

ANEJO 3

GEOLOGÍA Y GEOTECNIA



ÍNDICE GENERAL

1. OBJETO	5
2. ANTECEDENTES	6
3. DATOS BÁSICOS	8
4. MARCO GEOLÓGICO	10
4.1. ESTRATIGRAFÍA	10
4.1.1. INTRODUCCIÓN	10
4.1.2. TRIÁSICO	10
4.1.2.1. MARGAS IRISADAS, YESOS Y CALIZAS NEGRAS	11
4.1.3. JURÁSICO	11
4.1.3.1. DOLOMÍAS Y CALIZAS OOLÍTICAS	11
4.1.3.2. CALIZAS Y MARGAS CON AMMONITES	12
4.1.3.3. DOLOMÍAS	12
4.1.3.4. CALIZAS MICROCRISTALINAS	12
4.1.3.5. CALIZAS Y MARGAS	13
4.1.4. CRETÁCICO INFERIOR	13
4.1.4.1. CALCARENITAS Y PSAMITAS	13
4.1.4.2. ARCILLITAS MARGOSAS	14
4.1.4.3. CALIZAS BIOCLÁSTICAS Y DOLOMÍAS	15
4.1.4.4. MARGAS OCRES CON ORBITOLINAS	16
4.1.5. CRETÁCICO SUPERIOR	16
4.1.5.1. DOLOMÍAS MASIVAS	16
4.1.5.2. MARGAS CON INOCERAMUS	16
4.1.5.3. CALIZAS MICROCRISTALINAS	17
4.1.6. MIOCENO	17
4.1.6.1. CONGLOMERADOS	17
4.1.7. CUATERNARIO	18
4.1.7.1. INTRODUCCIÓN	18
4.1.7.2. DEPÓSITOS CUATERNARIOS	18
4.1.7.2.1. DEPÓSITOS CONTINENTALES	18
4.1.7.2.1.1. MANTO ALUVIAL ANTIGUO	18
4.1.7.2.1.2. CALIZAS PULVERULENTAS	18
4.1.7.2.1.3. COLUVIÓN ANTIGUO	19
4.1.7.2.1.4. PIE DE MONTE	19
4.1.7.2.1.5. GLACIS DE ACUMULACIÓN	19
4.1.7.2.1.6. CUBETAS DE DECALCIFICACIÓN	19
4.1.7.2.1.7. LIMOS EÓLICOS	20
4.1.7.2.1.8. LIMOS GRISES DE ALBUFERA	20
4.1.7.2.1.9. DEPÓSITOS DE ALBUFERA	20
4.1.7.2.1.10. TERRAZAS	20
4.1.7.2.1.11. ABANICOS ALUVIALES	21
4.1.7.2.1.12. LIMOS DE INUNDACIÓN	21
4.1.7.2.1.13. DERRAME DE GLACIS	21
4.1.7.2.2. DEPÓSITOS MARINOS	21
4.1.7.2.2.1. RASA MARINA	21



4.1.7.2.2.2. DEPÓSITO MARINO	22
4.2. TECTÓNICA	22
4.2.1. CRONOLOGÍA	23
5. TRABAJOS DE RECONOCIMIENTO EFECTUADOS	24
5.1. NÚMERO DE ENSAYOS DE LABORATORIO	27
6. DISTRIBUCIÓN DE UNIDADES GEOTÉCNICAS	30
6.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS ÁREAS	31
7. NIVEL FREÁTICO	36
7.1. AGUAS SUBTERRÁNEAS	36
7.2. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS	36
8. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DEL TERRENO	39
9. SISMICIDAD	41
9.1. TECTÓNICA	43
9.1.1. TECTÓNICA DE PLEGAMIENTO	43
9.1.2. TECTÓNICA DE FRACTURA	44
9.1.3. RELACIÓN DE LAS DEFORMACIONES EN EL CONTEXTO REGIONAL	45
10. CONCLUSIONES	46
10.1. TERRENOS CON CONDICIONES CONSTRUCTIVAS MUY DESFAVORABLES	46
10.2. TERRENOS CON CONDICIONES CONSTRUCTIVAS DESFAVORABLES	47
10.3. TERRENOS CON CONDICIONES CONSTRUCTIVAS ACEPTABLES	48
10.4. TERRENOS CON CONDICIONES CONSTRUCTIVAS ACEPTABLES	48



ÍNDICE IMÁGENES

1.	Figura 1. Localización geográfica	5
2.	Figura 2. Mapa de peligrosidad sísmica	41

ÍNDICE TABLAS

1.	Tabla 1. Clasificación de las obras según los índices IRE e ISA, a los efectos de la definición de la intensidad de los reconocimientos geotécnicos	26
2.	Tabla 2. Tipo de reconocimiento recomendado para un proyecto constructivo	27
3.	Tabla 3. Número de puntos de investigación en reconocimientos reducidos y mínimos	27
4.	Tabla 4. Coeficientes del terreno	42

1. OBJETO

En este anejo se incluye el estudio y caracterización geológica geotécnica de las diferentes unidades de la zona costera en la que se sitúa el Puerto Deportivo de “La Goleta” en la población valenciana de Oliva.

Son objeto de este estudio los siguientes aspectos:

- Identificar, clasificar y determinar la distribución espacial de los materiales y depósitos presentes en la zona de estudio.
- Caracterizar geológicamente los materiales encontrados a lo largo del, definiendo sus características estratigráficas, geomorfológicas, hidrogeológicas, tectónicas, etc., así como identificar los posibles riesgos geológico geotécnicos que puedan afectar al trazado.
- Caracterizar geotécnicamente los materiales, agrupándolos en niveles geotécnicos de similar comportamiento o características.
- Determinar el aprovechamiento de los materiales procedentes de las excavaciones en obra.
- Posición del nivel freático.
- Se define además la información necesaria para el estudio de la cimentación de estructuras.



Figura 1. Localización geográfica



2. ANTECEDENTES

Antecedentes recabados del proyecto de ampliación que no se llegó a ejecutar.

Se ha obtenido información proporcionada por el *Instituto Geológico y Minero Español (IGME)* divulgada en sus publicaciones y a través de su página web. En particular se han consultado:

- *Hoja 796 del mapa geológico de España a escala 1:50.000 (MAGNA), división 30 31, huso 31 correspondiente a Gandía.*
- *Hoja 64, del mapa geotécnico general a escala 1:400.000 del Ministerio de Industria, Dirección General de Minas, división 8, correspondiente a Alcoy.*

Dentro del Levante español es quizá la costa valenciana la menos estudiada desde el punto de vista del Cuaternario. Enumeraremos algunos trabajos que, referidos a ellas o a zonas limítrofes, consideramos los más importantes:

- *BRINKMANN (1948)*: en un amplio trabajo se refiere también a los movimientos acaecidos desde el Plioceno. La fase Rodánica (Plioceno Inferior antes del Cuaternario) afectó a las zonas centrales y norte de Valencia, con corrimientos S, SO, SE. La penillanura del Plioceno Superior se fragmenta y se desplaza por una serie de fallas paralelas al litoral que la hacen descender en graderío hacia el mar, durante la fase Waláquica (Plioceno Superior Cuaternario). La existencia de movimientos diluviales hace que los ríos se encajen más de 200 m., mientras que la zona costera se hunde. Movimientos aluviales conducen a una inmersión 1 1,5 m. en la región de Calpe en tiempos postromanos, que no reconoce en Gandía, Valencia y Sagunto.
- *GIGOUT, M. (1959)*: Un glacis principal poligénico es el modelado de las acumulaciones cuaternarias del Levante. Las acumulaciones de limos y aluviones estarían favorecidas por la existencia de climas húmedos. En Las Rotas (Denia) da un Cuaternario marino a +10 m. y otro a +4 m., considerándolos del Cuaternario Antiguo o Medio.
- *ALONSO PASCUAL, P., y PEREZ MATEOS, J. (1961)*: hacen un estudio mineralógico en las arenas costeras de Valencia, Castellón y Alicante. La red fluvial es prácticamente carente en piroxenos, excepto el río Palancia y el Amadorio, por drenar ambas zonas de roquedo eruptivo, por lo que la presencia de estos minerales entre Saler Perellonet y Perelló Mareny Vilches es debida a las corrientes litorales NE SO que los arrastrarían desde las Columbretes.
- *MENENDEZ AMOR, J., y FLORSCHUTZ, F. (1961)*: hacen un estudio y datación por C14 en la turbera de Torreblanca (Castellón). Con una profundidad de la muestra comprendida entre 4,20 1 m. encuentran representados desde la mitad del Atlántico, 6.280 ± 85 años; mitad del Subboreal, 4.120 ± 60 años, hasta la primera mitad del piso Sub- atlántico, 1.670 ± 45 años.



- *SOLE SABARIS, L. (1961)*: señala los niveles marinos en el Levante español y balear. En la costa de Valencia, el Cuaternario marino se halla bajo el mar. Admite un hundimiento reciente para la mitad septentrional de la costa mediterránea española hacia el N, con excepción del ligero abombamiento de la costa tarraconense. El gran óvalo que dibuja en su trazado sería debido a un hundimiento intracuaternario.
- *DUMAS, B. (1969)*: hace un estudio en la región de Alicante de las costras calcáreas que van asociadas a los distintos glaciares que aparecen en la zona. El período de excavación es favorable a la formación de costras.
- *ROSSELLO VERGER, V. (1970)*: da una serie de datos en los que se reflejan los cambios climáticos acaecidos en el Mediterráneo. En Denia señala la existencia de *Strombus Bubonius* bajo el nivel del mar.
- *DUMAS, B. (1971)*: cita cerca de Denia, en Las Rotas, un depósito conglomerático con fauna marina sobre una superficie de abrasión. Edad anterior al Würm.
- *ROSSELLO VERGER, V. (1972)*: marca subsidencia en la zona de la Albufera de Valencia, frente a la que se extiende una línea de escollos Tirreniense a 20 m. En la actualidad, el hundimiento ha cesado o es muy lento. El curso del Júcar, en su tramo final, ha sufrido varios cambios hasta su configuración actual, ya que anteriormente desembocaba en la Albufera.



3. DATOS BÁSICOS

La Hoja de Gandía corresponde al extremo nororiental de las alineaciones prebéticas en su interferencia con la costa mediterránea, en el límite de las provincias de Alicante y Valencia. Los relieves estructurales prebéticos representan en este área ejes de pliegues de orientación próxima a EO, en los que las barras de calizas mesozoicas destacan sobre áreas margosas miocenas y cretácicas. Estas alineaciones de relieves son truncadas por las llanuras costeras, ampliamente desarrolladas entre Denia y Gandía, con depósitos cuaternarios que rodean los extremos de los relieves calcáreos y se adentran en las depresiones margosas.

Las características geológicas corresponden a la rama oriental prebética en las proximidades del borde más externo respecto a la cadena alpina de plegamiento del sur de la Península. La cobertera mesozoica de esta zona externa se deforma en el acortamiento general finicretácico Mioceno Medio con un estilo propio de pliegues estrechos, fracturados y vergentes al norte, y un efecto importante de despegue en el nivel de evaporitas del Keuper, sumándose a todo esto una importante fracturación en fases tardías continuada hasta la actualidad y en relación con la implantación del actual Mediterráneo.

Los materiales de la cobertera preorogénica (Mesozoico) son incompletos y discontinuos en cuanto a facies indicadoras de un área inestable de sedimentación en un período largo predeformación principal. Por el contrario, los materiales de la cobertera sin y postorogénica son más constantes y derivan de la destrucción de la cobertera preorogénica en un período corto de deformación. Los materiales más recientes resultan de la evolución semiestabilizada de esta zona tras el clímax de deformación.

