

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA
DIRECCION DE AGUAS SUBTERRANEAS Y GEOTECNIA

**MAPA GEOTECNICO Y RIESGOS GEOLOGICOS
PARA LA ORDENACION URBANA DE SAGUNTO**

E. 1/25.000

MEMORIA

00877

MAPA GEOTECNICO Y RIESGOS GEOLOGICOS
PARA LA ORDENACION URBANA DE SAGUNTO
ESCALA 1/25.000

El presente trabajo fue comenzado por IBERGESA, y ha sido terminado por I.R.N.S.A. LABORAL.

La relación nominal del equipo que ha intervenido es la siguiente:

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

D. Emilio Hidalgo Bayo. Director del Proyecto, Doctor Ingeniero de Minas.

POR LA CONTRATISTA

D. Fernando Fresno López. Ingeniero de Minas.

INDICE

	Pág.
1. INTRODUCCION	1
1.1. La cartografía geotécnica en la ordenación urbana	1
1.2. Antecedentes y objetivos del presente mapa	3
1.3. Zona estudiada	3
1.4. Método de trabajo	3
2. FACTORES CON INCIDENCIA CONSTRUCTIVA	7
2.1. Factores físico-geográficos	7
2.1.1. Climatología y meteorología	7
2.1.2. Morfología	10
2.1.3. Hidrología superficial	10
2.1.4. Hidrología subterránea	11
2.2. Bosquejo geológico	11
2.2.1. Estratigrafía	11
2.2.2. Tectónica	13
2.2.3. Historia geológica	14
2.3. Sismología	14
2.4. Yacimientos y explotaciones de materiales utilizados en construcción	15
2.5. Zonación geotécnica	17
2.5.1. Criterios de división	17
2.5.2. División en áreas y zonas geotécnicas	17
3. ESTUDIO DE LAS ZONAS GEOTECNICAS	19
3.1. Metodología	19
3.2. Area I	22
3.2.1. Zona I ₁	23
3.3. Area II	25
3.3.1. Zona II ₁ ¹	25
3.3.2. Zona II ₁ ²	27
3.3.3. Zona II ₁ ³	37
3.3.4. Zona II ₁ ⁴	38
3.3.5. Zona II ₂ ¹	40
3.3.6. Zona II ₂ ²	47
3.3.7. Zona II ₂ ³	50
3.3.8. Zonas II ₂ ⁴ , II ₃ ¹ y II ₃ ²	57
3.3.9. Zona II ₄	62
4. INVESTIGACIONES GEOTECNICAS SUPLEMENTARIAS PARA OBRAS PUN- TUALES	63
5. DEFINICION DE LOS PRINCIPALES TERMINOS GEOTECNICOS EMPLEADOS	65
6. BIBLIOGRAFIA UTILIZADA	67

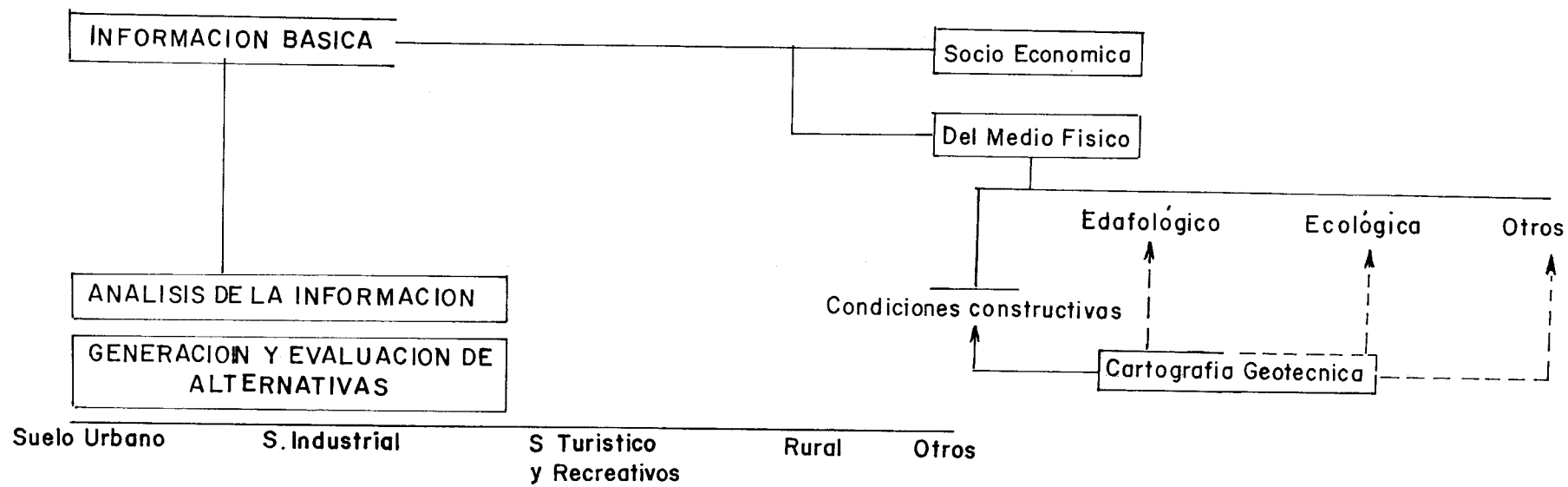
1. INTRODUCCION

1.1. LA CARTOGRAFIA GEOTECNICA EN LA ORDENACION URBANA

La toma de decisiones en materia de Ordenación Urbana, siempre que se pretenda que dichas decisiones estén bien fundamentadas, debe ir precedida de una Información Básica Previa. Entre las materias que esta Información debe considerar, están las relativas al Medio Físico. Este Medio condiciona el desarrollo y las actividades cotidianas de la ciudad y su entorno de muchas formas. En este sentido, existe hoy por ejemplo una creciente conciencia en torno a protegerlo de la contaminación y otras agresiones que contra él se ejercen. La consideración del Medio Físico desde un punto de vista ambiental que pueda expresarse por medios cartográficos, es hoy parte obligada a considerar en la elaboración de Planes de Ordenación Urbana. Hay, sin embargo, otras relaciones entre el Medio Físico y la Ordenación Urbana. El suelo, aparte de sus usos agrícolas y recreativos, es también el soporte de todas las construcciones y como tal influye en los aspectos económicos (generalmente a medio y largo plazo), que lleva consigo toda decisión urbanística. El sobrecosto que suponen los terrenos problemáticos sobre las construcciones e infraestructuras en ellos ubicadas es un sobrecosto que paga la comunidad y que no se traduce en ningún servicio. Es una inversión inútil siempre que exista alguna posibilidad alternativa. Este sobrecosto inútil es permanente una vez que se ha decidido la expansión de la ciudad en una zona problemática. En los actuales momentos en que la racionalidad de las inversiones se cuida al máximo, pensamos que lo expuesto debe ser considerado por quienes tienen el poder de decisión en actuaciones urbanísticas. La Cartografía Geotécnica trata de suministrar la información requerida a este respecto.

Por otra parte, la realización racional de proyectos constructivos en lo que tienen que ver con el terreno (sea en cimentaciones o en obras de tierra), requiere un documento que facilite previamente al diseñador una guía sobre las características mecánicas del terreno natural, de su idoneidad para constituir rellenos, de la problemática que pueda encontrar en excavaciones, etc. Quienes han trabajado en esta clase de problemas y conocen, por tanto, la variabilidad de las condiciones del terreno, lo mucho que incide sobre la estabilidad de la mayor parte de las obras y, a la vez, la escasa o nula información previa existente, encontrarán

ETAPAS DEL PLANEAMIENTO



← Cartografía Resolutiva

← - - - Apoyo a otros estudios

en la Cartografía Geotécnica una valiosa guía que hará más útiles, seguros y económicos sus proyectos.

1.2. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DEL PRESENTE MAPA

Dada la rápida expansión industrial y urbana de nuestro país, la planificación de la ejecución de los proyectos insertados en el Programa Nacional de Investigación Geotécnica se orientó de forma escalonada, de modo que al principio cubrió grandes áreas estudiadas a escalas reducidas y luego se pasó a investigar zonas pequeñas con mayor detalle. El Programa se inició con la elaboración de mapas geotécnicos a escala 1:200.000, que eran idóneos para técnicos y organismos encargados de la planificación de zonas extensas.

Una vez dominada la metodología de este tipo de documentos, y ya con más de la mitad del territorio nacional cubierto, se emprendió la realización de otro tipo de documentos encaminados a estudiar áreas concretas, a escalas comprendidas entre 1:25.000 y 1:5.000. Se decidió como escala básica la 1:25.000, complementada con escalas mayores para zonas concretas y reducidas, como son las áreas urbanas y sus posibles zonas de expansión.

Al declararse el área de Sagunto como zona de preferente localización industrial, por Real Decreto 2715/1983, de 28 de septiembre, se ha considerado conveniente establecer una cartografía geotécnica que sirva de base de planificación y proyecto de las estructuras a construir en la zona. Por otra parte, en el área de Sagunto existen problemas claros asociados a la presencia de antiguas albuferas colmatadas, depósitos limosos afectados por la actividad agrícola, niveles freáticos altos; aspectos todos que contribuyen al interés de establecer un marco geológico orientativo y una zonificación geotécnica que simplifique las prospecciones a efectuar por particulares y ponga a su disposición la abundante información obtenida en estudios anteriores.

1.3. ZONA ESTUDIADA

Se ha estudiado a escala 1:25.000, una superficie aproximada de 90 km², delimitada al Oeste por la autopista A-7 y al Este por la línea de costa del Mar Mediterráneo, los límites Norte y Sur son, respectivamente, el paralelo de Moncófar y el que, aproximadamente, pasa por la Gola de Estany. Por necesidades de representación, esta Zona descompone en dos mapas, designados I y II, cuyo límite de separación es el paralelo de latitud 39°42'42" N.

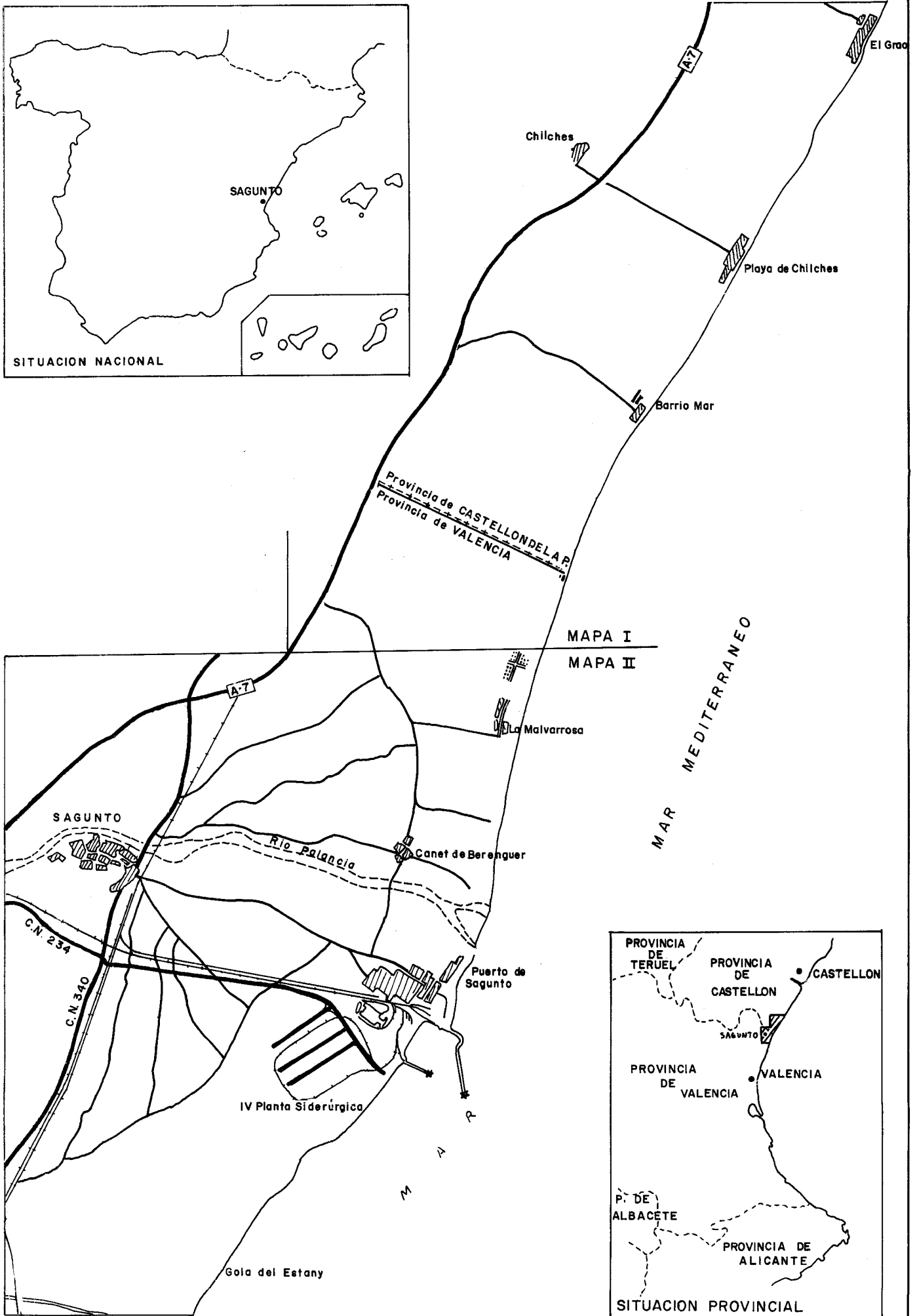
La figura 1 esquematiza la situación del área estudiada y representa el ámbito geográfico que abarcan cada uno de los dos mapas en que aquélla se divide.

1.4. METODO DE TRABAJO

Para la realización del estudio se han seguido las siguientes fases:

- A) Recopilación de información cartográfica, geológica, geotécnica e hidrogeológica así como de otro tipo útil a los objetivos del trabajo. Se visitó a Organismos Públicos y Empresas privadas que han realizado estudios geológico-geotécnicos en el área investigada. Entre los estudios obtenidos destaca la investigación geotécnica (en diversas fases) facilitada por Altos Hornos del Mediterráneo, S. A.
- B) Cartografía geológico-geotécnica y estudio de riesgos. Se efectuó en gabinete la cartografía geológica mediante fotointerpretación, utilizando básicamente las hojas del Mapa Geológico Nacional a escala 1:50.000 de Sagunto (668), Moncófar (669) y Burjasot (696). Posteriormente, se realizaron los oportunos recorridos de campo para completar dicha cartografía, tomar los datos necesarios para la definición de las características de todas las formaciones y determinar los puntos adecuados para realizar los reconocimientos mediante sondeos y pocillos.
- C) Reconocimiento de campo. Se han realizado diecinueve sondeos mecánicos con obtención de testigo continuo, que han totalizado 200 metros. En cada sondeo se han efectuado tomas de muestras inalteradas, ensayos de penetración estándar (SPT), desmuestres y se han equipado cuatro sondeos con tubería piezométrica. Se han ejecutado seis pocillos de 2,5 m de profundidad cada uno con toma de muestras para la realización de ensayos de compactación.

FIGURA 1. SITUACION DE LA ZONA DE ESTUDIO



- D) Ensayos de laboratorio. Las muestras obtenidas en sondeos y pocillos se han sometido a los siguientes tipos de ensayos:
- a) Muestras procedentes de sondeos
- Muestras alteradas (STP y desmuestres)
 - Límites de Atterberg
 - Granulometría por tamizado
 - Contenido en sulfatos
 - Contenido en materia orgánica
 - Ensayo Lambe
 - Muestras inalteradas
 - Límites de Atterberg
 - Granulometría
 - Compresión simple
 - Edómetro
 - Resistencia al corte (CD)
- b) Muestras procedentes de pocillos
- Límites de Atterberg
 - Granulometría por tamizado
 - Contenido en materia orgánica
 - Proctor Normal
 - CBR
- E) Síntesis de resultados e información geotécnica puntual, confección de los distintos mapas y redacción de la presente memoria.

2. FACTORES CON INCIDENCIA CONSTRUCTIVA

2.1. FACTORES FISICO-GEOGRAFICOS

2.1.1. CLIMATOLOGIA Y METEOROLOGIA

El área estudiada, que se enclava en la Plana de Castellón-Sagunto, presenta un clima de tipo mediterráneo litoral, caracterizado por inviernos templados y veranos cálidos y secos. Los datos meteorológicos que a continuación se incluyen han sido tomados en el Servicio Meteorológico Nacional y se refieren a la estación de Sagunto-Castillo (a la cota de 139 m) y a la termopluiométrica de Sagunto-Los Valles (de cota 3 m). También se ha consultado la estación termopluiométrica de Moncófar-Monzonis, pero no se han incluido sus datos por referirse a un corto lapso de tiempo y por las lagunas informativas que presenta. La estación pluviométrica de Sagunto-Castillo dejó de suministrar datos en el año 1981 y la termopluiométrica de Sagunto-Los Valles entró en funcionamiento en 1969 y se poseen datos hasta el año 1978.

TEMPERATURAS

La figura 2 muestra la variación a lo largo del año de las temperaturas medias (media mensual, media de las máximas y media de las mínimas), si bien referidas a un corto período; el mes más cálido es agosto, con temperatura media en torno a los 24°C, y los más fríos, diciembre, enero y febrero, cuya temperatura se sitúa alrededor de los 10°C. En el período 1970-1977, la temperatura más baja se alcanzó en enero de 1971 cuando el termómetro señaló -5°C, y la más elevada se registró en julio de 1977, con un valor de 39°C.

PRECIPITACIONES

En la figura 3 se recoge la variación mensual de las precipitaciones medias en el

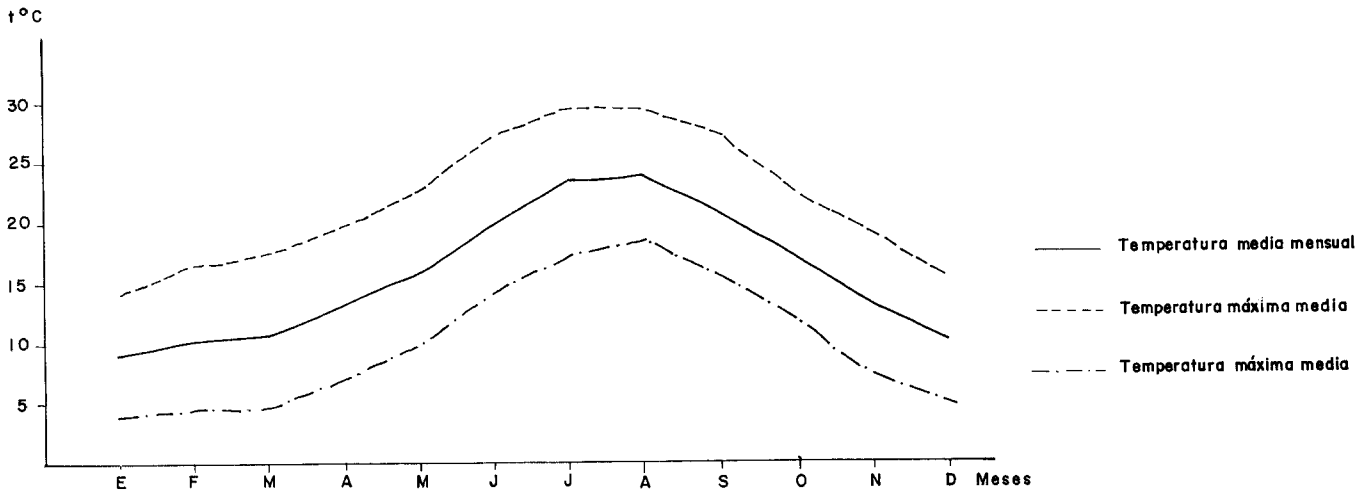


FIG. 2 EVOLUCION DE TEMPERATURAS MEDIAS. ESTACION SAGUNTO-LOS VALLES, PERIODO 1970-1977.

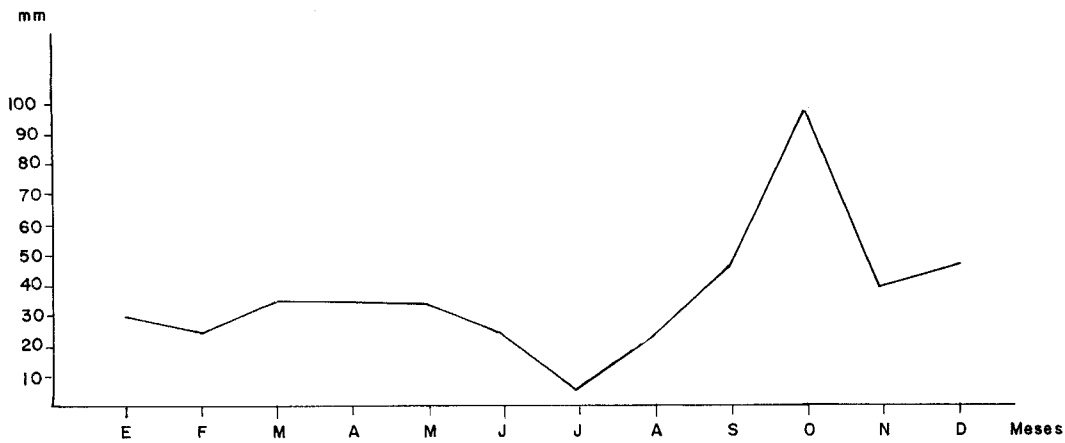


FIG. 3 EVOLUCION DE LAS PRECIPITACIONES MEDIAS MENSUALES. ESTACION SAGUNTO- CASTILLO. PERIODO 1960-1981.

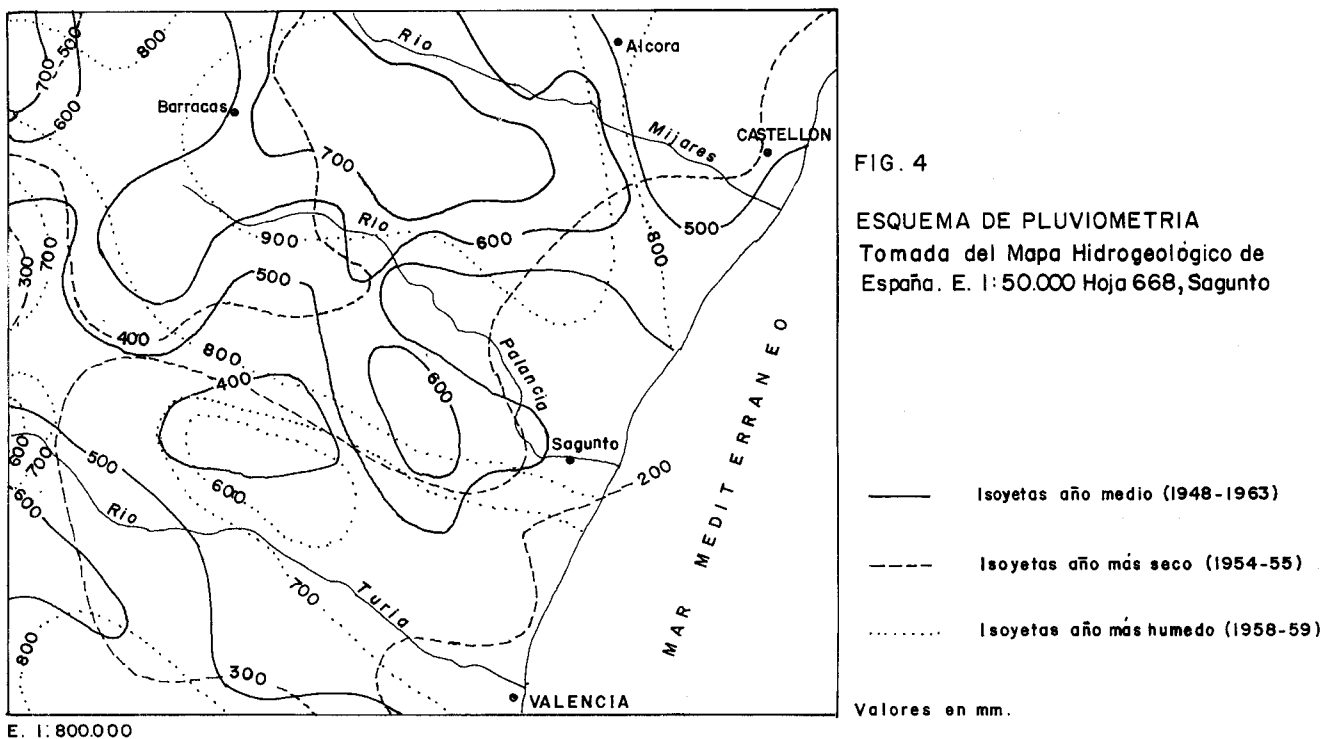


FIG. 4

período 1960-1981, elaborada con los datos procedentes de la estación Sagunto-Castillo. La precipitación media anual en dicho período fue de 450 mm; los valores máximos se registran preferentemente en los meses de septiembre y octubre y se aprecia una gran variación en el volumen de lluvia caída si se analizan los datos pluviométricos año por año. La figura 4, tomada del Mapa Hidrogeológico a escala 1:50.000, muestra la variación de las precipitaciones en un área más amplia que incluye la zona aquí estudiada.

La precipitación máxima en 1 hora para un período de retorno de 10 años y nivel de probabilidad del 90 por ciento es de 80-85 l, según Instrucción de Carreteras. Drenaje. Norma 5.1-IC. En el período 1960-1981 las principales precipitaciones en 24 horas se registraron en las fechas que indica la siguiente tabla (estación de Sagunto-Castillo).

AÑO	PRECIP (mm)	FECHA
1962	187,3	15 oct
1963	93,6	14 set
1964	73,6	17 dic
1965	184,0	29 oct
1966	162,2	10 oct
1969	124,2	5 oct
1971	143,6	6 oct
1975	73,5	5 dic

La Norma Tecnológica de Edificación, Drenajes y Avenamientos sitúa la zona estudiada en la Zona G respecto a precipitaciones máximas (P) en 1 hora para un período de retorno de 10 años: en dicha Zona, $P > 50$ mm/h.

INCIDENCIA CLIMATOLOGICA EN EL PROYECTO Y PROGRAMACION DE OBRAS

Según la publicación del MOPU "Datos climáticos para carreteras" (1964), los coeficientes medios anuales para la obtención del número de días útiles de trabajo a partir del número de días laborables son los siguientes, según el tipo de obra:

— Hormigón	0,960
— Explanaciones	0,914
— Aridos	0,966
— Riesgos y tratamientos	0,673
— Mezclas bituminosas	0,826

La Norma Tecnológica NTE-ECV/1973 del Ministerio de la Vivienda "Estructuras. Cargas de Viento", sitúa el área estudiada en la Zona Eólica X. En ella, la carga total de viento a considerar sobre edificios oscila, para situación normal, entre $q = 60$ kg/m² y $q = 111$ kg/m² para alturas comprendidas entre 3 y 60 metros, respectivamente; para situación expuesta "q" varía entre 66 y 122 kg/m² con la misma variación de altura. Se considera situación expuesta: las costas, cumbres de montaña, desfiladeros, bordes de meseta y aquellos lugares en que pueda preverse la aparición de vientos locales de intensidad excepcional. Para edificios de planta rectangular o combinación de rectangulares se considera una presión a barlovento $p = 2/3 q$ y una succión a sotavento $s = 1/3 q$. Para el cálculo de la carga sobre acristalamientos u otras superficies en que se pueda hacer huecos abiertos, se tomará el valor de "q". El cálculo de cargas de viento sobre cubiertas puede seguirse en la citada NTE-ECV.

A efectos de finar las condiciones térmicas de los edificios y sus cerramientos y de predicción de condensaciones en los mismos, el Artículo 13° de la Norma Básica de Edificación NBE-CT-79, Condiciones Térmicas en los Edificios, establece dos zonificaciones, según las cuales el área estudiada se encuentra en la zona B del Mapa de Zonificación por grados/día/año: de 400 a 800 grados/día anuales y en la Zona W del Mapa de Zonificación por temperaturas mínimas medias de enero: 5°C.

Los edificios quedan definidos térmicamente por los conceptos:

- Transmisión global de calor a través del conjunto del cerramiento, definida por su coeficiente K_G

- b) Transmisión de calor a través de cada uno de los elementos que forman el cerramiento, definida por sus coeficientes K.
- c) Comportamiento hidrométrico de los cerramientos.
- d) Permeabilidad al aire de los cerramientos.

