



DOCUMENTO Nº 1: MEMORIA

ANEJO 04. GEOTECNIA

ÍNDICE

A04 GEOTECNIA.....	02
A04.1 INTRODUCCIÓN Y OBJETO	02
A04.2 MARCO GEOLÓGICO	02
A04.3 SISMICIDAD	05
A04.4 GEOMORFOLOGÍA	06
A04.5 RECONOCIMIENTOS GEOTÉCNICOS	06
A04.6 RESULTADO DE LOS ENSAYOS	08
A04.7 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	09
A04.7.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES	09
A04.7.1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL.....	09
A04.7.1.1.1 CAPA DE RODADURA	09
A04.7.1.1.2 FIRME O BASE.....	11
A04.7.1.1.3 CIMIENTO O SUBBASE.....	12
A04.7.1.1.4 TERRENO DE FUNDACIÓN.....	12
A04.7.2 PROPIEDADES GEOTÉCNICAS DEL TERRENO DE FUNDACIÓN.....	14
A04.7.2.1 NIVEL DE TIERRA VEGETAL.....	14
A04.7.2.2 NIVEL DE ARENAS LIMOSAS Y ARCILLOSAS.....	14
A04.7.2.3 NIVEL DE ARCILLAS LIMO ARENOSAS.....	14
A04.7.2.4 NIVEL FREÁTICO	15



A04 GEOTECNIA

A04.1 INTRODUCCIÓN Y OBJETO

El objeto del presente documento es analizar las características geotécnicas del terreno y definir el valor de los parámetros relativos al mismo necesarios para proyectar la *Calle de Salida Rápida del Aeropuerto de Sevilla*.

A04.2 MARCO GEOLÓGICO

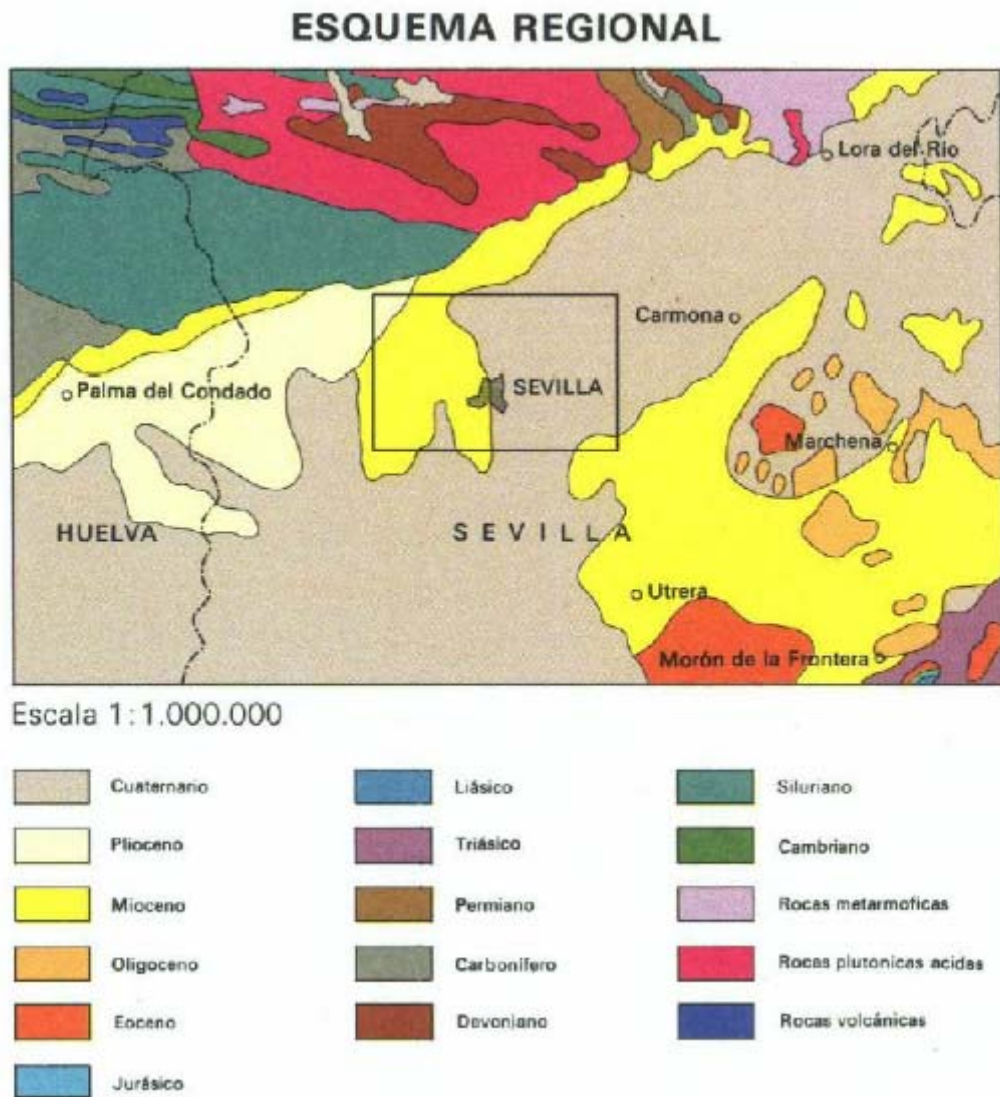
El aeropuerto de Sevilla se encuentra situado a unos 12 km al Noroeste de la ciudad de Sevilla.

