizas.

Estos sedimentos presentan en ocasiones fuerte metamorfismo en el contacto con las masas graníticas, con fenómenos de "skarns", asimilación, etc.

La datación se basa fundamentalmente en el yacimiento de Arqueociátidos que da edad Georgiense Medio, unos autores dan de edad Acadiense las calizas de Sierra Rubio, inmediatas a Fuente del Maestre, también eran consideradas de esa edad las de Alconera.

Georgiense Superior. "Serie detrítica superior"

A techo de las calizas anteriores suele aparecer una serie formada por pizarras arcillosas violáceas, rojas y grises, seguidas de pizarras y areniscas verdes, y por pizarras, areniscas y grauwackas en ritmo "flysch". En el terreno dan depresiones o llanuras al ser materiales deleznables y poco coherentes.

Se trata, en conjunto, de un potente tramo detrítico con predominio de la granulometría fina, dándose todo tipo de tránsitos entre pizarras y areniscas. En un conjunto fundamentalmente arcilloso-sericítico aparecen cuarzo y feldespato potásico detrítico, distribuidos de forma homogénea o formando fajas arenosas alternantes.

La fauna hallada de Trilobites y Arqueociátidos, ha permitido datarlo como Cámbrico Inferior.

Acadiense. Cuarcitas, areniscas, pizarras y vulcanitas

La serie anterior culmina con episodios de areniscas y pizarras alternando en ritmo "flysch", que marcan el paso a areniscas y cuarcitas.

Estas areniscas y cuarcitas son compactas, de grano medio a fino y colores claros, con manchas de óxido de hierro. La fracción arcillosa ha dado lugar a láminas de sericita. Se conservan las estructuras sedimentarias, "ripple marks", estratificaciones cruzadas, huellas, etc.

Sigue un tramo de areniscas, pizarras arcillosas y gruwackas grises, dándose todos los pasos intermedios entre ellas.

En toda la serie aparecen pequeños enclaves de rocas eruptivas y de rocas con abundantes silicatos de hierro, precursoras de las efusiones volcánicas posteriores, que se depositan concordantemente al final de este paquete.

Este conjunto vulcano-sedimentario final lo constituyen areniscas, lavas y pizarras arcillosas o micáceas.

Las lavas corresponden a efusiones básicas interestratificadas con las pizarras y areniscas, y muestran frecuentemente una clara pizarrosidad. En algunos afloramientos se observan estructuras en "pillow".

La edad de todo el conjunto se determina fundamentalmente a partir de la fauna de Trilobites clasificada.

Otras series cámbricas

Otros autores dan series que comprenden parte de los depósitos estudiados, si bien les adjudican edades distintas.

a) Conjunto metamórfico compuesto por materiales de edades diversas, comprendiendo desde los neises hasta las cuarcitas ordovícias, con neta distinción de tres niveles: el de pizarras silíceas, el de materiales moteados con quiastolita y el de micacitas neísicas.

b) Se trata de las mismas calizas que se señalan como Georgiense Medio, si bien a tenor de los datos paleontológicos existentes al realizarse otros estudios se consideraron acadienses. Citan los autores existencia de Arqueociátidos semejantes a los de Alconera, y suponen una potencia total para el tramo de unos 400-500 m.

En el techo de estas calizas hablan los autores de una serie de tránsito a las pizarras suprayacentes, con un espesor de varias decenas de metros, compuesta por una alternancia de finas capas de pizarras y calizas.

c) Es un tramo monótono de pizarras arcillosas (cuando no están metamorfizadas), de coloración parda oscura, verdosa o grisácea. En algunos casos aparecen grauwackas intercaladas. El espesor exacto es difícil de calcular, y lo estiman de varios centenares de metros. Suponen que comprendería parte del Acadiense y Postdamiense.

Ordovícico

Existen teorías que lo consideran representado por una serie que aparece unas veces en contacto mecánico con las series cámbricas, otras sin discordancia aparente, siendo el conjunto sedimentario esencialmente detrítico y constituido por depósitos de grano fino y color gris verdoso, niveles conglomeráticos poco potentes y bancos de cuarcitas de 1 a 2 m de potencia, la cual disminuye a medida que se asciende en la serie. Las cuarcitas representan el Skiddaviense si se tienen en cuenta los numerosos ejemplares de Cruziana hallados.

En la zona de Encinasola, la potencia del Ordovícico es de unos 500 m, si se supone de tal edad una serie situada sobre el Acadiense y bajo el Silúrico, cuyas características sedimentológicas lo asocian a este último, pero que no presenta ni los niveles típicos del Arenig ni fauna datable específicamente. Haciendo una asignación provisional y condicionada, se distinguen en este "Ordovícico" de muro a techo:

a) Concordante con los niveles cámbricos más altos, aparece una formación de grauwackas y pizarras de unos 400 m de potencia, de colores grises y verdosos; los episodios son de grano fino y están constituidos principalmente de cuarzo, plagioclasa y material arcilloso con fragmentos de pizarras y rocas volcánicas.

Localmente hay lentejones de una brecha intraformacional, constituida por cantos de pizarra y sobre todo de material volcánico, todo ello cementado por una matriz arcillosa gris. El tamaño de cantos más frecuente es de 3 cm. Ocasionalmente los hay mayores.

b) Conglomerado de cantos de rocas volcánicas, areniscas y pizarras, en matriz arcillosa de color gris violáceo. Los cantos están bien redondeados y el tamaño medio es de 5 cm, si bien los hay hasta de 30. La potencia media es de unos 70 m, pudiendo llegar localmente a los 120.

c) Pizarras verdes y grauwackas con un espesor de unos 30 m.

En esta serie no han sido encontrados más restos fósiles que unos "conductos" que pudieran ser Orthocerátidos mal conservados; pero el hecho de que esta serie está en contacto directo con la serie vulcano-sedimentaria del Cámbrico Medio, y englobe elementos de dicha serie en los nuevos depósitos, permite a los autores suponer que represente al Ordovícico.

Por su parte, los autores de la Hoja de Villafranca de los Barros citan las cuarcitas ordovicienses en el extremo NE de la misma. Estas cuarcitas contienen Cruzianas mal conservadas; los mejores ejemplares que citan están en las proximidades del Cortijo de Redrojo. Son estas rocas de colores rojizos amarillentos, con grano fino y muy tectonizadas. Alternan con interestratificaciones de pizarras rojizas, a veces bastante ferruginosas.

En la Sierra de Hornachos se pueden distinguir dos tramos:

Inferior. Comprende los niveles detríticos más altos del Cámbrico (o quizá Tremadoc), un conglomerado basal (y frecuentes arcosas) en la base de la cuarcita Skiddaviense (esta cuarcita, en dos potentes paquetes separados por una banda arenisco-pizarrosa) y una serie de transición superior con alternancia de tramos cuarcíticos y pelíticos, sin fijar un límite superior de edad. El conjunto tendría una potencia variable de varios cientos de metros. Los dos paquetes gruesos y su intercalación llegan a tener entre 250 y 400 m en total.

Superior. Comprendería una compleja serie que enlaza sin solución de continuidad con la anterior, con tramos pelíticos hacia la base, que podrían corresponder al Llandeilo, niveles areniscosos, cuarcíticos oscuros, pizarrosos e incluso algún lentejón calcáreo, que comprenderían por analogías litológicas el Ordovícico Superior y base del Silúrico. Las pizarras ampelíticas superiores, con nódulos areniscosos parecen representar el Silúrico más alto de la zona, debido a la fauna encontrada. El espesor estimado del conjunto supera los 600 m.

Silúrico

En concordancia con la serie descrita para el Ordovícico, y en paso gradual y paulatino, aparece un potente paquete de pizarras negras, de grano muy fino y superficie satinada, con abundante material carbonoso que da a la roca su característica tonalidad oscura. Hay algunas intercalaciones detríticas.

Según autores, el Silúrico se extiende durante más de 60 km desde Encinasola, pasando por las de Higuera la Real y Aracena, y terminando en la de Santa Olalla del Cala. En ella se ha encontrado fauna, perteneciente al Llandovery Superior.

Las capas del Silúrico tienen como características:

1. Presencia de frecuentes fracturas de pequeño salto con anomalías radiométricas.
2. Presencia de paquetes de pizarras negras con Graptolites, alternando con cuarcitas.

Sobre las pizarras con Graptolites aparece una serie más detrítica, constituida fundamentalmente por una alternancia de pizarras arcillosas y grauwackas, de colores grises las primeras y verdosos las segundas. Localmente, algún banco de arenisca cuarcítica de no más de 1,5 m de potencia.

También continúan en este paquete los niveles de vulcanitas ácidas y básicas, pero sus afloramientos son muy reducidos.

Devónico

Aflora al SO de la región. A techo de la serie fosilífera, a la que asignan los autores edad silúrica, aparece una formación de grauwackas arcillosas de unos 10 m de espesor, de grano fino, formadas principalmente por cuarzo, plagioclasa y, por material arcilloso como matriz.

Por encima aparecen unos 250 m de pizarras versicolores finamente bandeadas, muy hojosas. Por alteración presentan una pátina de color asalmonado que las hace inconfundibles. Localmente hay bancos de areniscas blancas, que pueden llegar a 4 m de potencia, y lentejones calcáreos muy finos.

Forma este Devónico un sinclinal entre series silúricas en la zona de la Sierra de los Vescares.

No hay argumentos paleontológicos para su datación, pero es clara continuación de la gran banda que llega hasta Santa Olalla del Cala.

También se asigna al Devónico la amplia faja que se extiende por el borde S de Encinasola (Sierra de las Contiendas, de la Torrecilla, etc.) constituido por más de 500 m de pizarras y filadios, junto con niveles pizarrosos areniscosos.

En diversos puntos de la Sierra de Hornachos aparecen afloramientos devónicos. Un espesor de al menos 350 m vistos lo constituyen a grandes rasgos y de muro a techo conglomerados (discordantes con la serie infrayacente), areniscas ferruginosas, pizarras verdosas muy potentes con intercalaciones de areniscas y protocuarcitas, y algunos lentejones calizos con restos inclasificables de Braquiópodos, entroques de Crinoideos y Corales. Parece existir una discontinuidad y, finalmente, conglomerados calcáreos finos, pizarras, areniscas y cuarcitas.

Carbonífero (Namuriense y Westfaliense)

En unos casos es de naturaleza fundamentalmente pizarrosa, mientras que en otros es un complejo de rocas detríticas de tamaño de grano muy variable, que alternan con materiales pizarrosos.

En cualquier caso, hacia la base de la formación se observa con frecuencia un conglomerado poligénico, con cantos de diámetro variable, desde el tamaño de almendra hasta bloques de 40-50 cm. Abundan los cantos de cuarcita, pero también los hay de cuarzo, pizarras, calizas, etc. Están medianamente redondeados algunos: otros son angulosos. La matriz es pelítico-arcillosa, de color rojizo. No están muy compactados ni se observa clara estratificación.

Siguen pizarras grafitosas, a veces sabulosas, de escasa consistencia y fácil disgregación. En ellas se intercalan finos bancos de arenisca de 10-15 cm, más resistentes a la erosión. También, en análoga disposición pueden aparecer bancos de grauwackas y arcosas.

En la cuenca meridional, y a veces en la de Hinojosa, se repiten varias veces episodios conglomeráticos en el complejo pizarroso-detrítico. Estos conglomerados son de naturaleza y aspecto semejantes a los del conglomerado de base, pero hay mayor homometría, siendo los cantos más menudos.

Aunque discordantes sobre los depósitos infrayacentes, los sedimentos carboníferos están también plegados, en ocasiones fuertemente, según la dirección NO-SE.

La fauna recogida por diversos autores permite precisar la edad de la cuenca carbonífera de Berlanga, a la que asigna un Namuriense Bajo.

La misma edad se asigna a las cuencas del Matachel, Usagre, Sotillo (Zafra), Vera-Maihi, Malajuncia, Casas de Reina (Llerena) y Los Santos de Maimona aunque esta última presenta incluso especies del Westfaliense.

La cuenca situada al NO de Los Santos de Maimona presenta dos paquetes de estratigrafía muy diferente:

a) Uno con elementos detríticos gruesos y finos, de carácter continental.
b) Otro de tobas estratificadas, areniscas y calizas fosilíferas, con caracteres de facies marina.

    a) Está constituido por un conglomerado polimíctico, pizarras y grauwackas con areniscas arcósicas intercaladas, y capas de carbón. Algunos

diques básicos producen un ligero metamorfismo de contacto. El espesor total se aproxima a los 1.200-1.300 m.

b) A techo de a), está constituido por materiales de facies nerítica y coralígena, ocupando los flancos septentrional y meridional de la cuenca carbonífera. Este paquete lo forman, de muro a techo:

- 15-20 m de tobas piroclásticas, de color gris oscuro, compactas, estratificadas, teniendo como fundamentales feldespato potásico, plagioclasa y fragmentos de efusivas y metamórficos. Como secundarios, sericita, clorita y serpentina.
- 15-20 m de pizarras con lechos calcáreos y arenosos.
- 140-200 m de calizas fosilíferas de color gris claro, con intercalaciones de calizas oscuras y dolomías amarillentas.
- 100-120 m de pizarras serícitas, carbonosas, untuosas al tacto, que dan depresiones morfológicas.

En cuanto a la serie del Arroyo del Conde, se la considera Autuniense o, en todo caso, Estefaniense Superior.

Oligoceno

Estaría representado por unos tenues niveles lenticulares de gravas arcillosas en la base de algunos afloramientos de "Barros" miocenos. Se habla de la existencia de una fuerte alteración previa al depósito de los "Barros", que en áreas graníticas o granodioríticas dio lugar a unas arcosas típicas muy rojas, y en las pizarras, a un paso insensible desde el material alterado "in situ" hasta lo que ya son claros sedimentos. Se encuentran también brechas muy ferruginosas de cantos de cuarcita discordantes con el Paleozoico, que pudieran representar la base de los depósitos miocenos.

Mioceno

Mioceno indiferenciado

A falta de argumentos paleontológicos, por su posición y afinidades litológicas y estratigráficas, adjudican esta edad a los restos de una cobertera no muy potente, que se extienden sobre los materiales paleozoicos o prepaleozoicos de una amplia región.

Dan a esta formación de "Los Barros" un espesor máximo conservado de unos 15 m. En un corte ideal aparecerían el sustrato alterado, un tránsito gradual a los primeros niveles arcillosos (con o sin las gravas) y algunas bandas de "caliche" debidas a fenómenos de capilaridad y evaporación. De nuevo arcillas rojas más o menos arenosas, sin que se conserve el nivel de colmatación Pontiense que debió existir. Es difícil distinguir en ocasiones restos de afloramiento de áreas muy alteradas del sustrato.

Mioceno Medio

Se engloba en este conjunto una formación continental residual que recubre con escaso espesor gran parte de los depósitos paleozoicos y granitos de la región de Santa Marta. Se trata, en conjunto, de niveles bajos de la serie, siendo la base, como ya se dijo,

función del sustrato local. Así, hay gravas o conglomerados a muro, localmente areniscas o arcosas, y encima rojas o margas con algún nivel más calcáreo. En algunos casos, sólo resta una fina película de sedimentos difíciles de distinguir del suelo o paleosuelo. El espesor conservado rara vez supera los 10 m.

Mioceno Medio y Superior

En muy diversas áreas aparecen depósitos que difieren levemente de los anteriormente descritos. Se trata de materiales arcillo-margosos; suele distinguirse un conjunto inferior algo grisáceo muy arcilloso y otro superior más rojizo, con bandas blancas margocalizas, que puede dar lugar a un suelo con abundantes cantos blancos de caliza micrítica. Ambos niveles están en una disposición claramente horizontal.

Suele haber un conglomerado basal heterométrico de potencia inferior a los 5 m, con cemento detrítico. Siguen arcillas y margas sabulosas, cuyo color se hace progresivamente gris a gris claro hacia el techo. Termina con margocalizas grises de facies lacustre, que originan el típico relieve tabular de las formaciones miocenas no tectonizadas.

Se ha supuesto una edad que va del Mioceno Medio al Superior.

Mioceno Medio Superior y Cuaternario

En algunas áreas al NE de Valencia de las Torres y Bienvenida-Fuente de Cantos es difícil distinguir los depósitos correspondientes al Mioceno Medio de otros depósitos y alteraciones evidentemente cuaternarios, y se ha optado por unificarlos en un conjunto indiferenciado.

Plioceno

En el borde N de Villafranca se prolongan las "rañas" que tienen su más amplio desarrollo en la zona de Almendralejo. Se trata de un canturral de clastos poco redondeados y sueltos, dominando los cantos de cuarcita. La matriz, muy alterada y removida, es fuertemente roja y predominantemente arcillo-arenosa. Aquí, las "rañas" no son típicas y sólo conservan 2-3 m de espesor, descansando la mayor parte sobre el Mioceno Medio. Estos depósitos son considerados del Plioceno Superior.