Los valores máximos del coeficiente de transmisión térmica global K_G vienen dados para la Zona B en la siguiente tabla:

Tipo de energía para calefacción	Factor de forma $f(m^{-1})$	Valores máx. de K_G en Kcal/h m^2 °C	Coefficiente a en Kcal/h m^3 °C
Combustibles sólidos líquidos o gaseosos	$\leq 0,25$	1,61	0,23
	$\geq 1,00$	0,92	
Edificios sin calefacción o calefactados con energía eléctrica directa	$\leq 0,25$	1,40	0,20
	$\geq 1,00$	0,80	

Para valores intermedios de f , K_G se calcula con la fórmula $K_G = a (3 + 1/f)$, donde f es el factor de forma del edificio y a el coeficiente dado en la tabla anterior. El coeficiente de transmisión térmica de los cerramientos, K , presentará los valores máximos que se dan en la siguiente tabla:

Tipo de cerramiento	Valores máximos de K en Kcal/h. m^2 °C	
Cerramientos exteriores	Cubiertas	1,20
	Fachadas ligeras (< 200 kg/ m^2)	1,03
	Fachadas pesadas (> 200 kg/ m^2)	1,55
	Forjados sobre espacio libre	0,86
	Cerramiento con locales no calefactados	—

Para fijar las condiciones térmicas de los edificios y sus cerramientos y la predicción de condensaciones, la temperatura para la Zona W se toma igual a 8°C.

2.1.2. MORFOLOGIA

El área estudiada supone una zona de contacto entre los fuertes relieves situados a su oeste y el Mar Mediterráneo. Se trata, pues, de una zona con pendientes decrecientes desde las elevaciones montañosas interiores hacia el mar, con predominio neto de las zonas llanas o con pendientes inferiores al uno por ciento. Solamente se alcanzan valores del 5-10 por ciento en algunos puntos de los depósitos de pie de monte y coluviones y las únicas elevaciones montañosas corresponden a los materiales triásicos que rodean el vértice Cid (cota 110 m) situado al este de Almenara, o los que constituyen los relieves inmediatos a la población de Sagunto y los correspondientes a las calizas jurásicas del vértice Sonámbula (cota, 71 m).

La costa es de tipo bajo y se desarrollan playas de arena y cantos a lo largo de todo el ámbito del estudio; entre estas playas y los depósitos de albufera interiores aparece un cordón litoral de gravas y dunas cuya superficie ofrece una ligera ondulación.

2.1.3. HIDROLOGIA SUPERFICIAL

Dos cursos de agua cruzan el área estudiada. Hacia el Norte se encuentra el río Belcaire, de corto recorrido, cuyo pequeño caudal de cabecera es aprovechado o se infiltra

totalmente. Con dirección aproximada Este-Oeste discurre el cauce del río Palancia, que desde su nacimiento hasta Sot de Ferrer (fuera de la zona de estudio) posee caudal permanente, con una aportación media anual de 70 hm³. A partir de ese punto su caudal es derivado para usos agrícolas casi en su totalidad y el pequeño caudal restante se infiltra de modo que en su recorrido por el área estudiada se encuentra seco la mayor parte del año. Estos dos cursos conducen agua hasta el mar casi exclusivamente con ocasión de lluvias torrenciales.

Los marjales que se extienden con mayor o menor anchura a lo largo de la costa, salvo en el tramo comprendido, aproximadamente, entre Canet de Berenguer y Puerto de Sagunto, se encuentran temporalmente inundados.

2.1.4. *HIDROLOGIA SUBTERRANEA*

Existen dos acuíferos en el área estudiada: el acuífero del Muschelkalk y el del Cuaternario. El primero, escasamente representado en las inmediaciones de Sagunto, está compuesto por dolomías y calizas dolomíticas de permeabilidad media a alta; cerca de esta población se han efectuado sondeos sobre materiales del Cuaternario, que captan niveles carbonatados en la parte inferior de las areniscas del Buntsandstein con caudales muy elevados.

El acuífero cuaternario está constituido por niveles y lentejones de depósitos detríticos gruesos permeables. Su espesor oscila entre valores cercanos a 0 en los bordes de la Plana hasta un máximo de unos 150 m en las proximidades de Canet de Berenguer. El espesor saturado está comprendido entre 25 y 100 m. El impermeable de base está definido por materiales limosos y arcillosos miocénicos. El caudal específico de las numerosas captaciones es muy variable en función de la heterogeneidad de los niveles detríticos y oscila, lo más frecuentemente entre 1 y 20 l/s/m.

La circulación de agua en el acuífero subterráneo cuaternario sigue un sentido general E-SE, desde el interior hacia el mar. En la zona estudiada, el nivel piezométrico se encuentra generalmente a la cota del nivel del mar, pero en la zona de Moncófar, NE de Sagunto e inmediaciones de la Planta Siderúrgica se ha producido un descenso por debajo de esta cota, lo que da lugar a problemas relacionados con la intrusión de agua salina del mar. La presencia de aguas freáticas, a veces con caudales importantes, a pequeña profundidad supone un problema constructivo destacado en parte de las formaciones que se localizan en el ámbito geográfico estudiado.

2.2. *BOSQUEJO GEOLOGICO*

Dado que el estudio geotécnico se orienta y se refiere a un conjunto de materiales cuyo estado y configuración actuales son fruto de su naturaleza y de los diversos procesos sufridos a lo largo del tiempo, como son meteorización, erosión, transporte, sedimentación, diagénesis y tectónica, es conveniente esbozar, de forma más o menos concisa, el marco geológico de la zona estudiada. Además, este bosquejo ayuda a comprender la división zonal que más adelante se realizará.

Este bosquejo se ha realizado a partir del contenido de las memorias del Mapa Geológico Nacional a escala 1:50.000. Hojas 668, Sagunto; 669, Moncófar, y 696, Burjasot y también se incluyen datos contenidos en los informes de la investigación geotécnica para la IV Planta Siderúrgica.

2.2.1. *ESTRATIGRAFIA*

La edad de los materiales implicados en el estudio es triásica, jurásica (Lias) y cuaternaria. La nomenclatura que aquí se da a las distintas formaciones corresponde a la que aparece en los Mapas de Factores Geológicos con Incidencia Constructiva.

TRIASICO

Buntsandstein. T₁ y T₂

Los materiales de esta edad se encuentran al este de Almenara, en el Mapa 1, constituyendo las elevaciones del vértice Cid y adyacentes. Se trata, T₁, de areniscas muy compactas, de tonos rojizos y blanquecinos con algunas intercalaciones de limolitas arenosas;

su potencia es del orden de 200 m. T₂ está constituido por arcillas oscuras rojas con alternancias de areniscas, cuya potencia está comprendida entre 100 y 150 m.

Muschelkalk. T₃

Está formado por calizas dolomíticas en bancos gruesos, con espesor hasta de un metro y presenta intercalaciones de margas blanquecinas. El espesor del Muschelkalk varía entre 150 y 200 metros.

JURASICO (LIAS)

Está representado por dos pequeños afloramientos situados al NE de Sagunto, en las proximidades de esta ciudad, constituidos por calizas en capas gruesas, con algunos niveles dolomíticos. La potencia de este conjunto se cifra en unos 80 metros.

CUATERNARIO

Ocupa casi el cien por cien de la superficie que abarca el estudio. Los sedimentos de esta edad muestran gran variedad de origen y litología y seguidamente se describen de acuerdo con el criterio genético.

DEPOSITOS CONTINENTALES

- a) Depósitos de pie de monte. QPd. Se localizan al N y S de Sagunto, en el límite occidental del Mapa II. Su edad se sitúa en el Pleistoceno Medio y están constituidos por cantos más o menos angulosos englobados en una matriz arcilloarenosa y en muchas ocasiones aparecen encostrados. Se trata de un glaces de pie de monte antiguo degradado superficialmente por una incipiente red de drenaje, cuyas condiciones ambientales de formación correspondieron a climas templados con grandes lluvias de carácter torrencial.
- b) Conos de deyección. QCd. Aparecen al N y NE de Sagunto, en el Mapa I, con una representación superficial relativamente reducida. Están formados por una acumulación de materiales arcillosos que engloban abundantes cantos más redondeados que los que aparecen en la formación anterior. Muestran una morfología típica de los conos de deyección y su edad corresponde al Pleistoceno Medio.
- c) Coluviones. QC. Se encuentran sobre las laderas de las elevaciones triásicas situadas al E de Almenara (Mapa I) y las laderas del vértice Sonámbula (Mapa II). Su edad es holocénica y están formados por arcillas rojizas con cantos angulosos irregularmente distribuidos, a veces encostrados.
- d) Mantos de arroyada. QMa. Ocupan importantes extensiones en el área estudiada y con mayor profusión en el Mapa I. Litológicamente están constituidos por alternancias de niveles arcillosos y niveles de gravas y arenas, con distribución espacial errática, coloración fundamentalmente marrón rojiza y espesor conjunto superior a los cuarenta metros. Estos depósitos se atribuyen a la acción de lluvias torrenciales cortas y abundantes sobre una superficie poco trabajada por los arroyos. Se atribuye a estos depósitos una edad pleistocénica superior.
- e) Terrazas fluviales. QT. Están asociadas a los ríos Belcaire (Mapa I) y Palancia (Mapa II). La primera se encuentra situada a unos cinco metros por encima del cauce del río Belcaire y pasa insensiblemente a los depósitos de arroyada sobre los que se apoya. Está constituida por cantos calizos redondeados y areniscas con matriz arcilloarenosa, de color rojizo.
Asociadas al río Palancia se encuentran dos niveles de terraza: una, de altura media 11 metros, sobre la que se encuentra parte de la población de Sagunto, y otra, de 3-2 m, localizada en retazos a lo largo del río desde Sagunto hasta el mar. Su composición litológica es semejante a la descrita anteriormente. La edad de estas terrazas corresponde al Pleistoceno Superior-Holoceno.

- f) Depósitos aluviales QAl. Se ha cartografiado el aluvial del río Palancia, constituido por arcillas, limos, arenas y cantos o bloques procedentes de sucesivas riadas. Su edad es holocénica.

DEPOSITOS MIXTOS CONTINENTALES-MARINOS

- a) Abanico aluvial tipo deltaico. QDI. Se extiende a ambos márgenes del río Palancia, desde Sagunto hasta la desembocadura del mismo. Su edad es pleistocénica superior y está constituido por niveles de materiales finos y niveles con abundancia de gravas y bolos, todo ello con distribución errática. La potencia de estos depósitos es considerable y puede alcanzar el centenar de metros.
- b) Limos de inundación. QI. Ocupan grandes extensiones a lo largo de toda la zona estudiada, salvo el tramo comprendido entre Canet de Berenguer y la IV Planta Siderúrgica que corresponde a los depósitos tipo deltaico. La formación comprende limos, arcillas y niveles arenolimosos, con mayor influencia marina en las proximidades de los depósitos de albufera. Su edad es holocénica.
- c) Albuferas y Marismas. QA y QM. Muestran también gran extensión superficial a lo largo de la costa. Actualmente se encuentran prácticamente colmatadas y sus materiales son limos grises, pardos o negruzcos, niveles arenosos y arcillas. Su edad es holocénica y puede situarse en el principio de la transgresión Flandriense.
- d) Dunas. QD. Forman una banda con una anchura máxima de unos 400 metros, que se extiende desde Barrio Mar (Mapa I), a la altura de Almenara, hasta Canet de Berenguer, en el Mapa II. Están constituidas por arenas con algunas gravas dispersas, se encuentran parcialmente fijadas y pasan, hacia el Norte, insensiblemente al cordón litoral. Su edad es holocénica.

DEPOSITOS MARINOS

- a) Cordón litoral. QCl. Se localiza en una franja que se extiende desde el límite N del Mapa I hasta Barrio Mar, a lo largo de la costa, y en otra franja más estrecha desde Puerto de Sagunto hasta el límite meridional del Mapa II. Cierra los depósitos de albufera y está formado por cantos de calizas y arenisca con potencia comprendida entre 0,5 y unos 4 metros. Su edad es holocénica.
- b) Playas. QP. Ocupan una estrecha franja a lo largo de toda la costa y están constituidas por arenas con cantos más o menos dispersos; su potencia puede alcanzar hasta 8-10 metros. Su edad es holocénica.
- c) Depósitos antrópicos. QH. Se han cartografiado escombreras constituidas por escorias y residuos de la Planta Siderúrgica, localizadas sobre el cordón litoral y playas al sur de Puerto Sagunto.

2.2.2. TECTONICA

Los materiales mesozoicos están afectados por pliegues de radio muy amplios, que producen suaves ondulaciones con aspecto tabular. Las calizas cartografiadas en las proximidades de Sagunto muestran buzamientos suaves, del orden de 10°, mientras que los afloramientos de los alrededores del vértice del Cid, en el Mapa I, alcanzan valores del orden de los 25-30°. La fracturación de las rocas es relativamente intensa y en un ámbito más amplio del que abarca el estudio pueden definirse dos sistemas de fracturas con direcciones principales NO-SE y NNE-SSO. Las primeras se disponen en la dirección principal de las estructuras ibéricas y las segundas muestran bloques escalonados hacia el actual Mediterráneo; la acción conjunta de ambos sistemas ha condicionado la sedimentación reciente y podría indicar la persistencia en el tiempo de la actividad de tectónica de fractura en este área, si bien de forma atenuada.

Los depósitos cuaternarios no presentan fenómenos tectónicos; sin embargo, existen indicios que hacen pensar en una acción de flexura continental que elevaría la parte del continente alejada de la costa y hundiría el tramo de litoral próximo a la línea de costa actual,

en el que se desarrollan depósitos propios de áreas de subsidencia (Abanico deltaico). Pero, por otra parte, este hundimiento de la línea de costa no parece haberse producido de modo continuo, sino mediante pulsaciones con retrocesos parciales, demostrado este hecho por datos históricos y geológicos (distancia de Sagunto a la costa, navegabilidad de los estany, presencia de cantos de playa más a tierra que los límites de las actuales albuferas y presencia de playas fósiles).

2.2.3. HISTORIA GEOLOGICA

Los materiales más antiguos que se encuentran en el área estudiada corresponden al Buntsandstein, período en que se depositaron materiales continentales con elementos clásticos, que demuestran un período de gran actividad erosiva, con desgaste exhaustivo de los materiales paleozoicos de niveles estructurales profundos. Sigue a este período otro de carácter marino con depósito de sedimentos carbonatados (Muschelkalk). Posteriormente, se produce la deposición de evaporitas (no representadas en el área de estudio), que dan paso a un nuevo ciclo de sedimentación de rocas carbonatadas que constituyen los materiales jurásicos.

Los depósitos terciarios no están representados en el ámbito de estudio y la historia geológica del cuaternario parece iniciarse a partir de la fragmentación de la llanura pliocénica debida a flexuras y fallas de fase Waláquica (Plioceno-Pleistoceno), que dan lugar a zonas de subsidencia y emersión que se traducen en avances y retrocesos de la línea de costa. Durante el Pleistoceno Inferior se produjo un lento hundimiento de las zonas inmediatas a la costa, que se cubrían con grandes masas de gravas y fangos, cuya deposición se realizaba en forma de mantos de arroyada interdigitados, al tiempo que se producía una sobre elevación progresiva del interior. Durante el Holoceno el proceso de hundimiento se detuvo y, de forma local, invirtió su sentido. La presencia de albuferas litorales sugiere una emersión que permitiera la formación de cordones litorales al tiempo que explica la ausencia de estuarios y ríos propios de una costa en sumersión. La fluctuación del nivel del mar durante el Holoceno puede explicar la presencia de costras calcáreas bajo los fangos actuales.

En resumen, durante el Pleistoceno se produjo una subsidencia general de la zona, del orden de 80-100 m, asociada a una elevación del interior, y durante el Holoceno se producen diversas pulsaciones positivas de la costa; se cierran pequeños golfos que dan lugar a las albuferas, los ríos principales hacen crecer sus deltas y los pequeños cursos fluviales aportan limos, producto del lavado de los depósitos pleistocénicos.

2.3. SISMOLOGIA

El área estudiada, según la Norma Sismorresistente PDS-I (1974), se encuentra en la zona 1ª o zona de *intensidad baja*, en la que G (grado de intensidad sísmica de la escala macrosísmica internacional M.S.K.) es $< VI$. Respecto a *prescripciones*, la norma no es obligatoria para las obras situadas en la zona 1ª y la probabilidad de ocurrencia de un sismo de grado $G \leq VI$ (o riesgo sísmico R) es 1 para un período de 50 años.

Los daños esperables se concretan en:

- a) Las construcciones de tipo A (muros de mampostería en seco o barro, de adobes, de tapial) pueden sufrir daños ligeros (fisuras en los revestimientos o caídas de pequeños trozos) o moderados (fisuras, caída de grandes trozos de revestimiento, grietas en las chimeneas o derrumbamientos parciales en las mismas).
- b) Se pueden producir daños ligeros en las construcciones de tipo B (muros de fábrica de ladrillo, de bloques de mortero, de sillería, entramados de madera).
- c) Pueden abrirse grietas de hasta 1 cm de ancho en suelos húmedos y deslizamientos de ladera; se observan cambios en el caudal de los manantiales y en el nivel del agua de los pozos.

FACTORES DE CIMENTACION

Los efectos de un sismo sobre una construcción se traducen en acciones que pueden estudiarse determinando por separado sus componentes horizontal y vertical. En general, se puede prescindir de los efectos debidos a las fuerzas sísmicas verticales, que sólo se

consideran en determinados casos. La componente horizontal F se calcula mediante la fórmula $F = sQ$, donde:

- Q = peso correspondiente al punto considerado.
- s = coeficiente sísmico, cuyo valor viene dado por $s = \alpha \cdot \eta \cdot \beta \cdot \delta$ siendo
- α = factor de intensidad.
- η = coeficiente de distribución
- β = factor de respuesta
- δ = factor de cimentación.

Los valores de α , η y β pueden consultarse en la Norma PDS-1 (1974), epígrafes 4.10, 4.12 y 4.11, respectivamente, y los valores del factor de cimentación para las diferentes Zonas Geotécnicas en que se ha dividido el área estudiada, corresponden a los que se dan en la siguiente tabla:

TIPO DE CIMENTACION	ZONA GEOTECNICA			
	A	B	C	D
Pilotes:				
— resistentes por el fuste	2,0	1,0	0,7	—
— resistentes por la punta	1,8	0,9	0,6	—
Zapatas:				
— aisladas	1,6	1,1	0,8	0,5
— corridas	1,5	1,0	0,7	0,4
Losas:	1,4	0,7	0,5	0,3

A: II₃

B: II₄, II₂, II₃, II₃, II₄

C: II₁, II₁, II₃, II₁, II₂

D: I₁

2.4. YACIMIENTOS Y EXPLOTACIONES DE MATERIALES UTILIZADOS EN CONSTRUCCION

La figura 5 recoge la situación de yacimientos y explotaciones de materiales utilizados en construcción en una zona que rodea el área estudiada. Ese mapa procede de la Hoja de Rocas Industriales a escala 1:200.000, nº 56, Valencia.

A) ARIDOS Y ROCAS DE CONSTRUCCION

Los materiales utilizados en estas industrias son gravas, arenas, calizas, dolomías, carniolas y areniscas, algunos de los cuales (arenas silíceas miocénicas, arenas de dunas y areniscas del Buntsandstein) pueden ser destinados a otras industrias (fundentes, abrasivos). Las gravas y arenas entran en el campo de los áridos naturales, que no precisan el empleo de explosivos para su extracción, mientras que los restantes áridos son áridos de trituración, cuya extracción se efectúa mediante explosivos.

Los principales puntos capaces de proporcionar gravas y arenas están situados en el río Palancia, Rambla de la Viuda, río Mijares, río Seco, Rambla de Carraixet y río Turia. Explotaciones de calizas y dolomías, ya sea como áridos o como roca de construcción extraída en bloques, se encuentran, como puede verse en la figura 5, en numerosos puntos. Las principales zonas con explotaciones de areniscas se localizan en Puig, oeste de Gillet (donde también se han utilizado como fundente).

B) INDUSTRIA CERAMICA

Arcillas con destino a la industria cerámica (ladrillería, azulejos) se obtienen en afloramientos del Keuper, Mioceno y Cuaternario. Las principales zonas con explotaciones se

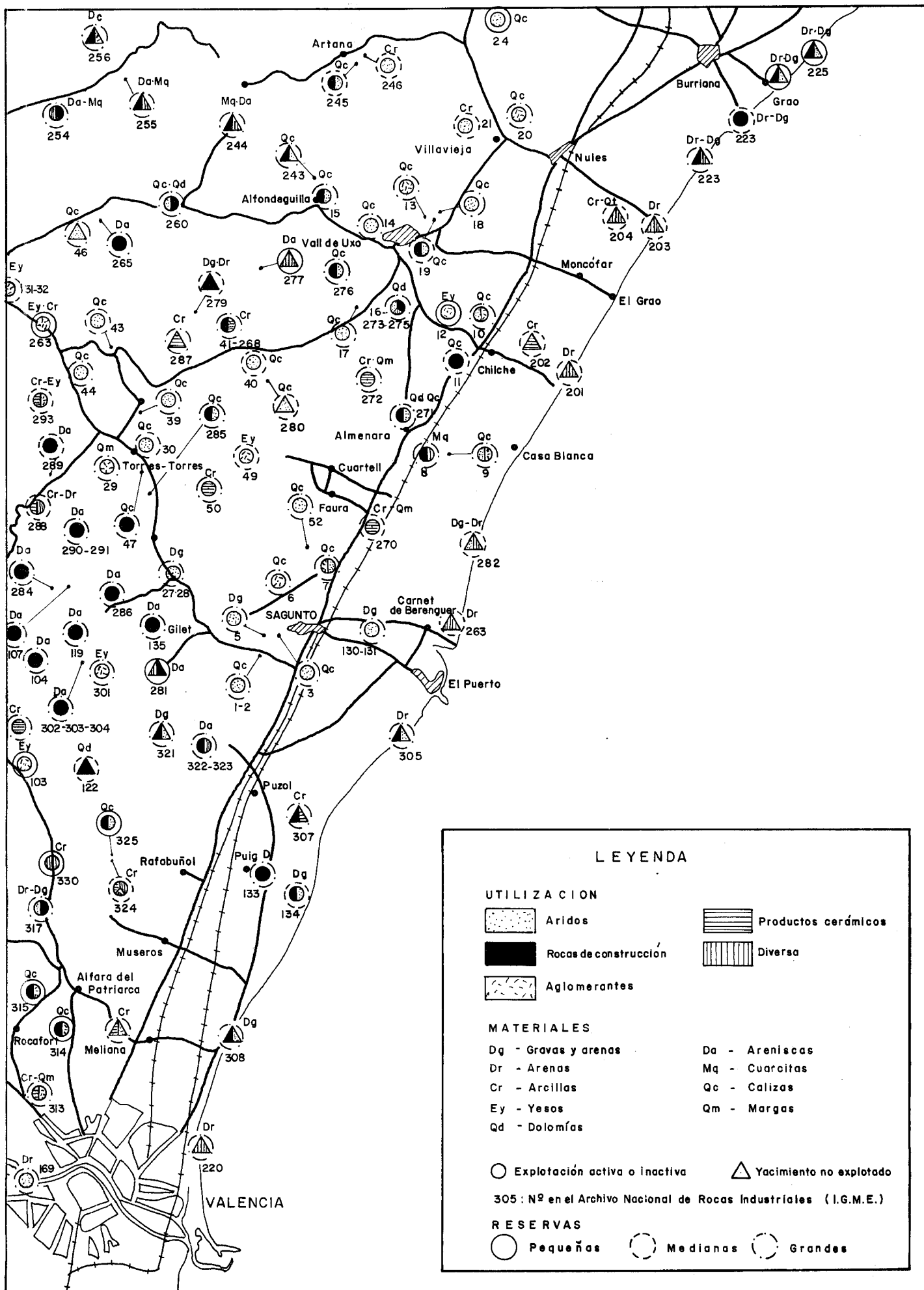


FIGURA 5. MAPA DE SITUACION DE EXPLORACIONES Y YACIMIENTOS DE MATERIALES UTILIZADOS EN CONSTRUCCION. E. 1:200.000

sitúan en la comarca de Geldo-Soneja, Segorbe y NE de Onda (estas dos últimas fuera del área representada en la figura 5).

C) AGLOMERANTES

Se explotan o se han explotado margas como aglomerantes en las proximidades de Paterna y de Torres-Torres y yesos en la zona de Soneja y Geldo. Estos últimos corresponden a los afloramientos del Keuper y las margas son de edad miocénica.

2.5. ZONACION GEOTECNICA

El objeto de este trabajo es la delimitación en el área estudiada de una serie de zonas relativamente homogéneas en sus características geotécnicas y el estudio de éstas, prever sus problemas e indicar soluciones generales a adoptar para que las diversas instituciones, entidades y personas interesadas tengan una guía a la hora de actuar. A este respecto, se hacen unas observaciones generales de los criterios seguidos, sus límites y la división realizada.

2.5.1. CRITERIOS DE DIVISION

La superficie estudiada se ha dividido en Areas y, posteriormente, cada Area en Zonas. El criterio seguido para la división de Areas ha sido fundamentalmente geológico, entendido como síntesis de aspectos litológicos, tectónicos y geomorfológicos, que, conjuntamente, dan a cada Area una entidad bien marcada y condicionan cierta homogeneidad en sus características geotécnicas. Para la división de cada Area en Zonas se ha atendido a criterios genéticos y litológicos (tipo de depósito, de material, compacidad, etc.), que contribuyen a diferenciar cada Zona dentro de su Area.

2.5.2. DIVISION EN AREAS Y ZONAS GEOTECNICAS

Se han diferenciado dos Areas, I y II. La primera comprende los afloramientos rocosos, de edad Triásica y Jurásica; la segunda abarca todos los depósitos cuaternarios y los antrópicos actuales. Las dos Areas se han dividido en un total de doce Zonas de la forma siguiente:

Area I. Zona I₁.

Area II. Zonas II₁¹, II₁², II₁³, II₁⁴, II₂¹, II₂², II₂³, II₂⁴, II₃¹, II₃² y II₄.

La Zona I coincide con la definición dada para el Area I: comprende los materiales rocosos triásicos y jurásicos, que incluyen calizas, dolomías y areniscas, fundamentalmente.

En la división efectuada en el Area II, el subíndice 1 corresponde a los depósitos continentales, el 2 a los depósitos mixtos continentales-marinos, el 3 se aplica a los marinos y el 4 se aplica a los depósitos antrópicos. Cada Zona se define así:

Zona II₁¹

Comprende los depósitos continentales asociados al modelado de las vertientes e incluye coluviones, conos de deyección y depósitos de pie de monte (QC, QCd y QPd).

Zona II₁²

Constituida por los mantos de arroyada (QMa).

Zona II₁³

Incluye las terrazas asociadas a los ríos Palancia y Belcaire (QT).

Zona II₁⁴

Corresponde al aluvial del río Palancia (QA).

Zona II₂

Comprende los depósitos mixtos de tipo deltaico (QDI).

Zona II₂

Abarca los limos de inundación (QI).

Zona II₃

Está definido por el conjunto de depósitos de albufera (QA) y marisma (QM).

Zona II₄

Incluye las dunas (QD).

Zona II₅

Está definida por el cordón litoral de gravas (QCI).

Zona II₆

Comprende las arenas de las playas (QP).

Zona II₇

Corresponde a los vertidos antrópicos, fundamentalmente escombreras de escoria de horno alto.

3. ESTUDIO DE LAS ZONAS GEOTECNICAS

3.1. METODOLOGIA

Después de analizar aspectos globales que afectan al conjunto del ámbito que abarca el estudio y definir la zonación geotécnica adoptada, se pasa a caracterizar en diversos aspectos cada una de las Zonas Geotécnicas, aspectos que se incluyen tanto en la **Memoria** como, de forma resumida, en el **Mapa de Factores Geológicos de Incidencia Constructiva** y en el **Mapa de Características Geomecánicas y Condiciones Constructivas**. Esos aspectos son los siguientes:

LITOLOGIA. Se da:

- a) Descripción de los principales materiales presentes, su naturaleza, abundancia relativa y disposición mutua y su clasificación según el Sistema Unificado (USCS).
- b) Grado de homogeneidad o heterogeneidad en la formación, designado, respectivamente, por Uniforme o Errática.
- c) Espesor, cuando ello es posible, o una idea de él y sus variaciones.

Es importante señalar la limitación que este Mapa presenta debido a su escala. En general, cuanto más precisa es la delimitación litológica, más precisas son las restantes características, dado que la litología es el factor del que dependen los demás. De acuerdo con la escala básica, 1:25.000, y en concordancia con las recomendaciones de la Comisión Internacional de Cartografía Geotécnica de la Asociación Internacional de Geología Aplicada a la Ingeniería (Engineering Geological Maps. A guide to their preparation, 1976), las unidades taxonómicas empleadas son los Complejos Litológicos, que agrupan varias litologías diferentes. Ello es debido a la absoluta imposibilidad de separar a esta escala litologías con mayor precisión. Por ello es muy importante que se atienda a la homogeneidad o heterogeneidad de las formaciones que se indica, tanto la Memoria como los mapas. Se ha señalado la litología

dominante, pero no debe olvidarse que las litologías subordinadas pueden, en algunos sitios, ser principales.

