

MARGAS DE LA FACIES CUESTAS DE CASTILLA Y LEÓN TALUDES Y DESMONTES

Artículo elaborado y aprobado para su difusión por los miembros del Comité de Geotecnia Vial de la ATC:

Francisco Javier Payán de Tejada González

Demarcación de Carreteras del Estado en Castilla y León Occidental
Ministerio de Fomento

Carlos Fernández Calvo

Consejería de Fomento
Junta de Castilla y León

1. INTRODUCCIÓN

El centro de la cuenca del río Duero se caracteriza por la presencia de los Páramos, planicies elevadas rotas por los surcos que crean los valles de los ríos.

Los Páramos corresponden a la última fase del relleno de la cuenca del Duero durante el periodo Terciario, en un medio lacustre, dando origen a materiales duros, calizas más o menos karstificadas.

Por debajo de los Páramos, y entre éstos y las “llanuras de ablación” o Campiñas, según la terminología de Hernández Pacheco, se encuentran las Cuestas (foto 1).



Foto1.- Páramos, cuestas y campiña. Paisaje típico de la Cuenca del Duero

Las Cuestas, que conforman el paisaje en la zona de estudio, están constituidas, de arriba a abajo, por las formaciones facies Cuestas, facies Tierra de Campos y facies Dueñas. Estas dos últimas formaciones constituyen morfológicamente el enlace con la campiña en función de la profundización erosiva de la red fluvial.

La facies Cuestas y la facies Dueñas son litológicamente parecidas, formadas por margas, calizas y dolomías, con intercalaciones de yesos, siendo su génesis similar, formándose por sedimentación en medios lacustres o fluvio lacustres, de poca energía y generalmente alcalinos.

En medio de ambas formaciones, se sitúa la facies Tierra de Campos, constituida por arenas, arcillas y limos de color ocre, destacándose claramente de las formaciones entre las que se encuentra.

El territorio a que se refiere este artículo ocupa una franja a ambos lados de la N-620 entre Tordesillas y Burgos aproximadamente, limitada al norte por una línea imaginaria subparalela

a la N-620, trazada entre Medina de Rioseco y Castrojeriz, y , al sur, por el polígono cuyos vértices serían Tordesillas, Cuéllar, Hontalbilla, Aranda del Duero y Burgos.

El clima de esta zona puede considerarse de tipo mediterráneo según la clasificación de Kopen (Buendía, G, 1988), clima templado lluvioso con verano seco y cálido o muy cálido, si bien con algunas diferenciaciones. La alternancia de las masas de aire polar marítimo, con frecuencia presentes en invierno, con las masas continentales en verano, tienen como consecuencia la diferencia estacional tan marcada de esta Región. Por otra parte, la presencia y frecuencia de nieblas durante la estación invernal es otra característica peculiar de la zona. El régimen de lluvias en la meseta, donde se localiza la facies en estudio, oscila entre los 400 y los 500 mm de precipitación al año, mientras que las temperaturas medias se encuentran entre los 10 y 12 °C.

En relación con el índice de Thornthwaite, la zona se encuentra clasificada como semiárido/seco subhúmedo (Justo et al, 1972).

Los procesos erosivos naturales, por una parte, y los antrópicos, por otra, hacen estas litologías proclives a la formación de taludes, que pueden llegar a ser de gran altura.

Las diferencias de cota entre los valles de los ríos principales y la superficie superior del Páramo, próximas a los 200 metros, han producido cortes en la secuencia litológica que permite observar las pendientes de equilibrio naturales de cada una de las formaciones, así como las causas más frecuentes de desestabilización de los mismos (erosión diferencial de estratos, meteorización, surgencias de agua, etc.)

Por último, la creación de nuevas infraestructuras de transporte, y el acondicionamiento y mejora de las existentes, han provocado el recorte de manera artificial de estas litologías, dando ocasión a la formación de taludes, que en algún caso pueden llegar a 30-40 metros de altura. Estos taludes presentan la misma problemática que los taludes naturales, para cuya solución se han utilizado diversas tipologías de diseño.

2. GEOLOGIA DE LAS FACIES CUESTAS

La zona de estudio se sitúa en el sector Central de la Cuenca del Duero, en las provincias de Burgos, Valladolid, Segovia y Palencia.

Esta zona central de la cuenca del Duero ha sido clásicamente dividida en los tres elementos morfológicos esenciales del paisaje castellano: **la Campiña, las Cuestas y los Páramos**

La Campiña, o zona baja de la Depresión del Duero, formada por sedimentos detríticos finos terciarios y depósitos de la red fluvial cuaternaria, **las Cuestas** o laderas que están constituidas por sedimentos blanquecinos con alternancia de margas, yesos, arcillas y calizas, correspondientes a la sedimentación evaporítica del centro de la cuenca que culmina en la Caliza de finales del Terciario y que actualmente forman **los Páramos** o mesetas altas de morfología plana.

El esquema estratigráfico con la distribución de las distintas unidades en relación con la morfología general de la cuenca del Duero se presenta en la figura 1.

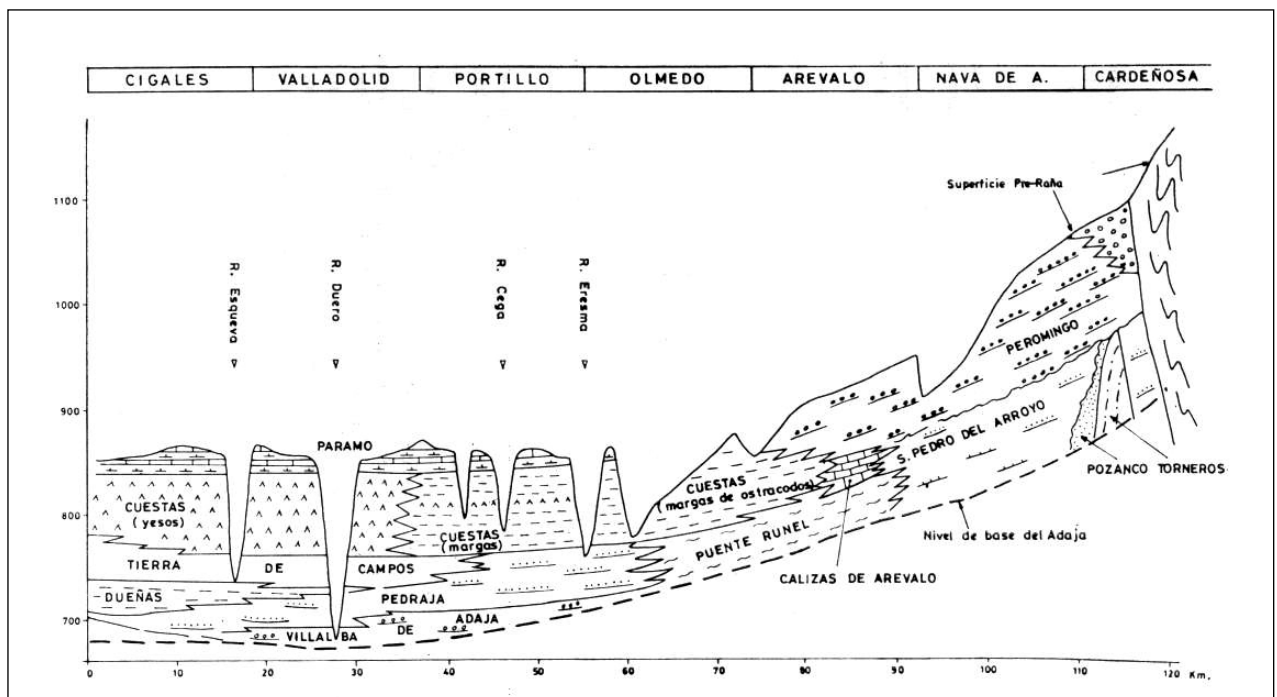


Fig.-1 Esquema estratigráfico N-S (IGME)

La facies Cuestas corresponden a una sedimentación de tipo lagunar o de playas, más o menos salinas y cambiantes en el espacio y en el tiempo, con escasa profundidad de agua y nivel freático próximo (Sánchez de la Torre, 1978), lo que favorece la concentración de yesos diagenéticos, costras salinas y neoformación de minerales fibrosos de la arcilla.

2.1 Estratigrafía

Dentro de la facies Cuestas se reconocen variaciones composicionales importantes. La distribución espacial, tanto en sentido vertical como horizontal, de esta facies es consecuencia del proceso de relleno de la cuenca terciaria, con influencia de la actividad tectónica. Así Mediavilla y Dabrio (1988) reconocen cuatro unidades tectosedimentarias en función de la tectónica sinsedimentaria relacionada con las fracturas del zócalo, tipo y cantidad de sedimentos disponible, así como del clima actuante. Como consecuencia de ello, las variaciones de esta facies presentan formas ordenadas en bandas alargadas según las directrices de los accidentes y no en formas concéntricas.

En cuanto a la secuencia vertical, Pozo y Leguey (1984, 1990) diferencian tres niveles o episodios:

- Nivel inferior o episodio detrítico con dominio detrítico arcilloso
- Nivel intermedio o episodio de transición con dominio margoso calco dolomítico
- Nivel superior o episodio carbonático con dominio calcítico y minerales fibrosos de arcilla

Suárez et al (1991) distinguen también estos tres tramos, señalando la presencia de yesos desde el tramo inferior y de costras carbonatadas en el intermedio.

2.2 Mineralogía

Los materiales neógenos del centro de la cuenca del Duero han sido objeto del estudio mineralógico de las arcillas en los últimos años, especialmente debido a su contenido en minerales fibrosos (sepiolita y paligorskita),

Ordoñez et al. (1981) citan la presencia de esmectitas magnésicas en la facies de las Cuestas y sugieren la posibilidad de la existencia de sílice amorfa como precursor de la sepiolita.

Pozo (1987) destaca el paso en la facies Cuestas de las asociaciones de minerales heredados (illita, caolinita, clorita) a minerales de transformación y neoformación (sepiolita y paligorskita), estando estos últimos relacionados con fases retractivas de los ambientes lacustres.

Otros trabajos de índole general de interés son los de Pozo y Caramés (1983), Pozo y Leguey (1984), Galán y Castillo (1984), Corrochano y Fernández (1986), Díez Torres et al. (1989).