Pleistoceno-Holoceno

Se engloban en este conjunto los más variados suelos, coluviones y depósitos de origen fluvial, sin hacer distinciones.

En la área correspondiente a la Sierra de Hornachos existen depósitos de "rañas". Las "rañas" se distinguen en campos de otros depósitos análogos por los colores rojos más vivos y con criterio morfológico. El espesor conjunto de ambos depósitos puede llegar puntualmente a 15 m. En algunos puntos parece existir discontinuidad neta entre las "rañas" y el Mioceno continental subyacente. También se engloban en este epígrafe coluviones recientes, canchales, pedimentos y eluviones.

ROCAS IGNEAS

Existen abundantes asomos de rocas hipogénicas de extensión viable, que ocupan principalmente el núcleo del gran anticlinorio Olivenza-Monesterio. Se trata fundamentalmente de rocas graníticas, s.l., aunque tampoco faltan rocas básicas ligadas a ellas en mayor o menor grado.

Se señalan dos grandes grupos de granitos, según que su emplazamiento haya tenido lugar antes o después de la segunda fase de deformación hercínica.

Recientemente se ha estudiado la génesis de las rocas básicas de una amplia zona, desde los alrededores de Badajoz hasta casi Córdoba.

En conjunto se atribuyen las rocas básicas al SO de España a procesos de granitización metasomática en rocas dolomíticas. Los diferentes tipos de rocas se deberían a procesos de diferenciación geoquímica, que condicionarían zonaciones mineralógicas a causa de variables gradientes de actividad química y metamórficos.

A) Macizo de Barcarrota (Granodioritas)

Da lugar a una amplia depresión topográfica, recorrida en su mayor parte por el río Olivenza.

Se pueden distinguir en él dos facies en cuanto a composición mineralógica:

a) Corresponde a la zona SE. Es de composición predominantemente básica, con rocas gábricas cuyos componentes principales son plagioclasa (anortita) y anfíbol, siendo accesorios óxidos de hierro y opacos. Hay también rocas de carácter ácido o intermedio y fenómenos de "skarn" a partir de niveles más calizos, probablemente de la serie carbonatada cámbrica.

b) Corresponde a la casi totalidad del batolito; son rocas de composición granodiorítica, de grano medio o grueso (con cristales feldespáticos de hasta 4 cm), plagioclasa y cuarzo.

Los contactos entre a) y b) no son netos, lo cual confirma en cierto modo la teoría expuesta respecto a la génesis del conjunto más básico del SE.

Hay una clara orientación de dirección N 30-50 O y buzamiento al SE, que puede observarse entre los km 14-15 de la carretera Barcarrota-Cheles.

B) Macizo de Burguillos del Cerro (Granodioritas, Adamellitas y Tonalitas)

De gran extensión y forma redondeada, presenta contacto mecánico con los materiales encajantes en algunos sectores de su contorno, aunque los desplazamientos son pequeños y llega a conservarse visible la aureola de metamorfismo.

Es un complejo en que predominan granodioritas, adamellitas y tonalitas. Hay, asociadas a éstas, en menor proporción, rocas básicas gábricas o dioríticas. En el sector de Riogordo, al S del Macizo, aparecen neises y migmatitas.

En zonas de borde existe una orientación en los cristales, que se traduce en un aspecto bandeado o estratiforme de la roca. Al N de Burguillos, esta orientación tiene direcciones que oscilan entre N 30° E y N 70° E.

Este bandeado, junto con lentejones calizos y "skarn" en la área del batolito, hace suponer que las rocas antes citadas están "originadas por el endomorfismo de una serie encajante de naturaleza calcomagnesiana". Así las dioritas de Arroyo del Molino Alto

presentan una "estratificación" que puede ser considerada reliquia de la que tuvo la roca sedimentaria antes de su metamorfismo. Incluso la disposición de bandas granodioríticas con enclaves de pizarras no digeridas y de la zonalidad de facies petrográficas y de minerales de hierro corroboran esta idea.

En el centro y sur del macizo predominan las granodioritas, con puntos incluso en que aparecen dioritas (la Morera y Apretadura) y hasta gabros (el Coto).

La facies granodiorítica típica es de grano medio y color gris claro, compuesta por cuarzo xenomorfo con extinción ondulante, microclina con macla en "parrilla", plagioclasa transformada parcialmente en saussurita, biotita y moscovita. Como accesorios: apatito, circón, opacos y óxidos de hierro.

La facies tonalítico-diorítica de los sectores septentrionales del macizo está formada por rocas de grano medio a fino, cuyos componentes esenciales son cuarzo, plagioclasa, anfíbol, biotita y son accesorios feldespatos potásicos, ortosa intersticial, apatito, circón y óxidos de hierro.

Los efectos tectónicos a que ha sido sometido este conjunto de rocas tras su emplazamiento han quedado patentes en la fracturación y extinción ondulatoria de los cuarzos, en la deformación de las maclas de plagioclasa y en los cruceros de la biotita. En todo el afloramiento abundan los diques de aplitas y pegmatitas.

C) Macizo de Salvatierra de los Barros (Granodioritas)

Presenta un afloramiento de forma casi elíptica, cuyo eje mayor está orientado de NO a SE, situado al S de la localidad citada.

Según los autores del trabajo que se sigue, está constituido por granodioritas de grano grueso, con megacristales de feldespato potásico de hasta varios centímetros; la plagioclasa, en la composición modal, supera ampliamente los porcentajes de cuarzo y feldespatos potásicos. También hay biotita y hornblenda.

El grueso tamaño de grano de estas rocas implica su fácil meteorización, dando lugar a un "arenazo" muy desarrollado, del que destacan los típicos bolos menos alterados.

D) Macizo de Ahillones (Granodioritas).

Ocupa una importante área al S de Ahillones. Tiene una forma alargada de N a S y el contacto con los depósitos pizarrosos situados más al E se verifica mecánicamente.

Está compuesto fundamentalmente por granodioritas de grano medio, de color muy verde por la fuerte alteración. Como componentes principales aparecen cuarzo y plagioclasa, y como accesorios, sericita, epidota y clorita. La textura es granuda, alotriomorfa y a veces cataclástica (con cuarzos de textura en mortero). La clorita puede proceder de la biotita o incluso de la hornblenda, minerales presentes en muestra no alterada.

En las zonas marginales occidentales aparecen pequeños enclaves de pizarras sericíticas poco metamorfizadas. Son frecuentes diquecillos de cuarzo hidrotermal de 5 a 7 cm de espesor y dirección N-S.

También hay dispersos enclaves de anfibolitas de pequeña extensión que tienen como componentes principales plagioclasa, anfíbol y epidota, y como accesorios, clorita, esfena, leucoxeno y opacos. La plagioclasa presenta ligero pleocroismo amarillo. La textura es granoblástica, y la facies, de anfibolitas.

Se considera a este macizo de granito postectónico, siendo, pues, su emplazamiento posterior a la II Fase de deformación hercínica, pero la existencia en el conglomerado

basal del Cámbrico de clastos redondeados de un granito de aspecto y composición muy semejantes a los del descrito, da pie a la posibilidad de otra edad mucho mayor para el emplazamiento.

E) Batolito de Valencia del Ventoso (Granodioritas y Dioritas)

Da un afloramiento extenso de forma irregular, alargado de N-NE a S-SO, en el centro de la Hoja, teniendo por centro la localidad citada. Está encajado en los materiales de la "Serie negra", y al N limita con los depósitos claramente cámbricos.

En los bordes del batolito son frecuentes los enclaves de rocas metamórficas transformados en cornubianitas. El más importante es el situado al N de la Casa de la Barranquilla, de dirección NNE-SSE. El metamorfismo producido en las rocas de caja rara vez sobrepasa el grado correspondiente a las pizarras mosqueadas.

El emplazamiento de este batolito, al igual que el de otros apófisis satélites de análoga composición, es posterior a la fase de máxima deformación hercínica. Es clara la correlación en espacio y tiempo del batolito de Valencia del Ventoso con el afloramiento alargado de Mina Hinchona, donde aparece un conjunto de rocas sieníticas, de grano medio-fino, compuestas de cristales alotriomorfos de feldespato potásico y plagioclasa muy alterada y sericita. Son de naturaleza adamellítica o monzonítica, con grandes fenocristales de oligoclasa rodeados de una pasta microlítica de plagioclasa y feldespato potásico, con biotita y hornblenda.

Las bandas de rocas porfídicas son claros diques, extremadamente largos, muy estrechos y sensiblemente verticales, destacando morfológicamente. Su emplazamiento es posterior al del granito, y las roturas de plagioclasas evidencian una tectónica de fracturación posterior.

F) Macizo Suroriental de Monesterio (Granitos, Adamellitas y Granodioritas)

Se extiende a ambos lados de la carretera Gijón-Sevilla, próximo a Monesterio, y se prolonga hacia el S, hacia Santa Olalla del Cala.

Presenta contactos netos con los depósitos precámbricos encajantes, en los que produce aureola de metamorfismo no muy extensa. Las rocas típicas de esta área son granitos cataclásticos con orientación aproximada NO-SE, y componentes esenciales, cuarzo, microclina, plagioclasa y anfíbol, siendo accesorios circón, apatito, óxidos de hierro y opacos.

Estos granitos presentan signos claros de tectonización. la textura es cataclástica y aparecen cristales rotos, maclas deformadas y áreas con texturas en mortero.

El macizo suroriental está compuesto también por adamellitas y granodioritas orientadas.

Las adamellitas están constituidas fundamentalmente por cuarzo, feldespato potásico (microclina), plagioclasa y biotita, y tienen como accesorios moscovita, apatito, clorita, circón, rutilo y opacos. La textura es granuda alotriomorfa. Los granos de cuarzo presentan extinción ondulante y algunas fracturas que reflejan los esfuerzos tectónicos sufridos.

Las granodioritas están constituidas fundamentalmente por cuarzo, plagioclasa y anfíbol, y tienen como accesorios esfena, epidota y circón. La textura es granuda hipidiomorfa, y las presiones soportadas por la roca se han traducido aquí en plagioclasas dobladas y sus maclas rotas.

En esta zona suroriental del Macizo de Monesterio abundan diques de lamprófido de dirección N 40° O. Tienen como esenciales plagioclasa, anfíbol y clorita, y como accesorios, apatito, circón y opacos. Estos diques destacan netamente en el relieve.

G) Macizo Septentrional de Monesterio (Granodioritas y Adamellitas)

Se extiende al N de la localidad que le da nombre, sin que exista un tránsito brusco desde el afloramiento antes descrito. Tiene forma alargada según la dirección N 60° O aproximadamente, y casi enlaza con el batolito de Valencia del Ventoso.

Lo forman granodioritas y adamellitas que han sufrido intensas deformaciones. Las muestras de estas últimas tienen como esenciales cuarzo, feldespato potásico (microclina), plagioclasa y biotita.

En áreas marginales de este macizo hay afloramientos de microgranodiorita, cuyos componentes principales son cuarzo, plagioclasa y moscovita, y los accesorios, feldespato potásico, sericita y opacos.

En zonas internas del macizo son frecuentes los enclaves de neises, neises biotíticos, cuarcitas negras y esquistos, sin ser posible en la mayoría de los casos marcar contactos netos entre las rocas ígneas y metamórficas, por ser el paso gradual. Este hecho, unido a la orientación que se observa, induce a pensar en un posible emplazamiento sintectónico.

H) Otras rocas ígneas metamórficas

En el Valle del Matachel, existen abundantes diques de rocas básicas, muy largos, rectilíneos, sensiblemente verticales, de escasa potencia, y que cortan al conjunto metamórfico plegado. Son predominantemente de diabasas, y otros, más potentes, de pórfidos rosados. Hay asomos de granodioritas también alargados en dirección NO-SE.

Al NO de Hornachos aparecen nesises muy ricos en cuarzo, cuya orientación es NO-SE y buza hacia el SO. En los alrededores de Puebla de la Reina, la serie calcopelítica se metamorfiza ante la proximidad en profundidad del batolito de Palomas y da un conjunto de anfibolitas y corneanas. En la carretera de Puebla a Valle de Serena, las pizarras ampelíticas silúricas, aparentemente coquizadas, tienen abundantes quiastolitas.

TECTONICA

Según autores, se puede hacer un esquema estructural y de la evolución tectónica y plutónica, desglosando el ámbito en diversos dominios tectónicos en forma de bandas de dirección aproximada NO-SE que desde el extremo nororiental hacia el suroccidental serían:

a) Sinclinorio complejo de Hornachos a Don Benito, compuesto por depósitos que van del Cámbrico al Devónico. Dentro de su complejidad tectónica predominan pliegues y fracturas subverticales de direcciones aproximadas NO-SE. El fragmento del Valle del Matachel estaría afectado por fracturas de igual dirección y fuerte salto, que pondrían en contacto depósitos de edades diversas según bloques muy alargados.

b) Anticlinorio Almendralejo-Arnaga, se caracteriza por la presencia de un alto grado de metamorfismo y la existencia de granitos orientados y filonitizados. Se manifiestan claramente dos fases de plegamiento acompañadas de esquisto-

sidad. Hay intrusiones graníticas contemporáneas con la primera fase de plegamiento y otras anteriores a la segunda. Más al SO, y dentro de esta zona, hay intrusiones posteriores a la segunda fase sinesquistosa.

c) El sinclinorio de Zafra-Alanís, que a su vez forma parte del flanco septentrional del anticlinorio Olivenza-Monesterio, se caracteriza por la presencia de amplios pliegues isoclinales vergentes al SO y acompañados de una pizarrosidad de plano axial y de fallas inversas de gran recorrido.

d) El núcleo del anticlinorio Olivenza-Monesterio, se caracteriza por el conjunto precámbrico muy monótono y la presencia de intrusiones graníticas muy desarrolladas. Existen dos fases de plegamiento acompañadas de pizarrosidad. La mayoría de las intrusiones graníticas son posteriores a la segunda fase de plegamiento y otras son anteriores a esa misma fase (Granito de Barcarrota, etc.).

e) En el flanco meridional del anticlinorio Olivenza-Monesterio, se manifiestan cuatro fases hercínicas. La primera produce un plegamiento de tipo isoclinal acompañado de grandes fallas inversas. La segunda viene manifestada por una fase tangencial que produce el emplazamiento de mantos de corrimiento. Una tercera fase pliega los planos de corrimiento de los mantos emplazados en la Fase II. La IV fase, más dudosa, produce ligeros reajustes, que se manifiestan por pequeñas fallas dentro de las estructuras alóctonas.

f) En el sinclinorio Silúrico-Devónico que penetra en Portugal por la región de Barrancos, se pone de manifiesto fundamentalmente la presencia de una primera fase hercínica, que produce pliegues isoclinales muy apretados acompañados de pizarrosidad de plano axial.

HISTORIA GEOLOGICA

El estado actual de los conocimientos respecto a la cronoestratigrafía de la zona, impide de momento elaborar una Historia Geológica que no haya de ser corregida en un futuro próximo. Se ha de recurrir a hacer un esbozo muy esquemático, basado en gran parte de datos y observaciones de áreas del Macizo Hespérico ajenos a esta Hoja.

Esta observación queda justificada si se tiene en cuenta que la área que nos ocupa está en pleno estudio por diversos autores, que nuestros conocimientos paleogeográficos están en plena evolución y que, por otra parte, es imprescindible considerar la área que nos ocupa como parte del "orthotectógeno", que se considera en el SO de la Península.

El segundo hercínico del SO comprende dos cinturas o bandas cristalofílicas, la de Elvas-Badajoz-Córdoba (que atraviesa de lleno la Hoja), con un metamorfismo de presión intermedia, de probable edad hercínica. La otra cintura, más meridional, Aracena-Lora del Río, con metamorfismo de baja presión y gran volumen de rocas básicas ante-, sin- y post-tectónicas.

Estas bandas alternan con otras en que se intruyen abundantes granodioritas tardiorogénicas. Estas son cada vez más "hipovolcánicas" hacia el S, a la vez que se asocian más a gabros.

Todo este esquema no se debe, según el autor, al azar. Analizando y comparando hechos, ve que la ascensión tardía de los batolitos está condicionada por las estructuras que presentan las rocas metamórficas después de haber sufrido dos fases de plegamiento.

Así, las características metamórficas y magmáticas varían de N a S de un modo tal que si se compara con lo que ocurre en el modelo orogénico "orthotectónico", pudiendo ser que al S existiera durante el Paleozoico Medio y Superior un "plano de Benioff",

mientras que en la zona que incluye a la Hoja aparecen grandes fallas normales que afectan a la corteza siálica y a la parte alta del manto superior.