GEOMORFOLOGIA. Se da:

a) Pendientes del terreno: se ha elegido como parámetro descriptivo la pendiente **P**, a la que corresponde un porcentaje menor o igual del 75 por ciento de valores menores en el terreno y un 25 por ciento de valores mayores. Es decir, que $P \leq 30$ por ciento significa que en el 75 por ciento de la superficie de la Zona considerada la pendiente es menor o igual al 30 por ciento y en el 25 por ciento restante la pendiente es mayor del 30 por ciento. Se trata de un dato aproximado, dada la escala de trabajo, pero de indudable interés para el planificador, ya que muestra dónde se encuentran taludes más acusados que pueden impedir o limitar ciertos tipos de desarrollo, al tiempo que muestra dónde pueden darse problemas de estabilidad de taludes con mayor probabilidad y la situación de llanuras o áreas en las que la topografía plantea pocos inconvenientes o restricciones a la construcción y al transporte.

Respecto al uso intensivo o extensivo del terreno en función de las pendientes, puede tomarse el siguiente criterio:

- Uso intensivo: pendiente menor o igual al 3 por ciento.
- Uso extensivo: pendiente menor o igual al 6 por ciento.

En áreas costeras o usos turísticos pueden tomarse valores del 6 por ciento para usos intensivos.

b) Formas topográficas del terreno.

HIDROLOGIA SUPERFICIAL Y SUBTERRANEA

Es un aspecto de gran importancia en numerosos tipos de obras. Ligado, por una parte, a la Climatología y Meteorología, está, por otra, relacionada con el tipo de terreno, vegetación y permeabilidad. Se definirá para cada Zona:

- a) Coeficiente de Escorrentía **C**, según Instrucción de Carreteras, Drenaje. MOPU.
- b) Idea de la posición del nivel freático, basada en sondeos realizados, mediciones de pozos o datos de otra procedencia.
- c) Comportamiento del material o materiales de la Zona frente a la infiltración: permeable, semipermeable, impermeable.
- d) Tipo de drenaje principal: infiltración, infiltración más escorrentía, escorrentía.
- e) Calidad del drenaje: favorable, aceptable o deficiente (tendencia al encharcamiento o niveles freáticos muy altos). Se recomienda, para mejor utilización de los datos expuestos en este trabajo, en fases de diseño, la consulta de la Instrucción de Carreteras y de la Norma Tecnológica de Edificación, Drenajes y Avenamientos, esta última en lo que se refiere a drenajes de muros de contención y sótanos.
- f) Agresividad de las aguas freáticas.

RIESGOS GEOLOGICOS

Se indicará, cuando proceda, el tipo de riesgo existente, así como sus causas, efectos, intensidad y probabilidad de ocurrencia. El riesgo sísmico, por su incidencia general sobre todas las Zonas, se ha comentado en apartado especial.

Estos aspectos citados, Litología, Morfología, Hidrogeología y Riesgos Geológicos se incluyen en el Mapa de Factores Geológicos con Incidencia Constructiva, donde, además, pueden verse cortes orientativos que ayudarán al usuario a comprender lo que del terreno puede esperarse en profundidad y también figuran los resultados puntuales obtenidos en sondeos y pocillos.

Asimismo, tanto en la Memoria como en el Mapa de Características Geomecánicas y Condiciones Constructivas, se da idea de las condiciones de cimentación y condiciones para obras de tierra.

CARACTERISTICAS GEOMECHANICAS

Para definir las propiedades constructivas de cada Zona se consideran las características geomecánicas de sus materiales, que incluyen los parámetros que los caracterizan o

identifican y las relaciones con el comportamiento en deformación por aplicación de esfuerzos. Dichas características geomecánicas se han investigado puntualmente mediante sondeos y pocillos al tiempo que se han analizado, sintetizado y elaborado numerosos datos procedentes de estudios geotécnicos, en particular los efectuados por Altos Hornos del Mediterráneo para la implantación de la actual IV Planta Siderúrgica Integral. Aunque estos últimos estudios se refieren a una zona concreta del Mapa II, que se extiende a lo largo de una franja de, aproximadamente, 4 km de ancho, entre Puerto de Sagunto y el límite sur de dicho Mapa, los datos mecánicos que contienen pueden aplicarse en cierta medida a otras áreas que abarca el estudio con idénticas características genéticas de sus depósitos.

Se han considerado los siguientes parámetros, cuyos valores están reflejados en el Mapa de Características Geomecánicas y Condiciones Constructivas: **N** (número de golpes para penetrar 30 cm en el ensayo SPT), y **q_u**, resistencia a la compresión simple. Otros parámetros considerados, no reflejados cartográficamente, son los procedentes de ensayos de resistencia al corte (**c** y **φ**), y de ensayos edométricos, **C_c** y **e_o** (índice de compresión de índice de poros inicial). También en el Mapa se incluye la densidad y humedad máxima del ensayo Proctor normal y el índice CBR correspondiente al 100 por ciento de la densidad anterior.

Se decía que estas características se han investigado puntualmente y, sin embargo, es necesario reflejar características extendidas, zonales. El problema de pasar de valores puntuales a una valoración extendida es realmente complejo, complejidad que se agrava cuando determinada Zona se encuentra constituida por varios Tipos Litológicos y, aún más, Tipos Ingenieriles, cuando son estos últimos, precisamente, los que realmente interesan en una obra concreta puntual. La recomendación que se da es que se contemplen los valores numéricos que definen las diversas propiedades mecánicas estudiadas con carácter orientativo, tanto más cercano a criterios de carácter semicuantitativo cuanto mayor sea la homogeneidad de la Zona y la densidad de la obra realizada, o de los datos de que se dispone.

Todo esto es fruto de las limitaciones que la escala de trabajo impone. Respecto a su campo de aplicación, debe considerarse que los estudios necesarios para la implantación de una obra se dividen en tres pasos consecutivos: a) Fase de viabilidad, b) Fase de Anteproyecto y c) Fase de proyecto. El presente Mapa cubre principalmente la Fase de Viabilidad; puede, sin embargo, aplicarse a la Fase de Anteproyecto de estructuras ligeras y medias, que no posean gran magnitud económica. Los demás casos deben de ser estudiados en particular de acuerdo con las orientaciones del presente trabajo.

CONDICIONES DE CIMENTACION

— *Presiones admisibles.* Son aquellas presiones de cimentación correspondientes a cargas verticales y centrales que garantizan la producción de asientos absolutos medios inferiores a 2,5 cm en suelos granulares (gravas, arenas, arenas limosas) y 5 cm en suelos cohesivos (arcillas, limos arcillosos). Se han determinado para zapata cuadrada de 1,50 × 1,50 m. Esos asientos son los que para edificaciones u obras ordinarias no suelen originar problemas derivados de distorsiones angulares excesivas. Las presiones admisibles se han determinado en cuanto a su intervalo de variación; el método seguido se ha basado, siempre que no se indique lo contrario, en los ensayos de campo y de laboratorio. Entre los **ensayos de campo** figura el valor de **N** obtenido en el SPT; para el caso de materiales granulares se utiliza el ábaco de Terzaghi-Peck (1967) SPT-Ancho de zapata, con las oportunas consideraciones respecto a la posición del nivel freático y para suelos cohesivos, en ausencia de ensayos de

$$\text{laboratorio } \sigma_{ad} = \frac{N}{10}$$

Los **ensayos de laboratorio** utilizados para este fin han sido la resistencia a compresión simple y ensayos edométricos. La presión admisible se ha determinado con factor de seguridad 3 respecto a la rotura y asientos garantizados por la fórmula $s = \sum m_{vi} H_i \Delta \sigma$, donde:

s = asiento en cm.

m_{vi} = módulo de compresibilidad volumétrico en cm²/kg.

H_i = espesor de cada uno de los estratos en la zona comprimida, en cm.

Δσ = presión inducida en el centro de cada uno de los estratos, en kg/cm².

Existen Zonas Geotécnicas que por su escasa entidad superficial o naturaleza no han sido prospectadas o lo han sido muy escasamente. En este caso se ha clasificado el suelo mediante observaciones de campo, por su consistencia o densidad relativa, a partir de la cual se han deducido presiones admisibles. Se trata de datos, en general, menos fiables que los de otras Zonas pero razonablemente adecuados a la finalidad perseguida por el presente Mapa.

Es de gran utilidad para el planificador urbanístico, el arquitecto y el ingeniero conocer lo que significa concretamente la presión admisible. Como aproximación puede indicarse lo siguiente: para que pueda utilizarse **cimentación superficial por zapatas aisladas o combinadas**, se precisa:

- Para edificios de 3 alturas, aproximadamente, $\sigma_{ad} = 0,5 \text{ kg/cm}^2$
- Para edificios de 6 alturas, aproximadamente, $\sigma_{ad} = 1 \text{ kg/cm}^2$
- Para edificios de 10 alturas, aproximadamente, $\sigma_{ad} = 1,5 \text{ kg/cm}^2$

Para **cimentación superficial por losa** se necesita, aproximadamente, la mitad de la presión admisible, pero deberán comprobarse cuidadosamente los asientos, en especial para presiones admisibles menores de 1 kg/cm^2 . Caso de no poder utilizar losa o resultar menos económica, deberá irse a **cimentación profunda**, por pilotaje, asientos flotantes, etc.

— *Problemas de cimentación.* Una de las mayores utilidades que puede ofrecer este Mapa Geotécnico es la indicación de los principales problemas con que puede encontrarse toda cimentación concreta. Su conocimiento preciso ayudará tanto en el planteamiento de la Campaña de Investigación Geotécnica Suplementaria como en el diseño y construcción de la cimentación.

OBRAS DE TIERRA

Se estudian los siguientes conceptos: facilidad de excavación, estabilidad de taludes, empujes sobre contenciones, aptitud para préstamos, aptitud para explanada de carreteras y obras subterráneas.

— *Excavabilidad.* Los terrenos se han clasificado de acuerdo con la Norma Tecnológica de Edificación: Acondicionamiento del Terreno. Desmontes. Vaciado (NTE-ADV, 1976), en los siguientes grupos: 1) Duro. Atacable con máquina o escarificador, pero no con pico, como terrenos de tránsito, rocas descompuestas y tierras muy compactas. 2) Medio. Atacable con pico, pero no con pala, como arcillas semicompactas, con o sin gravas o gravillas. 3) Blando. Atacable con la pala, con tierras sueltas, tierra vegetal, arenas.

— *Estabilidad de taludes.* Los taludes naturales se han observado en el terreno y se señalan los factores que pueden degradar la estabilidad. El análisis de taludes artificiales puede hacerse por alguno de los múltiples métodos que existen. En una primera aproximación, que deberá analizarse con mayor detalle, bajo el término estable se engloban los terrenos que admiten taludes 1,5/1 (H/V) para altura de unos 6 m sin mayor problema e inestables los que no los admiten.

— *Empujes sobre contenciones.* Hacen referencia a contenciones del terreno natural, no de rellenos realizados con los materiales de cada Zona.

— *Aptitud para préstamos.* Se ha utilizado el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales de la Dirección General de Carreteras. El término No Apto designa a suelos inadecuados; Marginal designa suelos que unas veces son inadecuados y otras tolerables e incluso adecuados; el término Apto designa suelos tolerables, adecuados y seleccionados.

— *Aptitud para explanada de carreteras.* Se ha tomado como referencia la Instrucción de Carreteras, Normas de Firms Flexibles y Firms Rígidos. Se entiende por suelo No Apto aquel que no puede constituir en desmonte ni en terraplén explanadas tipo E-1 (suelo tolerable, al menos estabilizado en sus 15 cm superiores, con CBR de 5 a 10). Marginales son aquellos que cumplen a veces dicha condición; en especial, suele referirse a terrenos tolerables que no conviene que sean directamente explanada. Aptos son terrenos frecuentemente adecuados y los seleccionados.

— *Obras Subterráneas.* Se utiliza el término "muy difícil" para suelos muy blandos bajo el nivel freático o suelos potencialmente expansivos; "difícil" designa terrenos blandos o arenosos limpios bajo el nivel freático; "medio" designa suelos firmes, casi rocas blandas que a veces presentan problemas de nivel freático, con cierta capacidad de autosoporte y sin empujes fuertes.

3.2. AREA I

Esta área está integrada exclusivamente por la Zona I₁, cuyas características se estudian en los apartados que siguen.

3.2.1. ZONA I₁

LOCALIZACION

Constituida por materiales rocosos de edad triásica y jurásica, se encuentra formando los relieves próximos a Sagunto, en el Mapa II, y al este de Almenara, en el Mapa I.

CARACTERISTICAS LITOLÓGICAS

Los materiales que integran la Zona I₁ pertenecen al triásico (Buntsandstein y Muschelkalk) y al jurásico (Lias). Se tienen las siguientes formaciones:

T₁. Presenta areniscas muy compactas, de tonos grises, rosados, blanquecinos y rojos, dispuesta en bancos de más de 20 cm de espesor, con intercalaciones de limolitas arenosas eventuales, muy laminadas. En general, se encuentran muy diaclasadas y la potencia en conjunto se evalúa en unos 200 m.

T₂. Comprende arcillas arenosas rojas con alternancia de areniscas y su espesor se estima del orden de 100 a 150 metros.

T₃. Está fundamentalmente compuesta por calizas dolomíticas, de tonos grisáceos, en bancos gruesos, con intercalaciones de margas blanquecinas y amarillentas. La potencia de estas calizas se encuentran en torno a los 200 metros. Presentan pliegues muy amplios y buzamientos suaves, alrededor de 10°.

J. Está formada por calizas con algunos niveles dolomíticos, dispuestas en bancos gruesos, de espesor métrico. Su potencia se evalúa en unos 80 metros.

CARACTERISTICAS GEOMORFOLÓGICAS

La Zona I₁ está constituida por elevaciones con pendientes topográficas variables y puede tomarse $P > 8$ por ciento; en algunos puntos se encuentran taludes muy escarpados o subverticales. En general, su accesibilidad es dificultosa o muy difícil y no admite uso intensivo.

CARACTERISTICAS HIDROLÓGICAS

a) Hidrología superficial

Esta zona no presenta cursos de agua superficiales y tan sólo muestra algunas vaguadas que sirven de cauce para las aguas de escorrentía. El coeficiente de escorrentía C puede tomarse, en general, $C = 0,50-0,65$, y localmente, coincidiendo con las áreas de pendiente más acusada, $C = 0,65-0,80$. Los materiales de la Zona muestran permeabilidades variables; así, las calizas y areniscas son permeables debido a su fracturación en tanto los niveles ocasionales de margas y las arcillas arenosas son impermeables. El drenaje, en general, puede considerarse favorable y se realiza por escorrentía e infiltración a través de las fracturas.

b) Hidrología subterránea

Si se analiza este aspecto en cuanto a su repercusión en obras de cimentación, excavaciones, se considera que no se presentarán problemas por afluencia de caudales importantes de agua. Puntualmente pueden aparecer rezumes ligados a los niveles impermeables.

RIESGOS GEOLÓGICOS NATURALES

En taludes empinados o subverticales pueden originarse desprendimientos de bloques, en particular en áreas muy diaclasadas.

CARACTERISTICAS GEOMECANICAS

Se trata, en general, de materiales de resistencia media (560-1.125 kg/cm²), excepto las arcillas arenosas de la formación T₂, que se comportan como suelos, mejorando sus

características mecánicas en conjunto por la presencia de niveles competentes de areniscas. Sin embargo, para obras de cierta importancia, además de las propiedades resistentes de las calizas y areniscas de esta Zona, considerados como materiales más abundantes, deben tenerse en cuenta otros factores que influyen en la realización y estabilidad de aquéllas.

Entre otros factores, debe tenerse en cuenta: disposición de la estratificación, características de fracturación (orientación de las juntas, su buzamiento, espaciado, continuidad, relleno, etc.), posible carstificación, presencia de niveles blandos o altamente tectonizados y circulación del agua.

CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS

Condiciones de cimentación

Para cimentaciones habituales no se presentarán problemas de capacidad portante, puesto que la resistencia de las rocas es grande con respecto a las cargas que edificios u obras similares pueden transmitirles. Incluso en la formación T₂, con arcillas arenosas e intercalaciones de areniscas, pueden asegurarse presiones admisibles de 2 kg/cm².

Respecto a capacidades de carga, existen diversas Normas e Instrucciones en diversos países que dan las cargas admisibles de forma sencilla y restrictiva; en la Norma DIN 1054 se da un cuadro de "Cargas admisibles sobre roca poco diaclasada, sana, no meteorizada y con estratificación favorable", en la que aparece:

- Con estratificación marcada, 15 kg/cm².
- En estado masivo o columnar, 30 kg/cm².

En el caso de estar la roca muy diaclasada o con disposición desfavorable de los estratos, estos valores deberán reducirse a la mitad. Si se aplican estos criterios a las rocas de la Zona I, se obtiene para las calizas una presión admisible, $\sigma_{ad} = 15 \text{ kg/cm}^2$, y para las areniscas, en función de su mayor grado de diaclasamiento, $\sigma_{ad} = 7,5 \text{ kg/cm}^2$. Sin embargo, es probable que puedan tolerarse presiones mayores y estos valores deben contemplarse con un marcado carácter orientativo.

Los problemas de cimentación se centran en la presencia de niveles margosos y de arcillas arenosas, que pueden dar lugar a asentamientos no previstos, además del hecho de que el acondicionamiento del terreno para realizar la cimentación en roca es más costoso que en suelo con buenas características resistentes. No se esperan problemas de drenaje a las cotas de cimentación habituales.

Restricciones geológicas a la construcción

Quedan determinadas fundamentalmente por las pendientes del terreno, en ausencia de problemas de capacidad portante e hidrogeológicas. En el Mapa de Características Geomecánicas y Condiciones Constructivas se han representado en verde las áreas con pendientes comprendidas entre el 7 y el 15 por ciento, en azul las que poseen pendientes entre el 15 y el 30 por ciento y se asigna el mayor grado de restricciones a las áreas con pendientes superiores al 30 por ciento, representadas en rojo.

Condiciones para obras de tierra

Excavabilidad

Excepto los niveles margosos de la formación T₃ y las arcillas arenosas de T₂, los demás materiales (calizas y dolomías) no son ripables y será necesario el empleo de explosivos para su arranque o excavación.

Estabilidad de taludes

De acuerdo con los términos definidos en la Metodología (apartado 3.1), los taludes de esta Zona son estables. Puntualmente pueden aparecer problemas de desprendimientos de pequeños bloques ligados a áreas muy fracturadas o con niveles poco competentes (limolitas, arcillas arenosas).

Contenciones

En general, las contenciones no serán necesarias. Los empujes serán bajos en las zonas con presencia de arcillas arenosas e intercalaciones de areniscas.

Aptitud para préstamos

Las calizas y areniscas se consideran rocas adecuadas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes, en lo que a calidad para su empleo como material de préstamo; deberán, por otra parte, ciertas especificaciones, contenidas en dicho P.P.T.G., referentes a granulometría y forma de las partículas. Los niveles margosos y arcillosos se consideran no adecuados.

Aptitud para explanada de carreteras

Cabe distinguir entre pedraplenes y desmontes. En el primer caso, la aptitud y categoría de la explanada dependerá de las características del material utilizado en la coronación (ver Introducción de Carreteras, Firmes Flexibles y Firmes Rígidos). En el caso de desmontes, la categoría de la explanada que se realiza en roca corresponde a la E-3; se recomienda, en la citada norma, el relleno de las depresiones que contengan agua con hormigón de cemento tipo H50, para después situar encima una base de firme de suelo seleccionado de, por lo menos, 30 cm de espesor. En los desmontes en roca la explanada tendrá la regularidad e inclinación necesarias para que se asegure la evacuación del agua infiltrada a través de las capas o juntas del firme de la calzada y arcenes.

Obras subterráneas

La calificación de las rocas de esta Zona para estimar su comportamiento en la realización de obras subterráneas en ella enclavadas puede hacerse por alguno de los sistemas existentes (Barton, Bieniawski), en función de su trazado o ubicación. De las observaciones efectuadas en campo, puede situarse a las calizas y areniscas en las categorías III y II de Bieniawski (1973) (roca corriente y buena, respectivamente, y eventualmente en la categoría IV —roca mala—). No obstante, su correcta definición deberá realizarse a lo largo del túnel u otro tipo de obra subterránea que en particular se estudie.

3.3. AREA II

3.3.1. ZONA III

LOCALIZACION

Recordamos que esta Zona está constituida por depósitos continentales asociados al modelado de las vertientes: depósitos de pie de monte, coluviones y conos de deyección. Se encuentran al pie de los relieves montañosos incluidos en el área estudiada, con mayor extensión los que aparecen al norte y sur de Sagunto y más reducidos los que se localizan al este de Almenara, en el Mapa I.

CARACTERISTICAS LITOLÓGICAS

Los materiales que se encuentran en los distintos tipos de depósitos citados son arcillas más o menos arenosas, de tonos pardos y rojizos, que engloban cantos y bolos con distinta angulosidad, más redondeados los que aparecen en los conos de deyección. Frecuentemente los depósitos de pie de monte (QPd) aparecen superficialmente encostrados con los cantos unidos por cemento calcáreo. Si bien no se han realizado ensayos con los materiales de esta Zona, puede decirse que se trata de tipo GC o GM-GC en el Sistema Unificado y las arcillas que constituyen la matriz de las gravas o que se encuentran en concentraciones mayores son de baja plasticidad (tipo CL). La potencia de los coluviones puede estimarse variable entre 2 y 8 metros y la de los restantes depósitos es difícil de evaluar en ausencia en esta zona de cortes que permitan su observación; en todo caso, salvo en el contacto con los materiales rocosos, puede suponerse superior a los tres metros. La distribución de los materiales puede considerarse de carácter errático.

CARACTERISTICAS GEOMORFOLÓGICAS

Constituyen depósitos asociados a las laderas, que enlazan los relieves triásicos y jurásicos con los depósitos cuaternarios de la Plana; son, salvo los coluviones, planicies con

pendiente descendiente desde su contacto con las formaciones rocosas hasta el llano, surcadas por algunos arroyos bastante rectilíneos. Puede tomarse $P < 3$ por ciento, aunque de forma localizada se alcanzan pendientes hasta del 15 por ciento. De acuerdo con los criterios anteriormente expuestos, la Zona admite, por tanto, uso intensivo.

CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS

La Zona II} se encuentra atravesada, como se ha dicho, por algunos arroyos secos que constituyen su red de drenaje, por los que circula agua con ocasión de lluvias fuertes. El coeficiente de escorrentía C, según Instrucción de Carreteras. Drenaje, puede tomarse igual a 0,50-0,65. En conjunto, los materiales de esta Zona son permeables, pero con grado de permeabilidad variable en función de la abundancia relativa de cantos y arcillas y del encostramiento superficial. El drenaje se considera favorable o, al menos, aceptable, y se realiza por escorrentía y variable infiltración.

El nivel piezométrico general de esta Zona no afectará a obras de cimentación habituales, aunque sí pueden aparecer niveles freáticos colgados ligados a la presencia de niveles más impermeables que impiden la infiltración.

RIESGOS GEOLOGICOS NATURALES

Cabe considerar el riesgo de inundación-arroyada en los arroyos que atraviesan la zona.

CARACTERISTICAS GEOMECHANICAS

No se han realizado obras de reconocimiento geotécnico en esta Zona, si bien las observaciones de campo permiten dar una idea de las características mecánicas de sus materiales. Presentan, en general, compacidad muy densa; los finos son de plasticidad baja a media y los niveles cementados se comportarán como rocas de resistencia baja. Respecto a parámetros relativos a obras de tierra, se trata de suelos adecuados o seleccionados, previo a eliminación de tamaños superiores a 8 cm. Para cálculos de resistencia a largo plazo puede tomarse la cohesión $C = 0$ y ángulo de rozamiento interno ϕ' alrededor de 35° .

CONDICIONES CONSTRUCTIVAS

Condiciones de cimentación

En los conos de deyección y en los depósitos de pie de monte las cimentaciones a 1,50, 3 y 8 metros de profundidad afectarán, salvo en zonas de borde, a los materiales descritos como característicos de esta Zona. En los coluviones, dado su espesor, a 3 y 8 metros pueden afectar a la roca subyacente, en cuyo caso las presiones admisibles serían superiores a las aquí indicadas.

Pueden considerarse admisibles del orden de 1,50-3 kg/cm²; sin embargo, debe considerarse la posible presencia de paleocauces enmascarados rellenos con materiales poco compactados que den lugar a asentamientos excesivos por la aplicación de las cargas indicadas. El tipo de cimentación más probable es la superficial. Respecto a problemas de cimentación se puede indicar la ya citada posible existencia de paleocauces rellenos con materiales flojos, la falta de continuidad de los tramos encostrados en los lugares en que existen y la distribución errática de los materiales, que pueden ocasionar la aparición de asientos diferenciales excesivos o no tolerables.

Restricciones geológicas a la construcción

En el Mapa de Características Geomecánicas y Condiciones Constructivas se ha adjudicado a esta Zona un nivel mínimo de restricciones geológicas a la construcción, debido a la ausencia de problemas importantes, ya sean de tipo geomorfológico, hidrológico o mecánico. Se representan, por tanto, en color amarillo.

Condiciones para obras de tierra

Excavabilidad

De acuerdo con las definiciones dadas en la Metodología, los materiales de esta Zona se consideran Duros o Medios, en general, pero el desarrollo de costras superficiales puede impedir el empleo de excavadoras o escarificadoras y hacerse necesario, en mayor o menor extensión, el empleo de martillo perforador o incluso explosivos.

Estabilidad de taludes

Según los conceptos incluidos en la Metodología, los taludes naturales son estables. Los artificiales excavados verticales o subverticales en alturas de 4 a 6 metros serían estables a corto plazo, y a medio o largo plazo pueden producirse desprendimientos de bolos o gravas por degradación superficial.

Empujes sobre contenciones

Pueden considerarse bajos en los depósitos de pie de monte y conos de deyección y medios en coluviones poco coherentes.

Aptitud para préstamos

Se trata de suelos Aptos, ya que una vez disgregados, si es necesario, serán suelos tolerables y adecuados.

Aptitud para explanada de carreteras

De acuerdo con los términos dados en la Metodología, se trata de suelos Aptos, y en el peor de los casos, Marginales.

Obras subterráneas

Se consideran suelos Medios. La excavación de túneles en esta Zona presentará riesgos de desprendimientos de cantos y formación de chimeneas a largo plazo, así como afluencia de agua a la excavación, aunque con pequeño caudal.

3.3.2. ZONA II₂

LOCALIZACION

Constituida por los mantos de arroyada (QMa), ocupa una importante extensión en el área estudiada. En el Mapa 1 se encuentran pequeñas manchas, unas próximas a su límite norte y otras que enlazan con los relieves próximos al vértice Cid, al este de Almenara. En ese mismo Mapa aparecen depósitos de este tipo en su ángulo suroeste, que enlazan con los que se extienden hasta las proximidades del río Palancia. Finalmente, se encuentran depósitos de arroyada ocupando una gran extensión al sur y sureste de Sagunto, limitada por los depósitos de tipo deltaico (Zona II₁), los limos de transición a los depósitos de albufera (Zona II₂) y los depósitos de pie de monte y coluviones (Zona II₁), que marcan sus lindes por el Oeste.

