



**Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España**

**SECRETARIA GENERAL DE LA ENERGIA  
Y RECURSOS MINERALES**

**MICYT**



**Comunidad de  
Madrid**  
Consejería  
de Economía

**ESTUDIO Y ANALISIS DE LA SEGURIDAD  
EN LAS EXPLOTACIONES A CIELO ABIERTO  
- CANTERAS -  
DE LA COMUNIDAD AUTONOMA DE MADRID**

01206

**ESTUDIO Y ANALISIS DE LA SEGURIDAD  
EN LAS EXPLOTACIONES  
A CIELO ABIERTO (CANTERAS)  
DE LA COMUNIDAD AUTONOMA DE MADRID**

**JUNIO 1993**

## INDICE

	pág.
<b>0. RESUMEN Y CONCLUSIONES</b>	<b>1</b>
0.1. INTRODUCCION	1
0.2. AGRADECIMIENTOS Y EQUIPO DE TRABAJO	1
0.3. RESUMEN POR SUSTANCIAS	3
0.3.1. Granitos	3
0.3.2. Arena y grava	5
0.3.3. Caliza	7
0.3.4. Arcilla	9
0.3.5. Yeso	10
0.3.6. Sepiolita	11
0.3.7. Glauberita	13
0.3.8. Resumen general	15
0.4. CONCLUSIONES	19
<b>1. INTRODUCCION Y ANTECEDENTES</b>	<b>22</b>
<b>2. MEDIO FISICO Y MARCO GEOLOGICO</b>	<b>26</b>
<b>3. RECOPIACION Y ANALISIS DE LA INFORMACION EXISTENTE</b>	<b>30</b>
3.1. ACCIDENTABILIDAD EN LAS EXPLOTACIONES A CIELO ABIERTO	30
3.1.1. El sector canteras en España	30
3.1.2. El sector canteras en la Comunidad Autónoma de Madrid	36
3.1.2.1. Accidentes mortales y graves	36
3.1.2.2. Accidentes en general	41
3.2. ESTADISTICA MINERA	54
<b>4. INFORME DE LAS VISITAS REALIZADAS</b>	<b>59</b>
4.1. CONSIDERACIONES GENERALES	59
4.1.1. Métodos y sistemas de explotación	59
4.1.2. Plantas de tratamiento	69
4.1.3. Formación de personal y organización de la seguridad	69
4.1.4. Medio ambiente	70

<b>4.2. RELACION DE EXPLOTACIONES VISITADAS</b>	<b>73</b>
<b>4.3. CANTERAS DE GRANITO</b>	<b>76</b>
4.3.1. Antecedentes	76
4.3.2. Resumen de las visitas realizadas	78
4.3.3. Características y diseño de las explotaciones	79
4.3.4. Plataforma de trabajo, pistas y accesos	83
4.3.5. Grado de cumplimiento de las I.T.C. de cielo abierto	83
<b>4.4. CANTERAS DE ARENAS Y GRAVA</b>	<b>86</b>
4.4.1. Antecedentes	86
4.4.2. Resumen de las visitas realizadas	88
4.4.3. Características y diseño de las explotaciones	88
4.4.4. Plataforma de trabajo, pistas y accesos	93
4.4.5. Grado de cumplimiento de las I.T.C. de cielo abierto	93
<b>4.5. CANTERAS DE CALIZA</b>	<b>96</b>
4.5.1. Antecedentes	96
4.5.2. Resumen de las visitas realizadas	99
4.5.3. Características y diseño de las explotaciones	99
4.5.4. Plataforma de trabajo, pistas y accesos	100
4.5.5. Grado de cumplimiento de las I.T.C. de cielo abierto	101
<b>4.6. CANTERAS DE ARCILLA</b>	<b>104</b>
4.6.1. Antecedentes	104
4.6.2. Resumen de las visitas realizadas	106
4.6.3. Características y diseño de las explotaciones	106
4.6.4. Plataforma de trabajo, pistas y accesos	107
4.6.5. Grado de cumplimiento de las I.T.C. de cielo abierto	107
<b>4.7. CANTERAS DE YESO</b>	<b>109</b>
4.7.1. Antecedentes	109
4.7.2. Resumen de las visitas realizadas	111
4.7.3. Características y diseño de las explotaciones	111
4.7.4. Plataforma de trabajo, pistas y accesos	113
4.7.5. Grado de cumplimiento de las I.T.C. de cielo abierto	113

	pág.
<b>4.8. EXPLOTACIONES DE SEPIOLITA</b>	<b>116</b>
4.8.1. Antecedentes	116
4.8.2. Resumen de las visitas realizadas	118
4.8.3. Características y diseño de las explotaciones	118
4.8.4. Plataforma de trabajo, pistas y accesos	121
4.8.5. Grado de cumplimiento de las I.T.C. de cielo abierto	122
<b>4.9. EXPLOTACIONES DE GLAUBERITA</b>	<b>124</b>
4.9.1. Antecedentes	124
4.9.2. Resumen de las visitas realizadas	126
4.9.3. Características y diseño de la explotación	126
4.9.4. Plataforma de trabajo, pistas y accesos	128
4.9.5. Grado de cumplimiento de las I.T.C. de cielo abierto	128
<b>5. RECOMENDACIONES Y MEDIDAS A TOMAR</b>	<b>130</b>
5.1. DISPOSICIONES GENERALES	131
5.2. CARACTERISTICAS DE DISEÑO	132
5.3. PLATAFORMAS, PISTAS Y ACCESOS	135
5.4. MAQUINARIA	136
5.5. PREVENCIÓN CONTRA EL POLVO	138
5.6. PLANTAS DE TRATAMIENTO	140
5.7. INSTALACIONES ELECTRICAS	141
<b>ANEXOS:</b>	
DOCUMENTACION FOTOGRAFICA	
PLANO 1:200.000	

## **0. RESUMEN Y CONCLUSIONES**

### **0.1. INTRODUCCION**

En el ámbito de la Comunidad Autónoma de Madrid se han visitado 90 explotaciones, de un total de 215 según los datos del Servicio de Minas de la Dirección General de Industria, Energía y Minas de la CAM, cuya distribución por sustancias es la siguiente:

GRANITO	21
CALIZA	10
ARENAS Y GRAVA	38
YESO	13
SEPIOLITA	3
ARCILLA	4
GLAUBERITA	1

En base a las visitas realizadas y a la información complementaria recogida, se analiza la situación actual de las canteras en los aspectos relacionados con la seguridad en el trabajo, en cuanto al cumplimiento del Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera y las Instrucciones Técnicas Complementarias relativas a las explotaciones a cielo abierto.

Como consecuencia del análisis se proponen unas recomendaciones, tanto generales, como específicas para cada tipo de sustancia, con objeto de ofrecer a las autoridades mineras una información adicional que colabore en la toma de decisiones para mejorar la infraestructura de la explotación y las condiciones de seguridad de los trabajadores.

### **0.2. AGRADECIMIENTOS Y EQUIPO DE TRABAJO**

#### **- Agradecimientos**

Al Jefe de Servicio de Minas y Combustibles de la Comunidad Autónoma de Madrid (Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Consejería de Economía), por su decisivo impulso

en el lanzamiento del estudio.

Al personal técnico de la Sección de Minas, por su inestimable ayuda al facilitar la información precisa, realizar conjuntamente las visitas iniciales y asesorar en la selección de las explotaciones y en todo momento durante el desarrollo del trabajo.

A la Subdirección General de Estadística del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, y a las entidades aseguradoras más representativas, por la información facilitada sobre accidentes en el sector "Extracción de minerales" de la Comunidad Autónoma de Madrid.

A los propietarios, personal de dirección y gerencia de las canteras a los que se ha tenido ocasión de entrevistar, por las magníficas atenciones recibidas y, muy especialmente

A los directores facultativos de las explotaciones, por su inapreciable cooperación y presencia a lo largo de las visitas, proporcionando toda la información y datos solicitados, base imprescindible para la realización del trabajo.

**- Supervisión del Estudio**

D. José Manuel Falcón Jiménez. Jefe de la Sección de Minas de la Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad Autónoma de Madrid.

D. Jesús Gómez de las Heras. Jefe del Área de Seguridad Minera del ITGE.

**- Equipo de trabajo**

D. Juan Miguel Martínez García. Área de Seguridad Minera del ITGE.

D<sup>a</sup> Carmen Marchán Sanz. Área de Seguridad Minera del ITGE.

### 0.3. RESUMEN POR SUSTANCIAS

#### 0.3.1. Granito

Se han visitado 21 canteras, que se distribuyen por zonas y por destino de la producción de la siguiente forma:

Cadalso de los Vidrios	6	(bloques)
El Berrueco	2	(bloques)
Bustarviejo	1	(bloques)
Valdemanco	3	(2 bloques, 1 piezas)
Alpedrete	2	(piezas)
Zarzalejo (El Escorial)	3	(2 bloques, 1 piezas)
Becerril de la Sierra	1	(piezas)
Navalagamella	1	(áridos)
Colmenar Viejo	2	(áridos)

Con esta distribución se han cubierto todas las zonas productivas de la Comunidad.

Los diseños y tamaños de las explotaciones son muy diferentes según el tipo de producto que elaboren. Las de granito en piezas para la construcción se ubican en la Sierra madrileña, manteniéndose en explotación desde hace muchos años, con un carácter artesanal, muy poco personal y escasa producción, condicionada a los medios disponibles y a la demanda.

Utilizan corte con barrenos, cargados con poca pólvora y cordón detonante. Las alturas de banco nunca superan los ocho metros, estando la media entre tres y cuatro.

Las de granito en bloques con fines ornamentales presentan mucho mayor desarrollo y tamaño, y mucha más producción. Son canteras espaciosas, con áreas de expansión y ubicación accesible.

Se utilizan todos los medios habituales de arranque, a saber, barrenos con pólvora y cordón detonante, lanza térmica e hilo diamantado. Para la subdivisión de bloques, generalmente, se emplean barrenos muy próximos y cuñas.

Las alturas de banco están comprendidas entre tres y diez metros, siendo el número de bancos de uno a tres.

Se encuentran muy mecanizadas, con un parque de maquinaria moderno y muy bien dotado.

Por último, los granitos o pórfidos graníticos, explotados para la obtención de áridos de trituración, se explotan por el método de perforación y voladura, de forma totalmente análoga a la de otras rocas industriales. La perforación se realiza mediante barrenos verticales o subverticales, cargados con nagolita en columna y dinamita-goma en fondo.

Las alturas de banco se sitúan en los doce metros en la zona de Colmenar Viejo, con dos o tres bancos, y en cuarenta metros en Navalagamella, que se está desdoblado en dos bancos de veinte metros.

Los accesos son aceptables, en general. Sólo cabría mencionar algunas pistas interiores con tramos de pendiente acusada, que deberían mejorarse.

Las plataformas de trabajo son muy amplias, especialmente en los granitos para áridos. Las de granito para bloques presentan, en ocasiones, cierto desorden por acumulación de bloques defectuosos o para aprovechamiento como "desquite".

En cuanto al diseño, no existen problemas de alturas de banco ni de taludes, salvo en una explotación que presenta desplome en el borde de talud de escombrera, que actualmente se encuentra en fase de corrección.

### 0.3.2. Arena y grava

Se trata de un sector de gran importancia, destacando como primer productor nacional de áridos naturales.

Las explotaciones se extienden a lo largo de las cuencas de los ríos que riegan la Comunidad, pertenecientes a la red fluvial del Tajo, y en especial del Jarama, cuya amplia zona de influencia, a lo largo de unos 100 km, ha depositado una extraordinaria serie de materiales de enorme interés económico y cuantiosas reservas.

Los espesores, variables y crecientes de Norte a Sur, oscilan desde los dos metros en la vega alta, de tres a diez en la media y de tres a cuatro en la baja. En las terrazas intermedias, los espesores alcanzan valores mayores, que rebasan en ocasiones los veinte metros, lo que obliga a explotar en bancos.

El resto de las cuencas presenta características variables y menor desarrollo, pero con apreciable número de explotaciones y estimables reservas.

Se han visitado 38 explotaciones, así distribuidas por cuencas:

Jarama	27	Tajo	3
Guadarrama-Aulencia	4	Manzanares	2
Henares	1	Alberche	1

La explotación se lleva a cabo por el método de arranque directo, a base de maquinaria de arranque convencional, principalmente palas, retroexcavadoras y, en los casos en que se explota bajo el nivel freático, dragallinas y, en menor medida, scraper.

No se han detectado alturas excesivas ni taludes marcadamente inestables.

Dada la ubicación de las graveras, junto a la amplia red viaria de las proximidades de la capital, no presentan problemas de accesos, ni de pistas interiores.

Las plataformas, habida cuenta de la horizontalidad del terreno, son espaciosas, niveladas, con amplias zonas de almacenamiento para los productos en tratamiento o terminados.

Los pisos siempre son mejorables pero, en este caso, la permeabilidad del sustrato evita los encharcamientos y coopera al mantenimiento de las superficies de rodadura.

### **0.3.3. Caliza**

Se han visitado 11 explotaciones, que se localizan en las zonas de Morata de Tajuña (3), Campo Real (3), Arganda del Rey (2), Valdilecha (2) y Colmenar de Oreja (1).

Las explotaciones se llevan a cabo sobre la formación típica de calizas de los páramos, que ocupan amplias zonas del S - SE de la capital.

Estas formaciones horizontales coronan las series miocenas y sus espesores son decrecientes de Norte a sur, yendo desde los cincuenta-sesenta metros hasta los seis, con un promedio de doce a dieciocho en la zona de Morata de Tajuña, que presenta la mayor extracción para abastecimiento de una planta cementera.

El método de explotación es el habitual de perforación y voladura, a base de barrenos verticales con la inclinación necesaria para asegurar la estabilidad del talud.

Las alturas de banco oscilan de seis a veinte metros, con el citado promedio de doce a dieciocho metros. Trabajan, generalmente, con un solo banco, alguna con dos y una con tres. En estos casos, las bermas son de suficiente anchura.

En una cantera de "caliza de Colmenar" se realiza una explotación mixta, arrancando la parte superior alterada con explosivos, y la caliza para construcción con retroexcavadora. Contigua a esta cantera se encuentra una zona de antiguas explotaciones subterráneas muy rudimentarias, con numerosos trabajos muy someros que repercuten en superficie, presentando un perímetro con hundimientos que es preciso proteger adecuadamente.

Las plataformas de las explotaciones son, en su mayoría, amplias, niveladas y con superficie de rodadura aceptable.

Los accesos están en gran parte en buen estado. Las explotaciones, que se cuentan entre las de mayor envergadura de la Comunidad, se ubican en lugares de orografía llana o poco accidentada y cerca de la red de carreteras comarcales, por lo cual no se presentan problemas con el intenso volumen de tráfico que soportan.

Como resumen puede decirse que estas explotaciones están bien dotadas, mecanizadas y con disponibilidad de medios de protección para el personal.

#### **0.3.4. Arcilla**

Se han visitado 4 explotaciones, dos en Alcalá de Henares y otras dos en Villabilla, en las proximidades de Los Hueros.

Los niveles arcillosos, encajados entre niveles margosos y arenosos de las series miocenas, han sido objeto de explotación tradicional por las industrias cerámicas de Alcalá de Henares y sus contornos.

Se trata de unidades que trabajan de forma estacional, debido a la imposibilidad de desenvolvimiento de la maquinaria en la época de lluvias. Durante el tiempo seco, se acopla material suficiente para las fábricas.

Son explotaciones de gran sencillez, practicándose el arranque directo en rebanadas descendentes. Para ello se emplea el bulldozer, con o sin ripado previo.

El material es cargado y enviado directamente a las industrias cerámicas sin ningún tipo de manipulación.

Las alturas de banco oscilan entre cuatro y veinte metros, modelándose taludes finales de gran estabilidad.

Al encontrarse situadas en zonas llanas, no se presentan problemas en los accesos, salvo los que puedan derivarse de su estado resbaladizo en tiempo lluvioso.

Las plataformas son amplias y bien niveladas.

### **0.3.5. Yeso**

Se han visitado 12 canteras, tres en la zona Norte (Torrelaguna), y nueve en la Sur - Sureste: una en Madrid - Vallecas, dos en Ribas de Jarama y Rivas - Vaciamadrid, cuatro en San Martín de la Vega y dos en Morata de Tajuña.

Las explotaciones de yeso tuvieron un amplio desarrollo en la minería histórica de la Comunidad, distinguiéndose como uno de los centros productores de mayor importancia nacional, con un gran número de explotaciones y hornos. En estos momentos, muchas industrias se han agrupado, por lo que hay menos unidades pero con mayores producciones.

El sector se ve favorecido por la abundancia de formaciones aflorantes correspondientes a niveles de "yesos masivos", característicos de esta cuenca miocena.

Las explotaciones presentan un diseño muy sencillo. Se abre un frente sobre la masa, que va ganando altura hasta alcanzar un máximo de seis a ocho metros en la zona Norte y de doce a dieciséis en la Sur. Generalmente, se trabaja en un solo banco, salvo en dos explotaciones que tienen dos bancos y una tercera que está desdoblado un banco excesivamente alto.

Se utiliza el método de perforación y voladura, con nagolita y dinamita-goma. Las voladuras suelen ser bastante espaciadas en el tiempo.

En general, las explotaciones se llevan con gran pulcritud, con taludes verticales que quedan bien saneados por la plasticidad del material.

Los accesos y pistas se encuentran en buen estado en las canteras en actividad. En la zona de Torrelaguna son algo estrechos y de firme irregular, pero transitables. Las plataformas son muy amplias, bien cuidadas con pisos nivelados y regulares.

### **0.3.6. Sepiolita**

Se han visitado tres explotaciones, una en fase de desarrollo y dos en plena actividad. Se encuentran situadas dos en Madrid - Vicálvaro y la otra en Paracuellos del Jarama.

Los depósitos de sepiolita, por sus peculiares condiciones de sedimentación en las cuencas lacustres miocenas, son muy poco frecuentes. La Comunidad de Madrid es la primera productora nacional y una de las zonas más destacadas a nivel mundial, siendo muy alto el porcentaje que se exporta.

El laboreo viene de muy antiguo, pero su explotación a gran escala parte de los años cincuenta, manteniéndose desde entonces en continuo ascenso.

Los espesores de la capa aprovechable oscilan de uno a cuatro metros, variando ampliamente el espesor del recubrimiento, según las zonas, de dos a cuarenta metros, lo que obliga, en los casos extremos a efectuar enormes desmontes, manteniendo ratios altos.

El método empleado es el de arranque directo, por minería de transferencia. Se abren grandes huecos o cuarteles que, una vez explotados, se rellenan prontamente con el rechazo producido por la explotación del cuartel siguiente.

Los taludes de estos grandes huecos se diseñan de acuerdo con la estabilidad del terreno. En caso necesario, se dejan bermas de protección no transitables para la maquinaria. Se presta especial atención al saneo de los niveles arenosos.

La extracción del mineral se interrumpe durante la época invernal. Las grandes explotaciones dedican ese periodo a operaciones de desmonte.

Se están desarrollando intentos de explotación subterránea, a fin de evitar el ingente movimiento de

estériles que constituyen el recubrimiento.

Las plataformas, cambiantes por la movilidad del método, son amplias y, debido a la suavidad topográfica del terreno, horizontales o de pendientes poco acusadas. El piso es bueno, excepto en época lluviosa, y sin irregularidades patentes.

Los accesos y pistas en la gran explotación de Vicálvaro son cortos, inmediatos a carreteras que, precisamente, delimitan el perímetro de la misma. En la otra explotación el acceso tiene un firme bastante irregular y estrecho.

La explotación de Paracuellos tiene el acceso lindante con las tapias del aeropuerto de Barajas, por medio de un camino largo y estrecho, pero transitable.

### **0.3.7. Glauberita**

España es el único país europeo que explota esta sustancia, ocupando junto con Méjico el primer puesto a nivel mundial.

Se ha visitado la única explotación de la Comunidad, que es una de las pocas productoras de sulfato sódico natural, a nivel nacional.

Su formación tuvo lugar en las facies centrales evaporíticas depositadas en la parte central de la cuenca del Tajo, al Este - Sureste de Madrid, con predominio de sedimentación química, en el seno de la llamada "unidad salina" miocena, asociada a sal común, anhidritas y yesos.

La explotación extiende sus concesiones a la zona de Colmenar de Oreja, Titulcia y Villacanejos. Dispone de una moderna planta para la obtención de sulfato sódico anhidro.

El método que se emplea difiere totalmente del habitual de las canteras, presentando una imbricación entre la explotación y la planta, de forma que la producción de salmuera se integra como un único proceso industrial con el tratamiento en la planta.

La capa mineralizada está constituida por capas subhorizontales de unos 20 - 25 metros de potencia, con un recubrimiento de análogo espesor.

La única labor minera se realiza en la fase de preparación de los cuarteles, operación que se practica de modo intermitente a grandes intervalos, por lo que no se requiere personal minero de explotación.

El desmonte se efectúa mediante arranque directo, en rebanadas descendentes hasta dejar al descubierto la capa de mineral, dando lugar a grandes excavaciones rectangulares, dejando los taludes con la inclinación adecuada para mantener la estabilidad durante la fase de aprovechamiento, que dura

del orden de los diez años.

Al llegar a la capa, se abre una primera calle longitudinal, mediante perforación, voladura y carga del material arrancado, que es el único que se retira como tal, practicando voladuras en franjas paralelas a la calle, pero dejando "in situ" el material removido.

A continuación, se rellena el fondo con agua procedente de la planta, formándose lo que se denominan "piscinas", y a través de unos sondeos se extrae la salmuera producida por disolución, enviándose a la planta.

Las pistas y accesos son inmediatos, amplios y bien trazados, siendo su diseño adecuado al gran movimiento de tierras que se realiza en las fases preparatorias.

### **0.3.8. Resumen general**

Del análisis de la información disponible, se desprende que las tasas de accidentes graves de las explotaciones a cielo abierto de la Comunidad de Madrid son menores que el total nacional, clasificándose los casos ocurridos dentro de las incidencias más frecuentes y, por tanto, sobre las que hay que ejercer un control más riguroso.

Los accidentes en general presentan, por número de casos, un paralelismo completo con las estadísticas nacionales del sector.

Los datos de la Estadística Minera denotan que la cantera madrileña se sitúa en el primer tercio del contexto nacional, en relación con las restantes comunidades, por lo que respecta a las magnitudes de valor de la producción, y plantilla.

En cuanto a los índices comparativos conjuntos, es mayor, tiene más personal y mayor productividad que la media nacional.

Los materiales producidos son de aplicación en la industria de la construcción, con un mercado eminentemente territorial, salvo el aserrado de bloques de granito que, en parte, se realiza en otras zonas y los minerales no metálicos, con un amplio mercado de exportación.

En el anterior resumen por sustancias se han reseñado sumariamente las características generales de los diversos tipos de explotaciones, quedando pendiente destacar aquí aquellos factores que rozan el marco dispositivo de las ITC de Explotaciones a cielo abierto, unos por su presencia constante, otros de forma circunstancial, pero dejando constancia de que es una Comunidad donde se encuentran explotaciones importantes que tiene cubiertas totalmente o en gran parte las medidas reglamentarias de seguridad.

En cuanto a disposiciones generales, cabe agrupar, por su repetitividad, las que afectan a la seguridad del personal: del análisis de los cuatro accidentes producidos durante los últimos cinco años se deduce que el factor humano ha jugado un papel primordial.

La utilización de Equipos de Protección Individual (EPI), presenta la misma constante: sólo en el 20 % de las explotaciones se utiliza un equipo tan elemental como el casco, obligatorio siempre, temeraria su omisión en ciertos trabajos, como los situados a pie de talud. En menor porcentaje incluso están los restantes equipos, cinturones, guantes, botas, etc. En cambio, en las explotaciones de granito, con polvo de naturaleza silícea, sí es frecuente la utilización de mascarillas, generalizándose el uso de auriculares en las operaciones de corte por lanza térmica.

La obligación de señalizar las explotaciones es de tipo general y, sin embargo, sólo se ha constatado en la mitad de ellas. Se tiene constancia de que la mayoría de las empresas colocan señalización, pero su permanencia es muy limitada. En mucha menor escala, se dispone de cercado, obligatorio en taludes con altura excesiva, o en la proximidad de zonas pobladas.

Respecto a las características de diseño, el parámetro fundamental, la altura de banco, es preciso reconocer que no presenta la conflictividad habitual en otras comunidades. Aquí se sitúa, en general, dentro de los límites establecidos, como muestra el Cuadro 0.1. Los casos en que se rebasa, que pueden considerarse excepcionales, están detectados, controlados y prescrito su desdoblamiento.

Los ángulos de talud se suelen adaptar a la estabilidad del terreno. Los perfilados con maquinaria de arranque directo pueden modelarse con adecuada estabilidad. No se han observado, más que excepcionalmente, sobreexcavaciones ni desplomes. Respecto al saneo, en las explotaciones de arranque directo, se tiene al alcance el talud, pero en las de arranque con explosivos, la calidad del saneo depende de la calidad de la voladura.

En las grandes excavaciones de desmonte de la minería no metálica, se suelen dejar, en caso

necesario, bermas de protección, haciendo accesible el paso a niveles que requieran saneo.

CUADRO 0.1  
RESUMEN ALTURAS DE BANCO

ALTURA BAN- COS	NUMERO DE CANTERAS							T O T A L	
	GRANITO		ARENA Y GRAVA	YESO	CALIZA	ARCILLA	SEPIO- LITA (des- monte)		GLAU- BERITA (prepa- ración)
	ORNA- MENT.	ARI- DOS							
0 - 4	5		23	2	1	1	1		33
4 - 8	11		12	3	1				27
8 - 12	2	2	3	2	4				13
12 - 20				4	5	3	1		13
> 20		1		1			1	1	4
<b>TOTAL</b>	<b>18</b>	<b>3</b>	<b>38</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>90</b>

El otro parámetro fundamental de diseño es el trazado, anchura, pendiente y estado del piso de los accesos, pistas y plataformas, debido a que se constata en las estadísticas que prácticamente en la mitad de los accidentes está involucrada la maquinaria de carga y transporte.

En este aspecto, la CAM dispone de condiciones ventajosas respecto a otras comunidades, contando con una topografía favorable, llana o suave, y una red viaria muy ramificada por la proximidad a la capital. Se han detectado anomalías, pero también pueden entrar en la consideración de excepcionales.

Como objeción, cabe señalar que la naturaleza de algunos materiales (arcillas, sepiolita, etc.), origina unos pisos tan resbaladizos que obliga a trabajar estacionalmente, en las épocas meteorológicamente benignas.

En el otro extremo, en época estival, las pistas se riegan en más de la mitad de las explotaciones, para evitar la puesta en suspensión del polvo depositado.

La manipulación de la maquinaria que se ha tenido ocasión de observar durante las visitas, se realizaba de modo correcto, en general. El parque de maquinaria es moderno, abundante y en buen estado de conservación, con la salvedad de no mantener operativas las señales acústicas de marcha atrás para aviso al personal a pie. También hay que insistir en que se descuidan los topes o barreras de vertido.

A las explotaciones a cielo abierto en general, no sólo de esta Comunidad, les queda un largo trecho por recorrer para adaptarse a las concentraciones límite de polvo establecidas en la ITC de lucha contra el polvo, recientemente puesta en vigor. En el periodo de las visitas, el uso de equipos de captación quedaba reducido a un porcentaje bajo, cifándose a las grandes explotaciones de caliza y a las canteras de granito.

La preocupación por el medio ambiente, apreciada en todos los niveles de esta Comunidad, hasta el punto de que las restricciones ambientales priman frecuentemente sobre el resto de las actividades, tiene puntos coincidentes con los aspectos de seguridad, ya que la restauración, que progresa tras la explotación a mayor ritmo que en otras comunidades, suaviza taludes, rebaja desniveles e iguala irregularidades del piso, favoreciendo las condiciones de tránsito de la maquinaria de carga y transporte, con lo que se evitan incidentes y vuelcos.

Finalmente, las plantas de tratamiento suelen ser focos de frecuentes accidentes, leves en general, pero que generan bajas. La interpretación de las estadísticas de accidentes, permite identificar los que se producen en las plantas. En este caso, la utilización de EPIs podía mejorar tanto la importancia de las lesiones como los índices de incidencia.

#### **0.4. CONCLUSIONES**

Superado, en general, el principal escollo de las explotaciones a cielo abierto, en cuanto a características de diseño, como la altura de banco, y teniendo presente que, salvo casos aislados:

- Las pistas y accesos son aceptables, estando los emplazamientos próximos a la extensa red viaria
- Las plataformas o plazas de cantera son amplias, niveladas y el firme de trabajo adecuado
- Se mantienen taludes estables, sin sobreexcavación ni desplomes; el perfilado con arranque mecánico ofrece un modelado bien acabado
- No se han descrito problemas en la manipulación de explosivos y no se registran accidentes por este concepto
- Los vehículos son modernos y el manejo y mantenimiento correctos
- No se aprecian grandes desniveles, pendientes excesivas ni cruces peligrosos o estrechos
- Gran parte del personal trabaja sobre máquinas, con escasa presencia de operarios a pie, tendiendo la maquinaria a disponer de cabinas protegidas contra caídas y contra el vuelco

cabría esperar una escasa presencia de accidentes, salvo aquellos que los imponderables, los imprevistos o el factor humano puedan colaborar a producir.

En este último supuesto, se debe señalar que dicho factor ha estado presente en la mayoría de los accidentes graves ocurridos en la Comunidad en el último quinquenio.

Por ello, una primera y primordial conclusión es que se debe fomentar por todos los medios la formación del personal, mediante cursillos de reciclaje, instrucciones sencillas, gráficos, programas y campañas de seguridad y actuaciones en el puesto de trabajo, para lograr una mayor concienciación a todos los niveles en los aspectos de seguridad.

Como segunda conclusión y en directa conexión con la anterior, es preciso insistir en la utilización de los diferentes equipos de protección individual, cascos, cinturones, botas, gafas, etc., generalmente puestos por las empresas a disposición del personal, pero rechazados de forma sistemática o inconsciente, a pesar de la insistencia del personal técnico responsable. Sólo con el convencimiento de los responsables en el trabajo, se puede imponer y resultar, a la larga, aceptado y aun exigido de forma absolutamente normal.

Como tercera y última conclusión, cabe extraer aquí, de modo sucinto, las recomendaciones contenidas en el último apartado del estudio, a saber:

- Señalizar las explotaciones que aún carecen de ella.
- Cercar las zonas de riesgo, taludes altos o próximos a núcleos poblados.
- Evitar la presencia de personal que pueda ser alcanzado por el volcado de bloques.
- No rebasar los límites admisibles de alcance de la maquinaria en los métodos de arranque directo y tender los taludes para evitar su excesiva verticalidad.
- Evitar la tendencia a solapar los diferentes bancos descendentes configurando taludes finales excesivos. Para ello, se deben dejar las bermas de protección necesarias.

- Vigilar el saneo de los frentes y, en especial, del recubrimiento, por su posible alteración y trazar las bermas de modo que se pueda acceder a los niveles que precisen tal saneo.
  
- Proseguir el camino iniciado en la utilización de equipos antivuelco.
  
- Colocar topes o barreras estables en los puntos de vertido.
  
- Mantener operativos los sistemas de aviso acústico de la maquinaria pesada.
  
- Utilizar dispositivos de protección para llevar a cabo las operaciones habituales de mantenimiento de esta maquinaria.
  
- Tomar conciencia de la reciente entrada en vigor de la ITC de "Lucha contra el polvo", e intensificar el uso de los sistemas de captación de polvo, y riego e inyección de agua, para ajustarse a las concentraciones límite establecidas.
  
- En las plantas de tratamiento, colocar protecciones en poleas, tambores, transmisiones, ejes y partes en movimiento, en general. Mantener limpios y libres de obstáculos los pavimentos e instalar barandillas donde exista riesgo de caídas.
  
- Evitar todo lo posible la introducción de operarios en las tolvas, disponiendo de los utensilios y medios de protección adecuados.
  
- Evitar la provisionalidad de las instalaciones y tendidos eléctricos, tanto en cantera como en planta.
  
- Y, por último, recopilar en Disposiciones Internas de Seguridad, todas cuantas medidas específicas sean necesarias para preservar la seguridad del personal en cada explotación.

## 1. INTRODUCCION Y ANTECEDENTES

En los últimos años, la tasa de accidentabilidad de la minería a cielo abierto, a nivel nacional, ha sido bastante elevada, llegando a ser superior a la media del total de la minería, e incluso en varios periodos, como el último quinquenio, superior a la de la minería del carbón, considerada tradicionalmente como la más peligrosa.

El Cuadro 1.1. refleja el número y tasa de los accidentes mortales, por millón de horas trabajadas, durante el periodo 1970 - 1992.

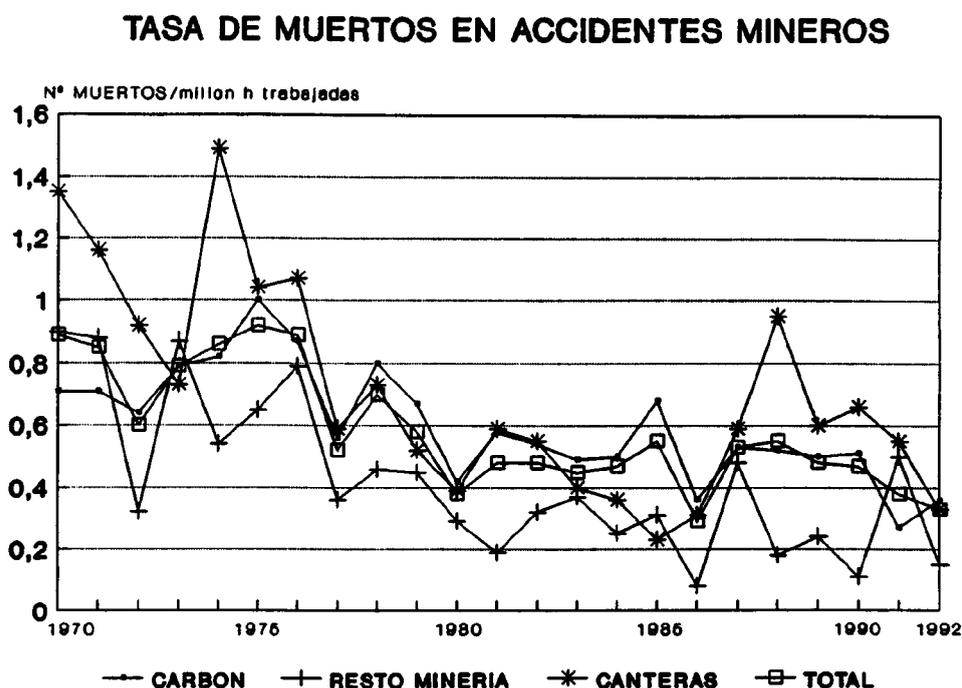
CUADRO 1.1  
VICTIMAS MORTALES EN ACCIDENTES MINEROS

AÑO	MINAS DE CARBON		CANTE RAS		RESTO MINERIA		TO TAL	
	MUERTOS	TASA	MUERTOS	TASA	MUERTOS	TASA	MUERTOS	TASA
1970	65	0.71	48	1.35	40	0.90	153	0.89
1971	61	0.71	43	1.16	29	0.88	133	0.85
1972	54	0.64	37	0.92	18	0.32	109	0.60
1973	56	0.79	24	0.73	30	0.87	110	0.79
1974	58	0.82	43	1.49	26	0.54	127	0.86
1975	84	1.00	31	1.04	26	0.65	141	0.92
1976	62	0.87	33	1.07	29	0.79	124	0.89
1977	40	0.56	21	0.59	13	0.36	74	0.52
1978	55	0.80	19	0.73	15	0.46	89	0.70
1979	46	0.67	14	0.52	14	0.45	74	0.58
1980	32	0.42	10	0.39	9	0.29	51	0.38
1981	44	0.58	15	0.59	7	0.19	66	0.48
1982	41	0.54	14	0.55	12	0.32	67	0.48
1983	41	0.49	9	0.40	12	0.37	62	0.45
1984	42	0.50	8	0.36	8	0.25	58	0.47
1985	55	0.68	5	0.23	15	0.31	75	0.55
1986	29	0.36	7	0.31	2	0.08	38	0.29
1987	41	0.53	13	0.59	12	0.48	66	0.53
1988	37	0.52	24	0.95	4	0.18	65	0.55
1989	35	0.50	16	0.60	5	0.24	56	0.48
1990	34	0.51	18	0.66	2	0.11	54	0.47
1991	18	0.27	15	0.55	9	0.50	42	0.38
1992	24	0.36	9	0.33	4	0.15	37	0.33

(Tasa - Nº Muertes/millón de horas trabajadas)  
Datos 1992 provisionales.

Aunque la tendencia general, como puede verse en la figura 1, es de paulatino descenso del número de muertos en términos absolutos, la tasa referida a las canteras presenta una tendencia creciente después del mínimo alcanzado en 1985, hasta el pico de 1988, año a partir del que se invierte esta secuencia alarmante, iniciándose un declive progresivo que se mantiene hasta el pasado año.

Figura 1



En consecuencia, el riesgo de accidente grave, que en el sector minero ha estado secularmente asociado al laboreo subterráneo, sufrió un vuelco tan espectacular a partir de 1986, que impulsó a la Comisión de Seguridad Minera a promover acciones para atajar esta situación. Fruto de tales acciones fue la elaboración de las I.T.C. 07.1.01, 07.1.02 y 07.1.03, relativas a los trabajos a cielo abierto, publicadas en abril de 1990. En el aspecto de la higiene en el trabajo, también se publicó la 07.1.04, sobre condiciones ambientales y lucha contra el polvo, en octubre de 1991.

Por otra parte, el ITGE, a través de su Área de Seguridad Minera, emprendió la realización de una serie de trabajos cuyo objetivo es el análisis de las causas de los accidentes en las explotaciones mineras a cielo abierto en las distintas Comunidades Autónomas.