La evolución de este modelo geotectónico comprende tres períodos:

- Precámbrico Alto-Devónico Alto,250 m a.; largo período de sedimentación "geosinclinal" con tectónica de distensión y localmente vulcanismo, principalmente riolítico o espilítico.
- Un período tectogénico más corto desde el Devónico Alto hasta el Estefaniense Superior, caracterizado por tectónica de contracción, metamorfismo regional y emplazamiento de granitos.
- Período de levantamientos y peneplanización, 80 m a.; desde el Westfaliense Alto hasta el Pérmico Alto, con un magmatismo calcoalcalino muy importante y roturas de la cadena mediante fallas transcurrentes tardihercínicas.

2.3. CRITERIOS DE DIVISION. CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS AREAS

Si bien en el Capítulo 1 se enumeraron una serie de objetivos a cubrir con el presente mapa, resulta evidente que el fin primordial del mismo, será el de definir siempre con las limitaciones que presenta la E 1:200.000, las condiciones constructivas de los terrenos.

Para alcanzar este fin, el proceso operativo se inicia con la división zonal de la Hoja, se continúa con el análisis individual de una serie de características del terreno, observándolas en aquellos aspectos que puedan influir, favorable o desfavorablemente, a la hora de su aprovechamiento como base de sustentación de las diversas obras técnicas y se finaliza con el tratamiento conjunto de todos los datos anteriores para, partiendo de ellos, definir cualitativamente sus condiciones constructivas.

CRITERIOS DE DIVISION GEOTECNICA

Siguiendo los criterios prescritos para realizar las divisiones zonales posibles, dentro de esta escala, así como las de sus probables subdivisiones, se han delimitado dos Regiones y nueve Areas; siete dentro de la primera Región y dos dentro de la segunda.

En la Región I se incluyen todos aquellos terrenos considerados como emergidos, correspondientes a los relieves que forman las estribaciones occidentales de Sierra Morena y que ocupan casi toda la Hoja. La Región II engloba todos aquellos terrenos considerados como hundidos, que ocupan el resto de la zona estudiada.

Para la delimitación de las unidades de segundo orden (Areas) dentro de las Regiones anteriormente señaladas, se han considerado las diferentes homogeneidades macrogeomorfológicas de sus terrenos.

El proceso seguido para ello ha tenido como base el estudio de las diferentes formas de relieve, los tipos de rocas, su resistencia a la erosión y su comportamiento mecánico, ante los distintos movimientos tectónicos que han actuado sobre ellos a través de su historia geológica.

Así se han individualizado dentro de la Región I siete Areas: la I_1, I_2, I_3, I_4, I_5, I_6 y I_7 y dentro de la Región II dos Areas la II_1 y II_2.

La Area I_1 está formada por pizarras y esquistos, en ocasiones alternando con cuarcitas. También existen otras intercalaciones de materiales tales como grauwackas, arcosas y calizas. Pendientes inferiores al 15 por ciento, apareciendo frecuentemente cubiertos por una cobertera de escasa potencia. Esta área está extensamente representada en relación a la totalidad de la Hoja.

En la Area I_2 se incluyen terrenos formados por materiales iguales a los anteriores pero con pendiente superior al 15 por ciento y escasos recubrimientos, muchos de ellos de carácter local e incartografiables, por lo que suele aflorar roca fresca.

La Area I_3 aparece definida por rocas ígneas ácidas y básicas. La litología más abundante y representativa es la granítica. La pendiente es siempre menor del 15 por ciento y con frecuencia aparecen recubrimientos procedentes de la propia alteración de la roca, de hasta una decena de metros de espesor.

La Area I_4 tiene la misma asociación litológica que la anterior, pero con pendientes mayores del 15 por ciento. La roca aflora directamente y los recubrimientos son de carácter local y de poco espesor. Esta área y la anterior ocupan una ancha banda diagonal de dirección NO-SE que atraviesa la Hoja.

La Area I_5 incluye cuarcitas en potentes bancos con intercalaciones detríticas de otras rocas, tales como conglomerados o grauwackas. El mayor desarrollo lo tiene en el ángulo NE de la Hoja. Los recubrimientos que presentan son tipo canchal y "raña".

La Area I_6 está formada por rocas carbonáticas (calizas y dolomías) algo marmóreas y con frecuencia carstificadas. Frecuentemente, en zonas de relieve suave, aparecen recubrimientos formados por arcillas de decalcificación que sirven de relleno de diaclasas y grietas, generalmente los afloramientos se distribuyen de forma regular a lo largo de toda la Hoja.

La Area I_7 comprende rocas volcánicas, ácidas y básicas, normalmente sin recubrimientos. La mayor extensión aparece en la parte oriental y meridional de la Hoja en forma de largas y delgadas bandas, acomodadas a la estructura geológica.

La Area II_1 está definida por depósitos aluviales tipo gravas, arenas y arcillas correspondientes a los cursos actuales de agua. También se incluyen los depósitos tipo "raña" formados por arcillas rojas con cantos de cuarzo y cuarcita de fuerte heterometría, variando el porcentaje de éstos, así como el contenido en arcillas.

Estos últimos depósitos corresponden a "piedemontes" de las zonas de relieve abrupto o montañoso.

La Area II_2 está constituida fundamentalmente por arcillas rojas "Barros" con cantos de distinta naturaleza y heterometría variada. También se incluyen arenas, margas e intercalaciones de delgados niveles de conglomerados calcáreos. Esta formación así definida, ocupa la mitad septentrional de la Hoja, predominando los materiales más arenosos hacia el S.

CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS AREAS

Area I_1

El criterio elegido para la separación zonal ha sido predominantemente petrográfico y morfológico.

Esta área está formada por pizarras fundamentalmente y esquistos en la parte occidental de la Hoja. A veces aparecen intercalados otros materiales tales como cuarcitas, grauwackas, arcosas y a veces calizas. Se ha exigido la condición de que las pendientes sean menores del 15 por ciento. Son frecuentes los recubrimientos cohesivos, aunque de poca potencia.

Morfológicamente esta área presenta un relieve llano o alomado.

Los materiales son impermeables y sólo algunas zonas, que tienen recubrimientos, pueden presentar agua; bien porque el espesor de éstos sea el suficiente para almacenarla o

por ser una zona de fracturación importante, presentando una acusada variación estacional en sus caudales.

Mecánicamente presentan capacidad de carga media al igual que la magnitud de los asientos previsibles. La presencia de recubrimientos puede aumentar la importancia de estos últimos así como disminuir la capacidad de carga, motivo por el cual es aconsejable eliminar la capa superficial para iniciar la cimentación.

Area I_2

Desde el punto de vista litológico es similar a la anterior pero con pendientes superiores al 15 por ciento. Los recubrimientos son escasos o inexistentes. En zonas de fuertes pendientes, aparecen deslizamientos favorecidos por la dirección de pizarrosidad de los materiales coincidente con la pendiente de las laderas.

La morfología es abrupta o montañosa, la fuerte pendiente favorece la escorrentía superficial y el drenaje es favorable. Generalmente la red fluvial aparece encajada.

Las características mecánicas son similares a la área anterior, pero puede presentar complicaciones tales como: existencia de asientos de magnitud elevada debido a una mayor pendiente o a una marcada pizarrosidad y disminución de la capacidad de carga.

Area I_3

Esta área aparece definida fundamentalmente por rocas ígneas ácidas y básicas que constituyen una ancha banda de dirección NO-SE que atraviesa toda la Hoja. Se incluyen además dos estrechos afloramientos de neises de igual dirección situados en Llera y Aceuchal. Junto a estos materiales aparecen también asociados migmatitas y rocas filonianas tipo aplita, pegmatita, etc.

La pendiente es menor del 15 por ciento. A menudo la roca presenta recubrimientos granulares de hasta 10 m de potencia.

Los materiales son impermeables, pero la cobertera presenta una alta permeabilidad. Porosidad intergranular y existencia de acuíferos frecuente. El drenaje superficial es deficiente debido a la poca pendiente y al carácter permeable de los recubrimientos.

Desde el punto de vista geotécnico, la roca inalterada presenta capacidad de carga alta e inexistencia de asientos, por lo que las condiciones son muy favorables. Sin embargo para iniciación de cualquier tipo de obra es necesario retirar la cobertera y llegar a la roca fresca, si el espesor del recubrimiento lo permite. Caso contrario las características mecánicas variarían.

Area I_4

Litológicamente igual que la anterior, pero con pendientes superiores al 15 por ciento. Morfológicamente presentan rasgos más acusados, con relieve abrupto o montañoso incluso. Los recubrimientos son escasos y de carácter local. Presentan estabilidad natural elevada, si bien pueden aparecer desprendimientos debido a la fuerte pendiente y al diaclasado de los materiales.

El drenaje superficial es aceptable y se ve favorecido por la pendiente y la naturaleza impermeable de la roca. El agua subterránea normalmente aparece ligada a fracturas y a los recubrimientos.

Capacidad de carga alta y sin asientos. En caso de existir una débil cobertera granular se debe eliminar antes de la cimentación, operación que no presenta ningún problema.

Area I_5

Litológicamente está definida fundamentalmente por cuarcitas en fuertes bancos, pudiendo aparecer otras intercalaciones detríticas como grauwackas y conglomerados. En general presenta pendientes fuertes y el relieve suele ser abrupto o montañoso. Suelen existir recubrimientos, tipo canchal, en los frentes de los crestones cuarcíticos, mientras que a partir de las zonas de ruptura de pendiente, es frecuente la aparición de recubrimientos tipo "raña", recubrimientos que también se hacen presentes en otras áreas.

Estable bajo todo tipo de acciones, excepto en los bordes de los crestones cuarcíticos donde son posibles los desprendimientos. Al pie de las zonas de mayor pendiente aparece material anguloso y heterométrico marcando las zonas de inestabilidad.

Se trata de materiales impermeables, donde la pendiente favorece una escorrentía superficial activa. Sólo aparece agua subterránea ligada a zonas de fracturas importantes.

Las características mecánicas en general son buenas. Alta capacidad de carga y sin asientos. Pueden existir problemas geotécnicos en zonas de fuerte diaclasado o de posibles recubrimientos, alcanzando entonces estos parámetros valores medios.

Area I_6

Calizas y a veces dolomías, en ocasiones marmóreas con frecuencia algo carstificadas. Relieve variable. Muchas veces aparecen recubrimientos formados por arcillas rojas de decalcificación de los propios materiales calcáreos, presentando esta cobertera potencia muy variable y distribución irregular.

Aunque el recubrimiento, cuando existe, es impermeable, los materiales que constituyen el sustrato son permeables por carstificación, existiendo importantes acuíferos que descargan sus aguas en manantiales a lo largo de los afloramientos o en contacto con otros materiales impermeables. El drenaje superficial varía de aceptable a deficiente según el grado de carstificación.

Capacidad de carga alta e inexistencia de asientos. En las zonas donde existen recubrimientos arcillosos, de espesor importante los asientos alcanzan magnitudes medias. A la hora de realizar alguna cimentación, dicha cobertera debe ser retirada a fin de evitar los problemas geotécnicos que se presentarían. Pueden existir complicaciones de tipo hidrológico si se eleva el nivel freático.

Area I_7

Formada por rocas volcánicas, ácidas y básicas. La morfología es muy variable, resaltando en aquellas zonas donde predomina un relieve suave. Los recubrimientos son escasos y de poco espesor y aparecen en las zonas llanas. Son estables bajo condiciones naturales y bajo la acción del hombre.

Se trata de materiales impermeables, si en las zonas fracturadas o con recubrimientos pueden tener agua subterránea aunque en poca cantidad. El drenaje superficial es favorable pero con escaso desarrollo de la red fluvial.

La capacidad de carga, cuando la roca aflora directamente, es alta e inexistente de asientos. Si hay recubrimientos, los asientos pueden alcanzar magnitudes medias.

Area II_1

En esta área, se engloba un conjunto litológico formado por gravas (en pequeña proporción), arenas y arcillas, con cantos heterogéneos procedentes de distintos materiales, correspondientes a depósitos ligados a cursos de agua actuales. También se incluyen en esta área los depósitos tipo "raña", constituidos por arcillas rojas compactando cantos de cuarzo y cuarcita fundamentalmente, de heterometría muy variable.

La morfología es muy suave y el relieve es llano o con muy poca pendiente. Los depósitos ligados a cursos de agua forman un escalón de pequeña altura frente al río y las rañas presentan suave pendiente.

Los depósitos aluviales, son permeables por porosidad intergranular, encontrándose el nivel freático bastante alto. Las rañas presentan una permeabilidad más baja, función de la mayor o menor proporción en arcilla. El drenaje superficial en aquellos es deficiente, mientras que en las rañas es aceptable.

Mecánicamente la capacidad de carga para esta área es baja y los asientos de valor medio, pudiendo éstos aumentar cuando lo haga la proporción en arcillas. En los depósitos aluviales se pueden presentar problemas de tipo hidrológico.

Area II_2

Definida por arcillas rojas "Barros" con un contenido en cantos variable y de litología heterogénea (hacia el S estas arcillas pasan a ser arenosas). También existen niveles cuarzosos, calcáreos y conglomerados. La potencia de esta formación es muy variable y mientras que hacia el N parece tener espesor considerable, hacia el S y E disminuye en potencia.

Se trata de materiales impermeables o semipermeables, según la variación litológica. El relieve llano, con muy poca pendiente. Drenaje superficial nulo o muy escaso. Frecuentemente aparecen zonas de encharcamiento. Inexistencia de una red de drenaje definida.

La capacidad de carga es baja, pudiendo adquirir un valor un poco más alto en zona donde se presentan niveles compactos. Asientos de magnitud elevada que pueden llegar a ser medios al aumentar la profundidad. La estabilidad de los materiales disminuye hacia el N, llegando incluso a producirse deslizamientos superficiales.

2.4. FORMACIONES SUPERFICIALES Y SUSTRATO

En este apartado se incluirán los principales tipos de rocas encontradas en la Hoja, agrupándolas según sus características litológicas en el sentido más amplio, y evitando subdivisiones finas basadas en criterios petrográficos, situacionales o en diferencias tectónicas.

De cada conjunto definido, se precisarán sus características físicas y mecánicas, así como su resistencia ante los agentes de erosión externa.

En el mapa adjunto se encuadran todos los tipos aparecidos en dos grandes unidades de clasificación: las Formaciones Superficiales y el Sustrato. En la primera, se incluyen aquellos depósitos, poco o nada coherentes, de extensión y espesor variable, depositados desde el Villafranquiense hasta la actualidad; y en la segunda, el conjunto de rocas, más o menos consolidadas, depositadas en el resto de la historia geológica. Dicho mapa se acompaña de una ficha resumen, en la que se exponen las características litológicas de cada unidad de clasificación de segundo orden (Areas).

FORMACIONES SUPERFICIALES

Arenas, arcillas, limos y gravas ocasionalmente (depósitos ligados a cursos de agua) Qa

La distribución de estos materiales viene ligada a los cauces de los ríos: Nogales, Ardila, Brovales, etc. Muchos de los afloramientos existentes no han sido cartografiados debido a la escala de la Hoja.

La composición y granulometría viene condicionada por la litología de la cuenca por lo que corresponden generalmente a depósitos tipo arcilla y limos o arenas arcillosas. En ocasiones aparecen niveles de gravas, aunque no es lo más frecuente.

Litológicamente corresponden a arenas limosas (SM) y arcillas de plasticidad media y elevada respectivamente.

Como cimiento, si no está sometido a heladas, es aceptable. Como base estos materiales no son, en general, adecuados y su acción potencial de helada oscila de ligera a alta. Debe controlarse la humedad. En cuanto a maquinaria de compactación, van bien las máquinas con neumáticos y los cilindros de pata de cabra.

Arenas y arcillas con cantos, poco cementados (depósitos eluviales y coluviales procedentes de la alteración de rocas intrusivas —granitos, granodioritas, etc.— y metamórficas —neises—) Qg

Proceden de la alteración de rocas formadas fundamentalmente por cuarzo, feldespatos y micas. La descomposición "in situ" de estos minerales y de la roca en general, da lugar al llamado "Lenz", sedimento areno-arcilloso, en proporción variable.

El mayor espesor de estos recubrimientos suele corresponder a zonas de topografía muy suave y aunque su potencia no supera los 10 m presente muchas variaciones según la mayor o menor alteración del sustrato.

Las muestras analizadas se han clasificado como arenas limosas (SM) y arenas arcillosas (SC). En ocasiones aparecen cantos y bloques de granitos dentro de estos materiales. Su valor como cimiento, cuando no está sometido a la acción del hielo, es de aceptable a bueno, mientras que su valor como firme, directamente bajo pavimentos bituminosos, es inaceptable. La capacidad de segregar hielo es de ligera a alta. En conjunto se trata de materiales no plásticos, con un índice de plasticidad bastante bajo. Se recomienda equipo sobre neumáticos y cilindros de pata de cabra.

