

MAPA GEOTECNICO
PARA ORDENACION TERRITORIAL Y URBANA
DE MALAGA escala 1:25.000

El presente trabajo ha sido realizado por la División de Geotecnia del Instituto Geológico y Minero de España.

El Instituto Geológico y Minero de España agradece la colaboración prestada por el Excmo. Ayuntamiento de Málaga, Excma. Diputación Provincial, Delegaciones Ministeriales, Organismos Autónomos, Colegios Profesionales, Empresas y particulares en la realización de este Mapa, así como cualquier observación o sugerencia que le sea hecha sobre el presente trabajo.

INDICE

			pagina
1 INIT	BODILO	CION	1
	RODUC	EDENTES Y OBJETIVOS	1
		DE ESTUDIO	2
			3
		DE TRABAJO	3
		ALIDADES	3
		IENTACION GRAFIA GEOLOGICA	3
		ZACION DE LOS TRABAJOS	4
2.4.		Obras	4
		Ensayos de Laboratorio	5
2.5.		IS DE LOS RESULTADOS	6
		CON INCIDENCIA CONSTRUCTIVA	7
		TOLOGIA Y METEOROLOGIA	7
		EJO GEOLOGICO DE LA ZONA	8
3.2.		Estratigrafía	8
		Tectónica	10
		Historia Geológica	10
33		CACION GEOTECNICA	11
3.3.		Criterios de División	11
	3.3.2.	División en Areas y Zonas Geotécnicas	11
3.4.	DESCR	IPCION DEL SUSTRATO ROCOSO Y DE LAS FORMACIONES	
	SUPER	FICIALES	13
	3.4.1.	Sustrato rocoso	13
		Formaciones superficiales	16
3.5.	CARAC	CTERISTICAS GEOMORFOLOGICAS	17
	3.5.1.		17
	3.5.2.	Características Geomorfológicas de las Zonas	18 19
3.6.		CTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS	19
	3.6.1.		19
		Hidrología Superficial	20
		Hidrología Subterránea	22
2.7	3.6.4.	Problemas de drenaje para carreteras OS NATURALES	22
3.7		Desprendimiento de bloques	22
	3.7.1. 3.7.2.	Salinización	23
	3.7.2.	Avenidas extraordinarias	23
	3.7.4.	Carstificación	23
	3.7.5.	Deslizamientos	23
	3.7.6.	Riesgo sísmico	24
3.8	. CARA	CTERISTICAS GEOTECNICAS PROPIAMENTE DICHAS	27
	3.8.1.	Aspectos generales. Consideraciones metodológicas	27
	3.8.2.	Campo de Aplicación de Proyectos y Anteproyectos	28
	3.8.3.	Características Geotécnicas Zonales	28

	página
3.9. YACIMIENTOS Y EXPLOTACIONES DE MATERIALES	
UTILIZADOS EN CONSTRUCCION	37
4. INTERPRETACION GEOTECNICA,	
CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS	43
4.1. METODOLOGIA	43
4.2. CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS ZONALES	44
BIBLIOGRAFIA	51

1.1. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

Dada la rápida expansión industrial y urbana del país, la planificación de la ejecución de los proyectos insertos dentro del Programa Nacional de Investigación Geotécnica, se orientó de forma escalonada, cubriendo en principio grandes áreas a escalas reducidas, para posteriormente pasar a estudiar zonas pequeñas con mayor detalle.

Con este criterio se inició la elaboración de mapas geotécnicos a escala 1:200.000, que sobre grandes áreas eran idóneos para técnicos y organismos encargados de la planificación de extensas zonas. Una vez dominada la metodología de este tipo de documentos y ya con más de la mitad del territorio nacional cubierto, se atacaron, de forma directa, otros tipos de documentos encaminados a estudiar áreas concretas a escalas que oscilasen de 1:25.000 a 1:5.000.

Por la amplitud de las zonas se decidió como escala básica la de 1:25.000, complementada con escalas mayores para otras concretas y limitadas.

Este estudio, de gran utilidad en trabajos de planificación regional y local, se orienta en dos líneas de actuación. Una, de tipo exclusivamente geotécnico, que tiende a analizar las características físicas y mecánicas del suelo y subsuelo de la zona, empleando para ello todos los medios mecánicos de reconocimiento, valorándolos como tales, en general, y para cada tipo de terreno, en particular; otra, que tiende a ligar directamente Geotecnia y Ordenación Urbana y Territorial, materializada en forma de recomendaciones.

El primer objetivo a cubrir fue el de presentar el proyecto a las autoridades encargadas de la Planificación Territorial y Urbana de Málaga, con el fin de poder incluir en él, siempre que fuese posible y no alterase su marcha, el conjunto de problemas más significativos de la ciudad.

Para ello se efectuaron una serie de entrevistas con los representantes de la Administración malagueña, contactos que cristalizaron en una serie de coloquio-reunión en las que intervinieron los Delegados provinciales de la Vivienda, Obras Públicas, Industria, Información y Turismo, Educación y Ciencia, Agricultura, y los representantes del Excmo. Ayuntamiento y Diputación Provincial.

Fruto de ellas y de contactos personales con cada uno de los Organismos anteriores, fue la delimitación exacta de la zona de estudio, la definición de los problemas más significativos del área urbana de Málaga, la descripción de posibles estudios detallados de zonas específicas y la fijación de los cauces de comunicación con las anteriores entidades con objeto de que el aprovechamiento del trabajo a realizar fuese el máximo y se eviten duplicidades onerosas e innecesarias.

Los objetivos generales se dirigen hacia:

- Las características físicas y mecánicas del suelo con fines constructivos
- Los problemas hidrológicos con repercusión geotécnica
- Los problemas de deslizamientos en las formaciones triásicas del norte de .
 Málaga
- La posible contaminación de los acuíferos superficiales y profundos
- El tratamiento de los residuos urbanos
- La utilización de las rocas industriales con usos en construcción
- La valoración de los terrenos en función de su utilización según la incidencia de los problemas geotécnicos

1.2. ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio se definió, a partir de las consultas efectuadas a los diferentes Organismos oficiales: Excmo. Ayuntamiento de Málaga, Excma. Diputación Provincial, Delegación Provincial del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Ilustre Colegio de Arquitectos de Andalucía Oriental, etc.

Siguiendo sus indicaciones, se delimitó una zona aproximada de 205 km²; es de forma irregular, fig. 1, sigue el perímetro del término municipal de Málaga por el este y oeste, y por el sur limita por el Mar Mediterráneo. El borde norte, de trazado irregular, está comprendido entre las coordenadas 36º47′N y 36º45′N y viene determinada por haber incluido en la zona la mayor parte de las vegas del Guadalhorce y Guadalmedina, zonas de futura expansión de Málaga.

En el área aparecen dos zonas bien definidas, la costera con los valles del Guadalhorce y Guadalmedina y los Montes de Málaga. La semiplana formada por las extensas llanuras de Cartama, Churriana, Torremolinos y Málaga totalmente colmatadas por materiales cuaternarios, y el borde norte jalonado por suaves alomaciones margosas o conglomeráticas del Plioceno.

2.1. GENERALIDADES

El estudio se inició con una recopilación bibliográfica de toda la información existente sobre Málaga y su entorno.

En la siguiente fase se efectuó una cartografía a escala 1:25.000 de los diferentes materiales aflorantes en el área, con especial interés en el aspecto litológico y, en concreto, en las formaciones recientes.

Durante esta fase se procedió a la ubicación y realización de obras, enviando las muestras seleccionadas al Laboratorio, para su posterior análisis.

Por último, se realizaron los trabajos de gabinete, que comprendieron, por una parte, la realización de los diferentes Mapas a escala 1:25.000 y de otra la interpretación de los resultados de los análisis, así como la realización de la presente Memoria.

2.2. DOCUMENTACION

La recopilación bibliográfica se ciñó no sólo al área estudiada, ya que las características geológicas e hidrogeológicas regionales son de gran importancia en todo tipo de estudios geotécnicos.

Por otra parte, se consultaron todas las fuentes de información de las que se pudieran obtener datos referentes a Málaga, tales como bibliotecas públicas, privadas, estadísticas, etc., centrándonos en todos aquellos datos que tuvieran relación con el subsuelo y su desarrollo.

2.3. CARTOGRAFIA GEOLOGICA

Basándonos en la cartografía geológica a escala 1:50.000 realizada por el IGME en los años 1973-74 se elaboró una a escala 1:25.000, haciendo hincapié en la delimitación de formaciones superficiales (cuaternarias), en problemas de tipo geomorfológico y en riesgos naturales, así como en los de índole hidrogeológica.

2.4. REALIZACION DE LOS TRABAJOS

2.4.1. Obras

El estudio del subsuelo se hizo mediante la ejecución de las siguientes obras: sondeos mecánicos, calicatas, pocillos, sondeos eléctricos verticales, sondeos sísmicos y penetraciones.

La ubicación y distribución de estas obras se realizó de forma tal que se obtuviera el mayor número posible de datos sobre cada formación litológica. No obstante, se proyectó mayor densidad de obras sobre aquellas formaciones superficiales que por su situación corresponden a zonas de más rápido desarrollo de Málaga.

2.4.1.1. Sondeos Mecánicos

Se realizaron 50 sondeos mecánicos, con un total de 665 m perforados. La ejecución de estos sondeos se llevó a cabo con una sonda helicoidal del tipo B-306, de 1.700 rpm con diámetro interior de 70 mm.

Los sondeos se realizaron a tres profundidades diferentes A=10 m, B=15 m y C=20 m, quedando distribuidos de la siguiente forma:

	Tipo	Profundidad	N ^o sondeos
Sondeos	А	10 m	25
	В	15 m	17
	С	20 m	8

En los sondeos del tipo A se tomaron tres muestras inalteradas y se realizaron cinco ensayos standard. Las muestras inalteradas se tomaron a (1,50; 3,00 y 4,50 m) y los ensayos standard se realizaron a (1,95; 3,45; 4,95; 6,00 y 9,00 m).

En los sondeos de tipo B se tomaron cuatro muestras inalteradas a (1,50; 3,00; 4,50 y 7,50 m) y se realizaron seis ensayos standard a (1,95; 3,45; 4,95; 6,00; 9,00 y 12,00 m).

En los del tipo C se tomaron cuatro muestras inalteradas a igual profundidad que las del tipo B y se realizaron ocho ensayos standard a (1,95; 3,45; 4,95; 6,00; 9,00; 12,00; 15,00 y 18,00 m).

De la totalidad de los sondeos se levantó su columna estratigráfica y se tomaron muestras alteradas en aquellos tramos de los que no se tenían datos representativos.

Para la confección de este informe también se hantenido en cuenta los resultados de 150 sondeos facilitados por organismos oficiales y particulares y cuya distribución es la siguiente:

_	Sondeos facilitados por el Excmo. Ayuntamiento de Málaga	1.4
_	Sondeos realizados por ADARO, para IGME, en el proyecto:	14
	Estudio Hidrogeológico del Bajo Guadalhorce	
_	Sondeos facilitados por la lafatama D	17
	Sondeos facilitados por la Jefatura Regional de Carreteras -	
		12
	Sondeos facilitados por ASTEC, Ingenieros Consultores	15
	Sondeos facilitados por ESBOGA	93
		23

2.4.1.2. Calicatas y Pocillos

Aparte de los sondeos se consideró necesario realizar calicatas y pocillos para poder interpolar con mayor exactitud los datos puntuales y poderlos así considerar como extendidos.

Las calicatas y pocillos se realizaron con una barrena de gusanillo activada mecánicamente, alcanzando 3,00 y 1,00 m de profundidad respectivamente.

Se realizaron un total de 50 calicatas y 30 pocillos.

2.4.1.3. Sondeos Eléctricos Verticales

En los trabajos de cartografía geológica se puso de manifiesto la existencia de grandes coluviales situados al norte de Torremolinos en los que era necesario utilizar esta técnica para conocer su extensión y potencia. Por otra parte, el Aluvial del río Guadalhorce está compuesto por materiales coherentes y cohesivos estando prácticamente cubiertos por el suelo vegetal. Al no poderse observar bien estas áreas, tanto de materiales groseros (gravas y bolos), como las zonas de limos, se utilizaron sondeos eléctricos verticales que, con apoyo de sondeos mecánicos, facilitaron su delimitación.

2.4.1.4. Sondeos Sísmicos de Refracción

Dado que en la zona de estudio existen gran cantidad de rocas se planificó una campaña de sísmica para conocer en cada litología su velocidad de propagación y a partir de ella deducir los datos concernientes a ripabilidad, grado de fracturación, zonas de alteración, etc.

2.4.1.5.Penetraciones

Se han ejecutado 40 penetraciones distribuidas geométricamente por la zona. Estas penetraciones se realizaron con penetrómetro sueco tipo Borro de las siguientes características:

	65 kg
Peso	0,50 m
Altura de caída del peso	32,00 mm
Diámetro del varillaje	40 x 40 mm ²
Puntaza de sección cuadrada	40 X 10 11111

Este ensayo se realizó hasta alcanzar una profundidad de hinca inferior a 0,1 cm/golpe (rechazo).

2.4.2. Ensayos de Laboratorio

La totalidad de muestras obtenidas en los sondeos, pocillos y calicatas se enviaron a los laboratorios de Mecánica de Suelos y Mecánica de Rocas de la División de Geotecnia del IGME, realizándose los siguientes análisis:

A Sobre las muestras obtenidas en Sondeos

a) En muestras alteradas

Límites de Atterberg Granulometría por tamizado Sulfatos Materia orgánica Ensayos Lambe

b) En muestras inalteradas

Límites de Atterberg Granulometría por tamizado y sedimentación Sulfatos Compresión simple

Compresion simple
Corte director
Ensayo endométrico
Peso específico
Hinchamiento
Densidad en seco

B Sobre muestras obtenidas en Calicatas

a) Límites de Atterberg

Granulometría por tamizado Sulfatos

Materia orgánica

C Sobre muestras obtenidas en Pocillos

a) Límites de Atterberg

Granulometría por tamizado Sulfatos

Materia orgánica Próctor

Procto CBR

D Sobre muestras de roca inalterada

Compresión simple Dureza Smith Tracción Brasileña

2.5. SINTESIS DE LOS RESULTADOS

Los resultados de estos ensayos se utilizaron con el fin de establecer una división en zonas y áreas geotécnicas, en función de sus características litológicas, hidrogeológicas, geomorfológicas y de riesgos naturales.