La Hoja de Alcoy se corresponde con la designada por la numeración 8 del Mapa Topográfico Nacional y se encuentra en la parte nororiental del cuadrante sureste de la Península Ibérica; su demarcación geográfica está definida por las siguientes coordenadas:

- Longitud: $0^{\circ} 31' 10'' 9$ $0^{\circ} 48' 49'' O$ (referida al Meridiano de Greenwich)
- Latitud: $38^{\circ} 40' 04'' 3$ $39^{\circ} 20' 04'' 4$

El relieve de la Hoja presenta dos zonas claramente definidas, una llana con altitudes inferiores a los 300 m., que ocupa la mitad Norte (región de la Ribera Albufera y cuenca baja del Júcar) y que se prolonga hacia el sur mediante una banda costera de amplitud variable (3 - 10 km), y otra accidentada que se extiende por el sur, en la que destacan las sierras Mariola (altitud máxima 1.390 m), Serrella (1.379 m) y Alfara (1.165 m) de dirección predominante SO NE.

La red hidrográfica principal está formada por el río Júcar, que cruza en dirección EO. la parte Norte de la Hoja y desemboca en el Mediterráneo al sur de Cullera; tiene este río un caudal medio



de 40 m³/s. que se reduce en los estiajes a 10 m³/s., debido en parte a los numerosos aprovechamientos de que es objeto, pero con crecidas importantes ($q_{\text{máx}} = 950 \text{ m}^3/\text{s.}$), motivado por las elevadas intensidades de las lluvias de otoño y por el río Albaida, afluente del anterior, que fluye en dirección SN, y sirve de límite occidental a la Hoja. La red secundaria está formada por una serie de dos y ramblas que drenan cuencas de pequeña extensión, destacando el río Serpis que nace en la conjunción de las sierras Mariola y Serrella y sigue un valle de dirección SO-NE en su camino hacia el mar, desembocando cerca de Gandía; el régimen natural de este río se modifica por la explotación del embalse de Beniarrés.

La superficie de afección por las obras que engloba todo el conjunto del puerto es de aproximadamente 35.000 m².



4. MARCO GEOLÓGICO

4.1. Estratigrafía

4.1.1. Introducción

Los materiales mesozoicos están representados por afloramientos de rocas de facies Keuper en posición tectónica anómala y por una sedimentación continua desde el Dogger hasta el Senoniense. Sobre este conjunto mesozoico se sitúa discordante un segundo gran ciclo sedimentario compuesto por materiales del Mioceno Medio e Inferior. Posteriormente un extenso recubrimiento cuaternario se extiende desde el borde de los relieves mesozoicos y terciarios hasta el mar.

Los materiales mesozoicos se disponen en tres grandes estructuras: el Jurásico y el Cretácico Inferior en el anticlinal de Oliva. El Cretácico Superior en la alineación de la Sierra de Mustalla y en la Sierra de Segovia, donde aflora además el Mioceno Medio e Inferior y se continúa en la depresión de Pego. El Cuaternario tapiza la llanura costera articulada en suave pendiente con los relieves de las sierras anteriormente citadas.

4.1.2. Triásico

Como en todo el ámbito prebético, los afloramientos atribuibles al Triásico ofrecen una situación tectónica anómala, y salvo citas excepcionales no presentan restos fósiles característicos. Por identidad de características litológicas con otras regiones, los materiales yesíferos abigarrados son considerados como pertenecientes al Keuper, considerando este nivel como zona de despegue en la tectónica de cobertera de los materiales mesozoicos situados por encima de él. Por este motivo nunca aparecen estos materiales en posición estratigráfica correcta, sino involucrados en una implantación “alóctona” en un proceso complicado que puede envolver “klippes sinsedimentarios”, inyección a través de fracturas, diapiros trastocados por la tectónica de plegamiento y fractura, etc. En esta implantación alóctona las masas de margas yesíferas, muy móviles, pueden arrastrar fragmentos de otras rocas triásicas cuya facies calcárea y los excepcionales fósiles encontrados por *DARDER (1945)* al oeste de Oliva en los bloques de caliza, permiten suponer la atribución al Muschelkalk de los afloramientos calizos caóticos encontrados en el seno de las margas irisadas yesíferas de facies Keuper. *DARDER* cita la presencia de *Lingula tenuísima*, *Placunopsis teruelensis*, *WURM.*; *Natica gregaria*; *Myophoria intermedia*, *SCHAUR*; *Gervilia costata*, *SCHAUR.*; *Pseudocorbula gregaria*, *PHILIPPI*, y *Mentzelia mentzeli*, *DUNKER*. La posición de estas calizas, cartográficamente irrepresentables, refuerzan la edad triásica de los afloramientos anormales de “facies Keuper”.



Dada la posibilidad de existir materiales de diferente edad dentro de estos afloramientos de hecho así se consideran las calizas negras de 11 bloques caóticos. aquí se ha considerado que la mayor parte de la masa de margas yesíferas debe corresponder en su mayor parte al Keuper, aunque otras facies semejantes (techo del Buntsandstein o facies Röt y margas intermedias del Muschelkalk) también pudieron estar representadas.

4.1.2.1. Margas irisadas, yesos y calizas negras

Corresponde esta diferenciación cartográfica a los afloramientos de masas de margas yesíferas irisadas que afloran bajo las calizas y dolomías de edad Barremiense Aptiense a lo largo de la carretera de Oliva a Fuente Encarroz. El otro afloramiento de estas margas se encuentra al suroeste de Oliva, en la depresión de Relajar de Oliva. En este último afloramiento las margas yesíferas parecen intruir la masa de arcillitas margosas neocomiense. En el primer caso parece indudable la presencia de este Triásico a favor de un importante “decrochement” y una falla inversa; se trata, por tanto, de una inyección plástica a favor de fracturas. En el segundo caso parece evidente una situación como “klippe” sinsedimentario.

Por las razones aludidas en el apartado anterior se incluyen estos afloramientos en el Keuper.

4.1.3. Jurásico

Los materiales de esta edad afloran ampliamente en el núcleo y el flanco meridional del anticlinal de Oliva. Dentro de ellos se ha podido reconocer el Jurásico Superior completo, mientras se admite con reservas la existencia de Dogger en la base de la serie jurásica, en ausencia de criterios paleontológicos determinantes.

4.1.3.1. Dolomías y calizas oolíticas

En el núcleo del anticlinal de Oliva aflora un conjunto dolomítico claramente diferenciable de las calizas, con perisfíntidos oxfordienses. Este nivel contiene la siguiente sucesión:

- Techo: Caliza microcristalina oxfordiense.
- 15 m. de dolomías con fantasmas de intraclastos.
- 20,5 m. de calcarenita gravelo bioclástica y caliza oolítica.
- Base: 10 m. de dolomías sacaroideas.

El conjunto del nivel calcarenítico contiene: Lenticulinas, Globochaete sp., Saccoma sp., Valvu/inidos, Solenopora, Thaumapoporella y Protopenneroplis. La atribución al Dogger, frente a los argumentos expuestos por *CHAM-PETIER* (1968 y 1972), se basa en la posición inferior a los niveles claramente oxfordienses y en la similitud con los materiales datados como en el anticlinal



de Favarete por *CHAMPETIER* (1972) y *GEISTER* y *GEYER* (1968). En esa región los niveles de calizas oolíticas contienen abundante fauna del Calloviense, apareciendo los niveles oolíticos sobre una sedimentación potente de dolomías y por debajo de las calizas oxfordienses.

4.1.3.2. Calizas y margas con ammonites

Situada por encima del nivel anterior se dispone una potente formación de calizas de aspecto sublitográfico en bancos poco potentes, separados por lechos margosos mucho más estrechos (10 - 15 cm.). La potencia total es de unos 190 m.

En lámina delgada, los niveles de calizas muestran: *Globochaetes* sp., *Saccocoma* sp., *Cornuspira* sp. y *Lenticulinas*.

Este nivel debe representar el Oxfordiense y el Kimmeridgiense Inferior y Medio dentro de la serie jurásica del anticlinal de Oliva, teniendo en cuenta la representación regional del nivel dolomítico suprayacente.

4.1.3.3. Dolomías

Este nivel, de unos 40 - 45 m. de potencia global, destaca a uno y otro lado del plano axial del anticlinal de Oliva. Forma un relieve estrecho y continuado en el paraje de Los Buques.

Dentro de este tramo cartografiado se puede distinguir de techo a muro:

- 10 m. de dolomías.
- 6 m. de caliza microcristalina de espongiarios con dolomitización incipiente.
- 24 m. de dolomía muy fina vacuolar.

En las calizas cristalinas, *CHAMPETIER* describe restos de Miliólidos, Lamelibranquios y Equinodermos.

Por correlación dentro del contexto regional se atribuye una edad Kimmeridgiense Superior.

4.1.3.4. Calizas microcristalinas

Este tramo constituye la mayor parte del afloramiento jurásico de los relieves de Cuatelles. En conjunto se trata de calizas microcristalinas y calcarenitas con dolomitización incipiente hacia la base y aspecto monótono. La potencia global es de 150 m.

En lámina delgada presentan: *Trocholína* et. *elongata*, *Clypeina* *jurassica*, *Nautiloculina*, *Nautiloculina* et. oolítica, *Pseudocyclammina* et. *lítuus*, *Clypeina* y, además, restos de Espongiarios, Lamelibranquios, Equinodermos y Gasterópodos.



Por su situación bajo una formación calcomargosa en cuyos tramos superiores se puede fijar el límite Portlandiense Neocomiense, se admite una edad portlandiense para esta formación.

4.1.3.5. Calizas y margas

Con este tramo comienza a marcarse una sedimentación de carácter más detrítico, con la aparición de elementos claramente alóctonos en los bancos calcáreos (moscovita, turmalina y granos de cuarzo).

En conjunto se trata de una formación de aproximadamente 70 m. de calizas microcristalinas, a veces nodulosas y bioclásticas, con algunos lechos subordinados de margas, arenisca caliza y caliza arcillosa.

En lámina delgada presentan Nautiloculina y Clypeina.

Este conjunto calcáreo debe representar el Portlandiense terminal y el comienzo del Barremiense, pues a falta de argumentos paleontológicos únicamente se puede asegurar que el nivel detrítico inmediatamente superior contiene ya fósiles neocomienses. De esta manera el límite superior del Jurásico aparece mal datado e impreciso, pudiéndose colocar dentro de esta serie calcomargosa a falta de otros criterios.

4.1.4. Cretácico inferior

Aparece ampliamente desarrollado en el flanco meridional del anticlinal de Oliva (Sierra Gallinera) y redondeando los afloramientos jurásicos entre

Oliva y Fuente Encarroz. Se trata de una sedimentación potente tras la regresión Portlandiense Berriasiense, con una primera formación margosa neocomiense que da paso a una nueva formación de calizas y dolomías cuyo límite con las dolomías del Cretácico Superior se ha establecido en un estrecho nivel de margas con Orbitolinas. La determinación de los límites inferior y superior resulta problemática, así como la delimitación de niveles cartográficos de valor regional dentro del tramo superior de calizas y dolomías de “facies urgoniana”.

4.1.4.1. Calcarenitas y psamitas

Este tramo representa una verdadera ruptura estratigráfica, acentuándose el carácter detrítico del Jurásico terminal.

Este tramo eminentemente detrítico se compone de calcarenitas, calizas arenosas y psamitas calcáreas de desarrollo irregular. Es mucho más potente al este de un importante “decrochement” que desplazó el eje del anticlinal.

En la vertiente septentrional de Sierra Gallinera se puede observar la siguiente sucesión:



- Techo: Arcillitas margosas (Valanginiense Barremiense).
- 26 m. de alternancia de calcarenitas bioclásticas y margas arcillo-arenosas.
- 20 m. de calizas arenosas y arenisca calcárea, a veces con cemento ferruginoso y dolomítico.
- 16 m. de calcarenita bioclástica nodulosa.

En lámina delgada contienen: *Trocholina elongate*, *LEUP.*; *T. alpina*, *LEUP.*; *Pseudocyclammina cf. lituus*, *YOK.*, y *Pseudocyclammina sp.*

En los niveles de margas arcillo arenosas situadas hacia el techo, *CHAM-PETIER* (1968) cita la siguiente macrofauna: *Terebratula sueiri*, *PICTET*; *T. moutoniana*, *D'ORB.*; *T. russilensis*, *COS.*; *Echinobrissus cf. bourguignati*, *D'ORB.*; *Toxaster seynensis*, *LAMB.*; *Exogira coulini*, *D'ORB.*; *Plicatula macphersoni*, *NICK*, *Zeifleria moreana*, *D'ORB.*; *Afectryonia rectangularis*, *ROM.*; Gasterópodos, restos de *Ostreas* y fragmentos de *Belemnites* inclasificables.

