



### **Anejo Nº 3**

#### **GEOLOGÍA Y GEOTECNIA**

1. INTRODUCCIÓN
2. INFORMACIÓN UTILIZADA
3. ESTUDIO GEOLÓGICO
  - 3.1. Introducción
  - 3.2. Estratigrafía
4. ESTUDIO GEOTÉCNICO
  - 4.1. Introducción
  - 4.2. Características generales del área
  - 4.3. Características de los materiales de la traza
  - 4.4. Explanada
  - 4.5. Préstamos
  - 4.6. Excavabilidad
  - 4.7. Estudio de materiales
  - 4.8. Desmontes y terraplenes

## 1. INTRODUCCIÓN

En el presente anejo se estudian las influencias que se producen entre el medio físico, en sus aspectos geológicos, y la alternativa desarrollada.

La importancia de conocer la geología y la geotecnia de la zona es fundamental al tratarse de una obra lineal, ya que suelen aparecer diferentes terrenos. La incidencia del tipo de terreno en las características generales de la obra es muy alta, debiéndose garantizar una ejecución fiable, además de afectar de manera significativa al presupuesto.

## 2. INFORMACIÓN UTILIZADA

Para la redacción del presente anejo se ha utilizado información recopilada en publicaciones oficiales y se ha recurrido al proyecto de la carretera existente objeto de mejora y acondicionamiento de trazado, ensanche y afirmado.

Entre los documentos más importantes de los que se ha extraído información válida, cabe citar:

- Mapa Geológico de España, escala 1:200000 hoja nº 37 (Salamanca), publicado por el I.G.M.E. en 1972.
- Mapa Geológico de España, escala 1:50000 hoja nº 479 (Peñaranda de Bracamonte).
- Mapa Geotécnico de España, escala 1:200000 hoja nº 37 (Salamanca).
- Mapa Geológico Minero de Castilla y León, escala 1:400000: Serie Detrítica.
- Proyecto de "Acondicionamiento de trazado, ensanche y afirmado del camino CM-511 de Aldearrubia a Arabayona", del año 1986.

Además de los citados mapas se han realizado diversas visitas a la zona para la realización de un reconocimiento visual con el fin de comprobar la coincidencia entre la información de los mapas y la realidad.

## 3. ESTUDIO GEOLÓGICO

### 3.1. Introducción

Debido a que no está publicada la hoja nº 453 "Cantalpino", a escala 1:50000 del Mapa Geológico de España se ha recurrido a la hoja nº 37 del Mapa Geológico de España, a escala 1:200000.

También se ha recurrido a la hoja nº 479 "Peñaranda de Bracamonte", a escala 1:50000 del Mapa Geológico de España, por ser la hoja adyacente inferior a la 453 y por tener, parte del terreno, la misma estratigrafía.

Corroborándose los datos, entre las hojas 37 y 479 utilizadas.

Los datos han sido complementados por el anejo de Geología y Geotecnia del proyecto de "Acondicionamiento de trazado, ensanche y afirmado del camino CM-511 de Aldearrubia a Arabayona" del año 1986.

El terreno objeto de estudio se sitúa en el municipio de Arabayona de Mógica en su totalidad.

La zona, cuya localización está comprendida entre los ríos Guareña y Tormes, por donde discurre el tramo de la carretera objeto de estudio, está formada por arenas limosas con gravas y areniscas con intercalaciones de conglomerados.

Topográficamente el área de estudio es plana en su mayor parte, observándose pequeños escalones o desniveles, con pendientes inferiores al 3%, en una zona escarpada entre las formaciones paleógenas y pliocuaternarias.

### 3.2. Estratigrafía

La zona está constituida por materiales correspondientes al Pliocuaternario y al Paleógeno, con una pequeña franja de aluviales cuaternarios que seccionan la población de Arabayona de Mógica.

