

--- PROYECTO ---



**ESTUDIO DE PROCESOS DE
ENVEJECIMIENTO DE MONUMENTOS DE
PIEDRA. ESTUDIO DE MATERIALES
PARA RESTAURACION.**

Noviembre de 1991

**LABORATORIO OFICIAL
DE ENSAYOS DE MATERIALES
DE LA CONSTRUCCION
(LOEMCO)**



**CATEDRA DE MINERALOGIA
Y PETROLOGIA
ESCUELA TECNICA
SUPERIOR
DE INGENIEROS DE MINAS**



**3. DESCRIPCION
DE LOS
TIPOS DE PIEDRA**

PIEDRA DE BOÑAR

BO - INDICE

I.	ANTECEDENTES	-- BO 1 --
II.	DESCRIPCION DE LA CANTERA	-- BO 2 --
II.1.	Encuadre geológico	-- BO 1 --
III.	DESCRIPCION DE LA PIEDRA	-- BO 1 --
III.1.	Descripción macroscópica. . .	-- BO 4 --
III.2.	Descripción petrográfica . . .	-- BO 4 --
IV.	MONUMENTOS EN LOS QUE SE HA UTILIZADO PIEDRA DE BOÑAR	-- BO 6 --
V.	USOS	-- BO 7 --

PIEDRA DE BOÑAR

I.- ANTECEDENTES

Las primeras noticias que se poseen sobre el uso de la dolomía de Boñar como roca de construcción, datan de principios del siglo XIV. Es una roca que desde entonces ha venido siendo empleada, hasta nuestros días, con gran profusión en las edificaciones de la región astur-leonesa, si bien el producto que hoy se comercializa, en forma de tablero (2 y 3 cm de espesor) y baldosa, es comercializado en ocasiones hasta la región centro.

Cabe destacar como obra cumbre realizada en este tipo de roca la Catedral de León, así como la Fachada barroca del hoy Parador Nacional de San Marcos, en esa misma ciudad.

II.- DESCRIPCION DE LAS CANTERAS

Actualmente sólo existe una explotación activa para la extracción de Piedra de Boñar, denominada Sierra Redonda. Esta, propiedad de la Sociedad Mármoles OASA, S.L., se encuentra a 1 km

escaso del núcleo urbano de Boñar, por un camino que sale desde el pueblo en dirección Este. La misma se lleva a cielo abierto, estando poco mecanizada, y cuenta como personal con 5 operarios.

La altura media de frente es de aproximadamente 10 m, multibanco (5-6 bancos), de capas inclinadas y explotación a favor de la estratificación con un avance en forma de escalera invertida, y alturas de banco que oscilan entre 0,5 y 2 m. La corrida o longitud de frente es de unos 300 m y el avance total es de unos 50 m.

El método de arranque es perforación a base de martillo neumático y voladura de precorte, con gran densidad de perforación y explosivo (generalmente pólvora negra y cordón detonante de 12 gr/ml). Se obtienen bloques comerciales de mediano tamaño.

La producción es pequeña, con un volumen neto de extracción de unos 500 m³/año, y es absorbida íntegramente por el telar que posee la empresa extractora en el mismo pueblo de Boñar.

Tiene la particularidad de ser una explotación de capas inclinadas (unos 30°) con la horizontal, por lo que el frente se lleva escalonado con el fin de aprovechar las distintas capas, las cuales poseen diferentes grados de calidad en cuanto a color y textura (cristalización y por tanto dureza).

Se extraen bloques comerciales de tamaño medio 0,7 x 1,2 x 0,5 m, llegando incluso a obtenerse bloques de únicamente 40 cm de espesor,

debido a la presencia de paquetes menos competentes (arenizados).

II. 1.- Encuadre geológico

El encuadre geológico de la zona se corresponde con el borde norte del contacto entre la zona Cantábrica - con predominio de los materiales paleozoicos - y la meseta castellana - constituída por materiales terciarios - dentro del dominio Mesozoico.

El paquete dolomítico que compone esta serie pertenece al Cretácico superior, y aflora de forma lineal y continuada con una dirección N 40° O., variando el buzamiento entre 25-30° al Sur.

Se trata de dolomías cristalinas, de aspecto terroso

El depósito es multicapa (se observan 5 ó 6 capas), con granoclasificación y variación en el porcentaje de terrígenos y óxidos de hierro, lo que provoca que haya algún tramo no explotable.

La potencia de los distintos bancos no llega en la mayoría de los casos al metro (70-80 cm), con una potencia total del nivel dolomítico de unos 5-6 m.

En el nivel superior aparece primeramente un estrato dolomítico de 1 m de potencia media, con una alta proporción en óxidos de Fe,

lo que le hace inaprovechable. Subyacente a este depósito se encuentra un nivel margoso de color grisáceo y espesor variable entre 1,5 - 2m. Por fin, debajo de este paquete se encuentra una intercalación de niveles dolomíticos y margas ocres. Los primeros alcanzan una potencia cercana al metro, siendo los segundos niveles de escala decimétrica.

El diaclasado es vertical, con dirección predominante visible N-S, y conjugada E-O, utilizado para el despegue de bloques.

III.- DESCRIPCION DE LA PIEDRA

III. 1.- Descripción macroscópica de la roca

La roca poseé un color pardo-crema, con aspecto terroso, a veces con tonos rojizos debido a la presencia de óxidos de hierro, generalmente concentrado en los bordes de granos. Es una roca cristalina, de grano fino, coherente, y casi totalmente dolomitizada, con presencia de calcita esparítica de relleno, en fisuras y oquedades. El tamaño de grano de la dolomita es fino (20 micras)

Se han identificado especies de aspecto brechoide, otras con huellas de estilolitos, y restos fósiles.

Petrográficamente se clasifica como una dolomicrita biogénica.

Poseé una porosidad, móldica, con predominio de la microporosidad frente a la macroporosidad, si bien se aprecian, de forma ocasional, a simple vista poros que superan el milímetro. Su distribución es uniforme y regular.

III. 2.- Descripción petrográfica

Mineralogía:

Fundamentales: Dolomita.

Accesorios: Calcita.

Esporádicos: Material arcilloso, cuarzo, óxidos de hierro.

Descripción

Matriz de dolomita muy fina (diámetro medio de grano inferior a las 20 μm .) y compacta, idiomórfica a subidiomórfica, en la que aparecen oquedades y poros rellenos de calcita espática, con un tamaño mucho mayor de la unidad cristalina (hasta 200 μm .). La

proporción de calcita apenas alcanza el 10 % de la preparación.

Porosidad

Fina y escasa (alrededor del 5 %), con una morfología irregular marcada por el contorno de los cristales de dolomita fina.

Clasificación

Dolomía.

III. 3.- Características técnicas

A continuación detallamos algunos parámetros obtenidos sobre este tipo de piedra:

Análisis químico (IGME-1974)

SiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	CO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O
6,14-12,00	0,56-1,27	28,04-37,15	14,61-16,63	44,40	<0,20	0,85-2,99	0,70	0,13

Caracterización petrofísica (IGME, 1974)

PARAMETRO	VALOR
Peso específico aparente (gr/cm ³)	2,780
Peso específico real (gr/cm ³)	2,836
Coefficiente de absorción (%)	0,719
Estabilidad al SO ₄ Mg (%)	1,804
Desgaste Los Angeles	24,34

I.6.- MONUMENTOS EN LOS QUE SE HA UTILIZADO "PIEDRA DE BOÑAR"

Aparte de numerosas construcciones dentro de la comarca (Boñar, Riaño, etc.), destacan por su importancia las siguientes edificaciones, todas ellas en la capital leonesa:

- Catedral de León. Ocupa la mayor parte de las fachadas, botareles, pináculos e incluso figuraciones arquitectónicas.
- Parador Nacional "Hostal de San Marcos". Fachada y Patio.

- Fachadas de la Iglesia de San Isidoro (León).
- Banco de España (León).

V.- USOS

Tradicionalmente, la piedra de Boñar ha sido utilizada tanto como sillería como material de chapado (losetas). Su uso ha estado ligado a la caliza de Villalar, más porosa, y que debido a su menor ascensión capilar ha sido utilizada en las partes bajas de los edificios.

Actualmente la piedra de Boñar se usa bajo la forma de tablero, de espesor entre 2 y 3 cm (más raramente 5 y 9 cm), si bien, y tras las labores de restauración que se están llevando a cabo sobre numerosos edificios monumentales de León, está se está empleando en forma de sillarejo como paramento.

El coste aproximado de este material es de 2.000 Pts/m² (tablero de 2 cm).

PIEDRA DE CAMPASPERO

CM - INDICE

I.	ANTECEDENTES	-- CM 2 --
II.	DESCRIPCION DE LA CANTERA	-- CM 3 --
III.	DESCRIPCION DE LA PIEDRA	-- CM 7 --
III.1.	Descripción macroscópica.	-- CM 7 --
III.2.	Descripción petrográfica	-- CM 7 --
IV.	MONUMENTOS EN LOS QUE SE HA UTILIZADO PIEDRA DE CAMPASPERO	-- CM 9 --
V.	USOS	-- CM 10 --

PIEDRA DE CAMPASPERO

I.- ANTECEDENTES.

La caliza de Campaspero, ha sido una de las piedras más utilizada en construcción monumental de Valladolid capital y alrededores. Forma parte básica de la catedral de Valladolid y su presencia es continua en la mayor parte de las edificaciones eclesiásticas, civiles y militares.

Las explotaciones se localizan al Sur de Valladolid capital, lindante con la provincia de Segovia y comprende la casi totalidad del término municipal de Campaspero. El acceso se efectúa por la carretera que conduce de la citada localidad a Moraleja de Cuéllar, a unos 2 km de Campaspero.

Se trata de una zona que no cuenta con elevaciones destacables, ni con cursos de agua; la vegetación está dominada por el cultivo extensivo de cereales; el clima es continental, de inviernos muy fríos y veranos muy calurosos.

La investigación en la zona ha sido escasa, ya que la mayor parte de las explotaciones tienen carácter familiar, y en cualquier caso dicha investigación siempre ha sido amparada por organismos oficiales, como el Instituto Tecnológico Geominero de España (antiguamente Instituto Geológico y Minero de España). Hay que destacar el Mapa de Rocas Industriales correspondiente a esta región castellana, que es el nº30 (Aranda de Duero), realizado en 1975, y un proyecto de investigación de las calizas de Campaspero realizado también por el ITGE en 1981, de cara a seleccionar nuevas áreas de interés potencialmente interesantes desde un punto de vista minero.

II.- DESCRIPCION DE LAS CANTERAS.

Las canteras se sitúan en las regiones centrales de la cuenca del Duero.

Los materiales que ocupan dicha cuenca son predominantemente de edad miocena, aunque también afloran algunos oligocenos, localizados en el borde occidental de la Sierra de la Demanda. En estos casos, se trata de una formación discordante sobre las calizas cretácicas, de litología grosera: brechas de cantos calcáreos y matriz arcillo-arenosa rojiza con buzamientos de 5° a 15°.

El Mioceno ocupa, prácticamente, la totalidad de la cuenca, pudiendo separarse de una forma general, unas facies de borde de naturaleza fundamentalmente detrítica, de otras centrales en las que predominan los depósitos químicos y evaporíticos.

A las facies marginales, se les atribuye una edad Vindoboniense inferior-medio, y están constituídas por arcillas alternantes con areniscas y conglomerados. Generalmente, se apoyan de forma transgresiva sobre los materiales paleógenos y cretácicos, abundando los cambios laterales de facies.

Los materiales del centro de la cuenca se sitúan estratigráficamente sobre las facies marginales, atribuyéndoseles una edad Vindoboniense. Se trata de arcillas rojas, ocre y amarillentas, generalmente arenosas, en las que se intercalan niveles de arenas, areniscas y conglomerados. Estos materiales rellenan los fondos de los valles, o sea, las zonas más bajas del área de los Páramos. También en estas facies son frecuentes los cambios laterales.

Sobre estas facies se sitúan estratigráficamente otras, conocidas como facies del tramo intermedio, dispuestas horizontalmente y concordantes con las anteriores. Se les atribuye edad Vindoboniense Superior-Pontiense Inferior. Es una formación margoyesífera en el centro de la cuenca, que pasa lateralmente a margocaliza al desplazarse hacia los bordes. La zona margoyesífera ocupa la zona

delimitada por los núcleos de población siguientes: Valladolid, Medina de Rioseco (Valladolid), Frómista (Palencia), Estepar y Roa (Burgos), Fuentidueña y Cuéllar (Segovia), e Iscar y Mojados (Valladolid), dentro de cuya área se encuentra la zona de estudio.

Litológicamente está formada por margas blancas, margas con yeso, margas calcáreas y algunos niveles de calizas margosas con algunos nivelillos arcillosos.

Superpuestas a estas facies del tramo intermedio se localizan las calizas de los Páramos, de edad claramente Pontiense, y que son las calizas objeto de nuestro estudio.

El yacimiento está constituido por la denominada "Caliza del Páramo" de edad Pontiense que, con una potencia que oscila entre los 1 y 15 metros, forma la superficie superior de los páramos. Se presenta de forma tabular y subhorizontal apoyándose en una alternancia de calizas y margas, ambas de tonos claros.

En la zona superior del yacimiento es frecuente la presencia de abundante arcilla de tonos oscuros, producto de la descalcificación de la caliza por disolución. También es normal en los tramos altos que la roca esté bastante fracturada y lajeada de forma irregular, como consecuencia de la acción erosiva de agentes externos.

En zonas más profundas se puede observar fenómenos de

karstificación, que imposibilitan la explotación de la roca debido a la formación de grandes cavernas. Esto sobre todo es visible en aquellas zonas con una mayor fracturación y por consiguiente mayor filtración de aguas superficiales.

El recubrimiento es variable, oscilando entre 0,40 y 2 m., aunque a veces llega a ser prácticamente nulo. El tipo es siempre arcillo-arenoso, haciéndose más arcilloso hacia las zonas más agrícolas.

El diaclasado es muy escaso y con un gran espaciamiento entre las diaclasas, pudiéndose obtener unas dimensiones de bloque del orden de 2,5 x 1,2 x 1,5 m.

El grave problema de este yacimiento es la existencia de numerosos "agujeros" en toda la zona, lo que condiciona enormemente la explotación racional de esta roca. Además, las técnicas son obsoletas y los métodos rudimentarios, con lo cual el desarrollo de la actividad minera es muy escaso. El sistema de extracción es el denominado corte con sierra y voladura, utilizándose barrenos de 32 mm de diámetro y 22 de espaciamiento con banqueador normal.

La extracción anual es pequeña, alrededor de 800 metros cúbicos y el número de operarios oscila entre 2 y 3.

III.- DESCRIPCION DE LA PIEDRA.

III. 1.- Descripción macroscópica

Macroscópicamente, esta roca se presenta como una caliza blanco grisácea, muy compacta y en ocasiones terrosa o margosa. Con frecuencia, presenta huellas de disolución, cavernosa y oquerosa, con algunas geodas rellenas de calcita, y a veces esta calcita también aparece en venillas.

Hay que destacar el hecho de que esta roca presenta similitudes con la caliza de Colmenar, descrita con anterioridad. No en vano, las dos rocas pertenecen al mismo nivel estratigráfico (Pontiense), aunque se localizan en dos cuencas que han sufrido una evolución distinta.

III. 2.- Descripción Petrográfica

Mineralogía:

Fundamentales: Calcita.

Accesorios: Cuarzo, arcilla glauconítica.

Esporádicos: Opacos (óxidos de hierro).

Descripción

Granos esferoidales de micrita con textura interna poco definida, cementados por esparita muy escasa de diversas granulometrías, lo que aparece con textura "grumelar". A veces aparece algún fósil (gasterópodos, algas, etc. El cuarzo es muy escaso (<1 %).

Los estudios petrográficos identifican a estas calizas como calizas dismicríticas (Según IGME, 1981), que corresponden a depósitos lacustres, de aguas poco profundas, posiblemente de edad Mio-Pliocena, de facies Pontiense.

Porosidad

Los poros son escasos y con forma suaves. Normalmente se encuentran parcialmente rellenos por esparita.

Clasificación

Caliza
(Dismicrita)

IV.- MONUMENTOS EN LOS QUE SE HA UTILIZADO "PIEDRA DE CAMPASPERO"

La utilización de este tipo de roca, tanto en forma de sillar como en piezas labradas, ha sido muy amplia en la zona central de la Comunidad de Castilla y León (Valladolid, Segovia y Sur de la provincia de Burgos).

Destacan las siguientes edificaciones construídas con esta piedra:

- Catedral de Valladolid.
- Universidad de Valladolid.
- Palacio de Santa Cruz (Valladolid).
- Iglesia de S. Pablo (Valladolid).
- Iglesia de S. Gregorio (Valladolid).
- Iglesia de Sta. María de la Antigua (Valladolid).
- Castillo de Peñafiel (Valladolid).

Asímismo, ha sido frecuente su uso en la construcción de los cascos urbanos de las localidades de la zona, como Median de Rioseco, Cuellar, Peñafiel, o el mismo Campaspero.

V.- USOS

La roca de Campaspero constituye un material que admite un escaso pulido, si bien, y teniendo en cuenta su grado de cohesión, la trabajabilidad es considerable, prestándose a la talla escultórica.

Ha venido siendo utilizada tanto en exteriores (paramentos y solados), como en interiores. Su aceptable resistencia al rozamiento hace que sea apropiado su empleo como material de construcción en formas arquitectónicas de tránsito (pavimentos de lugares públicos, asientos, etc.).

La resistencia mecánica a compresión bordea el límite tolerable para piedras de sillería, por lo que es desaconsejable el empleo de la misma bajo esta función.

PIEDRA DE COLMENAR

CL - INDICE

I.	ANTECEDENTES	-- CL 2 --
II.	DESCRIPCION DE LA CANTERA	-- CL 2 --
III.	DESCRIPCION DE LA PIEDRA	-- CL 7 --
III.1.	Descripción macroscópica.	-- CL 7 --
III.2.	Descripción petrográfica	-- CL 9 --
IV.	MONUMENTOS EN LOS QUE SE HA UTILIZADO PIEDRA DE COLMENAR	-- CL 12 --
V.	USOS	-- CL 15 --

PIEDRA DE COLMENAR

I.- ANTECEDENTES.

Las calizas de Colmenar de Oreja, población situada en las proximidades de Madrid capital, han sido utilizadas desde el siglo XVIII en la construcción de diversos palacios y monumentos de la capital de España y poblaciones cercanas como es el caso de Aranjuez.

II.- DESCRIPCION DE LAS CANTERAS.

Las canteras de Colmenar de Oreja se sitúan al NE de la villa del mismo nombre, en el páramo del interfluvio de los ríos Tajo y Tajuña. A su vez, se localizan en la hoja nº 606 (CHINCHON) a escala 1:50.000 del Mapa Topográfico Nacional. El acceso se realiza desde el mismo pueblo tomando la carretera que va a Valdelaguna,

desviándose a la izquierda en el km 1,5 desde Colmenar.

Geológicamente, dichas canteras se ubican en en la Cuenca Neógena de Madrid y, más concretamente, en la Unidad Superior de la misma.

En la denominada Cuenca de Madrid se pueden distinguir tres unidades (DAPENA ET AL., 1988):

- Unidad Inferior, o salina, bien representada a lo largo de los valles de los ríos Tajo y Tajuña, caracterizada por la presencia de anhidrita con niveles continuos de sales sulfatadas sódicas.
- Unidad Intermedia, caracterizada en la zona objeto de estudio por la presencia de yesos detríticos y yesos crema, usados en la industria local de fabricación de aglomerantes de yeso.
- Unidad Superior; comienza con un sistema fluvial, con abundantes materiales terrígenos, que evoluciona hacia la parte superior a calizas, que son las que son objeto de explotación desde al menos el siglo XVIII.

La génesis de estas calizas, ha sido atribuída a un medio

lacustre, sin embargo, los últimos estudios petrográficos y sedimentológicos realizados en la Facultad de Geológicas de la UCM por Ordóñez y García del Cura y la comparación con medios actuales y paractuales del Centro de la Península, inclina a pensar en un medio fluvial de baja energía, con episodios de facies tobáceas, estromatolíticas y oncolíticas, que alternan con facies palustres de estancamiento (y desarrollo de lagos pluviales). Amplios procesos diagenéticos tempranos de microkarstificación y cementación relacionados con emersiones temporales producen una litificación del material y el desarrollo de algunas formas de porosidad características de la piedra de Colmenar.

De manera general y al igual que se ha podido comprobar en otros lugares de la cuenca, sobre estos niveles de calizas de gran pureza, existen episodios de arcillas de composición paligorsquítica, que se intercalan con niveles decimétricos de calizas.

El conjunto de la cantera presenta buzamientos a veces superiores a los 15°, sin direcciones predominantes y dando el aspecto de un material colapsado en relación con los depósitos salinos infrayacentes. Por otra parte, un importante proceso de karstificación y rubefacción ha afectado al conjunto dando lugar en algunos puntos a zonas afectadas por karstificación superiores a la decena de metros. Una superficie erosiva afecta al conjunto dando lugar a acumulaciones de "terra rosa" alóctona que ocupan zonas deprimidas sobre esta misma superficie.

Los bancos de calizas explotados reciben los nombres de :

<u>Nombre</u>	<u>Potencia</u>
Cabezal	0,5-0,8 m
Banquillo	0,2-0,4 m
Sobrebanco	0,8-1 m
Gordo	1,2-1,8 m
Levante	0,4-0,7 m
Lastra	0,6-0,3 m
Vidrioso	0,1-0,8 m

Hay que destacar que no siempre están todos los bancos y que la identificación de los mismos no resulta fácil, aunque algunos como el vidrioso pueden identificarse fácilmente por su aspecto que le da el nombre, y el Banco Gordo por presentar un espesor bastante mayor que los demás. Cada banco está separado del anterior por un nivel arcilloso.

Actualmente la explotación se realiza a cielo abierto, pero hasta hace pocos años se hacía mediante labores subterráneas, que llegaron a su máximo esplendor hace dos siglos, cuando trabajaban en Colmenar de Oreja más de 350 cuadrillas de canteros. Básicamente el sistema de explotación consistía en explotar el Banco de Levante (de

ahí su nombre) y dejar caer el Banco Gordo. Se procedía a continuación a profundizar el Banco de Levante y se extraían de nuevo los bloques del techo. Según parece el sistema es bastante peligroso, pero dada la escasez de técnicas de desmonte era la única posibilidad de extracción, ya que el recubrimiento estéril era superior a 10 metros en bastantes puntos de la explotación. La extracción se favorecía, como se puede ver actualmente, por la abundancia de diaclasas verticales rellenas de arcillas que permiten el arranque de los bloques sin usar procedimientos mecánicos complejos.

En el frente de cantera que actualmente está en explotación a cielo abierto, se pueden observar perfectamente definidos el banquillo, el sobrebanco y el banco gordo. Por encima aparece el cabezal y las calizas descompuestas, y en un lateral se presenta el banco de levante y el banco vidrioso.

Los estratos aparecen formados por bloques con los planos de discontinuidad rellenos de material arcilloso y teñidos de óxidos de hierro. El interior de la roca en cambio aparece con fisuras limpias indicando que la circulación principal de agua se produce entre bloques, afectando escasamente a su interior, lo que es un indicio de la baja permeabilidad de estos estratos calizos.

III.- DESCRIPCION DE LA PIEDRA

La "Piedra de Colmenar" no es otra roca que la denominada genéricamente como "Caliza del Páramo". El uso de ésta última variedad está muy extendido, ya que sus explotaciones se corresponden con niveles calcáreos poco profundos, dispuestos en capas subhorizontales, a lo largo de las cuencas miocenas de las dos Castillas y del Valle del Ebro, conformando las típicas morfologías mesetarias (páramos).

III. 1.- Descripción macroscópica.

Las calizas de los bancos utilizados en las edificaciones de Madrid son, en general, carbonato cálcico muy puro con un contenido en carbonatos, determinado por análisis químico, superior al 99 %. Si bien en el " Banco Gordo" existen zonas de poca importancia en las que están presentes cuarzo y feldspatos del tamaño de arena fina.

Estas rocas generalmente están constituídas por calizas travertínicas, de color blanco, que en algunas zonas se tornan rojizas por descalcificación y posterior relleno kárstico. Se caracterizan también por el tamaño de grano fino, aspecto concrecional, gran proporción de vacuolas y estratificación grosera. Las vacuolas tienen su origen en la desaparición de restos vegetales por fermentación,

siendo estos huecos y algunas fisuras, rellenos ocasionalmente por calcita espática.

Estas calizas presentan así mismo abundantes fósiles como gasterópodos de agua dulce, tipo Planorbis, Lymnaeas y otros, fauna correspondiente al Pontiense, Mioceno Superior continental, apareciendo también oncoides.

Por último, hay que decir que los canteros de la zona conocen bien las características texturales de este excelente material. Cuando se trata de utilizarlo como roca ornamental (pulimentado se comercializa como mármol, aunque petrográficamente es una caliza) las oquedades de mayor tamaño se rellenan con resina sintética. La recristalización de calcita, anulando la porosidad fina es, en parte, responsable del buen comportamiento de la roca frente a su alteración. En efecto, la porosidad fina, debido a la afinidad de los materiales pétreos por el agua y por su alta superficie específica, es precisamente, la responsable de la retención de humedades. La porosidad gruesa, en cambio, presenta una rápida absorción de agua pero también es muy rápida su eliminación. "La piedra transpira muy bien". Además los principales procesos de deterioro como son la cristalización de sales y la congelación de agua, no son factores agresivos cuando se verifican en poros de gran diámetro, ya que el espacio existente permite absorber los cambios de volumen responsables de las tensiones sobre las paredes de aquellos.

III. 2.- Descripción petrográfica

Petrográficamente, se trata de una caliza prácticamente pura, con calcita como único mineral. Texturalmente aparece como una micrita plagada de numerosas cavidades tapizadas de cristales de calcita, que en los poros más pequeños llega a colmar totalmente el espacio interior, mientras que en los mayores deja una zona central sin ocupar. Probablemente su origen haya que buscarlo en lodos micríticos con abundantes elementos orgánicos, seguramente algas. Procesos posteriores han debido hacer desaparecer estos elementos quedando sus moldes en el lodo. La circulación de aguas cargadas de carbonato a través de esta red de oquedades debió precipitar calcita en las paredes, hasta rellenar completamente la porosidad más fina.

Según DAPENA et al (1987), el origen de los carbonatos en cada uno de los bancos podría ser el siguiente:

BANCO VIDRIOSO. Constituido por micrita fosilífera, algo glumelar en la base, con porosidad fenestral tapizada de pequeños cristales de calcita. Abundan las charáceas que hacia el techo dejan paso a gasterópodos cuyos moldes están cementados, apareciendo totalmente rellenos de calcita esparítica, más o menos gruesa, transparente a simple vista y a la que los canteros denominan "lastra". Este banco presenta algunos indicios de estructura estromatolítica.

BANCO LEVANTE. Es una caliza fosilífera, formada por micrita fosilífera y biomicrita de charáceas, con un nivel a techo de biomicrita de ostrácodos, formada por pequeños fragmentos de ostrácodos orientados y conteniendo cuarzo y feldespatos de tamaño aleurita (0,004-0,06 mm). Abundan en este banco las masas microesparíticas rellenando cavidades de tamaño variable. En posición intraparticular aparecen algunos puntos opacos.

BANCO GORDO. Es una caliza fosilífera fundamentalmente de charáceas, que conservan en diferente grado su porosidad intraparticular. Los ortoquímicos presentan una proporción variable dentro del banco. En la base predomina micrita, y hacia el techo aumenta el contenido de esparita. Esta tendencia se rompe en el techo del banco formado por biomicrita de ostrácodos, para dar paso dentro del mismo banco, a caliza arenosa constituida por micrita con cuarzo, feldespatos de tamaño de arena fina y masas dendríticas de óxidos.

SOBREBANCO. Se trata de una caliza fosilífera formada por micrita con charáceas y gasterópodos, aumentando el porcentaje de éstos últimos hacia el techo, pero con un hueco central relleno de cristales grandes.

BANQUILLO. Se trata de una caliza glumelar fosilífera en la que abundan las charáceas, pero también hay restos de gasterópodos (helícidos), muy bien conservados y homogéneamente orientados, así como grandes fragmentos de ostrácodos. La porosidad

intraparticular disminuye hacia la base del estrato, rellena con cemento calcítico de tamaños de cristal mayores hacia el centro del poro.

En el " Banquillo" son frecuentes las bioturbaciones, total o parcialmente rellenas de sedimento pelitizado.

En lo que se refiere a fracturas y poros, hay que decir que a nivel de lámina delgada en estas rocas calizas, no se detectan fracturas.

La porosidad primaria debe ser la más importante, ya que los tallos de las charáceas e incluso los oogonios aparecen huecos, así como la mayor parte de los ostrácodos, que están enteros, mientras que los moldes de los gasterópodos están parcialmente rellenos (DAPENA et al. 1.987).

Los poros centrales del interior de los tallos de las charáceas varían de 0,1 a 0,5 mm de diámetro, alcanzando un tamaño máximo de 0,9 mm y su longitud puede alcanzar varios centímetros. Los poros periféricos alcanzan un diámetro máximo de 0,1 mm y los de diámetro menor suelen estar rellenos de carbonato cálcico.

Además, es muy frecuente encontrar poros tapizados de cristales de calcita, sobre todo en los bancos " cabezal" y "gordo", lo

cual contribuye al aspecto característico de la piedra de Colmenar.

IV.- MONUMENTOS EN LOS QUE SE HA UTILIZADO "PIEDRA DE COLMENAR"

Según datos bibliográficos recogidos en numerosas fuentes de documentación, las principales obras y esculturas realizadas en este tipo de piedra son las siguientes:

- Las estatuas de S. Isidro y Santa María de la Cabeza, situadas en el Puente de Toledo de Madrid y esculpidas por Juan Ron Villabrille.
- En Madrid igualmente se encuentra una plaza semicircular decorada de obeliscos de granito (Plaza de las Pirámides), cuyo zócalo es de caliza de Colmenar.
- La Puerta de Toledo, en Madrid, proyectada por Antonio López Aguado en 1817.
- La Puerta de Alcalá, en Madrid, obra de Francisco Sabatini (1769-1778) se realizó en granito y Piedra de Colmenar.
- El Palacio de Aranjuez y la Casa del Labrador, obras situadas

en el municipio de Aranjuez (Madrid), tienen fábrica y cornisas realizadas en caliza de Colmenar.

- En el Palacio de Oriente , en Madrid, existen diversas obras de fábrica y esculturas realizadas en esta piedra, como son la Plaza de Armas, actualmente denominada Plaza de La Armería, en la que se colocaron 5600 metros cuadrados de piedra en el año 1972, zonas de las fachadas del propio Palacio, también se empleó esta piedra en la desaparecida columna colosal de Fernando VII, reflejándose en la documentación estudiada el aprecio que tenía el pintor Velázquez hacia este tipo de piedra, y por último también se puede observar en las estatuas que jalonan las fachadas principales del Palacio de Oriente, encargadas por el benedictino Fray Martín Sarmiento en el siglo XVIII, y que representan a Sancho el Mayor de Navarra, el Conde García Fernández, el Emperador Moctezuma y el Emperador Atahualpa.

- La Biblioteca Nacional, en Madrid, realizada en 1866-69, tiene fábrica en piedra de Colmenar.

- La Puerta de Hierro, en Madrid, está construída en granito y caliza de Colmenar.

- La mayor parte de las fuentes monumentales de Madrid,

proyectadas en el siglo XVIII, están realizadas en Piedra de Colmenar, como son la desaparecida Fuente del Paseo de Atocha diseñada por Saqueti en 1745, tres desaparecidas Fuentes situadas en el Prado de San Jerónimo diseñadas también por Saqueti en 1749, y es también muy probable que la Fuente de Los Galápagos de Ventura Rodríguez (1770) también lo sea.

- Museo del Prado de Madrid.

- Observatorio Astronómico de Madrid.

- Casa de Velázquez, proyectada por el arquitecto Velázquez a finales del siglo XIX y situada en el Parque del Retiro de Madrid.

- Parte de la fábrica del Ministerio de Agricultura (antiguo Ministerio de Fomento) y del edificio de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas, ambos proyectados por el arquitecto Velázquez y situados en Madrid.

V.- USOS

La piedra de Colmenar es uno de los tipos de piedra más utilizados en la Comunidad de Madrid, si bien su uso más amplio ha sido la elaboración de elementos decorativos que destaquen sobre otros materiales pétricos (por lo general, cromáticamente más oscuros), tal es el caso de la Piedra de Novelda ó los granitos de la sierra madrileña (piedra berroqueña), o como material de talla escultórica (fuentes, oranmentación de balaustradas, medallones, etc.).

El uso más habitual ha sido en forma de arcos o elementos lineales decorativos en cornisa y frisos (ej.: marcos de ventana), si bien, en épocas recientes su uso se ha ampliado al de paramento exterior.

Es frecuente su uso como elemento de solado y de fábrica, en escaleras, balaustres y plintos.

Es un material que posibilita pulido, si bien no adquiere la categoría de "roca noble", admitiendo moderadamente las operaciones de abujardado y rascado.

PIEDRA DE ESPERA

EP - INDICE

I.	ANTECEDENTES	-- EP 2 --
II.	DESCRIPCION DE LA CANTERA	-- EP 2 --
II. 1	Encuadre geológico	-- EP 3 --
III.	DESCRIPCION DE LA PIEDRA	-- EP 6 --
III.1	Descripción macroscópica. . .	-- EP 6 --
III.2	Descripción petrográfica . . .	-- EP 7 --
III.3	Características técnicas . . .	-- EP 9 --
IV.	MONUMENTOS EN LOS QUE SE HA UTILIZADO PIEDRA DE ESPERA . .	-- EP 12 --
V.	USOS	-- EP 13 --

PIEDRA DE ESPERA

I.- ANTECEDENTES

La roca conocida bajo la denominación "Piedra de Espera" ha venido siendo utilizada desde el siglo XIV (primeros datos bibliográficos), como material para la construcción de importantes edificaciones en el sector centromeridional de la comunidad andaluza, dentro de las cuales destaca por su importancia la construcción de las Fachadas exteriores de la Catedral de Sevilla.

II.- DESCRIPCION DE LAS CANTERAS

La extracción de esta variedad de piedra se ha centrado exclusivamente en los afloramientos existentes en las proximidades de la localidad de Espera, al NE de la provincia de Cádiz, en la estribaciones del dominio Bético.

De forma más concreta, la explotación mayor se ubica en el paraje denominado Cantera de El Molino, actualmente propiedad de

los Hnos. Garrucho, a la entrada al pueblo de Espera por la carretera que proviene de Arcos de la Frontera. Se distinguen más al N. del pueblo, en la falda del cerro del Castillo (o Ermita), unos huecos a media ladera de menores proporciones que el anterior.

Las explotaciones están sin actividad hace bastantes años, si bien, las dimensiones de la misma, en cuanto a altura de frentes y avance de los mismos hablan de la importancia e intensidad con que hubieron de ser explotadas en el pasado.

En la cantera de El Molino, se pueden apreciar escuadras tallados en el mismo afloramiento rocoso, así como numerosos bloques desprendidos, por lo que puede afirmarse que la explotación se realizaba por el procedimiento de extracción "pieza a pieza". Los bloques, con forma paralelepípedica y dimensiones menores al sillar ("sillarejo" o "sevillano"), se trabajaban a pie de cantera y transportados a su lugar de colocación, generalmente a no más de 50 Km. de distancia.

II. 1.- Encuadre geológico del yacimiento

El dominio estratigráfico al que corresponde la zona de estudio es el denominado de las series margo-arenosas del Mioceno superior-Plioceno, dentro de la cuenca sedimentaria de Arcos de la Frontera-Bornos, en la provincia de Cádiz.

Estratigráficamente el tramo donde se encuentra la "Piedra de Espera" se corresponde con un conjunto detrítico formado por biocalcarenitas, de edad Messiniense (Terciario-Mioceno Sup.), por lo general de granulometría gruesa, presencia de Pectínidos como microfauna, cargándose, lateralmente y de forma paulatina, de arenas, llegando los tramos incluso a ser exclusivamente arenosos, tal y como se puede apreciar en el flanco oeste del sinclinal de Espera.

Este paquete descansa sobre un depósito de margas arenosas, de edad Trotoniense, correspondiente a un ambiente sedimentario de plataforma (margas de plataforma).

La potencia de la unidad de bioicalcarenitas es muy variable, llegando a alcanzar, en ocasiones, los 100 m. En el caso de la cantera de El Molino, la altura de frente, toda ella en este material, supera sin llegar a la línea de cumbres los 60 m. de altura.

En este área, el paquete sedimentario buza S 35° O, si bien este buzamiento varia de forma considerable, debido a dislocamientos producidos por un cortejo de fallas de desgarre, con direcciones predominantes N 70° E, de dirección derecha, y su conjugada N 160° E, de dirección izquierda. Así, al N de Espera aparece nuevamente el paquete, esta vez buzando ligeramente hacia el SE (afloramiento de la subida al Castillo).

Mas regionalmente, el depósito forma una serie sinclinal, de

con dirección de eje SO-NE, presentándose los pliegues más numerosos y apretados cuanto más hacia occidente, en tanto que hacia oriente estos son más amplios y laxos.

El tramo está formado por cosets de estratificación cruzada "festoon" o planar, de gran escala, sin presencia de arcilla, correspondientes a complejos sedimentarios de barras bioclásticas litorales.

Se ha observado, dentro del conjunto, discordancias que implican procesos de inestabilidad tectónica y consecuente erosión (núcleo urbano de Espera). Cabe pensar, así, para dicho periodo la existencia de diversas pulsaciones, en un régimen distensivo general, con el desarrollo final de pequeñas cuencas aisladas, de origen continental, en donde se depositaron las calizas con gasterópodos del Plioceno medio.

III.- DESCRIPCION DE LA PIEDRA

III. 1.- Descripción macroscópica

A simple vista, se trata de una roca muy heterogénea, con variaciones tanto en su color (de gris blanquecino al amarillo) como en su textura. La variación de textura irá en función de la proporción de arenas (clastos silíceos) frente a la microfauna de naturaleza carbonatada.

El tamaño de grano varía, desde medio en las variedades más compactas, hasta muy grueso.

La fauna, compuesta fundamentalmente por briozoos y globigerinoides de pequeño tamaño, proporciona a la roca un tono más claro, originando además una distribución irregular de la porosidad.

Se distinguen dos variedades bien definidas: la primera, con una mayor proporción de cuarzo (> al 10%), posee un color más amarillento, al bajar la proporción de carbonato cálcico y subir por el contrario el contenido en óxidos metálicos sobre todo el férrico (Fe_2O_3). Aparece con una textura grosera "grainstone" (Dunham, 1962), y su porosidad es más elevada que en la otra variedad, llegando

en ocasiones a ser tan bajo su grado de cohesión que se rompe bajo presión.

La segunda, con una proporción de cuarzo mucho menor (< 5%), posee un tono más claro, casi grisáceo. Esta variedad, más cementada, y por tanto más competente, es la que mejor se trabaja debido a su mayor cohesión. Su índice de poros es menor y por tanto su coeficiente de absorción es relativamente inferior.

Predomina la microporosidad ($r < 7,5 \mu\text{m}$) frente a la macroporosidad ($r > 7,5 \mu\text{m}$).

III. 2.- Descripción petrográfica

Mineralogía:

Fundamentales: Calcita

Accesorios: Cuarzo

Esporádicos: Opacos (óxidos de hierro).

Descripción

Abundantes fósiles con textura micrítica empastados en un cemento de esta misma naturaleza. La proporción de cemento a clastos es escasa (1/10). Los óxidos de hierro son relativamente abundantes (5 %). El cuarzo es, por el contrario, mucho más escaso (< 3 %).

El contenido fosilífero está formado por briozoos y globigerinoides, con esporádicos intraclastos de naturaleza esparítica estos últimos.

Aunque por su mineralogía sería más correcto clasificarla como biomicrita, por su aspecto macroscópico granular y la escasez de cemento, se la clasifica como calcarenita.

Porosidad

La porosidad alcanza el 7 % de la preparación y en parte se debe a la misma estructura del contenido fosilífero. El diámetro de poro es en general pequeño (50 μm). Morfológicamente aparecen como oquedades de forma irregular con bordes suaves.

Clasificación

Biocalcarenita.
(Biomicrita)

III. 3.- Características técnicas

Según Villegas, R. (1.989)

Densidad	g/cm ³	1,7
Porosidad Hg (%)		23,10
Porosidad H ₂ O (%)		27,74
Macroporosidad	(r > 7,5 μm) (%)	5,85
Microporosidad	(r < 7,5 μm) (%)	17,25

Composición química media (%)

PARAMETRO	A	B
Pérdida por calcinación	37,9	42,30
SiO ₂	11,0	2,60
CaO	46,20	52,5
Al ₂ O ₃	1,6	0,5
Fe ₂ O ₃	1,2	0,4
MgO	0,5	0,9
SO ₃	0,4	0,2

Predomina la microporosidad ($r < 7,5 \mu\text{m}$) frente a la macroporosidad ($r > 7,5 \mu\text{m}$).

La dureza superficial media es sensiblemente menor (65 frente a 105 de las rocas más compactas) en la variedad con más cuarzo, debido a su mayor porosidad y menor compacidad.

La velocidad del sonido varía entre 3.200 y 3.820 m/s

El ángulo de contacto con el agua es de $64,8^\circ$, siendo el tiempo de absorción total de las gotas de unos 6 seg.

Absorción de agua por capilaridad

	T	I	E	M	P	O	
	5'	3h	6h	1d	3d	5d	8d
Incremento de peso (gr/cm ³)	0,04	0,15	0,22	0,45	0,72	0,83	0,88

Absorción de agua por inmersión

Incremento de peso (gr/cm³)

	T I E M P O									
	1'	15'	1h	6h	1d	2d	3d	6d	8d	9d
a	106,2	172,7	183,7	194,4	202,2	207,6	212,7	217,8	225,7	230,7
b	45,6	65,6	72,9	85,2	93,8	96,7	99,5	103,2	104,7	106,5

IV.- MONUMENTOS EN LOS QUE SE HA UTILIZADO PIEDRA DE ESPERA

Entre las edificaciones monumentales donde se ha empleado este tipo de roca, destacan:

- Catedral de Sevilla. Después de la Piedra Palomera procedente del Pto. de Sta. María, es el segundo material pétreo más utilizado en la construcción de sus fachadas.
- Ayuntamiento de Sevilla.
- Iglesia de Santa María de Arcos de la Frontera (Cádiz)

- Iglesia Mayor de Espera

- Castillo-Ermita de Espera.

V.- USOS

La piedra de Espera ha sido utilizada ancestralmente como piedra de sillería (facies más cementadas y menor proporción de clastos) y paramento exterior. Es una roca, que debido a su textura no admite pulido, siendo su trabajabilidad aceptable debido a la moderada dureza superficial.

En la actualidad, no existen canteras ni talleres de cantería que trabajen este tipo de piedra, a pesar de su importancia dentro de la arquitectura andaluza. La restauración de los conjuntos elaborados con esta piedra se reduce a la simple sustitución con Piedra Palomera o otras variedades de calcarenitas, presentes en la zona.

PIEDRA DE ESTEPA

ES - INDICE

I.	ANTECEDENTES	-- ES 2 --
II.	DESCRIPCION DE LA CANTERA.	-- ES 3 --
II. 1.-	Encuadre geológico	-- ES 6 --
III.	DESCRIPCION DE LA PIEDRA	-- ES 10 --
III.1.-	Descripción macroscópica.	-- ES 10 --
III.2.-	Descripción petrográfica	-- ES 12 --
III.3.-	Características técnicas	-- ES 14 --
IV.	MONUMENTOS EN LOS QUE SE HA UTILIZADO PIEDRA DE ESTEPA	-- ES 20 --
V.	USOS	-- ES 21 --

PIEDRA DE ESTEPA

I.- ANTECEDENTES

La denominación genérica "Piedra de Estepa" engloba a todas aquellas variedades de roca, de naturaleza calcárea, que se vienen explotando en el área de las localidades de Gilena, Estepa y Pedrera, al S. de la provincia de Sevilla, limítrofe con la provincia de Málaga. El centro de este área viene determinado por las siguientes coordenadas UTM:

$$X = 332.000 \text{ m.}$$

$$Y = 4.126.000 \text{ m.}$$

Tradicionalmente, este tipo de roca ha venido siendo utilizada como roca de construcción (piedra de sillería y paramento), pero en los últimos tiempos, las variedades que admiten un mejor pulido han orientado su uso hacia el empleo como roca ornamental. Se estima que, en la actualidad, el empleo de esta roca como roca de construcción (excepto áridos) asciende al 8-10% de la producción, siendo éste de un marcado carácter local.

Es una roca con una fácil trabajabilidad.

La zona abarca la zona E. de la hoja topográfica 1.005 (Osuna) y la O. de la hoja 1.006 (Benamejí), del MTN a escala 1:50.000.

Las explotaciones se hallan en faldas de ladera, bordeando las elevaciones montañosas de la zona, como son la Sierra de la Cruz, Sierra Becerreros, Cerro Pleites, Loma de Flores, Cerro del Martillo, Moralejo, etc...

Se accede a los terrenos de interés por la carretera Nacional 334, de Sevilla a Málaga, que discurre en sentido SO-NE de la misma. Otras vías de comunicación importantes son al O. la carretera comarcal Estepa-Gilena-Pedrera y la local de Pedrera a La Roda de Andalucía.

Al S. del área estudiada discurre el ramal ferroviario Marchena-Bobadilla.

La vegetación en los cerros se limita al monte bajo, componiéndose únicamente de olivar las áreas más bajas.

II.- DESCRIPCION DE LAS CANTERAS

La mayor concentración de canteras activas (12) se ubican en los alrededores de la población de Gilena. Aparte de las que se

dedican a la extracción de bloques comerciales para su proceso y posterior beneficio como roca ornamental o de sillería (8) existen otras que dedican su actividad a la producción de áridos, blanqueantes, fabricación de cal y elaboración de productos cerámicos.

La preparación de las explotaciones, todas a cielo abierto, se realiza desmontando el recubrimiento margoso, a veces de hasta 10 m. Por lo general, también es necesario el desmonte de las capas de calizas nodulosas y brechoides que ocupan los borde de ladera de las elevaciones montañosas. El proceso continua, con el beneficio de las facies oolíticas y pisolíticas del nivel inferior.

El tamaño de grano de las explotaciones es pequeño, no superando ninguna de las explotaciones el empleo de más de 5 operarios. La producción oscila entre los 250-200 m³ brutos/año.

El método de arranque es mixto con perforación y voladura de precorte en los frentes y laterales de avance, realizándose el corte horinzotal de base mediante hilo helicoidal. La altura de banco oscila entre 1,5 y 3 m y el avance entre 2 y 6 m. La longitud de frente no supera los 30 m.

Las explotaciones constan por lo general de varios frentes (2 a 4) de pequeño tamaño, obteniendose bloques comerciales de 3,5 a 5 m³ (1,60 x 2 x 1,5 m).

La carga del bloque se efectua mediante pala de ruedas, y el transporte hacia los centros de transformación se realiza en camiones.

