

INFORME GEOTECNICO DE LA ISLA DE MENORCA

	Página
3. SÍNTESIS GEOTECNICA	31
3.1. Zonación geotécnica	31
3.1.1. Criterios de división	31
3.1.2. División en áreas y zonas geotécnicas	31
3.2. Estudio de las zonas geotécnicas	35
3.2.1. Metodología	35
3.2.2. Area I	44
3.2.2.1. Zona I <sub>1</sub>	44
3.2.2.2. Zonas I <sub>2</sub> y I <sup>1</sup> <sub>2</sub>	50
3.2.2.3. Zona I <sub>3</sub>	54
3.2.3. Area II	59
3.2.3.1. Zona II <sub>1</sub>	59
3.2.3.2. Zona II <sub>2</sub>	64
3.2.3.3. Zona II <sub>3</sub>	68
3.2.3.4. Zonas II <sub>4</sub> y II <sub>5</sub>	72
3.2.4. Area III	77
3.2.4.1. Zona III <sub>1</sub>	77
3.2.4.2. Zonas III <sub>2</sub> y III <sub>3</sub>	80
3.2.5. Area IV	87
3.2.5.1. Zona IV <sub>1</sub>	87
3.2.5.2. Zona IV <sup>1</sup> <sub>2</sub>	92
3.2.5.3. Zona IV <sub>3</sub>	94

	<b>Página</b>
3.2.6. Investigaciones geotécnicas puntuales	96
<b>4. BIBLIOGRAFIA</b>	<b>100</b>

#### **MAPAS**

- Mapa de características geomorfológicas
- Mapa de características hidrogeológicas
- Mapa de características geotécnicas
- Mapa de características geomecánicas y condiciones constructivas
- Mapa de factores geológicos con incidencia constructiva

#### **ANEJOS**

- Registro de sondeos
- Ensayos de laboratorio
- Documentación fotográfica
- Resumen de trabajos geotécnicos de interés en la Isla

## 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 sobre costo que suponen los terrenos problemáticos sobre las construcciones e infraestructuras en ellos ubicadas es un sobre costo que paga la comunidad y que no se traduce en ningún servicio. Es una inversión inútil siempre que exista alguna posibilidad alternativa. Este sobre costo 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 en la Cartografía Geotécnica una valiosa guía que hará más útiles, seguros y económicos sus proyectos.

## 1.2. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

Dada la rápida expansión industrial y urbana de nuestro país, la planificación de la ejecución de los proyectos incluidos 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 los mapas geotécnicos a escala 1:200.000 que eran idóneos para técnicos y organismos encargados de la planificación de zonas extensas.

Una vez denominada 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 1:5.000 y 1:50.000, eligiéndose esta última por las condicionantes geográficas de la isla.

El presente estudio es una síntesis de datos geológicos, geomorfológicos, hidrogeológicos y geotécnicos de toda la Isla de Menorca, que sirva como base y soporte de un estudio más específico y desarrollado.

En el caso concreto de Menorca, se precisa un conocimiento de las características geotécnicas del terreno, en particular de su mitad sur donde se desarrollan los principales centros turísticos de la Isla, aunque en su mitad norte este hecho se está extendiendo con gran desarrollo.

Igualmente la escasa red de infraestructuras (vial, hidráulica y de otro tipo) hace que se deba tener un perfecto conocimiento geotécnico del subsuelo.

Todo esto contribuye a establecer un marco geológico orientativo y una zona geotécnica que simplifique las futuras prospecciones a realizar por particulares y ponga a su disposición esta síntesis de información.

### 1.3. ZONA ESTUDIADA

La base cartográfica del Instituto Geográfico Nacional, a escala 1:50.000, representa la Isla de Menorca en dos mapas, uno vertical (Mahón) y otro horizontal (Ciudadela), que la dividen por su parte central, cuya delimitación puede verse en la figura nº 1.

Por ello y con objeto de tener una mejor visión de toda la isla, se ha optado por representarla en una sola hoja de tamaño DIN. A-0, denominada Isla de Menorca.

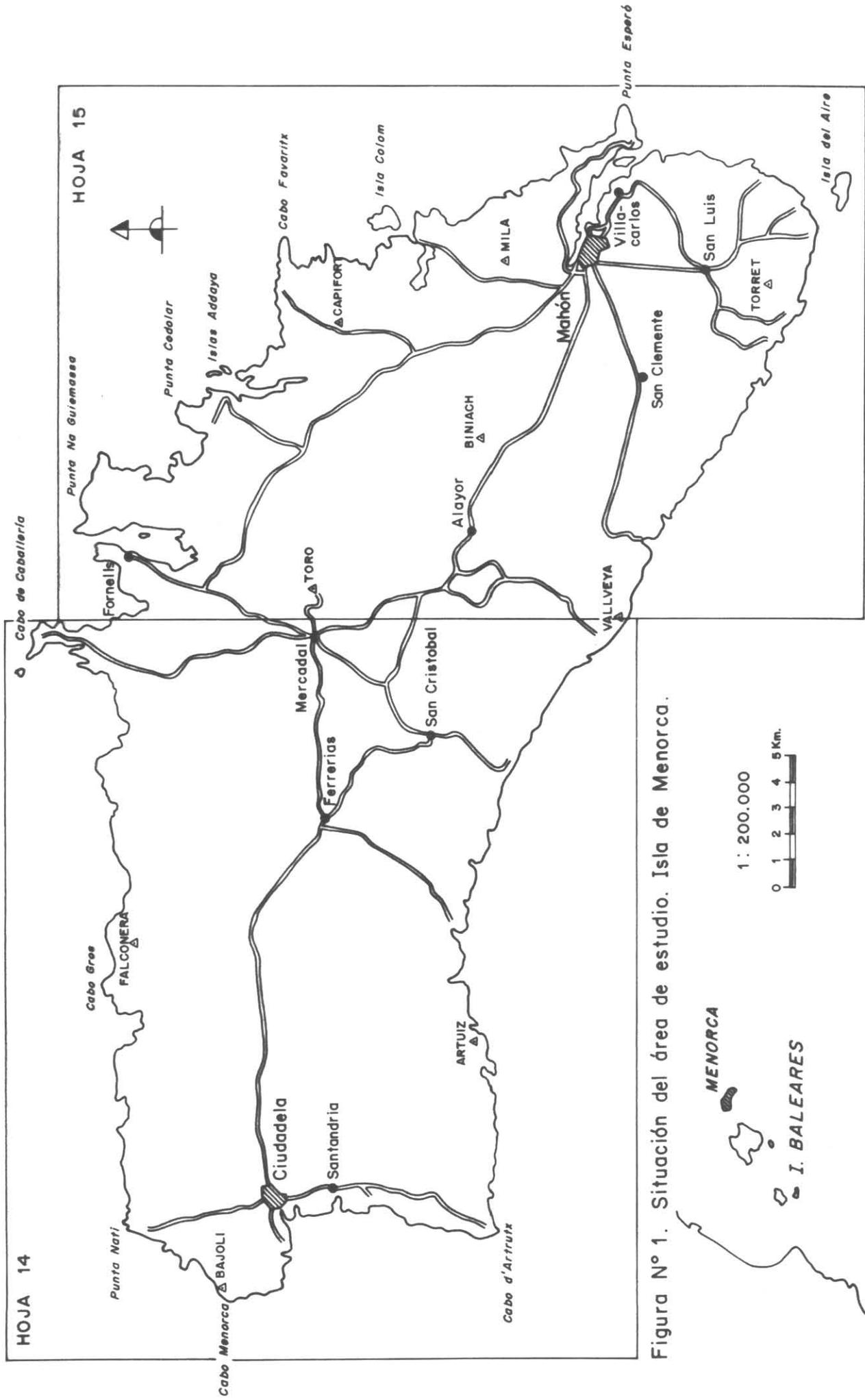


Figura N° 1. Situación del área de estudio. Isla de Menorca.

#### 1.4. METODO DE TRABAJO

Para la realización del estudio se han seguido los siguientes pasos:

A. Recopilación de información cartográfica, geológica, geotécnica e hidrogeológica.

Se han obtenido de Organismos públicos y empresas privadas, estudios referidos a la Isla.

B. Cartografía geológica - geotécnica.

Se efectuó una primera interpretación de zonación geotécnica, utilizando las Hojas del Mapa Geológico Nacional de la Isla de Menorca a escala 1:25.000.

C. Toma de datos.

El escaso número de muestras procedentes de sondeos obligó a la toma de datos de campo, con incidencia geotécnica, de cada una de las formaciones existentes.

Igualmente se tomaron muestras alteradas (20) para ensayos de identificación y deformación de los suelos más representativos en la Isla.

D. Ensayos de laboratorio.

Las muestras alteradas se han sometido a los siguientes ensayos:

- Granulometría por tamizado.
- Límites de Atterberg.
- Contenido en carbonatos.

- Contenido en sulfatos.
- Contenido en materia orgánica.
- Compresión simple.
- Ensayo edométrico.

E. Síntesis de resultados, confección de los distintos mapas y realización de la presente memoria.

Se han realizado mapas de características geomorfológicas, hidrogeológicas y geotécnicas siguiendo la metodología usada en los Mapas Geotécnicos a escala 1:200.000, y que sirve como base al Mapa de características geotécnicas y condiciones constructivas y al de factores geológicos con incidencia constructiva, donde se incluyen riesgos geológicos tales como: movimientos de laderas, procesos de dinámica litoral, desprendimientos, salinización del agua subterránea y posible riesgo sísmico.

## 2. FACTORES CON INCIDENCIA CONSTRUCTIVA

### 2.1. FACTORES FISICO - GEOGRAFICOS

#### 2.1.1. Climatología y meteorología

En los apartados que siguen se dan datos sobre pluviometría, temperaturas, insolación y vientos, que proceden del Centro de Datos del Servicio Meteorológico Nacional y se refieren al periodo comprendido entre 1.971 y 1.985, de las siguientes estaciones:

- Alayor.
- Mahón.
- Faro de Favaritz.
- Faro del puerto de Mahón.
- Lluçmeçanes.
- Aeropuerto de Mahón.
- Sant Lluís.
- Isla del Aire.
- Faro de Artrutx.
- Ciudadela.
- Bajolí.
- Faro del puerto de Ciudadela.
- Mercadal.
- Monte Toro.
- Faro de Cavallería.
- Sierra Albaida.

Los datos de temperaturas solamente se encuentran registrados en las estaciones de:

- Mahón.
- Aeropuerto.

- Sant Lluís.
- Mercadal.

Y por último el régimen de vientos se ha registrado en el Aeropuerto de Mahón para el periodo de 1.969 a 1.973.

En general el clima de la isla es mediterráneo, según se deduce de su régimen térmico y pluviométrico, cuyo carácter fundamental es la sequía veraniega.

#### - **Temperatura**

La temperatura media anual en el periodo considerado, está entre 13 y 20 grados centígrados. En el periodo entre 1.972 y 1.985 la temperatura más baja se registró el 9 de Enero de 1.983, con un valor de 2,2 grados centígrados bajo cero, y la mayor se produjo en 26 de Junio de 1.983, día en que los termómetros alcanzaron 41,3 grados centígrados.

En los observatorios de montaña, las heladas, apenas conocidas en el llano, pueden darse más de 20 ó 30 días al año.

La figura nº 2 muestra la evolución de las temperaturas medias y absolutas, para valores máximos y mínimos.

#### - **Precipitaciones e insolación**

Una característica de la Isla de Menorca es la sequía del verano, acentuada por el terreno calizo, y la cual proviene de la falta de lluvias altas térmicas, vientos e insolación; la mayor parte del área insular ve brillar el sol; recurso turístico número uno; en más de 2.442 horas/año.

En la figura nº 3 se muestra la evolución de las precipitaciones en el periodo de años (1.971-85).

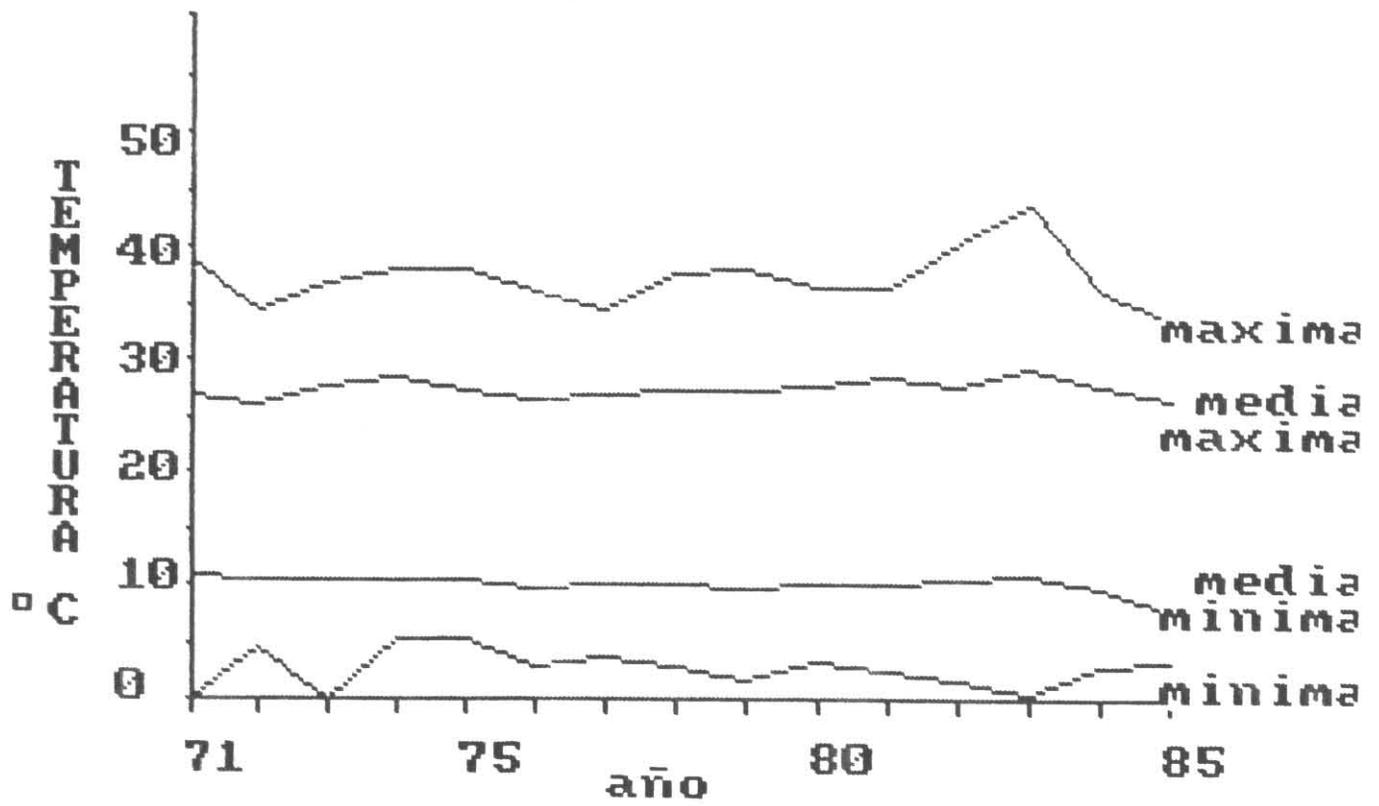


Figura nº 2 Evolución de las temperaturas.

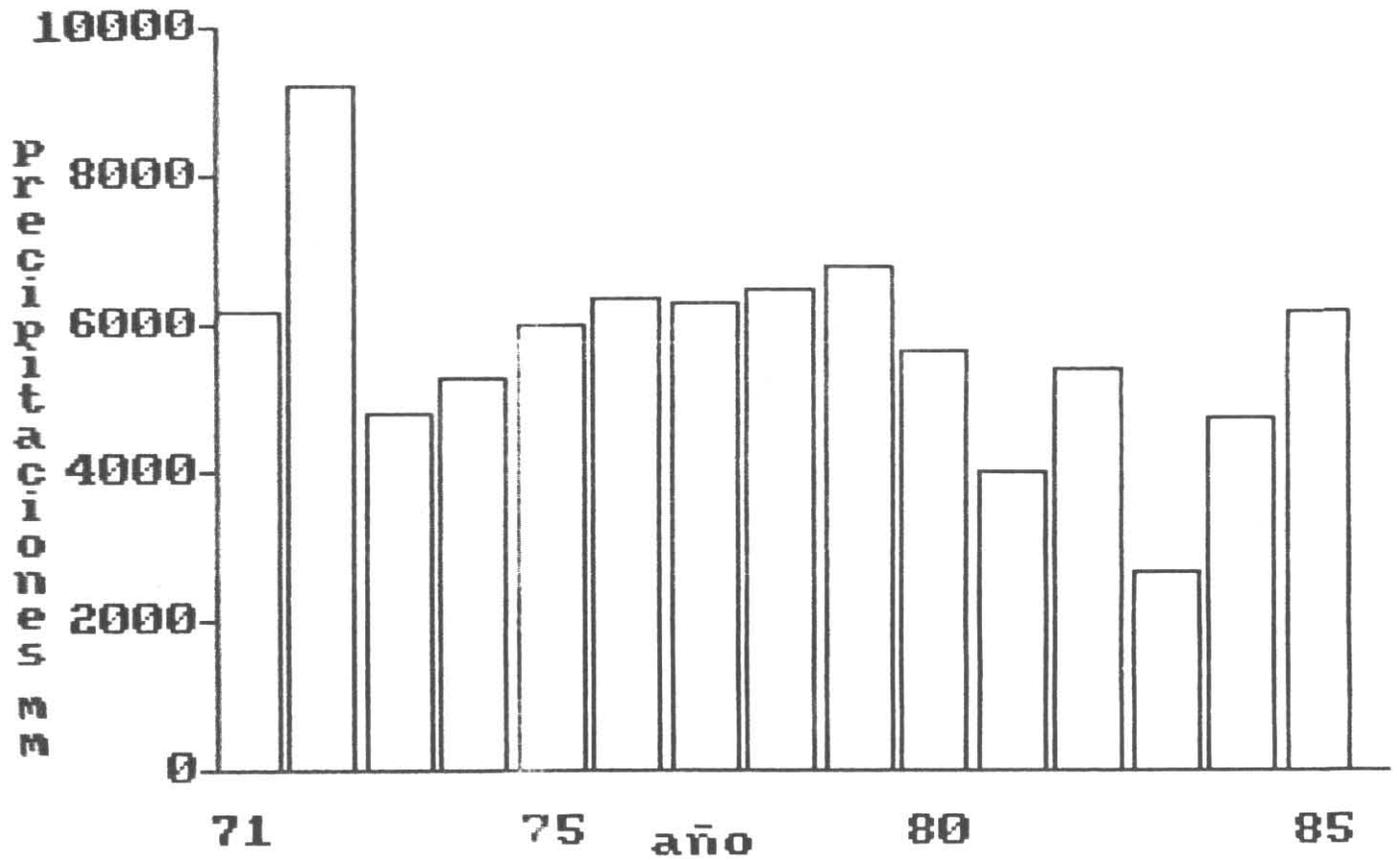


Figura nº 3 Evolución de las precipitaciones.

- **Vientos**

Las rutas ciclónicas preferentes son del oeste - noroeste o suroeste, siendo los vientos más lluviosos el "llevant" (E) o el "llebeig". El "mestral" (NO) es temido por sus invasiones duras y frías que proceden del portillo del Ródano, y que son "tramontana" para Menorca. Menorca sin defensa orográfica contra este viento, ve condicionados la vegetación, los cultivos y el hábitat a su frecuencia e intensidad.

El viento del sureste denominado "Xaloc", aparece cuatro o cinco días al año, aportando aire tropical seco del norte de Africa consiguiéndose rebajar la habitual elevada humedad del ambiente.

