



estudio previo de terrenos

# Itinerario León-Burgos

Tramo: Osorno - Burgos

41

88-02

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

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

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

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

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

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

**DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS  
AREA DE TECNOLOGIA  
SERVICIO DE GEOTECNIA**

**ESTUDIO PREVIO DE TERRENOS**

**ITINERARIO LEON - BURGOS**

**TRAMO : OSORNO - BURGOS**

**DICIEMBRE, 1988**

## INDICE

	Pág.
1. INTRODUCCION .....	5
2. CARACTERES GENERALES DEL TRAMO .....	7
2.1. CLIMATOLOGIA .....	7
2.2. TOPOGRAFIA .....	8
2.3. GEOMORFOLOGIA .....	8
2.4. ESTRATIGRAFIA .....	12
2.5. TECTONICA .....	13
2.6. SISMICIDAD .....	13
3. ESTUDIO DE ZONAS .....	15
3.0. DIVISION DEL TRAMO EN ZONAS DE ESTUDIO .....	15
3.1. ZONA 1: .....	17
3.1.1. Geomorfología .....	17
3.1.2. Tectónica .....	24
3.1.3. Columna estratigráfica .....	25
3.1.4. Grupos litológicos .....	27
3.1.5. Grupos geotécnicos .....	57
3.1.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona .....	61
3.2. ZONA 2: .....	62
3.2.1. Geomorfología .....	62
3.2.2. Tectónica .....	67
3.2.3. Columna estratigráfica .....	68
3.2.4. Grupos litológicos .....	70
3.2.5. Grupos geotécnicos .....	80
3.2.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona .....	82
4. CONCLUSIONES GENERALES DEL ESTUDIO .....	83
4.1. RESUMEN DE PROBLEMAS TOPOGRAFICOS .....	83
4.2. RESUMEN DE PROBLEMAS HIDROLOGICOS .....	83
4.3. RESUMEN DE PROBLEMAS LITOLOGICOS .....	83
4.4. RESUMEN DE PROBLEMAS GEOMORFOLOGICOS .....	84
4.5. RESUMEN DE PROBLEMAS GEOTECNICOS .....	84
4.6. CORREDORES DE TRAZADO SUGERIDOS .....	85

5.	<b>INFORMACION SOBRE YACIMIENTOS</b> .....	89
5.1.	<b>ALCANCE DEL ESTUDIO</b> .....	89
5.2.	<b>YACIMIENTOS ROCOSOS</b> .....	89
5.3.	<b>YACIMIENTOS GRANULARES</b> .....	90
5.4.	<b>MATERIALES PARA TERRAPLENES Y PEDRAPLENES</b> .....	91
5.5.	<b>YACIMIENTOS QUE SE RECOMIENDA ESTUDIAR CON MAS DETALLE...</b>	92
6.	<b>BIBLIOGRAFIA CONSULTADA</b> .....	99
7.	<b>ANEJOS</b> .....	101
7.1.	<b>ANEJO 1: SIMBOLOGIA UTILIZADA EN LAS COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS</b> .....	103
7.2.	<b>ANEJO 2: CRITERIOS UTILIZADOS EN LAS DESCRIPCIONES GEOTECNICAS</b> .....	105

## 1. INTRODUCCION

Dentro del itinerario LEON-BURGOS, el Estudio Previo de Terrenos del Tramo OSORNO-BURGOS comprende las siguientes Hojas y Cuadrantes del Mapa Topográfico Nacional a escala 1/50.000.

Nº	Hoja	Cuadrantes
197	Carrión de los Condes	2
198	Osorno	1, 2, 3 y 4
199	Sasamón	1, 2, 3 y 4
200	Burgos	3
235	San Cebrián de Campos	1
237	Castrojeriz	1 y 4
238	Villagonzalo-Pedernales	4

El área estudiada en este Tramo queda comprendida en las provincias de Burgos y Palencia (Fig. 1).

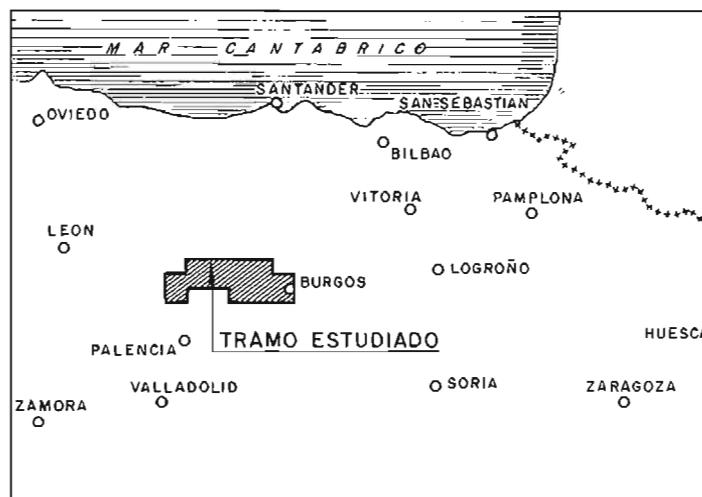


Fig. 1.— Esquema de situación del Tramo.

El objeto del presente Estudio es determinar mediante trabajos de campo y gabinete las características geológicas y geotécnicas de los terrenos incluidos en los cuadrantes del Mapa Topográfico Nacional a escala 1/50.000 señalados más

arriba, considerando que la información vertida en el mismo ha de utilizarse en el trazado, construcción o mejora de carreteras.

El Estudio consta de los siguientes documentos: Memoria y Planos. La Memoria está dividida en siete capítulos, y en ella se analizan las características de orden geológico y geotécnico de los materiales incluidos en el área de estudio, insistiendo en aquellos aspectos que más pueden interesar en obras de carreteras, muy especialmente los geomorfológicos, que se refieren a la estabilidad natural de los terrenos (deslizamientos, desprendimientos y otros). Se dedica un capítulo a conclusiones generales, en el cual se incluye un apartado en donde se analiza y sugieren posibles corredores de trazado dentro del Tramo. Otro capítulo se dedica al estudio de la posible utilización de los materiales en la construcción de las diversas capas de los firmes de carreteras y en terraplenes y pedraplenes.

Los Planos que acompañan a esta Memoria constan de un mapa litológico y estructural a escala 1/50.000 y de otros cuatro mapas, a escala 1/200.000, referidos a los aspectos geológico, geomorfológico, de formaciones superficiales, y geotécnico. La realización del Estudio ha requerido la lectura de la bibliografía existente sobre el área, el análisis fotogeológico mediante pares estereoscópicos de fotos aéreas a escala aproximada 1/33.000, y la realización de trabajos de campo para la toma de datos y comprobación de los obtenidos en la fase de fotointerpretación. Con toda la información obtenida se ha procedido posteriormente al traslado de los datos cartográficos al mapa topográfico a escala 1/50.000 confeccionando así el Mapa Litológico-Estructural, a partir del cual se realizan los cuatro restantes de escala 1/200.000. La Memoria se redacta finalmente.

El Personal técnico que ha realizado y supervisado el presente Estudio, ha sido el siguiente:

#### DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS

Area de Tecnología.

Servicio de Geotecnia.

D. Jesús Martín Contreras

*Licenciado en Ciencias Geológicas*

D. Manuel Rodríguez Sánchez

*Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos*

#### GEMAT, S.L.

D. Ricardo Francisco León Buendía

*Licenciado en Ciencias Geológicas*

D. Roberto Quinquer Agut

*Licenciado en Ciencias Geológicas*

D. Juan Carballo Puig

*Licenciado en Ciencias Geológicas*

## 2. CARACTERES GENERALES DEL TRAMO

### 2.1. CLIMATOLOGIA

Los rasgos geográficos del Tramo estudiado son bastante homogéneos y dan lugar a que de un modo general las características climáticas también lo sean. Todo el área se encuentra situada en la parte norte de la Cuenca del Duero, en los valles de los ríos Pisuerga y sus afluentes principales, el Arlanzón y el Carrión. La orientación de esos ríos es hacia el Sur y Suroeste, por lo que los vientos que siguen esas direcciones no encuentran obstáculos en el relieve hasta muchos kilómetros al Sur, en el Sistema Central. Los procedentes del Oeste apenas sobrepasan, desde las costas atlánticas portuguesas, relieves superiores a los 100 metros, por lo que llegan con notable humedad, y son los que más precipitaciones aportan, por ser ésta la dirección de donde proceden los frentes nubosos más activos. Los pequeños desniveles que separan las vertientes de los ríos del Tramo no son suficientemente importantes para actuar como barreras y dar lugar a fuertes contrastes en lluvias y temperaturas. Por la parte norte, los relieves fuertes de los montes Cantábricos están relativamente próximos al Tramo y crean una activa barrera natural a los vientos procedentes de esa dirección, aunque dado que no son uniformes y su altura es mucho mayor al Oeste de Reinosa que hacia el Este, a la zona oriental del Tramo próxima a Burgos le llegan los vientos del Norte mucho más cargados de humedad y, en consecuencia, las precipitaciones también son más abundantes.

Las precipitaciones se distribuyen a lo largo del año de un modo bastante regular, siendo excepción los meses de Julio, Agosto y, a veces, Septiembre, en que no se llega a 30 litros/m<sup>2</sup>. Los valores mensuales más fuertes se alcanzan a finales de otoño y comienzos del invierno y en la segunda mitad de la primavera, con registros medios de unos 60 litros/m<sup>2</sup> en Burgos y de unos 40 a 50 litros/m<sup>2</sup> en Palencia. También se aprecia que hacia las zonas interiores y algo más deprimidas de la cuenca del Duero, las precipitaciones son inferiores.

Entre los meses de Noviembre y Abril no son raras las nevadas. En Enero y Febrero se registraron unos 10 días de nieve en Burgos durante el período de 1930 a 1960, por lo que más de la mitad de los 16 días de precipitación lo fueron de nieve. En Palencia sólo hubo un promedio de 4 días en ese mismo período debido a que, como se ha dicho anteriormente, Burgos está más expuesto a los vientos del Norte que son los que producen nevadas con mayor frecuencia. Como es sabido, el clima sigue en su evolución unos períodos cíclicos determinados principalmente por la actividad solar y la declinación lunar. A su vez los ciclos de actividad solar son varios, con duraciones que van desde 11 a miles de años; por eso es muy difícil definir el clima de un lugar, debido a que evoluciona constantemente. En estos últimos años los inviernos se han suavizado en casi toda España y las nevadas no son tan frecuentes como lo fueron en el período de 1930 a 1960.

Las temperaturas tienen un mínimo invernal en Enero con promedios mensuales de 2 a 4 grados y un máximo en Julio cuando se alcanza 18 a 20 grados de temperatura media. La notable altura media del Tramo y su grado de continentalidad climático son las causas de que sea ésta una de las zonas más frías de España en relación con otras de igual latitud, produciéndose heladas muy frecuentes desde Octubre hasta Mayo, con un máximo de 19 días de helada en Burgos durante el mes de Enero en el citado período 1930-1960.

El promedio de las temperaturas mínimas de Enero y Febrero ronda los 0º C y las máximas los 5º a 9º C. Durante acusadas invasiones de aire frío se han alcanzado (-18º C) en Burgos y (-13,4º C) en Palencia, y son bastante frecuentes los años en que se alcanzan a menudo (-10º C). En verano las temperaturas pueden considerarse bastante suaves, descendiendo hacia el Norte del Tramo. Las máximas tienen promedios de 25 a 29º C entre Julio y Agosto, y las mínimas de 12 a 14º C. Durante fuertes olas de calor se han alcanzado temperaturas próximas a 40º C en las áreas más interiores de la cuenca.

El clima es de tipo atlántico-continental, con veranos secos y templados e inviernos fríos y bastante húmedos.

## 2.2. TOPOGRAFIA

La zona de estudio se sitúa al Oeste de Burgos y ocupa una franja de terreno orientada de Este a Oeste y que arrancando desde dicha ciudad, penetra en la provincia de Palencia hasta la altura de Carrión de los Condes.

Topográficamente se puede considerar a la zona dividida en dos áreas: una, situada en el sector Este del Tramo, caracterizada por una morfología típica de páramos, y otra de suave morfología que ocupa el sector Oeste y corresponde al área regional de Tierra de Campos.

Los páramos constituyen superficies generalmente estrechas (entre 1 y 6 km), alargadas y dispuestas de NE a SO, que es la dirección de gran parte de los ríos encajados en los materiales de este sector. Estos ríos crean una morfología de valles en artesa, con fondo plano y vertientes pronunciadas. La altitud de los páramos se sitúa en el entorno de los 930 m y llega a los 1.000 m de cota máxima al Norte de la Hoja de Sasamón. Las diferencias altimétricas con los fondos de los valles tienen valores del orden de los 100 m. El río más importante de este área es el Arlanzón, que penetra en la ciudad de Burgos con una dirección aproximada E-O, gira en la misma ciudad al ONO, para, a los pocos kilómetros, tomar el sentido SO en el punto que se le une el río Ubierna, que baja en esta dirección.

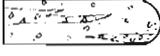
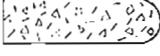
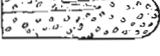
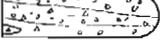
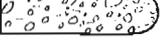
El área de Tierra de Campos, situada al Oeste, está constituida por los amplios valles de los ríos Pisuerga, Carrión, Valdavia y Odra, como más importantes, y por los interfluvios alomados o tabulares que los separan. Las cotas de éstos varían entre 600 y 900 metros, y existen normalmente unas diferencias medias de cotas entre interfluvios y fondos de valle, de 40 m. Estas diferencias adquieren su valor máximo en la vertiente norte del río Valdavia y en las márgenes del Pisuerga al Norte de Melgar de Fernamental.

## 2.3. GEOMORFOLOGIA

El área comprendida en el Tramo de estudio está ubicada enteramente en la Cuenca del Duero, concretamente en su vertiente nororiental. Los rasgos geo-

PERIODO 1930-1960	OBSERVATORIOS	ENERO	FEBR.	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOS.	SEPT.	OCTUB.	NOV.	DIC.	ANUAL
Temperatura máxima absoluta (en °C)	Burgos	19,0	24,0	24,2	29,0	32,2	36,2	37,4	37,0	38,8	28,0	21,0	19,2	37,4
	Palencia	17,8	23,6	24,6	30,6	34,0	38,4	39,8	39,6	34,8	29,0	23,0	17,2	39,8
Temperatura mínima absoluta	Burgos	-18,0	-11,4	-8,6	3,4	3,8	0,4	4,2	5,0	0,4	-1,6	-7,0	-13,0	-18,0
	Palencia	-13,3	-13,4	-9,0	-3,8	-2,7	-2,2	3,8	4,2	1,0	-6,6	-8,8	-12,0	-13,4
Oscilación térmica máxima	Burgos	37,0	35,4	32,8	32,4	36	35,8	33,2	32,0	33,4	29,6	28,0	32,2	37,0
	Palencia	31,1	37,0	33,6	34,4	36,7	36,2	36,0	35,4	33,8	22,4	31,8	29,2	37,0
Temperatura máxima media	Burgos	5,4	7,6	12,0	14,5	17,8	25,8	25,9	25,3	21,9	16,0	10,0	6,3	
	Palencia	7,3	9,2	13,5	16,4	19,6	25,0	28,8	28,2	24,2	17,7	11,6	7,1	
Temperatura mínima media	Burgos	-2,0	-0,2	2,3	3,9	6,7	10,2	12,5	12,3	10,4	6,6	2,9	0,5	
	Palencia	0,0	0,0	2,9	4,5	7,5	11,2	13,3	13,4	11,0	6,7	2,8	0,6	
Horas de sol medias	Burgos	83	124	157	211	247	294	350	314	224	167	115	72	2.358
	Palencia	96	166	167	229	274	303	374	327	233	184	134	90	2.577
Días de helada	Burgos	19	14	8	4	1	0	0	0	0	2	9	13	70
	Palencia	16	13	8	3	1	0	0	0	0	1	7	11	60
Días de precipitación	Burgos	9	7	12	11	12	9	5	5	7	11	12	12	112
	Palencia	8	6	11	9	11	7	4	4	6	9	9	9	93
Precipitación (en mm)	Burgos	46,0	36,7	54,4	48,0	53,0	53,0	28,9	27,6	43,5	55,2	53,1	57,2	563,3
	Palencia	33,5	26,5	36,8	39,9	47,8	47,9	14,7	16,8	32,3	40,5	37,8	39,7	414,2

Fig. 2.— Cuadro Climático. Observatorios de Burgos y Palencia.

COLUMNA LITOLÓGICA	GRUPO LITOLÓGICO	GRUPO GEOTÉCNICO	LITOLÓGIA	POTENCIA EN m	EDAD
	W	G3	Arcillas con grava dispersa y restos de cerámica y huesos.		
	A	G1	Gravas poligénicas, arenas y limos.	1-2	Cuaternario.
	A1	G2	Limos arenosos, arenas y gravas poligénicas.	1-3	"
	A2	G3	Limos y arcillas con abundante materia orgánica, arenas y gravas dispersas.	1-3	"
	a3, a5	G5	Limos y arcillas arenosas con gravas y gravillas dispersas.	1-2	"
	a4, a6	G6	Arcillas y limos con posible yeso diseminado y gravas y gravillas dispersas.	1-2	"
	C	G7	Arcilla con grava angular.	1-5	"
	G	G8	Gravas, gravillas, arenas, limos y arcillas.	1-4	"
	D	G8	Arcillas y limos con arenas y gravas.	1-6	"
	g1, g2, g3	G4	Gravas y gravillas esencialmente silíceas con matriz limo-arenosa y limo-arcillosa.	1-3	"
	t	G4	Gravas y gravillas poligénicas con matriz limo-arenosa y limo-arcillosa.	1-2	"
	g3a	G6	Arcillas con grava angular dispersa.	1-2	"
	T1, T2, T3, t4	G4	Gravas, esencialmente silíceas, arenas y limos.	1-4	"
	t1a, t2a, t3a, t4a	G4	Gravas y arenas poligénicas con limos.	1-3	"
	t3b	G4	Arenas, gravillas y gravas poligénicas.	1-3	"
	350	G4	Gravas y arenas silíceas con matriz limo-arcillosa.	1-3	Plioceno

(Continuación de la Figura 3).

COLUMNA LITOLÓGICA	GRUPO LITOLÓGICO	GRUPO GEOTECNICO	LITOLÓGIA	POTENCIA EN m	EDAD
	321a	G9	Calizas del páramo superior.	1-7	Pontiense
	321b	G13	Arcillas negras y rojas con algún horizonte calizo.	20-25	"
	321c	G9; G11	Calizas del páramo inferior.	1-30	"
	321d	G11	Margas, a veces yesíferas, alternando con calizas lacustres.	0-80	Vindoboniense Superior y Medio
	321e	G12	Margas, margas yesíferas con calizas y margo-calizas, circunstancialmente yesos y lechos detríticos.	0-50	"
	321f1	G12	Margas, margas yesíferas, yesos, margo-calizas y algunos niveles de arcillas, limos y arenas.	40-50	"
	321f2	G10; G12	Margas, margas arenosas, posibles margas yesíferas, margo-calizas, arcillas, limos, arenas, pudingas y conglomerados.	50-70	"
	321g	G12	Margas y margas yesíferas con margo-calizas.	30-40	"
	321h	G13; G12	Limos y arcillas arenosas, arenas, areniscas, pudingas y conglomerados: «Facies Tierra de Campos».	40-60	Vindoboniense Inferior
	321i	G13	Conglomerados, pudingas, arenas y limos.	0-5	"
	321j	G12	Arcillas y margas yesíferas, yesos, margo-calizas y areniscas.	0-40	"

Fig. 3.— Columna lito-estratigráfica general del Tramo.

morfológicos de esta región (que pueden encontrarse en el ámbito de este trabajo) ligan la existencia de una serie de depósitos calizos de estructura horizontal o subhorizontal, del Terciario Superior, con el desmantelamiento de los mismos a partir del Plioceno y el encajamiento de una red fluvial cuya historia se ve plasmada en las superficies erosivas o de acumulación que escalonan las vertientes en los valles de los ríos Carrión, Pisuerga, Arlanzón, Valdavia, Odra, Brullés y otros menos importantes. El resultado de estos procesos es la creación de una morfología en base a la cual puede dividirse el área de estudio en dos zonas:

La primera, que ocupa aproximadamente la mitad Este del Tramo, se caracteriza por la existencia de una serie de parameras creadas por los horizontes calizos de edad pontiense y separadas por valles de fondo plano. Las laderas son pronunciadas, corresponden a series esencialmente margosas, y están tapizadas en gran parte por derrubios de gravedad que muestran frecuentemente signos de inestabilidad fósil y activa.

La segunda, situada al Oeste, tiene una morfología mucho más suave, y corresponde al sector nororiental de la región de Tierra de Campos. Las amplias vegas y terrazas de los importantes cursos fluviales que cruzan esta zona configuran un rasgo morfológico característico, en unión de las suaves lomas de los interfluvios que se encuentran surcadas por arroyos de imperceptible encajamiento y fondo plano, y que a veces se abren en amplias superficies plano-cóncavas.

En la actualidad parece existir una aceleración de los procesos erosivos que se deja notar en el desmantelamiento de los detritus de pendiente en algunas áreas, y por el desarrollo consiguiente de un acarcavamiento cuando el sustrato está formado por un material incoherente.

#### 2.4. **ESTRATIGRAFIA**

El conjunto de las formaciones que aparecen en el Tramo pertenecen al Mioceno, Plioceno y Cuaternario. (Véase la Figura 3).

Dentro del Mioceno se distinguen tres episodios sedimentarios con características litológicas diferentes: Vindoboniense Inferior, Vindoboniense Medio-Superior y Pontiense. En todos ellos los cambios laterales de facies son importantes y constantes.

Al Vindoboniense Inferior corresponden las facies, de tonos rojos y ocres, denominadas «Facies de Tierra de Campos» por ser en esta Región en donde adquiere su mayor representatividad. Está constituida por arcillas, limos, arenas, areniscas, pudingas y conglomerados. Estos últimos materiales se hacen más frecuentes al Sur de Burgos, en la Hoja de Villagonzalo-Pedernales, y al Norte de la Hoja de Osorno. Al Norte del río Arlanzón, en la Hoja de Burgos, esta serie pasa a facies de margas con yesos.

El Vindoboniense Medio y Superior está representado esencialmente por margas frecuentemente yesíferas que intercalan niveles de calizas más o menos margosas y lechos detríticos que adquieren mayor importancia al Este y Sur del río Arlanzón. De forma casi generalizada a los materiales de este piso estratigráfico se les encuentra integrando las normalmente fuertes pendientes que unen los fondos de los valles con las superficies de parameras en la mitad Este del Tramo.

En el Ponticense se incluyen los niveles calizos terminales de la sucesión miocena que dan lugar a los dos horizontes de páramos existentes en esta región. Estos dos páramos están separados entre sí por un desnivel de 25 a 35 m, y entre ellos se interpone un paquete de arcillas de 20 a 25 m de potencia, con algunos lechos arenosos o calcáreos intercalados. Asimismo se consideran de edad ponticense los niveles inferiores del páramo más bajo, constituidos por margas y calizas que contienen la misma fauna de gasterópodos y que lateralmente pueden fundirse en un solo paquete calcáreo.

Se han considerado como pertenecientes al Plioceno los depósitos de gravas cuarcíticas con matriz limo-arenosa, constitutivos del nivel de aterramiento más alto existente en la Hoja de Osorno.

Dentro del Cuaternario se incluyen todos los depósitos de terraza, glacis, coluviales y aluviales, situados en general topográficamente por debajo de la superficie de erosión pliocena, así como un área de sedimento, de naturaleza antrópica.

## 2.5. TECTONICA

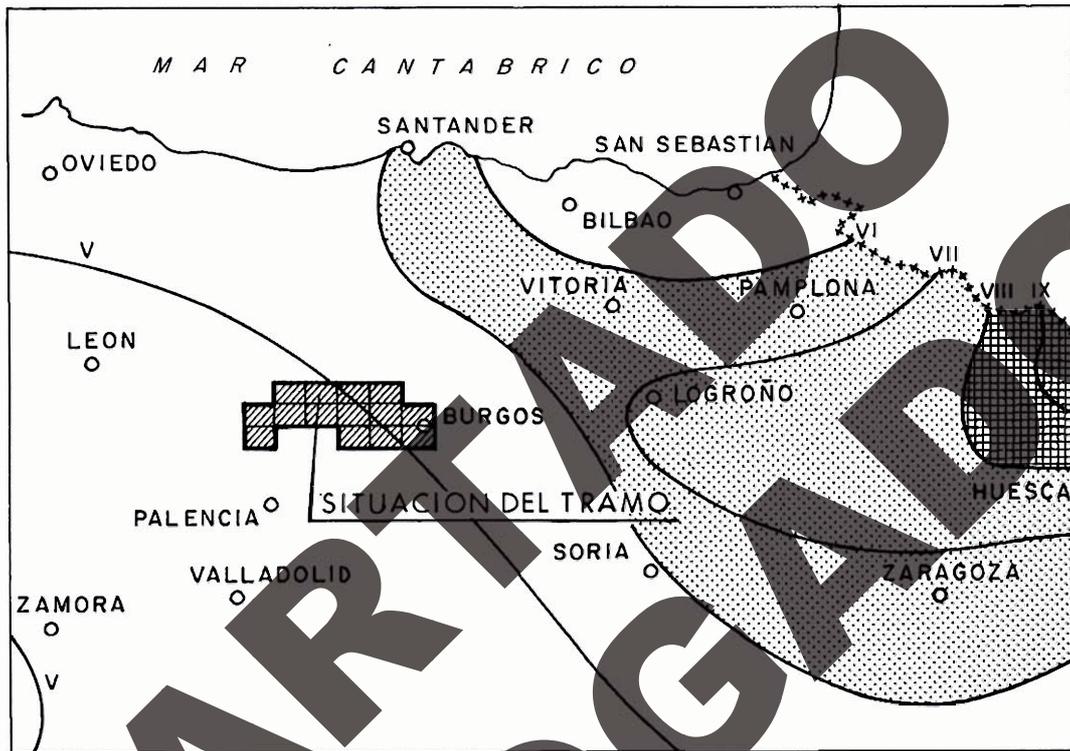
El Tramo de Estudio se sitúa íntegramente en la Cuenca del Duero y se caracteriza por la disposición horizontal o subhorizontal de los materiales que afloran y por su atectonicidad, sobre todo en su parte central. En el área de estudio se han podido observar, además de una pendiente deposicional de los materiales del orden del 1 por 1.000 hacia el SSE, algunas estructuras de basculamiento o combamientos de gran radio, relacionadas probablemente con una tectónica de zócalo que sólo cabe deducir de algunas fallas y fracturas detectadas, y del control direccional que se observa en la red fluvial, orientada en unos sentidos preferentes, lo que hace pensar en un posible origen estructural del mismo. Esta serie de lineamientos se puede agrupar en los siguientes sistemas:

- N-S
- N 30° E
- N 120°-130° E

Las fases tectónicas que de alguna forma han influido sobre los materiales del Terciario Superior en la Cuenca del Duero son, por una parte, la Iberomanchega I (1ª Rodánica), responsable de elevaciones en los bordes de la Cuenca y de la generación de la superficie del Páramo, y la Iberomanchega II, que precede a la deposición de las «rañas» en el Plioceno Superior.

## 2.6. SISMICIDAD

Según la Norma Sismorresistente P.D.S. (1974), el Tramo de estudio se encuentra enclavado en la Zona Primera entre los grados V y VI, por lo que no es necesario tener en cuenta las acciones sísmicas en el proyecto de carreteras. No obstante, y según el epígrafe 3.5 de la Norma citada, sí habrá que considerar las acciones sísmicas en el caso de estructuras o instalaciones especiales. La Figura 4 muestra la distribución de las diferentes áreas sísmicas en el entorno del Tramo, así como su grado de intensidad.



**NORMA SISMORRESISTENTE**

Zona Intensidad:G Escala MSK

- PRIMERA  <VI (baja)
- SEGUNDA  VI ≤ G < VIII (media)
- TERCERA  ≥ VIII (alta)

 SITUACION DEL TRAMO

Fig. 4.— Situación del Tramo en el Mapa Sismorresistente.

### 3. ESTUDIO DE ZONAS

#### 3.0. DIVISION DEL TRAMO EN ZONAS DE ESTUDIO

Para realizar un estudio más detallado de las características litológicas, estructurales y geotécnicas de las distintas formaciones del Tramo, se ha establecido una división en dos Zonas en base al tipo de materiales aflorantes y a su geomorfología. Estas Zonas son las siguientes (Fig. 5).

**ZONA 1.**— El área ocupada por esta Zona comprende aproximadamente la mitad Este del Tramo. Entran a formar gran parte de su constitución los materiales del Vindoboniense Medio-Superior, de naturaleza margosa, margo-yesífera y margo-caliza, esencialmente, y los del Pontiense, de composición caliza y calizo-margosa. También están presentes los pertenecientes al Vindoboniense Inferior, constitutivos de la facies arcillo-limosa de «Tierra de Campos», y los depósitos de edad cuaternaria.

La morfología viene definida por el desarrollo de una red fluvial encajada en los materiales miocenos de edad pontiense y vindoboniense, que da lugar a la existencia de una serie de formas ligadas a la litología y a la estructura horizontal de la formación terciaria. Los horizontes calizos terminales de la serie miocena, que constituyen el Pontiense, han dado lugar a amplias plataformas de parameras, y el Vindoboniense ocupa normalmente las cuestas de pendientes pronunciadas que enlazan los páramos con los fondos de los valles, generalmente estrechos y con forma de artesa, ocupados por los depósitos cuaternarios.

**ZONA 2.**— Esta Zona se sitúa al Oeste del río Brullés y ocupa aproximadamente la mitad Oeste del Tramo. Los materiales del Vindoboniense Inferior, integrados por las arcillas y limos arenosos, de tonos rojizos, que representan la «Facies de Tierra de Campos», constituyen el sustrato de toda esta zona. Numerosos ríos excavaron valles y ocuparon amplias áreas con sus sedimentos. Estos ríos son el Brullés, Odra, Pisuerga, Valdavia, Ucieza y Carrión, y sus terrazas más altas, en especial los casos del Pisuerga y del Valdavia, enlazan insensiblemente con la superficie de arrasamiento de la «raña», de edad pliocena.

Morfológicamente la Zona 2 es un área de perfil suave, en la cual los valles, ocupados por la terraza baja aluvial, se abren con formas amplias, entre unos márgenes jalonados de restos de terraza. Estas márgenes se alzan insensiblemente creando interfluvios alomados, en los que proliferan las vertientes regularizadas con perfil de tipo glacis, y los arroyos de estructura dendrítica, poco funcionales, de fondos planos, a veces muy amplios, y crean en ocasiones áreas con cierto grado de endorreísmo.