En la siguiente imagen puede observarse una vista aérea de la zona objeto de estudio. La calle de salida rápida está situada en la zona central de la pista, donde se han realizado una serie de reconocimientos de campo y ensayos de laboratorio para estudiar las características del terreno objeto del presente proyecto.





Las siguientes imágenes presentan el entorno geológico de la zona de estudio de este proyecto tomadas del Mapa Geológico de España, escala 1:50000, hoja 984 (Sevilla) del Instituto Geológico y Minero de España (IGME).





LEYENDA

CUATERNARIO											
TERCIA.	NEÓGENO	MIOCENO	SUPERIOR	ANDALUCIENSE		QAI				QAI	Limos, arenas y arcillas
						QT				QT	Cantos rodados y arenas
						QT _a				QT _a	Cantos rodados, arena y arcillas
						QT ₂				QT ₂	Cantos rodados, arena y arcillas
						QT ₂				QT ₂	Cantos rodados, arena y arcillas
						QT ₁				QT ₁	Cantos rodados, arena y arcillas
						T ₁₂ ^{Bc}				T ₁₂ ^{Bc}	Calcarenita y arenisca
						T ₁₂ ^{Bc}				T ₁₂ ^{Bc}	Limos arenosos
						T ₁₂ ^{Bc}				T ₁₂ ^{Bc}	Margas marrones y arenas
						T ₁₂ ^{Bc}				T ₁₂ ^{Bc}	Margas azules

La zona del proyecto se sitúa, a grandes rasgos desde el punto de vista geológico, en una unidad geológica donde predominan materiales de edad Cuaternaria y Terciaria, conocida como Depresión del Guadalquivir. Los depósitos cuaternarios están dispuestos sobre un sustrato terciario constituido por las margas de la depresión del Guadalquivir.