- **Incidencia climatológica en el proyecto y programación de obras**

Según la publicación del M.O.P.U. "Datos climáticos para carreteras" (1.984) 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:	0,959
Explanaciones:	0,906
Aridos:	0,962
Riegos y tratamiento:	0,674
Mezclas bituminosas:	0,821

La Norma Tecnológica NTE - ECV/1.973 del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo "Estructuras. Cargas de Viento", sitúa el área estudiada en la Zona Eólica Y. En ella, la carga total de viento a considerar sobre edificios oscila, para situación normal, entre  $q=66 \text{ kg/m}^2$  para alturas comprendidas entre 3 y 60 m. sobre el nivel del suelo, respectivamente; para situación expuesta:  $q$  varía entre 73 y  $135 \text{ kg/m}^2$  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 rectángulos, se considera una presión de barlovento  $p=2q/3$  y una succión a sotavento  $s=q/3$ . Para el cálculo de la carga sobre acristalamientos u otras superficies en que pueda haber 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 fijar las condiciones térmicas en los edificios y sus cerramientos y de predicción de condensaciones en los mismo, el artículo 13º de la Norma Básica de Edificación NBE - CT - 79. Condiciones Térmicas en los Edificios, establece dos zonaciones según las cuales, Menorca, se encuentra en la Zona B del Mapa de Zonificación por grados/día/año: 401 a 800 grados/día anuales y en la Zona W del Mapa de Zonificación por temperaturas mínimas medias de Enero: 5ºC.

Los edificios quedan definidos térmicamente por los conceptos:

- a. 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 al cerramiento, definida por sus coeficientes  $K$ .
- c. Comportamiento hidrotérmico de los cerramientos.
- d. Permeabilidad al aire de los cerramientos.

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

Tipo de energía para calefacción	Factor de forma f (m <sup>-1</sup> )	Valores máximo de Kg en Kcal/h m <sup>2</sup> ° C	Coefficiente a en Kcal/h m <sup>3</sup> ° C
Combustibles sólidos	≤0,25	1,61	0,23
Líquidos o gaseosos	≥1,00	0,92	0,23

---

Edificios sin calefacción con energía eléctrica directa	≤0,25	1,40	0,20
por efecto Joule	≥1,00	1,80	

---

Para los valores intermedios de f, KG se calcula con la fórmula  $KG = a(3 + 1/f)$ , donde f es el factor de forma del edificio y a el coeficiente dado en la tabla anterior. El coeficiente de transmisión 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 <sup>2</sup> ° C
Cerramientos exteriores	Cubiertas	1,20
	Fachadas ligeras (< 200 kg/m <sup>2</sup> )	1,03
	Fachadas pesadas (> 200 kg/m <sup>2</sup> )	1,55
	Forjados sobre espacio abierto	0,86
Cerramientos con locales no calefactados	Paredes	1,72
	Suelos o techos	---

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. Geomorfología

Próximo a la costa valenciana aparece el archipiélago Balear, entre los 38 y 40 grados de latitud. El grupo de islas alcanza una superficie de 5.014 Kms<sup>2</sup>, correspondiendo a Menorca 700, siendo la segunda en extensión en el archipiélago.

Sus coordenadas geográficas extremas son las siguientes: 39° 49' y 40° 21' al Este de Greenwich y 39° 42' y 40° 05' de latitud Norte, prácticamente se sitúa en el centro del Mediterráneo occidental.

Menorca ocupa un espacio de 48 por 22 Km., parte del cual se encuentra ocupado por una modesta sierra, cuyos montes más elevados son el Monte Toro (350 m.) y S'Enclusa (275 m.) que destacan sobre un relieve muy suave.

La forma de la Isla es alargada en planta, con una curvatura cóncava hacia el suroeste, los 700 Km<sup>2</sup> de superficie se dividen en dos regiones que separan la isla por la mitad:

- Región de la Tramontana (Mitad norte): 335 Km<sup>2</sup>.
- Región del Migjorn (Mitad sur): 365 Km<sup>2</sup>.

El desarrollo de la costa totaliza unos 220 Km.

El paisaje del Migjorn es de relieve tabular, de tonos claros, con numerosos barrancos que terminan en calas en el mar. Sus elevaciones topográficas oscilan entre los 50 y 100 m. sobre el nivel del mar, solamente en Ferrerías se alcanzan cotas de 150 m.

Como se mencionó anteriormente, en la región de Tramontana aparece una pequeña sierra de contornos suaves y redondeados, siendo el paisaje de tonos oscuros.

En esta zona se encuentra la cota máxima de la isla, el Monte Toro (350 m.).

La red hidrográfica es de escaso valor, solamente destacan los tajos de algunos barrancos que, con cabecera en la zona central de la isla e incluso en la comarca de la Tramontana, cruzan la región del Migjorn desembocando en la costa meridional.

En la zona costera destacan:

- **Acantilados y barrancos**

Acantilados formados por materiales diversos y de alturas variables, destacan: La Mola, Punta Galera, Cap Favaritx, Cap de Fornells, Cap de Cavallería, Punta Nati, Cap Bajolf y Cap d'Artuch.

Los principales barrancos, suelen terminar en calas, se encuentran en la costa sur, son los más importantes: Santa Galdana, Macarella, En Porter y Coves.

- **Playas y Albuferas**

La mayoría de las playas son acumulación de materiales en las salidas de los barrancos, antes mencionados.

Son destacables la Playa de Son Bou, Son Parc, Santa Galdana, Cala Tirant, Ses Salines de Fornells y Binigaus, aunque toda la isla está llena de pequeñas y recónditas calas.

Igualmente existen zonas inundadas sometidas a los procesos mareales, como son la Albufera, junto a El Grao, Cala Tirant y el área húmeda de Binimel-la.

Las realizaciones antrópicas se constituyen en las dos ciudades más importantes de la isla, Mahón y Ciudadela. Son complejos portuarios, tanto para actividades comerciales como deportivas, si bien instalaciones de este tipo están desarrolladas por toda la isla.

### 2.1.3. Hidrogeología

El contenido de este apartado se ha obtenido de los informes hidrogeológicos del Servicio Geológico de Obras Públicas, referidos a la Isla de Menorca, confeccionándose un mapa a escala 1:50.000 de características hidrogeológicas, donde se interpreta cualitativamente la permeabilidad, el drenaje y las unidades acuíferas.

En la Isla de Menorca existen las siguientes formaciones de interés acuífero:

1. Calcarenitas miocenas (Acuífero del Migjorn).
2. Dolomías jurásicas (Acuíferos Albaida y Algaiarens).
3. Calizas, margas y areniscas del Triásico (Subsistema Albaida).
4. Depósitos cuaternarios (Acuíferos Tirant y Binimel-la).

Las formaciones 3 y 4 son de interés local, si bien los depósitos cuaternarios relacionados con áreas húmedas tales como Cala Tirant y Binimel-la pueden presentar restricciones de tipo ecológico ya que una desordenada explotación de los recursos hídricos podrían provocar una alteración del ecosistema. En la figura nº 4 se muestra la distribución de los acuíferos de interés en la isla. Una descripción resumida de dichos acuíferos es como sigue:

#### 1. ACUÍFERO DEL MIGJORN

Es el de mayor extensión, ya que ocupa toda la mitad sur de la isla.

Tiene una superficie aflorante de 365 Km<sup>2</sup> y está formado por biocalcarenitas, calizas litorales y recifales.

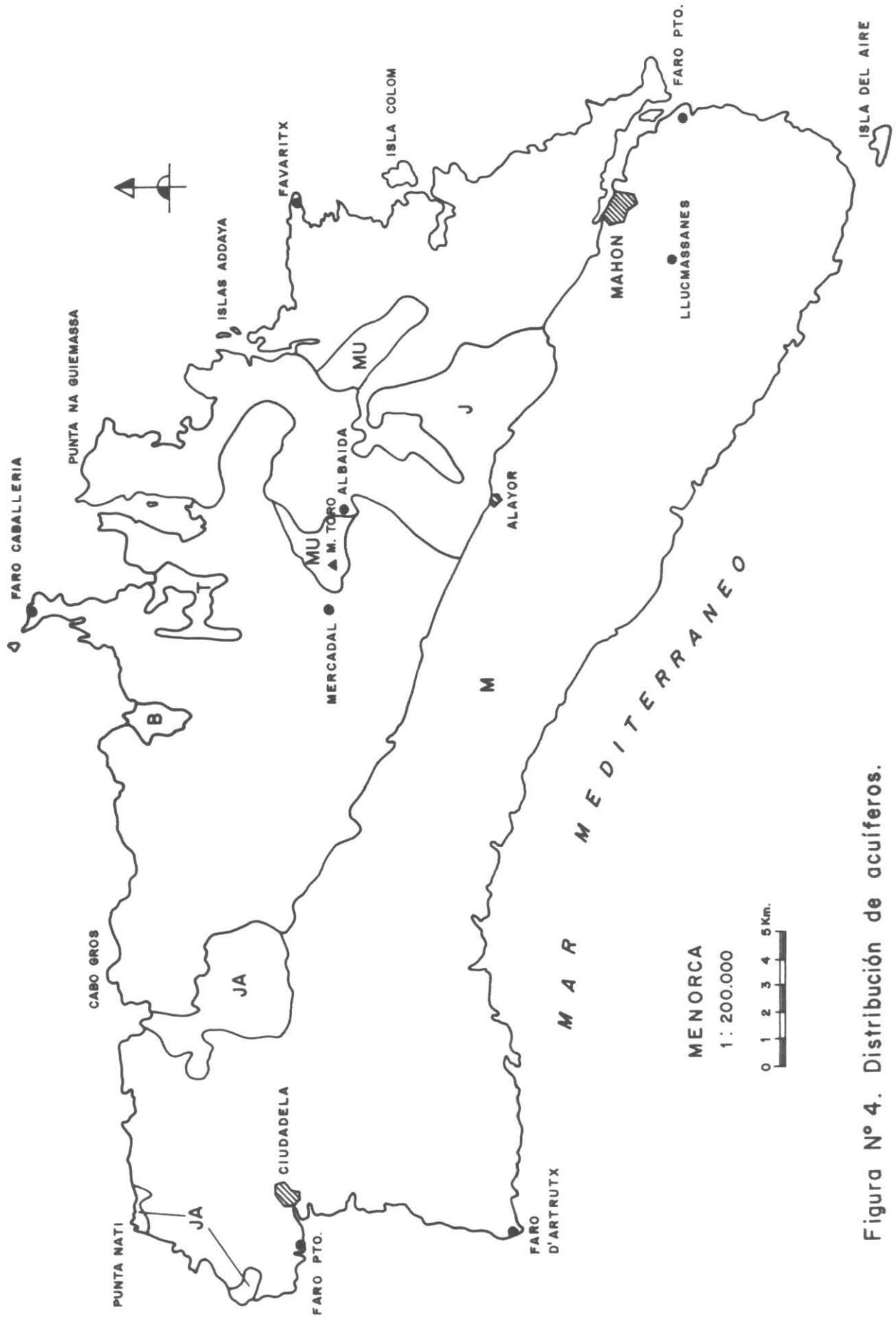


Figura Nº 4. Distribución de acuíferos.

En general se trata de una formación muy heterogénea lo que provoca una variación de las características hidrogeológicas.

Así en niveles calcáreos donde la matriz limosa es más abundante, la permeabilidad es baja, mientras que en áreas donde las calizas y biocalcarenitas no presentan esta matriz, la permeabilidad es muy elevada, pudiendo llegar a ser de 20 m/dfa.

El flujo subterráneo es hacia el mar, produciéndose el desagüe por toda la costa.

La circulación del agua, parece la típica, una superficial de escaso espesor y renovación rápida, y otra más profunda donde la circulación es más lenta. La interfase agua dulce - agua salada es complicada, mientras en el sector oriental y central la interfase no penetra tierra adentro, en el sector occidental (Ciudadela) dicha interfase penetra varios kilómetros tierra adentro.

Las aportaciones que recibe, en un año normal de precipitaciones son de 65 Hm<sup>3</sup>/año.

De los que corresponden 58 Hm<sup>3</sup>/año a lluvia útil y 7 Hm<sup>3</sup>/año los recibe del exterior o por flujo subterráneo del acuífero de Albaida.

Sus recursos utilizables se cifran en 30 Hm<sup>3</sup>/año.

## 2. ACUIFEROS DE LA UNIDAD DE ALBAIDA

Su estructura geológica algo compleja, da lugar a que este acuífero se defina, a grandes rasgos, como un sinclinatorio.

Su funcionamiento está definido como acuífero bicapa, donde calizas y dolomías jurásicas se separan a través de margas y yesos del Keuper de las calizas del Muschelkalk.

Resulta, por tanto, como una "cubeta" cuya capacidad de almacenamiento puede estimarse, en unos 15 millones de m<sup>3</sup>, no existiendo, prácticamente contacto con el mar.

Se pueden definir dos subunidades diferentes funcionalmente:

Subunidad de Arenal d'en Castell - Son Saura, de más 10 Km<sup>2</sup> de extensión.

Los recursos subterráneos, se reducen a la infiltración del agua de lluvia, la cual no supone más de 1 Hm<sup>3</sup>/año.

A esta limitación hídrica debe unirse el contacto con el mar, por lo que no es factible movilizar caudales de agua de buena calidad.

Subunidad de Albaida, desarrollada sobre unos 40 Km<sup>2</sup>, con probable continuidad bajo el mioceno. Sus entradas por infiltración se fijan entre 3 y 6 Hm<sup>3</sup>/año, mientras las salidas por extracciones y pérdidas subterráneas con el acuífero del Migjorn, se cifran en 5 Hm<sup>3</sup>/año. En general sus recursos totales medios pueden cifrarse en 3,5 millones de m<sup>3</sup> anuales.

### 3. ACUIFERO DE ALGAYARENS

Se trata de dolomías jurásicas, de extensión aflorante 10 Km<sup>2</sup> y de extensión total probable aproximadamente 120 Km<sup>2</sup>.

Sus recursos no son muy elevados, del orden de 2 Hm<sup>3</sup>/año, aunque estos pueden verse elevados si se comprueba su continuidad bajo el mioceno hacia el sur, ya que hacia el oeste parece comprobada al enlazar con los afloramientos de Punta Nati y Cap Bajoll.

### 4. ACUIFEROS DE TIRANT Y BINIMEL-LA

Son dos depósitos cuaternarios con desagüe al mar. El acuífero de Tirant posee una extensión de 2,5 Km<sup>2</sup>, mientras que el de Binimel-la 2 Km<sup>2</sup>.

Ambos están asociados a zonas húmedas encharcadas, configurando ecosistemas de gran interés. Son depósitos aluviales y eólicos (arenas, gravas, arcillas, turbas, etc.), el aprovechamiento de sus recursos, fijados entre 0,3 y 0,5 millones de m<sup>3</sup> anuales, debe realizarse de forma adecuada en defensa de dichos ecosistemas.

## 2.2. BOSQUEJO GEOLOGICO

Dado que el estudio geotécnico se orienta y 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, es conveniente esbozar, de forma más o menos conocida, el marco geológico del área estudiada.

Además este bosquejo geológico ayuda a comprender la División Zonal que más adelante se realizará.

Este bosquejo supone un resumen breve del contenido de las memorias del Mapa Geológico Nacional a escala 1:25.000 de la Isla de Menorca.

### 2.2.1. **Estratigrafía**

#### PALEOZOICO

- Devónico

Está formado en su totalidad por una serie turbidítica, en su gran mayoría siliciclástica.

En estas turbiditas, se ha podido encontrar representado todo el Devónico inferior, en base al contenido paleontológico.

- Carbonífero H<sub>1</sub> y H<sub>2</sub>

Es igualmente una serie de facies turbidíticas, todas las dataciones coinciden en considerarla como del Carbonífero inferior. Se distinguen dos unidades:

- . Inferior: compuesta por turbiditas siliciclásticas de grano grueso, intercalada en una serie pelítica. Abundan las capas de calizas,

radiolaritas, conglomerados y pizarras.

- Superior: está formada por turbiditas siliciclásticas de grano grueso y espesor grande. Esta serie se encuentra muy deformada tectónicamente.

#### - Pérmico P<sub>1</sub>

La serie pérmica se halla, por facies, ligada al Buntsandstein; por ello se la suele clasificar como permotriásica.

Está compuesta por sedimentos pelíticos rojos, donde se intercalan niveles de areniscas.

La serie se ha dividido en tres tramos:

- Inferior: conglomerado basal.
- Intermedio: pelitas.
- Superior: pelitas y areniscas.

### MESOZOICO

#### - Triásico TG<sub>1</sub>, TG<sub>2</sub> y TG<sub>3</sub>

Es de facies germánica, es decir un tramo de facies Buntsandstein rojo terrígeno, un Muschelkalk carbonatado y un Keuper evaporítico.

El Buntsandstein está compuesto por conglomerados cuarzosos, pelitas con nodulos de carbonatos y areniscas.

Las facies Muschelkalk se encuentran muy bien caracterizadas en el W de la isla. Está formado por dolomías, pelitas y calizas dolomíticas y micríticas.

El tramo de facies Keuper, no es muy bien visible debido a los continuos derrubios que lo recubren.

Son evaporitas en su parte inferior y margas en la superior, las cuales vienen ligadas al ciclo jurásico.

- Jurásico J<sub>1</sub>

Está constituido por dolomías masivas, dolomías con estromatolitos, calizas y calizas dolomíticas, margas azules y dolomías encriníticas.

En resumen esta disposición, configura la serie jurásica, cuyos afloramientos se encuentran muy carstificados y recubiertos por un espeso bosque.

- Cretácico C<sub>1</sub>

Solamente está presente entre Cala Pudent al E de la península de la Mola de Fornells y Es Codolar de Sa Llosa al E d'es Cap d'es Redobles. Son principalmente calizas y margocalizas.

## CENOZOICO

- Mioceno T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub>

Constituye la región sur de la isla, denominada Migjorn. En la región norte tan sólo existen materiales de esta edad, en Macar de Sa Llosa, Cala Pudent y los arrecifes del Cap de Cavallerfa, parcialmente fosilizados por dunas eólicas.

En el Mioceno hay que distinguir las siguientes unidades:

- Unidad conglomerática basal: constituida por enormes cantos de litología variable, dependiendo del área fuerte dónde procedan, englobados en un escasa matriz. Se asocia en conjunto a un sistema de abanicos aluviales mal desarrollados.
- Unidad intermedia de barras: es la unidad de mayor potencia y extensión en la isla. Se extiende de E a W desde Mahón a Ciudadela. Son calcarenitas blanco amarillentas, masivas, organizadas en barras.
- Unidad arrecifal: está formada por un sistema de arrecifes con corales y taludes calcareníticos.

## PLIOCUATERNARIO

Son los materiales que constituyen los depósitos de dunas fijas  $Q_D$ .

## CUATERNARIO

Entre los depósitos cuaternarios se han distinguido los siguientes tipos:

- Depósitos eluvio-coluviales  $Q_{E-C}$

Constituyen los coluviones que tapizan laderas de montañas y materiales que forman las actuales playas.

Están constituidos por arcillas, limos y arenas.

- Depósitos aluviales  $Q_A$

Rellenan los valles y fondo de los barrancos, principalmente en la mitad sur de la isla. Son una mezcla de arenas, gravillas, limos y arcillas.

- Depósitos de áreas encharcadas  $Q_M$

Están asociados a áreas húmedas, como Cala Tirant y Binimel-la. Son arcillas, limos y turbas.

- Depósitos asociados a fenómenos cársticos  $Q_K$

Rellenan pequeñas áreas deprimidas por fenómenos cársticos, en la región del Migjorn.

Están compuestos principalmente por arcillas y limos.