El techo del tramo superior de este nivel está formado por un verdadero “hard ground” ferruginoso.

Las asociaciones faunísticas y la posición en la columna estratigráfica inducen a considerar una edad Berriasiense Valanginiense para este tramo detrítico.

4.1.4.2. Arcillitas margosas

Sobre el tramo detrítico anterior comienza una sedimentación masiva de arcillitas más o menos margosas, masivas, con una potencia de 180 m.

Estas arcillitas ocupan una gran extensión en las depresiones próximas a Oliva, donde son tradicionalmente explotadas en la producción de cerámica para la construcción. Al otro lado del “decrochement” que limita los relieves de Almuchid se continúan en dos franjas deprimidas a uno y otro lado del eje del anticlinal.

Dentro de la gran masa arcillosa se pueden distinguir dos tramos de coloración distinta, difícilmente diferenciables por la mezcla de color en los deslizamientos de ladera. El tramo inferior es de tonos oscuros azulados y de una potencia aproximada de unos 130 m. El tramo superior es de tonos más claros, casi blancos, y tiene una potencia de unos 50 m.

En el tramo oscuro inferior, *CHAMPETIER* (1968) describe una lista exhaustiva de hallazgos de macrofauna distribuidos desde la base hasta el techo. En la parte más inferior de las margas oscuras cita: *Rhynchonellae* indet. *J.*; *Terebratula essertensis*; *T. russilensis*, *DE LOR*; *T. dutempleana*, *D'ORB.*; *T. moutoniana*, *D'ORB.*; *Sellithyris et. sella*, *SOW*; *Modestella cf. faba*, *SOW*; *Temasella cf. judii*, *WALKER*; *Zeilleria moreana*: *D'ORB.*; *Exogyra coulani*, *D'ORB.*;



Alectryonic rectangufaris, *ROM.*; *Plicatula macphersoni*, *NICK.*; *Trigonia* sp.; *Pseudobelus bipartitus*; *Hibolites pistilli formis*, *BLAIN*, y *Montlivaltia*, sp .

En el centro del tramo oscuro el mismo autor cita: *Terebratula dutempleana*, *D'ORB.*; *T. essertensis*, *PRETECT*; *Modestella et: faba*, *SOW.*; fragmentos de *Exogyra couloni*, *D'ORB.*; *Plicatula* sp.; *P. onacphersoni*, *NICK.*; *Toxaster* cf. *amplus*, *DESOR.*; *Neocomites d. trezanensis*, *SAYN.*; *Neolisoceros grasi*, *D'ORB.*; *Olicostephanus* sp., y Gasterópodos.

Mientras en la parte más alta próxima al nivel de arcillas margosas blancas *CHAMPETIER* (op. cit.) describe: *Terebratula russilensis*; *Alectrionio rectangularis*, *ROM.*; *Ostreas*; *Toxaster neocomiensis*, *D'ORB.*; Espículas de Equínidos; *Belemnites*; *Neocomites neocomiensis* cf. var. *subquadrate*, *SAYN.*; *Dymorphocaenia crassiepta*, *D'ORB.*; y *Montlivaltia* sp .

En las margas blancas situadas por encima de los niveles oscuros el mismo autor encuentra: *Holodiscus camelinus*, *D'ORB.*; *Melchiorites* sp.; *Barremites strettostena*, *UHLIG.*; *Leptoceras cirtae*, *COO.*; *Subpulchellina sauvageau*, *HERM.*; *Heteraster oblongus*, *D'ORB.*; *Toxaster neocomiensis*, *D'ORB.*, y restos de Gasterópodos.

Parece evidente que si no existe mezcla de fauna los niveles más bajos de las arcillitas oscuras corresponden al Valanginiense Hauteriviense. Una parte de los tramos más altos de las margas oscuras y claramente las arcillitas blancas pertenecen ya al Barremiense.

4.1.4.3. Calizas bioclásticas y dolomías

Dentro de este tramo cartográfico se incluye la sedimentación calcárea y en parte dolomítica correspondiente a los niveles más altos del Cretácico Inferior en “facies urgoniana”, y con una potencia global de unos 380 m. Se incluyen, por tanto, todos los niveles carbonatados situados por encima de la formación arcillo margosa.

Hacia la base, la formación presenta tramos fundamentalmente calizos con abundante fauna. Se trata de unos 100 m. de calizas margosas, calizas grises y calcarenitas con restos de *Lamelibranchios*, *Braquiópodos*, *Equinodermos*, *Ostrácodos* y *Miliólidos*. *CHAMPETIER* (1968) cita la siguiente microfauna: *Salpingoporella mühlbergi*, *LORENZ*; *Lituola* sp.; *Atoxiogyroidina* sp. (f), y *Orbitolina* (s. l.) sp. (f). En un nivel de calizas puras describe por su parte: *Gavelinella* sp. (f), *Orbitolina* sp. (f), *Textuláridos*; *Miliólidos*, restos de *Ostrácodos*, *Lamelibranchios* y *Braquiópodos*.

Sobre este tramo calcáreo se desarrollan otros 100 m. de dolomías calcáreas, las cuales presentan hacia el techo de nuevo más 30 m. de calizas progresivamente menos dolomitizadas, que contienen abundantes *Orbitolinas*: *Iraquia mínima*, *I. rubiensis*, *I. simplex* (f), *I. nor.* sp. aff. *valentino* (m. f.). *Cuneolina* sp. y *Orbitolina* gr. *texana* (m. f.). Esta asociación, según *MOULLA DE* (in *CHAMPETIER*, 1968), indica el Aptiense Superior y quizá el principio del Albiense.



El tramo más superior de la formación calizo dolomítica está formado por unos 120 m. de dolomías con un paquete superior (20 m.) de calizas blancas que contienen, según *CHAMPETIER* (1968), *Ataxiogyroidina* (f) y *Textulariella* (f). En cuanto a la edad de esta formación de facies urgoniana se puede precisar únicamente su posición por encima del tramo margoso donde comienza el Barremiense y comprende el Aptiense y el Albiense, no pudiéndose precisar el límite Aptiense Albiense.

4.1.4.4. Margas ocreas con orbitolinas

Este nivel de escasa potencia (máx. 10 m.) tiene el valor cartográfico regional de separar el tramo de calizas albo aptienses de la gran masa dolomítica del Cretácico Superior. En esta zona se trata de un nivel de margas ocreas enmascarado muchas veces por los derrubios de calizas y situado al N de Forna, a media ladera del flanco sur de El Tosalet de la Plana, marcando el comienzo de la dolomitización cenomaniense turoniense.

4.1.5. Cretácico superior

Los materiales del Cretácico Superior afloran ampliamente formando los relieves de las Sierras de Mustalla, Segaria y Negra. Con excepción de los niveles calizos y margosos senonienses, todo el conjunto es de aspecto masivo y oscuro (Sierra Negra), sin posibilidad de establecer diferenciaciones cartográficas. Por otra parte, la intensa dolomitización impide toda datación paleontológica para el conjunto de dolomías masivas.

4.1.5.1. Dolomías masivas

Representan una formación muy potente, de unos 280 a 250 m., compuesta por dolomía oscura muy fracturada de tamaño de grano medio con algunos niveles de mayor contenido arcilloso. Ocupa una gran extensión en el flanco septentrional del sinclinal de Pego, con suaves inflexiones que aumentan la extensión de afloramiento. En esta masa dolomítica debe encontrarse el Cenomaniense y el Turoniense por encima del nivel margoso, con *Orbitolinas* y bajo un paquete de margas y calizas con fauna del Senoniense.

4.1.5.2. Margas con *inoceramus*

En el techo de la dolomitización aparecen algunos replanos de la Sierra de Mustalla y Sierra Negra, en los que se conservan episodios margosos con lechos de micritas bioclásticas y calizas arenosas con pellets. La potencia de esta serie calcomargosa es de unos 30 m. En lámina delgada presentan: *Globotruncana primitiva* 2, *Stomiosphaeras*, *Pithonellas*, *Globigerinas*, *Gümbelinas* y restos de *Equinodermos*.



En cuanto a macrofauna se han identificado: *Micraster brevis*, *DESOR.* (Coniaciense); *Solenoceras ibericus*, *HEINZ* (Maestrichtiense), y *Solenoceras europaeus*, *HEINZ* (Maestrichtiense).

4.1.5.3. Calizas microcristalinas

Por encima de los niveles calcomargosos se sitúa de nuevo una formación calcárea de considerable potencia (300 m.), compuesta por biomicritas que contienen *Inoceramus*, *Globotruncana* sp., *G. arca*, *G. fapparenti* y *G. calciformis*. Este nivel calizo forma el escarpe agudo de las Sierras de Segaria y su prolongación hacia el oeste, y además el flanco septentrional del sinclinal mioceno de Pego. La edad de este tramo debe considerarse sin duda como el techo del Senoniense.

4.1.6. Mioceno

Los materiales miocenos afloran en discordancia sobre los términos superiores del Cretácico (sinclinal de Pego) y sobre las calizas albo aptienses al norte de Forna. Estos materiales alcanzan un gran desarrollo en la llanura de Pego y se componen de dos tramos bien diferenciados. En la base se sitúan conglomerados, que pueden faltar, y por encima margas blanquecinas semejantes a las facies Tap de toda la región levantina.

4.1.6.1. Conglomerados

Este nivel constituye un conglomerado generalmente monogemco, con cemento calcáreo con cantos de biomicrita y biomicrita arenosa, fundamentalmente proveniente del Senoniense (asociaciones faunísticas del mismo). La potencia es de 150 a 200 m. Este conglomerado puede pasar lateralmente a un lecho de caliza biodetrítica. Se atribuye al Mioceno Inferior por su posición bajo las margas, cuya edad puede fijarse como Langhiense. Se trata de una serie alternante de margas blancas y arcillas margosas blancas, con algunos niveles arcillosos y una potencia de 200 m. Hacia la base parece contener una mayor proporción detrítica, con aparición de estratificación entrecruzada. En levigado estas margas contienen: *Praeorbulina glomerosa*, *Globoquadrina altispira*, *G. dehiscens*, *Globigerinoides trilobus*, *G. sicanus*, *G. cf. subquadratus*, *G. sacculifer*, *G. venezuelana*, *G. praebuloides*, *Elphidium ortenburgensis*, *Nonion soldanii*, *Cibicides*, *Nodosaria*, *Pleurostomella*, *Globorotalia obesa*, *G. praemenardii* (cf. *G. archaeomenardii*), *Globigerinita naparimaensis*, radiolas de Equinodermos, Radiolarios y espículas. La edad se deduce como Langhiense.



4.1.7. Cuaternario

4.1.7.1. Introducción

El Cuaternario de la Hoja, formado en su mayor parte por depósitos continentales, desciende desde los relieves en suave pendiente hacia el mar, formando en su conjunto un glacis de acumulación en el que la incisión de los barrancos no es fuerte y cuyo frente está recortado por una serie de albuferas que, desde Castellón, forman una orla casi continua, paralela al litoral. Cordones dunares o litorales forman las bandas de cierre de estas formas lagunares. En el límite S. de la Hoja comienzan a aparecer los depósitos marinos que, hacia Alicante, van adquiriendo importancia.

4.1.7.2. Depósitos cuaternarios

Para su estudio los dividimos en dos grupos: continentales y marinos.

4.1.7.2.1. Depósitos continentales

4.1.7.2.1.1. Manto aluvial antiguo

En la rambla Gallinera y en algunos barrancos que excavan lo suficiente, es posible observar, cerca de los relieves, su base formada por un conglomerado de cantos redondeados de caliza fuertemente encostrado, recubierto en parte por los materiales aluviales, entre los que se observa algún bloque de dicho depósito arrancado aguas arriba; la matriz es fundamentalmente limosa, de un color rosado que a veces pasa a rojo oscuro. Recubriendo a este depósito hay una costra rosada discontinua, de unos 8 cm. de espesor, que separa otro aporte del mismo tipo que está cementado, pero no encostrado. Estos depósitos se formarían durante crisis violentas de rhexistasia por escurrimientos de agua que no estarían relacionados con el trazado actual de los arroyos.