El aprovechamiento de bloques útiles es muy bajo, estimandose en 15-25 %. Los parámetros en este índice tan bajo es la presencia de "pelos", "pegas", procesos de karstificación (oquedades, pocillos) y presencia de arcillas de descalcificación.

Para la transformación de los bloques en productos elaborados existen en la zona cuatro factorias activas de cierta importancia. Tres están situadas en la localidad de Gilena y una en Estepa.

Existe un ligero comercio exterior de los bloques hacia zonas limítrofes dentro de la provincia de Sevilla (Lebrija y Morón de la Frontera). El rendimiento de estas factorias es alto debido a la poca dureza de la piedra, su uniformidad y el empleo de modernos telares con flejes diamantados y discos de gran diámetro. Se dispone asimismo de mesas de púlido y abujardado automático. El número de obrero supera para cada uno de estos centros de transformación los 15 operarios.

Destacan por su importancia los telares de las Sociedades, Piedras y Mármoles San Isidoro S.A. y Hnos. Rodriguez Reina S.A. de Gilena y Marmolería Estepeña, S.A.L en Estepa .

II. 1.- Encuadre geológico

El área de extracciones se encuentra dentro de la denominada Zona Subbética de las Cordilleras Béticas, las cuales configuran la parte más occidental de las cadenas alpinas.

El dominio geológico es el Subbético externo, el mas al N. de la zona Subbética, que se corresponde con el área del talud que enlaza con el dominio prebético, un pequeño surco de depósitos turbidíticos y un umbral que separa este surco de la parte más profunda, el Subbético medio, caracterizándose por la discontinuidad entre determinados tramos litológicos. Este hecho provoca que los conjuntos de rocas más competentes, como es el de nuestro caso, aparezcan divididos en bloques, separados por las masas de materiales incompetentes.

En este dominio geológico afloran rocas sedimentarias mesozoicas marinas y miocenas inferiores, junto con un Trias semejante al germánico, por lo que se denomina Trias germano-andaluz.

Una característica estratigráfica es la variabilidad de las series debido a una subsidencia diferencial interna durante el Jurásico-Cretácico, y la presencia de rocas volcánicas básicas (ofitas) en épocas

de mayor subsidencia.

Los materiales del área tienen un carácter alóctono, con traslaciones de los paquetes sedimentarios por mecanismos de deslizamiento por gravedad.

Estratigrafía

Los niveles explotados se encuentran a techo de un conjunto de capas de dolomías blancas y grises, mal estratificadas, con laminaciones presentando un límite superior difuso con las calizas del Jurásico medio.

El paquete de calizas del Jurásico medio comienza con una capa de calizas parcialmente dolomitizadas (mayor dolomitización a muro). A techo se encuentran unas calizas grises y blancas, masivas en bancos potentes en las que no se observa estratificación. Por encima se encuentran las calizas que con colores que van del blanco al crema, son las que actualmente se explotan al poseer una mayor índice de calidad de roca y una mayor canterabilidad. Estas calizas, oolíticas y/o pisolíticas, afloran frecuentemente con un aspecto granudo. Las capas están bien definidas, apreciándose los planos de estratificación.

Este conjunto es el que constituye las principales elevaciones montañosas de la zona (Sierra de Becerreros y Sierra de la Cruz),

dando una superficie aflorante bastante karstificada.

Los restantes materiales, ya de naturaleza margosa, presentes en la zona se encuadran cronológicamente dentro del Cretáceo-Terciario, ocupando las lomas de pendiente suave existentes entre las elevaciones montañosas (Jurásico medio).

Los materiales superiores (Cretácico sup. - Paleoceno), consisten en una alternancia de margas y margocalizas blancas y rosadas. El Eoceno viene representado por unas calizas de origen detrítico, que en la base pasan a ser facies más margosas.

Tectónica

La disposición tectónica de los materiales anteriormente citados es diferente según se trate de las formaciones postjurásicas o antecretácicas.

Las formaciones antecretácicas, que son las de nuestro interés, están superpuestas sobre el Cretácico, a favor de fallas inversas. Los paquetes del Jurásico medio constituyentes de las elevaciones montañosas presentan, por lo general, estructuras de domo anticlinal, vergentes al N.

Existen zonas donde los pliegues son estrechos, como sucede en el SE, y otras en donde son laxos.

Las familias principales de fracturación son: las principales, N 30-60° O y N 40-70° E, existiendo una familia secundaria de dirección N-S.

Litología

El único nivel susceptible de ser explotado como roca de construcción es el de las calizas oolíticas del Jurásico medio (Dogger Sup. -Kimmeridgiense), debido a su mayor homogeneidad textural y su poca variación cromática.

Estas calizas tienen un color blanco a blanco crema, con un tamaño de grano medio a grueso, destacando los oolitos en los afloramientos, proporcionando a la roca una textura granuda. Los oolitos, muy raramente llegan a tener un tamaño superior a 0,5 cm., si bien este hecho, no está generalizado. La potencia de este paquete supera, en muchas ocasiones los 100 m, considerándose por algunos autores (IGME, 1982) la potencia media como de 80 m. Las reservas son importantes, estimándose existan unos 1.000 millones de metros cúbicos. La estratificación del paquete es difusa, buzando el mismo en idéntico sentido que la pendiente topográfica.

Diaclasado

La red de diaclasado es muy irregular existiendo áreas atravesadas por fracturas en todas las direcciones, y por el contrario, en otras no aparece fracturación alguna, dando al macizo calcáreo un aspecto liso y uniforme. Se ha podido comprobar que el sistema de fracturación está generalmente ligado a planos de falla.

Se observa que la fracturación es aprovechada por el agua para karstificar el paquete, estando en muchos casos las oquedades y pocillos producidos por este proceso, rellenas de arcillas residuales de descalcificación. Así mismo, son frecuentes los veteados de fracturillas rellenas de calcita de neoformación (recristalizada)

III.- DESCRIPCION DE LA PIEDRA

III. 1.- Descripción macroscópica.

La roca en cuestión es un material "no noble", si bien en la zona de influencia, de ámbito comarcal, es frecuente su empleo.

Se trata de una caliza oolítica de color crema con tonos

blancuzcos y rosados en ocasiones, con tamaño de grano medio, y textura granuda uniforme. A veces aparece vetado por recristalización de calcita en las microfracturas. Así mismo presenta frecuentemente oquedades de tamaño por lo general inferior a 2 cm.

Los oolitos suelen ser heterométricos, si bien hay predominio de los milimétricos. A veces superan el centímetro.

El aserrado es fácil debido a su poca dureza.

La calidad de pulido es únicamente aceptable debido a la notable porosidad y a las numerosas oquedades que suele presentar, si bien este queda muy vistoso aún sin aplicar abrillantador.

Variedades.

Bajo la denominación de Piedra de Estepa se comercializan varios tipos de roca:

- Matagallar (blanda) explotada en la cantera del Km. 10 de la Ctra. Gilena-Pedrezuela.
- Atanores (Var. Rosa, con abundantes betas rellenas de calcita), explotada en el Cerro Higuera (Cañada de los Majanos al E. de Gilena)

- Emperador (crema oscuro), explotada en la Ctra. de Estepa- La Roda Andalucía, Km 5.

- Crema Sevilla o Juncarejo, es la más importante. Se explota en la Sierra de la Cruz Es una caliza oolítica de grano medio a grueso de tonalidades blanco-crema y dureza aceptable. Admite púlido. Presenta veteado.

- Crema Gilena (más blanca que la variedad Crema Sevilla), explotada en el Cerro Pinraque y Cerro Moralejo. Es de color crema, con abundantes recristalizaciones de calcita con textura granuda. A veces aparecen manchas negras oscuras debido a la presencia de óxidos de Manganeso.

III. 2.- Descripción petrográfica

Mineralogía:

Fundamentales: Calcita (micrita fundamentalmente).

Accesorios:

Esporádicos: Filosilicatos, óxidos de hierro.

Descripción

Bioclastos, pellets, oolitos e intraclastos constituidos por micrita, cementados por esparita, muy escasa. La granulometría es variable, observándose 3 tamaños tipo de grano: granos de aproximadamente 1 cm de diámetro en forma de rodolitos, otros de diámetro alrededor de 0,5 mm (peloides y algunos oolitos) y por último granos de aproximadamente 100 micras constituyendo pellets. Frecuentemente, no se distingue estructura interna en los elementos clásticos de aspecto redondeado, siendo difícil precisar su naturaleza. Según la clasificación de Dunham (1962) para carbonatos, la textura es del tipo "grainstone" (granuda). Los poros, abundantes, se aprecian de tamaño variable y por lo general intergranulares.

Porosidad

Los poros muy escasos (< del 3 %), encontrándose tapizados por finos cristalitos de esparita que a veces llegan a colmar el espacio vacío.

Clasificación

Caliza compacta
(Bioesparita)

III. 3.- Características técnicas.

Fuente IGME-1982

PARAMETRO	VALOR
Peso específico (gr/cm ³)	2,759-2,782
Coef. absorción (%)	1,393-1,925
Resistencia a compresión (Kg/cm ²)	1.548,36-1567,27
Resistencia a flexión (Kg/cm ²)	313,51-380,71
Desgaste por abrasión (Coef.)	714,43-714,70
Módulo de heladicidad (Pérdida peso en gr.)	0,1-0,2

Caracterización hídrica

Fuente: Esbert et al (1.991)

PARAMETRO	VALOR
Densidad roca seca (g/cm^3)	2,31 - 2,48
Porosidad abierta n_o	8 - 14
Contenido en humedad de saturación W_s (%)	3 - 6
Grado de saturación S_r (%)	97 - 98
Coef. de capilaridad ($\text{kg/m}^2 - \text{h}^{1/2}$)	13 - 30

Alterabilidad

Análisis cuantitativo

EXPERIENCIA ALTERATIVA	VALOR (% Pérdida en peso)
Humedad - sequedad	0
Hielo - deshielo	0 - 0,04
Cristalización de sales	0,5 - 4,5

- (*) Número de ciclos de cristaliz. de sales: 10 ; y ataque con soluc. de sulfato sódico decahidratado al 14%

Análisis cualitativo

La alteración de la roca (sobre todo por el ensayo de ataque salino) se traduce en desagregación grano a grano. Aparecen también fracturas en caras y saltación en bordes, con esporádicas desconchaduras favorecidas por microfisuración preexistente.

Porometría (Alonso, F.J., 1.991)

P A R A M E T R O	V A L O R
Porosidad abierta n_o (%)	8,8 - 13,8
Macroporosidad (%) ($r > 7,5$ μm)	0
Microporosidad (%) ($r < 7,5$ μm)	8,8 - 13,8
Porosidad atrapada n_p (%)	5,2 - 6,4

(*) Muestras analizadas procedentes de cantera.

Características deformacionales estáticas

PARAMETRO	VALOR
Resistencia a compresión uniaxial R_c (MPa)	41 - 102
Módulo de Young tangencial E_t (MPa x 10^3)	1,5 - 5
Módulo de Young secante E_s (MPa x 10^3)	1,9
Umbral de microfisuración mecánica UMM (% R_c)	60-80

Características deformacionales dinámicas

PARAMETRO	VALOR
Velocidad ondas longitudinales V_L (m/s)	4.700 - 5.420
Velocidad ondas transversales V_T (m/s)	2.085 - 2.700
Módulo de Young dinámico E (MPa x 10^4)	2,75 - 4,7
Módulo de Poisson dinámico ν	0,35 - 0,45

Resumen

Valores aceptables en cuanto a peso específico

Coefficiente de absorcion de agua es elevado

Resistencia a compresión es baja-aceptable

Resistencia a flexión es baja-aceptable

Desgaste por rozamiento es elevado

Módulo de heladicidad es bajo-aceptable

**IV.- MONUMENTOS EN LOS QUE SE HA UTILIZADO
"PIEDRA DE ESTEPA".**

Como Monumentos más importantes en donde se ha empleado Piedra de Estepa para su construcción y/o restauración cabe citar los siguientes:

- Catedral de Sevilla (Puertas fachadas N y S, torrecillas restauradas)
- Monumento de las Cortes de Cádiz (Cádiz)
- Colegiata de Osuna (Osuna)
- Fuente de Mercurio (Sevilla)
- Puerta de Jerez (Jerez)

Así mismo, se usa con mucha asiduidad en el área comarcal de extracción, bien como pavimento pulido, paramentos pulidos o no, e

incluso en la realización de alguna talla.

V.- USOS

La estructura de estas rocas, su composición mineralógica y el relativamente elevado coeficiente de absorción, otorga a estos materiales un grado de alterabilidad que aconseja sean destinados preferentemente a interiores, y si añadimos su baja resistencia al desgaste, a zonas que estén sometidas a escaso tránsito.

Pese a este aspecto, la piedra de Estepa se viene utilizando frecuentemente en la zonas de zócalo de paramentos exteriores (zonas de mayor grado de humedad), así como material de pavimentado en escaleras.

PIEDRA DE NOVELDA

NV - INDICE

I.	ANTECEDENTES	-- NV 2 --
II.	DESCRIPCION DE LA CANTERA	-- NV 4 --
III.	DESCRIPCION DE LA PIEDRA	-- NV 18 --
III.1.	Descripción macroscópica.	-- NV 18 --
III.2.	Descripción petrográfica	-- NV 21 --
IV.	MONUMENTOS EN LOS QUE SE HA UTILIZADO PIEDRA DE NOVELDA . .	-- NV 23 --
V.	USOS	-- NV 26 --

PIEDRA DE NOVELDA

I.- ANTECEDENTES.

La denominada en la literatura como "Piedra de Novelda", es en realidad un tipo de piedra, petrográficamente calcarenita del Mioceno, que se explota o se ha explotado en una amplia zona que abarca parte de la provincia de Alicante y diversos puntos de la provincia de Murcia (Abarán, Cieza, Pinoso, etc..).

Esta calcarenita, que describiremos petrológicamente más adelante, aflora en una gran extensión y, geológicamente se presenta en bancos a menudo con una inclinación muy pequeña, lo que ha favorecido desde muy antiguo su explotación. Esto además se une a la gran facilidad de labrado, lo que hace que se considere como una de las piedras más utilizadas durante el siglo XX, en la construcción.

En base a poder elegir la piedra más representativa de entre las numerosas explotaciones de este tipo de calcarenita, y de acuerdo con las investigaciones que se están efectuando de la piedra

de Novelda utilizada en monumentos, se visitaron las canteras más importantes, ya fuera abandonadas o en estado de actividad. Para ello se visitaron en la provincia de Alicante dos canteras abandonadas en el término municipal de Cocentaina (Alberri y Cerro de San Cristóbal), dos igualmente abandonadas en el término municipal de Monóvar (La Pedreta y Almorquí), tres abandonadas en el término municipal de Petrel (Ginebre, Sierra de Caballo y El Portazgo) y una cantera importante en actividad en el término municipal de Elda (Bateig). En la provincia de Murcia sólo hay que destacar una explotación de este tipo de piedra, que sigue en actividad intermitente y que se sitúa en Abarán, cerca de Cieza.

Del conjunto de todas ellas, se han seleccionado las de Almorquí y Bateig, debido no sólo a su importancia como piedra monumental en todo el siglo XX, sino porque actualmente, como es en el caso de Bateig, se sigue utilizando con gran profusión como material de construcción ya sea en España o incluso fuera de ella.

Sin embargo, y dentro del ámbito histórico, si hay que destacar alguna de las canteras anteriormente mencionadas, debido a su utilización en edificios o construcciones de interés histórico. Por ejemplo, de las explotaciones actualmente abandonadas de Ginebre y Sierra de Caballo, situadas en las cercanías de Petrel se obtuvo la piedra para el Banco de España (Madrid). En este mismo edificio y debido a la escasez de la piedra de Alicante, también se utilizó piedra procedente de la cantera de Abarán en Murcia, ya que ésta última

tiene características macroscópicas (color, textura, etc..) muy parecidas a las alicantinas.

Pero las explotaciones más importantes, y de las cuales se obtiene y se ha obtenido piedra para numerosas edificaciones, son las de Bateig, pudiéndose considerar como las más representativas de lo que antiguamente se conocía como "Arenisca de Novelda" y "Azul Murcia" (ésta última denominación probablemente coincide con lo indicado anteriormente sobre la calcarenita de Abarán).

II.- DESCRIPCION DE LAS CANTERAS

Como se ha mencionado en el apartado anterior, el área de explotación de esta calcarenita es muy extensa, y en su mayor parte las canteras se encuentran abandonadas. Así todo, creemos que es interesante realizar una breve descripción de aquellas que se encuentran en estado inactivo, ampliando la información de las únicas que se encuentran en actividad, como es el caso de Bateig.

Canteras situadas en el término municipal de Cocentaina

Alberri

Se trata de una cantera para piedra de mampostería y áridos situada en la partida Alberri, en terrenos del término municipal de Cocentaina.

El acceso se realiza desde la carretera nacional 340, en el núcleo urbano, por una carretera al lado derecho en dirección a Alcoy que conduce a una planta de áridos y de fabricación de hormigón y por una pista de tierra que une las instalaciones con la cantera situada en la Loma de Benifleta.

El yacimiento consiste en un afloramiento de calcarenitas bioclásticas de color crema, con tamaño de grano medio a grueso, que forma parte de otro de mayores dimensiones cartografiado en la hoja geológica de Alcoy como Mioceno indiferenciado predominantemente margoso.

La cantera es de planta circular con gran diámetro, tiene un frente con un banco único de 5 a 7 m. de altura. La mayor parte del mismo está excavado en una calcarenita muy deleznable, aunque en una zona pequeña del frente la roca está más cementada y se arranca por perforación y voladura, troceando los bolos obtenidos con martillo

hidráulico sobre orugas a tamaños que puedan ser manejados a mano.

Según la empresa explotadora el arranque de calcarenita coherente está a punto de abandonarse por falta de reservas. Antiguamente se obtenía piedra para sillería pero el material que se extrae actualmente se emplea como piedra de mampostería en la construcción de márgenes de bancales y en edificaciones de tipo rústico.

Cerro San Cristóbal

Cantera abandonada situada en el Cerro San Cristóbal, en las afueras y al oeste de Cocentaina.

El acceso se realiza desde la carretera nacional 340, antes de salir de la población en dirección norte, por una carretera a la izquierda de 1,2 km de longitud que conduce a una ermita y un parque y después por un camino de tierra que conduce a la cantera.

El yacimiento consiste en un afloramiento de calcarenitas miocenas, muy arcillosas, de color gris y tamaño de grano medio que ocupa una superficie de aproximadamente 20 ha en contacto discordante y mecánico con arcillas abigarradas, yesos y areniscas del Keuper.

La cantera lleva abandonada más de 15 años. Es de muy pequeñas dimensiones con un frente de forma irregular, con bancos inclinados a favor de la pendiente de las capas y de la misma altura que la potencia de ellas, alrededor de 0,5 m.

La roca del frente está fracturada subverticalmente, teñida de gris oscuro por efecto de la meteorización y con una diminuta vegetación de arbustos entre las diaclasas al igual que el resto del macizo rocoso, hasta el extremo de que la cantera podría pasar desapercibida si no existiese una pequeña escombrera situada a sus pies que rompe la continuidad horizontal de los bancales.

El material no puede ser empleado como una roca ornamental pulida y las condiciones de estratificación y fracturación impiden el arranque de bloques de tamaño mediano de los que pudieran obtenerse por corte con disco de diamante.

Por último, esta roca podría utilizarse como piedra de mampostería y sillería, pero la ubicación de la cantera muy próxima a un área recreativa del municipio, con casas veraniegas en sus inmediaciones y sin espacio material para el emplazamiento de las escombreras por la presencia de cultivos agrícolas, permiten suponer que difícilmente pueda llegar a ser reactivada.

En el parque próximo hay tableros de mesa y bancos labrados con esta roca.

Canteras ubicadas en el término municipal de Monóvar

La Pedreta

Cantera abandonada, situada en el término municipal de Monóvar, en el punto kilométrico 4 de la carretera que une La Romana con la carretera comarcal 3213 entre Monóvar y Pinoso, al lado izquierdo en dirección norte.

El yacimiento está representado por un afloramiento que, al igual que el de Almorquí (mencionado con posterioridad), está formado por biomicritas más o menos arenosas, de color blanco y muy porosas, estratificadas en bancos masivos con intercalaciones más margosas de pequeño espesor. Ocupa una superficie de 8 ha y está datado como Burdigaliense-Langhiense.

La roca explotada era una calcarenita con algo de arcilla y otros fragmentos de roca, de color beige claro y oscuro a veces, tamaño de grano de fino a medio, y estratificada en bancos de 0,5 a 2 m de potencia en dirección NE-SO, buzando 35° al SE. Se encuentra fracturada con montera algo meteorizada sin apenas vegetación.

La apariencia de la cantera es muy anárquica. El hueco es de

forma irregular y en gran parte está relleno con estériles que dejan ver algunos bancos de 0,5 a 1 m de altura que siguen la pendiente de las capas. La máxima altura del frente es de 15 m en la parte oriental y se halla por debajo de la cota del terreno circundante dedicado al cultivo de la vid. A diferencia de la cantera de Almorquí no se aprecian intercalaciones margosas.

Además, en la cantera se observan algunos bloques de tamaño mediano con caras lisas por corte con hilo helicoidal, y otras con señales de taladros de poco diámetro, paralelos y muy juntos, que posiblemente se hayan obtenido en la última fase de actividad de la cantera. Los estériles son fragmentos de pequeño tamaño y además de rellenar el hueco se encuentran también por las laderas como si hubiesen sido apilados a mano en una época anterior, en la cual no se empleaban medios mecánicos en la cantera.

Las condiciones de estratificación y fracturación parecen buenas para el arranque de bloques que puedan ser cortados y comercializados en forma de planchas sin pulir al igual que ocurre con el material de las canteras de Bateig. Existen dos factores negativos, las dimensiones del afloramiento y los estériles que rellenan el hueco de la cantera.

Almorquí

Cantera abandonada situada en terrenos del término municipal

de Monóvar en la que se ha explotado piedra para sillería, mampostería y bloques desde finales del siglo pasado hasta hace unos 10 años que fué explotada por una empresa denominada TORTOSA.

El yacimiento está constituido por una formación de 140 a 200 m de potencia de biomicritas más o menos arenosas, de color blanco y muy porosas, estratificadas en tres bancos masivos con intercalaciones arcillosas y margosas de color azul. Hacia el techo aparecen de forma neta pasadas areniscosas de mediano espesor.

La unidad aflora en una superficie de aproximadamente 130 ha y aparece datada en la hoja geológica de Pinoso como Burdigaliense-Langhiense.

La roca explotada es una calcarenita blanco-amarillenta con tamaño de grano fino a medio. El frente en zig-zag muestra tres bancos de calcarenitas de 2 a 6 m de potencia, con rumbo NE-SO buzando alrededor de 30° al SE, separados por dos niveles más margosos de color azul. El paquete inferior y el central son masivos, el superior se encuentra estratificado en capas de poco espesor con fracturación paralelepédica muy apretada.

Unos 200 m más allá de las labores descritas, y siguiendo el carril que conduce a todas ellas, aparecen otras antiguas explotaciones en las que se ha observado la existencia de una inscripción fechada en 1890, lo que constituye un indicio del tiempo en que se encontraban

en actividad.

Las escombreras están esparcidas por todos lados e incluso en el interior del hueco de la cantera. Los fragmentos son de pequeño tamaño y en una gran proporción son pequeñas lajas, por lo que hay que suponer que se aprovechaba casi todo lo que se arrancaba como piedra de sillería y mampostería.

Hay que reseñar que con esta piedra se restauró en 1925 la cantería de la fachada de la antigua Universidad de Alcalá de Henares, por lo cual era de sumo interés comprobar la alteración "in situ" de este tipo de roca en otra climatología (justamente la mediterránea, más seca y cálida). Para ello se visitó el acueducto cercano situado en Casas del Señor. Esta edificación aparece construída con piedra de la localidad unida por argamasa, en la que se observa un grado de disgregación inferior al que presenta la piedra de restauración en Alcalá de Henares. No se desmorona entre los dedos, pero muestra las típicas fisuras y correspondiente decapación concéntrica, típica de esta roca. De esto se puede deducir que el clima seco y sin heladas de Levante, ha sido mucho más benigno para la piedra que las condiciones continentales existentes en Alcalá.

Hay que destacar la circunstancia de que, en los terrenos geológicos infrayacentes a la cantera, se encuentran los niveles salinos que se explotan en Cabezón de la Sal. Este hecho explica la detección de cloruro sódico en los análisis mediante microsonda electrónica que

se efectuaron en el estudio de Alcalá de Henares.

En el momento actual, por las características con que se presenta el material y por el gran volumen de estériles que habría que mover, la explotación no sería rentable con los medios mecánicos convencionales y habituales en cualquier cantera moderna.

Canteras situadas en el término municipal de Petrel

El Portazgo

Cantera abandonada para piedra de sillería, ubicada en el término municipal de Petrel casi en el límite con el término municipal de Sax.

Está situada junto a la carretera nacional 330, en el punto kilométrico 369,8, entre Elda y Sax, al lado izquierdo en dirección norte.

El yacimiento consiste en un lentejón de calcarenitas con clastos de biomicritas, de más de 3 ha de superficie, intercalado en un potente paquete de margas blancas que figuran datadas en la hoja geológica de Castalla como Serravalliense-Tortonense.

La roca que se explotaba era una calacarenita arcillosa, blanda, de color gris claro, con tamaño de grano fino, que se presenta muy masiva y homogénea, con pequeñas fracturas verticales sólo en la parte superior del frente, donde está algo más meteorizada y sobre la que se encuentra una pequeña vegetación de arbustos.

La cantera tiene un frente de 100 m de longitud, 50 m de fondo y 13 bancos de 1,2 m de altura cada uno, que parecen haber sido esculpidos a golpe de cincel por las estrías verticales muy finas y apretadas que presentan. En el hueco de cantera existe un muelle de carga y se pueden ver los tornos y cables oxidados que se utilizaban para el arrastre de los bloques.

Ginebre

Se trata de dos canteras situadas a unos 1,5 km de Petrel, en las proximidades del caserío Ginebre.

El acceso se hace desde el municipio por una pista estrecha asfaltada que conduce a una zona poblada de numerosos chalets y casas de campo, y en cuyas inmediaciones se encuentran ubicadas las canteras que deben llevar abandonadas bastantes años.

El yacimiento está formado por dos afloramientos de calcarenitas de color crema amarillento del Oligoceno-Aquitaniense

separados por una extrusión de arcillas, margas y yesos del Keuper.

En el más pequeño, de menos de 1 ha de superficie, hay una cantera en la parte oriental y a media ladera de un cerro, a la que hay que acceder por una simple senda, a cuyos pies se observan bloques de piedra de 1 a 2 metros cúbicos de volumen.

La cantera tiene dos frentes a diferente altura, el mayor de los cuales es de 30 m de longitud, 20 m de fondo y entre 3 y 12 m de altura con paredes lisas y verticales sin recubrimiento.

La roca de los frentes es una biomicrita blanca bastante blanda, con aspecto masivo y buzamiento subhorizontal afectada de diaclasas bastante espaciadas y preferentemente subverticales. No está alterada aunque presenta colores negruzcos, amarillentos y ocreos como consecuencia de la meteorización.

En el otro afloramiento de unas 9 ha de superficie, hay una cantera situada a menor cota que la anterior y de mayores dimensiones. Es de forma elíptica con 60 m de eje mayor y 30 m de eje menor, con una altura de frente entre 10 y 15 m, con paredes mal recortadas y una roca de las mismas características que la anterior.

Hay abundantes fragmentos de roca de tamaño mayor que el que correspondería a piedra para mampostería, pero no se ve ningún bloque bien perfilado de regulares dimensiones.

Canteras situadas en el término municipal de Elda

Bateig

Se trata de un conjunto de canteras de las cuales sólo dos permanecen activas, que están situadas en el flanco occidental del pico de Bateig, en terrenos del término municipal de Elda, cerca del límite con el término municipal de Novelda.

El acceso se realiza desde la carretera nacional 330, en el punto kilométrico 381,3 entre Elda y Novelda, por un camino de tierra, al lado derecho en dirección sur, que después de recorrer 1,8 km conduce a la zona de canteras.

El yacimiento está formado por un afloramiento de cerca de 370 ha de superficie compuesto por calcarenitas masivas con discordancias internas frecuentes y rápidos cambios de facies a margas, datadas como Serravalliense-Tortonense.

Las canteras activas dedicadas al arranque de bloques están ubicadas en una zona muy llana del afloramiento, rodeadas de bancales de olivos y almendros, tienen sus huecos a menor cota que el terreno y dejan ver por debajo de una capa de tierra de labor de poco espesor,

una roca de color claro, sin fracturas importantes, y que contrasta con la pátina amarillenta, en ocasiones negruzca, que recubre la roca que hace años que no se explota.

Las explotaciones activas son cuatro. Dos de ellas, las más importantes correspondientes a la empresa BATEIG LABORAL, una cantera a LEVANTINA y otra a la empresa ESTEVE Y MAÑES. Por otra parte, existe una zona inactiva propiedad de LUIS SANCHEZ.

En las explotaciones de BATEIG LABORAL, la extracción no se ha interrumpido desde finales del siglo XIX. El número total de operarios que trabajan en estas canteras es de unos 15, y la producción anual es aproximadamente de unos 5000 m³.

Las capas que se explotan tienen una estratificación hacia el este de la explotación de N 45°/15 O , aunque otros valores tomados en la misma zona de explotación son N 18°/35 O y N 25°/20 O. Hacia el oeste de la explotación las capas se van horizontalizando, de tal manera que hacia esta zona el desarrollo de las canteras puede ser muy grande, ya sea en cuanto a extensión o reservas. Las potencias observadas son de unos 50 m, pero se estima que la potencia real alcance los 150 m, lo que reportaría unas reservas muy importantes.

El diaclasado es observable con facilidad y tiene bastante continuidad dentro de las explotaciones, aunque el tamaño de bloque (2,80 x 1,50 x 1,50) no viene determinado por ésta, sino por fábrica,

aunque también aprovechan la fracturación natural.

En la explotación este, que es la más importante de las dos existentes, los sistemas de diaclasas son los siguientes:

- | | | | |
|------------|------------|------------------|-------------------|
| 1º Sistema | N 90/50 S | espaciado 3-10 m | bastante cont. |
| 2º Sistema | N 140/55 N | | bastante cont. |
| 3º Sistema | N 70/10 N | espaciado 2 m | poca continuidad. |
| 4º Sistema | N 120/80 S | espaciado 1 m | poca continuidad. |
| 5º Sistema | N 75/65 S | | |
| 6º Sistema | N 50/55 S | similar al 5º | |

En la explotación oeste, los sistemas de diaclasas son los siguientes:

- | | |
|------------|-------------|
| 1º Sistema | N 175/vert. |
| 2º Sistema | N 140/vert. |

El arranque se realiza por perforación con empleo de cordón detonante y posteriormente por corte con hilo de diamante, en bancos de 1,5 m de altura. Así, se obtienen bloques primarios de dimensiones próximas a los 6 o 7 m³ (2,80 x 1,50 x 1,50) de volumen máximo admisible por las cortadoras de los talleres de elaboración, que después de perfilados se comercializan con la denominación general de "Piedra Bateig" . En el apartado de descripción de la piedra se mencionarán las distintas variedades que se explotan con sus características.

Por último, dichas piedras se elaboran en los numerosos talleres del área de influencia de Novelda, obteniéndose tableros, chapados y otros productos comerciales ya mencionados anteriormente, con espesores de hasta tan sólo 18 a 20 mm, siempre sin pulimentar.

III.- DESCRIPCION DE LA PIEDRA

III. 1.- Descripción macroscópica

En general, la denominada piedra de Novelda es una calcarenita del Mioceno marino, que se presenta con una tonalidad generalmente amarillenta, pero con diversos matices específicos en cada banco,

como en el caso de la piedra de Bateig.

En estas últimas canteras, que como ya hemos mencionado con anterioridad, son las únicas que se encuentran en explotación, existen las siguientes variedades:

- Bateig Azul: color grisáceo azulado
- Bateig Basta: color amarillento y grano más grueso
- Bateig Fina: color amarillento y grano más fino que en la anterior

Hay que resaltar que la calidad de las piedras Bateig Basta y Fina, es superior a la Bateig Azul, aunque ésta última es una piedra muy comercial y que se ha empleado con gran profusión en numerosos edificios de interés artístico (Catedral de la Almudena de Madrid, Edificio de la Telefónica en Madrid, Estación de FFCC de Príncipe Pío en Madrid, etc...).

Macroscópicamente, las rocas Bateig Basta y Fina tienen un color amarillento blanquecino, poseen grano fino y presentan un aspecto bastante homogéneo. También se puede apreciar en ellas clastos de cuarzo y fósiles. La Bateig Azul tiene el mismo aspecto exterior, con las diferencias de la presencia del color azulado, probablemente por el contenido de glauconita, en mayor cantidad que en las otras variedades.

Además se observa que existen niveles concordantes con la estratificación, y en los que aparecen cavidades rellenas de arcillas expandibles (tipo montmorillonita). Debido a esta característica, así como a su deterioro en ausencia de sales y heladas, algunos investigadores han achacado su disgregación a cambios de volumen originados por hinchamiento de la fracción arcillosa con los ciclos humedad-sequedad climáticos (Juan Alonso ha estudiado en Valencia la fracción arcillosa para la Escuela de Arquitectura, achacando el origen de los daños a la presencia de componentes mineralógicos tales como Sepiolita-Attapulgita y Bentonita).

Mediante la observación microscópica, a la que nos referiremos posteriormente, no se ha podido observar la presencia de grietas radiales a partir de los granos de arcilla, como sería de esperar si las tensiones producidas por los cambios volumétricos, terminaran por superar la resistencia mecánica de la roca. No obstante, toda vez que por algún otro fenómeno de degradación, la arcilla incluida en la roca se pone en contacto con el agua que llega del exterior, los esfuerzos originados por su hinchamiento deben ser factores eficaces en el proceso de destrucción.

Por último, se presentan numerosos procesos de disolución y karstificación en cantera, que lógicamente luego tienen relación con la morfología externa de la piedra cuando está sometida a procesos de envejecimiento. Por otro lado, otro tipo de morfología que se observa a simple vista tanto en cantera como en obra, es la apertura de grietas

por cambios de volumen. Esta morfología es similar, en algunos aspectos, a la de las rocas volcánicas, donde la contracción de la corteza, de más rápido enfriamiento, provoca la formación de fisuras y de un decapado concéntrico.

III. 2.- Descripción petrográfica

El estudio petrográfico mediante microscopía de luz transmitida, se ha realizado sobre varias muestras correspondientes a las canteras de Bateig. Para cada una de ellas se han confeccionado y estudiado láminas transparentes, sobre muestras recogidas en cantera en las correspondientes explotaciones.

Petrográficamente, la piedra de Novelda, se trata de una calcarenita con la siguiente composición mineral:

<u>Minerales</u>	<u>Porc.</u>	<u>Límites</u>
Calcita	76 %	62-88 %
Cuarzo	12 %	3-12 %
Arcilla glauconítica	11 %	2-10 %
Dolomita	1 %	0-2 %
Oxidos de hierro	1 %	0,5-5 %

Accesoriamente, puede aparecer algún grano de feldespatos, moscovita u otros elementos detríticos.

Por otra parte, y desde un punto de vista estratigráfico (litofacies), se ha realizado un cuadro considerando las muestras de todas las canteras descritas en el apartado anterior, pudiéndose concluir que se trata generalmente de biomicritas arenosas correspondientes al Serravallense-Tortonense, de acuerdo con los estudios micropaleontológicos realizados (LLOPIS, 1989)

<u>Cantera</u>	<u>Micr.</u>	<u>Esp.</u>	<u>Fósil.</u>	<u>Qz</u>	<u>Intra.</u>
Alberri	10 %	--	50 %	--	40 %
Cerro San C.	34 %	40 %	1 %	25 %	--
La Pedreta	70 %	--	5 %	20 %	
Almorquí	50 %	10 %	20 %	10 %	--
El Portazgo	65 %	--	15 %	20 %	--
Ginebre	50 %	--	--	--	
Bateig	68 %	--	20 %	10 %	--

De los levigados realizados también sobre estas mismas muestras se obtiene la biofacies siguiente, confirmándose que todas estas calcarenitas proceden del Mioceno marino, específicamente desde el Langhiense medio hasta el Tortonense superior.

Biofacies : Nunmulites, Asgilinas, Algas, Globigerinas, Lepidocyclinas, Equinodermos, Anélidos resedimentados, Globigerinoides, Glorobotalias, Operculinas (restos), Globoquadrina dehcens, Orbulina universa, Amphisteginas, Textuláridos, Rotálidos, Sphaeroidinellopsis, Discocyclinas y Briozoarios.

IV.- MONUMENTOS EN LOS QUE SE HA UTILIZADO "PIEDRA DE NOVELDA"

En resumen, este tipo de piedra se ha utilizado desde finales del siglo pasado con gran profusión en muchas obras arquitectónicas y también en restauración de monumentos tales como el Palacio de Santa Cruz en Toledo, la Catedral de León, la fachada de la Antigua Universidad de Alcalá de Henares en Madrid o por ejemplo, teñida de color ocre sustituyendo a la piedra de Villamayor en Salamanca.

Como obras arquitectónicas antiguas a destacar realizadas en este tipo de piedra son las siguientes:

- Monumento a Alfonso XII en el Parque del Retiro en Madrid
- Frontón de la Escuela de Minas (actualmente restaurado) en

Madrid

- Catedral de la Almudena en Madrid (piedra de Bateig)
- Sede Central de la Telefónica en Madrid (piedra de Bateig)
- Palacio de Linares en Madrid
- Fachada del Ministerio de Educación y Ciencia en Madrid
- Ministerio de Agricultura (antiguo Ministerio de Fomento) en Madrid
- Banco de España en Madrid (piedra de Sierra de Caballo y Abarán)
- Sede Central de Correos y Telégrafos en Madrid (piedra de Ginebre)
- Estación de FFCC de Príncipe Pío en Madrid (piedra de Bateig-variedad Bateig azul)
- Estación de FFCC Término de Barcelona
- Edificio de la Telefónica en Barcelona

- Escalinata de la Iglesia de los Jerónimos en Madrid
- Edificio Central de Correos en Valencia (piedra de Bateig)

Las obras arquitectónicas modernas elaboradas en Piedra de Novelda son todas ellas de Piedra de Bateig, ya que son prácticamente las únicas canteras en actividad de toda la zona. Algunas de destacar son:

- Colegio Público de Alcoy en Alicante
- Centro de Cultura de Monóvar en Alicante
- Conservatorio de Música de Valencia
- Edificio Urbis en Sevilla
- Hotel y Centro Comercial BERCY 2 en París (Francia)
- Centro Comercial Alcampo en Sevilla
- Continuación de las obras de construcción de la Catedral de la Almudena de Madrid
- Remodelación del Edificio Central de la Telefónica en Madrid

V. USOS

Por último, hay que hacer notar que este tipo de roca se trabaja con una gran facilidad, ya que se la puede considerar como una piedra "blanda", y ésto unido a su facilidad de extracción en bloques de dimensiones apreciables, ha abocado en una gran variedad de usos y aplicaciones. Por ello, es una piedra relativamente apta para el pulido, si bien no se puede considerar como una roca ornamental pulida (LLOPIS, 1989), y se ha empleado y se emplea en la actualidad en sillería y basamentos, revestimiento de fachadas, escaleras y solados, salientes no protegidos, y esculturas y balaustradas.

PIEDRA OSTIONERA

OS - INDICE

I.	ANTECEDENTES	-- OS 2 --
II.	DESCRIPCION DE LA CANTERA . .	-- OS 3 --
II. 1	. Encadre geológico . . .	-- OS 4 --
III.	DESCRIPCION DE LA PIEDRA	-- OS 8 --
III.1.	Descripción macroscópica. . .	-- OS 8 --
III.2	. Descripción petrográfica . . .	-- OS 9 --
IV.	MONUMENTOS EN LOS QUE SE HA UTILIZADO PIEDRA OSTIONERA . . .	-- OS 11 --
V.	USOS	-- OS 12 --

PIEDRA OSTIONERA

I.- ANTECEDENTES.

El comienzo del empleo de la piedra ostionera, también denominada "piedra del mar", como roca de corte en la construcción, data de la época romana, tal y como aparece reseñado en la obra de San Isidoro "Lapis Gaditanus" (Etym. 19-9-7). Parece ser que el primer uso de esta roca fue como elemento de mampostería de base, así como en la construcción de vallados y zonas de embarco en la costas Gaditanas.

Desde esos tiempos y de manera tradicional hasta nuestros días, la extracción de la "piedra ostionera" se ha venido realizando de forma esporádica y circunstancial; es decir, no han existido explotaciones con un carácter permanente y localizado, excepto en el paraje denominado "Las Canteras" en la localidad del Puerto de Santa Real (Cádiz), a mediados del siglo pasado, extrayéndose de manera regular con motivo de la construcción de un edificio o ejecución de una obra civil en donde se prevea su utilización.

Se puede afirmar que la mayor parte de los materiales que conforman algunas de las más importantes obras arquitectónicas de Cadiz y su provincia proceden de las zonas Gaditanas del litoral Atlantico andaluz, desde Cadiz hasta la punta de Tarifa. La explotación de esta piedra en ese ámbito, por tanto, no está legalizada ya que atentaría contra un medio natural protegido por la actual ley de costas.

Su empleo como única roca de construcción es infrecuente, presentandose intercalada con otro tipo de rocas, generalmente Piedra Palomera y mármoles de la zona de Tarifa. En este orden de cosas cabe mencionar su validez como piedra de Sillería y que por tanto sustituiría a estos tipos de rocas menos aptas, para esta función debido a su escasa resistencia a esfuerzos de compresión.

II.- DESCRIPCION DE LAS CANTERAS.

Las zonas de explotación de este tipo de piedra se ubican en aquellas partes donde presenta buena compactación.

Así debió ocurrir en la zona del parque "Las Canteras" en la localidad de Puerto Real, en donde se aprecian grandes huecos con una altura entre 6 y 10 m, lo que presupone una potencia media del

paquete de unos 6 m .

En la actualidad, esta roca viene siendo extraída a lo largo de la línea de costa, bien sobre los propios extratos o aprovechando los bloques desprendidos por la dinámica litoral. Las zonas de costa con mayor tradición extractiva son las de Cádiz, Puerto Real y Tarifa, no existiendo, sin embargo, explotaciones de carácter permanente.

Otra fuente de material la constituye la reutilización de escombros de antiguas edificaciones en los barrios antiguos de las localidades de la zona.

El proceso de aserrado, labrado y tallado de las rocas es algo complicado debido en parte a la silicificación y naturaleza cuarcítica de los cantos y por otra parte a la macroporosidad generada por las conchas originando superficies y planos de debilidad.

II. 1.- Encuadre geológico

La unidad estratigráfica que constituye la denominada "Piedra Ostionera" se enmarca cronológicamente como Plioceno Superior, si bien, dentro del Pliocuartenario existen facies de similares características y que recibe por este motivo el nombre de "Piedra Ostionera intermedia y superior".

El Plioceno Superior de la zona descansa sobre el Mioceno terminal, debido a la implantación en todo el sector de una fase distensiva, que hace hundir el Mioceno terminal del Cerro de San Cristobal mediante fallas de dirección ENE-OSO a la vez que imprime un buzamiento 10-15° a las mismas, lo que origina la inexistencia del Mioceno inferior-medio, en el que se produjo una importante transgresión marina en discordancia con el Mioceno.

Durante el Plioceno Superior se produce en todo el litoral una regresión generalizada que lleva asociados depósitos marinos y marinos-salobres de profundidad somera, que se instalan en la actual Bahía de Cádiz.

El contacto entre Plioceno y Cuaternario es difícil de determinar debido a la ausencia de fauna característica. El Cuaternario se debe corresponder en una alternancia de depósitos marinos conglomeráticos y secuencias de lagoon e islas barreras. En todo el conjunto se aprecian dos episodios transgresivos que culminan a techo de conglomerados seguido de transgresiones rápidas.

Más detalladamente se puede afirmar que las barras de piedra ostionera descansan discordantes sobre los niveles mioceno terminales que constituyen las calcarenitas "Piedra Palomera" de la Sierra San Cristobal del Puerto de Santa María.

Se trata de unos conglomerados o lumaquelas de

lamelibranquios (Ostras y Pectinidos). Se instalan por lo general, en continuidad Sedimentaria con los depósitos del Plioceno Inferior y medio (fuera de la zona estudiada).

La macrofauna que contiene puede resumirse en las siguientes especies: *Chlamys opercularis* (L), *Chlamys varia* (L), *Chlamys glabra* (L), *Chlamys flexnosa* (Poli), *Pecten yacobaeus* (L) y *ostrea lamellosa* (L).

La datación cronopaleontológica de la roca se efectua gracias a la aparición de la *Chlamys glabra* (Plioceno Superior)

Los cantos que constituyen el conglomerado son de cuarzo y cuarcita, y su tamaño máximo no supera los 8 cm. En algunos puntos se diferencian alternancias de niveles de conchas de gran tamaño, en general con la concavidad hacia arriba, con otros de conchas más pequeñas y menor tamaño de grano, con estratificación cruzada en artesa dirigida hacia el Sureste.

Las direcciones de corriente comprenden un abanico desde N 60° hasta N 180°.

El depósito se interpreta como de facies marina sublitoral ("Shore-face"), bajo la acción del oleaje y de las corrientes litorales. La regularidad de los "Sets" de la estratificación cruzada apunta hacia un origen a partir de corrientes de deriva o mareas. Se atribuyen a la

zona Sublitoral barrida por las mareas con una dirección dominante de corriente hacia el SE, de poca profundidad, ya que hubo eliminación de las frcciones finas , dejando una proporción de tamaños gruesos. Las alternancias de tamaño de grano se deben, probablemente a la sucesión de épocas de tormentas o mar gruesa, con arrastre de los sedimentos más finos hacia zonas más profundas, y épocas de calma durante las cuales se favorecerían la formación de "Megaripples" en sedimento más fino.

El paquete de conglomerados alcanza una potencia de 1,5-2 m.

En lo que respecta a las formaciones de piedra ostionera intermedia y superior del Plioceno-Cuaternario se puede decir que son menos importantes debido a un mayor grado de erosión de ambos paquetes, llegando incluso a ser sustituidos por niveles arenosos. El origen de ambas formaciones es marino sublitoral al igual que ocurría con la ostionera inferior del Pleistoceno, aunque las corrientes apuntan en el caso de la ostionera Superior en dirección opuesta a la inferior e intermedia, debido a la superposición en este último depósito de las corrientes de marea y deriva litoral generada por el oleaje del SO. Estos depósitos corresponden a fluctuaciones del nivel del mar en las que predominan las transgresiones en una zona costera con islas barreras, lagoons someros y marismas.

III.- DESCRIPCION DE LA PIEDRA

III. 1.- Descripción macroscópica

La roca posee una textura hoquerosa, heterogranular, con clastos de cuarzo y cuarcita de tamaño grosero, a veces medio. El micro relieve es rugoso, y debido a su naturaleza conglomerática, su textura y mineralogía sílicea presenta un tacto aspero.

El tamaño de poro es elevado (macroporo), con una distribución heterogénea, dependiendo de la proporción y naturaleza de los ostráceos y pectinidos presentes.