### 2.2.2. Tectónica

La tectónica de la Isla se aborda siempre desde el punto de vista regional debido a la existencia de accidentes que sobrepasan la superficie de la misma.

En la figura nº 5 se representa un bosquejo estructural de la isla.

La estructura tectónica hercínica más importante es el cabalgamiento del Devónico sobre el Carbonífero, dando lugar a una "eslumpización" de parte del alóctono sobre el autóctono carbonífero, esto provoca la formación de niveles olistostómicos intercalados en las turbiditas.

El frente del cabalgamiento posee una dirección N-S, modificado posteriormente por fracturas miocénicas.

La deformación anteriormente descrita se sitúa como Intraviseense, posteriormente durante el Namuriense se deforman las turbiditas del E de la Isla.

Esta deformación deja sentir sus efectos durante la sedimentación y es la cuasante de la distribución anómala de sedimentos y discordancias

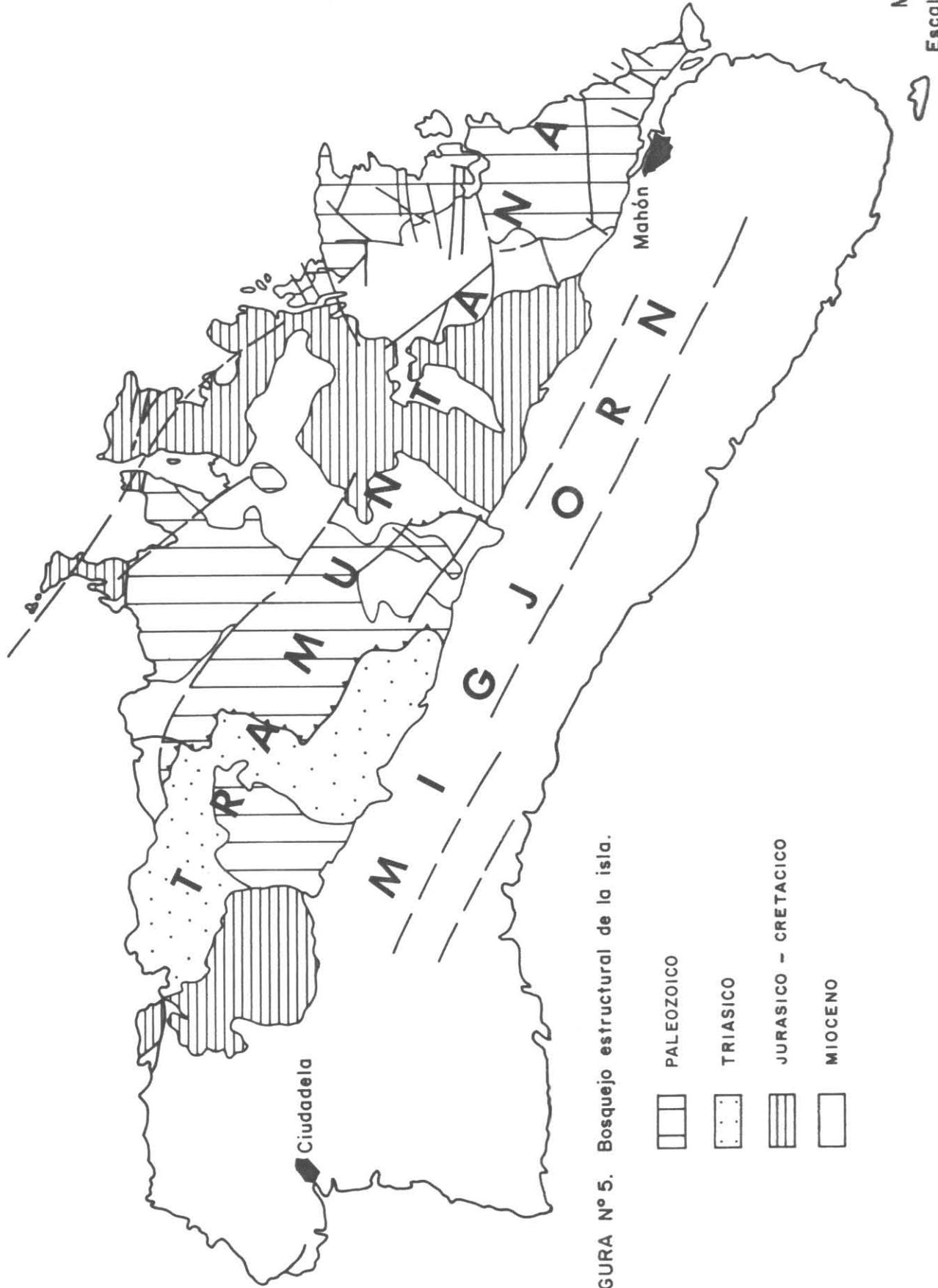


FIGURA Nº 5. Bosquejo estructural de la isla.

- 
PALEOZOICO
- 
TRIASICO
- 
JURASICO - CRETACICO
- 
MIOCENO

MENORCA  
Escala 1:200.000

intraformacionales.

La tectónica tardihercínica se manifiesta por la presencia de unos conglomerados cuarzosos de edad Permotriásica, que nos marca un cambio paleogeográfico del área fuerte. Se origina una reactivación de la red hidrográfica, dando lugar a la creación de un sistema de abanicos aluviales.

Una manifestación clara de la deformación Alpina en Menorca es la discordancia pre-Jurásica, visible en su parte oriental.

Los pliegues modelados sobre materiales pérmicos y triásicos de dirección NW-SE, se ven cortados discordantemente por la serie jurásica.

Otros accidentes importantes son los cabalgamientos del Paleozoico sobre Mesozoico, que son tres:

- En Punta Montgofre, el devónico inferior y carbonífero inferior cabalgan sobre triásico Jurásico.
- En Mercadal, turbiditas devónicas cabalgan sobre Pérmico o Triásico inferior.
- El más occidental se extiende de NW a SE, cerca de Els Alocs.

La edad de estos cabalgamientos puede pensarse que es post-Jurásica, no obstante desde el punto de vista regional, cabe la posibilidad de que esta deformación se haya producido en el Paleógeno, durante el Eoceno.

Por último hay que señalar la fase pre-miocénica ocurrida a finales del Oligoceno y/o comienzos del Eoceno y que es la causante de la actual configuración de la isla en Tramuntana (zona levantada) y Migjorn (Zona hundida), la línea que separa ambas regiones es de dirección WNW-ESE.

### 2.2.3. Historia geológica

Durante el paleozoico se produce un dominio de sedimentación turbidítica, desde la base del Devónico siendo el aporte fundamentalmente arenoso pelítico.

Posteriormente en el Carbonífero y debido a la modificación de las zonas emergidas, durante la tectónica hercínica, se produce una sedimentación, donde alternan los materiales pelíticos con las turbiditas de grano grueso, se depositan calizas y radiolaritas.

Durante el Namuriense se deforman las turbiditas del E de la isla, se produce una distribución anómala de sedimentos dando lugar a discordancias intraformacionales.

Entre el Carbonífero y Pérmico se produce una fase distensiva que provoca la creación de fosas, que posteriormente condicionan la sedimentación pérmica.

La tectónica tardihercínica, provoca una reactivación de la red hidrográfica creando un sistema de abanicos aluviales.

Después de un depósito de Trías germánico, se produce una sedimentación marina de edad jurásica, comenzando en depósitos de plataforma para posteriormente hacerse más profunda.

La tectónica Alpina deja su huella en los cabalgamientos del Paleozoico sobre el Mesozoico, por último se produce una fuerte actividad tectónica, a finales del Oligoceno y comienzos del Eoceno.

El Paleozoico emergido alimenta de materiales el resto de la cuenca, en este período Menorca es vecina de Mallorca.

Durante el Mioceno superior continua esta evolución, se produce una erosión importante y el mar empieza a invadir este ámbito que debía ser una gran plataforma poco profunda desarrollándose sistemas de dunas y arrecifes, a la vez que la parte sur de la isla sufre una subsidencia suave.

Esta subsidencia seguía una línea de antigua fractura que va de Mahón a Ciudadela, siendo la causante de la actual división de Menorca en dos regiones, el Migjorn y la Tramontana.

## 2.3. SISMOLOGIA

### 2.3.1. Zona de intensidad

La Norma Sismorresistente PDS - 1 (1.974), divide el territorio nacional en tres zonas referidas al grado de intensidad, según sea baja, media o alta.

La Isla de Menorca se engloba dentro de la Zona 1ª o Zona de intensidad baja, en la que G (grado de intensidad sísmica en la escala macrosísmica internacional M.S.K.) es menor de VI. El grado de intensidad correspondiente al casco urbano de Mahón, según la norma, corresponde a G=V.

El grado V se caracteriza por los siguientes aspectos o fenómenos:

- a. El sismo es percibido en el interior de los edificios por la mayoría de las personas y por muchas en el exterior. Muchas personas se despiertan y algunas huyen. Los animales se ponen nerviosos. Las construcciones se agitan con una vibración general. Los objetos colgados se balancean ampliamente. Los cuadros golpean sobre los muros o son lanzados fuera de su emplazamiento. En algunos casos los relojes de péndola se paran. Los objetos ligeros se desplazan o vuelcan.

Las puertas o ventanas abiertas baten con violencia. Se vierten en pequeña cantidad los líquidos contenidos en recipientes abiertos y llenos. La vibración se siente en la construcción como la producida por un objeto pesado arrastrándose.

- b. En las construcciones de tipo A son posibles ligeros daños (Clase 1).
- c. En ciertos casos se modifica el caudal de los manantiales.

Las construcciones de tipo A son las que presentan muros de mampostería en seco o con barro, de adobe o de tapial y los daños ligeros o de clase 1 consisten en fisuras en los revestimientos y caída de pequeños trozos de los mismos.

La probabilidad de ocurrencia de un sismo de grado V o Riesgo Sísmico R es 1 para un periodo de 50 años.

Respecto a prescripciones, la Norma no es obligatoria para las obras situadas en la Zona 1ª.

### 2.3.2. Factores de cimentación

El cálculo de los efectos de un sismo sobre una construcción, según la Norma Sismorresistente, se efectúa por el sistema equivalente y que consiste en estudiar por separado las componentes horizontal y vertical de la acción sísmica.

La componente horizontal  $F$  se calcula mediante la fórmula  $F=S \cdot Q$  donde:

$Q$  = Peso correspondiente al punto considerado, que se encuentran tabulados según sea concarga (peso propio con cargas permanentes) o sobrecarga de uso, en cuyo caso se aplica un coeficiente reductor, según sea para viviendas, oficinas, hospitales... etc.

$S$  = Coeficiente sísmico en un punto, viene dado por  $S= \alpha \cdot \eta \cdot \beta \cdot \delta$

siendo:

- $\alpha$  = factor de intensidad
- $\eta$  = factor de respuesta
- $\beta$  = factor de distribución
- $\delta$  = factor de cimentación

Los valores de  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\eta$  pueden consultarse en la citada Norma PDS-1 (1.974) epígrafe 4.10, 4.11 y 4.12 respectivamente y los valores del factor de cimentación para las diferentes Zonas Geotécnicas en que se ha dividido la Isla de Menorca, corresponden a los que se dan en la siguiente tabla:

Tipo de cimentacion	Zonas Geotécnicas				
	A	B	C	D	E
<u>Pilotes:</u>					
- Resistentes al fuste	(2,0)	1	0,7	-	-
- Resistentes por la punta	(1,8)	0,9	0,6	-	-
<u>Zapatas:</u>					
- Aisladas	(1,6) 1,1	0,8	0,5	0,5	
- Corridas	(1,5) 1,0	0,7	0,4	0,3	
- Losas	(1,4) 0,7	0,5	0,3	(0,7)	

Correspondiendo a las zonas:

- A = IV<sup>1</sup><sub>2</sub>
- B = IV<sub>1</sub>, IV<sub>2</sub> y IV<sub>3</sub>
- C = III<sub>1</sub>, I<sub>3</sub> y II<sub>1</sub>
- D = II<sub>3</sub>, III<sub>2</sub>, III<sub>3</sub>, I<sup>1</sup><sub>2</sub> y I<sub>2</sub>
- E = I<sub>1</sub>, II<sub>2</sub>, II<sub>4</sub> y II<sub>5</sub>

#### 2.4. YACIMIENTOS Y EXPLOTACIONES USADAS EN CONSTRUCCION.

La figura nº 6, muestra la distribución de explotaciones de materiales que se han utilizado o se utilizan en el campo de la construcción en la Isla de Menorca. Se ha obtenido del Mapa de Rocas Industriales a escala 1:200.000, Hoja 49 Mahón.

##### **Aridos**

Los materiales que proporcionan áridos, unas veces naturales, otras de trituración, son: calizas, dolomias y arenas.

Los niveles más explotados, en la actualidad, son las dolomias jurásicas que se sitúan en el sector central y occidental de la isla.

Las explotaciones son de grandes dimensiones, situándose las mayores en el área llamada de la Albaida.

El arranque del material debe hacerse con explosivos, excepto en áreas muy alteradas y tectonizadas donde se arranca con pala mecánica, siendo en este caso el producto arena calcárea.

Esta arena, se utiliza como árido para preparación de mezclas de mortero con cemento en el ramo de la construcción.

Las calizas del Muschelkalk, de la zona norte del sector de Mahón, constituyen una área de reservas importantes, ya que en la actualidad no se utilizan.

Igualmente, como áridos naturales, se han utilizado en algunos puntos arenas de depósitos cuaternarios, como las zonas de Algaiarens al este de Cala Morel y la zona de S'Albufera al norte de Mahón.

Las fracciones groseras de las dolomías jurásicas se utilizan para



**LEYENDA**

<b>UTILIZACION</b>		<b>MATERIALES</b>	
	Rocas de construcción	Cr: Arcilla	Mq: Cuarzita
	Aridos	Da: Calcarenita	Qc: Caliza
	Aglomerantes	Dr: Arena	Dw: Grauwaca
	Productos cerámicos	Me: Esquisto	
253: N° en el Archivo Nacional de Rocas Industriales (I.G.M.E.)			
<b>RESERVAS</b>			
	Pequeñas		Medianas
			Grandes

Escala 1 : 200.000  
0 1 2 3 4 5 Km.



FIGURA N° 6. SITUACION DE EXPLOTACIONES DE MATERIALES UTILIZADOS EN CONSTRUCCION EN LA ISLA DE MENORCA.

áridos de trituración, destinándose la mayor parte de producción de bloques huecos, bovedillas y vigas de hormigón.

El coeficiente de desgaste "Los Angeles" según el Mapa de Rocas Industriales es de 20,70 por ciento (granulometría "A").

Los yacimientos de arenas antes mencionados presentan las siguientes características:

4	Granulometría % pasa tamiz nº			200	Materia orgánica	Presencia de sulfatos	Clasific. U.S.C.S.
	10	40					
Del 100 al 61	Del 100 al 57	Del 70 al 43	Del 14 al 1,5		0,245-0,045	SI	SP-SM

### Rocas de construcción

Las explotaciones que abastecen esta industria se sitúan en la región del Migjorn, formadas por calizas litorales, y calcarenitas denominadas "Marés". Se trata de una roca de alta densidad, lo que permite ser cortada en bloques de diversos tamaños que se aplica en el sector de la construcción.

### Aglomerantes

La mayoría de las explotaciones usadas para esta industria se encuentran abandonadas.

En la actualidad se utiliza el material con destino a áridos de trituración, para la fabricación de cales y cementos.

Existe una planta de fabricación de este producto en el término municipal de Alayor.

### **Productos cerámicos**

Las arcillas procedentes del pérmico y triásico son las que abastecen esta industria.

Los yacimientos más significativos se encuentran a lo largo de la carretera comarcal Mahón - Fornells, y en los alrededores de Mercadal.

En la actualidad este tipo de industria no está muy desarrollada en la isla, abasteciéndose los productos de Mallorca.

### 3. SÍNTESIS GEOTECNICA

#### 3.1. **Zonación geotécnica.**

El objeto de este trabajo es la delimitación de la Isla de Menorca en una serie de Zonas relativamente homogéneas en sus características geotécnicas y el estudio de éstas, prever sus problemas e indicar las 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.

##### 3.1.1. **Criterios de división**

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

##### 3.1.2. **División en áreas y zonas geotécnicas**

La Isla se ha estudiado a escala 1:50.000, diferenciándose un total de cuatro Areas (I, II, III, IV), definidas de esta forma:

- Area I. Comprende los terrenos paleozoicos. (Devónico - Carbonífero - Pérmico)
- Area II. Representa los materiales mesozoicos. (Trias, Jurásico y Cretácico)

Area III. Comprende los depósitos terciarios, (Mioceno inferior y superior) y pliocuaternarios (Dunas fijas).

Area IV. Incluye los materiales cuaternarios.

Las cuatro Areas se han dividido en un total de 16 Zonas.

Area I.	Zonas	I <sub>1</sub> , I <sub>2</sub> , I <sub>2</sub> <sup>1</sup> y I <sub>3</sub>
Area II.	Zonas:	II <sub>1</sub> , II <sub>2</sub> , II <sub>3</sub> , II <sub>4</sub> y II <sub>5</sub>
Area III.	Zonas:	III <sub>1</sub> , III <sub>2</sub> y III <sub>3</sub>
Area IV.	Zonas:	IV <sub>1</sub> , IV <sub>2</sub> , IV <sub>2</sub> y IV <sub>3</sub>

Cada Zona se define de la siguiente manera:

#### **Zona I<sub>1</sub>**

Se engloban los materiales Devónico-carboníferos, pertenecientes a facies turbidíticas calcáreas. Constituidos por areniscas, calizas y pelitas.

#### **Zona I<sub>2</sub>**

Corresponde igualmente a materiales de edad carbonífera pero constituidos por areniscas y limolitas. Facies turbidíticas.

#### **Zona I<sub>2</sub><sup>1</sup>**

Areniscas, facies turbidíticas canalizadas, englobados en la serie anterior.

#### **Zona I<sub>3</sub>**

Materiales pérmicos, constituidos por lutitas, pelitas y areniscas.

#### **Zona II<sub>1</sub>**

Agrupar materiales de facies Buntsandstein y constituidos por conglomerados, areniscas, limolitas y pelitas.

### **Zona II<sub>2</sub>**

Son las calizas y margas de facies Muschelkalk.

### **Zona II<sub>3</sub>**

Corresponde a materiales de facies 'Keuper' constituidos por margas y evaporitas.

### **Zona II<sub>4</sub>**

Se han agrupado en esta zona materiales jurásicos constituidos por calizas y dolomias.

### **Zona II<sub>5</sub>**

Materiales de edad cretácica, formados por calizas y margas.

### **Zona III<sub>1</sub>**

Correspondiente a materiales del Mioceno inferior, lo constituyen unos depósitos de conglomerados.

### **Zona III<sub>2</sub>**

Se engloban en esta zona, materiales cuya litología son biocalcarenitas.

### **Zona III<sub>3</sub>**

Corresponde a materiales constituidos por calizas recifales. Se han englobado dentro de esta Zona, las dunas fijas, cuyo comportamiento geotécnico es similar aunque de edad pliocuaternarias.

#### **Zona IV<sub>1</sub>**

Corresponde a los materiales que constituyen los coluviones, playas y depósitos eólicos. Son arenas, limos y arcillas.

#### **Zona IV<sub>2</sub>**

Son los materiales que rellenan los fondos de los barrancos, constituidos por arenas, limos y arcillas.

#### **Zona IV<sub>2</sub><sup>1</sup>**

Corresponde a zonas encharcadas, son materiales constituidos por arcillas, limos, turbas, etc.

#### **Zona IV<sub>3</sub>**

Son materiales que rellenan áreas deprimidas por fenómenos cársticos, son arenas y arcillas.