4.1.7.2.1.2. Calizas pulverulentas

Al oeste de Fuente Encarroz, cerca del límite de la Hoja, se observa un depósito de unos 2-3 m. de calizas harinosas blancas con gran contenido en arcilla, que aparecen en otros puntos, carretera Oliva - Fuente Encarroz, en menor proporción, recubiertas por una costra zonal rosada de pocos centímetros de espesor. Estas costras tienen su origen en fenómenos paleogenéticos, teniendo el valor de paleosuelos, y representan los distintos horizontes Bca de un perfil. Se distribuyen en regiones con clima mediterráneo seco o semiárido cálido (*DUMAS, B.*, 1969). En la misma zona hay gran cantidad de caliza tobácea, debido a la existencia de surgencias kársticas cercanas.



4.1.7.2.1.3. Coluvión antiguo

En la ladera meridional de la loma de Bernat, un depósito coluvional con fuerte pendiente desciende hacia la rambla Gallinera, quedando cortado por ella, con lo que es posible observarlo en detalle. Presenta el depósito una potencia de unos 10 m. y está formado por una brecha cementada de cantos de caliza angulosos, en la que se intercalan varios niveles de costras que podrían corresponder a distintas fases dentro de la misma época de coluvionamiento.

4.1.7.2.1.4. Pie de monte

Depósitos de corta extensión longitudinal que rodean a los relieves y que podrían considerarse como restos de un glacis antiguo, muy degradado, cuya conservación ha sido posible gracias a las costras que a veces lo recubren. La litología consiste en una brecha caliza heterométrica, con matriz fundamentalmente arcillosa, aun sin ser despreciables los porcentajes de limo y arena. Castras hojosas discontinuas se intercalan en el depósito, que a veces presenta una débil costra de recubrimiento. Entre los minerales pesados más abundantes en las muestras están: turmalina con 85 por 100, estaurolitas y granates, estos dos en menor proporción. Se trataría de un sedimento muy maduro.

4.1.7.2.1.5. Glacis de acumulación

Representados claramente y sin recubrimiento en la mitad sur de la Hoja, forman una topografía suave con una pendiente de 5° - 6°. Pertenecen a los glacis de acumulación con un depósito formado de arcillas rojas limosas, entre las que se intercalan niveles de cantos, subredondeados y heterométricos, de caliza de carácter discontinuo. Los minerales pesados más abundantes en la muestra son las turmalinas, seguidas por estaurolitas y titanitas, con gran cantidad de opacos, probablemente siderita. Estas formas se originarían por divagaciones laterales de escurrimientos de agua, que serían los principales causantes de la planitud típica de los glacis (*DUMAS, B.*, 1966). Climáticamente, la formación de los glacis del sur y sureste español correspondería a un período quasipluvial (*LOPEZ BERMUDEZ, F.*, 1973).

4.1.7.2.1.6. Cubetas de decalcificación

En la carretera Pego - Forna, entre los relieves calcáreos, se forma un pequeño polje en el que se acumulan arcillas de decalcificación, "terra rosa", que provienen de la alteración lenta de las calizas. Este paleosuelo ha sufrido, por una parte, una descarbonatación por lavado, y por otra, una rubefacción de las sales de hierro por deshidratación más o menos completa. Las condiciones climáticas más favorables para su formación son climas con tendencia tropical, más cálido que el actual y con alternancia de estaciones: húmeda, que sucede a otra muy cálida, y muy seca.



4.1.7.2.1.7. Limos eólicos

Forman un cordón continuo paralelo al litoral que sirve de cierre a las albuferas que desaguan mediante estrechos canales abiertos en estos depósitos. En el límite norte de la Hoja, siguiendo el camino Alquería de Chuts hacia la costa, y, mejor aún, en la trinchera de la nueva carretera, pasando el Cama Nazaret (Hoja de Alcira, Hoja de Revesa), es posible observar, en un corte de 4,5 m., un depósito formado por unos limos grises, eólicos con “pouppés calcares”, sobre el que se instala un paleosuelo negruzco de 0,5 m. de potencia, que a su vez es recubierto por 2 m. de limos eólicos pardos con “pouppés calcaires”.

4.1.7.2.1.8. Limos grises de albufera

Se distribuyen como una orla continua, a veces sin representación cartográfica, rodeando la albufera. Estos materiales, desecados al disminuir el agua de la laguna, se depositaron sobre las turbas, y, en ellos, la materia orgánica acumulada, restos de Charáceas, etc., les da a veces un olor fétido. El porcentaje de carbonatos es de un 47%, pudiendo considerarse como limos carbonatados, ya que la fracción arena está representada tan sólo por un 7,5%, del que hay que descontar un 4,57% de carbonato cálcico detrítico.

4.1.7.2.1.9. Depósitos de albufera

Aunque bajo esta sigla designamos tan sólo a los depósitos de turba, pertenecen también a albufera los limos grises que ya hemos descrito. En las dos albuferas cartografiadas en la Hoja aparecen, debajo de unos fangos orgánicos negros y grises, depósitos de turba, que hacia los relieves alcanzan mayor potencia. Se formarían cuando las albuferas, mediante un cordón litoral o dunar, quedaran completamente aisladas del mar, que en algunos casos rompió la barrera sedimentando arenas que, a veces, se encuentran como lentejones entre los depósitos turbosos.

4.1.7.2.1.10. Terrazas

El río más importante de la zona es el Serpis, que presenta tres niveles de terraza dentro de la Hoja, con alturas relativas de 2, 5 y 10 m. Coincidiendo esta última con la parte superior del abanico aluvial. Estos niveles están formados por cantos, en su mayor parte de caliza, bien redondeados y heterométricos, como corresponde a un régimen de rambla; en algunos casos el depósito se presenta cementado. En la rambla Gallinera se observan los mismos niveles con características similares.



4.1.7.2.1.11. Abanicos aluviales

Aparecen tres ejemplos en el mapa: tramo final del Serpis, Gallinera y Girona. Su contorno típico triangular se debe a que se han formado cuando las fuertes precipitaciones, en las zonas de cabecera, han originado gran cantidad de material detrítico, que el arroyo, al salir a la llanura prelitoral de suave pendiente, desparrama radialmente por una pérdida gradual en su capacidad de transporte.

4.1.7.2.1.12. Limos de inundación

Al norte de Gandía, el barranco de San Nicolás aporta unos limos arenosos pardos, en los que se encuentra algún canto suelto de caliza, que recubren parte del abanico aluvial que formaría el Serpis en su desembocadura. Se formarían en una época en que, a causa de fuertes precipitaciones, dada la poca excavación vertical del arroyo, tuviese lugar un desbordamiento de éste.

4.1.7.2.1.13. Derrame de glacia

Se han cartografiado dos manchas que corresponden al derrame de glacia, una a la altura de la albufera, bordeando el frente de glacia de acumulación; su aspecto es de limos pardos con cantos calizos bastante redondeados, debido al alejamiento del relieve. La otra mancha está situada en la parte sureste. De la Hoja, en el puerto de Denia, encontrándose dentro del glacia, en una depresión de pequeño tamaño; su aspecto es similar al primero, aunque con menor número de cantos. El análisis sedimentológico mineralógico da un porcentaje de 44% de arena, concentrada fundamentalmente en la fracción fina; 29% de limo y 27% de arcilla. Dentro de los minerales pesados transparentes predomina la turmalina, seguida de estauroлита, cuyos granos se presentan muy rodados, lo que indica una mayor alteración en el depósito, que podría considerarse como bastante maduro. Por otra parte, es la única muestra que presenta piroxenos (augitas), que, según ALONSO PASCUAL y PÉREZ MATEOS (1961), no existen en los ríos de esta región a excepción del Palancia, por lo que la presencia de este mineral en el depósito nos hace pensar que ha sufrido un retoque marino, ya que las corrientes litorales NE - SO. los habrían transportado desde el Palancia o Columbretes.

4.1.7.2.2. Depósitos marinos

4.1.7.2.2.1. Rasa marina

En Las Rotas, Denia, sobre el depósito de pie de monte o glacia antiguo se instala una rasa marina de +3,5 - 4 m., que se continúa más al sur (Hoja de Jávea), donde este nivel erosivo pasa a formar un depósito de cantos de caliza redondeados, con matriz arcillosa roja (potencia 2,5 m.),



entre los que hay restos de Ostreidos, Pectínidos, etc., y huellas de Litófagos, recubierto por una costra calcárea de pocos centímetros. En la base de la formación aparecen los depósitos de pie de monte, que quedan separados de los marinos por otra costra calcárea de débil espesor.

4.1.7.2.2. Depósito marino

En el puerto de Denia, la rasa de +4 m., que queda cortada en acantilado vivo en la mayor parte de su recorrido (Las Rotas), presenta a veces adosado, en la base del escarpe, un depósito formado por margas arenosas grises con fauna marina de poca extensión y cuya altura máxima es de 0,60 m. Entre las especies encontradas: *Cardium g/aucum*, *BRUG.*; *Ostrea edulis*, *L.*; *Diplodonta rotundata*, *MONT.*, y *Gourmya vulgata*, *BRUG.*

4.2. Tectónica

Al no haber en los depósitos de esta Hoja pruebas directas de la existencia de neotectónica, el estudio se tiene que realizar globalmente, tomando como unidad todo el óvalo valenciano y de su estudio deducir consecuencias particulares. Al cesar la compresión de los movimientos alpinos se producen hundimientos de bloques de terreno con formas más o menos redondeadas, que dieron origen a los óvalos costeros, los cuales están muy relacionados con fenómenos volcánicos y sísmicos. En particular el de Valencia, según *REY PASTOR* (1948), ha tenido lugar al romperse el eslabón de enlace alpino entre la Penibética y las Baleares, limitado al norte por el Cabo de Oropesa y al sur por el de San Antonio. La sismicidad de esta zona es media, aumentando de norte a sur a medida que nos aproximamos a las Béticas. La Hoja estudiada está situada en la parte sur del óvalo, por lo que participa de la inestabilidad del sector meridional. Como ejemplo diremos que existen epicentros sísmicos recientes en los alrededores de Valencia, Játiva, Alcira, Algemesí, Onteniente y Daimús (dentro de la zona de estudio), todos ellos posiblemente relacionados con líneas sismotectónicas o con fracturas en el límite entre los sistemas Ibérico y Bético. Según *BRINKMANN* (1948), en la fase waláquica, Plio Cuaternario, se forma un sistema de fallas que hace descender escalonadamente a la penillanura pliocena, parte de la cual queda sepultada por los materiales cuaternarios litorales. Los sedimentos costeros, objeto de estudio, han sufrido durante el Pleistoceno y Holoceno movimientos positivos y negativos perfectamente perceptibles, estudiando la estratigrafía y morfología de la zona. El estudio de los niveles marinos y continentales del óvalo valenciano permite apoyar la idea de un hundimiento mayor en la desembocadura del Júcar. Los niveles marinos son muy escasos, con representación en Oropesa - Cullera y al este de Denia. La zona intermedia presenta un nivel sumergido (*ROSSELLO*, V., 1972) a 20 m., posiblemente Tirreniense, de lo que se deduce la existencia de movimientos posteriores a dicha época. Otra teoría para explicar la no presencia de niveles marinos altos en esta zona sería la de la flexión continental, que elevaría la parte del interior del continente y



hundiría progresivamente las zonas próximas a la línea de costa actual. El eje de la flexión coincidiría prácticamente con el trazado del litoral actual. Posiblemente sea la acción conjunta de hundimiento por subsidencia y flexión continental la causante de la distribución de niveles marinos y continentales. La morfología actual refleja, para el Holoceno, una época de reposo o ligera inestabilidad.

4.2.1. Cronología

La ausencia de cortes profundos, fósiles e industria impide realizar una cronología exacta. Tan sólo las fases de encostramiento, la estratigrafía de pequeños cortes y los niveles de terrazas han ayudado a una seriación de los distintos materiales continentales encostrados en la zona.