En el sector central la presencia de sepiolita y paligorskita en la facies Cuestas, presentan una amplia distribución. Así Pozo y Leguey (1984) han descrito tres asociaciones de los minerales de la arcilla, en función de la litofacies dominante:

- 1) Ligada a yesos, está la asociación sepiolita-paligorskita-esmectita-illita.
- 2) En fangos dolomíticos, illita-esmectita-paligorskita-sepiolita-caolinita.
- 3) Relacionada con materiales calcáreos, paligorskita-sepiolita

Fernández Calvo et al. (1991) estudiaron la mineralogía de las arcillas regionales de Castilla y León y confirmaron lo anteriormente expuesto. Las arcillas asociadas a la facies Cuestas encontradas en este estudio han sido illita, caolinita, esmectita, sepiolita y paligorskita. La distribución y contenido de las mismas es como sigue:

- Illita: es el más abundante, dándose sus máximos valores en las hojas 341 (San Pedro de Latarce), 342 (Villabrágima), 311 (Dueñas), 312 (Baltanás), 273 (Palencia), 274 (Torquemada) y 343 (Cigales)
- Caolinita: Presenta bajos contenidos localizándose sus valores máximos (en torno al 30 %) en las mismas hojas descritas para la illita.
- Esmectita: es dominante en los materiales situados al este y oeste de la Sierra de Honrubia-Pradales
- Sepiolita: presenta una abundancia que por lo general no supera el 30 %. Sus indicios se localizan en el área limitada por Aranda del Duero y Palencia al norte, y por Tordesillas y Olmedo al sur.
- Paligorskita: alcanza sus máximos valores en las zonas de Cuellar y Sacramenia, y con valores algo menores en las hojas 342 (Villabrágima) y 371 (Tordesillas)

2.3 Geodinámica externa

La litología de la serie está formada por una unidad inferior margosa con niveles arcillosos (materiales blandos) y de una unidad superior formada por un paquete calcodolomítico (material

duro). Teniendo en cuenta estas características, se observa que las laderas de la facies Cuestas tienden a ser inestables, produciéndose desprendimientos y deslizamientos o reptaciones, siendo probables los flujos de barro. Las laderas de la facies Cuestas se caracterizan por tener elevadas pendientes (valores que oscilan entre los 35°-70° pudiendo llegar incluso a los 90°). Las capas blandas sufren mayor erosión y como consecuencia de ello se forman bloques inestables de las capas competentes al estar fracturadas y quedar en voladizo.

No existen cursos permanentes de agua. Aparece surcada por arroyos o barrancos que constituyen su red de drenaje. El coeficiente de escorrentía es variable de un punto a otro, y se puede tomar el intervalo $C=0,50-0,80$.

Sus materiales son relativamente impermeables, excepto las infiltraciones debidas a fisuras y capas calcáreas o yesíferas, y el drenaje, salvo en vaguadas, es favorable, efectuándose en su mayor proporción como escorrentía superficial.

3. PROPIEDADES GENERALES DE LAS MARGAS DE LA FACIES CUESTAS

Dentro de la clasificación de materiales arcillo-margosos establecida en 1995 por Oteo y García de la Oliva, se consideran cuatro grupos:

- Grupo A.- Arcillas duras, algo arenosas, con bajo contenido de carbonatos: se trata de materiales arcóscicos pliocenos y miocenos, procedentes de la alteración de rocas graníticas y gnéicas, con posterior preconsolidación y cementación. Se presentan en la meseta Central y constituyen el grupo menos margoso (p.e. los Toscos de Madrid).
- Grupo B.- Arcillas muy rígidas, con contenido apreciable de carbonatos (20 - 30 % de CO_3Ca), que permite calificarlas de arcillas margosas; con coloraciones azules, marrones y verdosas cuando están sanas, pasando a pardo y marrón al estar alteradas. Tienen estructura lajosa y se encuentran en la cuenca del Duero, valle del Guadalquivir, norte de Granada, etc.
- Grupo C.- Materiales margo-arcillosos tableados y duros, situados en el centro de las cuencas de los ríos Duero, Tajo, Guadiana y Ebro, asociados con depósitos

terciarios lacustres, con coloraciones grisáceas y verdosas (materiales miocenos), pero que pueden tener zonas blanquecinas (yesos) y coloraciones irisadas (Keuper)

- Grupo D.- Formaciones cementadas y encostradas, margas calcáreas y margas areniscas, con mayor contenido de carbonatos (10 - 50 % de CO_3Ca), como los materiales pliocénicos de Huelva y Cádiz.

Las margas de la facies Cuestas pertenecen en general al grupo C y ocupan una gran extensión en el centro de la Cuenca del río Duero.

Los resultados que aquí se presentan corresponden a diferentes trabajos realizados por la Consejería de Fomento de la Junta de Castilla y León (Cartografía incluida en el Anejo). Se ha trabajado con un total de 130 muestras, tanto alteradas como inalteradas, si bien no sobre todas ellas existen resultados para todos los ensayos analizados.

La situación de las muestras en el gráfico de Casagrande se presenta en la fig.3

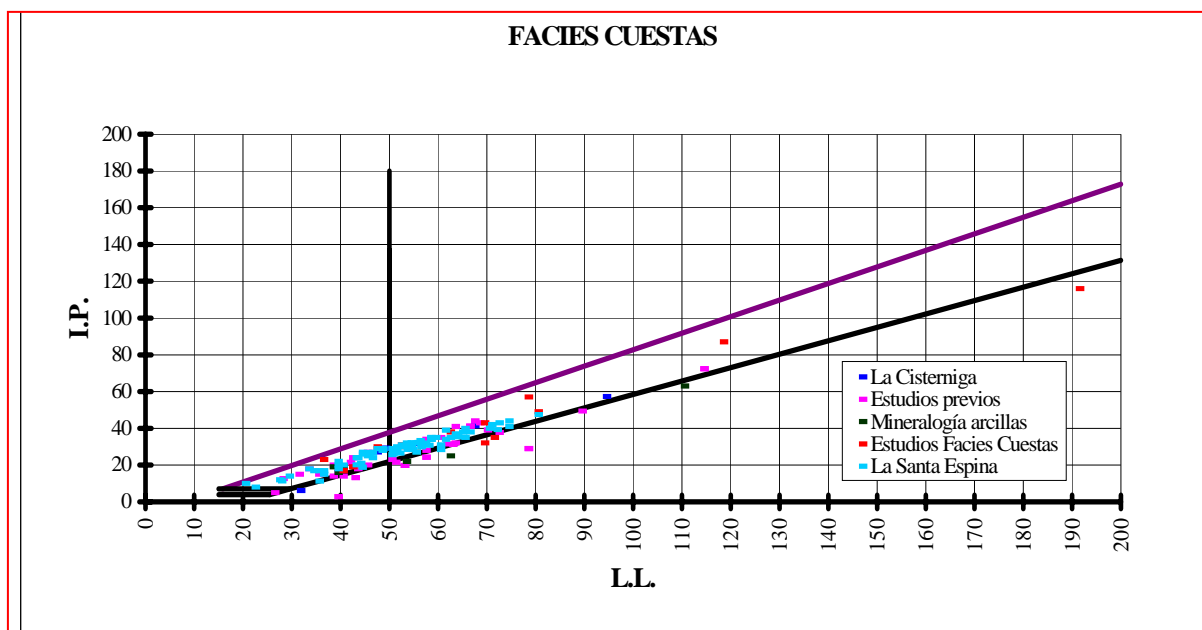
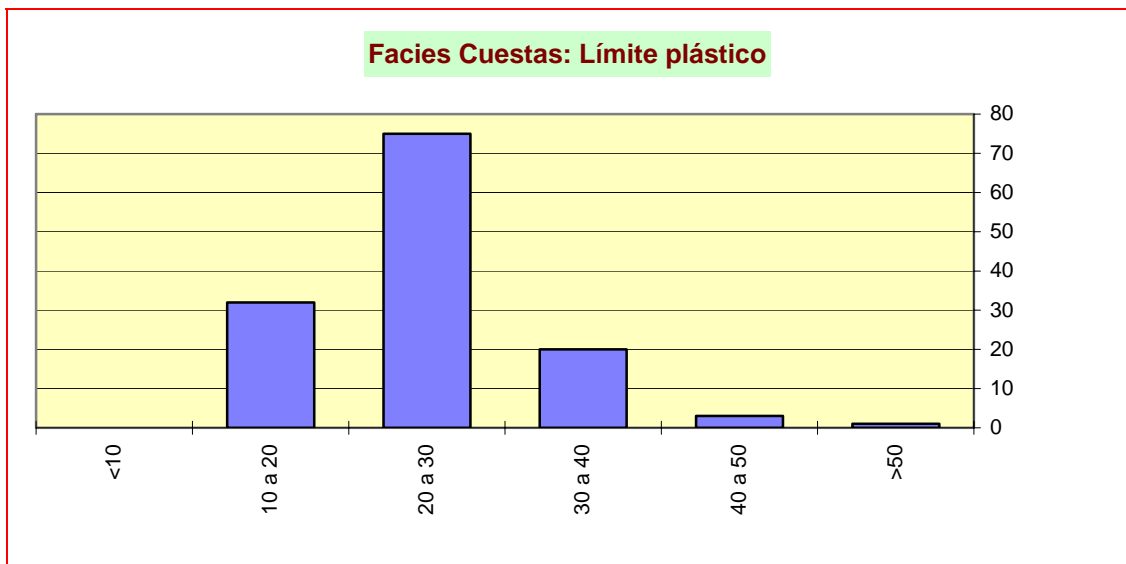
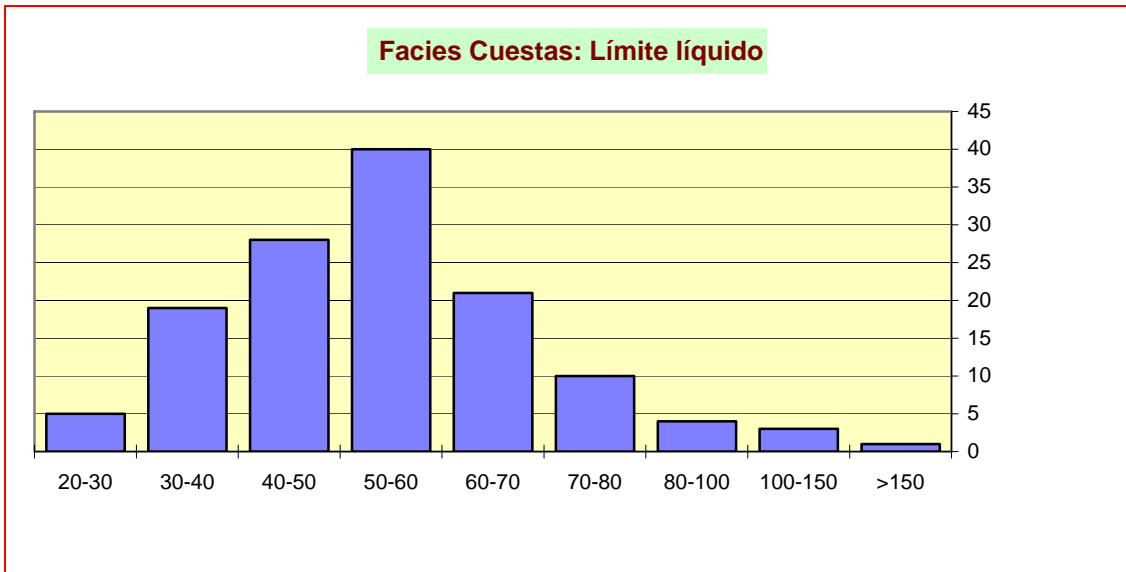