## 3.2. Estudio de las zonas geotécnicas

### 3.2.1. Metodología

Hasta el momento, después de conocer el ámbito geográfico que abarca el estudio y los elementos que integran el plan de trabajo para realizarlo, se ha analizado una serie de factores que afectan al conjunto del Area en cuestión: climatología, sismología, rasgos geomorfológicos e hidrogeológicos generales, aspectos geológicos globales y explotación de materiales para la construcción.

Se ha procedido a la separación en el territorio de determinadas zonas geotécnicas, para iniciar ahora su estudio detallado y concreto.

En el Mapa de Factores Geológicos con Incidencia Constructiva se caracteriza cartográficamente a cada una de las Zonas Geotécnicas, de modo que se pretende dar al usuario una idea de los aspectos siguientes:

#### **LITOLOGIA.** Se da:

- a. Descripción de los principales materiales presentes, su naturaleza, abundancia relativa y disposición mutua. Clasificación según el Sistema Unificado (USCS).
- b. Grado de homogeneidad o heterogeneidad de la formación, designado respectivamente con los adjetivos Uniforme y Errático.
- 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 caracterizaciones, dado que la litología es el factor del que dependen los demás.

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, mayor del 30 por ciento. Se trata de un dato aproximado dada la escala del trabajo, pero de indudable interés para el planificador ya que muestra dónde se encuentran los taludes más acusados que pueden impedir o delimitar 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 las 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 obra. 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 (según Instrucción de Carreteras, Drenaje. MOPU).
- b. Idea de la posición del nivel freático, basada en los sondeos realizados, mediciones de pozos y otras estimaciones.
- c. Comportamiento del material o materiales de la Zona frente a la infiltración: permeable, semipermeable, impermeable.
- d. Tipo de Drenaje principal: infiltración más escorrentía, escorrentía, infiltración.
- e. Calidad del Drenaje: 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 especial en lo que se refiere a drenajes de muros de contención y sótanos.
- f. Agresividad de las aguas subterráneas.

## RIESGOS GEOLOGICOS

Se indicará el tipo o tipos de riesgos existente, así como sus causas, efectos y probabilidad de ocurrencia.

El riesgo sísmico, por su incidencia general sobre todas las zonas, se ha tratado en apartado exclusivo.

En los Mapas de Factores Geológicos con Incidencia Constructiva pueden verse cortes orientativos, que ayudarán al usuario a comprender lo que del terreno puede esperarse en profundidad. También figuran en estos Mapas los resultados puntuales obtenidos con las muestras, en lo que a factores geológicos hace referencia. A través de esta información puntual se puede matizar en una misma zona la caracterización extendida que en el Mapa se ofrece. Sin embargo, no debería procederse a interpolaciones simplistas dada la baja densidad de obras que se ha empleado y , por tanto, la gran separación entre puntos de reconocimiento.

En segundo lugar, en el Mapa de Características Geomecánicas y Condiciones Constructivas se da idea de las condiciones de cimentación y las condiciones para obras de tierra, cuyo contenido se verá más adelante.

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 pocillos, mientras el número de sondeos geotécnicos es muy reducido. Se han considerado los siguientes parámetros, cuyos valores están reflejados en el Mapa de Características Geomecánicas y Condiciones Constructivas; **qu** resistencia a compresión simple, I.P. Índice plástico, densidad, cohesión y ángulo de rozamiento interno . Igualmente en algunas muestras de suelos se han

realizado ensayos edométricos, obteniéndose valores de  $C_c$  y  $e_o$  (Índice de compresión e Índice de poros inicial) aunque no reflejados en la cartografía.

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 de carácter puntual. Por consiguiente, la recomendación que se da es que contemplen los valores numéricos que definen las diversas propiedades mecánicas estudiadas con carácter semicuantitativo cuanto mayor sea la homogeneidad de la Zona geotécnica o, dicho de otro modo, cuanto menor sea la dispersión de los valores que aquí se incluyen y, por otro lado, cuanto mayor sea la densidad de la obra realizada.

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 restantes casos deben ser estudiados en particular de acuerdo con las orientaciones del presente trabajo.

En el Mapa de Características Geomecánicas y Condiciones Constructivas se da:

## 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 x 1,50 m. Estos asientos son aquellos que para edificaciones u obras ordinarias no suelen originar problemas derivados de distorsiones angulares excesivas (agrietamientos, etc.).

Las presiones admisibles se han determinado en cuanto a su intervalo de variación. La obtención del valor de la presión admisible en cada uno de los puntos o en una malla suficientemente cerrada para el caso de una construcción puntual, por ejemplo de 100 x 100 m., es una empresa imposible a las escalas de trabajo utilizadas y con la densidad de investigación realizada. Esta imposibilidad puede subsanarse sólo en parte para las zonas más prospectadas mediante el uso de histogramas.

El método seguido para la obtención de los intervalos de presiones admisibles, se ha basado principalmente en los ensayos de laboratorio, ante la ausencia de ensayos de campo. 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  $s = \sum m_{vj} H_i \Delta \sigma$

donde:

s	asiento en cm.
$m_{vj}$	módulo de compresibilidad volumétrica, en $\text{cm}^2/\text{kg}$ .
$H_i$	espesor de cada uno de los estratos, en $\text{kg}/\text{cm}^2$ .
$\Delta \sigma$	presión inducida en el punto de cada uno de los estratos, en $\text{kg}/\text{cm}^2$ .

Existen Zonas Geotécnicas que por su escasa entidad superficial ya sea en extensión o en potencia, 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 losas, se necesita, aproximadamente, la mitad de la presión admisible, pero deberán comprobarse cuidadosamente los asientos, en especial para presiones admisibles menores de  $1 \text{ kg/cm}^2$ . Caso de no poderse utilizar losa o de resultar menos económica, deberá irse a cimentación profunda, por pilotaje, a cimientos flotantes, etc.

Problemas de cimentación: uno de los mayores que puede ofrecer este Mapa Geotécnico es la indicación de los principales problemas con que puede encontrarse toda cimentación concreta. Su conocimiento previo ayudará, tanto en el planteamiento de la Campaña de Investigación Geotécnica suplementaria, como en el diseño y construcción de la cimentación. Estos problemas se indican en cada Zona Geotécnica.

## 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. Vaciados (NTE-ADV) (1976), en los siguientes grupos: 1) Duro. Atacable con máquinas y/o escarificador, pero no con pico, como terrenos de tránsito, rocas descompuestas, tierras muy compactas. 2) Medio. Atacable con el pico pero no con la pala, como arcillas semicompactas, con o sin gravas o gravillas. 3) Blando. Atacable con la pala, como tierras sueltas, tierra vegetal, arenas. Cuando en la excavación se encuentran mezclados los terrenos se establece el porcentaje de cada uno de los tres tipos.

En los materiales rocosos se ha estimado si son ripables o, por el contrario, su excavación precisa el empleo de explosivos u otro método de arranque.

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 estabilidad 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 alturas de unos 6 m., sin mayor problema e inestables los que no lo 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 básicamente el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales de la Dirección General de Carreteras (P.P.T.G.). El término No Apto designa suelos inadecuados; Marginal, designa suelos que unas veces son inadecuados y otras tolerables e incluso adecuados; el término Apto designa suelos tolerables, adecuados e incluso seleccionados. Las rocas se han clasificado con los criterios que se establecen en el citado Pliego.

Aptitud para explanada de carreteras. Se ha tomado como referencia la Instrucción de Carreteras, Normas de Firmes Flexibles y Firmes Rígidos. Se entiende por suelo No Apto aquel que no puede constituir en desmonte ni en terreplén 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 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", a suelos firmes, casi rocas blandas, que sólo a veces presentan problemas de nivel freático, con cierta capacidad de autoaporte y sin empujes fuertes.

En las formaciones rocosas se da una idea de su categoría en la clasificación de Bieniawski (1979), que obtiene un Índice de calidad (RMR, Rock Mass Rating), mediante la valoración de cinco parámetros:

- Resistencia de la roca sana
- RQD
- Separación entre diaclasas
- Presencia de agua
- Disposición de las juntas respecto a la excavación

Bieniawski establece categorías en función del valor del RMR:

- Clase I Roca muy buena: RMR = 81-100
- Clase II Roca buena: RMR = 61-80
- Clase III Roca media: RMR = 41-60
- Clase IV Roca mala: RMR = 21-40
- Clase V Roca muy mala: RMR = 20

El objeto de esta clasificación es definir el sostenimiento a efectuar en obras subterráneas concretas.

### 3.2.2. Area I

#### 3.2.2.1. Zona I<sub>1</sub>

#### **Localización**

Se encuentra situada en la parte central de la región Traumontana, limitando al este con el Monte Toro, al oeste cabalgando sobre los materiales triásicos y al norte con la costa desde Binimel-la hasta la Cala del Pilar.

#### **Características litológicas y tectónicas**

Se trata de un conjunto de materiales formados por areniscas, calizas y pelitas.

Los afloramientos más característicos, definidos por BOURROUILH, se encuentran al norte de Ferragut, entre Cala Mira y el Escollo del Francés, cuya constitución litológica son radiolaritas, pelitas carbonosas negras, nodulos fosfatados, calizas micríticas y pelitas rojas. El grado de alteración apreciado en superficie es muy variable de II a IV en la escala de meteorización.

La potencia de los materiales es difícil de definir, aunque es probable que sobrepase los 1.000 m. En algunos puntos aparece un suelo de alteración de las areniscas y pelitas, aunque de escaso espesor, no sobrepasando los 50 cm. En

el área de Binimel-la aparece el conjunto muy plegado y fracturado, lo que provoca la caída de bloques de tamaño variado.

### **Características geomorfológicas**

La zona I<sub>1</sub> se caracteriza por la existencia de una modesta sierra, con relieves alomados de contornos redondeados.

La mayoría de la superficie presente pendientes entre el 10 y 20 %, aunque en acantilados son las pendientes mayores del 20 %.

No se admitirá un uso intensivo.

### **Características hidrológicas**

#### a) Hidrología superficial.

Son materiales impermeables, aunque pueden presentar en alguna zona, una ligera permeabilidad secundaria a través del grado de diaclasado.

El drenaje se realiza por escorrentía, considerándose aceptable, según Instrucción de Carreteras, puede tomarse un coeficiente de escorrentía C: 0,65-0,80 como intervalo más representativo.

#### b) Hidrología subterránea.

Es un área donde no existe un nivel freático definido en profundidad. Solamente se puede concentrar agua de escasa entidad en zonas donde es intenso el diaclasado, dando lugar a pequeños rezumes en excavaciones que los afecten.

## Riesgos geológicos

Los riesgos apuntados en el Mapa de factores geológicos con incidencia constructiva, son de dos tipos principalmente.

- a) En los acantilado costeros, se combinan los efectos de la erosión marina con el diaclasado, produciendo caída de bloques por desprendimiento.
- b) Se ha observado, en puntos con taludes muy verticales, desprendimientos de masas rocosas, aunque no de gran volumen.

Los factores que inciden en el carácter inestable de estos taludes son exclusivamente de tipo litológico y tectónico.

En la actualidad se pueden observar estos deslizamientos en taludes abiertos en nuevas urbanizaciones como Binimel-la y Tirant.

## Características geomecánicas

La resistencia del macizo rocoso en la zona I<sub>1</sub>, está condicionada a las características de sus discontinuidades.

La resistencia a la compresión simple que pueden presentar, según la ISRM varía de Baja a Alta ( $q_u$ : 60-200 Kg/cm<sup>2</sup>,  $q_u$ : 200-600 Kg/cm<sup>2</sup>) según se trate de areniscas, pelitas o calizas radiolaríticas. (Datos basados en observación de campo, por tanto con valor simplemente orientativo).

Las muestras procedentes de los suelos de alteración (A-7 y A-20) se clasifican en la carta de plasticidad de Casagrande (figura 7) como CL-ML (suelo arcilloso-limoso) y CL (arcilla de plasticidad baja) respectivamente.

En ambos casos el porcentaje que pasó por el tamiz Nº 200 fue alto del 68,8 y 73% respectivamente.

# GRAFICO DE PLASTICIDAD DE CASAGRANDE

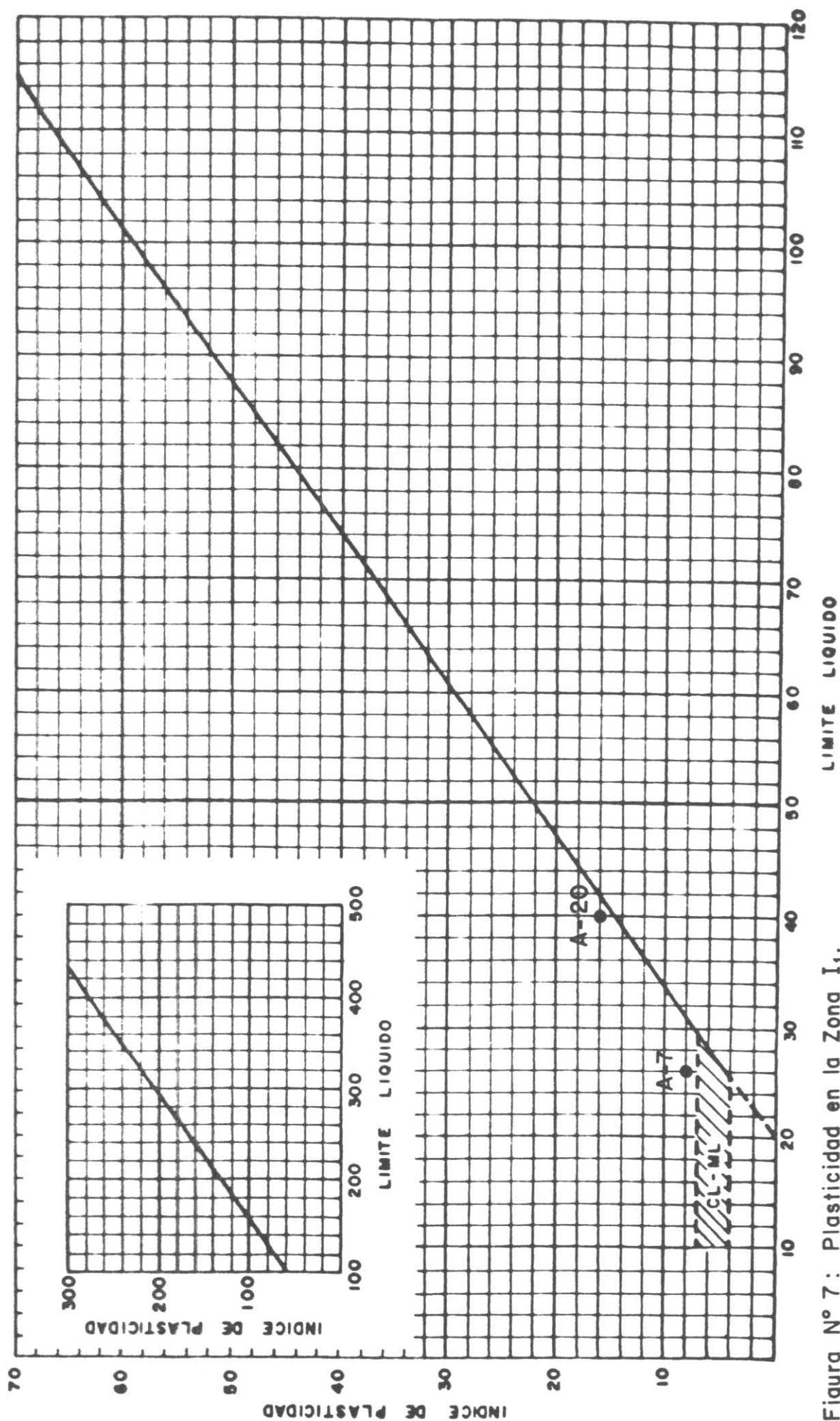


Figura N° 7: Plasticidad en la Zona I<sub>1</sub>.

De los análisis químicos realizados se desprenden los siguientes resultados.

Muestra	% de Carbonatos totales en $\text{CO}_3\text{Ca}$	% de Sulfatos en $\text{SO}_4^{=}$	% de Materia orgánica
A - 7	26,5	0,09	0,3
A - 20	9,8	0,10	2,21

#### Características constructivas

- Condiciones de cimentación:

A efectos de determinar la capacidad portante de los materiales que constituyen las Zonas Geotécnicas, existen valores normalizados, como la Norma 1.054, que establece una presión admisible de  $20 \text{ Kg/cm}^2$  para roca sana o poco alterada en un medio estratificado y diaclasado, valor que debe reducirse a la mitad en el caso de estar la roca muy diaclasada o presentar una disposición desfavorable de los estratos.

En el caso de la Zona I<sub>1</sub>, hay lugares que se presenta un fuerte buzamiento, por ello para construcciones de edificios altos se requerirá un estudio detallado de resistencia y deformabilidad.

En el caso de construcciones habituales, para cargas proyectadas inferiores a  $5 \text{ Kg/cm}^2$ , la capacidad portante del terreno está asegurada.

La cimentación será de tipo superficial, previa eliminación del escaso recubrimiento, mediante zapatas, cuya superficie no debe ser inferior a unas cuatro veces el área del pilar, evitando los efectos de concentración de tensiones o excentricidades.

Se recomienda de modo general la extensión en el terreno de una capa de hormigón pobre al objeto de homogeneizar el contacto de la zapata con la roca.

Entre los problemas que pueden encontrarse a la hora de cimentar en esta zona son:

- Fuerte buzamiento de los estratos. Se han observado, en lugares cercanos a la costa (Urbanización Cala Tirant), produciéndose caídas de bloques por efecto combinado con el diaclasado.
- Variaciones del grado de diaclasado y plegamiento de los materiales que configuran el macizo rocoso. Puede dar lugar a diferente comportamiento geomecánico. En lugares donde la anisotropía del macizo sea muy desarrollada, puede cimentarse con losa, con ello se logra minimizar el problema.

#### **Condiciones para obras de tierra**

- Excavabilidad:

En conjunto no son ripables, aunque en zonas donde abunden más las areniscas, pelitas y en zonas alteradas se puede extraer con pala mecánica.

- Estabilidad de taludes:

Los taludes naturales, en general se consideran estables, salvo en las áreas acantiladas donde se producen caída de bloques.

En taludes artificiales en roca, con alturas variables entre 5 y 8 metros se muestran estables, aunque localmente se producen caída de bloques por efecto de la estratificación y el diaclasado.

- Empujes sobre contenciones:

Serán de tipo Bajo, por lo que generalmente las contenciones en roca no serán generalmente necesarias.

En zonas locales se han observado pequeñas inestabilidades (Zonas de Cala Tirant y Binimel-la) lo que provoca la utilización de muros que palien el problema.

- Aptitud para préstamos:

En general las calizas y areniscas, se consideran aptos, debiendo cumplir ciertas especificaciones, que figuran en el P.P.T.G., relativas a granulometría y forma de partículas.

- 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.

En los desmontes la categoría de la explanada corresponde a la E-3, se recomienda el relleno de las irregularidades con hormigón de 50 Kg/cm<sup>2</sup> de resistencia o bien se extenderá una capa de 30 cm., o más, de material seleccionado.

- Obras subterráneas:

La aplicación de la clasificación de Bieniawski a las características generales de la Zona I<sub>1</sub> la sitúa en la clase III (Media).

Recordemos que esta valoración posee un carácter orientativo, global y en rigor debe aplicarse a la parte concreta del macizo en la que se proyecta un túnel u obra subterránea de otro tipo.

### 3.2.2.2. Zonas I<sub>2</sub> y I<sub>2</sub><sup>1</sup>

#### **Localización**

Aparece en el sector oriental de la Isla, en una franja N-S desde Punta Espero hasta el Cap Favaritx, limitando al Este con el mar y al oeste con los materiales Pérmicos y Triásicos.