En cuanto a los depósitos marinos, dada su fauna trivial, es imposible situarlos en un piso determinado, ya que el valor altimétrico no es un dato exacto en una zona inestable. Sin embargo, la existencia en Denia de un depósito con *Strombus bubonius* (ROSSELLO, V., 1970) sumergido, implica en esta zona un hundimiento con respecto a la costa más al sur, donde aparece emergido a alturas variadas, lo que nos hace suponer el nivel de +4 m. más antiguo de lo que correspondería a su altura, probablemente entre el Tirreniense 11 y los depósitos de pie de monte sobre los que se instala. El nivel de 0,60 m. con fauna trivial indica un depósito muy reciente, debido a una ligera oscilación positiva del mar, probablemente post flandriense.



5. TRABAJOS DE RECONOCIMIENTO EFECTUADOS

Siguiendo las recomendaciones de la *ROM 0-5.05* vamos a plantear un plan de reconocimientos para obtener las características necesarias del suelo para la ejecución de la obra marítima.

El número de sondeos mecánicos que conviene realizar, su ubicación y su longitud, la extensión de los reconocimientos geofísicos, el número de ensayos “in situ” el número de muestras que deben tomarse y los ensayos a realizar con ellas, así como cualquier otro elemento que defina el reconocimiento geotécnico necesario han de decidirse en función de los siguientes factores:

- ***Condiciones geotécnicas:***

El terreno sobre el que ha de construirse la obra puede presentar condiciones más o menos favorables respecto a la obra en cuestión. Se entiende que las condiciones son favorables cuando no son de temer problemas de rotura del terreno, los problemas que puedan plantearse son comunes, han sido resueltos en ocasiones anteriores con facilidad y se dispone de experiencia contrastada para definir las formas de cimentación adecuada en este tipo de terreno.

Las condiciones geotécnicas deben considerarse desfavorables cuando se espera que las características del terreno resulten ser claramente críticas para el proyecto en cuestión habida cuenta de la solución estructural adoptada o cuando la obra a realizar requiere la utilización de técnicas o procedimientos poco usuales y sobre los que existe poca experiencia.

Uno de los aspectos que pueden conducir a unas condiciones geotécnicas desfavorables es la heterogeneidad del terreno. Sería el caso de aquellos terrenos que puedan ofrecer características claramente diferentes entre unos puntos y otros o presentar fallos locales donde las características resistentes puedan ser notablemente deficientes.

Antes de decidir la intensidad de los reconocimientos debe hacerse una estimación explícita acerca de las condiciones esperadas y calificar si éstas son *favorables*, *normales* o *desfavorables*.

Se consideran unas condiciones geotécnicas **NORMALES**.



▪ **Carácter de la obra:**

La intensidad de los reconocimientos geotécnicos debe fijarse tras conocer el carácter de la obra.

El índice IRE (Índice de Repercusión Económica). Valora cuantitativamente las repercusiones económicas por reconstrucción de la obra, CRD, y por cese o afección de las actividades económicas directamente relacionadas con ella, CRI, previsibles, en el caso de producirse la destrucción o la pérdida de operatividad total de la misma.

El IRE se define por la siguiente expresión:

$$IRE = \frac{C_{RD} + C_{RI}}{C_0} = 6,7$$

Donde:

- C_{RD} = 8 millones (Coste de inversión de las obras de reconstrucción de la obra marítima a su estado previo, en el año en que se valoren los costes por cese o afección de las actividades económicas directamente relacionadas con la obra. A falta de estudios de detalle, simplifícadamente, podrá considerarse que este coste es igual a la inversión inicial debidamente actualizada al año citado).
- C_{RI} = 12 millones (Repercusiones económicas por cese e influencia de las actividades económicas directamente relacionadas con la obra, ya sean oferentes de servicios creados tras su puesta en servicio o demandantes y causadas por daños en los bienes defendidos. Se valorará en términos de pérdida de Valor Añadido Bruto, a precios de mercado durante el periodo que se estime dure la reconstrucción, tras la destrucción o pérdida de operatividad de la obra, considerando que ésta se produce una vez consolidadas las actividades económicas directamente relacionadas con la obra).

C_{RI} puede estimarse a partir de la siguiente expresión:

$$\frac{C_{RI}}{C_0} = C \times (A + B) = 4$$

Donde:

- (A : Regional = 2) valora el ámbito del sistema económico y productivo.
- (B : Relevante = 2) la importancia estratégica del sistema económico y productivo.
- (C : Relevante = 1) la importancia de la obra para el sistema económico y productivo al que sirve.



- $C_0 = 3$ millones (Parámetro económico de adimensionalización. Su valor depende de la estructura económica y del nivel de desarrollo económico del país donde se vaya a construir la obra, variando, en consecuencia, con el transcurso del tiempo, tomándose, en España, para el año horizonte en los que se valoran los costes $C_0 = 3$ M euros).

El índice ISA (Índice de Repercusión Social y Ambiental). Estima de manera cualitativa el impacto social y ambiental esperable en el caso de producirse la destrucción o la pérdida de operatividad total de la obra marítima, valorando la posibilidad y alcance de, ($ISA_1 = \text{Bajo} = 3$) pérdidas de vidas humanas, ($ISA_2 = \text{Bajo} = 2$) daños en el medio ambiente y en el patrimonio histórico-artístico y ($ISA_3 = \text{Bajo} = 0$) de la alarma social generada, considerando que el fallo se produce una vez consolidadas las actividades económicas directamente relacionadas con la obra.

$$ISA = \sum_{i=1}^3 ISA_i = 5$$

En función de estos índices y al objeto de decidir la intensidad de los reconocimientos y otros aspectos del proyecto geotécnico, pueden definirse las tres categorías A, B y C, según la tabla siguiente:

ISA \ IRE	Bajo ≤ 5	Medio 5 a 20	Alto > 20
No significativo < 5	C	B	A
Bajo 5 a 19	B	B	A
Alto y muy alto ≥ 20	A	A	A

Tabla 1. Clasificación de las obras según los índices IRE e ISA, a los efectos de la definición de la intensidad de los reconocimientos geotécnicos

Por lo que finalmente podemos determinar que se trata de una obra de **CATEGORÍA B**.

A efectos de establecer los criterios que pudieran ayudar al ingeniero a decidir sobre la intensidad de los reconocimientos más adecuados, se definen los tres tipos básicos siguientes: *detallados, reducidos y mínimos*.

Un reconocimiento geotécnico mínimo, tiene como objetivo establecer las líneas generales de la estructura del terreno sin llegar a caracterizarlo con detalle.

En el otro extremo, un reconocimiento geotécnico detallado es aquél que investiga la estructura del terreno y sus características de manera tal que pueda conocerse, con suficiente precisión, los datos geotécnicos necesarios para cualquier punto de interés afectado por la obra.



El tipo de reconocimiento que se recomienda en cada caso, cuando se trata de realizar el informe geotécnico de un Proyecto de Construcción de una solución previamente estudiada, es el que se indica en la tabla siguiente:

Categoría de la obra	Condiciones geotécnicas		
	Desfavorables	Normales	Favorables
A	Detallado	Detallado	Detallado
B	Detallado	Reducido	Reducido
C	Detallado	Reducido	Mínimo

Tabla 2. Tipo de reconocimiento recomendado para un proyecto constructivo

Concluimos pues que será necesario realizar un **RECONOCIMIENTO REDUCIDO**.

Según la ROM 5.05, los reconocimientos geotécnicos reducidos pueden realizarse explorando el terreno mediante perfiles de geofísica (sísmica) y mediante sondeos ejecutados según alineaciones y/o perfiles más espaciados que en el caso de un reconocimiento detallado, pero nunca con espaciamientos mayores que los propuestos en la siguiente tabla:

Tipo de obra	Tipos de reconocimiento	
	Reducidos	Mínimos
Áreas de gran extensión	mallá 50 × 50 m	mallá 75 × 75 m
Estructuras concentradas	mallá 50 × 50 m	mallá 75 × 75 m
Estructuras lineales	un punto cada 50 m	un punto cada 100 m
Edificios o instalaciones ligeras	mallá 25 × 25 m	mallá 40 × 40 m
Taludes de excavación o relleno	un punto cada 50 m	un punto cada 100 m

Tabla 3. Número de puntos de investigación en reconocimientos reducidos y mínimos

Se seguirá esta recomendación para realizar los estudios en cada zona de la obra.

5.1. Número de ensayos de laboratorio

Para definir el número de ensayos de laboratorio es preciso clasificar, antes, los tipos de terreno existentes en el subsuelo. En términos generales, una formación particular queda mínimamente definida en un determinado aspecto cuando al menos se hacen dos determinaciones en laboratorio de la propiedad que controla el aspecto en cuestión.

En general, se tomarán al menos dos muestras en cada formación diferente de las que atravesase un determinado sondeo y no espaciar, dentro de un sondeo, la toma de muestras más allá de 5 m aunque la formación atravesada sea, aparentemente, muy homogénea.

Todas las muestras tomadas en los reconocimientos serán sometidas a los ensayos de identificación más sencillos (granulometrías y plasticidad si es el caso); sólo algunas (una de cada cinco y dos como mínimo de cada formación) serán sometidas a ensayos de identificación más completos (peso específico de partículas, análisis químicos y densidades extremas de arenas).



Todas las muestras inalteradas serán ensayadas para conocer su densidad seca y humedad natural.

Es recomendable que en uno de los sondeos se realice la toma de muestras con mayor intensidad y que se ensayen los terrenos con más profusión de manera que, al menos en una vertical, el terreno quede definido con mayor detalle.

Predominarán los ensayos de resistencia (triaxiales y compresiones simples para problemas de hundimiento o estabilidad) y los de deformación (edómetros en suelos cohesivos para estimación de asientos y tiempos de consolidación).

Los ensayos de resistencia y deformabilidad (compresión simple, corte directo, triaxiales y edómetros) serán realizados únicamente con muestras poco alteradas o inalteradas.

El número de ensayos de resistencia (tanto con drenaje como sin drenaje en arcillas) que conviene realizar con muestras de cada formación se fija en una cantidad, como mínimo, de 3 Uds. Si es de interés este aspecto en algún reconocimiento somero, se realizarán 2 Uds. de estos ensayos. Esas mismas cantidades aplican a los ensayos edométricos en suelos blandos y a los ensayos de permeabilidad, cuando éstos tengan interés.

Los resultados que obtenemos para futuros cálculos geotécnicos son los siguientes:

- Terreno natural:
 - Arenas finas, mal graduadas y muy permeables con asientos esperados durante la fase de construcción.
 - Angulo rozamiento interno: $\phi = 29^\circ$
 - Permeabilidad: $k=10^{-1} \text{ cm/s}$
- Escollera en mantos de diques:
 - Densidad del elemento: $2,65 \text{ t/m}^3$
 - Densidad seca: $1,70 \text{ t/m}^3$
 - Densidad saturada: $2,20 \text{ t/m}^3$
- Porosidad: $n = 0,32$
 - Ángulo de rozamiento interno: 40°
- Todo uno de cantera en banquetas:
 - Densidad seca: $1,80 \text{ t/m}^3$
 - Densidad saturada: $2,10 \text{ t/m}^3$



- Densidad sumergida: $1,10 \text{ t/m}^3$
- Ángulo de rozamiento interno en banqueta: 32°
- Relleno general:
 - Densidad seca: $1,70 \text{ t/m}^3$
 - Densidad saturada: $2,10 \text{ t/m}^3$
 - Densidad sumergida: $1,10 \text{ t/m}^3$
 - Ángulo de rozamiento interno: 30°



6. DISTRIBUCIÓN DE UNIDADES GEOTÉCNICAS

En la división de regiones y áreas que se ha efectuado para una descripción geotécnica más fácil, se han seguido fundamentalmente, criterios de tipo geológico litológicos y geomorfológicos para la división en regiones y los mismos criterios citados más los de tipo tectónico, hidrológico y geotécnico para la división en áreas.

En conjunto, se han delimitado dos Regiones y nueve Áreas, lo que da imagen de la variedad de la Hoja, teniendo en cuenta su extensión.