Pese a lo que pudiera creerse es una roca con un alto grado de cohesión mineral, si bien existe facies menos cementadas (más porosas) y por tanto con un mayor grado de delezabilidad.

Su índice de dureza es elevado al estar la roca fuertemente silicificada. En monumento no presenta alteraciones visibles admitiendo incluso su cubrición mediante pinturas. Localmente, y en facies menos cementadas (Pliocuaternarias) hay pérdida de masa grano a grano quedando la roca con una textura esquelética, marcándose aún más la presencia de lamelibranquios fósiles.

III. 2.- Descripción petrográfica

Mineralogía:

Fundamentales: Cuarzo, esparita.

Accesorios: Micrita.

Esporádicos: Material arcilloso.

Descripción

Clastos formados por guijarros de cuarzo y cuarcita de tamaño variable y fragmentos de conchas cementados por escaso cemento esparítico. Los clastos observados obedecen a la siguiente descripción:

- Granos de cuarzo en cristales individuales de unas 100 μm de diámetro medio, con morfología irregular y bordes suaves.
- Agregados de cuarcita y cuarzo de segregación metamórfica con fuerte orientación dimensional y extinción ondulante, y con morfología elipsoidal redondeada de 10 x 3 mms.

- . Fragmentos fosilíferos, fundamentalmente conchas formadas por esparita.
- . Clastos de agregados de filosilicatos de color amarillo-verdoso, con morfología irregular y bordes suaves.
- . Bolas de micrita de 1 a 2 mms. de diámetro media, muy subordinadas.

Porosidad

Abundante, llegando a constituir el 40 % de la preparación. Su diámetro alcanza varios mms. Morfológicamente aparecen como oquedades de límites suaves entre los clastos, de forma que las convexidades de las paredes enfrentan la parte vacía.

Clasificación

Bioconglomerado.

IV.- MONUMENTOS EN LOS QUE SE HA UTILIZADO
"PIEDRA OSTIONERA"

Los monumentos de mayor importancia en los que se ha empleado este tipo de piedra son:

- Fachada de la Catedral de Cádiz.
- Castillo de San Marcos, en el Pto Sta María.
- Torre de Tavira, en Cádiz.
- Murallas de Cádiz.
- Iglesia de Santa Cruz, en Cádiz.
- Iglesia de San Agustín, en Cádiz.
- Puerta de Jerez, en Tarifa.

Así mismo, ha sido profusamente utilizada para la construcción de los cascos históricos de Cádiz, San Fernando, Puerto Real, y demás

núcleos de población de la costa gaditana, desde Rota hasta la punta de Tarifa.

V.- USOS

La piedra ostionera se viene utilizando desde la época romana, principalmente como piedra de sillería, como paramento en forma de placas de 3, 5 y 8 cm. Raramente se realiza trabajo de cantería sobre ella debido a su elevada heterogeneidad y macroporosidad. Los trazos más frecuentes son los rectilíneos (escuadra) y en ocasiones el medio círculo.

Es evidente la imposibilidad de obtener superficies pulidas, así como trabajar la textura superficial de la roca mediante técnicas tales como el abujardado, rascado, etc.

Por el contrario, su elevado tamaño medio de poro la hace aconsejable para ejercer funciones de material de chapado en zonas costeras, donde la expansión de sales debida a la incidencia de aerosoles marinos no provocaría la destrucción o alteración de la roca.

PIEDRA PALOMERA

PL - INDICE

I.	ANTECEDENTES	-- PL 2 --
II.	DESCRIPCION DE LA CANTERA	-- PL 4 --
II.1.	Encuadre geológico	-- PL 6 --
III.	DESCRIPCION DE LA PIEDRA	-- PL 7 --
III.1.	Descripción macroscópica. . .	-- PL 7 --
III.2.	Descripción petrográfica . . .	-- PL 9 --
IV.	MONUMENTOS EN LOS QUE SE HA UTILIZADO PIEDRA PALOMERA . . .	-- PL 10 --
V.	USOS	-- PL 12 --

PIEDRA PALOMERA

I.- ANTECEDENTES.

Bajo el nombre de "**Piedra Palomera**" se esconde la variedad pétrea que desde tiempos inmemoriales (III milenio a.c.) ha sido utilizada con mayor profusión en la zona del bajo Guadalquivir, en Andalucía Sur-occidental.

Esta roca tiene su origen en las explotaciones que de manera intermitente, vienen realizándose en las estribaciones del llamado Cerro San Cristobal en la localidad gaditana de El Puerto de Santa María. Este paraje constituye un pequeño alto, a unos 120 m s.n.m., situado entre las poblaciones de El Puerto de Santa María y Jerez de la Frontera.

Se accede a los terrenos por la carretera N-IV Madrid-Cádiz, a la altura del PKm. 651 y desviándose hacia el Este por la carretera local del Puerto de Sta. María a Jerez por El Portal, transcurridos unos 2-3 Km por esta última carretera.

Como ya se ha mencionado, la extracción de este tipo de piedra, en base a estudios arqueológicos realizados sobre la zona, tiene su origen en el III milenio a.C. (edad del bronce), en donde pequeños núcleos de hábitat preurbano realizaron pequeñas excavaciones a cielo abierto con el fin de extraer materiales de mampostería para la construcción de los zócalos de sus cabañas.

Pero es a comienzos del siglo VIII a.C. cuando la explotación se intensifica, en sintonía con el asentamiento fenicio en el paraje actualmente denominado Castillo de D^a Blanca (construido a finales del s.XV). Investigaciones realizadas manifiestan una extraordinaria especialización de los trabajos de cantería realizados en esa época.

En la época romana, la piedra fué explotada para la ejecución del llamado "Portus Gaditanus", actual Pto. de Sta. María, y que servía de embarcadero para la exportación de los productos agrícolas de la campiña portuense.

De esta época data la aparición de la llamada "**Piedra Ostionera**" como material de construcción (Lapis Gaditanus, San Isidoro, Etym. 19,9,7), que junto con la Piedra Palomera constituyen los tipos de piedra más utilizados en la construcción urbana de Andalucía suroccidental.

Continuó durante la Edad Media la explotación de la roca, intercalándose comúnmente en su fábrica, con la piedra ostionera. De

éste periodo data el actual castillo portuense de San Marcos (antigua iglesia-fortaleza de Santa María), así como la muralla que defendía la aldea de Santa María del Puerto.

Posteriormente, ya en los siglos XIV-XV esta roca constituyó el más importante tipo de piedra utilizado en la construcción de la Fachada de la Catedral de Sevilla.

Tras periodos de larga inactividad, ya en los siglos XVIII-XIX, se comienza a explotar de manera intensiva y sistematizada las canteras, con apertura de grandes galerías, empleándose en ello, de forma directa, unas 120 personas, lo que indica el gran auge y la importancia económica que para la comarca suponía la extracción de esta roca.

Debido a la heterogeneidad del paquete sedimentario eran sólo explotadas las zonas de piedra "dura" (homogénea y competente), lo que motivó la excavación de grandes galerías (algunas de ellas con dimensiones superiores a 300 x 1.100 x 20m), siguiendo así los paquetes más duros, necesitándose para la ventilación de dichos espacios la apertura de tragaluces.

El deseo por parte de los explotadores de alcanzar una mayor producción originó un detrimento en la calidad de los productos pétreos obtenidos, pues los sillares dejaron progresivamente lugar al sillarejo y al ladrillo, estos últimos con un acabado menos depurado.

Ya en época más reciente (finales del siglo XIX) la explotación en "cueva" o "mina" dió paso a las extracciones a cielo abierto, que en muchos de los casos destruyeron las cámaras creadas en la antigüedad, al utilizar para la extracción de la roca el empleo de explosivos. Sobre estas explotaciones recae la procedencia de la mayor parte de los materiales utilizados en la construcción del antiguo casco urbano del Puerto de Santa María.

En la actualidad estas canteras permanecen inactivas, si bien, las variedades de roca más blandas, por carecer de cementación, son explotadas en grandes cortas al Este de la Sierra de San Cristobal. Se dá la paradoja que para estos explotadores la variedad más dura y competente es considerada como estéril, siendo utilizada de forma secundaria como piedra de escollera en zonas costeras.

II- DESCRIPCION DE LAS CANTERAS

Como ya hemos indicado, hoy en día, no existe ninguna labor activa para la extracción de "Piedra Palomera", utilizándose para la restauración o reposición de los monumentos y edificios en que se emplea este tipo de roca, materiales procedentes de derribos de antiguas construcciones en la zona (comunicación oral de D. Angel Santilario, maestro restaurador de la zona).

Como indicios mineros importantes, además de las labores interiores o galerías ya reseñadas, en el paraje Las Canteras, destacan los grandes huecos a cielo abierto, situados al E. de la N-IV, al N. del paraje denominado San Ignacio, en el Km. 1 de la Carretera de El Pto. de Sta. María a El Portal.

En esa misma zona, se encuentra la cantera de la empresa PORCESA, en donde se extraen, mediante voladura y posterior ripado con bulldozer, los materiales más sueltos del paquete sedimentario (arenas) para su empleo como material de compactado. Como estéril o material no aprovechable aparecen grandes bloques, de unos 3 m³ de volumen, que la empresa vende de forma secundaria para su utilización como material de escollera en puertos y ensenadas.

Una variedad parecida de roca fué explotada en el Término Municipal de Jerez, frente a la actual fábrica de cementos de la empresa ALBA, si bien, tras su visita e inspección por el equipo investigador no se detecta la explotación de la roca como roca de corte para construcción (ausencia de bloques, muelle de carga, escuadres de los frentes, etc).

El precio del material bruto es desconocido, ya que siempre se trabaja con precios de la piedra colocada en obra, generalmente labrada.

Hoy en día sólo se tiene conocimiento de un taller de cantería

que, con un carácter familiar y de forma artesanal, procesa este tipo de roca. El mismo se encuentra regentado por D. Angel Santilario, maestro restaurador, y principal artífice de las obras de rehabilitación que se llevan a cabo sobre los edificios de la zona de El Puerto de Santa María y Jerez.

Las reservas son asimismo desconocidas, si bien, se estiman como prácticamente ilimitadas, ya que el paquete competente, con un espesor que en ocasiones alcanza los 12 m, tiene una corrida superior a los 4 km., siendo la anchura del afloramiento de unos 600 m.

II. 1.- Encuadre geológico

La "Piedra Palomera" o "Caliza Tosca" aflora en la denominada Sierra de San Cristobal, formación montañosa autóctona perteneciente al dominio Subbético. Los materiales en cuestión son de edad terciaria, encuadrándose cronológicamente, de forma más concreta, como del Mioceno Superior (Andaluciense).

Estructuralmente, el paquete sedimentario, de unos 40-50 m. de espesor, tiene una dirección O-E, buzando ligeramente hacia el Sur (10-15°), y presenta estratificación cruzada plana y de surco, correspondiente a barras regresivas, si bien por lo general ésta aparece

difusa. Este paquete presenta contacto discordante con los materiales pliocenos superiores.

El paquete presenta asimismo alternancias decimétricas, fácilmente identificables por su grado de compacidad y homogeneidad, variando desde arenas sueltas a niveles competentes, estos últimos correspondientes a facies de borde de cuenca, en donde la mayor concentración de organismos, provocó por biogénesis una mayor cementación por carbonatización de los materiales detríticos ("innofacies").

III.- DESCRIPCION DE LA PIEDRA

III. 1.- Descripción macroscópica de la roca

La roca presenta una textura heterogranular, poco compacta, con clastos de cuarzo de tamaño medio a grande, propiciando a la misma un tacto áspero y un microrelieve rugoso.

El color blanco marfil varía poco, con ausencia total de brillo. A veces se aprecia un moteado amarillo anaranjado provocado por la presencia de óxidos de hierro y/u oxidación de materia orgánica.

El tamaño de poro es, a escala macroscópica y a simple vista,

de tamaño medio-grueso, con una distribución homogénea. La porosidad o volúmen de huecos se estima elevada.

Su textura y la naturaleza de los materiales que la conforman, con una desigualdad pronunciada en sus índices de dureza, confieren a la roca su inaptitud para el pulido.

Asímismo, se observa una gran deleznablez de la roca, lo que indica un bajo grado de cohesión mineral, fácilmente apreciable en las facies menos cementadas, rompiéndose bajo simple presión.

En monumento no presenta grandes alteraciones de índole cromático, siendo poco frecuente observarla con pátinas de envejecimiento. Su micro relieve, granulo-hoqueroso, propicia el crecimiento de biofacies (musgos y líquenes) en zonas sombrías y húmedas (generalmente fachadas orientadas al N).

Los deterioros más frecuentes observados sobre los monumentos y edificios en donde se ha empleado son de índole mecánico y estructural, con pérdida de material bajo sollicitaciones compresivas y flexantes (columnas y arcos).

III. 2.- Descripción petrográfica

Mineralogía:

Fundamentales: Calcita, cuarzo.

Accesorios: Arcilla glauconítica.

Esporádicos: Opacos (óxidos de hierro).

Descripción

Granos de cuarzo redondeados y bioclastos de alrededor del mm. de tamaño medio, con cemento escaso, predominantemente micrítico. Ocasionalmente aparecen pelets de arcilla glauconítica y más raramente opacos.

Según Esbert et al. (1991) se aprecian, dependiendo del tamaño de grano dos variedades extremas: una de grano grueso (hasta 0,5 cm) con numerosos compuestos algales (hasta el 75%), con una mayor proporción de calcita (<95%) y por consiguiente menor proporción de clastos de cuarzo, y otra de grano más fino (250-350 μm), que se corresponde con la variedad más silíceo (hasta el 55%), presentándose

el cuarzo en forma mayoritariamente microcristalina, con un tamaño de grano entre 200 y 500 μm .

La textura es mayoritariamente "grainstone" (Dunham, 1962), estando compuesta por algas y bioclastos. Presenta algo de cemento microesparítico en posiciones intra e intergranulares.

La fauna observada esta compuesta frecuentemente de foraminiferos, crinoides, moluscos, briozoos y corales.

Se observan poros intergranulares en los restos de coral.

Clasificación

Bioconglomerado.

IV.- MONUMENTOS EN LOS QUE SE HA UTILIZADO "PIEDRA PALOMERA"

La Piedra Palomera es una de las variedades pétreas más profusamente utilizada en Andalucía. Su zona de influencia abarca la

práctica totalidad de la provincia de Cádiz, gran parte de la zona sur de Sevilla, y el sector más oriental de la provincia de Huelva.

Como monumentos más significativos en donde se ha empleado, en mayor o menor medida, caben destacar:

- Catedral de Sevilla, en donde se presenta como el tipo de roca más utilizado.
- Catedral de Cádiz.
- Colegiata de la Catedral de Jerez.
- La Cartuja de Jerez.
- Biblioteca Municipal de Jerez.
- Iglesia Prioral o Mayor del Pto. de Sta. María.
- Castillo de San Marcos, del Pto. de Sta. María.
- Monasterio de San Miguel en el Pto. de Sta. María.
- Iglesia de San Pedro en Arcos de la Frontera.

Así mismo, señalar que su uso como material de construcción es muy intenso en los antiguos cascos urbanos de El Puerto de Santa María y Jerez, y en menor medida en las vecinas localidades de Puerto Real, San Fernando y la capital gaditana.

V.- USOS

El empleo como material de construcción de la **Piedra Palomera** obedece, sin lugar a dudas, a su fácil trabajabilidad, utilizándose para dar relieve y forma a la roca en el trabajo de cantería herramientas tan simples como la sierra de arco manual, limones e incluso el papel de lija o asperón. Existe un ligero grado de mecanización en su cantería artística con el empleo de sierras mecánicas de disco de gran diámetro que logran encarar los bloques que, de mediano tamaño, son trabajados por el maestro cantero. Tras el encarado, por regla general, se obtiene el sillarejo, que posteriormente será trabajado para lograr piezas con algún tipo de relieve. El trabajo de relieve es simple, por combinación de figuras geométricas (medio arco y trazo recto). Sobre las variedades más competentes (más cementadas) se alcanzan relieves de mayor complejidad, llegando a realizarse escudos nobiliarios y alguna que

otra escultura con un moderado grado de acabado (microrelieve granudo), figuras arquitectónicas que actualmente pueden contemplarse en las edificaciones clásicas del Pto. de Sta. María y Jerez.

Por el contrario, si lo que se pretende obtener es material para el revestimiento de fachadas, se hace necesario el aserrado paralelo del bloque con el fin de conseguir tableros, por lo general entre 3 y 5 cm de espesor. El grado de mecanización en las operaciones es relativamente escaso, debiéndose realizar manualmente el escuadre de los ladrillos de chapado.

Su baja resistencia a la compresión la inhabilita como material de solado y pavimentación.

El empleo de Piedra Palomera es, indistintamente, exterior e interior, si bien se logran mejores resultados estéticos en zonas de interior, en donde se puede emplear, con acierto, para su unión morteros de cal, frecuentemente llagueados.

PIEDRA DE SEPULVEDA

SP - INDICE

I.	ANTECEDENTES	-- SP 2 --
II.	DESCRIPCION DE LA CANTERA	-- SP 3 --
II. 1.	Encuadre geológico	-- SP 4 --
III.	DESCRIPCION DE LA PIEDRA	-- SP 6 --
III.1.	Descripción macroscópica	-- SP 6 --
III.2.	Descripción petrográfica	-- SP 7 --
IV.	MONUMENTOS EN LOS QUE SE HA UTILIZADO PIEDRA DE SEPULVEDA .	-- SP 8 --
V.	USOS	-- SP 9 --

PIEDRA DE SEPULVEDA

I.- ANTECEDENTES.

La piedra de Sepúlveda, en la provincia de Segovia, es la roca más utilizada en una amplia zona que abarca gran parte de la propia provincia y su influencia en la de Valladolid.

Por ello, se trata de una de las principales piedras monumentales de Segovia capital, la más importante del municipio de Sepúlveda, e integra parte del municipio de Pedraza y de Peñafiel en Valladolid.

La variedad más utilizada ha sido la denominada de una forma comercial como Rosa Sepúlveda, aunque existen otras variedades de color más amarillento que en menor cuantía también constituyen edificios de patrimonio histórico-artístico en Sepúlveda y Segovia capital.

II.- DESCRIPCION DE LAS CANTERAS.

Existen varias explotaciones activas dentro del término municipal de Sepúlveda y de las cuales se obtiene actualmente piedra para construcción y para fines ornamentales. Estas explotaciones son de carácter familiar y los métodos de explotación tienen un carácter rudimentario llegándose en muy raras ocasiones a la mecanización.

Las canteras en actividad más importantes se encuentran en el término municipal de Villar de Sobrepeña y han sido las estudiadas con mayor detenimiento. Otras canteras visitadas y que merecen mencionarse son las de "El Salegar" en el término de Aldehuela de Sepúlveda y las situadas en Castroserracín.

Las canteras de Villar de Sobrepeña se localizan en las proximidades de la carretera local de Cantalejo a Sepúlveda, a unos 3 km de la citada localidad, en un paraje denominado Alto de las Canteras (Ver figura adjunta).

Las canteras de "El Salegar" se localizan al noroeste del municipio de Sepúlveda, tomando la carretera local del mismo Sepúlveda a Peñafiel y desviándose a unos 13 km por la carretera local a Carrascal del Río.

La cantera de Castroserracín, que todavía está en preparación de explotación, se localiza en las proximidades de la carretera local de

Sepúlveda a Peñafiel y a unos 18 km. del citado municipio.

II. 1.- Encuadre geológico

En general la piedra de Sepúlveda se sitúa geológicamente en el Cretácico Superior, y muy probablemente en el Turonense. Regionalmente, dominan los niveles carbonatados, conformando geomorfológicamente, a veces zonas de exhuberante belleza, como son las que constituyen el Parque Nacional del Duratón y alrededores.

Los niveles explotados en Villar de Sobrepeña, presentan un buzamiento subhorizontal y tienen una potencia aparente aproximada de unos 5 m de máximo.

Los sistemas de fracturación están muy patentes en toda la explotación y presentan un espaciamiento grande, lo cual contribuye al interesante tamaño de bloque explotado (1,5-1,6 x 0,7-0,8 x 1,2-1,5 m.).

1º sistema dirección N 150°/75°N e= 1,5-4 m

2º sistema dirección N 105°/vert.

3º sistema dirección N 25°/14°S e= 2-3 m

El recubrimiento es de tipo calizo-margoso y oscila entre 0 y 4 m.

En las canteras de "El Salegar" encontramos dos sistemas de fracturación bastante notorios, y con espaciamentos del orden de 2m, influyendo también en las dimensiones del bloque extraído (1,5-2 x 0,5 x 1-1,5 m).

1° sistema dirección N 170°/70°-90°E

2° sistema dirección N 40°/70°

Dirección del banco N 110°/7°S

La parte superior de este banco está muy karstificado, y presenta un color ligeramente amarillento en unos 60 cm.

El sistema de explotación utilizado en todas las canteras es el de perforación y voladura con cordón detonante.

El diámetro de los barrenos es de 32 mm y con un espaciamiento de 20 mm entre ellos. El cordón detonante es de 12 g/m.

Posteriormente a la explotación, las piedras se trabajan in situ de tres formas: apiconado, trinchante y abujardado.

El precio en bruto de esta piedra es de unas 25.000 pts/m³

III.- DESCRIPCION DE LA PIEDRA.

III.1.- Descripción macroscópica

En la cantera de "El Salegar" se explotan tres facies: una rosa, otra más amarillenta y una blanca de grano más fino que las dos anteriores, que también se explota en otras canteras del municipio cercano de Castrojimeno.

La variedad rojiza o rosada tiene un aspecto parecido a la amarilla pero está en un estado de oxidación superior de los óxidos de hierro. Probablemente corresponda a una biomicrita de tipo arrecifal y de edad Turonense transición al Santoniense. Está recristalizada y parcialmente dolomitizada, observándose además la existencia de poros no comunicados. Se usa como revestimiento de fachadas.

La variedad blanca, de grano más fino, se emplea actualmente en escultura.

III.2.- Descripción Petrográfica

Mineralogía:

Fundamentales: Calcita.

Accesorios:

Esporádicos: Cuarzo, chert, arcilla glauconítica.

Descripción

Clastos formados fundamentalmente por fragmentos fosilíferos y en menor proporción por intraclastos, a veces esparíticos, pero fundamentalmente micríticos, en una matriz esparítica bastante grosera.

Porosidad

Los poros son relativamente abundantes (14 %) con un diámetro medio de unas 250 μm . de diámetro. Morfológicamente aparecen como oquedades entre los clastos de forma que las convexidades de las paredes enfrentan la parte vacía. Suelen estar

tapizados de finos cristalitos de esparita.

Clasificación

Caliza.

Bioesparita.

IV.- MONUMENTOS EN LOS QUE SE HA UTILIZADO "PIEDRA DE SEPULVEDA"

La zona de influencia de esta piedra básicamente es el area nororiental de la provincia de Segovia, así como la zona sur de la provincia de Valladolid.

Entre los monumentos y edificaciones más importantes realizados con este tipo de roca pueden citarse:

- Ayuntamiento de Sepúlveda.
- Castillo de Peñafiel
- Castillo de Pedraza
- Ermita de San Frutos (Sepúlveda)

V.- USOS

Se utiliza normalmente en forma de tablero, (2, 3 5, 6 y 8 cm) para chapados de paramentos.

Al admitir trabajos de cantería tales como apiconado, trinchado y abujardado es frecuente su empleo en forma de elementos decorativos, en partes por lo general resguardadas de las aguas pluviales (no salientes).

4. FICHAS TECNICAS
DE LOS
TIPOS DE PIEDRA

FICHAS TECNICAS INVENTARIO DE LOS TIPOS DE PIEDRA

Metodología

Los datos obtenidos en la serie de estudios y ensayos realizados sobre las distintas variedades de piedra, han sido recogidos en sendas fichas resumen. Estas fichas constan de cuatro hojas, en formato DIN A-4.

La primera de estas hojas recoge información gráfica de la roca, mostrando el aspecto de la misma mediante la presentación de una fotografía a color. Se puede apreciar, así, propiedades fundamentales de identificación tales como la textura y el color.

En la parte inferior de esta primera hoja viene indicada la localización de los yacimientos de origen, sobre un plano a escala 1:400.000. Se considera esta escala como apropiada, ya que se pretende dar una localización lo más generalizada posible, es decir, con un mayor número de puntos geográficos de referencia (situación no conseguida con una escala de más detalle), a la vez de permitir representar de manera individualizada, teniendo en cuenta la concentración de explotaciones, la situación de las canteras de origen. Un pequeño mapa en el borde noroccidental de este plano situa la zona de procedencia en el ámbito nacional.

La segunda hoja recoge los datos de explotación-producción, geológicos y litológicos de la variedad estudiada. Con el fin de sintetizar lo más posible el número de datos presentados se ha optado por incluir únicamente aquellos que sean fundamentales para caracterizar técnicamente, que no científicamente, la roca.

La tercera hoja engloba datos conducentes a definir las propiedades tecnológicas de la piedra. Se recogen así datos de caracterización mecánica, comportamiento hídrico y caracterización de su sistema poroso.

Por último, la cuarta hoja refleja los datos de alterabilidad que junto con los datos anteriores (hoja 3) determina el campo de empleo arquitectónico de la roca.

Normas específicas para la cumplimentación de las fichas

Datos de producción

Estos datos han sido obtenidos por el grupo investigador a partir de la información recogida en las visitas a las distintas explotaciones de origen, así como del análisis de los Planes de Labores anuales conseguidos en las Secciones de Minas territoriales.

El aspecto cuantitativo de la reservas y del tamaño de las explotaciones son función directa de la geometría de los yacimientos y, en su caso, de la ley (relación mat. aprovechable/estéril).

Sin embargo, dado que el conocimiento de la geometría del yacimiento es importante se ha recurrido a otros métodos tales como bibliografía y cartografía existentes. Así las estimaciones se han realizado de acuerdo con los siguientes criterios:

RESERVAS:

Ilimitadas	
Elevadas	$> 1.000 \times 10^3 \text{ m}^3$
Grandes	$500 \times 10^3 - 1.000 \times 10^3 \text{ m}^3$
Medias	$100 \times 10^3 - 500 \times 10^3 \text{ m}^3$
Pequeñas	$< 100 \times 10^3 \text{ m}^3$

TAMAÑO DE EXPLOTACIONES:

Grandes	$> 350.000 \text{ m}^3/\text{año}$
Medias	$75.000 - 350.000 \text{ m}^3/\text{año}$
Pequeñas	$< 75.000 \text{ m}^3/\text{año}$

Datos geológicos

Esta información consta de dos apartados: en el primero, se define la posición geológica del yacimiento de procedencia, y en el segundo se caracteriza litológicamente la roca.

La posición estratigráfica se define reflejando la era, sistema y piso geológico, que ha sido recogida de la cartografía geológica existente - Hojas MAGNA a escala 1:50.000 (ITGE) - y de diversos estudios monográficos de menor escala.

La caracterización petrográfica se logra determinando la naturaleza de los clastos y la matriz, y por último, clasificando petrológicamente cada variedad pétreo.

Datos mecánicos

Estos datos han sido obtenidos a partir de los ensayos realizados en el LOEMCO, así como en las Cátedras de Física y Petrología de la ETSI de Minas de Madrid.

Se señalan los valores mínimos, medios y máximos de resistencia a compresión, flexión, impacto y desgaste al rozamiento, para cada tipo de roca. Estos datos, tal y como se refleja en el Apartado 2.3. de la Memoria, han sido obtenidos a partir de la realización de ensayos bajo la normativa UNE correspondiente.

La dureza superficial, se ha definido en valores de escala AFNOR, en detrimento de la microdureza Knoop, al ser la primera más representativa para el tipo de litología de las muestras estudiadas.

Escala de durezas-tipo (escala AFNOR)

La gran diversidad de piedras calcáreas tanto desde el punto de vista estructural como considerando sus posibilidades de utilización a hecho necesaria una clasificación que permita distinguir unos de otros materiales mediante una cifra que los caracterice de la forma más precisa posible.

Esta clasificación ha sido propuesta por la Association Francaise de Normalisation y se basa en la resistencia a la ruptura por compresión y en la densidad.

En el gráfico correspondiente se ha representado la curva media para una gran cantidad de materiales ensayados, que relaciona estas características, según el Centre Scientifique et Technique de la

Construction ("Les Revêtements Extérieurs Verticaux en Matériaux Pierreux Naturels de Mince Épaisseur", Note D'information Technique, pag. 19, fig. 21). Según esta publicación, la curva media responde a la fórmula:

$$R = 12 \times 2^{(D-1,97)}$$

donde

- R: Esfuerzo de ruptura a la compresión en Kg/cm²
D: Densidad (en el gráfico las abscisas se han relacionado en masa volumétrica para mayor comodidad)

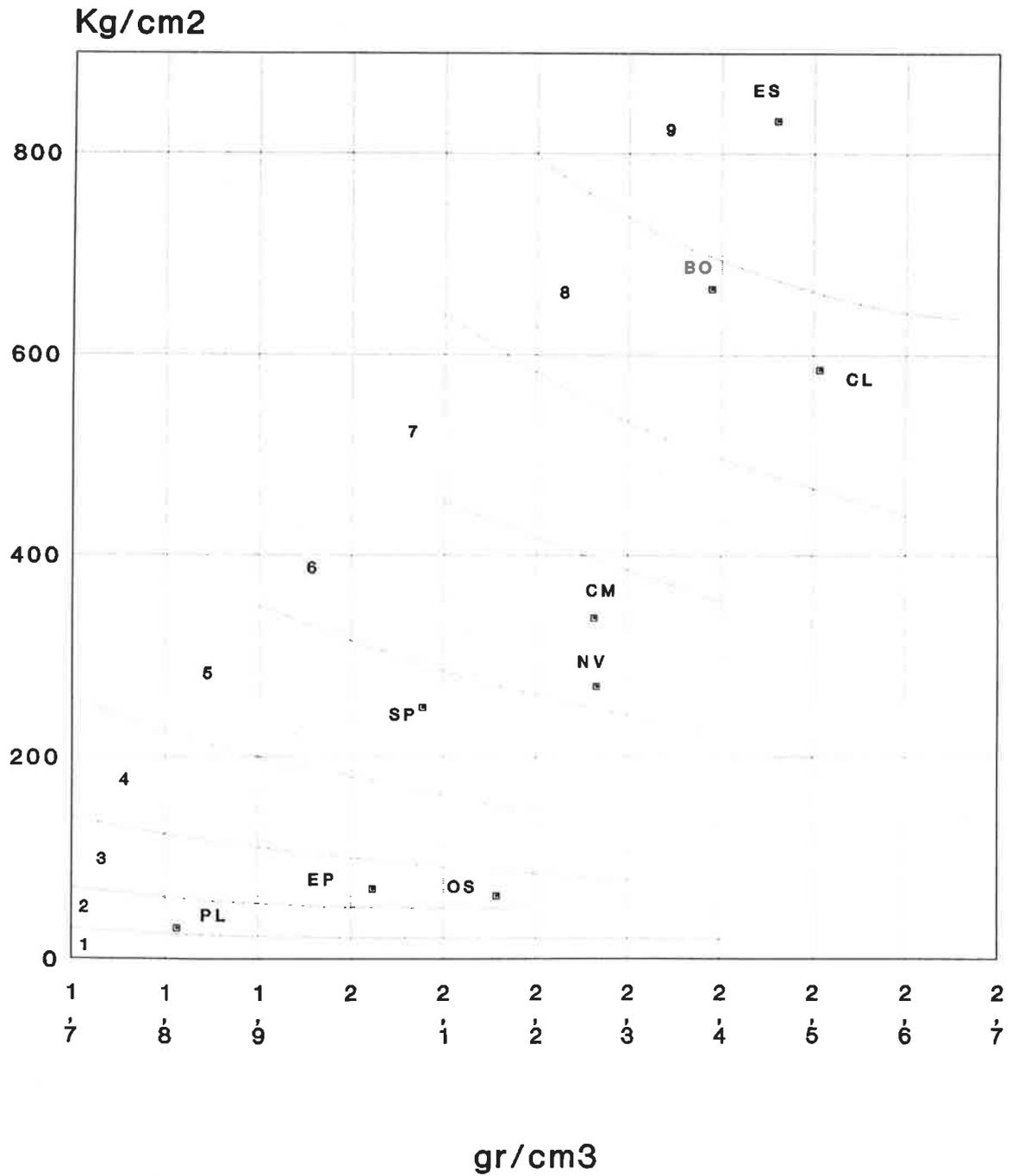
Las curvas que delimitan las durezas-tipo corresponden según la citada publicación a la fórmula

$$K = R (D-1)$$

en la que los parámetros K se escalonan tomando como base la serie de números normales "R40".

En el siguiente gráfico se han señalado la situación de las Piedras estudiadas.

MEDIAS DUREZA AFNOR



Por nuestra parte, sin embargo, hemos encontrado que ajustando una curva exponencial que pase por el punto inicial y final de la curva promedio, esta, en contraste con la ecuación más arriba señalada, debería tener la expresión

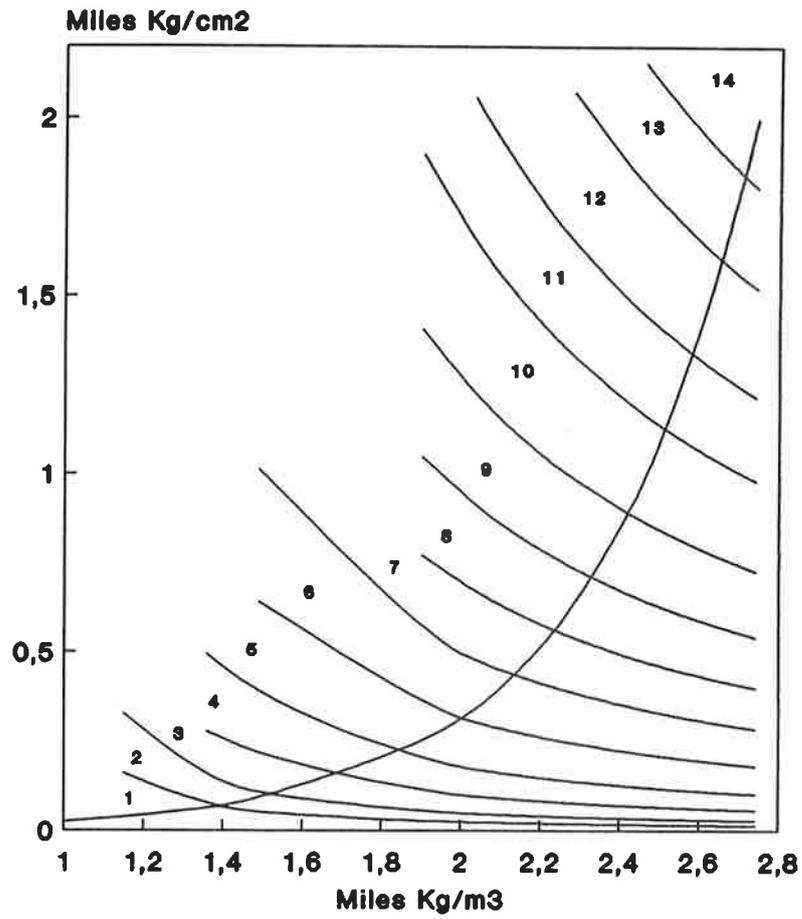
$$R = 2.023450 \times e^{2.514071 \times D}$$

no existiendo, por otro lado, ninguna expresión del tipo citado en la publicación que se ajuste exactamente a la curva media tal como aparece en ese documento.

En el gráfico correspondiente aparecen representadas tanto la curva promedio obtenida proyectando los puntos del gráfico, junto con la función exponencial que responde a la fórmula más arriba señalada.

Parecida es la situación con las curvas tipo. En efecto, las curvas representadas en el gráfico de la publicación, que aparecen en el primero de los gráficos de este apartado, y que se han trazado por puntos, no responden a la función señalada por la publicación. Por nuestra parte, se ha ensayado en representar curvas con esa expresión que tengan un punto en común con las trazadas en el gráfico de la publicación. En la tabla siguiente se relacionan las constantes "K" obtenidas y en el gráfico correspondiente se representan junto con la función exponencial más arriba reseñada.

CURVA PROMEDIO Y CURVAS TIPO CALCULADAS MEDIANTE FUNCION

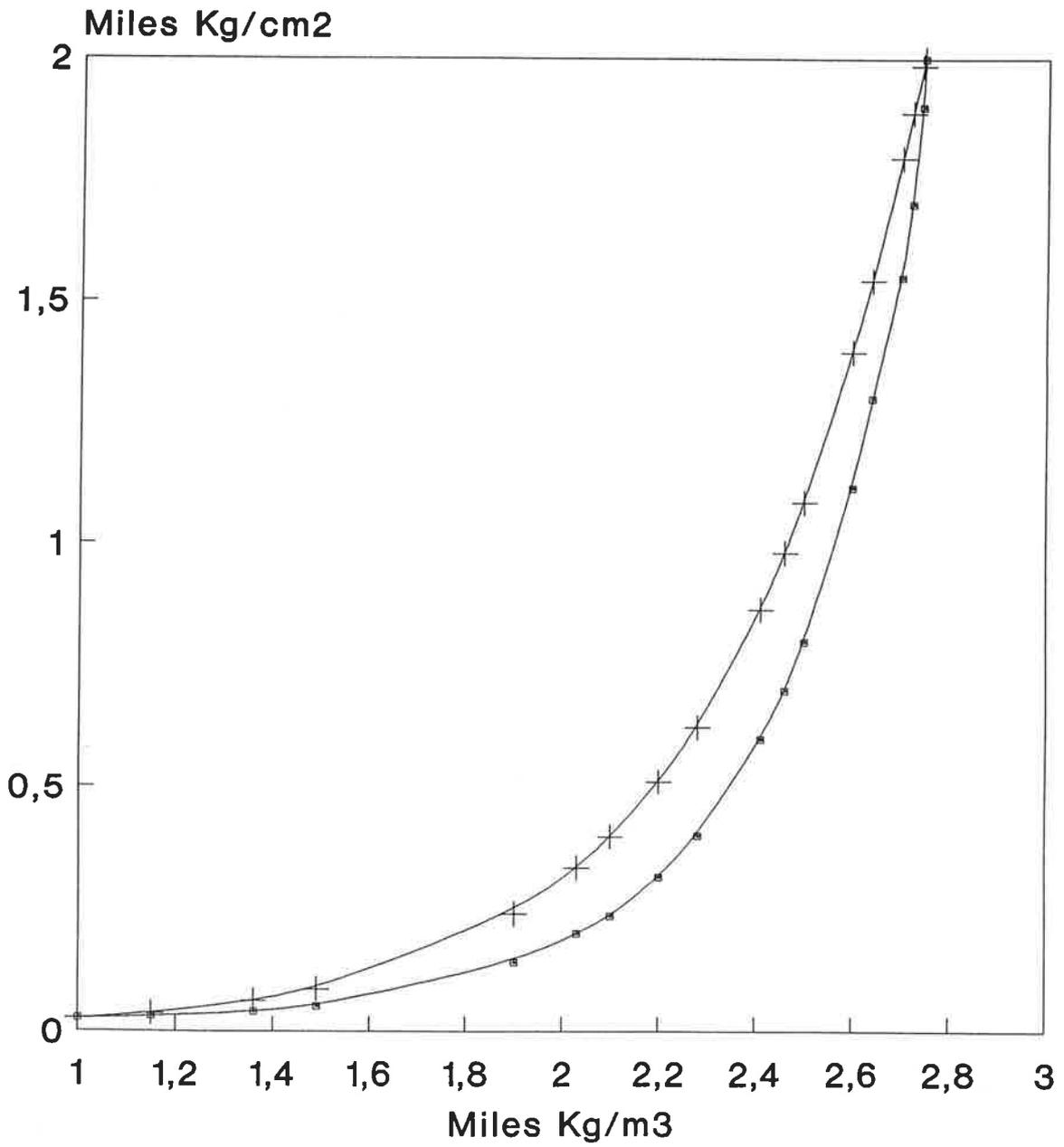


Representación de curvas tipo respondiendo a la función $K=R(1-D)$ para los valores de K dados en la tabla del texto.

CURVAS-TIPO: CALCULO DE LOS VALORES DE K

CURVAS	PUNTOS		K
	DENS	R	
1-2	1120	200	24,0
2-3	1220	223	49,1
3-4	1500	200	100,0
4-5	1900	198	178,2
5-6	1900	350	315,0
6-7	2240	400	496,0
7-8	2390	500	695,0
8-9	2350	700	945,0
9-10	2408	900	1267,2
10-11	2700	1005	1708,5
11-12	2630	1300	2119,0
12-13	2895	1400	2653,0
13-14	2850	1700	3145,0

CURVA DE DUREZA MEDIA



—■— PUNTOS —+— FUNCION

Los datos de caracterización tensional han sido obtenidos a partir de la experimentación de las muestras mediante los ensayos Rilem Test III.1 y III.2 modificados.

Datos de caracterización del comportamiento hídrico

Se reflejan los valores de las magnitudes esenciales para estimar, en las diferentes variedades de piedra estudiadas, el comportamiento frente al agua.

Datos de caracterización del sistema poroso

Para la realización de estos ensayos, se ha adoptado un método mixto petrografía-porometría de mercurio. Dicho método se ha aplicado a una muestra de cada tipo de piedra y se ha realizado tres veces por muestra.

Los porcentajes de macro y microporosidad se han determinado en relación con la porosidad efectiva total, de acuerdo con las siguientes definiciones:

Macroporosidad % de poros con radio $> 7,5 \mu\text{m}$

Microporosidad % de poros con radio $< 7,5 \mu\text{m}$

Datos de alterabilidad

Se estima, cuantitativamente, la alterabilidad para los distintos tipos de piedra en función de su variación en peso tras la realización del ensayo de alterabilidad correspondiente.

Para cada tipo de roca y ensayo se define el índice de alterabilidad (I_{ae}), de forma cuantitativa, valorando el mismo entre 0 y 4 en función de su grado de deterioro (variación de peso).

Se define, por fin, el índice total de alterabilidad (I_{ta}) integrando los valores obtenidos sobre una misma piedra, para cada tipo de ensayo, según la expresión:

$$I_{ta} = \frac{\sum_1^n I_{ae}}{n_e}$$

siendo:

I_{ta} índice total de alterabilidad (0-100)

I_{ae} índice de alterabilidad para cada ensayo (0-100)

n_e número de ensayos. En nuestro caso $n_e = 4$.

Se obtiene así la siguiente tabla de resultados:

TIPO DE ROCA	$I_{\text{ac}} \text{ sales}$	$I_{\text{ac}} \text{ ácido}$	$I_{\text{ac}} \text{ hum-sec}$	$I_{\text{ac}} \text{ heladas}$	I_{ta}
BOÑAR	0,75	1,14	0,08	0,07	0,51
CAMPASPERO	1,53	0,31	0,16	0,12	0,53
COLMENAR	0,17	0,49	0,14	0,07	0,21
ESPERA	1,34	0,97	0,22	0,72	0,81
ESTEPA	1,22	0,22	0,08	0,05	0,39
NOVELDA	> 20	0,66	0,28	0,03	> 5,25
OSTIONERA	1,16	0,15	0,54	0,74	0,65
PALOMERA	0,34	3,86	0,42	1,15	1,44
SEPULVEDA	10,92	0,74	0,20	0,25	3,05

De forma cualitativa se establecen los siguientes dominios:

Variación de Peso

Estimación cualit. alterabilidad

0 - 0,1

Nulo

0,1- 1

Bajo

1 - 3

Medio

> 3

Alto

Usos y aplicaciones

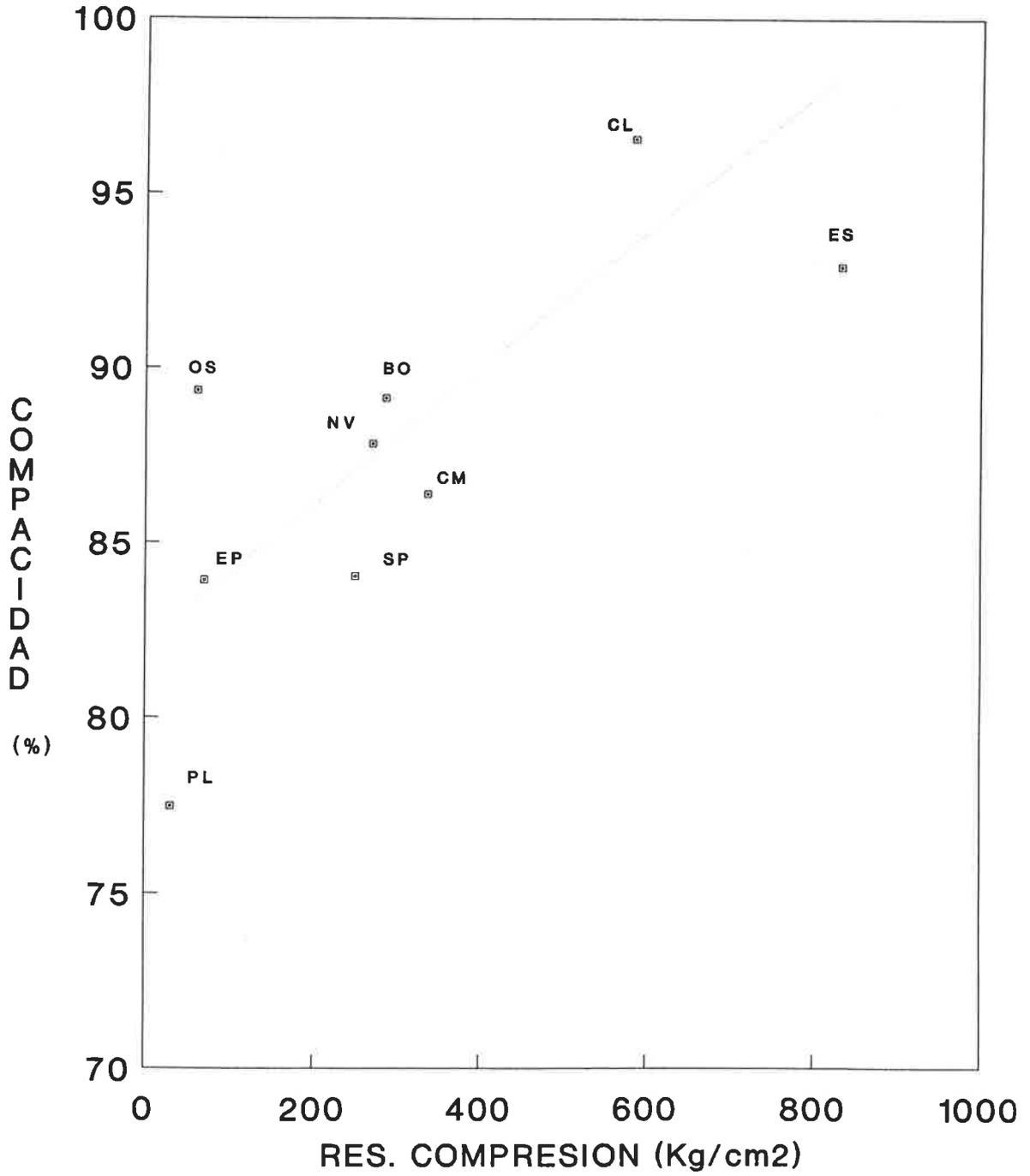
Se distinguen la canterabilidad de la roca, y sus usos y aplicaciones arquitectónicas.