Arenas, gravas y arcillas (depósitos eluviales y coluviales procedentes de la alteración de rocas volcánicas) Qv

Se distribuyen de una forma muy irregular en la parte occidental de la Hoja. Resultan de la propia alteración de las rocas volcánicas, alteración que nunca alcanza espesores fuertes, conserva siempre un valor bastante homogéneo y no sobrepasa 1 o 2 m. La litología es muy variable, función del grado de alteración de la roca y de la composición de ésta.

Se trata de arcillas inorgánicas, arenosas y limosas (CL), variando el contenido en arena según el grado de alteración. La plasticidad de estos materiales es de baja a media. Los resultados de laboratorio señalan indicios de presencia de sulfatos, factor que se debe tener en cuenta. Su valor como cimiento, cuando no está sometido a la acción del hielo, es de aceptable a bueno y su acción potencial de helada oscila entre media y alta. Se recomienda para compactación, equipos sobre neumáticos y cilindros pata de cabra.

Arcillas y arenas arcillosas con cantos angulosos de pizarra y/o cuarcita (depósitos eluviales y coluviales procedentes de la alteración de macizos pizarrosos y detrítico-pizarrosos) Qp

Aparecen representados irregularmente en toda la zona, predominando generalmente en las zonas de topografía más suave.

La composición granulométrica es muy variable siendo función del sustrato sobre el que se apoye, ya que puede corresponder a macizos de pizarras o detrítico-pizarrosos. Se incluyen en este grupo arenas arcillosas, arenas limosas, limos, arenas finas y rara vez gravas. Todo este conjunto suele englobar cantos de cuarzo, cuarcita, granitos e incluso de pizarras.

Siguiendo las normas de suelos U.S.C.S. se les ha clasificado dentro de los grupos (CL), (SC), (SM) y (GC) de plasticidad en general de media a baja. Su valor como cimiento, cuando no está sometido a la acción del hielo, oscila de aceptable a bueno, mientras que su valor como firme, directamente bajo pavimentos bituminosos, es inaceptable. La capacidad para segregar hielo varía de media a alta y su comprensibilidad y entumecimiento tiene valores medios.

A veces suelen presentar indicios de sulfatos, circunstancia a tener en cuenta. En terraplenes la estabilidad es aceptable y está en función de la coincidencia de la pendiente con la pizarrosidad.

La compactación deberá realizarse con rodillos de pata de cabra y equipo sobre neumáticos.

Arcillas con cantos de cuarzo, cuarcitas y grauwackas (depósitos eluviales y coluviales procedentes de la alteración de macizos detrítico-pizarrosos) Qd

Se encuentran repartidos irregularmente en la parte central y oriental de la superficie a estudiar. Corresponde a la alteración de depósitos detrítico-pizarrosos.

Litológicamente se trata de arenas limosas (SM), arenas arcillosas (SC) y arcillas inorgánicas (CL). Presentan un índice de plasticidad medio. Para cimentaciones, cuando no está sometido a la acción del hielo, es de aceptable a bueno e inaceptable, cuando se utiliza como firme directamente bajo pavimentos bituminosos. La capacidad para segregar hielo es de ligera a alta, mientras que la comprensibilidad y entumecimiento sólo oscila de ligera a media. Como maquinaria de compactación se recomienda el uso de equipos sobre neumáticos y cilindros pata de cabra.

Canchales formados por cantos y bloques de cuarcita (coluviones, depósitos al pie de los crestones cuarcíticos) Qc

La mayor representatividad de este tipo de recubrimientos aparece en el ángulo NE de la Hoja. Además de los representados en la cartografía aparecen otra serie de manchas que, por su pequeña extensión, no son representables a la escala de trabajo.

Generalmente aparecen ligados al sustrato cuarcítico, por lo que estas acumulaciones resultan heterogranulares y mal clasificadas sin apenas proporción de finos (GP) y (GW) por lo que se compactan bien con tractor de orugas, equipo sobre neumáticos y rodillo liso. Cuando no están sometidos a la acción del hielo, son aptos como cimiento.

Rañas (arcillas con cantos sueltos de cuarcitas de fuerte heterometría) Qr

La distribución de estos materiales aparece ligada al pie de relieves fuertes, apoyándose, bien sobre sustrato detrítico o pizarrosos.

Se caracteriza esta formación por su aspecto rojizo y el contenido en cantos de fuerte heterometría. La fracción analizada corresponde a arcillas inorgánicas (CL), de plasticidad baja a media. Su valor como cimiento, cuando no está sometidos a la acción del hielo, oscila entre aceptable y bueno. Es inaceptable como firme, directamente bajo pavimentos bituminosos y los análisis realizados presentan indicios de sulfatos. La acción potencial de helada de estos materiales varía de media a alta.

Deben utilizarse para la compactación equipos sobre neumáticos y cilindros de pata de cabra.

Arcillas rojas con cantos angulosos de caliza (depósitos procedentes de la alteración y decalcificación de calizas) Qcd

Los análisis realizados han dado como resultado: arenas arcillosos (SC), limos inorgánicos y arenas muy finas (ML) y arcillas inorgánicas (CL).

Sus valores como cimiento, cuando no están sometidos a la acción del hielo, varían de aceptables a buenos. Como base, bajo pavimentos bituminosos, estos materiales no son adecuados, variando la acción potencial de helada de ligera a alta, en el caso de los suelos gruesos (SC) y de media a muy alta en los suelos de grano fino (ML) y (CL). Para su compactación deberán utilizarse equipos sobre neumáticos, cilindros pata de cabra e inspección estricta de humedad.

SUSTRATO

Arcillas con cantos de cuarzo y cuarcita, arenas y margas con intercalaciones de delgados niveles calcáreos. Tam

Bajo este grupo se engloba una formación muy típica en toda la zona conocida por el nombre de "Barros". Estos materiales son bastante arcillosos, predominando esta fracción hacia la parte septentrional de la Hoja.

La parte central y oriental, presenta características litológicas algo distintas, existiendo intercalados niveles carbonatados.

La potencia para esta formación suele ser menor de 15 m, aunque pueden presentar variaciones en la vertical debido a la génesis que se atribuye a estos materiales.

A este conjunto litológico corresponden según la clasificación U.S.C.S. los grupos (CL), (SM), (SC) y (CH), predominando los primeros. Inexistencia de sulfatos. Se trata pues, de un conjunto de plasticidad media en general. La capacidad de segregar hielo es de media a alta. Se recomienda como equipo de compactación, máquinas sobre neumáticos y cilindros pata de cabra.

Pizarras y micaesquistos en ocasiones con intercalaciones de otros materiales como cuarcitas, grauwackas y calizas. Pp

Se caracteriza este conjunto por el predominio de las pizarras sobre el resto de los materiales. Aparecen distribuidos ampliamente a lo largo de toda la Hoja con dirección fundamental NO-SE.

Esta litología se ve afectada por una marcada esquistosidad que, en zonas de fuerte pendiente, favorece los desprendimientos. La estabilidad en los desmontes varía ampliamente en función de la posición de las laderas del desmonte y los planos de esquistosidad. Son de fácil excavación.

Cuarcitas con intercalaciones de grauwackas y conglomerados. Pc

Los afloramientos correspondientes a este grupo aparecen localizados fundamentalmente en la parte oriental de la Hoja. En la cartografía no han sido representadas numerosas manchas que, por su extensión, no son representables a la escala de trabajo.

Se trata de materiales muy compactos, con capacidad de carga alta y asientos inexistentes, aunque estos parámetros geotécnicos pueden oscilar según la morfología del terreno. En conjunto se sostiene bien en desmontes. Para su extracción es necesario el empleo de explosivos. La abrasividad de este tipo de roca es elevada, por lo que los útiles de perforación sufren fuerte desgaste.

Material apto para capa de rodadura en carreteras. Soporta taludes muy fuertes.

Alternancia de pizarras y cuarcitas con intercalaciones de grauwackas y/o calizas. Ppm

La distribución de estos materiales corresponde a unas bandas de dirección NO-SE que se extienden en la parte más occidental de la Hoja. Aunque la litología es similar a Pp, la presencia de cuarcitas confiere a este conjunto un comportamiento geotécnico diferente y más favorable que el de las pizarras.

Debido a la similitud litológica de este conjunto respecto al Pp, las características morfológicas e hidrológicas serán parecidas en ambos casos.

Pizarras, cuarcitas, grauwackas y conglomerados con esporádicas intercalaciones volcánicas y/o calcáreas. Pda

Ocupan pequeños afloramientos distribuidos irregularmente por la parte centro-oriental de la Hoja. Litológicamente es un grupo que presenta muchas variaciones, existiendo zonas donde aparece una serie rítmica de cuarcitas y pizarras y otras donde el predominio de los detríticos se pone de manifiesto frente a las intercalaciones pizarrosas. En general, son zonas de comportamiento geotécnico muy variablyque sólo a una escala más detallada que la presente, se podrían diferenciar.

Donde existe un predominio, bien de cuarcitas, grauwackas, o delgados niveles calcáreos, las características y comportamiento geotécnico serán más favorables que donde aparezcan series pizarrosas, que harán disminuir los parámetros geotécnicos como capacidad de carga, etc.

Calizas y dolomías, con frecuencia algo carstificadas y en ocasiones marmóreas. Pcd

Esta formación aparece distribuida de forma muy regular en toda la Hoja, siguiendo dirección NO-SE y adoptando la E-O hacia el S de la zona.

Con frecuencia aparecen cubiertas por arcillas rojas de potencia muy variable, empastando éstas cantos calcáreos procedentes de la roca madre.

Se trata de un buen material para la construcción. En desmontes su estabilidad es buena, abrasividad baja, excelente para bases y sub-bases en carreteras y balastos para ferrocarriles.

Su competencia mecánica es alta y sus condiciones geotécnicas favorables, pudiendo variar éstas con arreglo a la morfología.

Paragneis biotítico-moscovítico. Mm

Corresponden a esta litología dos estrechos y largos afloramientos existentes en la zona de Llera y Aceuchal.

Con frecuencia aparece sobre este sustrato una cobertera de carácter arenoso procedente de la alteración de esta roca.

Las condiciones geotécnicas son en general favorables, siendo necesario el uso de explosivos para el arranque de los materiales.

Rocas volcánicas ácidas y básicas (riolitas, dacitas, andesitas y basaltos) V

El mayor desarrollo de esta formación aparece en la parte occidental de la Hoja, y hacia el S de la misma.

Por lo general son bastante estables; la capacidad de carga es alta y los asientos inexistentes, excepto en zonas de recubrimientos, donde estos valores sufren una alteración.

La abrasividad es elevada y los desmontes suelen ser estables, permitiendo taludes de magnitudes importantes.

Rocas ácidas: granitos, granodioritas y sus correspondientes asociaciones filonianas como pegmatitas, aplitas, etc. Rocas básicas: traquibasaltos y diabasas. I

Este grupo aparece representado a lo largo de una faja de dirección NO-SE, que atraviesa toda la Hoja. Dentro de esta diagonal, aparecen una serie de núcleos de composición granítica fundamentalmente. Es frecuente la existencia de diques y filones de aplitas o pegmatitas, así como de rocas básicas. Estas últimas aparecen también esporádicamente en relación con los emplazamientos graníticos.

La morfología es muy variable, alcanzando a veces pendientes de hasta el 40 por ciento. En ocasiones aparecen los típicos "bolos". La alteración de este tipo de rocas da lugar al llamado "Lenz", sedimento arenoso con variada proporción en arcilla, siendo estas zonas junto con las de fracturación, los puntos más favorables para la extracción de agua.

La abrasividad es elevada y es necesario, en caso de roca fresca, la utilización de explosivos para su extracción. La estabilidad en desmontes es buena y puede soportar taludes importantes. Por el contrario el "Lenz" es un material ripable y se sostiene mal, problema agravado, casi siempre, por el contenido en agua dada la porosidad de este tipo de material.

Desde el punto de vista mecánico, todas las rocas incluidas en este grupo presentan características geotécnicas muy favorables: capacidad de carga alta e inexistencia de asientos, que pueden presentar variaciones en relación con la pendiente del terreno, creando entonces una cierta inestabilidad que disminuye las condiciones iniciales.

REGION	AREA	FICHA DE CARACTERISTICAS LITOLOGICAS
I	I_1	Pizarras como litología predominante con alternancia de esquistos, cuarcitas y esporádicamente otras intercalaciones, tales como grauwackas, arcosas y/o calizas. Frecuentes y a veces potentes recubrimientos generalmente cohesivos. Pendientes inferiores al 15 por ciento.
	I_2	Desde el punto de vista litológico es similar al anterior. Morfología más abrupta y recubrimientos escasos o inexistentes. Pendientes superiores al 15 por ciento.
	I_3	Rocas ígneas ácidas y básicas, neises y migmatitas. Asociaciones de rocas filonianas como aplitas, pegmatitas de morfología suave. Recubrimientos frecuentes y en ocasiones con potencias considerables. Pendientes inferiores al 15 por ciento.
	I_4	La misma asociación litológica que la anterior. Morfología abrupta. Recubrimientos escasos y de poca potencia. Pendientes superiores al 15 por ciento.
	I_5	Cuarcitas en fuertes bancos con intercalaciones detríticas de conglomerados y grauwackas. Fuerte morfología. Inexistencia de recubrimientos a excepción de aquellos lugares donde la pendiente se hace menor.
	I_6	Calizas y/o dolomías en ocasiones marmóreas, con frecuencia algo carstificadas. En superficie y en zonas de morfología suave aparecen enmascaradas por arcillas de decalcificación que suelen englobar cantos de caliza.
	I_7	Rocas volcánicas ácidas y básicas. Recubrimientos escasos y morfología por lo general fuerte.
II	II_1	Gravas, arenas y arcillas con cantos de cuarcita y pizarra (depósitos ligados a cursos de agua actuales). Arcillas rojas con abundantes cantos de cuarzo y cuarcita de fuerte heterometría ("rañas").
	II_2	Arcillas rojas "Barros" con cantos de cuarzo, cuarcita, granito, etc., arenas, margas e intercalaciones de delgados niveles calcáreos y conglomeráticos. Morfología muy suave sin recubrimientos.

MINISTERIO DE INDUSTRIA

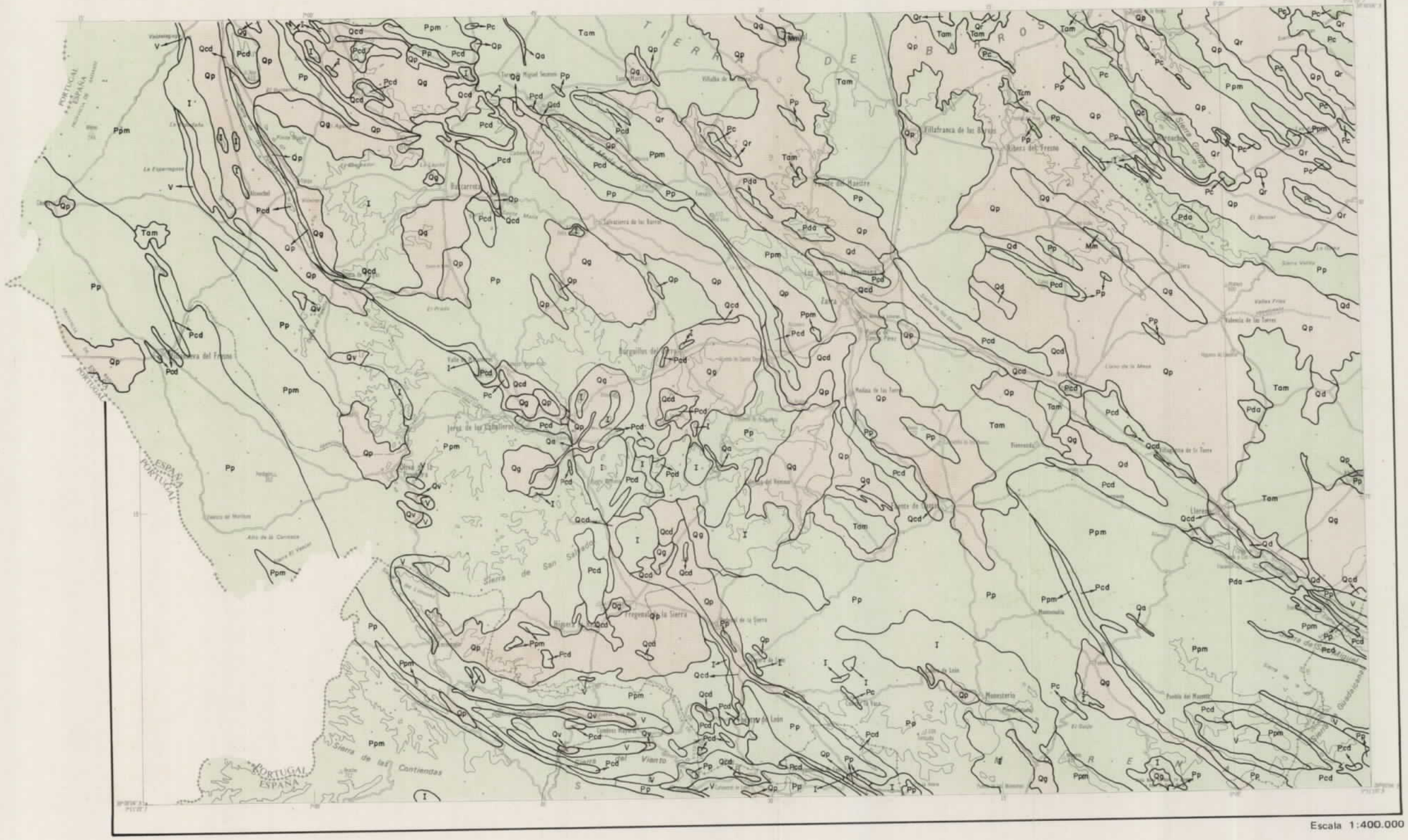
DIRECCION GENERAL DE MINAS E INDUSTRIAS DE LA CONSTRUCCION

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

MAPA GEOTECNICO GENERAL

FORMACIONES SUPERFICIALES Y SUSTRATO

CHELES-VILLAFRANCA DE LOS BARROS	2-9	3-9
	67	68



Escala 1:400.000

FORMACIONES SUPERFICIALES

Qa- Arenas, arcillas, limos y gravas ocasionalmente (depositos ligados a cursos de agua).