La Región I agrupa a todos los materiales considerados blandos o sueltos, y factibles de dar origen a suelos de espesores considerables; su disposición es horizontal o subhorizontal y poseen una tectonización prácticamente nula; el relieve suele ser suave.

La Región II reúne todos los materiales rocosos o duros, afectados por plegamientos y estructuras apreciables y sujetos a una tectonización de fallas, cabalgamientos, etc., que influirán en su comportamiento geotécnico; los relieves son acusados.

Dentro de la **Región I** se han delimitado cinco Áreas, en las que los criterios geomorfológicos han privado sobre los demás. Estas áreas son:

▪ **Área I₁:**

Incluye la llanura litoral formada por aportes cuaternarios de arena, grava y arcilla, relieve plano y situado tierra adentro del marjal.

▪ **Área I₂:**

Está formada por el cordón litoral constituido por playas y dunas de arena fina; es una estrecha franja, tan sólo interrumpida por algún saliente rocoso aislado y se extiende hasta Denia.

▪ **Área I₃:**

Reúne la superficie de marjal o marisma costera que se extiende detrás del cordón litoral; es posiblemente el área más característica de la Hoja; su litología de arcillas, fangos y turbas con niveles freáticos muy someros, la hacen geotécnicamente interesante, aunque con grandes problemas.

▪ **Área I₄:**

Reúne las formaciones de tipo glacis y piedemonte, con materiales predominantemente sueltos, de variada granulometría y pendiente uniforme y suave.



▪ **Área I₅:**

Es la más heterogénea de la Región I, ya que en ella se incluyen los valles interiores (cuaternarios y neógenos) y las zonas costeras heterogéneas, formadas por materiales terciarios con suelos potentes cuaternarios y red hidrográfica poco desarrollada.

La **Región II** se ha dividido en cuatro Áreas en las que los criterios tectónicos y litológicos han definido las mismas; estos datos son:

▪ **Área II₁:**

Incluye unas calizas cretácicas de dirección típicamente Ibérica (NO - SE).

▪ **Área II₂:**

Formada por los materiales jurásicos y cretácicos que ocupan la zona de interferencia ibérico bética, aunque predomina ya la dirección típicamente bética (SO - NE).

▪ **Área II₃:**

Está constituida por materiales paleógenos y cretácicos de dirección claramente bética, con largos frentes de cabalgamientos y fuerte tectonización.

▪ **Área II₄:**

Es poco extensa pero tiene gran importancia, ya que está constituida por los afloramientos triásicos de tipo diapírico o inyectado en grandes fracturas y naturaleza arcillo yesífera, y que desde el punto de vista geotécnico tendrá gran influencia a la hora de decisiones de cualquier tipo.

6.1. Características de las áreas

▪ **Área I₁:**

Se extiende por el triángulo Renifavo Alcudia de Carlet Algemesi, en el norte de la Hoja, en la zona Gandía - Oliva y en la zona Denia - Ondara; forma la denominada en morfología llanura litoral, limitando tierra adentro al marjal, cuando se presenta, y si no, a continuación del cordón costero.

La litología está formada a base de gravas y arenas con una proporción de arcilla y limo más o menos fuerte y dispuesto horizontalmente en lentejones con acumulaciones de alguna de las granulometrías principales; el suelo es arcilloso.

La morfología es uniformemente plana, con una ligerísima pendiente hacia el mar (1 - 2 por ciento), y característica típica es el pleno empleo de la superficie en las plantaciones de naranjos.



Los materiales se comportan como semipermeables con un drenaje superficial dificultado por la morfología aunque aceptable en general; el nivel freático suele hallarse de 1,5 a 3 m. de profundidad, existiendo pozos frecuentemente.

La capacidad de carga no es elevada debido al tipo de suelo vegetal arcilloso, que suele ser potente, y a la presencia de niveles freáticos próximos a la superficie.

El aprovechamiento de tipo industrial de los materiales es nulo.

▪ **Área I₂:**

Está constituida por una estrecha franja costera, de unos 500 m. de anchura por término medio, formada por arenas de playa y un cordón de dunas, y que alcanza desde la Albufera hasta Denia, con la interrupción rocosa de Cullera.

La litología está constituida por arenas finas de playa, muy uniformes, en cuya curva granulométrica se aprecia la influencia del viento en su transporte y deposición.

La morfología es sencilla con un leve montículo formado por el cordón de dunas. Los materiales son permeables, de drenaje superficial bueno, pero, como es natural, con nivel freático somero.

La capacidad de carga es baja por todo lo antes citado; se encuentra, no obstante, densamente edificado, con construcciones turísticas desde Valencia hasta Gandía.

▪ **Área I₃:**

Forma este Área la parte de marjal o marisma en regresión, que se extiende al sur de la Albufera hasta El Grao de Gandía y al sur de Oliva en la zona de Molinell.

La litología está formada a base de arcillas y fangos orgánicos con algunas acumulaciones de turba; en general, la potencia de estos materiales es de unos 4 - 6 m.; en las zonas más profundas pueden alcanzar los 8 - 10 m.; el sustrato de estos materiales son unas arcillas rojas compactas.

La morfología es completamente plana. Son materiales impermeables y el nivel freático se halla muy somero con inundaciones frecuentes; el drenaje es muy difícil; en ella se hallan los típicos arrozales de Sueca.

La competencia mecánica de los materiales es muy baja, con peligro de grandes asientos y aguas agresivas; cimentaciones difíciles por todos los conceptos.



▪ **Área I₄:**

Está constituida por las formaciones de morfología tipo Glacis y Piedemonte; se encuentra bordeando las zonas de montaña, sirviendo de enlace entre las mismas y las llanuras litorales y formaciones costeras.

La litología está constituida por materiales sueltos de granulometría variada y naturaleza distinta, desde bolos hasta arcilla.

La morfología presenta unas pendientes uniformes de un 3 – 5% y se halla abarrancada, cuando la extensión es tal que los ríos y ramblas se encajan en ellos.

Son materiales permeables, de fácil drenaje y sin problemas de tipo hidrológico; sin embargo, en ellos no son de esperar buenos acuíferos.

La capacidad portante de estos materiales será de tipo mediano a alto, sin problemas aparentes de estabilidad y aprovechamiento óptimo para obras de tierra.

▪ **Área I₅:**

Es la de mayor extensión de la región, ya que agrupa a todos los valles interiores de materiales cuaternarios y neógenos, con una gran representación en la parte más occidental de la Hoja, donde se hallan los valles de Albaida, Cocentaina y Alcoy, y la zona de Játiva - Alberique; valles de este tipo se hallan también en la parte central de la Hoja (Jalón Tárben) hasta Calpe, pasando por Teulada y Benisa, cuyas características la hacen semejante a este Área.

La litología está constituida por materiales aluvionarios, en los ríos y arroyos, generalmente de poco espesor, impuestos sobre unos materiales neógenos, de tipo margoso masivo, con algún nivel calcáreo más compacto.

La morfología es bastante plana pero presenta frecuentemente fuertes abarrancamientos que la hacen ser en detalle muy movida.

Los materiales son impermeables los margosos y semipermeables o permeables los cuaternarios; el drenaje superficial es aceptable y en conjunto el Área es hidrológicamente tolerable desde el punto de vista geotécnico; es difícil la captación de aguas subterráneas.

La capacidad de carga de estos materiales es mediana y para este tipo de cargas no son de esperar asientos apreciables en las construcciones.

Las acumulaciones arcillo margosas son explotadas en algún punto como tejares y fábricas de ladrillos.



▪ **Área II₁:**

Está constituida prácticamente por todas las formaciones rocosas existentes al Norte del eje Gandía Albaida, separando las formaciones costeras de los valles neógenos interiores.

La litología existente es calcárea, con calizas y dolomías cretácicas de dirección Ibérica, algún nivel margoso intercalado y niveles arenosos en la base.

La masa rocosa está fuertemente plegada y rota con fallas importantes.

La morfología presenta un relieve acusado, montañoso en muchos puntos.

La permeabilidad del conjunto es alta y el drenaje excelente tanto en superficie como en profundidad; la presencia de aguas subterráneas está muy ligada a la estructura y tectónica del conjunto.

La capacidad portante es alta y no hay probabilidad de asentamientos; los taludes serán, en general estables, dependiendo de la tectónica puntual.

Las dolomías y calizas micríticas son explotadas como canteras y los niveles arenosos de la base cretácica como cantera de préstamos de áridos.

▪ **Área II₂:**

Ocupa la zona rocosa existente dentro del polígono Albaida Gandía Ondara - Cocentaina, forma la zona de transición Ibérico Bética y presenta direcciones de pliegues intermedios.

La litología es variada, ya que la tectónica, complicada y fuerte, provoca la presencia de distintos períodos geológicos, que van del Triásico al Cretácico Superior; predominan los de tipo calizo y margoso, siendo masivos los cretácicos y tableados los jurásicos.

La morfología es de tipo montañoso con fuertes pendientes y dirección de las alineaciones montañosas de SO - NE.

Los materiales van de semipermeables a permeables y el drenaje está favorecido por la fuerte escorrentía; no son de esperar grandes acuíferos subterráneos, por la fuerte tectonización y variedad de litologías.

La capacidad portante es alta, no son de esperar asentamientos y la estabilidad está ligada a la estructura y tectónica.

▪ **Área II₃:**

Se extiende al sur de un eje imaginario que va de Cocentaina a Denia y ocupa todas las zonas rocosas y de montaña.



Los materiales litológicos son cretácicos y paleógenos, predominando las calizas y margas de aspecto masivo, aunque se encuentran también en menor cantidad conglomerados calcáreos, areniscas y arcillas. Mención aparte merece una formación eocena en facies flysch que aparece al sur y oeste de Benisa, de gran interés geotécnico por los problemas constructivos y de inestabilidad que pueden producirse en ella, ya que además de las dificultades propias de este tipo de formaciones, se une en ella una tectonización muy acusada con buzamientos fuertes y frecuentes fracturas.

La morfología es muy variada, sucediéndose crestas y valles encajados; en conjunto hay que hablar de área montañosa, ocupando las zonas altas, las rocas con escaso suelo e intercalándose valles profundos con un suelo de espesor considerable, formado por fragmentos de piedra y arcilla; en algunos, el fondo del valle está ocupado por los materiales neógenos margosos incluidos en el Área 15.

En conjunto, el Área es permeable o semipermeable, dependiendo de la naturaleza del material rocoso, el drenaje superficial es bueno favorecido por la fuerte esorrentía y no es probable la existencia de grandes acuíferos.

La capacidad portante es alta, no existe probabilidad de asientos y la inestabilidad del terreno estará ligada a la estructura y tectónica del punto que se trate en cada caso.

No se observan en el Área aprovechamientos industriales de ningún tipo.

▪ **Área II₄:**

Es un área que se encuentra repartida en pequeñas zonas por toda la Hoja, ya que consta de los afloramientos triásicos de carácter diapírico o en falla; el más importante se halla al Este de Játiva.

La litología está uniformemente constituida por arcillas rojizas abigarradas con yesos y yeso masivo.

La morfología suele estar suavizada por la erosión con pendientes medias y ligeros abarrancamientos.

Los materiales son impermeables, con drenaje tanto superficial como profundo, bastante difícil, y no hay posibilidad de aguas subterráneas.

La capacidad portante es de media a baja; es posible la existencia de asientos apreciables, problemas de inestabilidad y agresividad de aguas.

Existen varias canteras para el aprovechamiento industrial de los yesos de esta área.



7. NIVEL FREÁTICO

Respecto de la zona a tratar puesto que se encuentra situada en la costa asumimos que el nivel freático en la zona de obras está a la cota 0.

7.1. Aguas subterráneas

La fuerte demanda para regadíos de la plana costera y para consumo urbano causa una prospección continuada de aguas subterráneas. En principio parecen guías importantes de prospección los bordes de los relieves calcáreos próximos a la costa y las estructuras sinclinales bajo las margas del Tap, alcanzando las calizas mesozoicas.

7.2. Características Hidrogeológicas

En este capítulo se analizarán por separado, para cada área, las condiciones de permeabilidad, drenaje y demás características hidrológicas que definan un comportamiento geotécnico del terreno, con miras a cualquier aprovechamiento urbano, agrícola o industrial.