#### **Características litológicas y tectónicas**

La zona I<sub>2</sub> está constituida por areniscas y limolitas correspondiente a facies turbidíticas, mientras la I<sub>2</sub><sup>1</sup> por areniscas pertenecientes a las facies canalizadas.

Los afloramientos más característicos aparecen en el Cap Favaritx, Sa Mesquida y Es Murtar.

Son materiales turbidíticos íntimamente relacionados con cañones submarinos y sus áreas de sedimentación continua (OBRADOR et al 1.978). En algunos puntos, en sus niveles inferiores están relacionados con una sedimentación calcárea de carácter autóctono (BOURROUILH, 1.973).

La potencia de estos materiales alcanza los 1.500 metros. El grado de alteración que presentan es bajo, grado de alteración II, visible en la decoloración en algunas superficies de meteorización.

El desarrollo de suelo de alteración es mínimo, prácticamente inexistente.

Las lutitas se encuentran altamente plegadas, con pliegues Kink conjugados, lo que provoca importantes caídas de lajas y bloques en los taludes.

### **Características geomorfológicas**

En general presenta formas topográficas suaves, con montes bastante redondeados, con pendientes del 10 y el 20% en los lugares más abruptos que corresponden a zonas acantiladas.

### **Características hidrológicas**

#### a) Hidrología superficial.

Los materiales de estas zonas son impermeables. El drenaje es aceptable por escorrentía superficial y en áreas muy fracturadas pueden presentar percolación a través del diaclasado.

Según Instrucción de Carreteras, puede tomarse un coeficiente de escorrentía  $C=0,65-0,80$ , considerándose como intervalo más representativo.

#### b) Son zonas donde no existe agua en profundidad, solamente, como en la zona I<sub>1</sub>, en lugares muy diaclasados puede aparecer agua ligada a fracturas, dando lugar a pequeños rezumes.

### **Riesgos geológicos**

El tipo de riesgos detectados en estas zonas, principalmente en las áreas más limolíticas (Zona I<sub>2</sub>), son las frecuentes caídas de bloques y lajas por fracturación en taludes y en áreas acantiladas este fenómeno se encuentra más desarrollado por la erosión del mar.

### **Características geomecánicas**

Salvo en los tramos donde la litología predominante son las areniscas,

la resistencia a la compresión simple de las limolitas es moderada entre qu: 250 y 500 Kg/cm<sup>2</sup>, aunque en las zonas muy fracturadas estos valores pueden sufrir importantes variaciones, por ello cualquier estudio de detalle deberá atender a la caracterización de las discontinuidades que marcarán el comportamiento del macizo rocoso.

### **Características constructivas**

#### - Condiciones de cimentación:

La Norma DIN 1.054 establece una presión admisible para roca quebradiza o con huellas de alteración en un medio estratificado o diaclasado de 10 Kg/cm<sup>2</sup>.

Cuando el buzamiento de los estratos es superior a 30° o cuando la roca está alterada, este valor no es aplicable.

Para las zonas I<sub>2</sub> y I<sub>2</sub><sup>1</sup>, un valor orientativo de presión admisible podría ser la mitad del indicado en la Norma, es decir 5 Kg/cm<sup>2</sup>.

Como en la zona anteriormente descrita, se puede decir que en el caso de construcciones habituales, con cargas proyectadas inferiores a 5 Kg/cm<sup>2</sup>, la capacidad portante del terreno está asegurada.

Entre los problemas de cimentación hay que señalar los siguientes:

- En algunos lugares fuerte buzamiento de los estratos.

Si los apoyos de la cimentación se encuentran cerca de taludes, debe estudiarse la necesidad de efectuar enclajes o bulonados.

- Variaciones del grado de diaclasado y alteración, pueden provocar desigual comportamiento geomecánico del macizo.

Este hecho está muy desarrollado en los materiales limolíticos de la Zona I<sub>2</sub>.

### Condiciones para obras de tierra

#### - Excavabilidad:

En general no son ripables, no obstante en función del grado de fracturación puede llegar a ser ripable con dificultad en los tramos más superficiales.

#### - Estabilidad de taludes:

Se han observado taludes naturales estables, salvo los sometidos a la dinámica litoral.

En taludes artificiales se han observado lugares estables y otros donde la inestabilidad es total.

La causa de la inestabilidad es el alto buzamiento de los estratos en la zona I<sub>2</sub>, unido al diaclasado produce caída de pequeñas lajas.

Las areniscas de la zona I<sub>2</sub><sup>1</sup> se comportan mejor respecto a la estabilidad.

#### - Empujes sobre contenciones:

Varían de bajo a altos en la zona I<sub>2</sub> y de medios a altos en la zona I<sub>2</sub><sup>1</sup> y siempre estarán en función de la alteración, diaclasado y posible circulación de agua.

- Aptitud para préstamos:

De acuerdo con el P.P.T.G. las areniscas de la zona  $I_2^1$  son rocas adecuadas, debiendo cumplir ciertas especificaciones relativas a granulometría y forma de partículas.

Las limolitas de la zona  $I_2$  deben estudiarse para su utilización.

- Aptitud para explanada de carreteras:

Puede indicarse lo dicho en el estudio de la zona  $I_1$ .

- Obras subterráneas:

La aplicación de la calificación de Bieniawski (1.979) a las características generales de las Zonas  $I_2^1$  y  $I_2$  las sitúa entre las clases III (Media) y IV (Mala).

### 3.2.2.3. Zona $I_3$

#### **Localización**

Aparece muy distribuida por toda la región de la Tramontana.

En el sector oriental, a lo largo de la carretera de Mahón a Fornells, en el sector central en las inmediaciones de Mercadal, el Monte Toro y Ferrerfas.

#### **Características litológicas y tectónicas**

Esta zona incluye materiales del Permo-Trías, constituidos por lutitas, pelitas y areniscas.

Las lutitas y pelitas presentan tonos rojizos muy característicos, mientras las areniscas son marrones y rojas.

En general las lutitas y pelitas presentan un alto grado de alteración (II). Se han tomado cuatro muestras distribuidas en la Zona I<sub>3</sub> (Ermita de Fátima, Ses Salines, Carretera de Alayor a San Cristóbal y Ferrerías).

En todos los casos se ha clasificado este suelo como CL (arcilla de plasticidad baja) según el Sistema Unificado, con Límite Líquido entre 32 y 27 e Índice de plasticidad entre 16 y 20, aunque debe de tenerse presente que se trata de muestras aisladas. En la figura nº 8 se han representado los Límites en la carta de plasticidad de Casagrande.

El espesor de la serie está entre 400 y 600 metros.

El contenido en carbonatos varía entre 14,4 y el 4,5%, en sulfatos es inferior al 0,05% y en materia orgánica no sobrepasa el 1,1%.

### **Características geomorfológicas**

En general presenta formas topográficas suaves, con inclinaciones entre 20º y 40º, dando lugar a pendientes entre el 5 y 10%, admitiéndose en algunas zonas su uso extensivo.

### **Características hidrológicas**

#### a) Hidrología superficial:

Son en conjunto, materiales impermeables.

El drenaje es deficiente por escorrentía superficial, aunque en algunos puntos, por efecto de la pendiente, éste puede ser aceptable.

# GRAFICO DE PLASTICIDAD DE CASAGRANDE

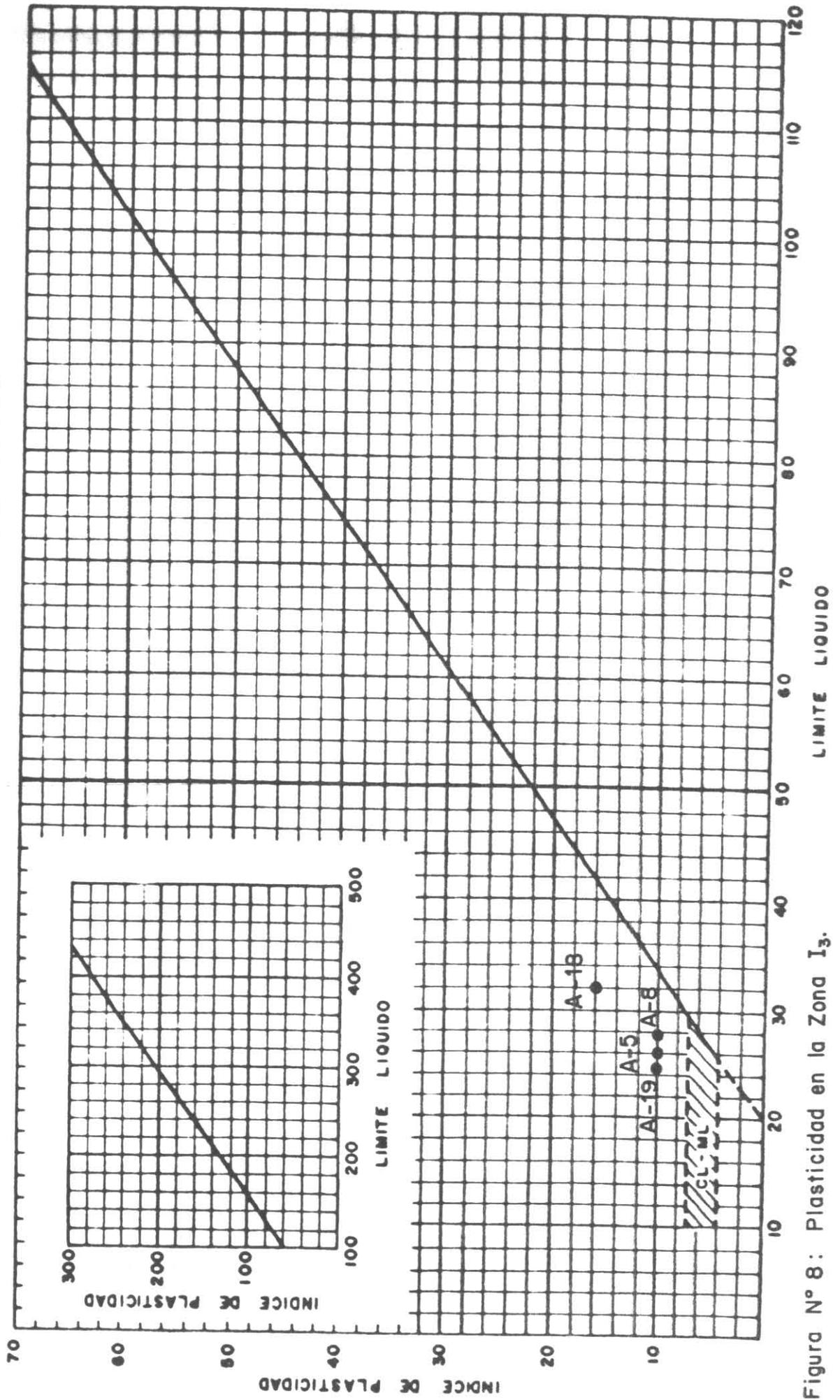


Figura N° 8: Plasticidad en la Zona I<sub>3</sub>.

En general el coeficiente de escorrentia puede tomarse  $C=0,50-0,80$ .

En zonas llanas y vaguadas, se producen encharcamientos temporales.

b) Hidrología subterránea

Dada la impermeabilidad de los materiales, no aparecerá agua en profundidad.

**Riesgos geológicos**

El tipo de riesgos que puede darse en esta zona, se relaciona con movimientos de laderas y reptaciones.

Se pueden esperar deslizamientos superficiales y reptaciones de carácter local, por acción de la lluvia y de los ciclos de humectación-desección, lo que provoca una disminución de la cohesión del material.

**Características geomecánicas**

Se distingue entre las propiedades mecánicas de las areniscas y las limolitas.

a) Areniscas

Según la terminología usada por la I.S.R.M., se estima que la resistencia a compresión simple de las areniscas puede ser moderada, qu:  $200-600 \text{ Kg/cm}^2$ .

b) Lutitas y pelitas

Los ensayos mecánicos, realizados en el material procedente del pocillo A-19, nos indican una resistencia a compresión simple de qu:  $1,20 \text{ Kg/cm}^2$ ,

en términos descriptivos con consistencia Moderadamente Firme a Firme.

Presentan un ángulo de rozamiento interno de  $38^\circ$  y una cohesión de  $0,05 \text{ Kg/cm}^2$ . En el cuadro siguiente se resumen los resultados de los ensayos realizados en esta zona I3.

Pocillo	Densidad	Humedad	Límite	% pasa	U.S.C.S.	C	qu
	$\text{gr/cm}^3$	W = %	líquido	tamiz 200		$\text{kg/cm}^2$ - $\text{kg/cm}^2$	
A - 5	-	-	26	95,4	CL	-	-
A - 8	-	-	27	68,6	CL	-	-
A - 18	-	-	32,5	95	CL	-	-
A - 19	2,01	5,2	27	95	CL	$38^\circ$ - $0,05$ - $1,20$	

En lo que se refiere a las características de deformabilidad el ensayo edométrico realizado ofreció los siguientes resultados:

Muestra	Presión de consolidación	Índice de poros inicial	Índice de compresión
A - 19	$P_c = 2,2 \text{ Kg/cm}^2$	$E_0 = 0,430$	$C_c = 0,0568$

Coefficiente de consolidación  $M_v$  para los diferentes escalones de carga:

De $0,80$ a $1,50 \text{ Kg/cm}^2$	$M_v = 1,08 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{sg.}$
De $1,50$ a $3,00 \text{ Kg/cm}^2$	$M_v = 1,20 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{sg.}$

### Características constructivas

- Condiciones de cimentación:

La Norma DIN 1054 indica unas presiones admisibles de  $10 \text{ Kg/cm}^2$  para

roca quebradiza o con huellas de alteración en un medio estratificado o diaclasado.

Este valor se puede considerar válido para las cimentaciones en las areniscas, previa eliminación del recubrimiento superficial y de alteración.

Se estima que las presiones admisibles en el caso de cimentación sobre las capas más arcillosas serán del orden de  $1,5-2 \text{ Kg/cm}^2$ .

En general el tipo de cimentación más probable, es la superficial mediante zapatas, con dimensiones igual a las descritas en las Zonas  $I_1$ ,  $I_2$  y  $I_2^1$ .

Si las variaciones litológicas son muy importantes afectarán a la cimentación, pudiendose recurrir a losa, previa comprobación de los asientos que puede producir en los niveles arcillosos.

### **Condiciones para obras de tierra**

#### - Excavabilidad

Las areniscas en general no son ripables, las lutitas son ripables con facilidad.

#### - Estabilidad de taludes

En taludes naturales pueden producirse reptaciones de carácter local. En taludes artificiales, para la inclinación dada en la metodología, se consideran estables en condiciones normales, ya que es un material con un ángulo de rozamiento interno de  $38^\circ$ , aunque la cohesión no llega a  $1 \text{ Kg/cm}^2$ .

- Empujes sobre contenciones

En general las contenciones serán necesarias dado el carácter plástico del material, por ello cuando se sobrepasen las condiciones extremas de estabilidad pueden llegar a ser de Medio a Altos.

- Aptitud para préstamos

Los bancos de areniscas suelen ser materiales Aptos, las lutitas y pelitas no son Aptos, según los criterios expuestos en la Metodología.

- Aptitud para explanada de carreteras

Los niveles lutíticos se consideran No Aptos, por lo que deberá extenderse sobre ellos una explanada mejorada.

Obras subterráneas

Utilizando los términos definidos en la Metodología los materiales de I<sub>3</sub> constituyen terreno Medio.

### 3.2.3. Area II

#### 3.2.3.1. Zona II<sub>1</sub>

##### Localización

Se encuentra muy distribuida por toda la región de la Tramontana, en el sector oriental aparece discordante sobre el Pérmico y el Culm, a lo largo de la carretera de Mahón a Fornells, en el sector central en las cercanías de Mercadal y Monte Toro y en el sector occidental desde Ferrerías, hasta la costa en Algaiarens.

Como se mencionó en esta zona se han agrupado materiales correspondientes al Trías constituidos por conglomerados y areniscas basales, seguido en la serie por limolitas, pelitas rojas y areniscas grises y rojas. Toda la serie puede llegar a tener un espesor variable entre 100 y 200 metros.

Las características de los materiales mencionados (según BOURROUILH) son las siguientes:

- a) Los conglomerados presentan elementos angulosos y redondeados, dentro de una matriz detrítica de tonos rojos y violáceos.  
Contiene gran abundancia de cantos rodados procedentes del Culm, acompañados de cuarzo y radiolaritas.
- b) La serie de limolitas, pelitas y areniscas aparecen inmediatamente encima del conglomerado descrito anteriormente, con un espesor entre 80 y 100 metros.

Las areniscas presentan con frecuencia estratificación oblicua, intercalándose con pelitas y limolitas de tonos rojos.

Los buzamientos de los bancos de areniscas varían entre 30° y 50°.

### **Características geomorfológicas**

Los terrenos que ocupan la Zona II<sub>1</sub> presentan pendientes variables entre el 5 y 20%, aunque predominan estas últimas e incluso 20%. Los contornos no son muy escarpados debido a la fácil erosionabilidad del material que da lugar a formas muy redondeadas. Los accesos son en general difíciles, por ello sólo admitirá uso intensivo en ciertos lugares.

### **Características hidrológicas**

#### a) Hidrología superficial

En conjunto se consideran materiales impermeables, el drenaje es deficiente por escorrentía superficial, aunque en zonas donde el relieve es acentuado por los bancos de areniscas este drenaje es aceptable.

El coeficiente de escorrentía que puede tomarse es  $C=0,50-0,80$ .

#### b) Hidrología subterránea

Dada la impermeabilidad de los materiales, no aparecerá agua en profundidad.

### **Riesgos geológicos**

El tipo de riesgos que se detectan en esta Zona, es similar a los de la Zona I<sub>3</sub>, es decir deslizamientos superficiales y reptaciones.

Aunque no se han detectado movimientos de gran magnitud.

La lluvia y los ciclos de humectación-desección, son los principales causas de desestabilización de los taludes.

### **Características geomecánicas**

La resistencia a la compresión simple de los conglomerados y las areniscas, según la I.S.R.M. se estima entre muy baja ( $qu < 60 \text{ Kg/cm}^2$ ) y baja ( $qu = 60-200 \text{ Kg/cm}^2$ ), el comportamiento geomecánico se ve condicionado por el buzamiento y diaclasado de los estratos.

Las observaciones de campo permiten suponer a los niveles limolíticos y pelíticos sanos con consistencia Moderadamente Firme a Firme con probable resistencia a compresión simple entre 1 y  $4 \text{ Kg/cm}^2$ . La muestra A-16,

correspondiente a pelitas y limolitas de color rojo, presenta las siguientes características:

Muestra	U.S.C.S.	Granulometría		L. Atterberg	CO <sub>3</sub> %	SO <sub>4</sub> %	M.O. %	γ gr/cm <sup>3</sup>	W %
		% pasa	Ø 200						
A-16	CL	95		W <sub>p</sub> = 26,3 W <sub>p</sub> = 17,4 I.P. = 12,4	24	0,06	0,02	1,97	7,5

Igualmente se realizó un ensayo de corte directo, dando una cohesión de 0,17 Kg/cm<sup>2</sup> y un ángulo de rozamiento interno de 36,5°. En la figura 9 se ha representado los límites en la gráfica de Casagrande.

#### Características constructivas

##### - Condiciones de cimentación:

Al igual que en la Zona I<sub>3</sub> definida anteriormente, la Norma DIN 1054, nos indica que se puede llegar a unas presiones admisibles de 10 Kg/cm<sup>2</sup> para las areniscas y conglomerados.