Figura 3

La plasticidad de los suelos referida a sus límites líquido, plástico e índice de plasticidad se presentan en la figura 4. Se puede apreciar como la distribución de los valores de plasticidad es unimodal y aproximadamente normal. El límite líquido tiene una distribución más extendida, con la moda en el intervalo 50-60, y una mayor concentración de valores entre 30

y 70. El límite plástico presenta una mayor concentración, situándose su moda entre 20 y 30. Los valores del índice de plasticidad se concentran entre 15 y 45, encontrándose su moda entre 25 y 35. En general se comprueba que son arcillas de plasticidad media/alta, pero entre las que se encuentran arcillas de alta a muy alta plasticidad, con límites líquidos mayores de 80, que pueden llegar a ser superiores a 150, e índices de plasticidad por encima de 50, que pueden ser superiores a 100.



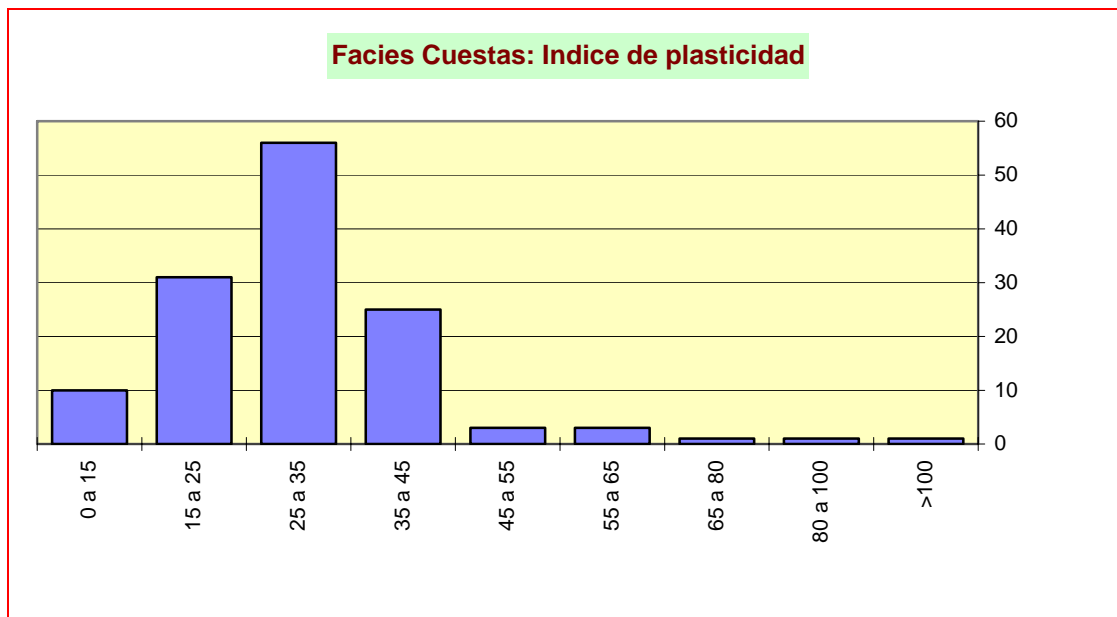


Figura 4

El porcentaje de carbonatos es variable aunque elevado en general. De las muestras ensayadas, más del cincuenta por ciento se encuentran con porcentajes de carbonatos entre el 40 y el 80 por ciento, clasificándose como margas o margas calcáreas. Un tercio se encontrarían en la zona de arcillas margosas o margas arcillosas (0 a 40 % de carbonatos), mientras que el resto serían calizas o calizas margosas. Esta variación refleja las distintas capas que aparecen en la columna estratigráfica de la facies, más arcillosa en el tramo inferior, y más calcáreas en el tramo superior, sin que por ello deje de aparecer esa alternancia en toda la altura, de acuerdo con el medio sedimentario que les dio origen.

La humedad natural de estos materiales en relación con el límite líquido y la humedad óptima del ensayo de compactación minipróctor de laboratorio se presentan en la figura 5. Se puede comprobar como la relación entre la humedad natural y el límite líquido se encuentra, en general, en el entorno de 0,4 a 0,5. Las muestras que han proporcionado relaciones distintas, tanto del lado húmedo como del lado seco, son en general muestras superficiales especialmente desecadas por el clima o muestras de zonas de arroyada con humedad elevada. Si observamos la relación de la humedad natural con la humedad óptima del ensayo de compactación minipróctor de laboratorio, vemos que todas ellas se encuentran en el entorno de la humedad óptima más 15 puntos o menos 5 puntos.

Considerando el índice de consistencia, figura 6, se aprecia que se produce una concentración de valores entre 0,9 y 1,1, pero existen colas alargadas hacia ambos extremos indicando la existencia de muestras o muy secas o muy húmedas en relación con el límite

líquido. Por otra parte, se presenta la distribución del índice de fluidez de las muestras estudiadas en la figura 7, donde se puede observar una concentración de los valores en el intervalo -0,2 a 0,1 en lógica correspondencia con lo anterior.

El grado de saturación de los materiales de Facies Cuestas es muy alto en general para profundidades por debajo de la capa activa, que dada la impermeabilidad de los materiales no es excesivamente profunda. En la figura 8 se presentan los valores del grado de saturación obtenido sobre 109 muestras inalteradas.

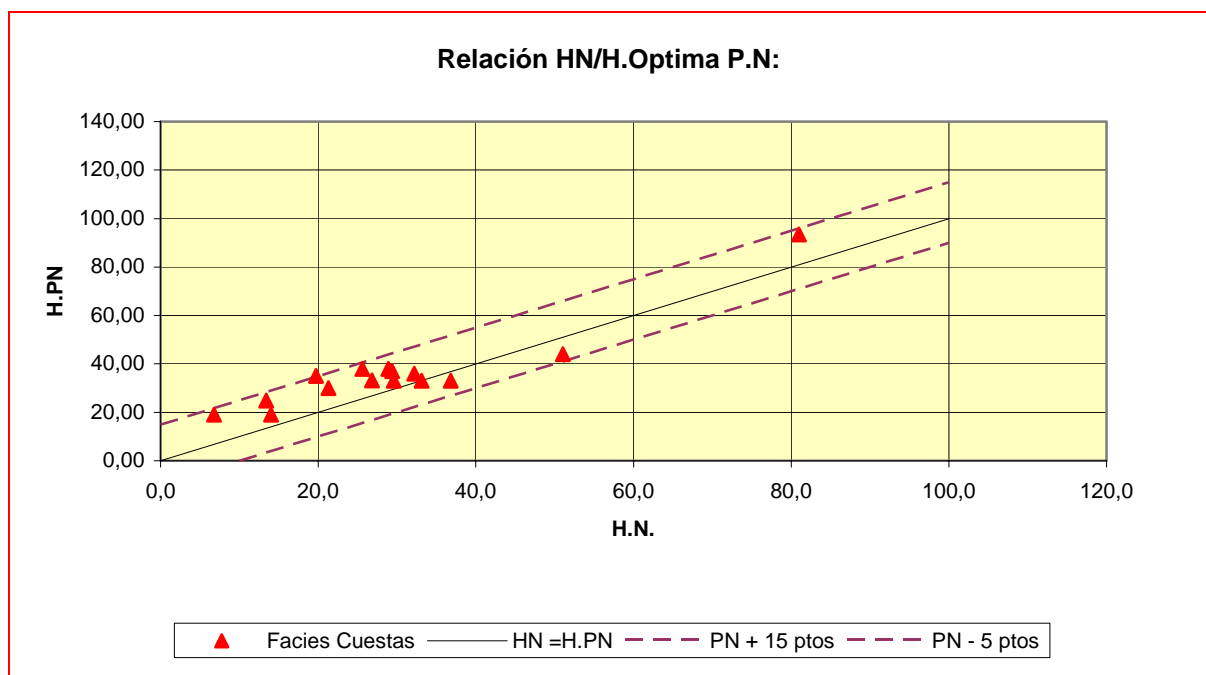
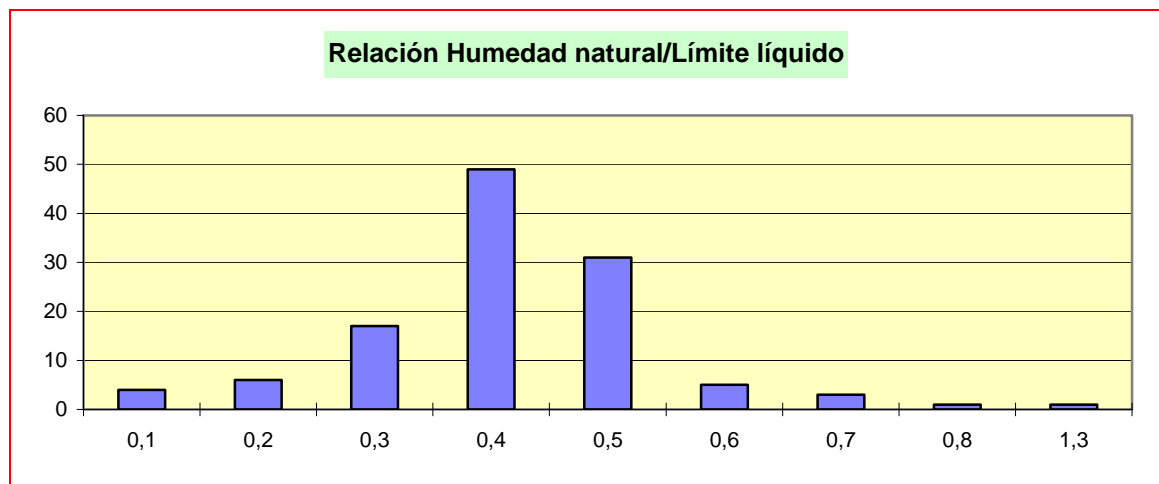