El Cuadro 1.2 compara los datos de accidentabilidad en canteras del total nacional y de la Comunidad de Madrid, durante el periodo 1988 - 1992.

CUADRO 1.2  
ACCIDENTABILIDAD EN CANTERAS

AÑO		PUEBLE	miles HORAS TRABAJADAS	MUERTOS	TASA	HERIDOS GRAVES	TASA
1988	TOTAL	16 044	25 273	24	0.95	10	0.42
	C.MADRID	664	1 070	1	0.93	--	0.00
1989	TOTAL	16 786	26 387	16	0.60	6	0.24
	C.MADRID	742	1 140	--	0.00	--	0.00
1990	TOTAL	24 383	27 209	18	0.66	17	0.62
	C.MADRID	774	1 207	1	0.83	--	0.00
1991	TOTAL	24 383	27 209	15	0.55	15	0.55
	C.MADRID	774	1 207	1	0.83	1	0.83
1992	TOTAL	s.d.	27 209	9	0.33	15	0.55
	C.MADRID	s.d.	1 207	--	0.00	--	0.00

s.d. sin datos

En el conjunto del quinquenio considerado, la tasa media de accidentes mortales es de 0.62 para el total nacional, mientras que alcanza el 0.52 para la Comunidad de Madrid.

Ante las circunstancias expuestas, en el marco de colaboración entre la Consejería de Economía de la C.A. de Madrid, a través de su Dirección General de Industria, Energía y Minas, y el Instituto Tecnológico Geominero de España (ITGE), proyectan realizar un estudio cuyo objetivo prioritario sea el análisis de las causas de accidentes en las explotaciones mineras a cielo abierto, con el fin de ofrecer a las autoridades mineras una información que permita cooperar a la toma de decisiones pertinentes dentro del marco del Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera e Instrucciones

### **Técnicas Complementarias.**

**El estudio comprenderá las siguientes secuencias de trabajo:**

- **Recopilación de información estadística en el ámbito de la CAM y comparación con los datos del total nacional.**
- **Visita a unidades de explotación, seleccionadas conjuntamente con la Sección de Minas, para recogida de datos técnicos y observaciones sobre la aplicación del RGNBSM y, especialmente, comprobación del grado de cumplimiento de las ITC de trabajos a cielo abierto.**
- **Descripción global de las características específicas de los diferentes tipos de sustancias a beneficiar, ya que cada subsector tiene condiciones propias.**
- **Resumen, recomendaciones y conclusiones que se derivan del desarrollo del estudio.**

## **2. MEDIO FISICO Y MARCO GEOLOGICO**

### **- Medio físico**

La Comunidad Autónoma de Madrid se sitúa en la parte septentrional de la mesa Inferior o Meridional, entre la Sierra de Guadarrama, al Norte, y el río Tajo, al Sur.

Las dos grandes unidades morfológicas que se destacan son la Sierra o Macizo Montañoso y la Meseta o Cuenca Sedimentaria.

El Macizo Montañoso, que forma parte del Sistema Central, ocupa aproximadamente las 2/5 partes del territorio, y la Cuenca Sedimentaria, que forma parte de la Fosa del Tajo, las 3/5 partes restantes.

La Sierra ocupa una franja de orientación NE-SW de unos 140 km de longitud, quedando delimitada nítidamente por los materiales detríticos de la Fosa del Tajo.

La tectónica de bloques produce una serie de escalonamientos que dan lugar a diferentes subniveles:

Llanuras de meseta en las zonas culminantes, valles interiores que corresponden a bloques hundidos y llanuras de piedemonte sobre la superficie del escalón inferior, que enlazan con las llanuras del borde de la meseta.

La Cuenca Sedimentaria presenta tres unidades claramente definidas: las Llanuras de transición, los Páramos y las Vegas. Todas ellas se encuentran en la Fosa del Tajo, unidad caracterizada por la dinámica de hundimiento al mismo tiempo que se acumulaban los depósitos de sedimentos, por lo cual su espesor es considerable.

Las Llanuras de transición están encajadas entre las Llanuras de piedemonte y los Páramos. Se trata de llanuras alomadas que van perdiendo altitud hacia el Sur y Suroeste, y cuya orientación principal es N-S, paralela a la de las Vegas. Están formadas por depósitos de acarreo procedentes de la denudación del Macizo Montañoso, que se extienden a lo largo de una faja paralela al borde de la Sierra.

Los Páramos están constituidos por una serie de mesas separadas en dos subunidades que divide el río Tajuña, quedando delimitadas por los valles del Henares, Jarama y Tajuña, por un lado, y Tajuña, Jarama y Tajo, por otro. Diseñan un relieve excavado por la red de drenaje y por fenómenos erosivos y de hundimientos. Los materiales que se encuentran presentes son, sucesivamente, sedimentos arcillosos, yesosos, margosos, detríticos y, por último, sobre ellos, calzos que son los que forman las llanuras de culminación típicas de la Fosa del Tajo y que por su distinto comportamiento erosivo dan lugar a las mesas elevadas sobre las vegas que entre ellas encajan.

Las Vegas están constituidas por las zonas de valle fluvial que se integran en los terrenos de la meseta originados por la acción erosiva de los cursos fluviales y por la deposición de los materiales arrastrados por sus aguas.

Se estructuran en terrazas, debidas a sucesivos procesos de encajamiento del río en los materiales aportados por él mismo en épocas anteriores.

De un modo general, se señalan tres terrazas - alta, media y baja - que presentan desigual desarrollo según su situación. Como corresponde a su origen, en relación a los bordes de las lagunas en que se depositaron, los materiales que integran esta unidad son conglomerados, gravas, arenas y arcillas.

#### **- Marco geológico**

Se encuadra en dos grandes unidades: el Complejo cristalino y la Cobertera terciaria. El Paleozoico está representado por una mancha situada al noroeste, formada por series ordovícicas y silúricas, y el Cretáceo aparece en forma de enclaves sobre las rocas metamórficas y como una banda discontinua que sirve de tránsito entre las formaciones cristalinas paleozoicas y la cuenca del Tajo.

El Complejo cristalino, que ocupa la mayor parte de Sistema Central, está formado por rocas ígneas y metamórficas atribuidas a la orogenia herciniana. Dentro del mismo pueden diferenciarse:

El conjunto granítico, constituido por diversas variedades de granitos y granodioritas, de las cuales la más frecuente es el granito gris de grano medio, rico en biotita y feldespatos.

El conjunto metamórfico, cuyos materiales forman a modo de islotes, superpuestos a las masas graníticas, como residuo de la cobertera de estas rocas plutónicas que la denudación ha puesto al descubierto. Están formados principalmente por neises granulares y, en menor escala, por esquistos y grauvacas. La orogenia hercínica debió terminar con la intrusión granítica, debido a la posterioridad del granito con respecto a la formación metamórfica, cuyas estructuras son cortadas y atravesadas por aquél.

Las formaciones filonianas, en forma de diques de cuarzo, pórfidos y lamprófidios, atraviesan indistintamente tanto los granitos como las rocas metamórficas.

La cobertera terciaria está formada principalmente por materiales miocenos de tipo continental, que colmatan la cuenca sedimentaria, dividiéndose en dos grandes conjuntos:

- A) **Burdigallense - Vindoboniense**, que presenta grandes cambios de facies, desde las predominantemente evaporíticas del interior de la cuenca, a las detríticas de los bordes.

Dentro de las facies del interior de la cuenca del Tajo, predominan los sedimentos químicos, constituidos por fases evaporíticas basales formadas por series arcillosas de colores verdosos o marrones, sobre las cuales se depositaron las sales sódicas, glauberita, thenardita y sal común, y, a continuación, los yesos especulares oscuros y los yesos masivos grises. En el tramo superior se presentan los yesos sacaroideos blancos y las margas yesosas blancas y grises que alcanzan espesores considerables, finalizando las series con subniveles silíceos cavernosos muy característicos, que marcan la transición al Mioceno superior.

Dentro de las facies detríticas marginales, se presenta el Mioceno con materiales muy

diferentes, según las características litológicas del área madre de que proceden. Entre ellas las procedentes de los materiales paleozoicos de Somosierra y, especialmente, la facies "Madrid", con materiales procedentes de la destrucción de los granitos y neises de la Sierra de Guadarrama, que configura un característico paisaje alomado desde Madrid hasta la Sierra, compuesto por una serie de arcosas de granos, en general, muy sueltos.

Un rasgo a destacar, por su importancia científica y económica es la presencia de sepiolita en la base de la unidad arcósica, zona de Vallecas - Vicálvaro, y al pie de los abanicos fluviales en la zona sur de Paracuellos del Jarama.

- B) Ponticense, constituido fundamentalmente por las calizas de los Páramos, con intercalaciones margosas muy fosilíferas, que coronan el paisaje formando las típicas "mesas".

El Cuaternario está constituido por formaciones detríticas desarrolladas ampliamente en la mitad del territorio, asentándose en los valles de los principales ríos, especialmente Jarama, Henares y Tajo, donde los diferentes niveles de terrazas - al menos tres, que se corresponden con las tres interglaciaciones - originan formaciones de arenas y gravas de espesor variable, en algunos puntos considerable.

Se trata de depósitos en parte autóctonos eluviales pero, principalmente, alóctonos hidrodinámicos, aluviones, coluviones y conos de deyección.

Son objeto de una intensa explotación para obtención de áridos. Tomando como referencia la cuenca del Jarama, que presenta el perfil más completo, se han cartografiado hasta siete terrazas, con cotas de 6 - 7 m a 135 metros sobre la llanura aluvial. Las gravas presentan espesores desiguales, desde poco más de un metro a varias decenas de metros en la llanura aluvial de Arganda. Son frecuentes las intercalaciones de lentejones arenosos con laminación cruzada, arcillas y limos.

### 3. RECOPIACION Y ANALISIS DE LA INFORMACION EXISTENTE

#### 3.1. ACCIDENTABILIDAD EN LAS EXPLOTACIONES A CIELO ABIERTO

##### 3.1.1. El sector canteras en España

Analizando los accidentes en las canteras del último quinquenio, se pone de manifiesto que, mientras que la tasa de accidentes con víctimas graves se mantiene por debajo del 0.65, no ocurre lo mismo con la de accidentes mortales, que alcanza el valor más elevado (0.95) en 1989.

A la vista del Cuadro 3.1, las víctimas mortales producidas en trabajos de exterior durante el último quinquenio representan el 44.5 % del total.

**CUADRO 3.1**  
**ESTADISTICA DE ACCIDENTES MORTALES POR SUBSECTORES**

1988 - 1992

AÑO	LABOR	SUBSECTORES				
		CARBON	METAL	NO METAL	CANTERAS	TOTAL
1988	Interior	30	1	3	0	34
	Exterior	7	0	0	24	31
	TOTAL	37	1	3	24	65
	Tasa	0.52	0.08	0.3	0.95	0.55
1989	Interior	32	1	1	0	34
	Exterior	3	1	2	16	22
	TOTAL	35	2	3	16	56
	Tasa	0.5	0.18	0.3	0.63	0.48
1990	Interior	26	0	0	0	26
	Exterior	8	1	1	18	28
	TOTAL	34	1	1	18	54
	Tasa	0.5	0.1	0.1	0.66	0.47
1991	Interior	14	2	5	0	21
	Exterior	3	1	1	15	21
	TOTAL	18	3	6	15	42
	Tasa	0.27	0.36	0.62	0.55	0.37
1992	Interior	23	2	1	0	26
	Exterior	1	1	0	9	11
	TOTAL	24	3	1	9	37
	Tasa	0.36	0.37	0.1	0.34	0.33

La contribución de las canteras respecto al total de accidentes en la minería de exterior es del orden del 72 %, con un máximo del 82 % en 1992, es decir, que en las canteras se da casi el triple de accidentes mortales que en el resto de la minería de exterior.

Analizando las causas de los accidentes ocurridos en explotaciones mineras a cielo abierto, es decir, sin considerar los ocurridos en las instalaciones de superficie de las minas subterráneas, a lo largo de los últimos seis años, se observa lo siguiente:

- En el año 1987, en el 54% de los accidentes estuvo directamente implicada la maquinaria móvil, siendo las caídas con máquinas o vuelcos, y las caídas desde máquinas o equipos, las dos causas que dieron lugar a la mitad de las víctimas mortales de ese año.
- En el año 1988, son tres las causas que ocasionaron el 53% de las víctimas: los desprendimientos o caída de rocas, las caídas desde máquinas o equipos, y los aprisionamientos dentro de equipos, por este orden y con una incidencia del 21%, 18% y 14% respectivamente, estando la maquinaria implicada directamente en el 68% del total de los casos.
- En el año 1989, las caídas de peatones por talud, los desprendimientos o caída de rocas, y las caídas desde máquinas, supusieron la mitad de las víctimas, con una incidencia del 21%, 16% y 12% respectivamente.
- En el año 1990, sólo dos causas ocasionan el 54% de los muertos: las caídas con máquinas o vuelcos (33%), y los desprendimientos o caídas de rocas sobre personas (21%).
- En 1991, dos causas, caída con máquinas y desprendimientos o caída de rocas, suponen el 53 % de las víctimas, con una incidencia del 37 y el 26 %, respectivamente. A continuación van el aprisionamiento entre equipos, con un 16 %, y las caídas de objetos sobre personas y Otros, con un 5 % cada uno. La maquinaria está implicada en el 64 % de los casos.

- En el año 1992, los desprendimientos o caídas de rocas tienen una incidencia del 50 %, las caídas desde equipos el 20 % y un 10 % cada una de las siguientes causas: caídas con máquinas, electricidad y reventones de neumáticos.

Un análisis del conjunto de los últimos seis años se representa en el Cuadro 3.2, que permite apreciar la incidencia e importancia de cada causa en el número de víctimas mortales ocurridas en los trabajos mineros de exterior del período citado.

**CUADRO 3.2**  
**ANÁLISIS DE ACCIDENTES MORTALES EN CIELO ABIERTO**  
**1987 - 1992**

OPERACION CAUSAS	ARRANQUE	CARGA	TRANS PORTE	MAQ. AUX.	PLANTA	MANTENI- MIENTO	OTROS	TO- TAL
Caídas con máquinas o vuelcos		17	10					27
Desprendimientos o caídas de rocas	10	4	1		2		9	26
Caídas desde equipos (máquinas o instal.)		1	1		10	5	1	18
Atrascamientos dentro de equipos (máq./inst.)		1		1	6	5		13
Atropellos y/o atrascamiento entre máquinas	1	1	4	1		1	1	9
Caídas de peatones por talud	2						5	7
Caídas de objetos sobre personas	1	1	1		2		2	7
Electricidad			2		1	2	1	6
Otros	1	2					2	5
Explosivos	1						1	2
Reventones	1					1		2
Fuegos e incendios								1
Herramientas								1
<b>TOTAL</b>	<b>17</b>	<b>27</b>	<b>19</b>	<b>2</b>	<b>22</b>	<b>15</b>	<b>22</b>	<b>124</b>

Se observa que cuatro causas han sido origen de las dos terceras partes de los accidentes mortales acaecidos.

- \* La caída o vuelco con la máquina, es la causa más importante con 27 casos. Hay que señalar que el 60 % de ellos tuvo lugar con palas cargadoras, y que el 79% de los mismos se produjo con motivo de caídas por talud o terraplenes.
- \* La causa siguiente en importancia, con 26 víctimas mortales, es la debida a desprendimientos o caídas de rocas sobre las máquinas, alcanzando a los conductores de las mismas, o directamente, sobre personas a pie. Todos los accidentes fueron en canteras, y en el 75% de los casos sobre operarios a pie.
- \* La tercera en importancia, es la caída desde máquinas o instalaciones, con 18 casos, de los que el 72 % tuvieron lugar en instalaciones de plantas de tratamiento. Sólo 3 muertes fueron por caídas desde maquinaria móvil en la explotación. Conviene señalar que ésta es también la causa más importante de los accidentes no mortales, pues un tercio de los accidentes con baja, es decir graves y leves, que se producen en la minería a cielo abierto son debidos a resbalones y caídas al subir o bajar de las máquinas, o acceder a los puntos de mantenimiento.
- \* El cuarto tipo de accidente, con 13 víctimas, es el denominado aprisionamiento dentro de las máquinas, es decir, arrollamiento por partes móviles, o aplastamiento por implementos, tanto de la maquinaria móvil como por elementos de las instalaciones de tratamiento. Los casos implican, en partes iguales, a las instalaciones y a la maquinaria móvil.

A continuación, por orden de importancia, ocurrieron:

- \* 9 atropellos y/o aprisionamiento entre máquinas, advirtiendo que tres de ellos fueron atropellos con camiones en las instalaciones de tratamiento.

- \* 7 caídas de peatones por talud, de las que el 71 % se produjeron en canteras de rocas ornamentales.
  
- \* 7 víctimas por caídas de objetos sobre ellos, en las que el 64 % de los casos fueron bajo zafras o piedras impulsadas por máquinas.
  
- \* La electricidad ha sido la causa de 6 muertes, y los explosivos de dos.
  
- \* Los reventones de neumáticos han sido causa de 2 accidentes.

El resto de los accidentes ha tenido un peso relativo del 1.6 % del total.

Analizando la actividad o proceso en que ocurren más accidentes, se encuentran en primer lugar las Máquinas de carga y la Planta de tratamiento como los lugares de trabajo de más riesgo, con el 21.7% y el 17.7 % del total de víctimas, respectivamente.

Con idéntico porcentaje del 17.7 %, se encuentra el concepto "Otros", en el que están incluidos aquellos difícilmente clasificables, por ejemplo, golpe al caer al suelo, hundimiento de la máquina en un lodazal, junto con la mayoría de las víctimas por desprendimientos y por caídas de operarios por talud sin que se determine a qué actividad estaban asignados.

La principal causa en el caso de las cargadoras fue, en el 63 % de los accidentes, los vuelcos o caídas por talud con la propia máquina, mientras que el 45 % de los accidentes mortales que ocurrieron en las plantas fueron debidos a caídas desde elementos de la propia instalación.

Si se tiene en cuenta que tres de los atropellos ocasionados por camiones tuvieron lugar maniobrando bajo los silos de la instalación, se puede decir que la Planta de tratamiento, como recinto individualmente considerado, es uno de los lugares más propensos a accidentes, con casi la quinta

parte (18 %) de las víctimas producidas.

Y, de acuerdo con la premisa de que la seguridad en las explotaciones a cielo abierto está, en primer lugar, directamente relacionada con el manejo de la maquinaria, se observa que ésta, en el periodo analizado, ha estado implicada en el 45 % de los accidentes con víctimas mortales.

### **3.1.2. El sector canteras en la Comunidad Autónoma de Madrid**

#### **3.1.2.1. Accidentes mortales y graves**

En cuanto a la accidentabilidad en canteras, se consultó la información existente en la Dirección General de Minas y de la Construcción, referente a la Comunidad de Madrid.

Se recogen solamente cuatro accidentes durante los últimos cinco años, tres mortales y uno grave. Tres de ellos han tenido lugar en graveras y el otro en granito.

En cuanto a las causas últimas que figuran en las fichas de la Sección de Minas, en tres se señala la imprudencia del operario, y en el cuarto aparece como causa coadyuvante, al no llevar el casco reglamentario. Este accidente, declarado como grave, tuvo lugar por desplome de un frente con pendiente invertida, si bien no se señala si esta situación era por defecto de diseño o por sobreexcavación circunstancial.

La comparación con el total nacional de accidentes mortales y graves clasifica los accidentes de la siguiente forma:

- dos por desprendimientos o caídas de rocas, que se corresponde con la segunda causa del conjunto nacional.
- uno por caídas con máquina y vuelco, primera causa a nivel nacional.
- uno por atrapamiento dentro de instalaciones (en fábrica), que es la cuarta nacional.

Presentan, por tanto, un completo paralelismo con el conjunto nacional, correspondiendo a las incidencias más frecuentes y, por consiguiente, sobre las que hay que ejercer un control más riguroso.

**RELACION ACCIDENTES MORTALES Y GRAVES****COMUNIDAD DE MADRID 1988 - 1992****EMPRESA:** Vicente Guillén Velasco**MUNICIPIO:** Valdemanco**CANTERA:** Peña Mojada**SUSTANCIA:** Granito**AÑO:** 1988**DIA DE LA SEMANA:** Viernes**CATEGORIA LABORAL****DEL ACCIDENTADO:** Cantero**CALIFICACION DEL****ACCIDENTE:** Mortal**ANTIGÜEDAD EN LA EMPRESA:** 14 años**LESION:** Traumatismo craneal**ELEMENTO CAUSANTE:** Bloque de granito**ORIGEN O CAUSA ULTIMA:** Imprudencia del operario, al situarse en la zona de vuelco de un bloque de granito (1.60 x 3.20 x 4 m<sup>3</sup>)

**EMPRESA:** Pioner Concrete Hispania, S.A.

**MUNICIPIO:** Vellilla de San Antonio

**CANTERA:** Vellilla

**SUSTANCIA:** Grava

**AÑO:** 1990

**DIA DE LA SEMANA:** Miércoles

**CATEGORIA LABORAL**

**DEL ACCIDENTADO:** Conductor de camión

**CALIFICACION DEL**

**ACCIDENTE:** Mortal

**ANTIGÜEDAD EN LA EMPRESA:** Un mes

**LESION:** Ahogamiento

**ELEMENTO CAUSANTE:** Caída del camión por el talud de una pista hasta el agua (laguna resultante del método de explotación)

**ORIGEN O CAUSA ULTIMA:** Imprudencia del operario

**EMPRESA:** Aridos Artemade, S.A.

**MUNICIPIO:** San Fernando de Henares

**CANTERA:** Ampliación a Los Gallegos

**SUSTANCIA:** Arenas y grava

**AÑO:** 1991

**DIA DE LA SEMANA:** Martes

**CATEGORIA LABORAL**

**DEL ACCIDENTADO:** Operario cuadro de mandos

**CALIFICACION DEL**

**ACCIDENTE:** Mortal

**ANTIGÜEDAD EN LA EMPRESA:** Cuatro años y medio

**LESION:** Sepultamiento

**ELEMENTO CAUSANTE:** Desprendimiento del material interior de la tolva

**ORIGEN O CAUSA ULTIMA:** Imprudencia del operario al tratar de desatascar la tolva. Llevaba cinturón de seguridad, pero sin enganchar el amarre.

**EMPRESA:** Aridos Iberia, S.A.

**MUNICIPIO:** Aranda del Rey

**CANTERA:** La Esperilla

**SUSTANCIA:** Grava

**AÑO:** 1991

**DIA DE LA SEMANA:** Miércoles

**CATEGORIA LABORAL**

**DEL ACCIDENTADO:** Conductor

**CALIFICACION DEL**

**ACCIDENTE:** Grave

**ANTIGÜEDAD EN LA EMPRESA:** No consta

**LESION:** Traumatismo craneal

**ELEMENTO CAUSANTE:** Desplome del frente

**ORIGEN O CAUSA ULTIMA:** Incumplimiento de reglamento: pendiente del frente superior a la vertical  
y ausencia del casco en el operario

### 3.1.2.2. Accidentes en general

Con relación a los accidentes en general, además de las estadísticas globales de accidentes del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, ha sido facilitada información por las mutualidades más extendidas en la CAM:

- \* IBERMUTUA
- \* FREMAP
- \* MUTUA CASTILLA
- \* ASEPEYO
- \* MUTUA GENERAL

Partiendo de la base de que se trata de datos parciales, por no estar recogida la totalidad de los accidentes, se relacionan a continuación los datos aportados, para detectar tendencias y extraer recomendaciones.

#### A) IBERMUTUA

Datos de 1992.

##### INDICE DE INCIDENCIA

$$Ii = \text{N}^{\circ} \text{ accidentes con baja} \times 100 / \text{N}^{\circ} \text{ trabajadores} = 13.93$$

##### INDICE DE FRECUENCIA

$$If = (\text{N}^{\circ} \text{ accidentes con baja} \times 10^6) / (\text{N}^{\circ} \text{ trabajadores} \times \text{N}^{\circ} \text{ horas trabajadas}) = 77.42$$

##### INDICE DE GRAVEDAD

$$Ig = (\text{N}^{\circ} \text{ jornadas perdidas} \times 10^3) / (\text{N}^{\circ} \text{ trabajadores} \times \text{N}^{\circ} \text{ horas trabajadas}) = 1.52$$

##### INDICE DURACION MEDIA DE LAS INCAPACIDADES

$$\text{D.M.I.} = \text{N}^{\circ} \text{ jornadas perdidas} / \text{N}^{\circ} \text{ accidentes con baja} = 19.69$$

<b>PARTE DEL CUERPO LESIONADA</b>	<b>ACCIDENTES</b>	
	<b>Nº</b>	<b>%</b>
Manos	70	23.57
Tronco	54	18.18
Miembros inferiores (excepto pies)	47	15.82
Ojos	42	14.14
Miembros superiores (excepto manos)	40	13.47
Pies	24	8.08
Cabeza	16	5.39
Lesiones múltiples	4	1.34

<b>CLASIFICACION DE LOS ACCIDENTES POR LA FORMA DE PRODUCIRSE</b>	<b>ACCIDENTES</b>	
	<b>Nº</b>	<b>%</b>
Golpes por objetos y herramientas	59	19.86
Sobreesfuerzos	49	16.49
Proyección de fragmentos o partículas	36	12.12
Varios	36	12.12
Caídas de personas al mismo nivel	21	7.07
Caídas de objetos en manipulación	16	5.38
Pisadas sobre objetos	15	5.05
Atrapamiento por o entre objetos	14	4.71
Choques contra objetos inmóviles	12	4.04
Choques contra objetos móviles	9	3.03
Atropellos o golpes con vehículos	9	3.03
Caídas de personas a distinto nivel	8	2.69
Sustancias corrosivas	5	1.68
Contacto térmico	3	1.01
Contactos eléctricos	2	0.67
Explosiones	1	0.33
Animales y seres vivos	1	0.33
Caídas por objetos desprendidos	1	0.33

**B) FREMAP**

Datos de 1992

Total de empresas seleccionadas:	9
Total accidentes:	62
Total días de baja:	857
Duración media accidentes (días):	13.6

**DISTRIBUCION ACCIDENTES / DIA DE LA SEMANA**

Lunes	16	Jueves	10
Martes	15	Viernes	9
Miércoles	11	Sábado	1

**DISTRIBUCION ACCIDENTES / HORA DE LA JORNADA**

1ª hora	3	5ª hora	11
2ª hora	19	6ª hora	3
3ª hora	10	7ª hora	3
4ª hora	8	8ª hora	5

PARTE DEL CUERPO LESIONADA	ACCIDENTES	
	Nº	%
Manos	13	20.96
Pies	12	19.35
Miembros superiores (excepto manos)	9	14.51
Ojos	8	12.90
Tórax, espalda y costados	6	9.67
Región lumbar, abdomen	5	8.06
Miembros inferiores (excepto pies)	4	6.45
Cara (excepto ojos)	2	3.22
Cuello	1	1.61
Cráneo	1	1.61
Lesiones múltiples	1	1.61

<b>CLASIFICACION DE LOS ACCIDENTES POR LA FORMA DE PRODUCIRSE</b>	<b>ACCIDENTES</b>	
	<b>Nº</b>	<b>%</b>
Golpes por objetos y herramientas	12	19.35
Sobreesfuerzos	11	17.74
Caídas de personas a distinto nivel	9	14.51
Proyección de fragmentos o partículas	6	9.67
Atrapamiento por o entre objetos	5	8.06
Caídas de personas al mismo nivel	3	4.83
Caídas de objetos en manipulación	3	4.83
Pisadas sobre objetos	3	4.83
Choques contra objetos inmóviles	3	4.83
Atropellos o golpes con vehículos	3	4.83
Caídas por objetos desprendidos	2	3.22
Caídas de objetos por desplome o derrumbamiento	1	1.61
Exposición a sustancias nocivas	1	1.61

**C) MUTUA CASTILLA****Datos de 1992**

Nº trabajadores cubiertos: 28

Nº empresas: 3

Nº accidentes: 9

Nº accidentes con baja: 5

Nº accidentes con parte: 4

Días perdidos: 51

Duración media de la baja: 10.2 días

Índice de incidencia: 321.42

Índice de frecuencia: 93.0

Índice de gravedad: 1.01

**PARTE DEL CUERPO LESIONADA                    ACCIDENTES**

	Nº	%
Pies	4	44.4
Ojos	2	22.2
Manos	1	11.1
Espalda	1	11.1
Tórax	1	11.1

**AGENTE MATERIAL CAUSANTE                    ACCIDENTES (con parte médico)**

	Nº	%
Con productos metálicos	2	25
Escaleras	1	12.5
Piso o suelo	1	12.5

**D) ASEPEYO**

Datos de 1992

Empresas asociadas: 24

Nº de trabajadores: 196

Accidentes con baja: 29

Accidentes sin baja: 11

PARTE DEL CUERPO LESIONADA	ACCIDENTES	
	Nº	%
Manos	5	17.2
Pies	5	17.2
Miembros superiores (excepto manos)	5	17.2
Tórax, espalda y costados	5	17.2
Ojos	3	10.3
Región lumbar, abdomen	2	6.9
Miembros inferiores (excepto pies)	2	6.9
Lesiones múltiples	2	6.9

CLASIFICACION DE LOS ACCIDENTES POR LA FORMA DE PRODUCIRSE	ACCIDENTES	
	Nº	%
Golpes por objetos y herramientas	9	31.0
Sobreesfuerzos	6	20.7
Proyección de fragmentos o partículas	4	13.8
Caídas de personas a distinto nivel	2	6.9
Caídas de objetos en manipulación	2	6.9
Pisadas sobre objetos	2	6.9
Atrapamiento por o entre objetos	1	3.4
Caídas de personas al mismo nivel	1	3.4
Atropellos o golpes con vehículos	1	3.4
Explosiones	1	3.4

**CASOS SIN BAJA**

Caídas de personas a distinto nivel	5	45.4
Golpes por objetos y herramientas	3	27.3
Proyección de fragmentos o partículas	2	18.2
Sobreesfuerzos	1	9.1

NATURALEZA DE LA LESION	ACCIDENTES	
	Nº	%
Torceduras, esguinces, distensiones	7	24.1
Lumbalgias	6	20.7
Contusiones y aplastamientos	5	17.2
Traumatismos superficiales	4	13.8
Cuerpos extraños en los ojos	2	6.9
Otras heridas	2	6.9
Fracturas	1	3.4
Conjuntivitis	1	3.4
Quemaduras	1	3.4

AGENTE MATERIAL CAUSANTE	ACCIDENTES	
	Nº	%
Herramientas	5	17.2
Agentes sin especificar	5	17.2
Productos metálicos	5	17.2
Transportadores de cinta o correas	3	10.3
Productos empaquetados (cajas, sacos)	2	6.9
Superficies de tránsito o trabajo	2	6.9
Desniveles y escalones	1	3.4
Silos y tolvas	1	3.4
Explosivos sólidos	1	3.4
Cables	1	3.4
Físicos (polvo)	1	3.4
Sustancias asfixiantes o irritantes	1	3.4

**E) MUTUA GENERAL**

Datos de 1992.

Empresas estudiadas: 4

Accidentes con baja: 4

Indice de frecuencia: 13.8

Indice de gravedad: 0.44

Indice de incidencia = Nº accidentes / 100 trabajadores = 2.65

PARTE DEL CUERPO LESIONADA	ACCIDENTES	
	Nº	%
Extremidades inferiores	3	75
Tórax, espalda y costados	1	25

**CLASIFICACION DE ACCIDENTES SEGUN**

LA FORMA EN QUE SE PRODUJERON	ACCIDENTES	
	Nº	%
Golpes con objetos y herramientas	2	50
Sobreesfuerzos	1	25
Desplomes	1	25

El conjunto de datos aportados por las mutuas puede resumirse de la siguiente forma:

PARTE DEL CUERPO LESIONADA	ACCIDENTES	
	Nº	%
Manos	89	22.2
Tórax, espalda y costados	67	16.8
Ojos	56	14.0
Miembros superiores (excepto manos)	55	13.7
Miembros inferiores (excepto pies)	54	13.5
Pies	45	11.2
Cabeza	20	5.0
Región lumbar, abdomen	7	1.8
Lesiones múltiples	7	1.8

CLASIFICACION DE LOS ACCIDENTES POR LA FORMA DE PRODUCIRSE	ACCIDENTES	
	Nº	%
Golpes por objetos y herramientas	80	21.1
Sobreesfuerzos	66	17.2
Proyección de fragmentos o partículas	46	11.8
Varios	36	9.3
Caídas de personas al mismo nivel	25	6.4
Caídas de objetos en manipulación	21	5.4
Pisadas sobre objetos	20	5.1
Caídas de personas a distinto nivel	19	4.9
Atrapamiento por o entre objetos	15	3.9
Choques contra objetos inmóviles	15	3.9
Atropellos o golpes con vehículos	13	3.4
Choques contra objetos móviles	9	2.3
Exposición a sustancias nocivas	6	1.7
Contactos térmicos	3	0.8
Caídas por objetos desprendidos	3	0.8
Contactos eléctricos	2	0.5
Explosiones	2	0.5
Animales y seres vivos	1	0.3
Caídas de objetos por desplome o derrumbamiento	1	0.3

**F) Estadísticas del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social**

Dentro del Sector "Extracción de minerales" y referida al año 1990 para el conjunto de la minería de exterior nacional, la estadística del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, por orden de distribución en porcentaje de número de casos y según la forma en que se producen, es la siguiente:

Golpes por objetos y herramientas	20.2%
Sobreesfuerzos	16.9%
Caídas de personas al mismo nivel	9.4%
Caídas de personas a distinto nivel	8.9%
Caídas de objetos en manipulación	8.2%
Atrapamiento por o entre objetos	7.6%
Proyección de fragmentos o partículas	7.3%
Pisadas sobre objetos	5.2%
Choques contra objetos inmóviles	4.8%
Choques contra objetos móviles	2.8%
Atropellos o golpes con vehículos	2.1%
Caídas de objetos por desplome o derrumbamiento	1.8%
Caídas por objetos desprendidos	1.0%
Contacto térmico	0.9%
(Otros, con incidencia inferior a 0,5%)	

Se dispone de un avance de las estadísticas correspondientes al año 1991 para la Comunidad Autónoma de Madrid, según los siguientes desgloses:

**PARTE DEL CUERPO LESIONADA**

<b>Manos</b>	<b>28.3%</b>
<b>Pies</b>	<b>18.8%</b>
<b>Miembros inferiores (excepto pies)</b>	<b>14.1%</b>
<b>Ojos</b>	<b>11.5%</b>
<b>Tórax, espalda y costados</b>	<b>10.5%</b>
<b>Miembros superiores (excepto manos)</b>	<b>7.9%</b>
<b>Región lumbar, abdomen</b>	<b>3.7%</b>
<b>Cuello</b>	<b>2.1%</b>
<b>Cara (excepto ojos)</b>	<b>1.6%</b>
<b>Cráneo</b>	<b>1%</b>
<b>Lesiones múltiples</b>	<b>0.5%</b>

**FORMA EN QUE SE PRODUCIERON**

<b>Golpes por objetos o herramientas</b>	<b>23%</b>
<b>Caídas de objetos en manipulación</b>	<b>12.6%</b>
<b>Proyección fragm. o partículas</b>	<b>12.6%</b>
<b>Sobreesfuerzos</b>	<b>11%</b>
<b>Atrapamiento por o entre objetos</b>	<b>8.4%</b>
<b>Pisadas sobre objetos</b>	<b>6.3%</b>
<b>Caídas al mismo nivel</b>	<b>5.8%</b>
<b>Choque entre objetos inmóviles</b>	<b>5.8%</b>
<b>Caídas a distinto nivel</b>	<b>5.2%</b>
<b>Contactos térmicos</b>	<b>2.6%</b>
<b>Caídas objetos desprendidos</b>	<b>2.1%</b>
<b>Choque entre objetos móviles</b>	<b>1.6%</b>
<b>Atropellos o golpes con vehículos</b>	<b>1%</b>
<b>Caídas de objetos por desplome o derrumbamiento</b>	<b>0.5%</b>
<b>Exposición a radiaciones</b>	<b>0.5%</b>
<b>Explosiones</b>	<b>0.5%</b>
<b>Accidentes causados por seres vivos</b>	<b>0.5%</b>

### AGENTE MATERIAL CAUSANTE

Piedras, cascotes, tierra, etc.	16.2%
Productos metálicos	13.1%
Medios de transporte	10%
Máquinas	8.4%
Productos cerámicos	6.3%
Productos de madera y empaquetados	6.3%
Herramientas	5.2%
Otros	5.2%
Superficies de tránsito o trabajo	4.7%
Aparatos y equipos	4.7%
Desniveles y escalones	4.2%
Resto productos y materiales	4.2%
Andamios y escaleras	3.1%
Agentes producción, utilización y transmisión energía	3.1%
Físicos	2.1%
Medios elevación	1.6%
Silos y tolvas	1%
Explosivos	0.5%

#### G) Resumen

Comparando los datos aportados por las mutuas, referidos a 1992, con los últimos oficiales del Ministerio de Trabajo que corresponden a 1991, se observa un paralelismo muy acusado. En cuanto a la "Forma en que se produjeron los accidentes", coinciden la primera "golpes por objetos y herramientas" y la tercera "proyección de fragmentos o partículas", y el resto ocupa puestos muy similares en ambas relaciones.