CARACTERISTICAS LITOLÓGICAS

Los datos, tanto de carácter litológico como geomecánico, que se poseen de esta Zona proceden de dos fuentes; en el marco de este Proyecto se han realizados dos sondeos (S-14 y S-17) con profundidad de 10 metros cada uno, pero el mayor volumen de datos se ha extraído de los diversos informes geotécnicos consultados y, en esta Zona en particular, de los distintos informes que constituyen los estudios realizados por Altos Hornos del Mediterráneo, S. A., en varias fases: "Estudio Geotécnico de los terrenos de cimentación de la IV Planta Siderúrgica Integral en Sagunto" (1973), "Reconocimiento Geotécnico Preliminar. II Fase" (1975) y "Reconocimiento Geotécnico. II Fase A" (1975-1976). Aunque las características litológicas que se incluyen en este apartado se basan en datos procedentes su inmensa mayoría de la parte de II que se extiende al SO de la IV Planta Siderúrgica, pueden considerarse extensibles a toda la Zona en lo que a propiedades medias se refiere, si bien de forma puntual se

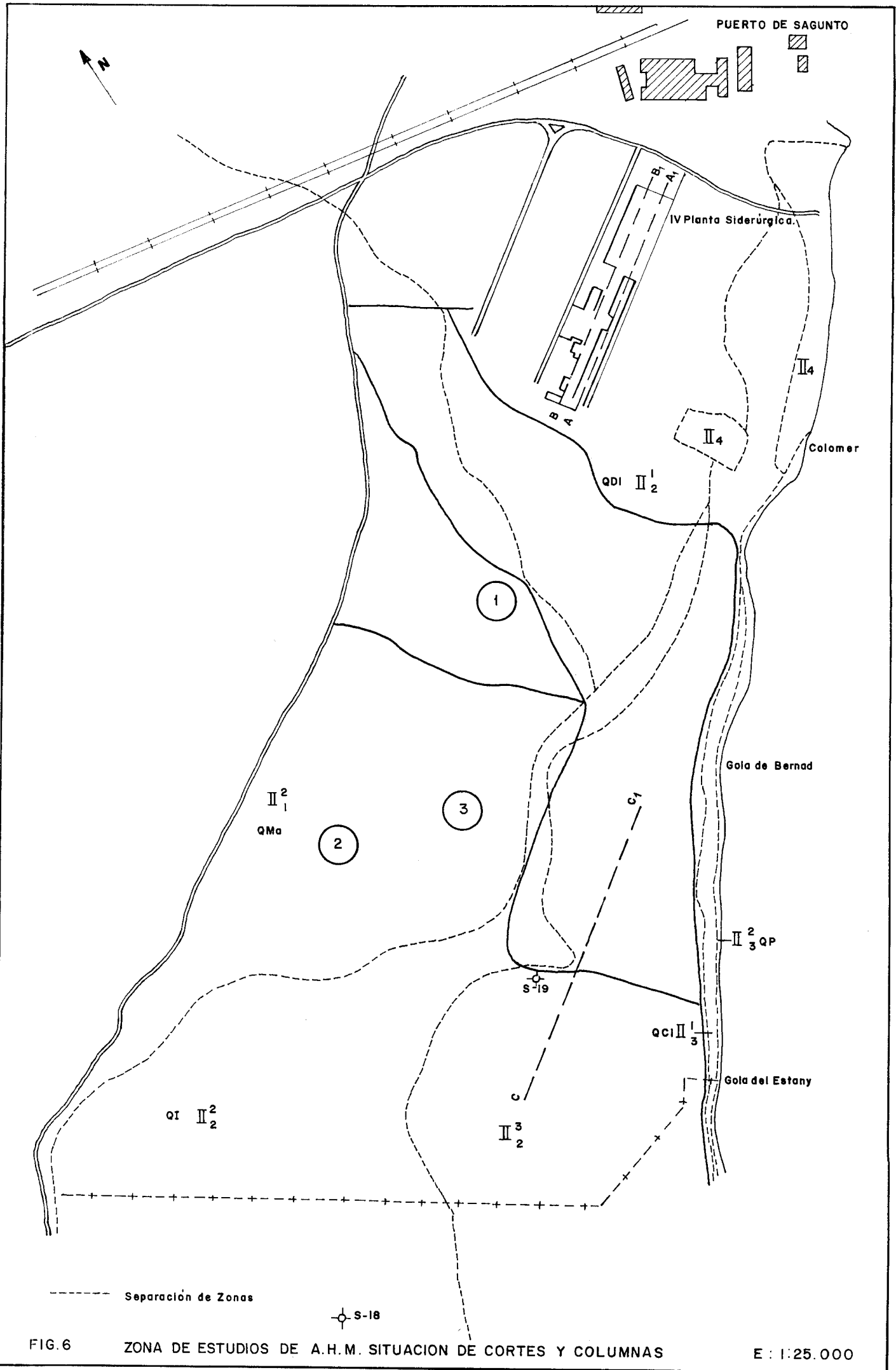


FIG.6

ZONA DE ESTUDIOS DE A.H.M. SITUACION DE CORTES Y COLUMNAS

E : 1:25.000

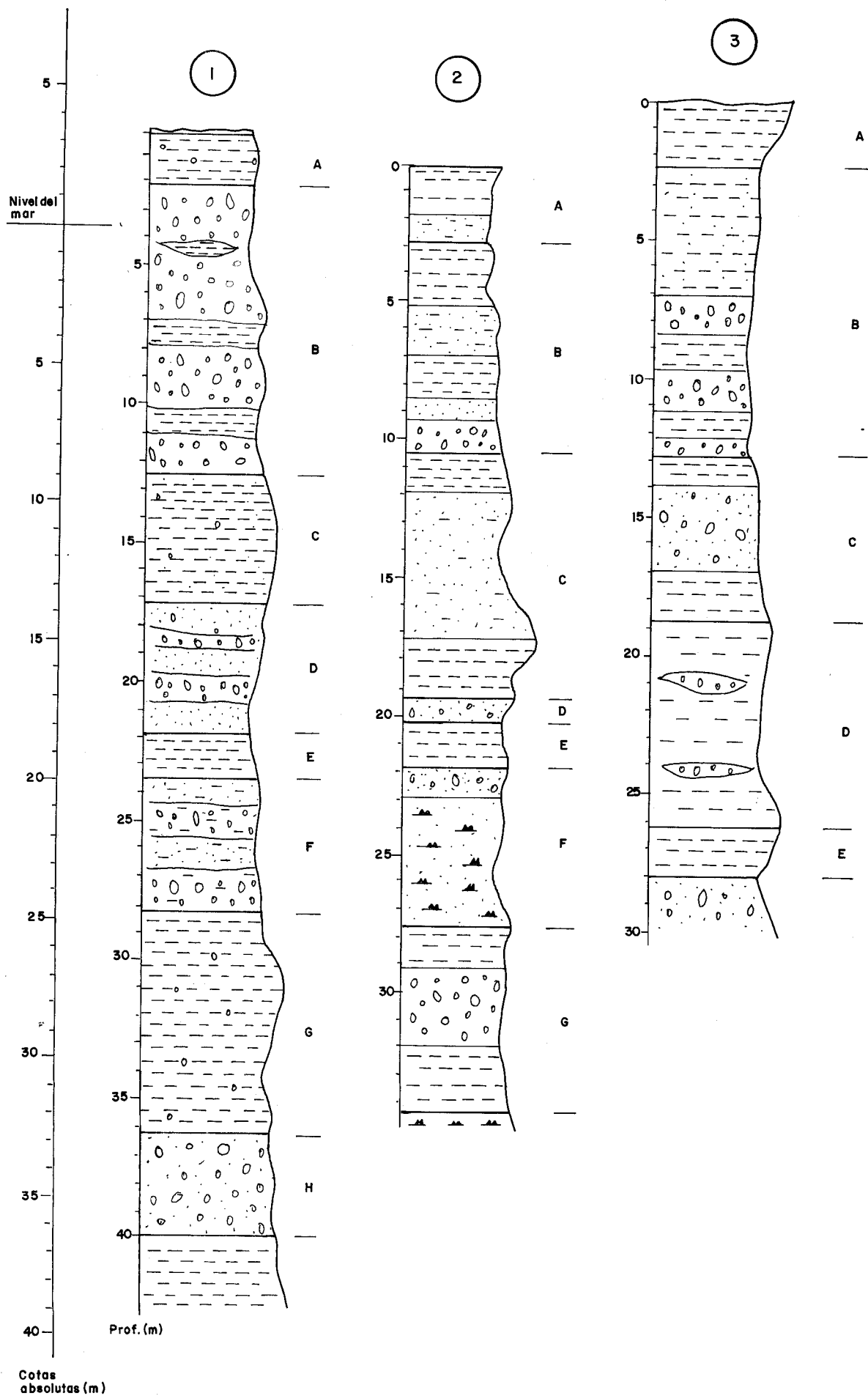


FIG. 7 COLUMNAS LITOLÓGICAS MEDIAS EN LA ZONA II²₁

presentarán variaciones, más o menos importantes, de la naturaleza y espesor de los niveles en profundidad, dado el tipo de depósito que la integran.

En líneas generales, puede decirse que la Zona II₂, definida por los mantos de arroyada QMa, está constituida por niveles de arcillas, arenas y gravas como materiales predominantes, con proporción distinta de las restantes fracciones, de tonos marrón-rojizos, espesor muy variable y distribución lenticular, por tanto, errática, debida en muchos casos a la fluctuación de la ubicación de los paleocauces. A veces se encuentran algunas capas cementadas por carbonatos, que corresponden a períodos de desecación y depósito por evapotranspiración, fenómeno que también da origen a los nódulos calcáreos incluidos en los niveles arcillosos.

El sondeo S-14, situado en la mancha de II₂ al N del río Palancia, muestra alternancia de niveles de arcilla de color marrón-rojizo con cantos angulosos más o menos abundantes, niveles de arenas limosas también de color marrón y gravas con matriz limoarenosa en abundancia. El sondeo S-17, situado en el ángulo NO de la mancha de II₂ al sur del Palancia, ofrece similares características. Estos materiales se han clasificado en los tipos SC, SM, SW-SM y ML, pero, como luego se verá, pueden encontrarse prácticamente todos los tipos, siempre con finos de baja plasticidad.

En la figura 6 aparece la parte de mapa 1:25.000 estudiada por A.H.M., a lo que hacen referencia los datos que a continuación se dan.

Las columnas medias 1, 2 y 3, representadas en la figura 7, cuya situación aproximada aparece en la figura 6, se ha elaborado a partir de numerosos sondeos y deben servir para dar una idea de los materiales que se encuentran en II₂ y su variabilidad. Se han distinguido ocho niveles (A a H), cuyas características litológicas se dan en el cuadro que figura a continuación de estas líneas; en conjunto, esos niveles a los caracteres ya citados: alternancia de capas de arcillas, arenas y gravas con proporciones relativas de unos y otros materiales variables. Se tiene:

— **Nivel A.** Constituido por el suelo vegetal y arcillas limosas marrones con algo de arena y nódulos pequeños; a veces se diferencia en su base un nivel francamente arenoso. Su potencia media se sitúa en torno a los 2,20 m y puede oscilar entre 0,50 y 3,50 m. Incluye arcillas de baja plasticidad, CL.

— **Nivel B.** Está integrado por una alternancia de capas de arcilla y capas de gravas, en ocasiones con algún nivel más arenoso. Su potencia media puede evaluarse en unos 10 metros con intervalo de variación máxima de 3,50 a 16 m. Incluye tipos GM, GC, SC, SM y CL.

— **Nivel C.** Es un nivel formado generalmente por materiales finos (arcillas), pero lateralmente pueden adquirir preponderancia arenas con lentejones de gravas. Su espesor medio oscila entre 5 y 8 metros, correspondiendo los valores extremos a 1,30 y 13 m. Presenta tipos CL, SM, SC y GC.

— **Nivel D.** Está formado fundamentalmente por arenas con lentejones de gravas; las arenas pueden hacerse muy arcillosas. El valor medio de su espesor ofrece gran variación de un área a otra y se estima de 0,80 a 7,50 m, con valores extremos tan dispares como 0,60 y 9,20 metros. La clasificación de sus materiales corresponden a tipos SC y GC, eventualmente CL.

— **Nivel E.** Está constituido por una capa de arcillas de color marrón-rojizo o rojo oscuro, de baja plasticidad (CL), algo limosas o arenosas, cuya potencia varía entre 1,5 y 4 m, con valor medio en torno a 1,70 m. Se trata de una capa muy constante en cuanto a su presencia a una cota absoluta generalmente alrededor de -20 m.

— **Nivel F.** Lo forman arenas arcillosas con cantos, gravas arcillosas y limos oscuros, que corresponden a tipos SC, GC y ML, eventualmente SM y CL. Su potencia se sitúa alrededor de los cinco metros y valores extremos del espesor son 2,50 y 7,20 m.

— **Nivel G.** Predominan las arcillas limosas con abundante arena y grava dispersa y eventualmente se intercala algún nivel de gravas bastante arenosas con matriz limosa rojiza. Corresponden estos materiales a tipos CL, CL-ML y GC, ocasionalmente ML y SC.

— **Nivel H.** Está formado básicamente por gravas con finos abundantes y mucha arena, que lateralmente pasan a limos arcillosos con bastante arena y con lentejones de gravas. Se trata de tipos GC, GP y ML, esporádicamente SM. Su potencia media (columna 1) presenta un valor de 4 metros, con valores extremos 2,5 y 5 m.

CUADRO RESUMEN DE LAS CARACTERISTICAS LITOLÓGICAS DE LOS MATERIALES DE LA ZONA II?

	NIVEL A	NIVEL B		NIVEL C		NIVEL D	NIVEL E
		Mat. granulares	Mat. arcillosos	Arcillas	Arenas y gravas		
Clasificación U.S.C.S.	CL	GM, GC, SC	CL (SM, SC, GC)	CL (SM, SC)	SM, SC, GC	SC, GC (CL)	CL
Límite líquido	15-30	17-27 y N.P.	17-33	14-34	17-34	18-34	17-40
Índice de plasticidad	9-22	9-16	9-16	9-16	—	11-16	8-16
Humedad natural (%)	12-23	10-25	6-29	10-23	10-22	7-21	12-28
Densidad seca (t/m ³)	1,80-1,91	1,74-1,98	1,69-1,97	1,68-2,05	1,40-2,11	1,45-1,78	1,77-1,92
Peso específico partículas (t/m ³)	2,72-2,74	2,70-2,74	2,71-2,76	2,71-2,74	2,71	2,70-2,74	2,71-2,76
Porcentaje de nódulos	3-65	2-48	1-60	5-55	9-58	1-40	4-5
Tamaño máx. nódulos (o gravas)	4"	> 4"	> 2"	2"	> 2"	2"	1"
% pasa por tamiz n ^o 10	48-100	35-100	40-100	55-100	42-100	64-100	88-100
% pasa por tamiz n ^o 40	92-96	22-98	32-100	50-100	40-94	46-92	82-98
% pasa por tamiz n ^o 200	35-92	10-50	8-98	15-92	12-50	16-66	55-85
Contenido en carbonatos (%)	14-65	30-40	15-60	14-50	25-58	14-47	35-50
Contenido en m. orgánica (%)	0,5-2,4	—	—	—	—	—	—

	NIVEL F		NIVEL G		NIVEL H	
	Arenas y gravas	Limos	Arcillas	Gravas	Gravas	Limos
Clasificación U.S.C.S.	GS, SC (CL)	ML (SM)	CL, CL-ML (ML)	GC (SC)	GC, GP	ML (SM)
Límite líquido	16-28	18-28	13-32	16-24	18-28 (finos)	19-29
Índice de plasticidad	9-15	5-7	10-17	—	10-24 (finos)	5-8
Humedad natural (%)	13-20	14-22	10-23	10-20	12-20	12-21
Densidad seca (t/m ³)	1,80-2,01	1,81-1,99	1,83-1,98	1,83	1,98	1,79-1,94
Peso específico partículas (t/m ³)	2,70-2,74	—	2,68-2,76	—	—	2,68-2,74
Porcentaje de nódulos	9-50	5-36	2-26	—	3	3-24
Tamaño máximo nódulos (o gravas)	> 2"	> 2"	> 2"	—	> 2"	> 2"
% pasa por tamiz n ^o 10	38-100	62-78	68-100	44-90	65-85	76-100
% pasa por tamiz n ^o 40	34-95	48-76	52-100	38-84	55-66	74-100
% pasa por tamiz n ^o 200	24-84	20-52	25-100	18-50	35-40	52-94
Contenido en carbonatos	23-50	35-50	15-47	25-45	50	30-38

N.P. No plástico.
Entre paréntesis figuran las clasificaciones ocasionales.

Como se ha indicado anteriormente, estas columnas medias representan parte de determinada área de la Zona II₂, pero pueden servir de guía para estimar lo que puede encontrarse en profundidad en otras áreas de la misma, al tiempo que ponen en evidencia el carácter errático de la distribución de los materiales que será determinante de la intensidad del reconocimiento a realizar para el estudio de obras puntuales concretas.

CARACTERISTICAS GEOMORFOLOGICAS

La Zona II₂ está constituida por mantos de arroyada que forman una planicie con ligera pendiente hacia el mar. Puede tomarse $P < 2$ por ciento; la accesibilidad a todos los puntos de la Zona es fácil y ésta admite uso intensivo.

CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS

a) Hidrología superficial

No existen cursos de agua superficiales y solamente se insinúan leves arroyos que constituyen un drenaje natural superficial. El coeficiente de escorrentía puede tomarse $C = 0,20-0,35$. La permeabilidad de los materiales que constituyen esta Zona es variable, debido a la presencia de niveles con alto contenido en finos o de naturaleza arcillosa, pero, en conjunto, la formación debe considerarse permeable. El drenaje, que se estima aceptable, se realizará en mayor proporción por infiltración; pueden producirse pequeños encharcamientos temporales en zonas eminentemente arcillosas.

b) Hidrología subterránea

El nivel freático presenta una cota próxima a la del nivel del mar, con variaciones a lo largo del año del orden de 2-3 metros. La consideración del nivel freático en el estudio de obras puntuales en lo que a su profundidad se refiere puede basarse en ese supuesto, es decir, ésta vendrá en función de la cota topográfica de la ubicación de la obra.

Se dispone de datos sobre la composición química de las aguas freáticas de esta Zona, según los cuales la agresividad de dichas aguas puede clasificarse entre media y fuerte. En las áreas que las cimentaciones se encuentran claramente por debajo del nivel freático pueden verse afectadas por éste en función de la variación de su cota; se recomienda el uso de cementos resistentes ante la presencia de sulfatos y, a veces, cloruros en cantidades que determinan la calificación de la agresividad dicha anteriormente. Deberán preverse sistemas de agotamiento en las excavaciones que interfieran el nivel freático.

RIESGOS GEOLOGICOS NATURALES

No se aprecian ni se esperan riesgos naturales, salvo la posible avenida localizada con ocasión de precipitaciones excepcionales.

CARACTERISTICAS GEOMECHANICAS

Respecto a los parámetros relacionados con la resistencia, se han elaborado los histogramas de valores de N del ensayo de penetración normal (SPT) para los niveles enumerados precedentemente; si, al mismo tiempo, se consideran las columnas litológicas de la figura 7, se tendrá una idea del valor de N a distintas profundidades. En términos cualitativos, recordemos que la compacidad del terreno se relaciona con los valores de N de la siguiente forma:

N	Compacidad del terreno
< 5	Muy flojo
5-10	Flojo
10-30	Mediamente denso
30-50	Denso
> 50	Muy denso

Por tanto, en los niveles superficiales A y B que, aproximadamente, representan los 10-12 metros superficiales, las arcillas muestran un valor modal de N de 10-30, es decir, son suelos de

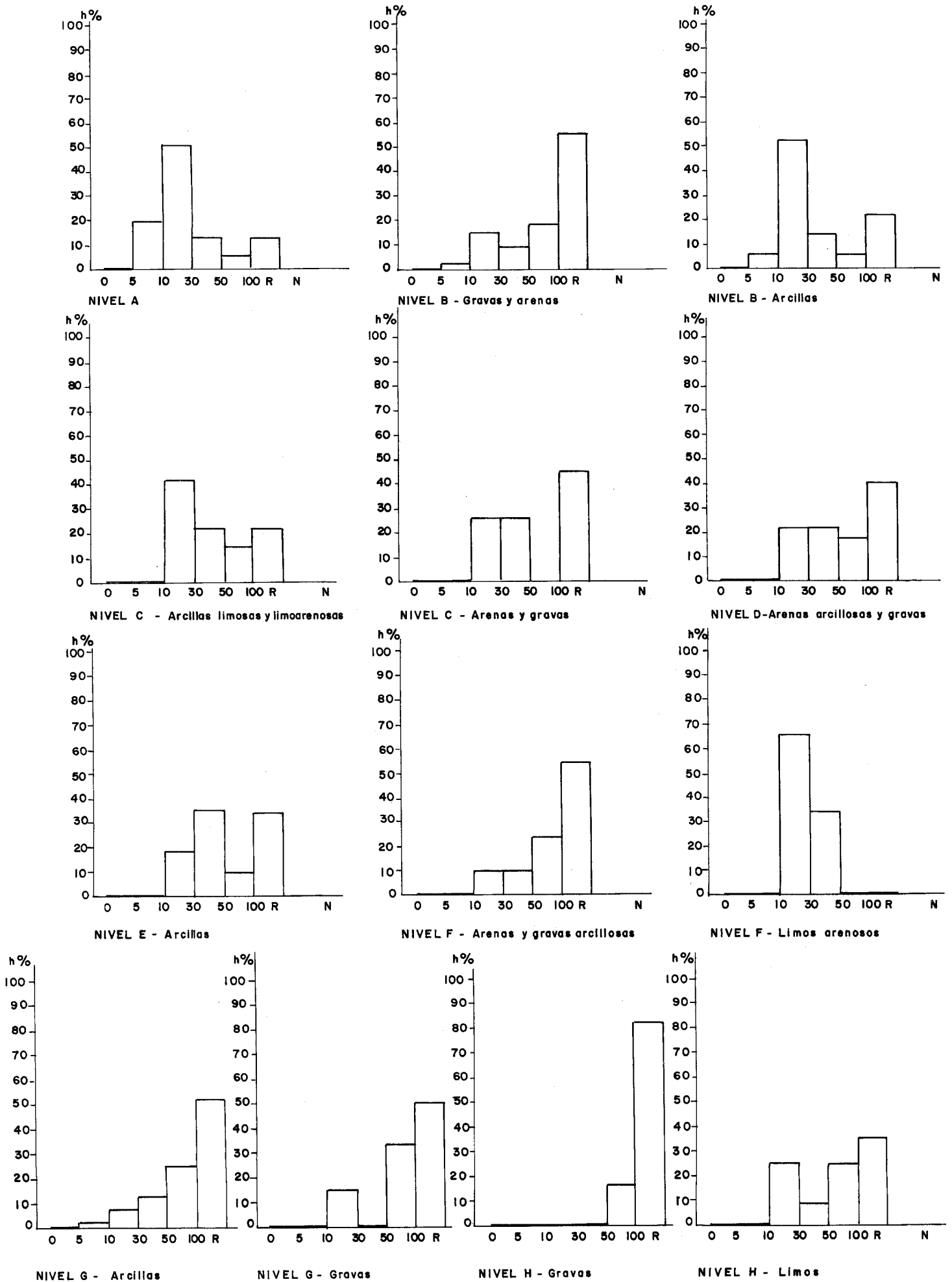


FIG. 8 HISTOGRAMAS DE VALORES DE N (SPT) DE LOS NIVELES DEFINIDOS EN LA ZONA II₁²

CUADRO RESUMEN DE CARACTERISTICAS MECANICAS DE LOS MATERIALES DE LA ZONA II

	NIVEL A	NIVEL B		NIVEL C		NIVEL D	NIVEL E
		Mat. granulares	Mat. arcillosos	Arcillas	Arenas y gravas		
Resistencia a compresión simple, q_u (kg/cm ²)	0,7-4,5	0,82 (Arenas)	0,55-2	0,6-1,50	0,82 (Arenas)	—	0,66-2,30
Resistencia al corte, c'	0	0	0	0	0	0	0
Resistencia al corte, φ'	25-30	30-35	28-34	25-35	25-35	32-35	28
Indice de poros, e_o	0,400-0,510	—	0,440-0,630	0,400-0,650	—	—	0,400-0,520
Indice de compresión, C_c	0,042-0,083	—	0,070-0,130	0,065-0,095	—	—	0,060-0,080
Módulo edométrico, E (kg/cm ²)	20-50	—	35-85	70-130	100	—	150-170
		NIVEL F		NIVEL G		NIVEL H	
		Arenas y gravas	Limos	Arcillas	Gravas	Gravas	Limos
Resistencia a compresión simple q_u (kg/cm ²)		0,93 (Arenas)	0,42-0,92	0,73-1,37	—	—	1,03-1,53
Resistencia al corte, c'		0	0	0	—	0	0
Resistencia al corte, φ'		35	30-35	28-32	—	32	32
Indice de poros, e_o		0,38-0,42 (SC)	—	0,400-0,470	—	—	0,400-0,420
Indice de compresión, C_c		0,040-0,078 (SC)	—	0,057-0,069	—	—	0,047-0,055
Módulo edométrico, E (kg/cm ²)		165-320	—	35-205	—	—	210-295

compacidad medianamente densa; los niveles de gravas con arenas presentan moda de compacidad muy densa; no obstante, para el cálculo de presiones admisibles no debe olvidarse el conjunto de valores de N, que se encuentran entre 5 y 10 (compacidad floja), que marcarán un límite inferior de aquéllas.

En el cuadro que se incluye figuran las características mecánicas más destacadas de los niveles definidos. La resistencia a compresión simple q_u de los materiales eminentemente arcillosos y limosos es, en valores extremos, algo mayor en los niveles superficiales A y B ($q_u = 0,55-4,5 \text{ kg/cm}^2$); a profundidades mayores de 10-12 m, el valor de q_u para estos materiales finos varía entre 0,6 y 2,30 kg/cm^2 . Vemos, pues, que en general las arcillas y limos de la Zona II₂ presentan una consistencia entre Media y Muy firme (Norma Tecnológica de la Edificación. Cimentaciones. Estudios Geotécnicos. NTE-CEG). Los niveles de arenas arcillosas ofrecen una resistencia a compresión simple próxima a 1 kg/cm^2 , es decir, son de consistencia Media. Respecto a resistencia a largo plazo, pueden tomarse los valores de c' y ϕ' (Cohesión y ángulo de rozamiento interno), que figuran en el cuadro resumen. Para determinar las características de compresibilidad se dispone de numerosos datos de ensayos edométricos (Informes A.H.M.), recopilados en el cuadro resumen de características mecánicas. Los niveles arcillosos superficiales (A y B) presentan índices de porosidad (e_o) comprendidos entre 0,400 y 0,630 e índices de compresión C_c entre 0,042 y 0,130; a profundidades comprendidas entre 10-12 y unos 20 m pueden tomarse valores de $e_o = 0,400-0,650$ y $C_c = 0,060-0,095$, que corresponden a los niveles C, D y E. A profundidades mayores, entre 20 y 30, aproximadamente, $e_o = 0,400-0,470$ y $C_c = 0,047-0,069$ (niveles G y H).

Los suelos de esta Zona pueden calificarse medianamente preconsolidados por desecación y variaciones de sus características de resistencia y deformabilidad tienen su origen, por una parte, en el grado de preconsolidación alcanzado, pues la desecación ha actuado de forma muy diversa en unos u otros puntos. Otro factor que interviene decisivamente en la resistencia de los materiales arcillosos es el contenido de nódulos de carbonatos, particularmente en los valores del ensayo de penetración normal (SPT).

Respecto a parámetros relacionados con obras de tierra, se tienen datos del pocillo A-5. Los materiales ensayados son arcillas duras, de color marrón medio con cantos angulosos abundantes, de tamaño inferior a 1 cm. Se tienen los resultados siguientes:

Pocillo	Densidad máxima	Humedad óptima	CBR 100% Procor N.	Materia Orgánica (%)	Límite líquido	% Tamiz 200 (pasa)
A-5	1,77	13,80	5,1	0	26,5	68

De acuerdo con el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales (P.P.T.G.), se trata de suelos tolerables y su limitación para considerarlos adecuados estriba en el contenido en cernido por tamiz 200. Los niveles granulares, si bien no se dispone de ensayos, se suponen suelos al menos adecuados.

CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS

Condiciones de cimentación

Las presiones admisibles a distintas profundidades se han calculado en función de los ensayos de reconocimiento en campo y de los ensayos de laboratorio (ambos, tanto del propio Proyecto como los obtenidos de los distintos estudios geotécnicos consultados y ya citados), en los supuestos planteados en la Metodología.

A las profundidades consideradas (1,50, 3 y 8 m) los materiales sobre los que se asientan los elementos de la cimentación pueden ser arcillas, gravas más o menos limpias e incluso niveles francamente arenosos. Las presiones admisibles variarán, pues, con cierta notoriedad en función del tipo de material, sus características resistentes, espesor del estrato de cimentación y de la naturaleza y potencia de los estratos subyacentes. De ahí la amplitud de los intervalos de presiones admisibles más probables que se dan a continuación:

- A 1,50 m de profundidad $\sigma_{ad} = 0,75-2 \text{ kg/cm}^2$
- A 3 y 8 m de profundidad $\sigma_{ad} = 1-6 \text{ kg/cm}^2$

Para edificaciones o estructuras habituales el tipo de cimentación más probable es la superficial o directa, mediante zapatas aisladas o losas; éstas presentan la ventaja de uniformizar los asientos, que, dada la heterogeneidad en la distribución de los materiales, pueden ser de magnitudes que dan lugar a valores diferenciales inadmisibles. Si es posible, la

cimentación deberá hacerse sobre los niveles de gravas que suelen aparecer a pequeña profundidad en la Zona.

Los problemas que pueden encontrar las cimentaciones se centran en los puntos siguientes:

— Baja capacidad portante en algunas áreas, que puede subsanarse rebajando el nivel de cimentación. En efecto, generalmente los materiales situados a menos de 2-2,5 m de profundidad se encuentran poco consolidados y con variaciones notables en su consistencia y deformabilidad.

— Presencia del nivel freático a cotas habituales de cimentación, tanto más próximas a la superficie cuanto más cercana al mar se encuentra aquélla. Es decir, la profundidad del nivel freático (al nivel del mar o cota 0 y con variaciones estacionales del orden de 1-2 m) es función de la cota del terreno sobre el que se erija la estructura que se estudia, en concreto. Deberán preverse problemas de agotamiento en las excavaciones que interfieran el nivel freático, subpresiones, y se tendrá en cuenta la agresividad de las aguas freáticas.

— Posible producción de asientos diferenciales inadmisibles, dada, como dijo, la heterogeneidad de la naturaleza, propiedades y distribución de los materiales, en particular por la existencia de paleocauces.

Restricciones geológicas a la construcción

En el Mapa de Características Geomecánicas y Condiciones Constructivas se ha representado esta Zona con los colores verde y amarillo, que suponen los escalones de restricciones geológicas menores, que, por otra parte, vienen determinados por los problemas citados precedentemente. En verde se ha representado la parte de II² con cotas topográficas inferiores a 10 metros, aproximadamente, en función de la mayor proximidad a superficie de las aguas freáticas. Las condiciones constructivas pueden considerarse, pues, cuando menos, aceptables.