El plano de características hidrológicas se acompaña de una ficha resumen de características de cada área.

▪ **Área I₁:**

Está formada por materiales en conjunto semipermeables, aunque en profundidad presenten gran permeabilidad en algunas zonas.

El drenaje se efectúa por percolación natural, dada su morfología plana, con nivel freático a escasa profundidad, dando, en general, unas condiciones drenantes aceptables.

En algún punto alelado más bajo pueden producirse encharcamientos ocasionales. Acuíferos por porosidad intergranular.

▪ **Área I₂:**

Cordón arenoso costero, permeable, aunque con nivel freático somero; la morfología plana da lugar a un drenaje favorable por percolación natural; el agua subterránea de esta área está afectada por la intrusión marina.

▪ **Área I₃:**

Área de materiales impermeables, con nivel freático superficial, y zonas pantanosas frecuentes; el drenaje es muy deficiente por estar la zona casi a la misma cota del mar y estar separado de éste por una barra costera.



▪ **Área I₄:**

Ocupada por materiales semipermeables en conjunto, aunque localmente pueden pasar a impermeables o a muy poco permeables. (Encostramiento superficial, acumulaciones arcillosas o de bolos, etc.). El drenaje será aceptable, con aguas freáticas a cierta profundidad interviniendo en el mismo tanto la escorrentía como la percolación natural.

▪ **Área I₅:**

Área muy heterogénea desde el punto de vista hidrológico, con materiales permeables (aluviones cuaternarios) semipermeables (suelos limosos) e impermeables (margas y arcillas compactas); lo cual lleva consigo también, junto a la topografía ondulada, una variedad de la categoría del drenaje que va del deficiente (zonas margosas) al aceptable e incluso favorable de los aluviones.

De todas formas, el drenaje superficial se ve favorecido por el abarrancamiento de algunas zonas.

De aparecer acuíferos en la zona lo harán de forma aislada. Pueden producirse encharcamientos locales estacional mente.

▪ **Área II₁:**

Área compuesta por materiales permeables rocosos, de drenaje favorable por escorrentía superficial alta e infiltración apreciable; los acuíferos existentes en la zona, de manera aislada estarán limitados a zonas de alta fisuración de la roca.

▪ **Área II₂:**

Abundan los materiales semipermeables en conjunto, aunque en pequeño sean algunos bastante permeables; los materiales calizos que ofrecen afloramientos grandes son permeables. Las condiciones de drenaje son favorables, sobre todo debido a la fuerte escorrentía superficial.

Los acuíferos se presentarán aisladamente y se ajustarán a las zonas fracturadas de la roca.

▪ **Área II₃:**

La permeabilidad de los materiales de esta zona será muy distinta según la litología, ya que junto a cal izas y areniscas permeables, tenemos margas y facies flysch que actuarán de manera casi impermeable, por lo que la permeabilidad en cada punto quedará definida por la naturaleza del terreno. El drenaje será favorable, siempre debido a la alta escorrentía superficial.

El agua será un factor esencial en la estabilidad de algunas zonas de este área, y a que sus condiciones se verán muy afectadas por la humedad que tenga el terreno en cada momento.



▪ **Área II₄:**

Materiales totalmente impermeables, con drenaje deficiente y estabilidad precaria; el drenaje superficial puede ser mejor en algún punto por la presencia de barrancos.



8. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DEL TERRENO

Se incluye en este apartado una descripción de las características geotécnicas de cada área, en especial en lo referente a su capacidad portante, a la posibilidad de la aparición de asentamientos apreciables en las estructuras y a la existencia de otros fenómenos geotécnicos, tales como inestabilidades, deslizamientos, agresividades, etc.

Todos estos aspectos quedan reflejados en el plano adjunto, el cual se acompaña de una ficha resumen con las características de cada área.

▪ **Área 1₁:**

Materiales sueltos con un recubrimiento superficial arcilloso potente, lo que determina una capacidad de carga baja (1 a 2 kg/cm²) a media (2 a 4 kg/cm²) en algunas zonas, dependiendo de la profundidad del nivel freático y del espesor de la capa vegetal.

Es posible la aparición de asientos de tipo medio para cargas unitarias medias, estos asientos se producirán lentamente, por los factores litológicos e hidrológicos antes citados.

▪ **Área 1₂:**

Se admitirán, en estas arenas del cordón litoral, cargas bajas (1 a 2 kg/cm²) debido a la presencia de aguas próximas a la superficie; los asientos de magnitud media que se pueden producir con cargas mayores (2 a 4 kg/cm²) se producirán durante la fase de construcción. Es probable la presencia de intrusiones marinas en el agua subterránea, por lo que hay que pensar en la posible agresividad de las mismas.

▪ **Área 1₃:**

Corresponde a la zona de marjal y marisma, con capacidades de carga muy bajas ($q < 1$ kg/cm²) y asientos elevados tanto para cargas medias como bajas; es posible la presencia de turbas y es normal el contenido de materia orgánica en las aguas, por lo que éstas serán agresivas a los hormigones. La cimentación será muy difícil, con tipos de cimentación profunda a flotante, como más idóneos, y las obras de tierra, tipo terraplén, serán inestables y con fuertes asentamientos.

▪ **Área 1₄:**

Glacis y Piedemonte, admitirán cargas medias (2 a 4 kg/cm casi inapreciables y durante la fase constructiva) con asentamientos

Puede producirse algún deslizamiento local debido a abarrancamientos próximos a las zonas cargadas.



▪ **Área I₅:**

Se ha dicho ya que es una zona algo heterogénea por su litología, geomorfología e hidrología; por tanto las cargas admisibles variarán de bajas (1 a 2 kg/cm²) a medianas (2 a 4 kg/cm²), según su litología; predominan, no obstante, las zonas con admisión de cargas medias y asentamientos inapreciables, siempre que se elimine la capa de suelo vegetal.

Existen zonas extensas con fuertes abarrancamientos y es frecuente la presencia de arcillas preconsolidadas.

La fuerte e intensa erosión puede dar origen a inestabilidades en algunos puntos.

▪ **Área II₁:**

Zona caliza rocosa que admitirá cargas altas ($q > 4 \text{ kg/cm}^2$) y asentamientos inapreciables. La fracturación puede dar algún punto de inestabilidad; no obstante, este fenómeno será poco frecuente.

▪ **Área II₂:**

Área montañosa de rocas calizas y margosas, con cargas admisibles altas ($q > 4 \text{ kg/cm}^2$) y asentamientos inapreciables. Inestabilidades locales por estructura y tectónica local. Asentamientos inapreciables.

▪ **Área II₃:**

Capacidades de carga unitarias altas y medias, con predominio de las primeras y asentamientos inapreciables.

Gran variedad de litologías y fuerte tectonización con zonas particularmente inestables por deslizamientos a favor de los buzamientos, caída de bloques por descalzamiento de los niveles duros de las facies flysch. Asentamientos inapreciables.

▪ **Área II₄:**

Afloramientos de arcillas yesíferas y yesos masivos, con capacidad de carga unitaria de tipo medio (2 a 4 kg/cm²); asentamientos de tipo medio a largo plazo; o inapreciables; fuerte inestabilidad y agresividades altas para los hormigones.

9. SISMICIDAD

Puesto que se trata de una construcción de importancia especial, es de aplicación la normativa *NCSE-02* en la que se ha de clasificar la zona de proyecto en función de su aceleración sísmica de cálculo:

$$a_c = S \times \rho \times a_b$$

a_b : Aceleración sísmica básica

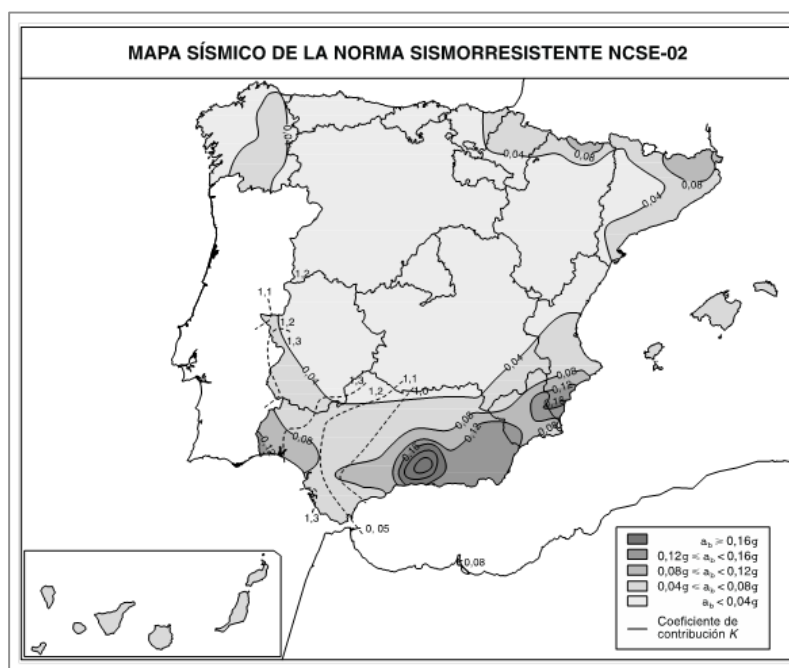


Figura 2. Mapa de peligrosidad sísmica

Por lo que:

$$a_b = 0,04 \text{ g} = 0,04 \times 9,81 = 0,3924 \text{ m/s}^2$$

ρ : Coeficiente adimensional de riesgo, función de la probabilidad aceptable de que se exceda a_c en el período de vida para el que se proyecta la construcción

Toma los siguientes valores:

- Construcciones de importancia normal $\rho = 1,0$
- Construcciones de importancia especial $\rho = 1,3$

Por tanto:



$$p = 1.3$$

S : Coeficiente de amplificación del terreno

Toma el valor:

$$S = \frac{C}{1.25} + 3.33 * \left(\rho * \frac{a_b}{g} - 0.1 \right) * \left(1 - \frac{C}{1.25} \right)$$

$$S = 1,696$$

Siendo C=2, Coeficiente de terreno. Depende de las características geotécnicas del terreno de cimentación y se detalla a continuación:

Tipo de terreno	Coeficiente C
I	1,00
II	1,30
III	1,60
III	2,00

Tabla 4. Coeficientes del terreno

Y por lo tanto, finalmente queda que:

$$a_c = 0,865 \text{ m/s}^2$$



9.1. Tectónica

Los materiales mesozoicos y terciarios están deformados, según una tectónica de estilo de cobertera con despegue en el nivel evaporítico del Trías Medio. En esta región, el sentido de empuje (sens de poussée) está dirigido hacia el norte, produciéndose pliegues en dirección EO. con tendencia a verger hacia el norte. Una reactivación de este empuje hacia el norte. produce despegues en los núcleos sinclinales con sedimentos de edad miocena, con el consiguiente efecto de cobijaduras de los materiales margosos miocenos bajo los materiales coherentes del techo del Cretácico. Una intensa fracturación posterior, con reactivación de “decrochements” de zócalo, produce la complicación actual de los ejes de pliegues “prebéticos”, además de un efecto de diapirismo de las masas yesíferas triásicas, cuya acción ha debido interferir desde el Jurásico hasta la actualidad (incluido el efecto de despegue), la tectónica de plegamiento y fractura (posiblemente las masas diapíricas estén relacionadas con los “decrochements” de fondo reactivados. de acuerdo con MOSLEY, 1973).

9.1.1. Tectónica de plegamiento

Las deformaciones de plegamiento se resuelven en esta región en pliegues de gran radio con charnelas más apretadas, localizadas en alineaciones continuas de dirección EO que atraviesan la totalidad de la Hoja hasta desaparecer ante la llanura costera.

Dentro de estas estructuras destaca el anticlinal de Oliva, en el cual aflora el Jurásico Medio y en cuyo flanco meridional se dispone una serie continua que alcanza el Cretácico Superior. Se trata de una estructura de charnela apretada y fallada en el flanco septentrional (flanco corto truncado) mientras al sur se desarrolla un flanco largo con algunas inflexiones. No se observan estructuras menores de deslizamiento. El flanco meridional presenta un claro ejemplo de “dip Slope” (Sierra de Gallinera) como control de la morfología estructural de esta zona.