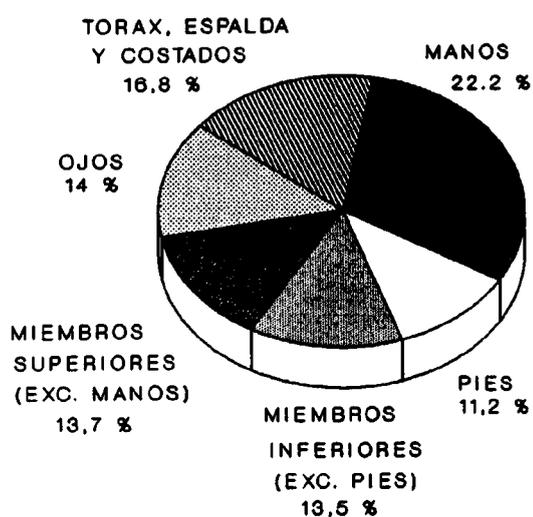
La comparación con el total nacional, referido éste a 1990, muestra que se mantiene el paralelismo, si bien la "proyección de fragmentos o partículas" pasa del 7º lugar en el cuadro nacional, al 3º en la CAM

y las "caídas de personas a distinto nivel" pasan del 4º al 8º. El resto de las causas se encuentran representadas en ambas relaciones con posiciones más o menos similares.

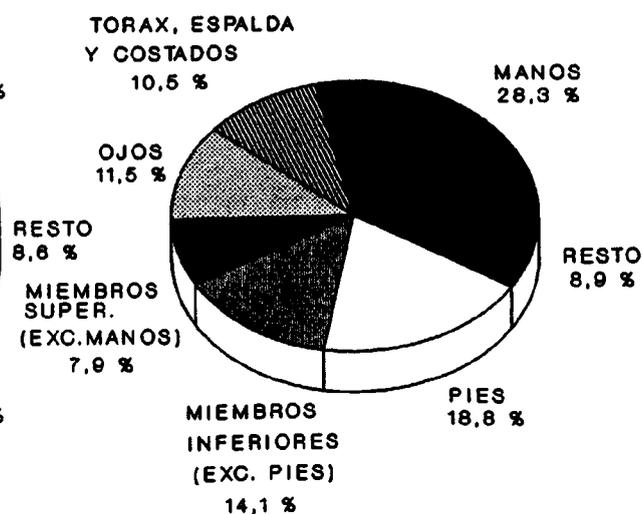
Los cuadros de "Parte del cuerpo lesionada" sitúan las "manos" en primer lugar, con posiciones destacadas para "ojos", "miembros inferiores y superiores", facilitando así información sobre las medidas de protección a adoptar, como un mayor uso de EPIs, tales como casco, gafas, botas, guantes, etc.

## DISTRIBUCION DE ACCIDENTES SEGUN PARTE DEL CUERPO LESIONADA

DATOS ASEGURADORAS  
1992



DATOS Mº TRABAJO  
1991



### 3.2. ESTADISTICA MINERA

Se exponen seguidamente los datos anuales, según las estadísticas oficiales publicadas por el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, que permiten situar la actividad extractiva de las canteras de la CAM en el contexto nacional, analizando asimismo algunos índices representativos.

**CUADRO 3.3**  
**MAGNITUDES DE PRODUCCION**  
**C.A.M. 1986-1990**

<b>AÑOS</b>	<b>Nº EXPLORACIONES</b>	<b>EMPLEO</b>	<b>OBROS PRODUCCION</b>	<b>HORAS TRABAJ. (miles)</b>	<b>POTENCIA INSTALADA (C.V.)</b>	<b>PRODUCCION (kt)</b>	<b>VALOR PRODUC. 10º PTA</b>
1986	132	892	687	1.485	93.110	10.460	7.822
1987	145	940	723	1.562	106.499	11.668	9.584
1988	143	981	752	1.640	114.790	14.360	10.338
1989	154	1.041	815	1.711	128.469	15.616	10.776
1990	144	1.064	822	1.775	142.151	17.688	11.963

A lo largo de los citados años, últimos para los que se cuenta con datos estadísticos oficiales, la CAM ha venido ocupando la posición 13 en cuanto a plantilla y la 11 en cuanto a valor de la producción, en relación con el resto de las comunidades autónomas.

Los Cuadros 3.4 y 3.5 reflejan los datos estadísticos, por sustancias, de los dos últimos años disponibles:

## RESUMEN DATOS ESTADISTICA MINERA DE ESPAÑA

CUADRO 3.4

AÑO 1989

SUSTANCIA	EXPLORACIONES		PRODUCCION		PLANTILLA		INTERVALOS DE PLANTILLAS			
	Nº	%	kt	%	Nº	%	1-9	10-19	20-50	>50
Glauberita	2	1.3	111	0.7	43	4.1	1	--	1	--
Sepiolita	6	4.0	449	2.9	251	24.1	4	--	--	2
Arcilla	11	7.0	551	3.5	23	2.2	11	--	--	--
Caliza	14	9.0	3176	20.3	83	8.0	10	4	--	--
Granito	41	26.8	846	5.4	193	18.5	38	2	1	--
Yeso	16	10.4	577	3.6	53	5.1	16	--	--	--
Arenas y Gravas	62	40.2	9920	63.5	390	37.5	54	5	3	--
Feldespató	2	1.3	6	0.04	6	0.5	2	--	--	--
<b>TOTAL</b>	<b>154</b>	<b>100</b>	<b>15616</b>	<b>100</b>	<b>1041</b>	<b>100</b>	<b>136</b>	<b>11</b>	<b>5</b>	<b>2</b>

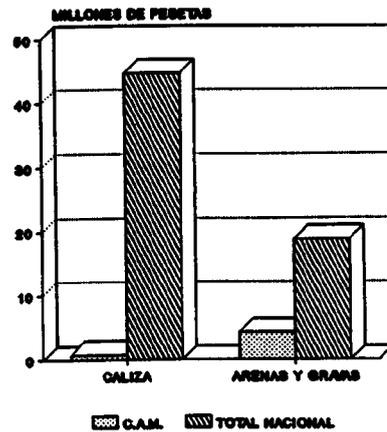
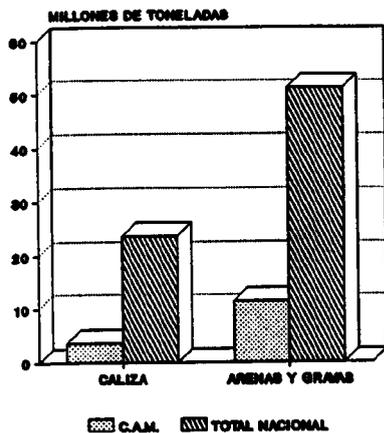
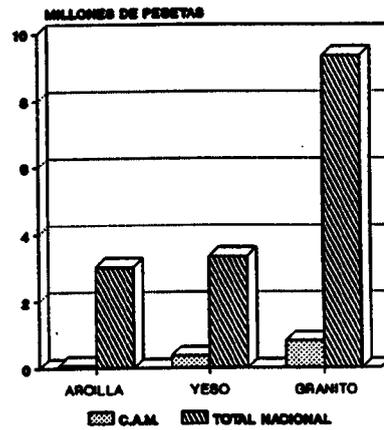
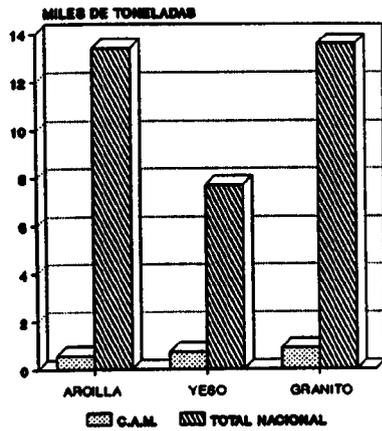
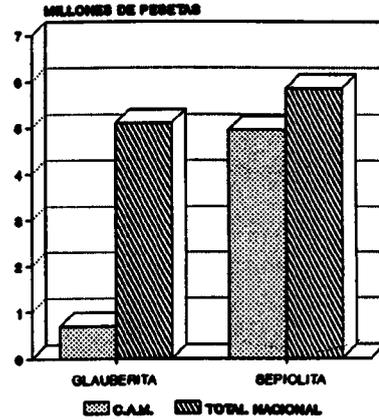
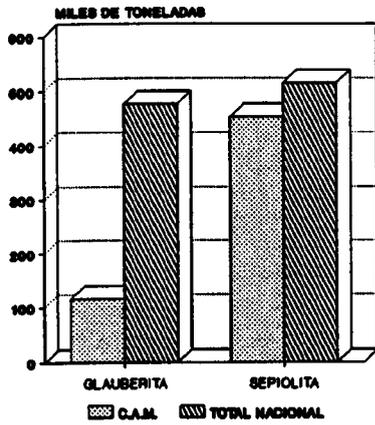
CUADRO 3.5

AÑO 1990

SUSTANCIA	EXPLORACIONES		PRODUCCION		PLANTILLA		INTERVALOS DE PLANTILLAS			
	Nº	%	kt	%	Nº	%	1-9	10-19	20-50	>50
Glauberita	1	0.7	116	0.6	33	3.1	--	--	1	--
Sepiolita	4	2.8	453	2.6	251	23.6	3	--	--	1
Arcilla	11	7.7	560	3.2	24	2.2	11	--	--	--
Caliza	15	10.4	3571	20.2	91	8.6	11	4	--	--
Granito	33	22.9	883	5.0	171	16.1	31	1	1	--
Yeso	14	9.7	721	4.0	46	4.3	14	--	--	--
Arenas y Gravas	64	44.4	11371	64.3	442	41.5	54	5	4	1
Feldespató	2	1.4	13	0.1	6	0.6	2	--	--	--
<b>TOTAL</b>	<b>144</b>	<b>100</b>	<b>17688</b>	<b>100</b>	<b>1064</b>	<b>100</b>	<b>126</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>2</b>

## COMPARACION DE PRODUCCIONES

AÑO 1990



**CUADRO 3.6**  
**INDICES DE LAS CANTERAS DE LA C.A.M.**

SUSTANCIA	kt / CANTERA		kt / Nº OPERARIOS		NºOPER./NºCANTERA	
	C.A.M.	ESPAÑA	C.A.M.	ESPAÑA	C.A.M.	ESPAÑA
<b>PROD.CANTERA</b>						
Arcilla	50.9	30.3	23.3	14.9	2.2	2.0
Caliza	240.2	159.7	39.2	25.6	6.0	6.2
Granito	26.7	45.7	5.1	7.0	5.1	6.5
Yeso	51.5	45.9	15.6	11.8	3.3	3.8
Arena y grava	177.6	65.4	25.7	17.0	6.9	3.8
Indice prod.cantera	124.8	85.3	22.1	18.5	5.6	4.6
<b>NO METALICOS</b>						
Glauberita	116	158.3	3.5	2.1	33	73.3
Sepiolita	113.2	85.8	1.8	1.65	64.5	51.8
Feldespato	6.5	28.6	2.1	1.94	3.0	14.8
<b>INDICE TOTAL</b>	<b>122.8</b>	<b>85.2</b>	<b>16.6</b>	<b>17.6</b>	<b>7.4</b>	<b>4.8</b>

El Cuadro 3.6 recoge tres índices representativos de la estructura de las canteras:

- \* la producción por cantera, que da idea del tamaño
- \* la productividad, es decir, producción por operario
- \* el número de productores por cantera

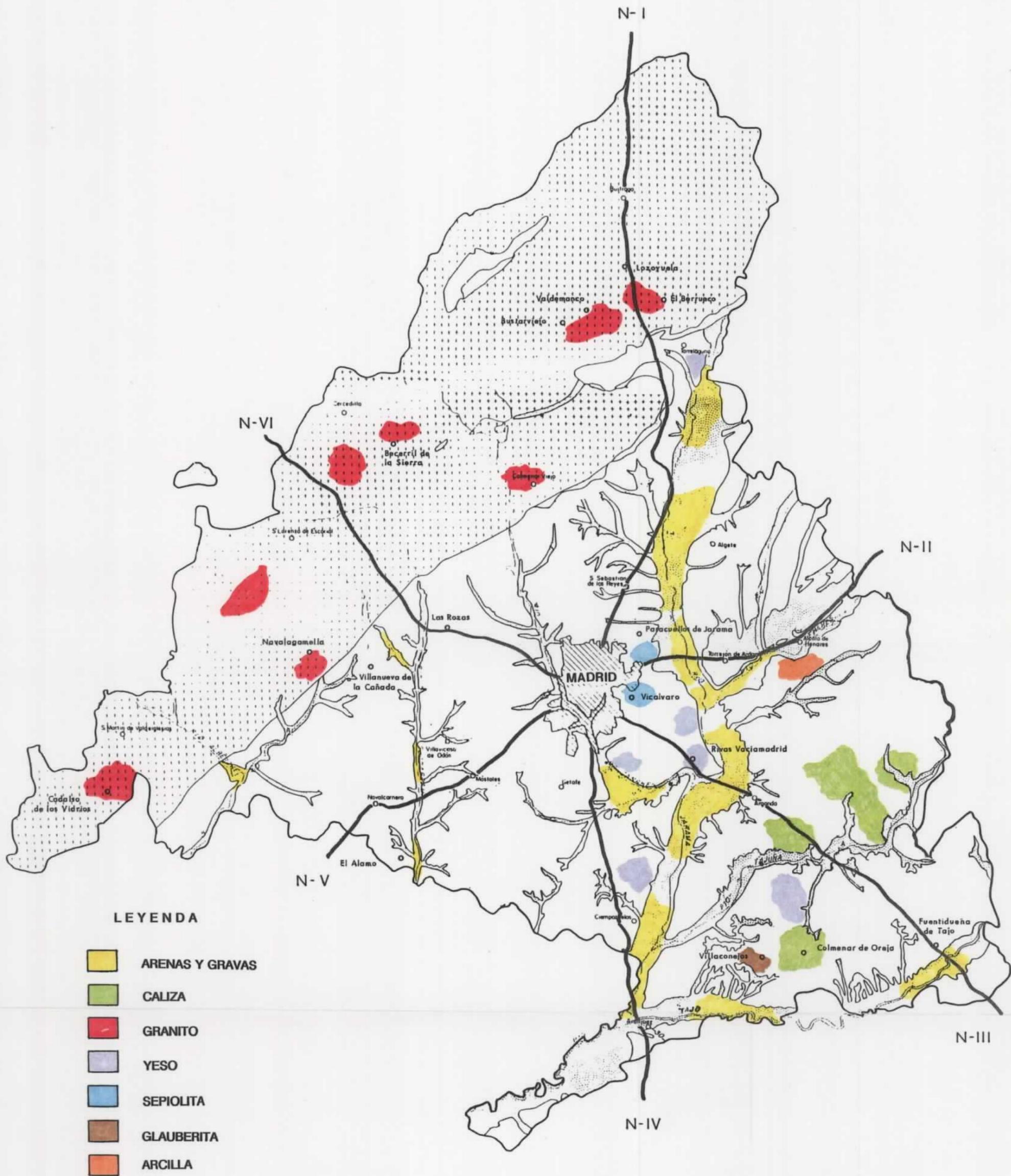
Se han tomado los datos estadísticos de 1990, que son los últimos publicados.

La comparación entre los índices conjuntos de la CAM y el total nacional indica que, respecto a los productos de cantera, las explotaciones de la CAM son un 46 % mayor, tienen un 20 % más de personal y una productividad un 20 % mayor que el promedio nacional.

Al añadirse las explotaciones de minerales no metálicos, se mantiene la diferencia en el primer índice, aumenta en el de trabajadores por cantera y se invierte la relación en el índice de productividad. Ello es debido a que en estas sustancias la producción se refiere al mineral vendible, sin tener en cuenta la gran masa de recubrimiento que se pone en movimiento.

Por sustancias, todos los índices de la CAM superan a las medias nacionales, excepto los de granitos, cuyas magnitudes y productividad son menores. Esto confirma la impresión que se obtiene en las visitas, en el sentido de que el desarrollo alcanzado todavía no corresponde a las posibilidades potenciales de los yacimientos.

Cabe señalar, por último, los bajos índices, tanto provincial como nacional, que se refieren a la plantilla unitaria, que reflejan la reducida estructura con que cuenta esta actividad, condicionando su posible actualización tecnológica. La elevada diferencia, más de un 80 %, a favor de las graveras de Madrid, resalta de nuevo el mayor desarrollo de esta actividad en la CAM.



Situación esquemática, por sustancias, de las zonas visitadas

## **4. INFORME DE LAS VISITAS REALIZADAS**

### **4.1. CONSIDERACIONES GENERALES**

Antes de describir los diferentes tipos de canteras presentes en la Comunidad de Madrid, agrupados por sustancias a beneficiar, se compendian en este apartado aquellas consideraciones de tipo general comunes a todas ellas, con objeto de evitar referencias repetitivas.

#### **4.1.1. Métodos y sistemas de explotación**

##### **Arranque directo**

Se aplica, en primer lugar, a la extracción de materiales detríticos poco consolidados, como las arenas y las gravas. El arranque se realiza mediante equipos mecánicos, generalmente en un solo banco, si bien esto depende de la potencia de la capa. Cuando ésta sobrepasa el alcance del brazo de la máquina, el frente debe subdividirse en bancos.

Previamente al arranque, es necesario efectuar el desmonterado, esto es, eliminar la capa de terreno vegetal que cubre el mineral. Esta operación se realiza en una o varias pasadas, que no pueden considerarse propiamente bancos, ya que las alturas suelen ser inferiores al metro y medio. El material retirado se conserva para reconstruir la capa superior del terreno, al efectuar la restauración.

La máquina utilizada de manera más generalizada es la pala cargadora de ruedas, que por su versatilidad puede prestar también servicio a la planta de tratamiento.

La extracción se efectúa por ataque frontal, bien sea para la retirada del recubrimiento, bien para la extracción del mineral.

Además, es muy frecuente la presencia de retroexcavadoras, sobre ruedas o, especialmente, sobre orugas. En buen número de explotaciones es la máquina básica, por su facilidad para trabajar tanto al

nivel del piso, como por debajo. Su uso se hace indispensable cuando el sistema de explotación es por calles, así como en aquellas explotaciones que descienden bajo el nivel hidrostático hasta profundidades que no justifican el empleo de dragalinas.

Otra máquina muy útil, tanto para la eliminación de recubrimiento, como para nivelaciones, arranque en rebanadas y restauración, es el bulldozer. Sin embargo, en las canteras de áridos de la C.A.M. apenas se emplean.

Cuando la explotación se efectúa fundamentalmente bajo el nivel hidrostático, se utilizan dragalinas; en algunos casos, se emplean también scrapers, aunque su uso es mucho menos frecuente. En todos estos casos, el sistema de explotación es mixto, pues siempre hay una franja de material explotable sobre el nivel del agua, que es arrancada con pala o retroexcavadora.



Foto 1. Dragalina extrayendo grava

Un sistema de explotación que introduce un nuevo procedimiento para las canteras situadas en los cauces, consiste en deprimir el nivel del agua mediante bombeo, con lo cual la explotación se hace totalmente en seco, con ciertas limitaciones en cuanto a superficies afectadas y espesor de la capa, entre otros condicionantes.

Cuando aparecen intercalaciones de capas consolidadas o cementadas, como ocurre en las graveras situadas en las terrazas intermedias o altas, es precisa su eliminación, tanto para la continuidad de la explotación, como por razones de seguridad, para evitar la formación de socavados o huecos. Generalmente, se trata de capas discontinuas, de 1 a 3 metros de espesor. Se eliminan bien por pasadas sucesivas desde arriba, con martillo rompedor o, en algunos casos, mediante explosivos.

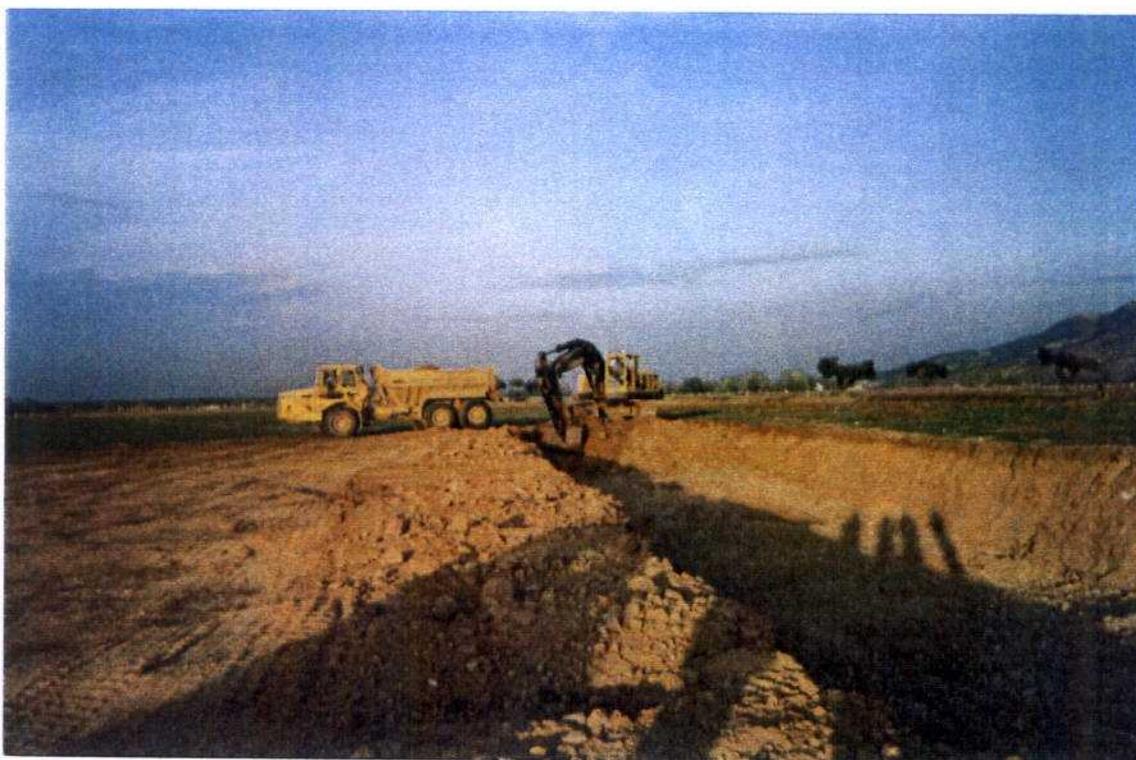


Foto 2. Método de arranque directo por calles

Dentro del método de arranque directo, en algunas graveras se emplea un sistema de explotación por calles. Se aplica en superficies horizontales, en la vega de los ríos. En primer lugar se abre un canal de drenaje, profundizando un poco por debajo de las gravas, para facilitar la salida del agua. A

continuación, mediante retroexcavadora, se abren las calles perpendicularmente a dicho canal, siendo la anchura de las calles el doble del alcance del brazo de la máquina.

La tierra vegetal procedente del desmonte se vierte en la calle anterior, ya explotada, en la que previamente se ha vertido un fondo de cantos gruesos, rechazados de la planta de clasificación. Otra posibilidad es abrir una calle y remontar el recubrimiento a ambos lados, sobre el terreno adyacente, explotar la calle abierta y, posteriormente, verter de nuevo el recubrimiento sobre la misma.

La altura final del terreno restaurado es algo inferior a la de la superficie natural, pero ello no supone, al parecer, ningún inconveniente para su aprovechamiento agrícola. Con este sistema se consigue una rápida recuperación del suelo, lo que representa una gran ventaja en zonas de gran fertilidad, que pueden ser cultivadas nuevamente en un tiempo mucho más corto que el que supondría la restauración total de la gravera, una vez finalizada su explotación.

El método de arranque directo se aplica también a la extracción de arcillas. En este caso, por medio de pasadas descendentes de bulldozer, que van arrancando rebanadas de espesor variable; si no se efectúa ripado, el espesor suele ser de 10 - 20 cm, y si se efectúa se puede llegar a un metro.

Análogo procedimiento se aplica en las explotaciones de sepiolita. La maquinaria empleada aquí es más variada: palas de ruedas, de orugas, tractores y moto-traillias. Estas últimas resultan muy útiles en los desmontes de pendientes muy pronunciadas, donde se desenvuelven con gran agilidad y rapidez.

En general, los ratios son elevados y el movimiento de tierras es de gran volumen. Se practica una minería de transferencia, desmontando las zonas vírgenes, para depositar las tierras en las ya explotadas, a fin de que prosiga su aprovechamiento agrícola.

Idéntico procedimiento se practica para el desmonterado, en la apertura de huecos, de las explotaciones de glauberita. Estos huecos son rectangulares, de grandes dimensiones, y se mantienen

abiertos largo tiempo, hasta el fin del aprovechamiento por lixiviación de la capa salina subyacente.



Foto 3. Moto-trailla

El arranque se hace con bulldozer. Al tratarse de material yesoso, bastante duro, se configuran taludes de gran estabilidad. Los estériles se acumulan en enormes escombreras, con taludes naturales y de aspecto estable.

Finalmente, cualquier tipo de explotación presenta, generalmente, una montera de terreno vegetal o de roca base semidescompuesta, que suele ser retirada por la maquinaria propia de la explotación, salvo que por su potencia requiera formar un banco más, integrándose en el conjunto de la explotación.

### **Perforación y voladura**

Este método es el empleado en las canteras para áridos de trituración - granitos o pórfidos graníticos y calizas - y en las de yesos.

Se perforan barrenos verticales o con inclinación de talud determinada, para afianzar su estabilidad. Los diámetros de perforación varían entre 75 y 105 mm. La carga más frecuente es nagolita en fondo y dinamita-goma en columna. En ocasiones, sólo se emplea nagolita y cordón detonante, o bien amonita y riogel.

El 60 % de las explotaciones visitadas dispone de un solo banco, el 30 % de dos y el 10 % restante de tres bancos. Las alturas de banco oscilan de 6 a 20 m, siendo las más frecuentes de 12-18 metros.

La efectividad que se ha observado es aceptable y el cálculo de piedra y carga correcto. No se han observado replés, ni se ha constatado el hábito de dar zapateras. Los frentes de talud quedan limpios y saneados.

El ajuste de la altura de banco está sujeto tanto a condiciones de seguridad, como de economía, por presentarse dificultades crecientes, en función de la altura, en cuanto a equipamiento de perforación, consumo de explosivos, piedra, fragmentación y rendimiento conjunto de la explotación. En algunas explotaciones, también se tiene en cuenta la altura del vértice del talud de tierras arrancadas, de modo que no rebase el alcance máximo de la cuchara de la máquina de carga.

No se ha observado la practica del taqueo con explosivos, que ha sido sustituido por el uso de martillo rompedor para la fragmentación de los trozos más gruesos, cuando es necesario.

### **Extracción de bloques de piedra natural**

Los métodos empleados para la explotación de bloques de granito son los habituales para las rocas ornamentales. Consisten en individualizar un gran bloque de forma paralelepédica, de dimensiones

tales que los equipos de arranque disponibles operen en condiciones adecuadas.

Este gran bloque se somete a sucesivas operaciones de subdivisión, hasta alcanzar las dimensiones comerciales requeridas por la industria de transformación, o para su reducción a piezas destinadas a la construcción.

Los métodos utilizados, que dependen en gran parte de factores geológicos del macizo rocoso, como estructura, planos de estratificación, diaclasamiento, etc., y suelen aplicarse de forma combinada, son:

- a) corte por perforación,
- b) corte con lanza térmica,
- c) corte con hilo diamantado

#### **a) Corte por perforación**

La operación comienza por crear dos caras libres en los laterales del gran bloque, bien aprovechando diaclasas naturales, bien con barrenos perforados muy próximos unos a otros. Una vez obtenidas las dos caras laterales, se perfora el plano posterior por medio de barrenos paralelos, separados entre sí de 10 a 30 cm, que se cargan con pequeñas cantidades de pólvora para conseguir la rotura entre ellos. Finalmente, la rotura del plano horizontal de base se consigue con una o dos zapateras.

Una vez liberado el bloque, se deja caer sobre un lecho de arena para amortiguar la caída y evitar su rotura.

La subdivisión del bloque en otras más pequeños se hace igualmente mediante una serie de barrenos paralelos, consiguiéndose la rotura entre los mismos mediante cuñas. Esta operación puede ser mecanizada mediante una serie de martillos en tándem, adaptada al brazo de la retroexcavadora.

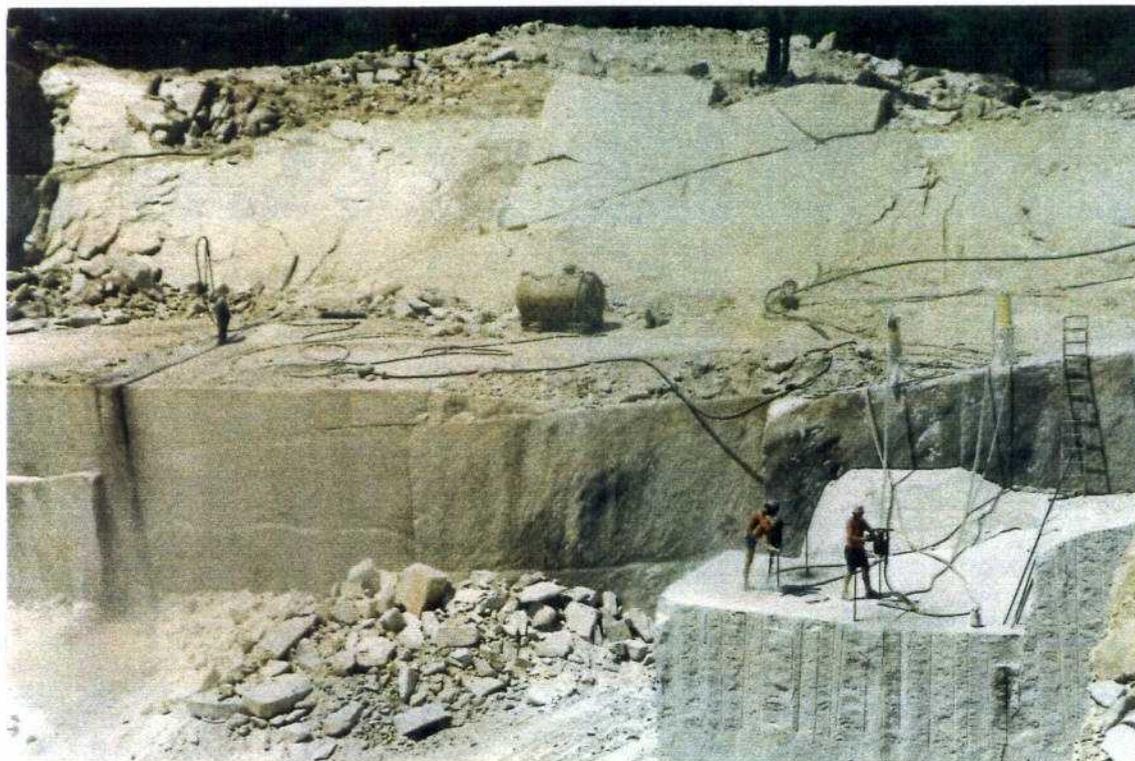


Foto 4. Corte de bloques con perforación y lanza térmica

#### **b) Corte con lanza térmica**

El sistema consiste en una lanza de longitud variable, de acuerdo con la profundidad de la roca a cortar, por cuyo interior discurren dos canalizaciones, de gasóleo y de aire comprimido, que desembocan en una cámara donde se produce la combustión. Esta se inicia mediante la inyección de una mezcla de oxi-acetileno.

El consumo es de unos 35 l/hora de gasóleo y 10 m<sup>3</sup>/min de aire comprimido a 0,7 MPa. El rendimiento de corte es del orden de 1 m<sup>2</sup>/hora.

La lanza se utiliza, principalmente, para cortar las dos caras laterales del bloque inicial, continuando el proceso de subdivisión como en el caso anterior.

El rendimiento obtenido es mayor que en el corte con barrenos, pero el método presenta ciertos inconvenientes:

- \* elevado nivel de ruido, mayor de 120 dB, que afecta a la explotación y su entorno
- \* problemas de polvo no controlables
- \* influencia desfavorable sobre la calidad de la roca en las proximidades del corte, por fisuras y vitrificación

### c) Corte con hilo diamantado

Este procedimiento, más utilizado en rocas de dureza media como los mármoles, se está implantando en la fase inicial de corte del bloque de granito e incluso en las fases posteriores.

El equipo consta de un grupo motor con polea conductora del hilo diamantado, montado en un chasis que se mueve sobre carriles guía.

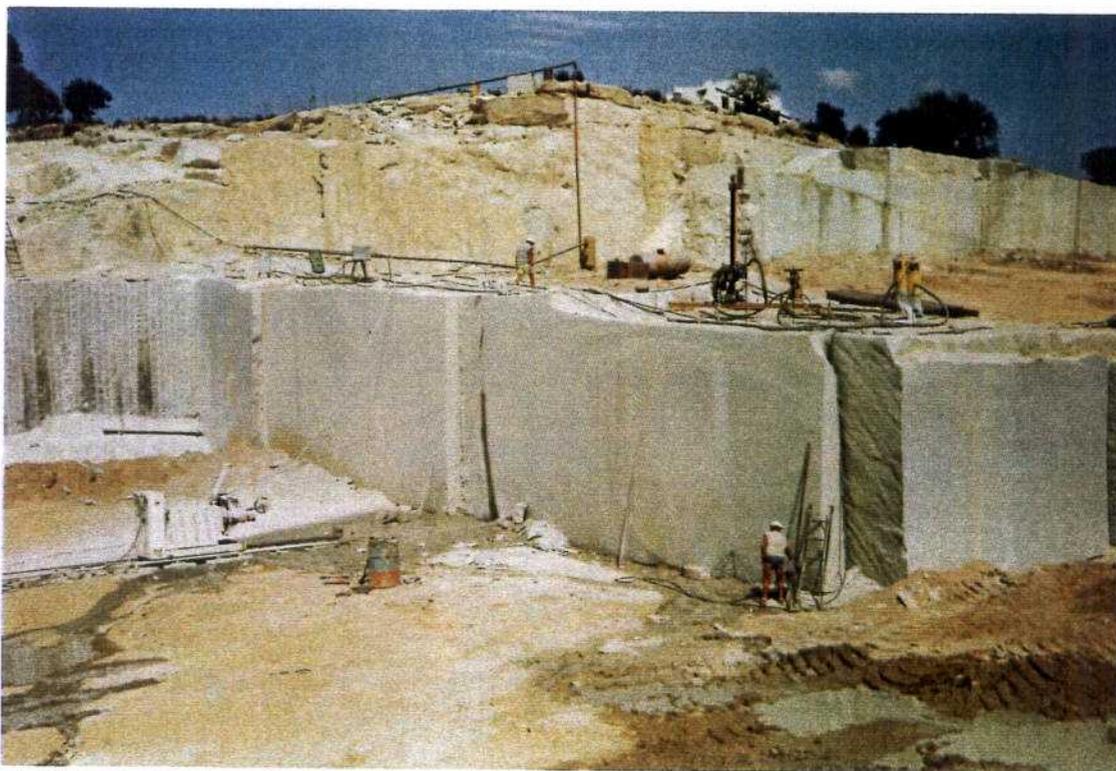


Foto 5. Corte de bloques con hilo diamantado

La operación comienza con la perforación de dos barrenos, vertical y horizontal, de diámetro suficiente para la introducción del cable guía con los insertos de diamante. De esta forma se cortan las caras

laterales del bloque. En la Comunidad de Madrid, una empresa ha desarrollado un sistema, mediante sondeos y poleas de reenvío, para cortar también la cara posterior. En los demás casos, se aplica al método convencional para el resto de las caras.

Con el corte por hilo se consigue un excelente aprovechamiento de la roca y se logra un acabado plano que elimina las labores de escuadrado final.

Por el contrario, el rendimiento es bajo, por lo que las subdivisiones sucesivas se suelen hacer por el procedimiento convencional.

#### **4.1.2. Plantas de tratamiento**

Generalmente, todas las graveras disponen de planta de lavado y clasificación de arenas y gravas. En algunos casos una sola planta puede tratar los materiales de graveras próximas de la misma empresa o de empresas asociadas.

Aproximadamente, un tercio de las explotaciones dispone, además, de equipo de trituración para aprovechamiento de los materiales gruesos, a fin de obtener las granulometrías requeridas por la industria de la construcción.

Las canteras de caliza disponen de planta de trituración, molienda y clasificación. Algunas prestan servicio a más de una cantera del grupo empresarial. Una de las explotaciones, que abastece a una fábrica de cemento, tiene sólo machaqueo primario, otra una fábrica de cal, y una tercera suministra bloques y piezas para su labrado por talleres artesanales .

Solamente una cantera de granito ornamental dispone de aserradero de bloques, aunque sin llegar a espesores que permitan la obtención de planchas.

Las canteras de yeso abastecen a fábricas situadas a pie de cantera o en sus proximidades. Una de ellas suministra material a una fábrica de cemento.

De las seis explotaciones de sepiolita existentes, cuatro disponen de modernas y especializadas plantas de tratamiento, tres de ellas en la propia CAM, y una cuarta en la provincia de Guadalajara.

#### **4.1.3. Formación del personal y organización de la seguridad**

Las canteras organizan el trabajo en un solo turno. Se hallan, en general, ampliamente mecanizadas, por lo que las plantillas son escasas.

La mayoría del personal está compuesta por conductores de maquinaria móvil, siendo muy poco frecuente ver trabajadores a pie en el recinto de las explotaciones.

En su mayor parte, los trabajadores cuentan sólo con estudios primarios, salvo algún caso en que proceden de centros de formación profesional. No se tiene conocimiento de que se organicen cursos periódicos de reciclaje ni otro tipo de actuaciones formativas, pero sí campañas eventuales de seguridad. No obstante, el manejo de la maquinaria es correcto y las maniobras observadas durante las visitas se realizan de acuerdo con la normativa de seguridad. El mantenimiento de la maquinaria no se efectúa, salvo en escasísimas ocasiones, en las propias explotaciones. Lo habitual es que lo realicen empresas especializadas.

Existen Disposiciones Internas de Seguridad (DIS) en todas las explotaciones, siendo especialmente detalladas en las más importantes.