Por último se le asignaron a cada una sus características mecánicas y su valoración constructiva.

3. FACTORES CON INCIDENCIA CONSTRUCTIVA

3.1. CLIMATOLOGIA Y METEOROLOGIA

Se describen ahora las características que pueden tener incidencia constructiva directa o indirecta, bien sobre el terreno, bien sobre las estructuras que soporte. Los datos proceden de publicaciones oficiales del MOPU y SMN.

Temperaturas

El análisis de las temperaturas para el período 1931-60 indica una máxima absoluta de 40,6° C y una mínima absoluta de 0,0° C. Los valores medios oscilan entre un mínimo de 8,5° C para el mes de enero y un máximo de 29,8° C para el mes de agosto.

Precipitaciones

Para el mismo período, la máxima observada en 24 h fue de 124,9 mm durante el mes de noviembre y la máxima mensual, de 259,6 mm en diciembre. Los valores medios observados oscilaron entre 62,4 mm para el mes de marzo y 1,1 para el de julio.

Las humedades relativas medias oscilaron entre el 74 por ciento en diciembre y el 62 por ciento en mayo y junio.

Vientos

Los vientos en Málaga Instituto, influenciados por el mar, tienen sentido dominante S, seguido por el SSE y NO.

En el Observatorio El Rompedizo el sentido dominante es NO, seguido del SE.

Indices climáticos para programación de obras

De acuerdo con la publicación del MOPU "Datos Climáticos para Carreteras" (1964), éstos son:

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

provincia	hormigón	explanación	áridos	riegos y tratamientos 0,722	mezclas
MALAGA	0,947	0,896	0,953		bituminosas 0,858

Estos coeficientes pueden considerarse relativamente favorables dentro del conjunto nacional.

3.2. BOSQUEJO GEOLOGICO DE LA ZONA

En este apartado se trata de hacer una síntesis breve y somera de las características geológicas de la zona cuyo conocimiento es indispensable para comprender la División Zonal que se ha realizado.

En la zona, que se encuentra enclavada dentro de la Cordillera Bética, los materiales más antiguos afloran al norte y este de Málaga, así como al oeste de Torremolinos, formando una alineación montañosa (Montes de Málaga) de dirección aproximada E-O. Estos montes están atravesados por barrancos de dirección N-S y que corresponden a los ríos Guadalmedina, Campanillas y Guadalhorce, etc.

Los materiales paleozoicos y/o precámbricos están constituidos por filitas, pizarras, esquistos, cuarcitas, con algunos tramos calcáreos afectados por un metamorfismo más o menos intenso.

Dentro de la zona, los materiales pertenecen a la Unidad Blanca, Complejo Maláguide o Sedimentos Post-mantos.

3.2.1. Estratigrafía

A) Unidad Blanca

Al este de Torremolinos aparece una serie carbonatada, en la que afloran mármoles azules tableados que constituyen la base de la unidad. En el borde sur son masivos y de color más claro, llegando en algunos puntos a ser blanco. Respecto a su datación, existe disparidad de criterios, para unos autores serían precámbricos y para otros triásicos.

B) Maláguide

La complejidad de esta unidad es muy grande, acentuada por el gran replegamiento existente en la zona. Se pueden separar dos conjuntos estratigráficos bien diferenciados. Uno inferior, con metamorfismo regional débil, y otro superior, sin metamorfismo, que se apoya discordantemente sobre el anterior.

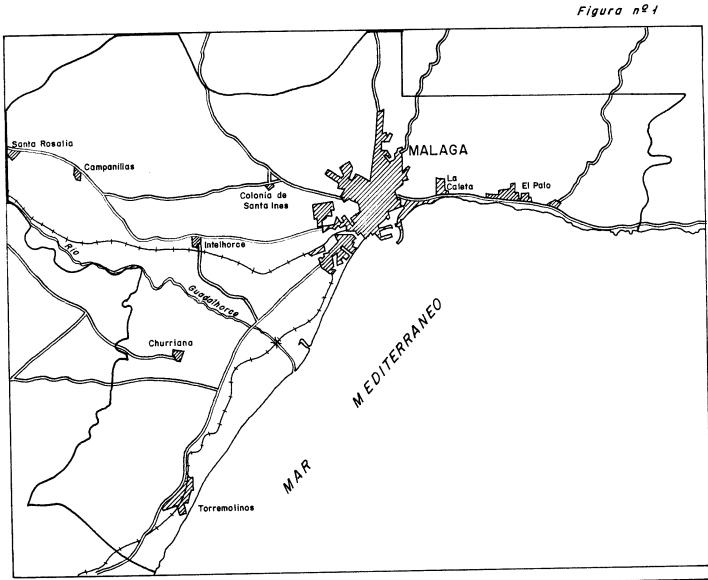
Conjunto Inferior

Dentro de este conjunto se diferencian de muro a techo los siguientes

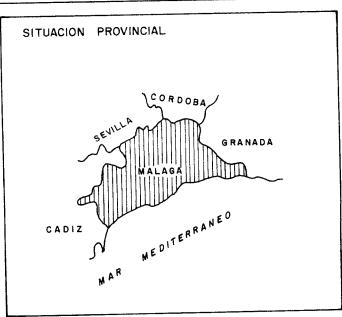
tramos:

filitas, metareniscas y niveles de conglomerados.

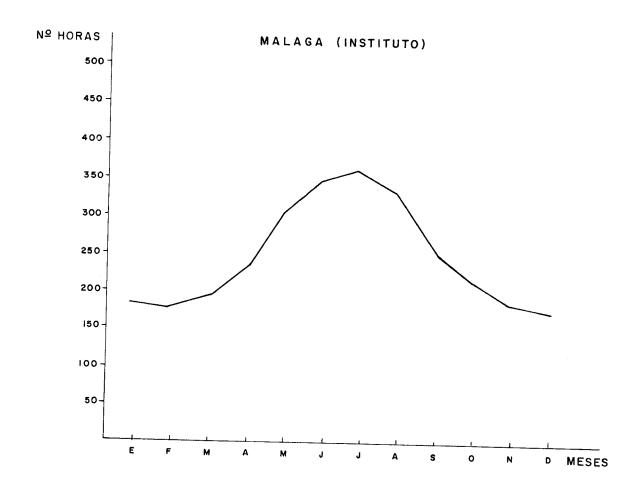
MAPA DE SITUACION DE ZONA

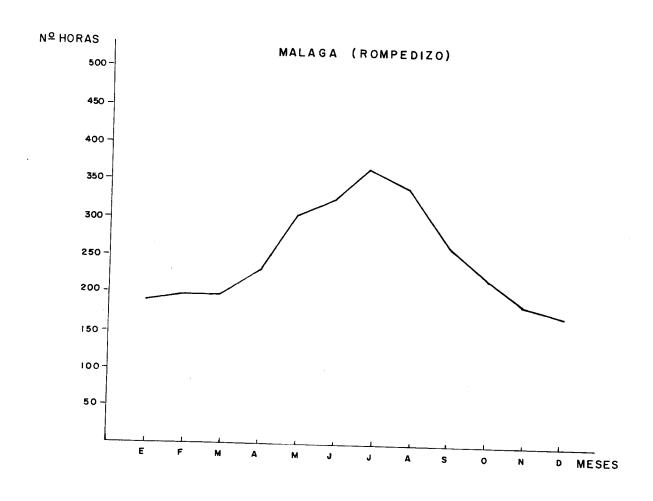




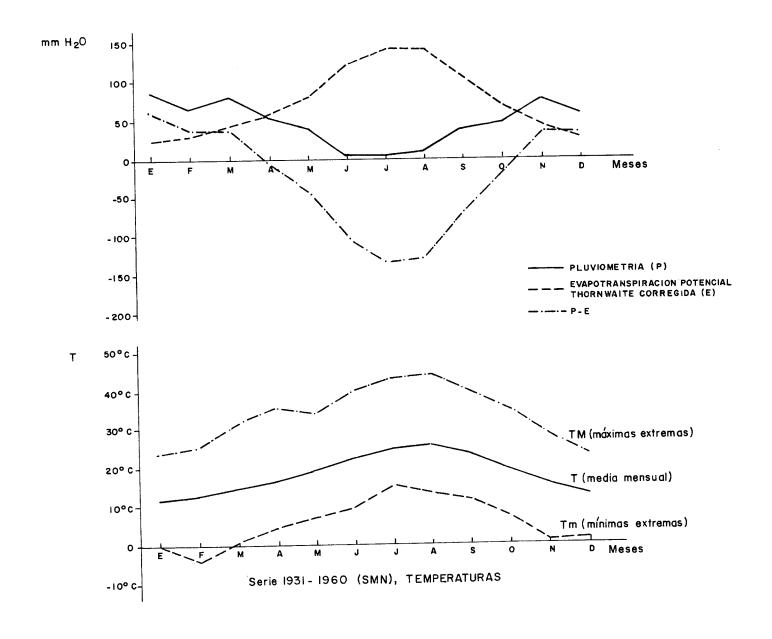


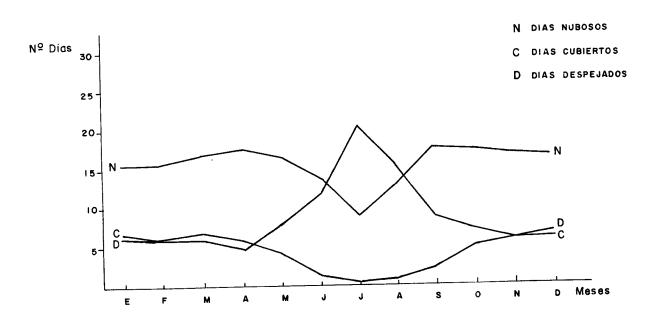
HORAS DE INSOLACION



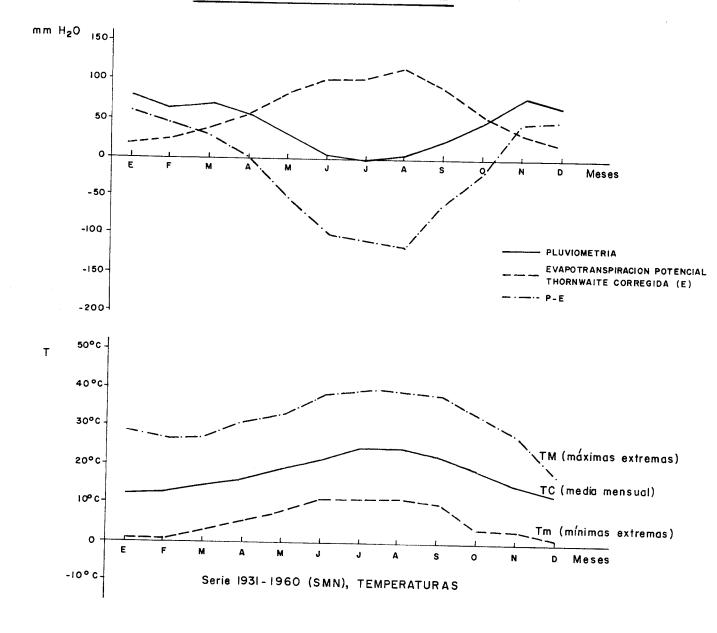


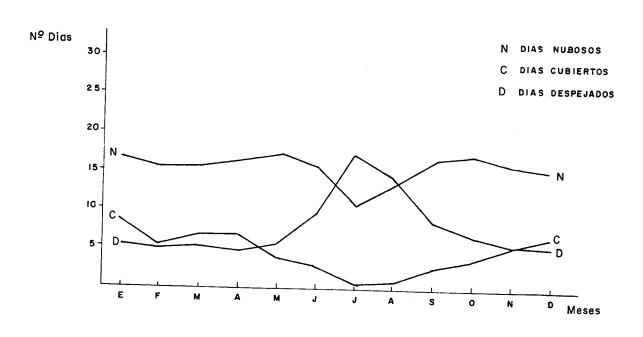
EL ROMPEDIZO - AEROPUERTO





MALAGA - VIVERO CENTRAL





- C: calizas azules. grauvacas, filitas y niveles de liditas. — H^B: – D-H^A (Cq):
- conglomerados poligénicos.

Conjunto Superior

Las distribuciones de esta cobertera permomesozoica es muy irregular a lo largo de la costa.

De muro a techo aparecen las siguientes formaciones:

- areniscas, conglomerados, yesos y arcillas.
- T_{A3}-J₁ dolomías negras y grises.
- J₂₋₃:
 calizas blancas.
- calizas rojas con glauconita.

 TAd :
 2 _ ;
- calizas y margas.

C) Sedimentos Post-mantos

C₁) Formación de Viñuela T^Ba: areniscas y conglomerados.

C₂) Mio-Plioceno: está representado por una serie de afloramientos, que principalmente se encuentra rellenando la Hoya de Málaga. Son sedimentos marinos y con abundante fauna.

TBS - Bm: arcillas y margas
TBS - Bs: arenas
TBC - Bcq: conglomerados
TBC - Bc: arenas y arcillas

D) Cuaternarios

Están ampliamente representados en la mitad occidental de la zona, por su origen los separaremos en marinos y continentales.

Marinos

areniscas y conglomerados QP_1

QΡ playas actuales

dunas QD

Cuaternarios Continentales

Qtr conos de deyección Ω Cd T_{21}^{B3} - Q_1K pie de monte con costras calcáreas T_{21}^{B3} - Q_1 pie de monte sin costras calcáreas coluviales QC

3.2.2. Tectónica

3.2.2.1.Unidad Blanca

Es la más antigua de las que afloran en la zona. Sus mármoles presentan un fajeado característico en el que se pueden observar pliegues isoclinales muy apretados. Estos pliegues son visibles dentro de los bancos y presentan los flancos subparalelos a las superficies limitantes.

Se han visto, en otros puntos de esta unidad, intercalaciones de materiales neísicos y anfibólicos con dos fases de deformación anteriores al emplazamiento, luego es lógico pensar que dichas fases también afecten a los mármoles.

La fase 1 daría lugar a una esquistosidad subparalela a la estratificación S_1 y la F_2 a pliegues isoclinales y otra esquistosidad S_2 .