En las zonas arcillosas, se pueden estimar presiones admisibles entre 3 y 5 Kg/cm<sup>2</sup>, ya que se ha observado en muchos lugares, un estado de sobreconsolidación.

Los problemas de cimentación se relacionan con el posible comportamiento geomecánico desigual en areniscas por el grado de diaclasado, y en las arcillas por la alteración.

# GRAFICO DE PLASTICIDAD DE CASAGRANDE

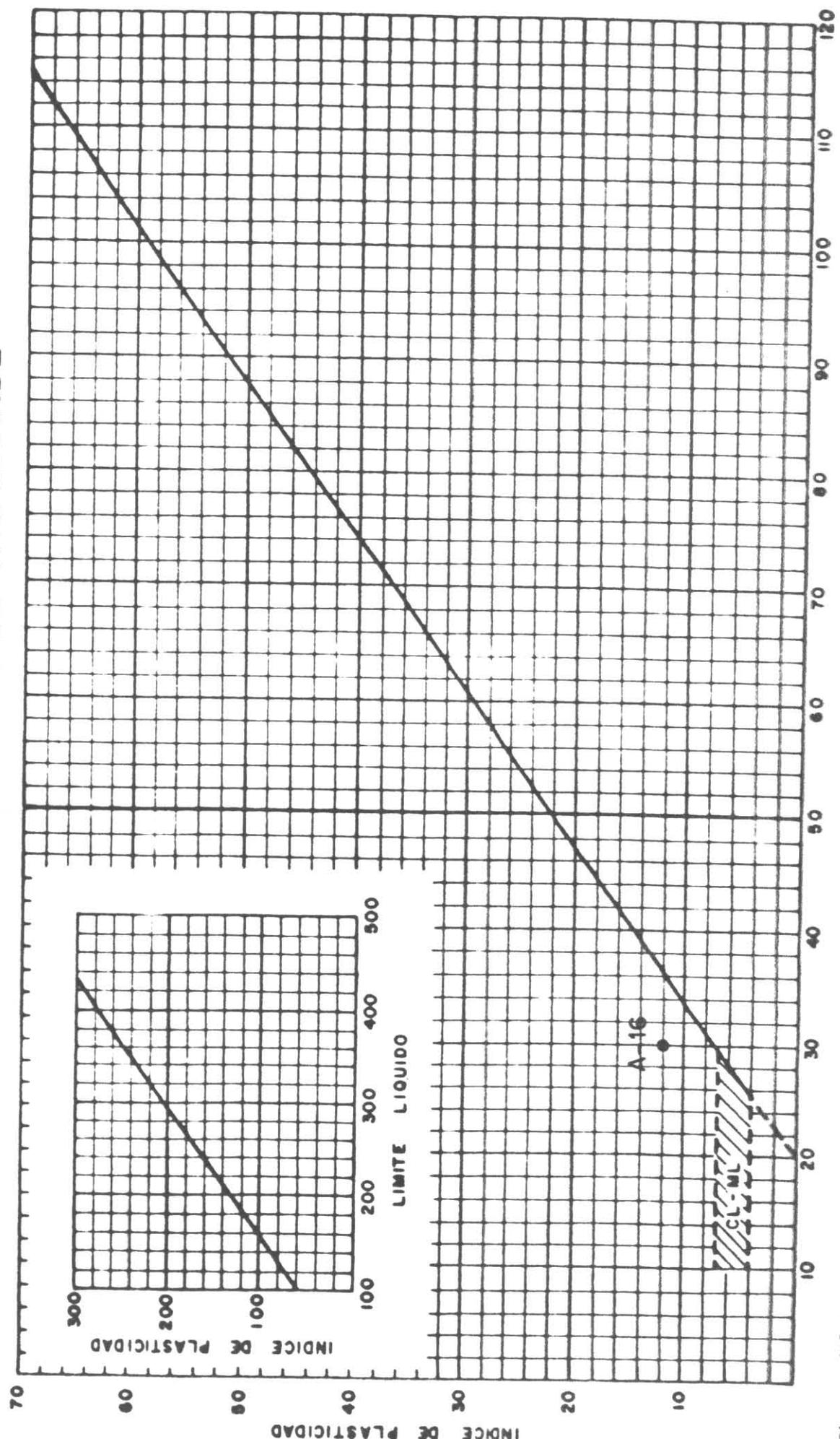


Figura N° 9: Plasticidad en la Zona II<sub>1</sub>.

## Condiciones para obras de tierra

### - Excavabilidad

En algunas zonas alteradas se considera terreno Medio, los bancos de areniscas son en general no ripables, sólo la alteración y el diaclasado en algún punto, permitirá extraer el material con pala mecánica.

### - Estabilidad de taludes

Los taludes naturales son estables, en general, sólo se observan, caídas de bloques locales de los bancos de areniscas y pequeñas reptaciones en los niveles más arcillosos (Angulo de rozamiento interno=36,5°).

Los taludes artificiales observados son estables, ya que la dirección del talud es perpendicular a la dirección de los estratos, en caso de realizarse taludes con otra dirección, dado el buzamiento de los estratos, deberán tomarse medidas estabilizadoras.

### - Empujes sobre contenciones

Las contenciones serán necesarias en los tramos arcillosos que presentan tendencia a reptar; pudiéndose esperar empuje variable de Bajo a Alto.

### - Aptitud para préstamos

De acuerdo con el P.P.T.G., las areniscas son materiales Adecuados, el resto de materiales se consideran No Aptos y Marginales.

### - Aptitud para explanada de carretera

La categoría de la explanada en desmonte sobre areniscas será E-3, recomendándose rellenar las irregularidades del terreno con hormigón de 50

Kg/cm<sup>2</sup> de resistencia característica o colocar 30 cm. o más de material seleccionado, para los predaplenes el tipo de explanada dependerá de los materiales utilizados en coronación.

Los niveles arcillosos se consideran Marginales según la Metodología.

- Obras subterráneas

Según las observaciones de campo, las areniscas pueden clasificarse según Bieniawski como de Clase III (Roca media) si bien las zonas arcillosas se clasifican como terreno Medio.

3.2.3.2. Zona II<sub>2</sub>

**Localización**

Se localiza, al igual que la Zona II<sub>1</sub>, en el sector oriental, a lo largo de la carretera que une Mahón con Fornells.

En el sector central de la región Tramontana, aparece en el Monte Toro, y en el sector occidental en Algaiarens.

**Características litológicas y tectónicas**

Son calizas y margas, correspondientes al Triásico (Muschelkalk).

En general son calizas que presentan frecuentemente en su base bancos dolomíticos, para continuar hacia techo el carácter masivo, alternándose con calizas finamente estratificadas.

Estos niveles de calizas han sido explotados en canteras, que en la actualidad se encuentran abandonadas.

Los fenómenos cársticos y el diaclasado son comunes, lo que provoca en algunos puntos caídas de bloques de gran tamaño, como los observados en la carretera que accede al Cap. Favaritx.

Igualmente la erosión de los materiales arcillosos de la base del Trías, provoca, en algunos puntos, el descalce de las calizas del techo de la serie.

La potencia media de la serie está entre 50 y 100 metros.

### **Características geomorfológicas**

Presenta formas topográficas llanas o ligeramente inclinadas (pendientes entre el 5 y 20%) terminando en un borde escarpado (sector oriental de Menorca), la mayoría de las veces (pendientes  $> 20\%$ ). En el primer caso se admitirá el uso intensivo, mientras que en el segundo el acceso es difícil, no admitiéndose este tipo de uso.

En el sector del Monte Toro y Algaiarens, las pendientes y accesos no permiten uso intensivo.

### **Características hidrológicas**

#### a) Hidrología superficial

Son materiales permeables por fracturación y carstificación.

El drenaje se considera aceptable por infiltración principalmente.

El coeficiente de escorrentía que puede tomarse es  $C=0,50-0,80$ , siendo en las zonas escarpadas  $C=0,65-0,80$ .

b) Hidrología subterránea

Es una zona que constituye, junto a las dolomías jurásicas el acuífero bicapa de la Albaida.

Las calizas triásicas se desarrollan sobre unos 10 Km<sup>2</sup> de extensión.

Sus recursos subterráneos se reducen a la infiltración del agua de lluvia, la cual no sobrepasa 1 hm<sup>3</sup>/año.

No se prevén problemas de nivel freático a las cotas habituales de cimentación.

**Riesgos geológicos**

Los riesgos observados se limitan, a la caída de bloques, por efectos del diaclasado y la carstificación en los bordes acantilados.

**Características geomecánicas**

Las observaciones de campo, permiten clasificar las calizas de esta Zona II<sub>2</sub> con resistencia a compresión simple Alta (terminología recomendada por la I.S.R.M.  $q_u$ : 600-2.000 Kg/cm<sup>2</sup>).

Lógicamente la resistencia del macizo rocoso se verá condicionada a las características del diaclasado y grado de carstificación.

**Características constructivas**

Condiciones de cimentación

La Norma DIN 1054 indica presiones admisibles, para roca sana o poco alterada en un medio estratificado o diaclasado, de 20 Kg/cm<sup>2</sup>.

En función de áreas carstificadas, alteradas y buzamientos no superiores a 30º, en general, su valor conservador de las presiones admisibles puede ser  $\sigma_{ad} = 10 \text{ kg/cm}^2$ .

En los niveles margosos puede tomarse valores de  $\sigma_{ad} = 1 - 2 \text{ kg/cm}^2$ .

El tipo de cimentación más probable es el superficial mediante zapatas, de superficie superior a 4 veces el área del pilar o 1 x 1 m. para evitar efectos de punzonamiento y excentricidades.

Si en el reconocimiento "in situ" del macizo rocoso se detecta importantes cambios en el grado de diaclasado, alteración o carstificación, se aconseja diseñar cimentación por losa, que minimiza los efectos anisotrópicos del macizo.

## **Condiciones para obras de tierra**

### **Excavabilidad**

Las calizas no son ripables, las margas por su estratificación pueden permitir su extracción con pala mecánica.

### **Estabilidad de taludes**

En taludes naturales se han observado caídas de bloques, debido a la combinación del diaclasado con los fenómenos cársticos.

En los taludes artificiales se pueden producir pequeñas roturas en cuña como consecuencia del estado de fracturación.

En general, en los supuestos establecidos en la Metodología, se consideran estables.

### **Empuje sobre contenciones**

En general son de tipo Bajo, e incluso en muchos casos no son necesarios.

### **Aptitud para préstamos**

Son rocas Adecuadas las calizas, por su parte las margas Marginales.

Deberán cumplir ciertas especificaciones en el P.P.T.G. relativas a granulometría y forma de partículas.

### **Aptitud para explanada de carreteras**

El sustrato calcáreo nos indica un tipo de explanada E-3, cuyas especificaciones son las mismas que las referidas a las Zonas I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub>, I<sub>2</sub><sup>1</sup> y III<sub>1</sub>.

### **Obras subterráneas**

La aplicación de la dosificación de Bieniawski (1.979) a esta zona, permite clasificarla entre las categorías III (Media) y II (Buena).

#### **3.2.3.3. Zona II<sub>3</sub>**

##### **Localización**

Se localiza principalmente en el sector oriental y central de la Isla.

En el sector oriental aparece apoyándose discordantemente sobre las calizas del Muscheskalk; los principales afloramientos se encuentran en la carretera de Mahón a Fornells, pasada la carretera de acceso a Favaritx y en el centro de la cuenca de S'Albaida.

En el extremo occidental aflora en pequeños retazos junto a las dolomías de Algaiarens.

### **Características litológicas y tectónicas**

La Zona II<sub>3</sub> está constituida por niveles de margas y evaporitas, con un espesor medio entre 20 y 50 mts.

Constituyen niveles de despegue preferencial, por debajo de los materiales dolomíticos y calcáreos del Jurásico y Cretácico (BOURROUILH).

En general las margas, presentan una fina estratificación en bancos de espesor variable entre 10 y 30 cm.

Se desarrollan sistemas de fracturas perpendiculares a la estratificación.

### **Características geomorfológicas**

No constituye zonas especialmente abruptas, presenta pendientes suaves del 5% a excepción de los afloramientos del Monte Toro donde las pendientes son más acusadas, dando valores  $>20\%$ .

En general, en el sector oriental de la Isla el acceso en esta zona es variable entre fácil y difícil, ello admite en parte el uso extensivo.

### **Características hidrológicas**

#### a) Hidrología superficial

Son materiales considerados como impermeables, sólo pueden presentar una escasa permeabilidad de carácter secundario, a través del grado de diaclasado y fracturación.

El drenaje es aceptable por escorrentía y por percolación, débil.

El coeficiente de escorrentía que puede tomarse es  $C=0,50-0,65$ .

b) Hidrología subterránea

En los niveles margosos, en función de su fracturación, puede darse pequeños almacenamientos de agua, pero que no provocarán problemas graves en las cimentaciones.

**Riesgos geológicos**

Se relacionan con posibles fenómenos de disolución de los yesos, que pueden provocar hundimientos.

**Características geomecánicas**

Se estima que la resistencia a compresión simple de los materiales margosos de la Zona II<sub>3</sub> es Baja ( $q_u=60-200 \text{ Kg/cm}^2$ ) según la terminología recomendada por la ISRM.

La resistencia del macizo quedará condicionada a las características de sus discontinuidades. En las zonas alteradas se tomó una muestra A-17, pasando el 95% por el tamiz N° 200 de la serie A.S.T.M.

Como Índice de plasticidad presenta 13,0% y como Límite Líquido 26,3%, clasificándose el material como CL, arcilla limosa de baja plasticidad (figura n° 10).

Ofreció fuerte reacción al CIH. En el cuadro siguiente se resumen los resultados de los ensayos realizados.

# GRAFICO DE PLASTICIDAD DE CASAGRANDE

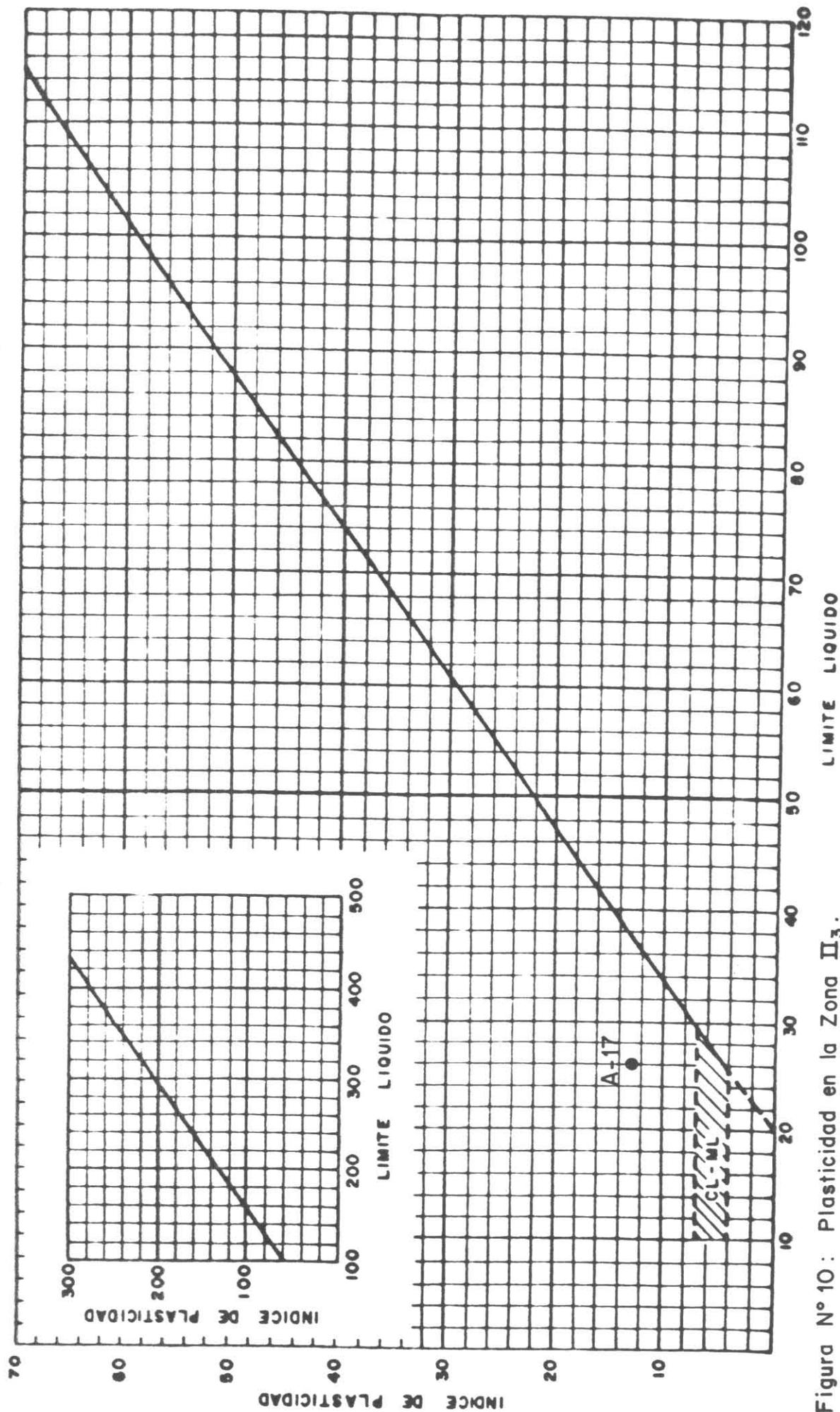


Figura N° 10 : Plasticidad en la Zona II<sub>3</sub>.

Muestra	% pasa	I. P.	Wl	Wp	SO <sub>3</sub>	CO <sub>3</sub>	Ca	M.O. U.S.C.S.
	Ø 200							
A - 17	95	13	26,3	13,3	0,12	65,9	0,14	CL

### Condiciones de cimentación

Las presiones admisibles, pueden considerarse variables entre 3 y 5 Kg/cm<sup>2</sup>, según la Norma DIN 1054, aunque en algunos puntos la disolución y alteración de yesos pueden provocar la disminución de la capacidad portante.

El tipo de cimentación más probable es la superficial mediante zapata con dimensiones mayor de 4 veces el área del pilar o 1 m x 1 m. para evitar efectos de punzonamiento o excentricidades.

Los problemas en la cimentación se centran en la presencia de áreas yesíferas donde se pueden producir fenómenos de disolución y agresividad al hormigón.

### Condiciones para obras de tierra

#### Excavabilidad

En general no es ripable, aunque en áreas fracturadas y alteradas es posible extraer el material con pala mecánica.

#### Estabilidad de taludes

Son estables, solamente cabe esperar algún pequeño desprendimiento en zonas puntuales.

### **Empujes sobre contenciones**

Las contenciones de los niveles margosos no serán necesarias; los empujes debidos a los niveles yesíferos pueden variar de medios a altos.

### **Aptitud para préstamos**

No se consideran materiales adecuados en el PPTG, para su empleo en construcción de pedraplenes.

### **Aptitud para explanada de carreteras**

La explanada que se realiza en roca posee categoría E-3, aunque se recomienda que se rellenen las irregularidades con hormigón de 50 Kg/cm<sup>2</sup> de resistencia característica.

### **Obras subterráneas**

Los materiales margosos se consideran terreno Medio según los términos usados en la Metodología.

#### **3.2.3.4. Zonas II<sub>4</sub> y II<sub>5</sub>**

#### **Localización**

Ocupan dos amplias zonas en los sectores central y occidental de la isla, dentro de la Región Tramontana.

En el sector central constituye la meseta de la Albaida. En el norte forman el Cabo de Caballerfa, el Cabo de Fornells y la Atalaya de Fornells.

En el oeste de Menorca constituye la meseta de la Almudaina, apareciendo unos retazos en Punta Nati, Cala Morell y el Cabo Bajolf.