Es muy conveniente emprender, sistemáticamente, programas de seguridad basados en una actitud positiva de la empresa, apoyando y fomentando:

- a) La formación del personal a todos los niveles, mediante campañas de seguridad, actuaciones en el puesto de trabajo, inspecciones, etc., para lograr una mayor concienciación en los aspectos de la seguridad.
- b) La reducción de accidentes, considerando tanto factores de diseño, como de ambiente y procedimientos de trabajo, estableciendo fichas de valoración del estado de seguridad de los equipos y modelos de análisis exhaustivos de los accidentes producidos para obtener conclusiones.

#### **4.1.4. Medio ambiente**

No siendo el objeto de este trabajo entrar en consideraciones de carácter medio-ambiental, sino de seguridad, sólo se ha tocado ese campo cuando ambos condicionantes entran en sintonía, es decir,

cuando las prescripciones de seguridad coinciden, aun por diferentes objetivos, con las normas de restauración del paisaje natural.

Esto sucede, principalmente, con el suavizado de taludes, en particular los taludes finales que van a ser duraderos, con la igualación de irregularidades de piso y con la supresión de desniveles próximos a las vías de tránsito de las máquinas de carga, para evitar vuelcos o incidentes con las mismas.

Ante todo, hay que decir que la preocupación por este tema en la C.A.M. es predominante en todos los niveles implicados y que, comparativamente con lo observado en otras comunidades autónomas, la restauración progresa en mayor escala y mucho más rápidamente tras la explotación. Es frecuente observar que las restricciones ambientales priman sobre las demás, hasta el punto de retrasar o incluso paralizar actividades por formalidades de este tipo.

La conjunción de ambas perspectivas, medio ambiente - seguridad, debe ser sopesada cuidadosamente por los organismos competentes, estableciendo los condicionantes precisos para que todos los factores sean preservados.

Es evidente que el suavizado de taludes aminora las consecuencias de posibles caídas por talud y la uniformidad de las superficies mejora sensiblemente el tránsito de vehículos, bien sean industriales durante la fase de explotación, como agrícolas, una vez revegetadas.

En este sentido, la preocupación observada conduce a que estos objetivos se cumplan en una escala aceptable, colaborando indudablemente a una mejora de los aspectos de seguridad.

En las graveras son frecuentes las "transformaciones agrícolas", con relleno de la zona explotada, que permite nivelar y mejorar la capa de tierra vegetal.

No es habitual la presencia de escombreras o vertidos estables, dado el alto grado de aprovechamiento

de los materiales explotados. Las acumulaciones producidas por el desmonte se mantienen temporalmente, hasta efectuar el relleno.

Un aspecto importante, en cuanto a las condiciones ambientales dentro de las propias explotaciones, es el del polvo, tanto en las propias canteras como en las instalaciones de tratamiento.

El problema está muy amortiguado en aquellas explotaciones, como las graveras, en que se manipulan materiales muy húmedos, sobre todo en las situadas en el propio valle fluvial. En las que están situadas en terrazas, en las canteras de áridos de trituración, en los desmontes y movimiento de tierras en general, y especialmente en las canteras de granito ornamental, la lucha contra el polvo, tanto el generado en las operaciones de arranque, como en el depositado en accesos y pistas, sí adquiere singular importancia, en particular en tiempo seco. En este caso, es frecuente la existencia de camiones-cuba, que riegan las pistas y accesos una o varias veces por jornada.

## 4.2. RELACION DE EXPLOTACIONES VISITADAS

<b>Nº</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>NºREGISTRO</b>	<b>SUSTANCIA</b>	<b>TERMINO MUNICIPAL</b>
1	Lancha-La Osa	A-194	Granito	Cadalso de los Vidrios
2	Fino Cadalso	A-140	Granito	Cadalso de los Vidrios
3	Blanco Cadalso A	A-139	Granito	Cadalso de los Vidrios
4	Blanco Cadalso B	A-141	Granito	Cadalso de los Vidrios
5	Guijarral I	A-69	Granito	Cadalso de los Vidrios
6	Charco de los Muertos II	A-124	Granito	Cadalso de los Vidrios
7	Ampl. Virgen Remedios	A-13	Granito	Soto del Real
8	El Cartero	A-80	Granito	Colmenar Viejo
9	Castillo Fracción III	2892-021	Granito	El Berrueco-Siete Iglesias
10	Dehesa	A-185	Granito	El Berrueco
11	Navazales II	2891-011	Granito	Valdemanco
12	Navazales	A-190	Granito	Bustarviejo
13	Peña Mojada	A-118	Granito	Valdemanco
14	P.I. Isabel	2890-020	Granito	Valdemanco
15	La Dehesa Puerta Abajo	A-52	Granito	Alpedrete
16	La Pasada	A-15	Granito	Alpedrete
17	Canchón Valdecarros	A-88	Granito	Zarzalejo
18	El Canchón	A-89	Granito	Zarzalejo
19	Canteras S. Pedro	A-210	Granito	Zarzalejo
20	El Berrocal	A-63	Granito	Becerril de la Sierra
21	Coto Alto	A-26	Arena	Móstoles
22	La Curva	A-96	Granito	Navalagamella
23	La Rinconada	A-189	Grava/arena	Aldea del Fresno
24	Villarejo Bajo	A-122	Arena	Villanueva de la Cañada
25	Hondo Valdecarros	2790-001	Yeso	Vallecas
26	Ampliación Navas	A-191	Arena	Getafe
27	Maresa	A-43	Grava	S.Martín de la Vega
28	Yesos El 50	2668	Yeso	Valdelaguna
29	El Porcal	A-99	Grava/arena	Rivas Vaciamadrid
30	Las Mantecas	A-57	Grava	Arganda del Rey
31	La Esperilla	A-40 60	Grava	Arganda del Rey
32	Aribersa	A-155	Grava	S.Martín de la Vega
33	Soto Pajares	A-111	Grava	S.Martín de la Vega
34	Arenas del Retamar	A-169	Arena	Majadahonda

<b>Nº</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>NºREGISTRO</b>	<b>SUSTANCIA</b>	<b>TERMINO MUNICIPAL</b>
35	El Hoyón	A-59	Caliza	Arganda del Rey
36	Basalt Ibérica	A-94	Caliza	Morata de Tajuña
37	LLano del Olivar	A-187	Yeso	S.Martín de la Vega
38	Verdegual	A-144	Arena	Getafe
39	Los Tranzones	A-162	Grava	Ciempozuelos
40	Los Tranzones II	A-193	Grava	Ciempozuelos
41	Navarro	A-21	Arena	El Alamo-Navalcamero
42	Gravera Sur	A-113	Grava	S.Martín de la Vega
43	Aridos Román I-II	A-10 y A-184	Grava	S.Martín de la Vega
44	Espartinas	2940-001	Yeso	S.Martín de la Vega
45	Hispania	2811-001	Yeso	S.Martín de la Vega
46	San José	2815-001	Yeso	S.Martín de la Vega
47	Edeconsa	A-55	Grava	Aranjuez
48	Morata - Valderribas	2809-001	Caliza	Morata de Tajuña
49	Preresa - Morata	2806-001	Caliza	Morata de Tajuña
50	Fátima	2709-001	Glauberita	Villaconejos
51	El Cazorro	A-58	Caliza	Arganda del Rey
52	Barranco de la Cueva	A-35	Caliza	Valdilecha
53	Elena	2969-001	Caliza	Campo Real
54	Aridos Movega II	A-216	Grava	Chinchón
55	Valderrivas	A-105	Yeso	Rivas de Jarama
56	Hoya de la Minga	A-163	Caliza	Campo Real
57	Quiebracarros	A-222	Caliza	Campo Real
58	Canteras Ibéricas	A-203	Caliza	Campo Real
59	El Soto	A-4	Grava	S.Fernando de Henares
60	José Ignacio	1225	Sepiolita	Madrid
61	Grupo Minero Victoria	2048-001	Sepiolita	Madrid
	Grupo Minero Castellana	2186-001	Sepiolita	Madrid
62	Belén	2747-111	Sepiolita	Paracuellos del Jarama
63	Los Guindos	A-90	Grava	Fuentidueña de Tajo
64	Gracisa	A-91	Grava	Fuentidueña de Tajo
65	Los Castellanos	A-79	Caliza	Colmenar de Oreja
66	Barranco de la Quijonera	A-160	Yeso	Valdelaguna
67	Montarco	A-105	Yeso	Rivas-Vaciamadrid
68	Valdecarros	A-195	Grava	Arganda del Rey

<b>Nº</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>NºREGISTRO</b>	<b>SUSTANCIA</b>	<b>TERMINO MUNICIPAL</b>
69	El LLanito	A-250	Arcilla	Villalbilla
70	Trafi I	A-245	Arcilla	Villalbilla
71	Los Gallegos	A-107	Grava	Torrejón de Ardoz
72	Ampl. a la Pocha	A-3	Grava	Velilla de S.Antonio
73	La Bola	A-227	Grava	S.Fernando de Henares
74	Ampl. a El Campito	A-106	Grava	S.Fernando de Henares
75	Alpesa	A-30	Grava	S.Fernando de Henares
76	Geraffín	A-225	Arcilla	Alcalá de Henares
77	Arcimolsa	A-125	Arcilla	Alcalá de Henares
78	Los Bravos	A-228	Grava	Paracuellos del Jarama
79	La Huelga	A-138	Grava	Fuente El Saz
80	San Juan	A-41	Grava	Talamanca del Jarama
81	Ampl.al 2º Martillo	A-214	Grava	S.Sebastián de los Reyes
82	Los Sotos	A-29	Grava	Valdetorres del Jarama
83	Los Rasos	A-179	Grava	Valdetorres del Jarama
84	Los Castillares I	2822-002	Yeso	Torrelaguna
85	Los Castillares II y III	2823-003/004	Yeso	Torrelaguna
86	Virgen de la Soledad	2686-011	Yeso	Torrelaguna
87	Las Garridas	A-215	Grava	Fuente El Saz
88	La Chopera	2731-001	Grava	Algete - Fuente El Saz
89	Torreblanca	A-119	Grava	Velilla de S.Antonio
90	Velilla	A-146	Grava	Velilla de S.Antonio

### 4.3. CANTERAS DE GRANITO

#### 4.3.1. Antecedentes

Las rocas graníticas forman parte de un macizo batolítico que abarca la mayor parte del Sistema Central. Hay muchas variedades, tanto desde el punto de vista estructural como del mineralógico o de composición. Suelen presentar inclusiones básicas, o gabarros, formadas por agregados granoblásticos de grano fino.

El tipo más frecuente es una variedad de grano medio, rico en biotita y que, por la composición de sus feldespatos se aproxima a las granodioritas. Otras variedades son los granitos de grano grueso, los alcalinos, los aplíticos y los porfiroides, habiéndose reconocido también variedades orientadas que establecen un tránsito hacia los neises.

La variedad más explotada industrialmente es la gris, tanto como roca ornamental, como para la construcción.



Los pórfidos se presentan como diques encajados de forma neta en las rocas graníticas y, en menor escala, en las metamórficas. Son mucho menos abundantes que los granitos, que ocupan enormes extensiones.

En las memorias del ITGE de 1970, sólo se citan diez canteras de granito en explotación, en localidades de la Sierra próximas a Madrid: Chapinería, El Escorial, Becerril de la Sierra y Colmenar Viejo, y tres de pórfidos, desde El Escorial a Colmenar Viejo. En el Mapa de Rocas Industriales, editado en los años 1973/1974, se citan explotaciones en otras zonas, con las mayores concentraciones en Alpedrete y Zarzalejo, y más al Sur en Chapinería y Cadalso de los Vidrios.

Aparecen ya explotaciones en la zona Norte, Valdemanco - Bustarviejo, y en el triángulo comprendido entre La Cabrera, El Berrueco y Siete Iglesias.

No se precisaban las reservas, que se consideraban muy grandes, pero condicionadas a la dificultad de su fracturación, lo que impedía la obtención de bloques.

El uso a que se destinaba la producción era, o bien como "roca de construcción", para obtener piezas regulares: bordillos, adoquines, losetas, lápidas, bloques de mampostería, o bien "granito para áridos", en este caso, con reservas elevadas. No se incluye ninguna cantera ni planta de corte de granito ornamental, aunque se hacían intentos para la obtención de planchas destinadas al recubrimiento de fachadas. El gran desarrollo que ha tenido el sector es, por tanto, relativamente reciente.

La explotación se realizaba arrancando previamente un gran bloque con explosivos, y partiéndolo luego por medio de martillos neumáticos y cuñas, si bien en muchas canteras todo el proceso era manual.

La localización presentaba carácter errático, con frecuentes desplazamientos de un punto a otro, en función de su propia temporalidad, que actúa a impulsos de la demanda, hecho que se veía favorecido por la carencia de instalaciones mecanizadas.

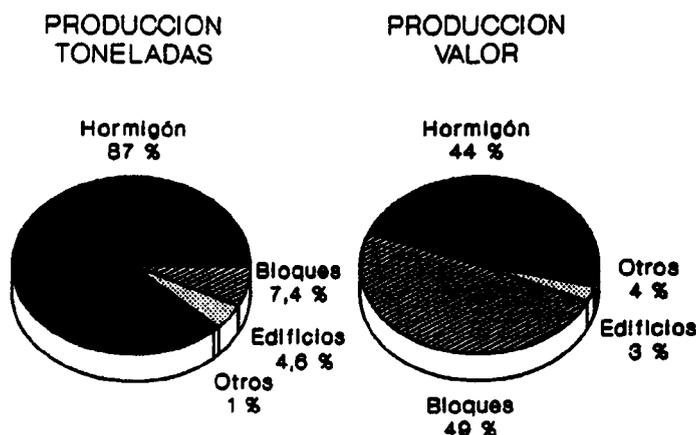
Las explotaciones de granito para áridos, por el contrario, ya presentaban desarrollo y mecanización similares a las actuales.

#### 4.3.2. Resumen de las visitas realizadas

Dentro de las canteras de granito cabe hacer una separación fundamental entre las de granito en piezas para la construcción, bloques de granito ornamental y aquellas cuya producción se destina a áridos de trituración.

### GRANITO

#### DISTRIBUCION DE LA PRODUCCION SEGUN DESTINOS



Otros: Solado, bordillos

El número de canteras visitadas ha sido de 21, que representan el 42 % del total y se distribuyen por zonas de la siguiente forma:

Cadalso de los Vidrios	6	(bloques)
El Berrueco	2	(bloques)
Bustarviejo	1	(bloques)
Valdemanco	3	(2 bloques, 1 piezas)
Alpedrete	2	(piezas)
Zarzalejo (El Escorial)	3	(2 bloques, 1 piezas)
Becerril de la Sierra	1	(piezas)
Navalagamella	1	(áridos)
Colmenar Viejo	2	(áridos)

Los distintos tipos de explotaciones se diferencian tanto por sus dimensiones como por los métodos de explotación.

En el caso de los bloques, los tipos y coloraciones del granito se catalogan bajo diferentes denominaciones comerciales.

#### **4.3.3. Características y diseño de las explotaciones**

##### **Granito en piezas**

Las canteras visitadas se ubican en las zonas tradicionales de la Sierra cercana a Madrid, y se trata o bien de empresas de tipo familiar, o bien de cooperativas, que vienen manteniendo su actividad durante largo tiempo, habiendo suministrado material para muchos edificios monumentales de la Comunidad.

Se dedican a la cantería tradicional de piezas para mampostería, bordillos, vallas, pisos, etc. Continúan aplicándose procedimientos artesanales, con muy pequeña plantilla y escasa mecanización.

Las características de todas ellas son muy similares.

Como método de explotación se utiliza, generalmente, el corte con barrenos cargados con pólvora y cordón detonante. La lanza térmica no es frecuente, rechazándose su uso por problemas de ruido y de rotura del granito.

Las alturas de banco no exceden de 6 m, generalmente entre 3 y 4 m. No presentan problemas, encontrándose dentro de los límites permitidos.

##### **Granito en bloques**

Este tipo de explotación es de mayor envergadura, con profusión de frentes de trabajo y abundante parque de maquinaria. Llama la atención, en contraste con otras regiones graniteras, la amplitud de las

canteras, ensanches para acumulación de bloques y ubicaciones fácilmente accesibles.

Este sector, si bien existe algún explotador de la región, ha sido impulsado y desarrollado en gran parte por empresas gallegas especializadas en este campo, que han aportado las técnicas utilizadas en aquella comunidad, de gran tradición granitera, la terminología e incluso gran parte del personal especializado.

A diferencia de aquellas, en la Comunidad de Madrid, las explotaciones no siempre presentan planos favorables para la separación de bloques o planos de despegue, en las diaclasas paralelepípedicas. Aunque en algunas explotaciones se presentan, especialmente uno de ellos, próximo a la horizontal, bien marcado, en otras se encuentra el granito en masa, con mayor dificultad para su separación en bloques. La terminología varía según las zonas: "hilo", "pelos", "juntas", para las líneas de diaclasamiento, y "andar" o "suelo", para los planos preferentes de separación de bloques.

Los métodos de explotación son similares en todas ellas. Está muy extendido el uso de la lanza térmica para corte de las dos caras laterales. La cara posterior suele cortarse con barrenos paralelos y próximos, cargados con pólvora y cordón detonante, y el levante se consigue con una o dos zapateras.

El volcado de los grandes bloques se suele hacer mediante un brazo hidráulico que se adapta a la pala pero no solidario con ella, para evitar el vuelco en caso de algún fallo.

En otras canteras, se está imponiendo el uso del hilo diamantado, mucho más limpio y exento de ruido que la lanza. Se cortan los dos laterales citados, e incluso una de las empresas ha puesto a punto un procedimiento para cortar también la pared de atrás.

En las explotaciones menos desarrolladas se sigue usando cordón detonante y pólvora. Los bloques grandes han de ser subdivididos en bloques comerciales. Para ello, utilizan en unos casos el hilo, en otros baterías de martillos perforadores en tándem, para cargar con pólvora y cordón detonante.

Para aprovechamiento de piezas más pequeñas, o "desquites", se emplean martillos perforadores y cuñas, salvo en una cantera dónde emplean el hilo para dejarlos bien escuadrados.

Las alturas de banco están comprendidas entre 3 y 10 m, no rebasando los máximos autorizados. Una de las empresas está estudiando la posibilidad de rebajar la altura para obtener directamente bloques de tamaño comercial (de 3 m de escuadría, aproximado). El número de bancos oscila entre 1 y 3.

En este sector, la utilización de maquinaria es un factor fundamental. El parque es abundante y, en general, moderno. Predomina el uso de palas cargadoras de ruedas y volquetes o camiones. También hay alguna retroexcavadora para posicionamiento de baterías de martillos y alguna grúa de tipo estacionario.

El saneo suele efectuarse de forma mecánica, atendiendo en especial al desmonte.

Sólo una de las canteras, en la zona de El Berrueco, dispone de planta de corte, pero limitada a piezas de espesor mínimo de 5 cm. El envío de bloques a los aserraderos de la propia Comunidad, a otras zonas graniteras o para la exportación es la práctica más frecuente.

Una cantera de la zona de Valdemanco - Bustarviejo, ha montado una planta de trituración, con el fin de aprovechar los residuos tanto de su propia cantera, como de las limítrofes.

#### Granito para trituración

De las tres explotaciones visitadas, dos se sitúan en Colmenar Viejo y una en Navalagamella. Las de Colmenar, en algunas publicaciones, son consideradas como de pórfidos o granitos porfídicos, constituidos por diques encajados en la masa granítica.

Tanto se trate de granitos, como de pórfidos, se presentan más alterados que los macizos compactos, lo que facilita su explotación para áridos, si bien, a su vez, se favorece el desmoronamiento de taludes,

con posible presencia de bloques de cierta inestabilidad, que requieren operaciones de saneo.

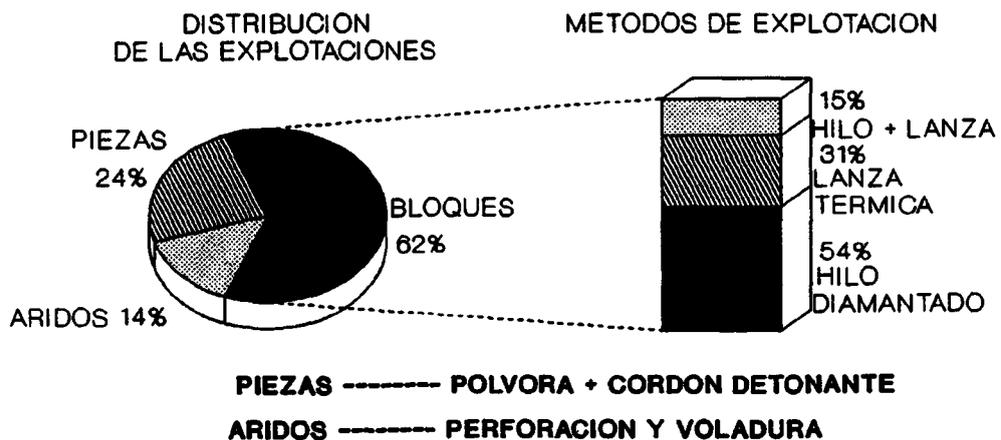
El método de explotación es el de perforación y voladura, generalmente en 2 ó 3 bancos, más el desmonte.

El diámetro de perforación oscila entre 76 y 102 mm. Los explosivos empleados son dinamita-goma en fondo y nagolita en columna.

Las alturas de banco en la zona de Colmenar Viejo alcanzan los 12 m. En la otra explotación visitada, el talud final llega a los 40 m, si bien se ha iniciado su desdoblamiento en dos bancos de 18/20 m cada uno.

En el gráfico, se muestra esquemáticamente la distribución de las explotaciones de granito de la C.A.M., y los principales métodos de explotación, a modo de resumen.

## GRANITO



#### **4.3.4. Plataforma de trabajo, pistas y accesos**

En las canteras de granito en piezas, los accesos son aceptables, en general, y las pistas con escaso mantenimiento, aunque transitables. La amplitud de las plazas de cantera es suficiente.

En las de granito en bloques, las pistas de acceso son, generalmente, aceptables y las interiores son transitables, aunque podrían mejorarse. Las pendientes no son excesivas, salvo en dos casos en que habría que suavizar el acceso a la plaza de cantera.

Las plataformas de trabajo presentan piso aceptable, son muy amplias, con suficiente espacio para acumulación de bloques y residuos.

En cuanto a las canteras de granito para áridos, dada su proximidad a las vías de comunicación, sus accesos no presentan ningún problema. Las pistas interiores se limitan a las propias de las cortas y su estado es aceptable.

Las plazas son amplias, bien niveladas y con piso en buen estado.

En el conjunto de las canteras de granito, el 35% de las pistas presenta irregularidades y un 10% tiene plataformas irregulares, una de ellas muy pendiente. En la zona de Cadalso de los Vidrios, las pistas de acceso son forestales, por lo que las empresas no pueden intervenir en su mantenimiento sin previa autorización del órgano gestor del monte. Debe reseñarse una explotación en Valdemanco, cuya pista de acceso tiene doble carril.

#### **4.3.5. Grado de cumplimiento de las I.T.C. de cielo abierto**

El 52% de las canteras dispone de algún tipo de señalización y un 35% está cercado, bien a la entrada de la explotación, bien en el borde del talud final.

Casi en el 20% de las canteras el personal, o parte de el mismo, utiliza casco; en cerca de un 15%, se emplean otros Equipos de Protección Individual (E.P.I.), tales como cinturones, mascarillas, auriculares durante el manejo de la lanza térmica, etc. También es frecuente el uso de escaleras, cuerdas, etc., para acceder a los bancos de trabajo o plataformas intermedias. La frecuencia de uso de todos estos equipos disminuye bastante cuando se trata de canteras de granito en piezas.

No se han apreciado problemas en cuanto al saneo, salvo en algún caso, en la parte superior meteorizada del talud.

En el 52% de las explotaciones se riegan las pistas en tiempo seco. Un 35% dispone de algún medio de captación de polvo o utilizan agua para la perforación. En ninguna de las explotaciones de granito en piezas se aplican estas medidas.

Las maniobras de carga y colocación del volquete respecto a los frentes observados en el curso de las visitas, han sido correctos. La anchura de las pistas para permitir el cruce de vehículos es aceptable. Los dumpers disponen, en gran parte, de cabinas protegidas. Sin embargo, salvo en muy escasas ocasiones, no se ha podido detectar el uso de señales acústicas de retroceso, deficiencia poco costosa de subsanar.

Una de las diferencias más acusadas entre las explotaciones de granito en piezas y en bloques, aparte de sus dimensiones, es el distinto grado de mecanización. Frente a la escasa utilización de maquinaria en las primeras, el parque de maquinaria de las canteras de bloques es, en general, moderno y muy abundante, lo que supone un movimiento de cargas mucho mayor. A esto hay que añadir el arranque simultáneo en varios frentes, la coordinación de voladuras y la circulación de más personal.

En una explotación se ha observado pendiente en desplome, en el borde de talud de escombrera, que actualmente está en fase de corrección

En todo caso, tanto las alturas de los frentes como de los taludes, son inferiores a las de otras zonas graniteras españolas, lo que permite un mejor control. También se advierte una mayor protección con vallado de taludes, tanto exteriores o finales de la explotación, para protección a personas ajenas, como interiores en las zonas de trabajo.

Las canteras de granito para áridos presentan una problemática muy diferente. Se trata de explotaciones por banqueo, muy mecanizadas, cuyo parámetro fundamental, la altura de banco, se encuentra dentro de los límites admitidos en la ITC, excepto, como ya se indicó, en una explotación donde se supera, pero que está procediendo ya a su desdoblamiento.

#### **4.4. CANTERAS DE ARENAS Y GRAVA**

##### **4.4.1. Antecedentes**

La Comunidad Autónoma de Madrid juega un importante papel dentro de la producción nacional de áridos, siendo el primer productor y consumidor de áridos naturales. También cabe reseñar la excelente calidad de dichos áridos.

La Estadística Minera de España, bajo el epígrafe "otros productos de cantera", refleja que la C.A.M. aporta el 22% de la producción, con un consumo per capita del orden del de los países comunitarios, muy superior a la media nacional.

Según el estudio "Investigación de áridos de la zona de Madrid", ITGE, 1972, el territorio de la C.A.M. puede dividirse en doce zonas que yacen a lo largo del río Tajo y sus afluentes. Al Tajo propiamente dicho se asocia una zona, al Jarama siete, y una a cada uno de los ríos Henares, Manzanares, Alberche y Guadarrama.

Se resumen, a continuación, las conclusiones que se desprenden de dicho estudio, en relación con el sector de áridos naturales.

Las potencias del yacimiento, variables de unas zonas a otras y a lo largo del curso de una misma zona, oscilan entre 2 y 4 metros, alcanzando, excepcionalmente, de 10 a 12 metros. Los recubrimientos van de 0,5 a 1,5 metros, con máximos puntuales de 4 metros.

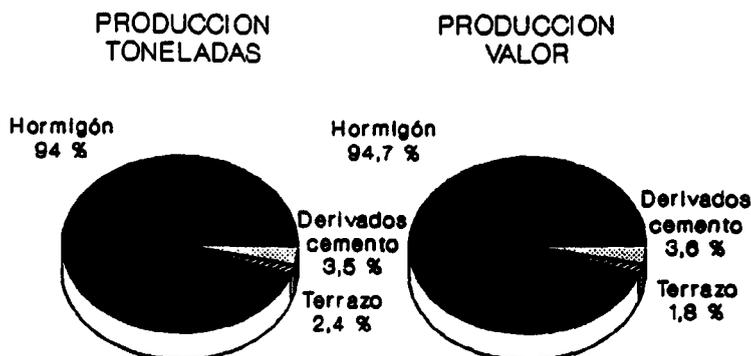
En función de la potencia, la explotación se realiza mediante palas mecánicas, retroexcavadoras o dragalinas, éstas cuando se extrae el material por debajo del nivel freático. Se concentra, sobre todo, en los depósitos de cauce y terraza baja, correspondiendo la mejor calidad de material a los depósitos de cauce, por tener las gravas lavadas. La extracción en las terrazas intermedia y alta se ve encarecida por la presencia de costras que recubren las gravas y de niveles cementados, cuya eliminación es

necesaria. Otras dificultades son la presencia de intercalaciones arcillosas y, en algunas localizaciones, especialmente de la zona Norte, la desigual calibración de las gravas, lógica ya que se trata del curso alto del río, con menor arrastre y clasificación de los sedimentos.

Dada la gran proporción de áridos destinados a la fabricación de hormigón, como muestra el gráfico, es muy frecuente, junto a las plantas de clasificación, la presencia de plantas de preparación de hormigón en las canteras, bien de la propia empresa, bien de empresas asociadas.

## GRAVAS Y ARENAS

### DISTRIBUCION DE LA PRODUCCION SEGUN DESTINOS



Las reservas pueden dividirse en tres grupos: depósitos de cauce, terraza baja y terrazas intermedia y alta. Se estimaban, en el estudio, en torno a los 800 millones de m<sup>3</sup>, para las terrazas baja e intermedia, y de 50 millones de m<sup>3</sup>, para los depósitos de cauce.

La evolución del sector hasta llegar al momento actual no ha modificado sensiblemente las coordenadas establecidas en aquel estudio, sobre todo en cuanto a características de yacimientos y métodos de explotación utilizados. En cuanto a las reservas, han sufrido la detracción de la producción extraída durante los 20 años transcurridos, que según las estadísticas puede estimarse en 100 millones de toneladas, sin que quede determinado de qué grupo proceden, si bien cabe pensar que se haya intensificado la extracción en los depósitos de cauce, por su mayor calidad y aprovechamiento más sencillo.

Con todo ello, y a pesar del importante ritmo de extracción que se ha visto incrementado en los últimos años, el volumen total sólo ha sufrido una merma del 6 % respecto a las cifras originariamente estimadas. Puede concluirse, por tanto, que las reservas contenidas en los depósitos de cauce son amplias pero limitadas, viéndose aún más limitadas por los actuales criterios de tipo medio ambiental. Sin embargo, las reservas de las terrazas baja e intermedia son muy abundantes, siendo difícil su cuantificación por la aparición de más depósitos, como los de la cuenca oriental del Tajo y el curso medio del Guadarrama-Aulencia. En cualquier caso, son suficientes hasta un horizonte muy lejano, si bien será necesario adaptar las instalaciones para tratar materiales más antiguos y, por tanto, más consolidados.

#### 4.4.2. Resumen de las visitas realizadas

Se han visitado 38 explotaciones que suponen el 40 % del total y, por cuencas, se distribuyen así:

Jarama	27	Tajo	3
Guadarrama-Aulencia	4	Manzanares	2
Henares	1	Alberche	1

#### 4.4.3. Características y diseño de las explotaciones

La cuenca del Jarama es la más representativa, la más larga, del orden de 100 km, y la que más reservas aporta. El curso de río, de Norte a Sur, atraviesa, entre otros, los términos municipales de Talamanca, Valdeterres del Jarama, Fuente El Saz, San Sebastián de los Reyes, Paracuellos, San Fernando de Henares, Vellilla de San Antonio, Rivas Vaciamadrid, Arganda del Rey, San Martín de la Vega y Ciempozuelos.

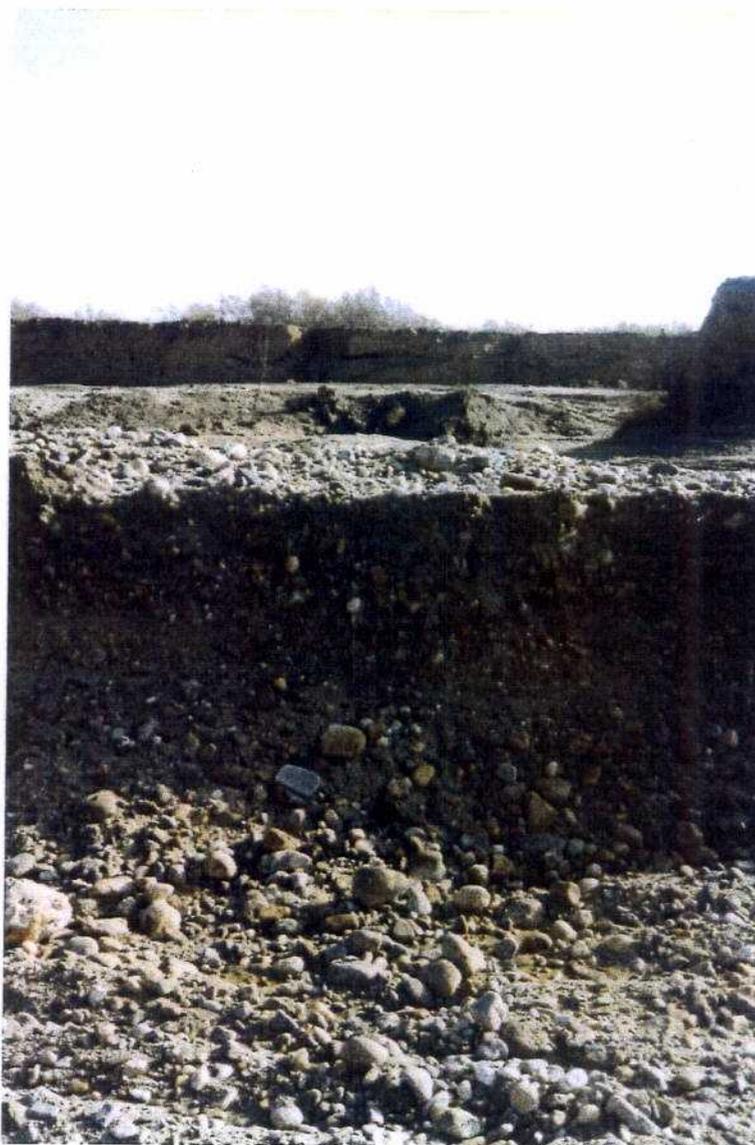
En las zonas de Talamanca-Valdeterres, Fuente El Saz y San Sebastián de los Reyes, donde se han visitado tres, tres y una explotaciones, respectivamente, los espesores de la capa de grava son de 2 -

3 metros, con recubrimientos de 0,5 - 1 metros. Las gravas son muy irregulares, con presencia de cantos muy gruesos, circunstancia que cabría esperar, dada la ubicación de los depósitos respecto al curso del río.

Desde Paracuellos, donde se visitó una explotación, va aumentando la potencia de la capa a 3 -4 metros, alcanzando los 5 metros en la vega de San Fernando de Henares, donde en las cuatro explotaciones visitadas se pudo observar cómo el recubrimiento, terreno vegetal con alto valor agrícola, crece hasta 1,5 - 2 metros. En la zona más alejada del cauce, las potencias decrecen hasta los 2 metros y los recubrimientos aumentan hasta alcanzar los 3 metros.

En Velilla de San Antonio comienza la zona de mayores espesores de capa, con las explotaciones más grandes y más antiguas de la cuenca del Jarama, de las que se visitaron tres, una de ellas actualmente inactiva, pero en fase de reiniciar la explotación.

En los yacimientos de cauce, actualmente se explota un conjunto de hasta 5 metros, de los cuales 2 son de recubrimiento, 1 de arenas y 2 de gravas. En zonas más alejadas del cauce, la potencia baja a sólo 2 metros de grava y 1 de recubrimiento.



Las explotaciones de terraza, próximas a la población, presentan una potencia de gravas de unos 10 - 12 metros, en dos capas, con una altura total de 18 metros, incluyendo el recubrimiento, capas arcillosas y, en algunos casos, capas cementadas. Estas alturas obligan a desdoblar los bancos.

De las tres explotaciones visitadas en el término de Arganda del Rey, dos presentan características muy similares a las anteriormente descritas. La tercera, junto con la explotación de Rivas Vaciamadrid y tres de las de San Martín de la Vega presentan características bastante distintas. En todas ellas, se explota parte del yacimiento sobre el nivel del agua, entre 1 y 3 metros, y el resto por debajo, variando la potencia de 8 a 12 metros, llegando a 14 en algún caso puntual.

En las otras tres canteras visitadas en San Martín de la Vega, predomina la explotación en seco. En una de ellas, el recubrimiento se ha recrecido considerablemente, alcanzando los 9 metros, con un talud final de 18 a 20 metros. Otra de las explotaciones ofrece una panorámica típica de corta a cielo abierto, con tres bancos parcialmente subdivididos en su zona más profunda y un notable movimiento de tierras. Finalmente, la tercera, más alejada del cauce del río, al Oeste de San Martín, se sitúa en la terraza intermedia o alta. El recubrimiento es aproximadamente de 1 metro y las capas de grava muy irregulares, con intercalaciones arenosas y bancos cementados. La potencia va de 12 a 15 metros, que se explotan en tres bancos.

Por último, alcanzando el curso bajo del río, las dos explotaciones visitadas en Ciempozuelos presentan potencias decrecientes, del orden de 3,5 metros. El recubrimiento es de 1 metro y los yacimientos están más espaciados.

La explotación visitada en Torrejón, perteneciente a la cuenca del Henares próximo a su confluencia con el Jarama, presenta similares características a las de San Fernando de Henares, si bien aquí el recubrimiento alcanza los 2 metros, valor alto en proporción al espesor de las gravas que sólo es de 3 - 3,5 metros, casi todo sobre el nivel del agua.

En el término de Getafe y correspondientes a la cuenca del Manzanares, también tributario del Jarama, se visitaron dos canteras. Ambas están catalogadas como explotaciones de arenas, aunque también se extraen gravas. Las alturas de frente alcanzan los 5 - 6 metros. En general, se trata de explotaciones ordenadas, sin desniveles ni irregularidades, salvo en uno de los frentes de una de ellas.

De las tres explotaciones visitadas de la cuenca del Tajo, una está en Aranjuez y las otras dos en Fuentidueña de Tajo.

La primera, en el propio cauce del río, es la típica explotación mixta, con unos 2 metros de grava por encima del nivel del agua y el resto por debajo para extraer con dragalina. En el momento de la visita se encontraba inactiva.