La canterabilidad viene definida en función de dos parámetros o propiedades: la aptitud de pulido, que es a su vez función de la dureza AFNOR, de la mineralogía y de la textura mineral (grado de cristalización de la roca), y la aptitud para la talla o labrado, que depende de la cohesión o compacidad de la roca, y de la dureza superficial (ver diagramas relación compacidad-vel. sónica y compacidad-resistencia mecánica).

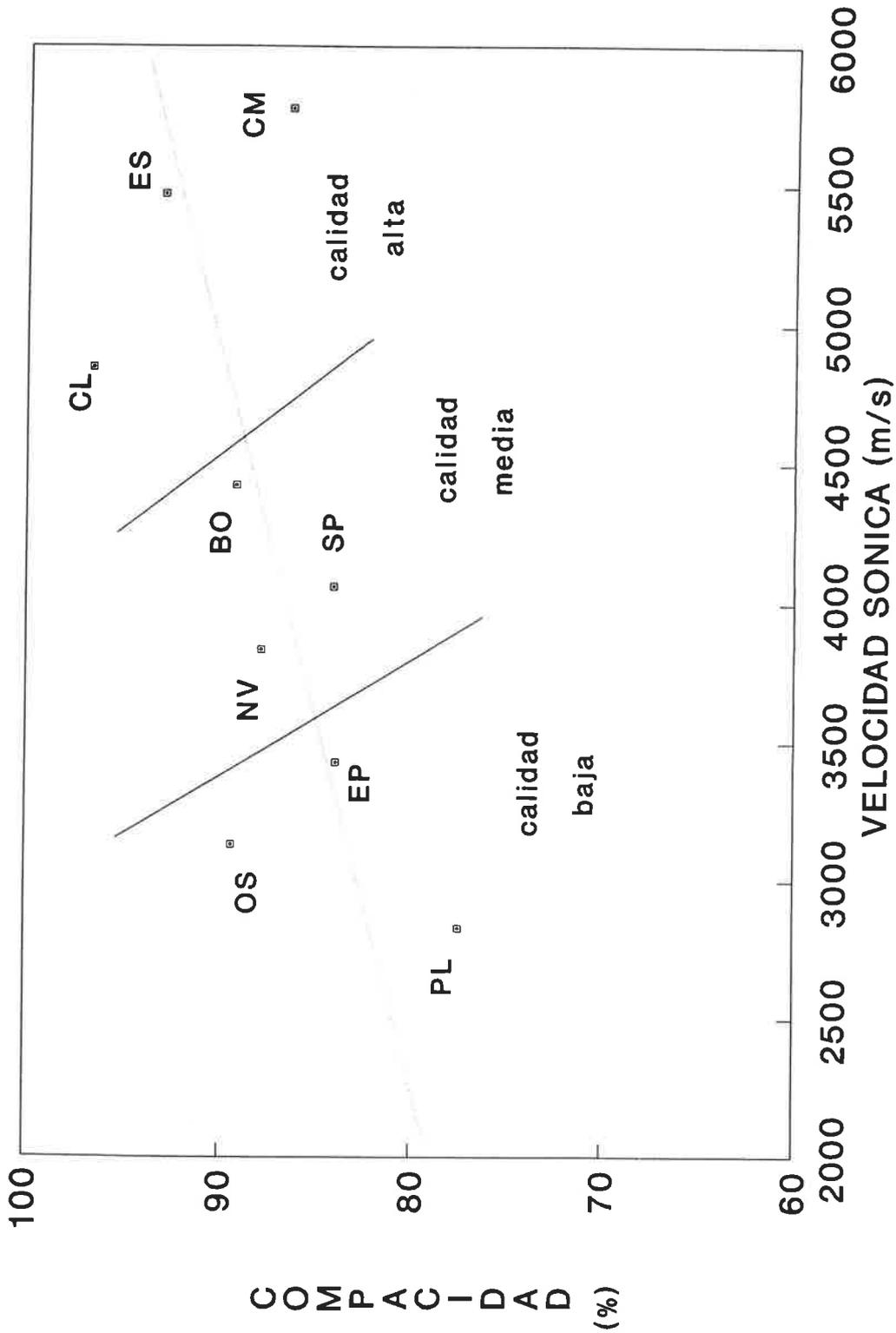
Los dominios de usos y aplicaciones vienen determinados en función de las propiedades que se han detallado en los capítulos anteriores (prop. mecánicas, hídricas, alterabilidad, etc.). Se han considerado como campos de aplicación diferenciados el uso exterior o interior, así como su idoneidad para sillares y para solados (en su defecto únicamente como revestimientos).

PIEDRA	EXT	INT	SILLARES	SUELOS
SEPULVEDA	-	+	-	+
PALOMERA	+	+	-	-
OSTIONERA	+	+	-	-
NOVELDA	-	+	-	-
ESTEPA	+	+	+	+
ESPERA	+	+	-	-
COLMENAR	+	+	+	+
CAMPASPERO	+	+	-	+
BOÑAR	+	+	-	-

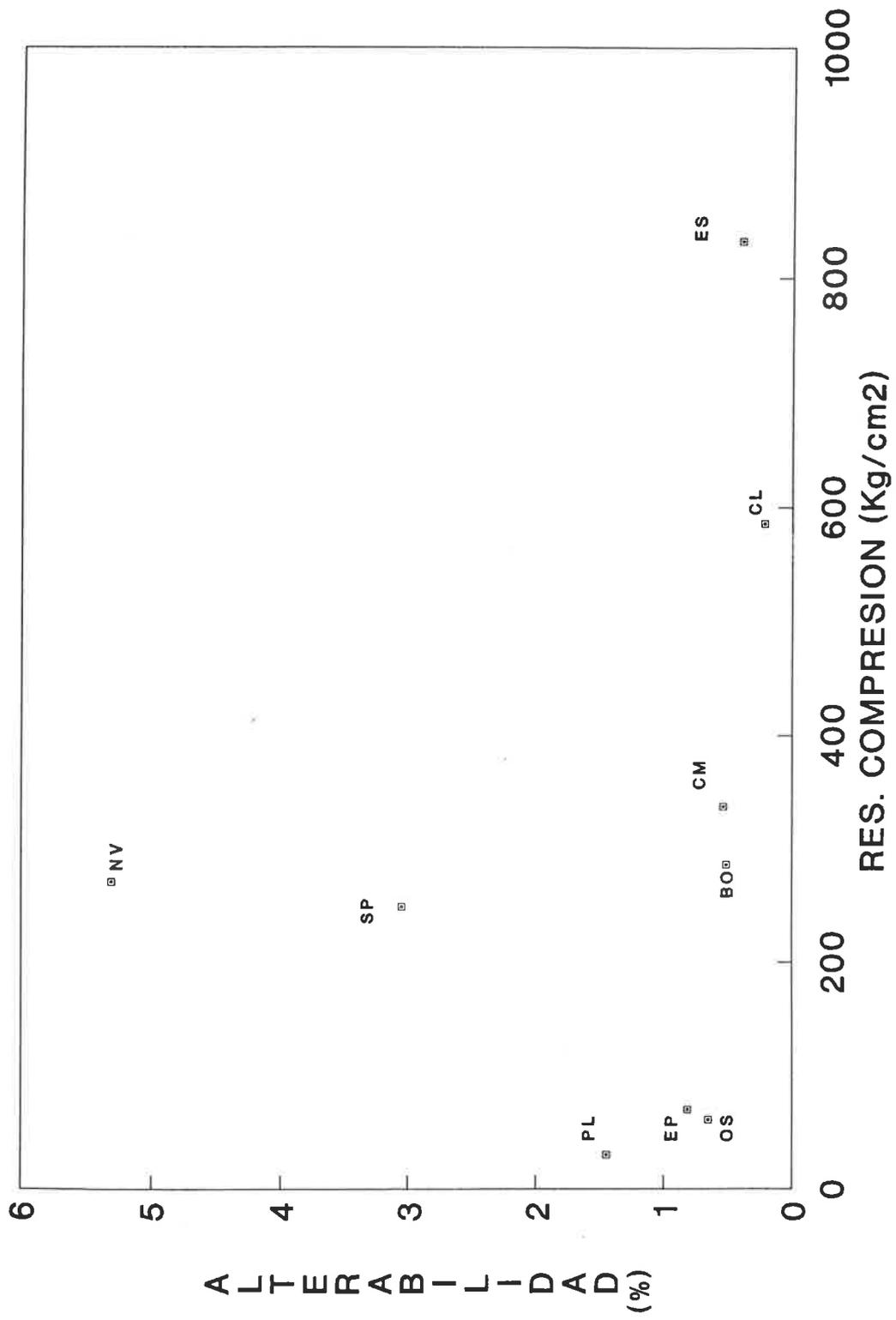
RELACION R.MEC.COMPRESION-COMPACIDAD



RELACION VELOC. SONICA-COMPACTAD



RELACION R.MEC.COMPRESION-ALTERABILIDAD



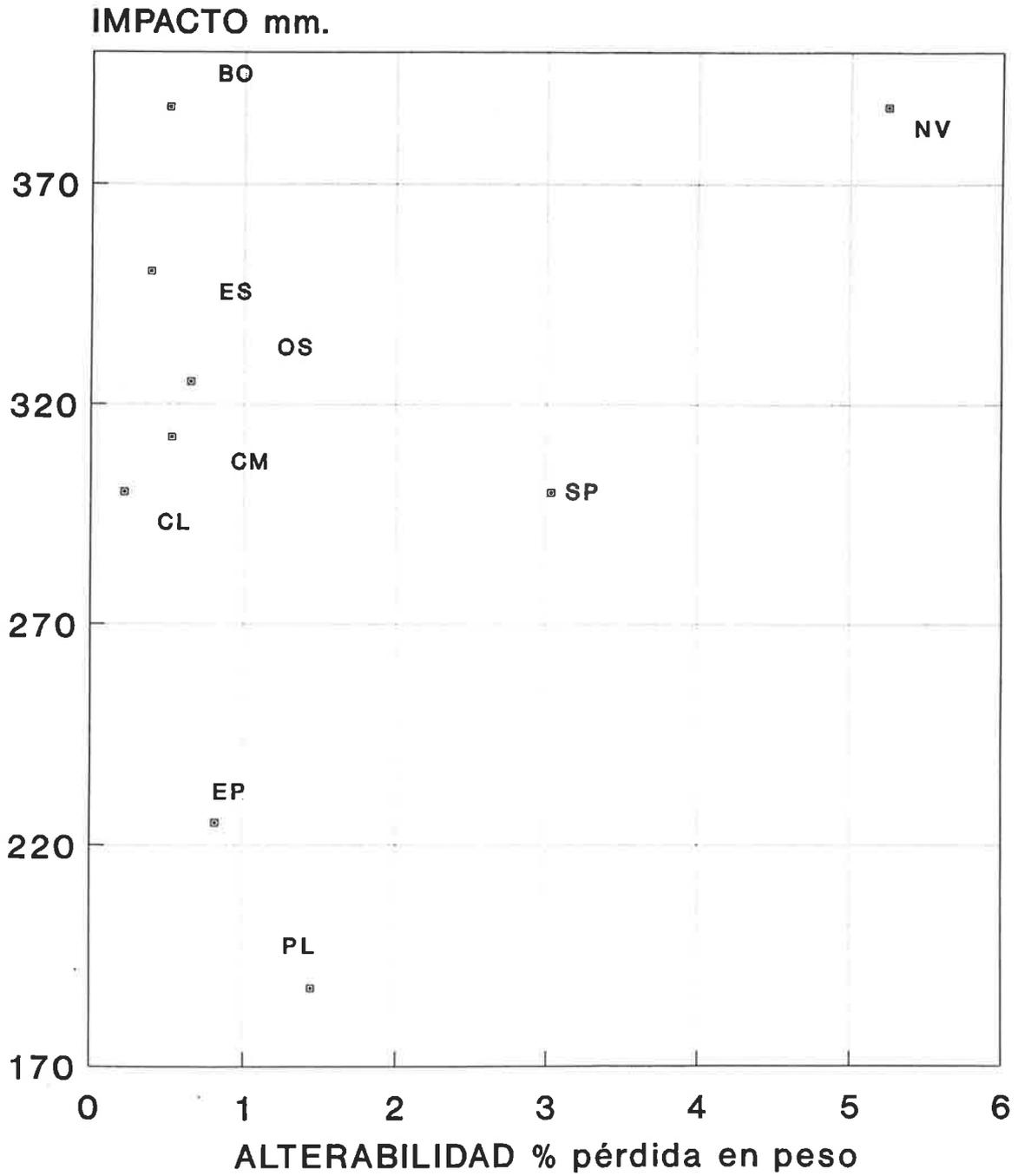
En el siguiente cuadro se detalla la dependencia de los diferentes usos considerados y dichas propiedades:

P.TECNICA	EXTERIORES	INTERIORES	SILLARES	SOLADOS
Peso específico	**	**	***	**
Absorción	**	*	***	**
R.compresión	**	*	***	**
R.flexión	**	*	***	**
R.Impacto	*	*	*	***
R.desgaste	*	*	*	***
Alterabilidad	***	*	***	***

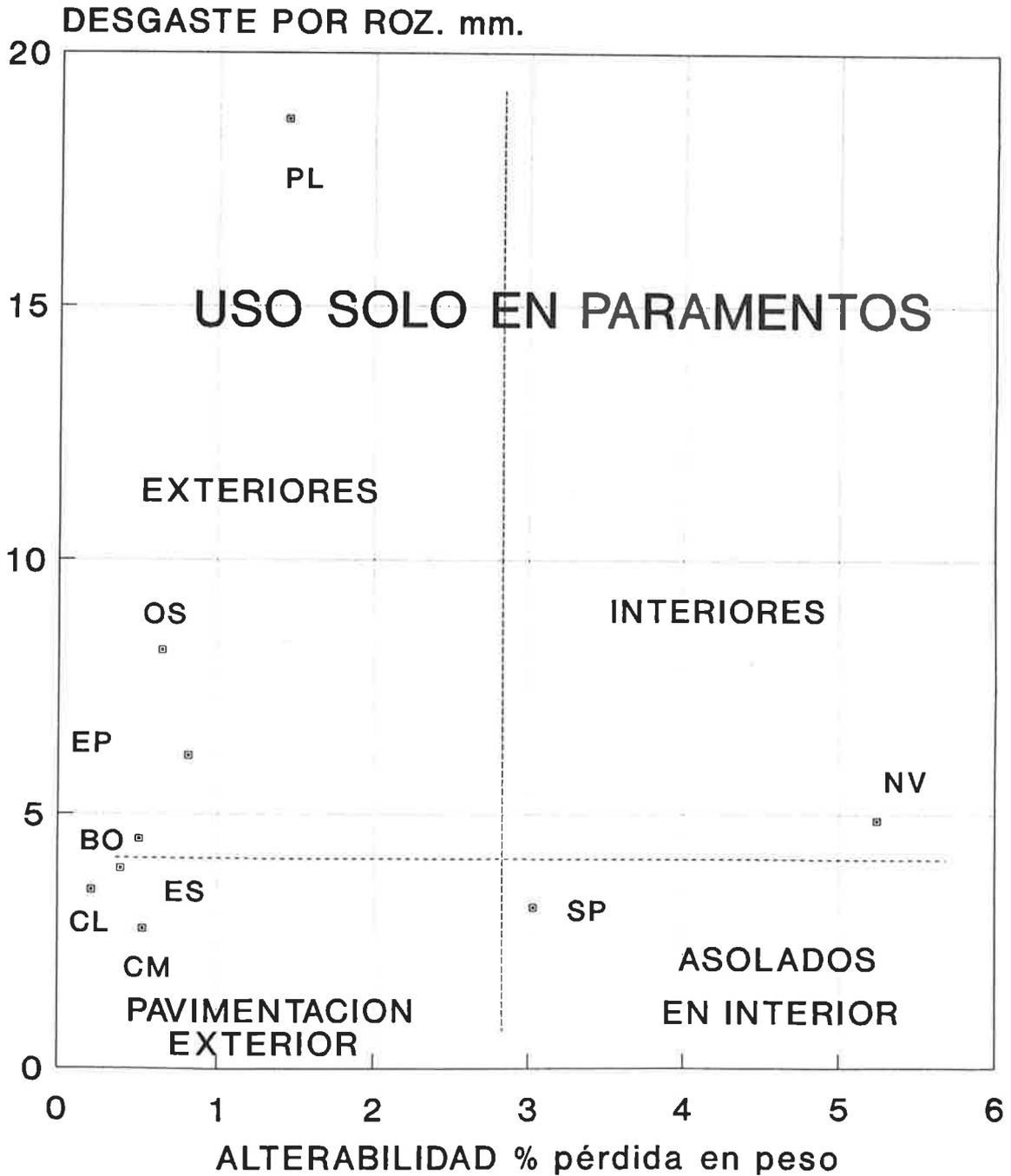
Explicación grado de dependencia

- * Escaso
- ** Mediano
- *** Alto

USOS EN PAVIMENTOS EXTERIORES-INTERIORES



USOS EN PAVIMENTOS EXTERIORES-INTERIORES



Presentación de resultados

Siguiendo el método explicado en el capítulo anterior se han confeccionado un total de nueve fichas, una para cada tipo de piedra (Ver. figura .- Plano de situación).

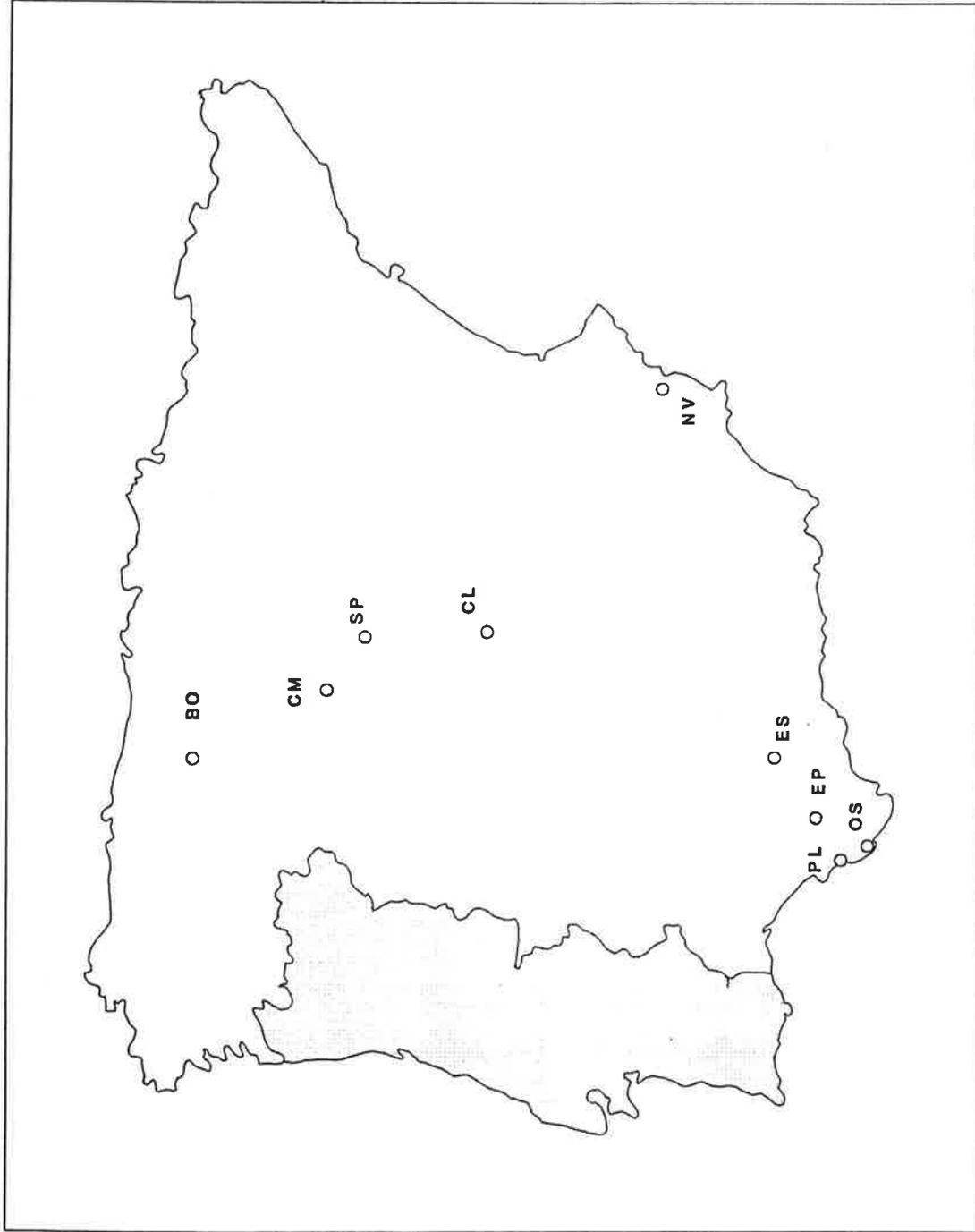
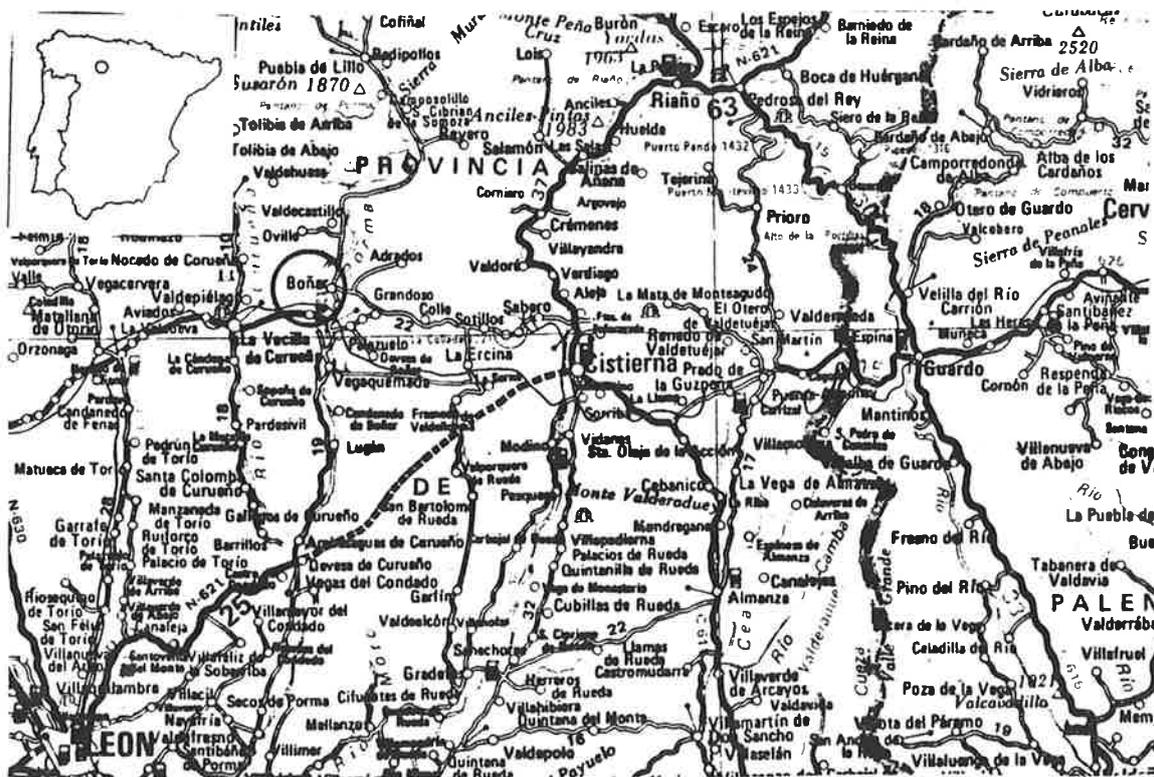
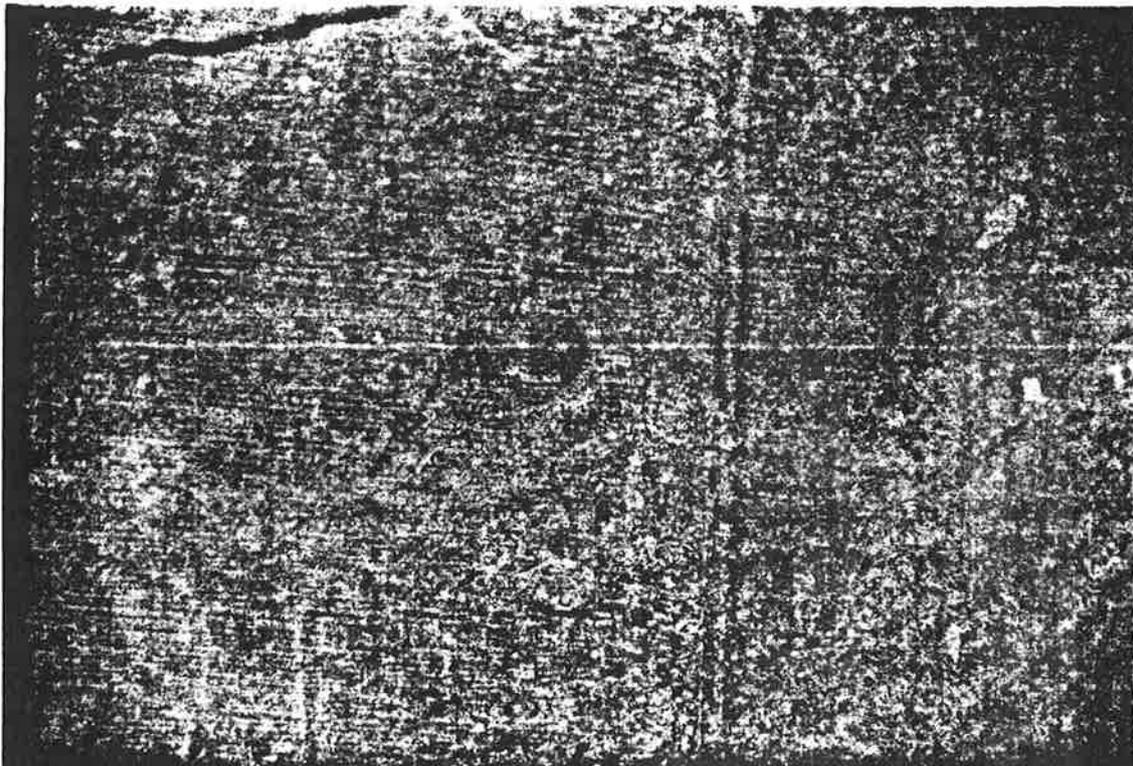


Fig. 1.- Situación general de la localización de los distintos tipos de piedra.

PIEDRA DE BOÑAR

PIEDRA DE BOÑAR

Var. BANCO ROJO



SITUACION

PROVINCIA *LEON*

MUNICIPIO *BOÑAR*

FICHA TECNICA

DATOS DE PRODUCCION

Reservas: Bajas (< 100.000 m³)

Tamaño de explotaciones: Pequeñas (< 1.000 m³/año)

Dimensión de bloque:

Anchura: 0,50 - 0,80 m

Longitud: 1,10 - 1,30 m

Altura: 0,30 - 0,80 m

DATOS GEOLOGICOS

Posición geológica

Era: Mesozoico

Sistema: Cretácico Sup.

Piso: Senonense

Características litológicas

Clasificación: Dolomía

Clastos:

Matriz: Dolomita muy fina compacta

DATOS MECANICOS			
Resistencia	Mín.	Med.	Máx.
Compresión (kg/cm ²)	138,74	286,03	496,43
Flexión (kg/cm ²)	31,91	97,15	155,66
Impacto (mm)	350	387	450
Desgaste a rozamiento (mm)	3,74	4,50	5,27
Dureza tipo (Esc. AFNOR)		8	
Velocidad sónica (m/s)		4.423	
Fr. resonancia (mod.long.) (Hz)		12.066	
Fr. resonancia (mod.torsión)(Hz)		2.320	
Fr. resonancia (mod.flexión)(Hz)		3.450	

PARAMETROS HIDRICOS	
Densidad absoluta	2,68
Densidad aparente	2,35
Porosidad accesible al agua	10,88
Compacidad de la roca	89,12
Coefficiente de absorción	5,31

CARACTERISTICAS DEL SISTEMA POROSO	
Porosidad	14 %
Macroporosidad ^(*) (%)	14,5
Microporosidad ^(*) (%)	85,5
(*) Valores referidos a la porosidad total	

ALTERABILIDAD (*)		
Ataque por sales	- 0,75	Bajo
Ataque por ácidos (SO ₂)	- 1,14	Medio
Heladicidad	- 0,07	Nulo
Humedad-sequedad	- 0,08	Nulo

(*) Estimaciones mediante % de variación de peso al final del ensayo

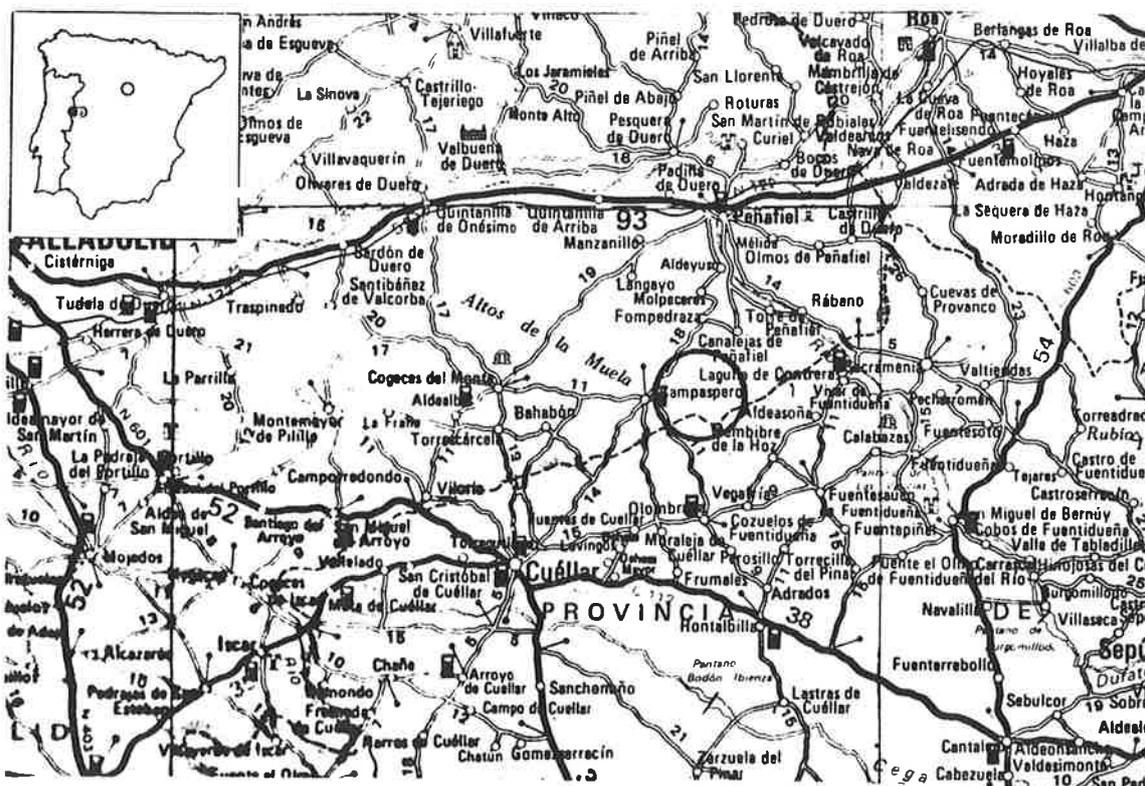
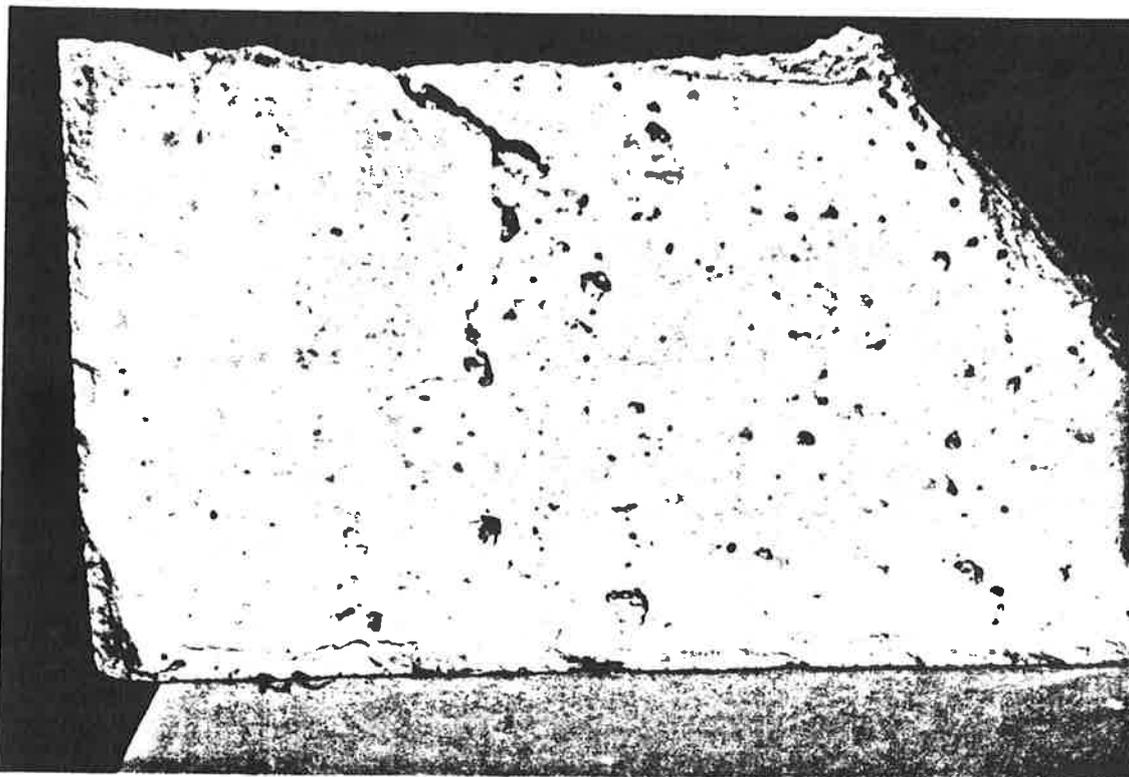
USOS Y APLICACIONES	
Canterabilidad	
Aptitud de pulido	-
Aptitud de talla	+
Usos y aplicaciones	
Exteriores	+
Interiores	+
Sillares	-
Solados	-

REFERENCIAS:

Catedral de León
P. N. Hostal de San Marcos (León)

PIEDRA DE CAMPASPERO

PIEDRA DE CAMPASPERO



SITUACION

PROVINCIA VALLADOLID

MUNICIPIO CAMPASPERO

FICHA TECNICA

DATOS DE PRODUCCION

Reservas: Grandes (350.000-1.000.000 m³)

Tamaño de explotaciones: Pequeñas (< 1.000 m³/año)

Dimensión de bloque:

Anchura: 2,00 - 2,50 m

Longitud: 1,40 - 1,50 m

Altura: 1,00 - 1,20 m

DATOS GEOLOGICOS

Posición geológica

Era: Cenozoico
Sistema: Neógeno (Mioceno)
Piso: Pontiense Inf.

Características litológicas

Clasificación: Caliza dismicrítica

Clastos:
Matriz: Esparita

DATOS MECANICOS			
Resistencia	Mín.	Med.	Máy.
Compresión (kg/cm ²)	174,01	337,82	617,13
Flexión (kg/cm ²)	35,98	54,13	74,11
Impacto (mm)	300	313	350
Desgaste a rozamiento (mm)	2,31	2,74	3,18
Dureza tipo (Esc. AFNOR)	6		
Velocidad sónica (m/s)	5.774		
Fr. resonancia (mod.long.) (Hz)	10.869		
Fr. resonancia (mod.torsión)(Hz)	2.331		
Fr. resonancia (mod.flexión)(Hz)	3.472		

PARAMETROS HIDRICOS	
Densidad absoluta	2,62
Densidad aparente	2,22
Porosidad accesible al agua	13,63
Compacidad de la roca	86,37
Coefficiente de absorción	6,70

CARACTERISTICAS DEL SISTEMA POROSO	
Porosidad	12,7 %
Macroporosidad ^(*) (%)	1
Microporosidad ^(*) (%)	99
(*) Valores referidos a la porosidad total	

ALTERABILIDAD (*)		
Ataque por sales	+ 1,53	Medio
Ataque por ácidos (SO ₂)	+ 0,31	Bajo
Heladicidad	- 0,12	Bajo
Humedad-sequedad	- 0,16	Bajo

(*) Estimaciones mediante % de variación de peso al final del ensayo

USOS Y APLICACIONES	
Canterabilidad	
Aptitud de pulido	-
Aptitud de talla	+
Usos y aplicaciones	
Exteriores	+
Interiores	+
Sillares	-
Solados	+

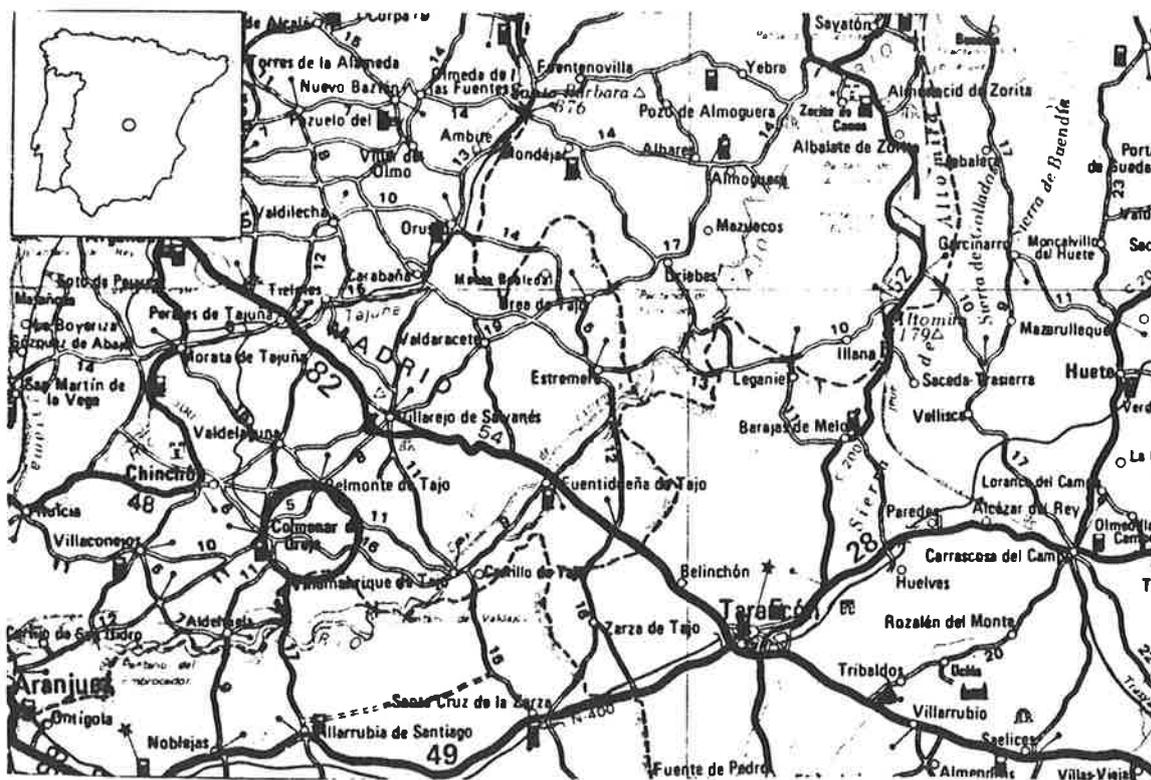
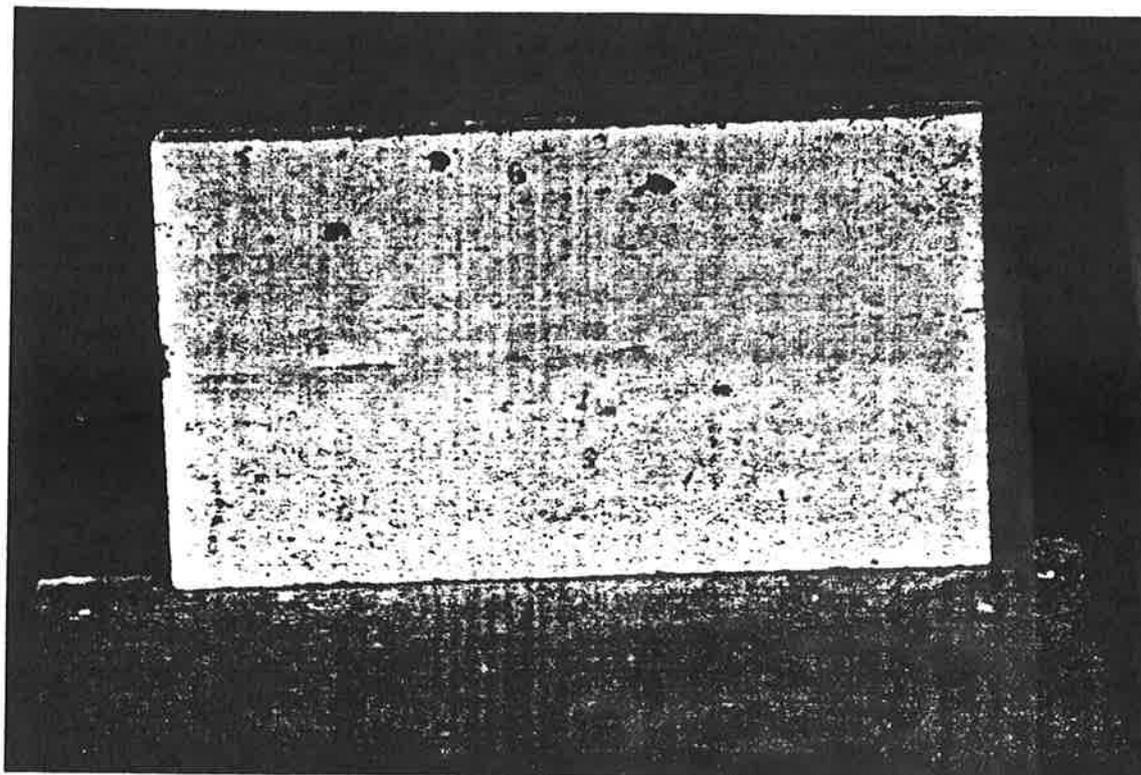
REFERENCIAS:

Catedral de Valladolid
 Universidad de Valladolid

PIEDRA DE COLMENAR

PIEDRA DE COLMENAR

Var. -



SITUACION

PROVINCIA *MADRID*

MUNICIPIO *COLMENAR DE OREJA*

FICHA TECNICA

DATOS DE PRODUCCION	
Reservas:	Elevadas (1.000.000 m ³)
Tamaño de explotaciones:	Pequeñas (<5.000 m ³ /año)
Dimensión de bloque:	
Anchura:	2,00 - 2,20 m
Longitud:	1,10 - 1,50 m
Altura:	1,00 - 1,20 m

DATOS GEOLOGICOS	
Posición geológica	
Era:	Cenozoico
Sistema:	Neógeno (Plioceno Inf.)
Piso:	Pontiense
Características litológicas	
Clasificación:	Biomicrita
Clastos:	
Matriz:	Micrita

DATOS MECANICOS			
Resistencia	Mín.	Med.	Máx.
Compresión (kg/cm ²)	145,36	585,08	961,98
Flexión (kg/cm ²)	49,03	74,62	92,66
Impacto (mm)	250	300	350
Desgaste a rozamiento (mm)	1,83	3,50	5,67
Dureza tipo (Esc. AFNOR)	8		
Velocidad sónica (m/s)	4.845		
Fr. resonancia (mod.long.) (Hz)	10.679		
Fr. resonancia (mod.torsión)(Hz)	1.923		
Fr. resonancia (mod.flexión)(Hz)	1.805		

PARAMETROS HIDRICOS	
Densidad absoluta	2,60
Densidad aparente	2,45
Porosidad accesible al agua	3,44
Compacidad de la roca	96,56
Coefficiente de absorción	1,92

CARACTERISTICAS DEL SISTEMA POROSO
Porosidad
Macroporosidad ^(*) (%)
Microporosidad ^(*) (%)
(*) Valores referidos a la porosidad total

ALTERABILIDAD^(*)

Ataque por sales	- 0,17	Bajo
Ataque por ácidos (SO ₂)	+ 0,49	Bajo
Heladicidad	- 0,07	Nulo
Humedad-sequedad	- 0,14	Bajo