Qg- Arenas y arcillas con cantos, poco cementados (depósitos eluviales y coluviales procedentes de la alteración de rocas intrusivas (granitos, granodioritas, etc.) y metamórficas (gneises).

Qv- Arenas, gravas y arcillas (depósitos eluviales y coluviales procedentes de la alteracion de rocas volcánicas).

Qp- Arcillas y arenas arcillosas con cantos angulosos de pizarra y/o cuarcita (depósitos eluviales y coluviales procedentes de la alteración de macizos pizarrosos y detrítico-pizarrosos).

Qd- Arcillas con cantos de cuarzo, cuarcitas y grauwackas (depósitos eluviales y coluviales procedendo de la alteración de macizos detrítico-pizarrosos).

Qc- Canchales formados por cantos y bloques de cuarcita (coluviones depositados al pie de los crestones cuarcíticos).

Qr- Rañas (arcillas con cantos sueltos de cuarcita de fuerte heterometría).

Qcd- Arcillas rojas con cantos angulosos de caliza (depósitos procedentes de la alteración y decalcificación de calizas).

SUSTRATO

Tam- Arcillas con cantos de cuarzo y cuarcita, arenas y margas con intercalaciones de delgados niveles calcáreos.

Pp- Pizarras y micaesquistos en ocasiones con intercalaciones de otros materiales como cuarcitas grauwackas y calizas.

Pc- Cuarcitas con intercalaciones de grauwackas y conglomerados.

Ppm Alternancia de pizarras y cuarcitas con intercalaciones de grauwackas y/o calizas.

Pda- Pizarras, cuarcitas, grauwackas y conglomeradas con esporádicas intercalaciones volcánicas y/o calcáreas.

Pcd- Calizas y dolomías con frecuencia algo carstificadas y en ocasiones marmóreas.

Mm- Paragneis biotítico-moscovítico.

V- Rocas volcánicas ácidas y básicas (riolitas dacitas, andesitas y basaltos.

I Rocas ácidas: granitos, granodioritas y sus correspondientes asociaciones filonianas como pegmatitas, aplitas, etc. Rocas básicas: traquibasaltos y diabasas.

2.5. CARACTERISTICAS GEOMORFOLOGICAS

En este apartado se analizan los principales rasgos morfológicos, en relación con la repercusión que tienen, o pueden tener, sobre las condiciones constructivas de cada tipo de terreno.

El análisis tendrá como base las características y comportamiento de las diferentes asociaciones de rocas ante las condiciones del medio, resaltando aquellos problemas que surjan en el terreno, bien por causas puramente naturales, bien por la acción directa del hombre. Se completará lo expuesto por medio de un mapa y de una ficha resumen en la que se incluyen las características geomorfológicas más interesantes de cada unidad de clasificación de segunda categoría.

Area I_1

Presenta una topografía suave con morfología de pendientes menores del 15 por ciento. Relieve alomado o llano.

Es estable bajo condiciones naturales y bajo la acción del hombre.

Frecuentemente aparecen recubrimientos cohesivos. En zonas llanas esta cobertera está muy desarrollada. Suele englobar en mayor proporción cantos de pizarras, si bien se encuentran cantos de cuarzo, cuarcita o granito.

Area I_2

Relieve en general fuerte o muy fuerte. Pendientes superiores al 15 por ciento. La morfología más acusada se presenta al S y SO de la Hoja, en Sierra Morena.

En las zonas de mayor pendiente son frecuentes los deslizamientos de ladera al verse éstos favorecidos por la dirección de la pizarrosidad.

Los recubrimientos existen pero suelen ser escasos, teniendo generalmente poca potencia.

Area I_3

Relieve suave (llano o alomado). Pendientes inferiores al 15 por ciento. Se trata de zonas estables bien bajo condiciones naturales o bajo la acción del hombre.

Son muy frecuentes los recubrimientos tipo granular que allí donde existen, si la pendiente es importante, dan lugar a cierta inestabilidad. Esta cobertera alcanza espesores muy variables y llega incluso a condicionar la morfología de la área.

Area I_4

Relieve variable pero generalmente fuerte. Pendientes superiores al 15 por ciento. Son zonas estables bajo cualquier tipo de condiciones, aunque para valores de pendiente altos puede crearse una cierta inestabilidad debido a la existencia de desprendimientos de roca, dada su forma de fracturación. Estos "bolos graníticos" se acumulan, bien en las zonas bajas o dispersos en las laderas.

Los recubrimientos granulares (de carácter local), alcanzan en general poco espesor.

REGION	AREA	FICHA DE CARACTERISTICAS GEOMORFOLOGICAS
I	I_1	Morfología suave, relieve generalmente alomado o llano, pendientes inferiores al 15 por ciento. Frecuentemente aparecen recubrimientos cohesivos. Estable bajo condiciones naturales y bajo la acción del hombre.
	I_2	Morfología acusada o muy acusada, pendientes superiores al 15 por ciento. Recubrimientos escasos o inexistentes. La inestabilidad de las zonas se ve favorecida por la mayor pendiente, así como por la dirección de la pizarrosidad. Son frecuentes los deslizamientos a favor de las pendientes.
	I_3	Zonas llanas o suaves, frecuentemente presentan recubrimientos granulares de variable espesor. Pendientes inferiores al 15 por ciento. Zona estable bajo cualquier tipo de condiciones.
	I_4	Relieve variable generalmente fuerte, pendientes superiores al 15 por ciento. Pueden presentar recubrimientos granulares con carácter local. La acumulación de rocas sueltas suele presentarse en las áreas de mayor pendiente.
	I_5	Morfología generalmente acusada o muy acusada. A veces aparecen recubrimientos, bien de tipo canchal (parte oriental de la Hoja), o tipo "rañas" (zona nor-oriental y central de la Hoja). Estable bajo todo tipo de acciones, excepto en las zonas de borde de los crestones cuarcíticos.
	I_6	Presenta una morfología muy variable. En las zonas llanas aparecen recubrimientos calcáreos, mientras que en las de relieve fuerte suelen ser muy débiles o inexistentes. En general es estable excepto en las zonas de mayor pendiente donde pueden existir algunos recubrimientos que favorecen el deslizamiento.
	I_7	Presentan una morfología variable, generalmente fuerte, sin apenas recubrimientos, apareciendo estos en las zonas de relieve más suave o llanas. Son estables, bajo condiciones naturales y bajo la acción del hombre.
II	II_1	Morfología suave, con poca pendiente en zonas al pie de relieves fuertes. En los aluviales el relieve es siempre llano. Son zonas estables excepto en los taludes de borde de los depósitos ligados a la red fluvial, que pueden experimentar una degradación.
	II_2	Relieve llano. Pendientes menores en general de 7 por ciento. La estabilidad disminuye hacia el N de la Hoja donde pueden aparecer deslizamientos superficiales.

MINISTERIO DE INDUSTRIA

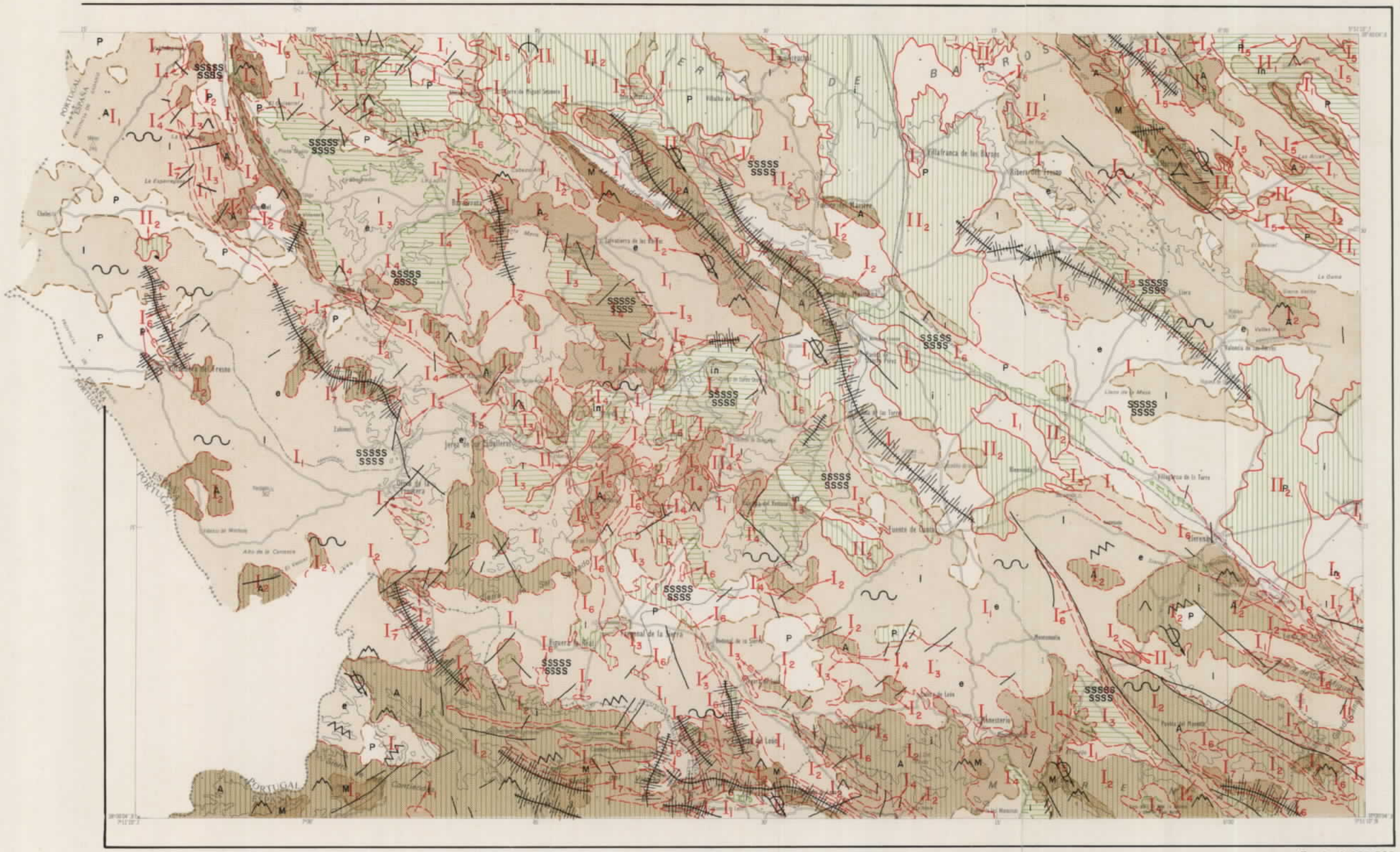
DIRECCION GENERAL DE MINAS E INDUSTRIAS DE LA CONSTRUCCION

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

MAPA GEOTECNICO GENERAL

CARACTERISTICAS GEOMORFOLOGICAS

CHELES - VILLAFRANCA DE LOS BARROS	2-9	3-9
	67	68


PORTUGAL
Villafranca de los Barros
Ribera del Fresno
Fuente de Cantos
Calera de León
Monesterio
Fuente del Maestre
Zafra
Almendralejo
Hornachos
Llerena
Jerez de los Caballeros
Fregenal de la Sierra
Segura de León
Cortelazor
Cabeza de Buey
Puebla del Maestre
Valencia de Mombuey
Atalaya
Ribera del Fresno
Alto de la Cruz
Cabeza de Buey
Puebla del Maestre
Valencia de Mombuey
Atalaya
Llerena
Jerez de los Caballeros
Fregenal de la Sierra
Segura de León
Cortelazor
Calera de León
Monesterio
Fuente de Cantos
Hornachos
Almendralejo
Zafra
Ribera del Fresno
Villafranca de los Barros
Fuente

Area I_5

Morfología muy acusada y pendientes mayores del 15 por ciento. Los materiales que constituyen esta área dan lugar a relieves típicos tales como "crestones", "hog-back", etc. Esta área está desarrollada principalmente en el ángulo NE de la Hoja y en la denominada Sierra de Hornachos.

A veces aparecen recubrimientos tipo "canchal" en las zonas de fuerte pendiente, o bien tipo "raña" allí donde ésta disminuye de valor.

Es una área estable bajo cualquier tipo de condiciones, excepto en las zonas de recubrimientos de "canchales" o en las zonas más altas donde son frecuentes los desprendimientos.

Area I_6

Presenta una morfología muy variable, desde zonas con relieve llano hasta otras con pendientes bastante fuertes. En las zonas inferiores al 15 por ciento de pendiente son frecuentes los recubrimientos cohesivos, cuyo espesor es muy variable.

Son zonas estables y sólo pueden presentar inestabilidad en aquellos lugares donde la pendiente alcanza valores altos y existen recubrimientos, lo que podría dar lugar a deslizamientos.

Area I_7

Presenta un relieve variable, generalmente fuerte, constituyendo resaltes topográficos dentro de la tónica morfológica dominante.

Aparecen recubrimientos solamente en las zonas más suaves y el espesor de éstos es muy escaso. La mayor extensión de los mismos corresponde al extremo oriental y meridional de la Hoja.

Se considera estable bajo condiciones naturales y bajo la acción del hombre, excepto en zonas de fuerte pendiente, donde pueden existir desprendimientos de los materiales.

Area II_1

Morfología suave y de pequeña pendiente. En las zonas ligadas a los cursos de agua la pendiente es nula, pudiendo presentar escarpes junto al cauce.

Son zonas estables bajo condiciones naturales y bajo la acción del hombre, excepto en los taludes de borde de los depósitos ligados a la red fluvial, que pueden experimentar un retroceso por erosión.

Area II_2

Relieve llano con pendientes menores del 7 por ciento. El mayor desarrollo de esta área tiene lugar en el centro y norte de la Hoja.

La estabilidad, bajo cualquier tipo de condiciones, es buena aunque puede disminuir hacia el N de la Hoja, ya que es posible la existencia de deslizamientos superficiales. También en las zonas donde existan escarpes, serán frecuentes los deslizamientos de ladera.

REGION	AREA	FICHA DE CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS
I	I_1 y 2	Materiales predominantemente impermeables. Pocos acuíferos (relacionados con zonas de recubrimiento en la Area I_1 y a zonas de fallas y fracturas en general). Drenaje superficial favorable con una red fluvial densa.
	I_3 y 4	Conjunto impermeable, pero con existencia de acuíferos ligados a zonas de recubrimiento de espesor notable, y a zonas de fracturación. Drenaje superficial deficiente, que pasa a ser aceptable en la Area I_4.
	I_5	Litología de carácter impermeable con escorrentía superficial muy activa.
	I_6	Materiales permeables por carstificación. Predominio de drenaje subterráneo. Presencia de acuíferos importantes con agua ligada a zonas de fracturación y carstificación. Drenaje superficial aceptable.
	I_7	Conjunto en general impermeable, si bien en zonas de recubrimiento el drenaje es subterráneo y deficiente. Ausencia de acuíferos. El drenaje superficial es favorable con poco desarrollo de la red fluvial.
II	II_1	Se consideran dos tipos de materiales: unos permeables, con acuíferos por porosidad intergranular y drenaje superficial deficiente y otro de más baja permeabilidad con drenaje superficial aceptable y red fluvial poco densa.
	II_2	Material semipermeable. Drenaje superficial nulo apareciendo zonas de encharcamiento. Ausencia casi total de red de drenaje.