Figura 5

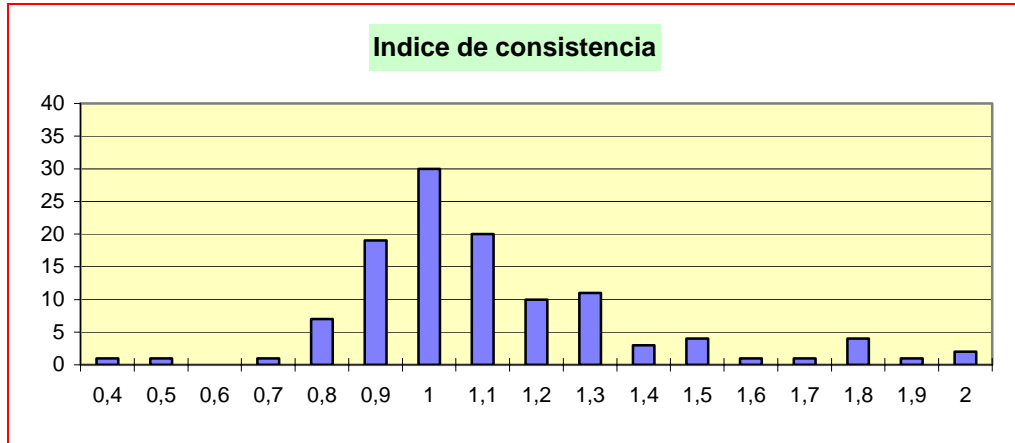


Figura 6

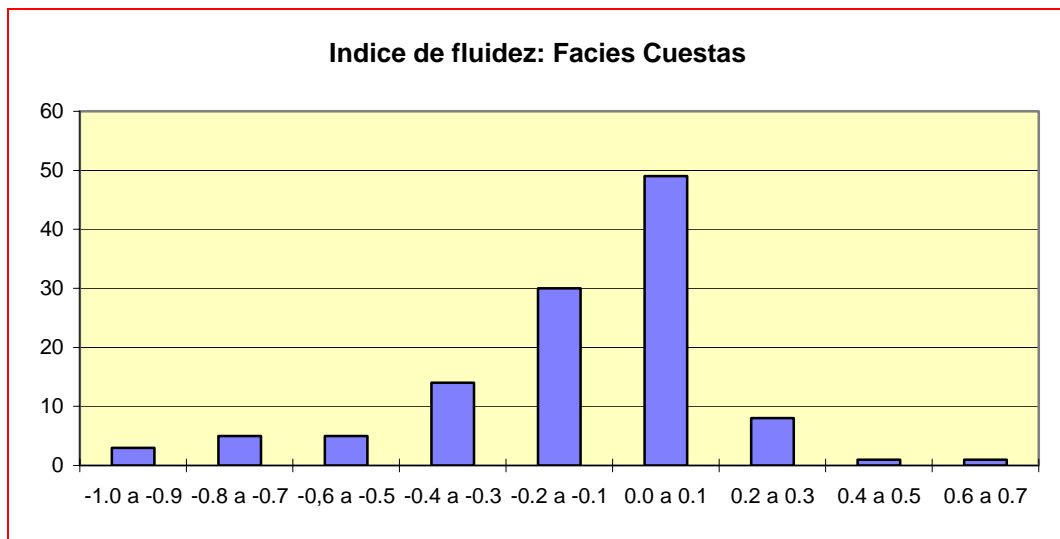


Figura 7

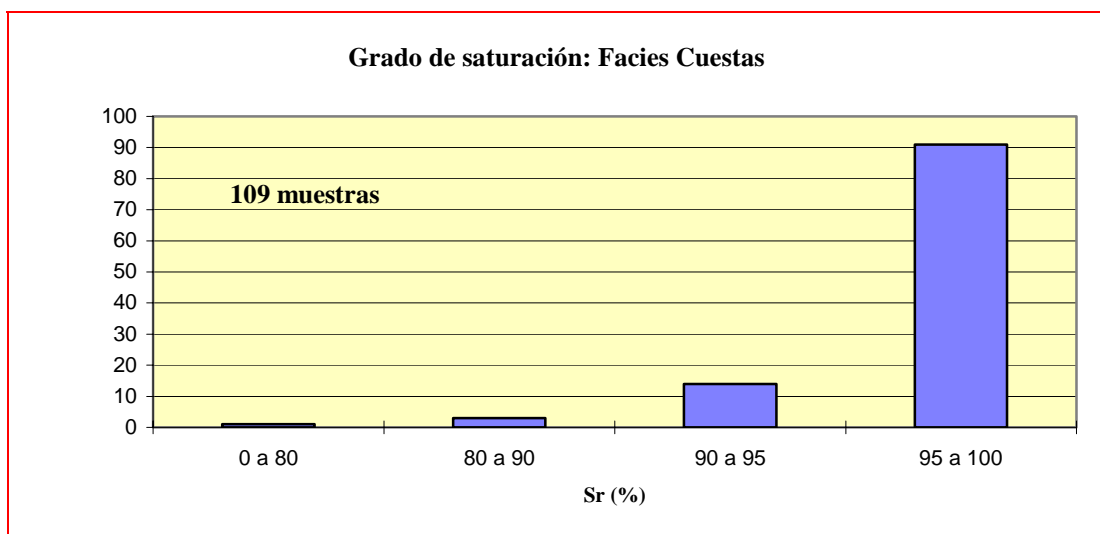


Figura 8

De los datos disponibles de humedad natural y límite plástico se obtiene una relación entre ellos que varía entre 0,9 y 1,1 para la mayor parte de las muestras, figura 9. Esta relación se considera como índice de desecación y es aproximadamente constante para las condiciones de equilibrio por debajo de la capa activa (Escario, 1989).

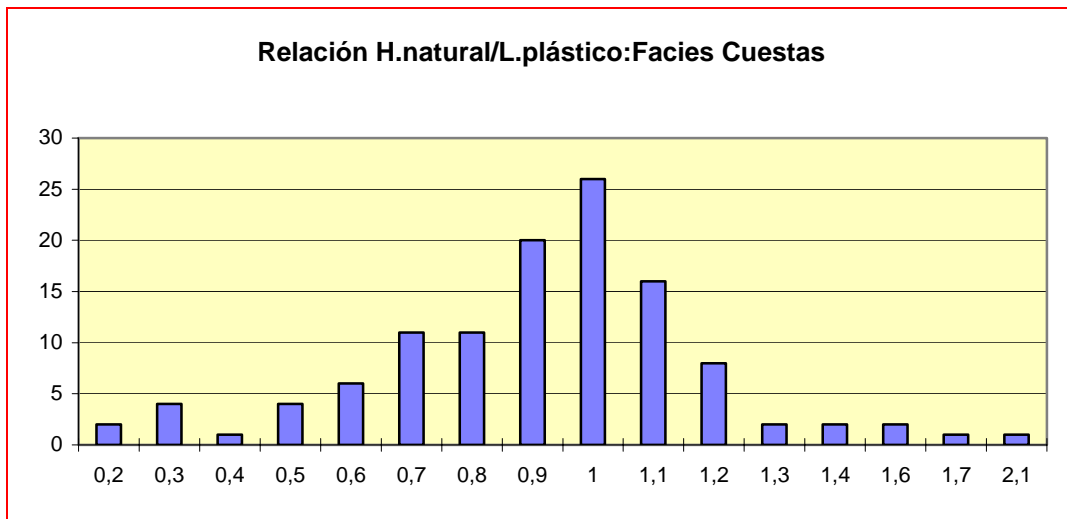


Figura 9

La densidad seca de estos materiales varía entre 1,40 y 1,90 g/cm³, encontrándose su valor más frecuente entre 1,60 y 1,80 g/cm³, según se puede apreciar en la figura 10.

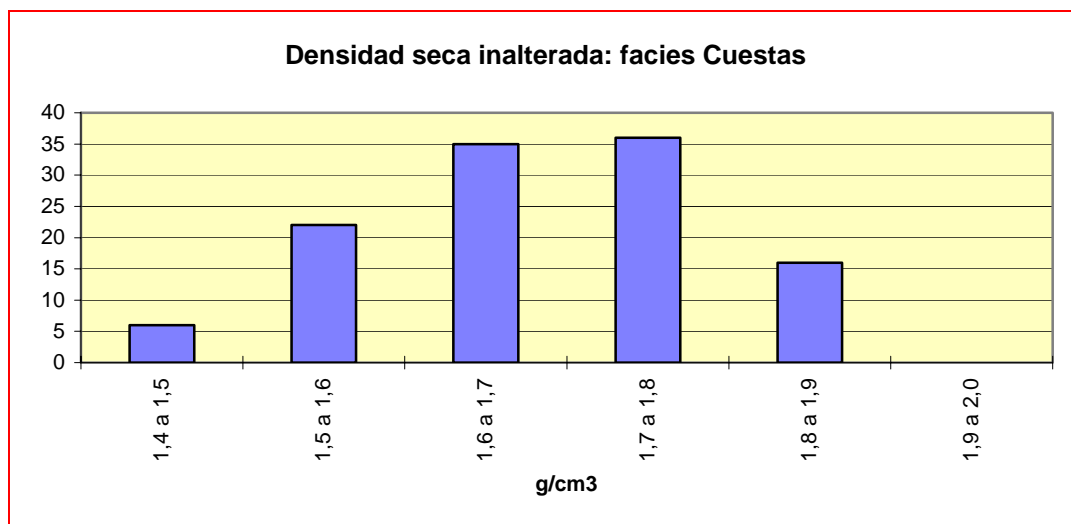


Figura 10

Sobre algunas de las muestras se han realizado ensayos de compactación en laboratorio empleando un molde de 86,88 cm³ y una maza de 500 g de peso que se deja caer desde una altura de 20 cm. La compactación se realiza en cinco capas, con 10 golpes por capa. De esta

manera, la energía de compactación proporcionada es aproximadamente la correspondiente al ensayo próctor normal (NLT-107/91).