#### Terciario

#### Paleógeno

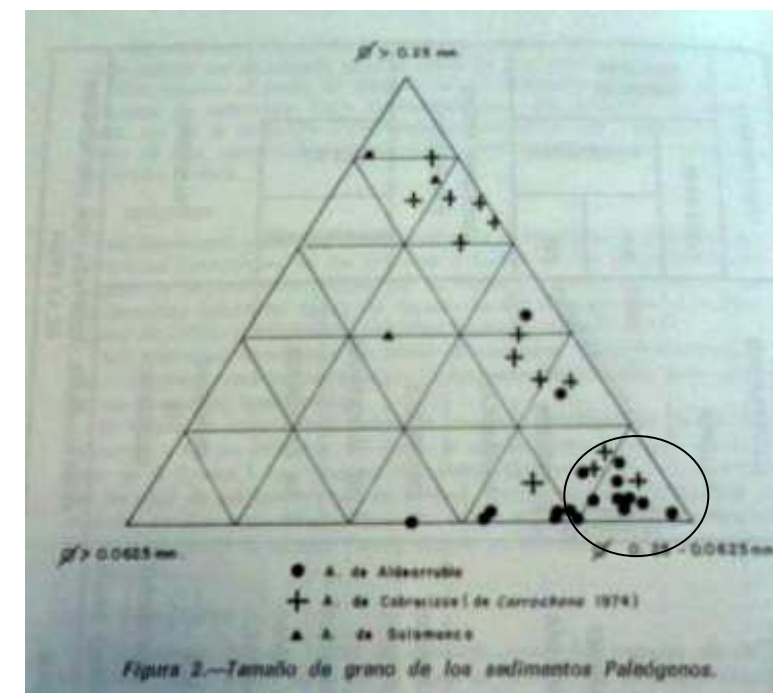
#### EOCENO – LUDIENSE

El Ludiense salmantino consta de materiales detríticos medios finos y muy finos, de tonos pardo-amarillentos y a veces, rojizos.

El Ludiense está formado por areniscas con intercalaciones de conglomerados y techos margocalcáreos. En definitiva son areniscas con cemento silíceo y ferruginoso de marcado color rojizo, cuyo grano es de naturaleza cuarzosa y feldespática de tamaño fino, con matriz limo-arcillosa. Son areniscas conocidas como “Areniscas de Aldearrubia”.

Las Areniscas de Aldearrubia poseen el tamaño de grano más fino de todas las que integran el Paleógeno (Figura 1). Son areniscas muy bien calibradas, con predominio de tamaño fino y muy fino (entre el 94 y 64 por 100 del total de la muestra); también hay limolitas y arcillas, siendo más importante el espesor de las primeras en el conjunto del afloramiento.

Figura 1



Dichos sedimentos están bien expuestos en San Morales, Aldearrubia, Arabayona de Mógica, parte superior del Teso de la Flecha, Vallesa de la Guareña, etc..

En resumen, el Paleógeno de esta región está formado por sedimentos detríticos de facies continental, depositados en un régimen de avenidas fluviales o fluvio-lacustres. Su potencia total es de unos 170 metros, como máximo, aunque esta cifra pueda variar, bien porque la erosión haya denudado los materiales superiores, porque la superficie discordante con el zócalo sea ondulada o por la presencia de pequeñas lagunas estratigráficas. Los techos margo-calcáreos presentan escasa potencia y poca continuidad lateral.

### Pliocuaternalio

El material esta formado por arenas limosas con gravas cuarcíticas.

Depósitos de materiales granulares, de naturaleza cuarcítica con algunos cantos de pizarras con un diámetro medio de dos centímetros y matriz areno-limosa de color blanco amarillento. Su estructura es generalmente horizontal, siendo frecuente las estratificaciones cruzadas

Es muy probable que las extensas y gruesas formaciones de canturrales sueltos, heterométricos, que se encuentran muy extendidos, especialmente en el SO y centro de la hoja, sean restos de rañas pliocenas cuyo menor tamaño de grano, en comparación con las típicas de otras regiones españolas, se explicaría por su lejanía del área madre. Sin embargo, no se puede por el momento afirmar que todas estas formaciones sean de dicha edad, ya que parte de ellas podrían corresponder a terrazas del cuaternario (terrazas pleistocenas).

### **Cuaternalio**

A esta edad corresponden las formaciones geológicas más modernas que se han definido como aluviales. Esta formación, soporta delgados horizontes (1-2 metros).