MINISTERIO DE INDUSTRIA

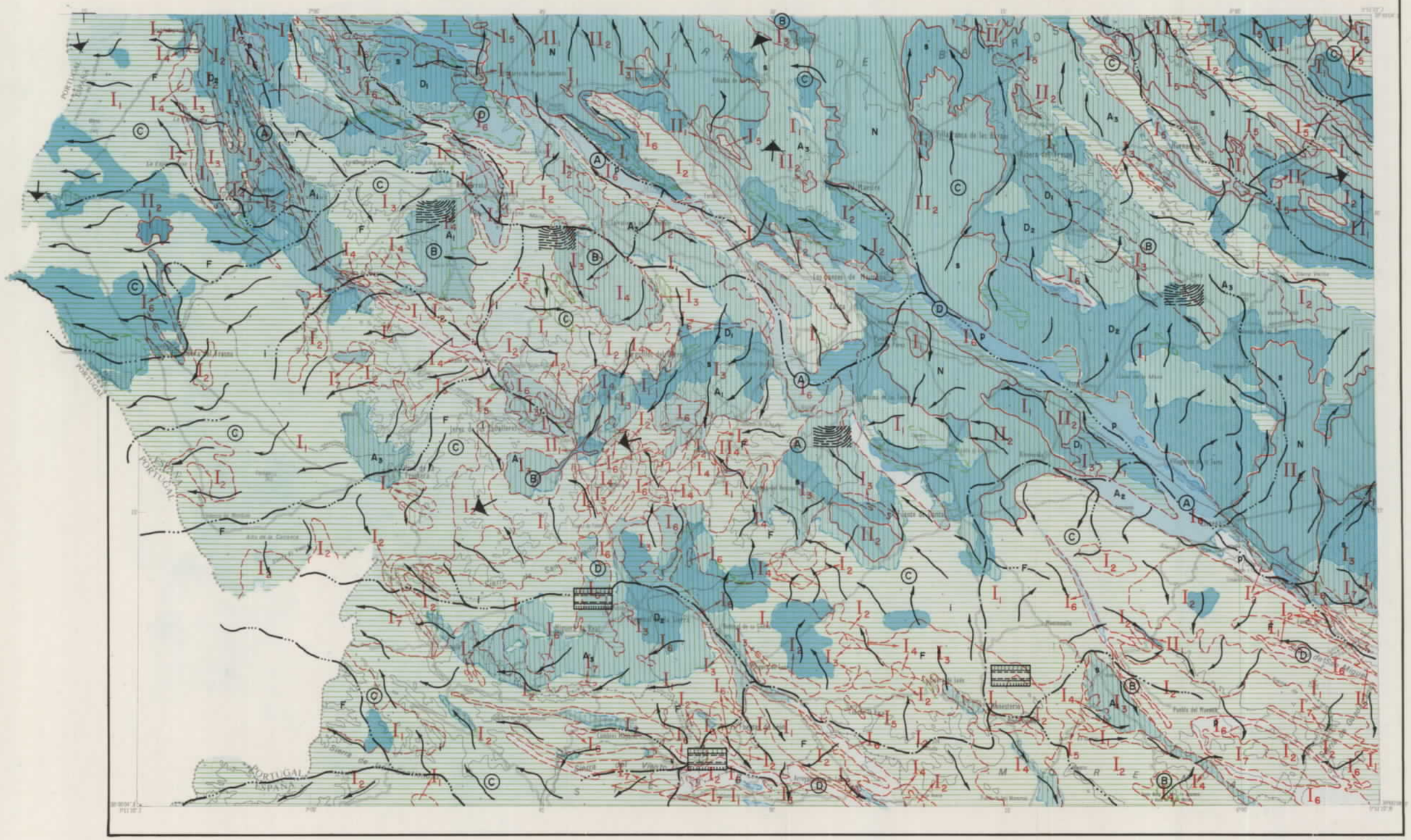
DIRECCION GENERAL DE MINAS E INDUSTRIAS DE LA CONSTRUCCION

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

MAPA GEOTECNICO GENERAL

CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS

CHELES-VILLAFRANCA DE LOS BARROS	2-9	3-9
	67	68



Escala 1:400.000

CONDICIONES DE DRENAJE

N — Zonas con Drenaje Nulo.

D_1 D_2 — Zonas con Drenaje Deficiente.

D_1 — Drenadas en superficie por percolación natural. Agua a escasa profundidad.

D_2 — Drenadas en superficie por escorrentía poco activa.

A_1 A_2 A_3 — Zonas con Drenaje Aceptable.

A_1 — Percolación natural.

A_2 — Percolación por la fisuración de las rocas.

A_3 — Percolación muy debil.

F — Zonas de Drenaje Favorable

Escorrentia superficial muy activa.

Limite de separacion de Zonas.

PERMEABILIDAD DE LOS MATERIALES

p — Materiales permeables

s — Materiales semipermeables

i — Materiales impermeables

Limite de separacion de los distintos materiales.

SIMBOLOGIA

HIDROLOGIA SUPERFICIAL

Limite de cuenca hidrografica

Limite de subcuenca hidrografica

Red de drenaje

Cauces permanentes

HIDROLOGIA SUBTERRANEA

(A) Zonas con acuíferos

(B) Zonas con acuíferos en formaciones permeables por porosidad intergranular

(C) Zonas sin acuíferos

(D) Zonas con acuíferos en formaciones permeables por fisuración

FACTORES HIDROLOGICOS VARIOS

Agua ligada a fenómenos de fracturación

Aguas Colgadas

DIVISION ZONAL

Límite de separación de Regiones

Límite de separación de Areas

I — Designación de un Area

2.6. CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS

En este apartado se analizan las características que afecten, de manera más o menos directa, las condiciones constructivas de los diferentes terrenos.

El análisis se basará en las distintas permeabilidades de los materiales, así como de sus condiciones de drenaje y de los problemas que, de la conjunción de ambos aspectos, puedan aparecer. Se completará con un mapa y una ficha en la que se hacen constar las características hidrológicas más interesantes de cada unidad de clasificación de segundo orden.

Areas I_1 y I_2

Formadas ambas por material de carácter fundamentalmente impermeable. Los acuíferos son escasos y están relacionados con los recubrimientos existentes (I_1). En la otra área (I_2), no existen y el agua aparece ligada a fenómenos de fracturación.

El drenaje superficial es favorable, con una red fluvial muy marcada.

Areas I_3 y I_4

Constituidos también por materiales de naturaleza impermeable en general. El agua aparece ligada a fenómenos de fracturación o en recubrimientos (acuíferos por porosidad intergranular).

En la Area I_3 los recubrimientos predominan, por lo que el agua subterránea es frecuente en estas zonas y se encuentra a poca profundidad. En la Area I_4 aparece relacionada con zonas de fracturación y con recubrimientos si estos existen.

El drenaje superficial es deficiente en la Area I_3 y aceptable en I_4, favorecido por la mayor pendiente.

Area I_5

Litología de carácter impermeable. El drenaje subterráneo es nulo y sólo en las zonas de canchales puede existir una circulación subterránea de aguas, en general escasa.

La escorrentía superficial es muy activa, favorecida por las fuertes pendientes y por la naturaleza impermeable de los materiales que constituyen esta área.

Area I_6

Se trata de materiales calcáreos distribuidos en toda la Hoja y permeables por carstificación. Parece existir un predominio de drenaje subterráneo, con circulación de aguas muy variable, en función del grado de carstificación en que se encuentra la roca.

Generalmente en estos materiales existen acuíferos con caudales importantes, como lo muestra la existencia de fuentes y manantiales a lo largo de los afloramientos o en contacto con materiales impermeables.

El drenaje superficial es aceptable, adquiriendo más desarrollo en las zonas de mayor pendiente.

Area I_7

Conjunto en general impermeable. El agua sólo aparece relacionada con zonas de fracturación y recubrimientos. Estos últimos presentan un drenaje subterráneo deficiente, así como encharcamientos, consecuencia de su litología.

El drenaje superficial de la área en general, es favorable, aunque la red fluvial aparece poco desarrollada.

Area II_1

Se consideran dos tipos de materiales: permeables y semipermeables. Los permeables corresponden a zonas ligadas a cursos de agua; se trata de acuíferos por porosidad intergranular, siendo normalmente de poca extensión y espesor. Los acuíferos correspondientes al resto de los materiales que integran la área, presentan una permeabilidad mucho más baja y su porosidad es función de la proporción cantos-arcilla.

El drenaje superficial de los primeros es deficiente y el de los segundos aceptable, con una red fluvial poco densa.

Area II_2

Al conjunto se le considera como semipermeable. Esta formación está constituida por una alternancia de niveles permeables e impermeables, con predominio siempre de algunos de ellos. Hacia el N predominan materiales de carácter impermeable, mientras que hacia el S existe una mayor abundancia de los semipermeables o permeables, por lo que la probabilidad de agua subterránea en estas zonas es mayor.

El drenaje superficial es nulo. Con frecuencia aparecen zonas de encharcamiento. Inexistencia de red de drenaje.

2.7. CARACTERISTICAS GEOTECNICAS

En este apartado se analizarán las principales características geotécnicas de la Hoja, entendiendo bajo esta acepción todas aquellas que están implicadas con la mecánica del suelo y con su posterior comportamiento al verse solicitado por la actividad técnica del hombre.

Este análisis se centrará de modo especial en los aspectos de capacidad de carga y posibles asentamientos, indicando al mismo tiempo todos aquellos factores que, de forma directa o indirecta, influyan sobre su óptima utilización como base de sustentación de edificaciones urbanas o industriales. Se completará con un mapa y una ficha resumen en la que se incluirán las características geotécnicas (propiamente dichas) de cada unidad de clasificación de segundo orden.

A fin de no perder homogeneidad con lo hasta ahora expuesto, se seguirá en la primera parte de este apartado, haciendo referencia a cada una de las áreas, de forma individualizada, para luego, de forma global exponer las características sismorresistentes de toda la Hoja, indicando qué tipo de problemas pueden ocurrir y en qué zonas habrá más propensión a ellos.

Area I_1 y I_2

En conjunto tanto una área como otra presentan valores medios en los parámetros geotécnicos. En lo que respecta a los asientos para el caso de pendientes supeiores al 15 por ciento, puede aumentar la magnitud de los mismos, sobre todo si la dirección de los planos de pizarrosidad coincide con la pendiente.

La existencia de recubrimientos también puede originar variaciones. En el caso de que sean de poco espesor (I_2) no se plantea ningún tipo de complicación, pues dicha cobertera puede ser fácilmente eliminada cimentando sobre la propia roca. En caso de que el espesor sea considerable, al no ser factible esta operación, habrá que tener en cuenta una disminución en la capacidad portante y existencia de asientos de magnitud elevada.

Areas I_3 y I_4

La roca fresca presenta capacidad de carga alta e inexistencia de asientos. La aparición de recubrimientos puede presentar complicaciones de índole geotécnica e hidrológica. En las zonas donde la cobertera posee poco espesor las características mecánicas se siguen conservando, pues ésta fácilmente puede ser retirada. No ocurre lo mismo cuando la potencia de los recubrimientos granulares es mayor, ya que en este caso tanto la capacidad de carga como los asientos varían. Asimismo pueden existir problemas hidrológicos debido a la presencia de agua a poca profundidad.

Para la Area I_3 las condiciones constructivas son aceptables dada la poca pendiente a pesar de la existencia de recubrimientos granulares. La Area I_4 se considera favorable desde el punto de vista geotécnico, aunque si bien en este caso la cobertera puede plantear pocos problemas, la pendiente elevada constituye un factor negativo.

Area I_5

Presenta capacidad de carga alta e inexistencia de asientos en general, aunque pueden plantearse problemas geotécnicos en zonas donde exista un fuerte diaclasado y valores altos de pendiente, en cuyo caso los asientos pueden llegar a alcanzar magnitud medias.

Los recubrimientos tipo canchal deberán de ser retirados, si tienen poco espesor, o realizar una compactación previa en el caso contrario.

Area I_6

Capacidad de carga alta e inexistencia de asientos en el caso de que la roca sea fresca. Recubrimientos bastante frecuentes y variaciones en los porcentajes de pendientes, por lo que las características geotécnicas son diversas. La presencia de una cobertera da lugar a la existencia de asientos de magnitud media que incluso pueden adquirir valores altos, en aquellos puntos donde el espesor de ésta sea considerable.

El diferente grado de carstificación de los materiales, puede originar también variaciones de los parámetros geotécnicos.

REGION	AREA	FICHA DE CARACTERISTICAS GEOTECNICAS
I	I_1 y 2	Capacidad de carga media. Los asientos previsibles son también medios, sin embargo se pueden agravar, estos últimos, en relación con los recubrimientos cohesivos que aparecen en las zonas donde la pendiente se hace menor del 15 por ciento (I_1). Los problemas geotécnicos pueden complicarse sobre todo en donde la dirección de la pizarrosidad coincida con la de la pendiente produciéndose deslizamientos de ladera.
	I_3 y 4	Capacidad de carga alta. Inexistencia de asientos, pudiendo estos aparecer en las zonas donde existen recubrimientos granulares, muy frecuentes en I_3; si éstos son muy potentes pueden almacenar agua y plantear problemas de carácter hidrológico.
	I_5	Capacidad de carga alta, sin asientos. Pueden existir problemas geotécnicos en zonas donde exista un fuerte diaclasado, alcanzando así magnitudes medias.
	I_6	Capacidad de carga alta, sin asientos. En las zonas donde existen recubrimientos arcillosos, los asientos alcanzan magnitudes medias, pudiendo incluso adquirir valores bastante altos, en función del espesor de este recubrimiento. Pueden presentarse, ligados a los problemas geotécnicos, problemas de índole hidrológica.
	I_7	La capacidad de carga es, en casos de roca fresca, alta, no existiendo asientos en la mayoría de los casos. Cuando existen recubrimientos los asientos pueden alcanzar valores medios.
II	II_1	Capacidad de carga baja y asientos de valor medio, fluctuando estos valores, según la proporción de arcilla. En los materiales ligados a cursos fluviales se pueden presentar problemas de tipo hidrológico.
	II_2	En estos materiales la capacidad de carga es baja, pudiendo adquirir valores medios en zonas donde se presenten niveles margosos o calcáreos. Asentamientos de magnitud elevada que pueden llegar a ser medios en el caso anterior.