Condiciones para obras de tierra

Excavabilidad

Se trata de materiales Medio-Duros. La presencia eventual de costras o niveles cementados puede exigir el empleo de martillo perforador, pero, en general, su excavación podrá hacerse por medios mecánicos.

Estabilidad de taludes

No existen taludes naturales del tipo definido en la Metodología; los taludes artificiales que se realicen en excavaciones serán estables a corto plazo siempre que no interfieran el nivel freático, en cuyo caso deberá recurrirse a algún sistema de agotamiento.

Empujes sobre construcciones

Por encima del nivel freático serán bajos, y por debajo, altos.

Aptitud para préstamos

En general, los materiales de esta zona se consideran Aptos, de acuerdo con los ensayos de compactación indicados, con mejores características de los niveles granulares.

Aptitud para explanada de carreteras

Los materiales arcillosos superficiales se consideran Marginales, de acuerdo con los términos en la Metodología, y precisarán, para obtener explanada de tipo E1, la colocación sobre ellos de una capa de al menos 30 cm de espesor de un suelo adecuado.

Obras subterráneas

El terreno que constituye esta Zona, según la Metodología, se califica como Medio, a difícil. Los túneles u obras subterráneas bajo el nivel freático presentarán problemas importantes de agotamiento.

3.3.3. ZONA II₃

LOCALIZACION

Constituida por los depósitos de terraza, está asociado a los ríos Belcaire, en el Mapa I, y Palancia, en el Mapa II. La extensión de esta Zona es muy reducida y solamente destaca la terraza del río Palancia, sobre la que se asienta la población de Sagunto.

CARACTERISTICAS LITOLOGICAS

La composición litológica de los distintos tipos de terrazas es bastante similar: cantos redondeados de caliza y arenisca, heterométricas, con matriz arcilloarenosa de color rojo. Corresponden a tipos GW y GC. La potencia de esas terrazas presenta valores del orden de 10-12 m para la que soporta parte de Sagunto y 2-3 metros para los retazos situados a lo largo del río Palancia entre esa población y el mar. La terraza asociada al río Belcaire puede tener un espesor también del orden de los 3 metros. Su composición litológica puede considerarse relativamente uniforme.

CARACTERISTICAS GEOMORFOLOGICAS

Constituyen zonas aplanadas y puede tomarse $P < 2$ por ciento. No presentan problemas de accesibilidad y admiten uso intensivo.

CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS

a) Hidrología superficial

Se trata de materiales permeables, pudiendo disminuir su permeabilidad en función del contenido en finos arcillosos. El coeficiente de escorrentía puede tomarse $C = 0,20-0,35$; la calidad del drenaje se considera aceptable y en su mayor proporción se realiza por infiltración, con escorrentía débil.

b) Hidrología subterránea

La situación del nivel freático viene determinada por la cota del nivel piezométrico general del área estudiada, que, como se recordará, podrá fluctuar, en general, en 1-2 metros por encima del nivel del mar. Por tanto, la situación del nivel freático dependerá del punto de la Zona que se considere.

RIESGOS GEOLOGICOS NATURALES

Cabe considerar el riesgo de inundaciones por avenida extraordinaria; el encauzamiento del río Palancia a su paso por Sagunto permite asignar una probabilidad muy baja a este riesgo. En las restantes terrazas que componen la Zona pueden considerarse esporádicos desplomes en sus bordes por eventuales socavones debidos a avenidas.

CARACTERISTICAS GEOMECHANICAS

No se han realizado labores de reconocimiento mecánico en esta Zona. Dada su composición litológica y compactación de los materiales, pueden considerarse éstos como de compactidad Densa o Muy Densa ($N > 30$) (NTE-CEG). Respecto a parámetros relacionados con obras de tierra, cabe considerar a los materiales de II₃, tolerables o adecuados, en función del contenido en tamaños gruesos de cantos.

CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS

Condiciones de cimentación

Los intervalos de presiones admisibles a 1,50 m de profundidad pueden formarse, con carácter orientativo $\sigma_{ad} = 1,50-3 \text{ kg/cm}^2$. A 3 y 8 metros de profundidad las cimentaciones

pueden hacerse, bien sobre la terraza, bien sobre los depósitos subyacentes, en función de la potencia de la terraza. Con carácter, quizá, conservador puede considerarse el mismo intervalo de presiones admisible anterior.

El tipo de cimentación más probable es la superficial mediante zapatas o losas para las estructuras habituales, como son las aquí consideradas.

Como problemas de cimentación cabe considerar posibles asientos diferenciales por variaciones en la distribución de los materiales y su compacidad.

Restricciones geológicas a la construcción

A esta Zona II₃ se ha adjudicado un nivel mínimo de restricciones, que pueden relacionarse con los citados problemas de cimentación y con el riesgo de baja probabilidad de avenida.

Condiciones para obras de tierra

Excavabilidad

Se trata de materiales medios-duros. Su excavación podrá realizarse por medios mecánicos sin dificultad.

Estabilidad de taludes

No se observan taludes naturales de las características de los descritos en la Metodología. Los artificiales secos con pequeñas alturas (< 5 m) y subverticales serán estables a corto plazo, pero sufrirán una degradación progresiva que conducirá al desprendimiento de cantos o bolos.

Empujes sobre contenciones

Serán bajos siempre que las excavaciones no interfieran el nivel freático.

Aptitud para préstamos

De acuerdo con la Metodología, se trata de materiales Aptos, aunque, por su reducido volumen, carecen de interés en este sentido.

Aptitud para explanada de carreteras

Se consideran materiales entre Marginales y Aptos.

Obras subterráneas

Dado su pequeño espesor, las obras subterráneas no afectarán a los depósitos de esta Zona, sino a los subyacentes. Sobre tal supuesto, puede calificarse a estos materiales subyacentes como medios-difíciles, en particular si los túneles u otro tipo de obra afecta al nivel freático.

3.3.4. ZONA II₄

LOCALIZACION

Esta Zona está constituida por el aluvial del río Palancia, cruza con dirección E-O, aproximadamente, por el tercio norte del Mapa II, y se ciñe al cauce actual de dicho río.

CARACTERISTICAS LITOLÓGICAS

Los materiales aluvionares son arenas, limos, arcillas y cantos, a veces éstos de gran tamaño. Actualmente los bolos y bloques se encuentran al menos en parte del curso del río acumulados en un margen, como consecuencia de la limpieza realizada del lecho del río.

CARACTERISTICAS GEOMORFOLÓGICAS

El cauce del río Palancia muestra variación, pequeña, en su amplitud a lo largo del recorrido que presenta en la Zona estudiada y en su desembocadura sufre una bifurcación

que deja en el centro a depósitos deltaicos que constituyen la Zona III. El cauce está limitado por un escalón que delimitan las terrazas o, directamente, los citados depósitos deltaicos, con altura variable que oscila entre 3 y 6 metros.

CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS

El río Palancia, desde su nacimiento hasta Sot de Ferrer, tiene caudal permanente, pero a partir de dicho punto, la casi totalidad de sus aguas se deriva para usos agrícolas, de modo que en el área estudiada la escorrentía superficial es mínima.

RIESGOS GEOLOGICOS NATURALES

Dado que la Zona está definida por el cauce del río, el riesgo de inundación por avenida es alto. Según datos recogidos en el lugar, en los últimos cinco años ha habido dos avenidas importantes, pero el agua no desbordó el lecho del río, por lo que no se produjeron daños en los cultivos o edificios inmediatos. Para evitar embalsamiento de las aguas en el puente que cruza el río en la carretera de Canet de Berenguer a Puerto Sagunto, al tiempo que mejora dicho cruce, se va a construir un nuevo puente que dé paso con facilidad a las aguas y sus acarreos de todo tipo en caso de avenida (los ojos del puente actual tienen una luz francamente reducida).

CONDICIONES GEOMECANICAS

Los materiales aluvionares se encuentran poco consolidados y presentan una compacidad floja a muy floja ($N < 10$). Dada la naturaleza de la Zona y, por tanto, su carencia total de interés bajo el punto de vista constructivo, no se han realizado obras de reconocimiento geotécnico de ella.

CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS

Condiciones de cimentación

En función del riesgo de inundación y la muy probable removilización de los depósitos en avenidas se aconseja no cimentar sobre ellos; en todo caso, las cimentaciones de obras civiles (carece de sentido, como se dijo, la construcción de viviendas o naves en la Zona) deben de ser profundas, apoyando en el sustrato mediante pozos o pilotes.

Los problemas de cimentación se relacionan con la baja capacidad portante de los aluviones, su posible removilización y socavación del lecho por avenida y con la agresividad de las aguas subterráneas, que aconseja la utilización de cementos especiales.

Restricciones geológicas a la construcción

El factor determinante de la calificación de esta Zona en el aspecto constructivo es el riesgo de avenidas y su gravedad, por lo que se ha asignado el nivel máximo de restricciones, en color rojo, que elimina la Zona para cualquier asentamiento humano definitivo o temporal.

Condiciones para obras de tierra

Excavabilidad

Sus materiales son blandos en superficie, medios a partir de 1 m de profundidad. Su excavación podrá hacerse por medios mecánicos, pero se presentarán problemas de estabilidad en las zanjas o en las excavaciones en general.

Estabilidad de taludes

Los taludes artificiales serán inestables.

Empujes sobre contenciones

Serán de tipo Alto.

Aptitud para préstamos

Se consideran materiales No Aptos.

Aptitud para explanada de carreteras

Se trata de materiales No Aptos.

Obras subterráneas

Puede decirse lo indicado en la Zona precedente: las obras subterráneas afectarán no sólo a los aluviones, sino a los depósitos subyacentes (Zona II₂); en este sentido se los considera como medios-difíciles por afectar el posible túnel el nivel freático, lo que implicará problemas importantes de agotamiento e inestabilidad.

3.3.5. ZONA II₂

LOCALIZACION

Se extiende a ambos márgenes del río Palancia, abriéndose en abanico desde Sagunto hacia el mar, en el Mapa II. Al norte de ese río alcanza las proximidades de la costa a la altura de Canet de Berenguer, y su límite sur se localiza en las proximidades de la IV Planta Siderúrgica.

CARACTERISTICAS LITOLÓGICAS

Para la definición de las características de esta Zona se ha dispuesto, además de los sondeos 15 y 16 realizados con este estudio, de numerosos estudios geotécnicos ubicados, en particular en el Puerto de Sagunto e inmediaciones y en Canet de Berenguer o en sus proximidades; además se poseen datos de la investigación realizada para la cimentación de IV Planta Siderúrgica Integral, que, si bien se encuentran en un área relativamente reducida a la escala 1:25.000 del presente trabajo, permiten dar una idea aproximada de las características extendidas a la formación QDI, que define esta Zona.

Los materiales predominantes corresponden a arcillas limoarenosas de baja plasticidad, con nódulos; cantos y bolos diseminados, de tonos marrones y rojizos, sobre los que se intercalan, con distribución lenticular, niveles de gravas, gravillas y bolos u otros niveles con materiales menos gruesos constituidos por arenas limosas y arenas arcillosas. También se encuentran capas de gravas cementadas, que constituyen auténticos conglomerados. La distribución de este conjunto de materiales es francamente errática, con fuertes cambios, tanto laterales como de techo a muro de la formación. Sondeos precedentes y algunos de los realizados para el estudio de la cimentación de la factoría de la IV Planta Siderúrgica señalan un espesor máximo de estos sedimentos comprendido entre 100 y 150 metros, lo que permite suponer un hundimiento costero debido al juego de la flexión continental, actualmente estabilizado, como parece deducirse de la presencia de un cordón litoral emergido y de un cordón de dunas.

De los sondeos realizados y los consultados procedentes de diversos estudios geotécnicos, entre ellos el ya citado para la cimentación de la IV Planta Siderúrgica Integral, pueden considerarse los siguientes materiales:

a) Arcillas limoarenosas, de tonos rojizos o marrón-rojizos, de baja plasticidad, casi siempre con cantos o nódulos calcáreos más o menos dispersos. Su clasificación en el Sistema Unificado responde a los tipos CL y CL-ML (eventualmente SC o SM en niveles con mayor contenido de arenas) y la variación de sus características de plasticidad se recoge en la figura 9.

b) Arenas limosas y arenas arcillosas, también con tonos marrones y rojizos, que frecuentemente contienen gravas o gravillas en proporción variable. Corresponden a tipos SC, SM y SM-SC; los finos presentan plasticidad baja, cuya variación puede observarse en la figura 10.

c) Gravas y bolos de areniscas y calizas, con mayor o menor contenido en finos arenosos o arcillolimosos, que en el Sistema Unificado corresponden a tipos GM, GP, GC, GW-GM y GM-GC. Aparecen niveles cementados, como ya se dijo, que constituyen conglomerados.

La característica litológica más destacada de los materiales de esta Zona por su

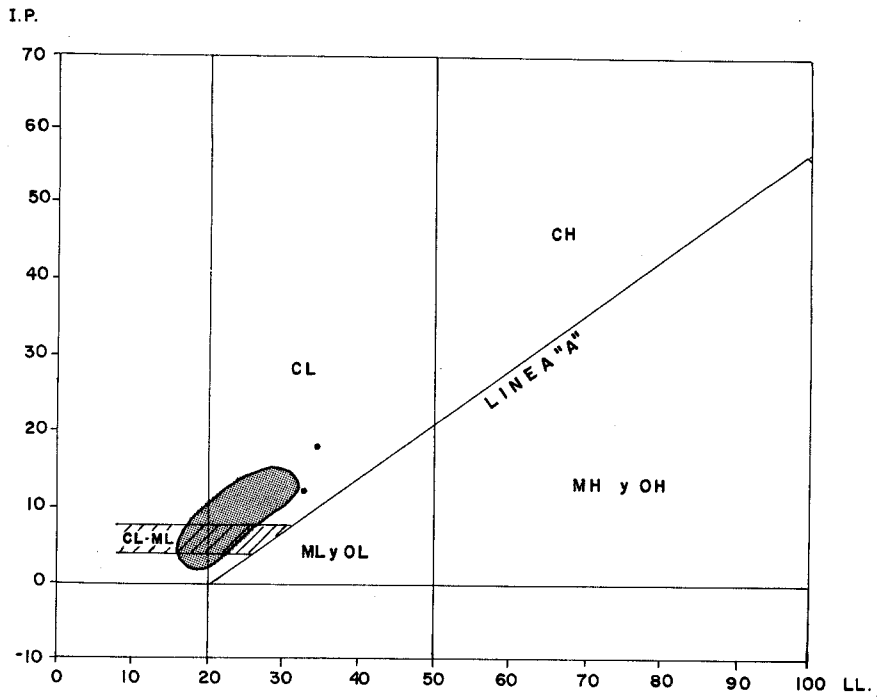


FIG. 9 PLASTICIDAD DE LOS MATERIALES ARCILLOSOS DE LA ZONA II₂^I

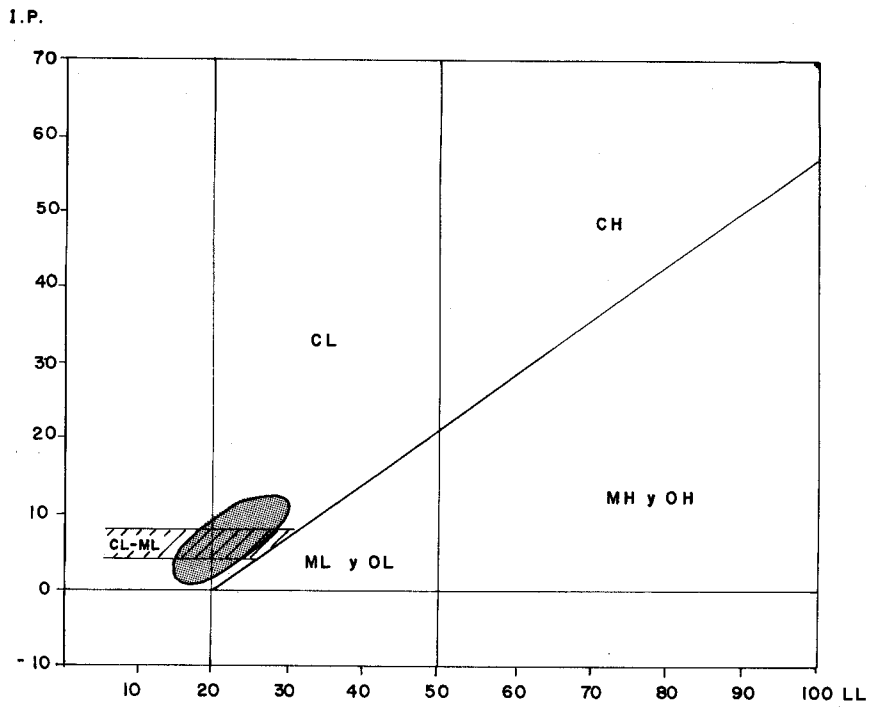


FIG. 10 PLASTICIDAD DE LOS FINOS DE LOS MATERIALES ARENO-LIMOARCILLOSOS DE LA ZONA II₂^I

incidencia en la construcción es la distribución espacial de los distintos tipos de suelos, con un marcado carácter errático que obligará a realizar los estudios geotécnicos específicos puntuales con una densidad de investigación alta. A título ilustrativo en la figura 11 se dan los cortes A-A₁ y B-B₁, indicados en la figura 6; puede apreciarse la gran variación en la distribución de los sedimentos, que dificulta la correlación de niveles con distancia relativamente pequeñas (como pueden ser 300-500 m), sin el apoyo de datos intermedios.

En el cuadro que sigue se exponen las propiedades litológicas medias más destacadas de los distintos niveles ya citados.

	Arcillas limoarenosas	Arenas limoarcill.	Gravas
Límite líquido	22	21,2	—
Índice de plasticidad	9	7,4	—
Humedad de saturación	15	11-12	6
Densidad seca	1,90	2	2,3
Densidad saturada	2,20	2,26	2,4
Porcentaje que pasa por tamiz 200	67	25-40	15

CARACTERISTICAS GEOMORFOLOGICAS

La Zona II₂ presenta formas planas, con suave pendiente conjunta hacia el mar. Puede tomarse como pendiente más representativa $P < 1$ por ciento, con algún resalte topográfico localizado. La accesibilidad es fácil en todos sus puntos y admite uso intensivo.

CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS

a) Hidrología superficial

No existen cursos de agua que la atraviesen, salvo el río Palancia, que con sus depósitos aluviales constituye Zona aparte, y originó el transporte y posterior deposición de los sedimentos que constituyen esta Zona. El coeficiente de escorrentía puede tomarse $C = 0,20-0,35$. En conjunto sus materiales son permeables, aunque la permeabilidad puede variar de un punto a otro en función de la presencia de arcillas o del contenido en finos de los niveles granulares. El drenaje, en términos generales, puede considerarse aceptable y en su mayor proporción se realiza por infiltración. Pueden producirse encharcamientos locales temporalmente.

b) Hidrología subterránea

El nivel freático general de la zona se localiza en torno a la cota 0 metros o el nivel del mar, aunque en el área aproximada de Puerto Sagunto, Canet de Berenguer y la Planta Siderúrgica se detecta el nivel piezométrico por debajo de la cota 0. Esta puede oscilar de posición entre 1 ó 2 metros. Es de prever la presencia de aguas colgadas de carácter local ligadas a niveles permeables desconectados del nivel piezométrico general de la zona. Es conveniente la determinación sistemática de la agresividad de las aguas freáticas (sulfatos, cloruros) en las obras que intercepten el nivel freático y, en general, puede recomendarse el empleo de cementos con bajo porcentaje de aluminato.

También son de prever problemas de agotamiento en las excavaciones que se vean afectadas por las aguas freáticas.

RIESGOS GEOLOGICOS NATURALES

No se aprecian ni se esperan riesgos geológicos; con ocasión de alguna avenida extraordinaria podría verse inundada alguna parte de esta Zona inmediata al cauce del río Palancia y más concretamente el área comprendida entre los brazos que constituyen la desembocadura de dicho río.

CARACTERISTICAS GEOMECHANICAS

Además de los datos proporcionados por los sondeos 15 y 16 realizados en el marco de este estudio, se dispone de otros procedentes de estudios geotécnicos en el área de Canet

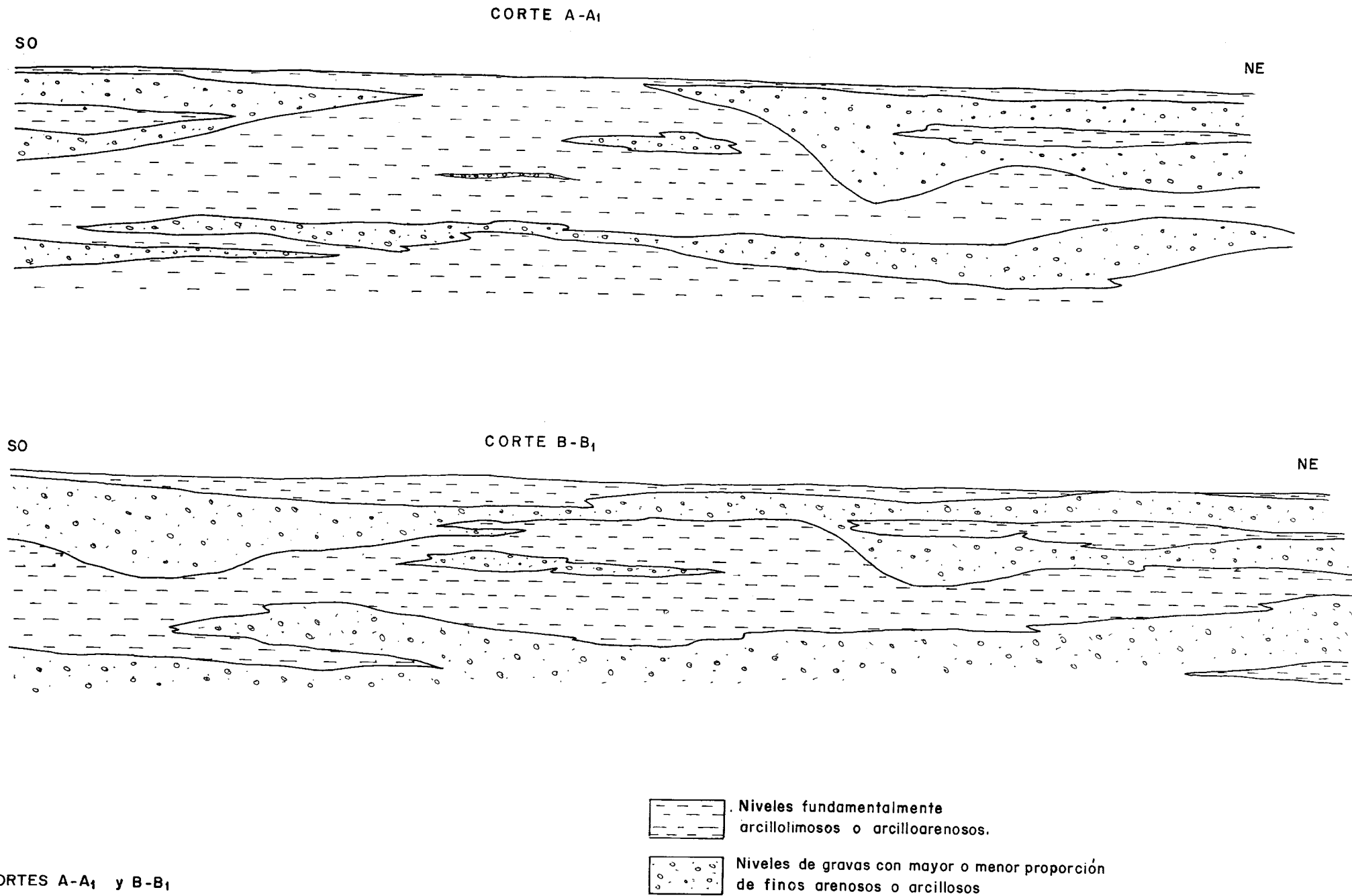


FIG. 11 CORTES A-A₁ y B-B₁
 BASADOS EN LOS SONDEOS REALIZADOS EN EL ESTUDIO GEOTECNICO
 DE LOS TERRENOS DE CIMENTACION DE LA IV PLANTA SIDERURGICA INTEGRAL DE SAGUNTO.

E.H. 1: 5.000
 E.V. 1: 1.000

de Berenguer y Puerto de Sagunto y los abundantes contenidos en el "Estudio geotécnico de los terrenos de cimentación de la IV Planta Siderúrgica Integral en Sagunto". Respecto a parámetros relacionados con la resistencia, la figura 12 muestra las variaciones de N con la profundidad en los distintos tipos de materiales cuyas características litológicas se describieron precedentemente.

En los niveles arcillosos se aprecia un claro aumento de la compacidad con la profundidad; de los histogramas del gráfico B de dicha figura 12 se obtienen los siguientes valores medios de N (N_m) con la correspondiente compacidad, según la Norma NTE-CEG.

- Entre 1 y 5 m de profundidad $N_m = 18$. Compacidad medianamente densa.
- Entre 5 y 10 m de profundidad $N_m = 42$. Compacidad densa.
- Entre 10 y 15 m de profundidad $N_m = 52$. Compacidad muy densa.
- Entre 15 y 20 m de profundidad $N_m = 73$. Compacidad muy densa.
- Entre 20 y 30 m de profundidad $N_m = 61$. Compacidad muy densa.
- Entre 30 y 40 m de profundidad $N_m = 84$. Compacidad muy densa.

En los niveles arenosos, que, como puede verse en el gráfico C, predominan en superficie (menos de 5 m de profundidad), los valores de N se encuentran entre 20 y 50, que corresponden a terrenos medianamente densos y densos. Los niveles de gravas (gráfico D) suelen dar rechazo en el ensayo SPT, aunque eventualmente se encuentran valores entre 30 y 50 que indican una compacidad densa.

Se poseen datos de ensayos triaxiales realizados sobre materiales arcillosos y arcillolimosos que proporcionan valores de cohesión y ángulo de rozamiento interno en los siguientes intervalos: $c = 0-0,20$ kg/cm² y $\varphi = 26-34^\circ$, con valores medios respectivos $c_m = 0,14$ kg/m² y $\varphi_m = 30^\circ$

Respecto a las características de compresibilidad de los niveles arcillosos o arcillolimosos, se tienen los siguientes valores del índice de poros e_o (valores medios e_{om}) y del índice de compresión C_c (valores medios C_{cm}) para distintos tramos de profundidad.

- De 5 a 10 m, $e_o = 0,340-0,570$, $e_{om} = 0,450$; $C_c = 0,035-0,062$, $C_{cm} = 0,056$.
- De 10 a 20 m, $e_o = 0,340-0,500$, $e_{om} = 0,403$; $C_c = 0,033-0,062$, $C_{cm} = 0,050$
- De 20 a 30 m, $e_o = 0,320-0,520$, $e_{om} = 0,405$; $C_c = 0,029-0,085$, $C_{cm} = 0,048$
- De 30 a 50 m, $e_o = 0,270-0,570$, $e_{om} = 0,390$; $C_c = 0,034-0,078$, $C_{cm} = 0,054$.

Los suelos de esta Zona, similarmente a los de la Zona II₂, pueden calificarse de medianamente preconsolidados por desecación, que, por otra parte, ha actuado de forma distinta de un punto a otro, dando lugar a las variaciones de resistencia y deformabilidad que se observan.