### 3.1. ZONA 1

#### 3.1.1. Geomorfología

La morfología de la Zona es el resultado del encajamiento de una red fluvial bastante diversificada sobre una llanura estructural labrada sobre los niveles terminales miocenos de naturaleza caliza. En el ámbito de la misma es posible distinguir tres dominios esenciales:

- Altiplanicies de los páramos.
- Escarpes y cuestas.
- Fondos de valle.

#### **Altiplanicies de los páramos**

La elevación de los bordes de la Cuenca del Duero en la fase Iberomanche-gal trajo como consecuencia la generación de una superficie de erosión que se adaptó a los horizontes calizos con los que culmina la serie miocena. De esta forma se crearon unas llanuras estructurales que, en fases posteriores de encajamiento de la red fluvial, dieron lugar a las plataformas elevadas que constituyen los páramos. En el área de este Estudio se pueden diferenciar dos niveles claros de páramo (Foto 1) coincidentes con sendos tramos calizos pontienses, y también



Foto 1.— La plataforma del páramo superior (constituido por el grupo 321a) sobre la que se sitúa el vértice Toso de 957 m de altitud, dibuja el horizonte de la fotografía realizada desde las proximidades del pueblo de Yudego, situado en el páramo inferior. Ambos páramos quedan conectados por las laderas arcillosas del grupo 321b.

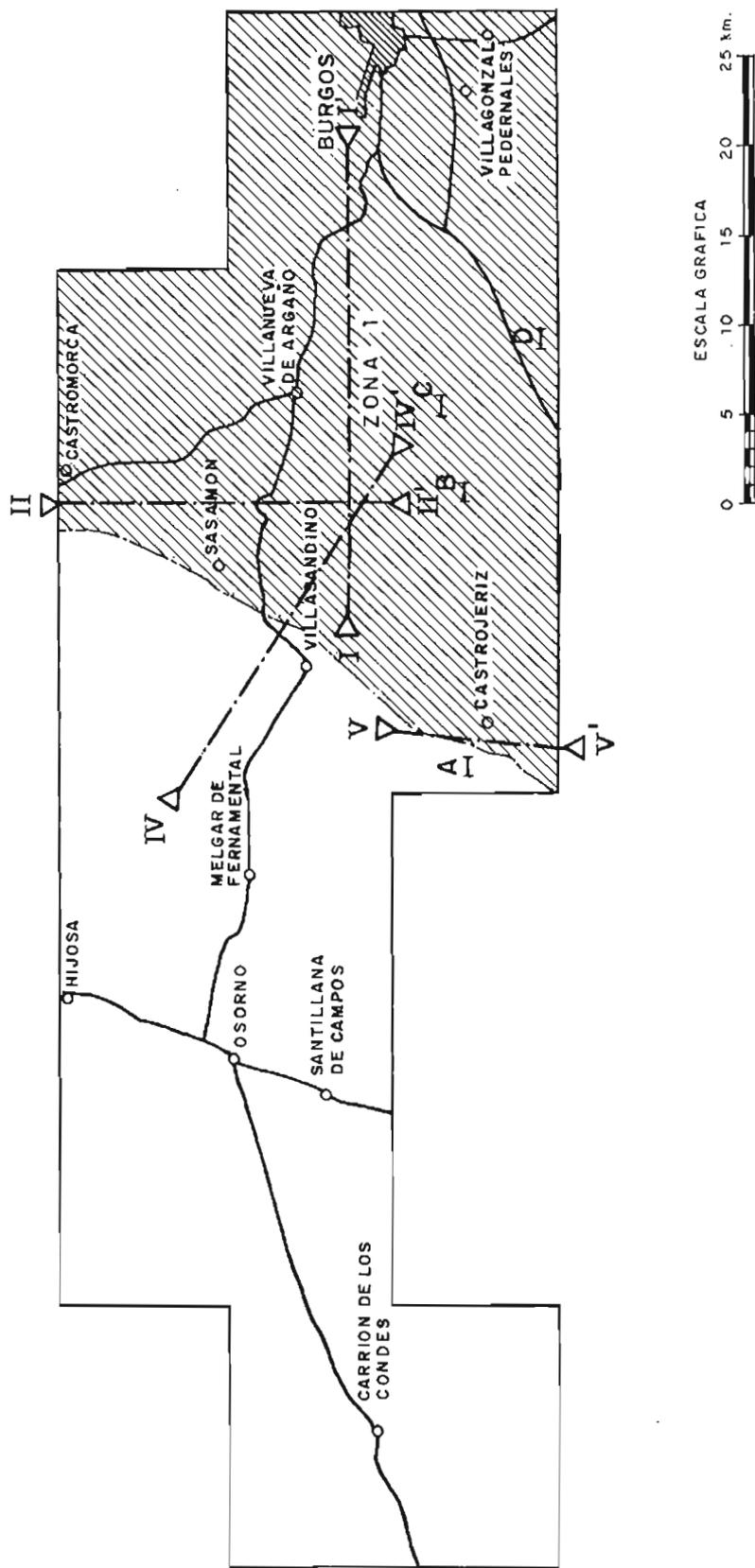
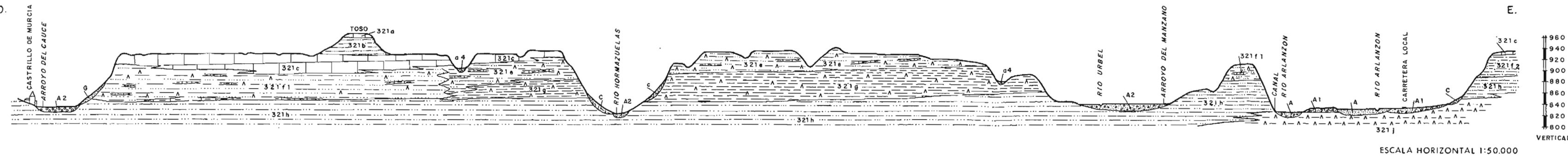
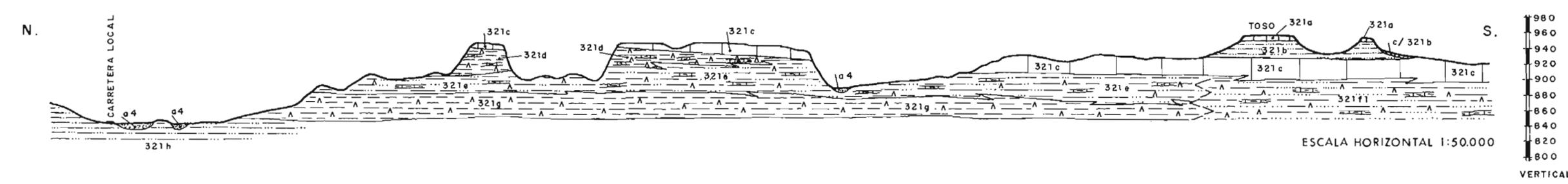


Fig. 6.— Esquema de situación de la Zona 1, de cuatro cortes geológicos y de cuatro columnas estratigráficas, representativos de la misma.

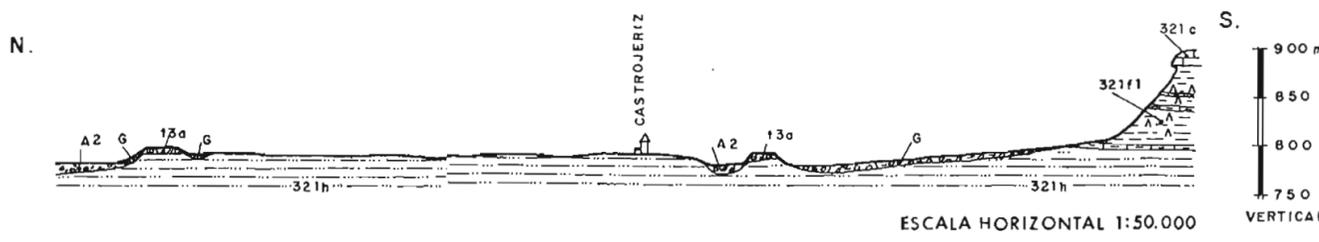
CORTE I - I'



CORTE II - II'



CORTE V - V'



- CUATERNARIO**
- A \_\_\_\_ Aluvial actual
  - A1 \_\_\_\_ Terraza baja aluvial
  - A2 \_\_\_\_ Terraza baja aluvial arcilloso
  - a4 \_\_\_\_ Aluvial de fondo de valle en arroyos
  - C \_\_\_\_ Coluvial
- MIOCENO**
- 321a \_\_\_\_ Calizas del páramo superior
  - 321b \_\_\_\_ Arcillas y limos
  - 321c \_\_\_\_ Calizas del páramo inferior

- MIOCENO (Cont.)**
- 321 d \_\_\_\_ Margas, posibles margas yesíferas, margo-calizas y calizas
  - 321 e \_\_\_\_ Margas, margas yesíferas, margo-calizas, calizas margosas, yesos y lechos detríticos
  - 321 f1 \_\_\_\_ Margas, margas yesíferas, yesos, margo-calizas, calizas margosas, arcillas, limos y arenas
  - 321 f2 \_\_\_\_ Margas, margas arenosas, posibles margas yesíferas, margo-calizas, calizas, arcillas, limas, arenas, areniscas, pudingos y conglomeradas
  - 321 g \_\_\_\_ Margas y margas yesíferas con margo-calizas
  - 321 h \_\_\_\_ Arcillas y limos arenosos, arenas, areniscas, pudingos y conglomerados

- MIOCENO (Cont.)**
- 321 i \_\_\_\_ Conglomeradas, pudingos, arenas y limos
  - 321 j \_\_\_\_ Arcillas y margas yesíferas, yesos, margo-calizas y areniscas

Fig. 7.- CORTES REPRESENTATIVOS DE LA ZONA 1

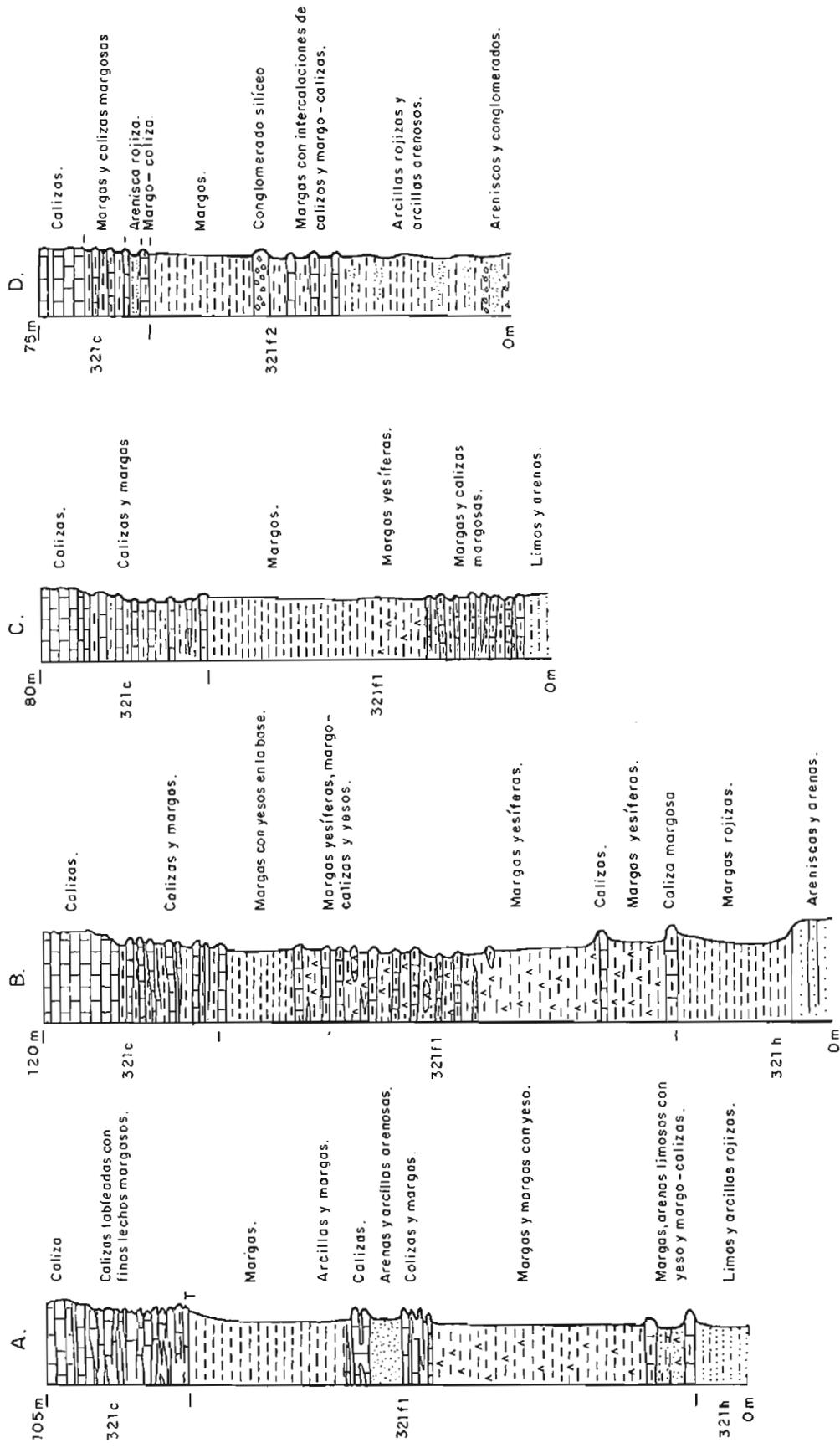


Fig. 8.— Columnas estratigráficas de cuatro puntos representativos de la Zona I. Véase su situación en la Figura 6.

otras áreas de plataforma, que enlazan con las superficies de los páramos y que corresponden a lugares en donde el horizonte calizo es poco consistente o ha desaparecido en gran parte debido a la erosión, o ha sido sustituido lateralmente por un nivel más margoso. Estas últimas plataformas dan lugar a una superficie de morfología muy suave, de lomas y de zonas llanas que coinciden con los sucesivos horizontes más compactos, calizos o detríticos, que se sitúan en niveles inferiores inmediatos al nivel calizo potente que constituye el mencionado páramo inferior.

El páramo superior está creado por el nivel calizo pontiense más alto existente en el área. Ocupa una superficie muy reducida y se sitúa en alturas comprendidas en el entorno de los 960 m. El páramo inferior es muchísimo más amplio y ocupa gran parte del área de la Zona 1, especialmente las zonas centrales de las Hojas de Sasamón y Castrojeriz, entre el valle del río Hormazuela, por el Este, y el del Brullés y el del Odrilla, por el Oeste. Está originado por un paquete calizo, separado del que origina el páramo superior por un nivel margoso de unos 20 m de potencia, lo cual implica que las cotas en las cuales suele situarse este páramo queden comprendidas entre los 925 y 940 m. Las plataformas creadas por la destrucción y/o cambios laterales del paquete calizo del páramo inferior se sitúan al Este del valle del río Hormazuela, entre dicho río y los valles de los ríos Urbel y Arlanzón, en dirección a la ciudad de Burgos y englobando el área de Villagonzalo-Pedernales. Los materiales que constituyen estas plataformas son margo-calizas y margas, a veces yesíferas, calizas margosas y calizas, y crean áreas de auténtico páramo y, a veces, superficies de erosión recubiertas por pudingas de cantos de cuarcita y de esquistos silíceos. En algún caso estas pudingas pudieran representar a niveles detríticos gruesos existentes inmediatamente bajo las calizas del páramo inferior.

### **Escarpes y cuestras**

Los niveles calizos que crean los páramos dan lugar, en el borde de los mismos, a escarpes que pueden oscilar entre muy pocos metros y más de veinticinco (Foto 2). Bajo el escarpe arranca la cuestra que va a enlazar con los extremos de los fondos de valle. Las cuestras son de dos tipos: unas tienen pendientes fuertes o muy fuertes y carecen de suelos de recubrimiento, por lo que se desarrolla, en la actualidad, una fuerte erosión con formación de cárcavas; las otras (la gran mayoría) poseen un tapiz de derrubios de gravedad, en el que toman especial significación los fragmentos y bloques calizos desprendidos de los escarpes de la zona alta. Estos depósitos, originados en un clima más frío que el actual y situados sobre pendientes fuertes construidas en terrenos esencialmente margosos, se estructuran con bastante facilidad como deslizamientos fósiles, latentes e incluso activos. Cuando las cuestras no están coronadas por los niveles pontienses o se desarrollan sólo sobre horizontes detríticos del Vindoboniense, disminuyen o están ausentes los problemas de inestabilidad potencial de las laderas. El origen de dicha inestabilidad hay que buscarlo en tres factores esenciales: por una parte en la constitución litológica del Mioceno, caracterizada por un predominio de materiales impermeables, margosos o arcillosos, y con intercalaciones de niveles calizos o detríticos, más o menos permeables; de otra, la disposición estratigráfica que sitúa a los niveles calizos en los horizontes más altos de la serie,



Foto 2.— Escarpe y deslizamientos en las calizas del páramo inferior. Ladera de la margen derecha del arroyo de Cubillas, por la que discurre la carretera que une Villagonzalo-Pedernales con Arcos, pueblo que se ve en segundo plano y a la izquierda de la fotografía.

en especial los más potentes con permeabilidad «en grande», que constituyen las plataformas de los páramos; y por último, la propia estructura horizontal, que da lugar en última instancia a la creación de dichos páramos y que facilita el paso del agua meteórica a las profundidades a través de las fracturas y diaclasas o siguiendo niveles permeables conectados a distinta altura como consecuencia de cambios laterales de facies; este agua surge a media ladera en numerosos puntos del terreno y ha sido y es la causa de la existencia de óptimas condiciones para la inestabilidad pretérita, presente y futura.

#### **Fondos de valle**

Si exceptuamos el valle del río Arlanzón cuya anchura media en el Tramo de Estudio es de 1,5 km, y las amplias laderas existentes al Norte de la ciudad de Burgos, en el valle del río Ubierna, morfología favorecida por la existencia de terrenos eminentemente yesíferos, el resto de los ríos y arroyos de la Zona 1 son estrechos, de fondo plano y de pequeño canal de avenamiento (Foto 5). Lateralmente y alzándose pocos metros sobre la terraza baja aluvial que constituye el fondo de los valles, se localizan restos de terrazas o glacis-terrazas que crean suaves escalones y que enlazan con las cuestas que se alzan hasta las parameras. En la margen izquierda del río Arlanzón, a la altura de Villalbilla de Burgos, las terrazas crean escalones bastante elevados sobre el cauce del río. Como ya se ha mencionado en el apartado 2.5 de Tectónica, parece existir un cierto control direccional en la red fluvial según las direcciones N-S, N-30° E y N-120° E, lo que implica que las plataformas de los páramos, de perfil muy recortado por el amplio



Foto 3.— Vista parcial del Valle del río Hormazuelas, relleno por el aluvial constitutivo del grupo A2 y sobre el que se asienta el pueblo de Villanueva de Argaño. Foto realizada desde el páramo con el que culminan los terrenos existentes entre los valles del río Hormazuelas y el Ruyales en una zona próxima a la confluencia de ambos. Al fondo, las laderas presentan inestabilidad fósil y están constituidas por el grupo 321e. Por encima, aparece el páramo inferior representado por el grupo 321c.

desarrollo de arroyos laterales, mantengan en su conjunto, y en general también los interfluvios de los grandes valles, direcciones que tienden a la N-S, con excepción del área de Villagonzalo-Pedernales, en que tienden a la E-O.

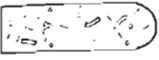
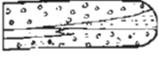
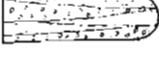
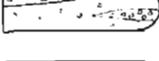
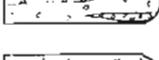
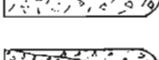
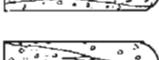
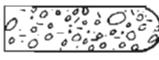
### 3.1.2. Tectónica

La Zona 1 se sitúa íntegramente en la Cuenca del Duero y se caracteriza por la disposición horizontal o subhorizontal de los materiales que la integran y por la atectonicidad de los mismos. A lo largo y ancho de esta Zona ocupada por formaciones litológicas del Mioceno y Cuaternario, se ha podido observar en las series terciarias una pendiente deposicional de los materiales del orden del 1 por 100 hacia el SSE, y algunas estructuras de basculamiento o combamientos de gran radio, relacionadas probablemente con una tectónica de zócalo que sólo cabe deducir de algunas fallas y fracturas detectadas, y del control direccional que se observa en la red fluvial, orientada en unos sentidos predominantes, lo que hace pensar en un posible origen estructural del mismo. Esta serie de lineaciones se pueden agrupar en los siguientes sistemas:

- N-S
- N-30° E
- N-120°-130° E

### 3.1.3. Columna estratigráfica

Los grupos señalados con el asterisco (\*) son los existentes en la Zona 1.

COLUMNA LITOLÓGICA	GRUPO LITOLÓGICO	GRUPO GEOTECNICO	LITOLÓGIA	POTENCIA EN m	EDAD
	W	G3	Arcillas con grava dispersa y restos de cerámica y huesos.		
 *	A	G1	Gravas poligénicas, arenas y limos.	1-2	Cuaternario
 *	A1	G2	Limos arenosos, arenas y gravas poligénicas.	1-3	"
 *	A2	G3	Limos y arcillas con abundante materia orgánica, arenas y gravas dispersas.	1-3	"
 *	a3, a5	G5	Limos y arcillas arenosas con gravas y gravillas dispersas.	1-2	"
 *	a4, a6	G6	Arcillas y limos con posible yeso diseminado y gravas y gravillas dispersas.	1-2	"
 *	C	G7	Arcilla con grava angular.	1-5	"
 *	G	G8	Gravas, gravillas, arenas, limos y arcillas.	1-4	"
 *	D	G8	Arcillas y limos con arenas y gravas.	1-6	"
	g1, g2, g3	G4	Gravas y gravillas esencialmente silíceas con matriz limo-arenosa y limo-arcillosa.	1-3	"
 *	t	G4	Gravas y gravillas poligénicas con matriz limo-arenosa y limo-arcillosa.	1-2	"
 *	g3a	G6	Arcillas con grava angular dispersa.	1-2	"
	T1, T2, T3, t4	G4	Gravas, esencialmente silíceas, arenas y limos.	1-4	"
 *	t1a, t2a, t3a, t4a	G4	Gravas y arenas poligénicas con limos.	1-3	"
	t3b	G4	Arenas, gravillas y gravas poligénicas.	1-3	"
	350	G4	Gravas y arenas silíceas con matriz limo-arcillosa.	1-3	Plioceno

COLUMNA LITOLÓGICA	GRUPO LITOLÓGICO	GRUPO GEOTECNICO	LITOLÓGIA	POTENCIA EN m	EDAD	
	*	321a	G9	Calizas del páramo superior.	1-7	Pontiense
	*	321b	G13	Arcillas negras y rojas con algún horizonte calizo.	20-25	"
	*	321c	G9; G11	Calizas del páramo inferior.	1-30	"
	*	321d	G11	Margas, a veces yesíferas, alternando con calizas lacustres.	0-80	Vindoboniense Superior y Medio
	*	321e	G12	Margas, margas yesíferas con calizas y margo-calizas, circunstancialmente yesos y lechos detríticos.	0-50	"
	*	321f1	G12	Margas, margas yesíferas, yesos, margo-calizas y algunos niveles de arcillas, limos y arenas.	40-50	"
	*	321f2	G10; G12	Margas, margas arenosas, posibles margas yesíferas, margo-calizas, arcillas, limos, arenas, pudingas y conglomerados.	50-70	"
	*	321g	G12	Margas y margas yesíferas con margo-calizas.	30-40	"
	*	321h	G13; G12	Limos y arcillas arenosas, arenas, areniscas, pudingas y conglomerados: «Facies Tierra de Campos».	40-60	Vindoboniense Inferior
	*	321i	G13	Conglomerados, pudingas, arenas y limos.	0-5	"
	*	321j	G12	Arcillas y margas yesíferas, yesos, margo-calizas y areniscas.	0-40	"

Fig. 9.— Columna estratigráfica de la Zona I.

Las fases tectónicas que de alguna forma han influido sobre los materiales del Terciario Superior en la Cuenca del Duero son, por una parte, la Iberomanchega I (1ª Rodánica), responsable de elevaciones de los bordes de la cuenca y de la generación de la superficie del Páramo, y la Iberomanchega II, que precede a la deposición de las «rañas» en el Plioceno Superior.

#### 3.1.4. Grupos litológicos

##### ALUVIONES ACTUALES, A

**Litología.**— Aluviones constituidos por gravas de naturaleza poligénica, dominando los materiales metamórficos silíceos sobre los calcáreos, y por arenas, arenas limosas y limos.

**Estructura.**— Este grupo engloba el área ocupada en la actualidad por el cauce mayor de los ríos importantes del Tramo, es decir, el que se supone puede ser ocupado por las aguas en avenidas de normal recurrencia. Los materiales se disponen en lechos lenticulares dentro de un cauce con estructura meandriforme y con numerosos canales de estiaje.

**Geotecnia.**— Las áreas ocupadas por este grupo están sujetas a los efectos de la dinámica fluvial. Sus materiales pueden ser considerados como adecuados o tolerables como préstamos, y sólo parcialmente constituyen yacimientos granulares. Las áreas aluviales actuales más importantes corresponden a los ríos Arlanzón, Pisuerga y Carrión.

##### TERRAZA BAJA ALUVIAL, A1

**Litología.**— Aluviones constituidos por limos más o menos arenosos, con grava silícea dispersa y lechos de gravas y arenas, esencialmente silíceas (Fotos 4 y 35).

**Estructura.**— Constituye este grupo la terraza baja aluvial de los ríos más importantes del Tramo. Los lechos de gravas y arenas presentan una distribución irregular, como corresponde a materiales depositados en un antiguo cauce meandriforme, y su proporción es en general inferior a la de los limos que suelen constituir el horizonte superior de la terraza con bastante continuidad. La potencia de estos depósitos puede oscilar entre 1 y 3 m.

**Geotecnia.**— Salvo áreas muy localizadas en las cuales pueden dominar en superficie depósitos de arenas y gravas, el resto, que supone mayoría, presenta una permeabilidad escasa o muy escasa, lo cual puede plantear problemas de escorrentía superficial. La capacidad de carga de estos terrenos puede oscilar de media a baja, siendo previsible que puedan producirse asentamientos diferenciales cuando la potencia de los depósitos sea pequeña y el bulbo de presiones afecte al sustrato arcilloso mioceno, interfiriendo de forma negativa el previsible horizonte freático creado entre terraza y sustrato. El conjunto de los materiales de este grupo puede considerarse como adecuado o tolerable para préstamos, y sólo parcialmente dichos materiales constituyen yacimientos granulares. En principio,



Foto 4.— Gravas y arenas silíceas en la terraza baja aluvial del río Arlanzón, (Grupo A1), en las proximidades de Estépar.

las terrazas bajas de aluviales de los ríos Arlanzón, Pisuerga y Carrión, aparecen como las que con mayor frecuencia e importancia contienen lechos detríticos gruesos intercalados en los limos.

#### TERRAZA BAJA ALUVIAL ARCILLOSA, A2

**Litología.**— Aluviones constituidos por limos y arcillas de llanura de inundación y con abundante materia orgánica (Foto 5). Los depósitos de gravas y arenas suelen presentarse como material disperso y poco abundante.

**Estructura.**— Constituye este grupo la terraza baja aluvial de valles que presentan un mal drenaje superficial y están surcados por una red sinuosa de pequeños canales. La potencia de estos depósitos puede oscilar entre 1 y 3 m.

**Geotecnia.**— La formación aluvial presenta baja permeabilidad y nula escorrentía superficial. La capacidad de carga debe estimarse, en principio, baja. Los materiales de este grupo aparentan no presentar características adecuadas para su utilización como préstamos; en todo caso, su aprovechamiento se estima como muy restrictivo.

#### ALUVIALES DE ARROYOS, a3, a5

Se describen en la Zona 2 por adquirir en la misma mayor representatividad.



Foto 5.— Terraza baja aluvial del río Hormazuelas, correspondiente al grupo A2, en las proximidades de Hormaza.

#### ALUVIALES EN FONDOS DE ARROYOS ENTRE PARAMOS, a4, a6

**Litología.**— Arcillas o arcillas y limos, con posible existencia de yeso disperso, y gravas y gravillas dispersas, de naturaleza caliza esencialmente.

**Estructura.**— Son depósitos someros, (su potencia varía entre 0,5 y 2 m), que recubren los fondos de arroyos (a4) (Foto 6) y de vaguadas de fondo muy amplio y llano, imperceptiblemente encajadas en vertientes de suave pendiente, dando lugar a unos recubrimientos aluviales o coluvio-aluviales próximos a la estructura de glacia, (grupo a6).

**Geotecnia.**— Son terrenos de baja permeabilidad y mala o muy mala escorrentía superficial. Estos materiales tienen baja capacidad de carga y no son utilizables como préstamos.

#### CONOS DE DEYECCION, D

**Litología.**— Arcillas y limos con arenas y gravas de naturaleza poligénica, abundando las angulosas o poco rodadas, de origen calcáreo.

**Estructura.**— Son depósitos lenticulares de tipo abanico aluvial, que se encuentran a la salida de pequeños arroyos y cuya potencia puede oscilar entre 1 y 6 m.

**Geotecnia.**— Materiales con moderada o baja permeabilidad y capacidad portante. Los taludes naturales son estables. Los taludes de excavación no deben

superar pendientes mayores de 45°. Son materiales ripables y se estiman tolerables para su utilización como préstamos.

#### COLUVIALES, C

**Litología.**— Arcillas claras o grises con fragmentos dispersos, generalmente abundantes, y de todo tamaño, de rocas calizas. En menor proporción hay arcillas y limos arenosos con fragmentos dispersos de rocas calizas y algunas gravas o gravillas silíceas (Fotos 7, 8 y 9).

**Estructura.**— Son derrubios de ladera que presentan estructura masiva generalmente y que tienen potencias que pueden oscilar entre poco menos de un metro y más de cuatro.

**Geotecnia.**— La permeabilidad y la capacidad de carga de estos materiales son bajas. Los taludes naturales presentan con frecuencia problemas de estabilidad fósiles o latentes. La excavación de taludes artificiales debe realizarse con pendientes que no superen los 40° en el caso de que sólo se afecte a los propios materiales del coluvión; si éstos quedasen colgados en el talud, la pendiente de los mismos no debería sobrepasar los 30°;



Foto 6.— Fondo de valle del arroyo del Plantío, tributario por la derecha del río Hormazuelas, que lo es a su vez del Arlanzón. Su relleno cuaternario forma parte del grupo a4 y las laderas que lo encajan corresponden al grupo 321e.