(*) Estimaciones mediante % de variación de peso al final del ensayo

USOS Y APLICACIONES

Canterabilidad

Aptitud de pulido	+
Aptitud de talla	+

Usos y aplicaciones

Exteriores	+
Interiores	+
Sillares	+
Solados	+

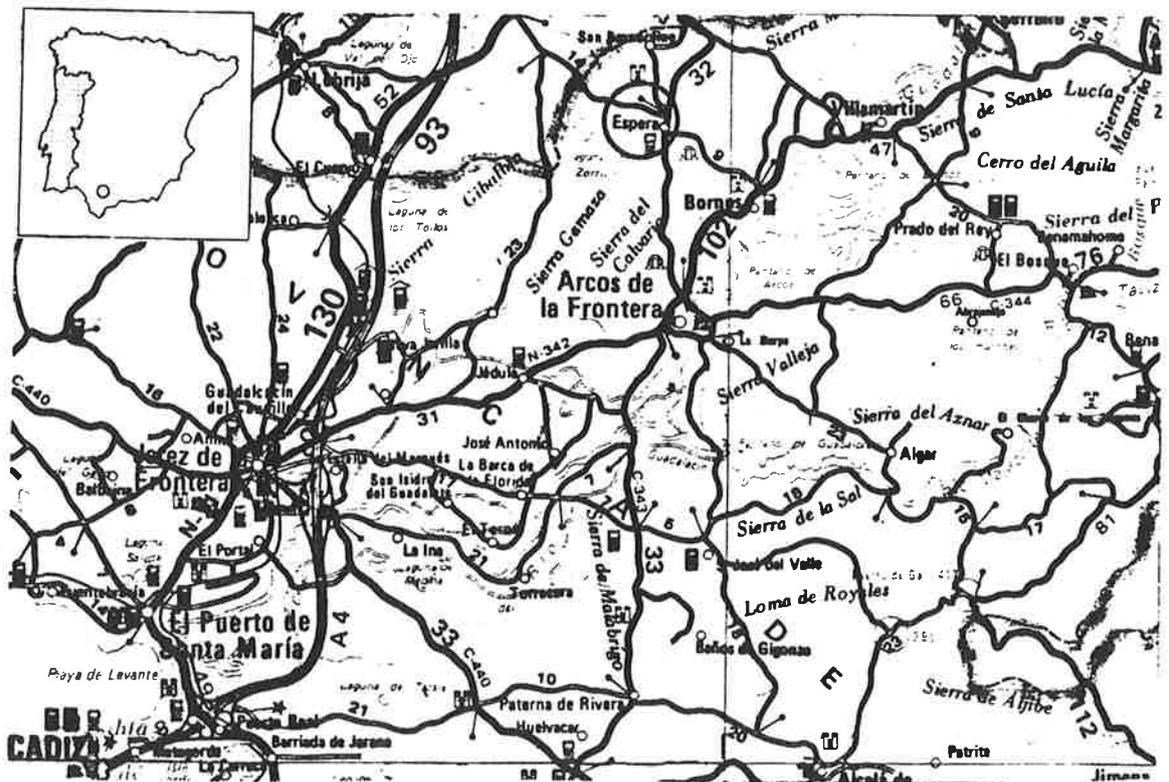
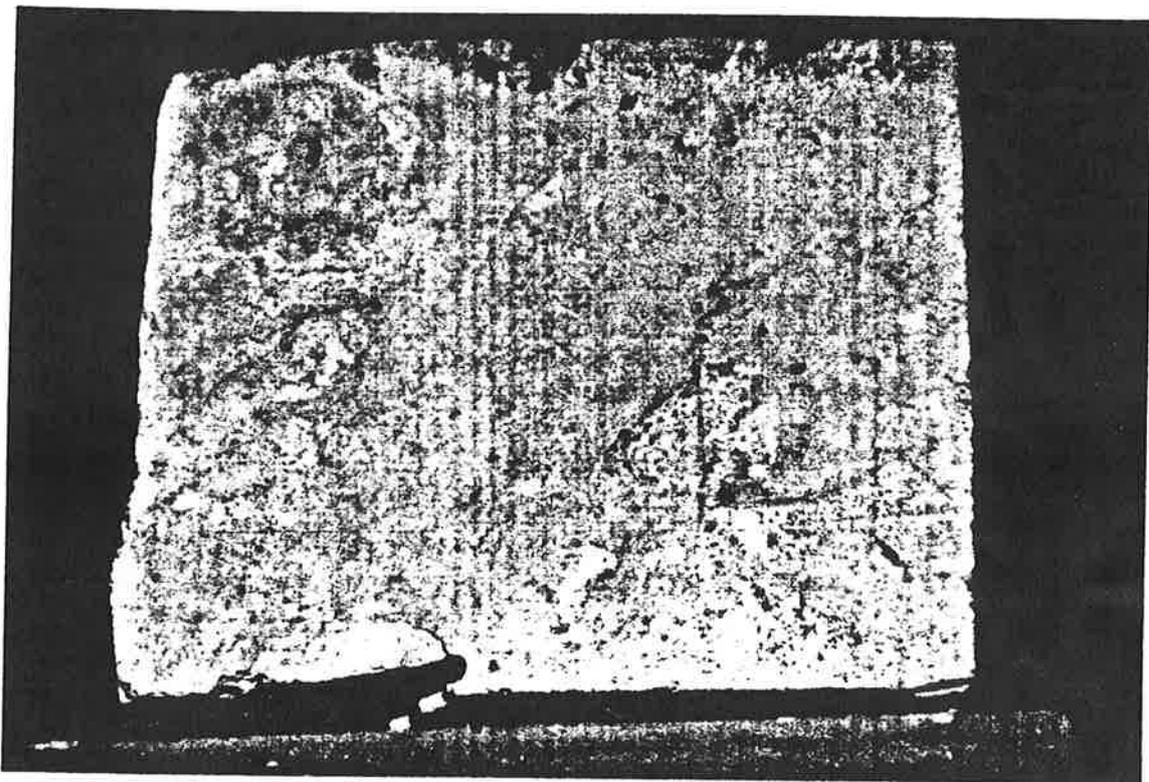
REFERENCIAS:

Palacio de Aranjuez
Palacio Real (Madrid)
Museo del Prado (Madrid)
Puerta de Alcalá (Madrid)

PIEDRA DE ESPERA

PIEDRA DE ESPERA

Var. -



SITUACION

PROVINCIA **CADIZ**

MUNICIPIO **ESPERA**

FICHA TECNICA

DATOS DE PRODUCCION

Reservas: Elevadas (> 1.000.000 m³)

Tamaño de explotaciones: Inactivas

Dimensión de bloque:

Anchura: --

Longitud: --

Altura: --

DATOS GEOLOGICOS

Posición geológica

Era: Cenozoico

Sistema: Neógeno (Mioceno Sup.-Plioceno)

Piso: Messiniense

Características litológicas

Clasificación: Biocalcarenita (biomicrita)

Clastos: Cuarzo + Cont. fosífero textura micrítica

Matriz: Micrita

DATOS MECANICOS			
Resistencia	Mín.	Med.	Máx.
Compresión (kg/cm ²)	41,39	69,40	130,78
Flexión (kg/cm ²)	19,29	32,21	104,07
Impacto (mm)	300	350	400
Desgaste a rozamiento (mm)	4,74	5,50	7,54
Dureza tipo (Esc. AFNOR)		3	
Velocidad sónica (m/s)		3.428	
Fr. resonancia (mod.long.) (Hz)		6.526	
Fr. resonancia (mod.torsión)(Hz)		2.139	
Fr. resonancia (mod.flexión)(Hz)		1.129	

PARAMETROS HIDRICOS	
Densidad absoluta	2,41
Densidad aparente	2,06
Porosidad accesible al agua	16,10
Compacidad de la roca	83,90
Coefficiente de absorción	6,97

CARACTERISTICAS DEL SISTEMA POROSO	
Porosidad	10,17 %
Macroporosidad ^(*) (%)	5
Microporosidad ^(*) (%)	95
(*) Valores referidos a la porosidad total	

ALTERABILIDAD^(*)		
Ataque por sales	- 1,34	Bajo
Ataque por ácidos (SO ₂)	+ 0,97	Bajo
Heladicidad	+ 0,72	Bajo
Humedad-sequedad	- 0,22	Bajo

(*) Estimaciones mediante % de variación de peso al final del ensayo

USOS Y APLICACIONES	
Canterabilidad	
Aptitud de pulido	-
Aptitud de talla	+
Usos y aplicaciones	
Exteriores	+
Interiores	+
Sillares	-
Solados	-

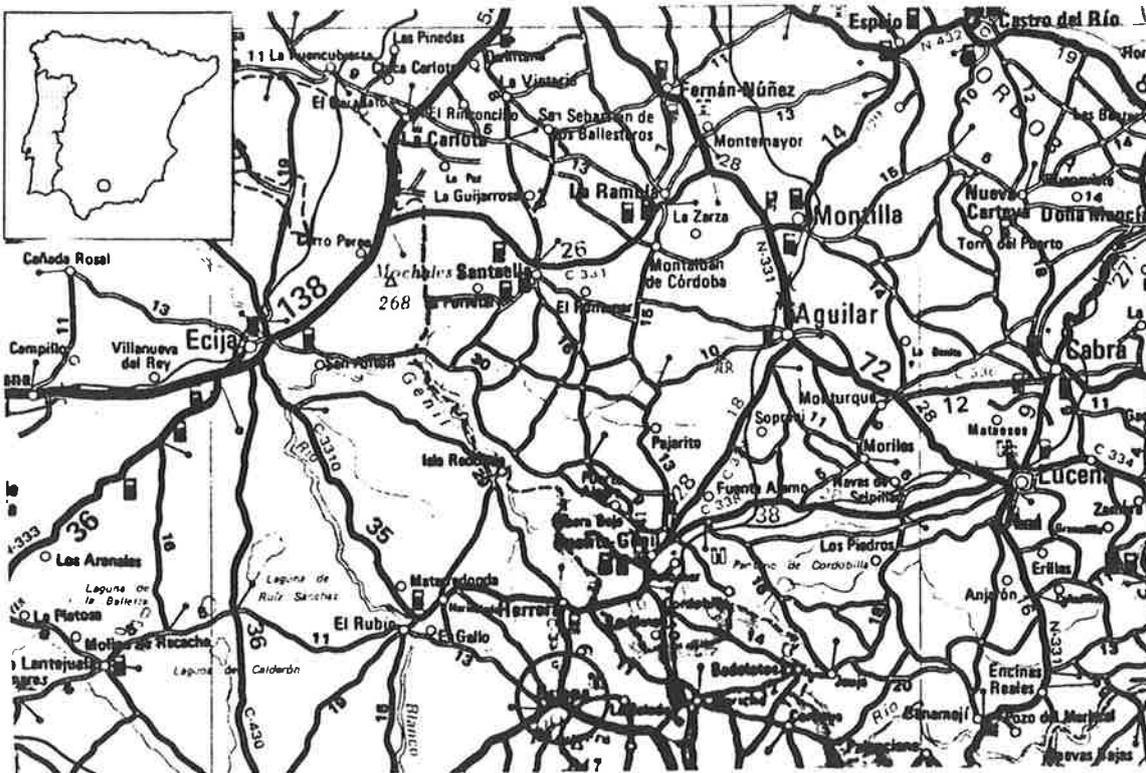
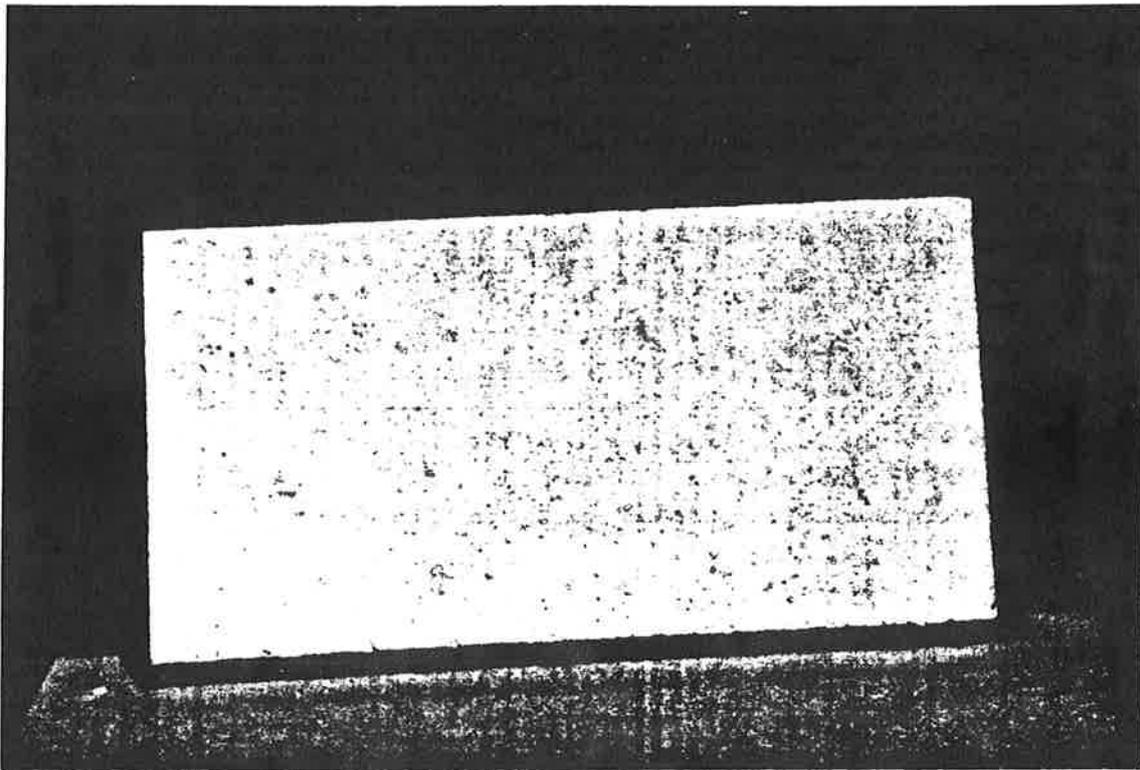
REFERENCIAS:

Catedral de Sevilla
Ayuntamiento de Sevilla
Iglesia de Santa María (Arcos de la Frontera)
Iglesia de Santa María de Gracia (Espera)

PIEDRA DE ESTEPA

PIEDRA DE ESTEPA

Var. CREMA GILENA



SITUACION

PROVINCIA **SEVILLA**

MUNICIPIO **GILENA**

FICHA TECNICA

DATOS DE PRODUCCION

Reservas:	Elevadas (> 1.000.000 m ³)
Tamaño de explotaciones:	Pequeñas (< 75.000 m ³ /año)
Dimensión de bloque:	
Anchura:	1,50 - 1,60 m
Longitud:	1,80 - 2,00 m
Altura:	1,20 - 1,50 m

DATOS GEOLOGICOS

Posición geológica

Era:	Mesozoico
Sistema:	Jurásico
Piso:	Dogger

Características litológicas

Clasificación:	Caliza compacta - Bioesparita
Clastos:	Calcita (micrita) en forma de bioclastos, pellets y oolitos
Matriz:	Esparita

DATOS MECANICOS			
Resistencia	Mín.	Med.	Máx.
Compresión (kg/cm ²)	495,41	832,33	1.327
Flexión (kg/cm ²)	77,47	87,66	99,49
Impacto (mm)	200	225	250
Desgaste a rozamiento (mm)	3,91	3,92	3,92
Dureza tipo (Esc. AFNOR)		9	
Velocidad sónica (m/s)		5.468	
Fr. resonancia (mod.long.) (Hz)		10.800	
Fr. resonancia (mod.torsión)(Hz)		4.061	
Fr. resonancia (mod.flexión)(Hz)		2.892	

PARAMETROS HIDRICOS	
Densidad absoluta	2,65
Densidad aparente	2,44
Porosidad accesible al agua	7,09
Compacidad de la roca	92,91
Coefficiente de absorción	2,98

CARACTERISTICAS DEL SISTEMA POROSO	
Porosidad	8,8 %
Macroporosidad ^(*) (%)	0
Microporosidad ^(*) (%)	100
(*) Valores referidos a la porosidad total	

ALTERABILIDAD (*)

Ataque por sales	+ 1,22	Bajo
Ataque por ácidos (SO ₂)	+ 0,22	Bajo
Heladicidad	+ 0,05	Nulo
Humedad-sequedad	- 0,08	Bajo

(*) Estimaciones mediante % de variación de peso al final del ensayo

USOS Y APLICACIONES

Canterabilidad

Aptitud de pulido	+
Aptitud de talla	+

Usos y aplicaciones

Exteriores	+
Interiores	+
Sillares	+
Solados	+

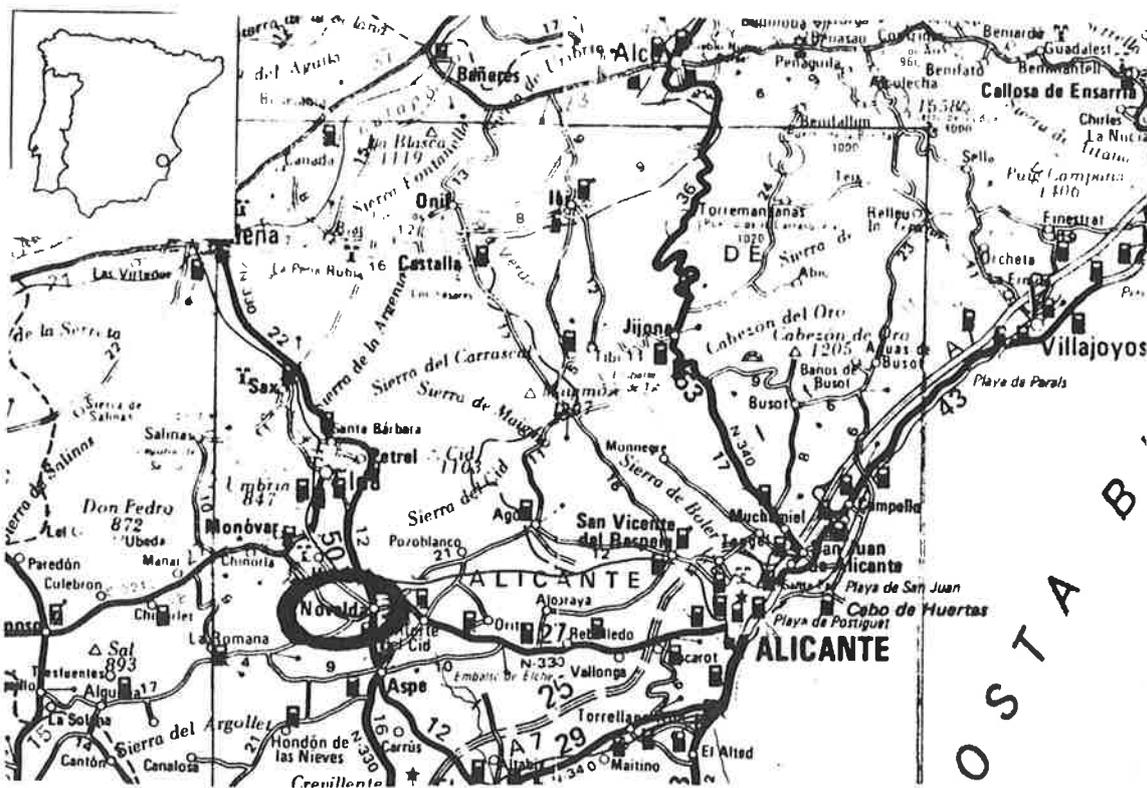
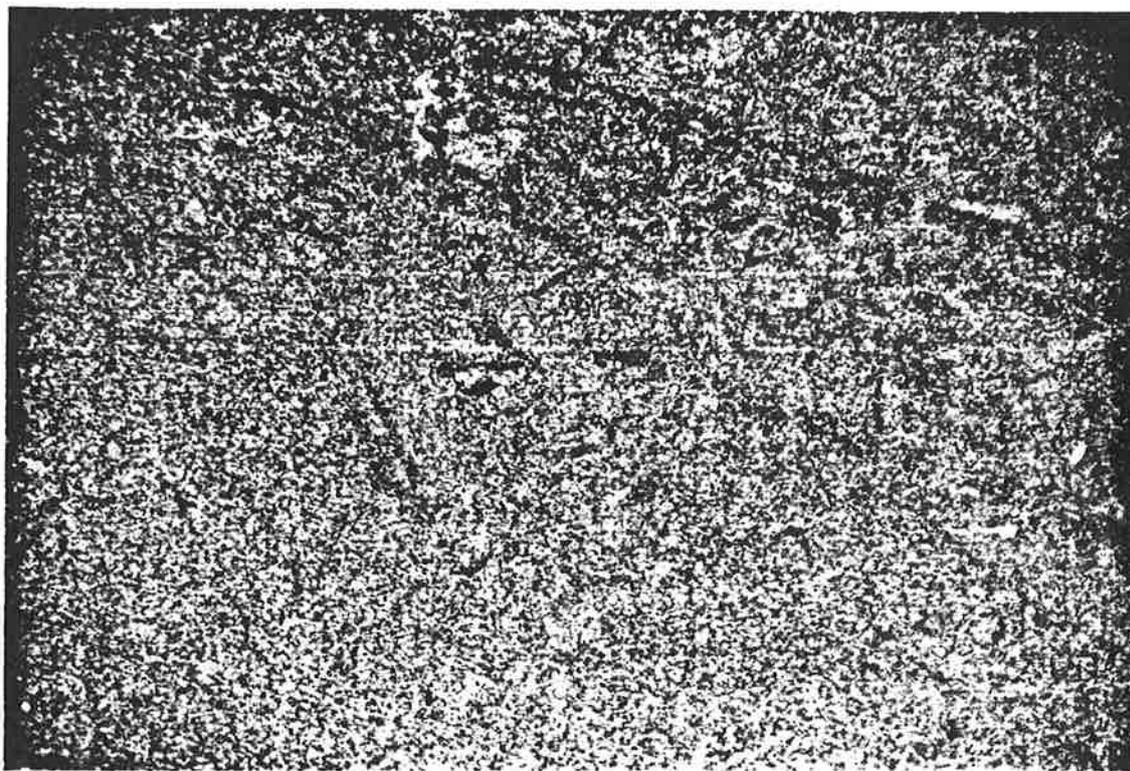
REFERENCIAS:

Catedral de Sevilla
Monumento de las Cortes de Cádiz
Fuente de Mercurio (Sevilla)
Colegiata de Osuna (Sevilla)

PIEDRA DE NOVELDA

PIEDRA DE NOVELDA

Var. BATEIG AZUL



SITUACION

PROVINCIA **ALICANTE**

MUNICIPIO **NOVELDA**

FICHA TECNICA

DATOS DE PRODUCCION

Reservas: Elevadas ($> 1.000.000 \text{ m}^3$)

Tamaño de explotaciones: Pequeñas ($< 75.000 \text{ m}^3/\text{año}$)

Dimensión de bloque:

Anchura: 2,60 - 2,80 m

Longitud: 1,40 - 1,50 m

Altura: 1,40 - 1,50 m

DATOS GEOLOGICOS

Posición geológica

Era: Cenozoico
Sistema: Neógeno (Mioceno)
Piso: Tortoniense Sup.

Características litológicas

Clasificación: Calcarenita

Clastos: Cuarzo + Cont. fosilifero textura micrítica

Matriz: Micrita

DATOS MECANICOS			
Resistencia	Mín.	Med.	Máy.
Compresión (kg/cm ²)	139,76	270,15	416,91
Flexión (kg/cm ²)	40,57	45,16	50,15
Impacto (mm)	350	388	400
Desgaste a rozamiento (mm)	4,80	4,87	4,94
Dureza tipo (Esc. AFNOR)	6		
Velocidad sónica (m/s)	3.834		
Fr. resonancia (mod.long.) (Hz)	9.119		
Fr. resonancia (mod.torsión)(Hz)	4.727		
Fr. resonancia (mod.flexión)(Hz)	1.960		

PARAMETROS HIDRICOS	
Densidad absoluta	2,58
Densidad aparente	2,23
Porosidad accesible al agua	12,18
Compacidad de la roca	87,81
Coefficiente de absorción	5,95

CARACTERISTICAS DEL SISTEMA POROSO	
Porosidad	18 %
Macroporosidad ^(*) (%)	15
Microporosidad ^(*) (%)	85
(*) Valores referidos a la porosidad total	

ALTERABILIDAD^(*)

Ataque por sales	> 20	Alto
Ataque por ácidos (SO ₂)	+ 0,66	Bajo
Heladicidad	+ 0,03	Nulo
Humedad-sequedad	- 0,28	Bajo

^(*) Estimaciones mediante % de variación de peso al final del ensayo

USOS Y APLICACIONES

Canterabilidad

Aptitud de pulido	-
Aptitud de talla	+

Usos y aplicaciones

Exteriores	-
Interiores	+
Sillares	-
Solados	-

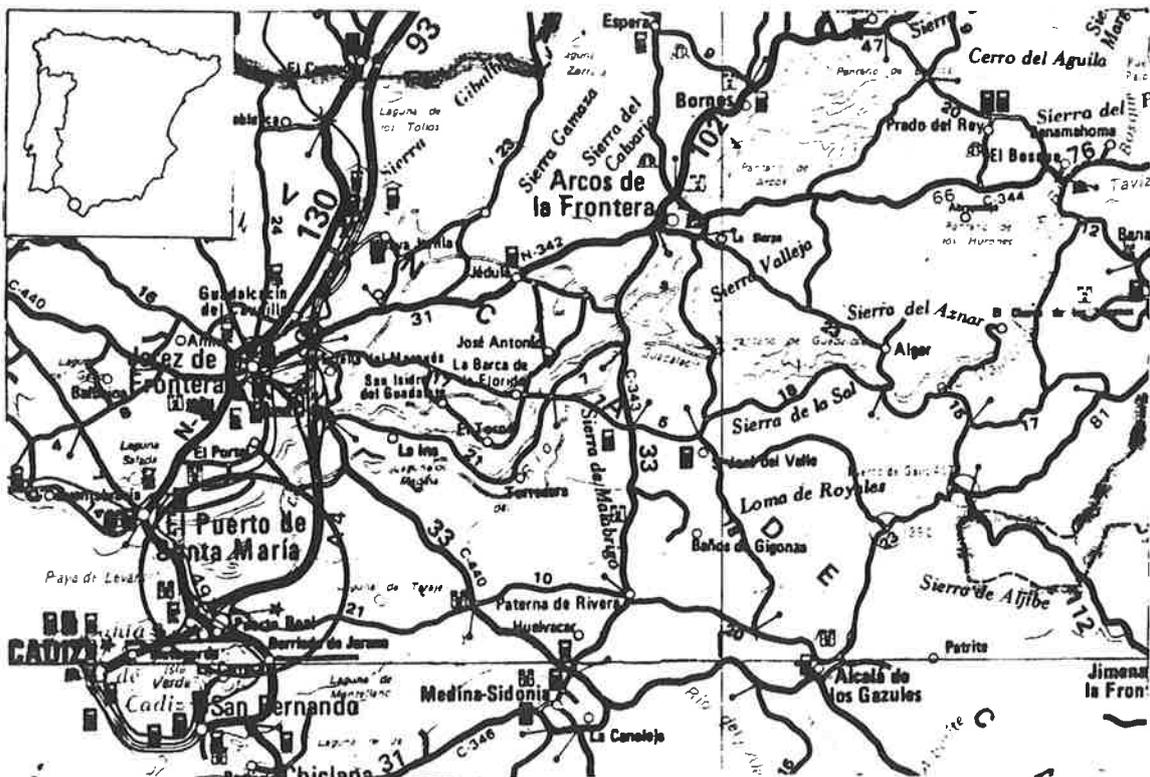
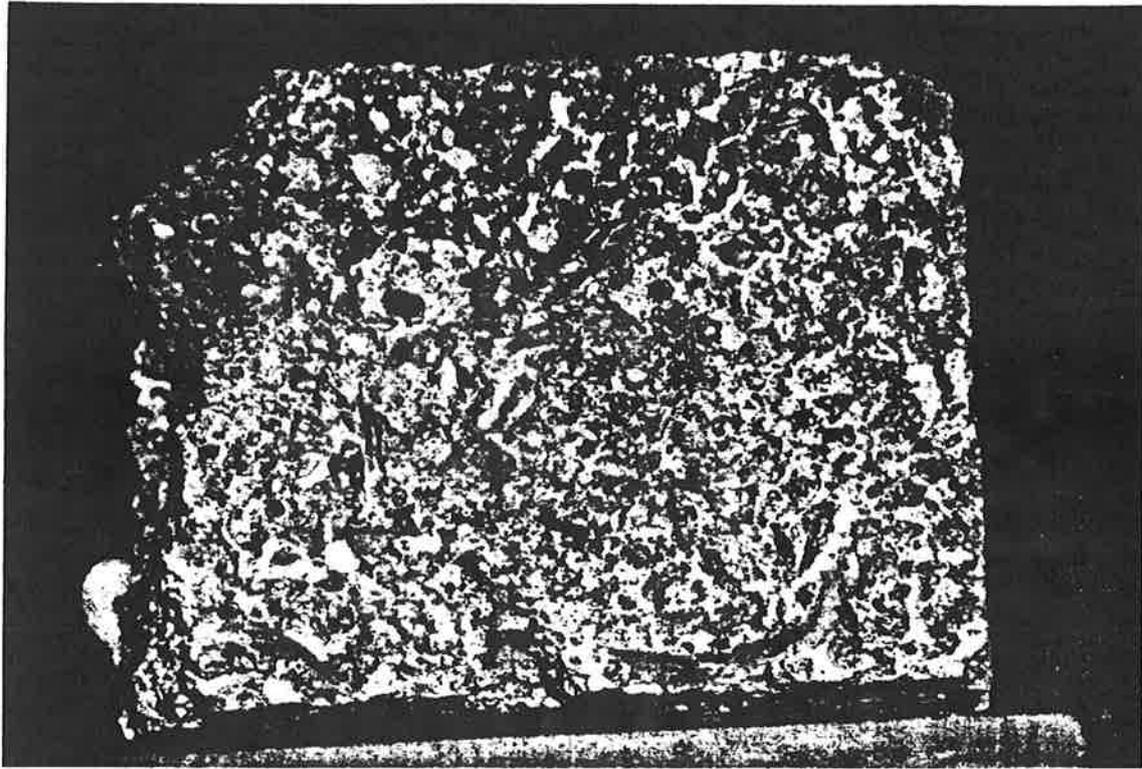
REFERENCIAS:

Catedral de la Almudena (Madrid)
Fachada Antigua Universidad de Alcalá de Henares (Madrid)
Monumento a Alfonso XII - Parque del Retiro - (Madrid)
Edificio de Correos (Madrid)
Edificios de Telefónica (Madrid y Barcelona)

PIEDRA OSTIONERA

PIEDRA OSTIONERA

Var. -



SITUACION

PROVINCIA **CADIZ**

MUNICIPIO **PUERTO REAL-TARIFA**

FICHA TECNICA

DATOS DE PRODUCCION	
Reservas:	Ilimitadas
Tamaño de explotaciones:	No existen actualmente explotaciones permanentes
Dimensión de bloque:	Bloques de pequeño tamaño (no comercial)
Anchura:	--
Longitud:	--
Altura:	--

DATOS GEOLOGICOS	
Posición geológica	
Era:	Cenozoico
Sistema:	Neógeno - Plioceno Superior
Piso:	--
Características litológicas	
Clasificación:	Bioconglomerado
Clastos:	Cuarzo y cuarcita en forma de guijarros de tamaño variable
Matriz:	--

DATOS MECANICOS			
Resistencia	Mín.	Med.	Máx.
Compresión (kg/cm ²)	16,00	61,60	112,03
Flexión (kg/cm ²)	2,75	13,66	24,97
Impacto (mm)	250	325	400
Desgaste a rozamiento (mm)	4,67	6,80	11,74
Dureza tipo (Esc. AFNOR)		3	
Velocidad sónica (m/s)		3.130	
Fr. resonancia (mod.long.) (Hz)		8.477	
Fr. resonancia (mod.torsión)(Hz)		2.213	
Fr. resonancia (mod.flexión)(Hz)		3.884	

PARAMETROS HIDRICOS	
Densidad absoluta	2,41
Densidad aparente	2,10
Porosidad accesible al agua	10,68
Compacidad de la roca	89,32
Coefficiente de absorción	5,64

CARACTERISTICAS DEL SISTEMA POROSO	
Porosidad	40 %
Macroporosidad (%)	
Microporosidad (%)	
(*) Valores referidos a la porosidad total	

ALTERABILIDAD (*)		
Ataque por sales	- 1,16	Bajo
Ataque por ácidos (SO ₂)	+ 0,15	Bajo
Heladicidad	+ 0,74	Bajo
Humedad-sequedad	- 0,54	Bajo

(*) Estimaciones mediante % de variación de peso al final del ensayo

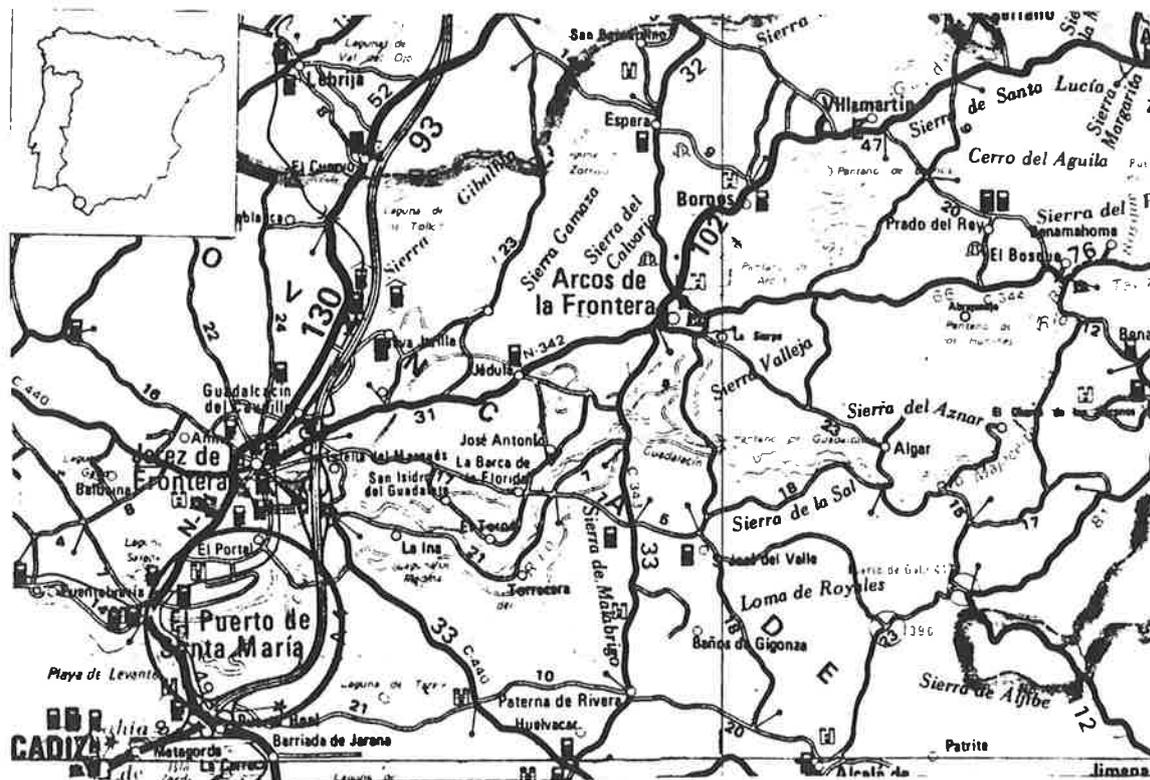
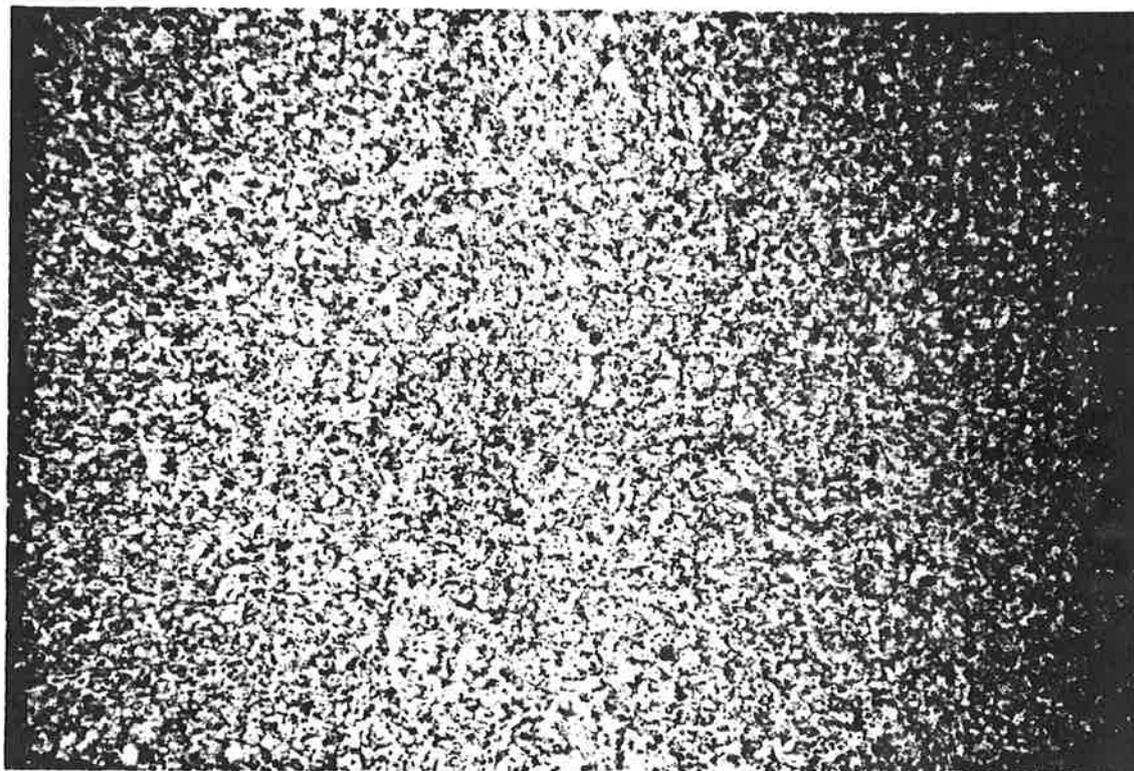
USOS Y APLICACIONES	
Canterabilidad	
Aptitud de pulido	-
Aptitud de talla	-
Usos y aplicaciones	
Exteriores	+
Interiores	+
Sillares	-
Solados	-

REFERENCIAS:

Catedral de Cádiz
Torre de Tavira (Cádiz)
Iglesia de Santa Cruz (Cádiz)
Puerta de Jerez (Tarifa)

PIEDRA PALOMERA

PIEDRA PALOMERA Var. -



SITUACION

PROVINCIA CADIZ

MUNICIPIO PUERTO DE SANTA MARIA

FICHA TECNICA

DATOS DE PRODUCCION

Reservas: Ilimitadas

Tamaño de explotaciones: Pequeñas (< 75.000 m³/año)

Dimensión de bloque:

Anchura: 2,00 - 2,20 m

Longitud: 1,00 - 1,50 m

Altura: 1,00 - 1,20 m

DATOS GEOLOGICOS

Posición geológica

Era: Cenozoico

Sistema: Neógeno (Mioceno Sup.)

Piso: Andaluciense

Características litológicas

Clasificación: Bioconglomerado

Clastos: Cuarzo de tamaño medio a grueso

Matriz: Micrita

DATOS MECANICOS			
Resistencia	Mín.	Med.	Máy.
Compresión (kg/cm ²)	15,90	29,83	38,43
Flexión (kg/cm ²)	5,81	14,03	28,13
Impacto (mm)	150	188	250
Desgaste a rozamiento (mm)	19,28	19,68	20,08
Dureza tipo (Esc. AFNOR)		2	
Velocidad sónica (m/s)		2.829	
Fr. resonancia (mod.long.) (Hz)		4.466	
Fr. resonancia (mod.torsión)(Hz)		2.630	
Fr. resonancia (mod.flexión)(Hz)		3.520	

PARAMETROS HIDRICOS	
Densidad absoluta	2,34
Densidad aparente	1,81
Porosidad accesible al agua	22,55
Compacidad de la roca	77,45
Coefficiente de absorción	12,34

CARACTERISTICAS DEL SISTEMA POROSO	
Porosidad	30,7 %
Macroporosidad ^(*) (%)	54,5
Microporosidad ^(*) (%)	45,5
(*) Valores referidos a la porosidad total	

ALTERABILIDAD (*)

Ataque por sales	- 0,34	Bajo
Ataque por ácidos (SO ₂)	+ 3,86	Alto
Heladicidad	+ 1,15	Medio
Humedad-sequedad	- 0,42	Bajo

(*) Estimaciones mediante % de variación de peso al final del ensayo

USOS Y APLICACIONES

Canterabilidad

Aptitud de pulido	-
Aptitud de talla	+

Usos y aplicaciones

Exteriores	+
Interiores	+
Sillares	-
Solados	-

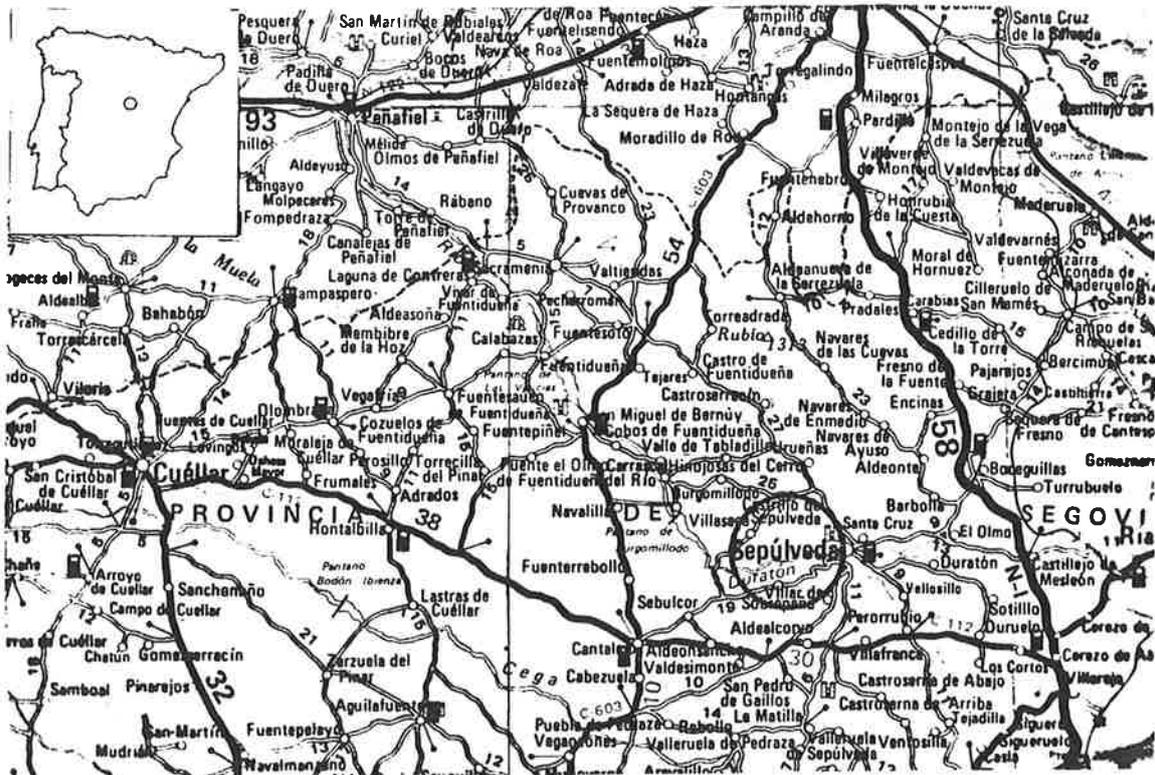
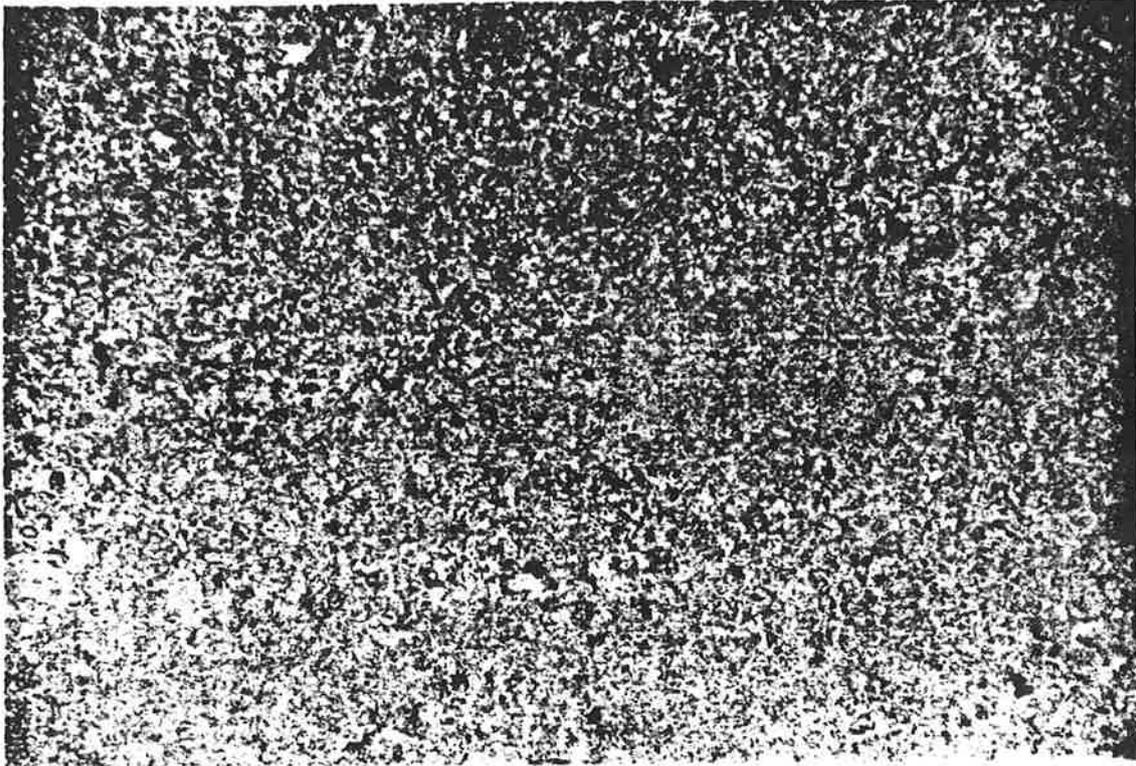
REFERENCIAS:

Catedral de Sevilla
Catedral de Cádiz
Colegiata de la Catedral de Jerez
Iglesia Prioral (Puerto de Sta. María - Cádiz)

PIEDRA DE SEPULVEDA

PIEDRA DE SEPULVEDA

Var. ROSA SEPULVEDA



SITUACION

PROVINCIA **SEGOVIA**

MUNICIPIO **VILLAR DE SOBREPEÑA**

FICHA TECNICA

DATOS DE PRODUCCION

Reservas: Medianas (100.000-500.000 m³)

Tamaño de explotaciones: Pequeñas (< 1.000 m³/año)

Dimensión de bloque:

Anchura: 1,50 - 1,60 m

Longitud: 0,70 - 0,80 m

Altura: 1,20 - 1,50 m

DATOS GEOLOGICOS

Posición geológica

Era: Mesozoico
Sistema: Cretácico Sup.
Piso: Turonense-Santonense

Características litológicas

Clasificación: Caliza (Bioesparita)

Clastos: Frag. fosilíferos micríticos

Matriz: Esparíta

DATOS MECANICOS			
Resistencia	Mín.	Med.	Máx.
Compresión (kg/cm ²)	138,74	249,03	354,54
Flexión (kg/cm ²)	34,56	40,26	53,11
Impacto (mm)	250	300	350
Desgaste a rozamiento (mm)	2,48	3,16	3,84
Dureza tipo (Esc. AFNOR)		5	
Velocidad sónica (m/s)		4.059	
Fr. resonancia (mod.long.) (Hz)		9.731	
Fr. resonancia (mod.torsión)(Hz)		2.578	
Fr. resonancia (mod.flexión)(Hz)		1.842	

PARAMETROS HIDRICOS	
Densidad absoluta	2,47
Densidad aparente	2,13
Porosidad accesible al agua	15,98
Compacidad de la roca	84,02
Coefficiente de absorción	6,03

CARACTERISTICAS DEL SISTEMA POROSO	
Porosidad	20,7 %
Macroporosidad ^(*) (%)	16
Microporosidad ^(*) (%)	84
(*) Valores referidos a la porosidad total	

ALTERABILIDAD (*)		
Ataque por sales	> 10	Alto
Ataque por ácidos (SO ₂)	+ 0,74	Bajo
Heladicidad	+ 0,25	Bajo
Humedad-sequedad	- 0,20	Bajo

(*) Estimaciones mediante % de variación de peso al final del ensayo

USOS Y APLICACIONES	
Canterabilidad	
Aptitud de pulido	-
Aptitud de talla	+
Usos y aplicaciones	
Exteriores	-
Interiores	+
Sillares	-
Solados	+

REFERENCIAS:

Ayuntamiento de Sepúlveda
 Castillo de Peñafiel
 Cascos urbanos de Sepúlveda y Pedraza (Segovia)
 Ermita de San Frutos (Sepúlveda)

--- *PROYECTO* ---

**ESTUDIO DE PROCESOS DE
ENVEJECIMIENTO DE MONUMENTOS DE
PIEDRA. ESTUDIO DE MATERIALES
PARA RESTAURACION.**

**LABORATORIO OFICIAL
DE ENSAYOS DE MATERIALES
DE LA CONSTRUCCION
(LOEMCO)**

**CATEDRA DE MINERALOGIA Y PETROLOGIA
ESCUELA TECNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE MINAS**

Noviembre de 1991

ANEXOS

ANEXO I

FOTOGRAFIAS

PIEDRA DE BOÑAR

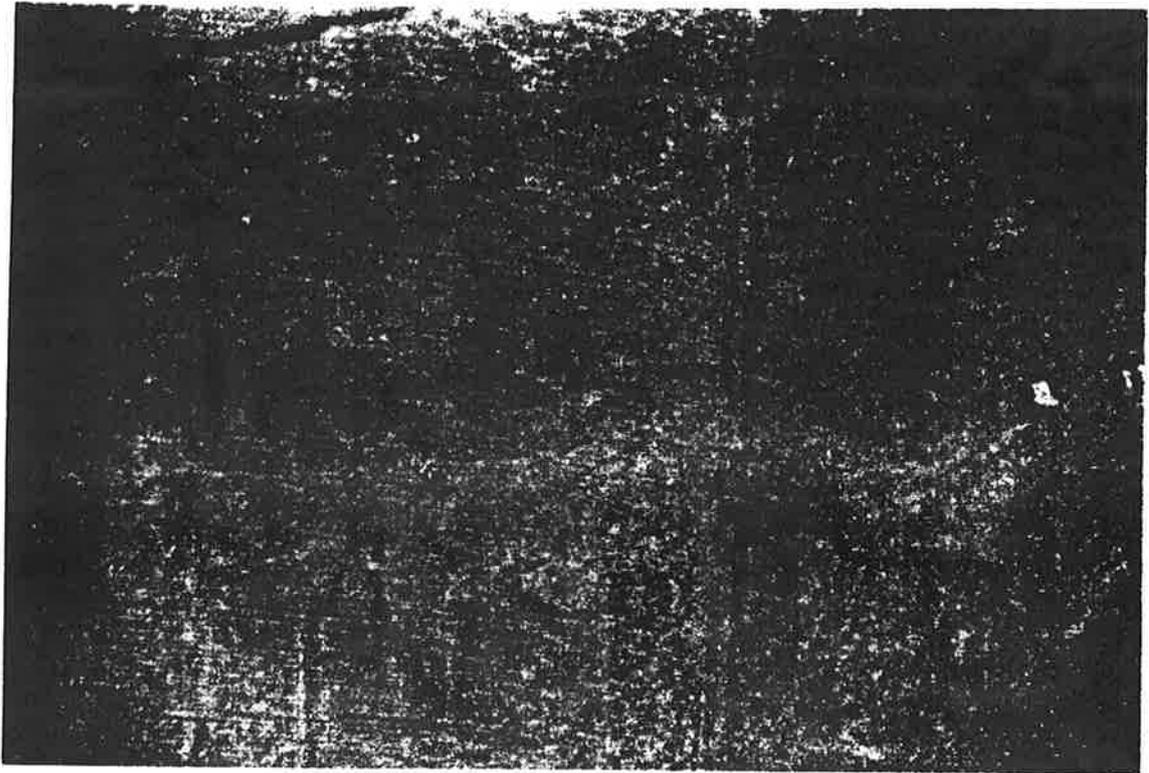


Foto 1.- Aspecto general de la Piedra de Boñar.