Las canteras de Fuentidueña están muy alejadas de todas las anteriores y se encuentran situadas en la terraza intermedia, presentando capas cementadas que dificultan bastante la explotación. En una de ellas, estas capas aparecen en la parte alta y son eliminadas en rebanadas. La grava se extrae en dos bancos de unos 4 metros de altura. La otra explotación es más extensa y presenta un corte vertical con 4 - 5 metros de recubrimiento vegetal, máximo de 9 metros, y una altura de capa de 20 metros. En esta capa hay intercalaciones de arcillas que van de 1 a 9 metros y de conglomerados, entre 2 y 3 metros.

En las cuencas del Guadarrama y el Aulencia se han visitado cuatro explotaciones. Tres de ellas se encuentran al Oeste de Madrid, dos sobre el Guadarrama y una sobre el Aulencia, cerca de su desembocadura en el anterior. Se trata de explotaciones sin dificultades ni irregularidades. Una de ellas explota una capa de 3 metros. La situada en el término de Majadahonda extrae principalmente arenas, que explota en tres bancos de 3 - 4 metros, con talud final de unos 16 metros debidamente taluzado.

La cuarta explotación de la cuenca del Guadarrama se encuentra mucho más al Sur, en El Alamo - Navalcarnero. En esta zona el recubrimiento es de unos 5 metros y la potencia de la capa de otros 5, con 1 metro de arcillas intercalado. La explotación es antigua y el grado de restauración avanzado.

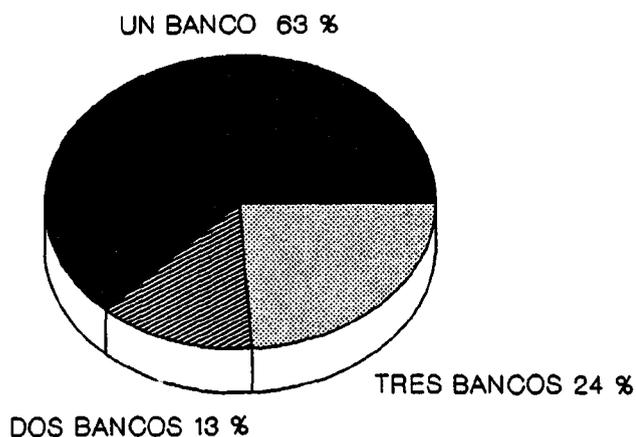
Finalmente, se ha visitado una explotación en Aldea del Fresno, perteneciente a la cuenca del Alberche. La altura de la capa es de unos 4,5 metros y no presenta ningún problema, si bien la proximidad a un parque urbano limita las posibilidades de expansión de la cantera.

En cuanto al diseño de las explotaciones, cabe distinguir dos tipos diferentes. Por una parte, la típica gravera de río, de absoluta sencillez conceptual, si bien en un tercio de las graveras la explotación se prolonga bajo el nivel del agua, mediante dragalina o scraper. Por otra parte, están las explotaciones por banqueo, con alturas condicionadas por el alcance de la cuchara de las palas.

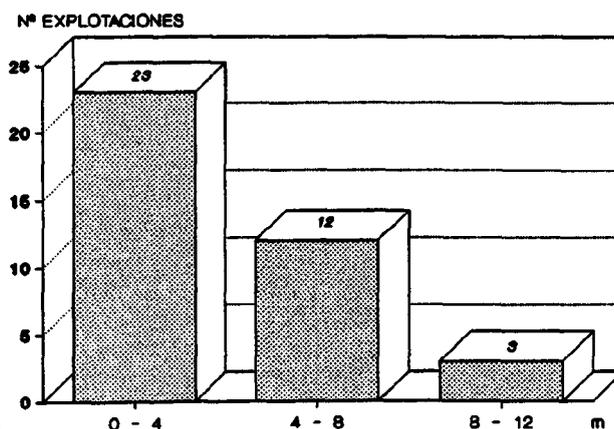
La mayoría de las explotaciones, el 63 % del total, se configuran en un solo banco. Un 13 % cuenta con dos bancos y el 24 % restante con tres bancos. Desde el punto de vista de la seguridad, el desmonte previo no suele considerarse como un banco propiamente dicho, a menos que por su entidad se integre en la explotación.

El parámetro más característico es la altura de banco, que queda resumido junto con la distribución de graveras por su número de bancos, en los siguientes gráficos:

**NUMERO DE BANCOS**



**ALTURAS DE BANCO**



#### **4.4.4. Plataformas de trabajo, pistas y accesos**

Dado el asentamiento de las graveras en zonas amplias, horizontales y sin obstáculos, las plataformas o plazas de cantera son amplias, a veces enormes y, en todos los casos, suficientes.

La particularidad de la explotación consiste en que, en la mayoría de los casos, hay que reconstruir el paisaje previo, sea por necesidades de tipo agrícola, sea por exigencias de medio ambiente, efectuando la transferencia de los materiales de recubrimiento o de los gruesos de desecho a los huecos anteriormente creados. Con ello, se conforman niveles finales horizontales o se suavizan los taludes hasta un grado que permita su aprovechamiento agrario.

En cuanto a los accesos a la mayoría de las explotaciones, dado que se encuentran próximas a la red viaria que rodea la capital, su estado es aceptable. Apenas existen zonas con pendiente, por lo que ese aspecto no presenta ningún problema. La anchura es suficiente, permitiendo, en gran número de casos, el cruce de vehículos. Cuando esto no es posible, existen apartaderos distanciados convenientemente.

Las pistas interiores tampoco ofrecen problemas de consideración.

El estado de la superficie de rodadura es aceptable, siendo accesible, incluso, a vehículos ligeros. El sustrato permeable colabora favorablemente a evitar la formación de encharcamientos.

A título excepcional, hay que indicar que una explotación de terraza de las visitadas, presentaba accesos y pistas un tanto defectuosos, si bien cabe esperar que sean mejorados, por encontrarse la explotación en fase de reanudación de la actividad.

#### **4.4.5. Grado de cumplimiento de las I.T.C. de cielo abierto**

El 40% de las graveras están señalizadas y un 37% tiene algún tipo de cercado. En ocasiones se ha

considerado como cercado parcial la presencia de un simple cordón de tierra. Lo más frecuente es el uso de alambres con señales de colores, o bien varillas metálicas enlazadas por cinta de plástico blanca y roja, como la empleada en la señalización de obras civiles. Se trata, por tanto, de cercados poco duraderos que, con mucha frecuencia son sustraídos por personas ajenas a las explotaciones.

Aunque en bastantes graveras los taludes están suavizados, debido a la restauración, en las que están en terrazas altas o las que presentan mayores espesores de capa, es preciso el cercado en el borde superior del talud.

La utilización de equipos de protección individual es escasa. El casco sólo se utiliza en 5 de las explotaciones y el cinturón de seguridad en una sola.

El parque de maquinaria es muy numeroso, bien dimensionado y nuevo o seminuevo. Precisamente las buenas perspectivas de los últimos años animaron a muchas pequeñas graveras a emprender la renovación de su maquinaria, lo que, con la recesión actual, puede suponer problemas de financiación. Una práctica que se está extendiendo es la de alquilar la maquinaria, con lo que queda paliado ese tipo de problema.

El uso de cabinas antivuelco o cabinas ROPS se va extendiendo, habiéndose constatado en 6 de las graveras visitadas. Mucho más generalizadas son las cabinas protegidas, en volquetes y dumpers. Sólo carecen de protección los camiones corrientes.

Pese al abundante y moderno parque de maquinaria móvil, el funcionamiento de la sirena de retroceso - en palas y volquetes - sólo ha podido apreciarse en tres ocasiones. Dado que todos los equipos actuales disponen de este sistema, el problema está en que se suele descuidar su buen estado de funcionamiento.

Teniendo en cuenta que el vuelco durante el vertido es una causa de accidente bastante común a nivel

nacional, hay que destacar la importancia que tiene la realización correcta de tal operación, bien no aproximándose al borde y empujando con la pala, bien impidiendo el posible vuelco de ésta mediante un tope consistente. No es admisible, en ningún caso, un liviano cordón de tierra. Durante las visitas, cuando se ha tenido ocasión de observar esta operación, sólo en dos casos se realizaba correctamente.

Por otra parte, hay que resaltar que en una de las explotaciones visitadas que cuenta con balsa de decantación de lodos, se deja un escalón intermedio de poca altura en todo el contorno de la balsa, para proteger la caída de vehículos a la misma.

La utilización de la maquinaria suele ser correcta, de modo que se cumplen las prescripciones de las I.T.C. en cuanto a colocación de la pala y volquete durante la carga, ascenso y descenso a los equipos, etc.

## 4.5. CANTERAS DE CALIZA

### 4.5.1. Antecedentes

La Estadística Minera de España sitúa las calizas en un primer lugar muy destacado, respecto al resto de los productos de cantera, tanto en tonelaje producido, como en valor de la producción.

A diferencia de la posición predominante que ocupa la Comunidad de Madrid en el sector de áridos, en el de calizas ocupa un lugar poco destacado, representando, según los últimos datos publicados, sólo un 3% de la producción nacional, con unos 3,5 millones de toneladas anuales, sobre los 126 millones del total nacional, si bien en la actualidad esta cifra prácticamente se ha duplicado ( $\approx 7\text{Mt}$ ).

En publicaciones del ITGE de 1972/73 ("Investigación de áridos en la zona de Madrid", "Mapa de Rocas Industriales"), se diferenciaban las calizas del Cretáceo y las del Mioceno. Las primeras, situadas en enclaves sobre el macizo granítico y en las proximidades de sus bordes, tienen mucha menor representación que las miocenas, de edad pontiense.



Las calizas pontienses, o calizas de los Páramos, son de formación lacustre, ocupando el tramo final de la serie miocena. Se extienden en cuatro amplias zonas al Sur de Madrid, principalmente en las localidades de Colmenar de Oreja, Valdelaguna y Chinchón; Arganda del Rey, Morata de Tajuña, Perales de Tajuña y Campo Real; Valdilecha, Carabaña y Villar del Olmo, Olmeda de las Fuentes y Nuevo Baztán.

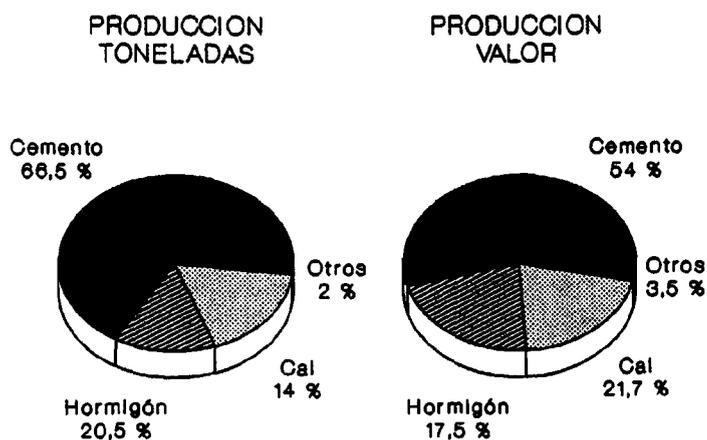
Se trata de formaciones horizontales fosilíferas, de aspecto compacto, textura fina y color gris claro. En ocasiones, presentan oquedades y fisuras tapizadas de calcita.

Por su resistencia a la erosión, protegen a los materiales blandos de niveles inferiores, que son rápidamente atacados cuando desaparece la cobertera caliza, conformándose las típicas "mesas", con coronación horizontal calcárea y recubrimientos que no suelen alcanzar el metro de espesor.

Los espesores de la capa decrecen de Norte a Sur, desde los 60 a los 15 metros. Las reservas estimadas, del orden de los 1.700 millones de m<sup>3</sup>, entran en la calificación de "cuantiosas".

## CALIZA

### DISTRIBUCION DE LA PRODUCCION SEGUN DESTINOS



Otros: Vidrio, terrazo, pavimento

En todo caso, los espesores, en especial de la zona Sur, que es la de mayor desarrollo, son limitados y distan mucho de los que presentan las explotaciones de calizas mesozoicas, con espesores masivos, de otras comunidades.

Los volúmenes más importantes se extraen en la zona de Morata de Tajuña, para abastecimiento de la industria cementera y de una fábrica de cal, así como para áridos de trituración.

Especial mención merece la explotación de una variedad de caliza blanca, como "roca de construcción", tradicional en Colmenar de Oreja, con la denominación de "caliza de Colmenar", muy apreciada para el revestimiento de fachadas de edificios monumentales.

La explotación actual se verifica desmontando el recubrimiento y accediendo a la capa a cielo abierto, con la precaución de detectar y evitar explotaciones subterráneas antiguas, pero éstas evitaban el desmonte, tal vez por falta de medios, trazando una rampa y accediendo directamente a la capa, que era explotada de forma muy rudimentaria por cámaras y pilares.



Al ser los pilares muy reducidos y escaso el recubrimiento de techo, se están produciendo hundimientos que asoman al exterior en forma de dolinas y rechupes, confiriendo al paisaje un aspecto inestable sumamente peligroso, que debe ser objeto de especial atención.

#### **4.5.2. Resumen de las visitas realizadas**

Se han visitado 11 explotaciones, una de ellas aún en fase de preparación, que representan el 46 % del total.

Estas explotaciones se localizan en las zonas de Morata de Tajuña (3), Campo Real (3), Arganda del Rey (2), Valdlecha (2) y Colmenar de Oreja (1).

#### **4.5.3. Características y diseño de las explotaciones**

El método de explotación empleado es el de perforación y voladura, con barrenos entre 75 y 105 mm de diámetro, carga de nagolita en columna y dinamita-goma en fondo, en el 40% de los casos, y nagolita y cordón detonante en el resto.

Dado que la masa de caliza, en general, es aflorante - el recubrimiento no llega al metro - no es preciso efectuar desmonte previo, o al menos no suele identificarse como operación diferenciada.

Los taludes finales quedan, en general, con inclinación estable y presentan un correcto estado de saneo. Sin embargo, aunque no se superan las alturas admitidas, es recomendable disminuir la altura de los bancos, a fin de que la maniobra de carga se efectúe de forma que el talud de material arrancado no quede por encima del alcance de la cuchara de la pala cargadora. Esta medida se practica en la explotación más importante, acomodando las voladuras al vértice del talud de tierras producido.

No se han observado socavados ni desplomes en los frentes. Si la voladura se realiza de modo correcto, no es preciso el saneo, ya que la pared queda sin irregularidades. En la citada explotación, se da más estabilidad al talud inclinándolo respecto a la vertical.

Las alturas de banco oscilan entre 6 y 20 metros, con 12-18 m de promedio, y el número de bancos más frecuente es uno, si bien tres de las explotaciones visitadas trabajan en dos bancos y una tiene tres. En estos casos, la anchura de las bermas es muy amplia en uno de ellos y suficiente en los demás.

La división en dos o tres bancos sólo se ha observado en la zona de Campo Real-Valdillecha, en la que la caliza se sumerge bajo un relieve llano, con un espesor total reconocido de 55 metros, conformando explotaciones descendentes, con grandes posibilidades de desarrollo.

En la cantera de Colmenar de Oreja, se realiza una explotación mixta. La parte superior, de caliza margosa para trituración, se arranca con explosivos, procurando no dañar la parte inferior de caliza blanca, que se arranca en bloques por medio de retroexcavadora, para la posterior obtención de planchas. La altura de cada uno de los frentes es de unos 7 metros.

La restauración y revegetación presentan ejemplos avanzados, llevándose a cabo con prontitud tras las labores de explotación.

#### **4.5.4. Plataformas de trabajo, pistas y accesos**

Las plataformas de trabajo son amplias y niveladas, en la mayoría de los casos.

Los accesos a las canteras se encuentran en buen estado en el 80 % de los casos y regular en el 20% restante. De modo general, puede decirse que no presentan problemas, al tratarse de explotaciones ubicadas en zonas de topografía llana o con pendientes suaves, y cerca de vías de comunicación de la tupida red próxima a Madrid. Una de las explotaciones está tan próxima a la carretera de Carabaña,

que ha de adoptar medidas para evitar proyecciones.

Dentro del recinto de las explotaciones, tampoco suelen presentarse problemas de anchura, trazado ni pendientes, tanto por su favorable topografía como por su escaso desarrollo, y dimensión y piso aceptables. En las canteras cuyo piso es la base arcillosa sobre la que se apoya la capa de calizas, suelen presentarse dificultades de tránsito en épocas húmedas.

La conservación de las pistas es, en general, adecuada. Hay que hacer notar que se trata de las explotaciones de mayor envergadura de la Comunidad, especialmente las que abastecen a las cementeras, en las cuales este aspecto está muy cuidado para el mejor desarrollo del trabajo y adecuado mantenimiento de los vehículos. En alguna de estas canteras el movimiento de vehículos ha disminuido notablemente debido a la instalación de transportadores de bandas desde los puntos de machaqueo al parque de fábrica.

Las pistas se riegan en el 70 % de las canteras, habiendo observado la presencia de cubas sobre camiones, tanto en actividad como en reserva, para el periodo de verano en que el problema se agudiza.

#### **4.5.5. Grado de cumplimiento de las I.T.C. de cielo abierto**

La utilización de los vehículos durante las operaciones de carga y transporte es correcta, con adecuada colocación de los volquetes en las proximidades del frente. Los operarios, cuando la cabina está protegida, permanecen en su interior durante la carga. Las cabinas ROPS y los sistemas antivuelco se emplean en el 40 % de los casos.

Una gran parte de las palas cargadoras e incluso de los volquetes cuentan con sistemas de alarma marcha atrás, si bien se suele descuidar su mantenimiento, ya que su buen estado de funcionamiento sólo se ha comprobado en el 30 % de los casos.

El mantenimiento de los vehículos lo suelen realizar las casas suministradoras, siendo en esta Comunidad más operativo este aspecto, por encontrarse más asequibles las centrales de dichos establecimientos.

La colocación de topes y avisos para vertidos no es frecuente, aspecto que conviene destacar, por ser causa habitual de accidentes en las canteras a nivel nacional y fácilmente subsanable. Un mejor modo de operar, observado en una cantera, es el consistente en volcar atrás y empujar luego con bulldozer.

Se ha observado la presencia de líneas eléctricas en el 30 % de las explotaciones, estando a las distancias y tomando las medidas reglamentarias, como el uso, en una de ellas, de detonadores de alta insensibilidad.

En cuanto a disposiciones de seguridad de tipo general, las empresas disponen de las DIS correspondientes.

Las explotaciones están señalizadas en el 70% de los casos y cercadas en el 30%, presentando algún tipo de cercado parcial - caballones de tierra, por ejemplo - otro 30 %. Una de las canteras de Valdilecha presenta unos taludes de altura excesiva que, si bien se están rellenando y se encuentran en el interior de la explotación, deben ser cercados entre tanto.

El uso de casco se ha observado en el 30 % de las canteras, y el de botas en el 40 %. Dado que se trata de explotaciones importantes, la disponibilidad de equipos de protección individual (EPI) está cubierta pero, sin embargo, su uso es más aleatorio. Los trabajadores alegan como razones para prescindir de ellos la incomodidad, el calor o trabajar en el interior de vehículos. Salvo durante las operaciones de perforación y voladura, la presencia de personas a pie es escasa, pues en su mayoría se encuentran maniobrando con las palas o los volquetes.

En el 30 % de las explotaciones se ha observado el uso de martillo rompedor para el taqueo, práctica

muy recomendable para evitar el uso de explosivos.

Un 50 % de las explotaciones dispone de algún sistema de captación de polvo, existiendo en varias de ellas bocas de riego y aspersores.

Volviendo al problema de la situación inestable creada por las antiguas explotaciones de caliza de Colmenar, la actual empresa concesionaria coloca cercas de alambre en torno a los huecos existentes. La permanencia de tales cercas es breve y sólo protege los hundimientos visibles, por lo que serían necesarios una buena señalización y un tipo de cercado más duradero.



La estabilización y restauración de todo el conjunto, mediante la explotación sistemática estaría condicionada tanto a factores económicos, al estar parcialmente

explotada la capa, como técnicos por desconocerse el volumen y situación de los huecos.

En resumen, el sector de las calizas abarca una serie de explotaciones importantes, bien dotadas, mecanizadas y con disponibilidad de medios adecuados de protección para el personal.

## **4.6. CANTERAS DE ARCILLA**

### **4.6.1. Antecedentes**

La producción de arcilla en la Comunidad Autónoma de Madrid es del orden de las 500.000 toneladas, lo que supone la séptima posición por provincias, representando el 4.5 % del total de la producción nacional.

Aunque en el Mapa de Rocas Industriales (ITGE, 1973), se citan antiguas explotaciones de arcilla en el Cretáceo, ya agotadas, se consideraban únicamente las pertenecientes al Mioceno, que se localizaban en tres puntos: Vicálvaro, La Granja y Alcalá de Henares.

En la hoja geológica de Getafe, las arcillas se presentan en las "facies detríticas" en forma de lentejones discontinuos, y en las "facies intermedias", al pasar a arcillas verdosas, con explotaciones para cerámicas en las proximidades de Getafe. En la hoja geológica de Madrid, el conjunto de materiales incluidos se consideran de una edad global miocena, dividiéndose en 11 unidades litoestratigráficas, en 7 de las cuales aparecen las arcillas.

Ha existido algún tipo de explotación antigua en las unidades de arcillas entre yesos tableados del área de Vallecas, en las arcillas marrones y verdosas de la zona Sur de Madrid, para cerámicas en La Celsa y Villaverde, y tejares en Puente de Vallecas, Vicálvaro, Carabanchel, etc., y en las arcillas arenosas de la facies "Madrid", que constituyen la formación fina de las arcosas explotadas para las cerámicas de Mirasierra y Valderribas. Excepto las canteras relacionadas con la fabricación de cemento, todas estas explotaciones están abandonadas.

En la hoja de Alcalá de Henares, se consideran 15 unidades litoestratigráficas, que comienzan por los yesos masivos y culminan en la caliza de los Páramos. Las arcillas son objeto de explotación en cuatro de estas unidades. Dos de ellas forman la "unidad Alcalá Inferior" y las otras dos la "unidad Alcalá Superior".

La primera aflora en los escarpes de la margen izquierda y bajo las terrazas del Henares, presentando niveles de arcillas marrones de hasta 1 m de anchura, entre limos y arenas muy finas.

La "unidad Alcalá Superior" aflora en las partes altas de la margen izquierda del Henares y en el vértice La Granja, formando alternancias de niveles de arcillas marrones, pardo-rojizas y grises, con arenas finas arcósicas. Los espesores en ambos niveles oscilan de 5 a 7 metros.

Los afloramientos dan lugar a barrancos y cárcavas con un modelado topográfico de disección.

Los niveles arcillosos, aunque presentan intercalaciones de arenas y margas, son muy puros, siendo explotados por las industrias cerámicas implantadas en Alcalá de Henares, Torres de la Alameda, Los Hueros y Loeches.

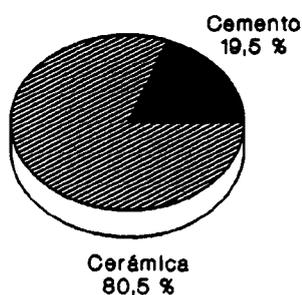
Las reservas, sin cuantificar, se consideran "elevadas".

El ritmo de producción se ve muy afectado por causas meteorológicas, deteniendo la explotación en épocas de clima riguroso y haciendo acopio durante las más benignas.

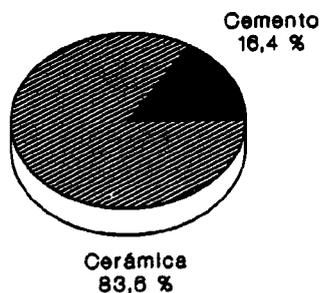
## ARCILLA

### DISTRIBUCION DE LA PRODUCCION SEGUN DESTINOS

PRODUCCION  
TONELADAS



PRODUCCION  
VALOR



#### **4.6.2. Resumen de las visitas realizadas**

Se han visitado cuatro explotaciones, dos de ellas al Sur de Alcalá de Henares y las otras dos en Villalbilla, en las proximidades de Los Hueros. Representan el 26 % de las existentes en la Comunidad.

Una de las canteras de Alcalá, próxima a un parque natural, se encontraba inactiva, habiéndose procedido a su restauración.

Se trata de explotaciones que, como ya se ha indicado, trabajan de forma estacional, dadas las características del material. En invierno sólo se realizan operaciones de desmonterado, mantenimiento y preparación, dejando para épocas secas las tareas de arranque.

#### **4.6.3. Características y diseño de las explotaciones.**

Las explotaciones están diseñadas con un criterio de máxima sencillez conceptual en todos los órdenes.

Se inician por el punto más próximo a una vía de comunicación, que actúa como polo para comenzar el desarrollo de la cantera y a partir del cual se van alejando los frentes, con bancos cuya altura sólo es función de la topografía del lugar.

Se explotan por el método de arranque directo, mediante rebanadas sucesivas arrancadas por bulldozer. Previamente se efectúa el desmonte de materiales margosos o zahorras, con espesores entre 1 y 2 metros.

En función de la dureza y plasticidad de la arcilla, puede ser necesario el ripado previo, como ocurre en la zona de Alcalá, donde después el material es empujado con el bulldozer. La profundidad de cada pasada depende del alcance del ripado.

El material arrancado es cargado, sin ningún tipo de tratamiento o manipulación, mediante palas en camiones que lo transportan a las Industrias cerámicas.

La maquinaria de arranque se contrata y la presencia de personal en cantera es mínima.

Los espesores de capa van desde 4 hasta 20 m, conformándose en un único talud final. Dada la plasticidad del material y la horizontalidad de los estratos, los frentes quedan modelados con gran estabilidad.

#### **4.6.4. Plataformas, pistas y accesos**

Las plataformas de trabajo son amplias y están bien niveladas. Los accesos, salvo en un caso que presenta firme irregular, son adecuados tanto en anchura como en pendiente; lo mismo puede decirse de las pistas interiores.

Solamente cabe tener en cuenta lo resbaladizo del terreno en épocas lluviosas, aunque como ya se ha indicado, en tales circunstancias el tráfico es muy escaso.

#### **4.6.5. Grado de cumplimiento de las I.T.C. de cielo abierto**

De las cuatro explotaciones visitadas, sólo dos están señalizadas y una cercada, al menos el borde superior del talud.

En el momento de la visita, sólo se presenciaron trabajos en una de las explotaciones, habiéndose observado el empleo del casco, incluso dentro de las palas.

El manejo de la maquinaria de carga era correcto, no habiendo tenido ocasión de presenciar tareas de arranque con bulldozer.

No se advirtió el funcionamiento de alarmas de retroceso. Tampoco se ha observado la existencia de ningún sistema de captación de polvo ni para riego de las pistas.

En resumen, se trata de explotaciones de extraordinaria sencillez, escaso movimiento de maquinaria y mínimo personal, con la actividad concentrada en épocas meteorológicamente benignas.

## 4.7. CANTERAS DE YESO

### 4.7.1. Antecedentes

La Comunidad Autónoma de Madrid ocupa el tercer lugar en la producción nacional de yesos, superada a gran distancia por Andalucía y muy próxima a Cataluña. Por producciones provinciales, pasa al segundo lugar, mientras que Almería es la primera, muy distanciada del resto.

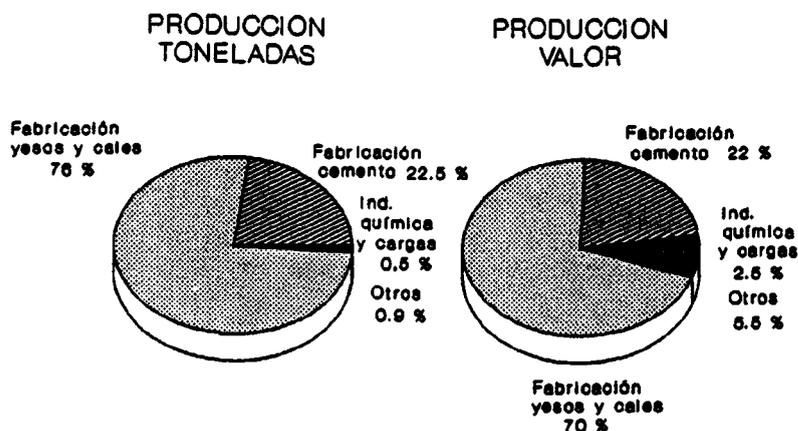
El yeso es la sustancia que ha contado con mayor número de explotaciones a lo largo de las décadas de los 60 y 70, alcanzando cifras superiores a las cien unidades, con un número prácticamente igual de instalaciones de hornos.

Posteriormente, las oscilaciones de la demanda y la reestructuración del sector, concentrando las explotaciones en menos unidades pero con mayor volumen de producción, han hecho descender estas cifras.

En el Plan Nacional de Investigación de Yesos, llevado a cabo por el ITGE a partir de 1968, se dividía el territorio nacional en nueve zonas, comenzando el estudio por la Zona Centro, enclavada en la cuenca del Tajo, agrupando las provincias de Madrid, Toledo, Guadalajara y Cuenca.

## YESO

### DISTRIBUCION DE LA PRODUCCION SEGUN DESTINOS



La Zona Centro se subdividió, a su vez, en otras doce, delimitándose, dentro de cada una, una serie de "masas canterables", de las cuales cinco corresponden a la Comunidad de Madrid. Una de ellas situada al Norte, en Torrelaguna, se data como oligocena, y las cuatro restantes, al Sureste, en la cuenca miocena, con un volumen mucho más importante.

Las cubriciones, establecidas mediante sondeos, para las "masas canterables" fueron de cinco millones de m<sup>3</sup>, para Torrelaguna, 630 para Fuentidueña de Tajo, 1.700 para Vaciamadrid, Ribas de Jarama, incluyendo los escarpes de los valles del Manzanares y Jarama, 2.200 para Chinchón - San Martín de la Vega y 1.600 para Valdemoro, con un total del orden de 6.000 millones de m<sup>3</sup>, que representaban el 56 % del total de la Zona Centro. En el Plan Nacional de la Minería del año 1975, estas reservas se reajustaron a 4.500 millones de m<sup>3</sup>.

Los yesos del oligoceno son blancos, alabastrinos, con gran riqueza en bihidrato y aptos para la fabricación de escayolas. Se presentan en niveles en forma de lentejones encuadrados entre arcillas, resaltando en forma de suaves escarpes, con un espesor máximo de 20 metros.

Los del mioceno, más arcillosos, se encuentran como yesos masivos dentro de las formaciones de la cuenca del Tajo, de las que se dispone de bibliografía más reciente del ITGE (hojas del Mapa Geológico del SE de Madrid y Mapa de Rocas Industriales).

Los materiales miocenos se agrupan en tres grandes conjuntos, que reflejan las condiciones de cuenca cerrada en que se formaron, alimentados por aportes fluviales.

El primero está constituido por las facies detríticas del borde de la cuenca.

El segundo, por la facies intermedia de transición entre los materiales arrastrados mecánicamente, los cuales van presentando un cambio lateral progresivo, enriqueciéndose en materiales de deposición química hacia el centro de la cuenca.

El tercero está constituido por las facies centrales, con materiales depositados en el centro de la cuenca en forma de evaporitas lacustres. Comprende una potente formación de "yesos masivos", con intercalaciones margosas, que aflora en los escarpes que limitan los valles del Jarama y Tajuña, con potencias visibles de 80 a 100 metros, comprobándose mediante sondeos que puede llegar a los 150 m, y en los farallones del valle del Manzanares, con espesores de 50 m como máximo.

El tramo final de este conjunto, o de los Páramos, presenta espesores muy variables, habiendo sido desmantelado en muchas zonas, de modo que no aparece o se reduce a manifestaciones mínimas.

#### **4.7.2. Resumen de las visitas realizadas**

En la zona de Torrelaguna, se han visitado tres canteras, una de ellas sin actividad en el momento de la visita. En la región Sur-Sureste, se han visitado nueve canteras, una en Madrid - Valiecas, dos en Ribas de Jarama y Rivas-Vaciamadrid, cuatro en San Martín de la Vega y dos en Valdelaguna - Morata de Tajuña. En conjunto, representan el 75 % del total de explotaciones existentes en la Comunidad.

#### **4.7.3. Diseño de las explotaciones**

Las explotaciones se diseñan de forma muy sencilla. Salvo en algunas canteras de Torrelaguna, en las que la masa se encaja bajo el nivel superficial y hay que abrir una suave rampa para atacarla, en el resto se atacan a nivel lateralmente, abriendo un frente que va ganando altura hasta coronar la cima, lo que se suele alcanzar en un solo banco y, en algunos caso, en dos.

El arranque se realiza mediante perforación y voladura, salvo en una explotación en que, por la proximidad a una urbanización, se efectúa arranque directo con retroexcavadora. Las voladuras tienen lugar con distintas frecuencias, desde una cada dos meses, hasta una al año o cada dos, cuando se trata de pequeñas explotaciones.

Los explosivos usados habitualmente son dinamita-goma, en fondo, y nagolita en columna, con cordón detonante. También se emplean amonita y riogel. El diámetro de perforación empleado oscila entre los 75 y 95 mm, aunque el más frecuente es el de 80 mm. Los fragmentos gruesos son troceados con martillo picador, en el 25 % de las explotaciones.

En cuatro explotaciones se usa mecha lenta por la proximidad a líneas eléctricas.

No suele ser necesario el desmonte, aunque en una explotación eliminan la parte superior de baja calidad (mezcla de caliza y yeso, muy dura) mediante una pala de cadenas. El recubrimiento es de pocos centímetros o nulo, por aflorar la masa, si bien, en una cantera de Torrelaguna adquiere un espesor inusual de 4 m, casi igual al de la capa, lo que dificulta la explotación.

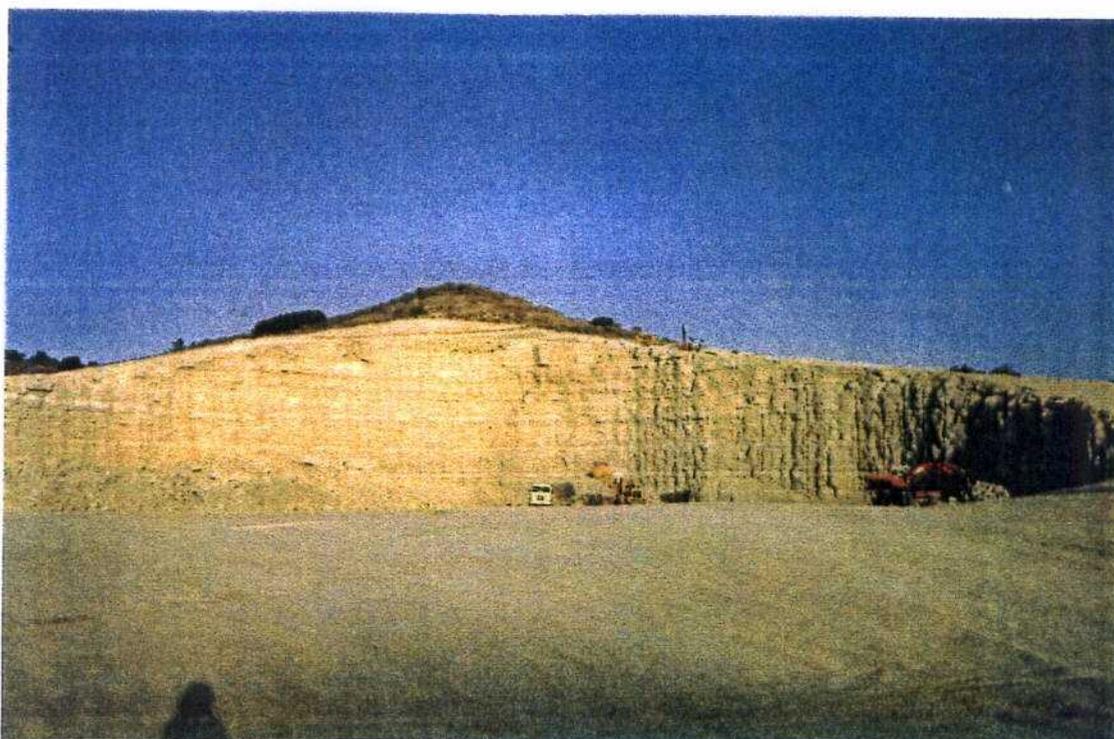
En dos explotaciones se trabaja en dos bancos, y en otra están desdoblado el banco actual de 20 m. Las demás cuentan con un banco único, cuya altura varía entre los 5 y los 20 m. En Torrelaguna, el promedio es de 6 - 8 m, y en el resto entre 12 y 16 metros.

En este sentido, merece especial atención, como excepción, el estado actual de una de las explotaciones (zona de Ribas de Jarama), en la cual las deficiencias del método anterior de explotación, al no dejar bermas de seguridad en las sucesivas bancadas explotadas, ha dejado un talud final de más de 40 m, que representa un reto para los actuales explotadores, ya que se proyecta dividirlo en bancos de 4 m, hasta conseguir un perfil escalonado, lo que supondrá un tiempo considerable. Previamente, se está igualando y preparando la parte superior del macizo con pala de orugas o bulldozer, en pasadas sucesivas, vertiendo por el frente de talud.

En resumen, se trata de explotaciones llevadas con gran pulcritud, sobre todo las de mayor dimensión, cuyos taludes finales verticales quedan saneados y no rebasan los 22 metros. La plasticidad del yeso permite su buen control, no observándose sobreexcavaciones ni desplomes

#### 4.7.4. Plataformas de trabajo, pistas y accesos

Tanto las plataformas, como las pistas y accesos están en buen estado, salvo en tres canteras, actualmente con poca actividad, en las que los accesos están bastante descuidados. Algunas plataformas presentan un aspecto excelente, tanto por sus pisos nivelados y lisos, como por su espectacular amplitud.