Foto 7.— Coluviones con bloques calizos procedentes de desprendimientos de las cornisas del páramo, sobre un sustrato calizo y margoso basculado, a consecuencia de una inestabilidad pretérita. Laderas de la margen izquierda del arroyo del Plantío, a la altura del p.k. 137 de la carretera N-120 según el Mapa General 1:50.000 del Servicio Geográfico del Ejército.



Foto 8.— Coluvial sobre el aluvial del río Hormazuelas, a menos de un kilómetro al Norte de Villagutiérrez.



Foto 9.— Recubrimiento coluvial de arcillas con cantos calizos sobre las margas del grupo 321f1.

#### GLACIS-TERRAZA Y COLUVIO-GLACIS, G

**Litología.**— Este grupo está formado por gravas y gravillas poligénicas en las que abundan los fragmentos angulosos o poco rodados de naturaleza caliza, por arenas, asimismo con abundante componente calizo, y por limos y arcillas de tonos claros, con gran probabilidad de estar impregnados de yeso, y que pueden ser mayoritarios en las áreas más próximas al contacto con los materiales miocenos.

**Estructura.**— Son depósitos de ladera con pendientes relativamente suaves, a veces conos de deyección, que llegan al fondo del valle, en donde adquieren una estructura de terraza que enlaza y se imbrica con el aluvial. Se trata, por tanto, de acumulaciones con estructuras híbridas entre coluvial, glacis, terraza y abanico aluvial, caracterizadas por un transporte corto y en las que los detritus proceden, en su gran mayoría, de los materiales miocenos que conforman las vertientes sobre las que se asientan. La potencia de estos sedimentos puede oscilar entre 1 y 4 m, como valores más probables.

**Geotecnia.**— La permeabilidad de estos materiales varía entre moderada y alta, aunque a veces la escorrentía superficial puede resultar dificultada por la existencia en superficie de un suelo arcilloso de origen coluvial. Las pendientes naturales son muy tendidas y normalmente estables. Los taludes artificiales se podrán excavar con pendientes moderadas o fuertes, en razón de la naturaleza y potencia de los materiales. Con potencias someras cabe la posibilidad de que el horizonte freático que puede constituirse en el contacto entre este grupo G y el sustrato impermeable, ejerza una influencia negativa sobre la calzada provocando asentamientos diferenciales.

Son materiales adecuados o tolerables como préstamos, y sólo parcialmente pueden constituir yacimientos granulares. El grupo es ripable por medios mecánicos normales.

#### TERRAZAS POLIGENICAS DEL RIO ARLANZON Y AFLUENTES, t1a, t2a, t3a, t4a

**Litología.**— Son terrazas formadas por gravas y arenas poligénicas que presentan caliches de cementación y limos. Existe dominio de los clastos de naturaleza silícea en las terrazas del río Arlanzón, y de los calcáreos en los depósitos de los ríos afluentes.

**Estructura.**— Depósitos lenticulares cementados parcialmente por caliches, con potencias generalmente escasas (entre 1 y 3 m) (Foto 10).



Foto 10.— Frente de una pequeña explotación abandonada, en la terraza de la margen derecha del río Ubierna perteneciente al grupo t3a, y situada en las proximidades de Quintanadueñas. Los aluviones, parcialmente encontrados, llegan a tener una potencia máxima de 2,5 m y son de naturaleza poligénica con predominio de los cantos calizos.

**Geotecnia.**— Son materiales permeables. Su capacidad de carga es moderada cuando la potencia de la terraza es tal que el bulbo de presiones no llega al sustrato arcilloso mioceno. En el caso que lo afectara, circunstancia bastante probable dada la escasa potencia que pueden tomar estas terrazas, la existencia del muy posible horizonte freático, creado entre terraza y sustrato, interferirá negativamente en la capacidad soporte del terreno. Estos materiales suelen constituir pequeños yacimientos granulares que han sido aprovechados, a veces, en obras locales. Es un grupo fácilmente ripable, salvo algunos sectores que pueden dar algún problema debido a la cementación.

COLUVIO-GLACIS, g3a

**Litología.**— Este grupo está formado por arcillas de tonos grises y ocre que presentan gran probabilidad de contener yeso disperso, en áreas donde exista en el sustrato circundante, y por gravas igualmente dispersas, angulosas y de naturaleza calcárea, y, en menor proporción, rodadas y de naturaleza silíceas (Foto 11).

**Estructura.**— Constituyen depósitos someros de naturaleza coluvio-glacis que recubren áreas de morfología muy tendida. Estas áreas enlazan insensiblemente con el fondo de valles de arroyos de corto recorrido, pero amplios.

**Geotecnia.**— Son materiales poco permeables, y de baja capacidad soporte.



Foto 11.— Materiales coluvio-aluviales próximos a Quintanilla de Vivar y pertenecientes al grupo g3a.

## GLACIS-TERRAZA, t

**Litología.**— Grupo constituido por gravas y gravillas de naturaleza esencialmente silíceas e inmersas en una matriz limo-arenosa y limo-arcillosa.

**Estructura.**— Depósitos someros estructurados como glacis-terrazas, aunque en alguna ocasión pudiera representar un suelo coluvio-eluvial procedente de un sustrato formado por el grupo litológico 321i.

**Geotecnia.**— Son materiales permeables y con buena escorrentía superficial por percolación. Su capacidad para crear un pequeño freático cuando este grupo se sitúa sobre las arcillas impermeables miocenas, caso que es lo normal, dará lugar a problemas de inestabilidad en los taludes de excavación cuando estos materiales constituyan un horizonte superior en el desmonte. En tales circunstancias deben tomarse medidas de drenaje, tendido de taludes a pendientes iguales o inferiores a 30°, o posibles medidas de contención (Fotos 25 y 26). La capacidad portante debe considerarse de baja a moderada.

## CALIZAS DE LOS PARAMOS, 321a, 321c

**Litología.**— Calizas lacustres blancas o grises muy claras, unas veces duras y muy compactas, y otras, muy frecuentemente, margosas, con poca dureza y compactidad. En general son cavernosas y muestran gran densidad de perforaciones tubulares, características en este tipo de facies lacustres. Las calizas son generalmente de naturaleza micrítica. Intercalados entre los estratos calizos aparecen lechos delgados de margas blancas. Superficialmente existe un suelo de alteración, de distribución irregular y formado por arcillas de decalcificación y bloques de rocas calizas (Fotos 12 y 13).

**Estructura.**— Realizando un corte geológico N-S y otro E-O (ver cortes representativos) sobre la Zona 1, se puede observar que la serie miocena presenta una inclinación muy ligera al SO. Por otra parte parece existir una tendencia al engrosamiento de la facies caliza al desplazarnos hacia un área situada en el sector centro-sur y centro-norte de las Hojas topográficas de Sasamón y Castrojeriz, respectivamente. Esta serie esencialmente caliza, dispuesta horizontal o subhorizontalmente, da lugar a las amplias superficies de los páramos (Foto 14). Morfológicamente se reconocen dos niveles principales de páramos: uno, constituido por un paquete calizo de unos 7 m de potencia, con el que culmina la serie pontiense, da lugar a un páramo superior que ocupa reducidas áreas (grupo 321a); y el otro, cuya potencia puede experimentar oscilaciones entre uno y treinta metros, como consecuencia de los cambios laterales de facies y de la erosión, constituye el páramo inferior que cubre amplias áreas en las Hojas de Sasamón, Castrojeriz y Burgos. (grupo 321c).

El páramo superior forma pequeñas mesetas que se alzan en el centro del amplio páramo inferior, que, a su vez, representa el centro-sur y centro-norte de las Hojas de Sasamón y Castrojeriz, respectivamente. La superficie del páramo inferior no coincide constantemente con un solo nivel calizo, sino que, debido a la ligera inclinación deposicional de los horizontes miocenos, a basculamientos, suaves abombamientos o cambios laterales de la serie, el tallado de esta plata-



Foto 12.— Horizontes calizos y niveles de margas del páramo inferior (grupo 321c), próximos al cruce de la carretera N-120 con la local que une Cítores del Páramo con Yudego.



Foto 13.— Alternancia de estratos calizos y margas del grupo 321c sobre las margas del grupo 321e que configuran la base del talud. Inicio del descenso de la carretera N-120 desde el páramo inferior al valle del río Hormazuelas por la ladera de la margen izquierda del arroyo del Plantío.

forma en una amplia longitud de terreno puede coincidir con diversos estratos calizos dentro del paquete calcáreo que integra el grupo 321c, y también, por estas circunstancias, con los horizontes margosos, delgados, que intercalan las calizas. En algún caso el páramo está constituido por un estrato calizo bien desarrollado, perteneciente a horizontes estratigráficos incluidos normalmente en el grupo 321d, tal como el existente en el límite de las Hojas de Sasamón y Burgos. Las potencias calcáreas más importantes del páramo se encuentran en las zonas centrales de las Hojas de Sasamón y Castrojeriz, en donde se da asimismo la mayor concentración de depósitos yesíferos en los niveles inferiores representados por los grupos 321e, 321f y 321g. Los páramos en la Hoja de Burgos son mucho más delgados, llegando a ser un horizonte testimonial en las mesetas que rodean a la ciudad de Burgos, al Norte de la misma.

Desde el punto de vista tectónico, sólo se han detectado algunas fallas y fracturas que dislocan o inclinan ligeramente la serie miocena en algunos puntos.

Un carácter muy destacado de los páramos es la inestabilidad gravitacional, fósil y activa, que se observa en los bordes escarpados de los mismos: bloques y masas de roca caliza se han desplomado y deslizado sobre los materiales margosos subyacentes. Al margen de estos procesos de los bordes, existen otras estructuras que pueden verse en las cortas de las paredes de canteras, en donde grandes bloques de calizas aparecen rotos e inmersos en un horizonte margoso, en un claro indicio de haberse originado en un proceso gravitacional, en pendientes muy someras, y posiblemente en un tiempo de clima muy húmedo y frío, aunque también pudiera ser que algunas de estas estructuras debieran su origen a deslizamientos intraformacionales en el interior de la cuenca.

**Geotecnia.**— Las calizas poseen una permeabilidad «en grande», debido a la fisuración y cavernosidad que presentan. No obstante, la intercalación de horizontes margosos y la existencia de arcillas de decalcificación en superficie crean de hecho problemas locales de escorrentía superficial. Los páramos en general infiltran gran parte del agua de escorrentía, agua que pasa a niveles más profundos a favor de planos de diaclasado y de fractura, superficies de estratificación y horizontes permeables o semipermeables intercalados en la serie miocena, para surgir posteriormente a diversas alturas de la cuesta que desciende a los valles. Los taludes naturales escarpados de los bordes de los páramos, suelen presentar una inestabilidad fósil, latente y potencial, por desprendimientos, desplomes y deslizamientos, muy alta, debido a la alteración y deformación de los materiales margosos y margo-yesíferos, sobre los que se apoya este grupo. Los taludes de las excavaciones de alturas medias podrán ser en general muy fuertes, aunque habrá que tener en cuenta la posibilidad de que, debido a la erosión diferencial, puedan producirse desprendimientos y desplomes, y por tanto, será conveniente dejar una amplia cuneta que recoja los materiales caídos. La capacidad portante de estos terrenos debe estimarse en principio como alta e incluso muy alta. No obstante, estas características pueden sufrir modificaciones importantes en los siguientes casos y circunstancias: en los bordes de las plataformas, en donde, como se ha dicho, existe peligro de inestabilidad gravitacional; en las zonas de profunda alteración de las calizas, con formación de un suelo potente de arcillas de decalcificación, y de disolución kárstica; en las zonas en que hay cambios rápidos de facies entre las calizas y las margas, tanto en lo que se refiere a la naturaleza litológica como a la estructura sedimentaria; en las zonas en que se



Foto 14.— Superficie del páramo inferior constituido por el grupo 321c. Al fondo, a la izquierda y sobre este páramo inferior se eleva un pequeño cerro cónico que corresponde al grupo 321b y que está coronado por un resto de mesa caliza del páramo superior, constituido por el grupo 321a.

producen cambios de los niveles freáticos cautivos o colgados; y, por último, en las zonas en que existe mal drenaje superficial.

Los materiales de este grupo, en general, se consideran no ripables por medios mecánicos normales. No obstante, debido a los cambios laterales de facies, algunos niveles o zonas sí serán ripables, aunque esta circunstancia sólo podrá definirse con estudios detallados en cada caso.

#### ARCILLAS Y LIMOS, 321b

**Litología.**— Este grupo está constituido esencialmente por arcillas negras y rojas, a veces por limos de los mismos colores, y por algún horizonte calcáreo intercalado.

**Estructura.**— Son materiales que tienen una disposición horizontal y están situados entre los dos paquetes calcáreos que constituyen los páramos (Foto 14). La potencia del grupo oscila entre 20 y 25 m. Existe un horizonte calcáreo intercalado, de un metro de potencia.

**Geotecnia.**— Estos materiales son impermeables y, aunque tienen una aceptable escorrentía superficial, presentan una cierta capacidad de retención de agua en el horizonte superficial del suelo de alteración o de recubrimiento. Los taludes naturales son generalmente estables. Los taludes de excavación con pendientes superiores a 30° tenderán a ser inestables. La capacidad portante oscilará de media a baja. El grupo se considera ripable por medios mecánicos normales.

## ALTERNANCIA DE MARGAS Y CALIZAS. 321c

**Litología.**— Margas, a veces con yeso **diseminado** de tonos blancos, que alternan con calizas acustres oquerosas, más o menos margosas, de naturaleza micrítica y de tonos grises muy claros o blancos. Superficialmente suele existir un suelo de alteración o derrubio de naturaleza arcillosa que engloba fragmentos de roca caliza y que difícilmente supera el metro de potencia en zonas llanas o de suave morfología.

**Estructura.**— Los materiales se disponen horizontalmente y forman estratos que experimentan cambios laterales en su potencia y naturaleza litológica; se pasa de bancos potentes y masivos a series alternantes métricas o decimétricas. Los bancos calizos llegan a dar superficies llanas de páramos y producen escalonamientos y pendientes **muy fuertes**, en las vertientes (Fotos 15 y 16). Morfológicamente este grupo **engloba** formas de parameras y cuestras. En **conjunto** su potencia puede oscilar entre 50 y 80 m.

De los grupos litológicos diferenciados dentro del Vindoboniense Medio-Superior, el grupo 321d **corresponde a los niveles** altos del mismo. Estos niveles afloran en el cuadrante nororiental de la Hoja de Sasamón, en donde ocupan amplias superficies. Es, por otra **parte**, el grupo que presenta un mayor desarrollo de las intercalaciones de bancos calizos. Hacia el Sur, **estratigráficamente** este grupo se integra en el 321e, el cual **junto** con el 321g, inferior, quedarán integrados a su vez en el 321f. Este último grupo representa a todo el conjunto del Vindoboniense Medio-Superior en el área sur de la Zona 1 (ver cortes representativos de la Zona 1).

No han sido observadas estructuras tectónicas importantes, dignas de mención. Solamente son de destacar las formas fósiles de **fenómenos de inestabilidad** gravitacional de las vertientes, que son procesos **activos en la actualidad**, y en donde los bloques de calizas, desprendidos y deslizados **de las cornisas** o escalones que conforman **aquéllas**, **integran una** masa coluvial, **junto** con los materiales arcillosos procedentes de los **niveles de** margas alteradas y deslizaos. El fenómeno no suele ser muy profundo.

**Geotecnia.**— El grupo está constituido por materiales de **naturaleza impermeable** que alternan **con niveles** permeables por fisuración y cavernosidad. La **escorrentía superficial es pobre** en las áreas llanas de parameras y buena o regular en las vertientes; en estas últimas el agua de escorrentía puede percolar a través de los depósitos de ladera, quedar **retenida** en ellos en sus zonas más arcillosas, y circular a través del plano de **discontinuidad** de estos recubrimientos con el sustrato. El agua que penetra en el terreno a favor de las capas más permeables aparece a media ladera, en surgencias, la mayor parte de las veces ocultas por los derrubios de la misma. Todas estas aguas existentes en la cuesta son potencialmente **agresivas**, y han incidido e inciden muy negativamente en la estabilidad natural **de las** vertientes, las cuales se ven afectadas con bastante regularidad por fenómenos de deslizamientos, desplomes y desprendimientos, fósiles en su gran mayoría, latentes y activos. En las excavaciones de los taludes artificiales deberán tenerse muy en cuenta los procesos geomorfológicos mencionados, a fin de poder prevenir incidencias negativas durante o posteriormente a la construcción. La pendiente a dar a los taludes en terreno natural estable debe



Foto 15.— Taludes de excavación en el grupo 321d, en la carretera que se dirige desde Pedrosa de Río-Urbel a Avellanosa, a un kilómetro aproximadamente de haber pasado el desvío que conduce a Lodoso.



Foto 16.— Laderas en la margen izquierda del río Ruyales, en las proximidades de Avellanosa del Páramo, ocupadas por el grupo 321d.

depender de alguna forma de la estructura estratigráfica, en lo que respecta a la proporción y disposición en que pueden presentarse los horizontes calizos y margosos. De forma general, en los taludes de alturas medias no deberán adoptarse pendientes superiores a 45°, excepto en los casos en que éste estuviera dominado por un banco calizo. Cuando el dominio corresponde a las margas, la pendiente debe suavizarse, no sobrepasando los 35°. Es importante en la construcción de desmontes en estos terrenos la realización de cunetas de guarda y de otras, amplias, al pie del talud, para la recogida de desprendimientos y derrubios en general. El drenaje del talud es un tema importante ya que, como se ha dicho anteriormente, es frecuente la surgencia en el mismo de freáticos colgados que pueden dar lugar a problemas de inestabilidad a corto o medio plazo. Si exceptuamos las áreas de ladera donde los terrenos de derrubio y de alteración están afectados por deslizamientos fósiles, el sustrato natural estable posee una capacidad de soporte entre moderada y alta. El grupo debe ser considerado ripable por medios mecánicos normales en más de un 70%.

#### MARGAS Y MARGAS YESIFERAS, CON INTERCALACIONES DE CALIZAS, MARGO-CALIZAS Y, CIRCUNSTANCIALMENTE, YESOS Y LECHOS DETRITICOS, 321e

**Litología.**— Este grupo es una serie constituida por materiales de tonos blancos, eminentemente margosos y margo-yesíferos, y que contienen yesos dispersos o en pequeños lechos lenticulares, e intercalaciones de calizas oquerosas (Foto 17), calizas margosas o margo-calizas de tonos blancos y grises muy claros, y, circunstancialmente, horizontes de arcillas y lechos arenosos. En la superficie es bastante normal la existencia de un manto de derrubios de gravedad (Foto 18) que descansa sobre un sustrato que frecuentemente aparecerá alterado y deformado.

**Estructura.**— Estos materiales tienen una disposición horizontal y se corresponden con los niveles medio y superior del grupo 321f1, del cual se han segregado cartográficamente en el sector central de la Zona 1. Las margas, dominantes en el grupo, constituyen desde estratos masivos a capas decimétricas. Las calizas, más o menos margosas, y las margo-calizas se intercalan de manera muy irregular y tienen potencias que oscilan entre unos pocos metros y algunos decímetros. Son frecuentes las alternancias métricas o decimétricas de capas compactas de margas, o margo-calizas o calizas más o menos margosas, con capas de margas deleznales o muy flojas. Los niveles calizos son frecuentes a muro, en donde suelen ser muy terrosos, y, sobre todo, a techo, en donde se señala un tránsito a la facies eminentemente más caliza pontiense, constitutiva de los páramos. De hecho, el límite que separa ambos grupos no coincide con un nivel estratigráfico, sino más bien con un horizonte a partir del cual y hacia arriba dominan los estratos calizos y que, debido a los cambios laterales de facies que experimenta la serie miocena, va fluctuando a diferentes cotas en el terreno dentro de un intervalo de 10 a 15 m. La potencia de este grupo oscila entre 50 m y su desaparición al Norte por acuñamiento. Por el Sur queda integrado de forma brusca y un tanto convencional en el grupo 321f1.

Desde el punto de vista tectónico, no se detectan otras estructuras que no sean diaclasas, fracturas, alguna falla localizada que puede provocar el bascula-



Foto 17.— Calizas oquerosas, margo-calizas y margas del grupo 321e, en la ladera de la margen izquierda del arroyo del Plantío, a la altura del p.k. 138 de la carretera N-120 según el Mapa General 1:50.000 del Servicio Geográfico del Ejército.



Foto 18.— Margas de tonos claros blanquecinos y grises, con horizontes circunstancialmente muy oscuros, alternando con calizas y margo-calizas dispuestas en estratos menos potentes y bastante descompuestas por el diaclasado y la alteración. Este conjunto litológico que representa al grupo 321e, aparece recubierto por un suelo coluvial arcilloso que contiene abundante grava caliza. En la cima de la ladera, el nivel superior calizo integrante del grupo 321c, da lugar a la plataforma del páramo inferior.



Foto 19.— Talud excavado en las margas y margo-calizas con horizontes intercalados arenosos, correspondientes al grupo 321e. Forma parte de las obras de mejora del trazado que se efectúan en la carretera N-120, a la altura del p.k. 143, y en la margen derecha del arroyo Perú. El agua surge en distintos niveles del desmonte, lo que implica que si este agua no se controla mediante un drenaje adecuado, provocará un deterioro rápido del mismo.

miento ligero de la serie, y algunos combamientos laxos de la serie. A nivel estructural adquieren gran significación las formas fósiles, latentes y activas, de antiguos y actuales deslizamientos de ladera, bastante generalizados a lo largo de la cuesta a que da lugar este grupo litológico. La mayoría de estos movimientos afectan a un manto de derrubios de gravedad más o menos potente en el que suelen abundar los bloques de rocas calizas desprendidas de las cornisas del nivel de parameras, y a un sustrato alterado y deformado que aparentemente, en la mayoría de los casos, no adquiere mucha profundidad.

**Geotecnia.**— Este grupo está constituido en gran parte por materiales de naturaleza impermeable, pero existen intercalados niveles que dejan pasar el agua a su través y son capaces de crear freáticos colgados o cautivos en la serie. Parte muy importante del agua que cae sobre las plataformas de los páramos penetra en profundidad a través de las fracturas, diaclasas, cavernosidades de las calizas, planos de estratificación y algunos niveles detríticos arenosos existentes en el grupo. Este fenómeno es favorecido en conjunto por los continuos y rápidos cambios laterales de facies, circunstancia que por otra parte puede hacer difícil la captación de estas aguas intentando seguir un solo nivel estratigráfico. La consecuencia final es la existencia de surgencias de agua en las laderas de la Zona 1, construidas en su mayor parte por los materiales de este nivel estratigráfico. Un factor negativo de las aguas surgentes en estos terrenos es su probable carácter agresivo, al circular sobre o a través de materiales yesíferos.

La estabilidad natural de las laderas deja mucho que desear; si bien, en la actualidad no puede asegurarse la existencia de un amplio desarrollo de movimientos activos (aunque también los hay), existe no obstante una estructura bastante generalizada de movimientos fósiles y latentes, al parecer no muy profundos, y en cuyas causas adquiere gran significación la existencia de los mencionados acuíferos colgados. Debido a estas circunstancias geomorfológicas, la capacidad de carga de estos terrenos en áreas de ladera podrá oscilar de media a baja, existiendo sin duda horizontes con capacidad de soporte de moderada a alta, en coincidencia con la presencia de niveles con predominio de estratos calizos, siempre y cuando el terreno no se vea inmerso en procesos de deslizamientos. En razón de lo dicho anteriormente, la excavación de taludes artificiales deberá ir precedida de estudios muy detallados sobre la estabilidad natural y las condiciones hidrogeológicas del terreno con el fin de prever las medidas adecuadas en cada caso. En condiciones de buena estabilidad natural, los taludes no deberán superar los 45º de pendiente y será conveniente dejar una amplia cuneta para la recogida de materiales desprendidos, así como la construcción de cunetas de guarda, dado que el agua de escorrentía les afecta en gran medida, con desarrollo de cárcavas y fenómenos de erosión diferencial (Foto 19). En áreas de morfología llana o muy tendida, deben cuidarse en extremo las medidas de drenaje superficial.

Con excepción de algunos niveles de calizas duras, que pueden presentarse intercalados en el grupo, el resto, que es la gran mayoría, podrá ser excavado por medios mecánicos normales.

#### MARGAS, MARGAS YESIFERAS, YESOS, MARGO-CALIZAS, CALIZAS MAS O MENOS MARGOSAS Y ALGUNOS NIVELES DE ARCILLAS, LIMOS Y ARENAS, 321f1

En este grupo se integran el 321e y el 321g en el área de Castrojeriz, por la dificultad de separar aquí ambos grupos debido a los recubrimientos de ladera motivados por deslizamientos gravitacionales, y en otro sector al Noroeste de Burgos, por la disminución de potencia y la similitud litológica.

**Litología.**— Este grupo de tonos blanquecinos está constituido esencialmente por estratos masivos de margas y margas yesíferas (Foto 20), entre las que se intercalan o alternan niveles de margo-calizas, calizas más o menos margosas, yesos, y, circunstancialmente, algunos horizontes detríticos de arenas, limos y arcillas de tonos rojizos (Foto 21). Los yesos suelen encontrarse en forma de cristales dispersos en las margas y, con menos frecuencia, constituyendo masas discoidales. En los niveles superiores las facies de margas blancas con yesos pasan lateralmente a una sucesión de lentejones calcáreos con intercalaciones margosas delgadas. La presencia de yeso en las margas parece ser más importante en el área de la Hoja de Castrojeriz y en la zona sur, especialmente la suroeste, de la Hoja de Sasamón. Las calizas y las calizas margosas toman mayor importancia en los tramos intermedios y a techo de la serie. Los niveles calcáreos que suelen constituir el muro de este grupo se caracterizan por su alto contenido en terrígenos y neto predominio de ortoquímicos, y los situados en el centro de la serie y los que constituyen la zona del techo, son micritas y pelmicritas.

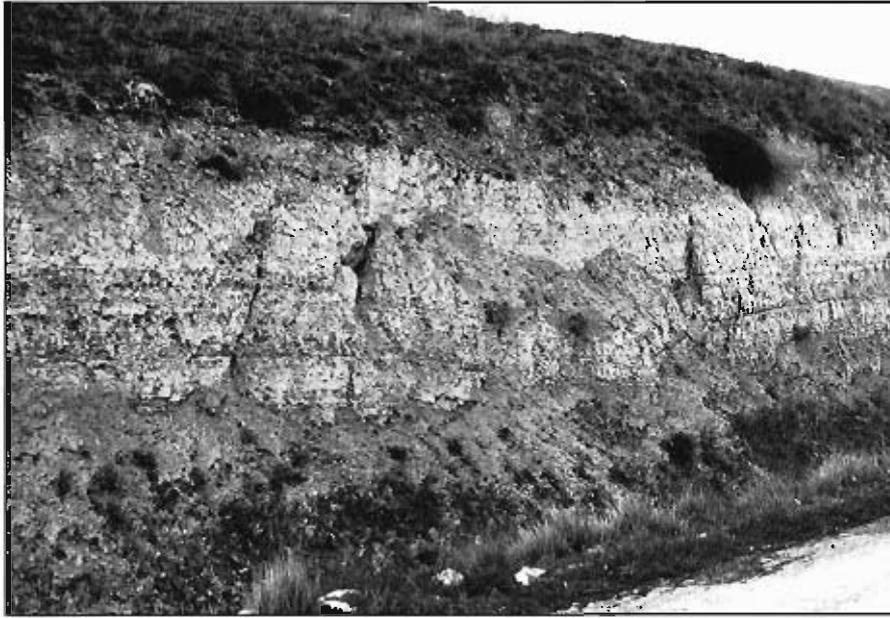


Foto 20.— Pequeños desplomes en el talud excavado en las margas del grupo 321f1, junto al p.k. 19 de la carretera local que une Castellanos de Castro con Castrojeriz.



Foto 21.— Laderas acarcavadas en la margen izquierda del arroyo del Quebradero, frente al pueblo de Vilviestre de Nuño. Están constituidas por margas, margas yesíferas, margo-calizas y calizas más o menos margosas del grupo 321f1, y coronadas por calizas del páramo pontiense del grupo 321c. En primer plano aparece el aluvial arcilloso del arroyo, correspondiente al grupo A1.



Foto 22.— Vertiente de la margen derecha del arroyo Garbanzuelo, en las proximidades de Castellano de Castro. Las laderas están tapizadas por bloques calizos desprendidos de los escarpes creados por el grupo 321c, que, junto con toda una masa arcillosa de derrubio, constituyen recubrimientos afectados por deslizamientos fósiles, sobre un sustrato esencialmente margoso y margo-yesífero del grupo 321f).

Los niveles detríticos tienen composición muy similar a los de Tierra de Campos que constituyen el grupo 321h. Los que suelen aparecer en la base del grupo suelen ser más arenosos que los existentes en los niveles intermedios o del techo, en los cuales existe un mayor contenido en limos y arcillas, formadas esencialmente por illita y caolinita.

Es bastante normal que sobre estos materiales constituyentes de la zona de cuesta que une los pies de las laderas con las áreas más o menos escarpadas creadas por las calizas de los páramos, exista un recubrimiento coluvial, (segregado como grupo independiente, C, cuando forma acumulaciones típicas al pie de las laderas), formado por un suelo de matriz arcillosa de tonos claros u ocres que engloba gran cantidad de fragmentos calizos y bloques de todo tamaño (algunos de grandes dimensiones), procedentes de los desprendimientos y desplomes de las cornisas calizas pontienses (Foto 22).

**Estructura.**— Los materiales de este grupo se disponen horizontal o subhorizontalmente y experimentan frecuentes y rápidos cambios laterales de facies, razón por la cual la potencia de los estratos varía ampliamente de unas zonas a otras. Las margas y margas yesíferas suelen adquirir grandes potencias y pueden pasar lateralmente a constituir una alternancia métrica o decimétrica con niveles de margo-calizas o de calizas. Los tramos en que los estratos calizos intercalados entre las margas son más frecuentes dentro del grupo se distribuyen a grandes

rasgos en tres niveles principalmente: uno a muro, que suele ser muy constante, marca el límite con los materiales detríticos de la «Tierra de Campos»; otro intermedio, que experimenta cambios de facies rápidos e importantes; y un tercero, que, hacia el centro y NE del área delimitada por este grupo, puede llegar a adquirir importancia y a fundirse con el grupo integrado por las calizas del páramo inferior, formando parte de él. Todos estos niveles calcáreos pueden presentarse masivos, o bien, más frecuentemente, en estructuras alternantes decimétricas con las margas.