Esta formada por arenas cuarzo-feldespáticas, pobremente clasificadas. Los limos y arcillas no llegan a porcentajes del 20%. Las gravas y cantos, en cambio, son más abundantes y con tamaños medios mayores, especialmente en los glaciares que bordean la margen derecha del río Tormes. Conviene, sin embargo, indicar que es posible separar de esta formación superficial una sub-formación, que es la que se sitúa alrededor del eje Huerta-Babilafuente-Villoria; en ésta las arenas están bien clasificadas y los diámetros de

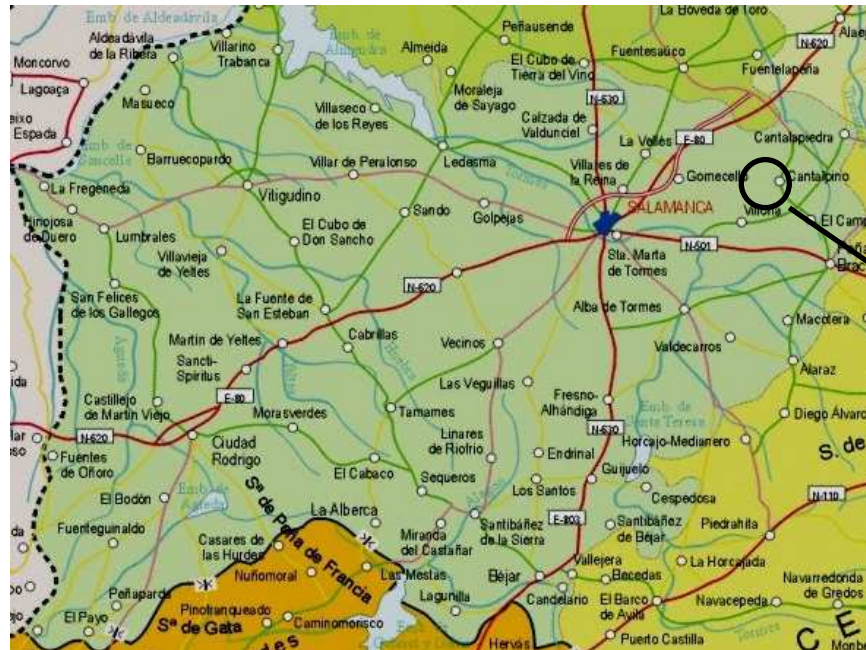
los granos son fundamentalmente (del 50 al 70%), arena fina y muy fina, disminuyendo los porcentajes globales de limo y arcilla.

Ocupan los valles actuales de los ríos y consisten en sedimentos limo-arenosos, con frecuentes lentejones de arenas y gravas cuarcíticas bien graduadas, ricos en humus. En algunos casos, como ocurre en la Armuña, endorreísmos temporales han provocado la precipitación de sales pequeña cantidad.