Los resultados obtenidos han proporcionados valores de la densidad seca máxima en el ensayo de compactación por debajo de los obtenidos para las muestras inalteradas, lo que indica el estado de sobreconsolidación en que se encuentran, a pesar de las densidades tan bajas encontradas en algunos casos. En la figura 11, que presenta los valores obtenidos en el ensayo de compactación en laboratorio, se puede comprobar como la moda de la distribución se ha trasladado hacia valores entre 1,3 y 1,4 g/cm³, aproximadamente 0,2 puntos menor que la obtenida con las muestras inalteradas.

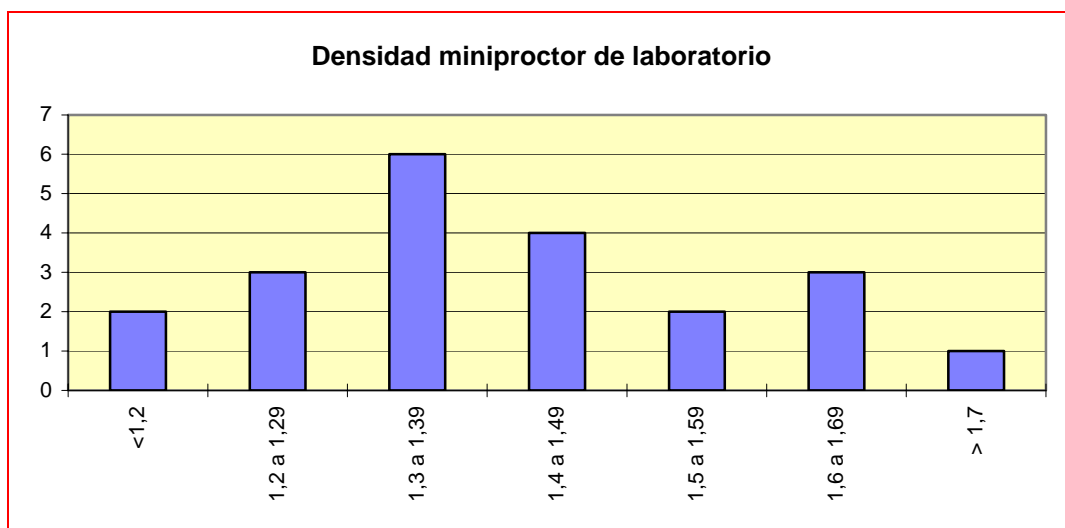


Figura 11

Sobre las muestras inalteradas se dispone de resultados de ensayos de compresión simple y triaxial, tanto UU como CU.

Los resultados obtenidos en ensayos de compresión simple se presentan en la figura 12. Se puede observar que este gráfico presenta dos modas, que corresponden a los dos tipos de materiales que, a grandes rasgos, se presentan en esta facies, las margas y margas arcillosas, más blandas, y las margas calcáreas, más duras.

Los resultados de los ensayos triaxiales UU, figura 13, no presentan sin embargo esa diferenciación, lo que se debe al procedimiento de ensayo. En efecto, al haberse realizado los ensayos triaxiales sin drenaje siempre sobre probetas de 1,5", es preciso tallar las muestras obtenidas en los sondeos, lo que sólo es posible cuando se trata de arcillas margosas o margas arcillosas no excesivamente duras. Podemos concluir que los resultados obtenidos en ensayos triaxiales UU serían comparables únicamente con los valores de compresión simple

correspondientes a la primera moda. Otra salvedad a considerar, es que mientras en compresión simple se han representado los valores correspondientes a la rotura, q_u , en los ensayos triaxiales se han representado los valores correspondientes a c_u .

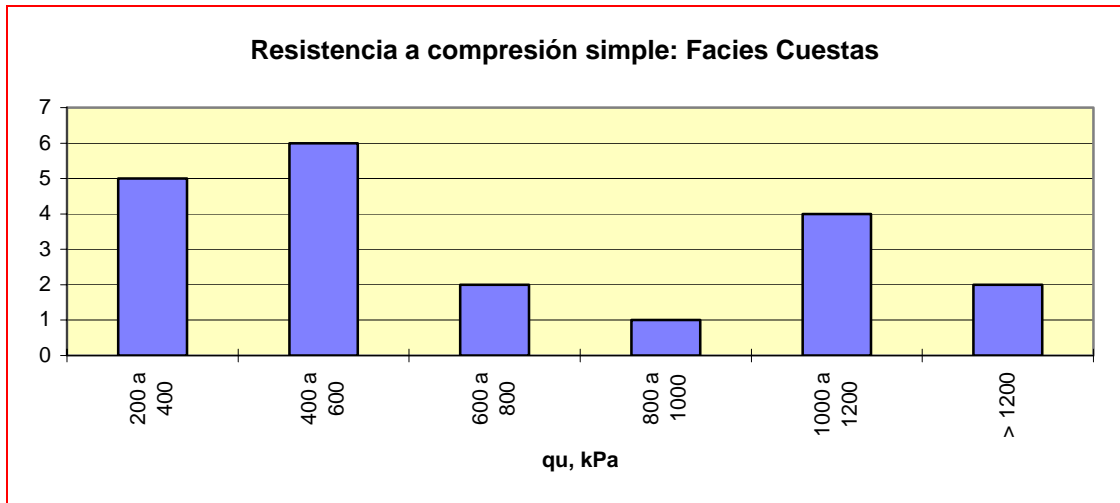


Figura 12

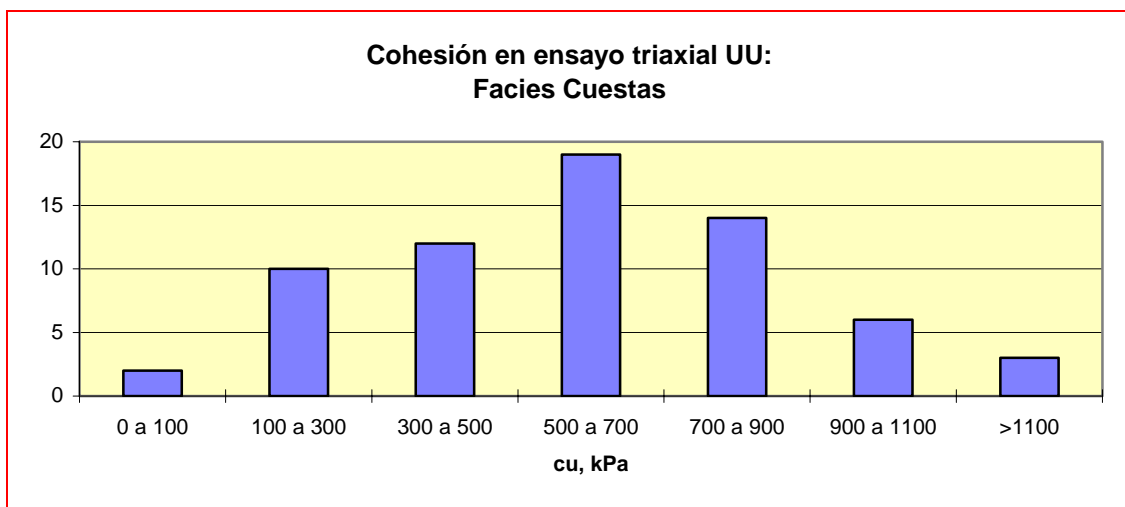


Figura 13

Si comparamos los resultados obtenidos, considerando únicamente la primera moda de la distribución de resistencias a compresión simple, se puede advertir que los ensayos triaxiales sin drenaje presentan valores más altos que los ensayos de compresión simple, estadísticamente del orden del doble, si bien en casos concretos estudiados por los autores, las relaciones obtenidas entre valores de resistencia al corte en ensayos triaxiales y de compresión simple, en materiales similares a los que aquí se estudian, han sido menores.

El valor medio de la cohesión sin drenaje obtenida en ensayos triaxiales UU ha sido de 613 kPa, con una desviación típica de 339 kPa.

En los ensayos triaxiales consolidados sin drenaje, con medida de presiones intersticiales, los valores medios obtenidos han sido de $31,5^\circ$ para el ángulo de rozamiento efectivo, con una desviación típica de 1° , y de 7,3 kPa para la cohesión efectiva, con una desviación típica de 3,0 kPa, si bien estos valores corresponden únicamente a cuatro muestras.

En cuanto a la forma de la curva de rotura en ensayos triaxiales UU, en la mayor parte de los casos, para valores del desviador en rotura por encima de 1.000 kPa, el material se comporta de manera frágil, con un valor de pico tanto más marcado cuanto mayor es la resistencia de la muestra. Para valores del desviador en rotura por debajo de 1.000 kPa, no se presenta este comportamiento obteniéndose la rotura para el valor crítico.

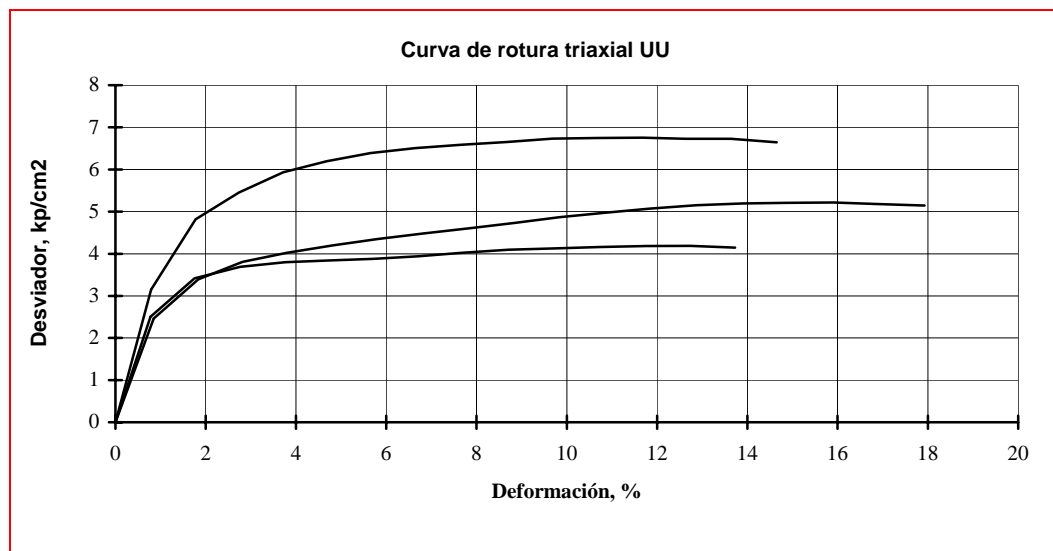


Figura 14

En las figuras 14 y 15 se presentan las curvas de rotura en ensayo triaxial sin drenaje obtenidas en el ensayo de algunas de las muestras. En la figura 15 el ensayo se paró después de la obtención del valor de pico, cuando ya se marcaba un claro descenso de la resistencia de la probeta.