En general, las explotaciones están muy próximas a la red viaria, por lo que no presentan problemas para el tráfico rodado, aunque se advierte menor movimiento y número de vehículos que en las explotaciones de otras sustancias. Como contingencia, merece señalarse que los pisos yesosos causan problemas de deslizamientos, por lo que han de extremarse las precauciones de circulación.

#### 4.7.5. Grado de cumplimiento de las I.T.C. de cielo abierto

El 60 % de las explotaciones están señalizadas y el 40 % tiene algún tipo de cercado, bien sea parcial, en la entrada, o mediante caballones de tierra.

Los equipos de protección individual no se suelen emplear, si bien hay que hacer notar que prácticamente todo el personal circula por la cantera en el interior de vehículos. Sólo en una cantera se ha observado el uso de casco, así como de gafas y botas.

Las operaciones de perforación y voladura se realizan correctamente; en algunos casos se contratan. Dado que es una operación no frecuente, el aspecto limpio y ordenado de los frentes es general y la ausencia de replés indica que se efectúa de forma controlada.

Cuando se ha tenido ocasión de presenciar las operaciones de carga, se ha comprobado que se realizan del modo adecuado, con el volquete situado perpendicularmente al frente y la pala cargando desde el lateral.

Sólo en una cantera se ha constatado el buen funcionamiento de la alarma de retroceso en las palas cargadoras. No se han observado puntos de vertido por taludes altos.

Únicamente en dos explotaciones se ha comprobado que riegan las pistas o tienen cubas para hacerlo en tiempo seco.

En tres explotaciones hay líneas eléctricas en las proximidades, y toman las debidas precauciones durante las voladuras, empleando mecha y relés de retardo. En dos explotaciones contiguas la línea discurre por la linde entre ambas, por lo que han dejado un macizo a lo largo de la misma para los apoyos. No se ha observado qué medios utilizan contra las proyecciones.

La cantera ya citada, que presenta un talud final excesivo, efectúa el vertido desde la cabeza del talud, sin bermas. Carece de un cercado suficientemente resistentes y duradero, en proporción al largo tiempo que se mantendrá esta situación, hasta establecer el escalonamiento adecuado, si bien la empresa está en vías de construirlo.

Como resumen general, se puede concluir que se trata de explotaciones amplias y con taludes estables, de mucha menos envergadura que las de otras sustancias. Hay menos actividad aparente, menos personal visible y mucho menor movimiento de vehículos.

El ritmo de consumo de las fábricas anexas a las canteras es mucho menor que el de arranque, por lo que las voladuras son muy espaciadas.

## 4.8. Explotaciones de sepiolita

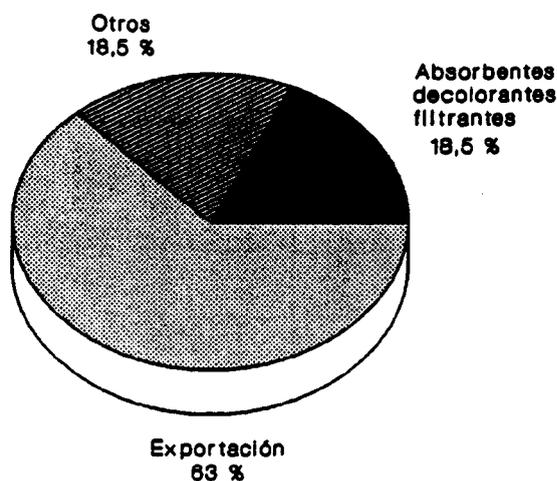
### 4.8.1. Antecedentes

Según las últimas estadísticas disponibles, la sepiolita ocupa el sexto lugar por volumen de producción nacional de minerales no metálicos, mientras que sube al segundo puesto, sólo superado por las sales potásicas, en cuanto al valor de la producción.

También ocupa un lugar destacado en el comercio exterior de minerales, tras las rocas ornamentales (pizarras, granito, mármoles) y las ya citadas sales potásicas.

### SEPIOLITA

#### DISTRIBUCION DE LA PRODUCCION SEGUN DESTINOS



Sólo dos Comunidades Autónomas tienen producción significativa de este mineral, muy poco frecuente.

La Comunidad de Madrid es la primera área productora, con cerca del 90% del total nacional y una de las más destacadas a nivel mundial.

Por valor de la producción, la sepiolita es el primer producto mineral de la Comunidad.

Las sepiolitas son silicatos cuya peculiar estructura cristalina se manifiesta en su morfología fibrosa, incluyéndose en el grupo de "minerales fibrosos de las arcillas", y confiriéndoles sus características propiedades absorbentes.

En la hoja Geológica de Madrid y limítrofes al Este y Sur, se localizan las sepiolitas en las "facies intermedias" o de transición gradual entre la facies arcósica "Madrid" y las "facies evaporíticas" situadas más al Este.

El cambio de medio de sedimentación viene marcado por la presencia de minerales fibrosos, como la sepiolita, y por la precipitación de sílice en forma de ópalo. En algunos casos, los niveles de sílex y sepiolita se mantienen constantes, de manera que pueden servir de niveles guía correlacionables hacia las facies centrales. Los depósitos de sepiolita se encuentran en la orla de los abanicos detríticos más distales, procedentes del Sistema Central, en el tránsito a arcillas esmécticas. Dichos abanicos muestran abundantes niveles de paleosuelos. En varias hojas, las facies intermedias aparecen sobre los yesos basales.

Varios autores asocian las sepiolitas a minerales de neoformación, generados por precipitación directa o por transformación de otros preexistentes en medios con poco transporte.

Se ha esbozado un modelo genético, según el cual se formaron por precipitación en zonas lacustres marginales, con aguas de naturaleza alcalina, influidas por flujos saturados en sílice que circularon a través de los abanicos arcósicos.

Los afloramientos presentan una dirección aproximada NE-SW y están encuadrados en el polígono Móstoles - Madrid - Paracuellos de Jarama - Torrejón de Ardoz - Puente de Arganda - Valdemoro. Aparecen en dos capas, de dimensiones variables, hasta 5 m, que se disponen subhorizontalmente, aflorando muchas veces en tierras de labor. Como al SW se enriquecen en esmectitas, las explotaciones se concentran al NE.

La sepiolita de Vallecas se viene explotando desde muy antiguo, constituyendo un ingrediente esencial para la fabricación de porcelanas muy renombradas, en instalaciones ya desaparecidas. La explotación a gran escala se inició en los años cincuenta, habiéndose desarrollado durante los últimos años en

continuo incremento. Durante los años 80 se han mantenido en actividad en torno a 9/10 explotaciones, cifra que ha quedado concentrada en 1992 a seis unidades.

#### **4.8.2. Resumen de las visitas realizadas**

Se han visitado tres explotaciones, situadas dos de ellas en Madrid (Vicálvaro) y la tercera en Paracuellos del Jarama, que representan el 50 % del total en actividad.

A su vez, una de las explotaciones engloba dos grupos mineros de la misma empresa, que comprenden varias concesiones.

#### **4.8.3. Características y diseño de las explotaciones**

Debido al distinto grado de desarrollo de las tres explotaciones, se hace necesario considerar individualmente cada una.

Una de las explotaciones de Vicálvaro, la situada más al Este, está en fase inicial de explotación, sin personal durante la visita y con una actividad estacional, mientras que la otra es la principal explotación de sepiolita, con un elevado desarrollo, gran amplitud y un elevado movimiento de tierras, que la sitúa en primer lugar dentro del ámbito de la Comunidad de Madrid. La explotación de Paracuellos presenta un desarrollo medio, estando en producción normal, pero con mucha menos extensión y producción que la anterior.

El yacimiento presenta características muy similares en las tres unidades. El espesor de la capa de sepiolita va de 1 a 4 m, alcanzando puntualmente los 5 m, con una media del orden de 3,5 metros. Lo que varía grandemente de una explotación a otra, o incluso dentro de la misma, es el espesor del recubrimiento. En tanto que en la explotación en fase inicial presenta un espesor máximo de 1,5 m, en la de mayor desarrollo varía de 2 a 40 m, y en la de Paracuellos alcanza los 15 metros.

La altura media de los frentes varía entre 6-7 m, 8-20 m y 15-18 m, respectivamente.

En la gran explotación de Vicálvaro, los taludes finales alcanzan alturas de 30-40 m, con un máximo de 45 metros. Si bien no dejan bermas durante la explotación, sí se dejan al alcanzar el talud final. La anchura es de 2 m, suficiente, ya que no son para la circulación de vehículos, sino sólo como protección. La pendiente del talud final es de 1:1, en tanto que en los rellenos es de 1,5:1 y en las cortas de 0,75:1. El aspecto que presentan es de suficiente estabilidad.



La elevada proporción de desmonte hace que se llegue a ratios del orden de 7 a 8, lo que engendra un movimiento de tierras de gran envergadura.

El método de explotación es el de arranque directo, retirando temporalmente los materiales del recubrimiento, que se vierten de nuevo en el hueco producido, una vez arrancada la capa explotable, bien de forma directa, rellenando el cuartel anterior, o bien mediante una acumulación transitoria intermedia, al trazar el primer cuartel. Se practica así una minería de transferencia, con variantes acomodadas al ritmo de explotación.

Se debe insistir en que, ni los medios mecánicos ni el movimiento de tierras, son comparables en las tres explotaciones, aunque en todas ellas se parte de una superficie previa horizontal o suavemente alomada, trazándose la explotación de forma descendente, por rebanadas sucesivas, cuyo espesor depende de la capacidad de los equipos utilizados.

Los citados equipos son, en su mayoría, arrendados. En algún caso se contrata el desmonte y se realiza la extracción del mineral con medios propios, y en otros se contrata la explotación en su conjunto. En el primer caso, pueden simultanearse los equipos, predominando el contratado en desmonte y el propio en explotación.

Los trabajos se ven interrumpidos en la época invernal, de forma total en la explotación menos desarrollada, y sólo en cuanto a las labores de extracción del mineral en las otras dos. En este caso, tanto los equipos propios como los arrendados se dedican a desmontar.

En la explotación incipiente, el diseño es muy simple. La excavación es muy somera y se accede a ella por rampa. El campo es muy limitado, siguiendo las ondulaciones del piso de roca silíceas. Aunque con aspecto aceptable y sin problemas aparentes de seguridad, se desconoce el comportamiento de este material tan resbaladizo en época lluviosa. Dada la reducida incidencia de esta explotación, en el resto del apartado sólo se hará referencia a las otras dos.

En la unidad de Vicálvaro, la zona de explotación es muy extensa, agrupando varias concesiones mineras y llevándose simultáneamente varios frentes, con aparente dispersión, sin mantener una alineación de avances, debido a necesidades de composición del mineral para fabricación del producto final.

El desmonte origina una serie de excavaciones rectangulares o "cuarteles", que, una vez retirada la capa de sepiolita en su fondo, se recuperan para su utilización agrícola.

Se emplea maquinaria variada: retroexcavadoras, palas de ruedas, tractores y moto-traillas. Estas últimas se han visto trabajando en pistas y trazados de desmonte de elevada pendiente.

La explotación de Paracuellos es muy similar a la anterior, aunque con menor espesor de desmonte y más concentrada, trabajando en módulos, en desmonte, explotación y relleno. Normalmente, la explotación de la capa se lleva a cabo en un solo módulo. En esta unidad se emplean retroexcavadoras, palas de ruedas y orugas, tractores y buldozer.

Ambas empresas han hecho intentos de abrir explotaciones subterráneas, con ánimo de evitar el desmonterado. Los resultados han sido poco satisfactorios en Vicálvaro, como consecuencia del método empleado, aunque se estudian otros, y están más avanzados en Paracuellos. En esta última se están trazando dos galerías en capa, con equipos de arranque puntual, a fin de explotar en retirada el macizo comprendido entre ambas. El método está aún en fase de experimentación.

#### **4.8.4. Plataformas de trabajo, pistas y accesos**

Debido a la movilidad de los frentes o módulos de explotación, no puede hablarse de plataforma o plaza de cantera única, sino de amplias extensiones niveladas, sin otro problema que el de la naturaleza resbaladiza del terreno en época lluviosa.

La explotación menos desarrollada presentaba una superficie bastante irregular. La circulación por la pista de acceso desde la carretera, dada su naturaleza arcillosa, es un tanto dificultosa, salvo para vehículos todo-terreno.

Los accesos son inmediatos por estar situadas en zonas muy pobladas. Esto supone una limitación para las grandes explotaciones de la zona de Vicálvaro - Coslada - San Blas, cuya expansión queda interrumpida por la red de carreteras de la zona.

La explotación de Paracuellos tiene el enlace más corto con su planta a través de una pista de unos 3 km, limitada por el perímetro del aeropuerto, estrecho pero transitable y con espacios para el cruce de camiones.

#### **4.8.5. Grado de cumplimiento de las ITC de cielo abierto**

Sobre la explotación en fase inicial, inactiva en el momento de la visita, sólo cabe reseñar que carece de todo tipo de cercado o señalización, que debería instalarse aunque los taludes sean reducidos.

En cuanto a las otras dos explotaciones, ambas están señalizadas. La de Vicálvaro tiene cercados los acceso y bordes de talud, y la de Paracuellos todo su contorno colindante con el aeropuerto.

En una se utilizan botas de seguridad y, en la otra, casco en las labores de interior y sus proximidades.

En ambas riegan las pistas y se vigila el saneo de los niveles arenosos donde éstos se presentan. Su presencia condiciona precisamente la inclinación del talud hasta la relación 1:1

La maquinaria de carga está equipada, en su mayor parte, con cabinas antivuelco. No ocurre lo mismo con la de transporte, en la que junto con volquetes adecuados circulan camiones de todo tipo. No se ha observado el funcionamiento de las alarmas de retroceso.

En cuanto a la manipulación de vehículos, se ha apreciado un comportamiento desigual; en tanto que se realiza correctamente por el personal propio, los trabajos a contrata mantienen las pistas menos cuidadas, con pendientes acusadas, maniobras muy rápidas y, como punto a destacar, ausencia de topes duraderos en los taludes de vertido, deficiencia ésta muy fácilmente subeable.

La colocación relativa de palas y volquetes, así como el acceso del personal a las máquinas, se realiza correctamente, al menos en las ocasiones en que se ha podido presenciar.

Se ha observado la presencia de líneas eléctricas en una de las explotaciones, si bien al no ser necesario el uso de explosivos, las precauciones a tomar son las más elementales.

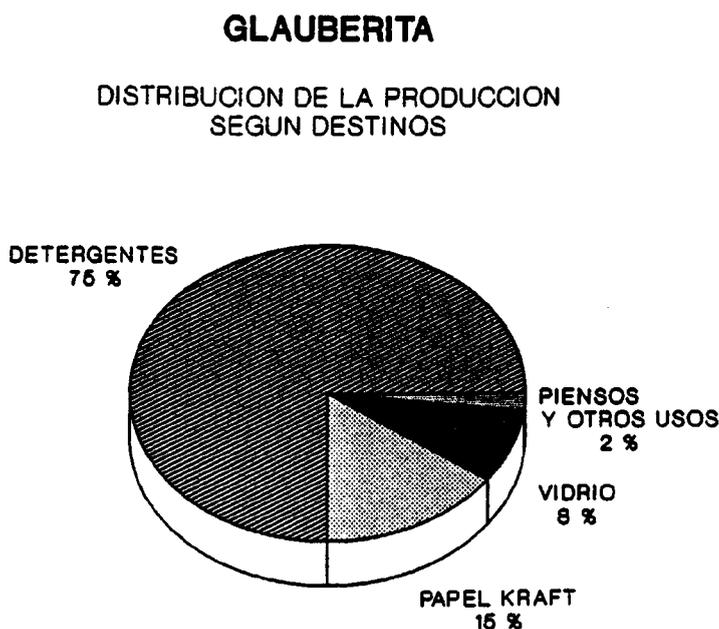
En resumen, se trata de explotaciones con una elevada mecanización, sin problemas de diseño, taludes estabilizados y gran movimiento de tierras, que abastecen plantas muy modernas y especializadas cuya producción se destina a un amplio mercado internacional.

## 4.9. EXPLOTACIONES DE GLAUBERITA

### 4.9.1. Antecedentes

La glauberita ocupa el séptimo puesto en la producción nacional de minerales no metálicos, pasando al tercer puesto en cuanto a valor de la producción. En ambos casos, se sitúa inmediatamente después de la sepiolita.

Más de la mitad de la producción se dedica a la exportación, ocupando la 8ª posición en el comercio exterior de minerales.



En las estadísticas internacionales, se suelen englobar los dos sulfatos sódicos naturales, glauberita ( $\text{SO}_4\text{Na}_2 \cdot \text{SO}_4\text{Ca}$ ) y thenardita ( $\text{SO}_4\text{Na}_2$ ), con contenidos medios de sulfato sódico de 36 % y 64 %, además del producido como consecuencia de los procesos industriales.

España es el único país europeo que explota sulfato sódico natural. La producción española es alrededor del 20 % de la producción mundial de sulfato natural y un 13 % de la total. Ocupa el primer puesto, casi igualado con México y seguido de cerca por Rusia, E.E.U.U. y Canadá.

Los recursos identificados en el inventario nacional de recursos de sulfato sódico (ITGE, 1991), arrojan la cifra total de 55 millones de toneladas.

La producción nacional se concentra en dos provincias, Burgos, con el 86 % del valor de la producción y Madrid, con el 14 % restante. La producción de thenardita corresponde a Toledo en su totalidad. Se explotan cuatro yacimientos en total, dos situados en la cuenca del Tajo y otros dos en la del Ebro.

Dentro de la Comunidad de Madrid, cuyos recursos identificados se cifran en 15 millones de toneladas, el valor de la producción ocupa el 5º lugar en el conjunto de la producción minera.

La distribución de los materiales miocenos en la "cuenca de Madrid" obedece al esquema clásico de una cuenca endorreica árida, extensiva a todo el conjunto de la cubeta central del Tajo.

De las facies "de borde", detríticas, y de las "intermedias" o de transición, descritas anteriormente para otras sustancias, se llega al tercer conjunto, formado por las facies "centrales evaporíticas" depositadas en el centro de la cuenca, con predominio de la sedimentación química. La unidad descrita como "yesos masivos" en las hojas geológicas del área Este y Sur-Este de Madrid, tiene su equivalente hacia áreas más centrales de la cuenca, en la llamada unidad "salina", formada mediante cambio lateral de facies de aquella y constituida mayoritariamente por margas yesíferas con intercalaciones de sal común y anhidrita y, localmente, por depósitos de glauberita y thenardita.

Este tramo puede estar carstificado, dando lugar a manantiales de aguas cargadas de sulfatos, que han sido explotados en forma de salinas en la margen derecha del Tajo, al sur de Ciempozuelos, y de aguas minero-medicinales procedentes de niveles con glauberita, thenardita y epsomita, en Carabaña.

La formación de niveles potentes de halita ha sido detectada en el recorrido Pinto - Valdemoro - Perales de Tajuña - Tiernes y Carabaña.

El centro de la cubeta se encuentra en la hoja de Chinchón, área de Villaconejos a Villarrubia de Santiago, en las márgenes derecha e izquierda del Tajo, respectivamente. Aunque la formación de las facies evaporíticas se atribuye a depósitos de "lagos playa" salinos, en este área se han propuesto últimamente modelos de sedimentación evaporítica en lagos permanentes.

Precisamente en ambas áreas se ubican las dos explotaciones en actividad de la cuenca: en la de Villarrubia, al Sur, provincia de Toledo, junto al Tajo, la mina subterránea rica en thenardita y en la de Villaconejos, Colmenar de Oreja, Chinchón y Titulcia, al Norte, la explotación a cielo abierto de glauberita, dentro de la C.A. de Madrid.

#### **4.9.2. Resumen de las visitas realizadas**

Las visitas se limitaron a la única explotación existente, próxima a Villaconejos. Aun cuando se sale del marco típico de las canteras, se incluyó en el estudio por las peculiares características del método de beneficio empleado, muy poco usual y totalmente específico para este tipo de sustancias.

La investigación de la zona comenzó en 1972, como probable continuación lateral del depósito de Villarrubia, a pocos kilómetros en la orilla opuesta del Tajo, entrando en actividad en 1982.

#### **4.9.3. Características y diseño de la explotación**

Se trata de una minería muy singular, en la que se presenta una particular imbricación entre la explotación y la planta de tratamiento, de modo que la producción de salmuera se integra como un único proceso industrial con el tratamiento en la planta.

La mineralización explotada está constituida por capas subhorizontales de 20 a 25 m de potencia, intercaladas entre yesos, anhidritas y margas.

Los niveles de glauberita aflorantes han sido lixiviados de forma natural, dejando un recubrimiento de otros 20 a 25 m que es preciso retirar para alcanzar los niveles de material explotable.

La labor minera propiamente dicha se efectúa en la fase de desmonte y preparación. La excavación se realiza mediante arranque directo por bulldozer, formando balsas rectangulares de grandes dimensiones, que denominan "piscinas", en cuyo fondo queda al descubierto la capa de mineral.

A continuación se arranca una franja sobre la propia capa de mineral, por perforación y voladura, y carga con pala, iniciada en rampa, para hacer una especie de callejón con el fin de dar salida al material arrancado mediante voladuras sucesivas, dividiéndose el piso en franjas de una determinada piedra, que van volcando el material sobre el hueco producido por la voladura anterior, quedando finalmente removida toda la masa para facilitar el proceso de lixiviación posterior.

Así queda configurada la operación minera, de tipo mixto, previamente arranque directo realizado a contrata y, posteriormente, perforación y voladura, con la particularidad de que el material arrancado queda in situ .

A los fines del presente estudio, hay que tener presente la altura del talud, del orden de los 25 m, su pendiente y su estabilidad.

El estéril arrancado se deposita en escombreras, formando enormes montones acumulados en áreas con menores perspectivas de explotabilidad. Posteriormente, transcurrido el ciclo de explotación de cada piscina, éstas se rellenan con el citado estéril.

Las piscinas se disponen en batería, dejando entre ellas una separación de terreno sin excavar. La operación de desmonte se realiza muy espaciadamente, pues la explotación de cada piscina dura del orden de diez años.

La lixiviación del sulfato sódico se inicia bombeando agua mediante un entramado de tuberías

horizontales. Es un proceso de disolución incongruente, pues el sulfato cálcico que entra en la composición de la glauberita queda sin disolver, pasando a formar yeso. El drenaje de la salmuera que se va formando se efectúa a través de tubos verticales de mayor sección, encajados en la capa, a modo de sondeos.

No toda la capa es glauberita; hay intercalaciones de otras sales y yesos no solubles. La disolución del sulfato sódico se favorece utilizando agua templada residual procedente de la propia planta. En el momento de la visita, se estaba experimentando una especie de draga para remover el material con la misma finalidad de acelerar la disolución.

La operación finaliza cuando la concentración desciende a límites no admisibles por la planta. En ésta, se somete la salmuera a un moderno proceso de evaporación para obtener el sulfato sódico anhidro comercial.

#### **4.9.4. Plataformas de trabajo, pistas y accesos**

Dada la especial configuración de este tipo de explotación, la plaza de cantera o plataforma de trabajo en este caso es la "piscina" o balsa.

Los accesos son inmediatos a la carretera de Titulcia a Villaconejos, y las pistas interiores amplias y sin problemas, ya que han sido diseñadas para soportar un intenso tráfico durante el desmonte de tan elevada cantidad de recubrimiento.

#### **4.9.5. Grado de cumplimiento de las ITC de cielo abierto**

La explotación está señalizada y cercada. Las alturas de los taludes de las piscinas rondan el límite admitido y ofrecen buen aspecto en cuanto a estabilidad.

Las escombreras, en las que el vertido se realiza por rampas ascendentes, presentan taludes naturales de vertido estables.

La explotación carece de personal propiamente minero, habiendo sólo personal de mantenimiento, que va provisto de casco.

Las operaciones de desmonte y perforación se realizan con técnicas mineras típicas, sujetas a las disposiciones de seguridad reglamentarias. Actualmente no tienen lugar, ni será preciso reanudarlas hasta dentro de varios años, cuando finalice la explotación de las actuales piscinas. Por ello, no hay movimiento de vehículos, ya que el transporte de las salmueras se realiza, como se explicó anteriormente, por bombeo.



## **5. RECOMENDACIONES Y MEDIDAS A TOMAR**

A la vista de las observaciones consignadas en los apartados relativos al grado de cumplimiento de las ITC de cielo abierto de cada una de las sustancias explotadas en la C.A. de Madrid, cabe formular un cómputo general destacando las disposiciones que no son objeto de un cumplimiento adecuado, o lo son parcialmente, o las carencias de medios de protección detectadas.

Es preciso tener presente ante todo, como índice más representativo, las causas últimas de los accidentes mortales o graves ocurridos en la Comunidad durante los últimos cinco años, para deducir enseñanzas y detectar tendencias, si las hubiere.

En este caso, se presentan respecto al factor humano. De los cuatro accidentes, en tres se señala imprudencia del operario como causa última y en el otro como causa coadyuvante, por no llevar el operario el equipo de protección reglamentario.

Esto lleva a situar en primer lugar, como recomendación especial, la formación del personal.

Es de destacar este factor, siempre presente en cualquier estudio sobre seguridad y, sin embargo, reincidente, en particular en una Comunidad en que el nivel de formación del personal se puede considerar bueno, en comparación con lo observado en otras regiones. Todo cuanto se emprenda en este sentido, mediante campañas, cursillos, etc., redundará en beneficio de la propia seguridad.

Es fundamental la mentalización del empresario para apoyar cualquier medida, ya que la existencia de normas no sirve de mucho si no se cuenta con respaldo adecuado. También es muy conveniente recoger de forma sencilla y asequible las instrucciones y recomendaciones de las ITC que afecten a la seguridad.

Se contemplan a continuación las medidas generales para todo tipo de explotaciones y, posteriormente,

las específicas para cada tipo de sustancia o método de explotación.

### **5.1. DISPOSICIONES GENERALES**

El 50 % de las explotaciones carece de señalización, medida obligatoria para todo tipo de canteras y fácil de llevar a la práctica.

El cercado de las explotaciones es una medida diferencial, que puede ser prescrita en casos especiales. El 40 % de las canteras presenta algún tipo de cercado. La necesidad de vallado depende de la altura y verticalidad de los taludes y de su proximidad a vías de tránsito, poblaciones o núcleos urbanizados. Esta circunstancia se presenta en casos puntuales que ya se han reseñado. Baste recordar la necesidad de cercado resistente y duradero en las explotaciones antiguas de "caliza de Colmenar", como única medida rápida, en tanto pudiese estudiarse otro tipo de actuación.

En caso de abandono temporal o definitivo, se impone el cerramiento completo de las zonas de riesgo.

La ITC es tajante respecto a la obligación de utilizar casco, pero sólo el 20 % del personal lo usa. Las empresas lo ponen a disposición del personal, pero éste lo rehúsa sistemáticamente. Esta es una constante a nivel nacional. Evidentemente, el riesgo no es igual en una gravera o en una cantera de arcilla, con explotación sin alturas o bajo nivel, que junto a taludes altos, verticales, con posibilidad de desprendimiento. La presencia de personal a pie en estos emplazamientos o en palas sin cabina protegida es absolutamente temeraria. Las direcciones facultativas insisten en su utilización. La experiencia minera denota que es una postura normal en todos los colectivos al iniciarse la implantación de toda nueva medida. Sólo con una mínima estructura empresarial de institucionalización jerárquica, con convencimiento por parte de los responsables de la disciplina en el trabajo, se puede imponer y terminar resultando absolutamente normal y beneficioso, incluso exigido por los propios trabajadores.

Como referencia, cabe destacar el accidente ocurrido en una gravera en 1991, en que el uso del casco

podría haber aminorado la gravedad de la lesión.

El uso de otros EPIs queda limitado al 15 % de las explotaciones. Las escaleras y, en especial, los cinturones de seguridad, se hacen necesarios en aquellas explotaciones en que se trabaja en altura, como sobre los bloques de granito o en las proximidades de las tolvas. Las mascarillas y, especialmente, los auriculares se suelen ver en las explotaciones de corte por lanza térmica.

Las empresas suelen dotar al personal de prendas de protección, pero es poco frecuente su utilización.

## **5.2. CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO**

Pasando a las características diferenciales para cada tipo de sustancia o método de explotación, hay que tener en cuenta los parámetros de diseño importantes, la altura de banco, inclinación, estabilidad y saneo de taludes y disposición, en su caso, de bermas entre los diferentes bancos.

Conviene diferenciar los diversos tipos de explotaciones:

### **Explotaciones de granito en piezas y bloques**

Las alturas de banco, tanto en las canteras de piezas como en las de bloques, no sobrepasan la altura máxima de 12 m, permitida.

No se han observado casos de desplome forzado por los planos de estratificación o superficies favorables de separación. Los taludes laterales y frontal, cortados por barrenos, lanza térmica o hilo diamantado, son verticales, limpios y estables, por lo que no es preciso ningún tipo de saneo. Únicamente conviene prestar atención a la parte superficial alterada, que puede desmenuzarse y originar desprendimiento de fragmentos sueltos, por lo que procede limpiar este nivel.

Una operación que hay que realizar cuidadosamente y que causó un accidente mortal en 1988, es el volcado de bloques, una vez liberadas todas las caras. Se suele realizar con ayuda de brazos adaptados a las palas u otros medios, siendo elemental avisar de la operación y controlar la zona de caída, dado

que la ITC no permite personal al pie de los bancos.

#### Explotaciones en que el arranque se efectúa por perforación y voladura

Son muy numerosas, pues incluyen los áridos de trituración y los yesos. Las alturas de banco quedan, en todos los casos, por debajo de los 20 m admitidos en la ITC.

El número de bancos más habitual es uno, en algún caso dos y todo lo más tres. Las bermas observadas son amplias.

Las ITC permiten taludes verticales cuando la perforación se realice desde la parte superior del banco, como es la práctica habitual, siempre que se mantenga la estabilidad. No obstante, ésta se afianza en algunas explotaciones importantes de caliza diseñándose el talud en ángulo.

La selección de alturas se establece, generalmente, a partir de la profundidad de los equipos de perforación y del alcance de la cuchara de la pala o excavadora para sanear cualquier punto del frente.

Ante las ventajas de ir a alturas mayores, tales como mayor rendimiento de la perforación, menor cambio de posición de los equipos e infraestructura más económica al hacer menos bancos, las alturas menores suponen una mejora en la seguridad, dada la mayor limpieza y saneo, hay menos desviaciones del barrenado, disminuyen las vibraciones al tener menor carga operante, las rampas de acceso a los bancos son menores y se facilitan las condiciones para la restauración y tratamiento de los taludes finales.

Otra limitación recomendable es que, si el talud sobrepasa el límite de alcance de la cuchara, al menos ésta llegue al punto más alto del montón de escombros para que nunca puedan quedar colgados.

Cuando los frentes quedan fuera del alcance de la pala, la calidad del saneo es consecuencia de la calidad de la voladura. Debe evitarse el disparo de barrenos horizontales o "zapateras", pues el control

de las proyecciones y el saneo del frente son peores. En el caso de que se produzcan repiés, es preferible la sobreperforación y la carga de dinamita en fondo.

Se ha tenido ocasión de presenciar el proceso completo de una voladura en una cantera importante, y pudo comprobarse que se realizaba correctamente, atendiendo a todas las exigencias requeridas, de acuerdo con su proyecto tipo.

No se ha presenciado la práctica del taqueo con explosivos, operación que va desapareciendo, siendo sustituida por martillos rompedores hidráulicos. En cualquier caso, la fragmentación conseguida con la voladura suele ser adecuada, lo que supone un cálculo correcto de la carga y el buen aprovechamiento del explosivo.

#### Excavación con medios mecánicos

Se aplica a arenas y gravas, sepiolitas, arcillas y al desmonte de las capas en las glauberitas.

En este caso, la operación presenta gran diversidad, especialmente en las graveras debido a la variación de potencia de las capas.

Según la ITC, en las máquinas de ataque frontal, la altura queda limitada a un metro por encima del alcance de la cuchara, y en los otros tipos sólo al alcance de ésta. Las alturas de las graveras se encuentran en este caso. Sólo un 10 % ronda o rebasa ligeramente los límites.

Los taludes pueden llegar a ser verticales. Debe evitarse la sobreexcavación, al atacar la masa por la parte inferior para provocar su caída. Esta operación, sumamente peligrosa, no se ha observado en ninguna de las explotaciones visitadas y, sin embargo, uno de los accidentes graves contabilizados fue motivado por esta causa, por lo cual es un peligro que nunca debe descuidarse.

Cuando se trata de arranque por ripado o con bulldozer no se señala límite de altura.

En las arcillas, las rebanadas descendentes con bulldozer bajan de los 4 a los 20 m. En sepiolitas y

glauberita, los desmontes, ejecutados con los mismos procedimientos, alcanzan grandes espesores que pueden llegar a 40 y 20 metros, respectivamente.

En estos casos, al ir avanzando la excavación hacia el interior de la masa, o bien descendiendo para formar una especie de cubetas, las pasadas sucesivas van terminando en el talud final, lo que lleva a taludes de bastante altura.

Las ITC condicionan la altura e inclinación de dichos taludes, tanto de trabajo como finales, a su estabilidad. Mediante un estudio geotécnico se determinará el talud final estable y, en su caso, el emplazamiento de las bermas destinadas a proteger de posibles desprendimientos los trabajos a nivel inferior. Si existen niveles arenosos o descompuestos, se deben trazar de modo que sea posible su saneo.

En general, el saneo será realizado por personal experto, con medios adecuados, asegurando que no queden masas inestables.

Con el arranque por medios mecánicos, se obtiene un perfilado de buen acabado. Se recomienda suavizar la verticalidad, pues en caso contrario, el frente tiende, con el tiempo, a un ángulo de talud estable residual de menor valor que el de trabajo.

### **5.3. PLATAFORMAS, PISTAS Y ACCESOS**

Las plataformas de las canteras pueden calificarse de buenas, en general, en algún caso sobresalientes, por su amplitud, horizontalidad, suavidad y limpieza de pisos, y ausencia de cantos, bloques o piedras sueltos.

Cabe formular alguna excepción, tanto sectorial como puntual. En el primer caso, las explotaciones de granito, por su disposición siguiendo la presencia de zonas más aptas, pueden ofrecer un aspecto más

desordenado, en cuanto a presencia de bloques dañados por alguna fisura o defecto, quedando sueltos o apilados en espera de su aprovechamiento como "desquites" o su desecho definitivo. En este caso, queda la calificación en suficiente, con dos únicos casos de superficies irregulares a corregir.

Los accesos y pistas presentan similares características, con trazados, anchuras y pendientes adecuadas. Los accesos son muy asequibles, debido a la extensa red viaria de las proximidades de Madrid, tanto en las zonas de valles o vegas de aprovechamiento agrícola, como en las laderas de la Sierra por las numerosas urbanizaciones. Esto es una cualidad diferencial y una ventaja respecto a otras regiones.

En cuanto a las pistas interiores, se encuentran bien en un 85 % de los casos. Hay que señalar siete pistas objetables en granitos, por presentar escaso mantenimiento y pendientes acusadas, una en graveras y dos en calizas, por firme irregular, y una en arcillas y sepiolitas. Todas estas deficiencias son subsanables, dada la favorable orografía de los emplazamientos.

Se hace preciso señalar que en las canteras de yesos, arcillas y sepiolitas, tanto las plataformas como los accesos y pistas presentan dificultades de tránsito durante la época de lluvias, debido a la naturaleza resbaladiza del piso, circunstancia que es necesario prevenir y advertir, si bien algunas explotaciones, en dicho periodo, suspenden los trabajos, especialmente los de extracción de mineral

Un 60 % de las explotaciones, dejando aparte las graveras, que suelen trabajar en húmedo, dispone de algún elemento para riego de pistas en época seca, con el fin de reducir la emisión de polvo que puede limitar la visibilidad y, sobre todo, la contaminación.

#### **5.4. MAQUINARIA**

La maquinaria utilizada se puede considerar, en la mayoría de los casos, como nueva o seminueva, con tamaño y capacidad adecuados, en número suficiente, a veces más que suficiente, teniendo en cuenta

que las visitas se han realizado en un periodo de cierta crisis en la construcción, a continuación de una época de extraordinaria expansión que impulsó a muchos pequeños propietarios a ampliar y modernizar su parque.

Las ITC contemplan un amplio repertorio de medidas en cuanto a utilización y manejo de máquinas, cuyo cumplimiento no siempre se tiene ocasión de comprobar durante las visitas. Cuando se han presenciado, se ha observado que el posicionamiento relativo de camión y pala, la situación del volquete respecto al frente o bordes del talud se hacían correctamente.

Está bastante extendida la protección de la cabina, especialmente en los grandes volquetes, único caso en que el conductor puede permanecer dentro de la cabina durante la carga.

No se estima necesario establecer disposiciones especiales sobre regulación de tráfico y señalización, por no ser aquél demasiado intenso. De las dos explotaciones con gran movimiento de cargas, en una se conduce el material por cintas transportadoras blindadas y en otra se traslada de un punto a otro próximo y delimitado en un proceso de transferencia.

En general, el mantenimiento se suele hacer por las casas suministradoras del equipo. Esto es otra gran ventaja para las canteras de esta Comunidad, dada la presencia próxima de tales establecimientos.

En cuanto al equipamiento de las propias máquinas, se está difundiendo la tendencia, que las nuevas directivas europeas incrementarán, a utilizar cabinas con protección antivuelco. Ya se emplean en el 15 % de las explotaciones. Es una precaución muy recomendable, sobre todo si se contempla el cuadro de causas de accidentes a cielo abierto, en el cual el número de víctimas producidas por caída de máquinas o vuelco ocupa un destacado primer lugar.

Un punto negativo a señalar es que, aunque es de suponer que las máquinas dispondrán de alarma acústica de marcha atrás, dada su modernidad, es escasísimo el número de vehículos en que se han

oído, sólo un 10 %, lo que indica falta de mantenimiento por descuido o incomodidad.