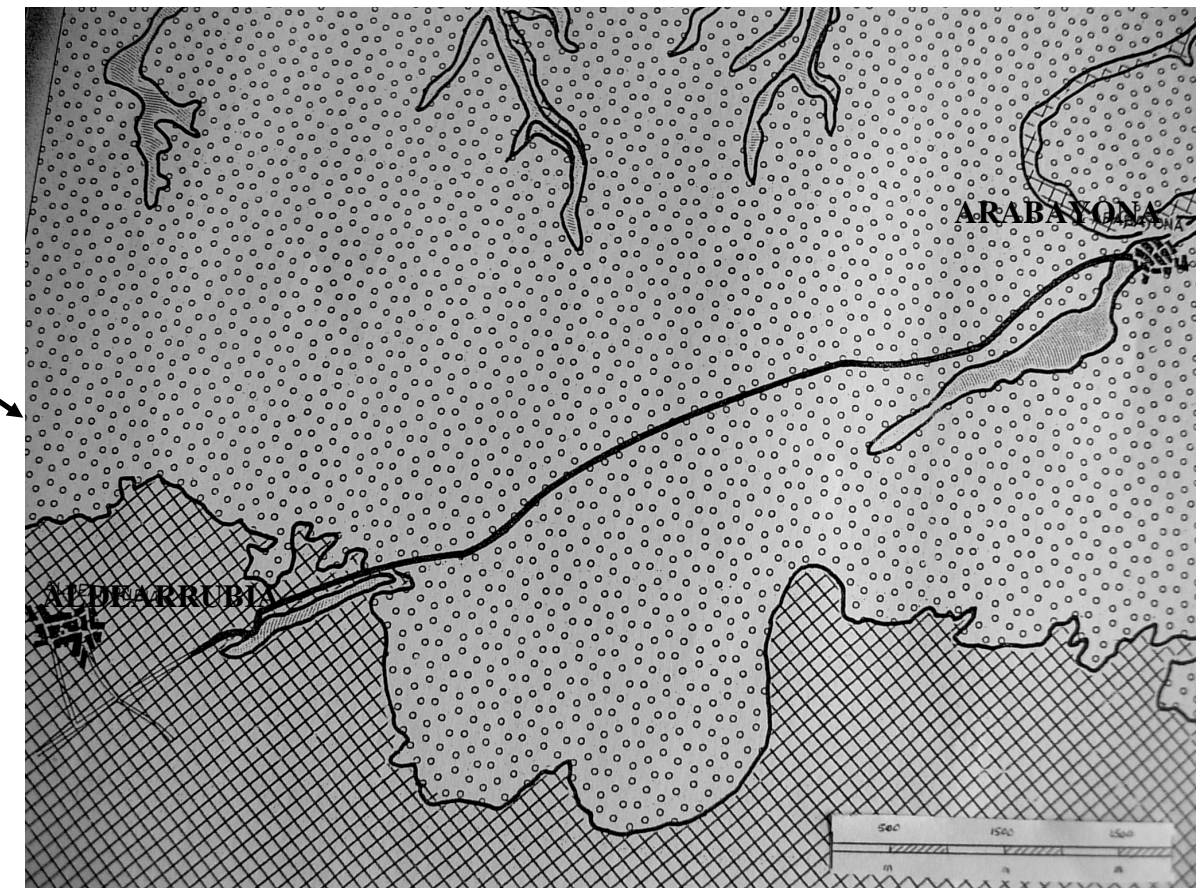
Se encuentran especialmente representadas en los arroyos del Suroeste de Arabayona, pasando por el Pozo de la Cigüeña, la Charca y la Fuente de la Meregila, finalizando en Prado Tuerto.



### ESQUEMA UBICACIÓN (Provincia Salamanca)



### ESQUEMA LITOLÓGICO ESTRUCTURAL



### ESQUEMA LITOLÓGICO ESTRUCTURAL

#### FORMACIONES TERCIARIAS



ARENISCAS CON CEMENTO SILICEO Y FERRUGINOSO (Paleógeno)



ARENAS LIMOSAS Y GRAVAS CUARCÍTICAS (Pliocuatrnario)