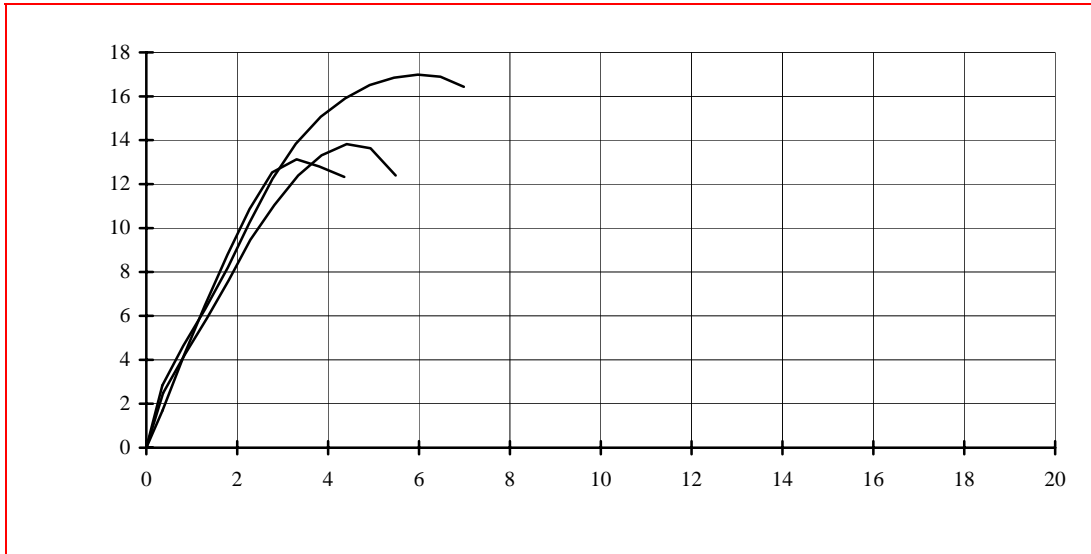


Figura 15

El carácter expansivo de estos suelos se ha comprobado mediante ensayos de presión de hinchamiento en edómetro. El valor medio obtenido, para 11 muestras, ha sido de 131,2 kPa, con una desviación típica de 78,5 kPa. El valor máximo obtenido ha sido de 304 kPa, mientras que el mínimo se ha situado en 55 kPa. A la vista de los resultados se puede concluir que son suelos de expansividad media a baja, que en algunos casos puede ser alta a muy alta, en correspondencia con la existencia de arcillas activas, esmectitas, sepiolitas y paligorskitas, y con la elevada plasticidad encontrada en algunas capas.

Si atendemos a los criterios de potencial de expansividad en función de la humedad y los límites líquido y plástico (Oteo, 1986), que se reflejan en las figuras 16 y 17, comprobamos que la mayor parte de las muestras se encuentran en las zonas I y II, potencial expansivo bajo a medio, mientras que en las zonas III y IV, potencial expansivo alto a muy alto, nos encontramos con un cierto número de muestras que se corresponden con los materiales con arcillas expansivas y que a su vez han dado los valores más altos de plasticidad.

Hay que tener en cuenta además que el alto contenido de carbonatos es un elemento reductor, tanto de la plasticidad como del potencial expansivo, lo que justifica la reducida expansividad general del conjunto, si bien con las excepciones ya comentadas.

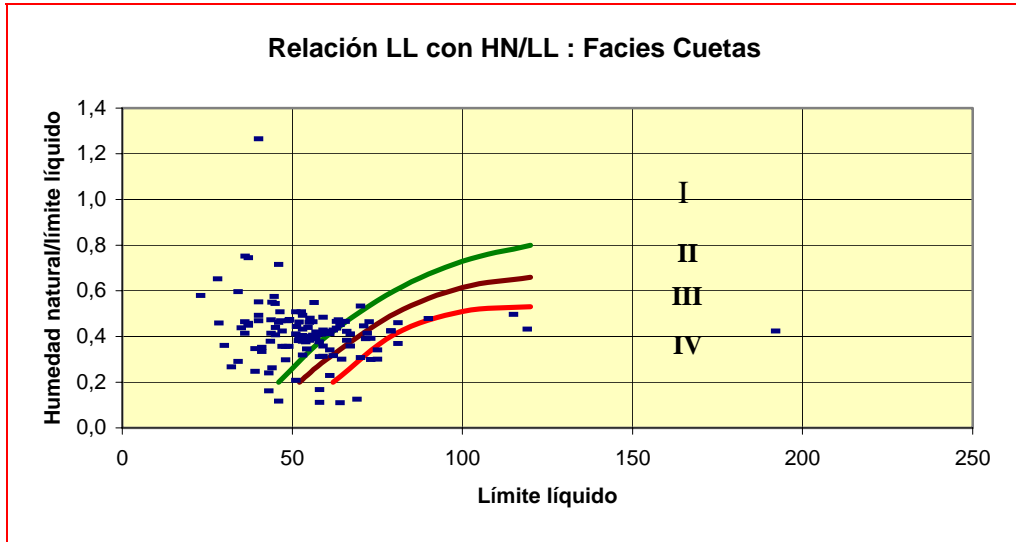


Figura 16

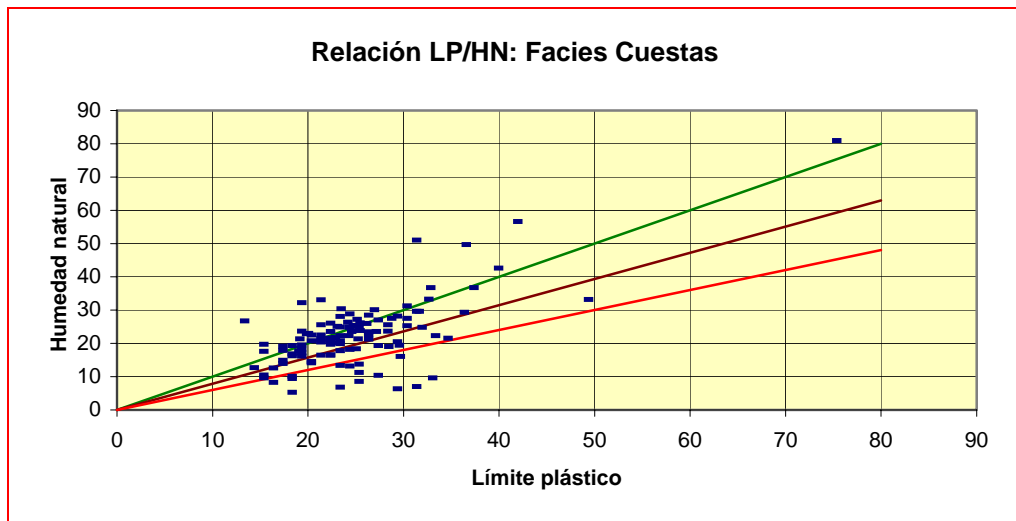


Figura 17

4. DESLIZAMIENTOS Y TALUDES

La morfología del área estudiada se caracteriza, como se indicaba en la introducción, por la existencia de dos planicies, Páramos y Campiñas, unidas por terrenos en pendiente. Estos terrenos están constituidos geológicamente por las calizas de los Páramos y las facies Cuestas, Tierra de Campos y Dueñas.

La morfología descrita se ha ido formando a partir de la erosión de los ríos que siguen las direcciones marcadas por las fracturas del zócalo según se expuso en el apartado de estratigrafía.

En condiciones de estabilidad, las pendientes naturales formadas entre las dos planicies dependen de los materiales que constituyen las diferentes facies, siendo más abruptas en las zonas dominadas por materiales calcáreos (Páramos) y más suaves en las zonas dominadas por las margas y limos.

Los taludes naturales para los materiales calcáreos se encuentran por encima de los 50°, mientras que en los materiales arcillosos las pendientes varían entre 15° y 30°.

Por otra parte, en el área morfológica definida por las campiñas, las cuestas y los páramos se localizan grandes deslizamientos de carácter natural claramente destacados en el paisaje. Entre los más significativos se pueden citar los de Cabezón, Portillo, Geria, Tariego y Reinoso de Cerrato. En general se encuentran inactivos, mientras que el deslizamiento de Reinoso de Cerrato es un deslizamiento vivo en el que aún se producen movimientos. (Fotos 2 y 3)



Fotos 2 y 3. Deslizamientos de Reinoso de Cerrato y de Cabezón de Pisuerga

Estos deslizamientos afectan no sólo a la facies Cuestas objeto de este artículo, sino también al resto de litologías que ocupan el espacio entre los valles y los Páramos, facies Dueñas, facies Tierra de Campos, facies Cuestas y Calizas del Páramo.

De una manera muy general, se pueden situar las causas de estos deslizamientos en la socavación del pie de los taludes por los ríos, su gran altura, el alivio de tensiones verticales producido por la erosión junto a la permanencia de tensiones horizontales elevadas y la existencia de niveles freáticos colgados que introducen presiones hidrostáticas en el macizo y saturan las arcillas reduciendo su resistencia al corte.

En relación con el deslizamiento de Reinoso (fotos 4 y 5), el más interesante por encontrarse actualmente en movimiento, los autores participaron en un estudio realizado por el C.E.A.T. de Valladolid (actual Demarcación de Carreteras de Castilla y León Occidental) debido a su afección a la carretera C-619.