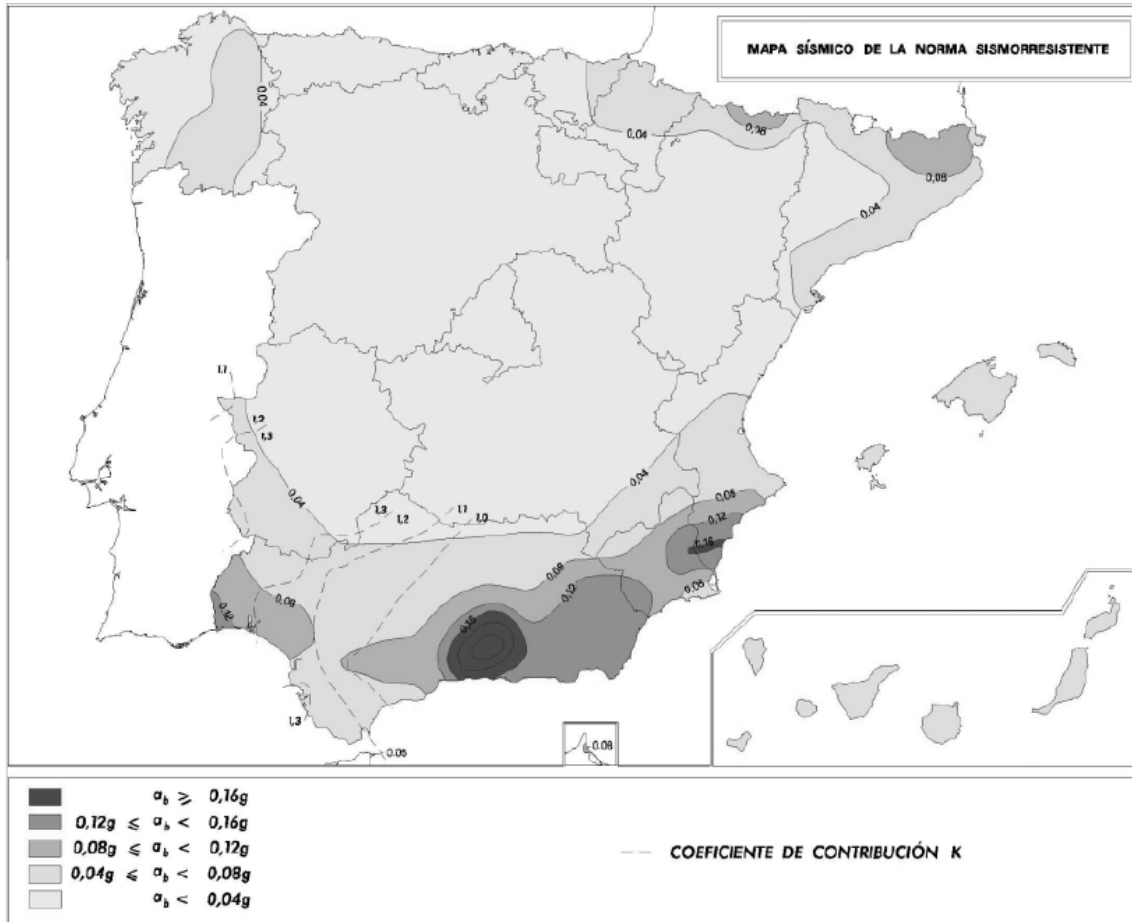


En el entorno de la zona de estudio, según el mapa del IGME, aparece fundamentalmente los materiales correspondientes a la terraza QT2 constituida por cantos rodados de cuarcita, gravas, arenas, limos y arcillas que aparecen de forma entremezclada. Las margas se consideran localmente como arcillas calcáreas.

A04.3 SISMICIDAD

Según la Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02, publicada en el BOE número 244, del Viernes 11 de Octubre de 2002, una obra de la magnitud de la proyectada se clasifica como “*de importancia especial*” ya que una destrucción del pavimento del área de movimientos de un aeropuerto puede interrumpir un servicio imprescindible llegando al extremo de provocar efectos catastróficos.

A continuación se muestra un mapa de peligrosidad sísmica de España obtenido de la NCSE-02.



Para la provincia de Sevilla, los valores de la aceleración sísmica básica y del coeficiente de contribución K son:

$$a_b = 0,07g \quad K = 1,1$$

A04.4 GEOMORFOLOGÍA

La geomorfología general de la zona es una planicie que no supera los veinte metros respecto al nivel del mar.