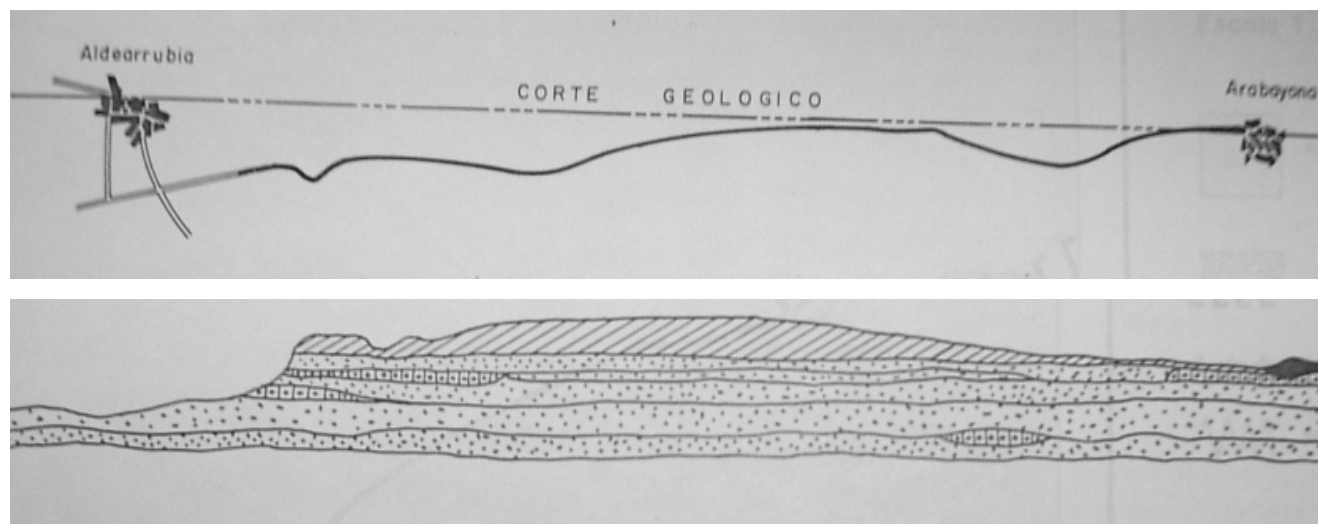
#### FORMACIONES CUATERNARIAS



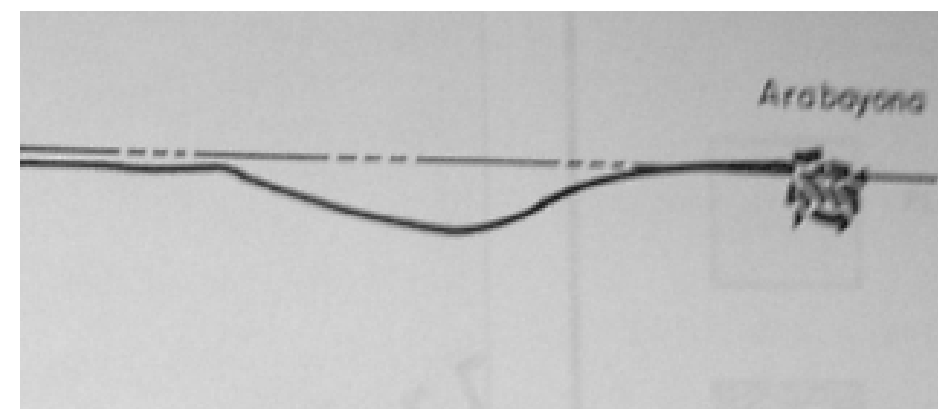
ALUVIONES

Dicho esquema es un fragmento, del que se haya en el proyecto anteriormente mencionado. En el cual la escala es 1:50000.

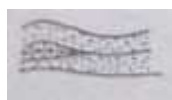
## CORTE GEOLÓGICO



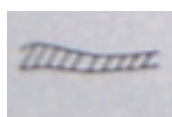
## EL TRAMO OBJETO DE PROYECTO



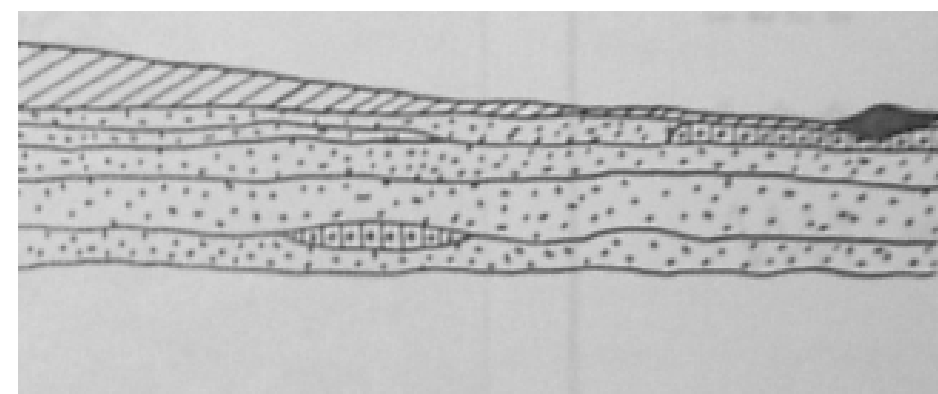
## FORMACIONES TERCIARIAS



Areniscas con intercalaciones de conglomerados y techos margo calcáreos.