Los yesos suelen aparecer, como ya se ha dicho, dispersos en las margas, aunque también forman niveles lenticulares que no llegan al metro de potencia. Estos horizontes son más frecuentes en los tramos medios del grupo, en la proximidad de los niveles calcáreos existentes a estas cotas, especialmente en el área de Castrojeriz.

Las arenas, limos y arcillas aparecen asimismo como lechos lenticulares intercalados entre las margas.

La potencia global del grupo se estima comprendida entre 40 y 50 m.

Desde el punto de vista tectónico, sólo cabe hablar de algunas fallas normales, muy localizadas, que pueden dar lugar a ligeros basculamientos de la serie. Es posible que estas fallas sean debidas a algunas estructuras de combadura de gran radio que pueden observarse en algunas áreas. Las estructuras que sí adquieren un amplio desarrollo son las roturas de ladera, debidas a los numerosos deslizamientos gravitacionales que tapizan las cuestas desarrolladas sobre este grupo litológico y que unen los fondos de los valles con los páramos pontienses. Aunque existen algunos deslizamientos muy importantes, lo normal es que éstos (en su gran mayoría, fósiles) afecten a zonas poco profundas de la ladera y se integren esencialmente de los materiales margosos alterados y del derrubio, en el cual adquieren gran importancia los bloques calizos desprendidos de las cornisas de los niveles pontienses.

**Geotecnia.**— Los materiales integrantes de este grupo litológico son, en su mayor parte, de naturaleza impermeable. Solamente algunos niveles calcáreos, arenosos o simples superficies de discontinuidad sedimentaria son capaces de constituir vehículos al agua que, desde las plataformas de los páramos, llega a ellos a través de fracturas y diaclasas. En estos terrenos de media ladera son numerosas las surgencias de agua, algunas de las cuales son aprovechadas frecuentemente como fuentes naturales en el abastecimiento de los pueblos. Este agua generalmente agresiva, y colgada a distinta altura en este grupo eminentemente margoso, es, por otra parte, causa esencial de la inestabilidad fósil y activa que tan ampliamente está desarrollada en la generalidad de las laderas. Dada la fuerte pendiente que normalmente existe en ellas, la escorrentía superficial es muy fuerte en ausencia de suelo, pero cuando éste existe, parte del agua es retenida por el mismo y percola a su través. Los taludes naturales presentan en una proporción muy elevada una inestabilidad frecuentemente fósil que, a veces, se debe considerar como un fenómeno latente. En otras áreas, las menos, se trata de fenómenos con una actividad manifiesta. En todos estos casos la superficie de la ladera está tapizada de un suelo coluvial que no aparenta mucha potencia generalmente y que soporta superficialmente grandes bloques de calizas desprendidos de las cornisas en que terminan los páramos. Cuando las margas aparecen desnudas de suelo, las pendientes de la cuesta suelen ser más fuertes y

la inestabilidad en estos casos se concreta en una fuerte erosión o acarreamiento de las mismas. La excavación de taludes artificiales debe tener muy en cuenta todos los aspectos hidrológicos y geomorfológicos comentados anteriormente, a fin de detectar, previamente a su diseño, la existencia y dimensiones de los horizontes de deslizamiento y la presencia de niveles freáticos colgados, circunstancias que de existir determinarán la necesidad de tender los taludes y crear estructuras de apoyo y drenaje, a fin de evitar un rápido deterioro de los mismos. En ausencia de estas circunstancias, los taludes no deben superar, para alturas medias, pendientes por encima de los 45º, si bien pueden exceptuarse aquellos casos en los cuales el desmonte sea excavado en un nivel en el cual abunden los niveles calcáreos de margo-calizas o de calizas margosas, bien en bancos masivos o alternantes con margas, en cuyo caso al talud podrá darse una mayor pendiente que no debería en ningún caso superar los 60º. Un drenaje correcto en los laterales de la calzada y unas amplias cunetas que recojan los productos de la erosión, de desprendimientos y desplomes, deben estimarse como necesarios.

El grupo se considera en general ripable con medios normales.

MARGAS, MARGAS ARENOSAS, POSIBLES MARGAS YESIFERAS, MARGO-CALIZAS, CALIZAS, ARCILLAS, LIMOS, ARENAS, ARENISCAS, PUDINGAS Y CONGLOMERADOS, 321f2

**Litología.**— Este grupo está constituido por una alternancia de estratos que representan una gran variedad de facies litológicas: desde calizas micríticas a conglomerados y pudingas silíceas. El dominio stratigráfico corresponde a las margas más o menos arenosas, de tonos blanquecinos (Foto 23), grises, azulados, verdosos y ocreos, y que intercalan margo-calizas o calizas margosas, arenas, areniscas y arcillas rojas. Al Norte del río Arlanzón son muy frecuentes los niveles de margas, margo-calizas, arcillas, limos, areniscas y arenas en facies de tonos rojos, y al Sur de este río, en los niveles más altos de la zona Este de la Hoja de Villagonzalo-Pedernales, son importantes los depósitos de arenas que se explotan en varios lugares. El yeso es posible que pueda estar presente como componente diseminado en algunos niveles de margas, existiendo una mayor posibilidad en los terrenos ocupados por este grupo al Norte y Noroeste de Burgos.

**Estructura.**— Serie en disposición horizontal con ligeros buzamientos locales debidos a combamientos muy laxos o a consecuencia de alguna falla. En las laderas de fuerte pendiente se han observado estructuras debidas a deslizamientos fósiles y activos: uno especialmente significativo y con este segundo carácter, existe en la ladera de la margen izquierda del río Arlanzón, en la proximidad de su confluencia con el río Ausines y al Noreste del pueblo de Cobia. En la proximidad de Burgos, al Sur de esta ciudad, existen algunas estructuras de rotura gravitacional fósil en las que se aprecian, por una parte, fallas de gravedad, que al parecer tienen que ver con la dirección presumiblemente tectónica del río Arlanzón y la excavación de su valle, y por otra, deslizamientos fósiles en pendientes muy suaves, que aparentan haberse originado en fases climáticas muy frías en las cuales el papel desempeñado por el hielo en este tipo de fenómeno pudo ser importante; en algunos casos, los fenómenos de rotura pudieron darse en el interior de la cuenca de sedimentación. (Ver Figura 10.3).

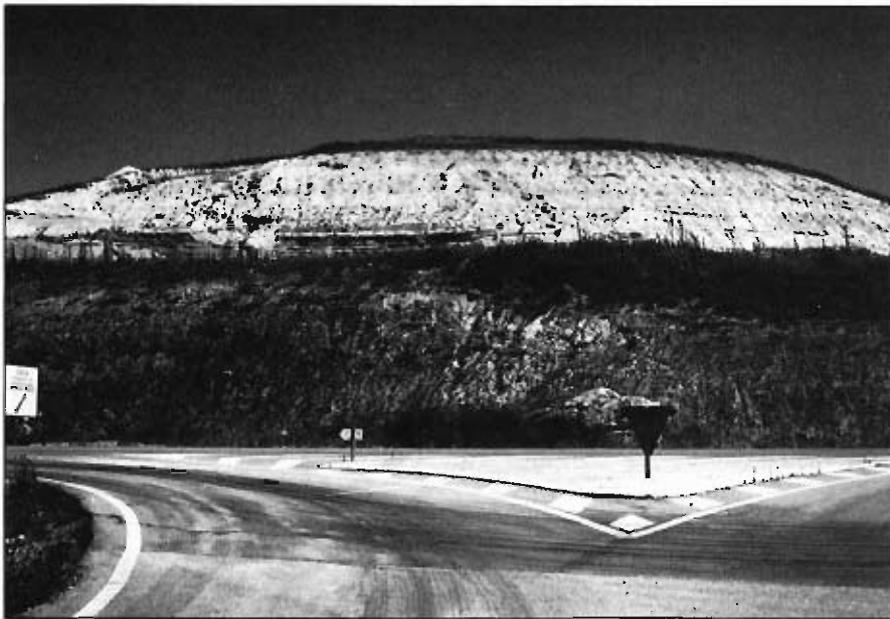


Foto 23.— Talud de excavación en los grupos 321f2, que forma la parte superior del mismo con tonos claros blanquecinos, y 321h, de tonalidad roja y que constituye la mitad inferior. Nuevo trazado de la carretera N-620 a la altura de Buniel. La gran berma dispuesta entre los dos grupos es posible que tenga relación con el comportamiento inestable del grupo 321f2.



Foto 24.— Taludes de excavación en el grupo 321f2 al Norte de Villagonzalo-Pedernales, en la nueva carretera N-620 de acceso a Burgos por el Sur. Nótese lo tendido de los mismos y el gran espacio existente entre la cuneta y el talud, motivado sin duda por la limpieza de materiales implicados en deslizamientos. La gran cantidad de agua existente en el terreno y la naturaleza arcillosa y margosa de gran parte del mismo da lugar a un terreno de malas condiciones constructivas.

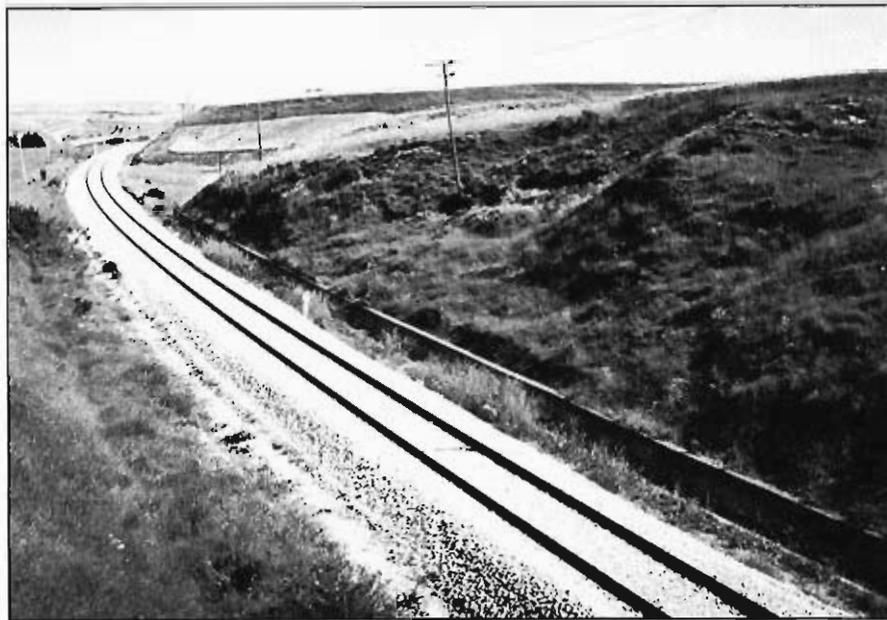


Foto 25.— Trinchera de ferrocarril a la altura de Villacienzo, en donde puede observarse la inestabilidad por deslizamiento de los taludes excavados en el grupo 321f2. Sobre este grupo se dispone un recubrimiento de glacis-terrazza que constituye el grupo t.



Foto 26.— Trinchera del ferrocarril a la altura de Villacienzo, excavada en el grupo 321f2 y en el recubrimiento representado por el glacis-terrazza constitutivo del grupo t. La inestabilidad del talud se intenta corregir con un muro de arcos ojivales.

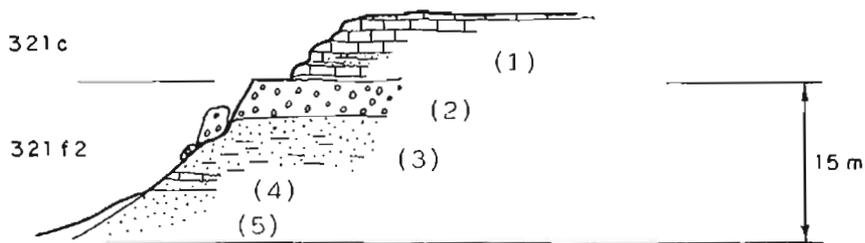
A nivel estratigráfico, el carácter más destacado, común a toda la serie miocena del Tramo, son los continuos cambios laterales de facies. Los niveles de margas pueden presentarse en forma masiva o con potencias decimétricas, y las margas arenosas y las arenas margosas presentan frecuentemente estratos decimétricos. Las calizas y margo-calizas tienen espesores que varían entre unos pocos metros y algunos decímetros. A veces, intercalado en un paquete masivo de margas grises o blanquecinas, aparece un horizonte calcáreo de algunos decímetros de espesor, finamente estratificado y replegado intraformacionalmente en estructuras que recuerdan a las que suelen darse en los depósitos yesíferos. Los estratos de calizas duras, compactas y oquerosas, son algo más frecuentes en los niveles altos de la serie, y dan lugar a pequeños páramos que han sido objeto de explotación en algún caso. Las arcillas rojas, arenas, areniscas, pudingas y conglomerados tienen potencias que suelen oscilar, asimismo, entre unos pocos metros y algunos decímetros. Los estratos de conglomerados, cuya potencia puede oscilar entre dos y tres metros, pueden dar lugar a zonas llanas, similares a las que originan los niveles duros calcáreos. La alteración superficial de los niveles de pudingas o de conglomerados da lugar a un suelo que en algún caso puede ser interpretado como un depósito de terraza. La potencia global del grupo se estima entre 50 y 70 m. (Ver Figuras 10.1 y 10.2).

**Geotecnia.**— En este grupo alternan niveles impermeables y permeables, lo que da lugar a la existencia de freáticos cautivos y colgados y, en consecuencia, a numerosos manantiales de aguas potencialmente agresivas, muchos de los cuales aparecen en las cabeceras o en los cursos medios de los arroyos que surcan la plataforma alomada de Villagonzalo-Pedernales. El drenaje superficial puede resultar dificultoso en áreas de escasa pendiente. La estabilidad de las laderas es con bastante frecuencia mala, pudiéndose apreciar cómo los taludes naturales están a menudo afectados por deslizamientos fósiles y activos, algunos de gran envergadura (Foto 33). Los taludes de los desmontes con pendientes superiores a 30º deben considerarse en principio inestables, especialmente si en ellos está presente el agua y su constitución es esencialmente margosa (Fotos 24, 25 y 26). En cualquier caso, deberán estudiarse muy detenidamente las condiciones geomorfológicas, estructurales e hidrogeológicas, previamente a su diseño.

La capacidad de carga puede experimentar variaciones sustanciales de un área a otra, debido a los cambios de facies y muy especialmente por la existencia, o no, de agua libre en el terreno bajo la calzada. En condiciones desfavorables, con existencia de sustratos margosos y margo-arenosos con agua, circunstancia muy frecuente, la capacidad soporte del terreno será baja, y se darán asientos diferenciales importantes si no se toman las medidas de drenaje adecuadas que aislen la calzada.

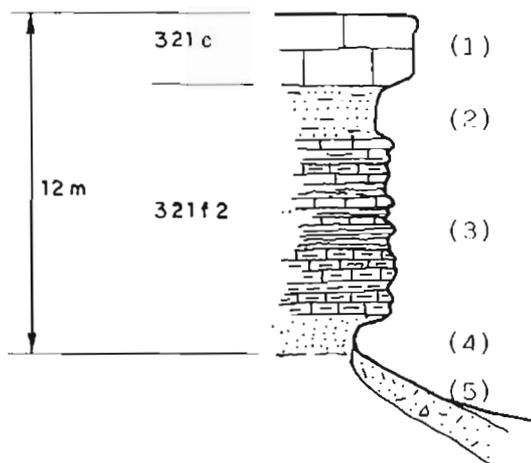
## MARGAS, MARGAS YESIFERAS E INTERCALACIONES DE MARGO-CALIZAS, 321g

**Litología.**— Este grupo está constituido esencialmente por margas frecuentemente yesíferas, de tono blanquecino mayoritario y horizontes verdosos, grisáceos, ocreos e incluso negros. A muro se intercalan estratos de calizas margosas o margo-calizas areniscosas, y, a veces, lechos de arcillas, limos rojos y arenas, que



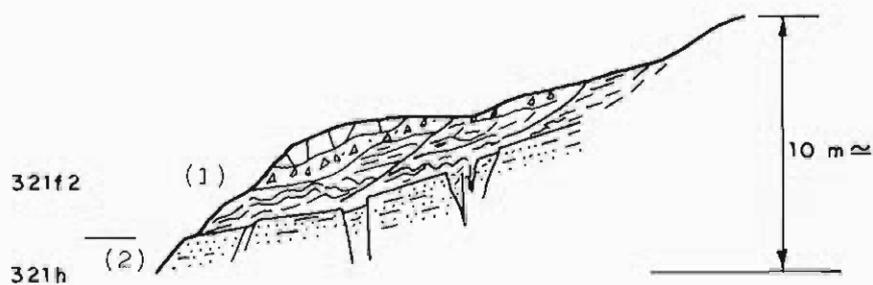
- (1) Calizas con intercalaciones de margas.
- (2) Conglomerado cuarcítico.
- (3) Arenas color teja.
- (4) Arenas margosas y margas arenosas.
- (5) Arenas.

Fig. 10.1. - Corte parcial en el contacto de los grupos 321c y 321f2, en un talud de la carretera N-I situado entre los p.k. 233 y 234.



- (1) Calizas de los páramos.
- (2) Arenas, arenas limosas y margas de tonos rojos.
- (3) Calizas tableadas margosas, margas y bancos de caliza compacta centimétricos.
- (4) Arenas de color ocre cargadas de agua.
- (5) Coluvial.

Fig. 10.2. - Corte parcial de los grupos 321c y 321f2 en una ladera situada al Este de Villagonzalo-Pedernales, en la proximidad del pueblo.



(1) Margas claras y verdosas, niveles calizos y brechas. Conjunto muy roto y desorganizado por deslizamientos de ladera.

(2) Arcillas rojas, limos y arenas. Horizonte masivo afectado por fallas gravitacionales de rotura de ladera en profundidad.

Fig. 10.3.— Corte esquemático de los movimientos fósiles que afectan a los grupos 321f2 y 321h, y que han sido observados en las vertientes de la margen izquierda del río Arlanzón, junto a la carretera N-I, en la proximidad de la ciudad de Burgos.



Foto 27.— Ladera al Norte de Pedrosa de Río Urbel, constituida por el grupo 321g, y en la cual puede observarse una inestabilidad por rotura gravitacional de la vertiente, así como una erosión acusada con desmantelamiento de la cubierta coluvial que sustenta.



Foto 28.— Talud de excavación en las margas y margocalizas del grupo 321g. El lugar se sitúa en las proximidades de Avellanosa del Páramo, y en la margen derecha del río Ruyales, afluente del Hormazuelas por la izquierda.

marcan el tránsito a la facies de «Tierra de Campos», constitutiva del grupo 321h. Como norma, en la superficie existe un recubrimiento coluvial que, cuando adquiere potencia significativa, se ha cartografiado independientemente. Este suelo está integrado por arcillas margosas con abundantes fragmentos de caliza.

**Estructura.**— Este grupo, con unos 30 a 40 m de potencia y disposición horizontal, se corresponde estratigráficamente con el tramo de base del grupo 321f1, del cual se ha segregado cartográficamente en el pie de las laderas del sector central de la Zona 1. Las únicas estructuras tectónicas con posibilidad de ser observadas en estos terrenos están relacionadas normalmente con fenómenos de inestabilidad de laderas.

**Geotecnia.**— Se trata de un grupo constituido por materiales impermeables, en su gran mayoría, entre los cuales se intercalan algunos lechos calcáreos o detríticos, permeables por fisuración y cavernosidad, o porosidad, respectivamente, y a favor de los cuales pueden constituirse pequeños horizontes freáticos

de aguas agresivas, cuyos efectos negativos en la estabilidad natural de las laderas son claros (Foto 27). En los fenómenos de inestabilidad natural observados en este grupo, frecuentes y de carácter fósil normalmente, quedan implicados, en general, los materiales miocenos del grupo litológico que se le superpone estratigráfica y morfológicamente, siendo por otra parte las aguas colgadas en este nivel superior un factor de inestabilidad más importante cuantitativamente que el que representan las aguas existentes en este grupo. En la excavación de los taludes artificiales deberán tenerse en cuenta estas características geomorfológicas para prever la necesidad de dar pendientes muy tendidas o diseñar medidas de contención adecuadas a cada caso. En los taludes de alturas medias y en condiciones de estabilidad natural aceptable, las pendientes de éstos no deberán exceder de  $35^\circ$  (Foto 28). La capacidad de carga se considera media, aunque en laderas en que se hayan detectado movimientos fósiles o latentes (circunstancias muy extendidas) se debe estimar como baja.

El grupo es ripable con medios mecánicos normales.

#### LIMOS Y ARCILLAS ARENOSAS, ARENAS, ARENISCAS, PUDINGAS Y CONGLOMERADOS: «FACIES TIERRA DE CAMPOS», 321h

Este grupo se describe en la Zona 2.

#### CONGLOMERADOS, PUDINGAS, ARENAS Y LIMOS, 321i

Este grupo se describe en la Zona 2 por presentar en la misma su desarrollo más importante.

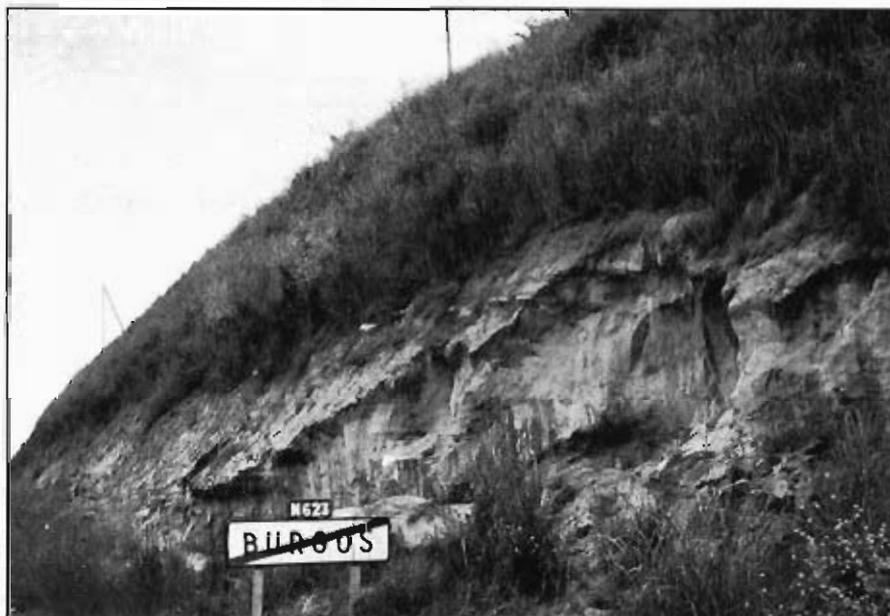


Foto 29.— Talud natural y de excavación en el grupo 321h, a la salida de Burgos en dirección Santander, en la carretera N-623. Se aprecia un desplome en el horizonte de arenas y limos que constituye la base del talud.

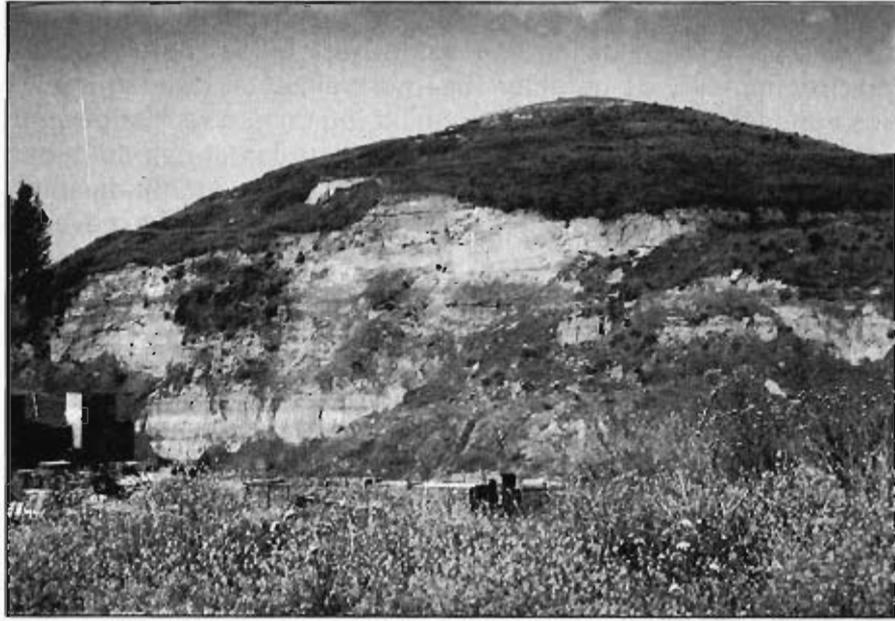


Foto 30.— Frente de una explotación de arcillas del grupo 321h a la salida de Burgos en dirección Santander. En la ladera natural se aprecian fuertes cambios de pendiente motivados por deslizamientos fósiles y actuales, y en la pared del desmonte, claras muestras de surgencias de agua. La inestabilidad, reactivada y creada por la importante excavación, es manifiesta en el perfil natural de la ladera.



Foto 31.— Estratos de arenas alternando con otros de limos y arcillas muy oscuras por estar embebidos de agua. Grupo 321h, en las proximidades de Villamiel de Nuño.

## ARCILLAS Y MARGAS YESIFERAS, YESOS, MARGO-CALIZAS Y ARENISCAS, 321j

**Litología.**— Este grupo está formado por arcillas y margas yesíferas de tonos grises claros y oscuros, alternando con yesos y algunos horizontes de margo-calizas y areniscas, posiblemente con contenido yesífero (Foto 32).

**Estructura.**— Es una serie alternante, dispuesta horizontalmente y sin otras estructuras tectónicas dignas de mención que algunos pequeños repliegues, posiblemente inducidos por el componente yesífero de la formación. Las margas y arcillas yesíferas pueden constituir estratos masivos o centimétricos, y en este último caso aparecen intercaladas entre yesos depositados en finas capas, constituyendo el conjunto un gran paquete de algunos metros de potencia. En esta fina alternancia se intercalan también lechos delgados de arenisca que deben contener yeso en su composición. Las margo-calizas se presentan como niveles decimétricos o centimétricos intercalados en la serie, y dan lugar, por su mayor grado de compacidad y dureza, a la formación de algún horizonte morfológico estructural. En laderas de fuerte pendiente se desarrolla con facilidad una morfología de cárcavas. La potencia global de este grupo puede oscilar entre 40 m y su desaparición por acúñamiento al Sur.

**Geotecnia.**— Grupo de características impermeables en conjunto, en el que se intercalan algunos lechos detríticos permeables que dan lugar a la presencia de algunos horizontes freáticos cautivos en la serie. El drenaje superficial puede ser dificultoso en algunas áreas muy tendidas. Los taludes naturales, cuando adquieren cierta pendiente, son fácilmente erosionables. Si, por otra parte, existen sobre este grupo otros que puedan crear niveles freáticos de alguna entidad, tal como ocurre en aquellas áreas en donde este grupo forma el pie de una ladera culminada por el páramo calizo pontiense, la inestabilidad gravitacional (declarada por la existencia de deslizamientos fósiles) es un fenómeno frecuente. El diseño de los taludes artificiales debe tener en cuenta estas circunstancias geomorfológicas, ya que podrán excavarse taludes de muy diversa pendiente en función de estas últimas. En general, los taludes de alturas medias tenderán a ser inestables con pendientes superiores a 30° si se desarrollan esencialmente sobre margas y arcillas yesíferas; en el caso de que el talud se excavara en un paquete potente de yesos, éste podría aguantar pendientes incluso subverticales. La capacidad de carga de estos terrenos debe estimarse de media-baja, debiéndose cuidar muy escrupulosamente el drenaje del terreno de apoyo y del talud con el fin de evitar deformaciones del sustrato por cambios de humedad. La existencia de horizontes freáticos cautivos en el sustrato o colgados en el talud puede ser muy desfavorable para una buena estabilidad de la calzada. El carácter agresivo de las aguas es otro factor negativo más a considerar en este grupo, cuyos materiales podrán ser ripables por medios mecánicos normales.

### 3.1.5. Grupos geotécnicos

Los materiales que aparecen en la Zona 1 se han agrupado en los siguientes grupos geotécnicos:

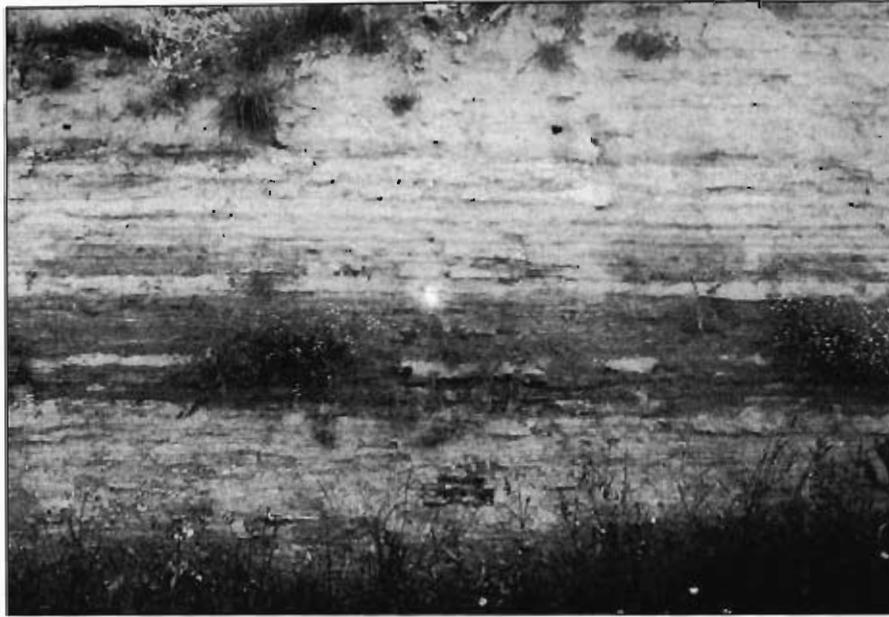


Foto 32.— Frente de una antigua explotación de yesos finamente estratificados con intercalaciones de arcillas y horizontes de arenas. Son materiales pertenecientes al grupo 321j. El lugar está junto al Ventorro de la Hogaza, en la carretera N-623, al Norte de Burgos.

G1.— Aluviones actuales de gravas y arenas de naturaleza poligénica, dominando el carácter silíceo, y limos abundantes. Problemas de dinámica fluvial. Depósitos adecuados o tolerables para préstamos. Este grupo geotécnico lo constituye el grupo litológico A.