Posterior al emplazamiento de los mantos existe una nueva fase que da lugar a pliegues cilíndricos de grandes dimensiones, con el plano axial vergente hacia el norte y de dirección E-O.

3.2.2.2.Maláguide

En el conjunto inferior (Paleozoico) se conservan los tramos en su secuencia estratigráfica normal aunque separados por contactos mecánicos. En el conjunto superior se observan repeticiones de la serie. En el Cerro San Antón la escamación es muy violenta y se encuentra el Carbonífero sobre el Permotrías. Igualmente sucede en el Cerro Coronado.

En el Maláguide, existen tres fases de deformación. La primera F_1 es responsable de la pizarrosidad S_1 . La F_2 produce pliegues isoclinales apretados paralelos a S_1 ; por último la F_3 es responsable del alabeo de las calizas siendo sus planos axiales subverticales.

Respecto a la edad, estas deformaciones pertenecen a la Orogenia Hercínica, ya que afectan a materiales paleozoicos Carboníferos, pero no a los Permo-Mesozoicos.

3.2.3. Historia Geológica

La elaboración de una historia geológica resulta problemática, al no existir datos cronológicos y ser los materiales, por lo general, alóctonos.

Al no aflorar el sustrato autóctono sobre el que se apoyaron las unidades alóctonas, nos referiremos permanentemente a estas unidades.

La Unidad Blanca ha sido atribuida a un edificio recifal metamorfizado.

El Maláguide revela una sedimentación marina pelítica basal, con algún episodio conglomerático. En el Silúrico se depositan carbonatos y elementos detríticos. En el Carbonífero la sedimentación se hace más detrítica, hasta llegar al Permotrías donde existe una discordancia fosilizada a la que el metamorfismo no llega a afectar. Luego hay que admitir que el metamorfismo es Hercínico.

El emplazamiento del Maláguide puede datarse de manera imprecisa, ya que los elementos superiores pertenecientes al Ypresiense y la brecha de la Viñuela (reconocida al norte de Málaga) son autóctonos y de edad Aquitano-Burdigaliense; luego el emplazamiento es anterior al Aquitano-Burdigaliense y posterior al Ypresiense.

En el tránsito Mioceno-Plioceno, comienza una sedimentación marina, que pasa a continental en el Cuaternario.

3.3. ZONIFICACION GEOTECNICA

El objetivo de este trabajo es la separación de una serie de zonas, relativamente homogéneas en cuanto a sus características geotécnicas y el estudio de éstas, con el objeto de prever sus problemas e indicar las soluciones generales a adoptar, para que las diversas instituciones, entidades y personas interesadas tengan una guía fidedigna a la hora de actuar.

A este respecto se hacen unas observaciones generales de los criterios seguidos, sus límites y la división realizada.

3.3.1. Criterios de División

La superficie estudiada ha sido dividida en Areas y posteriormente cada Area en Zonas. El criterio seguido para la división en Areas ha sido fundamentalmente geológico, entendido como síntesis de aspectos: litológicos, tectónicos y geomorfológicos, que conjuntamente dan a cada Area una entidad bastante bien marcada y condicionan una cierta homogeneidad a la hora de sus características geotécnicas.

Para la división de cada Area en Zonas se han seguido los criterios que más contribuían a diferenciar cada Zona dentro de su Area.

3.3.2. División en Areas y Zonas Geotécnicas

Se han diferenciado tres Areas geotécnicas I, II, III.

Area I

Comprende los materiales pertenecientes a la Unidad Blanca y al Maláguide.

Area II

Abarca el conjunto de los materiales Miocenos y Pliocenos.

Area III

Engloba a todos los depósitos Cuaternarios.

Estas tres Areas se han dividido en 13 Zonas de la forma siguiente:

Area I Zona I₁, I₂, I₃ y I₄

Area II Zona II1, II2 y II3

Area III Zona III1, III2, III3, III4, III5 y III6

AREA I

Zona I₁

Comprende los mármoles azules tableados y los mármoles sacaroideos de la Unidad Blanca ($T_A {}^\triangle \xi$ A, $T_A {}^\triangle D$).

Zona 12

Engloba el conjunto de materiales Paleozoicos y Precámbricos del Maláguide: filitas y metareniscas con niveles de conglomerados (PC-SAF(Cg), calizas (C), grauvacas y filitas con niveles de liditas (DHA(Cg)),conglomerados poligénicos HB.

Zona I₃

Engloba a todos los materiales del Permotrías: areniscas, conglomerados, yesos y arcillas (P- T_G).

Zona I₄

Comprende a las litologías del Maláguide Superior: dolomías (T_{A3} - J_1) y calizas blancas (J_{2-3}) del Jurásico. Calizas rojas del Cretácico C_2 y calizas y margas ($T_2^{\rm Ad}$) del Eoceno.

AREA II

Zona II₁

Comprende los materiales de pie de monte, con o sin costras calcáreas pertenecientes al Plioceno ($T_{2\,1}^{B\,3}$ - O_1 K y $T_{2\,1}^{B\,3}$ - O_1).

Zona II2

Comprende a los materiales del Mioceno: arenas y arcillas $(T_{12}^{B\,c}-\frac{B}{2})$; arenas $(T_{12}^{B\,c}-T_{2}^{B\,s})$; arcillas y margas $(T_{12}^{B\,c}-T_{2}^{B}$ m).

Zona II₃

Comprende a los materiales detríticos fundamentalmente conglomeráticos $(T_{12}^{B\,c}-\frac{B}{2}\,cg)\,y\,(T_{12}^{B\,a}).$

AREA III

Zona III₁

Comprende los depósitos Aluviares (QAL) y Terrazas (QT) de los ríos Guadalhorce y Guadalmedina.

Zona III2

Comprende a los depósitos de Arenas de playa y Dunas (QP y QD).

Zona III3

Comprende los depósitos Cuaternarios de origen marino, areniscas y conglomerados.

Zona III₄

Comprende los depósitos tobáceos (Qtr).

Zona III5

Comprende a los materiales procedentes de Coluviales o Conos de deyección (QC y GCd).

Zona III₆

Incluye las superficies de rellenos artificiales efectuados por el hombre. Q Depósitos Antropológicos.

3.4. DESCRIPCION DEL SUSTRATO ROCOSO Y DE LAS FORMACIONES SUPERFICIALES

El sustrato rocoso comprende a los materiales pertenecientes a la Unidad Blanca, Maláguide y Miocenos, mientras que las Formaciones Superficiales están representadas por los materiales cuaternarios, aluviales, playas y dunas, coluviales, conos, tobas, depósitos marinos y rellenos artificiales.

Este criterio de división geológica, tiene una clara incidencia geotécnica, consecuencia de la formación de unos y otros materiales. Los procesos geológicos anteriores al Cuaternario han sometido a los materiales a fenómenos que les dan un carácter de mayor o menor compactación, y por tanto, un comportamiento geotécnico distinto al de las Formaciones Superficiales, que se encuentran poco o nada consolidadas.

3.4.1. Sustrato rocoso

Se describirán cada una de las unidades litológicas enmarcadas dentro de la División Zonal; para su distribución y localización debe consultarse el Mapa litológico en sus tres Cuadrantes.

AREA I

Zona I₁

Mármoles azules tableados y Mármoles sacaroideos $(T_A \land \xi A)$ y $T_A \land D$). Forman una potente serie carbonatada de carácter dolomítico y aspecto variable. Hacia el norte son azules y tableados, de grano fino y textura equigranular. Hacia el sur son masivos, de grano medio y color claro.

Al suroeste de la zona se han diferenciado mármoles de aspecto sacaroideo, que al alterarse dan lugar a romboedros de calcita.

Zona 12

Filitas y Metareniscas con niveles de conglomerados (PC-S^AF (Cg).

Afloran al norte de Málaga y están formados por las siguientes facies:
- Filitas de tonos oscuros. Hacia el muro aumenta el metamorfismo llegando a tener la roca aspecto de esquisto, con esquistosidad ondulada.

- Metareniscas esquistosas de tonos claros. Aparecen asociadas a las filitas o a los conglomerados. Son de aspecto arenoso y blanquecino, de granulometría grosera, pudiéndo se considerarse en algunos puntos como un microconglomerado deformado.

- Conglomerado de cuarzo, lidita y cuarcita con matriz samítica de tonos claros;

los cantos aparecen aplastados y subparalelos con la estratificación.

Calizas (C).

Sobre las filitas anteriores aparecen unas calizas azules masivas en bancos de 2-3 m. Encima afloran calizas alabeadas de tonos grisáceos o negros, de grano fino con intercalaciones centimétricas de filitas grises.

Encima se observan niveles de filitas y grauvacas análogas a las basales.

Grauvacas, filitas y niveles de liditas (D-HA (Cq).

Encima del tramo anterior yacen unas filitas de tonos verdosos, en corte fresco, y violáceos. En superficie se presentan muy fracturadas en forma astillosa.

Interestratificadas con las filitas afloran grauvacas de colores verdosos, masivas, con huellas de corrientes y ripplesmarks.

Las liditas de tonos grisaceos y verdosos aparecen en toda la formación, constituyendo niveles tableados centimétricamente.

Conglomerado Poligénico (HB).

Formado por cantos de cuarzo, grauvacas, liditas, aplitas, pegmatitas, neises y calizas,

Los cantos del conglomerado aparecen bien redondeados a excepción de las grauvacas y calizas cuyo transporte ha sido menor. El gramo alcanza 10 cm (hasta 50 m en los cortes de caliza), siendo de 4-5 cm los más frecuentes.

La matriz es granuda y medianamente coherente.

Zona 13

Areniscas, conglomerados, yesos y arcilla (P- T_G).

Sus términos inferiores, de carácter continental, con tonos rojizos, son muy similares a las facies Germánicas.

En esta formación se distinguen las siguientes litologías:

- Areniscas rojas con cuarzo, feldespato y mica, con matriz arcillosa y cemento ferruginoso. El tamaño del grano es de medio a fino. Presentan estratificación cruzada, grano-selección y laminación paralela.
- Conglomerados de cantos de cuarzo, lidita y cuarcita muy bien redondeados. El tamaño de grano es de 3-4 cm, pudiendo llegar hasta los 10 cm. La matriz es areniscosa. Se observan paleocauces y estratificaciones cruzadas.
- Arcillas abigarradas rojas y verdosas con yesos blancos, a menudo terrosos. La potencia es muy variable pudiendo alcanzar los 150 m.

Zona I_A

Está compuesta por las siguientes unidades:

Dolomías $(T_{A3}-J_1)$.

Sobre el Permotrías, y concordante con él, aparece un conjunto de dolomías masivas o tableadas. Suelen ser de colores grisáceos o negruzcos con alguna intercalación de margas amarillentas. Por su resistencia a la erosión suelen estar coronando pequeños relieves (cerro coronado).

Calizas Blancas (J₂₋₃).

Concordante, y sobre las dolomías, aparece un tramo de calizas blancas masivas y fracturadas. A menudo estas calizas cabalgan las formaciones eocenas y el muro se encuentra laminado. La potencia máxima observada es de 70 m en el Cerro de San Antón.

Calizas Rojas (C₂).

Están en discordancia erosiva sobre las calizas jurásicas. Son calizas con glauconita y se clasifican como biomicritas ferruginosas.

Calizas y Margas (T₂^{Ad}).

Esta unidad aflora bien sobre las calizas jurásicas o sobre las calizas de glauconita. Son amarillas, nodulosas y brechificadas, aparecen cerca del polvorín de la cantera de cemento. Intercaladas con ellas aparecen margas grises y rosadas de escasa potencia.

AREA II

Zona II₁

Piedemonte sin costras calcáreas.

Está formado por conglomerados de cantos poligénicos con predominio local de uno u otro tipo de roca, de acuerdo con la naturaleza del sustrato siendo el que más abunda el mármol. Suelen tener pendientes próximas a los $10^{\rm o}$, en el contacto con el área madre pero rápidamente disminuyen para colocarse horizontalmente. La matriz que engloba en los cantos está formada por arenas, limos y arcillas.

Piedemonte con costras calcáreas.

Están en relación directa con las sierras carbonatadas. Los cantos de los conglomerados suelen ser de mármol fundamentalmente. La parte alta se encuentra trabada por costras calizas de exudación, que ayudan a preservar la superficie de la erosión actual.

Zona 112

– Arcillas y Margas (
$$T_{12}^{Bc} - \frac{B}{2}m$$
).

Arcillas y margas más o menos arenosas de tonos azulados o amarillentos. Dentro de este paquete suelen aparecer niveles arenosos y conglomeráticos.

- Arenas
$$(T_{12}^{Bc} - \frac{Bs}{2})$$
.

En algunas zonas, sobre las arcillas pueden observarse capas de arena alternando con niveles de conglomerados. Son de colores amarillentos y predominan las fracciones finas.

Arenas y Arcillas
$$(T_{12}^{Bc} - \frac{B}{c})$$
.

En este apartado se incluyen aquellos afloramientos en los cuales existe una mezcla de arenas y arcillas y que por su dificultad en la separación se han cartografiado conjuntamente.

Zona II3

Areniscas y Conglomerados (T^{B a}_{1 2}).

Aparecen en discordancia sobre el Permotrías y el Jurásico. Están formadas por cantos de cuarzo, cuarcita, lidita, areniscas, etc., y son de 2-3 cm de diámetro, pudiendo alcanzar los 10 cm. El cemento es carbonatado.

Al norte de Tealinos los conglomerados van acompañados de areniscas poco cementadas, cuyo componente fundamental es el cuarzo.

- Conglomerados ($T_{12}^{Bc} - \frac{B}{2}$ cg).

En zonas limítrofes a los aflorantes pliocenos existen facies de conglomerados poligénicos cuyos cantos son de naturaleza variable. El tamaño medio es de 5-10 cm y la matriz es detrítica, de la misma naturaleza que los cantos.

3.4.2. Formaciones Superficiales

AREA III

Zona III₁

Aluviales (QAI) Terrazas (QT).

Se desarrollan en las ramblas que atraviesan los Montes de Málaga y especialmente en el Bajo Guadalhorce donde alcanzan gran extensión y potencia.

Están formados por gravas de cantos poligénicos y heterométricos, redondeados o subredondeados, entre los que aparece una matriz areno-limosa de color marrón. La estructura es irregular sin que se observen diferenciaciones claras de horizontes.