Fotos 4 y 5. Detalles del deslizamiento actual de Reinoso de Cerrato

El deslizamiento afecta a los materiales por debajo de las calizas de los Páramos y presenta diversas superficies de rotura, la más profunda de las cuales termina aproximadamente a nivel del río, siendo la altura total del deslizamiento aproximadamente de cien metros. Intercalados existen diversas superficies de rotura más o menos extendidas que dan al paisaje el aspecto característico de los materiales deslizados.

En este caso, la combinación de la pérdida de presiones efectivas verticales unido al relajamiento de las tensiones horizontales y la existencia de presiones hidrostáticas producidas por los acuíferos existentes pueden provocar el efecto de rotura progresiva descrito por Bjerrum (1966). En las figuras 18 y 19 se presenta un esquema del deslizamiento tomado del estudio citado.

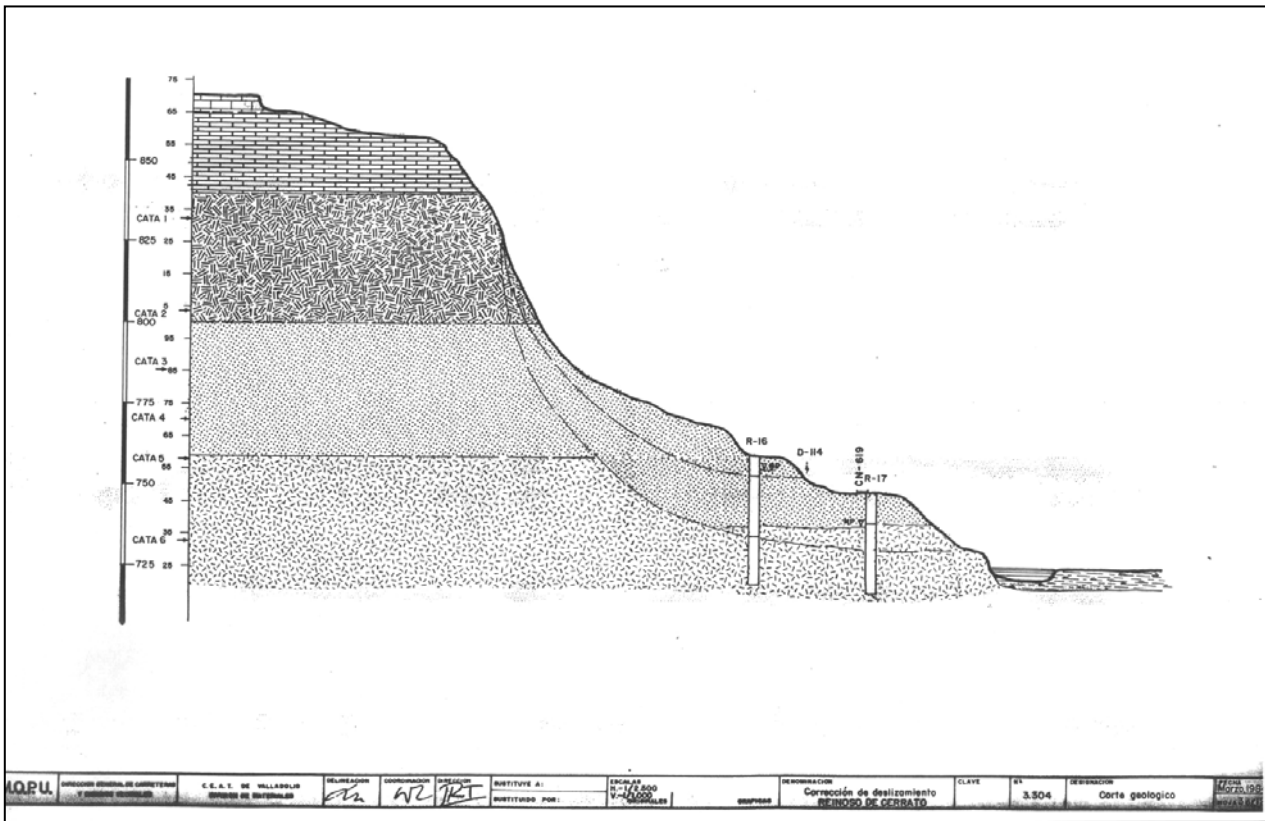


Fig 18. Perfil del deslizamiento de Reinoso de Cerrato

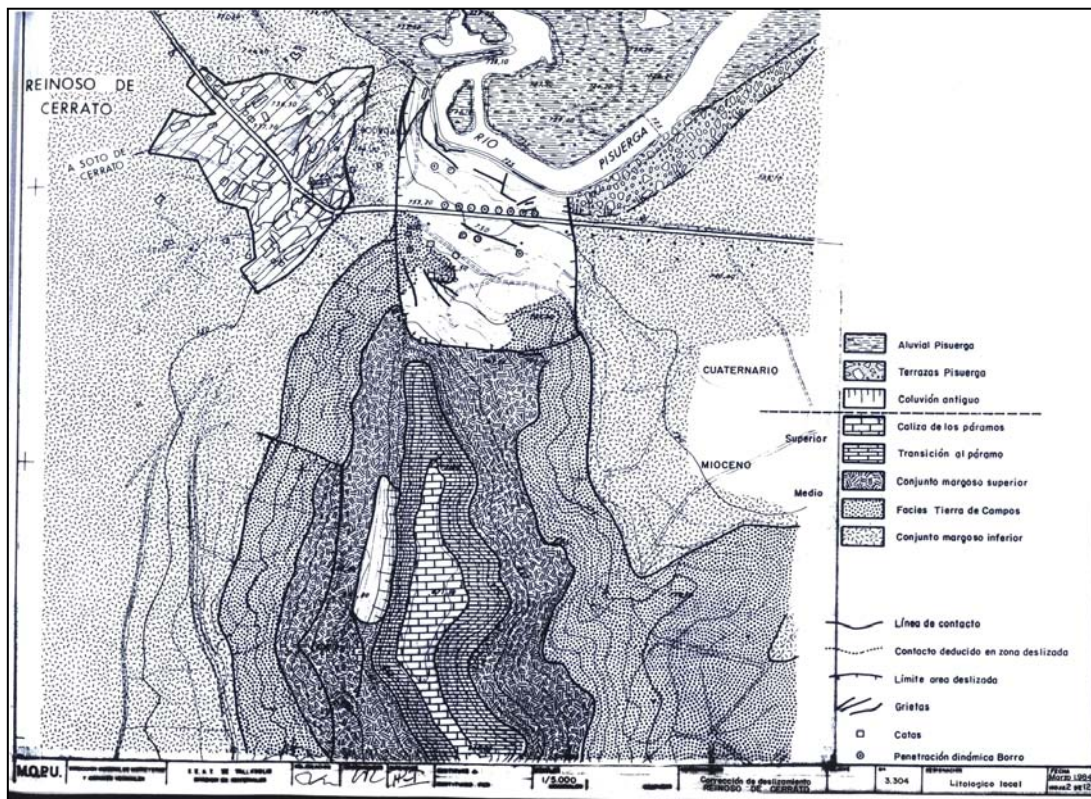


Fig 19. Cartografía del deslizamiento de Reinoso de Cerrato

En cuanto a los taludes artificiales creados como consecuencia de la construcción de la red viaria, el Servicio de Tecnología y Control de Calidad de la Junta de Castilla y León está realizando un inventario en el que se reflejan las condiciones geométricas, los materiales constituyentes, las condiciones de permeabilidad y la existencia de afloramientos de agua, así como su estado de conservación, inestabilidades apreciadas y medidas correctoras aplicadas.

Para los taludes existentes dentro de la facies Cuestas ha sido frecuente la utilización de ángulos de talud de 45°- 50°, complementados con bermas situadas aproximadamente cada 7 metros de altura (foto 6).



Foto 6. Taludes con bermas en las Facies Cuestas

También se han realizado taludes sin bermas intermedias que han llegado a tener pendientes de hasta 50° con alturas de 30 metros, si bien esta pendiente se tiende en la zona superior del talud. En general, las pendientes utilizadas en taludes sin bermas se encuentran entre 30° y 45°.

Cuando el talud afecta a los materiales calcáreos superiores de la facies, los taludes se han dejado con inclinaciones de hasta 75°, si bien en algún caso hemos detectado roturas parciales del talud.

La alternancia de estratos duros (calcáreos) y blandos (margosos) produce frecuentemente el descalce de los estratos duros por erosión de los estratos blandos en que se apoyan, ocasionando el desprendimiento de bloques. Esta situación se ve agravada por la fracturación de los estratos calcáreos, que en las zonas más externas y meteorizadas presentan fracturas verticales con espaciamentos decimétricos o incluso centimétricos, y la presencia de afloramientos de agua que encuentran en la fracturación un camino que se interrumpe por la impermeabilidad de la capa margosa infrayacente, discurriendo entonces por la interface entre ambas capas y surgiendo al exterior justo por debajo de la capa calcárea, aumentando el proceso erosivo (foto 7).



Foto 7. Talud con parte superior más calcárea y procesos erosivos de descalce

Un segundo problema encontrado en los taludes es el de la meteorización de los materiales.

En las capas calcáreas, el fenómeno de decompresión se traduce en la fracturación por la que entra el agua que actúa entonces mediante los procesos de saturación, reblandecimiento y rotura por expansión al convertirse en hielo. Este proceso favorece enormemente la formación de bloques susceptibles de caer.

En las capas margosas, el fenómeno de decompresión produce su expansión y la formación de fisuras por las que entra el agua saturándolas y reduciendo su resistencia al corte lo que puede facilitar la formación de deslizamientos.

Por lo tanto, en los casos en que se diseñen taludes en estos materiales y se desee dejar bermas a media altura, recomendamos que estas se dejen siempre a techo de capas margosas impermeables con las suficientes medidas de drenaje para evitar la concentración de agua en su superficie, y especialmente en la zona interior de encuentro de la berma con el talud. En este sentido hemos observado en muchas ocasiones que la existencia de cunetas de recogida de agua y bajantes producen erosiones localizadas e introducción de agua al interior del talud, al no funcionar correctamente o encontrarse deterioradas. Por lo tanto, es posible que soluciones en las que se dejaran las bermas con una pendiente hacia el exterior y se replantaran podrían funcionar de una manera más correcta.