G2.— Terraza baja aluvial de limos más o menos arenosos, con gravas y arenas silíceas que constituyen lechos importantes y discontinuos. Problemas locales de escorrentía superficial. Capacidad portante de media a baja. Posibles asientos diferenciales. Materiales parcialmente adecuados o tolerables como préstamos. Este grupo geotécnico lo constituye el grupo litológico A1.

G3.— Terraza baja aluvial y otros depósitos, constituidos por limos y arcillas, con gravas y arenas dispersas. Baja capacidad soporte. Materiales no útiles para préstamos. Este grupo geotécnico lo constituyen los grupos litológicos A2 y W.

G4.— Terrazas y raña. Materiales detríticos constituidos mayoritariamente por gravas y arenas de naturaleza silícea y, en menor proporción, calcárea. Formaciones permeables, sin problemas mencionables en taludes naturales o de excavación, dadas las potencias normales de estos depósitos. En el caso de taludes importantes en que estos materiales queden colgados en la coronación de los mismos, se podrían plantear problemas de estabilidad al desmonte si surgiera un horizonte freático en el contacto de los materiales cuaternarios con el sustrato que, generalmente, será arcilloso. La capacidad portante debe considerarse moderada en principio, y debe preverse como muy probable que puedan darse

asientos diferenciales como consecuencia de la existencia de acuíferos libres en el contacto de la terraza y el sustrato, normalmente arcilloso, y siempre que pudieran llegar a éste las presiones suscitadas por la carretera. Constituyen este grupo geotécnico los grupos litológicos T1, T2, T3, t4, t1a, t2a, t3a, t4a, t3b, g1, g2, g3 y t.

G5.— Aluviones en arroyos y vaguadas en la formación de «Tierra de Campos». Arcillas y limos generalmente arenosos, con gravas y gravillas dispersas de naturaleza silíceas. Participan de un origen híbrido coluvio-aluvial frecuentemente. Materiales con permeabilidad de media a baja, capacidad de soporte baja, y no útiles como préstamos. Constituyen este grupo geotécnico los grupos litológicos a3 y a5.

G6.— Aluviones en arroyos y vaguadas asociados a facies margo-yesíferas y calcáreas. Limos y arcillas, con arenas, gravillas y gravas dispersas y de naturaleza poligénica, predominantemente calcárea. Posible presencia de yesos diseminados. Participan de un origen híbrido coluvio-aluvial frecuentemente. Materiales con permeabilidad y capacidad soporte baja, no útiles para préstamos. Constituyen este grupo geotécnico los grupos litológicos a4, a6 y g3a.

G7.— Coluviales potentes asociados generalmente a las laderas de las facies margo-yesíferas del Vindoboniense. Materiales con permeabilidad y capacidad de carga bajas, e inmersos con bastante frecuencia en procesos fósiles de inestabilidad de ladera. No se consideran útiles para préstamos. Constituye este grupo geotécnico el grupo litológico C.

G8.— Glacis-terrazas y coluvio-glacis. Gravas y gravillas poligénicas, abundando los fragmentos angulosos o poco rodados de naturaleza caliza, arenas con abundante componente calizo, y limos y arcillas de tonos claros. Depósitos con estructura híbrida entre coluvial, glacis, terraza y abanico aluvial. Materiales con permeabilidad de moderada a alta y escorrentía superficial a veces dificultosa. Pendientes naturales estables. Los taludes de excavación podrán oscilar entre moderados y fuertes. Capacidad portante de moderada a baja, con posibilidad de que se den asientos diferenciales. Materiales adecuados o tolerables como préstamos en alta proporción. Constituyen este grupo geotécnico los grupos litológicos G y D.

G9.— Calizas lacustres, frecuentemente oquerosas y margosas, con intercalaciones de delgados lechos de margas blancas. Permeabilidad en grande y problemas locales de escorrentía superficial. Inestabilidad por desprendimientos y desplomes en los bordes escarpados que limitan las parameras a que da lugar este grupo geotécnico, y posibles problemas locales de asientos diferenciales en dichos bordes o a consecuencia de la existencia de cavidades (siempre de reducidas dimensiones) en el terreno, debido a procesos de karstificación. Los taludes de excavación podrán ser normalmente muy fuertes, aunque los fenómenos de erosión diferencial darán lugar a desprendimientos en los mismos. Materiales no ripables en general. Este grupo geotécnico está integrado por los grupos litológicos 321a y 321c.

G10.— Margas, posibles margas yesíferas, margas arenosas, arcillas y limos, con intercalaciones de arenas, areniscas, pudingas y conglomerados. Colores de tonos ocres rojizos o asalmonados a grises claros y blanquecinos. Frecuentes y rápidos cambios laterales de facies. Afloramientos numerosos de aguas colgadas a distintas cotas de unas laderas en las que se dan, a veces, deslizamientos gravitacionales fósiles y activos. Acarcavamiento. Los taludes de excavación dependerán de las condiciones litológicas y geomorfológicas de cada área; en general, serán inestables con pendientes superiores a 30°. La capacidad de carga podrá estimarse moderada siempre que se proceda a un buen drenaje de las aguas de escorrentía y especialmente de las freáticas libres, posiblemente agresivas.

Este grupo geotécnico está constituido por los terrenos de morfología suave del grupo litológico 321f2.

G11.— Materiales margosos y margo-yesíferos con intercalaciones o en alternancia de estratos calizos más o menos margosos. Este grupo geotécnico se diferencia de G10 por poseer en general una morfología de lomas y páramos que dominan sobre las laderas con pendientes pronunciadas y en las cuales suelen darse problemas de inestabilidad natural fósil y latente, y presentar surgencias de aguas que normalmente tendrán carácter agresivo. Los taludes de excavación de alturas medias y con pendientes superiores a 45° tenderán a ser inestables, aunque este valor podrá superarse fuertemente o quedar alto en función de las condiciones geomorfológicas y litológicas concretas de cada punto. La estabilidad vial requerirá un buen drenaje de las aguas freáticas y de superficie. Capacidad portante de moderada a alta, salvo en áreas de inestabilidad declarada en donde se considera baja. Grupo ripable en general en más de un 70%. Este grupo geotécnico está constituido por el grupo litológico 321d y por una parte del grupo 321c que en las Hojas nº 199 (Sasamón) y 237 (Castrojeriz) constituye un terreno de lomas suaves y pequeños páramos.

G12.— Materiales margosos y margo-yesíferos con yesos, intercalaciones de calizas más o menos margosas y algunos niveles detríticos. Formación de tonos claros blanquecinos, constituyendo generalmente morfologías de media ladera recubiertas con bastante frecuencia de un manto de derrubios. Este manto está implicado generalmente en movimientos de gravedad que afectan a un sustrato alterado. En estos fenómenos interviene negativamente el agua que aflora en numerosos puntos de las laderas procedente de freáticos colgados. Los taludes de excavación serán inestables en general con pendientes superiores a 45°, aunque este valor puede superarse o quedar alto localmente en razón de las condiciones litológicas y geomorfológicas del área. En función de estas últimas características, la capacidad soporte puede oscilar ampliamente desde valores altos a bajos, estimándose normal un valor medio moderado. La estabilidad vial requerirá siempre un buen drenaje de las aguas freáticas y de escorrentía que resultarán agresivas en general. Materiales ripables, con excepción de los horizontes calcáreos potentes y compactos que son minoría en los grupos litológicos que conforman este grupo geotécnico (321e, 321f1, 321f2, 321g, 321j, y ciertas áreas del grupo litológico 321h que constituyen zonas de ladera en las Hojas de Burgos y Villagonzalo-Pedernales). Asimismo se incluyen en el mismo los recubrimientos coluviales existentes sobre todos estos grupos litológicos.

G13.— Materiales detríticos: arcillas, limos, arenas, areniscas, conglomerados y pudingas, en alternancia irregular y con predominio de los primeros términos. Formaciones de tonos ocres o rojizos. Taludes generalmente estables, con problemas localizados de rotura gravitacional y erosión lineal (cárcavas). Surgencias frecuentes de aguas freáticas. Los taludes de excavación en ausencia de estratos duros (areniscas y pudingas cementadas) no deben superar normalmente los  $35^\circ$ , especialmente si existe agua en el talud. Podrán excavarse taludes con pendientes más fuertes, entre  $45^\circ$  y  $60^\circ$ , en aquellas áreas en las cuales dominen los elementos detríticos consolidados (areniscas, pudingas y conglomerados). No obstante, los problemas de erosión diferencial y la interferencia de las aguas colgadas podrán provocar una degradación relativamente rápida. Un drenaje efectivo de las aguas de escorrentía y, muy especialmente, de las existentes en freáticos libres cercanas a la carretera es condición esencial para obtener una capacidad soporte media aceptable. Materiales ripables en general. Los niveles de arenas y pudingas son fuentes de áridos y existen aprovechamientos locales y reducidos, generalmente intermitentes. Pertenecen a este grupo geotécnico los grupos litológicos 321b, 321h y 321i, así como los depósitos coluviales existentes sobre estas formaciones.

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

Los problemas que presenta la Zona, sin ser de una importancia excepcional, salvo en áreas puntuales, cubren un amplio abanico de casos al existir circunstancias negativas de orden topográfico, litológico, hidrológico, geomorfológico y



Foto 33.— Deslizamiento activo de grandes proporciones, existente en la ladera de la margen izquierda del río Arlanzón al SO de Buniel, y que afecta a los grupos litológicos 321f2 y 321h.

geotécnico. Topográficamente, las carreteras que quieran seguir una orientación E-O tendrán la necesidad de ascender desde el fondo de los valles a las plataformas de los páramos, volver a descender, e iniciar otro ascenso apenas se ha llegado al fondo del río o arroyo, y esto al menos tendrá que ocurrir como mínimo un par de veces entre Burgos y Sasamón. Las diferencias altimétricas no son importantes, pero las pendientes de las cuestas sí lo son. El aspecto negativo de carácter litológico está representado por el componente yesífero que, disperso en las margas o en forma de lechos lenticulares intercalados en las mismas, está presente en gran parte de la formación miocena que constituye las cuestas. Los problemas de orden hidrológico podrán surgir como consecuencia de una mala escorrentía superficial en áreas de páramo y de fondo de valle; y, muy especialmente, a causa de las aguas agresivas surgentes a media ladera, que crean condiciones favorables de inestabilidad en las mismas.

Los impactos negativos sobre la construcción y conservación de carreteras provendrán esencialmente de la inestabilidad natural de las vertientes, representada por la erosión y, muy especialmente, por los movimientos gravitacionales (Foto 33). Estos fenómenos deben tenerse muy en cuenta a la hora de proyectar trazados a media ladera. Los problemas geotécnicos serán posibles a consecuencia de todos los factores apuntados; en los taludes de los desmontes, por causa y efecto de deslizamientos y desprendimientos, y en los sustratos de apoyo, por falta de capacidad portante, asientos diferenciales y por agresividad de las aguas circulantes en el terreno. Debe imponerse en todo caso un sistema de drenaje efectivo, tanto de las aguas de superficie como de las freáticas que puedan instalarse bajo la estructura vial, hasta donde puedan llegar las presiones originadas por la misma.

### 3.2. ZONA 2

#### 3.2.1. Geomorfología

En el ámbito de la Zona 2, que corresponde al extremo nororiental de la comarca de «Tierra de Campos», pueden diferenciarse los siguientes tipos de modelado:

- Vegas y sistemas de terrazas
- Rañas, glacis y glacis-terrazas
- Vertientes

#### **Vegas y sistemas de terrazas**

Los cursos fluviales de los ríos Carrión, Pisuerga, Valdavia, Odra y otros valles importantes aunque menos funcionales en la actualidad, tales como los del Ucieza, Boedo, Brullés y Cueza, han creado extensas vegas y unos sistemas de terrazas cuya característica más señalada radica en la asimetría de las mismas. Así, el río Carrión en su margen derecha cuenta con un completo desarrollo de todos o casi todos los niveles de terraza, de los cuales solamente los inferiores están representados en el Tramo del Estudio, en tanto que en la izquierda solamente está representada la más baja. El río Ucieza, paralelo al Carrión, desarrolla reducidas terrazas en la margen izquierda y, en cambio, no las tiene en la derecha.

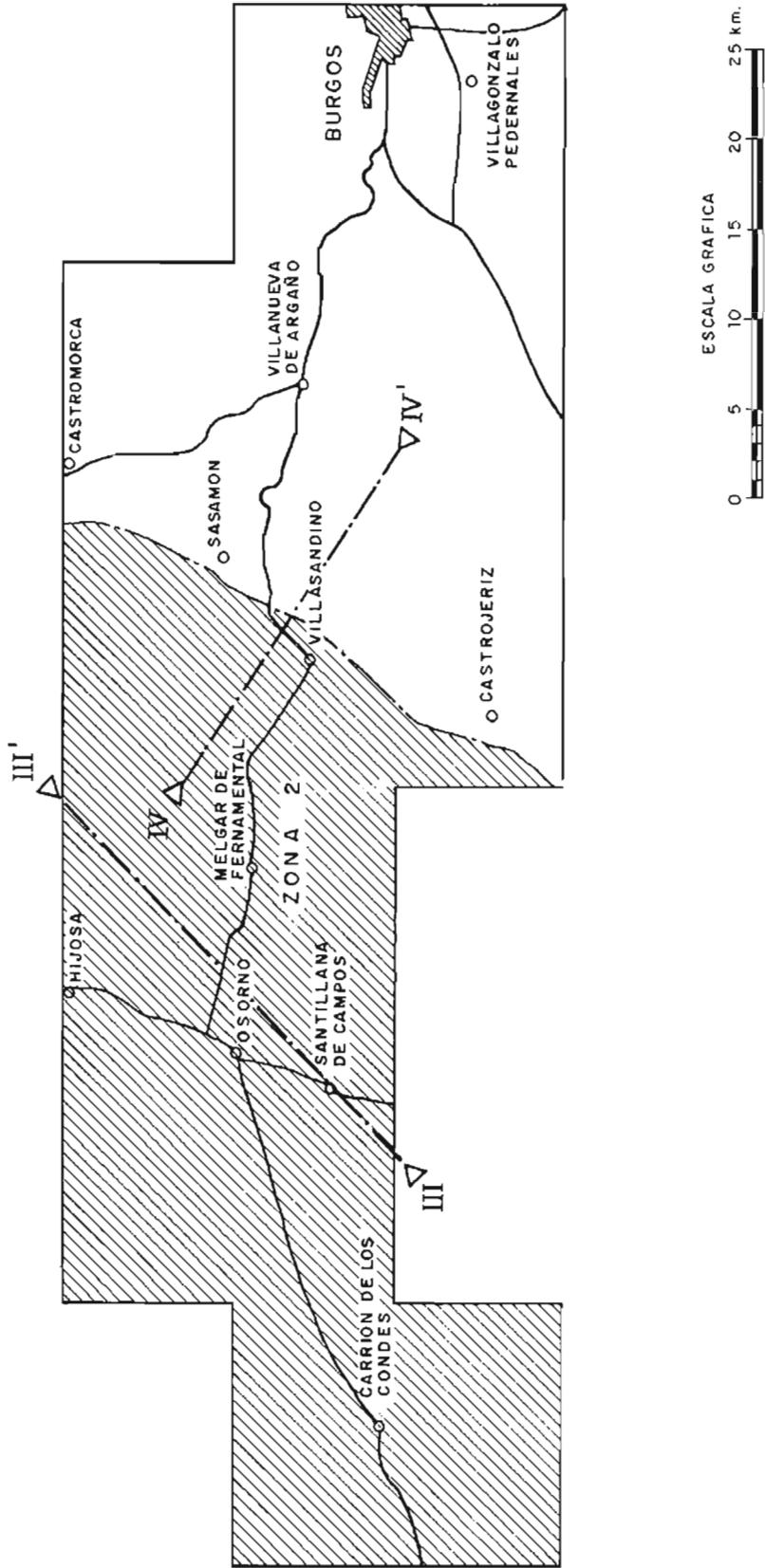


Fig. 11.— Esquema de situación de la Zona 2 y de los cortes geológicos representativos de la misma.

En el arroyo Vallarna, situado al Sur del río Valdavia y coincidente en dirección con éste, es la margen izquierda la que sirve de asiento de las importantes terrazas de este curso fluvial, afluente por la derecha del río Pisuerga, el cual es el único en el Tramo de estudio que presenta un cierto equilibrio en el desarrollo de terrazas en ambas márgenes.

#### **Rañas, glacis y glacis-terrazas**

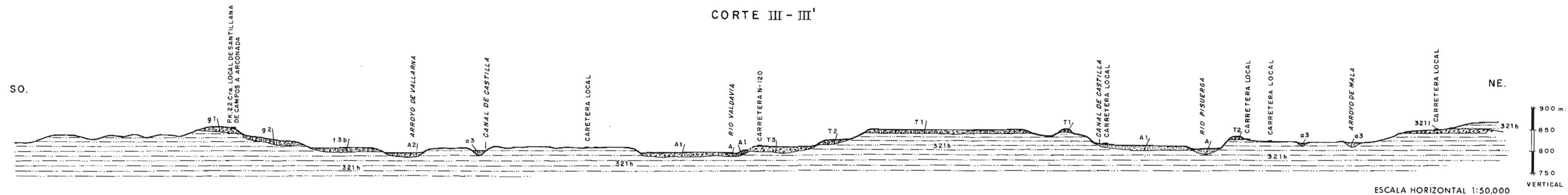
Entre los valles de los ríos Pisuerga y Valdavia se desarrolla, dentro del área de este Estudio, una superficie aterrazada situada entre los 860 m y 900 m de altitud, que está ocupada por una raña y que enlaza mediante un suave y casi imperceptible escalón con el nivel de terraza más alto de dichos cursos fluviales (Foto 34).

Por otra parte, en las vertientes de la margen derecha del río Ucieza y del arroyo Vallarna existen restos de superficies de acumulación, de muy suave pendiente y que a veces arrancan o enlazan con restos de terrazas o bien terminan en superficies aterrazadas, marcando una serie de escalones que coinciden morfológicamente con el escalonamiento observado en las terrazas de los cauces fluviales más importantes. Estas superficies suponen sucesivos estadios de regulación de las vertientes y son originadas por procesos de suaves e imperceptibles encajamientos de la red fluvial, acaecidos entre fases de mayor profundización de la misma.

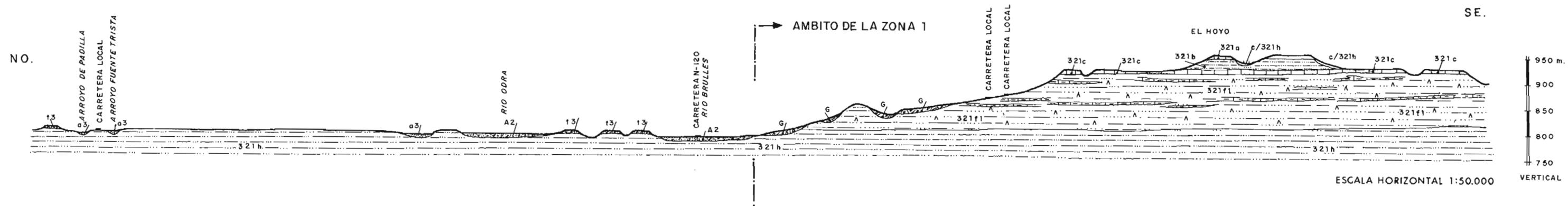


Foto 34.— Panorámica del valle del río Valdavia al NE de Osorno. En primer plano se observa el borde de la raña que enlaza insensiblemente con el nivel de la terraza más alta representada por el grupo T1. Junto al pequeño escalón que separa ambas superficies de depósitos aluviales, surgen frecuentemente manantiales, como el que anuncian los juncos y el pilón, en el contacto con el sustrato arcilloso mioceno del grupo 32lh.

CORTE III - III'



CORTE IV - IV'



CUATERNARIO		MIOCENO		
A	Aluvial actual	321 a	Calizas del páramo superior	} CORRESPONDENCIA AL AMBITO DE LA ZONA 1
A1	Terraza baja aluvial	321 b	Arcillas y margas	
A2	Terroza baja aluvial arcillosa	321 c	Calizas del páramo inferior	
a 3	Aluvial de fondo de valle en arroyos	321 f1	Margas, margas yesíferas, yesas, margo-calizas y calizas	
C	Coluvial	321 h	Facies Tierra de Campos. Arcillas y limos arenosos, arenas, areniscas, pudingas y conglomerados	
G	} Glacis, coluvio-glacis y glocis-terrazas			
g1, g2				
T1, T2, T3, t4	} Terrazas			
t 3 a				
t 3 b				

Fig.12.- CORTES REPRESENTATIVOS DE LA ZONA 2

## Vertientes

Los interfluvios que enlazan los diversos valles de la zona de «Tierra de Campos» presentan una morfología alomada en la cual existe una red de drenaje caracterizada por arroyos poco funcionales, de fondo plano, débilmente encajados en el sustrato y que en muchas ocasiones adquieren un amplísimo desarrollo lateral, creando áreas llanas, de escasa pendiente y de mal drenaje superficial. Este tipo de red presenta formas fósiles que quedan a modo de superficies tipo glacis o glacis-terrazas (modelado que ha sido diferenciado y descrito anteriormente), y que están situadas en general a escasa altura sobre el nivel actual de los arroyos.

La erosión actual de los arroyos y barrancos se caracteriza por una incisión lineal, activa en la actualidad, que ha afectado y afecta débilmente a las formas fósiles de la red fluvial y a las vertientes en general. Estas se encuentran tapizadas normalmente por detritus que se han movilizadado en otros tiempos de clima frío por solifluxión y creep de helada.

### 3.2.2. Tectónica

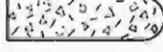
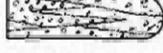
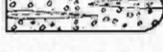
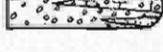
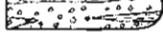
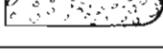
La Zona 2 se sitúa íntegramente en la Cuenca del Duero y se caracteriza por la disposición horizontal o subhorizontal de los materiales que la integran y por la atectonicidad de los mismos. A lo largo y ancho de esta Zona ocupada por formaciones litológicas del Mioceno y Cuaternario, se ha podido observar en las series terciarias una pendiente deposicional de los materiales del orden del 1 por 100 hacia el SSE, y algunas estructuras de basculamiento o combamientos de gran radio, relacionadas probablemente con una tectónica de zócalo que sólo cabe deducir de algunas fallas y fracturas detectadas, y del control direccional que se observa en la red fluvial, orientada en unos sentidos preponderantes, lo que hace pensar en un posible origen estructural del mismo. Esta serie de lineaciones se pueden agrupar en los siguientes sistemas:

- N-S
- N 30° E
- N 120°-130° E

Las fases tectónicas que de alguna forma han influido sobre los materiales del Terciario Superior en la Cuenca del Duero son, por una parte, la Iberomanchega I (1ª Rodánica), responsable de elevaciones de los bordes de la cuenca y de la generación de la superficie del Páramo, y la Iberomanchega II, que precede a la deposición de las «rañas» en el Plioceno Superior.

### 3.2.3. Columna estratigráfica

Los grupos señalados con el asterisco (\*) son los existentes en la Zona 2.

COLUMNA LITOLÓGICA	GRUPO LITOLÓGICO	GRUPO GEOTECNICO	LITOLÓGIA	POTENCIA EN m	EDAD
 *	W	G3	Arcillas con grava dispersa y restos de cerámica y huesos.		
 *	A	G1	Gravas poligénicas, arenas y limos.	1-2	Cuaternario
 *	A1	G2	Limos arenosos, arenas y gravas poligénicas.	1-3	"
 *	A2	G3	Limos y arcillas con abundante materia orgánica, arenas y gravas dispersas.	1-3	"
 *	a3, a5	G5	Limos y arcillas arenosas con gravas y gravillas dispersas.	1-2	"
 *	a4, a6	G6	Arcillas y limos con posible yeso diseminado y gravas y gravillas dispersas.	1-2	"
 *	C	G7	Arcilla con grava angulosa.	1-5	"
 *	G	G8	Gravas, gravillas, arenas, limos y arcillas.	1-4	"
 *	D	G8	Arcillas y limos con arenas y gravas.	1-6	"
 *	g1, g2, g3	G4	Gravas y gravillas esencialmente silíceas con matriz limo-arenosa y limo-arcillosa.	1-3	"
 *	t	G4	Gravas y gravillas poligénicas con matriz limo-arenosa y limo-arcillosa.	1-2	"
 *	g3a	G6	Arcillas con grava angulosa dispersa.	1-2	"
 *	T1, T2, T3, t4	G4	Gravas, esencialmente silíceas, arenas y limos.	1-4	"
 *	t1a, t2a, t3a, t4a	G4	Gravas y arenas poligénicas con limos.	1-3	"
 *	t3b	G4	Arenas, gravillas y gravas poligénicas.	1-3	"
 *	350	G4	Gravas y arenas silíceas con matriz limo-arcillosa.	1-3	Plioceno

COLUMNA LITOLÓGICA	GRUPO LITOLÓGICO	GRUPO GEOTECNICO	LITOLÓGIA	POTENCIA EN m	EDAD
	321a	G9	Calizas del páramo superior.	1-7	Pontiense
	321b	G13	Arcillas negras y rojas con algún horizonte calizo.	20-25	"
	321c	G9; G11	Calizas del páramo inferior.	1-30	"
	321d	G11	Margas, a veces yesíferas, alternando con calizas lacustres.	0-80	Vindoboniense Superior y Medio
	321e	G12	Margas, margas yesíferas con calizas y margo-calizas, circunstancialmente yesos y lechos detríticos.	0-50	"
	321f1	G12	Margas, margas yesíferas, yesos, margo-calizas y algunos niveles de arcillas, limos y arenas.	40-50	"
	321f2	G10; G12	Margas, margas arenosas, posibles margas yesíferas, margo-calizas, arcillas, limos, arenas, pudingas y conglomerados.	50-70	"
	321g	G12	Margas y margas yesíferas con margo-calizas.	30-40	"
	321h	G13; G12	Limos y arcillas arenosas, arenas, areniscas, pudingas y conglomerados: «Facies Tierra de Campos».	40-60	Vindoboniense Inferior
	321i	G13	Conglomerados, pudingas, arenas y limos.	0-5	"
	321j	G12	Arcillas y margas yesíferas, yesos, margo-calizas y areniscas.	0-40	"

Fig. 13.— Columna estratigráfica de la Zona 2.

#### 3.2.4. Grupos litológicos

ALUVIONES RECIENTES, A

TERRAZA BAJA ALUVIAL, A1 y A2

COLUVIONES, C

Estos tres grupos litológicos se describen en la Zona 1 por adquirir en la misma importante desarrollo.

ALUVIALES EN FONDOS DE ARROYOS DE «TIERRA DE CAMPOS», a3, a5

**Litología.**— Limos y arcillas arenosas con gravas y gravillas dispersas o dispuestas en lechos discontinuos, de naturaleza silíceo esencialmente, y más abundantes en los arroyos afluentes por la izquierda del río Valdavia y en los de la derecha del río Pisuerga, al Norte de Melgar de Fernamental.

**Estructura.**— Son depósitos someros que recubren los fondos de arroyos (grupo a3), y las vaguadas de fondo muy amplio y llano, imperceptiblemente encajadas en vertientes de suave pendiente, dando lugar a recubrimientos aluviales o coluvio-aluviales, a veces próximos a la estructura de glacia (grupo a5).

**Geotecnia.**— Son materiales con permeabilidad de media a baja, en el caso del grupo a3, y baja en el del a5. Presentan problemas de escorrentía superficial en el fondo de los valles. La capacidad de carga es baja y se estima que son materiales utilizables como préstamos.



Foto 35.— Gravas y arenas del grupo A1 en la terraza baja aluvial del río Pisuerga, al SE de Naveros de Pisuerga, población que se ve al fondo.

## TERRAZAS EN LA «TIERRA DE CAMPOS», T1, T2, T3, t4

**Litología.**— Los materiales constitutivos de las terrazas son gravas poligénicas, en las que dominan esencialmente los componentes silíceos metamórficos (cuarcitas y esquistos de cuarzo), y que están inmersas en una matriz arenosa o areno-limosa. En menor proporción, existen lechos de arena y limos más o menos arenosos (Fotos 36, 37 y 38).

**Estructura.**— Se han diferenciado cuatro niveles de terraza por debajo de la cota de los depósitos que han sido definidos como raña. Las terrazas poseen estructuras típicas de canales rellenos por gravas y arenas, y están culminadas en ocasiones por limos y arenas de llanura de inundación. Su potencia puede oscilar entre 1 y 4 m. El tamaño medio de los clastos es de grava media, con predominio de los tamaños comprendidos entre 2 y 4 cm, y es muy frecuente el menor de 2 cm.

**Geotecnia.**— Es un grupo que tiene alta permeabilidad y una capacidad portante media cuando la potencia de la terraza impide que el bulbo de presiones afecte al sustrato margoso mioceno. En el caso de que lo afectara, circunstancia bastante probable en áreas extensas de estas terrazas, en donde la potencia puede disminuir hasta 1 m y menos, la existencia del muy posible horizonte freático, creado entre la terraza y el sustrato arcilloso mioceno (Foto 36), interferirá negativamente en la capacidad soporte del terreno y se podrán provocar asentamientos diferenciales. Los taludes artificiales en este grupo serán siempre de alturas pequeñas, y admitirán pendientes del orden de los 45°. En desmontes importantes en los cuales las terrazas queden colgadas en el talud, debe procurarse un buen drenaje del mencionado freático creado en el contacto terraza-sustrato, a fin de evitar la inestabilidad o deterioro rápido del mismo. Estos materiales constituyen importantes yacimientos granulares.



Foto 36.— Surgencias de agua en el contacto entre la terraza del grupo T3 y el grupo 321h, junto a la población de Arenillas de Ríopisuerga. La carretera se ve afectada por este hecho al no existir un drenaje efectivo de las aguas.



Foto 37.— Gravas y arenas del grupo T2 en las terrazas de la margen izquierda del río Pisuerga, al Este de la Ermita de la Virgen de Zorita (Explotación abandonada).



Foto 38.— Depósitos detríticos formados por gravas poligénicas y arenas con limos y arcillas, y correspondientes al grupo T3. Este grupo se caracteriza por presentar un origen algo híbrido entre terraza y glacis-terrace, y por estar dispuesto sobre arcillas carbonatadas del grupo 321h. Margen derecha del arroyo Vallarna, en las proximidades de Villaherreros.

## TERRAZAS DEL ARROYO VALLARNA Y RIO UCIEZA, t3b

**Litología.**— Arenas, gravillas y gravas redondeadas y angulosas, de naturaleza poligénica y con dominio de los materiales silíceos sobre los calcáreos.