El aluvial del Guadalmedina está formado por gravas heterogéneas de naturaleza pizarrosa y bolos de diabasas con abundantes arcillas arenosas.

En las proximidades de la intersección de los dos aluviales (Guadalmedina y Guadalhorce) se han detectado bolsas de fango de resistencia mecánica prácticamente nula.

Terrazas (QT).

En la confluencia del río Campanillas con el Guadalhorce se han delimitado afloramientos de materiales detríticos (gravas y arenas) que corresponden a depósitos aluviales antiguos.

Zona III2

– Dunas (Q_D).

Se trata de acumulaciones de arenas limosas, formadas por arenas poligénicas y heterométricas que engloban una elevada proporción de limos de color pardo o marrón. En su conjunto las arenas aparecen con ausencia de elementos ligeros.

Playas (QP).

Formadas por arenas poligénicas, de tamaño de grano variable, en la que se incluyen cantos poligénicos y heterométricos de manera dispersa. Lateralmente aparecen concentraciones de una u otra fracción. Son de tonos oscuros y apagados.

Zona III3

Areniscas y Conglomerados marinos (QP₁).

Al este de Málaga y en las proximidades de "Cala del Moral" se encuentran unos depósitos conglomeráticos de extensión reducida, formados por restos marinos.

Son cantos de calizas y elementos paleozoicos, con frecuentes intercalaciones arenosas. Su tonalidad oscila de amarillenta a asalmonada.

Zona III₄

Tobas (Qtr).

Se encuentran en Torremolinos y al oeste del Aeropuerto. Son de aspecto masivo, producto de la acumulación de tobas calizas. Es frecuente encontrar concreciones y nódulos calcáreos, así como restos de plantas.

Zona III₅

Coluviales (QC).

Formados por gravas de cantos polimétricos englobados por arcillas y limos.

Conos (QCd).

Son formaciones deyectivas de considerable extensión y potencia, formados por arcillas y limos de color pardo marrón que engloban cantos de diferente naturaleza (calizas, areniscas, pizarras, etc.) de acusada heterometría y forma. Su distribución es caótica.

Zona III₆

Depósitos Antropológicos (Q).

Se incluyen en esta zona aquellas superficies que han sufrido un relleno de materiales procedentes de desecho. Son terrenos por lo general ganados al mar.

3.5. CARACTERISTICAS GEOMORFOLOGICAS

Las formas que el terreno adopta en el área estudiada tienen gran importancia, tanto en su aspecto actual por la fuerte incidencia de la topografía en los usos del terreno, como en su evolución y su tendencia a escala del tiempo humano, por los riesgos que esto puede comportar.

Las formas del terreno vienen condicionadas por factores diversos, siendo los fundamentales la tectónica, litología y el clima.

Se analizaron los aspectos geomorfológicos desde un punto de vista general, resaltando preferentemente las causas que han originado las formas que hoy se ven para, posteriormente, describir las características geomorfológicas de las diversas Zonas. Los aspectos dinámicos actuales que pueden causar riesgos naturales se analizarán más detenidamente en el apartado correspondiente.

3.5.1. Características Generales

La zona estudiada ocupa el tramo final del río Guadalhorce, que la cruza con dirección NO-SE. Este valle, colmatado por materiales de acarreo, constituye una gran extensión prácticamente horizontal con abundantes cultivos de huerta.

Los bordes norte y sur aparecen jalonados por suaves alomaciones pliocenas, a las que siguen las estribaciones de los Montes de Málaga al norte y Sierra de Mijas al sur. La zona oriental de Málaga constituye una rasa costera, suavemente inclinada en general, pero con morfología abrupta debido a los asomos calcáreos Mesozoicos y materiales Paleozoicos que alcanzan en ocasiones la línea de costa.

En resumen, se pueden distinguir tres zonas bien determinadas desde el punto de vista geomorfológico.

- Los Montes de Málaga
 - El Valle del Guadalhorce
- Zona Intermedia

Los Montes de Málaga ocupan las Zonas I₁, I₂, I₃ y I₄ con pendientes mayores del 7 por ciento. Los ríos y arroyos existentes orientan sus aguas hacia el sur, bien hacia el río Guadalhorce o directamente hacia el mar. Los valles son en V cerrada y relativamente estrechos.

El Valle del Guadalhorce ocupa la Zona III1 en su totalidad, y está caracterizado por una topografía llana, con pendientes inferiores al 3 por ciento.

El caudal del río, así como el de sus afluentes, presentan una marcada influencia climática, es decir, extremadamente variable en función de las precipitaciones.

La "Zona Intermedia" abarca la totalidad del Area II y las Zonas III4 y III5. Es una zona de transición entre el Valle y las Montañas. Las pendientes oscilan entre el 3 y el 7 por ciento. Se caracteriza por la forma suave y alomada del relieve, producto de la menor coherencia y dureza de los materiales Pliocenos.

3.5.2. Características Geomorfológicas de las Zonas

AREAI

Zona 11

Presenta pendientes entre 7 y 30 por ciento, una gran estabilidad natural y algún riesgo muy puntual de desprendimientos de bloques, en zonas afectadas de gran tectonización.

Zona 12

En general las pendientes superan el 10 por ciento característico de las zonas montañosas. Al ser las pizarras la litología más frecuente deberá tenerse en cuenta en las laderas; cuando la pizarrosidad coincida con el buzamiento pueden producirse deslizamientos.

En zonas tectonizadas este fenómeno puede verse agudizado.

Zona I3

Presenta pendientes mayores del 7 por ciento. Se caracteriza por la gran heterogeneidad litológica (areniscas, conglomerados, arcillas y yesos) y su fuerte tectonización, favoreciendo el que se produzcan grandes delizamientos.

Zona I₄

Comprende los tramos carbonatados superiores al Triásico. Presenta pendientes mayores del 7 por ciento. El riesgo que se presenta es el de desprendimiento de bloques.

AREA II

Zonas II₁ y II₂

Presentan una morfología suave, con pendientes entre el 3 y 7 por ciento, aunque en puntos concretos pueden llegar al 10 por ciento.

Zona II₃

Presenta pendientes suaves 3-7 por ciento. Está formada por materiales detríticos consolidados que en ocasiones dan lugar a resaltes no superiores a los 4 m (norte de Torremolinos).

AREA III

Zonas III1, III2 y III3

Presentan pendientes inferiores al 3 por ciento.

Pueden existir pequeños escarpes entre el canal de estiaje y el lecho normal del río e incluso, entre el lecho mayor y las terrazas. Estos escarpes están erosionados por ser una zona eminenetemente agrícola en la que la potente maquinaria utilizada hoy en día los destruye.

Estas zonas, a excepción de la III3, son las idóneas para la expansión de Málaga, por

lo que respecta a la morfología.

Zona III₄

Zona de morfología suave, con pendientes inferiores al 5 por ciento. En el afloramiento de Torremolinos la terminación de las tobas hacia el mar es muy brusca, con escarpes al mar superiores a los 26 m (punta de Torremolinos).

Zona III₅

Presenta pendientes superiores al 10 por ciento. Al ser materiales sueltos, pueden deslizar fácilmente, por lo que no es aconsejable utilizarla para usos intensivos.

3.6. CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS

3.6.1. Observaciones Generales

Los aspectos hidrogeológicos, tanto superficiales como subterráneos, tienen una incidencia importante en toda obra constructiva, directamente proporcional a su propia magnitud. La realización de obras de carácter lineal (carreteras, ferrocarril, etc.) debe prever los puntos en que incidieran las corrientes de agua permanentes o estacionales y darles un adecuado drenaje; la presencia de niveles freáticos en una excavación es fuente muy a menudo de los problemas que pueden encontrarse.

Por ello se estudiará, dentro del carácter forzosamente general de este trabajo, tanto la hidrología superficial como la subterránea, así como los problemas de drenaje que pueden presentarse (ver Mapa Hidrológico a escala 1:100.000 incluido en Mapa Litológico, así como la problemática de origen hidrológico en los Mapas Geotécnicos).

3.6.2. Hidrología Superficial

Hidrográficamente, la zona se incluye en las cuencas de los ríos Guadalhorce y Guadalmedina cuyos afluentes más importantes son:

Río Guadalhorce

Río Campanillas, Arroyo del Boticario, Arroyo de las Yeguas, Arroyo Pocapringue, Arroyo Cañas, Arroyo de la Palma y Arroyo Teatinos, todos ellos pertenecientes a la margen izquierda.

Río Guadalmedina

margen izquierda

Arroyo del Pastelero y Arroyo del Sastre

margen derecha Arroyo Mendelín

La red es de tipo dentrítico divagante con numerosos cursos intermitentes afluentes de los principales.

Al este de Málaga y oeste de Torremolinos tenemos una serie de arroyos que al igual que los ríos Guadalhorce y Guadalmedina vierten sus aguas al Mar Mediterráneo, y que son: Arroyo de Tasara, Arroyo de los Pilones, Arroyo del Palo y Arroyo de Galicia, y al oeste de Torremolinos: Arroyo de los Gatos, Arroyo de la Cueva y Arroyo del Nacimiento.

Estos arroyos tienen su nacimiento en los Montes de Málaga y son de claro carácter torrencial con acciones predominantes de erosión y transporte y velocidades altas de corriente en los período de precipitación intensa.

3.6.3. Hidrología Subterránea

El sistema del Bajo Guadalhorce es uno de los más importantes en cuanto a su incidencia sobre los sectores industriales, agrícola y urbano, acrecentado por la zona de influencia de Málaga Capital. A continuación se examinará esta influencia sobre las diferentes áreas y zonas.

AREAI

Zona I

Está formada íntegramente por materiales carbonatados, cuya permeabilidad, en pequeño, es nula, mientras que su permeabilidad por fisuración es elevada. En las zonas de relieve abrupto, el agua drena con una escorrentía intensa, mientras la que se infiltra es a favor de la fracturación y fisuración. Al norte de Torremolinos se han efectuado sondeos de abastecimiento, obteniéndose caudales del orden de los 400 l/s, empleándose para el abastecimiento de Torremolinos y Málaga.

Zona 12

Es la que abarca mayor extensión en la zona estudiada. Está formada por materiales Paleozoicos: filitas, grauvacas, etc., que se consideran en pequeño como impermeables, admitiendo en grande una cierta permeabilidad ligada a su mayor grado de tectonización. En particular puede afirmarse que en aquellas zonas en las que predominan las calizas o grauvacas es ligeramente superior. Su drenaje se considera favorable efectuándose por escorrentía superficial. La posibilidad de encontrar agua en profundidad está ligada a la existencia de zonas de relleno, fallas o diaclasas.

Zona 13

Es una zona de gran heterogeneidad litológica: arcillas, areniscas, conglomerados, argilitas y yesos; en general se la considera impermeable, aunque donde afloran las areniscas y conglomerados debe existir una cierta percolación a través de las fracturas o diaclasas —estas zonas son muy reducidas y de escasa importancia—. El drenaje es favorable por escorrentía superficial.

Zona I₄

El conjunto de materiales carbonatados que la forman se consideran en pequeño impermeables, admitiendo en grande una cierta permeabilidad ligada a su mayor o menor grado de tectonización. En aquellas zonas donde las calizas sean más oquerosas y estén más diaclasadas será mayor.

El drenaje se efectúa por escorrentía superficial y se considera favorable.

AREA II

Zonas II₁ y II₂

Se incluyen en este apartado las zonas II₁ y II₂ por tener un comportamiento hidrogeológico muy parecido.

Son terrenos más o menos permeables en función del contenido en arcillas. En las zonas arcillosas es factible encontrar encharcamiento temporal. El drenaje se efectúa por percolación natural o por escorrentía superficial, cuando lo permita la pendiente.

Zona II3

Se incluyen aquí los niveles de conglomerados y areniscas del Mioceno.

Se consideran en pequeño impermeables, admitiendo en grande una cierta permeabilidad ligada a su fracturación.

El drenaje efectuado por escorrentía superficial se considera aceptable.

AREA III

Zona III₁

Se caracteriza por la permeabilidad de sus materiales. El drenaje se considera desfavorable, verificándose por percolación. En aquellas zonas donde abundan materiales de granulometría fina es posible la formación de encharcamientos temporales.

Zona III2

Las características hidrogeológicas de esta zona son iguales a las anteriormente descritas, con la salvedad de que en ella, debido a su proximidad al mar, pueden encontrarse a escasa profundidad aguas salinizadas.

Zona III3

Posee un drenaje favorable por infiltración a través de la fracturación. Los materiales son impermeables en pequeño, y en grande tienen una cierta permeabilidad ligada al grado de fracturación existente.

Zona III₄

Se trata de una zona semipermeable por porosidad y permeable por fisuración, siendo su drenaje superficial favorable, por infiltración y escorrentía.

Zona III5

Por lo general agrupa a materiales de diferentes litologías y distribución errática. Se les considera permeables por porosidad y poseen un drenaje aceptable por escorrentía superficial.

Zona III6

. Está formada por rellenos artificiales y asentada sobre terrenos ganados al mar, presenta problemas de intrusiones marinas. Por otra parte en ella habrá que tener en cuenta la explotación de los acuíferos, para que no avance la intrusión marina.

3.6.4. Problemas de drenaje para carreteras

De acuerdo con la Norma 5.1-1C del MOPU se han calculado los coeficientes de escorrentía superficial para las diversas formaciones. Estos coeficientes pueden tener un valor orientativo para anteproyectos a la hora de calcular los caudales a drenar bajo la carretera y dimensionar los drenajes correspondientes, pero en nuestra opinión pueden subvalorar la escorrentía superficial.

K es un coeficiente dependiente del relieve, vegetación, permeabilidad y capacidad de almacenaje de agua que está correlacionado con C, coeficiente de escorrentía. Los valores pueden verse en el Mapa Hidrológico 1:100.000, incluido en los Mapas Litológicos, C oscila entre 0,35 y 0,80.

3.7. **RIESGOS NATURALES**

Se describen a continuación los riesgos que puedan producirse, sobre personas o bienes, como consecuencia de la dinámica propia del medio geológico, correspondiente a acciones previsibles a escala del tiempo humano, y al lado de los procesos de la Geodinámica Externa e Interna.

3.7.1. Desprendimiento de bloques

Este fenómeno se produce en macizos rocosos caracterizados por los siguientes factores: heterogeneidad litológica, diaclasamiento y elevado ángulo de talud.