5. BIBLIOGRAFIA

- BUENDIA MOYA, g. (1988) "Introducción al clima de la Cuenca del Duero" Instituto Nacional de Meteorología, Ministerio de Transportes y Comunicaciones
- BJERRUM, L (1966) "Progressive failure in slopes of overconsolidated plastic clay and clay shales" Terzaghi Lecture, publicada en Journal Soil Mech. And Found. Div. ASCE. Vol 93. Nº SM5
- CORROCHANO, A.; FERNANDEZ ,B., RECIO, C. y BLANCO, J.A. (1986) "Modelo sedimentario de los lagos Neógenos de la Cuenca del Duero". Stvdia Geol. Salmanticensia 22; 93-110
- DIEZ TORRES, J.A., AÑORBE URMENETA, M., SUAREZ BARRIOS, M., NAVARRETE LOPEZ COZAR, J. y MARTIN POZAS, J.M. (1989) "Presencia y genesis de los minerales fibrosos de la arcilla en las proximidades de Villamuriel de Cerrato .Provincia de Palencia". Stvdia Geol. Salmanticensia 26; 7-25
- ESCARIO, V., Justo, J.L. (1971) "La resistencia al esfuerzo cortante de los suelos" Laboratorio del Transporte y Mecánica del Suelo
- ESCARIO, V (1986): "Materiales para la construcción de terraplenes" Simposio sobre terraplenes, pedraplenes y otros rellenos.
- ESCARIO UBARRI V. (1981):"Desmontes . Estado actual de la técnica" MOPU Dirección General de Carreteras.
- ESCARIO UBARRI V. (1989):"Terraplenes y pedraplenes" MOPU Direccion General de Carreteras
- ESTEBAN MORATILLA,F:"Fenómenos de hinchamiento de formaciones margo-yesíferas de la Cuenca del Ebro" Ingeniería Civil/77
- GALAN, E. y CASTILLO, A.(1984): Sepiolite-palygorskite in Spanish. Tertiary Basins: genetical patterns in continental environments". In: Palygorskite-Sepiolite. Occurrences, Genesis and Uses. A. Singer and E. Galán(eds.), Developments in Sedimentology 37: 87-124. Elsevier.
- GILLOTT J,E.;"Clay in engineering geology"(1987)
- HEAD, K.H. (1994) "Manual of soil laboratory testing" Pentech Press LTD
- I.G.M.E. Mapa Geológico de España (Síntesis a E 1:200.000) Hojas 19(León), 20(Burgos), 29(Valladolid), 30(Aranda de Duero),
- I.G.M.E. Mapa Geológico de España (E 1:50.000): Hojas 198(Osorno), 199(Sasamón), 236(Astudillo), 237(Castrojeriz), 273(Palencia), 274(Torquemada), 275(Stª. Mª. del Campo), 276(Lerma), 310(Medina de Rioseco), 311(Dueñas), 312(Baltanás), 313(Antigüedad), 314(Cilleruelo de Abajo), 342(Villabragima), 343(Cigales), 344(Esguevillas de Esgueva), 345(Roa), 346(Aranda del Duero), 371(Tordesillas), 372(Valladolid), 373(Quintanilla de Onésimo), 374(Peñafiel),399(Rueda), 400(Portillo), 401(Cuellar), 402(Olombrada)
- I.T.G.E.(1989). "Atlas de riesgos naturales de Castilla y León."
- JIMENEZ BAUTISTA, A. CORROCHANO, A. FERNANDEZ CALVO, C. PAYAN DE TEJADA, F.J. ARMENTEROS, I. y BLANCO, J.A. (1992) "Contribución a las propiedades

geotécnicas del Terciario de la Cuenca del Duero". III Cong. Geol. de España. Salamanca. Actas tomo 2: 374-377.

JIMENEZ SALAS, J.A & JUSTO ALPAÑES, J.L (1975): "Geotécnia y Cimientos I: Propiedades de los suelos y rocas"

JUNTA DE CASTILLA Y LEON (1995) "Mapa geológico de Castilla y León"

JUNTA DE CASTILLA Y LEON (1991) "Estudio de la mineralogía de las arcillas regionales y caracterización de su expansividad" Convenio de colaboración entre la Junta de Castilla y León y la Universidad de Salamanca

JUSTO, J.L. y CUELLAR, V (1972) "Humedad de equilibrio en el terreno. Mapa de España del índice Thornthwaite. Boletín de información del Laboratorio del Transporte y Mecánica del Suelo, nº 89.

L.C.P.C. (1992): "Realisation des remblais et des couches de forme"

LOPEZ GONZALEZ-MESONES, F. (1991): " Estudio experimental sobre el hinchamiento de los suelos que contienen sales solubles" Bol. Geol. y Minero Vol.102-3

ORDOÑEZ, S.; GARCIA DEL CURA, A. and LOPEZ AGUAYO, F.(1981) Chemical carbonates sediments in continental a basin: The Duero basin. IAS 2nd. Eur. Mtg. Bologna. Abstract.

OTEO, C. () "Las margas azules del Guadalquivir y la inestabilidad de taludes" Inédito

OTEO, C. y GARCÍA DE LA OLIVA, J.L. (1995) "Classification of spanish marly soils" Colloquium Mundanum. "Craies et Schistes". Bruselas.

PAYAN DE TEJADA GONZALEZ, F.J., FERNANDEZ CALVO, C., GARCÍA CASTILLO, L.M. (1994) "Estudio de caracterización geotécnica de los materiales de la Facies Cuestas para su uso en terraplenes" . Convenio de colaboración entre la Junta de Castilla y León y la Universidad de Valladolid (Sección de Burgos)

PAYAN DE TEJADA GONZALEZ, F.J., (1987) "Informe geotécnico para la construcción de cien viviendas de promoción pública en un solar sito en la Avda. de Santander de Palencia" Junta de Castilla y León

PAYAN DE TEJADA GONZALEZ, F.J., FERNANDEZ CALVO, C., MONTEERRUBIO, S., YENES, M, FERNANDEZ MACARRO, B, CARAMAZANA, M.A. (1994) "Caracterización geotécnica y base de datos de los suelos de Castilla y León" Convenio de colaboración entre la Junta de Castilla y León y la Universidad de Salamanca

PAYAN DE TEJADA GONZALEZ, F.J., FERNANDEZ CALVO, C., (1994) "Informe geotécnico para la cimentación de un paso superior sobre la C-615" Junta de Castilla y León

PAYAN DE TEJADA GONZALEZ, F.J., FERNANDEZ CALVO, C., (1995) "Informe geotécnico para la cimentación de un puente sobre el Canal de Castilla en Viñalta, Palencia" Junta de Castilla y León

PAYAN DE TEJADA GONZALEZ, F.J., FERNANDEZ CALVO, C., (1996) "Informe geotécnico para la cimentación de varios edificios en el conjunto del Monasterio de la Santa Espina" Junta de Castilla y León

PAYAN DE TEJADA GONZALEZ, F.J., FERNANDEZ CALVO, C., MONTEERRUBIO, S., YENES, M, FERNANDEZ MACARRO, B, CARAMAZANA, M.A. (1996) "Caracterización

geotécnica y base de datos de los suelos de Castilla y León para su empleo en carreteras: generación de una base de datos” IV Congreso Nacional de Geología de España

PAYAN DE TEJADA GONZALEZ, F.J., FERNANDEZ CALVO,C., (1994) “Informe geotécnico para la construcción de una bodega en la E. P.A. de la Santa Espina en Valladolid” Junta de Castilla y León

PAYAN DE TEJADA GONZALEZ, F.J., FERNANDEZ CALVO,C., (1994) “Informe de resultados de ensayos sobre muestras de la facies Cuestas en La Cistérniga” Junta de Castilla y León

PORTERO GARCIA, J.M.; DEL OLMO ZAMORA, P. RAMIREZ DEL POZO, J., y VARGAS ALONSO, I.(1979): "Primera reunión sobre la geología de la Cuenca del Duero." Temas geológicos Mineros, IGME, VI (1): 11-37

POZO RODRIGUEZ, M.(1987): "Mineralogía y sedimentología de la "Facies de las Cuestas" en la zona central de la Cuenca del Duero: Génesis de la sepiolita y paligorskita. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Madrid.

POZO RODRIGUEZ, M. y CARAMES LORITE, M. (1983):" Sobre la presencia de minerales fibrosos de la arcilla en el sector central de la Cuenca del Duero (facies Cuesta)". Bol. Soc. Esp. de Mineralogía. 51-58.

POZO, M., y LEGUEY, S. (1984): "Estudio mineralógico y geoquímico de las facies cuesta en sector suroccidental de la Cuenca del Duero." Iº Congreso Español de Geología, tomo II; 267-283.

POZO, M. y LEGUEY, S. (1990):" Mineralogía de las facies Cuestas en la zona de Tudela de Duero. (Valladolid. Cuenca del Duero)". Bol. Geol. y Minero Vol 101

RODRIGUEZ ORTIZ, J.M.; (1975):"Las arcillas expansivas, su estudio y tratamiento" Bol. de Inf. del Lab. del Transporte y Mecánica del Suelo 108: 3-30

RODRIGUEZ ORTIZ, J.M. “Formaciones peligrosas y factores de riesgo” Conclusiones del grupo de trabajo: Evaluación potencial de riesgo en deslizamientos de terreno. Asociación Técnica de Carreteras

ROLDAN FERNANDEZ, A. (1985) “Notas para una climatología de Valladolid” Instituto Nacional e meteorología, Ministerio de Transportes y Comunicaciones

ROLDAN FERNANDEZ, A. (1987) “Notas para una climatología de Burgos” Instituto Nacional e meteorología, Ministerio de Transportes y Comunicaciones

SAEZ AUÑON, J. (1991). " Factores fisico-quimicos y mineralogicos que intervienen en el hinchamiento de las arcillas." Ingenieria Civil 78; 73-83.

SANCHEZ DE LA TORRE, L.(1978): "Planteamiento provisional de la distribución de las facies en la Cuenca del Duero." Inéd., opus cit., en PORTERO et al., 1979.

SOUSA ALAEJO, R. (1988) “Notas para una climatología de Palencia” Instituto Nacional e meteorología, Ministerio de Transportes y Comunicaciones

VICKERS, B., (1983) “ Laboratory work in soil mechanics” De. Granada, 2ª edición

CARTOGRAFÍA DE LAS FACIES CUESTAS EN EL SECTOR CENTRAL DE LA CUENCA DEL DUERO

NOTA: El reticulado corresponde a las hojas 1:50.000. Tomado del Mapa Geológico y Minero de Castilla y León