MINISTERIO DE INDUSTRIA

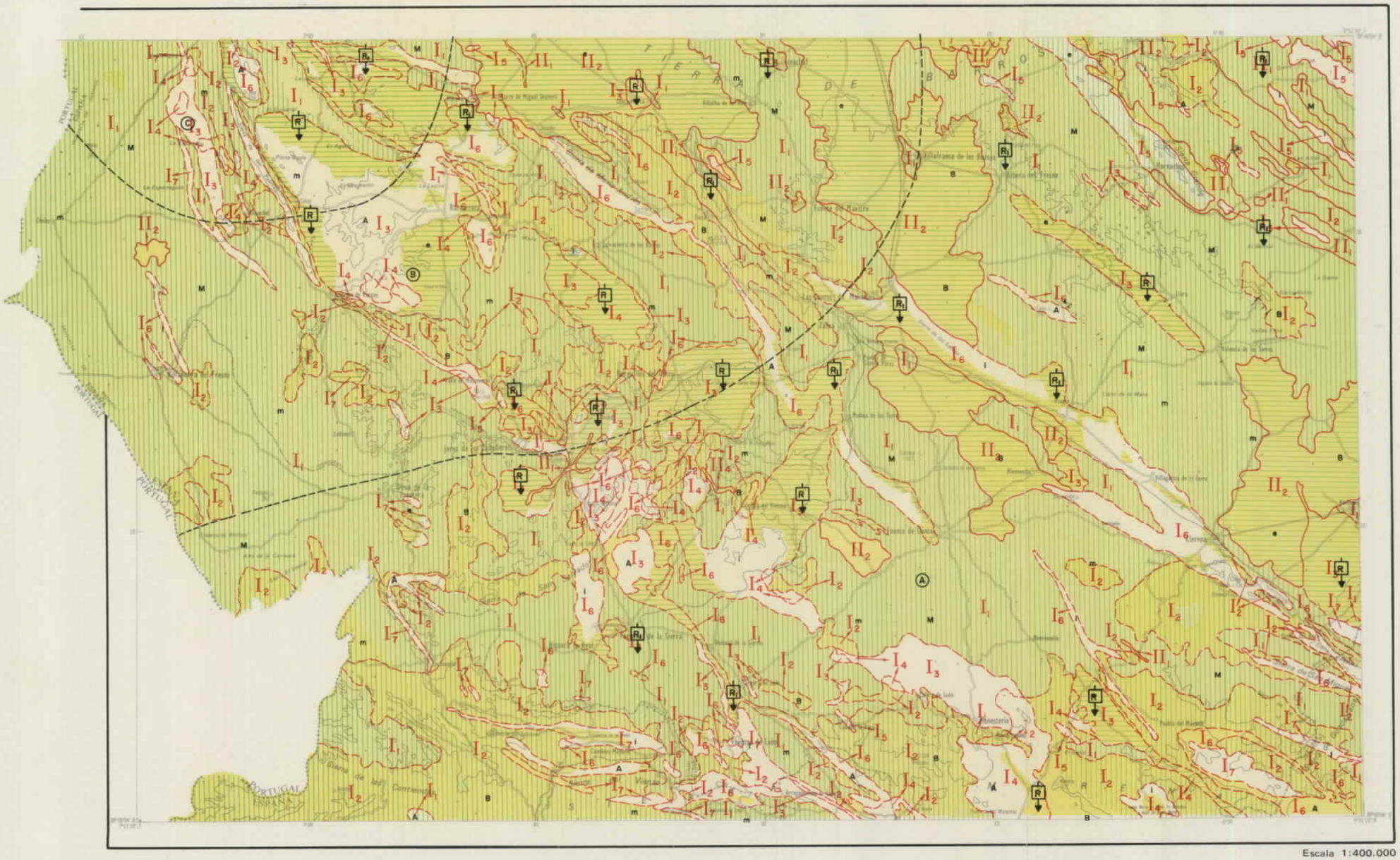
DIRECCION GENERAL DE MINAS E INDUSTRIAS DE LA CONSTRUCCION

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

MAPA GEOTECNICO GENERAL

CARACTERISTICAS GEOTECNICAS

CHELES-VILLAFRANCA DE LOS BARROS	2-9	3-9
	67	68



Escala 1:400.000

CAPACIDAD DE CARGA

- A — Zonas con Capacidad de Carga Alta
- M — Zonas con Capacidad de Carga Media
- B — Zonas con Capacidad de Carga Baja
- MB — Zonas con Capacidad de Carga Muy Baja
- Límite de Separación de Zonas

ASIENTOS PREVISIBLES

- i — Zonas con inexistencia de asientos
- m — Zonas con asientos de magnitud media
- e — Zonas con asientos de magnitud elevada
- Límite de separación de Zonas

SIMBOLOGIA

GRADO DE SISMICIDAD

- Ⓐ Bajo $G \leqslant VI$
- Ⓑ Medio $VI < G \leqslant VIII$
- Ⓒ Alto $G > VIII$

Escala internacional macrosísmica (MSK)

Límite de separación de Zonas

FACTORES GEOTECNICOS VARIOS

- R — Recubrimientos granulares
- R_1 — Recubrimientos cohesivos

DIVISION ZONAL

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

Area I_7

La capacidad de carga, cuando la roca no presenta recubrimientos, es alta y los asientos nulos. Cuando aquéllos existen, los asientos aumentan y la capacidad de carga disminuye.

Area II_1

Esta área presenta capacidad de carga baja y asientos de valores medios, con variaciones según el contenido en arcilla o limo. En las zonas ligadas a cursos fluviales los problemas geotécnicos se ven complicados por la existencia de agua a poca profundidad.

Area II_2

En conjunto la capacidad de carga de estos materiales es baja y los asientos de magnitud elevada. Sin embargo pueden existir variaciones de estos parámetros, llegando incluso a alcanzar valores medios, en zonas donde existen niveles margosos o calcomargosos.

Como epílogo de este punto y tal como se indica en su principio, se analizarán someramente las características sismorresistentes de la Hoja.

Geológicamente se engloba en el Macizo Hespérico correspondiendo a una unidad antigua, en parte cristalina y metamorfizada con dos direcciones predominantes de fracturación: una NE-SO y otra NO-SE con sus correspondientes fallas de desgarre.

Sísmicamente se trata de una zona de importante y reciente actividad.

La mayor intensidad se registra en Olivenza (límite NO de la Hoja) donde aparece un núcleo cuya isosista central es de grado IX, según la escala de Mercalli modificada (M.S.K.).

Siguiendo la morfología de las curvas, se observa una atenuación de la intensidad hacia Portugal, como lo demuestra la existencia de una apófisis, que se extiende según la dirección O, mientras que en sentido opuesto la mayor aproximación entre isosistas (hacia la zona de Zafra) hasta de una actividad sísmica más intensa, siendo el grado de la última curva G= VII de la (M.S.K.). Para esta zona la isosista máxima coincide con las estructuras.

Parece existir una divisoria estructural de dirección NE-SO que condiciona la actividad sísmica a uno y otro lado de dicha divisoria y que atraviesa diagonalmente la Hoja. Así se observa un notable decrecimiento de la actividad sísmica a la derecha de dicha divisoria, cuya intensidad mayor corresponde al grado V de la (M.S.K.), así como una falta de coincidencia de la máxima isosista con las estructuras de la zona.

Sin embargo, a pesar de ser esta parte oriental de la Hoja una zona más tranquila, en lo que a sismicidad se refiere, no deja de ser sensible la actividad existente en el Atlántico, donde aparecen localizados los principales epicentros, como lo demuestra la reciente detección, en el mes de mayo del presente año, de uno de estos fenómenos con intensidad sísmica G - VII y que afectó a toda la área.

Por todo ello, antes de realizar cualquier tipo de edificación dentro de la Hoja, deberán tenerse en cuenta las normas dictadas por el Gobierno en este sentido. (Norma Sismorresistente P.G, S-1 (1968) Parte A).

3. INTERPRETACION GEOTECNICA DE LOS TERRENOS

La serie de características analizadas a lo largo de los apartados que componen el punto 2, sirven ahora de base para poder pasar a dar las condiciones constructivas de la Hoja.

Estas condiciones se presentan de forma cualitativa, indicando los tipos de problemas que pueden aparecer con más frecuencia, y los aspectos que han sido determinados en su evaluación.

Las condiciones constructivas de los terrenos existentes se engloban dentro de las acepciones: Muy Desfavorables, Desfavorables, Aceptables, Favorables y Muy Favorables.

3.1. TERRENOS CON CONDICIONES CONSTRUCTIVAS MUY DESFAVORABLES

Se incluyen bajo esta denominación un conjunto de terrenos que presentan importantes problemas bien sea de tipo Geomorfológico y Geotécnico propiamente dicho (p.d.) o de tipo Litológico, Geomorfológico y Geotécnico (p.d.).

Problemas de tipo geomorfológico y geotécnico (p.d.)

Dentro de este grupo se incluyen una serie de materiales tales como pizarras, bien solas o alternando con cuarcitas o grauwackas y cuyas pendientes sobrepasan el 30 por ciento. Las características litológicas y geotécnicas (capacidad de carga y asientos) así como la posibilidad de deslizamientos unidos a la fuerte pendiente, obligan a incluirlas dentro de este criterio de clasificación.

Problemas de tipo litológico, geomorfológico y geotécnico (p.d.)

Integrados en este epígrafe aparece un grupo litológico definido por "rañas", cuya pendiente supera el 15 por ciento, depósitos arenosos y arcillosos de alteración de rocas ígneas y volcánicas (que raramente pueden presentarse con esa pendiente) así como arcillas con cantos procedentes de la alteración de macizos pizarrosos y detrítico-pizarrosos. También se incluyen aquí arcillas rojas procedentes de la decalcificación del sustrato carbonatado y cuya pendiente supera el valor antes considerado.

La inestabilidad de este tipo de materiales, el espesor a veces importante, así como su formación reciente, implica un carácter muy desfavorable desde el punto de vista geotécnico.

3.2. TERRENOS CON CONDICIONES CONSTRUCTIVAS DESFAVORABLES

Se incluyen con esta denominación un conjunto de terrenos que presentan problemas de los siguientes tipos Geomorfológico; Geomorfológico y Geotécnico (p.d.); Litológico, Geomorfológico y Geotécnico (p.d.); Geomorfológico, Hidrológico y Geotécnico (p.d.).

Problemas de tipo geomorfológico

Dentro de este grupo se incluyen una serie de rocas ígneas, tanto ácidas como básicas, tipo granitos, diabasas, etc., rocas filonianas como aplitas y pegmatitas, neises, rocas volcánicas y cuarcitas estratificadas en bancos potentes. Toda esta variedad litológica bajo las condiciones prefijadas, supera pendientes del 30 por ciento, por lo que se las ha incluido en este apartado. Se trata de materiales que no presentan ningún otro tipo de problemas. Para la explanación este tipo de rocas hace necesario el empleo de explosivos.

Problemas de tipo geomorfológico y geotécnico (p.d.)

Se consideran con estas características rocas tales como calizas y dolomías con pendientes superiores al 15 por ciento y pizarras (p.d.), o en alternancia con cuarcitas y grauwackas comprendidas entre el 15 y el 30 por ciento.

Se definen como desfavorables, desde el punto de vista constructivo, debido fundamentalmente a la pendiente, que obligará a la realización de excavaciones previas a la realización de las obras, para poder construir sobre superficies más suaves. A su vez, al aumentar los taludes en el frente de corte, se plantearán con frecuencia problemas de estabilidad o bien si se da un menor ángulo al frente de la excavación, se aumentarán bastante los volúmenes a mover.

Problemas de tipo litológico, geomorfológico y geotécnico (p.d.)

Se incluyen aquí los depósitos correspondientes a la alteración de macizos detríticos y pizarrosos, así como la de terrenos volcánicos, todos ellos con pendiente comprendida entre el 7 y el 15 por ciento. Se adicionan a este grupo los depósitos arcillosos "Barros" y calco-margosos con la misma oscilación topográfica.

Los problemas, si se realizan explanaciones serán similares al grupo anterior, aunque será más sencilla la excavación. Solamente será necesario el uso de explosivos en las áreas correspondientes a materiales volcánicos. No existirán problemas hidrológicos.

Problemas de tipo litológico, geomorfológico, hidrológico y geotécnico (p.d.)

Dentro de este grupo se incluyen solamente los depósitos aluviales procedentes de la alteración de rocas ígneas, ácidas básicas y metamórficas, como los neises y cuya pendiente oscila entre el 7 y el 15 por ciento.

Raramente podrá presentar problemas hidrológicos, aunque, debido a la litología de esta cobertera, es factible la existencia de un drenaje subterráneo en donde la pendiente adquiera valores mínimos dentro del límite prefijado.

Los recubrimientos serán fáciles de retirar. Posteriormente se hará necesario el empleo de explosivos para la explanación.

3.3. TERRENOS CON CONDICIONES CONSTRUCTIVAS ACEPTABLES

Se incluyen con esta denominación un conjunto de terrenos en los cuales los problemas más importantes son de alguno de los siguientes tipos: Geomorfológico; Litológico y Geotécnico (p.d.); Geomorfológico y Geotécnico (p.d.); Litológico, Hidrológico y Geotécnico (p.d.).

Problemas de tipo geomorfológico

Se han considerado como constructivamente aceptables las rocas ígneas intrusivas, filonianas, neises, volcánicas y cuarcitas, con pendiente comprendida entre el 15 y el 30 por ciento. No presentan problemas de tipo litológico, ni hidrológico, ni geotécnico.

Problemas de tipo litológico y geotécnico (p.d.)

Dentro de este grupo se incluyen los recubrimientos tipo "raña" con pendiente inferior al 7 por ciento, arcillas de decalcificación procedentes de la alteración de calizas y dolomías, así como arcillas rojas "Barros" con intercalaciones de margas y margo-calizas en niveles inferiores.

No presentan problemas hidrológicos, aunque a veces puede existir un escaso drenaje subterráneo pero en tal caso no se considerarán como tales.

En general y previo a cualquier trabajo será necesario retirar la cobertera. Si esto no fuese posible, debido a la existencia de un potente recubrimiento, podrán existir complicaciones de tipo geotécnico.

Problemas de tipo geomorfológico y geotécnico (p.d.)

Se consideran pertenecientes a este grupo las pizarras y esquistos bien solas o alternando con cuarcitas u otros materiales detríticos y las calizas y dolomías. Todo este conjunto litológico cumple la condición de tener una pendiente topográfica comprendida entre el 7 y el 15 por ciento.

El principal problema que plantean es el gemorfológico, presentándose complicaciones geotécnicas a valores más altos de pendiente donde, en caso de explanaciones y según lo aconseje la litología, será necesario el uso de explosivos.

Problemas de tipo litológico, hidrológico y geotécnico (p.d.)

Se incluye dentro de este apartado un grupo litológico de variada génesis pero de características geotécnicas a fines. Aparece definido por arenas, gravas y limos y/o arcillas depositadas por los actuales cursos fluviales; canchales al pie de los crestones cuarcíticos y alteración de rocas ígneas, neises y rocas volcánicas, con pendientes del 0-7 por ciento.

Hidrológicamente, cuando estas formaciones tienen espesor, pueden presentar serios problemas al encontrarse alto el nivel freático. Desde el punto de vista geotécnico pueden existir asientos diferenciales, y la capacidad portante media.

3.4. TERRENOS CON CONDICIONES CONSTRUCTIVAS FAVORABLES

Se incluyen bajo esta denominación un conjunto de materiales, en los cuales los problemas más importantes son de los tipos siguientes: Geomorfológico; geotécnico (p.d.).

Problemas de tipo geomorfológico

Los materiales que se incluyen con estas características son las rocas ígneas, volcánicas y las cuarcitas que ocupan zonas con pendientes comprendidas entre el 7 y el 15 por ciento. No presentan problemas de tipo litológico, hidrológico y geotécnico (p.d.), solamente la topografía puede modificar las características constructivas de los materiales.

Problemas de tipo geotécnico (p.d.)

Se consideran con condiciones constructivas favorables las calizas, pizarras y otras rocas detríticas, como pizarras alternantes con cuarcitas y grauwackas, con pendientes inferiores al 7 por ciento. No presentan problemas de ningún tipo si se exceptúan la capacidad de carga y los asientos, que pueden adquirir valores alejados del óptimo en unos casos o tener carácter diferencial en otros.

3.5. TERRENOS CON CONDICIONES CONSTRUCTIVAS MUY FAVORABLES

Grupo heterogéneo de materiales que por su distribución, morfología y litología no presentan ningún tipo de problema. Rocas ígneas intrusivas, volcánicas, filonianas, migmatitas. Su capacidad de carga alta, la inexistencia de asientos, de recubrimientos y de nivel freático elevado, más el hecho de presentar una morfología con pendientes inferiores al 7 por ciento, hacen que se consideren estos casos como de condiciones constructivas muy favorables.

BIBLIOGRAFIA

- **Anuario del Mercado Español 1973**. Banco Español de Crédito.
- **Análisis de Indicadores Económicos de la provincia de Sevilla**. Organización Sindical. Sevilla. Diciembre 1971.
- **Aperçu pétrographique et structural sur les granitoides de la Sierra Morena Occidentale (Espagne)**. Bol. Geol. y Min., T. LXXXI-II-III. I.G.M.E. Madrid (1970) Bard, J.P. y Fabries, J.
- **Aplicaciones de la Geología al urbanismo, el ejemplo de la zona rural de Anchorange**. Debrovolny. Congreso Internacional de Geología. Checoslovaquia (1968).
- **Balance Hídrico**. M.O.P.
- **Bocetos de Mapas Geotécnicos a E 1:125.000 EE.UU.** Geological Survey (1962).
- **Carte géotechnique de la Suisse. E 1:200.000**. Quevain y Hojmanner. Comision Géotechnique Suisse (1964).
- **Comunicaciones verbales del Ministerio de Obras Públicas**. García Hernán (1975).
- **Comunicación verbal de Lázaro Vázquez, F. Ingeniero Jefe de Coordinación del Ministerio de Agricultura.**
- **Contribución a la Petrografía de Sierra Morena**. J. Carandell.
- **Contribución al conocimiento de la flora carbonífera del SO de España**. W.J. Jongmans. Estudios Geológicos n° 29 y 30.
- **Contribution à l'étude des formations anteordoviciennes de la Meseta Meridionale**. E. Bouyx. Mem. Inst. Geol. y Min. de España T-73.
- **Contribución al estudio de los yacimientos de hierro del SO de España (Parte I)**. Bol. Geol. y Min., T LIX 4, pp. 358-379. I.G.M.E. Madrid (1968). Vázquez Guzmán, F.
- **Das Kambrium Spaniens** Teil II, Trilobiten (por J. Sdzuy) 2. Ab. Ak. Wiss. Lit. Abh. Mat. Kl. pp 595-693 Wiesbaden (1961). Lotze, F. y Sdzuy, K.
- **Datos climáticos de Sevilla y Badajoz**. Servicio Meteorológico Nacional.
- **Datos para la historia de Sierra Morena. Sus sedimentos veríscicos. La cuenca carbonífera de Villanueva**. W. Simon. Publicaciones extranjeras sobre Geología de España. Tomo VII, n° 1. Madrid (1963).
- **Datos climáticos para carreteras**. M.O.P. (1964).