En aquellos que existe heterogeneidad litológica y alternancia de estratos blandos y rígidos, la erosión avanzará con mayor rapidez sobre los blandos dejando las capas rígidas al descubierto, que o bien caerán por su propio peso o favorecidas por diaclasas o figuras semiparalelas al talud o ladera.

Este fenómeno es característico en las areniscas del Trías de la Zona 1 3. Asimismo también se pueden producir en todos los macizos carbonatados de la Zona l₄ y en aquellas que existen bloques más compactos dentro de las pizarras de la Zona 12.

La solución de estos desprendimientos se realizará según las siguientes obras y según los casos.

- voladura controlada de los bloques, para que no afecte al futuro talud
- gunitado del talud
- bulonado y malla, en caso de grandes bloques
- reflorestación

3.7.2. Salinización

En las proximidades del campo de golf del Parador Nacional de Turismo, se ha detectado en sondeos la presencia de sulfuruso y cloruros, producto de la contaminación de aguas marinas. Estas sales pueden afectar a las cimentaciones que se efectúen en las Zona III₂ y III₆, por lo que habrá que analizar las aguas antes de efectuar la cimentación y en caso positivo utilizar cementos especiales.

3.7.3. Avenidas extraordinarias

Al estar la zona afectada en gran parte por la desembocadura de los ríos Guadalmedina y Guadalhorce, en caso de avenidas extraordinarias existen un gran riesgo de inundaciones (ver Mapa de Riesgos).

Deben distinguirse, sin embargo, los problemas que presentan los arroyos ubicados al este de Málaga, y el mismo Guadalmedina, pues el peligro de inundación de éstos es mucho mayor, ya que al ser de tipo rambla en épocas de grandes lluvias desarrollan una enorme violencia.

Para paliar este tipo de problemas se tomarán las siguientes medidas:

- a) Instalación de redes de medida pluviométricas y limnimétricas con sistemas de transmisión rápida a lo largo del curso del río, de cara a prever el momento del paso de las ondas de crecida y control de demora según la pendiente longitudinal.
- b) Previsión de zonas afectadas, fruto del perfil transversal y el caudal. En este sentido, un análisis morfológico más detallado de las formaciones aluviales nos permitiría diferenciar zonas según el grado de riesgo en relación con la estadística de Aforos.
- c) Medidas correctoras preventivas

embalses reflorestación eliminación de obstáculos canalizaciones, etc.

3.7.4. Carstificación

La carstificación es un proceso progresivo de disolución interna de materiales carbonatados, provocado por la infiltración de las aguas superficiales y en concreto por las aguas subterráneas. Comienza ensanchando el sistema de diaclasas existentes y termina provocando cavidades o cuevas de diferentes tamaños.

El riesgo se produce en el caso de bóvedas subterráneas en equilibrio crítico, que pueden hundirse con perjuicio irreparable de las construcciones ubicadas encima de ellas.

De hecho se han observado este tipo de fenómenos a pequeña escala (cuevas no superiores a 1 m^3) en las Zonas III $_4$ y I $_4$, zonas éstas, de tobas y calizas respectivamente.

3.7.5. Deslizamientos

Es sin duda alguna, dentro de este capítulo éste el problema más acusado. Existen riesgos de deslizamientos en la Zona I₃ (arcillas, argilitas, areniscas, conglomerados y yesos), observándose deslizamientos activos en diferentes zonas de los alrededores de Málaga: "Cerro Coronado", "El Palo", etc.

En el Cerro Coronado se observaron unas argilitas muy fragmentadas, y con una alteración muy variable.

Las diaclasas existentes presentan rellenos sericíticos de aspecto grafitoso, pero comportándose como un todo-uno muy compacto.

Estas argilitas se encuentran intercaladas y con una disposición cárstica entre las areniscas y conglomerados, debido a los importantes movimientos tectónicos acaecidos en la zona en estudio.

Por otra parte, la circulación de agua a través de las fisuras produce una zona de alteración en la que la compacidad disminuye y el contenido en agua aumenta. Esta serie de fenómenos al coincidir con taludes cuyas pendientes superen los 20º favorecerán la aparición de estos deslizamientos.

3.7.6. Riesgo sísmico

Según la Norma Sismorresistente P.G.S.-1 (1968), la zona, por su grado de intensidad macrosísmica está comprendida en el área sísmica 3. En la Escala Oficial Macrosísmica tiene un grado de intensidad entre VI, VII y VIII. Por ello, la consideración de las acciones sísmicas en proyectos, salvo excepciones, es de aplicación preceptiva. (Ver Normas B.O.E. de 21-II-74).

La descripción para los diferentes grados de intensidad es la siguiente:

Grado VI

- a) Lo sienten casi todas las personas que se encuentran tanto en interiores como en exteriores.
 - Los muebles pesados llegan a romperse. Suenan las campanas de las torres o campanarios.
- b) Daños de grado II en bastantes construcciones de tipo A. Daños de grado I en bastantes construcciones de tipo B.
- c) Cambio en el fluir de los manantiales y pozos.

Grado VII

(Primer riesgo cubierto legalmente en España por el Seguro de Riesgos Catastróficos).

- a) La mayor parte de la gente se asusta y corre al exterior; muchos notan dificultades para mantenerse en pie. La vibración es sentida por las personas que conducen automóviles. Suenan las grandes campanas.
- b) Muchas construcciones de tipo A sufren daños de grado III. Bastantes construcciones de tipo B sufren daños de grado II. En algunas construcciones de tipo C se inician daños de grado I.
- A veces, algunas fuentes secas vuelven a manar y otras existentes se secan.
 Se enturbia el agua con fango y se aprecia oleaje en las lagunas. Fisuras del terreno.

Grado VIII

a) Sustos y pánico general; también las personas que conducen automóviles sufren trastornos. Se desgajan las ramas de los árboles. Incluso los muebles pesados se desplazan y llegan a volcarse. Las lámpara colgadas sufren daños parciales.

- b) La mayoría de las construcciones de tipo A sufren daños de grado IV, muchas de grado III. Muchas construcciones de tipo B sufren daños de grado III, algunas, de grado II. Bastantes construcciones de tipo C sufren daños de grado II.
- c) Grietas en el terreno. En bastantes casos, cambia apreciablemente el flujo y nivel de los cursos de agua.

TIPOS DE CONSTRUCCION CUYO PROYECTO NO SIGUE NORMAS SISMORRESISTENTES

A) Edificaciones rurales

- 1. Bloques de piedra en seco, sin trabajar, piedras y barro como argamasa, adobes.
- 2. Canto rodado y barro, formando hormigones; tapial ordinario; piedra aparejada con trabazón a hueso; ladrillo de tejar cogido con argamasa.

Desde el punto de vista sísmico, el comportamiento de estas construcciones es de tipo precario.

B) Edificaciones ordinarias

- 1. Tapial real: hormigón en masa; fábrica de ladrillo, mampostería o bloques prefabricados; sillarejos y sillería.
- 2. Estructuras de pilares de hormigón o hierro y forjados cerámicos.
- Estructuras metálicas de nudos deformables.
- 4. Pórticos no arriostrados en la dirección normal a la luz.
- El comportamiento de estas construcciones es de tipo rígido.
- El carácter específico es la "carencia de supuesta oscilatoria".

C) Edificaciones reforzadas

- 1. Fábricas reforzadas con elementos elásticos, de acero o de hormigón armado.
- 2. Estructuras de hormigón armado, más o menos simétricas.
- 3. Estructuras metálicas de nudos soldados o roblonados, sin consideración especial de simetría.
- 4. Pórticos ligeramente arriostrados en la dirección normal a su luz.
- El comportamiento de estas construcciones es de tipo dinámico incipiente, pero no plenamente oscilatorio.
- El carácter específico es de una "cierta aptitud de deformación elástica y plástica".

Clasificación de los daños

- 1. Daños ligeros: fisuras en los revestimientos, caída de pequeños parches de revocos.
- 2. Daños moderados: grietas en los muros, derrumbamiento de pretiles, caídas de grandes zonas de revoco, grietas en las chimeneas e incluso derrumbamientos parciales.
- 3. Grandes daños: grandes grietas en los muros, derrumbamiento de las chimeneas sólidas y de elementos que no provoquen ruina grave.

- 4. Destrucción acentuada: brechas y hundimientos de los muros maestros, derrumbamiento parcial de los edificios, pérdida de cohesión en distintas partes o secciones de las construcciones, desmoronamiento de muros divisorios interiores, constituyendo ruina grave.
- 5. Colapso: ruina completa de la construcción, o de sus partes vitales.

Factor de fundición

Viene dado en el siguiente cuadro:

TERRENO

cimentación	fangos	gravas	rocas blandas	rocas	rocas
		y arenas	y gravas y arenas consolidadas	compactas	muy compactas
Pilotes por fuste	0,2	1,0	0,7	_	
Pilotes por punta	1,8	0,9	0,6	_	_
Zapatas aisladas	2,2	1,1	0,8	0,4	0,3
Zapatas corridas	2,1	1,0	0,7	0,4	0,3
Lozas	1,4	0,7	0,5	0,3	0,2

Este factor δ sirve para determinar, junto con otros, el coeficiente sísmico S según la fórmula:

$$S = a \cdot \eta \cdot \beta \cdot \delta$$

factor de intensidad

 η = factor de distribución

 β = factor de respuesta

 δ = factor de fundición

En base al coeficiente sísmico se determinan las acciones sísmicas verticales y horizontales.

Los terrenos para los cuales se ha dado el factor δ son:

- A) Zonas limosas y arcillosas del Area III
- B) Zonas de arenas y gravas del Cuaternario
- C) Zonas del Area II
- D) Zonas tectonizadas del Area I y de la Zona II₃
- E) Zonas sanas del Area I

Para cotas de cimentación bajo el nivel freático se tomarán en el caso C los valores de B y en el de B los de A.

Prescripciones para los diversos tipos de obras

Señalaremos sólo algunas prescripciones para estructuras corrientes en lo que se refiere a cimentaciones. Para estudios puntuales, debe ser consultada la Norma.

- a) cada bloque debe tener un sistema de cimientos homogéneo. Por ejemplo: no puede emplearse zapata en una parte y pilotes en otra.
- b) si existen fallas o cambios sustanciales de la naturaleza del terreno (cambios laterales, disposición errática, etc.) las cimentaciones a cada lado de la discontinuidad deben ser unidades independientes.

- para las cimentaciones discontinuas (pozos, pilotes, zapatas aisladas, etc.) debe disponerse un encadenado general que evite desplazamientos horizontales diferenciales.
- d) el enlace estructura-cimentación debe ser tal que no permita desplazamientos relativos.

3.8. CARACTERISTICAS GEOTECNICAS PROPIAMENTE DICHAS

3.8.1. Aspectos generales. Consideraciones metodológicas

Estudiada la influencia de los factores litológicos, geomorfológicos e hidrológicos, así como los riesgos naturales que pueden presentarse en el área estudiada, es necesario considerar las características geotécnicas (p.d), último factor a considerar para definir las propiedades constructivas de las diversas zonas en que se ha dividido el territorio estudiado.

Se englobará bajo el nombre de características geotécnicas, propiamente dichas (p.d), el conjunto de propiedades que sirven tanto para la caracterización de los diversos materiales existentes, según las clasificaciones habitualmente utilizadas en Mecánica de Suelos, como para identificar los estados de agregación del material (densidad, índice de huecos, etc.) las propiedades resistentes, deformaciones, de compactación, etc.

Se ha elaborado un Mapa Geotécnico de Ordenación Territorial repartido en tres planos a escala 1:25.000.

Las características geológicas ejercen una influencia decisiva sobre las características constructivas y por ello es necesario realizar algunas consideraciones metodológicas.

Estas características han sido investigadas puntualmente mediante sondeos con extracción de muestras y realización de penetraciones Standard (SPT), penetraciones dinámicas, calicatas, pocillos, sondeos sísmicos, sondeos eléctricos verticales, etc. En el Laboratorio de Geotecnia del IGME han sido realizados ensayos de identificación, resistencia, deformabilidad, compactación y otros, sobre las muestras extraidas. En principio estas características geotécnicas puntuales son solamente válidas para el punto correspondiente. Basta observar en los Mapas antes citados los valores puntuales que existen dentro de las diversas zonas geotécnicas delimitadas para constatar la existencia de dispersiones importantes tanto en sentido vertical (en un mismo punto) como en sentido horizontal dentro de una misma zona geotécnica. Esta es la razón que ha impuesto la conveniencia de reflejar mediante una simbología adecuada los valores puntuales obtenidos, que deben ser tenidos en cuenta a la hora de realización de cualquier obra, dando un especial relieve a los valores puntuales más cercanos.

El problema de pasar de unos valores puntuales a una valoración extendida es realmente complejo. Dentro de las formaciones litológicamente homogéneas, como es el caso de la Zona III₂ (arenas de playa), el problema es soluble por los métodos geoestadísticos, con un esfuerzo razonable. No sucede así, sin embargo, en el caso de las formaciones aluviales del Guadalhorce y Guadalmedina o en otras formaciones. En efecto, la acción transportadora y erosiva de las corrientes de arroyamiento, torrenciales y fluviales se caracteriza por su variabilidad en el espacio y en el tiempo, y aunque sea posible predecir ciertas pautas, que puedan dar origen a diferenciaciones litológicas cartografia—bles(mapas de isobaras, isoipsas, etc.) o estructurales (paleocauces) en general no es este el caso. Lógicamente, se trata de un problema de escala (en trabajos a escala 1:5.000 y mayor) y por tanto de objetivos. Mientras que para un estudio geotécnico puntual, p.ej. la

construcción de una planta industrial, es normal realizar un sondeo cada 1.000 m² o menos, que permita una diferenciación litológica aceptable, el presente estudio, de objetivos más globales, ha contado con poco más de un sondeo por 2 km², es decir, una densidad dos mil veces menor. La propia extensión horizontal de los diversos estratos cuaternarios es tan variable que cualquier interpretación detallada de litologías sería sumamente aventurada y forzosamente inexacta.

Debido a las limitaciones propias de la escala empleada se ha procedido integrando los diversos valores puntuales de cada formación (donde ha sido posible) o zona geotécnica, y trazando los histogramas de frecuencias relativas.