### **Características litológicas y tectónicas**

Están constituidas la Zona II<sub>4</sub> por dolomías jurásicas y la Zona II<sub>5</sub> por margas y calizas de edad cretácica.

Las dolomías presentan un espesor medio entre 300 y 400 metros, mientras las calizas y margas pueden llegar a tener hasta 200 metros de potencia media.

Las dolomías descansan concordantemente sobre los niveles de despegue que constituyen las margas y yesos del Trías.

En la serie de dolomías se han localizado lentejones de caliza oolítica y de margas con abundante fauna.

La Zona II<sub>5</sub>, únicamente aflora en la mitad E de la Atalaya de Fornells y en la Punta Mongofre. Es una serie constituida por calizas margosas, margas y calizas masivas con abundante fauna marina.

En la Zona II<sub>4</sub> se emplazan el mayor número de explotaciones de canteras.

En dichas canteras se ha observado un diaclasado perpendicular o subperpendicular a la estratificación, aunque en general la inestabilidad no es acusada.

En zonas alteradas se tomó la muestra A-14, de la cual sólo pasaba el 17% por el tamiz Nº 200 de la serie ASTM, siendo el 74% de tamaño arena, no presentó plasticidad clasificándose como SM en la USCS.

Los análisis químicos dieron los siguientes resultados:

Muestra	% SO <sub>4</sub>	% CO <sub>3</sub> Ca	% M. Orgánica
A - 14	0,02	77,7	1,61

### Características geomorfológicas

Las Zonas II<sub>4</sub> y II<sub>5</sub> presentan pendientes variables entre el 5 y el 20%.

Normalmente forman importantes mesetas con pendientes llanas solamente alteradas en las zonas acantiladas donde se alcanzan pendientes superiores al 20%.

El acceso es fácil, admitiéndose su uso extensivo.

### Características hidrológicas

#### a) Hidrología superficial

Los materiales de II<sub>4</sub> y II<sub>5</sub> se consideran permeables. El drenaje es favorable por escorrentía e infiltración.

El coeficiente de escorrentía que puede tomarse es de C=0,35-0,65.

#### b) Hidrología subterránea

Las Zonas II<sub>4</sub> y II<sub>5</sub> constituyen acuíferos de interés regional en la Isla, son los acuíferos de Albaida y Algaiarens.

En primero se trata de un acuífero bicapa, cuya capacidad de almacenamiento puede estimarse en unos 15 millones de m<sup>3</sup>.

El acuífero de Algaiarens con una extensión aflorante de 10 Km<sup>2</sup> presenta unos recursos del orden de 2 Hm<sup>3</sup>/año, aunque esta cifra puede verse incrementada si se comprueba su continuidad hasta el Cap Bajolí debajo del

terciario.

En general no se producirán problemas relacionados con el nivel freático ya que este se encuentra a cotas inusuales en construcción.

### **Riesgos geológicos**

Los riesgos que se han observado en estas zonas se derivan de los fenómenos cársticos que en algún punto pueden provocar hundimiento.

En las áreas acantiladas, se producen desprendimientos por erosión del mar, provocando caída de bloques de variable tamaño.

### **Características geomecánicas**

Se ha tratado el conjunto de las dos Zonas, como un sólo macizo rocoso, cuyas propiedades mecánicas son las siguientes: según la terminología recomendada por la I.S.R.M., las calizas y dolomías presentan una resistencia a la compresión simple alta,  $q_u = 600-2.000 \text{ Kg/cm}^2$ .

En general el comportamiento geomecánico del macizo rocoso estará ligado a la frecuencia de diaclasado y grado de alteración.

### **Características constructivas**

#### Condiciones de cimentación

Considerando que las cargas a cimentar se realizan en lugares que no presentan alto grado de diaclasado y alteración, la Norma DIN 1054 nos indica que pueden tomarse presiones admisibles del orden de  $20 \text{ Kg/cm}^2$ , tomando la mitad como valor más real y conservador.

El tipo de cimentación más probable es el superficial mediante zapatas de superficie superior a 4 veces el área del pilar o  $1 \times 1 \text{ m}$ . para evitar efectos de punzonamiento y excentricidades.

Los problemas de cimentación que pueden plantearse se deben al desigual comportamiento geomecánico en áreas diaclasadas, alteradas o carstificadas.

### **Condiciones para obras de tierra**

#### Excavabilidad

En general no ripable, se hace necesario el uso de explosivos.

En áreas alteradas y descompuestas se hace fácil la extracción del material con pala mecánica.

#### Estabilidad de taludes

Los taludes observados se mantienen estables, sólomente en taludes naturales en áreas costeras se producen desprendimientos.

#### Empujes sobre contenciones

Normalmente las contenciones en roca no serán necesarias.

#### Aptitud para préstamos

Las dolomías y calizas de estas Zonas Geotécnicas son rocas adecuadas para su empleo en pedraplenes, debiendo cumplir ciertas especificaciones contenidas en el P.P.T.G. relativas a granulometría y forma de partículas.

#### Aptitud para explanada de carreteras

Se consideran con las mismas características que las definidas en las Zonas I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub>, I<sub>2</sub><sup>1</sup> y II<sub>2</sub>.

### Obras subterráneas

La aplicación de la clasificación de Bieniawski (1.979) a todo el macizo rocoso (Zonas II<sub>4</sub>, II<sub>5</sub>) permite clasificar las rocas como Clase II (Buena).

#### **3.2.4. Area III**

##### **3.2.4.1. Zona III<sub>1</sub>**

#### **Localización**

Aparecen solamente en dos lugares muy puntuales en la isla, en la región del Migjorn.

A lo largo del acantilado del puerto de Mahón y en los acantilados costeros del área de Cala Morell.

#### **Características litológicas y tectónicas**

La Zona III<sub>1</sub> se caracteriza por la presencia de la Unidad detrítica terciaria constituida por conglomerados de tres tipos (ROSELL Y LLOPART, 1.983).

- Facies A: conglomerados separados por superficies de erosión con costras ferrolíticas.

Su matriz de naturaleza limosa es muy escasa, siendo los cantos más abundantes y sin orientación definida.

Dentro del sistema propuesto (ROSELL et al 1.976), estos materiales corresponderían, a la parte más próxima de los abanicos.

- Facies B: son niveles conglomeráticos separados por otros de características más areniscosas.

A diferencia de los anteriores parece que presentan una clara imbricación hacia el SW.

Corresponderían a la parte frontal del abanico.

- **Facies C:** constituyen los niveles conglomeráticos de la parte alta de la serie.

La matriz es muy abundante y muy arenosa. Se enmarcarían dentro de un medio deposicional tipo playa. (OBRADOR 1.969, 1.972-1.973).

En general la potencia media de toda la serie es de 30-50 metros.

### **Características geomorfológicas**

Constituyen zonas acantilados con pendientes superiores al 20%, siendo el acceso muy difícil. No permitiendo ningún tipo de uso.

### **Características hidrológicas**

#### a) Hidrología superficial

La Zona III<sub>1</sub> presenta drenaje favorable, por escorrentía superficial activa, están considerados como materiales semipermeables.

Según Instrucción de Carreteras, el coeficiente de escorrentía que puede tomarse es  $C=0,50-0,65$ .

#### b) Hidrología subterránea

No se espera la presencia de agua a profundidades habituales de cimentación, sólo aparece un grado de saturación más o menos alto dependiendo del agua de lluvia.

## **Riesgos geológicos**

Sólamente se aprecian riesgos ligados a desprendimientos en zonas escarpas y acantiladas. A lo largo del puerto de Mahón son visibles estos efectos.

## **Características geomecánicas**

Los materiales conglomeráticos poseen una resistencia media, ya que el grado de cementación no es muy elevado.

## **Características constructivas**

### **Condiciones de cimentación**

Las presiones admisibles pueden considerarse dentro de los intervalos de 3-6 Kg/cm<sup>2</sup>, debido a la variación de las características litológicas.

El tipo de cimentación que se recomienda es por losa, con ello se logra paliar los importantes cambios litológicos en distancias pequeñas.

Los problemas de cimentación más comunes se deben a los relacionados con el carácter errático de los materiales y de la posible inestabilidad de los cantos en zonas acantiladas.

## **Condiciones para obra de tierra**

### **Excavabilidad**

En general en los tramos donde abunda la matriz arenosa son fácilmente ripables, en lugares donde abunden los cantos de gran tamaño, la ripabilidad puede llegar a ser difícil.

### **Estabilidad de taludes**

En el Camí de Ronda se observan taludes estables, sólo en áreas muy acantiladas se producen caídas de bolos. (Cala Morell).

### **Empujes sobre contenciones**

Pueden variar de Medios a Altos.

### **Aptitud para préstamos**

Se consideran materiales Adecuados.

### **Aptitud para explanada de carreteras**

Los materiales de esta Zona pueden considerarse Aptos o Marginales, dependiendo del porcentaje de conglomerado y arena.

### **Obras subterráneas**

De acuerdo con los términos establecidos en la Metodología, se trata de un terreno Medio-Malo.

#### 3.2.4.2. Zonas III<sub>2</sub> y III<sub>3</sub>

### **Localización**

Constituyen las Zonas más extensas en la isla, se distribuyen en toda la mitad sur, en la región del Migjorn. Se han englobado, igualmente, los depósitos de dunas fijas, de Fornells y el Cap de Cavalleria.

### **Características litológicas y tectónicas**

La Zona III<sub>2</sub> está constituida por biocalcarenitas y la Zona III<sub>3</sub> por calizas recifales.

A las calcarenitas se la denomina Unidad Inferior de Barras; en ella se pueden distinguir tres asociaciones de facies, definidas a partir de sus estructuras internas: Facies de Foreshore, Facies de Shoreface y Facies de Barras. (OBRADOR Y POMAR, 1.983). Dentro de la Zona III<sub>3</sub> se han incluido los afloramientos de dunas pliocuaternarias de la Mola de Fornells y Cabo Cavallerfa ya que las características geotécnicas son comunes al resto de la Zona.

El resto de la Zona III<sub>3</sub> está representada por calizas recifales. Es denominada Unidad Arrecifal y aflora de forma continua en la parte meridional de la Isla desde S'Algar-Alcaufar hasta Son Bou y al norte y sur de Ciudadela.

Se distinguen cuatro tipos de facies en la U.Arrecifal son Facies Biostromales, de Talud, de Frente Arrecifal y de Back-reef.

El buzamiento de los materiales de esta zona es muy suave (20°) hacia el S, o como en el área de Ciudadela, prácticamente horizontales.

### **Características geomorfológicas**

En general las Zonas III<sub>2</sub> y III<sub>3</sub> presentan formas topográficas suaves comprendidas entre el 5 y 10%.

Sólamete en zonas acantiladas en el sector occidental, y central donde los barrancos son muy abundantes, las pendientes son mayores.

En general el acceso es muy fácil, pudiéndose adoptar su uso intensivo de las Zonas.

## **Características hidrológicas**

### a) Hidrología superficial

Los materiales de las dos Zonas se catalogan como permeables.

En la Zona III<sub>2</sub> el drenaje es aceptable por percolación natural, en la Zona III<sub>3</sub> el drenaje es favorable por percolación y escorrentía superficial.

El coeficiente de escorrentía que puede tomarse es  $C=0,35-0,65$ .

### b) Hidrología subterránea

Toda la región del Migjorn, que engloban las Zonas III<sub>2</sub> y III<sub>3</sub>, constituyen el acuífero más importante de la Isla, con una extensión aflorante de 365 Km<sup>2</sup>.

En relación con las cimentaciones, no se esperan problemas con el nivel freático ya que este se encuentra a cotas inusuales de cimentación.

En los estudios previos para la construcción de la Nueva Terminal del Aeropuerto, el agua apareció a una profundidad de 90 metros.

## **Riesgos geológicos**

Están relacionados con posibles hundimientos en zonas carstificadas y desprendimientos en acantilados.

En profundidad puede producirse diferente comportamiento geomecánico debido a lentejones de limos rojos que se encuentran rellenando oquedades en las calizas.

### Características geomecánicas

Los ensayos realizados en las calizas extraídas de los sondeos en el Aeropuerto de Mahón, han dado resistencias a la compresión simple entre  $qu = 200$  y  $600 \text{ Kg/cm}^2$ , según la I.S.R.M. calificada como Moderada.

En zonas alteradas o donde abundaban materiales limosos se tomaron 6 muestras: A-3, A-4, A-11, A-12, A-13, A-15.

El % que pasa por el tamiz 200 de la serie ASTM varió entre 19,6 para la A-3 y el 99 para la muestra A-12. El Índice de plasticidad presentó los valores extremos de 14 y 30,4 para las muestras A-11 y A-12 respectivamente. Siendo No Plástica (NP) la muestra A-4. Igualmente se realizaron tres ensayos de compresión simple, en las muestras A-13 y A-15 procedentes de pocillos y M.Sondeo, procedente de los sondeos realizados para la construcción de la Nueva Terminal del Aeropuerto. En la figura nº 11 se ha representado la plasticidad de los materiales de la Zona III<sub>2</sub>.

Los valores de las muestras de suelo fueron de 1,23 y 1,15  $\text{Kg/cm}^2$  en A-13 y A-15 respectivamente mientras que el testigo de sondeo se rompió a los 134  $\text{Kg/cm}^2$  de carga.

En lo que se refiere a las características de deformabilidad, los ensayos edométricos realizados ofrecieron los siguientes valores variables del Índice de compresión.

$C_c = 0,113$  y  $0,170$ , mientras el Índice de poros inicial varió entre  $e_0 = 0,636$  y  $0,901$ .

Las presiones de consolidación calculadas dieron valores bajos  $P_c = 0,65$  y  $0,70 \text{ Kg/cm}^2$ , como corresponden a materiales no consolidados suficientemente.

# GRAFICO DE PLASTICIDAD DE CASAGRANDE

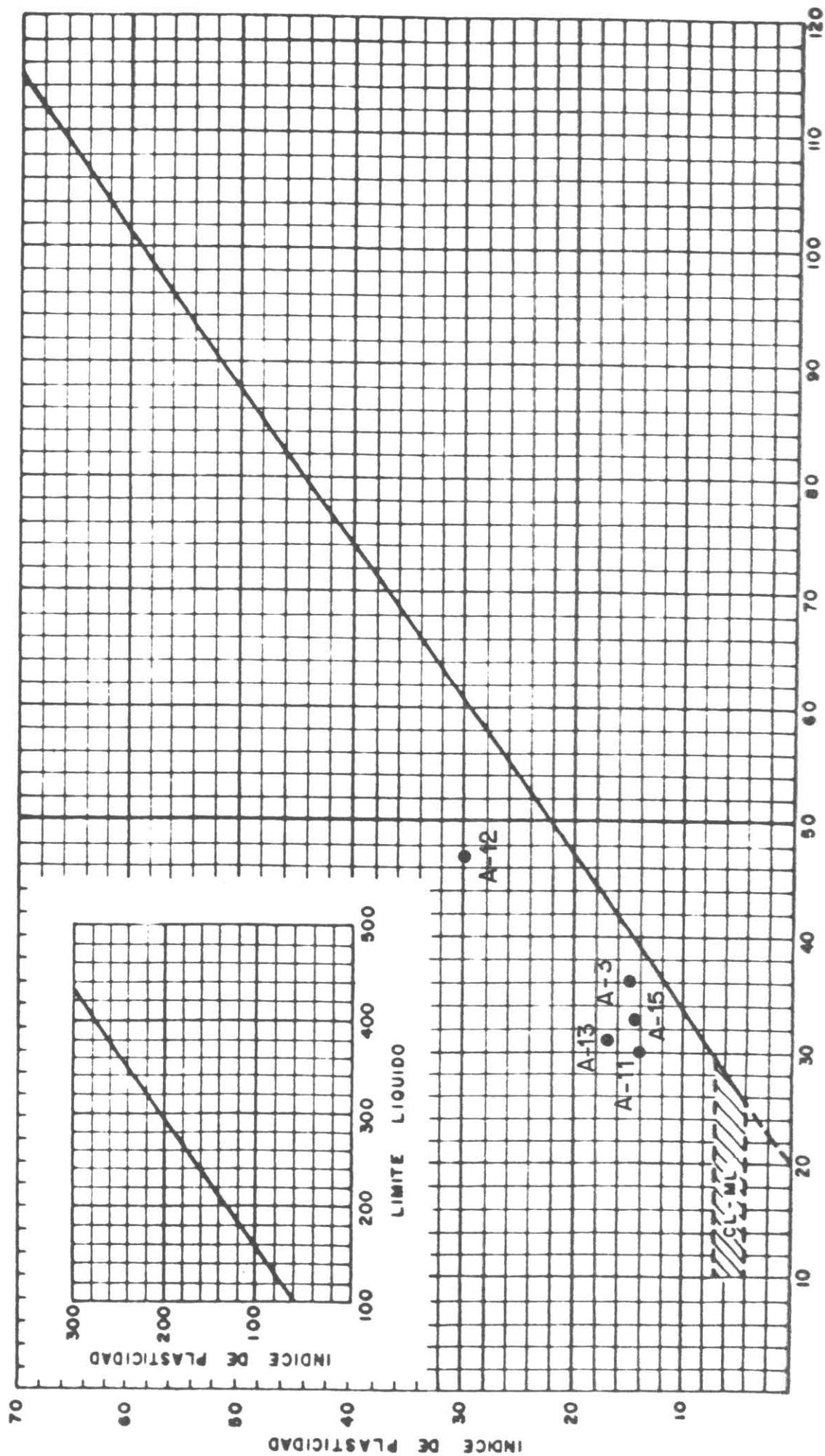


Figura N° 11: Plasticidad en la Zona III<sub>2</sub> y III<sub>3</sub>.

Los coeficientes de consolidación para los diferentes escalones de carga fueron:

Muestra	Escalón de carga en kg/cm <sup>2</sup>	Coef. consolidación C <sub>v</sub> en cm <sup>2</sup> /sg
A - 13	de 0,40 a 0,80	5,44 x 10 <sup>-4</sup>
	de 0,80 a 1,50	1,08 x 10 <sup>-3</sup>
	de 1,50 a 3,00	1,63 x 10 <sup>-3</sup>
A - 15	de 0,40 a 0,80	1,08 x 10 <sup>-3</sup>
	de 0,80 a 1,50	8,16 x 10 <sup>-4</sup>
	de 1,50 a 3,00	1,30 x 10 <sup>-3</sup>

El resumen de los ensayos realizados es el siguiente:

Muestra	U.S.C.S.	granulometria % pasa Ø 200	Límites		Densidad gr/cm <sup>3</sup>	Humedad %W	Compresión. simple Kg/cm <sup>2</sup>	Eddómetro Kg/cm <sup>2</sup>
			Atterberg WI/Wp/IP	Atterberg				
A - 3	GC	19,6	36/21/15	-	-	-	-	-
A - 4	SM	28,4	NP/NP/NP	-	-	-	-	-
A - 11	CL	61	29,2/15,2/14	-	-	-	-	-
A - 12	CL	99	47,1/16,7/30,4	-	-	-	-	-
A - 13	GC	42	31,1/14,1/17	1,86	14,3	qu = 1,23	P <sub>C</sub> = 0,7	
A - 15	GC	38	32,9/18,3/14,6	1,63	16,4	qu = 1,15	P <sub>C</sub> = 0,65	
M - Sondeo caliza		-	-	-	-	qu = 134	-	

## **Características constructivas**

### **Condiciones de cimentación**

Las presiones admisibles, en estos materiales es variable entre 5 y 10  $\text{Kg/cm}^2$ , aunque parece lógico establecer 5  $\text{Kg/cm}^2$  como presión admisible, teniendo en cuenta la variabilidad litológica en las calizas.