Por último, queda una operación que, a pesar de lo sencillo de subsanar, no se suele hacer correctamente. Se trata del vertido. La ITC establece que en las zonas con peligro de caída o vuelco es necesario, o bien el uso de una barrera o tope no franqueable, o bien la presencia de una persona que dirija la operación. Ninguna de estas precauciones se suele tomar. Se han detectado varios casos puntuales en canteras y uno en cabeza de planta de una gravera, en los que además se añade la pendiente y acuífamiento de la pista en su descarga. Hay que cuidar este extremo, debido a que las caídas con máquinas y los vuelcos son la primera causa de accidente a nivel nacional.

No se han presenciado maniobras de cambio o inflado de neumáticos. Se ha comentado esta contingencia acerca de la toma de medidas respecto a la posición de operario y colocación de dispositivos de protección, dada la frecuencia con que estas operaciones, aparentemente inofensivas, provocan accidentes. Al parecer llevan a efecto estas precauciones.

## **5.5. PREVENCIÓN CONTRA EL POLVO**

Dependiendo de la estación y sequía del momento, la mayoría de las canteras producen polvo en mayor o menor grado.

Sólo un 15 % de las canteras visitadas dispone de captadores de polvo, si bien hay que destacar que entre ellas se incluyen las empresas importantes de obtención de bloques de granito y las grandes explotaciones de caliza.

En la ITC 07.1.04, "Condiciones ambientales. Lucha contra el polvo", que entró en vigor en octubre de 1992, se establece en  $5 \text{ mg/m}^3$ , ( $6 \text{ mg/m}^3$  durante los primeros cuatro años), el valor límite para la concentración de la fracción respirable del polvo con contenido en sílice libre inferior al 5 %. Para

contenidos superiores, se establece una fórmula que reduce este límite para concentraciones crecientes de sílice.

En el estudio de ámbito nacional preparatorio para la elaboración de la citada ITC - realizado por el Instituto Nacional de Silicosis para el ITGE - se incluyeron nueve canteras de la C.A.M., todas ellas de granito, tanto ornamental como para trituración.

El contenido en sílice del polvo producido fue del orden del 17 %, con lo que las concentraciones límite de polvo bajan a 1,5 mg/m<sup>3</sup>.

En todos los puestos de trabajo, se rebasa este límite, en mayor o menor grado, si no se toman medidas de prevención.

Los puntos más críticos se encuentran en las siguientes actividades:

- \* Perforación a mano, por encontrarse el operario encima de la fuente de producción.
- \* La lanza térmica. Aunque es el foco productor más importante, el polvo es enviado a cierta altura y afecta menos al operario, que se encuentra alejado, en el extremo de la lanza.
- \* Perforación mecánica sin agua.
- \* Escuadrado de bloques a mano y labrado en planta a mano.
- \* Conductores, palistas y encargados de planta.

Las medidas previstas, que pueden hacerse extensivas a otras sustancias, son las siguientes:

- \* Perforación con agua o con equipos de captación de polvo.
- \* Adaptar sistemas de inyección de agua también para los martillos picadores.
- \* Humedecer de forma intermitente la roca que se esté manipulando, en la operación de labrado a mano.
- \* Pulverización de agua o aspiración de polvo, en los trasvases de cintas, caída desde altura y tolvas.

- \* Aislamiento de la machacadora primaria y, en su caso, del resto de equipos de molienda y clasificación, mediante captación y filtrado del aire.
- \* Aislamiento de las cabinas de dumpers y palas, en los casos necesarios, y alimentarlas con aire filtrado.
- \* La utilización de mascarillas no es un método preventivo. Debe tratarse primero de captar el polvo en la fuente mediante diseños adecuados pero, en todo caso, se recomienda la utilización de mascarillas de filtros recambiables homologados, que si bien no evitan el polvo, sí ayudan a disminuir sus efectos perjudiciales.

## **5.6. PLANTAS DE TRATAMIENTO**

Los análisis de accidentabilidad a nivel nacional coinciden en que las plantas son lugares donde con frecuencia se producen accidentes, en general leves, especialmente relacionados con caídas y manipulación de cargas pesadas.

Las incidencias producidas en las plantas, que en su mayoría se producen durante las operaciones de limpieza o mantenimiento, tienen su origen más frecuente en las siguientes causas:

- \* Aprisionamiento en el equipo, por manipulación incorrecta de partes móviles o de accesorios. Aunque se dispone de elementos de protección de los órganos de transmisión, es práctica habitual dejarlos sin colocar después de las revisiones o reparaciones.
- \* Caídas y resbalones, por pavimentos sucios, con obstáculos o materiales inadecuadamente almacenados, o falta de señalización, pasamanos y barandillas.
- \* Caídas de objetos, por manipulación incorrecta o ausencia de accesorios de protección personal.
- \* Contactos eléctricos, incendios y visibilidad inadecuada.
- \* Enterramiento en tolvas, punto de especial riesgo, al introducirse en ellas el operario para realizar tareas de limpieza o desatascamiento, como fue el caso de uno de los accidentes graves ocurridos en la Comunidad en 1991. Se recomienda, en primer lugar, tratar de efectuar

estas operaciones desde fuera de la tolva, con medios idóneos y, en todo caso, utilizar cinturones de seguridad. Asimismo, contar con una señalización óptica o acústica del basculamiento de los equipos de carga sobre la tolva.

Dada la proximidad de las plantas a las carreteras locales, se recomienda el lavado de ruedas y ejes de los vehículos en los casos en que el arrastre de polvo y lodo produzca entorpecimientos en el tráfico.

Las áreas de actuación se orientan al diseño de las instalaciones incorporando los dispositivos adecuados de protección, y a una formación del personal adecuada a la actividad a desarrollar.

#### **5.7. INSTALACIONES ELECTRICAS**

Es recomendable evitar la provisionalidad en las instalaciones y tendidos eléctricos.

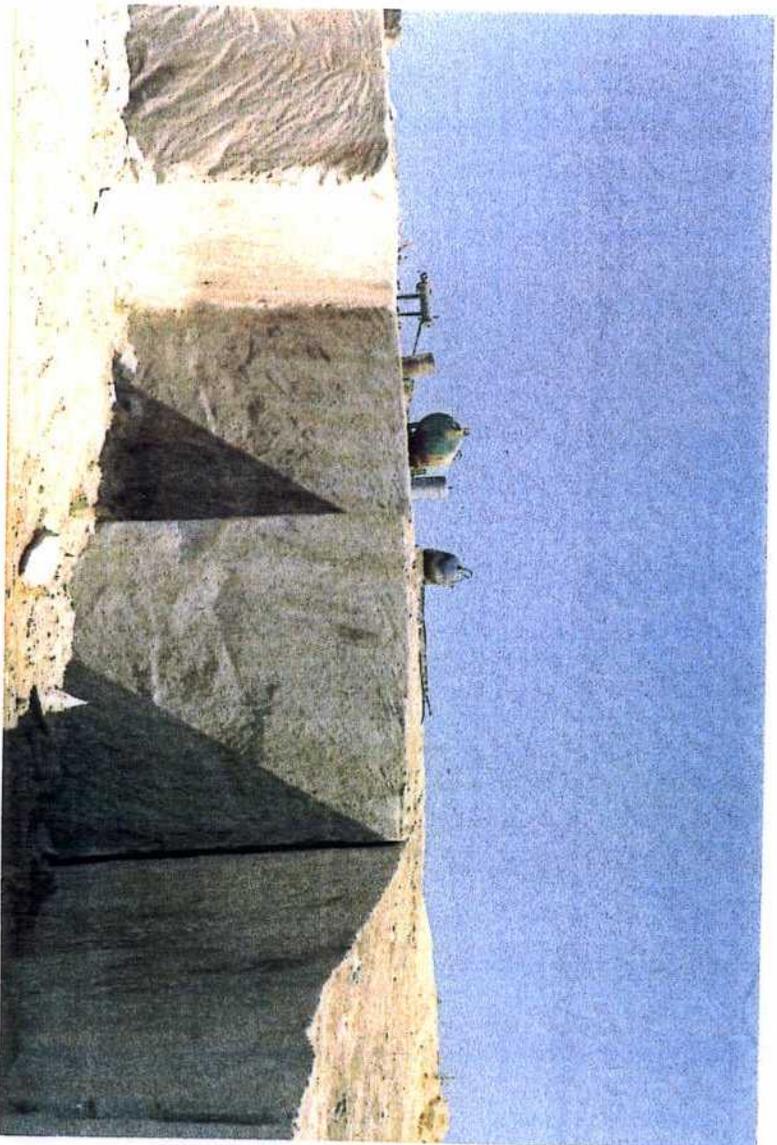
Las prescripciones generales quedan establecidas en la ITC 09.0.12, "Instalaciones eléctricas en minas a cielo abierto", que es de aplicación a las canteras.

Cuando existen líneas eléctricas dentro del perímetro de las explotaciones o entre sus límites, se adoptan las medidas necesarias en cuanto al uso de los detonadores adecuados, en los casos de voladuras. En cuanto a las distancias convenientes para evitar proyecciones o contactos con algún tipo de maquinaria, no se ha advertido la existencia de los carteles o señales que indica la ITC para aviso de línea y de no circular con la caja levantada o útiles desplegados.