Respecto a parámetros relacionados con obras de tierra, se realizó el pocillo A-6. Los materiales ensayados son gravas limosas, con las siguientes características:

Pocillo	Densidad máxima	Humedad óptima	CBR 100% proctor N.	Materia orgánica (%)	Límite líquido	% pasa por tamiz 200
A-6	2,17	7	8,7	0,03	—	20

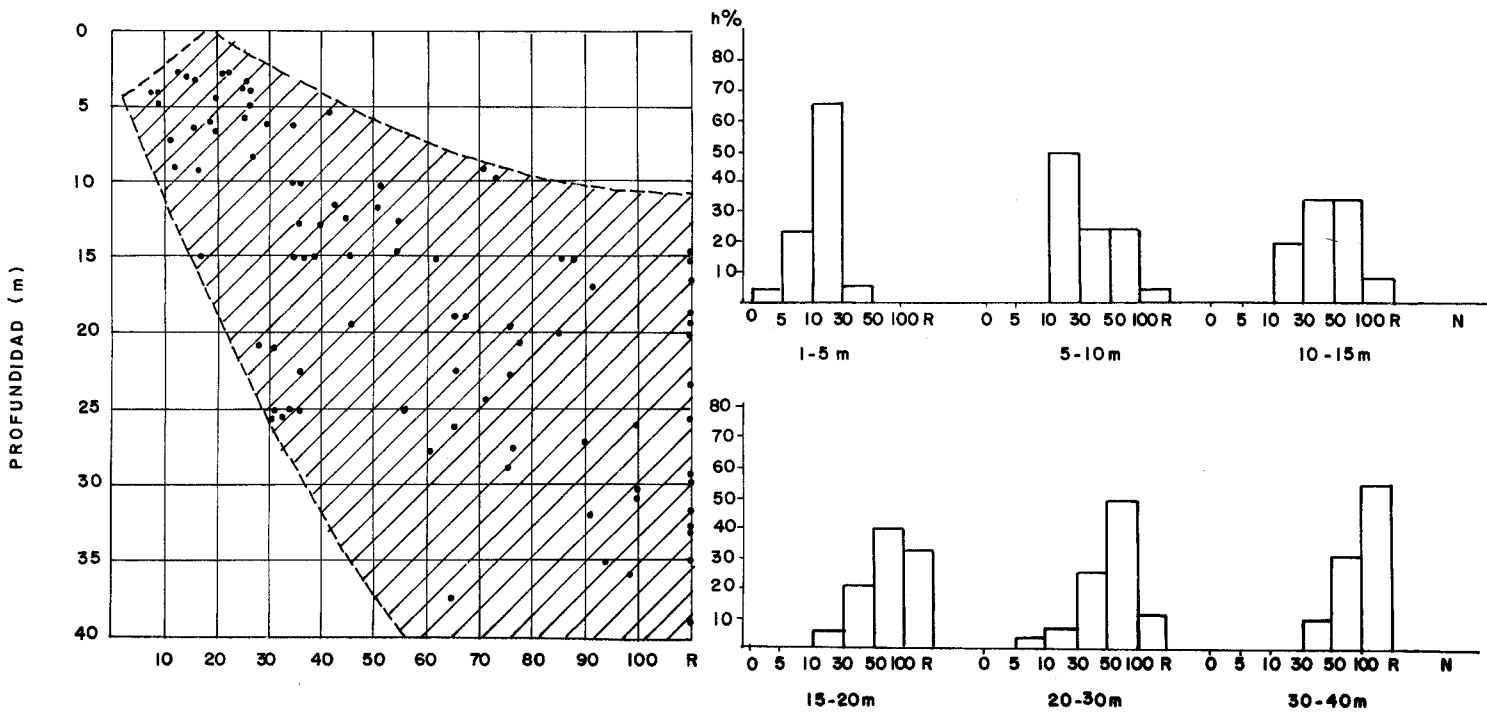
De acuerdo con el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales, se trata de un suelo adecuado. Los materiales arcillosos de esta Zona pueden tener unas características en este sentido similares a las obtenidas con los materiales del pocillo A-5 de la Zona II₂.

CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

Condiciones de cimentación

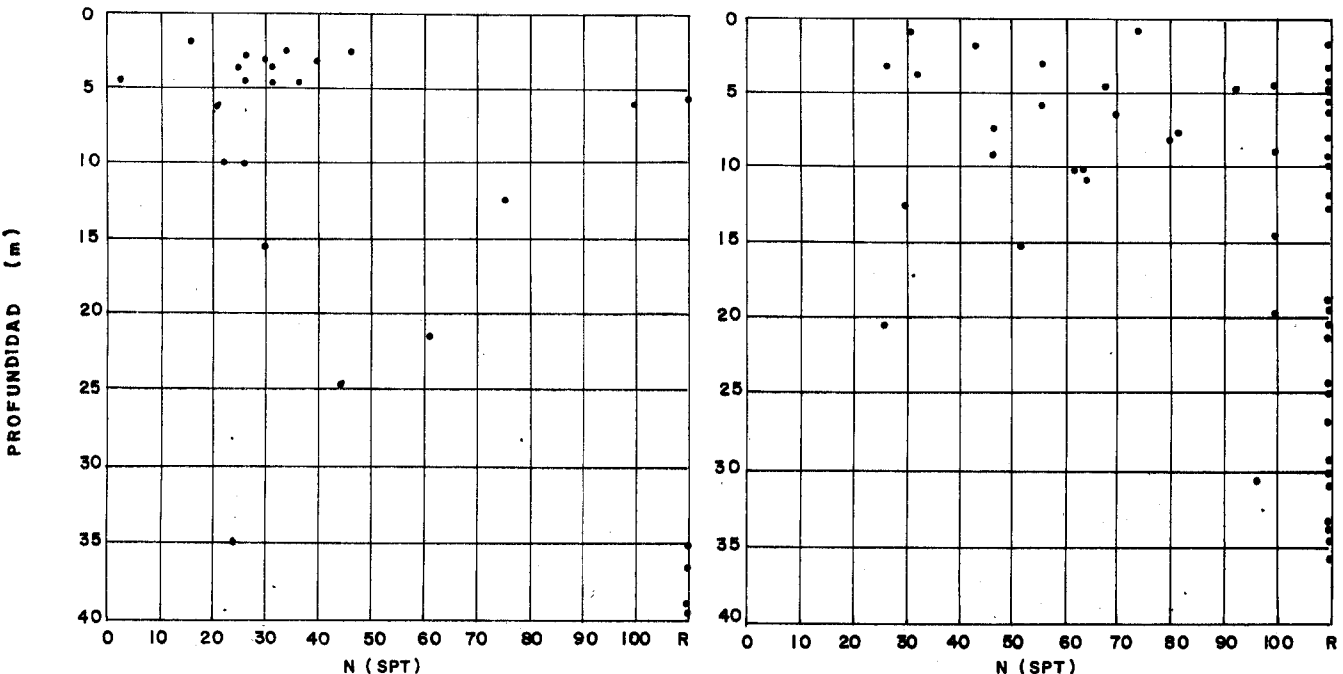
Se han considerados distintas profundidades de cimentación para el cálculo de las presiones admisibles, a cuyas cotas los materiales sobre los que se asentarán los elementos de la cimentación pueden ser bien cohesivos (arcillas arenosas o limosas), bien granulares fundamentalmente (arenas, gravas y bolos con mayor o menor cantidad de matriz arenoarcillosa). Los valores más probables de las presiones admisibles se sitúan en los intervalos siguientes (se recuerda que se dan para zapata cuadrada de $1,50 \times 1,50$ m):

- A 1,50 m de profundidad, en niveles cohesivos, $\sigma_{ad} = 0,8-2,5$ kg/cm², y en niveles granulares $\sigma_{ad} = 3-6$ kg/cm².
- A 3 m de profundidad, en niveles cohesivos, $\sigma_{ad} = 2-4$ kg/cm², y en niveles granulares $\sigma_{ad} = 2,5-6$ kg/cm².



A. VARIACION DE N (SPT) CON LA PROFUNDIDAD EN NIVELES ARCILLOSOS

B. HISTOGRAMAS DE VALORES DE N EN NIVELES ARCILLOSOS A DISTINTAS PROFUNDIDADES



C. VARIACION DE N (SPT) CON LA PROFUNDIDAD EN NIVELES ARENOSOS.

D. VARIACION DE N (SPT) CON LA PROFUNDIDAD EN NIVELES DE GRAVAS MAYORITARIAS.

FIG. 12 VALORES DE N EN LA ZONA II₂¹

— A 8 m de profundidad, en niveles cohesivos, $\sigma_{ad} = 2-2,5 \text{ kg/cm}^2$, y en niveles granulares $\sigma_{ad} = 1,65-4,8 \text{ kg/cm}^2$.

En general, los terrenos de esta Zona no presentarán problemas de capacidad portante para cargas habituales y pueden asegurarse presiones admisibles de 2 kg/cm^2 a partir de los 3 metros de profundidad para bases de cimentación por encima del nivel freático y a partir de los 4 m para las situadas por debajo del mismo. El tipo de cimentación, pues, más probable para construcciones habituales es la superficial o directa por zapatas o losas; puede recomendarse el empleo de estas últimas con el objeto de uniformizar los cimientos dado el carácter errático de la Zona.

Asentamientos excesivos en puntos singulares de II₂ o la necesidad de aplicar grandes cargas puntuales condicionarían el empleo de pilotaje puntual en esta Zona. Pueden considerarse los siguientes problemas con que puede encontrarse una cimentación concreta:

— Posible aparición de asientos diferenciales inadmisibles, fruto de la heterogeneidad de la distribución de los sedimentos. Atención a los posibles paleocauces.

— Presencia del nivel freático tanto más próximo a superficie cuanto más cercana al mar se encuentre la cimentación. Deberán preverse problemas de agotamiento en las excavaciones que interceptan dicho nivel freático, subpresiones debidas a variación de cota de éste y agresividad de sus aguas.

Restricciones geológicas a la construcción

Su definición es similar a la que se ha dado en la Zona II₂; se ha representado en colores verde y amarillo, que constituyen los niveles de restricciones geológicas menores. Al igual que se hizo con la Zona II₂, en verde figura la parte de II₂ con cotas topográficas aproximadamente inferiores a 10 m, donde pueden dejarse sentir con mayor intensidad los problemas derivados de la presencia de aguas freáticas. Por tanto, las condiciones constructivas pueden considerarse, al menos, aceptables.

Condiciones para obras de tierra

Excavabilidad

Los materiales más superficiales (< 1 m) pueden considerarse Medios, pero, en general, se trata de materiales Duros, cuya excavación puede hacerse con medios mecánicos sin dificultad. Debe preverse la posible existencia de niveles de gravas cementadas que exijan martillo perforador o incluso pequeños barrenos.

Estabilidad de taludes

No existen taludes naturales del tipo definido en la Metodología. Los taludes artificiales que se realicen en excavaciones serán estables a corto plazo si no interceptan el nivel freático, en cuyo caso serán inestables.

Empujes sobre contenciones

Por encima del nivel freático serán bajos y altos por debajo de él.

Aptitud para préstamos

Se trata de materiales generalmente Aptos o, cuando menos, Marginales.

Aptitud para explanada de carreteras

Los niveles granulares superficiales constituyen materiales Aptos, según las definiciones dadas en la Metodología. Si en superficie se encuentran suelos arcillosos o arcillolimosos, no es conveniente que sean directamente explanada y convendrá situar sobre ellos una capa de la menos 30 cm de suelo adecuado.

Obras subterráneas

De acuerdo con las definiciones contenidas en la Metodología, el terreno que constituye esta toma se considera Medio-Difícil. En particular se considera Difícil cuando los túneles u otras obras subterráneas se sitúan por debajo del nivel freático, en cuyo caso se producirán problemas importantes de afluencia de aguas.

3.3.6. ZONA II₂

LOCALIZACION

La Zona II₂ ocupa grandes extensiones de terreno a lo largo del límite occidental del Mapa I y se interna en el Mapa II por su ángulo NE hasta la altura de Canet de Berenguer, aproximadamente. En segundo término aparece otra extensión del tipo de depósitos que constituyen II₂ en el límite sur del Mapa II, bordeando la zona de albufera.

CARACTERISTICAS LITOLÓGICAS

Constituye una zona de transición entre los depósitos de arroyada (QMa, Zona II₂) y los depósitos de albufera (QM, Zona II₂).

A esta formación se le adjudica una potencia de 10-12 m y está constituida por limos, arenas y arcillas, dispuestos en niveles con proporción variable de unos y otros. En las zonas próximas a las albuferas aparecen también fangos de tonos grisáceos del tipo de los que se encuentran en estas últimas y en áreas limítrofes con los mantos de arroyada (QMa) se detecta algún nivel de gravas y bolos. Debajo de estos depósitos QI aparecen las capas pleistocénicas de los mantos de arroyada, cuyas características litológicas ya se han tratado en el epígrafe 3.3.2.

La clasificación en el Sistema Unificado de los suelos de esta Zona corresponde a tipos muy variados: ML, CL, SM, CL-ML, SM-SC y, eventualmente, GM. Las características de plasticidad, cuando son plásticos, de los finos se recoge en la figura 13; los valores más altos del límite líquido corresponden a tipos CL próximos a los depósitos de albufera y son arcillas (o limos) grises similares a los fangos de dichos depósitos. En el cuadro siguiente se resumen las características litológicas más destacadas de los materiales de esta Zona II₂.

	A	B	C
Clasificación U.S.C.S.	CL, ML	CL-ML, CL	SM, SC, SM-SC (ML)
Límite líquido	38-42	21-36	N.P.-28
Índice de plasticidad	16-17	5-15	N.P.-10
Humedad natural (%)	15-50	18-29	19-29
Peso específico partículas (t/m ³)	2,65	2,71-2,73	2,74
% pasa por tamiz 200	34-96	68-92	29-69
Contenido en materia orgánica (%)	1-5	< 0,5	—
Densidad seca (t/m ³)	0,9-1,5	1,65-1,86	1,59-1,80

- A = Fangos (arcillas, a veces limos) circunscritos a zonas de contacto o próximas a los depósitos de albufera (QA, Zona II₂).
- B = Arcillas limosas con nódulos o cantos dispersos, de tonos marrones.
- C = Arenas limosas o arcillosas, de tonos pardos o marrones.
- N.P. = No plástico.

Resta solamente considerar el carácter errático de la distribución de los materiales de II₂, que se manifiesta tanto en variaciones laterales como en el espesor y naturaleza de los niveles de distinta tipología.

CARACTERISTICAS GEOMORFOLÓGICAS

Se trata de terrenos prácticamente planos, en ligerísima pendiente desde su contacto con los depósitos de albufera hacia el interior. Corresponden a un ambiente de sedimentación intermedio, con aportes fluviales en zonas con débil pendiente y de ocupación antigua de albufera. Puede tomarse P < 0,5 por ciento.

CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS

a) Hidrología superficial

Atravesando la Zona se insinúan ligerísimas vaguadas y en el límite norte del Mapa I se encuentra encauzado el río Belcaire en una anchura del orden de 30-35 m y profundidad

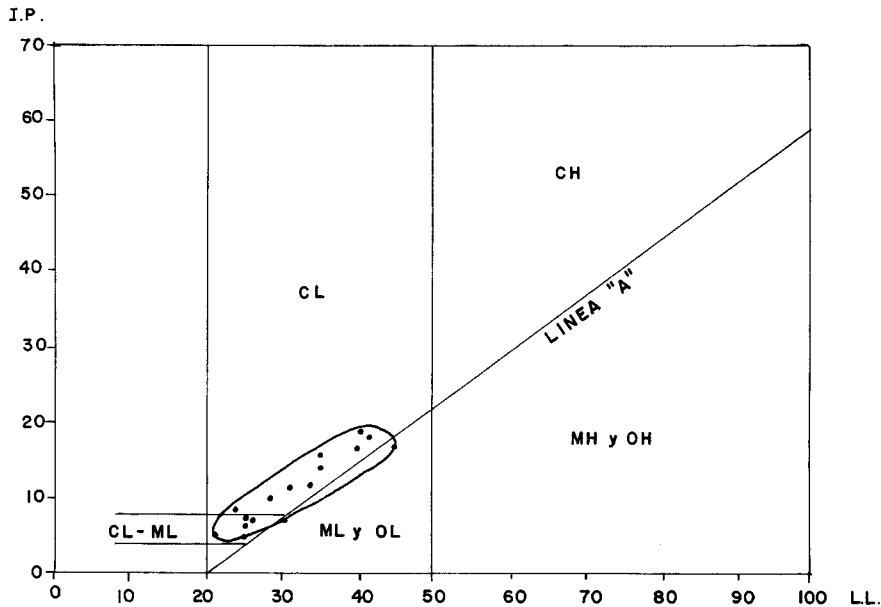


FIG. 13 PLASTICIDAD DE LOS MATERIALES DE LA ZONA II₂

2-3 m. Los materiales de esta Zona son prácticamente impermeables, dificultando su posible drenaje por infiltración por la presencia del nivel freático a escasa profundidad en la mayoría de las ocasiones. El coeficiente de escorrentía puede tomarse $C = 0,10-0,20$. El drenaje se considera deficiente.

b) Hidrología subterránea

Puede indicarse lo dicho en anteriores Zonas: La cota del nivel freático general coincide con la del nivel del mar, con pequeñas fluctuaciones, por lo que la profundidad de las aguas freáticas dependerá de la cota del punto que se considere. Salvo en parte de la mancha de II₂ del límite norte del Mapa I, el nivel freático se encontrará a cotas habituales de cimentación, lo que originará problemas de inestabilidad y agotamientos destacados.

RIESGOS GEOLOGICOS NATURALES

Cabe considerar solamente el riesgo localizado de inundación por avenidas, en particular en el área atravesada por el río Belcaire.

CARACTERISTICAS GEOMECHANICAS

Respecto a parámetros relacionados con la resistencia se considera, en primer lugar, el valor de N del ensayo de penetración normal. La figura 14 recoge los datos de valores de N en función de la profundidad y del tipo de material. Puede verse que las arcillas de los niveles superficiales (menos de 5 m de profundidad) muestran valores predominantemente menores de 10, lo que indica una compacidad del terreno muy floja o floja y raramente N es superior a 20. En general, los limos y arenas a menos de 5 m de profundidad muestran resistencia a la penetración ligeramente superior, entre 10 y 30, valores que indican compacidad medianamente densa. A profundidades superiores (más de 10-12 m) los valores de N crecen sensiblemente y corresponden a terrenos pleistocénicos (mantos de arroyada) subyacentes.

Estos datos de N y los que se incluyen a continuación proceden tanto de los reconocimientos geotécnicos efectuados en este proyecto como de los incluidos en diversos informes de los Estudios Geotécnicos de la IV Planta Siderúrgica de Sagunto.

Respecto a la resistencia a compresión simple, los niveles cohesivos (CL y CL-ML) presentan valores entre $0,70$ y $1,25 \text{ kg/cm}^2$, con predominio de los inferiores a 1 kg/cm^2 , que ratifican lo obtenido en los ensayos de penetración normal. Los limos y arenas limosas dan

resistencia a compresión simple de 0,14 a 0,56 kg/cm². Por último, los ensayos de corte dan valores de la cohesión comprendidos entre 0 y 0,6 kg/cm² y ángulos de rozamiento interno $\varphi = 20-28^\circ$.

Los ensayos realizados para determinar las características de compresibilidad de los materiales de esta Zona, han proporcionado valores del índice de poros inicial e_0 para materiales situados a menos de 5 m de profundidad iguales a 0,600-0,780 y del índice de compresión $C_c = 0,135-0,250$. Se tienen datos de valores de estos parámetros a profundidades comprendidas entre 3 y 20 m de profundidad, referidos a la zona de II₂ situada en el sur del Mapa II: $e_0 = 0,470-0,600$ y $C_c = 0,060-0,100$. Se trata, pues, de materiales, al menos en los primeros metros, de compresibilidad alta.

Finalmente, para determinar parámetros relacionados con obras de tierra, se ha realizado el pocillo A-3, con arcillas grisáceas que contienen cantos pequeños dispersos. Los resultados de los ensayos han sido:

Pocillo	Densidad máxima	Humedad óptima	CBR 100% proctor N	Materia orgánica (%)	Límite líquido	% pasa por tamiz 200
A-3	1,59	22	3,6	0,10	43,4	92

Se trata al menos los materiales similares a los del pocillo A-3, de suelos inadecuados, fundamentalmente por no cumplir las condiciones de plasticidad exigidas. Otros materiales con índice de plasticidad menor pueden constituir suelos tolerables para su empleo en terraplenes.

CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS

Condiciones de cimentación

En función de las características resistentes y de la compresibilidad de los materiales de esta Zona, se han determinado los siguientes valores más probables para las presiones admisibles, que pueden aumentar ligeramente si el nivel que soporta la cimentación está constituido por arenas limpias o arenas arcillosas:

— A 1,50 y 3 m de profundidad, $\sigma_{ad} < 0,5$ kg/cm².

A profundidad de 8 m mejoran las propiedades resistentes y de deformabilidad de los materiales, tanto arcillosos como arenolimosos o arenoarcillosos.

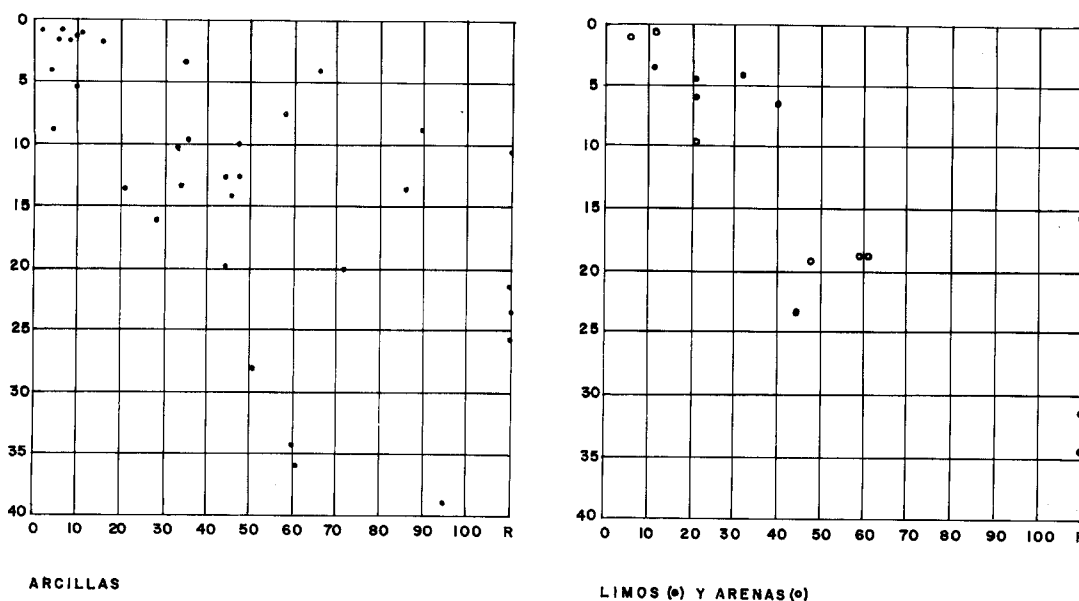


FIG. 14. VARIACION DE N (SPT) CON LA PROFUNDIDAD EN LOS MATERIALES DE LA ZONA II₂
R = Rechazo

Puede darse en este caso $\sigma_{ad} = 0,5-1,20 \text{ kg/cm}^2$

Consideración particular merece la parte de II₂ representada en verde en la mitad N del Mapa I de Características Geomecánicas y Condiciones Constructivas; en dicha parte la resistencia de los materiales, a la luz de los sondeos efectuados (S-3 y S-4), es superior y pueden considerarse presiones admisibles a 1,50 y 3 m de profundidad de 1,50 a 3 kg/cm².

El tipo de cimentación a utilizar en la Zona puede variar, por lo expuesto, entre superficial y profunda. Puede admitir cimentación superficial la citada parte de II₂ del Mapa I y en el resto de la Zona cabría este tipo de cimentación para estructuras muy ligeras o en aquellos puntos que por razones constructivas se puede eliminar la capa superficial más blanda.

De otro modo, la cimentación debe concebirse como profunda, pilotada. En este caso deberá tomarse en cuenta la posible aparición de rozamientos negativos en el fuste del pilote. Respecto a la profundidad de implantación de la punta de los pilotes, suelen existir estratos de gravas o gravas arcillosas con suficiente capacidad portante y espesor. A título orientativo, en la parte de II₂ situada al sur del Mapa II estos estratos granulares pueden encontrarse a profundidades del orden de 15 a 18 m.

Los problemas con que pueden encontrarse las cimentaciones superficiales se relacionan con el carácter errático de la distribución espacial de los sedimentos, que puede provocar la aparición de asentamientos diferenciales inadmisibles.

Por otra parte, los problemas de cimentación están relacionados con la presencia del nivel freático a escasa profundidad en la mayor parte de la Zona; en las excavaciones que lo intercepten se presentarán levantamientos de fondo y fuertes empujes.

Condiciones para obras de tierra

Excavabilidad

Los materiales de esta Zona se consideran, de acuerdo con las definiciones metodológicas, blandos o medios. Se recuerda que en las excavaciones que interceptan el nivel freático pueden producirse levantamientos de fondo y si el nivel freático se encuentra próximo a la superficie se recomienda la utilización de pantallas o recinto de tablestacas.

Estabilidad de taludes

No existen taludes naturales en la Zona. Los taludes artificiales, en ausencia de nivel freático, serán estables a corto-medio plazo con alturas hasta de 6 m. Si interceptan el nivel freático se producirán los problemas de inestabilidad y mecánicos apuntados anteriormente.

Empujes sobre contenciones

Por encima del nivel freático los empujes serán bajos; por debajo de él serán altos.

Aptitud para préstamos

Los materiales de II₂ son, en general, No Aptos; niveles superficiales más arenosos pueden considerarse Marginales.

Aptitud para explanada de carreteras

Se consideran No Aptos - Marginales.

Obras subterráneas

Los túneles con profundidades superiores a 10-12 m afectarán a los depósitos pleistocénicos subyacentes a los materiales de II₂, que, bajo este punto de vista, se calificaron como terrenos medios-difíciles con problemas claros de afluencia de aguas.

3.3.7. ZONA II₃

LOCALIZACION

La Zona II₃ forma una franja de anchura variable a lo largo de la costa; su máximo desarrollo lo alcanza en el área situada al este de Almenara, en el Mapa I, donde se extiende

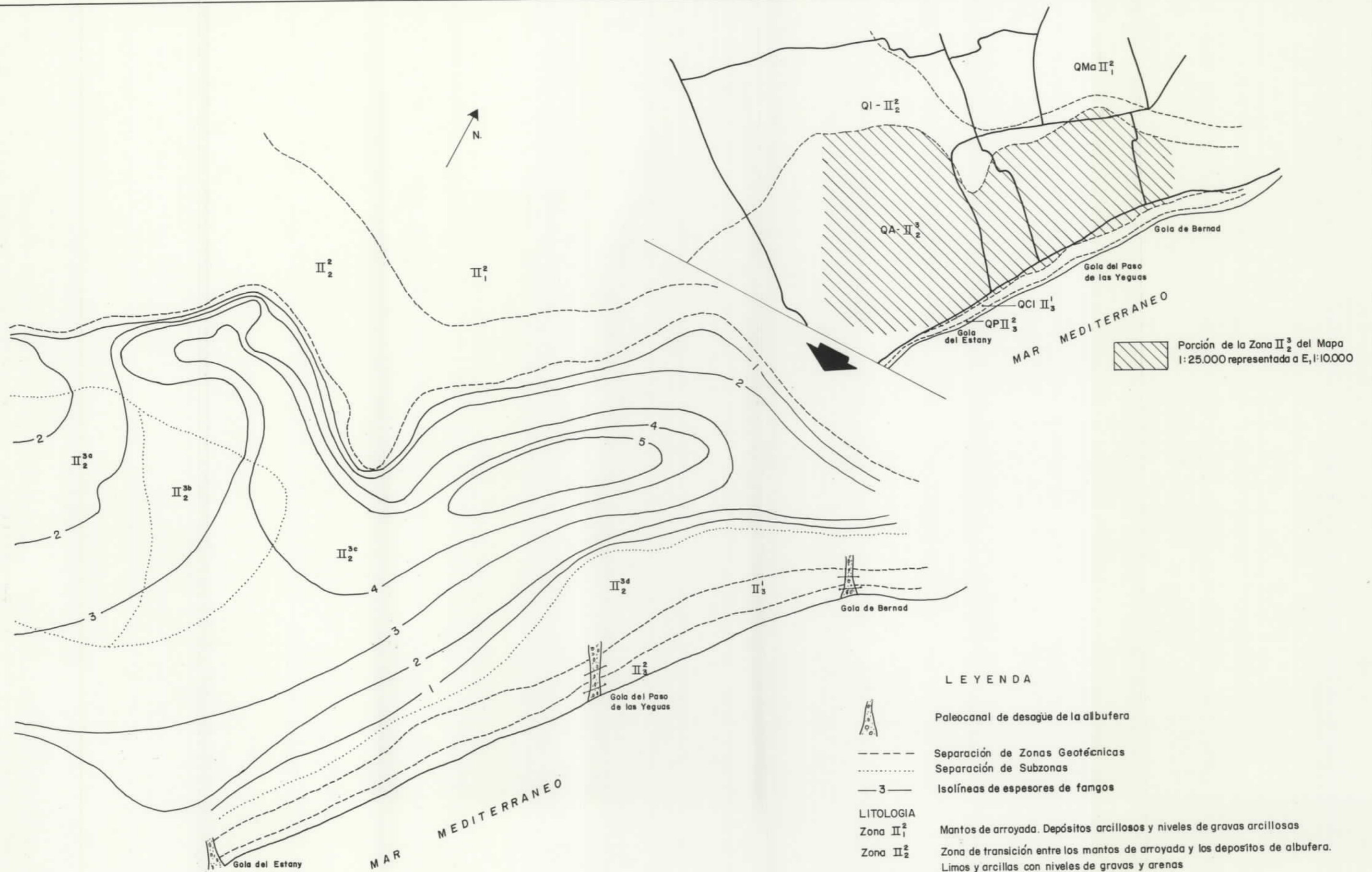


FIGURA 15

Escala aproximada 1:10.000

Cofeccionado a partir del "Reconocimiento Geotécnico FaseIIA. II Fase IV Planta Siderúrgica Integral-Sagunto" Informe Parques y preparación de Materias primas

tierra adentro en una longitud del orden de 2,5 km. No aparecen depósitos de albufera, que definen esta Zona, en el tramo comprendido entre Canet de Berenguer y la IV Planta Siderúrgica, aproximadamente.

CARACTERISTICAS LITOLÓGICAS

Esta zona agrupa los depósitos de marisma QM localizados en el ángulo NE del Mapa I, representados por dos reducidas manchas, y los depósitos de albufera QA.