**Estructura.**— Lechos lenticulares que poseen una estructura híbrida e imbricada de terraza y terraza-glacis, y que presentan un doble aporte longitudinal y lateral, en ambos casos próximo. El tamaño de las gravas es medio, dominando el comprendido entre los 2 y 4 cm, y siendo muy frecuente el tamaño menor de 2 cm. La potencia de estos depósitos es de 1 a 3 m.

**Geotecnia.**— Grupo de alta permeabilidad, y con capacidad portante de media a baja. Este último valor será frecuente en áreas en donde las presiones de la estructura vial puedan llegar al sustrato arcilloso, circunstancia por otra parte harto probable dada la escasa potencia de estos depósitos. En este caso, la existencia del muy posible horizonte freático, creado entre la terraza y el sustrato mioceno, interferirá negativamente sobre la competencia del terreno, que podrá provocar asentamientos diferenciales. Estos materiales son adecuados para préstamos.

## DEPOSITOS TIPO GLACIS Y GLACIS-TERRAZA, g1, g2, g3

**Litología.**— Grupo formado por una serie de depósitos de gravas y gravillas de naturaleza esencialmente silícea y con una cierta proporción de clastos calizos, poco rodados y de tamaño gravilla. Los clastos están inmersos en una matriz limo-arenosa y limo-arcillosa, de proporciones muy variables de unas unidades a otras.

**Estructura.**— Este grupo incluye una serie de depósitos representados por restos de antiguas formas de ladera y que pueden ser asociados a glacis y glacis-terrazas que debieron enlazar con las superficies de las rañas. De alguna forma el escalonamiento que se observa en estos depósitos puede relacionarse con el de las terrazas existentes en los márgenes de los valles próximos de los ríos Valdavia y Pisuerga. Son, sin duda, formaciones sincrónicas con procesos algo distintos. Así, mientras el grupo g1 puede definirse casi siempre como una terraza o terraza-glacis, los grupos g2 y g3 son claramente glacis terminados en glacis-terrazas. La potencia de estos sedimentos puede oscilar entre 1 y 3 m.

**Geotecnia.**— Son formaciones que presentan una permeabilidad de media a alta, y una capacidad portante media si no existe un horizonte freático entre recubrimiento y sustrato. En el caso contrario, circunstancia bastante probable, la capacidad soporte debe estimarse baja, si no se procede a un drenaje que aisle la estructura vial del agua freática libre. Las laderas en general son estables. Los taludes artificiales no deben excavarse con pendientes superiores a 40°. Estos terrenos, en su mayor parte, son adecuados o tolerables como préstamos y pueden constituir yacimientos granulares de aprovechamiento muy local, dadas sus reducidas dimensiones.

RAÑA, 350

**Litología.**— Esta formación está constituida por gravas con bolos, arenas silíceas y una matriz limo-arcillosa de tonos rojos.

**Estructura.**— Son depósitos masivos con estructura lenticular, que están depositados en superficies llanas de muy escasa pendiente. Su potencia puede oscilar entre 1 y 3 m.

**Geotecnia.**— El conjunto tiene alta permeabilidad y buen drenaje o aceptable drenaje superficial por percolación. Los taludes de las excavaciones deben realizarse con pendientes que no superen los 45°. Su capacidad de carga es moderada, y en los lugares en que presente potencias reducidas, la probable existencia de un horizonte freático en el contacto entre la raña y el sustrato (generalmente impermeable) al que puedan llegar las presiones de la estructura vial, hará posible la aparición de asentamientos diferenciales. Son materiales ripables en general y tolerables como préstamos.

#### DEPOSITOS ANTROPICOS, W

**Litología.**— Gravas muy dispersas englobadas en una matriz limo-arcillosa, con cenizas y restos de cerámica y huesos.

**Estructura.**— Se desarrollan exclusivamente en las proximidades de Carrión de los Condes, al Este de la ciudad, llegando a ocupar parte de ésta. Su potencia puede llegar hasta los cuatro metros. Estos depósitos tienen su origen en la existencia de antiguos poblados romanos y castros en el área.

**Geotecnia.**— Terrenos con permeabilidad escasa y baja capacidad portante.

#### LIMOS Y ARCILLAS ARENOSAS, ARENAS, ARENISCAS, PUDINGAS Y CONGLOMERADOS: «FACIES TIERRA DE CAMPOS», 321h

**Litología.**— Esta formación es en general de tonos rojizos y ocreos, y está muy extendida en el área del Estudio. El predominio litológico corresponde a limos y arcillas (con predominio de illita y caolinita), ambos frecuentemente arenosos. Los niveles de arenas y areniscas de naturaleza silícea son muy abundantes. También, aunque en mucho menor grado, abundan los horizontes de pudingas y conglomerados, igualmente silíceos y cementados irregularmente. Este amplio grupo experimenta cambios laterales importantes, de modo que los limos, arcillas, arenas, areniscas y conglomerados pasan lateralmente de unos términos a otros, a la vez que todo el conjunto puede tender al predominio de algunos términos o a la desaparición de otros. Dentro del Tramo este grupo litológico se presenta de forma diferente en las dos Zonas en que se ha dividido el Estudio. En la Zona 2 es donde toma mayor importancia, llegando a constituir el sustrato de toda ella. Aunque se da una cierta constancia de facies litológicas en el amplio espacio ocupado por este grupo a todo lo largo del Tramo, existen algunas diferencias litológicas entre las Zonas 1 y 2 que se tratan de describir a continuación.

**Zona 1:** En el área de Burgos, en las márgenes y al Norte del río Arlanzón, predominan bastante los horizontes potentes de arenas finas o limosas (Fotos 29, 30, 31 y 44) y de areniscas poco compactas que alternan con niveles de arcillas, normalmente rojas, pero que en algún horizonte pueden presentarse con tonos verdosos claros o incluso negros; a muro de esta serie, en este área, la formación se hace más arcillosa o margosa, para pasar en profundidad a constituir el grupo 321j, de margas yesíferas y yesos, por cambio lateral de facies. Al Sur de la Hoja de Villagonzalo-Pedernales este grupo está representado por una alternancia de niveles de limos y arcillas arenosas, areniscas y arenas más o menos limosas, y niveles de pudingas y conglomerados silíceos, uno de los cuales adquiere importancia como para ser segregado en parte, cartográficamente, como grupo 321i. En la proximidad de la población de Arcos, bajo un recubrimiento coluvio-aluvial en la margen derecha del río Ausines, aparece un nivel de margas claras y verdosas con intercalaciones de lechos calcáreos que parecen indicar el paso en profundidad a la facies margo-yesífera existente en el área de Burgos. En los afloramientos existentes en la Hoja de Castrojeriz predominan los limos arenosos, que pasan lateralmente, por cambios de facies, a arcillas y arenas. Con cierta frecuencia aparece cemento carbonatado, cuyo origen no es sólo químico, ya que existe una importante fracción detrítica de granos de caliza y dolomía. Esporádicamente, en los niveles bajos de la serie existen intercalados algunos horizontes carbonatados y arenosos que alternan con arcillas margosas de tonos claros y verdosos.

**Zona 2:** La formación de «Tierra de Campos», denominación que toma este grupo litológico por ser el que constituye mayoritariamente esta amplia región, adquiere verdadera importancia superficial en la mitad Oeste del Tramo, ocupando una parte muy importante de la Zona 2, a la vez que conforma el sustrato de la misma. El predominio litológico corresponde aquí a las arcillas limosas y limos arcillosos (Foto 39), más o menos arenosos. Existen intercalaciones, no muy importantes, de arenas y areniscas (Foto 40). El tono general de estos terrenos suele ser ocre, con tendencia a un ocre amarillento, y existen intercalaciones de horizontes rojos. El proceso de carbonatación es importante en la formación, y se manifiesta por la presencia constante de «arcillas almendradas» (Foto 41) o de algunos lechos calcáreos existentes en niveles altos de la serie. Entre Villasandino y Melgar de Fernamental este grupo litológico presenta características claramente arcillosas, con horizontes de arcillas margosas grises y verdosas y de lechos calcáreos que pudieran indicar el paso en profundidad a las facies margo-yesíferas existentes al NE del Tramo, junto a la ciudad de Burgos. Se trata de una facies similar a la que aparece al Norte de Arcos, bajo el recubrimiento coluvio-aluvial, en el cruce de las carreteras que unen Villagonzalo-Pedernales y Arcos, por un lado, y Vilariezo y Albillos, por otro.

En los sectores noroeste de la Hoja de Sasamón, y norte y noroeste de la de Osorno, son frecuentes las intercalaciones de lechos detríticos gruesos. El área comprendida entre los ríos Valdavia y Carrión se caracteriza por una composición litológica esencialmente arcillo-limosa y limo-arcillosa, existiendo no obstante una constante intercalación de horizontes arenosos correspondientes a paleocanales en los que escasean los lechos detríticos gruesos. También es muy frecuente en estas áreas que los niveles arcillosos estén carbonatados, presentándose como se ha citado anteriormente, con estructura típica de «arcillas almendradas». Existen, asimismo, algunas intercalaciones de horizontes calcáreos correspondientes a suelos calcimorfos.



Foto 39.— Canal de Castilla en su cruce con la carretera local que enlaza los pueblos de Osornillo y Osorno. El cauce está excavado en arcillas y limos con intercalaciones arenosas, del grupo 321h. A pesar de lo tendido de sus taludes, se observa una inestabilidad generalizada de los mismos.

**Estructura.**— Los materiales de este grupo están dispuestos horizontal y subhorizontalmente, y se estructuran sedimentariamente en lechos lenticulares depositados en una zona distal de un abanico fluvial. Los niveles de arenas y pudingas corresponden a paleocanales de la red fluvial existente en la llanura aluvial miocena. Este tipo de formación se caracteriza por los rápidos cambios laterales de facies. La potencia global estimada para este grupo dentro del Tramo oscila entre 40 y 60 m.

Desde el punto de vista tectónico, se ha observado en las márgenes del río Arlanzón la existencia de una serie de fracturas y fallas gravitacionales en profundidad que pudieran estar relacionadas, de una parte, con fallas de zócalo, y, por otra, con movimientos más superficiales provocados por la excavación del propio valle del río, dado que dichas discontinuidades marcan un cierto paralelismo con el mismo.



Foto 40.— Arcillas, limos, arenas y areniscas, de tonos rojos, del grupo 321h. Talud de excavación junto al pueblo de Cobia, afectado por un desplome.



Foto 41.— Talud excavado en arcillas carbonatadas del grupo 321h, en las proximidades de Castrillo de Villarega.

**Geotecnia.**— El grupo litológico en su conjunto debe considerarse muy poco permeable, aunque a escala local pueden existir variaciones muy importantes en este aspecto. De hecho la formación está construida por una masa de materiales poco permeables o prácticamente impermeables que intercalan a otros de naturaleza permeable. Consecuencia de ello es la presencia constante de horizontes freáticos colgados que dan lugar a frecuentes surgencias de agua. El carácter global del grupo como formación poco permeable hace que en algunas áreas de morfología muy tendida, con cierto grado de endorreísmo, tal como suele ocurrir en la Zona 2, se den malas condiciones de drenaje, lo que influye muy negativamente sobre las carreteras que cruzan estos terrenos, y se pone de manifiesto a través de constantes blandones en las actualmente existentes. Las áreas de este grupo correspondientes a la Zona 1 presentan mayor proporción de horizontes detríticos permeables, y por tanto, los problemas de drenaje superficial no son tan acusados. Además en este caso, estos terrenos ocupan frecuentemente el pie de las laderas, y aunque normalmente la pendiente no suele ser muy fuerte, es lo suficiente para producir una escorrentía moderada. Lo normal es que estos materiales constituyan terrenos con morfología suave y presenten un recubrimiento de suelo cultivable, coluvial o coluvio-aluvial, que les protege, especialmente en la Zona 2, en donde este grupo litológico ocupa o adquiere su mayor representación.

En la Zona 1 se han observado problemas de estabilidad en estos terrenos cuando se sitúan a media ladera en áreas de fuerte pendiente, en donde la erosión les ataca con facilidad, o bien si se sitúan sobre materiales margosos y margo-yesíferos, como ocurre en el área de Burgos, en donde por cambio lateral de facies, esta formación constituye un nivel a media ladera que se acuña entre margas, margas yesíferas y yesos. En este último caso, la inestabilidad de este grupo está facilitada por la alteración y deformación que, sobre los materiales margo-yesíferos subyacentes, provocan las aguas colgadas en los horizontes permeables de este grupo litológico. Asimismo en las laderas de las márgenes del río Arlanzón se han detectado fallas y fracturas correspondientes a una inestabilidad fósil profunda, que está relacionada, sin duda, como se ha comentado en el apartado anterior, con la tectónica de zócalo y con la excavación del valle del río. (Ver Figura 10.3).

En la Zona 2, en donde este grupo litológico adquiere su mayor representación, no se han apreciado problemas importantes de inestabilidad natural. Solamente se han detectado algunos fenómenos de acarcavamiento y otros de deslizamiento fósil muy localizados y existentes en la margen izquierda del río Carrión, en donde los taludes naturales adquieren pendientes muy fuertes como excepción a la morfología suave que domina en esta Zona.

La excavación de taludes artificiales de alturas bajas y moderadas, con la excepción localizada del área de Burgos, en donde se aprecia una clara inestabilidad del grupo, podrá realizarse en principio con pendientes fuertes, pero su degradación, por erosión diferencial y por la presencia de aguas freáticas colgadas, será rápida. La excavación de taludes altos y con fuertes pendientes, cuando existe sobre ellos una altura importante de ladera, puede provocar la aparición de roturas gravitacionales importantes en la misma, especialmente si, como suele ser normal, existen niveles freáticos colgados en el terreno. En tales circunstancias no deberían superarse los 45º en los taludes y es muy recomendable la creación de un manto vegetal sobre los mismos de forma que queden protegidos

de la erosión. Es importante la construcción de una amplia cuneta que pueda recoger derrubios y posibles masas desprendidas o deslizadas. Asimismo es esencial realizar un perfecto drenaje en superficie y hasta una cierta profundidad en los laterales de la calzada, dado, de una parte, el carácter poco permeable global del grupo y la ausencia de fuertes pendientes en el terreno, especialmente en la Zona 2, y de otra, la posible presencia de horizontes freáticos cautivos o libres bajo la estructura de la carretera que pudieran interferir en su estabilidad.

La capacidad portante del grupo se considera moderada, con posibilidad de que puedan presentarse asientos diferenciales. En áreas de media ladera y con pendientes fuertes, debe estudiarse muy detenidamente el estado de estabilidad natural de las mismas, dada la existencia en ciertos sectores de frecuentes deslizamientos fósiles que rebajan de manera importante la calidad del terreno. Especialmente deberá estudiarse con detalle la problemática de rotura gravitacional en la excavación de taluces de alguna importancia en la proximidad de las márgenes del río Arlanzón, en las áreas próximas a la ciudad de Burgos, en donde este grupo pasa lateralmente y en profundidad a una facies yesífera, constitutiva del grupo 321j.

Este grupo litológico será ripable prácticamente en su totalidad por medios mecánicos normales.

#### CONGLOMERADOS, PUDINGAS, ARENAS Y LIMOS, 321i

**Litología.**— Este grupo de tonos ocres y rojizos está constituido por conglomerados, pudingas y arenas, de naturaleza poligénica, con dominio casi exclusivo de materiales silíceos, y por algunos lechos de limos más o menos arenosos.

**Estructura.**— Estos materiales están dispuestos horizontal o subhorizontalmente y rellenan paleocanales intercalados en la formación detrítica de «Tierra de Campos» (Fotos 42 y 45). Los distintos depósitos constituyen lechos discontinuos de estructura lenticular. La fracción gruesa, que define a este grupo, suele estar constituida por cantos cuarcíticos del tamaño grava y gravilla, abundando mucho este segundo término. El grado de cementación es muy irregular: en un mismo nivel se puede pasar de un sector cementado a otro suelto, en muy poco espacio de terreno; en general dominan los horizontes flojos o sueltos sobre los muy cementados. La potencia de los niveles que constituyen este grupo oscila dentro del entorno de unos pocos metros.

**Geotecnia.**— Son materiales permeables y con buen drenaje superficial por percolación. La construcción de taludes artificiales sobre este grupo de escasa potencia y morfología llana no presentará problemas de mención, condicionando la pendiente a dar a los mismos el grado de cementación del material; en principio se recomiendan inclinaciones de unos 45°. La capacidad de carga dependerá de la potencia y del mencionado grado de cementación, pero como estas características son bastante heterogéneas, se la estima en un rango de valores moderados. Si se exceptúan algunos sectores muy cementados, el resto del grupo, que debe ser mayoría, podrá ser excavado por medios mecánicos normales.



Foto 42.— Horizonte de gravas síliceas del grupo 321i, junto a la población de Tarragona.

#### 3.2.5. Grupos geotécnicos

Los materiales que aparecen en la Zona 2 se han agrupado en los siguientes grupos geotécnicos:

G1.— Aluviones actuales de gravas y arenas de naturaleza poligénica, dominando el carácter síliceo, y limos abundantes. Problemas de dinámica fluvial. Depósitos adecuados o tolerables para préstamos. Este grupo geotécnico lo constituye el grupo litológico A.

G2.— Terraza baja aluvial de limos más o menos arenosos, con gravas y arenas síliceas que constituyen lechos importantes y discontinuos. Problemas locales de escorrentía superficial. Capacidad portante de media a baja. Posibles asentamientos diferenciales. Materiales parcialmente adecuados o tolerables como préstamos. Este grupo geotécnico lo constituye el grupo litológico A1.

G3.— Terraza baja aluvial y otros depósitos, constituidos por limos y arcillas, con gravas y arenas dispersas. Baja capacidad soporte. Materiales no útiles para préstamos. Este grupo geotécnico lo constituyen los grupos litológicos A2 y W.

G4.— Terrazas y raña. Materiales detríticos constituidos mayoritariamente por gravas y arenas de naturaleza sílicea y, en menor proporción, calcárea. Formaciones permeables, sin problemas mencionables en taludes naturales o de excavación, dadas las potencias normales de estos depósitos. En el caso de taludes importantes en que estos materiales queden colgados en la coronación de los

mismos, se podrían plantear problemas de estabilidad al desmonte si surgiera un horizonte freático en el contacto de los materiales cuaternarios con el sustrato que, generalmente, será arcilloso. La capacidad portante debe considerarse moderada en principio, y preverse como muy probable que puedan darse asientos diferenciales como consecuencia de la existencia de acuíferos libres en el contacto de la terraza y el sustrato, normalmente arcilloso, y siempre que pudieran llegar a éste las presiones suscitadas por la carretera. Constituyen este grupo geotécnico los grupos litológicos T1, T2, T3, t4, g1, g2, g3, t3b y 350.

G5.— Aluviones en arroyos y vaguadas en la formación de «Tierra de Campos». Arcillas y limos generalmente arenosos, con gravas y gravillas dispersas de naturaleza silíceas. Participan de un origen híbrido coluvio-aluvial frecuentemente. Materiales con permeabilidad de media a baja, capacidad de soporte baja, y no útiles como préstamos. Constituyen este grupo geotécnico los grupos litológicos a3 y a5.

G7.— Coluviales potentes asociados generalmente a las laderas de las facies margo-yesíferas del Vindoboniense. Materiales con permeabilidad y capacidad de carga bajas e inmersos con bastante frecuencia en procesos fósiles de inestabilidad de ladera. No se consideran útiles para préstamos. Constituye este grupo geotécnico el grupo litológico C.

G8.— Glacis-terrazas y coluvio-glacis. Gravas y gravillas poligénicas, abundando los fragmentos angulosos poco rodados de naturaleza caliza, arenas con abundante componente calizo, y limos y arcillas de tonos claros. Depósitos con estructura híbrida entre coluvial, glacis, terraza y abanico aluvial. Materiales con permeabilidad de moderada a alta y escorrentía superficial a veces dificultosa. Pendientes naturales estables. Los taludes de excavación podrán oscilar entre moderados y fuertes. Capacidad portante de moderada a baja, con posibilidad de que se den asientos diferenciales. Materiales adecuados o tolerables como préstamos en alta proporción. Constituyen este grupo geotécnico los grupos litológicos G y D.

G13.— Materiales detríticos: arcillas, limos, arenas, areniscas, conglomerados y pudingas, en alternancia irregular y con predominio de los primeros términos. Formaciones de tonos ocreos o rojizos. Taludes generalmente estables, con problemas localizados de rotura gravitacional y erosión lineal (cárcavas). Surgencias frecuentes de aguas freáticas. Los taludes de excavación en ausencia de estratos duros (areniscas y pudingas cementadas) no deben superar normalmente los 35°, especialmente si existe agua en el talud. Podrán excavarse taludes con pendientes más fuertes, entre 45° y 60°, en aquellas áreas en las cuales dominan los elementos detríticos consolidados (areniscas, pudingas y conglomerados). No obstante, los problemas de erosión diferencial y la interferencia de las aguas colgadas podrán provocar una degradación relativamente rápida. Un drenaje efectivo de las aguas de escorrentía y, muy especialmente, de las existentes en freáticos libres cercanos a la carretera es condición esencial para obtener una capacidad soporte media aceptable. Materiales ripables en general. Los niveles de arenas y pudingas son fuentes de áridos, y existen aprovechamientos locales reducidos, generalmente intermitentes. Pertenecen a este grupo geotécnico los

grupos litológicos 321b, 321h y 321i, así como los depósitos-coluviales existentes sobre estas formaciones.

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

Los problemas que presenta esta Zona 2 son esencialmente de naturaleza hidrológica y geomorfológica.

El agua puede ejercer un efecto negativo a consecuencia de una mala escorrentía superficial dada la existencia en este área de morfologías de escasa o nula pendiente, en terrenos de baja permeabilidad, o al constituir niveles freáticos cautivos o libres, muy próximos a la superficie.

Los problemas podrán surgir en los taludes artificiales por inestabilidad del componente arcilloso, mayoritario en la formación de Tierra de Campos, bien por su proclividad a una fácil erosión, o debido a la alta posibilidad de que se originen deslizamientos y flujos de barro si las pendientes son fuertes. Puesto que la morfología del terreno es suave en general, los problemas de inestabilidad de taludes no adquirirán dimensiones importantes. Mayor atención requerirán los problemas de capacidad de carga y de asientos diferenciales que pueden surgir como consecuencia de la existencia de niveles freáticos libres y cautivos en cotas muy próximas a la plataforma de la carretera, interfiriendo sobre la misma, y del mal drenaje superficial, debido, como quedó dicho con anterioridad, al carácter impermeable de la formación «Tierra de Campos». Es importante, a este respecto, anotar la existencia de horizontes detríticos de arenas y areniscas, próximos a la superficie y que pudieran aportar agua a las arcillas. Además son conflictivas las superficies de contacto entre las formaciones cuaternarias o pliocuaternarias y la formación de Tierra de Campos, en las cuales es frecuente que puedan darse surgencias de agua. El Cuaternario, poco potente con gran frecuencia, remitirá los esfuerzos al sustrato mioceno arcilloso o limo-arenoso, y si, como queda dicho, existe agua en el contacto, podrán surgir problemas de asientos.

Las terrazas bajas aluviales son en general muy limosas, y en ellas podrán surgir problemas por baja capacidad de carga, asientos diferenciales y mala escorrentía superficial.

Por último, y desde el punto de vista geomorfológico, no deben subestimarse los potenciales problemas, a medio o largo plazo, debido a grandes crecidas en la amplia red fluvial de la Zona, con sus secuelas de erosión, arrastres y aterramientos. Debido a estos problemas, muchos ríos tienen sus cauces protegidos por diques formados por los propios materiales aluviales o por gaviones, como es el caso de la margen derecha del río Carrión. Otro proceso erosivo muy activo está presente en las áreas acarcavadas, en las cuales se produce una rápida recesión de las vertientes. No se han observado problemas de inestabilidad gravitacional de las laderas en la Zona 2, salvo en la margen izquierda del río Carrión, en donde la zapa del río en la base de un talud natural de fuerte pendiente ha dado lugar a la existencia de algún sector con estructura de deslizamiento fósil, y ha generado pequeños deslizamientos rotacionales.

## **4. CONCLUSIONES GENERALES DEL ESTUDIO**

### **4.1. RESUMEN DE PROBLEMAS TOPOGRAFICOS**

Desde el punto de vista topográfico, el Tramo de estudio presenta algunas dificultades, que pueden catalogarse de moderadas, debido a la necesidad, en un itinerario E-W, de superar una morfología de altiplanos y valles encajados que se sucede hasta la mitad aproximada del mismo. Las diferencias de cota entre los páramos y los fondos de valle, en un corte transversal por la cuesta que los une, suelen oscilar en el entorno de los 100 m. Las cotas máximas situadas al Norte del Tramo y las mínimas localizadas al Sur definen unas diferencias del orden de los 200 m. El ascenso a los páramos es facilitado por los valles transversales creados por los arroyos afluentes de los cauces fluviales más importantes.

### **4.2. RESUMEN DE PROBLEMAS HIDROLOGICOS**

Los problemas que puede crear el agua en el terreno son varios e importantes. Por un lado, el carácter impermeable de gran parte de los materiales constitutivos del Tramo, unido a la existencia de amplias áreas con morfología llana o de pendientes muy suaves, propicia la existencia de sectores con mala escorrentía superficial. Por otro, la presencia de horizontes permeables intercalados a lo largo de toda la serie horizontal miocena o situados sobre la misma en materiales de edad cuaternaria, da lugar a la existencia de numerosos freáticos cautivos y colgados en las laderas y propicia la existencia de numerosas surgencias en el terreno a lo largo y ancho de todo el Tramo. Este agua, frecuentemente con carácter agresivo, incide de forma muy directa en la superficie del terreno, creando las condiciones adecuadas para la alteración y deformación de los materiales arcillosos y yesíferos miocenos, circunstancias que en última instancia van a influir muy negativamente en su estabilidad natural y capacidad de carga.

### **4.3. RESUMEN DE PROBLEMAS LITOLOGICOS**

En lo que concierne a los problemas debidos a la litología, hay que destacar la existencia de materiales yesíferos, estratificados o dispersos, en las margas miocenas que constituyen gran parte del Tramo en su mitad Este. En general la gran preponderancia de margas y arcillas en toda la serie miocena y cuaternaria debe considerarse como una característica negativa debido a su fácil erosión-alteración y deformación, tanto por las aguas de escorrentía superficial como por las que constituyen los freáticos.

#### 4.4. RESUMEN DE PROBLEMAS GEOMORFOLOGICOS

Los procesos debidos a la geodinámica externa representan problemas importantes en toda la extensión del Tramo. La inestabilidad de las vertientes adquiere gran significación por el amplio desarrollo de este tipo de fenómeno a lo largo de todas las cuestas que enlazan los páramos con el fondo de los valles. Estos procesos de deslizamientos, desplomes y desprendimientos, son de naturaleza fósil en su gran mayoría, aunque en la actualidad son numerosos los activos o latentes. Un aspecto a destacar de los fenómenos de deslizamiento es la estructura relativamente poco profunda de gran parte de ellos.

Los fenómenos de erosión son importantes en la actualidad, existiendo amplias áreas con profundo desarrollo de cárcavas. Por otra parte, la importante red fluvial que surca el Tramo introduce un índice alto de riesgo derivado de las potenciales grandes avenidas.

#### 4.5. RESUMEN DE PROBLEMAS GEOTECNICOS

Los problemas de tipo geotécnico tendrán lugar en los taludes artificiales, por inestabilidad gravitacional de los mismos, y en el sustrato de apoyo, por falta de capacidad de carga y por los asentamientos diferenciales del mismo.

La inestabilidad en los taludes vendrá condicionada por la concurrencia de factores tales como:

- existencia de deslizamientos fósiles, latentes o activos.
- desprendimientos o desplomes motivados esencialmente por alteración y erosión diferencial entre capas competentes e incompetentes.
- erosión lineal.
- pendientes inadecuadas en el talud.
- existencia de aguas colgadas en el talud.
- ausencia de captación y drenaje de las aguas que llegan al talud a través del terreno o de las que pudieran afectarle por escorrentía superficial.
- existencia importante de materiales margosos, margo-yesíferos o arcillosos en series alternantes y con horizontes freáticos colgados sobre ellos.

Todas estas circunstancias pueden concurrir reunidas o aisladas, en parte importante de los taludes artificiales que se excaven en el Tramo. El grado de incidencia o su importancia a nivel constructivo dependerá, sin duda, de las dimensiones del talud. No obstante, para taludes de alturas medias, los problemas serán en general de carácter moderado.

Los problemas de capacidad de carga y de asentamientos diferenciales podrán surgir por las siguientes circunstancias:

- existencia de terrenos blandos o poco consolidados, de origen cuaternario en general.
- existencia de terrenos afectados por estructuras de deslizamiento fósil, latente o activo. Aquí caben todos los terrenos de edad miocena, especialmente los que conforman las cuestas que unen los fondos de valle con los páramos (grupos 321d, 321e, 321f1, 321f2, 321g).

- cambios bruscos de facies en el sustrato de apoyo. Este problema es general a todas las formaciones del Tramo.
- existencia de cavidades de disolución kárstica. Se puede dar en los niveles de las calizas de los páramos (grupos 321a y 321c), aunque sus dimensiones siempre serán muy reducidas.
- existencia de centros de infiltración en llanuras de terraza aluvial. Se ha observado una estructura de este tipo en las terrazas del río Carrión.
- presencia de horizontes freáticos libres sobre materiales margosos o arcillosos, existentes bajo la calzada y capaces de experimentar cambios constantes de nivel.
- ausencia de drenaje rápido o efectivo de las aguas que llegan procedentes de la escorrentía superficial y, muy especialmente, de las que puedan surgir en el talud de forma más o menos continua.

Todas estas circunstancias están muy presentes en las carreteras actuales y son causa del mal estado que se aprecia en muchas de ellas.

#### 4.6. CORREDORES DE TRAZADO SUGERIDOS

Del estudio de las características topográficas y geomorfológicas del Tramo se concluye que en un itinerario E-W el corredor que presenta mejores condiciones englobaría el trazado actual de la carretera N-120. En el sentido Burgos Palencia, el valle del Arlanzón, por el que discurre la carretera N-620, es el corredor actual, lógico y natural, de comunicación. En los itinerarios N-S o próximos a esta dirección, las carreteras actuales aprovechan con bastante frecuencia los numerosos valles que presentan esta disposición en su conjunto. Así, la carretera que une Burgos con Santander, utiliza en gran medida el valle del río Ubierna, entre Quintanilla de Vivar y el Puerto de Páramo de Masa. El valle del río Pisuerga es otro corredor natural en itinerarios de dirección a Santander, así como el del río Carrión lo es para los que se dirigen a Asturias. En general, puede decirse que la gran mayoría de los ríos y grandes arroyos que surcan el Tramo constituyen buenos corredores en sus direcciones respectivas.