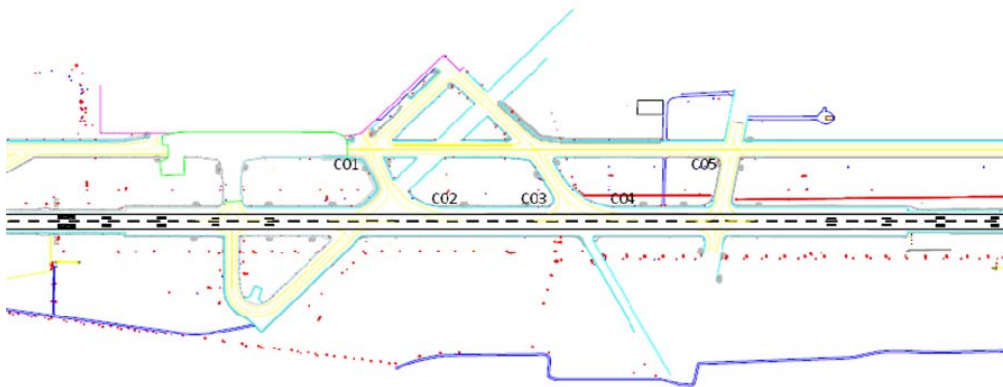
A04.5 RECONOCIMIENTOS GEOTÉCNICOS

Para la realización de este documento se ha utilizado fundamentalmente el Informe Geotécnico sobre nueva calle de salida de Abril de 2008.



Los trabajos efectuados en este informe han sido:

- 5 calicatas realizadas con retroexcavadora mixta hasta una profundidad máxima de 3.40 m cuya ubicación se muestra en la siguiente figura.



- Ensayos de laboratorio consistentes en:
 - 1 Límites de Atterberg
 - 2 Determinación de materia orgánica
 - 3 Índice CBR
 - 4 Determinación de humedad natural
 - 5 Contenido de sulfatos
 - 6 Granulometría por tamizado
 - 7 Hinchamiento libre
 - 8 Contenido de carbonatos



A04.6 RESULTADO DE LOS ENSAYOS

A continuación se muestra una tabla resumen con los resultados obtenidos en los distintos ensayos de laboratorio.

Clave	C01	C02	C03	C04	C05
Cota inicio m	2.10	0.30	0.20	0.20	2.00
Cota fin m	3.00	1.60	1.60	2.20	3.00
Límite líquido w_l %	35.4	No plástico	33.8	21.1	No plástico
Límite plástico w_p %	16.7	No plástico	17	13.4	No plástico
Índice de plasticidad $I_p = w_l - w_p$ %	18.7	No plástico	16.8	7.7	No plástico
Materia orgánica %	0.3	1.0	0.4	0.4	0.9
Índice CBR	12.6	4.7	1.4	7.4	11.3
Humedad natural %	14.3	-	-	-	-
Sulfatos %	No contiene	No contiene	No contiene	No contiene	No contiene
Pasa por Tamiz 0.08 mm %	69.3	29.1	64.8	30.3	21.8
Hinchamiento libre %	6.05	-	-	-	-
Carbonatos	2.6	0.2	1.5	0.5	3.1



%					
---	--	--	--	--	--

A04.7 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

A04.7.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

A04.7.1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

Las calles de salida cuentan generalmente con un pavimento flexible, el cual consta de una capa de rodadura asfáltica colocada sobre una capa de firme o base, y cuando lo requieran las condiciones del terreno de fundación, una capa de cimentación. Toda la estructura del pavimento flexible en último término está soportada por el terreno de fundación. A continuación se esquematiza la posición relativa de las distintas capas que conforman un pavimento flexible.

CAPA DE RODADURA
FIRME O BASE
CIMIENTO O SUBBASE
TERRENO DE FUNDACIÓN

A04.7.1.1.1 CAPA DE RODADURA

Las capas de rodadura se encuentran en la parte superior del firme, en contacto directo con los vehículos y sometidas también directamente a la acción de los agentes atmosféricos. Las funciones principales que se les exige son:

- Seguridad en la rodadura, para que proporcionen una buena



adherencia a los neumáticos en cualquier situación. Se consigue dotando a las mezclas de una macrotextura (efecto de la dosificación y tamaño máximo del árido) y microtextura (efecto del coeficiente de pulimento acelerado del árido) adecuadas.