Arenas limosas y gravas cuarcititas



## FORMACIONES CUATERNARIAS



Aluviales limo-arenosos

El corte geológico ha sido extraído del proyecto consultado.



## 4. ESTUDIO GEOTÉCNICO

### 4.1. Introducción

El presente estudio tiene por objetivo determinar las características geotécnicas de los materiales de la zona en la que vamos a llevar a cabo la actuación.

Se ha consultado la hoja nº 37 del Mapa Geotécnico General, del Instituto Geológico y Minero de España, a escala 1:200000 del cual interpretamos que las condiciones constructivas son aceptables

Debido al carácter académico de este proyecto no ha sido posible la realización de una campaña de calicatas y ensayos reales del terreno.

- Para la determinación de los *materiales* que nos vamos a *encontrar* a lo largo de la *traza*, hemos recurrido al anejo de Geología y Geotecnia del proyecto de “Acondicionamiento de trazado, ensanche y afirmado del camino CM-511 de Aldearrubia a Arabayona”, del año 1986, proyecto de la carretera existente. Por tanto, los datos derivados son reales.
- Para la determinación de los *materiales* que *provienen* de *préstamos previstos*, se ha recurrido a una serie de ensayos ficticios, pero que muestran características que perfectamente podrían darse en el terreno real, pero que no tienen porqué corresponder con la realidad.

### 4.2. Características generales del área

Se puede decir que en nuestra zona de estudio y trabajo esta formada por la mezcla de dos litologías, por un lado areniscas con intercalaciones de conglomerados y techos margo calcáreos y por otro, arenas limosas y gravas cuarcititas.

### 4.3. Características de los materiales de la traza

Para clasificar la aptitud de los materiales que conforman la traza de la carretera desde el punto de vista de su empleo en terraplenes y rellenos localizados, se presenta a continuación una tabla con la clasificación de materiales para su uso en terraplenes, junto con las características diferenciales de cada uso, definidas en el PG-3.

#### Datos reales del proyecto consultado

Muestra	1	2
% M.O	0.32	0.45
Densidad Proctor Normal	1.908	1.919
CBR	5.5	6.5
% Hinchamiento	0.35	0.29
Localización	PK: 18900	PK: 21020
Tipo de material	Areno-limoso con gravas bien graduadas	Limo-arenoso
Clasificación 1	SM-GW	ML
Clasificación 2	Tolerable	Tolerable
Utilización	Núcleo y cimiento	Núcleo y cimiento

En la siguiente tabla se muestra el tipo de material según su zona a lo largo de la traza.

ZONA	TIPO DE MATERIAL
Del pk inicial al pk 19+530	Arenas limosas y gravas cuarcititas
Del pk 19+530 al pk final	Areniscas con intercalaciones de conglomerados y techos margo calcáreos

#### Tipos de Explanadas

Las explanadas se clasifican en tres categorías, según los valores del módulo de compresibilidad que se obtenga en el segundo ciclo de carga del ensayo de carga con placa (NLT-357).

TABLA 5.2. Clasificación de las explanadas

Categoría de explanada	Módulo en el segundo ciclo $E_{v2}$ (MPa)
E1	$\geq 60$
E2	$\geq 120$
E3	$\geq 300$

Al tratarse de un proyecto de carácter académico, no se ha realizado ningún ensayo de carga con placa, para determinar el tipo de explanada. Por lo que para determinar el tipo de explanada nos hemos basado en el índice CBR del proyecto consultado, como anteriormente se hacía.

#### **4.4.Explanada**

Para obtener una explanada de tipo E1 sobre suelo tolerable, dispondremos de 60 cm de suelo adecuado, según lo especificado en las "Recomendaciones de Proyectos y Construcción de Firmes y Pavimentos de la Junta de Castilla y León".

El suelo adecuado provendrá de préstamos previstos, cuyas características se determinan a partir de los ensayos de laboratorio realizados sobre las muestras obtenidas en dos calicatas realizadas en dos parcelas correspondientes al término municipal de Babilafuente (Salamanca), que distan 2.800 Km de la zona de proyecto.