Dadas las limitaciones impuestas por la escala elegida (1:25.000) debe conferirse a las valoraciones extendidas o zonales un valor orientativo de cara a proyectos (ver apartado siguiente) y ser complementado por resultados de exploraciones más detenidas de acuerdo con las Campañas de Investigación Geotécnica recomendadas (ver Mapas Geotécnicos).

3.8.2. Campo de aplicación de Proyectos y Anteproyectos

De acuerdo con lo expuesto en el apartado anterior respecto a las limitaciones impuestas por la escala de trabajo puede concluirse en lo siguiente:

a) Anteproyectos

Los datos aportados por el presente Mapa son válidos para todo tipo de Anteproyectos en zonas urbanas (residencial, servicios y equipamientos), infraestructura sea cual sea su densidad, anteproyectos de zonas industriales (ligera y pesada); anteproyectos de zonas turísticas y recreativas, anteproyectos de estructuras de tierra (excavaciones, terraplenes, exploraciones, etc.).

b) Proyectos

Zonas de edificación urbana de estructuras ligeras, zonas de industria ligera (salvo maquinaria vibrante), estructuras de tierra de importancia no excesiva.

Es conveniente de todas formas en general, y necesario en los casos no cubiertos, la realización de las campañas suplementarias de Investigación Geotécnica indicadas en todos los casos y,como norma, de algún sondeo de control.

3.8.3. Características Geotécnicas Zonales

AREA I

Se trata de materiales rocosos con una tectonización y resistencia variable y por tanto con diferentes grados de alteración. El proceso de sedimentación y diagénesis que los ha conformado como rocas les ha conferido unas propiedades tenso-deformacionales claramente mejores que las del resto de los materiales presentes. Sin embargo debe tenerse en cuenta la presencia de fracturas, fallas y alteración de la roca a la hora de atribuir propiedades al macizo.

La resistencia de las rocas se ha clasificado de acuerdo con Deere, de la siguiente forma en base al ensayo de compresión simple:

Se han realizado medidas en campo y laboratorio con el martillo Schmidt (N $_{\rm S}$ medida de 5 determinaciones).

Se incluyen datos de densidad natural γ .N. y resultados de ensayo de tracción Brasileña.

Zona I₁

Resistencia a la compresión simple: alta N $_{s}>45$ $_{\gamma}$ N $_{2,82\text{-}2,78}$ gr/cm 3 Resistencia a la tracción 49,24 - 41,67 kg/cm 2

Zona I₂

A) Calizas

Resistencia a la compresión simple: alta N $_{s}>44$ $_{\gamma}$ N $_{2,69}$ gr/cm 3 Resistencia a la tracción 52,71 kg/cm 2

B) Filitas y Metareniscas

$$N_s > 35$$

C) Filitas y Grauvacas

$$N_s > .33$$

Zona 13

Resistencia a la compresión simple: alta $N_s > 41$ γ N 2,59 gr/cm³ Resistencia a la tracción 52,71 kg/cm²

Zona 14

A) Dolomías

Resistencia a la compresión simple: media-alta N $_{\rm S} > 42$ $_{\rm \gamma}$ N $^{-2,65}$ gr/cm 3

B) Calizas blancas

Resistencia a la compresión simple: media N_s > 50 $_{\gamma}$ N 2,78 - 2,63 gr/cm 3 Resistencia a la tracción 19,06 - 31,13 kg/cm 2

C) Calizas rojas

Resistencia a la compresión simple: media

 $_{\gamma}^{\rm N} > 38 \atop \gamma \, \rm N = 2,65 \, gr/cm^3$

Resistencia a la tracción 47,73 kg/cm²

AREA II

La constituyen materiales de edad Miocena cuyas características geotécnicas dependen de su litología.

Zona II₁

A) Pie de Monte

En la investigación de esta subzona se realizaron 4 sondeos mecánicos, 7 calicatas, 3 pocillos y 3 penetraciones, así como 2 sondeos sísmicos:

Clasificación USCS	CL (al norte de la zona, SC)	
Límite líquido	25 - 47 por ciento	
Indice plástico	10 - 30 por ciento	
Porcentaje tamiz 200	97 - 25 por ciento	
Humedad natural	9 - 20 por ciento	
Humedad natural (media)	13.4 por ciento	
Densidad	1,93 - 1,63 gr/cm ³	
Densidad media	1,78 gr/cm ³	
SPT (meida)	40	
q_{u}	0,44 - 4,30 kg/cm ²	
q _u (media) C	1.81 kg/cm ²	
c ^u	0,40 - 2,10 kg/cm ²	
C (media)	0,89 kg/cm ²	
ϕ	16 ⁰ - 29 ⁰	
ϕ (media)	22,2 ⁰	
C_C	0,06 - 0,20	
C _C C _C (media)	0,13	
$e_{\mathbf{O}}^{\circ}$	0,370 - 0,624	
e _O (media)	0,507	
SPT	Standard Penetration Test	
q_{ij}	Resistencia a la compresión simple	
c	Cohesión	
$egin{array}{c} {\sf q}_{\sf u} \ {\sf c} \ {\it \phi} \ {\sf C}_{\sf C} \end{array}$	Angulo de rozamiento interno	
C_{c}	Indice de compresión	
e _o	Indice de huecos	

Comparando los resultados de laboratorio de los diferentes sondeos se observa un mayor contenido en arenas hacia el norte de la zona (sondeo 49), reflejado en la clasificación USCS (SC), con menor resistencia a la compresión y cohesión.

B) Pie de Monte con costras calcáreas

Esta subzona se diferencia de la anterior por la presencia de niveles de costras calcáreas, producto de la proximidad de los materiales carbonatados de la Zona I₁. Se han realizado 4 sondeos mecánicos, 7 calicatas, 3 pocillos, 3 penetraciones y 2 sondeos de sísmica.

Clasificación USCS	CL - CH
Límite líquido	18,40 - 61,90 por ciento
Indice plástico	2,78 - 32,59 por ciento
Porcentaje tamiz 200	99,35 - 35,49 por ciento
Humedad natural	10,36 - 27,74 por ciento
Humedad natural (media)	16.5 por ciento
Densidad	1,47 - 1,85 gr/cm ³
Densidad (media)	1,47 - 1,85 gr/cm ³ 1,73 gr/cm ³
SPT (media)	26
q_{ij}	0,44 - 3,42 kg/cm ² 1,36 kg/cm ²
q _u q _u (media)	1,36 kg/cm ²
C	0 - 1,80
c (media)	0,76
ϕ	17 ⁰ - 27 ⁰
ϕ (media)	21 ⁰
- SPT	Standard Penetration Test
- q _u	Resistencia a la compresión simple
- C	Cohesión
- φ	Angulo de rozamiento interno
•	-

Zona II₂

Comprende las litologías siguientes: arenas, arcillas y margas, arenas y arcillas.

A) Arenas y arcillas

Estas dos litologías se separaron con criterios de campo atendiendo a la presencia o no de niveles arenosos.

Sus características mecánicas son las siguientes:

Subzona arcillosa:

Gabzona aromoda.	
Límite líquido	48,40 - 30,20 por ciento
Indice plástico	31,93 - 13,33 por ciento
Porcentaje tamiz 200	98,38 - 73,98 por ciento
Humedad natural	10,70 - 16,26 por ciento
Humedad natural (media)	13,67 por ciento
Densidad	1,75 - 1,89 gr/cm ³
Densidad (media)	13,67 por ciento 1,75 - 1,89 gr/cm ³ 18,1 gr/cm ³
Clasificación USCS	CL
SPT	39
q _u	4,08 - 1,62 kg/cm ² 2,85 kg/cm ²
qu (media)	2,85 kg/cm ²
C	0,75 - 190
c (media)	1,33
ϕ	13 ⁰ - 27 ⁰
ϕ (media)	9 ^o
C_{c}	0,07 - 0,22
C _c C _c (media)	0,10
eo	0,630 - 0,335
e _o (media)	0,429
- q _u	Resistencia a la compresión simple
- C	Cohesión

- φ	Angulo de rozamiento interno
- C _C	Indice de compresión
- e _O	Indice de huecos
- SPT	Standard Penetration Test
Subzona arenosa: Características mecánicas	
Porcentaje tamiz 200	1,79 - 5,15 por ciento
Humedad natural	15,28 - 16,11 por ciento
Humedad natural (media)	15,69 por ciento
Densidad	1,56 - 1,58 gr/cm ³
Densidad (media)	1,57 gr/cm ³
USCS	SP
SPT	33
- SPT	Standard Penetration Test

B) Arcillas y margas

En esta subzona se han realizado 5 sondeos mecánicos, 6 calicatas, 4 pocillos y 8 penetraciones. Las margas se encuentran recubiertas por materiales arcillosos o arenosos cuya potencia sobrepasa en ocasiones la profundidad de los sondeos, por lo que no se han detectado.

Características mecánicas de las arcillas:

Límite líquido Indice plástico Porcentaje tamiz 200 Humedad natural Humedad natural (media) Densidad Densidad (media) Clasificación US SPT q_u q_u (media) c c c c d	45,50 - 28,70 por ciento 30,36 - 12,63 por ciento 14,25 - 98,91 por ciento 12,68 - 18,57 por ciento 14,14 por ciento 1,71 - 1,80 gr/cm ³ 1,75 gr/cm ³ CL-SC 50 2,12 - 8,15 kg/cm ² 4,50 kg/cm ² 0 - 2,10 1,05 14° - 35° 23° 0,06 - 0,09 0,07 0,558 - 0,451 0,509
- SPT - q _u - c	Standard Penetration Test Resistencia a la compresión simple
- φ - C _C	Cohesión Angulo de rozamiento interno Indice de compresión
- e ₀	Indice de huecos

Características mecánicas de las margas:

66,08 - 41,33 por ciento Límite líquido 34,88 - 20,00 por ciento Indice plástico 99,02 - 86,45 por ciento Porcentaje tamiz 200 16,12 - 28,43 por ciento Humedad natural 23,76 por ciento 1,48 - 1,68 gr/cm³ 1,56 gr/cm³ Humedad natural (media) Densidad Densidad (media) CH Clasificación USCS 36 **SPT** 6,00 - 1,54 kg /cm² 3,59 kg/cm² q_{u} q_u^u (media) 0,75 - 2,90 1,75 c (media) 9⁰ - 15⁰ 13⁰ ϕ (media) C_c (media) 0,08 - 0,19 0,11 0,843 - 0,646 e_o (media) 0,698 Standard Penetration Test - SPT Resistencia a la compresión simple - q_u Cohesión - c` Angulo de rozamiento interno - φ Indice de compresión - C_c - e_o Indice de huecos

Zona II₃

Comprende dos tipos de conglomerados cuyas diferencias, aparte del tamaño de los clastos, es el tipo de cemento que los une: en un caso carbonatado y en otros silíceo.

Resistencia media-alta q_u (media) 196 kg/cm²

La presencia de discontinuidades tectónicas influye desfavorablemente en sus características mecánicas, disminuyendo los valores medios de sus parámetros geotécnicos.

AREA III

Se trata de materiales recientes (cuaternario) depositados por la acción fluvial, torrencial, el hombre, etc. Por su carácter reciente se encuentran poco consolidados a excepción de la Zona III3 en que presentan una cementación.

Litológicamente son semejantes a los del Area II, arcillas, arenas, gravas, etc., aunque en esta Area de mayor extensión superficial presentan mayor problema en cuanto a su delimitación.

Sus características puntuales pueden verse en los Mapas Geotécnicos al igual que las extendidas o zonales.

Zona III₁

Esta zona, al ser la de mayor extensión superficial dentro del área estudiada y poseer unas condiciones óptimas para la expansión, es en la que se han realizado mayor número de obras, 28 sondeos mecánicos, 25 calicatas, 16 pocillos, 24 penetraciones y 14 perfiles eléctricos.

Al estudiar los resultados procedentes de los análisis efectuados a las diferentes muestras se observaron tres litologías distintas: arenas y gravas, arcillas, y arenas. Estas litologías se encuentran entremezcladas en algunos sondeos y otras aparecen independientes. Se intentó delimitarlas en los planos litológicos pero no fue posible por su disposición irregular y caótica, tanto en superficie como en profundidad. No obstante, las características mecánicas de la Zona III₁ se han separado atendiendo a la litología preferente de cada sondeo. De esta manera se darán las características geotécnicas de las arcillas, arenas y gravas, y arenas.