- Impermeabilidad, para impedir la penetración del agua superficial en las capas inferiores del firme y en la explanada. Se consigue dosificando los materiales de tal manera que los huecos en mezcla sean mínimos o disponiendo bajo la rodadura de un material impermeable.
- Regularidad superficial, mediante una puesta en obra adecuada, si bien es una cualidad que depende fundamentalmente de la conseguida en las capas inferiores.
- Comodidad en la circulación en lo relativo al ruido de rodadura, visibilidad nocturna, visibilidad en momentos de lluvia, etc. El ruido de rodadura depende fundamentalmente del contenido de huecos del material y del tamaño máximo de las partículas, la visibilidad en momentos de lluvia del contenido de huecos y de la textura superficial y la visibilidad nocturna del contraste entre la marca vial y el pavimento, que es tanto mayor cuanto más negra sea la superficie (mayor contenido de ligante).
- Es también de interés el aspecto estético, conseguido mediante superficies homogéneas y ricas en ligante ya que las rodaduras constituyen una parte importante de la imagen que ofrece una determinada administración de carreteras. En algunas situaciones se precisa conseguir efectos estéticos con materiales coloreados o integración en el paisaje, también con materiales coloreados o incoloros.
- A veces se puede buscar funciones específicas como resistencia a los disolventes, resistencia al punzonamiento por cargas estáticas, etc.

Por otro lado, las rodaduras tienen que ser duraderas, a través de una serie de características:

- Resistencia a las deformaciones plásticas.



- Resistencia al envejecimiento, que puede originar fisuraciones y desprendimientos.
- Resistencia a la desintegración, y especialmente por la acción del agua y el hielo.
- En firmes muy flexibles resistencia a la fatiga, y en vías de bajo tráfico se les suele exigir que sean deformables.

En algunos casos se busca también una capacidad de absorción de cargas. Las capas de rodadura no deben ser sin embargo excesivamente rígidas o al menos su rigidez no debe ser excesiva en comparación con la de las capas inferiores o la del conjunto del firme. En algunas aplicaciones de las capas de rodadura, como por ejemplo en los casos de rehabilitación superficial de tramos deslizantes, esta propiedad es totalmente secundaria.

Además de las funciones señaladas, a las rodaduras, igual que a todos los materiales del firme, se les exige economía y sostenibilidad ambiental, en un concepto que cada vez va más ligado a la consideración del ciclo de vida de los mismos.

A04.7.1.1.2 FIRME O BASE

La base es la capa del firme situada debajo del pavimento y encima de la subbase. Su función es eminentemente resistente constituyendo el principal elemento portante de la estructura del firme, absorbiendo la mayor parte de los esfuerzos verticales y su rigidez o su resistencia a la deformación bajo las sollicitaciones repetidas del tráfico suelen corresponder a la intensidad del tráfico pesado. Se encarga de distribuir las cargas recibidas del tren de la aeronave sobre las capas de cimiento y terreno de fundación del pavimento

Las propiedades mecánicas de la base dependen fundamentalmente de sus componentes y del proceso de fabricación y compactación. Algunos de los materiales empleados para las bases son zahorras procedentes de machaqueo o materiales tratados con cemento, cal e incluso mezclas bituminosas. En general, en esta capa de base se obtienen valores de CBR por encima de 80.



A04.7.1.1.3 CIMIENTO O SUBBASE

La subbase (o cimiento) es la capa situada entre la base y el terreno de fundación. Forma parte del pavimento salvo que se obtengan valores de CBR en el cimiento superiores a 20, lo cual ocurre tan sólo en gravas con bajo contenido de finos. Sus propiedades y funciones son similares a las de la base pero con menor exigencia al estar más alejada de la superficie. Como criterio adicional en el diseño de pavimentos debe evitarse colocar una capa de material granular entre dos capas de materiales cohesivos, ya que se podría producir un efecto 'sandwich' mediante el cual, ante una carga impuesta en superficie por una aeronave, el incremento transitorio de presiones neutras localizado en el nivel granular acabaría por destruir el pavimento por fatiga del mismo.