La descripción de las parcelas sería la siguiente:

Municipio	Polígono	Parcela	Superficie (Ha)
Babilafuente	508	783	3,3949
Babilafuente	508	719	1,8032

#### **4.5. Préstamos**

Para verificar que el material procedente de préstamo cumple con las características de material adecuado se han realizado dos calicatas cuyas muestras han sido ensayadas en laboratorio.

##### Descripción de las calicatas

Las calicatas reflejan un espesor medio de la capa vegetal de entre 10 y 20 cm. Debajo de la capa de terreno vegetal encontramos con un suelo limo-arenoso con espesores medios entre 40 y 50 cm. A partir de profundidades en torno a 60-70 cm aparece un suelo formado por arenas limosas y gravas cuarcíticas con espesores bastante variables, desde 1,20 m y 2,50 m Por debajo del suelo nos encontramos con areniscas con intercalaciones de conglomerados y techos margocalcáreos. No se ha detectado presencia de agua en las calicatas realizadas.

Si intentamos concretar un poco más y clasificar el suelo que tenemos utilizaremos la tabla donde se muestran las características que debe tener un suelo para ser considerado como marginal, tolerable, adecuado o seleccionado. Esta clasificación influirá a la hora de formar la explanada que queramos obtener.

A las catas obtenidas se le han realizado diversos ensayos de laboratorio:

- *Ensayos de identificación:*
- Granulometría
- Límites de Atterberg
- Humedad
- Ensayos químicos:*
- Materia orgánica
- Ensayos mecánicos:*
- Proctor normal
- C.B.R. (Densidad normal)



La determinación de los distintos tamaños que constituyen los materiales analizados se ha realizado por tamizado según UNE 103.101,2/95.

Con objeto de conocer las propiedades plásticas de la fracción fina se han determinado los límites de Atterberg.

La importancia de los límites de Atterberg como ensayos de identificación estriba en que debido a la gran profusión de determinaciones ya realizadas dan una idea de las propiedades del suelo analizado

A continuación se muestran los resultados obtenidos de los ensayos realizados:

**Granulometría:** Se adjuntan los resultados de los análisis granulométricos por tamizado (UNE 103.101/95) de las muestras de suelo (M1 y M2).

Tamiz UNE	100	80	63	50	40	25	20	12,5	10	6,3
M 1							100	96,6	90,1	86,2
M 2							100	98,5	96,3	92,3
Tamiz UNE	5	2,5	2	1,25	0,63	0,4	0,32	0,16	0,08	
M 1	84,8	66	58,3	49,8	27,5	20,6	18,2	12,5	8,2	
M 2	82	75,3	62	50,8	47,9	32		21,8	13,3	

**Plasticidad:** Recogemos los siguientes datos de los límites de Atterberg (UNE 103.103/94 y UNE 103.104/94).

1ª Muestra: Determinada como “No Plástico”

2ª Muestra: Determinada como “No Plástico”

**Materia orgánica:** Se determina el contenido de materia orgánica de los suelos mediante el método del permanganato potásico (UNE 103.204/93)

1ª Muestra: 0,11%

2ª Muestra: 0,72%

**Sales Solubles:** El contenido en sales solubles en las dos muestras es inapreciable, muy por debajo del 0,2%.

**Hinchamiento libre:** En todas las muestras remoldeadas según ensayo Próctor normal (UNE 103.500/94) se ha observado un hinchamiento del 0%.

**C.B.R.** (UNE 103.502/94): El ensayo C.B.R. realizado en el laboratorio nos muestra los siguientes valores:

1ª Muestra: 15,3

2ª Muestra: 7,64

De acuerdo con las “Recomendaciones de proyecto y construcción de firmes y pavimentos” de la Junta de Castilla y León, basadas en el contenido del pliego PG-3 en su artículo 330, se procede a clasificar el suelo presente en la zona del proyecto.