Foto 2.- Aspecto general del frente de explotación de la cantera de Boñar.

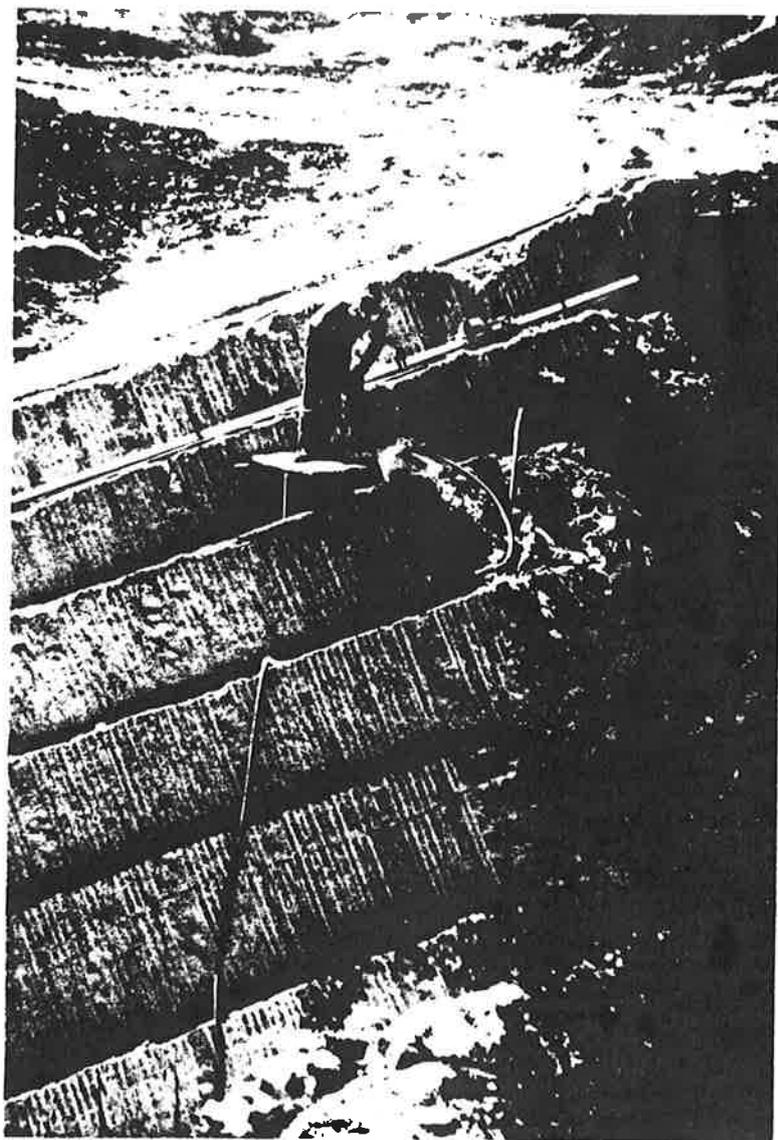


Foto 3.-

Detalle del sistema de arranque utilizado en la cantera de Boñar.

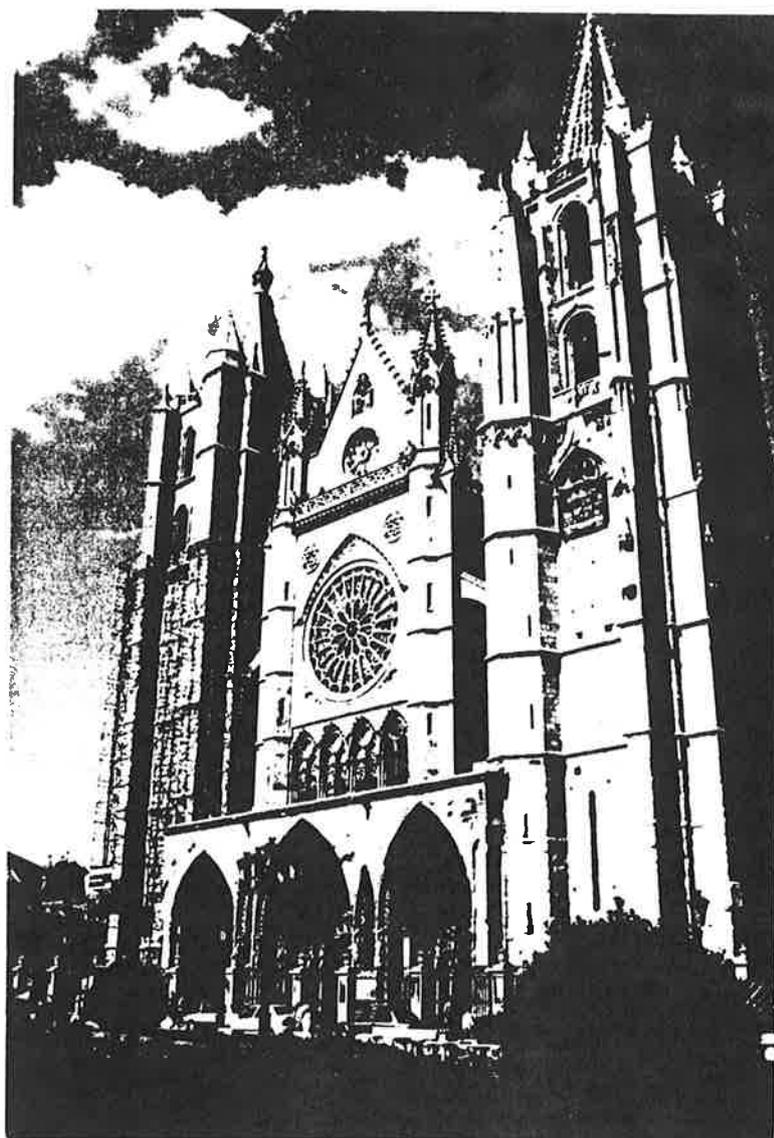


Foto 4.-

Vista de la fachada principal de la Catedral de León, realizada mayoritariamente con Piedra de Boñar.

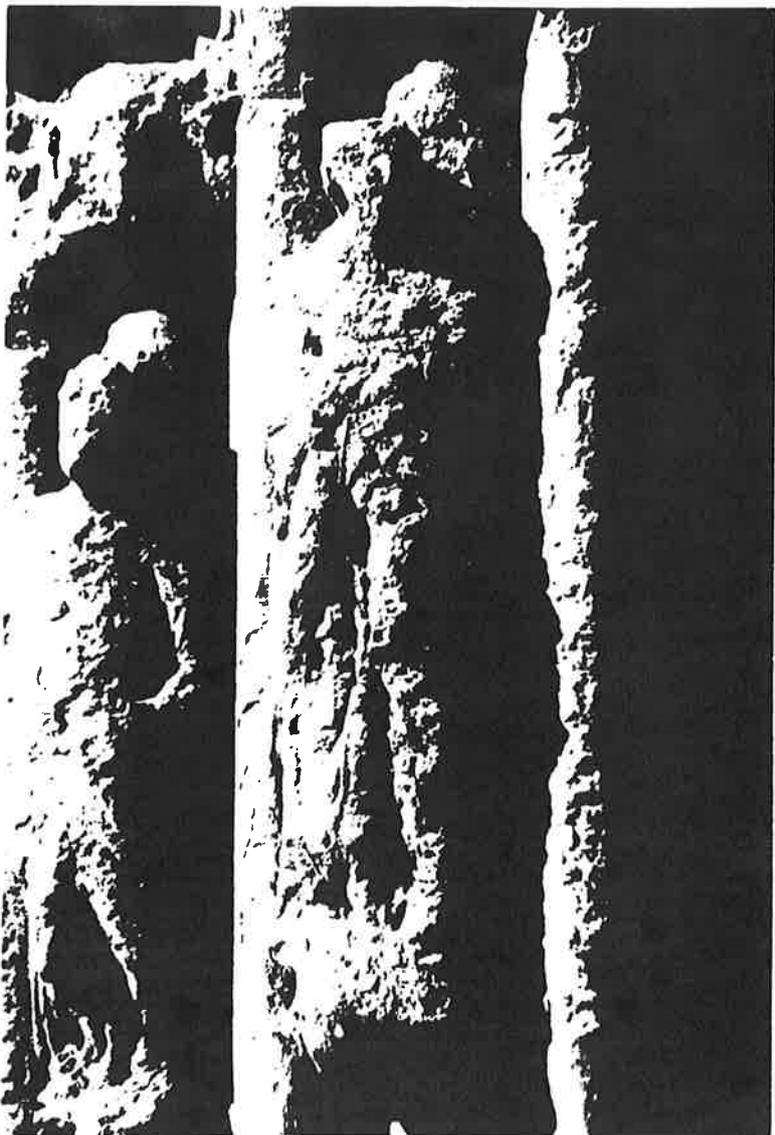


Foto 5.-

Detalle de la alteración con pérdida de relieve en la Catedral de León.

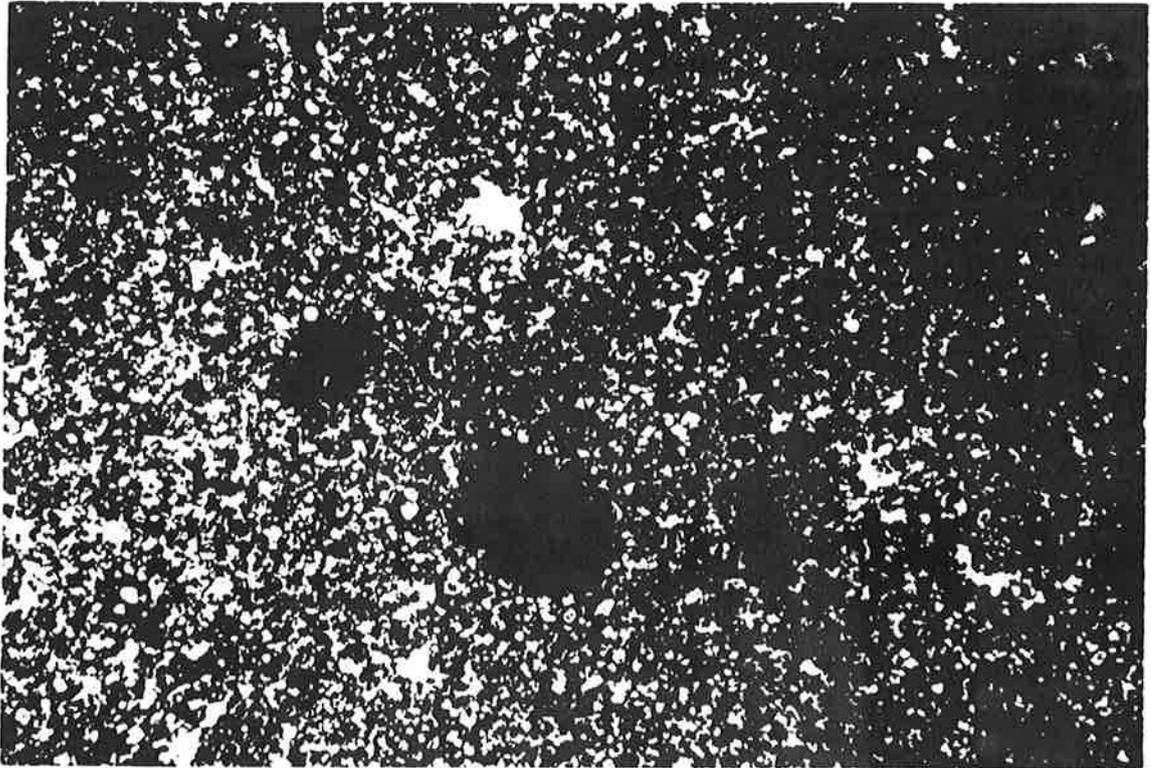


Foto 6.- Aspecto general de la Piedra de Boñar, vista al microscopio de luz transmitida (Obj.: x 3.5; N //). Obsérvese la presencia de calcita errática en matriz dolomítica.

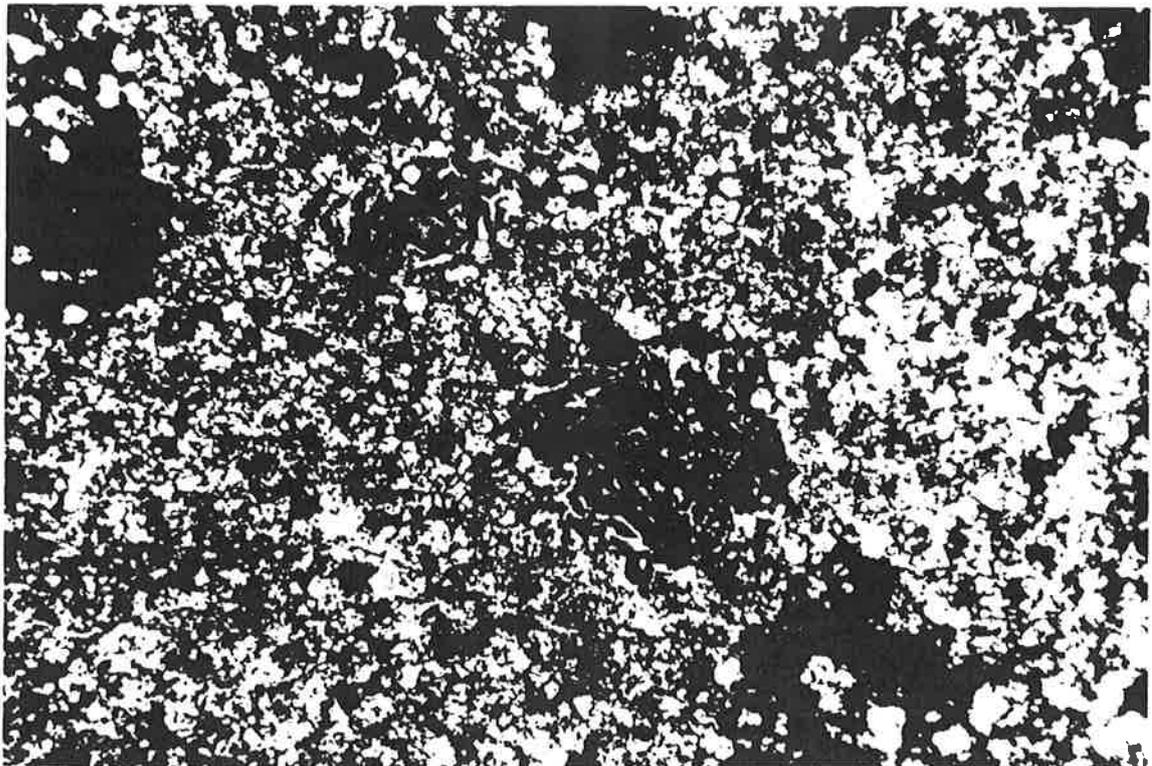


Foto 7.- Idem a la 6 (Obj.: x 3.5; N X).

PIEDRA DE CAMPASPERO



Foto 8.- Aspecto general de la Piedra de Campaspero.

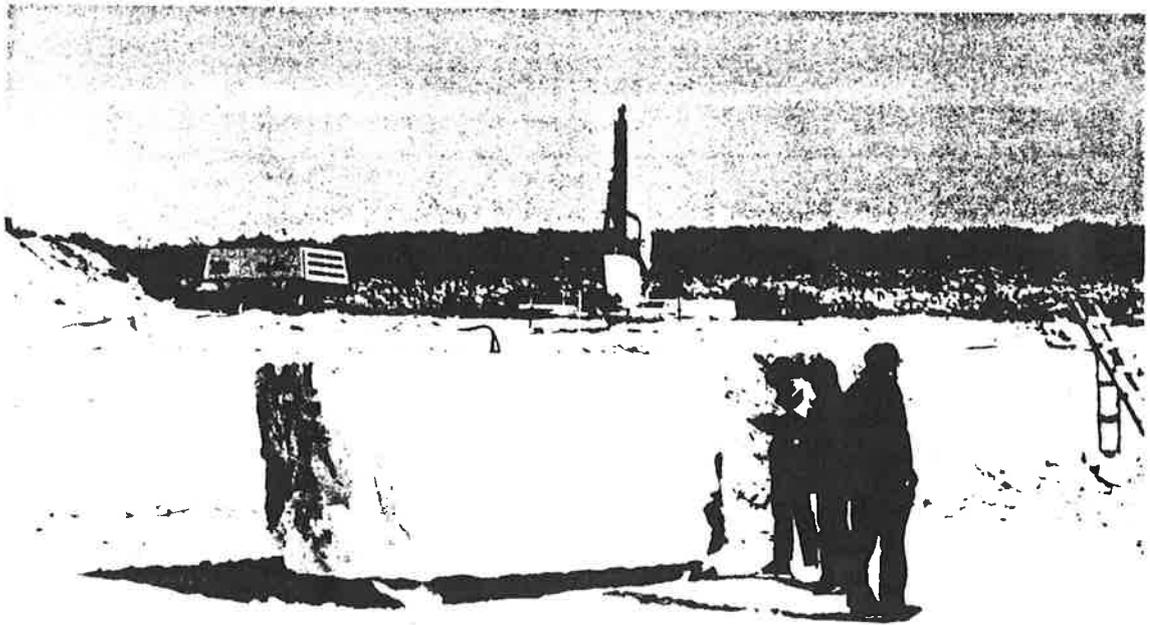


Foto 9.- Aspecto general de los bloques comerciales de la Piedra de Campaspero.

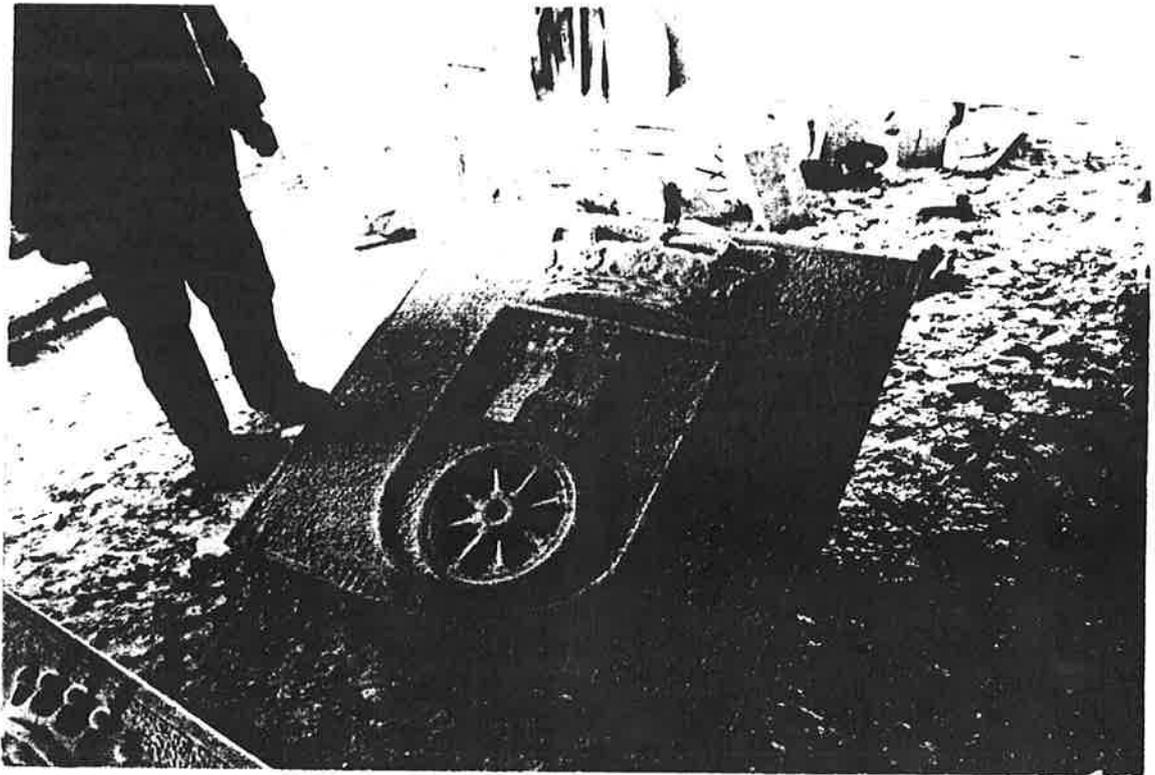


Foto 10.- Detalle de uno de los trabajos en relieve realizados en Piedra de Campaspero.



Foto 11.- Aspecto del frente de extracción en cantera.



Foto 12.-

Detalle de trabajos de labrado artesanal.

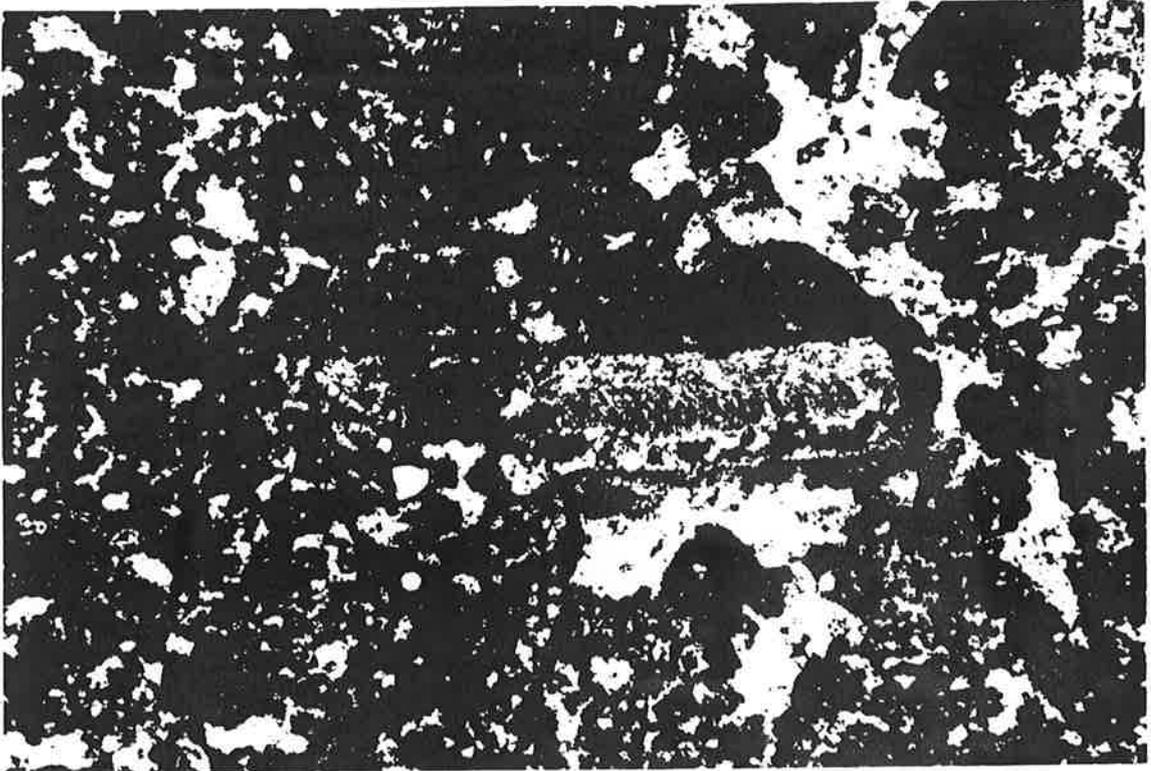


Foto 13.- Aspecto general dela Piedra de Campaspero vista al microscopio de luz transmitida (Obj.: x 3.5; N X). Se observa la presencia de matriz micrítica con pelets, algun clasto-cuarzo y texturas granulares. También se observa el relleno por esparita de algunos huecos.

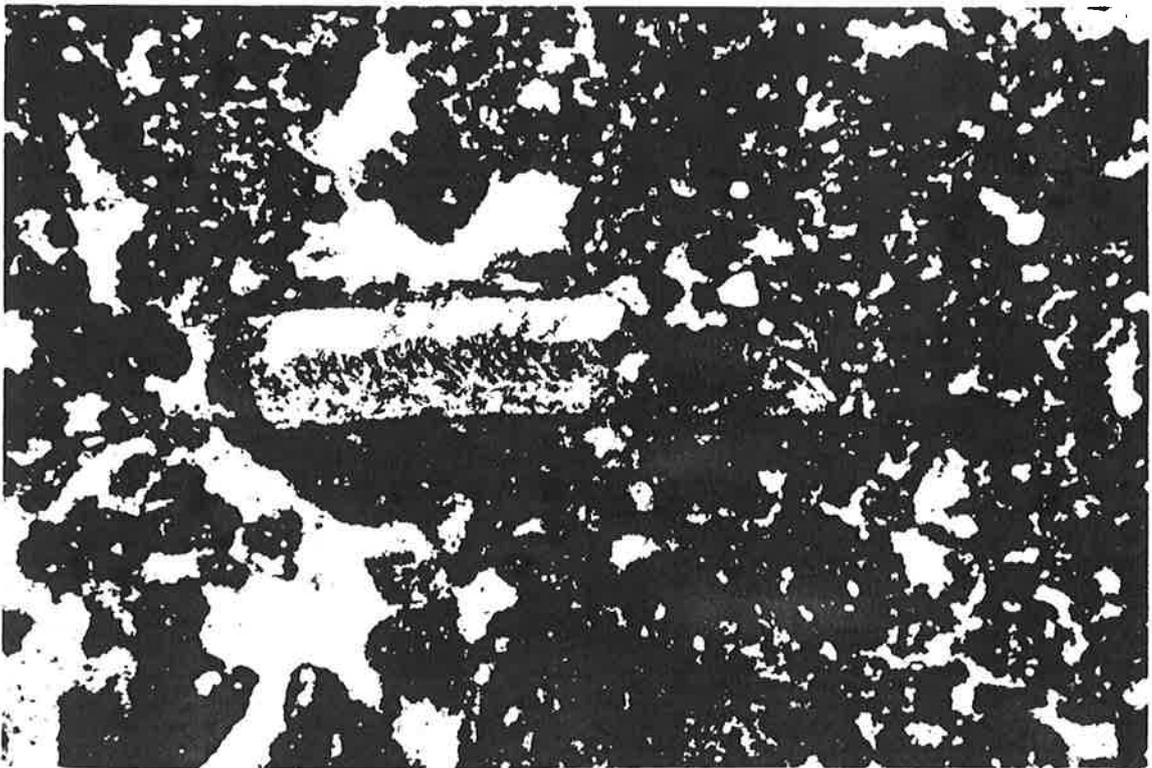


Foto 14.- Idem a la 13 (Obj.: x 3.5; N //).

PIEDRA DE COLMENAR

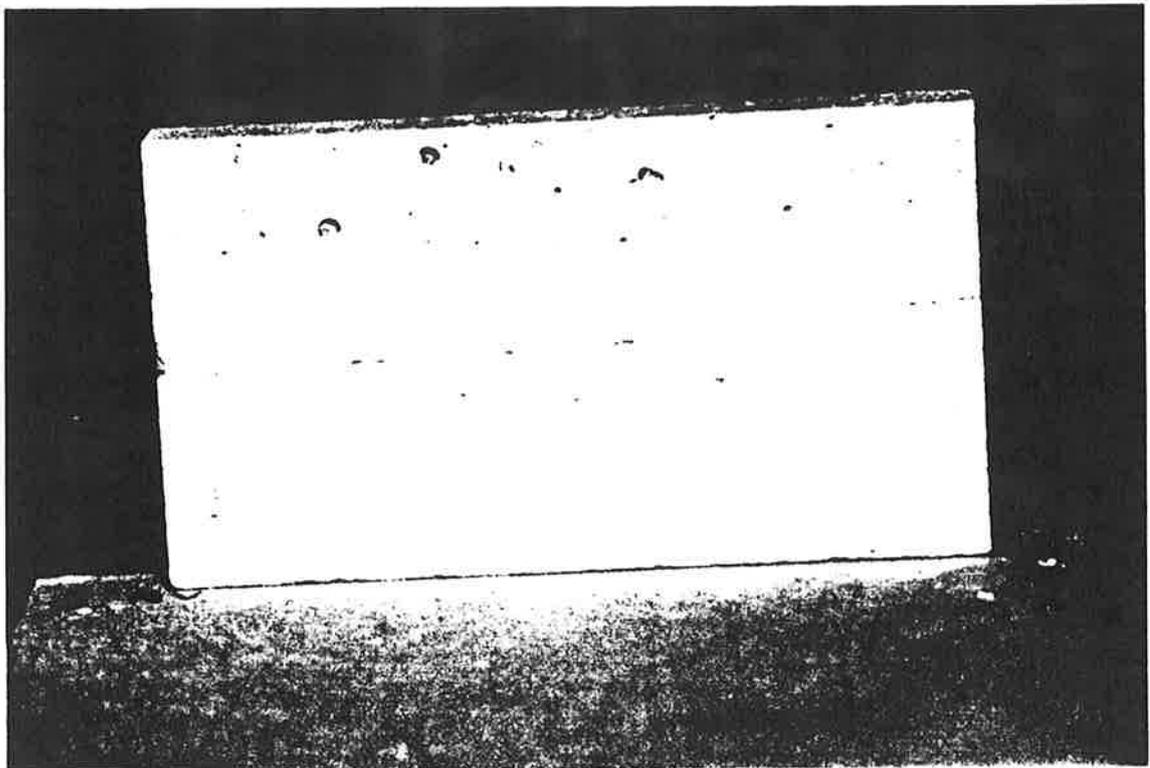


Foto 15.-

Aspecto general de la Piedra de Colmenar.

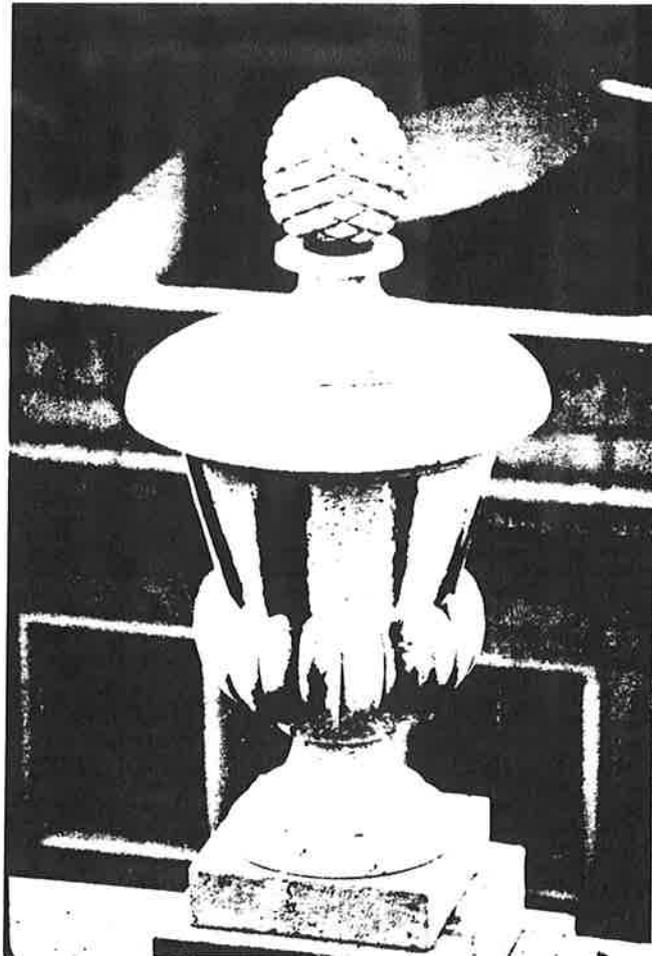


Foto 16.-

Detalle de trabajo realizado en Piedra de Colmenar.

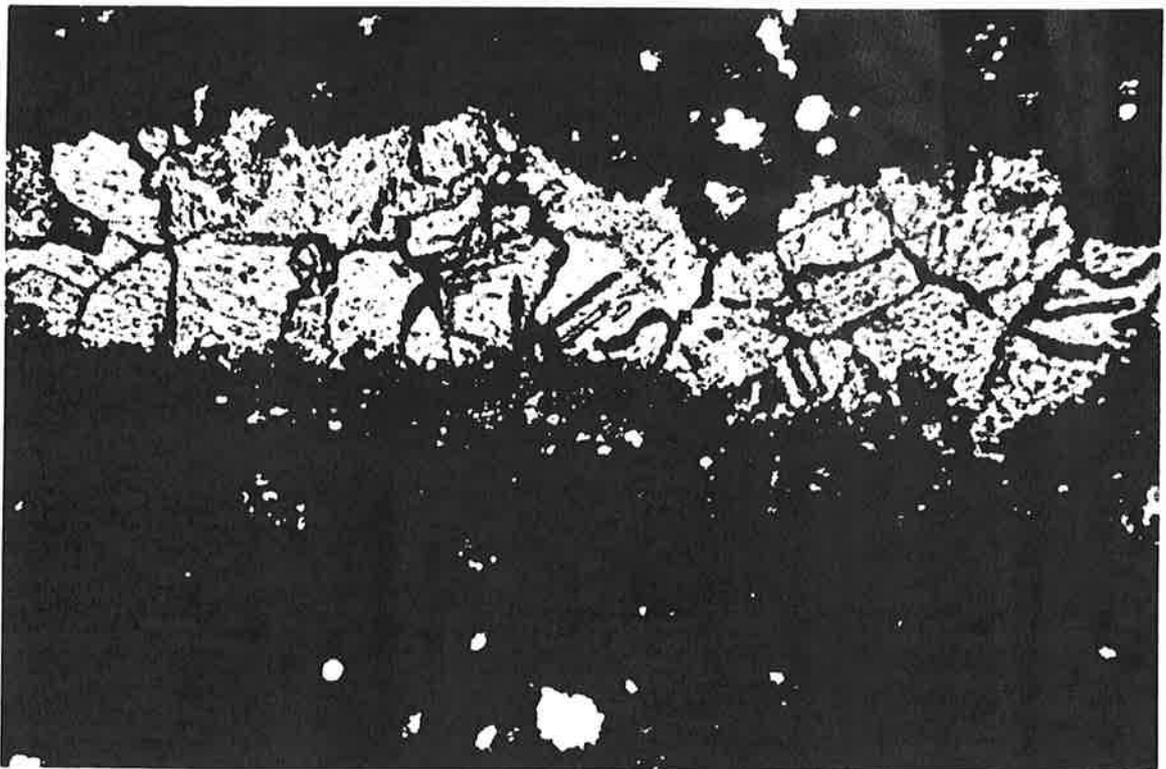


Foto 17.-

Aspecto general de la Piedra de Colmenar vista al microscopio de luz transmitida (Obj.: x 3.5; N X). Detalle de cavidades rellenas de calcita.

PIEDRA DE ESPERA

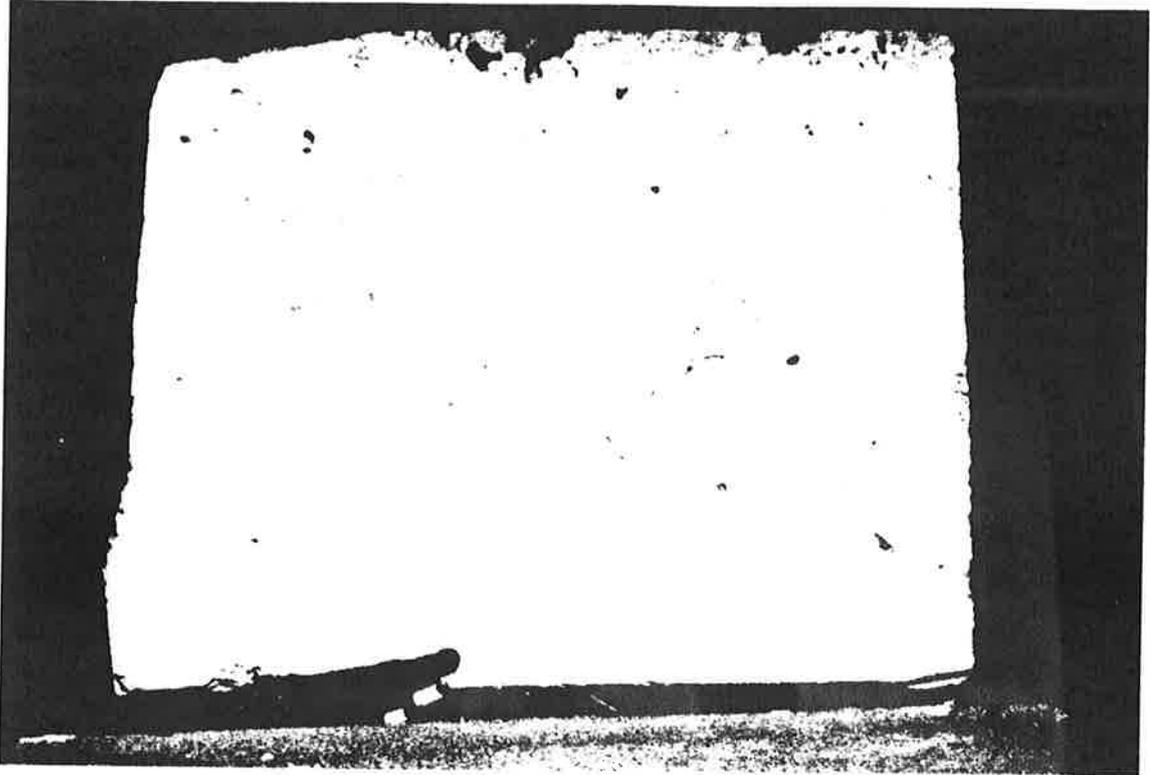


Foto 18.- Aspecto general de la Piedra de Espera.

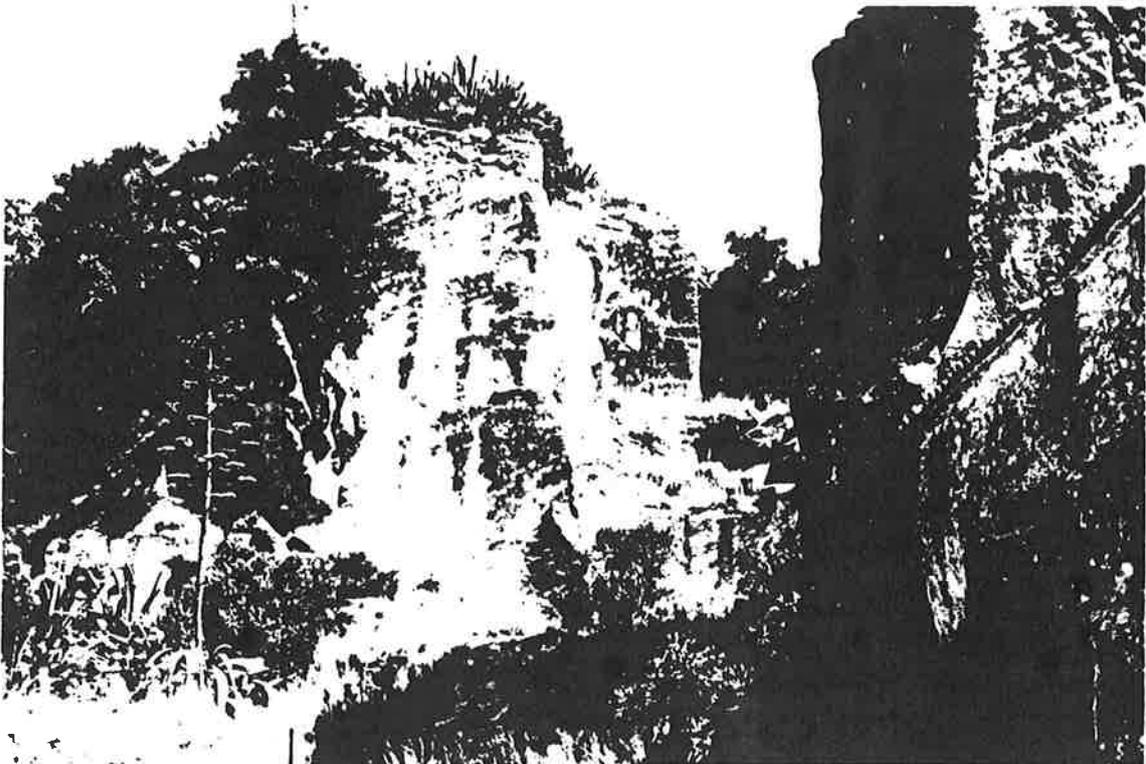


Foto 19.- Vista parcial de la cantera El Molino de Espera (Cádiz).

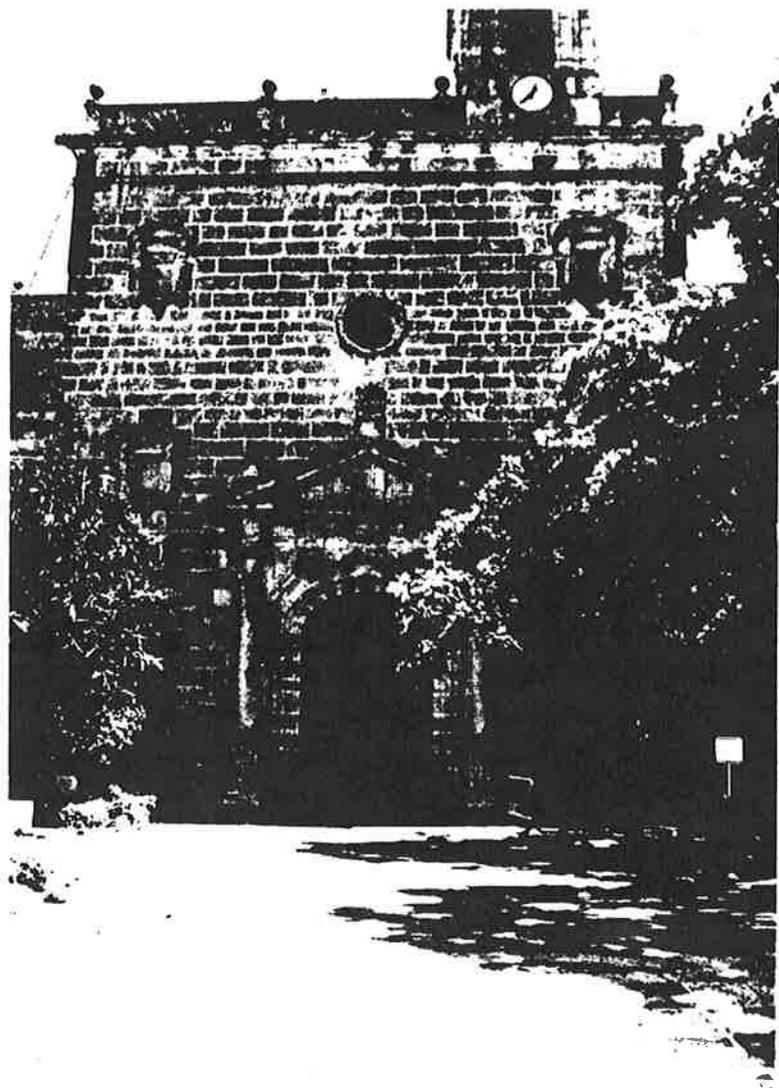


Foto 20.-

Fachada de la Iglesia de Santa María de Gracia realizada con Piedra de Espera (Cádiz).