A04.7.1.1.4 TERRENO DE FUNDACIÓN

El terreno de fundación de un pavimento es la capa más profunda en la que se divide el terreno y sobre el cual descansan las capas superiores antes nombradas. Se encuentra sometido a esfuerzos sensiblemente menores que la capa de rodadura, base o subbase. A medida que la profundidad del terreno de fundación es mayor, los esfuerzos en él son menores ya que la extensión del bulbo de tensiones es limitada. Se requiere una adecuada densidad de compactación para el suelo de fundación además de ofrecer una protección frente a la contaminación y estabilidad mecánica (ausencia de fenómenos de expansividad o colpaso).

En la tabla que a continuación se muestra, tomada del Manual de Proyectos de Aeródromos (OACI 1983), se muestran los valores de la compactación requerida en términos de la densidad seca alcanzada en el terreno de fundación y en las restantes capas del pavimento.

Capa	Compactación requerida (% referente a la densidad seca máxima
-------------	--



	Próctor Modificado)
Relleno de terreno cohesivo	90
Relleno de suelo granular	95
Terreno natural de fundación cohesivo	93
Terreno natural de fundación granular	98
Capa de cimentación (subbase)	98
Capa de firme (base)	100

Es habitual el uso de geotextiles anticontaminantes situados entre las capas granulares. Estos geotextiles no tienen en principio una función estructural pero protegen de la contaminación por finos tanto durante la fase de construcción como durante la explotación del pavimento.

Los criterios para clasificar la resistencia del cimiento se resumen en la siguiente tabla.

		Pavimento rígido		Pavimento flexible	
		Coefficiente de balasto (K_{75}) MN/m³		CBR	
Resistencia	Clave	Valor tipo	Rango	Valor tipo	Rango
Alta	A	150	$K_{75} > 120$	15	$CBR > 13$
Mediana	B	80	$120 > K_{75} > 60$	10	$13 > CBR > 8$
Baja	C	40	$60 > K_{75} > 25$	6	$8 > CBR > 4$
Ultrabaja	D	20	$25 > K_{75}$	3	$4 > CBR$

A04.7.2 PROPIEDADES GEOTÉCNICAS DEL TERRENO DE FUNDACIÓN



La realización de las 5 calicatas ha permitido la descripción del terreno de fundación que se adjunta a continuación:

A04.7.2.1 NIVEL DE TIERRA VEGETAL

Ha aparecido en todas las calicatas realizadas. Su profundidad media es de aproximadamente 30cm y llega como máximo a 70cm de espesor en la primera calicata (C-01). El nivel de tierra vegetal deberá ser retirado por completo

A04.7.2.2 NIVEL DE ARENAS LIMOSAS Y ARCILLOSAS.

Ha aparecido en todas las calicatas realizadas siempre por debajo de la tierra vegetal. Aparece en profundidades variables entre 1.3 m y 2.2 m, teniendo una profundidad media de 1.65 m. Este nivel constituirá la capa de terreno de fundación que sirve de apoyo a los diferentes elementos del firme. Los ensayos realizados sobre muestras inalteradas indican que se trata generalmente de arenas.

Los ensayos de compactación dan densidades secas medias de referencia de 2.02gr/cm³ e índices CBR medios de 7.4. Teniendo en cuenta los datos disponibles se clasifica el cimiento del firme como de resistencia baja.

Según el PG3 y de acuerdo a los ensayos de hinchamiento libre y de colapso realizados se trata de un suelo tolerable.

No se han detectado valores significativos de materia orgánica ni de sulfatos como se observa en la tabla de datos.

A04.7.2.3 NIVEL DE ARCILLAS LIMO ARENOSAS

Ha aparecido en todas las calicatas realizadas no habiéndose reconocido el muro del mismo.

Los ensayos de compactación dan densidades secas medias de referencia de 1.92gr/cm³ e índices CBR medios de 2.5.

Según el PG3 y de acuerdo a los ensayos de hinchamiento libre y de colapso realizados se puede clasificar el suelo como tolerable.



A04.7.2.4 NIVEL FREÁTICO

En todas las calicatas realizadas no se ha encontrado nivel freático hasta la profundidad de las mismas.