La información acerca de constitución litológica de los primeros procede del sondeo S-1, en el que se cortaron 1,30 m de arenas finas, de color marrón medio con gravas y arcillas de tono marrón; hasta los 8,20 m de profundidad se encontraron arenas finas, algo limosas, de color marrón grisáceo, que corresponden a tipos SP, SM y SW-SM, con cernidos por el tamiz 200 entre el 4 y el 33 %. Entre los 8,30 m y los 10 m de profundidad aparecen más arenas, limoarcillosas de color rojizo y con nódulos dispersos que se clasifican como SM-SC y sus finos presentan límite líquido 22 e índice de plasticidad 6.

Respecto a la información que se tiene de los depósitos de albufera, cabe distinguir dos áreas: la que se extiende a lo largo del Mapa I hasta su límite sur y desde el límite N del Mapa II hasta La Malvarrosa, con sondeos realizados en el marco de este estudio (S-6, S-8 y S-10) y el área que se encuentra en el límite sur del Mapa II, de la que se poseen abundantes datos procedentes del "Reconocimiento geotécnico preliminar. II Fase IV Planta Siderúrgica Integral de Sagunto" y del "Reconocimiento geotécnico. Fase II A" (diversos informes), efectuados por Altos Hornos del Mediterráneo, así como los datos suministrados por el sondeo S-19, realizado también en el marco del presente proyecto.

De los sondeos 6, 8 y 10 (con profundidades de 5, 10 y 15 m, respectivamente), se tiene que los depósitos de albufera de esa área están constituidos por arcillas o limos gris oscuros o negros, con restos de conchas más o menos abundantes y cantos o gravas dispersos, que corresponden a tipos CL y ML, dispuestos en niveles a veces separados (sondeos S-6) por un paquete de arenas finas con gravas aplanadas, de tono marrón amarillento (SM, SC). La potencia de estos fangos, según dichos sondeos, puede variar entre 6,80 y 12,50 m. En el sondeo S-6, sobre las citadas arenas, se cortó un nivel de conglomerado de gravas y conchas de unos 80 cm de espesor. Debajo de esos fangos aparecen arcillas blandas, de color beige claro, con cantos dispersos y arenas arcillosas con gravas escasas, de potencia no determinada.

En la figura 15 se representa a escala 1:10.000 parte de los depósitos de albufera situados en el límite sur del Mapa II. En ella se separa una serie de subzonas cuya composición litológica es la siguiente:

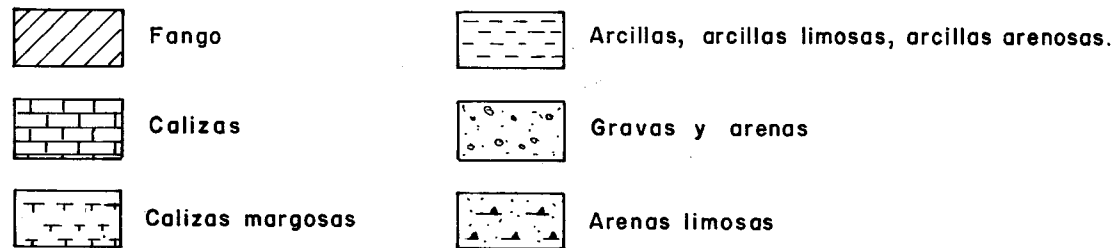
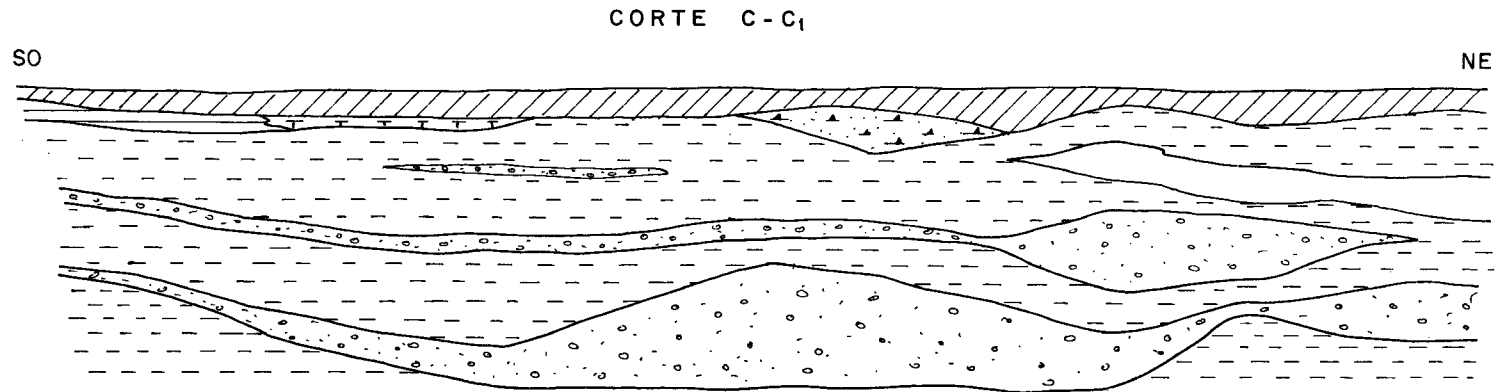
II₂^{3a} - En superficie se encuentran fangos grises con potencia del orden de 2-3 m, a los que siguen arcillas con espesor de 1-3 m y un estrato calcáreo de 1,5 a 3 m de potencia, que descansa sobre arcillas más o menos fangosas en su parte superior. Ese estrato calizo carece de cantos, es de naturaleza oquerosa y color grisáceo y lateralmente pierde consistencia y pasa a un nivel margoso (subzona II₂^{3b}).

II₂^{3c} - Presenta superficialmente fangos grises de 1-5 m de espesor cuya distribución la dan las isolíneas que aparecen en la figura 15. Bajo esos fangos suelen encontrarse arenas en parte eólicas en parte fluviales, con una potencia de 2-6 m, a las que siguen arcillas con 10-12 m de espesor. Debajo ya se encuentran los depósitos pleistocénicos que constituyen los mantos de arroyada. En esta zona, por tanto, puede estimarse un espesor máximo de los depósitos de albufera del orden de los 20-23 m.

II₂^{3d} - Corresponde a una zona de transición entre los fangos y el cordón litoral, cuyos materiales son arcillas y limos grises que incluyen arenas y algunos cantos dispersos.

La figura 16 muestra un corte (CC₁) cuya situación puede verse en la figura 6, que permite dar una idea de lo que puede esperarse en profundidad en lo que a distribución litológica se refiere. Se observará también el carácter errático de la formación.

En cuanto a plasticidad de los materiales la Zona II₂, se han elaborado las figuras 17 y 18 con todos los datos de que se dispone y en el cuadro siguiente se resumen las propiedades litológicas más destacadas de los diversos tipos de suelos hallados.



E. H. 1:10.000

E. V. 1:1.000

FIG. 16

CORTE C-C₁ EN LA ZONA II₂³

BASADO EN LOS SONDEOS REALIZADOS EN EL ESTUDIO GEOTECNICO PRELIMINAR
Y FASE II DE LA IV PLANTA SIDERURGICA INTEGRAL DE SAGUNTO.

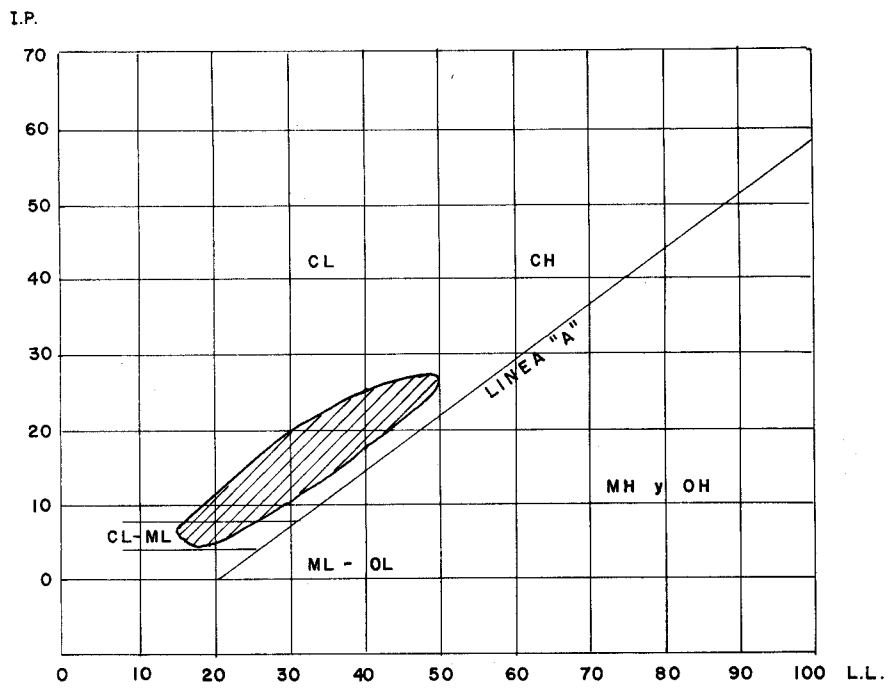


FIG. 17 PLASTICIDAD DE LOS FANGOS GRIS DE LA ZONA II_2^3

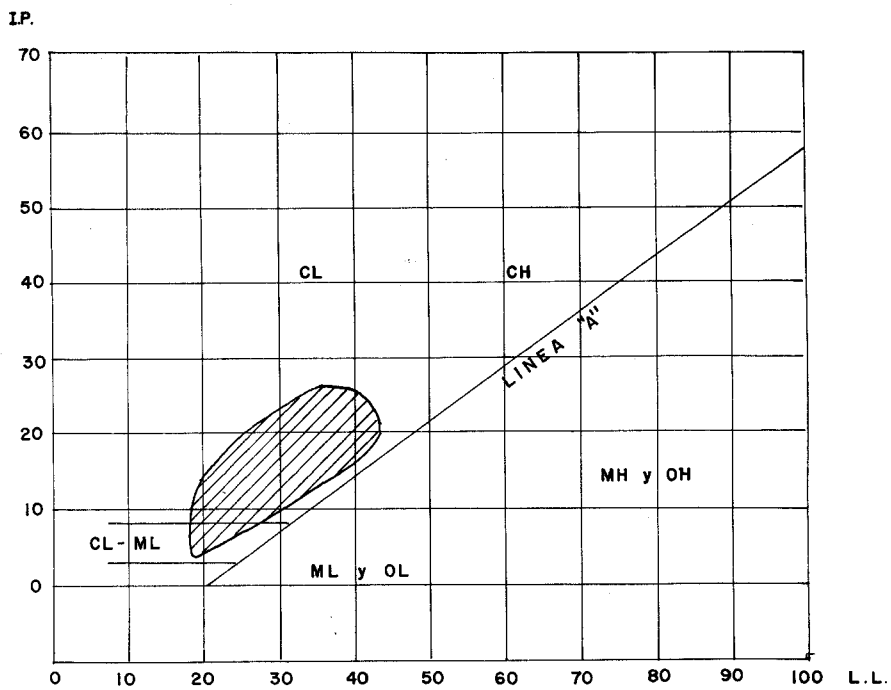


FIG. 18 PLASTICIDAD DE LAS ARCILLAS (CL y CL-ML) MARRONES Y ROJIZAS DE LA ZONA II_3^2

	A	B	C
Clasificación U.S.C.S.	CL, ML	CL, CL-ML	SP, SM, SC, SW-SM
Límite líquido	N.P.-50	18-43,8	N.P.-22
Índice de plasticidad	N.P.-26	5-27	N.P.-13
Humedad natural (%)	15-50	19-29	20-25
Densidad seca (t/m ³)	0,9-1,50	1,55-1,65	~ 1,80
Peso específico partículas (t/m ³)	2,65-2,78	2,71	2,74
% pasa por tamiz 200	54-96	74-92	4-33
Contenido en materia orgánica (%)	1-20		

- A = Frangos grises y negros (arcillas y limos).
 B = Arcillas de tonos marrones o beigeos.
 C = Niveles arenosos.
 N.P. = No plástico.

CARACTERISTICAS GEOMORFOLOGICAS

Se trata de formas totalmente planas, $P \approx 0$.

CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS

a) Hidrología superficial

Son zonas total o parcialmente anegadas a lo largo del año. Los fangos son materiales impermeables y el drenaje puede considerarse nulo. El coeficiente de escorrentía, según Instrucción de Carreteras, es $C = 0,35-0,50$.

b) Hidrología subterránea

El nivel freático se encuentra a menos de 1 m de profundidad y sus aguas son agresivas.

RIESGOS GEOLOGICOS NATURALES

No se aprecian riesgos en esta Zona.

CARACTERISTICAS GEOMECHANICAS

Respecto a parámetros relacionados con la resistencia, las figuras 19 y 20 dan la variación del valor de N del ensayo SPT con la profundidad y se ha distinguido entre fangos, arcillas y arcillas limosas y niveles granulares de arenas o gravas. Debe hacerse notar que, en esos gráficos, a partir de una profundidad del orden de 15 a 20 m, los valores de N corresponden no a los depósitos de albufera y marisma, sino a sedimentos pleistocénicos (mantos de arroyada).

Puede observarse que los fangos muestran valores de N generalmente inferiores a 10 y un límite inferior encontrado es $N = 2$; se califican, pues, como suelos flojos y muy flojos. Las arcillas y arcillas limosas marrones o beigeos, en los metros superficiales presentan compacidad algo superior, con valores de N comprendidos entre 10 y 20, que corresponden a compacidad medianamente densa.

Los escasos datos que se refieren a los niveles arenosos más superficiales indican que se trata de materiales de compacidad floja o medianamente densa ($N = 6-28$).

La figura 21 muestra los histogramas de valores del ensayo SPT en distintos tramos de profundidad, considerando los diversos tipos conjuntamente; se advierte un claro aumento de la resistencia a partir de los 15 m de profundidad, donde, como se dijo, comienzan a localizarse los niveles pleistocénicos.

Respecto a parámetros de resistencia y deformabilidad de las arcillas y arcillas limosas de tonos beigeos y marrones subyacentes a los fangos, se tienen los siguientes valores:

- Resistencia al corte, $c' = 0$ $\varphi' = 25-32^\circ$.
- Índice de poros inicial, $e_o = 0,470-0,700$.
- Índice de impresión, $C_c = 0,060-0,135$.

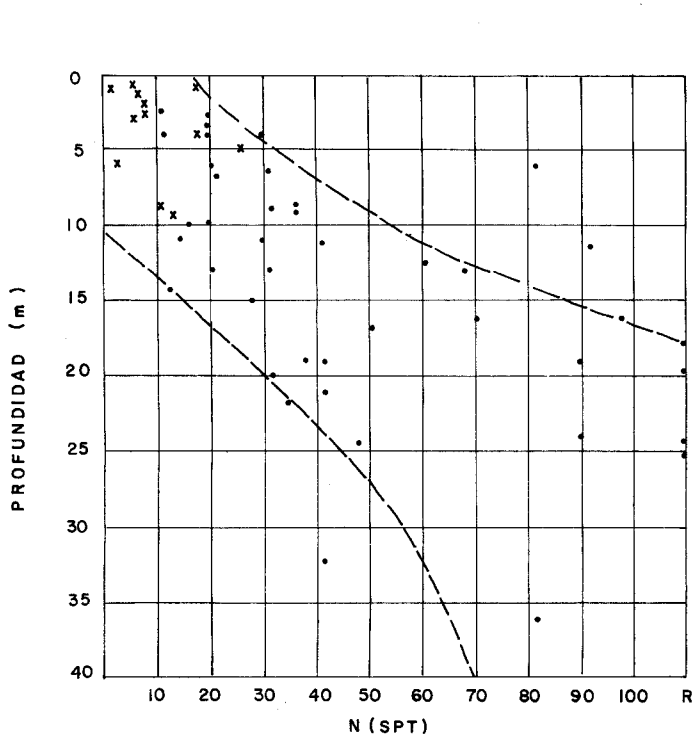


FIG.19 VARIACION DE N (SPT) CON LA PROFUNDIDAD EN LOS NIVELES ARCILLOSOS DE LA ZONA II³
 x Fangos.
 • Arcillas y arcillas limosas

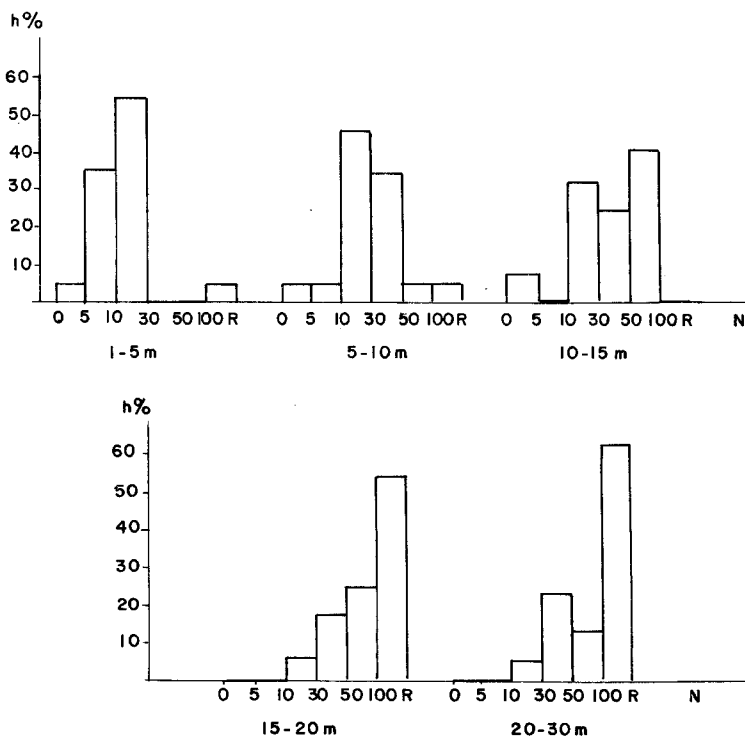


FIG.21 HISTOGRAMAS DE VALORES DE N EN DISTINTOS TRAMOS DE PROFUNDIDAD DE LA ZONA II³

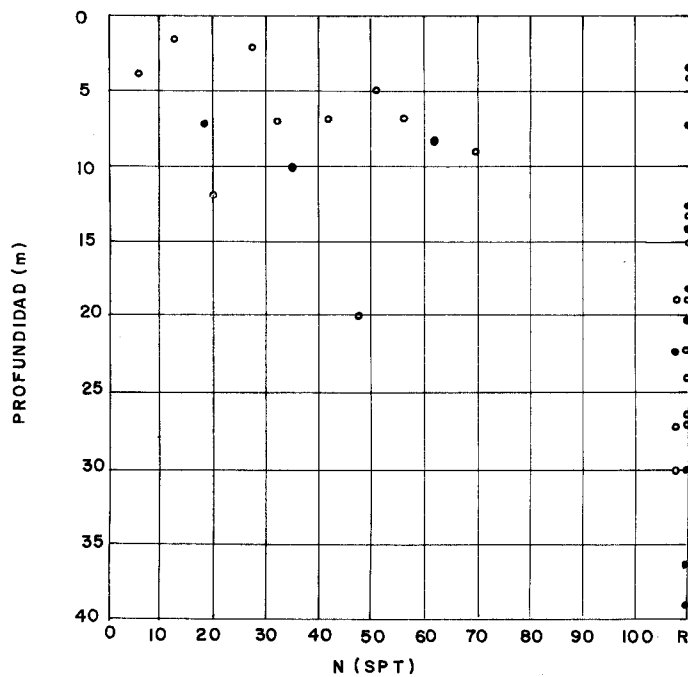


FIG.20 VARIACION DE N (SPT) CON LA PROFUNDIDAD EN LOS NIVELES DE ARENAS (o) Y GRAVAS(•) EN LA ZONA II³

Consideración aparte merecen las características resistentes y de deformabilidad de los fangos, dado que condicionan los métodos constructivos en la Zona y debido, por otra parte, a los numerosos datos que contiene el informe de Parques y Almacенamientos del "Reconocimiento Geotécnico. Fase II A de la IV Planta Siderúrgica Integral de Sagunto", en el que figura un apartado que estudia en concreto las propiedades de dichos materiales, apartado que se sintetizará en las líneas siguientes:

La resistencia a compresión simple oscila entre 0,1 y 0,5 kg/cm² en el 65 por ciento de los casos y entre 0,5 y 1 kg/cm² en el 35 por ciento restante. Los valores más bajos corresponden a suelos con alto contenido en materia orgánica. En este tipo de suelos el ensayo de compresión simple pierde representatividad debido a la dificultad de obtener verdaderas muestras inalteradas. Es más fiable, para evaluar la resistencia a corto plazo, el ensayo del molinete in situ, que proporcionó valores semejantes: 0,08-0,32 kg/cm². En los ensayos de penetración estática (siempre refiriéndonos al citado Informe de Parques y Almacенamientos), la resistencia por punta varió entre 5 y 10 kg/cm²; la correlación entre esta prueba y la cohesión no drenada representativa de la resistencia a corto plazo se deduce a través de un coeficiente que oscila entre 15 y 20, y si se toma este último valor la cohesión se sitúa entre 0,25 y 0,50 kg/cm². En función de estos datos, la resistencia a corto plazo puede estimarse variable entre 0,1 y 0,5 kg/cm²; la cifra menor corresponde a los suelos más plásticos y orgánicos.

Respecto a la resistencia a largo plazo, ensayos triaxiales han puesto de manifiesto valores de φ' entre 25 y 30°, es decir, los fangos, una vez eliminada el agua intersticial, ofrecen rozamientos elevados.

Respecto a la deformabilidad de los fangos, los ensayos edométricos han proporcionado valores del índice de compresión C_c comprendidos entre 0,063 y 0,230 (en una ocasión fue $C_c = 1,100$), con valor medio 0,155; el módulo edométrico E_m varía entre 5 y 42 kg/m², correspondiendo las cifras más bajas a suelos más arcillosos y orgánicos y las más altas a los más incoherentes; como término medio puede asignarse a estos fangos un módulo de deformación de 25 kg/cm².

Finalmente, para deducir parámetros relacionados con obras de tierra, se realizó en los depósitos QM el pocillo A-1, del que se carece del valor del CBR. Los materiales ensayados fueron arcillas con elevado contenido en arenas, y los resultados fueron los que siguen:

Pocillo	Densidad máxima	Humedad óptima	Límite líquido	Materia orgánica	% pasa por tamiz 200
A-1	1,58	22	30,6	0,07	62

A falta de CBR, estos materiales se consideran tolerables de acuerdo con las condiciones establecidas en el P.P.T.G. Los fangos de los depósitos de albufera, QA, constituyen suelos inadecuados.

CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

Condiciones de cimentación

Respecto a presiones admisibles, se distinguirá entre los depósitos de marisma, QM, constituidos, al menos en función del sondeo S-1, fundamentalmente por arenas limosas y los depósitos de albufera, QA. En los primeros, a 1,50 m de profundidad la cimentación se encontrará sobre el nivel freático (que se localiza a 2-3 m bajo la superficie) y pueden darse presiones admisibles en torno a 1 kg/cm². A 3 m de profundidad las arenas presentan compacidad floja ($N = 6$), además de encontrarse bajo el nivel freático; puede considerarse $\sigma_{ad} \approx 0,25$ kg/cm². Por tanto, esta área de II₃ puede admitir cimentación superficial a 1,50 m de profundidad para edificaciones bajas (menos de 4 ó 5 alturas). Con mayores dificultades surgirán en la cimentación por debajo del nivel freático, con aparición de problemas de agotamientos, inestabilidad de paredes de excavación y deberán preverse subpresiones y posibles sifonamientos.

En los depósitos de albufera, QA, en términos generales, pueden darse los siguientes intervalos de presiones admisibles:

- A 1,50 y 3 metros de profundidad, $\sigma_{ad} = 0,1-0,5$ kg/cm².
- A 8 metros de profundidad, $\sigma_{ad} = 0,5-1$ kg/cm².

Respecto al tipo de cimentación más probable pueden hacerse algunas puntualizaciones. En la zona de transición entre los fangos y el cordón litoral o las dunas, las características

resistentes de los suelos, como ya se dijo, mejoran ligeramente y cabe la utilización de cimentación superficial por losa para edificaciones bajas (4 ó 5 alturas como máximo). De hecho en la zona de La Malvarrosa se tienen datos en este sentido, con una cimentación por losa a 1,50 m de profundidad de un edificio de 4 alturas.

En el resto de la Zona, para edificaciones de menos de 6 alturas cabe considerar la eliminación de los fangos si técnica o económicamente es aceptable y el apoyo directo de zapatas o losas de cimentación sobre los suelos situados bajo aquéllos. Esta solución parece más viable en la subzona II₂^a (ver figura 15), donde la presencia de un estrato calizo potente confiere al terreno unas características resistentes adecuadas.

Pero, en general, el tipo de cimentación más probable será la profunda, mediante pilotes. Deberán tenerse en cuenta los rozamientos negativos. Si se consideran pilotes resistentes por la punta, puede decirse que suelen existir estratos de gravas con suficiente capacidad portante y espesor, aunque a distinta profundidad, y, normalmente, a más de 15 m. En particular en la subzona II₂^b de la figura 15 los pilotes pueden apoyarse sobre la costra deleznable situada a unos 15 m de profundidad y en II₂^c podrían apoyarse a profundidades comprendidas entre 14 y 22 m.

Respecto a problemas de cimentación, éstos se relacionan con la baja capacidad portante de los depósitos de esta Zona, su elevada compresibilidad, la presencia del nivel freático casi en superficie y la posible agresividad de sus aguas.

Restricciones geológicas a la construcción

Por todos los problemas enumerados, se ha representado esta Zona con el nivel máximo de restricciones dentro del área en estudio, que corresponde al color rojo en el Mapa de Características Geomecánicas y Condiciones Constructivas.

Condiciones para obras de tierra

Excavabilidad

Se trata de suelos blandos o medios. En las excavaciones se presentarán levantamientos de fondo y empujes altos, y deberán realizarse con pantallas.

Estabilidad de taludes

No existen taludes naturales en esta Zona. La ejecución de taludes para distintos tipos de obras presentará graves problemas e incluso zanjas de pequeña profundidad precisarán entibación para su mantenimiento. Por ello, los taludes artificiales se consideran inestables.

Empujes sobre contenciones

Serán altos o muy altos.

Aptitud para préstamos

Las arenas limosas y arcillas arenosas de QM pueden considerarse Marginales y los fangos de los restantes depósitos, No Aptos.

Aptitud para explanada de carreteras

Los suelos de QM se consideran Marginales y los de QA, No Aptos. La ejecución de vías en estos terrenos exigirá procedimientos de mejora de terreno, como puede ser una precarga del mismo.

Obras subterráneas

Se consideran terrenos muy difíciles.

3.3.8. ZONAS II₂, II₃ Y II₃

LOCALIZACION

Se agrupan en este apartado las citadas Zonas en función de sus similares características tanto litológicas como geomecánicas. Los depósitos de playa, que constituyen la Zona II₃, se extienden prácticamente a lo largo de toda la costa comprendida en el área estudiada con anchura que oscila entre los 20 y los 100 m, aproximadamente. La zona II₃,

definida por el cordón litoral de gravas, es adyacente a la anterior en el tramo comprendido entre el límite meridional del Mapa II. Finalmente, las dunas (QD) que definen la Zona II₃⁴ son también adyacentes a las playas entre Barrio Mar y Canet de Berenguer. La anchura de la banda que constituye la Zona II₃⁴ varía entre unos 25 m y 400 m, aproximadamente, en las inmediaciones de Playa de Chilches; la banda de dunas (Zona II₃⁴) presenta un ancho máximo también del orden de los 400 m.

CARACTERISTICAS LITOLÓGICAS

Los materiales fundamentales son arenas finas, a veces limosas, de tonos grisáceos o beige; en la Zona II₃⁴ (cordón litoral, QCl) aparecen gravas en superficie y en zonas de contacto con los depósitos de marisma pueden encontrarse arcillas limosas con gravas. En profundidad y en una u otra zona pueden aparecer nivelillos centimétricos de materia orgánica. Según la clasificación del Sistema Unificado, los materiales de estas Zonas corresponden a tipos SP, SM, SP-SM, GW y GM, cuyas características granulométricas globales se recogen en la figura 22; presentan contenidos en cernido por tamiz 200 entre el 5 y el 22 por ciento. La mayoría de las ocasiones y eventualmente pueden alcanzar valores del 42 por ciento. Los finos no son plásticos, el contenido en materia orgánica de los niveles superficiales suele ser inferior al 1 por ciento y su humedad se sitúa entre el 10 y el 18 por ciento.

La potencia de estos depósitos granulares está comprendida entre 10 y 12 m y su distribución puede considerarse relativamente uniforme, salvo en áreas de contacto de las Zonas II₃⁴ y II₃¹, con los depósitos de Albufera (Zona II₃³), donde la indentación entre sus respectivos materiales le confiere un carácter marcadamente errático.