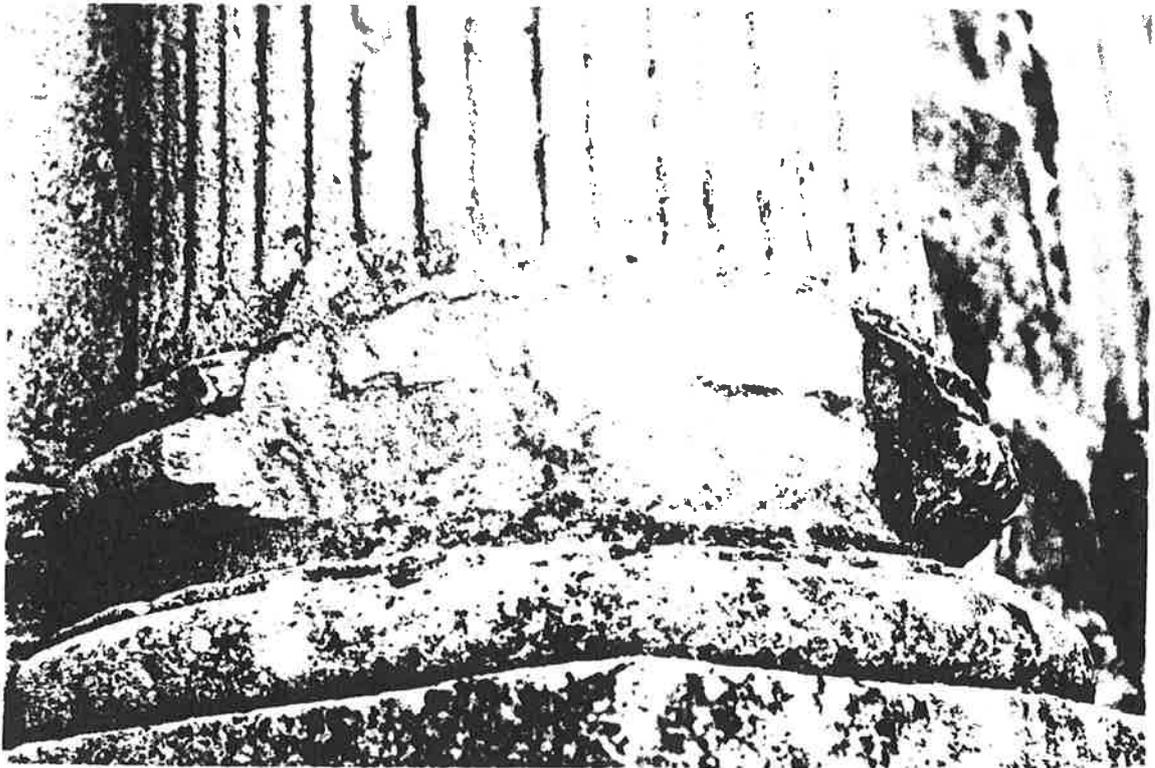


Foto 21.-

Detalle de la pérdida de material en una columna realizada con Piedra de Espera. Nótese el contraste cromático entre piedra fresca (amarillenta) y alterada (gris).

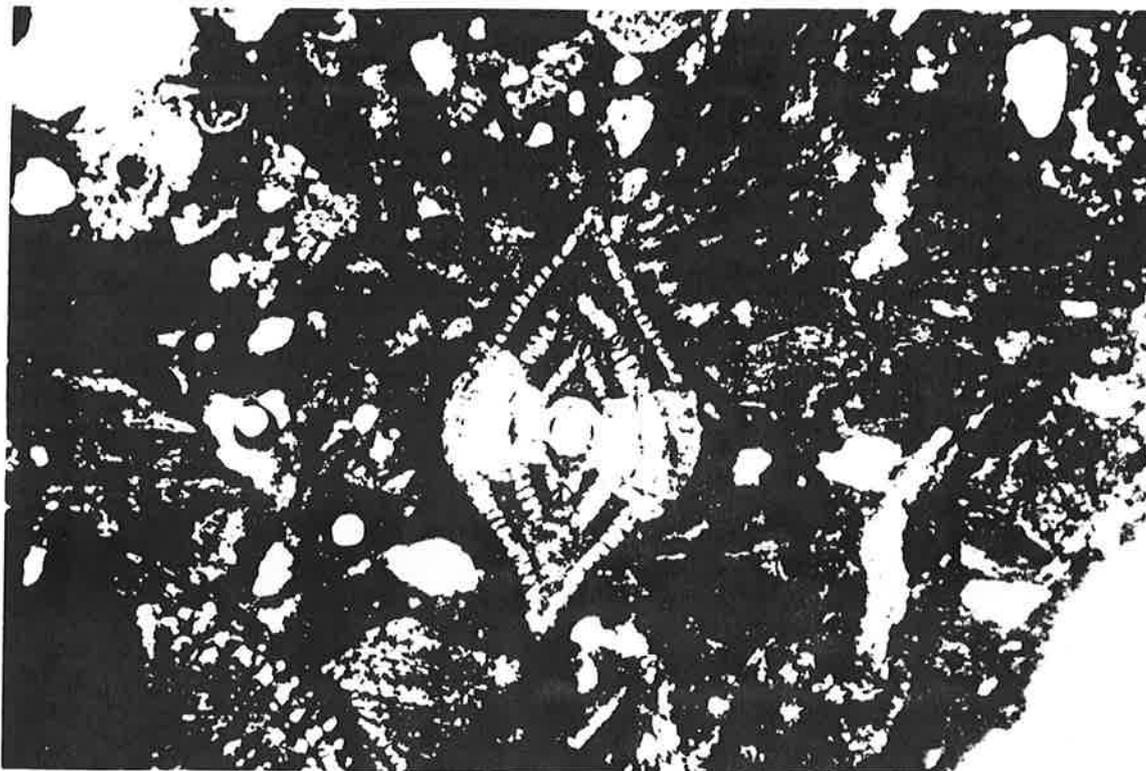


Foto 22.-

Aspecto general de la Piedra de Espera, vista al microscopio de luz transmitida (Obj.: x 3.5; N //). Se observa la presencia de briozoos y globigerinoides en matriz micrítica con algún clasto de cuarzo.

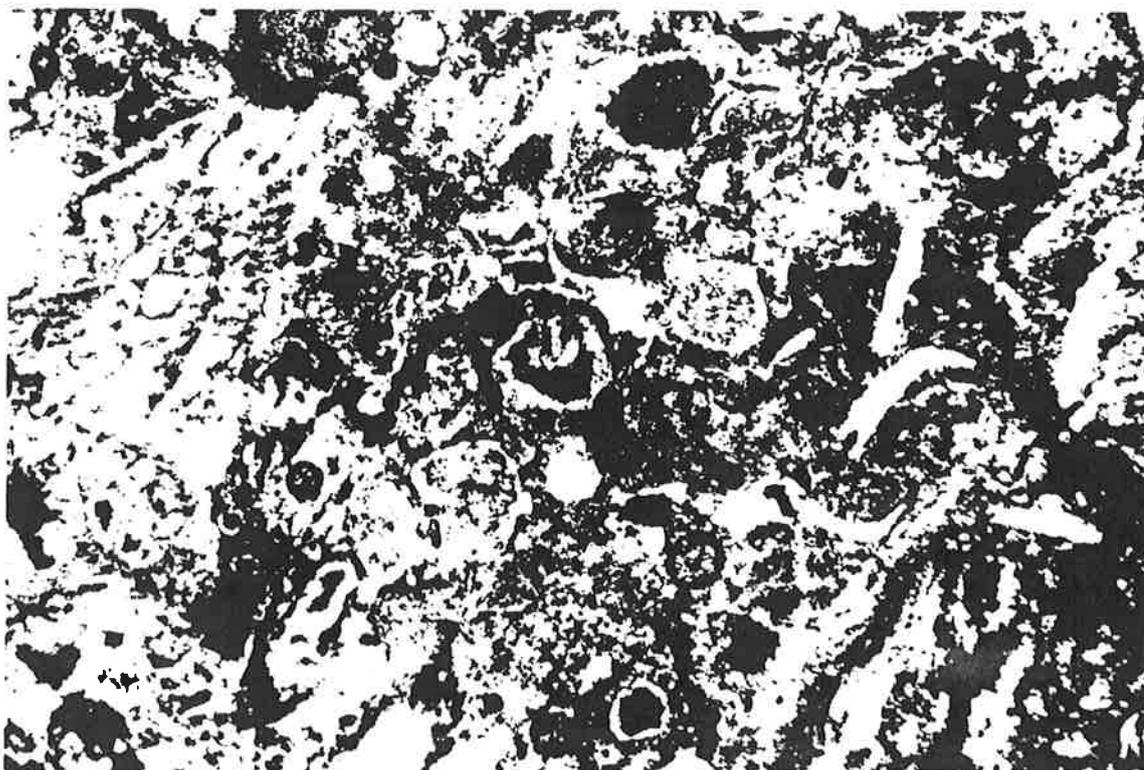


Foto 23.-

Otra vista al microscopio petrográfico de la Piedra de Espera (Obj.: x 3.5; N X).

PIEDRA DE ESTEPA

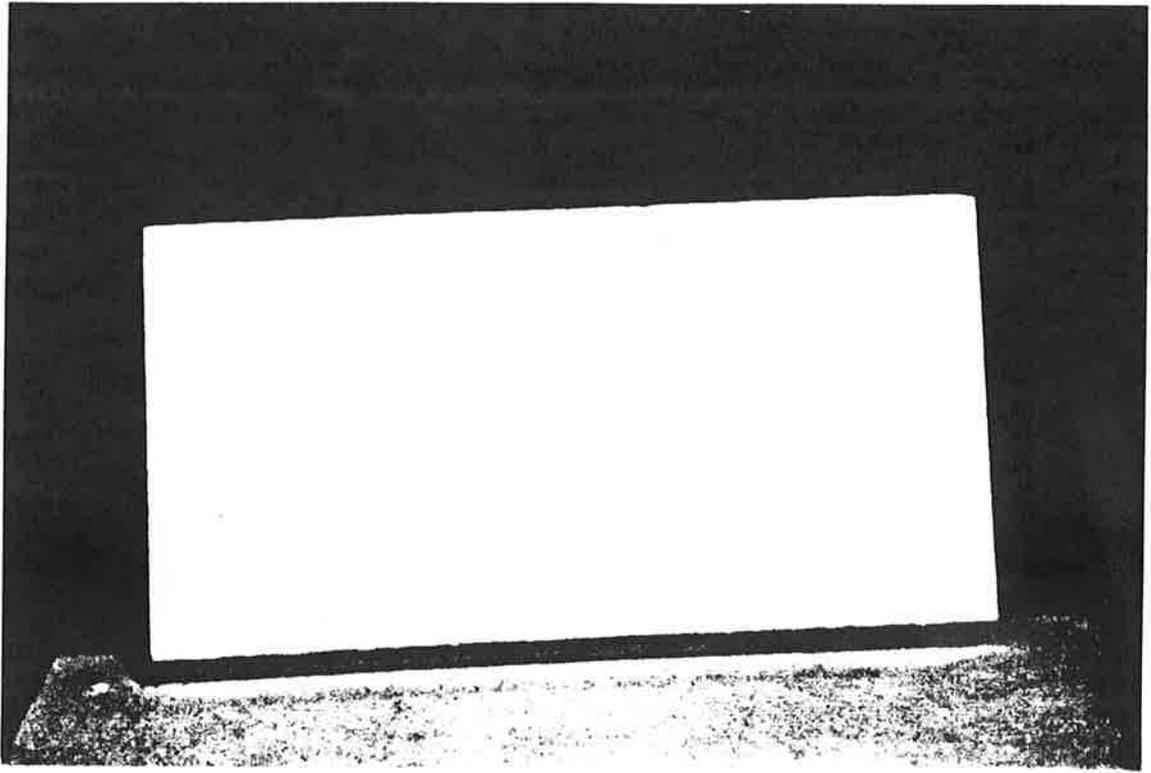


Foto 24.-

Aspecto general de la Piedra de Estepa.



Foto 25.-

Frente de la cantera para la extracción de Piedra de Estepa
(Gilena, Sevilla).

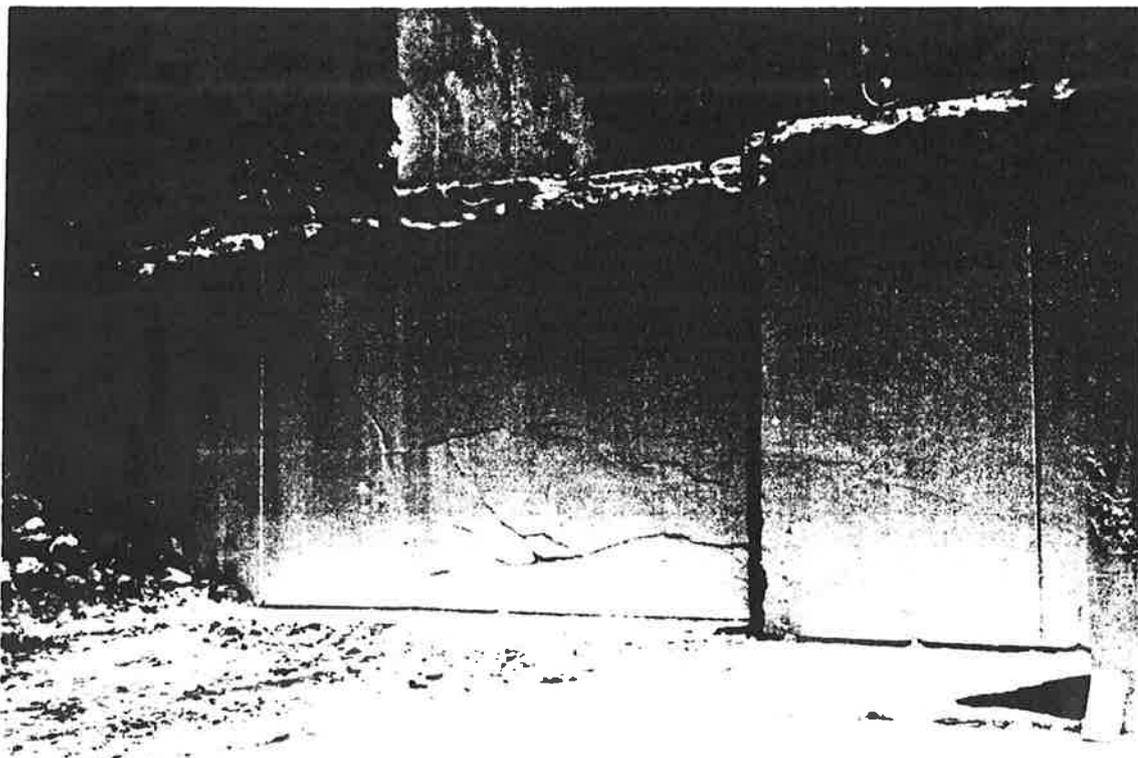


Foto 26.- Vista general de la cantera de Cerro Moralejo para la extracción de Piedra de Estepa (Gilena, Sevilla).

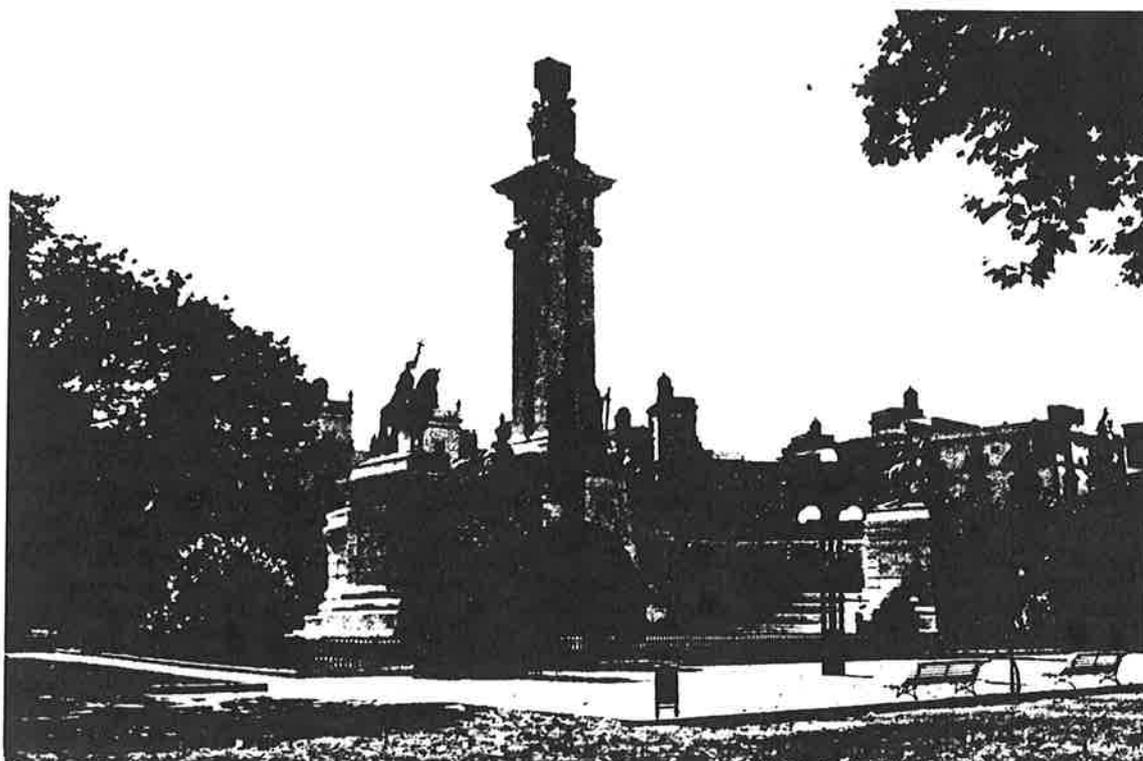


Foto 27.- Monumento a las Cortes situado en la Plaza de España de Cádiz realizado con Piedra de Estepa.

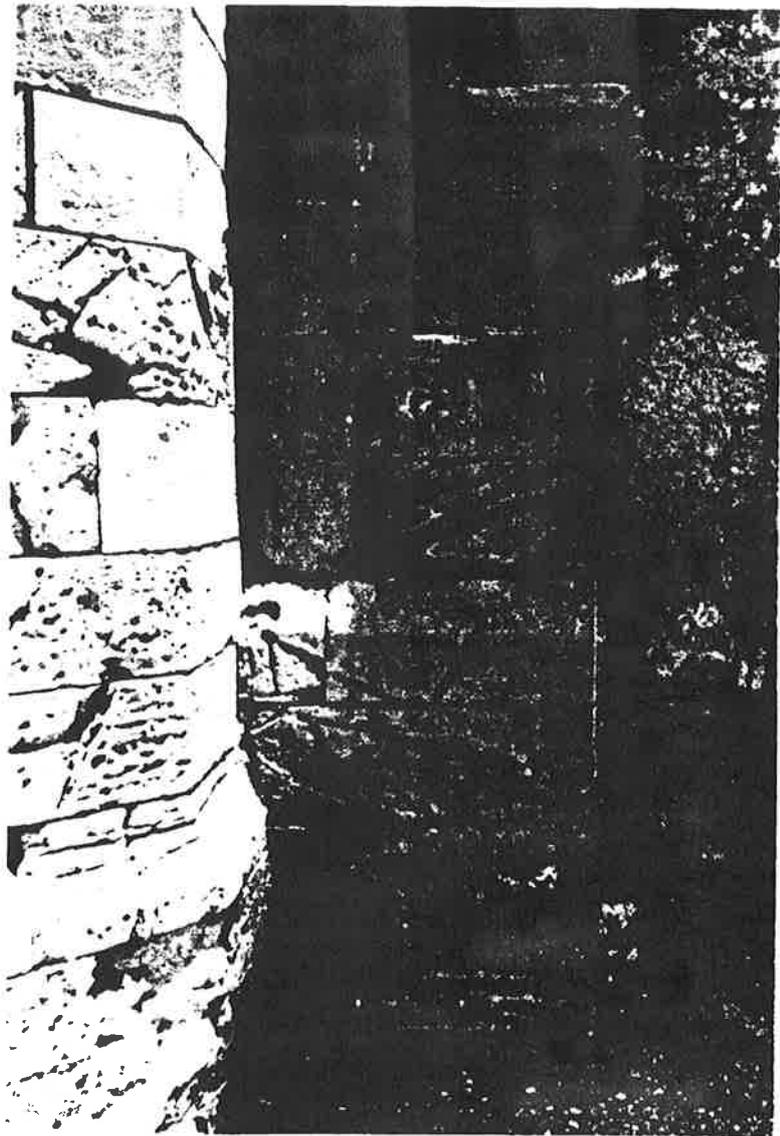


Foto 28.-

Detalle de la alteración (Alveolización) en piedra de Estepa, en la Colegiata de Osuna.



Foto 29.-

Vista parcial del pórtico de la fachada oeste realizado con Piedra de Estepa (Catedral de Cádiz).

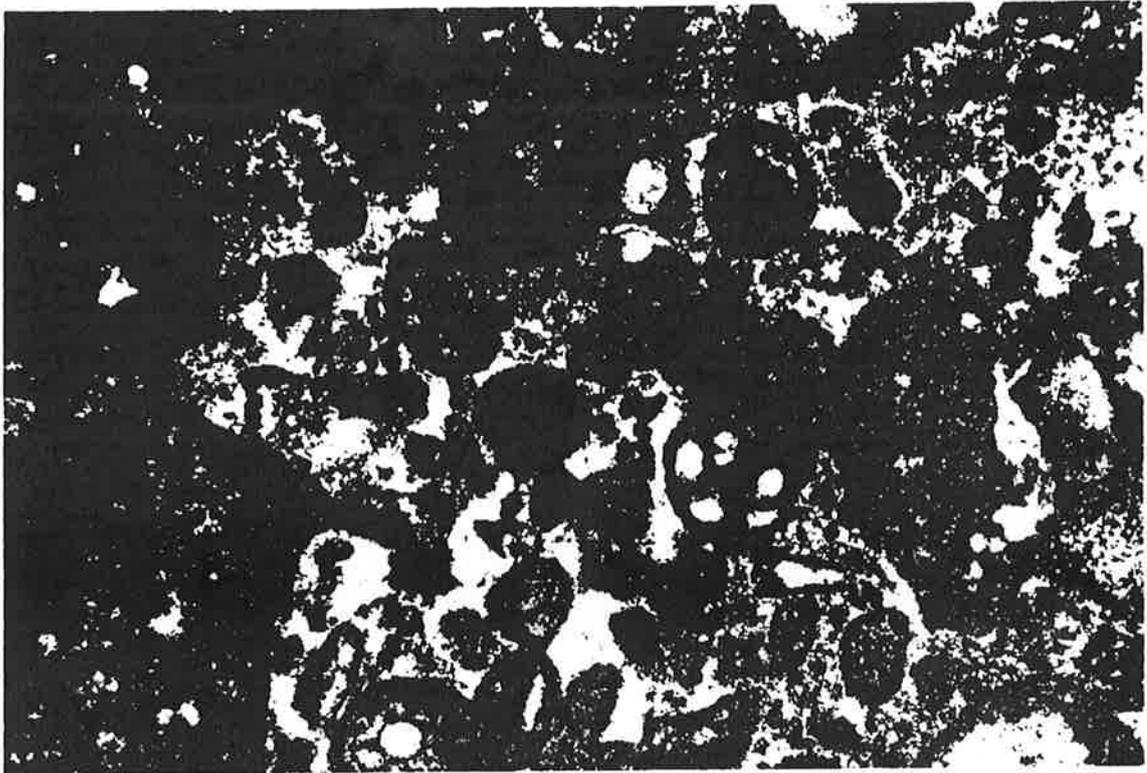


Foto 30.- Aspecto general de la Piedra de Estepa, vista al microscopio de luz transmitida (Obj.: x 3.5; N X). Se observa la presencia de pelets y fósiles micríticos en matriz esparítica fina.

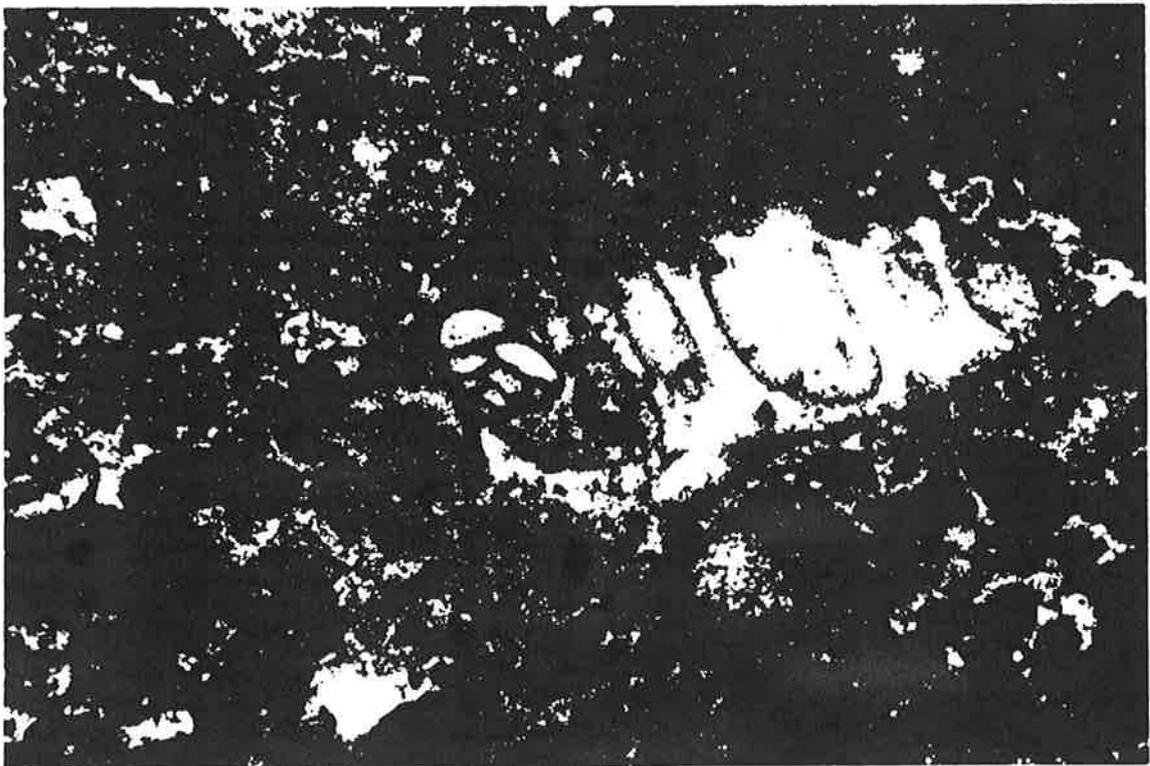


Foto 31.- Otra vista al microscopio de la Piedra de Estepa (Obj.: x 3.5; N X).

PIEDRA DE NOVELDA

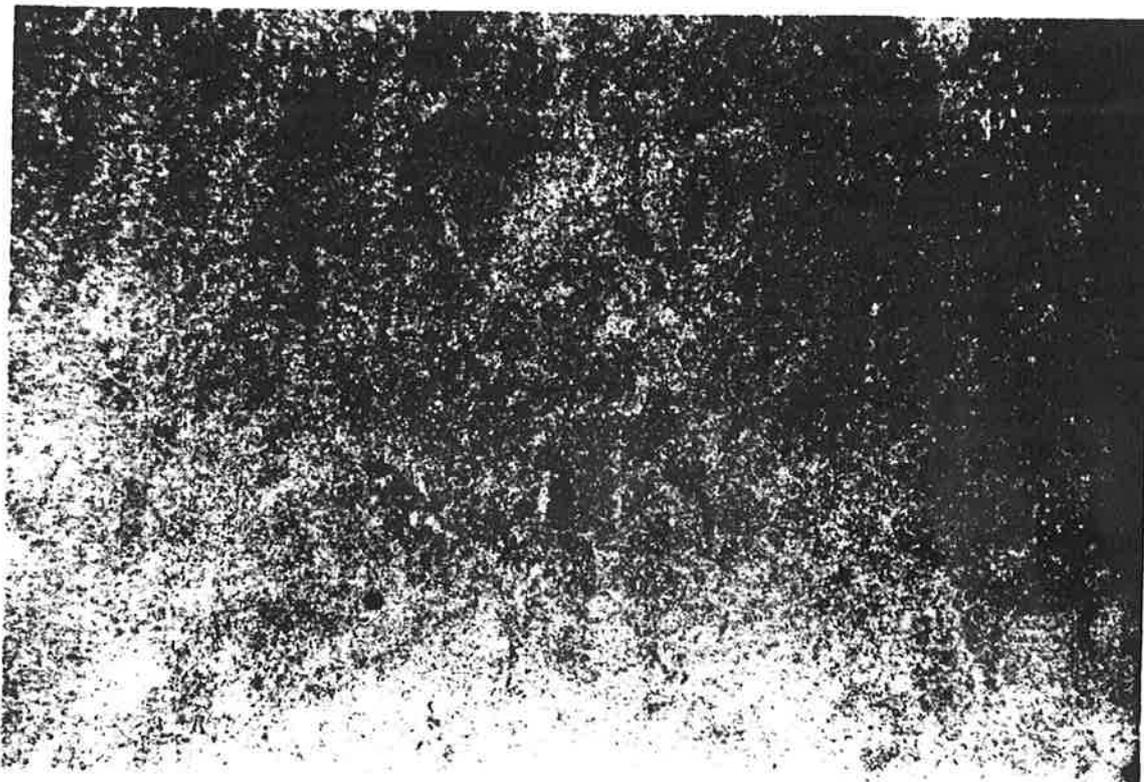


Foto 32.- Aspecto general de la Piedra de Novelda.

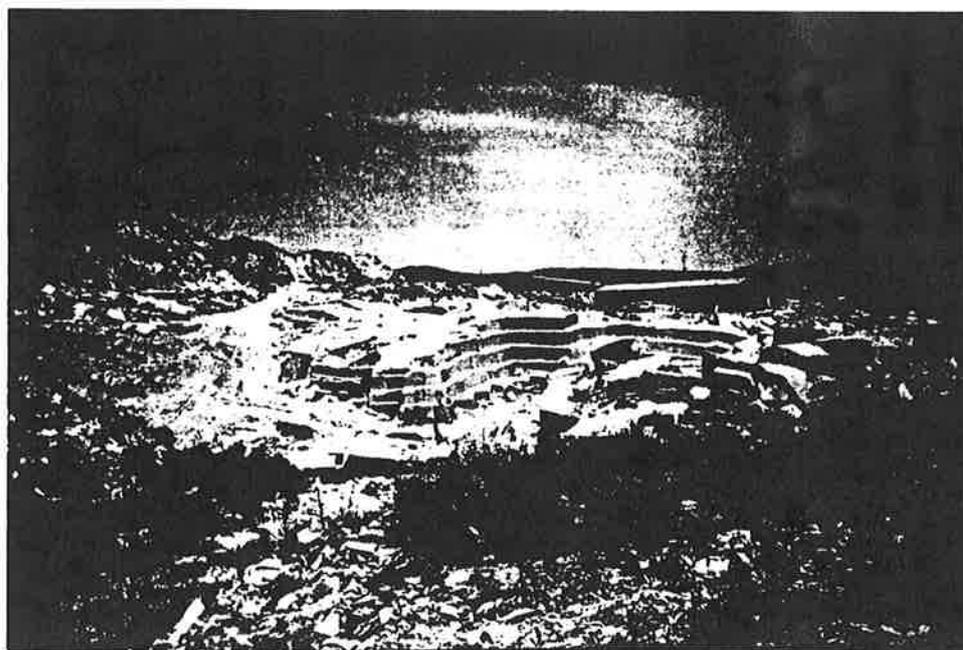


Foto 33.- Aspecto general de la cantera de Piedra de Novelda de Bateig Laboral S.A.

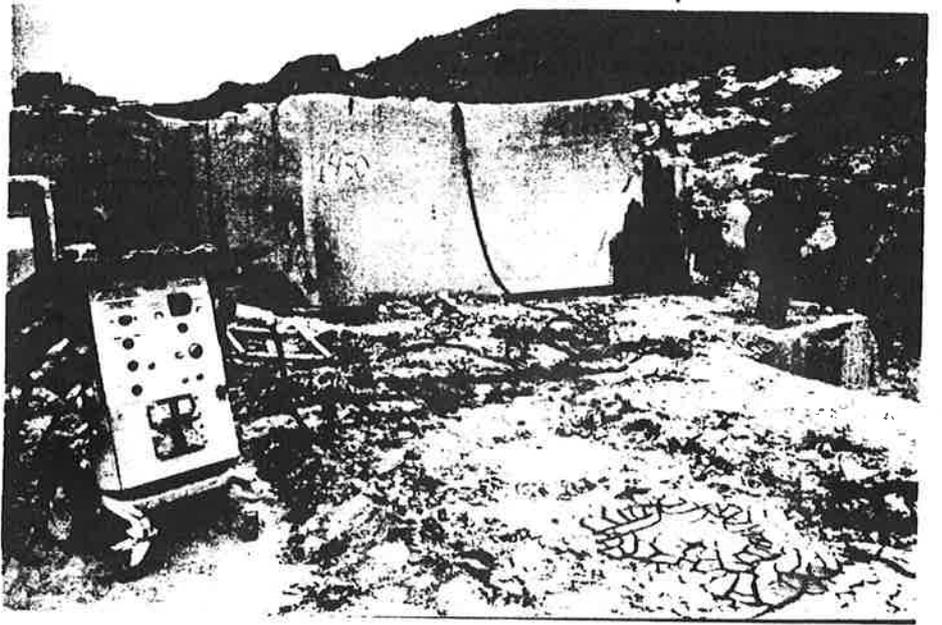


Foto 34.-

Extracción de bloques mediante corte con hilo.

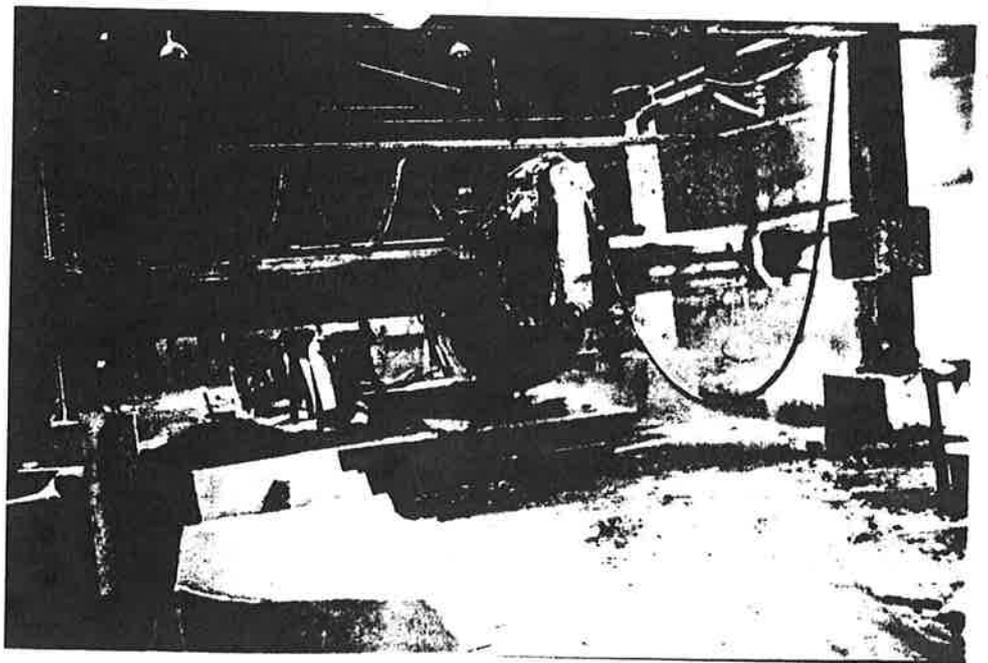


Foto 35.-

Corte con disco en telar.

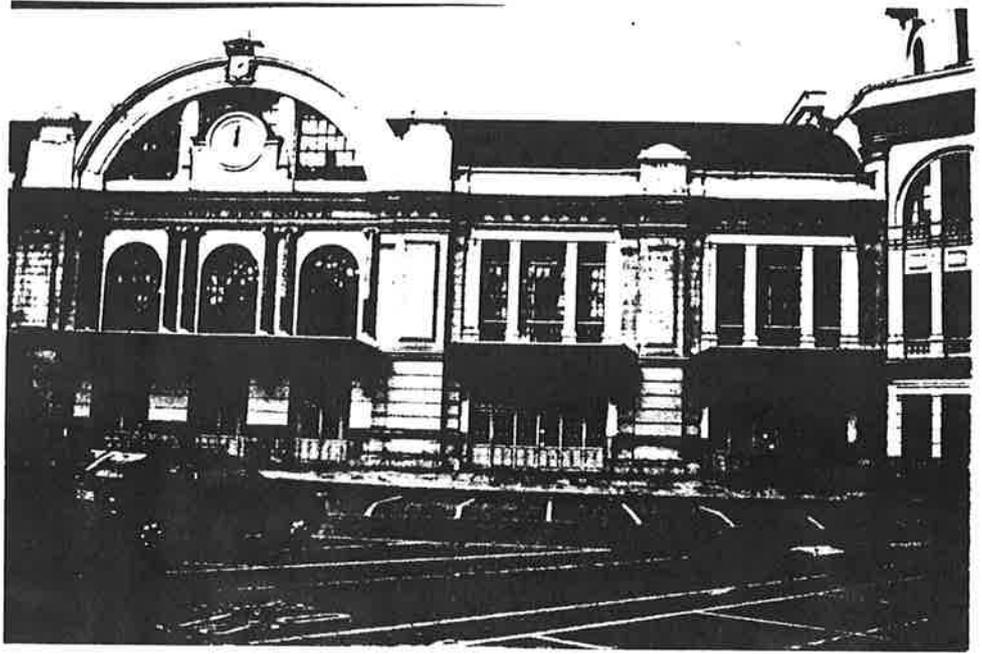


Foto 36.- Estación del Norte realizada con Piedra de Novelda (Madrid)

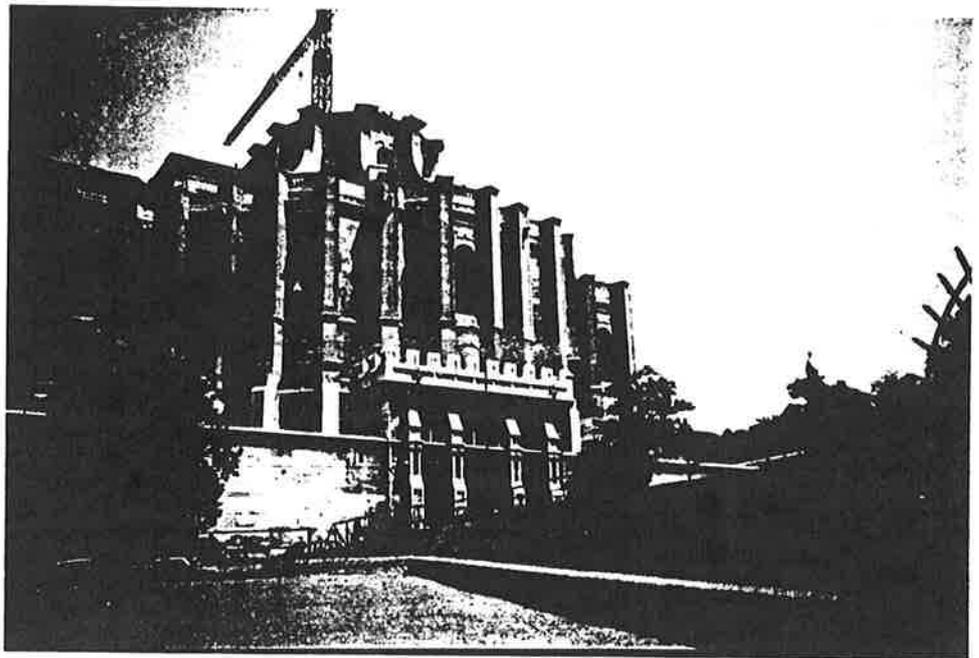


Foto 37.- Vista parcial de la Catedral de La Almudena construída con Piedra de Novelda (Madrid).

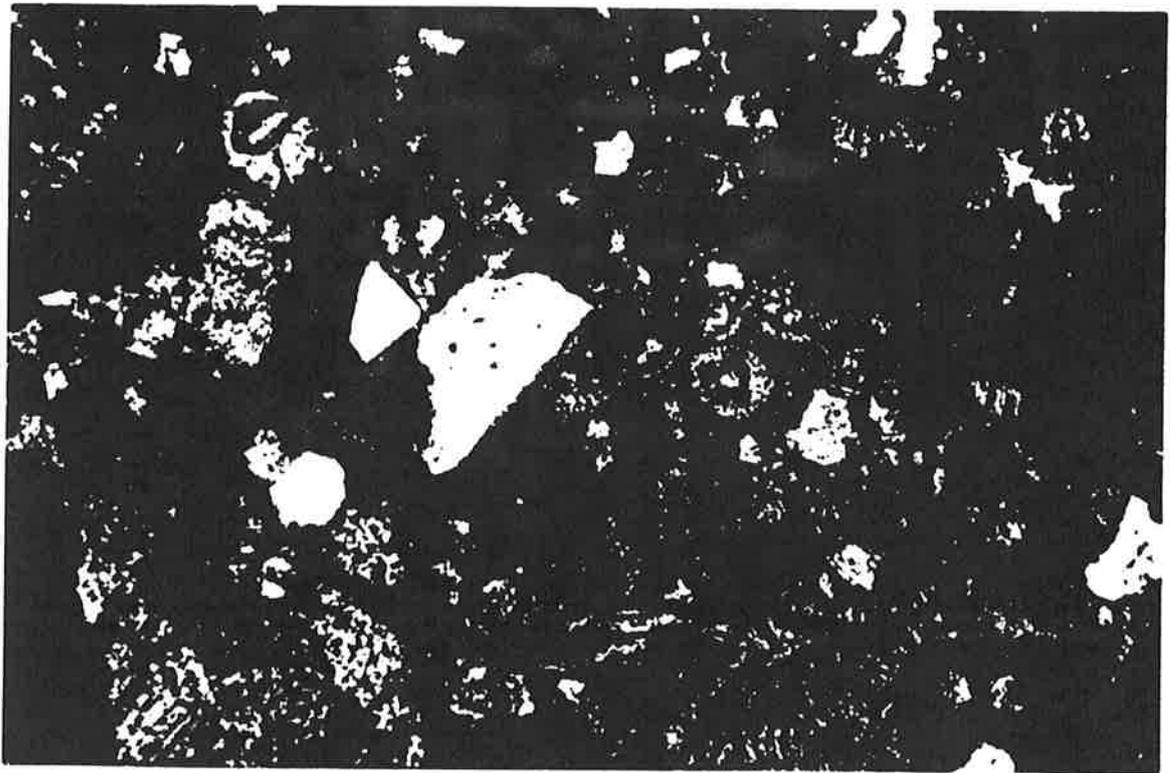


Foto 38.-

Aspecto general de la Piedra de Novelda, vista al microscopio de luz transmitida (Obj.: x 3.5; N X). Se observa la presencia de cuarzo en forma de clastos y bioclastos de naturaleza carbonatada, cementados por una matriz micrítica.

PIEDRA OSTIONERA

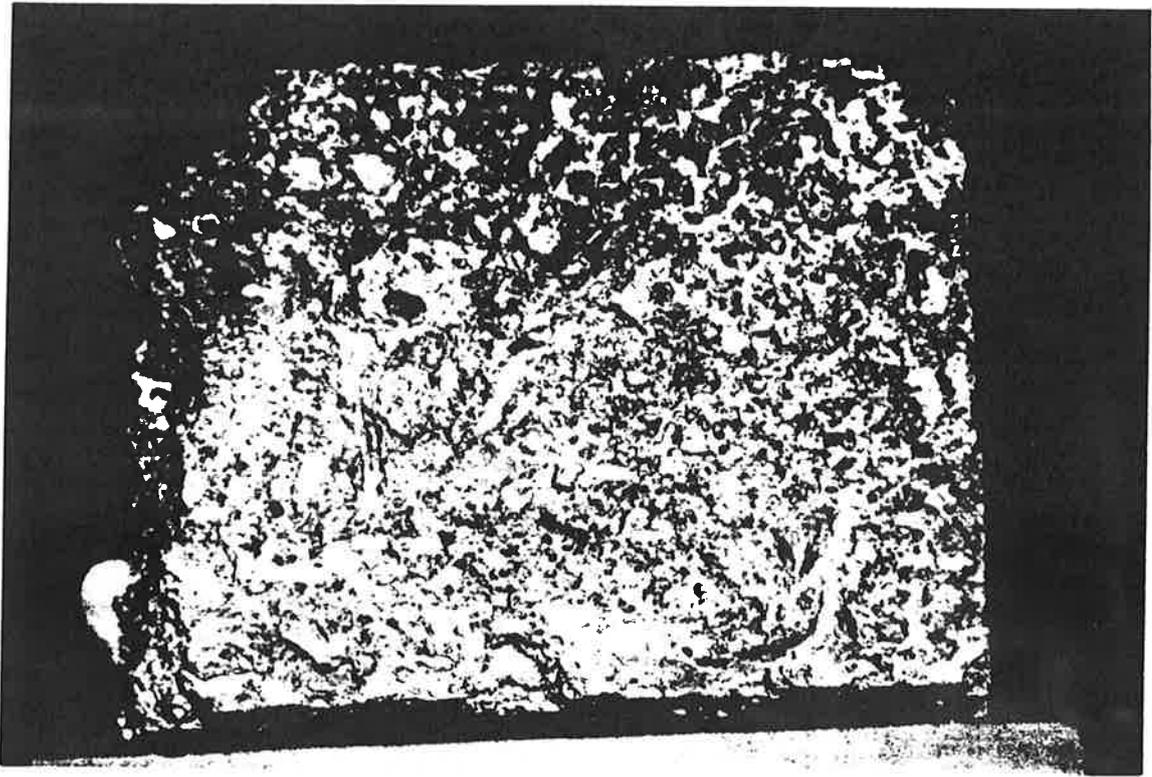


Foto 39.- Aspecto general de la Piedra de Ostionera.

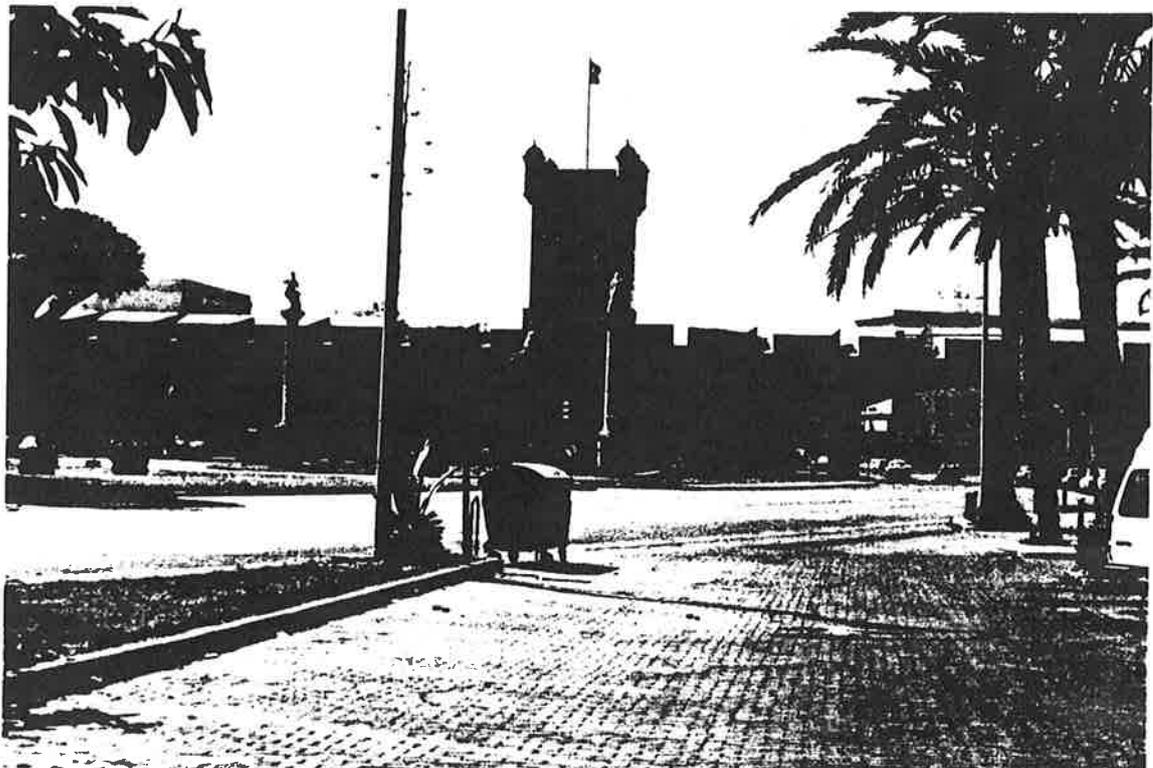


Foto 40.- Puerta de Tierra realizada con Mármol y Piedra Ostionera (Cádiz).