Características geotécnicas de las arcillas de baja plasticidad:

Límite líquido 49,59 - 29,03 por ciento Indice plástico 9,89 - 33,30 por ciento Porcentaje tamiz 200 62,39 - 99,20 por ciento Humedad natural 27,23 - 11,86 por ciento 19,55 por ciento 2,20 - 1,54 gr/cm³ 1,82 gr/cm³ Humedad natural (media) Densidad Densidad (media) Clasificación USCS CL. SPT 19 6,406 - 0,677 kg/cm² 1,52 kg/cm² qu (media) 1,80 - 0,55 c (media) 0,75 25° - 15° 20⁰ ϕ (media) C_c (media) 0,05 - 0,29 0,18 0,813 - 0,261 e_o (media) 0,561 - SPT Standard Penetration Test - q_u Resistencia a la compresión simple - C Cohesión - φ Angulo de rozamiento interno - C_c Indice de compresión Indice de huecos

Características mecánicas de las arcillas de alta plasticidad:

Límite líquido	73,50 - 50,73 por ciento
Indice plástico	52,01 - 21,33 por ciento
Porcentaje tamiz 200	99,61 - 96,30 por ciento
Humedad natural	16,61 - 38,97 por ciento
Humedad natural (media)	26,16 por ciento

Densidad	1,61 - 2,18 gr/cm ³ 1,94 gr/cm ³
Densidad (media)	1,94 gr/cm ³
Clasificación USCS	CH
q_{u}	7,054 - 0,783 kg/cm ² 2,745 kg/cm ²
qu (media)	2,745 kg/cm ²
c	1,20 - 1,80
c (media)	1,50
ϕ	18 ⁰ - 20 ⁰
ϕ (media)	19 ⁰
C_c	0,06 - 0,39
C _c C _c (media)	0,16
eo	1,097 - 0,446
e _o e _o (media)	0,73
- q ₁₁	Resistencia a la compresión simple
- c	cohesión
- φ	Angulo de rozamiento
- C _C	Indice de compresión
- q _u - c - φ - C _c - e _o	Indice de huecos
4	

Características mecánicas de las arenas:

Límite líquido Indice plástico Porcentaje tamiz 200 Humedad natural Humedad natural (media) Densidad Densidad (media) Clasificación USCS SPT qu qu (media) c c (media) c c (media) \$\phi\$ (media) C_c (media) - SPT - qu - c - \$\phi\$	19,42 - 42,80 por ciento 5,52 - 28,13 por ciento 1,50 - 93,88 por ciento 5,25 - 27,66 por ciento 14,51 por ciento 1,51 - 2,20 gr/cm ³ 1,76 gr/cm ³ SM - SP - SC 33,24 0,32 - 0,666 kg/cm ² 0,49 kg/cm ² 0 - 0,75 0,41 22° - 38° 29,1 0,01 - 0,14 0,076 0,411 - 0,749 0,576 Standard Penetration Test Resistencia a la compresión simple cohesión Angulo de rozamiento interno
- φ - C _c - e _o	Angulo de rozamiento interno Indice de compresión Indice de huecos

Características mecánicas de arenas y gravas:

Límite Iíquido	20,53 - 27,50 por ciento
Indice plástico	6,79 - 10,77 por ciento
Porcentaje tamiz 200	2,96 - 43,77 por ciento

Humedad natural Humedad natural (media) Densidad Densidad (media) Clasificación USCS SPT c c (media) \$\phi\$ (media) \$C_c\$ (media) \$C_c\$ (media) \$e_o\$ (media)	2,20 - 8,65 por ciento 5,62 por ciento 1,74 gr/cm ³ 1,74 gr/cm ³ GC - GP - GW 54,5 0,40 0,40 23° 23° 0,04 0,11 0,474 0,58
- SPT	Standard Penetration Test
- c	cohesión
- φ	Angulo de rozamiento interno
- C _c	Indice de compresión
- e _o	Indice de huecos

$Zona III_2$

En este apartado están incluidas las arenas de playa y las dunas. Se han realizado 3 sondeos mecánicos y 1 pocillo.

Las características mecánicas son las siguientes:

Porcentaje tamiz 200	1,72 - 13,18 por ciento	
Humedad natural	13,01 - 18,63 por ciento	
Humedad natural (media)	16.02 por ciento	
Densidad	1,52 - 1,63 gr/cm ³	
Densidad (media)	1,58 gr/cm ³	
Clasificación USCS	SM - SP	
SPT	43	
С	0	
q _u	35 kg/cm ²	
ϕ^{-}	35 ⁰ 39 ⁰	
ϕ (media)	37 ⁰	
C_{c}	0,04 - 0,34	
C _C (media)	0,148	
e _o	0,651 - 0,794	
e _o (media)	0,727	
- SPT	Standard Penetration Test	
- q ₁₁	Resistencia a la compresión simple	
- C	cohesión	
- φ	Angulo de rozamiento interno	
	Indice de compresión	
- C _C - e _O	Indice de huecos	
•		

Zona III₃

Presenta los mismos materiales que la Zona II₃, aunque en ella los cantos son menores (1-3 cm). Tanto su potencia como extensión es reducida.

$$N_s > 28$$

Zona III₄

Está formada por materiales tobáceos. En la zona de Torremolinos presentan mayor extensión superficial y potencia. La presencia de oquedades, algunas rellenas de material areno-arcilloso, hacen necesario un reconocimiento detallado antes de proceder a una cimentación.

$$N_s > 25$$

Zona III₅

Se han agrupado en ella los coluviales y conos de deyección.

Litológicamente están formados por bolos, bloques, gravas, arenas y arcillas. El carácter anguloso de los materiales gruesos mejora la resistencia a la fricción intergranular, pero la situación morfológica sobre la que se encuentran enclavados los coluviales desaconsejan el ubicar cimentaciones sobre ellos. Por otra parte, las aguas superficiales arrastran los materiales finos produciendo reajustes en la masa, ocasionando deformaciones; por ello esta zona presenta características mecánicas deficientes.

Zona III₆

Corresponde a depósitos de relleno creados por el hombre y en terrenos ganados al mar. Son materiales diversos, escombros mezclados con zahorras y bloques de roca. En ocasiones presentan oquedades enmascaradas por la compactación deficiente. Geotécnicamente deben ser mirados con recelo por ser de comportamiento difícilmente previsible.

3.9. YACIMIENTOS Y EXPLOTACIONES DE MATERIALES UTILIZADOS EN CONSTRUCCION

Los existentes en la zona estudiada están señalados en los Mapas Litológicos. Existen 22 activos, 2 intermitentes y 2 inactivos. Los materiales que explotan son: arenas y gravas del Cuaternario, margas y arcillas del Plioceno, arcillas Miocenas y Pliocuaternarias, calizas del Jurásico y Triásico, y pizarras Paleozoicas. Salvo las calizas Triásicas que se utilizan como rocas de construcción, el resto, previo o no a un machaqueo o calibrado, se utiliza como áridos (estructuras y viales) o fabricación de cementos.

A continuación se reseñan las características de las explotaciones activas en el año 1979.

Características de las explotaciones activas en el año 1979

núm.	material	nombre Empresa	producción aproximada m ³ /año	preparación instalación
1	arenas (Cuaternario)	Lara Francisco		
2	mármol (Unidad Blanca)	Yacimiento sin explotar		
3	arenas	Palomo Andrés		
4	arenas (Cuaternario)			
5	arenas (Cuaternario)			
6	gravas (Cuaternario)	Juan Maldonado	270.000	sí
7	gravas (Cuaternario)	Francisco Porras	300.000	31
8	margas (Plioceno)	Cerámica Santa Marta		
9	margas (Plioceno)	Cerámica San Rafael		
10	margas (Plioceno)	Montes Higinio		
11	margas (Plioceno)	Cerámica Anato Alamo	12.000	
12	margas (Plioceno)	Cooperativa Santa Inés		
13	margas (Plioceno)	Cerámica Saly		
14	margas (Plioceno)	Prolongo Prudencio		
15	arcillas (Mioceno)	Maqueda Cerámica		sí
16	arcillas (Plioceno)	La Mediterránea		sí
17	calizas (Jurásico)	Cantera Los Angeles	360.000	sí
18	calizas (Jurásico)	Sociedad Financiera y Minera	700.000	sí
19	calizas (Jurásico)	Dragados y Construcciones, S.A.	700.000	31
20	calizas (Jurásico)	Villalba Aragonés Manuel	12.500	sí
21	calizas (Triásico)	Francisco Reina Martín	200.000	sí
22	pizarras (Paleozoico)	Sociedad Financiera y Minera	-55.555	31
23	pizarras (Paleozoico)	Sociedad Financiera y Minera		
24	mármoles	Cantera de Churriana (Silleros)		
25	mármoles	Cantera de Churriana (Silleros)		
26	mármoles	Cantera de Torremolinos		
27	mármoles	Cantera de Torremolinos		

1. Arenas

Se engloban en este apartado todos los materiales exclusivamente arenosos o aquellos yacimientos mixtos en los que las arenas son predominantes.

Las arenas extraidas se utilizan como áridos, y como material de préstamo para la construcción.

Las características más importantes de las que se explotan por "Lara Francisco" son:

Ensayos de áridos

Materia orgánica	0,10	°/o
Equivalencia de arena	70,00	°/0
Presencia de sulfatos:	si	

Las reservas son relativamente altas y se está trabajando en esta explotación desde hace dos años.

La explotación de "Palomo Andrés" da:

Materia orgánica	0,03	°/o
Equivalencia de arena	42,37	0/0
Presencia de sulfatos:	si	

2. Gravas

Se encuentran de modo preferente en terrenos cuaternarios. Estas gravas se las utiliza en su totalidad para la obtención de áridos y para la construcción.

El río Guadalhorce presenta depósitos de importancia.

3. Margas y arcillas

Se encuentran en terrenos pliocenos.

Se emplean para productos cerámicos, son fácilmente explotables (recubiertos por arcillas) y con grandes reservas.

Las características medias se detallan a continuación.

a) Análisis químicos (en tanto por ciento)

SiO ₂	43,48
Al_2O_3	13,66
Fe_2O_3	4,10
TiO ₂	0,39
CaO	15,84
MgO	2,32
K ₂ O	0,56
Na ₂ O	0,72
so ₃	0,08
P.p.c.	18,85

b) Análisis granulométrico de la muestra (en tanto por ciento)

2-0,2 mm	0,2-0,02 mm	20-2	2	edad
1,2-8,3	18,1-45	13-34	31,5-44,8	plioceno

c) Análisis mineralógico de la muestra global (en tanto por ciento)

cuarzo	calcita	dolomita	arcilla	edad
20-35	10-35	5-20	30-45	plioceno

d) Análisis mineralógico, fracción 2 (en tanto por ciento)

micas	para.	clor.	esmec.	kand.	edad
35-60	0-5	0-15	0-10	0-30	plioceno
(para.: paragonita,	: clor.: c	loritas; esmec.:	esmectitas;	kand.: kanditas).	

Arcillas

Pertenecen en su mayoría a terrenos pliocenos, aunque en menor proporción son visibles en terrenos miocenos y cuaternarios. Las reservas se pueden calificar como muy grandes, debido a la extensión y continuidad lateral de todos los yacimientos.

Las industrias que se benefician de estos niveles fabrican los productos clásicos: ladrillos, tejas, etc.

Las producciones anuales oscilan entre: 18.000 y 60.000 t y con un rendimiento del todo uno que oscila entre 85 y 100 por ciento.

4. Calizas

Constituyen uno de los materiales más abundantes a la vez que de mayor importancia industrial.

Pertenecen principalmente al Trías y Jurásico.

Las correspondientes al Trías resultan ser una alternancia de calizas y dolomías.

Las reservas son grandes, teniendo como aplicación fundamental la industria de áridos y, en menor escala, para rocas ornamentales y aglomerantes.

Las calizas correspondientes al Jurásico están situadas en niveles más o menos estratificados y son de naturaleza muy variada. Tanto el grado de explotabilidad como las reservas son muy favorables, debido sobre todo a su gran abundancia.

Sus aplicaciones son las clásicas de estos materiales: áridos, construcción y aglomerantes.

Calizas para áridos

Las características técnicas de las calizas para áridos se deducen de los resultados de los estudios y ensayos efectuados. Las características más importantes de los que se explotan por "Dragados y Construcciones, S.A." son:

a) Análisis químico (en tanto por ciento)

SiO ₂	0,82
Al ₂ O ₃	0,02
Fe ₂ O ₃	0,34
TiO ₂	
CaO	54,68
MgO	0,56
K ₂ 0	no
Na ₂ O	no
so ₃	0,05
P.p.c.	43,53

b) Ensayos de áridos

Desgaste Los Angeles A	29,76	
Desgaste Los Angeles C		
Peso específico aparente	2,671	
Peso específico real	2,725	
Absorción de agua	0,74	
Estabilidad al SO ₄ Mg	2,07	
Adhesividad ^O /o piedra cubierta		

Caliza para aglomerantes

Los niveles que se explotan para esta utilización son predominantemente jurásicos. Se han logrado los siguientes resultados, en cuanto a su composición química, expresada en tanto por ciento.

SiO ₂	4,92
Al_2O_3	0,31
Fe ₂ O ₃	0,57
TiO ₂	
CaO	54,41
MgO	0,44
K ₂ O	0,06
Na ₂ O	0,02
so ₃	indicios
P.p.c.	41,27

Tipo de roca, osparita

Otras determinaciones:

Textura: oolítica con cemento esparítico. Fisuras rellenas de carbonato.

Mineralogía: calcita

Las reservas son muy grandes, con una producción anual de 840.000 t y con un rendimiento del 100 por ciento.

Calizas para usos varios

Se quiere destacar la explotación de estas calizas para su aplicación en las fábricas azucareras. Son calizas de una extraordinaria pureza.

Los análisis químicos de las muestras extraidas en yacimientos jurásicos han dado los siguientes resultados:

Análisis químico

SiO ₂	0,58
Al ₂ O ₃	indicios
Fe ₂ O ₃	0,16
TiO ₂	_
CaO	55,19
MgO	0,36
K ₂ O	no
Na ₂ O	no
so ₃	no
P.p.c.	43,71

5. Pizarras

De escaso interés, aunque sus afloramientos tengan una gran extensión y potencia.

Las características químicas de las muestras obtenidas de los niveles paleozoicos, expresados en tanto por ciento, son:

SiO ₂	56,60
Al_2O_3	17,92
Fe ₂ O ₃	7,68
TiO ₂	0,60
CaO	0,82
MgO	2,44
K ₂ O	4,12
Na ₂ O	2,28
SO_3	no
P.p.c.	7,54

6. Mármoles

Dentro de este apartado podemos diferenciar dos series: Blanca y Azul. El mármol blanco no presenta una estratificación masiva, aparece muy triturado y en algunas zonas donde está alterado aparecen arcillas rojas. Presentan algunas oquedades y en algunas ocasiones aparece como una brecha grisácea.

La producción aproximada en el año 1979 ha sido de unas 80.000 t, siendo el análisis granulométrico de una muestra tomada en esta zona (muestra 26):

Arena	0,5
Gravilla	5-12
Grava	12-25

El mármol azul se presenta en bancos de 30 cm - 1 m, con intercalaciones de mármol de tonos blancos y textura de grano fino.

El análisis granulométrico de una muestra de este mármol de tono azul nos dio el siguiente resultado (muestra 24). Esta muestra es de una cantera de Churriana.

Polvo	0 - 3
Gravilla	3 - 6
1	6 - 15
2	15 - 25
3	25 - 38
Macada	38 - 70

Esta cantera tiene 12 obreros y una producción de 200.000 t año.

Otra muestra perteneciente a otra cantera de Churriana dio el siguiente resultado (muestra 25):

Polvo	0 - 3
Gravilla	3 - 6
1	5 - 15
2	15 - 25
3	25 - 38
Macada	40 - 70

Este mármol se emplea para aglomerado y cementos. Con una producción de $1.500\ t/d$ ía aproximadamente.

4. INTERPRETACION GEOTECNICA, CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS

4.1. METODOLOGIA

El conjunto de aspectos con incidencia constructiva estudiados en los apartados precedentes (litología, tectónica, geomorfología, hidrología y riesgos), junto con las características geotécnicas propiamente dichas, determinan las características constructivas, que son el factor que interesa al urbanista, arquitecto, ingeniero o contratista a la hora de evaluar la incidencia del terreno en su problema concreto.