Bajo las arenas y gravas de estas Zonas se encuentran los depósitos pleistocénicos que constituyen los mantos de arroyada y depósitos deltaicos, formados por niveles de arcillas, arenas y gravas mezclados en proporciones variables, cuyas características litológicas se estudiaron en los apartados correspondientes a las Zonas II₃¹ y II₃².

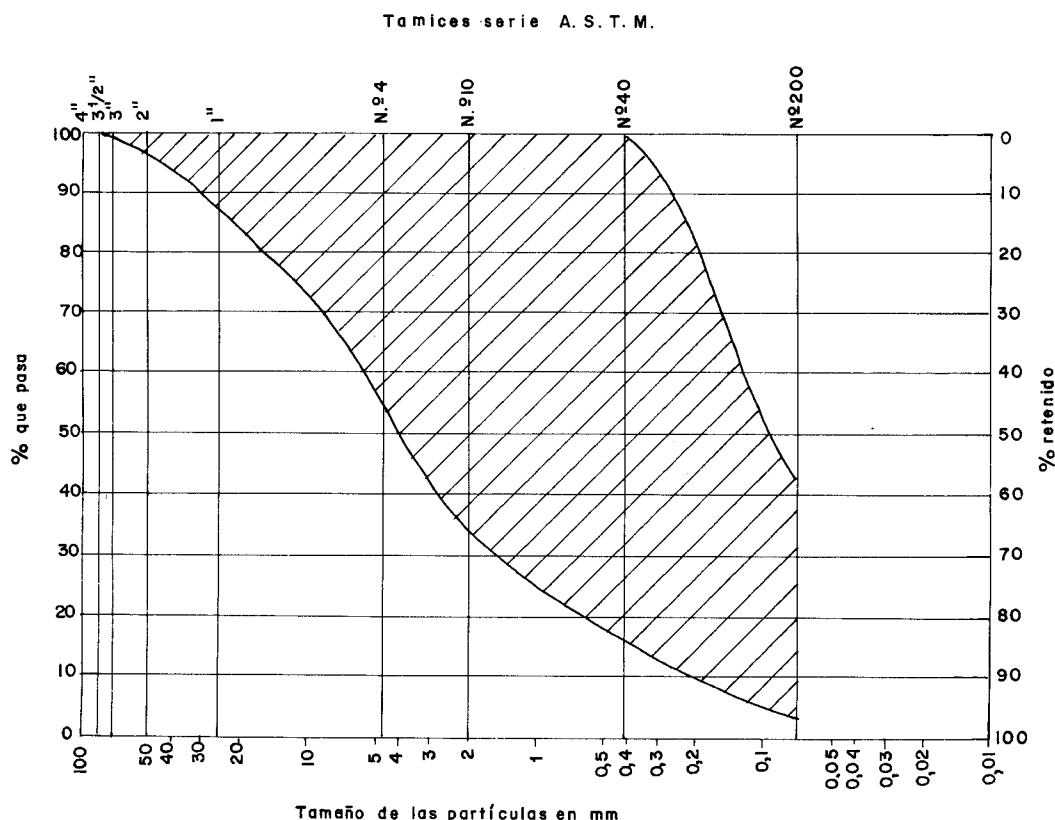


FIG. 22. GRANULOMETRIA DE LOS MATERIALES DE LAS ZONAS II₃⁴, II₃¹ y II₃²

CARACTERISTICAS GEOMORFOLOGICAS

Se trata de zonas con pendiente muy suave o prácticamente planas. Puede tomarse $P < 3$ por ciento. Las dunas muestran algunos resaltes como consecuencia de acumulación de arenas y están parcialmente fijadas por la vegetación.

CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS

a) Hidrología superficial

Los materiales de estas Zonas poseen permeabilidad alta, y el drenaje, aceptable, se realizará sólo por infiltración prácticamente. El coeficiente de escorrentía puede tomarse, según Instrucción de Carreteras, $C = 0,35-0,50$.

b) Hidrología subterránea

Dada su cercanía al mar y la posición del nivel freático general de la zona, éste afectará a las excavaciones en la mayoría de los casos, ya que, por lo general, se sitúa a menos de 2 m de profundidad.

RIESGOS GEOLOGICOS NATURALES

Se relacionan fundamentalmente con las erosionabilidad de las arenas de las dunas y de las playas. Aunque no es un riesgo natural, es importante considerar la acción antrópica capaz de modificar la dinámica natural por introducción de obras marítimas y alterar el perfil de las playas. En la figura 23, elaborada a partir del "Plan de Usos Indicativos del Dominio

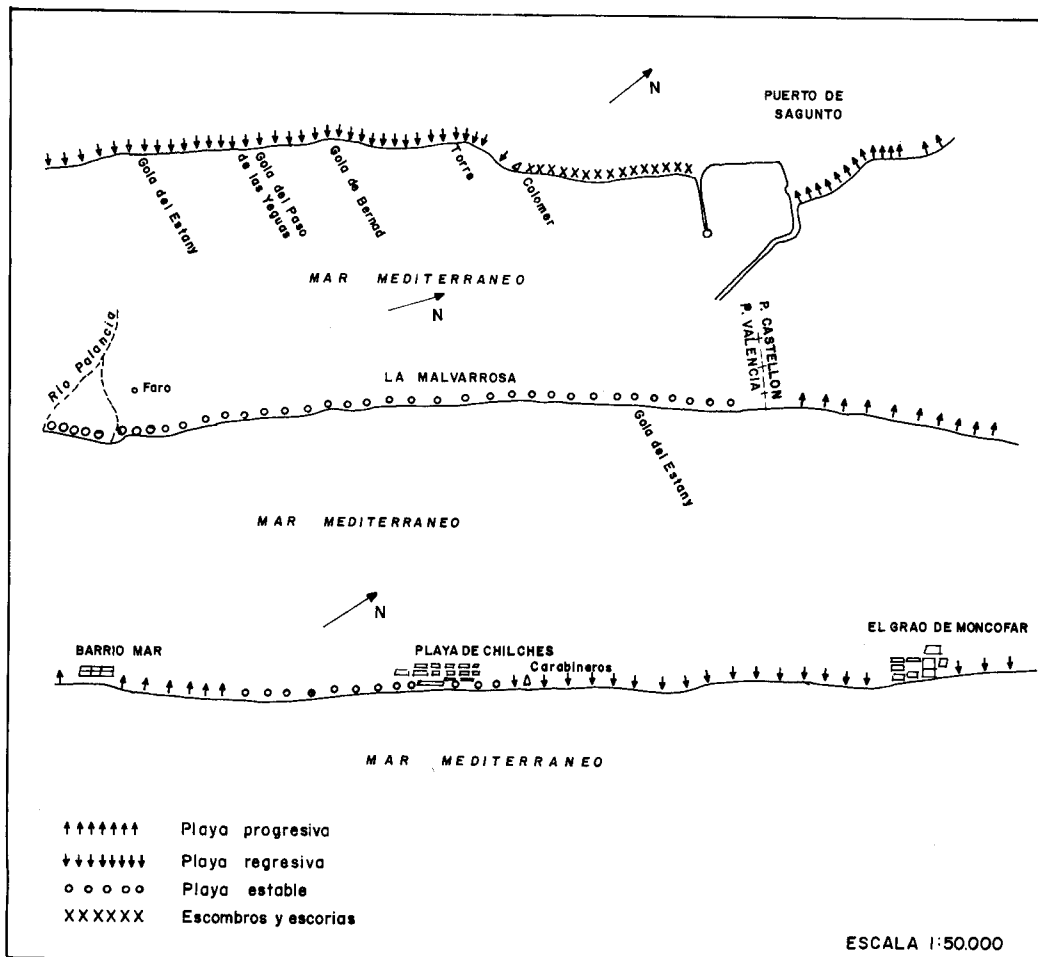


FIG. 23 EVOLUCION DE LAS PLAYAS EN LA ZONA ESTUDIADA

Público Litoral. Provincias de Valencia y Castellón”, realizado por el M.O.P.U., se da el carácter evolutivo de las playas de la zona estudiada.

CARACTERISTICAS GEOMECANICAS

Respecto a parámetros relacionados con la resistencia medidos in situ, el ensayo de penetración estándar, SPT, de valores de N cuya variación con la profundidad puede verse en la figura 24. Puede apreciarse un agrupamiento de valores para los depósitos holocénicos (dunas, playas y cordón litoral) en el intervalo N = 10-40, que califica a esos materiales de compacidad medianamente densa a densa (Norma NTE-CEG). Los valores más altos corresponden a arenas con mayor abundancia de gravas y a gravas. Por debajo de los 10-12 m de profundidad se encuentran materiales pleistocénicos, con valores de N generalmente entre 25 y 50.

En el aspecto de compresibilidad hay que señalar la presencia en ocasiones de algún nivel con materia orgánica, cuyo espesor puede alcanzar unos 80 cm y puede ser fuente de asentamientos no previstos.

Respecto a parámetros relacionados con obras de tierra, se han realizado los pocillos A-2 y A-4. En el primero el material ensayado está constituido por arcillas limosas de color marrón-rojizo, que se encuentran en los 1,30 m superficiales sobre las arenas, y en el segundo se han ensayado arenas finas con algunas gravillas aplanadas, algo limosas (SM). Del primero se carece del ensayo CBR, y los resultados han sido éstos:

Pocillo	Densidad máxima	Humedad óptima	CBR 100% proctor N	Materia orgánica (%)	% pasa por tamiz 200	Límite líquido
A-2	1,66	20	—	0,05	85	32,4
A-4	1,64	14	31	0,15	6	—

Vemos que los suelos arcillosos que pueden cubrir las arenas, en particular en la zona de contacto con los depósitos de albufera, son suelos tolerables. Las arenas de dunas (pocillo

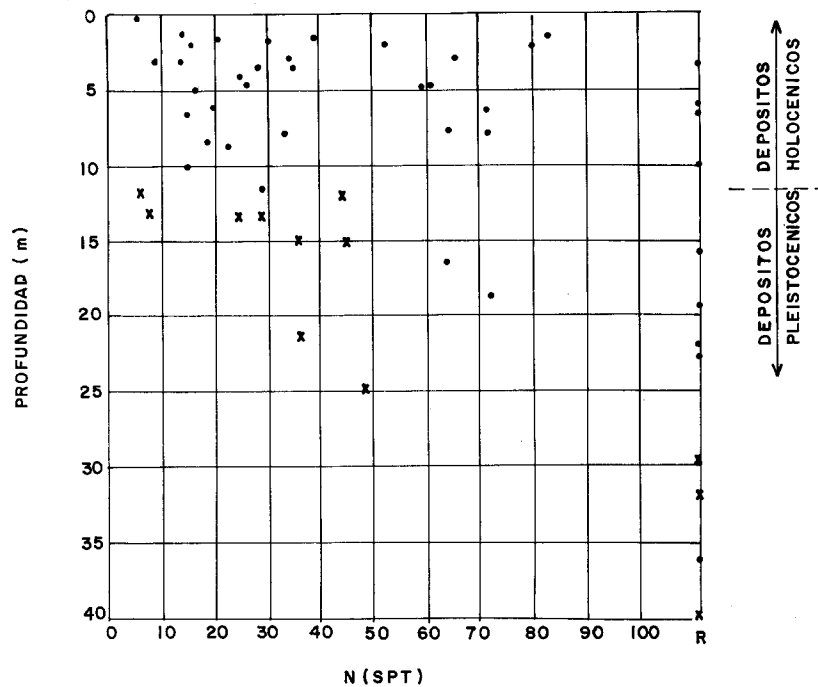


FIG. 24 VARIACION DE N (SPT) CON LA PROFUNDIDAD EN LAS ZONAS II₂⁴, II₃¹ y II₃²

- o Arenas y gravas
- x Arcillas y limos

A-4) constituyen suelos tolerables debido a su baja densidad máxima en el ensayo Proctor Normal. Las gravas del cordón litoral con una eliminación de tamaños gruesos pueden constituir suelos adecuados y seleccionados.

CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS

Condiciones de cimentación

En estas Zonas se recomienda la cimentación por debajo del nivel freático, que puede sufrir oscilaciones estacionales. Se tiene, para zapata cuadrada de $1,50 \times 1,50$ m de acuerdo con la Metodología, las siguientes presiones admisibles:

- A 1,50 m de profundidad, $\sigma_{ad} = 0,8 - 2,4$ kg/cm²
- A 3 m de profundidad, $\sigma_{ad} = 1,45 - 2$ kg/cm²
- A 8 m de profundidad, $\sigma_{ad} = 1,1 - 3$ kg/cm²

En general, el tipo de cimentación más probable es la superficial, que, en ocasiones, deberá efectuarse a profundidad de 2-3 m en busca de una mayor compacidad de las arenas. Deberá prestarse atención a la posible presencia de niveles compresibles, con materia orgánica que localmente puede exigir cimentación mediante pilotes.

El mayor problema que ofrecen estas Zonas es la situación de los cimientos bajo el nivel freático, pues deberá procederse a agotamientos importantes, aparecerán problemas de inestabilidad y pueden producirse sifonamientos en áreas casi exentas de finos. Deberán preverse subpresiones sobre zapatas o losas y problemas de agresividad.

Restricciones geológicas a la construcción

Las playas (Zona II₃) se han calificado con el mayor nivel de restricciones en virtud de la acción de la dinámica litoral sobre ellas. Las dunas (Zona II₂) y el cordón litoral (Zona II₁), se han representado en verde, es decir, con condiciones constructivas aceptables, limitadas solamente por la presencia del nivel freático a escasa profundidad y sus consiguientes problemas.

Condiciones para obras de tierra

Excavabilidad

Se trata de materiales blandos.

Estabilidad de taludes

No existen taludes naturales del tipo indicado en la Metodología. Solamente se observan pequeños alomamientos de 1-2 m de altura y talud entre 25 y 30° de inclinación. Los taludes artificiales sobre el nivel freático pueden admitir estas inclinaciones, que podrán aumentar en función del contenido en finos limosos o arcillosos. Por debajo del nivel freático serán inestables como consecuencia de la degradación progresiva de su pie.

Empujes sobre contenciones

Por encima del nivel freático serán de tipo Medio, y por debajo de él, Alto.

Aptitud para préstamos

Los materiales de estas Zonas pueden considerarse Marginales y Aptos, en particular estos últimos, los pertenecientes al cordón litoral (Zona II₁).

Aptitud para explanada de carreteras

Se consideran Marginales a Aptos, debiendo compactarse adecuadamente.

Obras subterráneas

Se trata de terrenos muy difíciles en función de su baja cohesión y presencia de aguas freáticas. Los túneles a menos de 10-12 m de profundidad serán los que afecten a los tipos de materiales aquí considerados y su construcción será mejor realizarla en falso túnel;

excavación de la trinchera (que, por otra parte, comportará los problemas anteriormente mencionados) y relleno posterior.

Los túneles a más de 12 m afectarán a los depósitos pleistocénicos, que, como se recordará, se consideraban difíciles en este sentido.

3.3.9. ZONA II₄

Incluye los depósitos antrópicos constituidos por escorias de horno alto y se localizan en las inmediaciones de la IV Planta Siderúrgica. Se trata de acumulaciones de dichas escorias, con tamaños superiores a 1 cm, oquerosas, de tonos marrón negruzcos, mezcladas con arenas silíceas muy finas. En conjunto pueden considerarse materiales permeables. En principio, no deben ser asiento de cimentaciones y en el Mapa de Características Geomecánicas y Condiciones Constructivas se han representado en rojo y en verde, en función de la naturaleza de los depósitos subyacentes.

4. INVESTIGACIONES GEOTECNICAS SUPLEMENTARIAS PARA OBRAS PUNTUALES

En Mapas de Características Geomecánicas y Condiciones Constructivas se encuentra una columna en la que se indican los objetivos que deben tener las investigaciones puntuales y su intensidad.

Ya se ha dicho que los valores numéricos que se dan poseen un carácter esencialmente orientativo. Por tanto, su campo de aplicación fundamental es el de los anteproyectos; para proyectos servirán a los de escasa o normal entidad o para estructuras no permanentes. Los valores numéricos a aplicar, que no sean los mínimos dados, deben seleccionarse con criterios estadísticos. Sin embargo, la aplicación de estos criterios simplistas no puede suplir a la observación de las condiciones geotécnicas de una obra ni a la realización de una campaña de investigación geotécnica para obras de una mínima importancia. Lo que resultará de la aplicación de esos Mapas es, por una parte, el conocimiento previo de la variabilidad estratigráfica de cada Zona, que permite detectar las más débiles o problemáticas y, por otra, el conocimiento previo del conjunto de problemas de cada Zona. Asimismo, orienta respecto a parámetros que pueden hacer prever las condiciones de cimentación y obras de tierra. Para obras de una mínima importancia, en especial en Zonas problemáticas, será conveniente, por razones de seguridad y economía, realizar una **Investigación Geotécnica Suplementaria**.

Cada campaña recomendada se caracteriza por:

a) Número Superior, que indica los objetivos principales perseguidos.
Se tiene:

1. Se aplicará a Zonas rocosas, en particular para obras de cierta importancia. Sus objetivos son: determinación de potencias de recubrimiento, detección de discontinuidades importantes, niveles compresibles y posibles oquedades de disolución. El método de investigación puede ser el sondeo mecánico.
2. Se aplicará a Zonas con estratigrafía errática, con variaciones litológicas laterales y verticales. Su objeto es definir litológica y mecánicamente el área a que afectará la cimentación. De forma sistemática analizará la posible agresividad de los suelos o

de las aguas freáticas si se interceptan. El método preferente de investigación será el sondeo mecánico.

3. Se aplicará a Zonas que, en principio, no admiten cimentación superficial y su objetivo, además de definir mecánicamente los materiales en profundidad, será la detección de niveles resistentes que sirvan de apoyo a los pilotes. Se estudiará la agresividad de las aguas freáticas y el método de investigación preferente será el sondeo mecánico.
4. Se aplica a Zonas con estratigrafía relativamente homogénea y su objetivo es definir mecánicamente los materiales a que afectará la cimentación. Se deberá analizar la agresividad de las aguas freáticas. El método de investigación será el sondeo mecánico.

b) La letra inferior designa la intensidad de la campaña. A título orientativo, para cimentaciones pueden utilizarse en una primera aproximación los siguientes valores del número de puntos n a reconocer:

- A (Alta): uno cada 50-200 m²
- M (Media): uno cada 100-400 m²
- B (Baja): uno cada 200-800 m²

La densidad máxima se tomará para edificaciones pesadas y, en todo caso, n no será superior a 2.

Para las distintas Zonas Geotécnicas se tienen las siguientes campañas:

ZONA GEOTECNICA	CAMPAÑA DE INVESTIGACION GEOTECNICA SUPLEMENTARIA
I ₁	IG _M ¹
II ₁	IG _{M-A} ²
II ₂	IG _A ²
II ₃	IG _{M-A} ⁴
II ₄	IG _A ²
III ₁	IG _A ²
III ₂	IG _A ^{2,3}
III ₃	IG _A ³
III ₄	IG _{A-M} ⁴
III ₅	IG _{A-M} ⁴
III ₆	IG _{A-M} ⁴
III ₇	IG _A ^{2,3}

5. DEFINICION DE LOS PRINCIPALES TERMINOS GEOTECNICOS EMPLEADOS

Agotamiento: procedimiento para extraer el agua del terreno, previa, simultánea o posteriormente a la excavación de éste.

Agresividad: propiedad de las aguas subterráneas o del terreno de atacar al hormigón y/o al acero, produciendo la degradación progresiva de éstos.

Arcilla: agregado de partículas microscópicas y submicroscópicas compuesto principalmente por caolinita, illita, montmorillonita u otros minerales arcillosos, que presenta plasticidad húmedo y es duro cuando está seco, debido a la cohesión. En el gráfico de plasticidad se sitúan sobre la línea A.

Arena: agregado de partículas generalmente compuestas por cuarzo o con débil cohesión, en el que pasa por el tamiz 200 ASTM menos del 50 por ciento y del peso retenido, más del 50 por ciento del tamiz nº 4 ASTM.

Asentamiento: descenso de una estructura provocado por la compresión y deformación del suelo situado debajo de la misma. Por su magnitud se suele expresar en centímetros.

Cimentación flotante o compensada: es una cimentación para edificios en la cual el peso del edificio es aproximadamente igual al peso total (incluyendo el agua) del suelo removilizado de la excavación.

Cimentación profunda: aquella cuya carga es aplicada al suelo por presión sobre la base y frotamiento en el fuste, siendo su forma esbelta.

Cimentación superficial: aquella cuya carga es aplicada al suelo por presión sobre la base casi sin intervención de los frotamientos laterales, no esbelta.

Ensayo de compresión simple: el que consiste en romper una muestra de suelo en una prensa sin confinamiento horizontal alguno, para medir su resistencia.

Ensayo de corte directo: aquel en que la muestra es sometida a corte según un plano horizontal para medir su resistencia.

Ensayo edométrico: aquel que permite establecer la deformación vertical en función de las presiones verticales sucesivamente aplicadas en condiciones de total confinamiento horizontal de la muestra.

Errática: zona caracterizada por su falta de homogeneidad tanto en planta como en profundidad, constituida por una disposición compleja de niveles de naturaleza y características distintas.

Explanada: superficie adecuadamente preparada sobre la que se coloca el firme de las carreteras.

Falla: ruptura de una porción de la corteza terrestre en dos bloques dislocados por movimientos diferenciales.

Fango: suelo, a menudo con un cierto contenido de materia orgánica, caracterizado por estar bajo el nivel freático y presentar baja densidad, alto contenido de humedad y baja resistencia.

Fino: suelo en el que más del 50 por ciento en peso pasa por el tamiz 200 ASTM (74 micras). Puede ser limoso o arcilloso.

Formación: serie de depósitos cuyas facies son características del medio en que se depositan (marinas, continentales, etc.).

Geomorfología: rama de la Geografía que estudia las formas superficiales de la Tierra, clasificándolas, estudiando su génesis y evolución.

Granular: suelo compuesto de arenas o gravas predominantemente.

Grava: suelo que quedando retenido más de un 50 por ciento en el tamiz 200 ASTM, tiene más de un 50 por ciento de dicha fracción superior al tamiz nº 4.

Levantamiento del fondo de una excavación: es el fenómeno de levantamiento del fondo que se produce en suelos blandos como consecuencia de la rotura de corte de éstos.

Limo: suelo intermedio entre la arena y la arcilla, con más del 50 por ciento de paso por el tamiz 200 ASTM (74 micras), que queda bajo la línea A en el gráfico de plasticidad.

Litológico: que trata de los diversos tipos de suelo y roca.

Losa de cimentación: losa que se dispone bajo la estructura como elemento de transmisión de las cargas al suelo cuando éste no puede soportar zapatas o el área ocupada por éstas es mayor del 50 por ciento de la planta de edificio o estructura.

Nivel freático: cota superior alcanzada por el agua en los intersticios del terreno, que se halla a presión atmosférica en los acuíferos libres o a mayor presión en los confinados.

Pilote: cimentación esbelta, cuya forma puede ser aproximada a la de una columna, que hincada o moldeada en el propio terreno, transmite las cargas a éste por la punta o por el fuste o ambos. A los pilotes por fuste se les suele designar como pilotes flotantes.

Plasticidad: propiedad de los suelos arcillosos de modelarse en pequeños cilindros.

Presión admisible: es aquella presión vertical y uniforme tal que es menor o igual de la tercera parte de aquella que ocuparía el suelo y no produce un asentamiento mayor del tolerable por la estructura sin formación de grietas, rupturas estructurales o problemas de servicio (conducciones, etc.).

Rozamiento negativo: acción que ejercen hacia abajo sobre pilotes los suelos blandos al consolidarse bajo el efecto de su propio peso o del de sobrecargas colocadas encima.

Sifonamiento: designa dos fenómenos: la producción de un túnel por arrastre de las partículas por el agua, que es ensanchado progresivamente por la corriente subterránea (erosión interna retrógrada), y el levantamiento súbito del fondo de una excavación o de la superficie del suelo aguas abajo de un dique por la acción de una corriente de agua ascendente causado por los agotamientos, excavaciones o por el drenaje subterráneo (diques).

SPT (Standard Penetration Test): ensayo in situ de penetración dinámica con recogida de muestra por cuchara de 2 pulgadas de diámetros, que consiste en contar el número de golpes que es necesario dar con un peso de 65 kg desde una altura de 75 cm para hincarla 30 cm. Habitualmente se cuentan 3 series de 15 cm, despreciándose la primera y sumándose la segunda y tercera.

Subpresión: presión ejercida hacia arriba contra una cimentación por el agua subterránea que llena los intersticios de suelo o roca cuando está en carga.

Tectónica: parte de la Geología que trata de los procesos que producen la deformación y ruptura de los materiales terrestres.

Zapata: tipo de cimentación superficial que reparte la carga transmitida por la superestructura al suelo gracias a su mayor área y que puede situarse bajo uno o varios pilares (aislada y combinada o corrida, respectivamente). Suele tener forma rectangular o cuadrada.

6. BIBLIOGRAFIA UTILIZADA

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

- Mapa Geológico de España a E 1:50.000. Hojas 668 (Sagunto), 669 (Moncófar) y 696 (Burjašot).
- Mapa Geológico de España a E 1:200.000. Hoja 56 (Valencia).
- Mapa de Rocas Industriales a E 1:200.000. Hoja 56 (Valencia).
- Mapa Geotécnico Geñeral a E 1:200.000. Hoja 56 (Valencia).
- Mapas Geotécnicos para Ordenación Territorial y Urbana a E 1:25.000, de Huelva, Granada, Palma de Mallorca, Alcoy y Valladolid.
- Colección Informe. Problemática de las aguas subterráneas en la provincia de Castellón de la Plana. 1981.
- Mapa Hidrogeológico de España a E 1:50.000. Hoja 668 (Sagunto).
- Estudio hidrogeológico para abastecimiento de agua a la ciudad de Sagunto. 1976.
- Estudio para la Gestión Integral de los Recursos Hidráulicos de la Plana de Castellón y plan de acción para el control de la intrusión salina. 1982.
- Estudio Geotécnico para la Ordenación del Territorio en Llanuras Costeras.

. Geología Ambiental y Ordenación del Territorio. Comunicaciones de las Reuniones Nacionales de Santander (mayo 1980) y Lérida (junio 1983).

. JIMENEZ SALAS. Geotecnia y Cimientos.

. M.O.P.U. Plan Indicativo de Usos del Dominio Público Litoral. Provincias de Castellón y Valencia.

. NORMATIVA

- Datos Climáticos para Carreteras. D. G. de Carreteras. MOPU, 1964.
- Instrucción de Carreteras: Drenaje, Firmes Flexibles, Firmes Rígidos. D. G. de Carreteras, MOPU.

- Norma Sismorresistente PDS-1 (1974). Presidencia del Gobierno.
- Normas Tecnológicas de Edificación (Ministerio de la Vivienda).
 - . Norma Básica de Edificación. Condiciones Térmicas en los Edificios (NBE-CT-79).
 - . Cimentaciones. Estudios Geotécnicos (NTE-CEG).
 - . Acondicionamiento de Terrenos. Desmontes. Vaciados (NTE-ADU).
 - . Acondicionamiento del terreno. Desmontes. Explanaciones (NTE-ADE).
 - . Estructuras. Cargas gravitatorias (NTE-ECG).
 - . Acondicionamiento del terreno. Drenajes. Avenamientos (NTE-ADV).
 - . Estructuras. Cargas de viento (NTE-ECV).
 - . Cimentaciones. Contenciones. Taludes (NTE-CCT).
- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes. PG-3. D. G. de Carreteras. MOPU, 1975.
- . TERZAGHI-PECK. Mecánica de Suelos en la Ingeniería Práctica.
- . UNESCO. Engineering Geological Maps. A Guide to their preparation. 1976.
- . MUNUERA, J. M. El Mapa de Zonas Sísmicas Generalizadas de la Península Ibérica. Instituto Geográfico y Catastral. Madrid, 1969.
- . Mapa Militar de España a E 1:50.000. Hojas topográficas nº 668 (Sagunto), 669 (Moncófar) y 696 (Burjasot).
- . INFORMES GEOTECNICOS VARIOS, cedidos por Altos Hornos del Mediterráneo, S. A.; S.E.G., S. A., y PRODEIN, S. A., en particular:
 - Estudio Geotécnico de los Terrenos de Cimentación de la IV Planta Siderúrgica Integral en Sagunto. 1973 (A.H.M.).
 - Reconocimiento Geotécnico Preliminar. II Fase IV. Planta Siderúrgica Integral. Sagunto. 1975 (A.H.M.).
 - Reconocimiento Geotécnico Fase II A. Diversos informes (A.H.M.).
- . L'HERMINIER. Mecánica del Suelo y Dimensionamiento de Firmes. 1968.

Se agradece la colaboración prestada por los Organismos de la Administración Central, Autónoma y Local para la realización de este estudio.

Asimismo, se agradece a las empresas privadas que han suministrado datos para la realización del estudio, en particular a Altos Hornos del Mediterráneo, S. A.; SEG, S. A., y PRODTEIN, S. A., por su aportación, y a los particulares en general por las facilidades dadas para la ubicación de las obras de reconocimiento en sus propiedades.