- **De Sierra Morena a Sierra Nevada** (Reconocimiento orgánico de la Región Bética). P. Novo, J. Carandell, A. Carbonell y otros. Guía n° A-5 del XIV Congreso Geológico Internacional. Madrid (1926).

- **Die Geologie Insbesoudere das Devon in Bereich der orte Castuera del Buey, Monterrubio (Extremadura, Subspanien).** R. Maas. Akad. Wiss. Liter Abh Natur Klas N. R2.

- **Die archaeocyata des spanischen Kambrius.** Akad. Wiss. Lit. Abh. Math. Naturw. Kl., pp. 109-143, Wiesbaden (1963). Debrenne, F. y Lotze, F.

- **Die Saukianda-Stufe von Andalusien, eine tremde Faune in Europaischen Ober-Kambrium.** Abh. Senck. Nat. Ges., 450. Frankfurt. a.M (1940). Ritcher, R. y E.

- **Die fauna des Unterkambriums von Cala in Andalusien.** Abh. Senck. Nat, 455. pp. 1-90. Frankfurt a.M. Ges. (1941).

- **Die Saukianda-Stufe von Andalusien.** Ame. J. Sc., n° 246 pp. 598-599. New Haven (1948). Wilson, J. L.

- **El Precámbrico de la Puebla del Maestro (Badajoz).** Bol. Geol. y Min., T XXXII-III-IV. pp. 229-303. I.G.M.E. Madrid (1971). Cadavid, S. y Gutiérrez Elorza.

- **El Cámbrico en España.** F. Lotze. Mem. Inst. Geol. y Min. de España. Madrid (1970).

- **El mapa de zonas sísmicas generalizadas en la Península Ibérica.** Instituto Geográfico y Catastral (1969).

- **Engineering-geological cartography in Poland I.** Kalinowski. Congreso de Geología del Ingeniero. París (1970).

- **España. Anuario Estadístico.** Instituto Nacional de Estadística (1970).

- **España. Anuario Estadístico.** Instituto Nacional de Estadística (1971).

- **España. Anuario Estadístico.** Instituto Nacional de Estadística (1972).

- **España. Atlas e índices de sus Términos Municipales.** Confederación Española de Cajas de Ahorros Madrid (1969).

- **Essai de correlation entre La Meseta Iberique et le Masif armoricaine au Precambrien Superieur et au Paleozoique Inferieur.** G. Tamain y A. Octracht. C. Rend. Acad. Sc. Tome 272. París (1971).

- **Estructura y perspectivas de Desarrollo Económico de la provincia de Badajoz.** Consejo Económico Sindical Provincial. Madrid (1970).

- **Estudio Agrobiológico de la provincia de Sevilla.** Centro de Edafología y Biología Aplicada del Cuerto. Sevilla (1962).

- **Estudio de la cuenca Hullera de Badajoz**. Bol. Of. de Min. y Met., año III, nº 4. Madrid (1969). Lacazette, F.

- **Estudio de la cuenca Carbonífera de Berlanga**. Dpto. Pal. de la Univ. de Madrid. Tesis Licenciatura. Madrid (1969). Pérez García, L.

- **Estudio sobre la población española**. III Plan de Desarrollo Económico y Social.

- **Estudio socio-económico de la provincia de Sevilla**. Consejo Económico-Social Sindical Provincial. Agosto, 1972.

- **Explicación del Mapa Geológico de España**. III. L. Mallada. Sistemas Devónico y Carbonífero. Madrid (1968).

- **Formaciones Precámbricas de Sierra Morena occidental**. Relación con las series anteordovícicas de Almadén, Don Benito y Cáceres. R. Vegas. Est. Geol. V-26. C.S.I.C. Madrid (1970).

- **Geología Estructural de la Hoja nº 875 (Jerez de los Caballeros, Badajoz)**. Bol. Geol. y Min. T. LXXXI-V. I.G.M.E. Madrid (1970). Febrel, T.

- **Geología de la región comprendida entre la Sierra Morena occidental y las Sierras del N de la provincia de Cáceres (Extremadura española)**. R. Vegas. Bol. Geol. y Min., T LXXXII-III-IV. pp. 351-358. I.G.M.E. Madrid (1971).

- **Geologische Unterschunger in Ostteil der Sierra Morena Nordostlich von La Caroline (Prov. Jaén)**. P. Butenweg. Munster. Frseh. Geol. Paläont. H.G. Münster (1968).

- **Geotécnica y Cimientos I.** Jiménez Salas, J.A. y Justo Alpañes, J.L. Madrid.

- **Geotectonic Model for the Iberian Variscan Orogen**. Nat. Phys. Science, Vol. 241, pp. 50-53. Bard, J.P., Capdevila, R., Matte, P. y Ribeiro, A.

- **Granites écrasés et Orthogneiss "Ollo de Sapo" à disthène dans la bande métamorphique de Badajoz-Azuada (Badajoz, Espagne) et le problème d'un socle Briovérien dans le Sud l'Espagne**. C.R. Acad. Sc., T. 265, pp. 1.875-1.879. París (1967). Bard. J.P.

- **Hoja nº 829 del Mapa Geológico Esp. a E 1:50.000 (Villafranca de los Barros)**. I.G.M.E., Madrid (1956). Rosso de Luna y Hernández Pacheco.

- **Hoja nº 853 del Mapa Geológico Esp. a E 1:50.000 (Burguillos del Cerro)**. I.G.M.E. Madrid (1965). Rosso de Luna, I. y Hernández Pacheco, F.

- **Hoja nº 854 del Mapa Geológico Esp. a E 1:50.000 (Zafra)**. I.G.M.E. Madrid (1955-56). Rosso de Luna, I. y Hernández Pacheco.

- **Hoja nº 876 del Mapa Geológico Esp. a E 1:50.000 (Fuente de Cantos)**. I.G.M.E. Madrid (1956). Rosso de Luna y Hernández Pacheco.

- **Hoja nº 877 del Mapa Geológico Esp. a E 1:50.000 (Llerena).** I.G.M.E. Madrid (1956). Rosso de Luna y Hernández Pacheco.

- **Investigación de hierros del SO.** Geocisa. I.G.M.E.

- **La Era Cuaternaria, problemas y métodos de estudio.** Cailleux, A. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (1956).

- **La nature du Précambrien et ses relations avec le Paléozoique dans la Sierra Morena centrale (Sud de l'Espagne).** C.R. Acad. Sc. París, t. 273, pp. 1.359-62. París (1971). Capdevila, R., Matte, P. y Paredes, J.

- **La structure de la chaine hercynienne de la Meseta Iberique: Comparaison avec les segments voisins.** Hist. Struct. du Colfe de Gascogne. T. 1, 1-4, pp. 1-68, París (1971). Bard, J.P., Capdevila, R. y Matte, Ph.

- **La zona central del Valle de Alcudia y Sierra Morena.** F. Hernández Pacheco. Rev. Peñalara nº 194. Madrid (1930).

- **Las Rocas.** Cailleux, A. Eudeba (1963).

- **Las rocas porfiroides del Límite Cámbrico Precámbrico en el flanco meridional del Anticlinorio Olivenza-Monasterio (Badajoz).** Bol. Geol. y Min., T. LXXXII-III-IV, pp. 359-370. I.G.M.E. Madrid (1971). Hernández Enrile, J.L.

- **Le Devonien de l'Espagne.** Llopis, N., Villalta, J.F. y Cabanás, R. Interm. Symp. on the Devonian System. Calgary (Canadá) (1968).

- **Le métamorphisme régional progressif des Sierras d'Aracena en Andalousie occidentale (Espagne); sa place dans le segment hercynien sudibérique.** Tesis Doctoral Fac. Ciencias - Montpellier, 397 pp., 2 Mapas nº referencia: CNRS A.O. 2.948, Montpellier (1969). Bard, J.P.

- **Levantamientos geotécnicos en la URSS.** Golodkonskaya y Kolomesky. Congreso Geológico Internacional de Checoslovaquia (1968).

- **L'ordovicien de la Sierra Morena orientale (Espagne).** G. Tamain A. Ovtracht y J. Carre. C. Rend. Quatre-vingt-quatorzième Congres Nat. des Soc. Savantes. Pau (1969), Sect. des Sc. Tome II. París (1970).

- **L'Ordovicien est-Marianique (Espagne). Sa place dans province Mediterraneenne.** G. Tamain. Coll. Ordovicien-Silurien. Brest. Septembre, 1971. Mem. du B.R.G.M. 73 (1971).

- **Los grandes rasgos geológicos del S de la provincia de Badajoz y N de la de Huelva.** Bol. Geol. y Min., T. LXXXII-III-IV, pp. 269-273. I.G.M.E. Madrid (1971). Gutiérrez Elorza, M., Hernández Enrile, J.L. y Vegas, R.

- **Los terrenos cámbricos de los alrededores de Zafra (Badajoz).** An. C. Nat. Inst. José de Acoste. Madrid (1941). Meléndez, B.

- **Observaciones respecto al grupo de los Arqueociátidos fósiles característicos del Cámbrico.** Rev. Las Ciencias, año VIII, nº 11. Madrid (1943).

- **Los movimientos caledónicos y preliminares hercínicos de la Península Ibérica.** J. Carrington da Costa. Publicaciones extranjeras sobre Geología de España. Tomo VII, nº 2. Madrid.

- **Mapa de Síntesis de sistemas acuíferos de España peninsular, Baleares y Canarias.** I.G.M.E. Departamento de publicaciones del I.G.M.E.

- **Mapa Sismoestructural de la Península Ibérica, Baleares y Canarias E 1:1.000.000.** I.G.M.E.

- **Mapa Agronómico Nacional.** Badajoz. Ministerio de Agricultura. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Madrid (1972).

- **Mapa Geológico de España E 1:200.000. Síntesis de la cartografía existente. Hoja 67-68 de Cheles - Villafranca de los Barros.** I.G.M.E.

- **Mapa Geotécnico 1:200.000 de Linares.** I.G.M.E.

- **Mapa Geotécnico 1:200.000 de Pozoblanco.** I.G.M.E.

- **Mapa Geotécnico 1:200.000 de Sevilla.** I.G.M.E.

- **Mapa Geotécnico de Yugoslavia a E 1:500.000.** Gojgic. D. Belgrado (1967).

- **Medidas urgentes para la promoción de la provincia de Sevilla.** Organización Sindical. Consejo Económico-Social. Febrero, 1973.

- **Mineralogía y metalogenia de los yacimientos españoles de uranio: Burguillos del Cerro (Badajoz).** Estudios Geol., Vol. XVIII, pp. 173-192. Inst. Lucas Mallada del C.S.I.C. Madrid (1962). Arribas, A.

- **Mineralogía y metalogenia de los yacimientos españoles de uranio: Monesterio.** Not. y Com. de I.G.M.E. nº 70. Madrid (1963). Arribas, A.

- **Nomenclator de las ciudades, villas, lugares, aldeas y demás entidades de población de Badajoz. Censo de la población de España de 1970.** Instituto Nacional de Estadística. Tomo IV. Madrid (1973).

- **Nomenclator de las ciudades, villas, lugares, aldeas y demás entidades de las poblaciones de Sevilla y Huelva. Censo de la población de España de 1970.** Instituto Nacional de Estadística. Tomo IV. Madrid (1973).

- **Normalización de Leyendas Geológicas.** Espejo Molina, J.A. Congreso Hispano Luso Americano de Geología Económica (1971).

- **Norma Sismorresistente P.G, S-1 (1968) Parte A.** Presidencia del Gobierno.

- **Nota preliminar sobre el Estudio Geológico de las Sierras Paleozoicas entre Oliva de Mérida y Hornachos (Badajoz).** Sem. Estrat. nº 6, pp. 1-16. Dpto. Estratigrafía. Univ. Compl. Madrid (1970). Herranz, P.

- **Nota sobre los yacimientos fósiles encontrados en Sierra Morena.** J. Pérez Regodón. Not. y Com. Inst. Geol. y Min. de España nº 91. Madrid (1966).

- **Nuevas consideraciones petrogenéticas sobre las rocas gneísicas y "porfiroides" localizadas en la alineación "Almendralejo-Azuaga" (Badajoz).** Bol. Geol. y Min., T. LXXXIII-IV, pp. 407-419, I.G.M.E. Madrid (1972). Sánchez Cela y Aparicio.

- **Nuevos antecedentes acerca de la prolongación occidental de la Cuenca de Bélmez.** A. Carbonell Trillo-Figueroa. Bol. Inst. Geol. y Min. de España nº 41. Madrid (1920).

- **Observaciones respecto a la división de los varíscides de la Meseta Ibérica.** F. Lotze. Publicaciones extranjeras sobre Geología de España. Tomo V. Madrid (1950).

- **Observaciones sobre la estratigrafía del Paleozoico de la región de Zafra (Provincia de Badajoz, España).** Not. y Com. del I.G.M.E. nº 76, pp. 175-180. Madrid (1964). Bard, J.P.

- **Petrogénesis de las rocas básicas del SO de España (Sierra Morena occidental).** Bol. Geol. y Min. T. LXXXII' 'V.I.G.M.E. Madrid (1972). Sánchez Cela, V. y Aparicio, A.

- Plan Nacional de Minería P.N.I.M. **Mapa Geotécnico Nacional.** I.G.M.E. (1972).

- **Précis de géomorphologie.** Derruau, M. París (1965).

- **Precisiones sobre el Precámbrico y sus relaciones con el Paleozoico en la Sierra Morena Central.** Et. Geol. volumen XXVIII, pp. 167-172. Inst. Lucas Mallada, C.S.I.C. Madrid (1972). Parga, J.R. y Vegas, R.

- **Precisiones sobre el Cámbrico del Centro y S de España. El problema de la existencia de Cámbrico en el Valle de Alcudia y en las Sierras de Cáceres y N de Badajoz.** Est. Geol. Vol. XXVII, pp. 419-425. Inst. Lucas Mallada. C.S.I.C. Madrid (1971) R. Vegas.

- **Principes et méthodes de la Géomorphologie.** Tricart, J. Masson y Cía. París (1965).

- **Problemas fundamentales de la geología regional de los Cárpatos Checoslovacos.** Matula. Congreso Geológico Internacional de Checoslovaquia (1968).

- **Programa Sectorial de Investigación de Minerales de Hierro.** Subsector IV - Reserva del SO. I.G.M.E. Ibergesa. Madrid (1970).

- **Prolongación del Carbonífero al S de la falla del Guadalquivir.** A, Carbonell Trillo Figueroa. Not. y Com. Inst. Geol. y Min. de España nº 3. Madrid (1931).

- **Rasgos estructurales de la Baja Extremadura.** Bol. Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol.), T-61, pp. 247-262. Madrid (1963). Alia, M.

- **Repartition des mineralisations varisques dans le Sud de la Meseta Iberique.** A. Ovtracht y G. Tamain. C. Rend. Acad. Sc. T-274. París (1972).

- **Reseñas estadísticas de las provincias de Badajoz, Huelva y Sevilla.** Presidencia del Gobierno. Instituto Nacional de Estadística. Madrid (1962).

- **Selección de cabeceras de comarca y núcleos de expansión en las provincias españolas.** (C. de M. 11-6-71) (1971).

- **Sobre el límite inferior del Cámbrico y la existencia de Eocámbrico en el Macizo Hespérico.** Bol. Geol. y Min. T. LXXXII-III-IV. I.G.M.E. Madrid (1971). Parga, J.R.

- **Sur l'alternance de zones métamorphiques dans le segment hercynien sud-ibérique; comparaison de la variabilité des caractères géotectoniques.** Bol. Geol. y Min. T LXXXII-III-IV, pp. 324-345. I.G.M.E. Madrid (1971).

- **Sur le Cambrien Inférieur du Maroc.** Rap XXI Sos. Int. Geol. Cong. 8, pp. 75-85. Copenhague (1960). Hupe, P.R.

- **Tectonique en Sierra Morena.** A. Ovtracht y G. Tamain. C. Rend. Acad. Sc. T-270. París (1970).

- **Terrains páleozoiques de Portugal. Etudes sur les fossiles des schistes a Nereites de San Domingo et des schistes a Nereites et a grptolites de Barrancos.** Com. del Serv. Geol. de Portugal. Lisboa (1910). Nery Delgado, J.F.

- **The principles of compiling the engineering geological map of the U.R.S.S. territory on the scale of 1:2.500.000.** Churinov. Congreso de Geología Económica. París (1970).

- **Trilobiten aus dem Unter-Kambrium der Sierra Morena (S Spanien).** Senck. Leth. T 43, H. 3, pp. 181-229. Frankfurt (1962). Sdzuy, K.

- **Una versión de la Hoja de Burguillos del Cerro.** Memoria obtención título Dr. Ing. en la E.T.S.I.M. Madrid (1964). Rebollo, J.L.