Los elementos de obra considerados para cada zona geotécnica, unidad básica del presente estudio, son los más comunes. Por el carácter de este trabajo, necesariamente general, las hipótesis consideradas son restrictivas y susceptibles de crítica pero pensamos que de indudable utilidad dentro de su carácter orientativo.

Se estudiará para cada zona:

- 1. Morfología, accesibilidad.
- 2. Cimentaciones tipo y parámetros mecánicos (para zapatas cuadradas).
- 3. Viales. Explanaciones (desmontes y terraplenes). Aptitud para préstamos
 - Drenaje superficial y subterráneo
 - Aptitud de la subrasante como cimiento de firmes
- 4. Obras subterráneas
 - Drenaje
 - Empujes
- 5. Elementos comunes a 1, 2, 3 y 4
 - Excavabilidad
 - Taludes y contenciones

La valoración constructiva general, reflejada en los diversos Mapas Geotécnicos, abarca cuatro calificaciones:

Muy favorable Favorable Aceptable Desfavorable

A estas calificaciones se ha llegado mediante un proceso de síntesis de valoración parciales para los distintos aspectos constructivos reseñados de la siguiente forma (se consideran factores principales el 1, 2 y 3).

Muy favorable

Valoración mínima parcial aceptable en aspectos no principales y favorable o muy favorable en los principales.

Aceptable

Admite valoración desfavorable en los aspectos secundarios.

Desfavorable

Valoración desfavorable en uno o más aspectos principales.

Los aspectos valorados como principales lo han sido en base a ser los de incidencia principal en los planteamientos urbanístico y constructivo en cuanto a incidencia del terreno, tanto por la magnitud de los problemas que originan como de los costos porcentuales.

4.2. CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS ZONALES

AREAI

Mofología. Accesibilidad

El análisis de las pendientes de esta Area indica la existencia de amplias zonas no utilizables por su morfología y otras en las que serían necesarias obras muy costosas para darles acceso.

Se ha valorado esta Area como Desfavorable por su morfología y accesibilidad.

Cimentaciones

Al presentarse esta Area con abundantes recubrimientos inferiores a 1 m (no cartografiados) habrá que eliminarlos antes de efectuar una cimentación.

En función de los ensayos in situ y de laboratorio realizados a las diferentes muestras, se recomiendan a título orientativo las presiones admisibles de cada litología.

Los materiales arrancados son buenos para utilizarlos como material de préstamo, a excepción de la Zona 13 por ser muy arcillosa, con presencia de sulfatos. Los materiales carbonatados son utilizados para áridos (ver yacimientos de materiales).

Por otra parte del drenaje superficial, dada la abrupta morfología y escasa permeabilidad de los materiales, comportará obras costosas. El drenaje de aguas subterráneas no presentará problemas salvo en excavaciones importantes y asociado a zonas de vaguadas en las que habría que efectuar drenes especiales.

Los materiales de esta Area a excepción de la Zona I₃ se consideran Favorables, y los de la Zona I₃ Desfavorables.

Obras subterráneas

Para la realización de cualquier obra subterránea será necesario el empleo de explosivos en las Zonas I₁, I₂ e I₄. La Zona I₃ y la zona alterada de I₂ puede presentar problemas, al estar muy tectonizada y ser previsibles empujes y deslizamientos.

Excavabilidad

A excepción de la zona de rocas blandas de l₃ (arcillas y yesos) y partes alteradas de los materiales rocosos ripables, es necesario el empleo de explosivos.

zona	litología	resistencia a la compresión simple	Martillo Schmith N _s	γΝ	resistencia a la tracción
¹ 1	mármol	alta	45	2,82-2,78	49,24-41,67
12	calizas	alta	44	2,69	52,71
12	filitas y metareniscas	media-alta	35		,
12	filitas y grauvacas	media-alta	33		
13	areniscas rojas	alta	41	2,59	52,71
14	dolomías	media-alta	42	2,65	·
14	calizas blancas	alta	50	2,78-2,63	19,06-31,15
14	calizas rojas	alta	38	2,65	47,73

En caso de cimentaciones al borde de zonas con taludes pronunciados, deben considerarse las diaclasas, estratificaciones, buzamientos y demás discontinuidades por poder favorecer un deslizamiento de la zapata. Los caudales a drenar no es probable que sean importantes salvo en casos aislados.

Viales:

Dada la morfología abrupta, los problemas de trazado y movimiento de tierras serán importantes, agravados por la necesidad imperante de utilizar explosivos para arrancar la roca.

Taludes y contenciones

No serán problemáticos excepto en la Zona I_3 . En lugares puntuales de I_2 en los que afloran esquistos o pizarras, pueden presentar problemas los taludes mayores de 12 m.

En las zonas rocosas $(I_1, I_2 y I_4)$ se pueden producir desprendimientos de bloques y, en general, en zonas de alternancia de materiales blandos y duros.

AREA II

Zonas II₁ y II₂ Morfología y accesibilidad

Del estudio de las pendientes, se deducen resultados más favorables que en la Zona I, ya que oscilan entre 3 y 7 por ciento. La accesibilidad es también más favorable. Sin embargo, la morfología plana de las amplias zonas Cuaternarias, coloca la posible utilización de éstas en marginal.

Cimentaciones

Los problemas que pueden presentarse provienen de la inestabilidad de las paredes en zanjas o excavaciones que superan los 9 m de profundidad, así como de la baja capacidad de carga de estos materiales.

Las características para cimientos deducidas del cómputo de ensayos realizados son:

zona	litología	Z (m)	a (kg/cm ²)	S (cm)
111	Pie de Monte	1,50	0,5 - 1	2,5 - 5,0
'		3,00	0,5 - 1	2,5 - 5,5
		4,50	0,5 - 1	1,5 - 6,5
	Pie de Monte con costras calcáreas	1,50	0,5 - 1	2 - 4
		3,00	0,5 - 1	3 - 6
		4,50	0,5 - 1	1,5 - 2,5
		7,50	0,5 - 1	2 - 4
112	Arenas	1,50	0,5 - 1	2,5 - 4,5
2		3,00	0,5 - 1	1,5 - 2,5
		4,50	0,5 - 1	2,5 - 4,0
		7,50	0,5 - 1	1,5 - 2,5
	Arcillas y/o Margas	1,50	0,5 - 1	2,5 - 4,5
	, ,	3,00	0,5 - 1	3 - 6
		4,50	0,5 - 1	1,5 - 3,0
		7,50	0,5 - 1	2,5 - 4,0

A la vista de estos resultados (capacidad de carga baja) es necesario un estudio cuidadoso y detallado antes de proceder a realizar cimentaciones. En consecuencia su aptitud para usos intensivos de carácter urbano o industrial es marginal, teniendo en cuenta las características mecánicas de otras áreas.

Viales

Los materiales arrancados pueden, en general, utilizarse para préstamo, aunque habría que mezclarlos con otros de granulometría más grosera.

Obras subterráneas

En la realización de obras subterráneas habrá que tener en cuenta los problemas normales de los suelos arcillosos, dimensionando adecuadamente los revestimientos. Al existir niveles de granulometría más grosera entre las arcillas, pueden presentarse problemas de drenaje, aunque los caudales serán de escasa importancia.

Excavabilidad

Estos terrenos, al ser blandos, no necesitan el uso de explosivos para su arranque. En las zonas predominantemente arcillosas será conveniente el uso de máquinas tipo oruga.

Taludes y contenciones

Los taludes en rocas blandas (arcillas) serán problemáticos, por ello deben ser objeto de estudio especial. Como criterio orientativo puede pensarse en 2/1 (H/V).

Zona II₃

Al estar estos materiales cementados (conglomerados) presentan características mecánicas iguales al Area I.

Se les ha asignado unas características constructivas Favorables al no presentar problemas hidrológicos, geomorfológicos y mecánicos.

AREA III

Esta Area se caracteriza por estar todas sus zonas formadas por materiales Cuaternarios y por tanto de reciente formación geológica. En general se encuentran poco o nada consolidados. Su disposición es lentejonar y errática, por lo que dentro de una misma Zona se dan independientemente las características mecánicas para cada litología.

Morfología y accesibilidad

Poseen una morfología y accesibilidad muy favorable, a excepción de la Zona III5 formada por coluviales a veces con pendientes superiores al 7 por ciento.

El resto de las zonas poseen unas pendientes inferiores al 3 por ciento. La accesibilidad es buena a todas las Zonas, con excepción de la III₅.

Cimentaciones

litologías.

No serán problemáticas las excavaciones inferiores a 7 m, salvo en las zonas donde aparezcan lentejones arenosos, cuya transmisibilidad es alta y ocasionará problemas de drenaje y contención de taludes.

En la Zona III₃ próxima al mar existirán problemas de contaminación e intrusio-

nes de agua salobre. Las excavaciones por debajo del nivel freático presentarán problemas costosos,

debiendo ser objeto de estudios previos.

A continuación se exponen valores para cimentaciones en las diferentes Zonas y

zona	litología	Z (m)	a (kg/cm ²)	S (m)
'	Arcillas alta plasticidad	1,50	0,5 - 1	1,5 - 6
	·	3,00	0,5 - 1	3 - 4
		4,50	0,5 - 1	2,5 - 4
		7,50	0,5 - 1	1 - 3
	Arcillas baja plasticidad	1,50	0,5 - 1	3 - 6
	,,	3,00	0,5 - 1	3 - 5
		4,50	0,5 - 1	3 - 5
Arenas		7,50	0,5 - 1	3 - 3,5
		12,00	0,5 - 1	1 - 2
	Arenas	1,50	0,5 - 1	1 - 5
	, , , , , , , , , , , , , , , , , , , ,	3,00	0,5 - 1	2 - 4
		4,50	0,5 - 1	1 - 3
		12,00	0,5 - 1	0,3
1112	Arenas	1,50	0,5 - 1	1,65
	, , , , , , , , , , , , , , , , , , , ,	3,00	0,5 - 1	4 - 6
		4,50	0,5 - 1	2 - 2,5
		7,50	0,5 - 1	1,5
		12,00	0,5 - 1	0,70

Zonas III3 y III4

Las condiciones de cimentación no presentan problemas, al estar ambas formadas por areniscas y conglomerados. Pueden tomarse los valores del Area I.

En la Zona III₄ es conveniente realizar estudios detallados para detectar posibles oquedades.

Se las ha considerado Aceptables.

Zona III5

Antes de iniciar la cimentación es necesario comprobar si los coluviales están consolidados o no, así como si son móviles. En caso afirmativo es conveniente variar la cimentación. Desfavorables.

Zona III₆

Los espesores de estos rellenos artificiales varían según su ubicación. Al ser materiales de composición homogénea, cascotes, arcillas, limos, etc., es conveniente no cimentar sobre ellos eliminándolos o pilotando sobre la formación subyacente. Aceptables.

Viales

Al ser materiales de composición granular se pueden utilizar como terreno de préstamo con excelentes resultados. Puntualmente pueden aparecer lentejones arcillosos, de carácter más o menos arenoso que, aun siendo inferiores en calidad, son tolerables.

Dada la escasa pendiente los movimientos de tierra serán pequeños, a excepción de la Zona III_4 en la que,aparte de la necesidad de utilizar explosivos para el arranque, los movimientos pueden eventualmente incrementarse.

Respecto al drenaje, hay zonas que pueden presentar problemas puntuales, por estar el nivel freático muy superficial.

Obras subterráneas

Todo tipo de obras subterráneas presentan problemas a causa de la falta de cohesión y cementación de los materiales de las Zonas III_1 , III_2 , III_5 y III_6 .

En el caso de obras por debajo del nivel freático, el problema es mucho mayor, y está agravado por la proximidad del mar y la influencia que éste tiene.

Excavabilidad

Los materiales de las Zonas III $_3$ y III $_4$ necesitan el uso de explosivos para su arranque mientras que los de las Zonas III $_1$, III $_2$, III $_5$ y III $_6$ son ripables.

Taludes y contenciones

Los taludes en las Zonas III_3 y III_4 pueden ser del tipo 1/3 (H/V) y no presentan problemas.

Para las Zonas III₁, III₂, III₅ y III₆ los taludes admisibles son del tipo 1/1 (H/V) por el carácter blando de los niveles arcillosos y de las arenas.

Respecto a las contenciones, serán necesarias en todos los casos.

Instituto Geológico y Minero de España

Hoja Geotécnica 1:200.000, Granada - Málaga Hoja de Rocas Industriales 1:200.000, Granada - Málaga Hojas MAGNA 1:50.000 de Málaga, Torremolinos, Alora y Coín Mapa Nacional de Vulnerabilidad de Acuíferos a la Contaminación

Normativa

British Standard: Code of Practice for Foundations Din 1054 Ministerio de la Vivienda: Normas Tecnológicas de la edificación referente a problemas geotécnicos ECV, ADD, CEG, ADV, ADZ, ADE, ASD

Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo

Datos climáticos para carreteras
Balances hídricos Tomo VII
Aforos
Estudio Previo de Terrenos - Autopista del Mediterráneo, tramo Rute Málaga

Servicio Meteorológico Nacional

Boletines de Climatología

Textos Generales

Terzaghi-Peck, Jiménez Salas, Lambe-Witman, Schulze, Krynnine Judds, Sowers, Coates

Eduardo Caballero Monrós. Ricardo Alvarez de Toledo y Gross Plan General de Ordenación del este del Río Guadalhorce. Dic. 68

Javier Briales Jiménez. Angel González Fernández Los suelos de Málaga. Abril 1971

Maleas, H. Du Mouza, J.

Cartografía Geotécnica deformaciones superficiales en zonas rurales

Vidal-Font, J.

Essai de Valorisation Geotechnique de la Carte Geologique de Toulouse (France)

Ronai, A.

Fundamentals of Engineering Geological Maps

Ayala Carcedo

Mapa Geotécnico para Ordenación Territorial y Urbana de Córdoba E 1:25.000

González Vallejo, L.

Engineering Geology for Urban Planning and Development with an example from Tenerife (Canary Islands)

Lozinska-Stepien, H., Stocklak, J.

Principles of Production on Engineering Geological Maps for Urban agglomerations