	Suelos marginales	Suelos tolerables	Suelos adecuados	Suelos seleccionados
Granulometría (UNE 103101)			D <sub>max</sub> ≤ 100 mm Pasa # 2 mm < 80% Pasa # 0,080 < 35%	D <sub>max</sub> ≤ 100 mm Pasa # 0,40 mm < 15% o bien: Pasa # 2 mm < 80% Pasa # 0,40 mm < 75% Pasa # 0,080 mm < 25%
Plasticidad (UNE 103103 UNE 103104)	LL < 90 Si LL > 90, IP < 0,73 (LL-20)	LL < 65 Si LL > 40, IP > 0,73 (LL-20)	LL < 40 Si LL > 30, IP > 4	[sólo exigible si pasa # 0,40 mm ≥ 15%] LL < 30 IP < 10
Materia orgánica (UNE 103204)	< 5%	< 2% < 1% (*)	< 1%	< 0,2%
Sales solubles		Yeso < 5% Otras < 1% SO <sub>3</sub> < 1% (*)	< 0,2%	< 0,2%
Hinchamiento libre (UNE 103101)	< 5%	< 3% < 1% (*)		
CBR (UNE 103502)		≥ 3 (*)	≥ 5 (*) ≥ 6 (**)	≥ 10 (*) ≥ 12 (**) ≥ 20 (***)

Las dos muestras cumplen perfectamente con los requisitos para considerarlo como **suelo adecuado**.

Clasificación de suelos según Casagrande:

1ª Muestra: SC

2ª Muestra: SC

#### 4.6. Excavabilidad

Dado que no se han realizado ensayos geofísicos que definan las velocidades de las ondas, con las cuales definir la ripabilidad de los materiales aflorados, la siguiente relación de ripabilidades se realiza en función de la información obtenida del proyecto ya antes empleado para la obtención de datos sobre las catas.

TIPOLOGÍA DE SUELOS	RIPABILIDAD	MEDIOS A UTILIZAR
Suelo limo-arenoso	Excavable	Retroexcavadora
Arenas limosas y gravas cuarcíticas	Excavable	Retroexcavadora
Areniscas con intercalaciones de conglomerados y techos margocalcáreos	Excavable	Retroexcavadora

#### 4.7. Estudio de materiales

La tierra vegetal se retirará siempre de la traza de la carretera aunque ésta discurra sobre un terraplén.

Se determina un espesor medio de la capa de tierra vegetal de 0,20 metros ya que las catas consultadas muestras siempre espesores entre 0,10 y 0,20 metros.

La capa vegetal presente en el trazado será reutilizada en recubrimiento del talud de desmonte más importante en un espesor de 0'15 m.

#### 4.8. Desmontes y Terraplenes

Del estudio de los materiales presentes en la traza, y de sus características geológico-geotécnicas se determinan los taludes a adoptar en los desmontes y terraplenes.

##### Desmontes

La capa vegetal se eliminará en un espesor de entre 20 centímetros mediante el desbroce del terreno. La siguiente excavación se desarrolla por suelo limo-arenoso en un espesor de entre 40 y 50 cm. Debajo de esta capa nos encontraremos con un suelo formado por arenas limosas y gravas cuarcíticas. Por debajo del suelo nos encontramos con areniscas con intercalaciones de conglomerados y techos margocalcáreos. Este terreno resulta excavable por medios mecánicos.

Se adoptará un **talud 3:2** para el cual no se supone que puedan aparecer problemas de estabilidad de los taludes. El talud más importante con una altura de desmonte de 4,25 m, se recubrirá con tierra vegetal en un espesor de 15 cm, para minimizar el impacto ambiental.

##### Terraplén

La zona de terraplén mayor se desarrolla desde el PK 19+680 hasta el PK 20+000, llegando a alcanzar una altura de terraplén máxima de 2,240 metros. Se tomarán medidas para evitar el deterioro por erosión de los taludes mediante el semillado.

Para la ejecución de los terraplenes se adopta un **talud 3:2**. Se realizará un desbroce de 20 cm. mínimo de profundidad en las zonas de asiento de terraplén, para eliminar por completo toda la tierra vegetal. Cuando el terraplén se apoye en el firme de la carretera existente, se llevará a cabo una escarificación y compactación del mismo en un espesor de 5 cm para mejorar la cohesión entre capas.