No obstante para cargas inferiores a 5  $\text{Kg/cm}^2$  la estabilidad está asegurada.

En las obras de la construcción de la Nueva Terminal del Aeropuerto se calcularon cargas de 3  $\text{Kg/cm}^2$  a la vista de los resultados de los ensayos realizados.

El tipo de cimentación más probable es superficial mediante zapata, debiendo poseer una superficie mayor de 4 veces el área del pilar o 1 x 1 m. para evitar efectos de punzonamiento o excentricidades.

Los problemas de cimentación se centran en el desigual comportamiento geomecánico de los tramos más limosos, así como de la posible aparición de quedades debido a los fenómenos cársticos.

## **Condiciones para obras de tierra**

### **Excavabilidad**

Se consideran materiales no ripables, en general es necesario el uso de explosivos, sólomente en áreas más limosas se ripa con facilidad.

### **Estabilidad de taludes**

En general se consideran estables, sólomente en lugares puntuales se producirán pequeñas caídas de bloques.

### **Empujes sobre contenciones**

Normalmente en las calizas no serán necesarios, en los tramos más limosos pueden ser variables.

### **Aptitud para préstamos**

Son rocas adecuadas en el P.P.T.G. para su empleo en pedraplenes.

### **Aptitud para explanada de carreteras**

La explanada que se realiza en roca posee la categoría E-3, se aconseja rellenar las irregularidades con hormigón de  $50 \text{ Kg/cm}^2$  de resistencia característica o bien extender una capa de 30 cm., o más, de material de tipo 3.

### **Obras subterráneas**

En general las calcarenitas y calizas de las Zonas III<sub>2</sub> y III<sub>3</sub> pueden situarse en la clasificación de Bieniawski (1.979) en la categoría III (Media).

## **3.2.5. Area IV**

### **3.2.5.1. Zonas IV<sub>1</sub> y IV<sub>2</sub>**

#### **Localización**

Se distribuyen por toda la isla formando coluviones, playas y aluviales.

#### **Características litológicas**

La Zona IV<sub>1</sub> constituye todos los depósitos aluviales, en la mitad sur,

rellenando fondo de barrancos y en la mitad norte en extensas plataformas aluviales.

Son materiales clasificados por la USCS como arenas mal graduadas, arenas arcillosas, limos y arcillas (SC, SM, ML y CL). En la figura nº 12 se han representado en la carta de plasticidad de Casagrande.

### **Características geomorfológicas**

En la Zona IV<sub>1</sub> aparecen formas topográficas variadas ya que en el caso de los coluviones rellenan áreas de variada inclinación, en general entre el 5-10%.

Mientras que las playas constituyen formas prácticamente llanas, con una ligera pendiente hacia el mar ( $P < 1\%$ ).

El acceso en ambos casos es fácil, admitiéndose el uso intensivo, salvo en las zonas de playa que no sufran inundaciones por efectos de la marea.

### **Características hidrológicas**

#### a) Hidrología superficial

Se consideran las Zonas IV<sub>1</sub> y IV<sub>2</sub> como materiales permeables y semipermeables, el drenaje es deficiente en el aluvial y favorable en las playas aunque se ve dificultado por la presencia del nivel freático a escasa profundidad.

El coeficiente de escorrentía que puede tomarse según Instrucción de carreteras es en la Zona IV<sub>1</sub>  $C = 0,50$  y en IV<sub>2</sub>  $C = 0,20-0,35$ .

#### b) Hidrología subterránea

En las zonas aluviales, se puede encontrar el nivel freático a escasa

# GRAFICO DE PLASTICIDAD DE CASAGRANDE

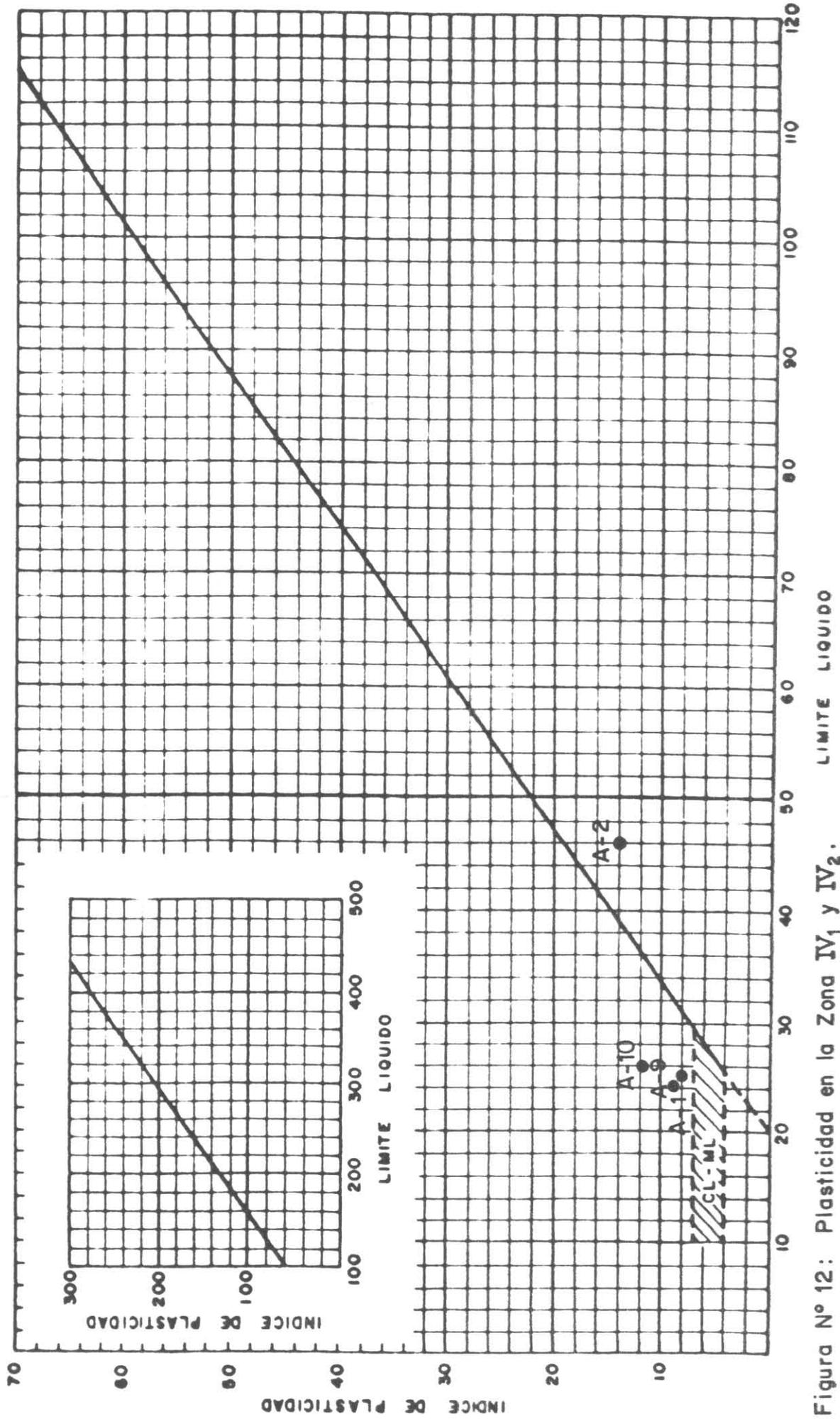


Figura N° 12: Plasticidad en la Zona IV<sub>1</sub> y IV<sub>2</sub>.

profundidad, originando problemas de agotamiento, inestabilidad de las paredes de la zanja y sifonamientos.

En la región de la Traumontana, las plataformas aluviales de Binimel-la y Cala Tirant constituyen dos áreas acuíferas de interés local.

### **Riesgos geológicos**

En general no se aprecian riesgos específicos, salvo en los lugares cercanos al mar, que sufren inundaciones por procesos mareales.

### **Características geomecánicas**

A falta de ensayos de penetración que nos indicará el grado de compacidad y resistencia de estos materiales, se realizaron ensayos de identificación con el fin de caracterizarlos para su utilización en obras de tierra.

Las características de los ensayos son las siguientes:

Muestra	% pasa $\phi$ 200	USCS	Límites Atterberg	% CO <sub>3</sub>	% SO <sub>4</sub>	% M. Orgánica
A - 1	34,5	SC	W <sub>L</sub> = 24 W <sub>P</sub> = 15 I <sub>P</sub> = 9	11	0,06	1,6
A - 2	51,1	ML	W <sub>L</sub> = 46 W <sub>P</sub> = 32 I <sub>P</sub> = 14	16,5	0,01	5,6
A - 6	1,6	SP	W <sub>P</sub> = NP W <sub>L</sub> = NP I <sub>P</sub> = NP	89,5	0,16	1
A - 9	32,7	SM - SC	W <sub>P</sub> = 25 W <sub>L</sub> = 17 I <sub>P</sub> = 8	23,5	0,03	2,1
A - 10	34,6	SC	W <sub>P</sub> = 26 W <sub>L</sub> = 15 I <sub>P</sub> = 11	17	0,08	1,6

## Características constructivas

### Condiciones de cimentación

Las presiones admisibles pueden considerarse variables, para la Zona IV<sub>1</sub> : 1 - 1,50 Kg/cm<sup>2</sup> y la Zona IV<sub>2</sub> : 1-2 Kg/cm<sup>2</sup>.

En los lugares donde sea probable la removilización de los aluviones por arroyadas (Barrancos del Migjorn) se aconseja la cimentación profunda con pilotes apoyados en el sustrato siempre que éste se encuentre a escasa profundidad.

Para estructuras ligeras se podrá utilizar la cimentación superficial mediante zapatas o losa, aunque pueden aparecer asientos diferenciales.

Los problemas de cimentación más comunes, en estas Zonas son debido a la presencia del nivel freático a escasa profundidad.

### **Condiciones para obras de tierra**

#### **Excavabilidad**

De acuerdo con la Metodología se consideran terrenos Medios - Blandos.

La apertura de zanjas podrá hacerse con pala mecánica, aunque pueden surgir problemas si se intercepta el nivel freático, dando lugar a inestabilidades.

#### **Estabilidad de taludes**

Serán generalmente Inestables, a causa de la existencia del nivel freático.

#### **Empujes sobre contenciones**

En general serán Altos.

#### **Aptitud para préstamos**

Se consideran No Aptos. Sólomente las arenas de playa son materiales Aptos.

#### **Aptitud para explanadas de carreteras**

En general se pueden considerar No Aptos.

### **Obras subterráneas**

Por su débil espesor, en los aluviales afectarán al sustrato, mientras que en los depósitos de playa se considera Muy Difícil.

#### 3.2.5.2. Zona IV<sub>2</sub><sup>1</sup>

### **Localización**

Es una Zona Geotécnica que se localiza en cuatro puntos en la Isla:

- Albufera del Grao.
- Binimej-la.
- Cala Tirant.
- S'Albufereta.

### **Características litológicas**

Son áreas encharcadas o parcialmente encharcadas, constituidas por arenas, limos, turbas y arcillas.

### **Características geomorfológicas**

Son zonas llanas con pendientes menores del 1%.

### **Características hidrológicas**

#### a) Hidrología superficial

Son zonas de drenaje nulo, total o parcialmente encharcadas.

b) Hidrología subterránea

Constituyen acuíferos de interés local en la Isla. Están asociados a zonas húmedas, formando importantes ecosistemas.

**Riesgos geológicos**

En las zonas parcialmente inundadas pueden sufrir invasiones temporales del mar.

**Características geomecánicas**

En general, el material que constituye el fondo de las albuferas y zonas húmedas se considera No Apto.

**Características constructivas**

**Condiciones de cimentación**

En los lugares donde se pueda disminuir el nivel freático, las presiones admisibles se estiman en el intervalo  $\sigma_{ad} : 0,1 - 1 \text{ Kg/cm}^2$ .

**Condiciones para obras de tierra**

**Excavabilidad**

Se trata de materiales Blandos.

**Estabilidad de taludes**

Las excavaciones en general serán Inestables.

### **Empujes sobre contenciones**

Serán Altos.

### **Aptitud para préstamos**

Se consideran No Aptos.

### **Aptitud para explanadas de carreteras**

Son terrenos No Aptos.

### **Obras subterráneas**

Se trata de terrenos Muy Difíciles.

En general se debe aconsejar no realizar ningún tipo de edificación y realización de obras, dado el carácter de ecosistema natural de estas zonas.

### 3.2.5.3. Zona IV<sub>3</sub>

#### **Localización**

Se localizan en la región del Migjorn, depresiones cársticas de la Zona III<sub>2</sub>.

#### **Características litológicas**

Son pequeñas depresiones cársticas de escaso espesor que se encuentran rellenas por material arcillo-arenoso.

### **Características geomorfológicas**

En general son pendientes 5%; son formas topográficas llanas.

### **Características hidrológicas**

Son materiales semipermeables, el drenaje es favorable por escorrentía en las paredes de la depresión y en el centro lenta percolación.

### **Riesgos geológicos**

Se pueden producir hundimientos en el sustrato calizo.

### **Características geomecánicas**

No se poseen datos de ensayos mecánicos ni de laboratorio de los materiales que engloban esta Zona.

Si bien por estudios geotécnicos consultados parecen estar ligeramente preconsolidados.

Respecto a los parámetros relacionados con obras de tierra, (comparándolos con materiales semejantes) parece que se trata de materiales No Aptos.

### **Características constructivas**

Las presiones admisibles se estiman entre 2-3 Kg/cm<sup>2</sup> si bien en muchos puntos, el espesor de relleno es muy pequeño, pudiéndose cimentar en el sustrato, cuyas características se especifican en el apartado 3.2.4.2. (Zonas III<sub>2</sub> y III<sub>3</sub>)

### **Condiciones para obras de tierra**

Son materiales Medio - Blandos. La apertura de zanjas se podrá hacer por medio mecánico, en algún tipo se llegará al sustrato rocoso, el cual no es ripable.

#### **Estabilidad de taludes**

Los taludes artificiales varían entre estables e inestables, en función de que se intercepte el nivel freático.

#### **Empujes sobre contenciones**

Varían de Medios a Altos.

#### **Aptitud para préstamos**

En general son No Aptos.

#### **Aptitud para explanada de carreteras**

Se consideran variables entre Marginales y No Aptos.

#### **Obras subterráneas**

Debido al escaso espesor, en la mayor parte afectarán al sustrato.

### **3.2.6. Investigaciones geotécnicas puntuales**

En los 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 estos Mapas es, por una parte, el conocimiento previo de la variabilidad estratigráfica de cada Zona, que permite detectar los más débiles o problemáticos 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 aplica a Zonas constituidas por materiales rocosos. Sus objetivos son: determinación de potencias de recubrimiento, detección de discontinuidades, niveles compresibles, presencia de oquedades, etc. según la naturaleza litológica de las rocas. El método de investigación será el sondeo mecánico.
  2. Se aplicará a Zonas con estratigrafía errática; su objeto es definir litológica y mecánicamente el área a que afectará la cimentación. 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 los materiales

mecánicamente en profundidad, será la localización de niveles resistentes que sirvan de apoyo a los pilotes. El método de investigación será el sondeo mecánico, que puede complementarse con ensayos de penetración estática o dinámica.

4. Se aplica a Zonas con estratigrafía relativamente homogénea y su objetivo es definir mecánicamente los materiales a que afectará la cimentación. El método de investigación será el sondeo mecánico.
  5. Constituye un aspecto de las campañas precedentes, como es la localización del nivel freático.
  6. Supone otro aspecto de las anteriores: investigación de la posible agresividad de los suelos por presencia de sulfatos.
  7. También supone un aspecto específico como es la determinación de la expansividad de determinados niveles.
- b) Letra Inferior, que designa la intensidad de la campaña. A título orientativo, para cimentaciones pueden utilizarse, en primera aproximación, los siguientes valores del número de puntos a reconocer **n**:

A (Alta): uno cada 50 - 200 m<sup>2</sup>

M (Media): uno cada 100 - 400 m<sup>2</sup>

B (Baja): uno cada 200 - 800 m<sup>2</sup>

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

Para las diversas Zonas Geotécnicas se tendrá las siguientes campañas:

ZONA GEOTECNICA

CAMPAÑA DE INVESTIGACION  
GEOTECNICA SUPLEMENTARIA

I <sub>1</sub>	IGM <sup>1</sup>
I <sub>2</sub>	IGM-A 1,2,4
I <sub>2</sub> <sup>1</sup>	IGM-A 1,2,4
I <sub>3</sub>	IGM-A 1,2,7
II <sub>1</sub>	IGM-A 1,2,7
II <sub>2</sub>	IGM-A 1,4
II <sub>3</sub>	IGM-A 1,4,6
II <sub>4</sub>	IGM-A 1,4
II <sub>5</sub>	IGM-A 1,4
III <sub>1</sub>	IGM <sup>2</sup>
III <sub>2</sub>	IGM-A 1,4
III <sub>3</sub>	IGM-A 1,4
IV <sub>1</sub>	IGA 2,3,5,7
IV <sub>2</sub>	IGA 2,3,5,7
IV <sub>2</sub> <sup>1</sup>	IGA 2,3,5,7
IV <sub>3</sub>	IGA 3,7

#### 4. BIBLIOGRAFIA

##### \* INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

- Mapa Geológico de España a E. 1:25.000 (Menorca).
- Mapa Geológico de España a E. 1:200.000. Hoja 49 (Menorca).
- Mapa Geotécnico General a E. 1:200.000. Hoja 49 (Mahón).
- Mapa de Rocas Industriales a E. 1:200.000. Hoja 49 (Mahón).
- Mapas Geotécnicos y de Riesgos Geológicos a E. 1:25.000 de Gijón y Valladolid.
- Mapa Geocientífico del Medio Natural a E. 1:100.000 de la Provincia de Alicante.
- Colección Memorias. Estratigrafía, Sedimentología y Tectónica de la Isla de Menorca y del Noreste de Mallorca (Balears). R. BOURROUILH.

##### \* NORMATIVA

- Datos Climáticos para Carreteras. D.G. de Carreteras. MOPU. 1.964.
- Instrucción de Carreteras: Drenaje, Firmes Flexibles, Firmes Rígidos. D.G. de Carreteras, MOPU.
- Norma Sismorresistente PDS-1 (1.974). 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-ADU).
- Acondicionamiento de Terrenos. Desmontes. Vaciados (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, 1.975.

- \* **MAPA MILITAR DE ESPAÑA.** Hojas topográficas 14 (Ciudadela) y 15 (Mahón).
  
- \* **INFORMES GEOTECNICOS E HIDROGEOLOGICOS VARIOS,** facilitados por:
  - Ministerio de Transportes, Turismo y Comunicaciones.
  - Ayuntamiento de Ciudadela.
  - Ayuntamiento de Mahón.
  - S.G.O.P. Informes hidrogeológicos de Menorca.
  - **CONSELL INSULAR DE MENORCA:**  
Plan de Abastecimiento y Saneamiento Integral de Baleares. Menorca 1.982.
  
- \* **TEXTOS**
  - CONGRESO NACIONAL SEDIMENTOLOGIA  
El Terciario de las Baleares. Menorca. 1.983.
  - CONGRESO INTERNACIONAL DE ESTRATIGRAFIA Y GEOLOGIA DEL CARBONIFERO.  
Carbonífero y Pérmico de España. IGME. 1.983.
  - INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL  
Sismicidad del Area Ibero-Mogrebi. Madrid - 1.983.
  - INSTITUTO METEOROLOGICO NACIONAL  
Datos climáticos de la Isla de Menorca.
  - UNESCO. Engineering Geological Maps. A Guide to their preparation. 1.976.
  - TEXTOS GENERALES DE GEOTECNIA: Jiménez - Salas, Terzaghi - Pecky, L'Herminier.