En este flanco largo, indicador de la vergencia norte del pliegue, se produce una suave flexión anticlinal en el seno de las dolomías del Cretácico Superior. Esta flexión constituye el relieve de la Sierra de Mustalla construido sobre la masa dolomítica. Tras esta flexión anticlinal se instala una depresión amplia en desarrollo sobre materiales margosos miocenos que afloran en posición sinclinal y cuya alineación se denomina aquí sinclinal de Pego.

La existencia de la masa margosa discordante sobre los niveles del techo del Cretácico Superior, dispuesta en una “topografía sinclinal” anterior, causa un importante efecto de despegue y cabalgamiento en el apretamiento post Langhiense de las estructuras. Este apretamiento produce el frente continuo de cabalgamiento del flanco septentrional del sinclinal de Pego (relieves del castillo de Gallinera). Esta complicación estructural se encuentra dentro del



estilo general de empujes dirigidos al norte. Al este de una importante fractura de desgarre, el sinclinal de Pego aparece como una estructura apretada, un sinclinal volcado, cuyo flanco meridional cabalga sobre el núcleo mioceno. Las calizas senonienses de este flanco forman el frente de relieve de la Sierra de Segaria.

Las estructuras de plegamiento marcan, por tanto, una vergencia norte, con cabalgamiento del flanco meridional del sinclinal a favor de los materiales diferencialmente más móviles del Mioceno. Del estilo tectónico y la existencia de materiales sintardiorogénicos se deduce la existencia de un apretamiento póstumo, en el que resultan involucrados los materiales neógenos.

9.1.2. Tectónica de fractura

El estudio de las deformaciones de fractura se puede abordar teniendo en cuenta la génesis de las diferentes líneas de fractura y su colocación en el tiempo.

Por una parte existen importantes fracturas de desgarre que compartimentan los afloramientos mesozoicos y terciarios y cuya génesis primera ha de buscarse en accidentes de zócalo más antiguos, reactivados en la época de deformación de la cobertera. Estos accidentes afectan no sólo a la sedimentación de las series mesozoicas (época pre orogénica), sino también a la cobertera ya rigidificada y plegada (desgarre y desplazamiento lateral de las estructuras prebélicas), e incluso sirven de líneas de debilidad en la época de descompresión postmiocena (post Langhiense), siendo entonces la trama de la tectónica de bloques reciente (relieves escalonados y (escarpes de fractura). El control de estos “decrochements” se puede realizar por medio del desplazamiento de los afloramientos mesozoicos. Dentro del territorio de la Hoja se pueden delimitar dos importantes líneas de desgarre que trasponen las estructuras mayores y cuya dirección es NNO - SSE, con una ligera convexidad hacia el SO. Otras líneas de desplazamiento lateral y con dirección norte y sur aparecen subordinadas al sistema NNO – SSE. Sobre la importancia de estos accidentes es preciso resaltar su conexión a pliegues “anormales” en la región de Bernía y al norte de la Hoja, en la región de Jaraco (*CHAMPETIER*, 1972). Parece evidente la conexión entre fenómenos diapíricos, pliegues transversos y “decrochements”, de acuerdo con las observaciones de *MOSLEY* (1973) al norte de Benidorm.

En cuanto a las fracturas de desplazamiento vertical, se puede considerar una evolución de fallas inversas a cabalgamientos dentro de la fase (o fases interrumpidas) de compresión que dio lugar al plegamiento de los materiales mesozoicos y terciarios. La evolución a cabalgamiento (de flecha modesta, por otra parte) representa una reactivación póstuma de apretamiento de estructuras pre miocenas, con deformación final del Mioceno Inferior y Medio. Las fallas normales, por último, representan la evolución final del área emergida y rígida con la formación del reborde costero.



9.1.3. Relación de las deformaciones en el contexto regional

El estilo de las deformaciones anteriormente descritas permite definir un área prebética donde los pliegues son relativamente sencillos, orientados EO. y con cabalgamiento del flanco corto de los sinclinales a favor de los materiales miocenos que rellenaban una depresión sinclinal previa (clara discordancia entre la base del Mioceno y el Cretácico terminal).

El afloramiento de rocas evaporíticas triásicas entre Fuente Encarroz y Oliva se puede relacionar con la fracturación del flanco septentrional del anticlinal de Oliva y la incidencia de un importante “decrochements”, según el esquema propuesto en el apartado anterior.

La región comprendida entre Denia y Gandía está flanqueada al norte por una zona de pliegues en domo (*CHAMPETIER*, 1972) de la región de Jaraco y Barcheta, en el borde del área prebética, y al S. por un área de afloramientos diapíricos e importantes cabalgamientos (*AJOS*, et. al., 1958 y 1961, y *MOSLEY*, 1973), delimitándose una zona tectónica de características propias en este extremo oriental del borde prebético.



10. CONCLUSIONES

El resumen conjunto de todas las características estudiadas en los apartados anteriores se trata en este apartado, el cual tiene por objeto final la división de la Hoja en zonas, donde la concurrencia de las distintas características tratadas determinen la capacidad de utilización de los terrenos, desde el punto de vista constructivo.

Atendiendo este punto, se han clasificado los terrenos como: **Muy Desfavorables, Desfavorables, Aceptables y Favorables**, según las condiciones constructivas.

Hay que dejar sentado de antemano que para esta calificación se han tenido en cuenta, además de los problemas en sí, su importancia cuantitativa, lo cual puede conducir a que terrenos con los mismos problemas tipos tengan acepción calificativa distinta debido a un peso específico distinto de los problemas.

Por otra parte hay que hacer resaltar que esta calificación se refiere a zonas normalmente extensas, en las que las circunstancias locales de puntos aislados, así como del tipo de construcción, aprovechamiento, etc., pueden hacer cambiar la calificación dada en este estudio.

10.1. Terrenos con condiciones constructivas muy desfavorables

Se ha denominado como tal a los pertenecientes de una manera particular al área 13 en los cuales concurren problemas de tipo litológico, geotécnico e hidrológico.

Problemas de tipo litológico, geotécnico e hidrológico.

Forman la tan citada zona de Marjales y Marismas, próximas a la costa, en la que su litología de arcillas, fangos orgánicos y turbas junto al nivel freático superficial, crean unas condiciones constructivas muy desfavorables.

Los principales problemas presentes se pueden resumir en: capacidad de carga muy baja ($q < 1 \text{ kg/cm}^2$), asientos importantes a corto y largo plazo, agresividad de las aguas, por presencia de materia orgánica, lo que conduciría al empleo de cementos especiales y, por último, un drenaje muy difícil, dada la presencia del nivel freático prácticamente en superficie, con frecuentes inundaciones.



10.2. Terrenos con condiciones constructivas desfavorables

Se han incluido como tal a las zonas con los siguientes tipos de problemas:

➤ PROBLEMAS DE TIPO GEOMORFOLÓGICO:

Se incluyen en este punto las zonas cuya topografía es particularmente montañosa con pendientes mayores del 30%, en las cuales se entiende que las condiciones constructivas se verán dificultadas por las fuertes pendientes, dando lugar a excavaciones importantes y difíciles.

➤ PROBLEMAS DE TIPO GEOMORFOLÓGICO Y GEOTÉCNICO:

Forman parte de este tipo de problemas las zonas que poseen una topografía accidentada (pendientes mayores del 15%) junto a fracturaciones y tectonización acusadas, lo cual dará lugar a excavaciones importantes, en zonas de inestabilidad acusada, lo que dará lugar a corrimientos, desprendimientos, etc., que pueden ser de gran importancia.

➤ PROBLEMAS DE TIPO GEOTÉCNICO E HIDROLÓGICO:

Incluye algunas zonas, especialmente del área 15, en la comarca de Játiva, en la que junto a sedimentos arcillosos blandos, existen niveles freáticos muy someros, dando lugar a una zona semipantanosas. Se presentarán pues asientos, drenaje difícil y cargas admisibles pequeñas.

➤ PROBLEMAS DE TIPO LITOLÓGICO Y GEOTÉCNICO:

Se incluyen aquí los afloramientos yesíferos situados en zonas de topografía bastante llana. En ellos se presentarán problemas de ataque químico al hormigón, asientos a largo plazo, posibilidad de disoluciones profundas que den lugar a hundimientos y drenajes deficientes. Estos problemas se podrán soslayar mediante el empleo de cementos especiales, solicitar al terreno con cargas unitarias pequeñas y facilitar al máximo el drenaje superficial con obras complementarias.

➤ PROBLEMAS DE TIPO LITOLÓGICO, GEOMORFOLÓGICO Y GEOTÉCNICO:

Reúne una zona, en la comarca de Játiva, con problemas idénticos a los del punto anterior, a los que se les une una topografía más accidentada, con lo que las dificultades expresadas allí se verán aumentadas por una inestabilidad mayor debida a los abarrancamientos de la zona.



10.3. Terrenos con condiciones constructivas aceptables

En este apartado se han incluido terrenos con los siguientes problemas tipo:

➤ PROBLEMAS DE TIPO LITOLÓGICO:

Se reduce a una pequeña zona en las proximidades de Gata de Gorgos, donde es casi segura la presencia de aguas selenitosas e incluso arcillas yesíferas lo cual dará lugar al empleo de cementos especiales en las construcciones que se proyecten en ella.

➤ PROBLEMAS DE TIPO GEOMORFOLÓGICO:

Se concentran aquí las zonas en donde se manifiestan problemas morfológicos, provocados por pendientes del 10 al 15 % o bien por fuertes abarrancamientos. Esto puede dar lugar a excavaciones de cierta importancia y a inestabilidades de taludes que obliguen a tender los mismos. Por otra parte, será preciso efectuar canalizaciones para luchar contra la fuerte erosión de torrentes.

➤ PROBLEMAS DE TIPO HIDROLÓGICO Y GEOTÉCNICO:

Reúne algunas zonas concentradas en Jávea, Alcira, Villanueva de Castellón, Sur de Játiva y Cocentania, en donde junto a acumulaciones de terrenos sueltos y finos se aprecian niveles freáticos próximos a la superficie; el drenaje será deficiente y las cargas unitarias admisibles serán pequeñas.

➤ PROBLEMAS DE TIPO HIDROLÓGICO Y GEOMORFOLÓGICO:

Aparecen estos problemas en un estrecho valle de Planes a Pego donde junto a una topografía bastante abarrancada se producen fuertes torrenteras y acumulaciones de agua importantes. El problema se paliará mucho con corrección adecuada del drenaje superficial.

10.4. Terrenos con condiciones constructivas aceptables

En este grupo se han incluido los siguientes tipos de terrenos:

➤ TERRENOS SIN PROBLEMAS ESPECÍFICOS APARENTES:

Se reúnen aquí aquellas zonas en las que a priori no parece que puedan presentarse problemas de ningún tipo a la hora de construir, si bien, y de manera local, puedan presentarse algunas dificultades de tipo hidrológico (nivel freático somero), geotécnico, como una inestabilidad pequeña, o litológico, con unas arcillas o limos flojos.



➤ **PROBLEMAS DE TIPO GEOMORFOLÓGICO:**

Son aquellas zonas en donde las mismas dificultades presentes pueden provenir de unas excavaciones importantes para las necesarias explanaciones; sin embargo, estas son zonas fáciles de efectuar por medios convencionales, excepto en la montaña de Cullera.

➤ **PROBLEMAS DE TIPO HIDROLÓGICO:**

Se trata de zonas donde el nivel freático puede aproximarse en ocasiones a la superficie, produciendo reblandecimiento o bien zonas de escasa permeabilidad, donde se pueden producir encharcamientos ocasionales. Estos problemas se soslayan grandemente con un buen drenaje.

➤ **PROBLEMAS DE TIPO HIDROLÓGICO Y GEOMORFOLÓGICO:**

Son las zonas donde se reúnen los problemas apuntados en los dos puntos anteriores, por lo que las soluciones a adoptar son el conjunto de las descritas en ellos.

GARCÍA IRANZO
Gonzalo

Valencia, Junio de 2015