Foto 41.-

Aspecto de uno de los muros de la Catedral de Cádiz realizados con Piedra Ostionera.

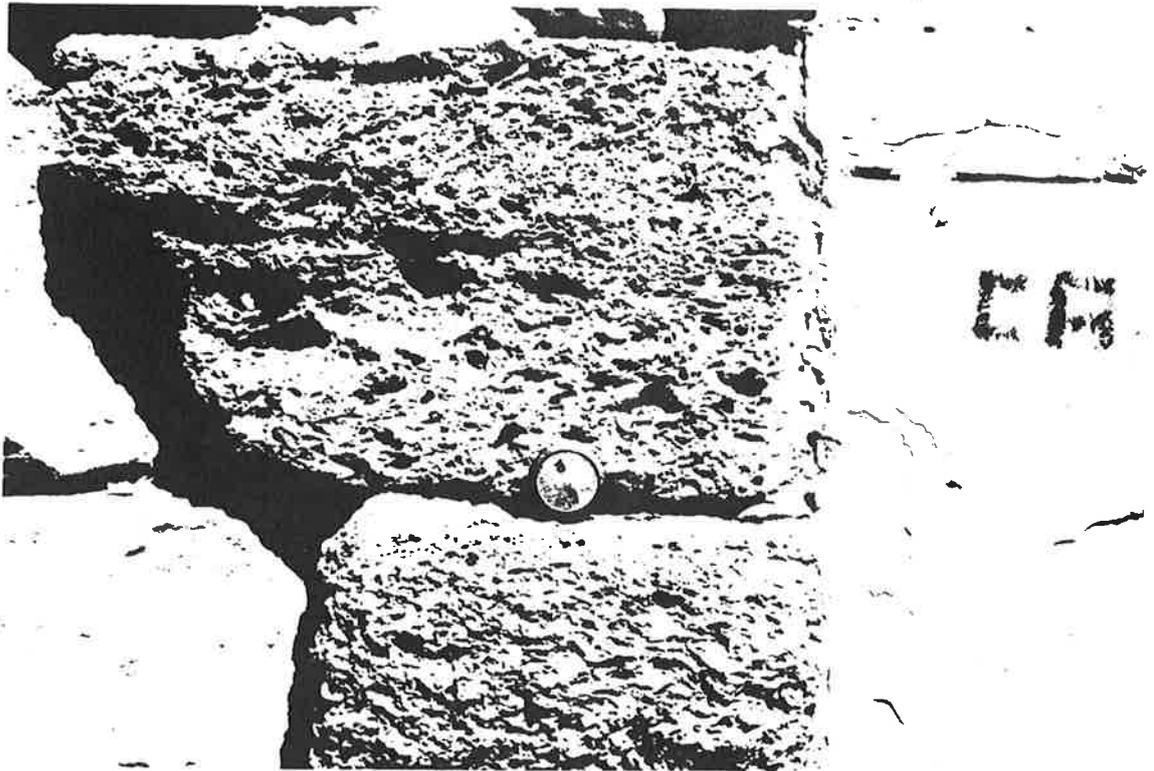


Foto 42.-

Sillar de Piedra Ostionera.

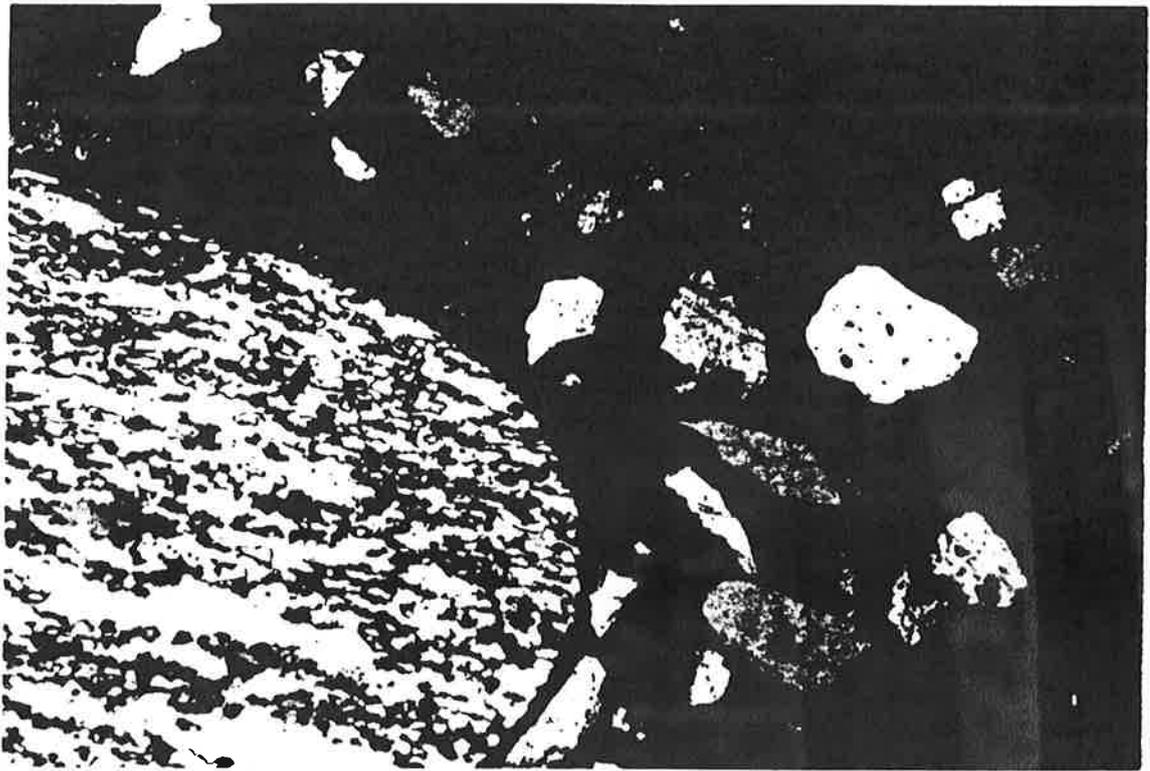


Foto 43.-

Aspecto general de la Piedra Ostionera, vista al microscopio de luz transmitida (Obj.: x 3.5; N X). Se observa la presencia de un guijarro elíptico de cuarzo metamórfico y numerosos clastos de cuarzo cementados por esparita.

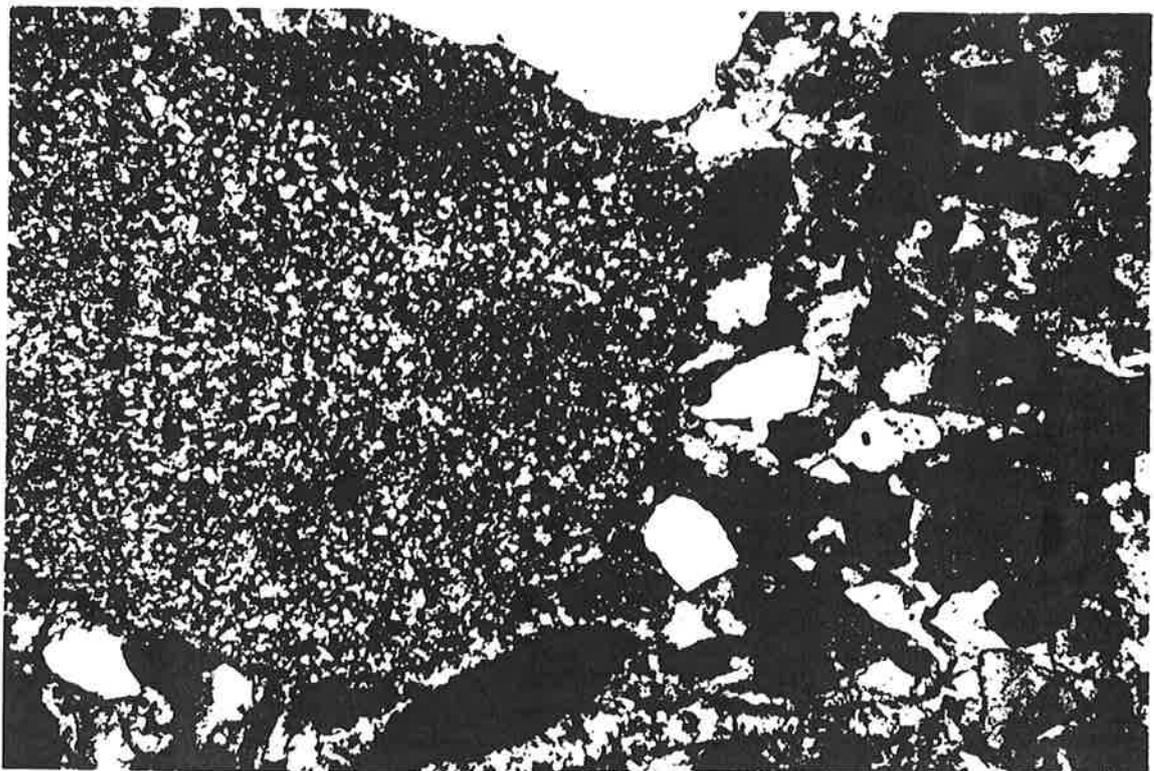


Foto 44.-

Otra vista microscópica donde se aprecia un canto rodado de carbonato (Obj.: x 3.5; N X).

PIEDRA PALOMERA

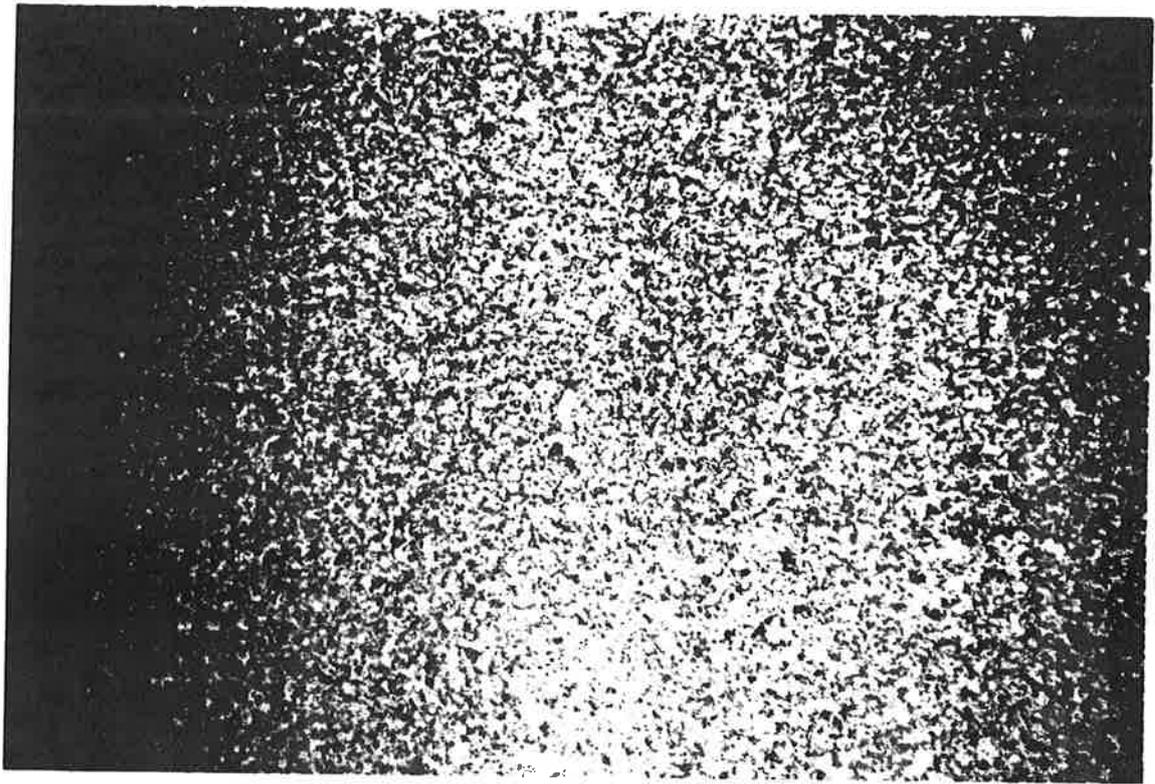


Foto 45.- Aspecto general de la Piedra de Palomera.



Foto 46.- Vista parcial de la cantera del Cerro de San Cristóbal para la extracción de piedra Palomera (Pto. Sta. María, Cádiz).

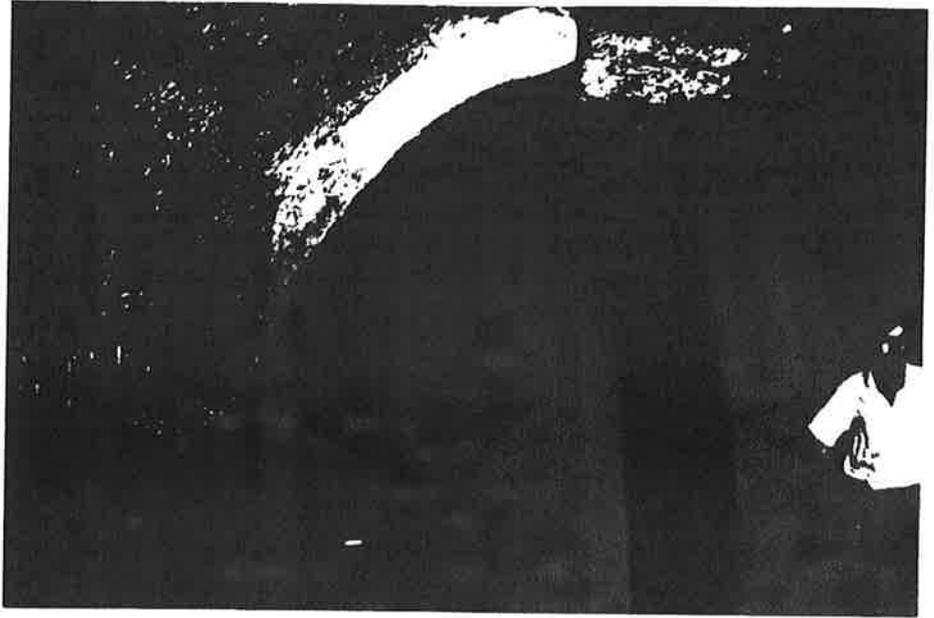


Foto 47.-

Vista del interior de la cantera Las Cuevas (Piedra Palomera, Cádiz).

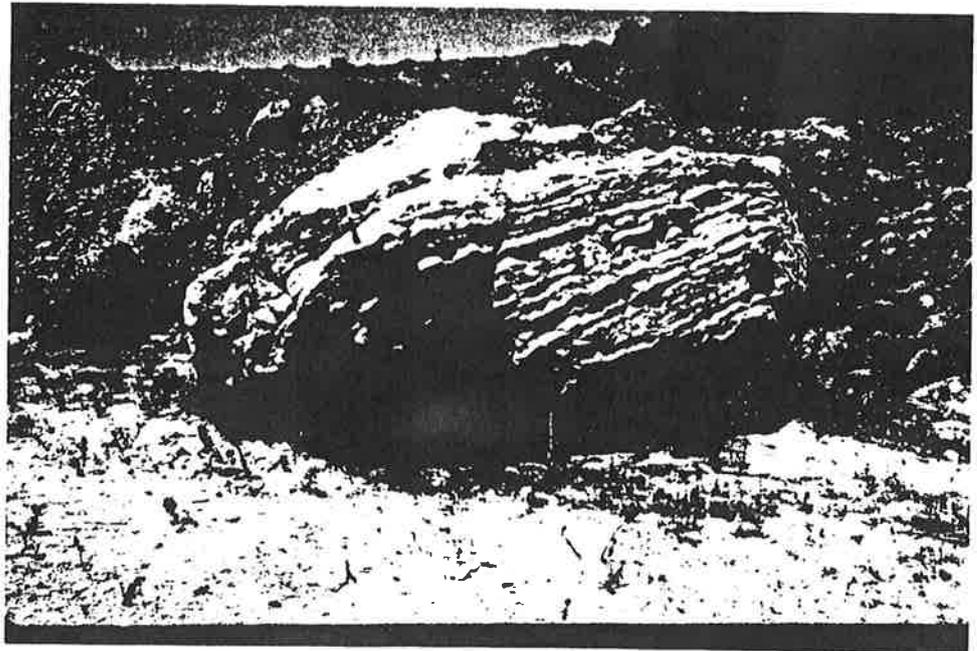


Foto 48.-

Bloque de Piedra Palomera. Se observa la estratificación cruzada.



Foto 49.-

Vista parcial de la fachada oeste de la Catedral de Cádiz, en donde se han empleado distintos tipos de piedras, entre los que se encuentra la Piedra de Palomera (Parte Este).

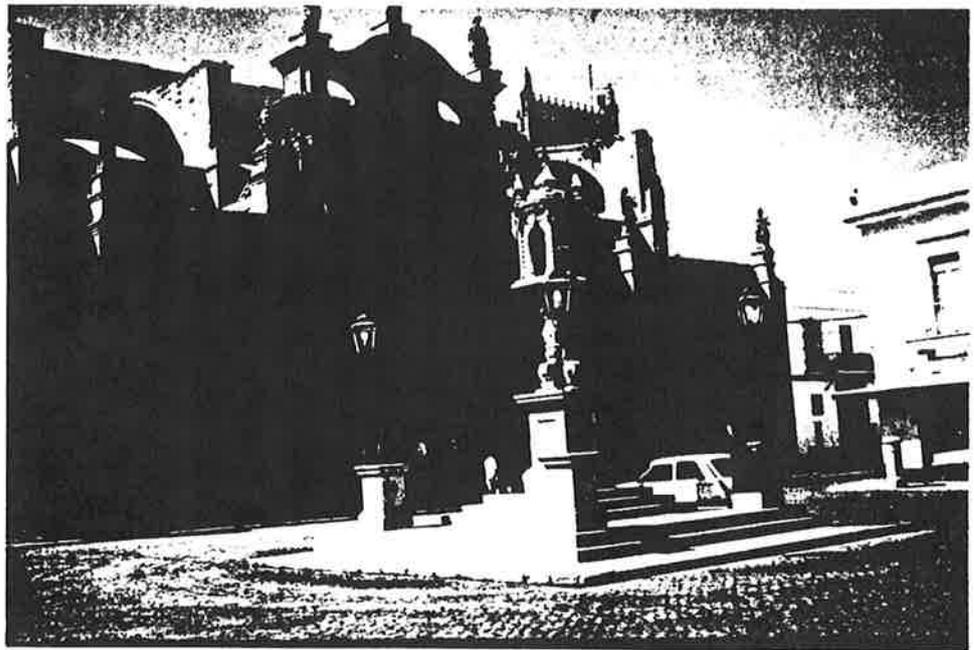


Foto 50.-

Iglesia Prioral de Pto. de Sta. María construído con Piedra de Palomera (Cádiz).

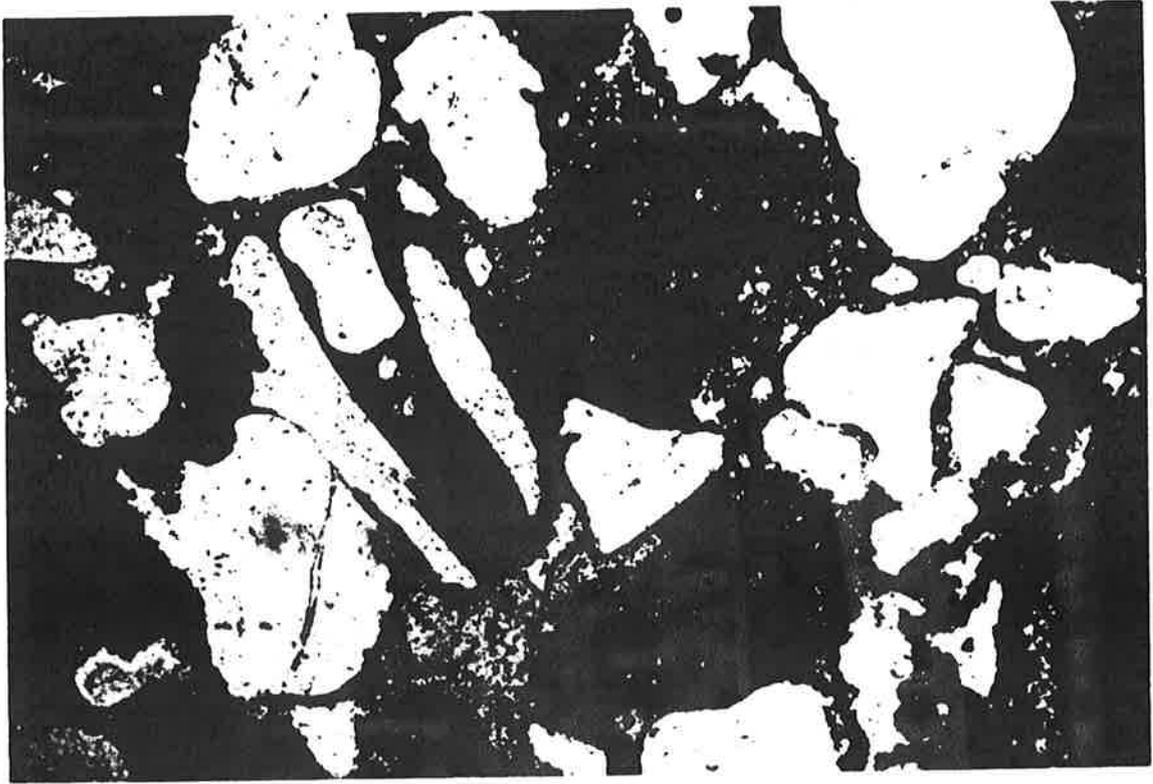


Foto 51.- Aspecto general de la Piedra de Palomera vista al microscopio de luz transmitida (Obj.: x 3.5; N //). Se observa la presencia de abundantes fósiles y granos de cuarzo redondeados cementados por carbonato.

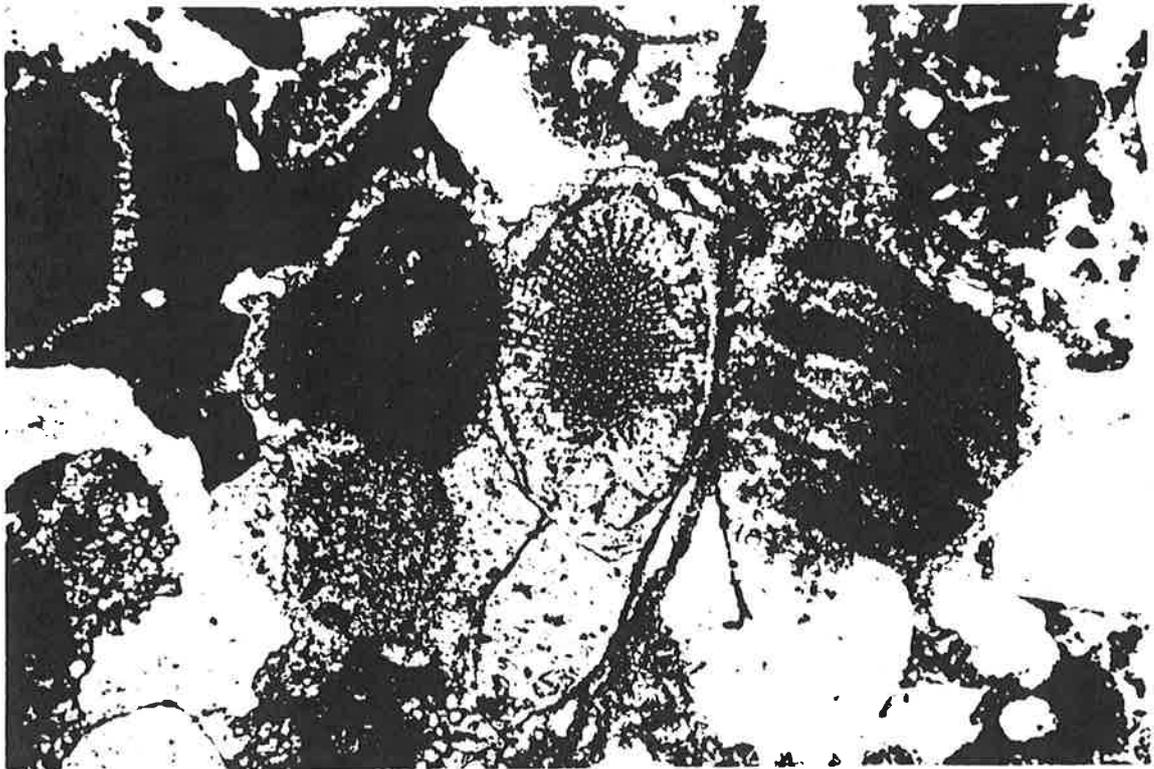


Foto 52.- Otra vista microscópica de la Piedra de Palomera (Obj.: x 3.5; N X).

PIEDRA DE SEPULVEDA

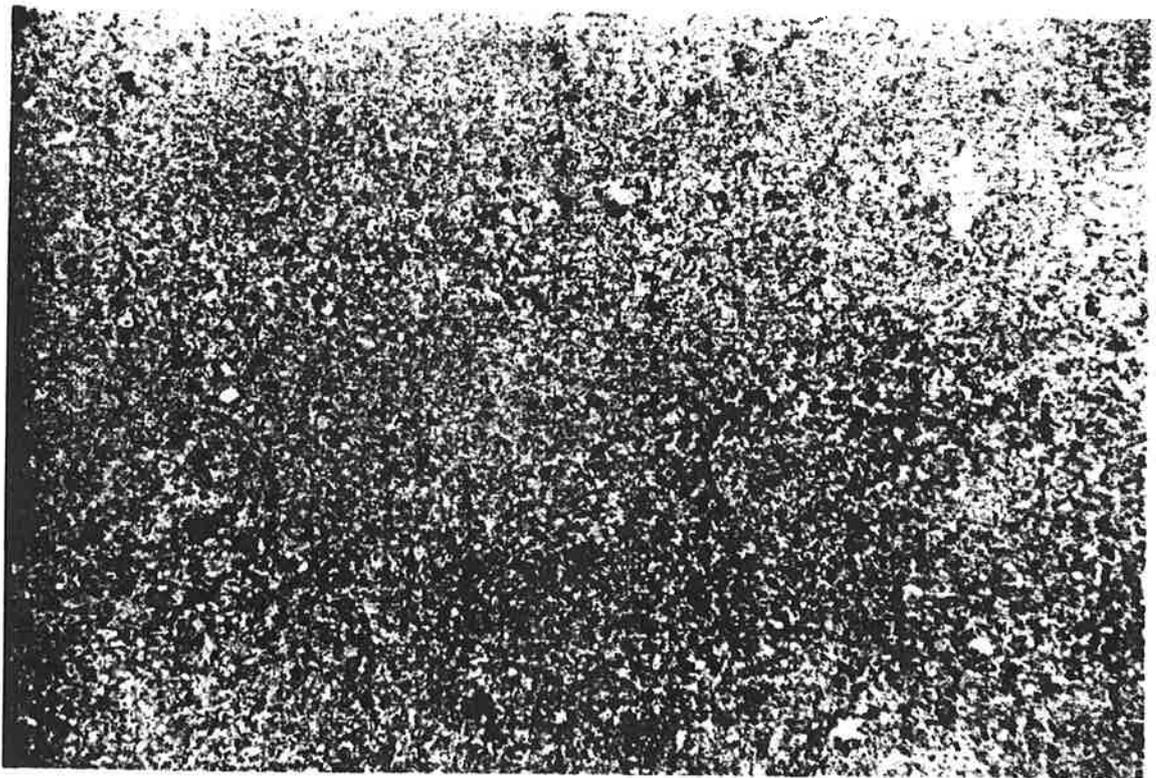


Foto 53.-

Aspecto general de la Piedra de Sepúlveda.



Foto 54.-

Aspecto parcial de una de las canteras de Piedra de Sepúlveda.



Foto 55.-

Detalle de las herramientas utilizadas.

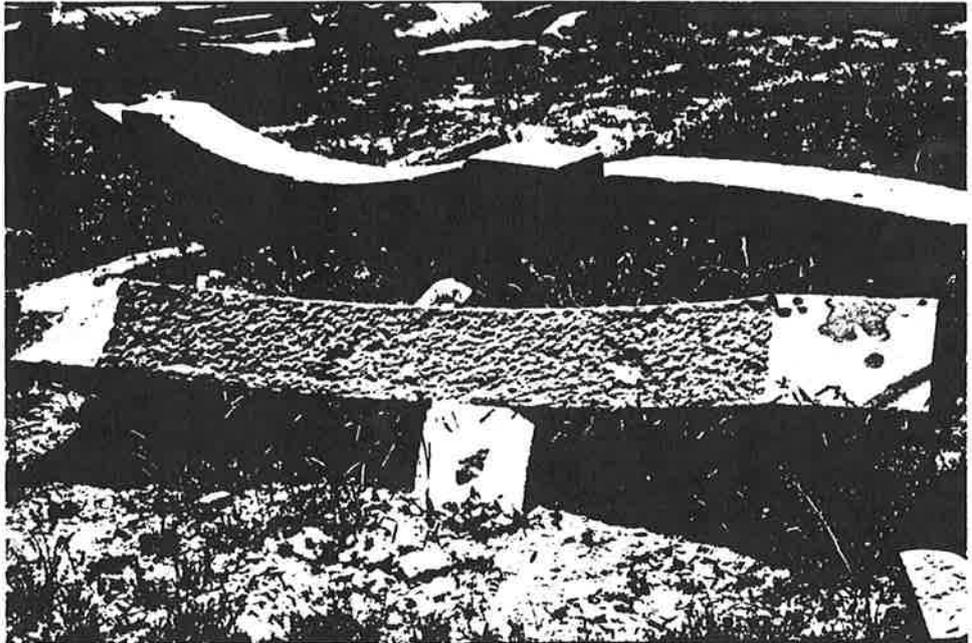


Foto 56.-

Aspecto de los arcos realizados en Piedra de Sepúlveda.

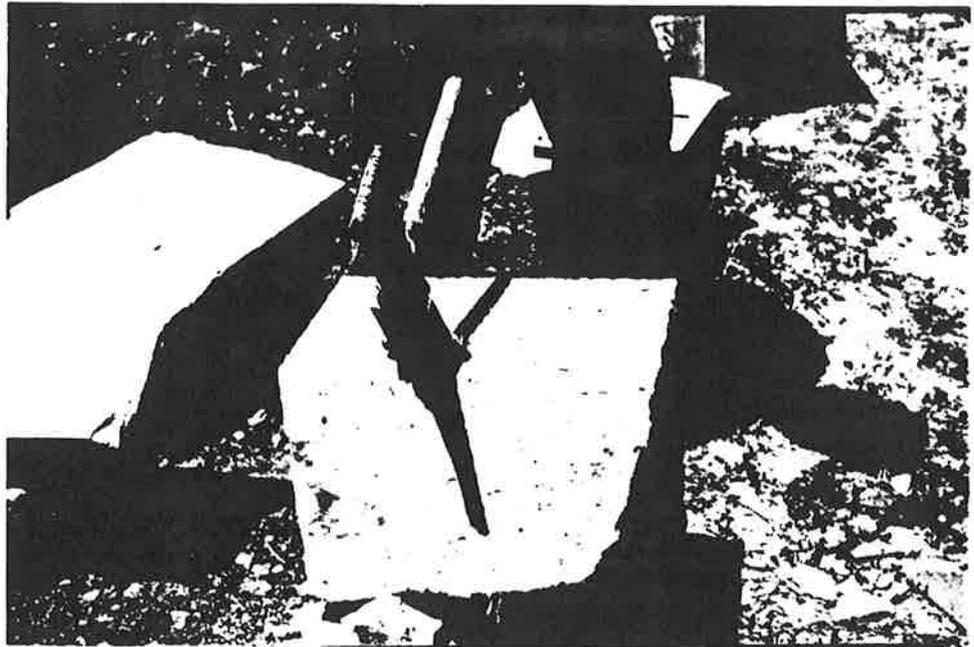


Foto 57.-

Empleo de la rasqueta para el trabajo manual realizado sobre Piedra de Sepúlveda.

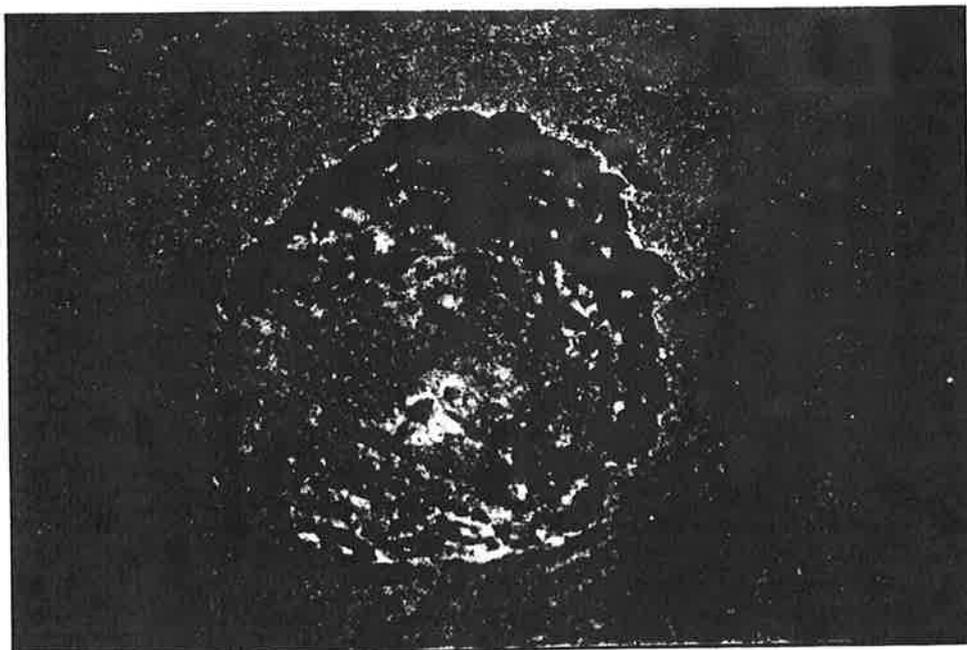


Foto 58.-

Cavidad miarolítica en la Piedra de Sepúlveda.

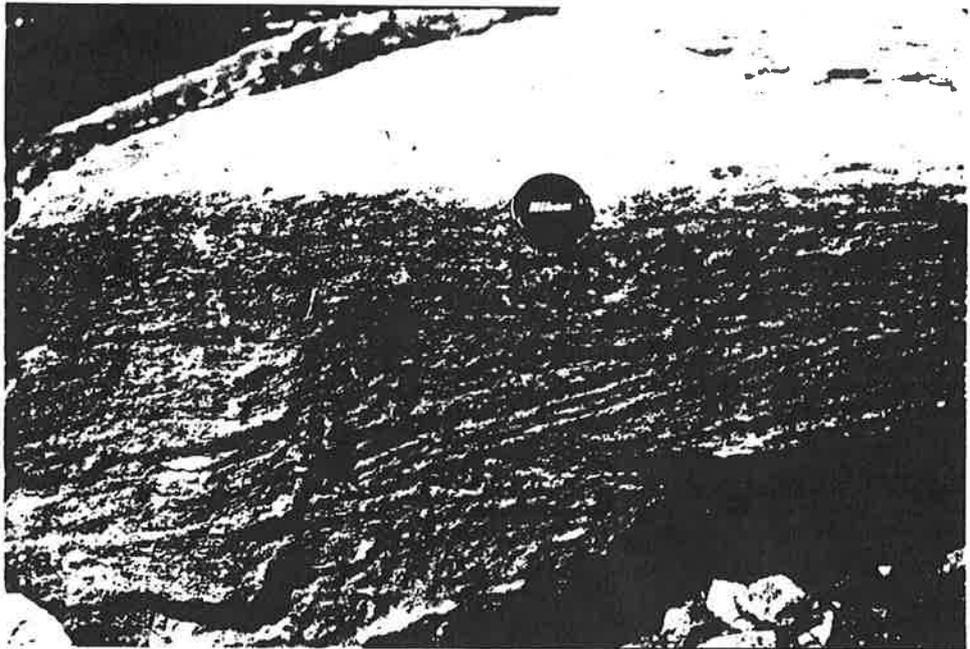


Foto 59.-

Aspecto de la estratificación cruzada en un bloque de la Piedra de Sepúlveda.

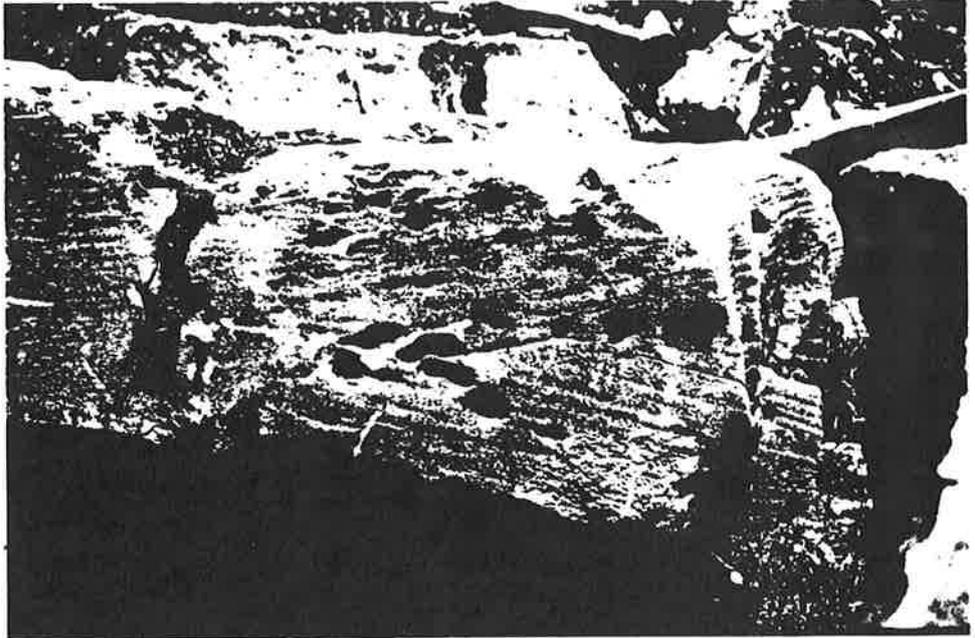


Foto 60.-

Alveolización a favor de los cosets laminares de estratificación en un bloque de Piedra de Sepúlveda.

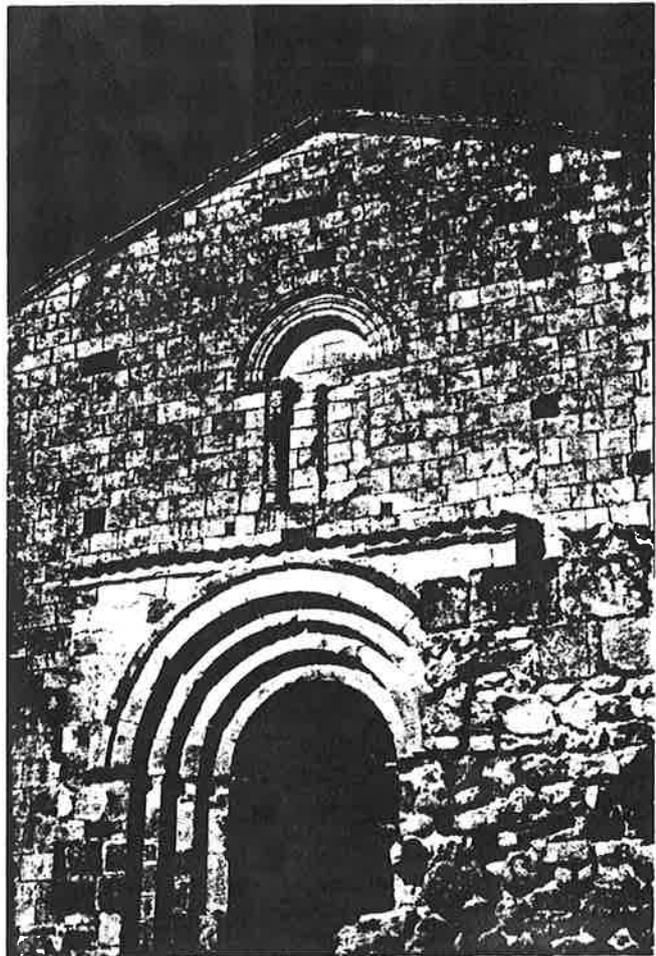


Foto 61.-

Vista parcial de la fachada principal de la ermita de S. Frutos realizadas con Piedra de Sepúlveda.

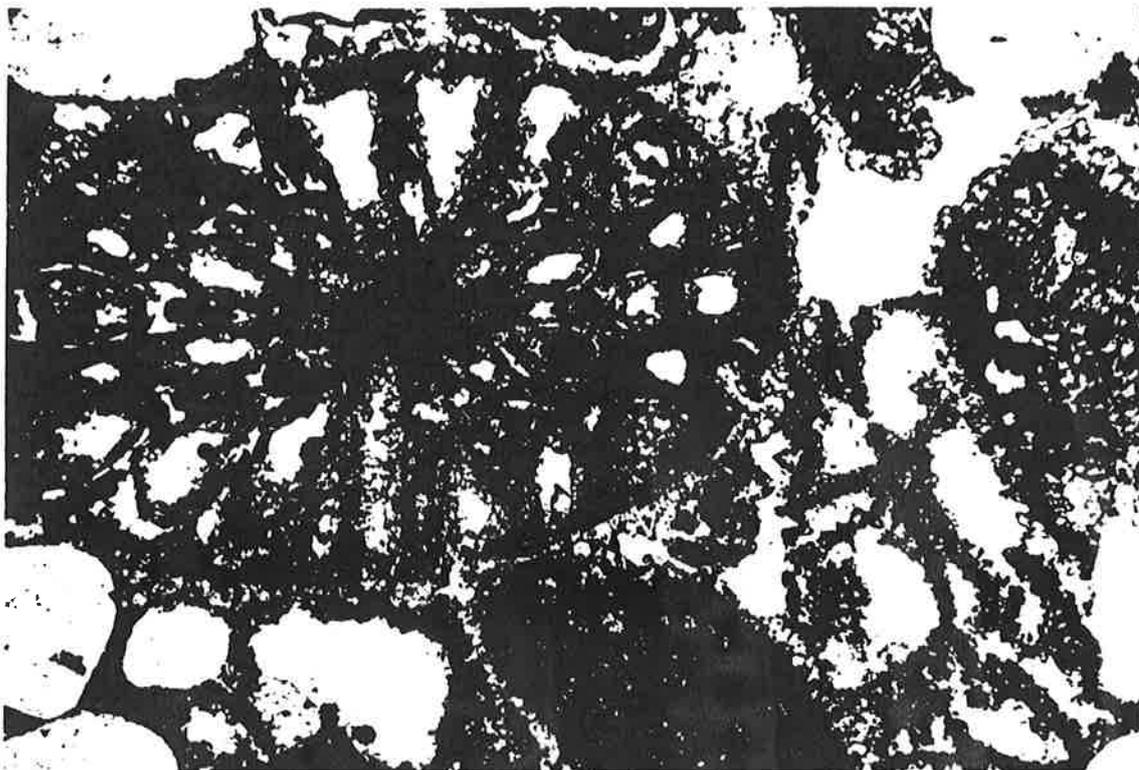


Foto 62.- Aspecto general de la Piedra de Sepúlveda, vista al microscopio de luz transmitida (Obj.: x 3.5; N X).

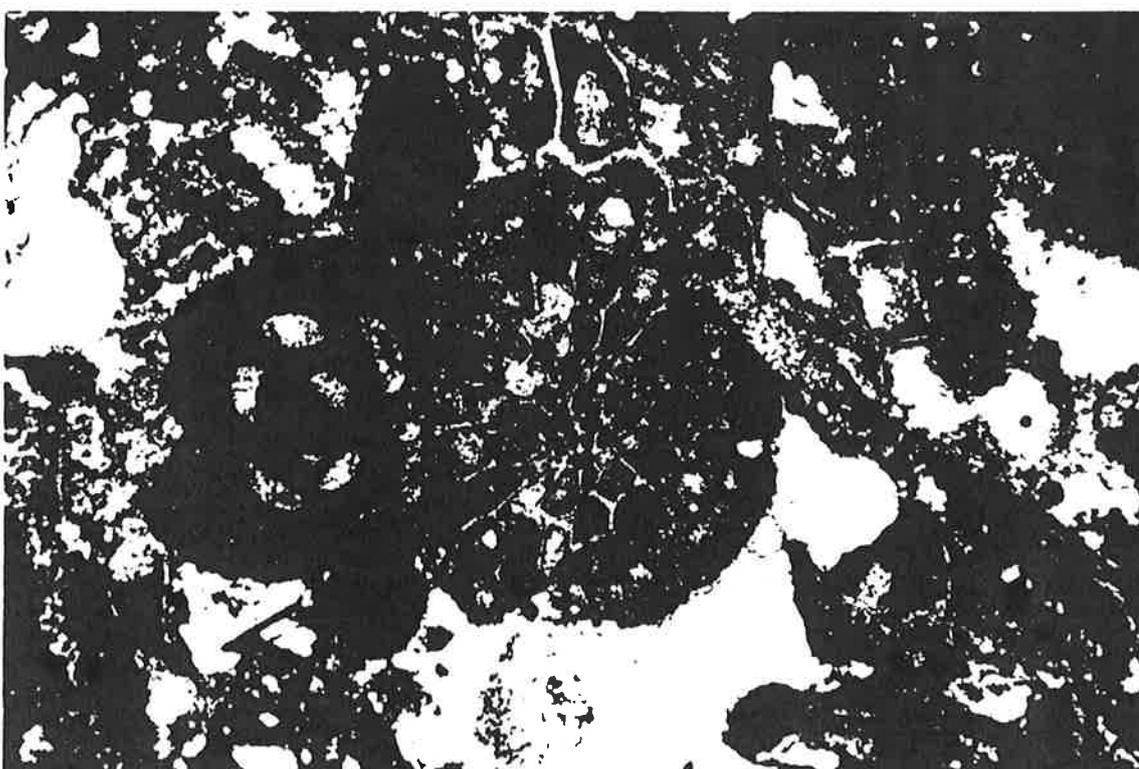


Foto 63.- Otra vista al microscopio petrográfico del mismo material (Obj.: x 3.5; N //).