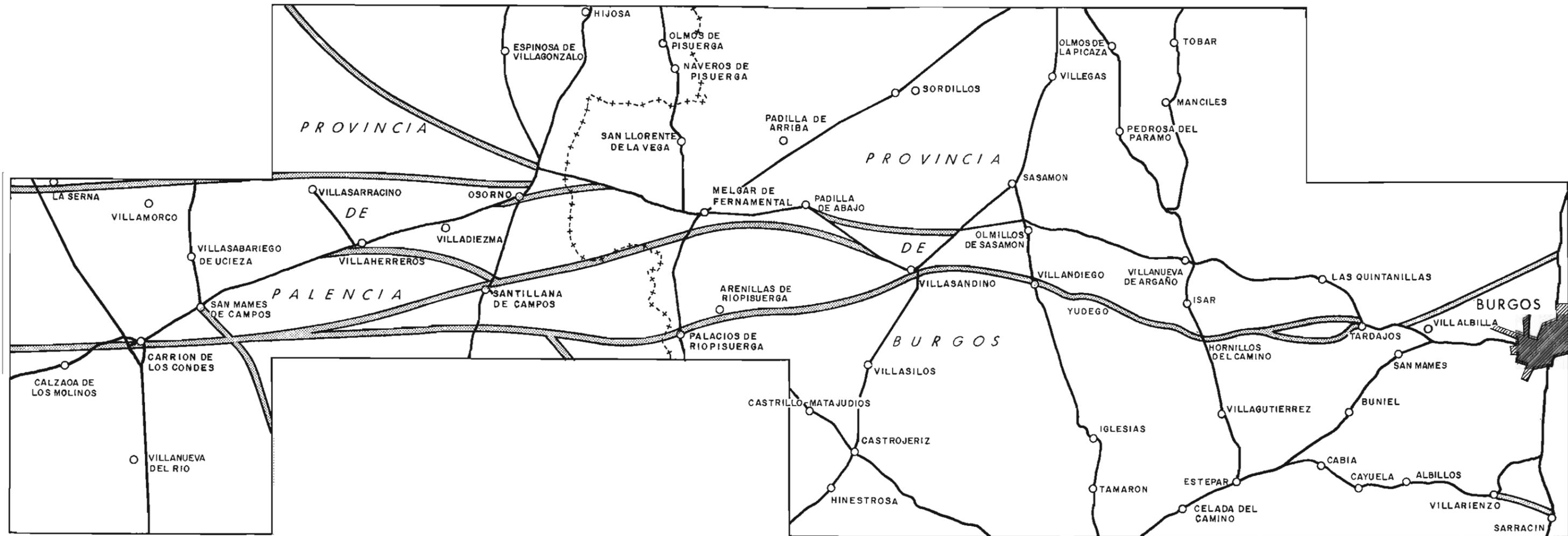
En el corredor E-W existe la necesidad de superar desde Burgos, al menos dos veces, las parameras que se alzan entre esta capital y Villasandino. Dado que las dificultades topográficas no son excesivas, cabrían modificaciones al trazado actual de la carretera N-120 para lograr un itinerario algo más corto; una posibilidad es situar la carretera algo más al Sur, formando una línea que uniría Tardajos, Hornillos del Camino y Villasandino, pero este corredor implicaría un recorrido amplio por el páramo, en donde las condiciones meteorológicas siempre serán algo más duras y negativas para la carretera que las de los valles.

Entre Villasandino y Carrión de los Condes, siguiendo la carretera N-120, el trazado se hace conflictivo en la confluencia de vías de comunicación que se produce a la altura de Osorno. Un trazado más directo evitaría el cruce del río Valdavia, bien en un itinerario que tomando la dirección más o menos de la carretera N-120 hasta la proximidad de Melgar de Fernamental, se dirigiera por el Sur de dicha ciudad al cruce del río Pisuerga en un sector situado a poco menos de un kilómetro al Sur de su confluencia con el río Valdavia, ascendería posteriormente por el arroyo Ortuñón hasta la Fuente del Pozo, para desde aquí, tomar una dirección prácticamente E-O que le llevaría a su confluencia con la N-120

pasando Villaherreros, o bien siguiendo un trazado más directo a Carrión de los Condes, en un itinerario de dirección E-SO. Un corredor más corto se situaría algo más al Sur, y se dirigiría desde Villasandino hacia Arenillas de Ríopisuerga, para cruzar en dirección E-O, el valle del río que da nombre a este pueblo. Desde aquí, atravesando el arroyo Vallarna, tomaría la dirección de Cabañas de Castilla, pasaría al Sur de Santillana de Campos, y se dirigiría finalmente a Carrión por el itinerario E-SO.

A partir de Carrión de los Condes el itinerario con dirección a León puede seguir el trazado actual de la carretera N-120, aunque no existe ningún impedimento orográfico para que pudiera tomar una dirección E-O, más directa, por un itinerario nuevo alternativo. En este último sentido, también desde Osorno se puede pensar en un trazado más directo E-O, que pasaría por la proximidad de La Serna.

En resumen, si bien en la Zona 1 del Tramo, los corredores posibles están muy mediatizados por la orografía, en la Zona 2 son posibles multitud de alternativas, dado que tanto la orografía como los condicionantes geológicos y geotécnicos nunca supondrán impedimentos de gran peso que hagan inviable o difícilmente viable cualquier opción que se estime interesante por la funcionalidad del trazado.



ESCALA 1:200.000

- CORREDORES DE TRAZADO ACTUALES
- ⋯ CORREDORES DE TRAZADO SUGERIDOS

Fig.14.- ESQUEMA DE CORREDORES DE TRAZADO SUGERIDOS

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

## 5. INFORMACION SOBRE YACIMIENTOS

### 5.1. ALCANCE DEL ESTUDIO

Aunque en este trabajo no se estudian con detalle los yacimientos de roca y granulares aptos para ser utilizados en obras de carreteras, se da una visión sucinta y resumida de los más importantes y de las canteras existentes.

### 5.2. YACIMIENTOS ROCOSOS

El único material rocoso con alguna probabilidad de ser utilizado en las obras de carreteras es la caliza del páramo pontiense, que ha sido objeto, en otro tiempo, de innumerables explotaciones, en general de reducidas dimensiones (Foto 43). Las heterogéneas textura y estructura de los estratos calizos, que pueden pasar con facilidad de calizas más o menos puras, duras y compactas, a calizas margosas, y la transformación lateral que sufren las capas calizas potentes, pasando a alternancias con horizontes margosos, hacen poco viable una explotación a gran escala. En general, las canteras abandonadas existentes han



Foto 43.— Cantera abandonada en las calizas del páramo inferior, grupo 321c, próxima a la carretera N-120, en las proximidades de Cítores del Páramo.

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

aprovechado un nivel superior del páramo, más homogéneo, que puede representar los 2 ó 4 primeros metros del mismo, y en donde el horizonte superior suele estar ocupado por un suelo de carácter eluvial.

**5.3. YACIMIENTOS GRANULARES**

En el Tramo existen diversas explotaciones de materiales granulares, tanto activas como abandonadas, que han utilizado materiales integrantes de las formaciones miocena y cuaternaria. La formación detrítica de «Tierra de Campos» (grupo 321h), ha sido objeto de numerosas extracciones de arenas finas (Foto 44), así como de las gravas y arenas de los niveles de paleocauces intercalados en la serie (grupo 321i) (Foto 45). Desde el punto de vista de las carreteras, estos materiales podrían resultar interesantes, pero su escasa potencia y precaria continuidad lateral, unidos a la cementación parcial que les afecta, les hacen poco importantes, y de hecho todas las explotaciones en este grupo litológico aparecen abandonadas y sin posibilidad de competir con los depósitos cuaternarios (aluviales, terrazas y glacis-terrazas) del Tramo. Las áreas de mayor interés



Foto 44.— Explotaciones locales de arenas limosas del grupo 321h, junto a la población de Villagutiérrez.

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



Foto 45.— Explotación de gravas y arenas silíceas, al Sur de Arcos, en el grupo 321i.

potencial para la localización de yacimientos importantes radican en los aluviales y terrazas de los ríos Arlanzón, Pisuerga, Valdavia y Carrión. En el río Arlanzón el interés radica en su aluvial y en su terraza baja aluvial, en la que actualmente existe una explotación importante en las proximidades de Estépar. En el aluvial del río Pisuerga se realizan importantes extracciones al Norte de Lantadilla, y lo mismo ocurre en la terraza T3 de la margen izquierda del valle del río Valdavia (Foto 46), al Noreste de Osorno. El aluvial del río Carrión constituye un importante depósito de áridos cuya explotación está impedida por el Patrimonio Forestal debido a la cubierta vegetal que sustenta. La terraza baja aluvial de todos estos ríos suele poseer un nivel superior limoso, muy constante, aunque, en algunas áreas, puede faltar y entonces afloran las gravas y arenas, como ocurre en las proximidades de Naveros de Pisuerga. Hay que hacer notar que todas las terrazas de todos los ríos del Tramo tienen escasa potencia, con excepción de las existentes en la margen izquierda del río Valdavia y en la zona norte del río Pisuerga, en las que el aporte lateral de los depósitos de raña, próximos, ha debido contribuir a ello.

#### 5.4. MATERIALES PARA TERRAPLENES Y PEDRAPLENES

Los mejores materiales para ser utilizados como préstamos, existentes en el Tramo, radican en las terrazas cuaternarias, formaciones aluviales y terrazas bajas de los ríos Arlanzón, Pisuerga, Valdavia y Carrión. Asimismo son materiales utilizables la raña y los glaciais, aunque estos últimos suelen adquirir generalmente potencias muy reducidas. El resto de las terrazas bajas de los ríos y arroyos que atraviesan el Tramo son eminentemente arcillosas y suelen contener gran canti-

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

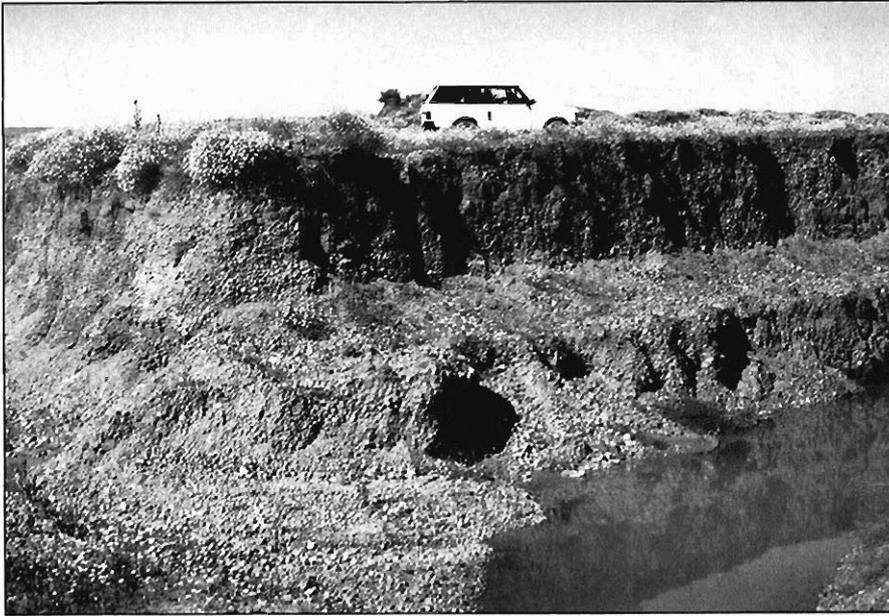


Foto 46.— Explotación de gravas y arenas de la terraza baja de la margen izquierda del río Valdavia, correspondiente al grupo T3, en las proximidades de la Ermita de San Pantaleón, localizada al Noreste de Osorno, junto a la carretera N-120.

dad de materia orgánica, por lo que su utilización en terraplenes debe ser muy restrictiva.

La formación miocena del Vindoboniense Inferior, de limos y arcillas arenosas, arenas y areniscas y conglomerados, podrá ser utilizada normalmente en terraplenes sin mayores dificultades. El Vindoboniense Superior margoso, margocalizo, calizo y yesífero, podrá ser utilizado en terraplenes y pedraplenes con las limitaciones y medidas técnicas apropiadas. El Pontiense dará materiales que podrán ser empleados normalmente en pedraplenes.

#### **5.5. YACIMIENTOS QUE SE RECOMIENDA ESTUDIAR CON MAS DETALLE**

En los cuadros de yacimientos rocosos y granulares que ocupan este apartado se señalan con un asterisco aquellos que por su importancia pudieran ser objeto de un estudio más detallado.

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

### CUADRO RESUMEN DE YACIMIENTOS ROCOSOS

Símbolo del yacimiento en el esquema de situación	Estado actual e importancia del yacimiento	Situación en Hoja y Cuadrante en escala 1:50.000	Denominación del Grupo litológico	Tipo de material	Acceso
Y R-1	Abandonado. Sin interés.	238-4	321c	Calizas	Caminos en mal estado que unen Villagonzalo-Pedernales con la carretera N-1, a través del Páramo de la zona de Los Pedernales.
Y R-2	Abandonado. Sin interés.	238-4	321c	Calizas	Junto a la carretera de Villariego a la carretera N-1, en la zona del páramo.
Y R-3	Abandonado. Sin interés.	238-4	321c	Calizas	Junto a la carretera de Villariego a la Carretera N-1, en la zona del páramo.
Y R-4 *	Abandonado.	199-2	321c	Calizas	Junto al cruce de la carretera nacional 120 con la local a Yudego.
Y R-5 *	Interés reducido a nivel local.	199-2	321c	Calizas	Junto a la carretera local de Cítores a Sasamón.
Y R-6 *	Interés reducido a nivel local.	199-2	321c	Calizas	Junto a la carretera local de Cítores a Sasamón.

Los yacimientos reseñados con (\*) se recomiendan estudiar con más detalle por su interés potencial.

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

**CUADRO RESUMEN DE YACIMIENTOS GRANULARES**

Símbolo del yacimiento en el esquema de situación	Estado actual e importancia del yacimiento	Situación en Hoja y Cuadrante en escala 1:50.000	Denominación del Grupo litológico	Tipo de material	Acceso
Y G-1	Abandonado. Sin interés.	200-3	t3a	Gravas y arenas.	Camino desde Sotragero.
Y G-2	Abandonado. Sin interés.	238-4	321i	Gravas y arenas parcialmente cementadas.	Desde carretera N-1, junto a los p.k. 230 y 231.
Y G-3	Explotación intermitente. Sin interés o muy reducido.	238-4	321i	Gravas y arenas parcialmente cementadas.	Pista desde Arcos, al Sur del pueblo.
Y G-4	Explotación intermitente. Sin interés o muy reducido.	238-4	321i	Gravas y arenas parcialmente cementadas.	Camino desde el cementerio de Villamiel de Muño.
Y G-5 *	Activo. Con interés.	237-1	A1	Gravas y arenas.	Desde la carretera N-620, en el área de Estépar.
Y G-6	Abandonado. Sin interés.	237-1	T1a	Gravas y arenas.	Junto a la carretera de Estépar a Vilviestre de Nuño, a unos 500 m al Norte del primer pueblo.
Y G-7	Explotación intermitente. Interés reducido.	198-2	A1	Gravas y arenas.	Junto al pueblo de Lantadilla.
Y G-8 *	Activo en varios frentes. Yacimiento de gran interés.	198-2	A	Gravas y arenas.	Pista que arranca en el puente del río Pisuerga, junto a Lantadilla, por su margen derecha.
Y G-9	Abandonado. Sin interés.	198-2	T3	Gravas y arenas.	Junto a la carretera de Arenillas de Ríopisuerga a Melgar de Fernamental, a unos 500 m al Norte del primer pueblo.
Y G-10 *	Sin explotar. Interés potencial.	198-2	A	Gravas y arenas.	Por pistas desde Osornillo.
Y G-11	Sin interés potencial.	192-2	A	Gravas y arenas.	Camino que lleva a la ribera del río Pisuerga y nace junto al cruce de la carretera N-120 con la que viene de San Llorente de Vega.
Y G-12	Abandonado. Sin interés.	198-1	T2	Gravas y arenas.	Pista desde la carretera de Melgar de Fernamental a Castrillo de Ríopisuerga, a unos 3 km al Norte del primer pueblo.
Y G-13	Abandonado. Sin interés.	198-1	T2	Gravas y arenas.	Junto a la carretera de Melgar de Fernamental a Castillo de Ríopisuerga, a unos 4,500 km al Norte del primer pueblo.

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

**CUADRO RESUMEN DE YACIMIENTOS GRANULARES (cont.)**

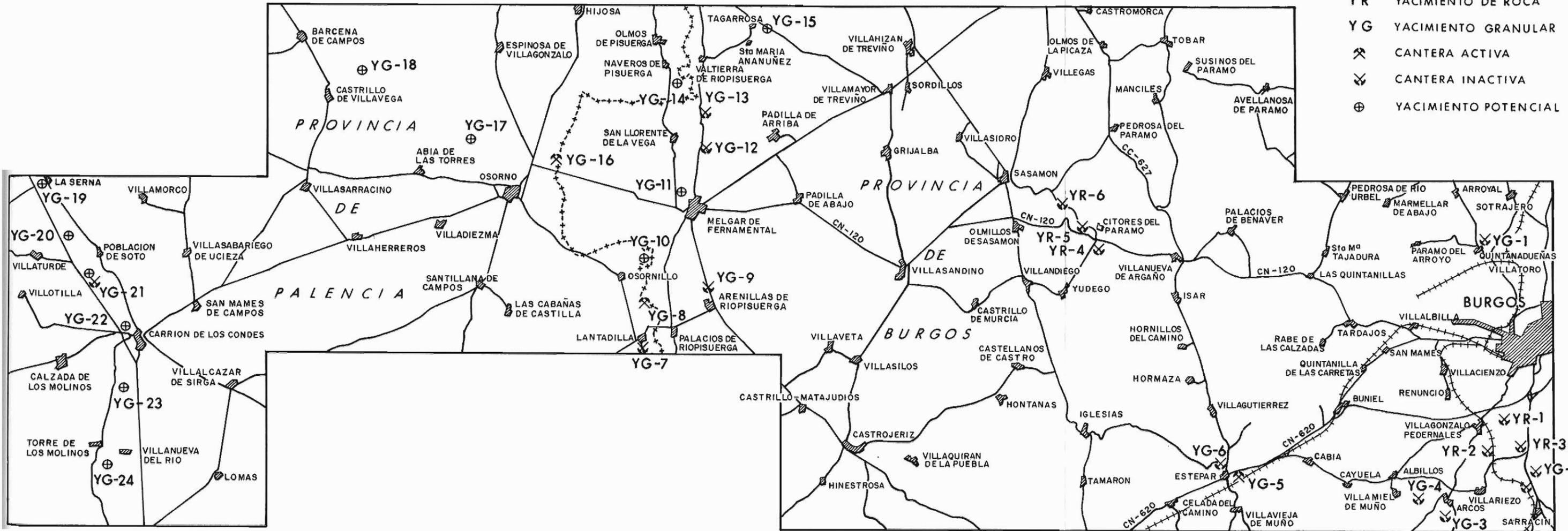
Símbolo del yacimiento en el esquema de situación	Estado actual e importancia del yacimiento	Situación en Hoja y Cuadrante en escala 1:50.000	Denominación del Grupo litológico	Tipo de material	Acceso
Y G-14 *	Potencial, con interés.	198-1	A1	Gravas y arenas.	Pistas que arrancan en las proximidades del p.k. 7,500 al SE de Naveros de Pisuegra.
Y G-15	Potencial, de interés dudoso.	198-1	321i	Gravas y arenas localmente cementadas.	Junto al pueblo de Tagarrosa.
Y G-16 *	Activo. De gran interés.	198-1	T3	Gravas y arenas.	Cominos y pistas desde el p.k. 173 de la carretera N-120.
Y G-17 *	Potencial, con interés.	198-4	T3	Gravas y arenas.	Pistas que cruzan el valle del río Valdavia en dirección NNE desde Abia de las Torres.
Y G-18 *	Potencial, con interés.	198-4	T3	Gravas y arenas.	Pistas que cruzan el valle del río Valdavia hacia la margen izquierda, desde Castrillo de Villavega.
Y G-19 *	Sin explotar. Con interés.	197-2	A	Gravas y arenas.	El Patrimonio forestal impide la explotación del aluvial del río Carrión que constituye en su conjunto un amplio yacimiento de áridos.
Y G-20 *	Sin explotar. Con interés.	197-2	A	Gravas y arenas.	Idem.
Y G-21 *	Sin explotar. Con interés.	197-2	A	Gravas y arenas.	Idem.
Y G-22 *	Sin explotar. Con interés.	197-2	A	Gravas y arenas.	Idem.
Y G-23 *	Sin explotar. Con interés.	235-1	A	Gravas y arenas.	Idem.
Y G-24 *	Sin explotar. Con interés.	235-1	A	Gravas y arenas.	Idem.

Los yacimientos reseñados con (\*) se recomiendan estudiar con más detalle por su interés potencial.

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

**LEYENDA**

- YR YACIMIENTO DE ROCA
- YG YACIMIENTO GRANULAR
- ⌘ CANTERA ACTIVA
- ⌘ CANTERA INACTIVA
- ⊕ YACIMIENTO POTENCIAL



ESCALA 1:200.000

Fig.15.- ESQUEMA DE SITUACION DE YACIMIENTOS ROCOSOS Y GRANULARES

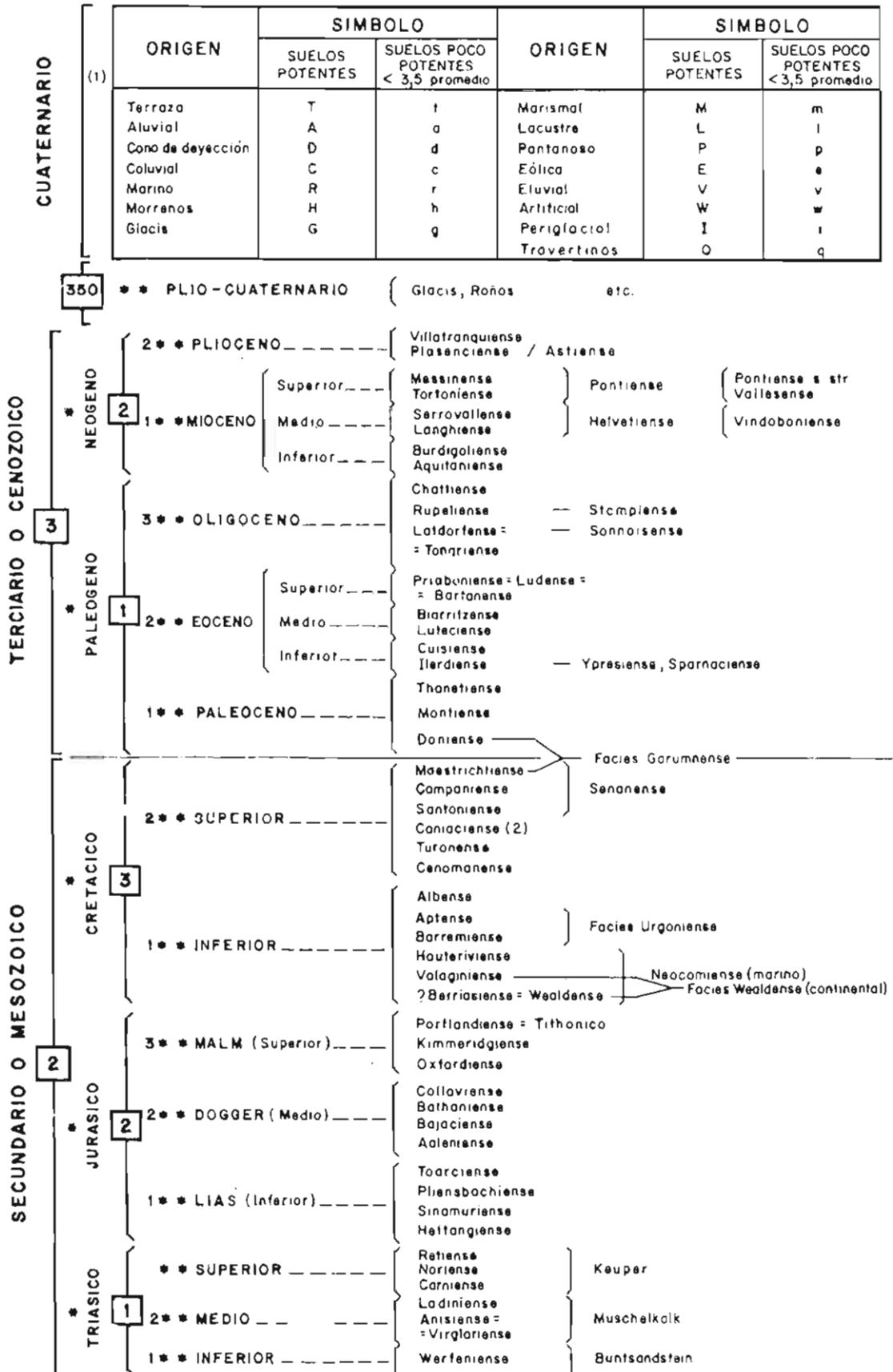
## 6. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

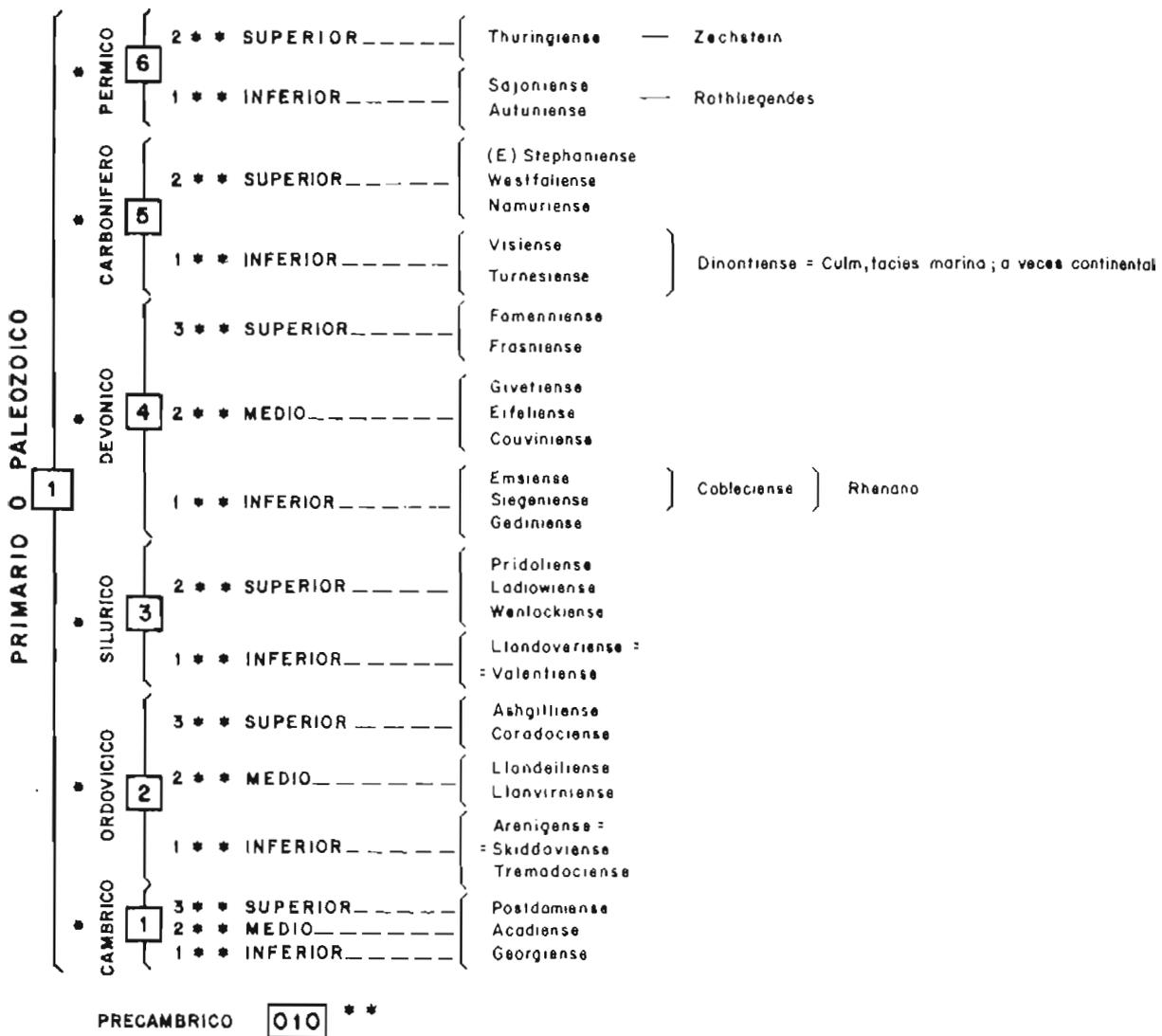
- AERO SERVICE LTD. (1967).— «Mapa geológico de la Cuenca del Duero. Escala 1:250.000». Instituto Nacional de Colonización e Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.
- ALVARADO, A. y ORTI, C. (1952).— «Memoria explicativa. Hoja núm. 235, San Cebrián de Campos (Palencia). Mapa Geológico de España 1:50.000». Instituto Geológico y Minero de España.
- CRUSAFONT PAIRO, M. y TRUYOLS SANTONJA, J. (1960).— «El Mioceno de las cuencas de Castilla y de la Cordillera Ibérica». Not. y Com. del Instituto Geológico y Minero de España, núm. 60, pp. 127-140, Madrid.
- CRUSAFONT, M. y VILLALTA, J.F. (1954).— «Ensayo de interés sobre el Mioceno de la Meseta Castellana». R. Soc. Esp. Hist. Nat., tomo extra, homenaje a E. Hernández Pacheco, pp. 215-227.
- HERNANDEZ-PACHECO, E. (1915).— «Geología y Paleontología del Mioceno de Palencia». Junta Ampl. Est. e Inv., Comunicación de Inv. Paleont. y Prehist., núm. 5.
- HERNANDEZ-PACHECO, E. (1930).— «Sobre la extensión del Neógeno en el Norte de la altiplanicie de Castilla la Vieja». Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat., tomo 30.
- HERNANDEZ-PACHECO, F. (1930).— «Fisiografía, Geología y Paleontología del Territorio de Valladolid». Comis. Invest. Paleont. y Prehist., Memoria núm. 37.
- I.G.M.E. (1952).— «Mapa Geológico de España 1:50.000. Hoja y Memoria núm. 235. (San Cebrián de Campos)».
- I.G.M.E. (1956).— «Mapa Geológico de España 1:50.000. Hoja y Memoria núm. 273. (Palencia)».
- I.G.M.E. (1970).— «Mapa Geológico de España Escala 1:200.000. Hoja 20. (Burgos)».
- I.G.M.E. (1973).— «Mapa Geológico de España, 2ª Edición, (MAGNA), Hoja y Memoria núm. 236 (17-11), Astudillo». Inst. Geol. y Min. de España.
- I.G.M.E. (1973).— «Mapa Geológico de España, 2ª Edición, (MAGNA), Hoja y Memoria núm. 237 (18-11), Castrojeriz». Inst. Geol. y Min. de España.
- I.G.M.E. (1982).— «Mapa Geológico de España, 2ª Edición, (MAGNA), Hoja y Memoria núm. 197 (16-10), Carrión de los Condes». Inst. Geol. y Min. de España.
- I.G.M.E. (1982).— «Mapa Geológico de España, 2ª Edición, (MAGNA), Hoja y Memoria núm. 235 (16-11), San Cebrián de Campos». Inst. Geol. y Min. de España.
- MABESOONE, J.M. (1961).— «La sedimentación terciaria y cuaternaria de una parte de la Cuenca del Duero (Provincia de Palencia)». Estudios Geológicos, vol. 17, núm. 2, pp. 101-130. (Resumen tesis doctoral).
- M.O.P.U. (1973).— «Estudio previo de terrenos. Corredor del Noroeste. Tramo Medina del Campo-Palencia».

## 7. ANEJOS

7.1. ANEJO 1: SIMBOLOGIA UTILIZADA EN LAS COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS

COLUMNA ESTRATIGRAFICA





Los materiales cristalinos de edad indeterminada se denominarán (001) \* \* para rocas masivas y (002) para diques

(1) Los materiales cuaternarios se cartografiarán con la letra correspondiente a sueros potentes o poco potentes.

(2) Es discutida la pertenencia del Coniaciense al Senonense.

\* Los grupos litológicos indeterminados estratigráficamente se denominarán con la primera cifra correspondiente a la era añadiendo dos ceros como signo de indeterminación para el periodo y época.

En caso de indeterminación de la época, se denominarán los grupos litológicos con las cifras correspondientes a la era y periodo añadiendo un cero como signo de indeterminación.

\* \* Cuando existan varios grupos litológicos dentro de la misma época, se denominarán con el número estratigráfico correspondiente, al que se agregará la letra (a, b, c, etc) para diferenciarlos entre si.

## 7.2. ANEJO 2: CRITERIOS UTILIZADOS EN LAS DESCRIPCIONES GEOTECNICAS

### INTRODUCCION

Con objeto de precisar, en lo posible, los conceptos más importantes utilizados en las descripciones geotécnicas de los materiales del Tramo, a continuación se señalan los criterios utilizados en la exposición de características del terreno tales como ripabilidad, estabilidad de taludes, capacidad portante, niveles freáticos, y otras.

Al no disponer de ensayos, se ha buscado apoyo en los resultados correspondientes a otros materiales geotécnicamente equivalentes a los aquí estudiados, y se ha hecho una evaluación comparativa entre ambos. Para ello se han tenido en cuenta los datos de campo (datos sobre taludes naturales y desmontes, comportamiento geotécnico de los mismos, escorrentía de las aguas superficiales, permeabilidad de las formaciones, observaciones sobre el estado de los firmes de las carreteras existentes en la zona, alterabilidad y erosionabilidad de los materiales, etc.). Con estos datos, recogidos sobre el terreno, se ha pretendido dar un orden de magnitud de los valores correspondientes a los distintos conceptos geotécnicos, para que sirvan de base a futuros estudios.

### RIPABILIDAD

En lo que a ripabilidad de los materiales del Tramo se refiere, se han considerado los tres niveles o grados que a continuación se indican:

- a) Se considera ripable todo material (roca natural o suelo) que pueda ser directamente excavado con un ripper de potencia media, sin previa preparación del terreno mediante explosivos u otros medios. Cuando no se indica espesor ripable alguno, se considera que toda la masa es ripable, al menos en el espesor afectado por posibles desmontes en las variantes o modificaciones de un trazado.
- b) Se consideran de ripabilidad media a aquellos materiales que no son ripables utilizando maquinaria de potencia media, pero que sí lo serían empleando maquinaria de mayor potencia. Estos materiales son los «llamados terrenos de transición», que se encuentran en la mayor parte de las formaciones rocosas, y que son semirripables en su zona de alteración o ripables mediante una ligera preparación con voladuras.
- c) Se consideran no ripables aquellas formaciones que necesitan para realizar su excavación el empleo de explosivos u otros medios violentos que produzcan su rotura.

### CAPACIDAD PORTANTE

En relación con la capacidad portante de los distintos materiales del Tramo, al no poder contar con resultados de ensayos «in situ», se ha adoptado el siguiente criterio:

- a) Capacidad portante alta o elevada es la que corresponde a una formación constituida por materiales compactos y preconsolidados, o bien a formaciones rocosas estables y resistentes, de excelentes características como cimiento de un firme de carretera o de una obra de fábrica.
- b) Capacidad portante media es la de aquellas formaciones constituidas por materiales compactos y preconsolidados, que tienen sus capas superficiales algo alteradas y que, por tanto, determinan un suelo en el que la aplicación de cargas moderadas superficiales (2 ó 3 kg/cm<sup>2</sup>), produce asientos tolerables de las obras de fábrica. En este caso, la estabilidad del material considerado como explanada del firme es suficiente en general, sin que sea necesaria la mejora del suelo.
- c) Capacidad portante baja es la correspondiente a materiales de suelos desagregados en los que la aplicación de cargas moderadas produce asientos inadmisibles para las obras de fábrica con cimentación superficial. La ejecución de firmes en este tipo de materiales requerirá fuertes espesores estructurales, colocación de explanadas mejoradas, retirada de los suelos plásticos si son poco potentes o cimentación de las obras de fábrica en la formación subyacente.

## ESTABILIDAD DE TALUDES

La evaluación de la estabilidad de taludes se ha apoyado, exclusivamente, en las medidas y observaciones de campo realizadas sobre los taludes naturales y desmontes existentes en el Tramo. Esto confiere a los ángulos de estabilidad de los taludes, asignados a los distintos materiales del Tramo, un carácter puramente estimativo y expresa sólo el orden de magnitud de los taludes existentes en la zona y su comportamiento geotécnico. En cuanto a las alturas de los taludes, se ha seguido el criterio o clasificación que a continuación se indica:

- B : Bajos (0 - 5 m de altura)
- M: Medios (5 - 20 m de altura)
- A : Altos (20 - 40 m de altura)

Para indicar la inclinación de los taludes, salvo en los casos en que se especifica su valor, se han utilizado las palabras « subvertical » (ángulo de más de 65º) y « subhorizontal » (ángulo de menos de 10º).

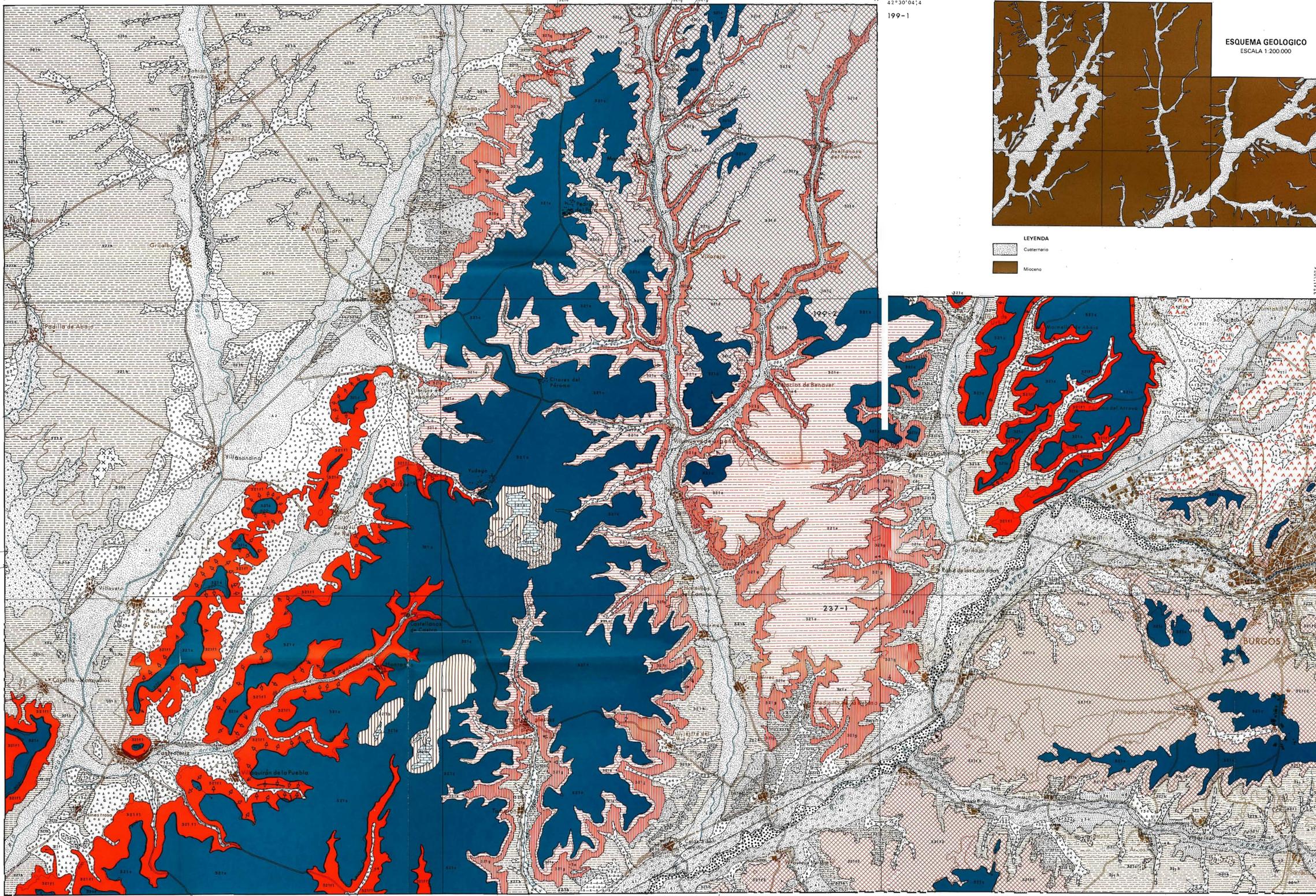
Se han considerado formaciones con problemas de estabilidad de taludes, aquéllas en las que bien sea porque el ángulo de estabilidad natural del material es muy tendido, bien porque la formación está integrada por materiales de diferente comportamiento geotécnico, pueden producirse derrumbamientos, desprendimientos o deslizamientos de ladera. En general, para cada material y talud, se indica el tipo de problemas que pueden presentarse.

## DRENAJE

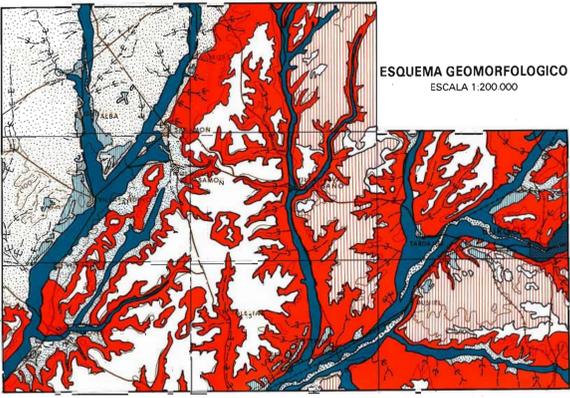
El movimiento superficial y profundo de las aguas de lluvia, se reseña en la descripción de las distintas formaciones litológicas. Conviene resaltar que los datos disponibles para una correcta localización de los niveles freáticos del Tramo y sus periódicas variaciones en relación con las distintas épocas del año, son escasos. Las observaciones realizadas sobre el terreno han permitido dar unas ideas generales sobre el movimiento del agua a través de las formaciones.

MAPA LITOLOGICO-ESTRUCTURAL

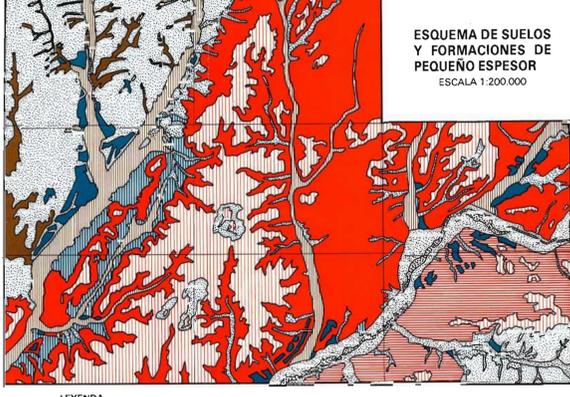
ESCALA 1:500.000



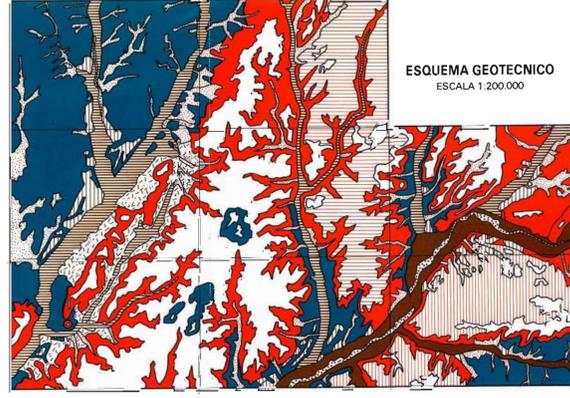
LEYENDA for geological scheme: Cuaternario, Mioceno.



LEYENDA for geomorphological scheme: Cauces actuales, Terraza baja aluvial, Terrazas fluviales, etc.



LEYENDA for soil scheme: Aluvial actual, Terraza baja aluvial, Depósitos de terraza, etc.



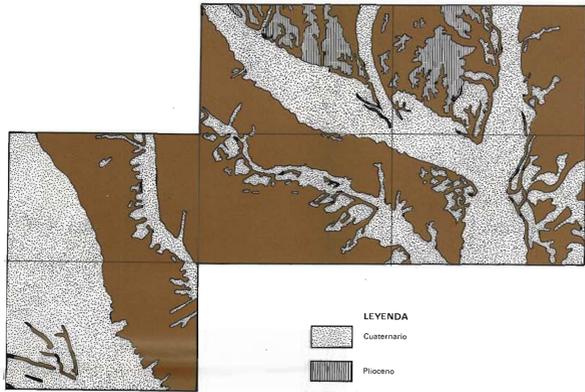
LEYENDA for geotechnical scheme: Arenas con problemas de dinámica fluvial, Suelos flojos, Suelos flojos cohesivos, etc.

Table with 4 columns: A, A1, A2, A3, A4, A5, A6. Each cell contains a symbol and a detailed description of a geological unit or soil type.

Project information including M.O.P.U., Dirección General de Carreteras, ESTUDIO PREVIO DE TERRENOS, CONSULTOR: GEMAT, S.L., CUADRANTES: HOJA 199-1, 2, 3, 4, HOJA 200-3, HOJA 237-1, 4, MAPA LITOLOGICO - ESTRUCTURAL Y ESQUEMAS COMPLEMENTARIOS, ESCALAS: 1:500.000, 1:200.000, ORIGINALS, FECHA: DICIEMBRE 1988, and SIMBOLOGIA.

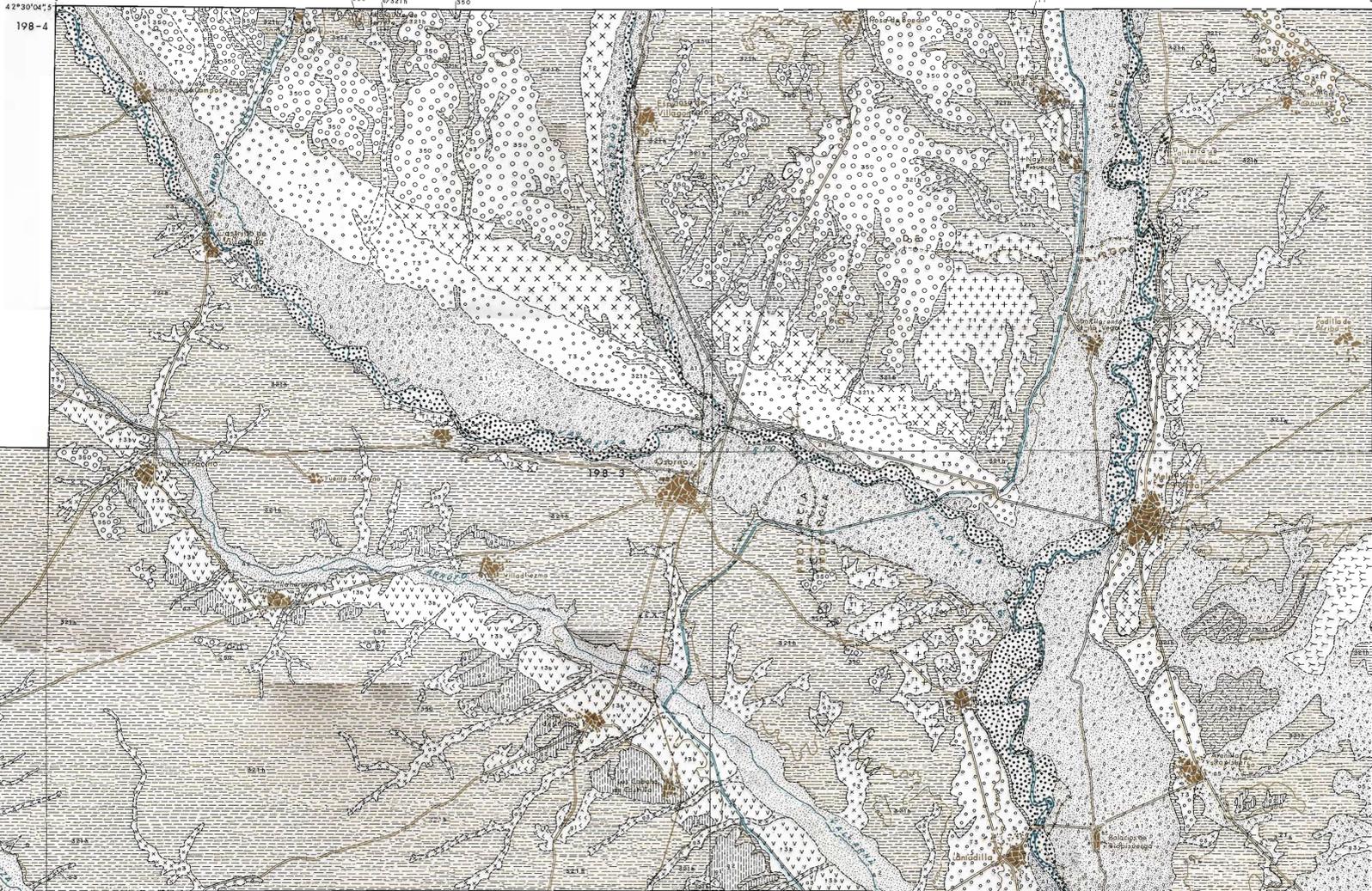
ABBREVIATURAS UTILIZADAS EN LA LEYENDA: A, M, B, P.a. and their corresponding descriptions for terrain types.

**ESQUEMA GEOLÓGICO**  
ESCALA 1:200.000

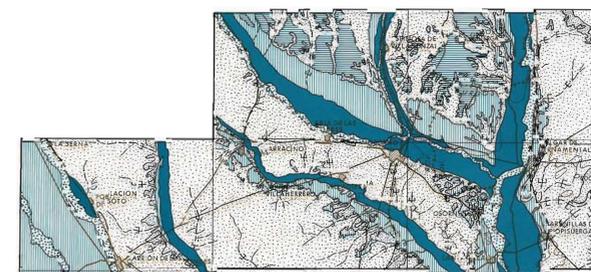


**LEYENDA**  
Quaternario  
Plioceno  
Mioceno

**MAPA LITOLOGICO-ESTRUCTURAL**  
ESCALA 1:50.000

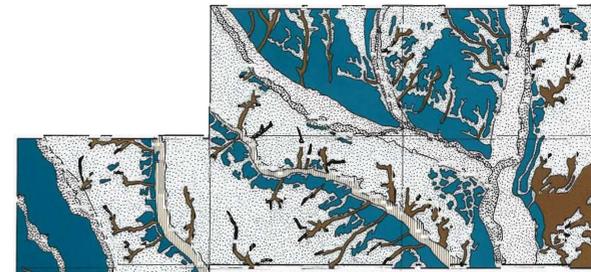


**ESQUEMA GEOMORFOLÓGICO**  
ESCALA 1:200.000



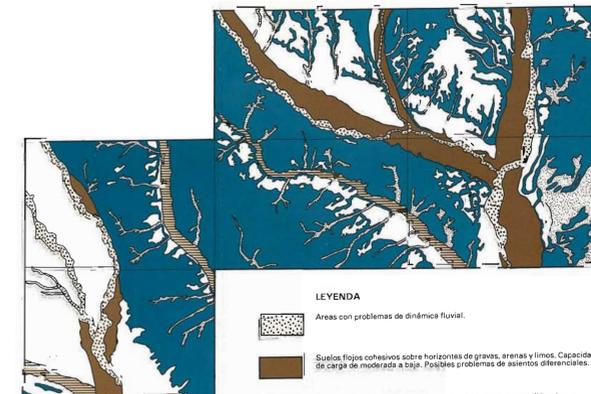
**LEYENDA**  
Cauces actuales  
Terraça baja aluvial y/o llanura de inundación  
Terraças fluviales  
Raña  
Valles con fondo plano, de erosión lateral a los grandes cauces.  
Valles de erosión poco funcionales, laterales a los grandes cauces, muy abiertos e insosteniblemente erosionados, con fondo plano y cierta tendencia al ensordecimiento.  
Glacia y conos de deyección.  
Terrenos alomados con vertientes regulares y desduidos, y con formación de cárcavas.

**ESQUEMA DE SUELOS Y FORMACIONES DE PEQUEÑO ESPESOR**  
ESCALA 1:200.000



**LEYENDA**  
Aluvial actual, constituido por gravas, arenas y limos.  
Terraça baja aluvial y/o llanura de inundación. Limos finos sobre lechos dispersos de gravas, arenas y limos.  
Terraça baja aluvial y/o llanura de inundación, constituida esencialmente por limos y arcillas y con abundante materia orgánica.  
Depósitos de terraça y rañas, formados por gravas poligénicas y por una matriz arenosa y limo-arenosa. En menor proporción, lechos de arenas y limos.  
Depósitos de limos y arcillas arenosas con gravas y gravillas dispersas.  
Litosuelos de limos y arcillas arenosas, areniscas y, a veces, conglomerados y pedregales, recubiertos parcialmente por suelos arenos procedentes de la liberación de estas formaciones.

**ESQUEMA GEOTECNICO**  
ESCALA 1:200.000



**LEYENDA**  
Áreas con problemas de dinámica fluvial.  
Suelos finos cohesivos sobre horizontes de gravas, arenas y limos. Capacidad de carga de moderada a baja. Posibles problemas de asentamientos diferenciales.  
Suelos finos cohesivos de baja capacidad de carga, susceptibles de provocar asentamientos diferenciales y con mal drenaje superficial.  
Terrenos constituidos por suelos no cohesivos generalmente y con moderada a baja capacidad de carga.  
Terrenos con suelos cohesivos de baja capacidad de carga y escasa potencia sobre sustrato limo-arcilloso y arenoso, con capacidad de carga moderada.  
Terrenos con problemas localizados de capacidad de carga y de asentamientos diferenciales por la preferencia de acuferos cauticos o libres situados sobre horizontes de limos y arcillas.

**SIMBOLOGIA**

--- CONTACTO LITOLOGICO NORMAL  
--- CONTACTO LITOLOGICO MECANICO O FALLA  
↓ DESLIZAMIENTO ACTIVO  
↓ DESLIZAMIENTO FOSIL  
↓ DESLIZAMIENTO POTENCIAL  
↓ DESLIZAMIENTO CON FLUJO ACTIVO  
↓ FLUJO ACTIVO

**ABREVIATURAS UTILIZADAS EN LA LEYENDA**  
A. Taludes altos, de 20 a 40 m de altura.  
M. Taludes medios, de 5 a 20 m de altura.  
B. Taludes bajos, de menos de 5 m de altura.  
P.a. Potencia aproximada.

42°25'04",5  
197-2  
42°15'04",5  
42°11'10",4

42°30'04",5  
198-1  
198-2  
42°20'04",5  
42°11'10",4

**LEYENDA**

W Depósitos antropicos. Gravas muy dispersas englobadas en una matriz limo-arcillosa, con cenizas y restos de cerámica y huesos. Terrenos con permeabilidad escasa y baja capacidad portante. (Cuaternario, P.a.: 1 a 4 m)

A Aluviones actuales constituidos por gravas de naturaleza poligénica, dominando los materiales metamórficos silíceos sobre los calcáreos y por arenas, arenas limosas y limos. Áreas sujetas a los efectos de la dinámica fluvial. Parcialmente constituyen yacimientos granulares. (Cuaternario, P.a.: 1 a 2 m)

A1 Terraça baja aluvial constituida por limos más o menos arenosos, con grava silicea dispersa y lechos de gravas y arenas, especialmente silíceas. Permeabilidad escasa o muy escasa, lo que puede plantear problemas de escorrentía superficial. La capacidad de carga puede oscilar de media a baja. Son preveables asentamientos diferenciales. Parcialmente constituyen yacimientos granulares. (Cuaternario, P.a.: 1 a 3 m)

A2 Terraça baja aluvial constituida por limos y arcillas de llanura de inundación, y con abundante materia orgánica. Los depósitos de gravas y arenas suelen presentarse como material disperso y poco abundante. Presenta un mal drenaje superficial y está surcada por una red sinuosa de pequeños canales. Baja permeabilidad y mala escorrentía superficial. Capacidad de carga estimada en principio, baja. Materiales no adecuados para su utilización como préstamo; en todo caso su aprovechamiento se estima como muy restrictivo. (Cuaternario, P.a.: 1 a 3 m)

O3 Aluviales de arroyos y vaguadas constituidos por limos y arcillas arenosas con gravas y gravillas dispersas o en lechos discontinuos, de naturaleza silicea esencialmente. Depósitos someros que recubren los fondos de arroyos (A3), y las vaguadas de fondo muy amplio y plano, imperceptiblemente encapadas en vertientes de suave pendiente, dando lugar a recubrimientos aluviales o coluviales, a veces por limos a la estructura glacia (A4). Materiales con permeabilidad de media a baja y problemas de escorrentía superficial en el fondo de los valles. Capacidad de carga baja. Utilizables como préstamos. (Cuaternario, P.a.: 1 a 2 m)

O5 Coluviales constituidos por arcillas claras o grises, con fragmentos dispersos, generalmente abundantes, y de todo tamaño, de rocas calizas. En menor proporción, hay arcillas y limos arenosos con fragmentos dispersos de rocas calizas y algunas gravas o gravillas silíceas. Materiales con permeabilidad y capacidad de carga baja. Taludes naturales estables. Los taludes de excavación no deben superar pendientes mayores de 45°. Materiales estimados como tolerables para préstamos. (Cuaternario, P.a.: 1 a 3 m)

D Conos de deyección integrados por arcillas y limos, y con arenas y gravas de naturaleza poligénica, abundando las angulosas o poco rodadas de origen calcáreo. Forman depósitos lenticulares de tipo abanico aluvial a la salida de pequeños arroyos. Materiales con moderada o baja permeabilidad y capacidad portante. Taludes naturales estables. Los taludes de excavación no deben superar pendientes mayores de 45°. Materiales estimados como tolerables para préstamos. (Cuaternario, P.a.: 1 a 6 m)

T1 Terraças constituidas por gravas poligénicas, en las que dominan esencialmente los componentes silíceos metamórficos (concretas y espeques de cuarzo), sumergidos en una matriz arenosa o limo-arcillosa. En menor proporción, existen lechos de arena y limos más o menos arenosos. Materiales de alta permeabilidad y capacidad portante media, con alta posibilidad de que puedan darse asentamientos diferenciales. Taludes naturales estables. Taludes artificiales: B 45°. Constituyen yacimientos granulares de interés. (Cuaternario, P.a.: 1 a 4 m)

T2 T3

T3b Terraças del arroyo Vallerna y río Lúcea, constituidas por arenas, gravillas y gravas redondeadas y angulosas, de naturaleza poligénica, aunque con dominio de los materiales silíceos sobre los calcáreos. Materiales de alta permeabilidad, y con capacidad portante de media a baja. (Cuaternario, P.a.: 1 a 3 m)

q1 q2 q3 Depósitos tipo glacia-terraça constituidos por gravas y gravillas de naturaleza esencialmente silicea y que están intercalados en una matriz limo-arenosa y limo-arcillosa, en proporción muy variable. Materiales con permeabilidad de media a alta, y de capacidad portante media a baja. Laderas estables. Taludes artificiales: B 40°. Pueden constituir yacimientos de aprovechamiento local. (Cuaternario, P.a.: 1 a 3 m)

350 Raña constituida por gravas con bolos, arenas silíceas y por una matriz limo-arcillosa de tonos rojos. Materiales con alta permeabilidad y buen o aceptable drenaje superficial. Taludes naturales estables. Taludes de excavación: B 45°. Capacidad de carga moderada, y posible aparición de asentamientos diferenciales. (Plio-Cuaternario, P.a.: 1 a 3 m)

321b Formación de tonos rojos y ocres, constituida por limos y arcillas, ambos frecuentemente arenosos, arenas y arenas silíceas, y algunos horizontes de pedregales y conglomerados silíceos. Estratos horizontales, y cambios laterales de facies, rápidos. Materiales poco permeables e impermeables que intercalan otros permeables. Presencia constante de fisuras cogradas. Tendencia al endermeo. Problemas localizados de inestabilidad de laderas. Taludes de excavación: M 45°. Capacidad portante moderada. Posibles asentamientos diferenciales. (Mioceno, P.a.: 40 y 50 m)

3211 Conglomerados, pedregales y arenas, de naturaleza poligénica, con dominio casi exclusivo de materiales silíceos, y algunos lechos de limos más o menos arenosos. Estratos horizontales. Materiales permeables. Taludes naturales sin problemas de inestabilidad. Taludes de excavación: M > 45°. Capacidad de carga moderada. No usable en general. (Mioceno, P.a.: 1 a 5 m)