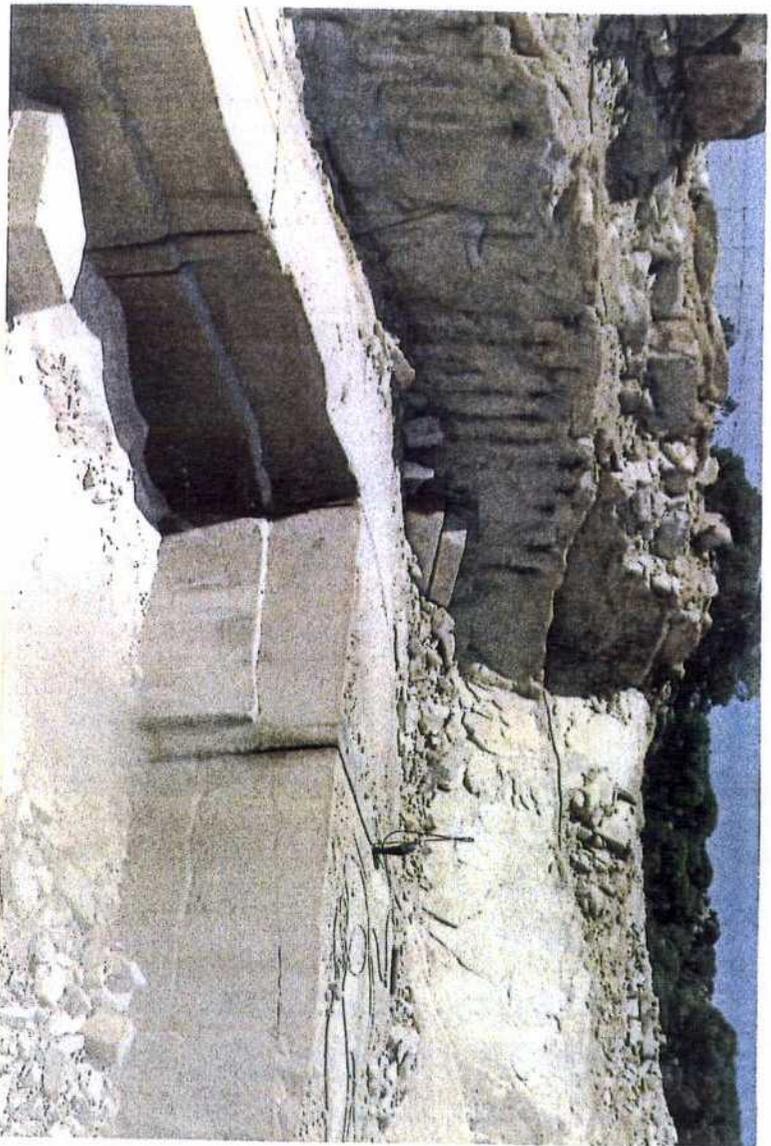
# **A N E X O**

## **DOCUMENTACION FOTOGRAFICA**

**GRANITO**

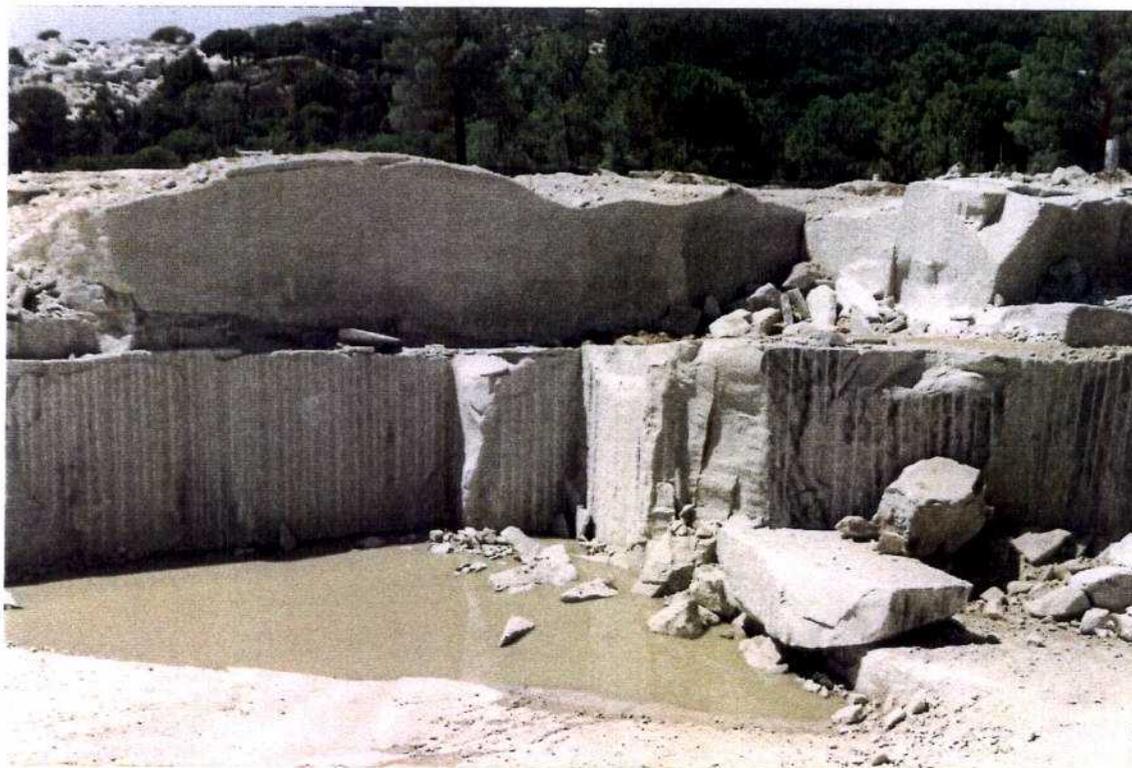


A - 194. Lanchia - La Osa



A - 140. Fino Cadalso

Corte con lanza térmica

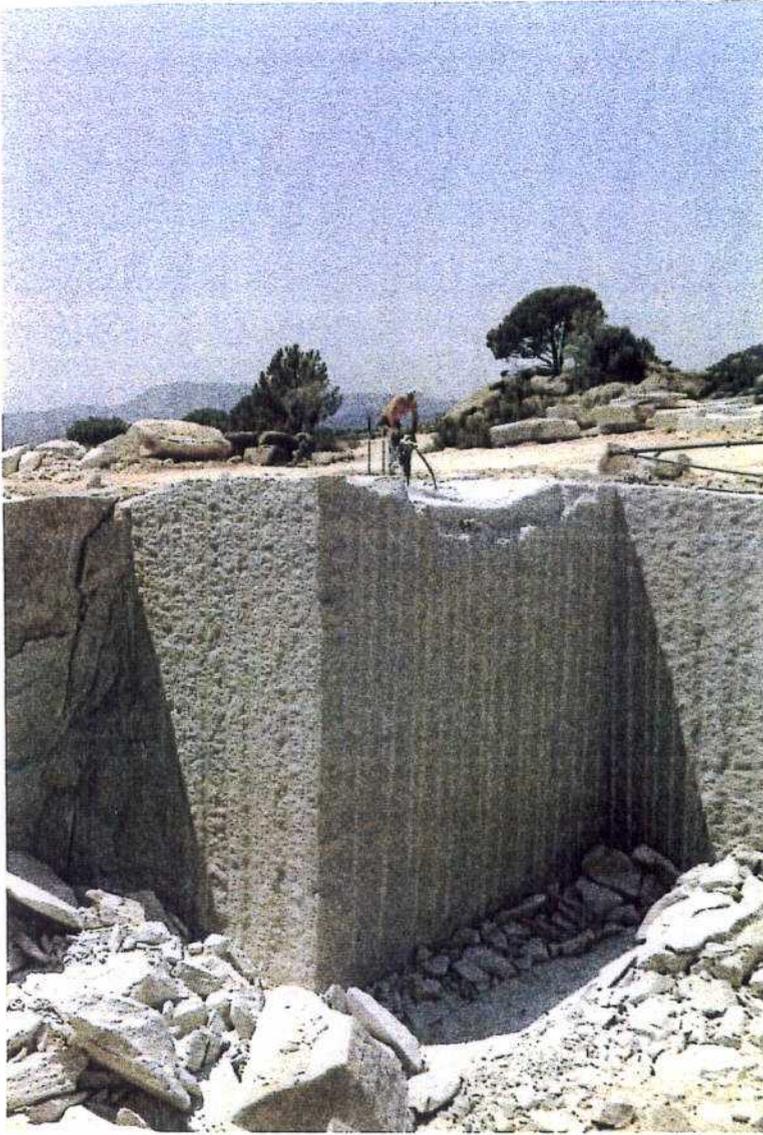


**A - 139. Blanco Cadalso A**



**A - 141. Blanco Cadalso B**

Subdivisión de bloques



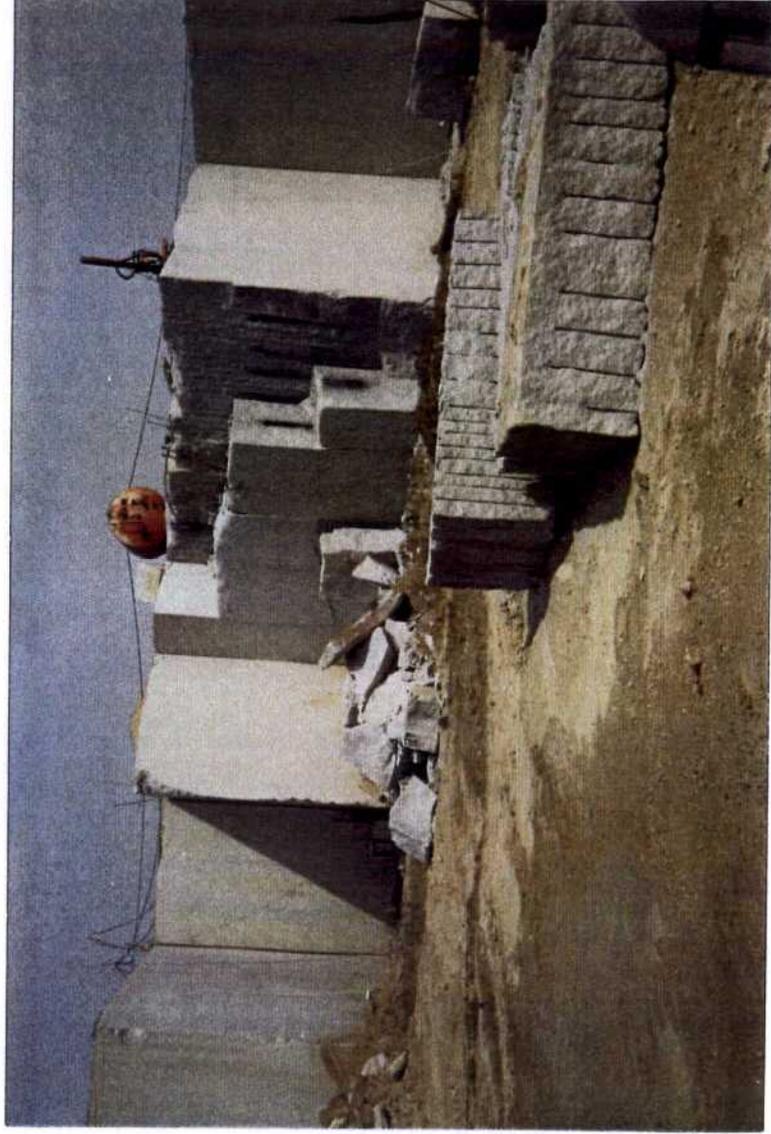
A - 69. Guijarral I

A - 124. Charco  
delos Muertos

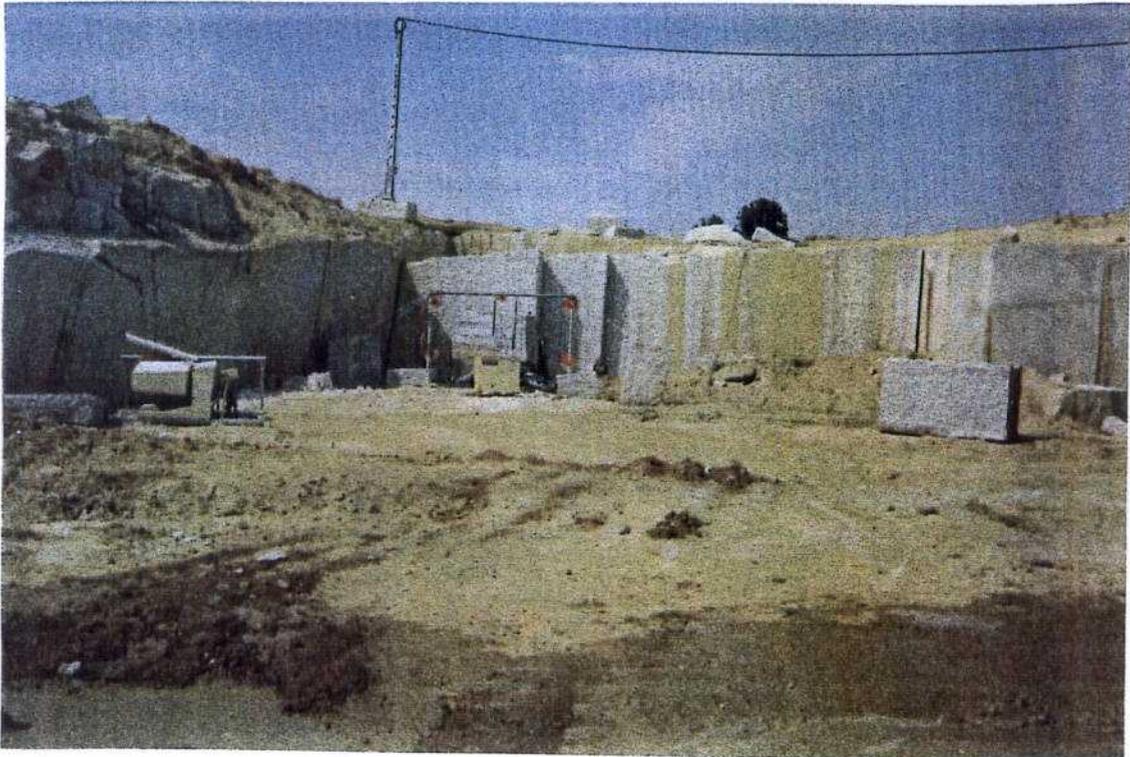




2892 - 021. Castillo Fracción III

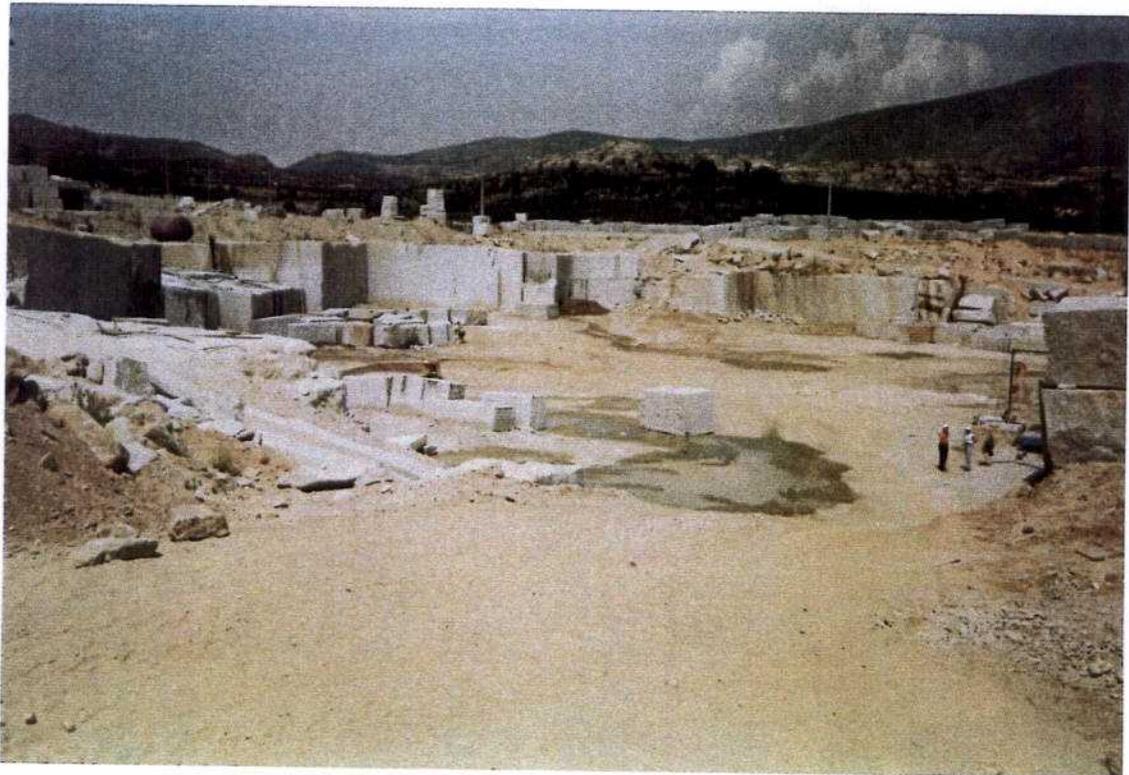


A - 185. Dehesa



A - 185. Dehesa

Máquina de corte con hilo diamantado



2892 - 011. Navazales II



A - 190. Navazales



A - 118. Peña Mojada



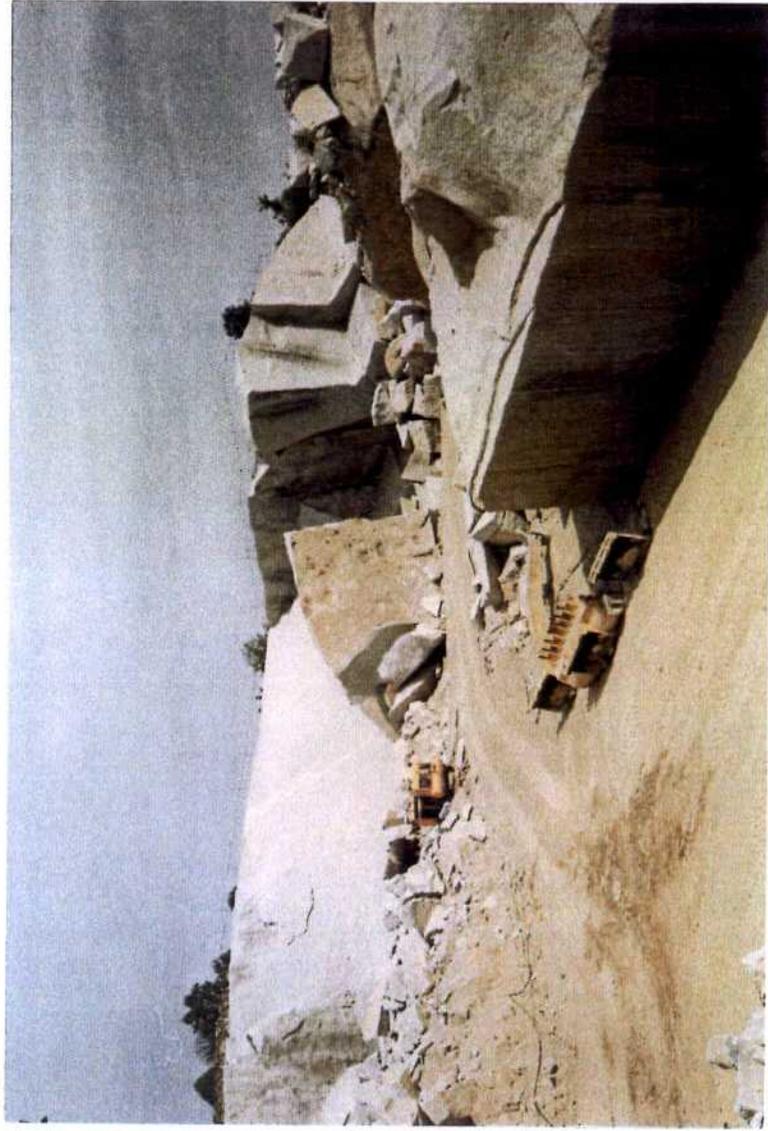
2890 - 020. P.I. Isabel



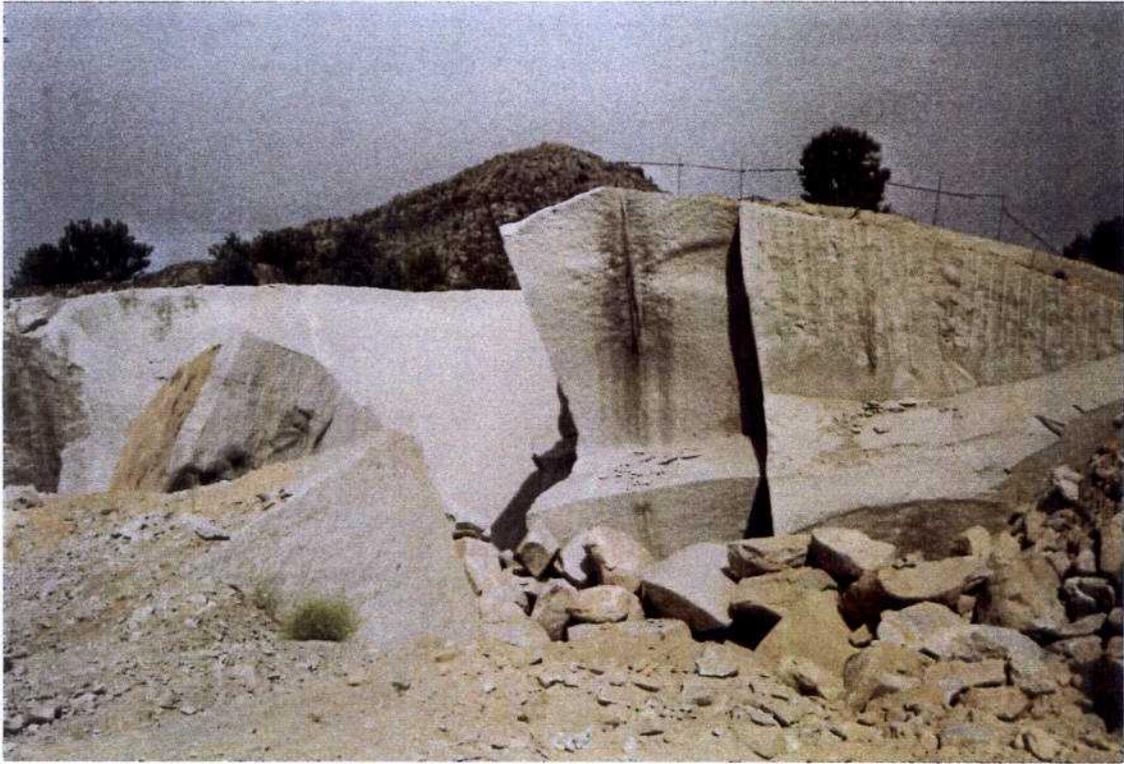
A - 52. La Dehesa Puerta Abajo



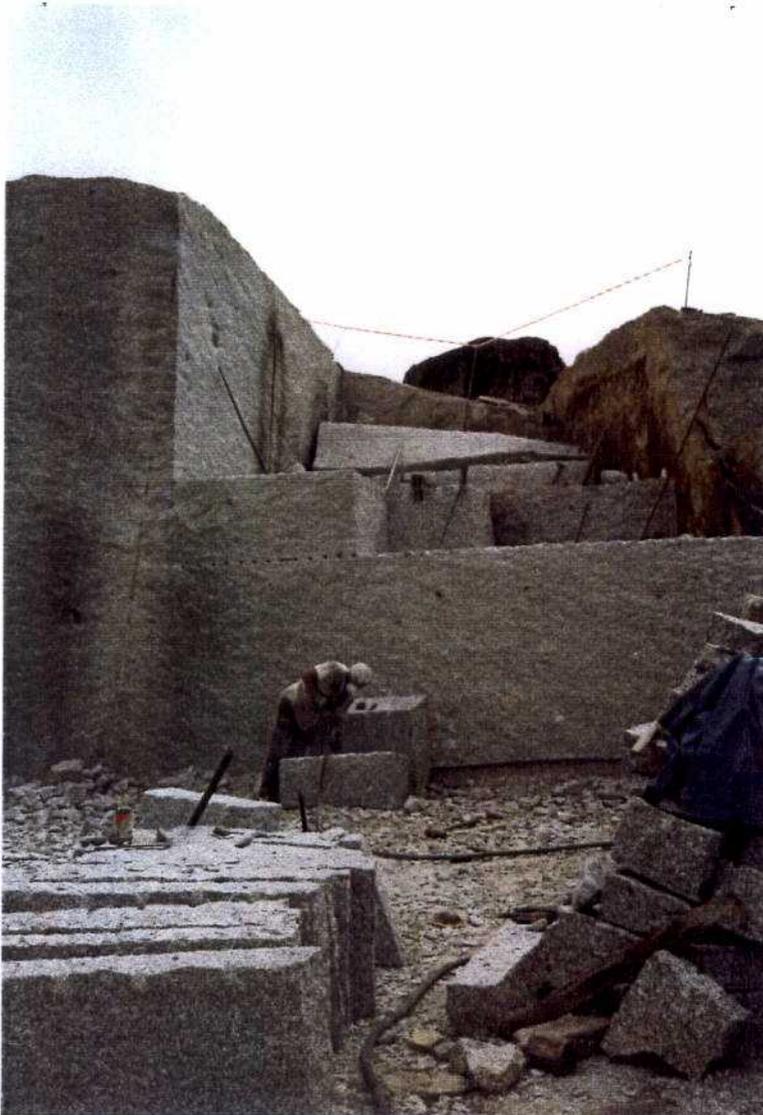
A - 15. La Pasada



A - 88. Canchón Valdecarros



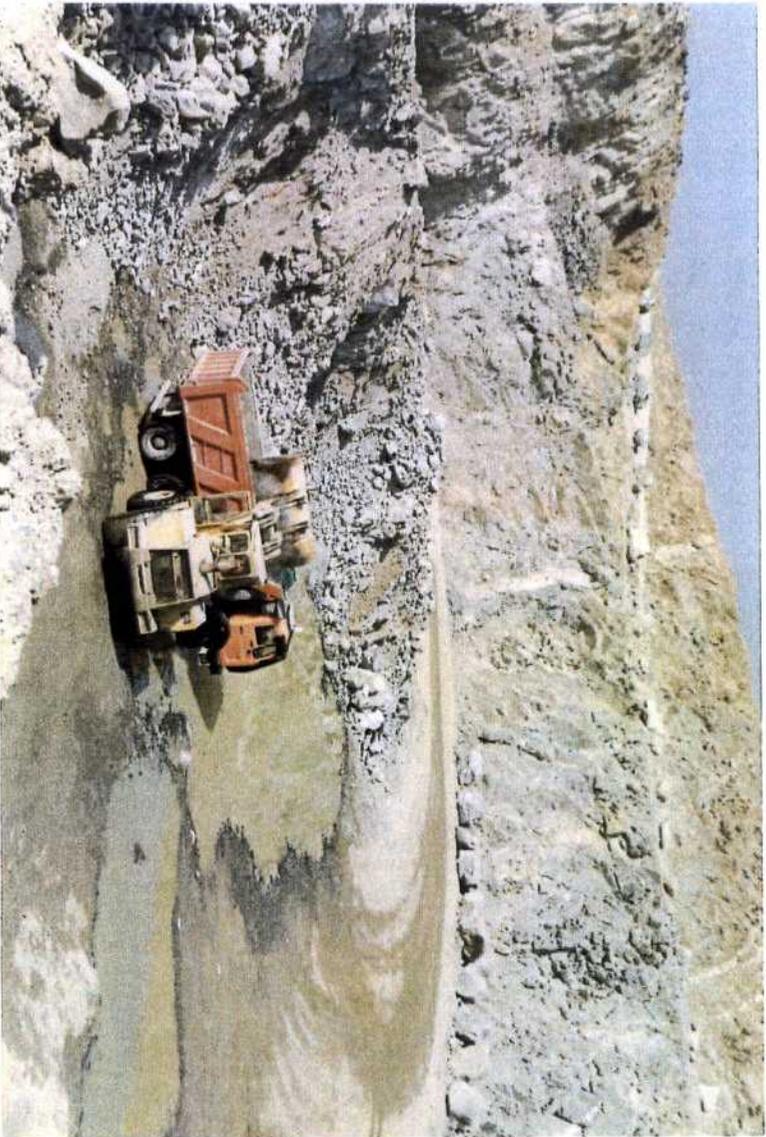
A - 89. El Canchón



Canteras  
San Pedro



A - 63. El Berrocal



A - 124. Ampliación a Virgen de los Remedios



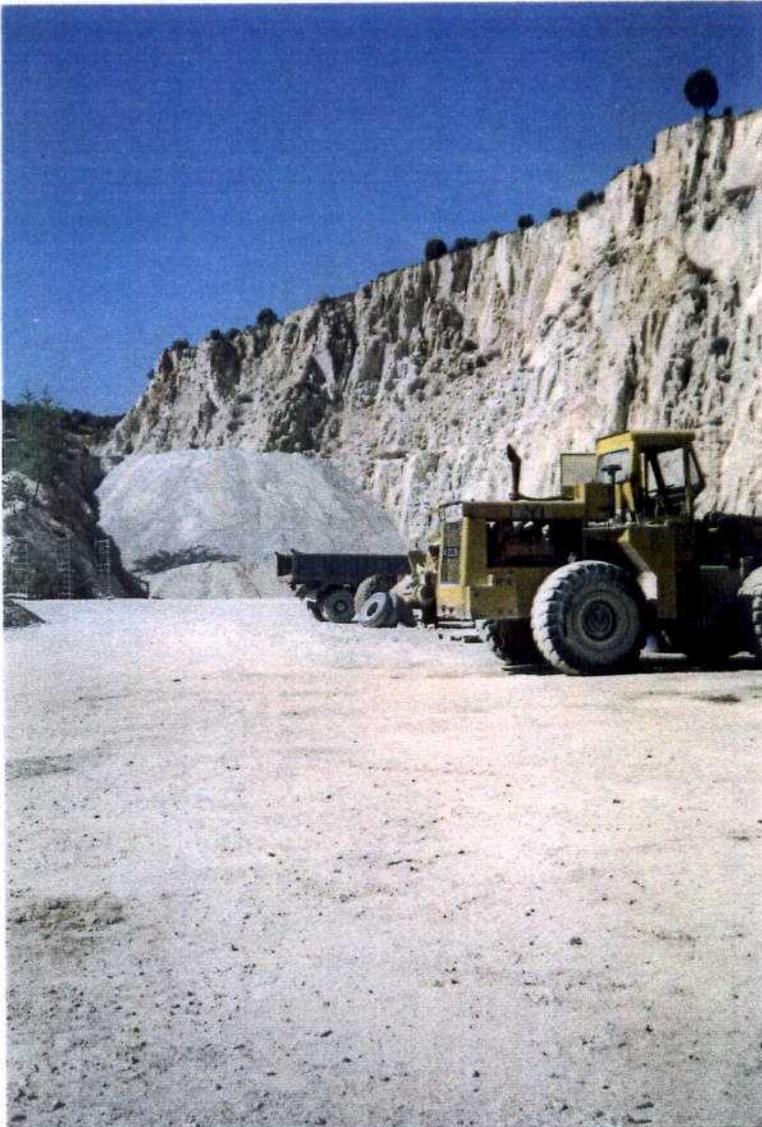
**A - 80. El Cartero**

Desdoblamiento de banco



**A - 96. La Curva**

Desdoblamiento de banco



A - 96. La Curva

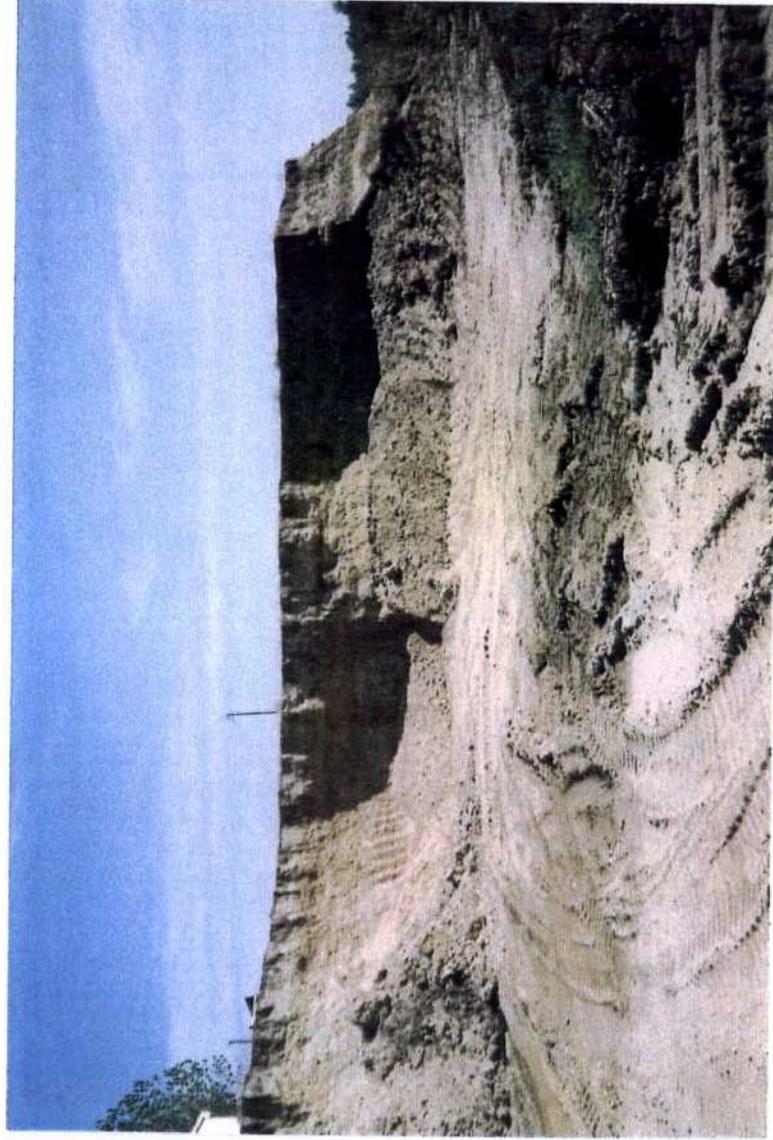
**ARENAS Y GRAVAS**



A - 26. Coto Alto



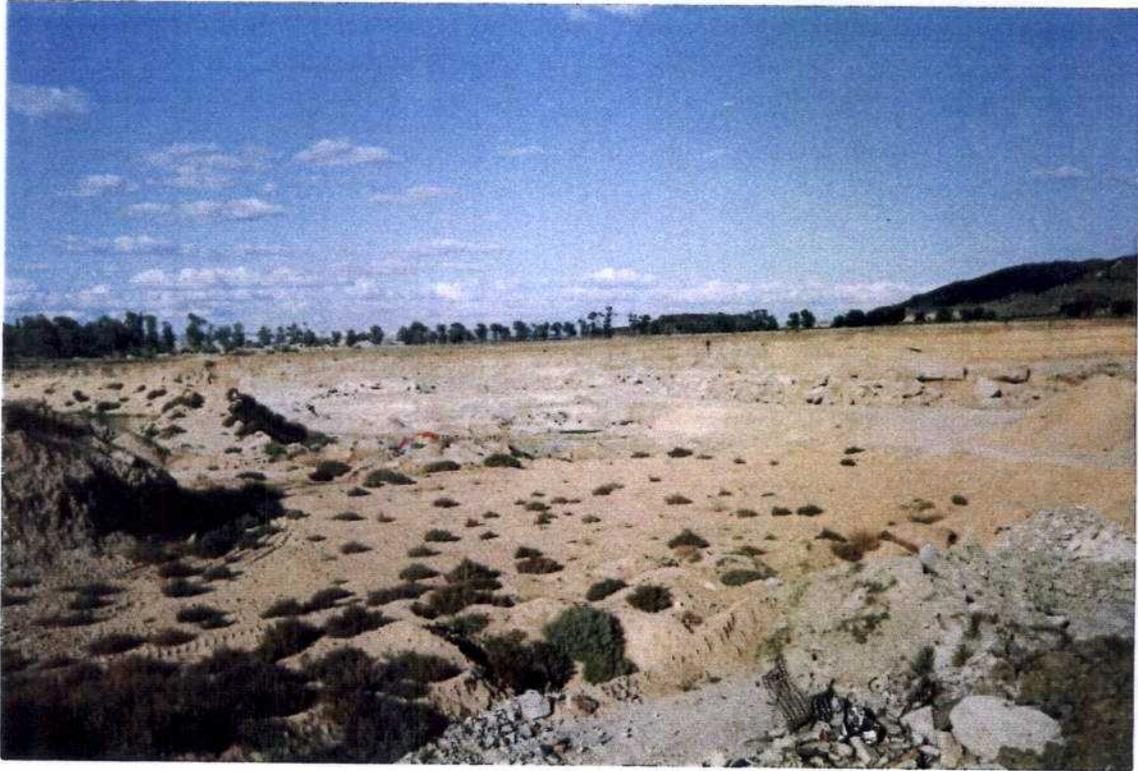
A - 189. La Rinconada



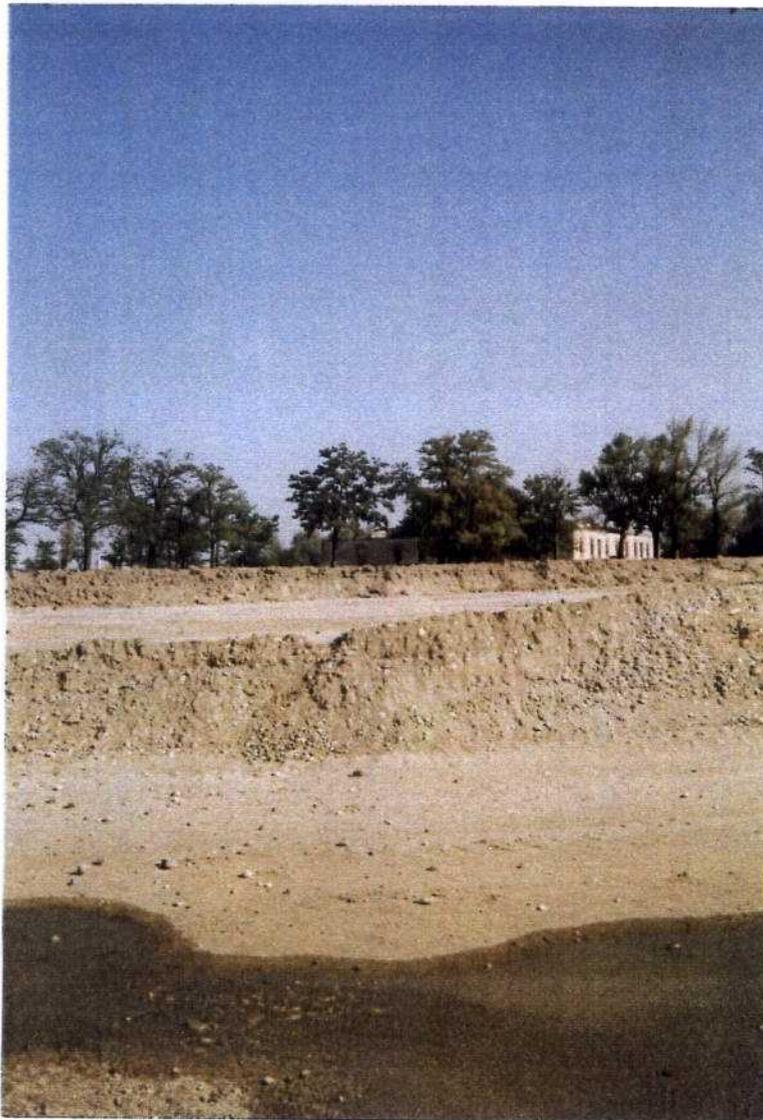
A - 122. Villarejo Bajo



A - 191. Ampliación a Navas

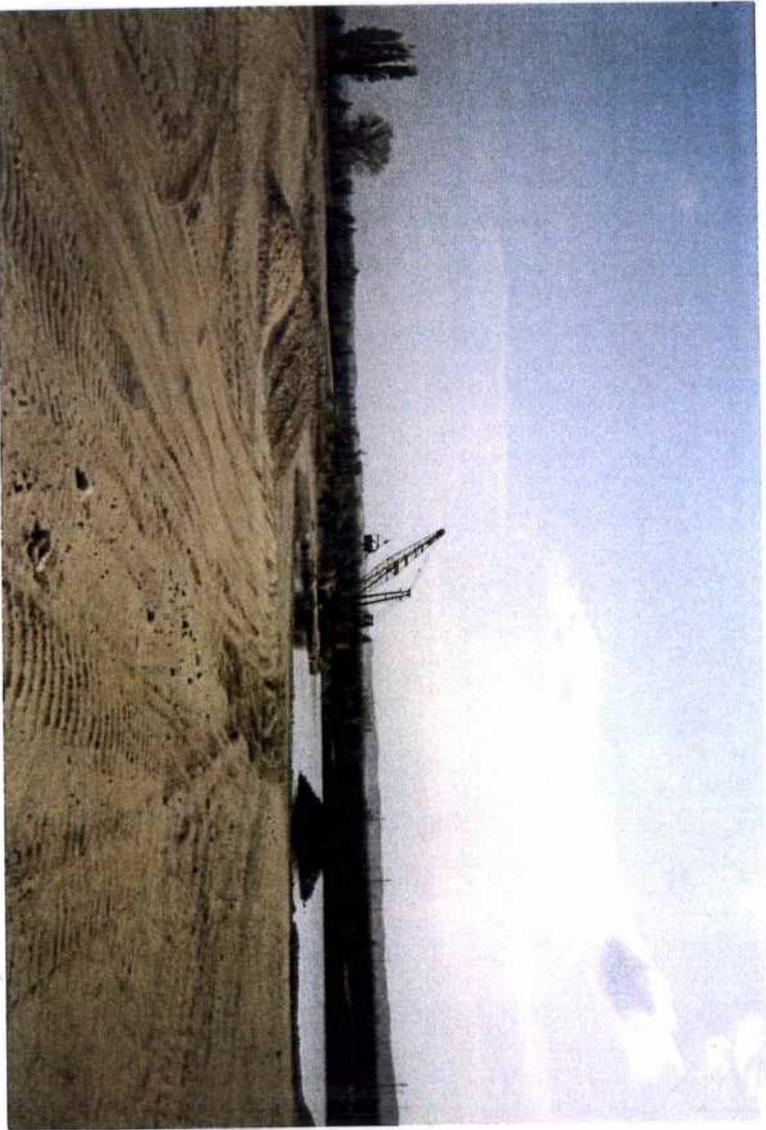


**A - 43. Maresa**

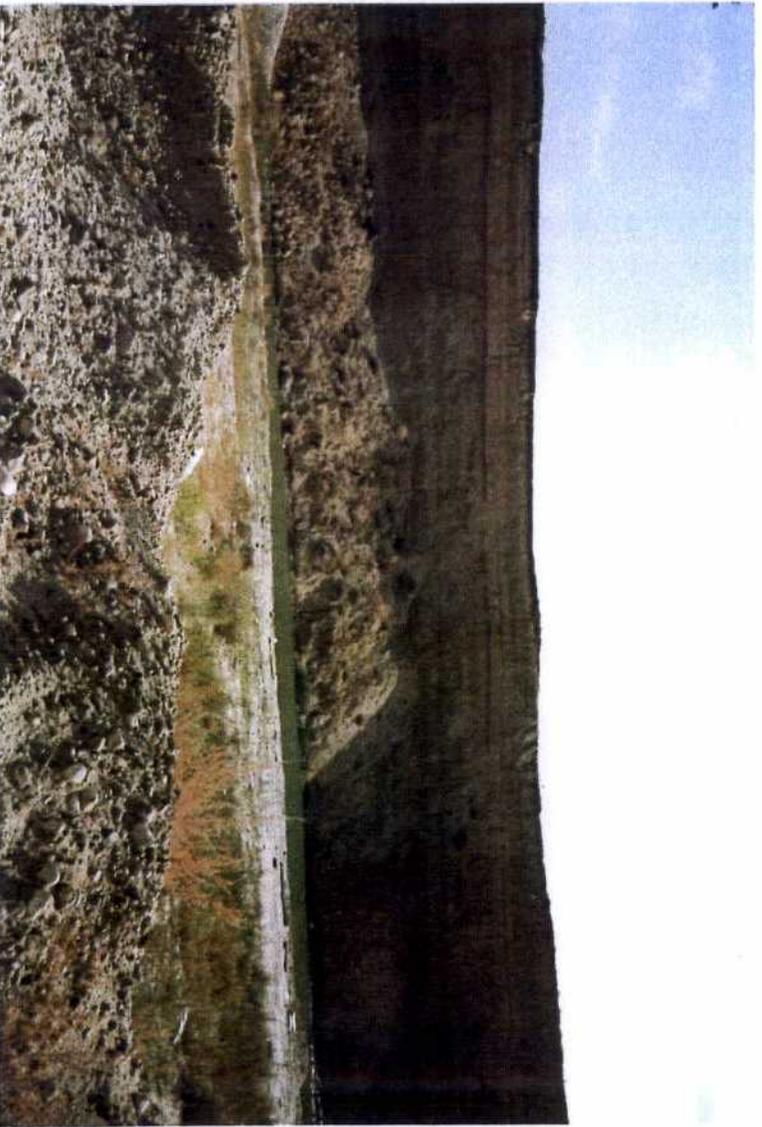


**A - 99. El Porcal**

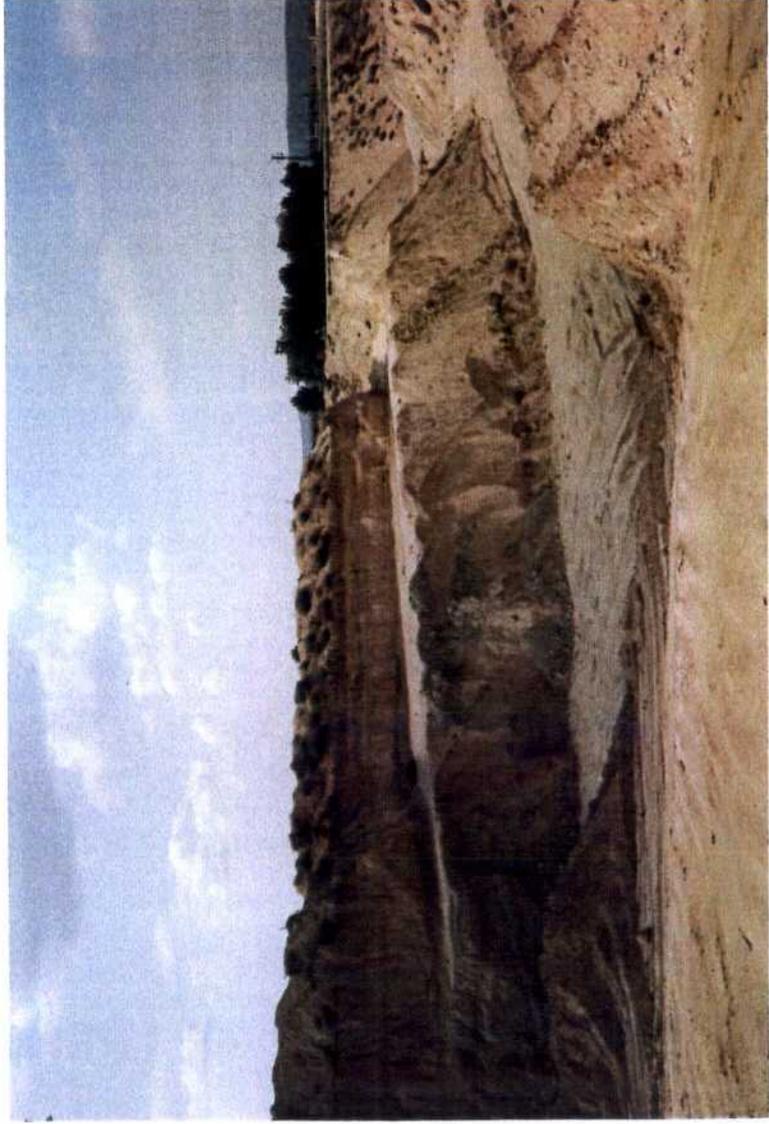
Capa por encima  
del nivel freático



A - 99. El Porcal



A - 57. Las Mantecas



A - 40. La Esperilla



A - 155. Aribera



A - 111. Soto Pajares



A - 169. Arenas del Retamar



**A - 144. Verdegual**



**A - 162. Los Tranzones**

Gravera restaurada



A - 193. Los Tranzones II



A - 21. Navarro



A - 113. Gravera Sur



A - 10. Aridos Román I



A - 184. Aridos Román II

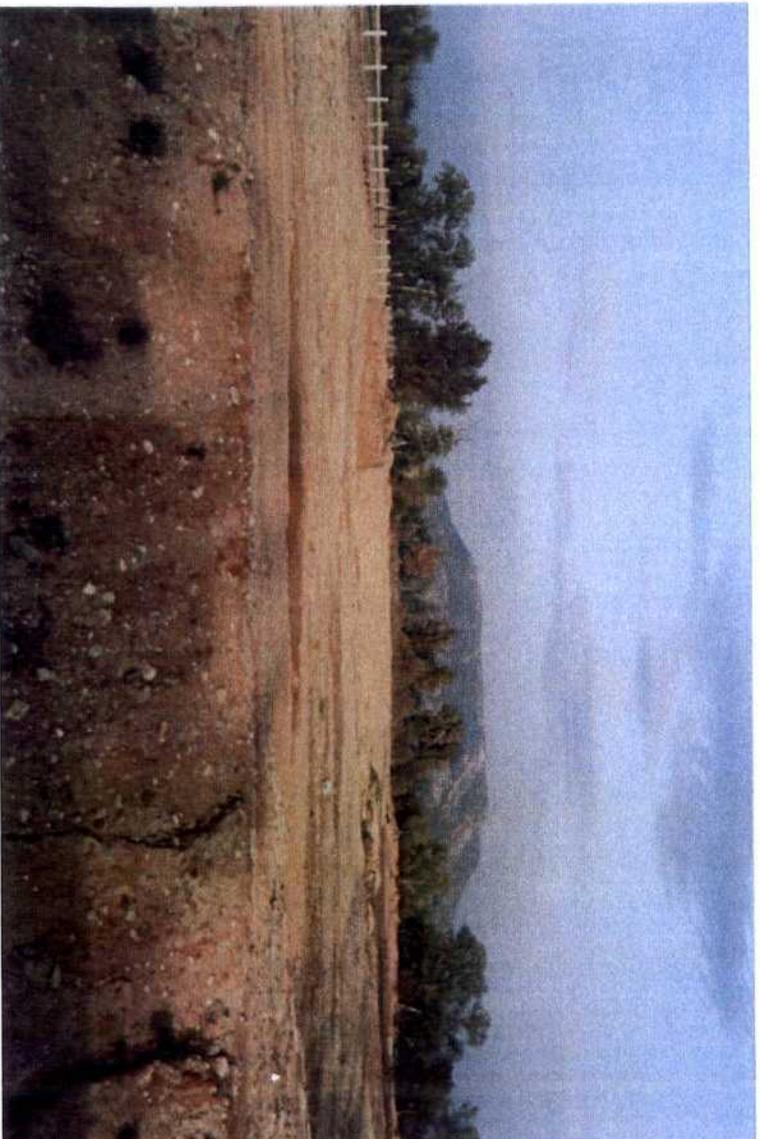
Presencia de bloques cementados



A - 55. Edeconsa



A - 216. Aridos Movega II



A - 4. El Sotio



**A - 90. Los Guindos**

Presencia de bloques cementados



**A - 91. Gracisa**



A - 195. Valdecarros



A - 107. Los Gallegos



**A - 3. Ampliación a la Pocha**



**A - 227. La Bola**



A - 106. Ampliación a El Campito



A - 228. Los Bravos



**A - 138. La Huelga**



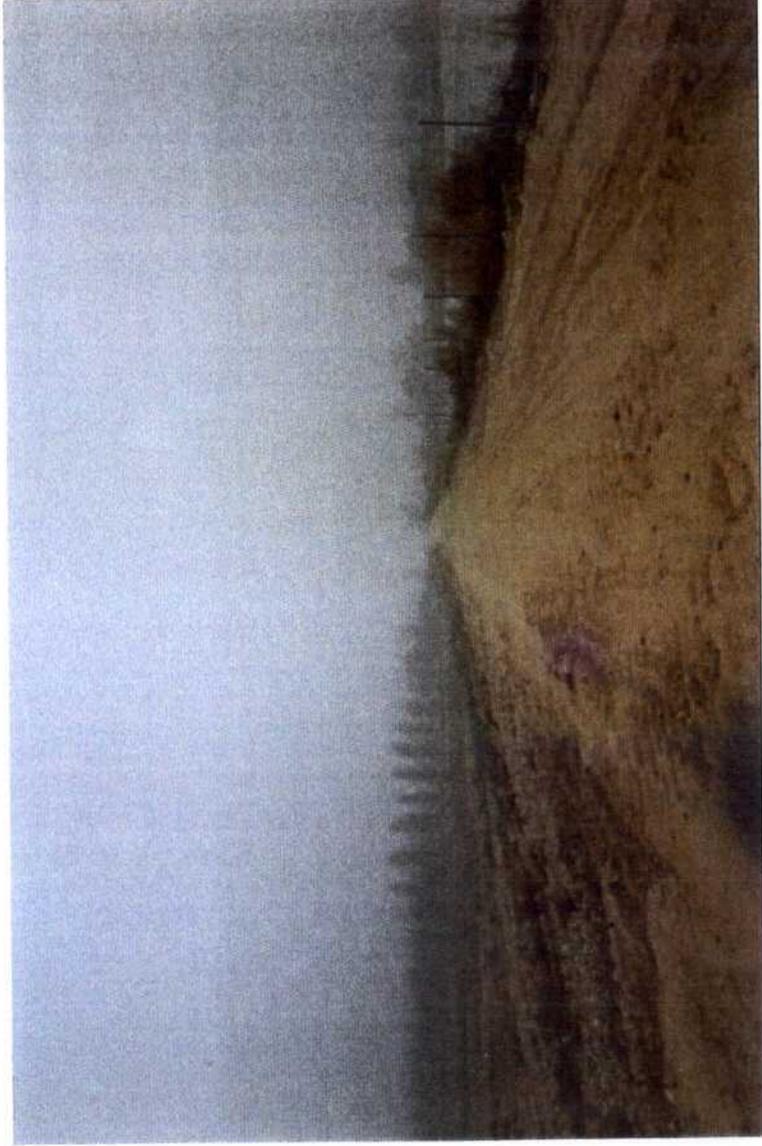
**A - 41. San Juan**



A - 214. Ampliación a El Martillo



A - 29. Los Sotos



A - 179. Los Rasos



A - 215. Las Garridas



2731 - 001. La Chopera



A - 119. Torreblanca

Zona Sur. Arganda



**A - 119. Torreblanca**

Zona Sur. Velilla



**A - 119. Torreblanca**

Zona Norte. Velilla



A - 146, Veilla

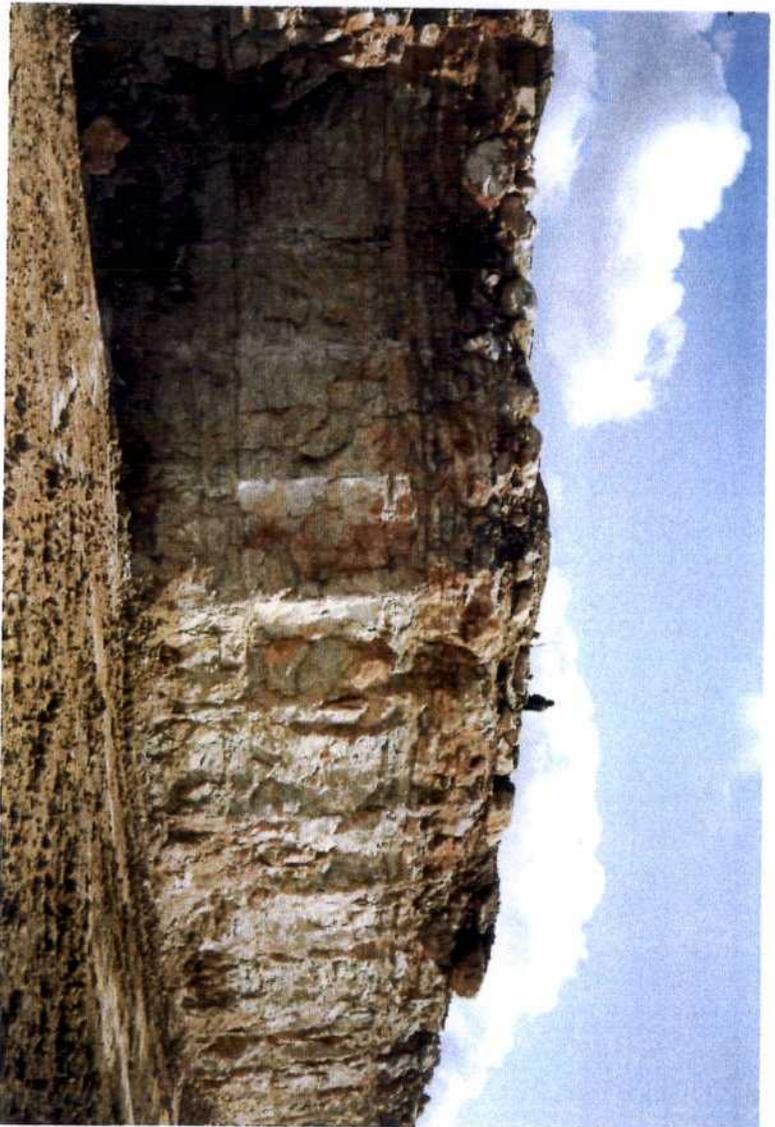


A - 146, Veilla

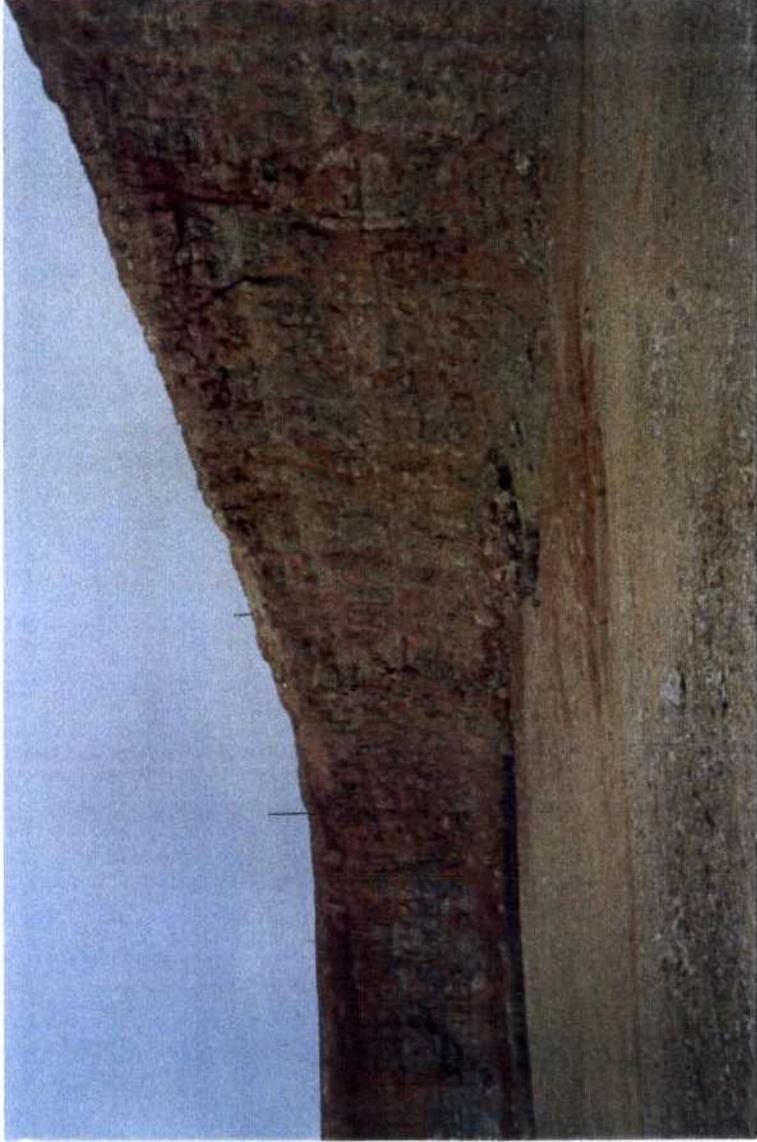
**CALIZA**



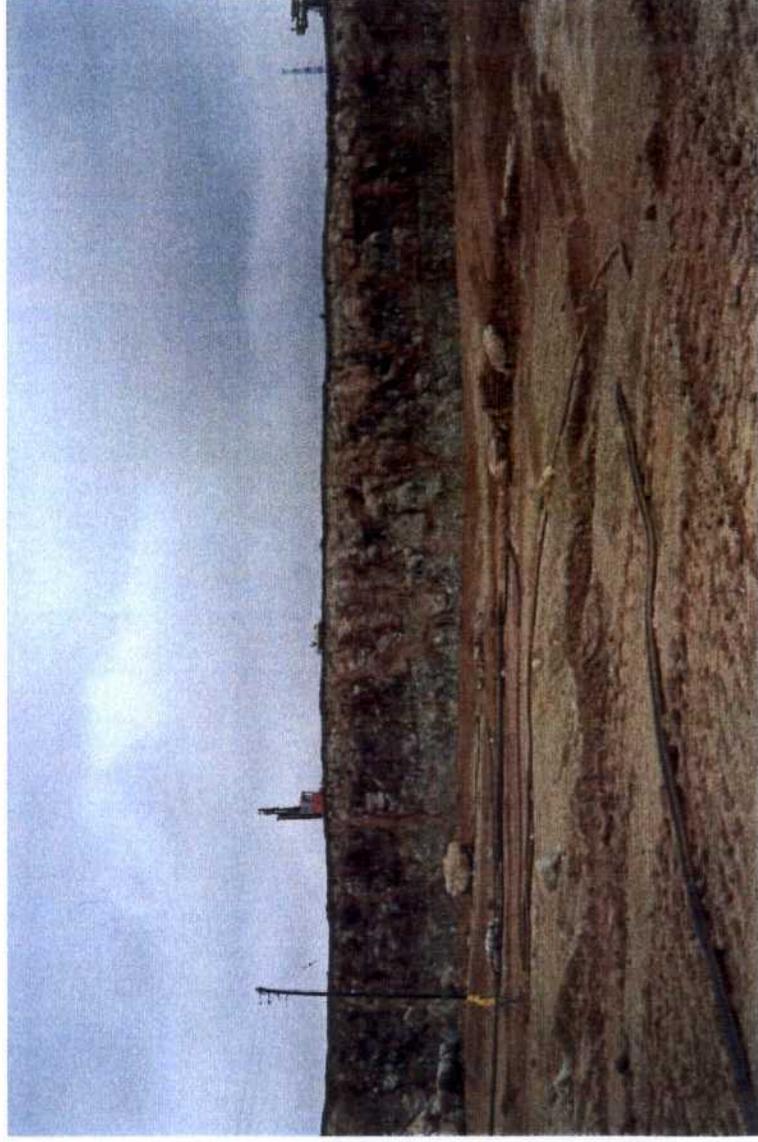
A - 59. El Hoyón



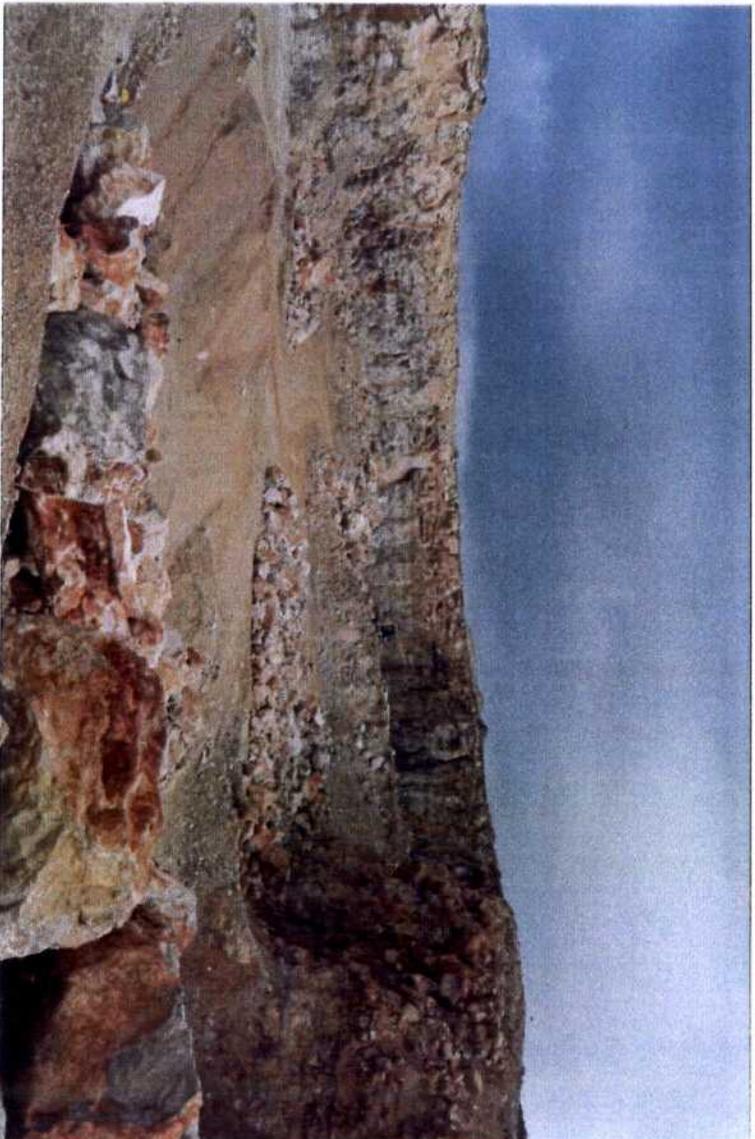
A - 94. Basalt Ibérica



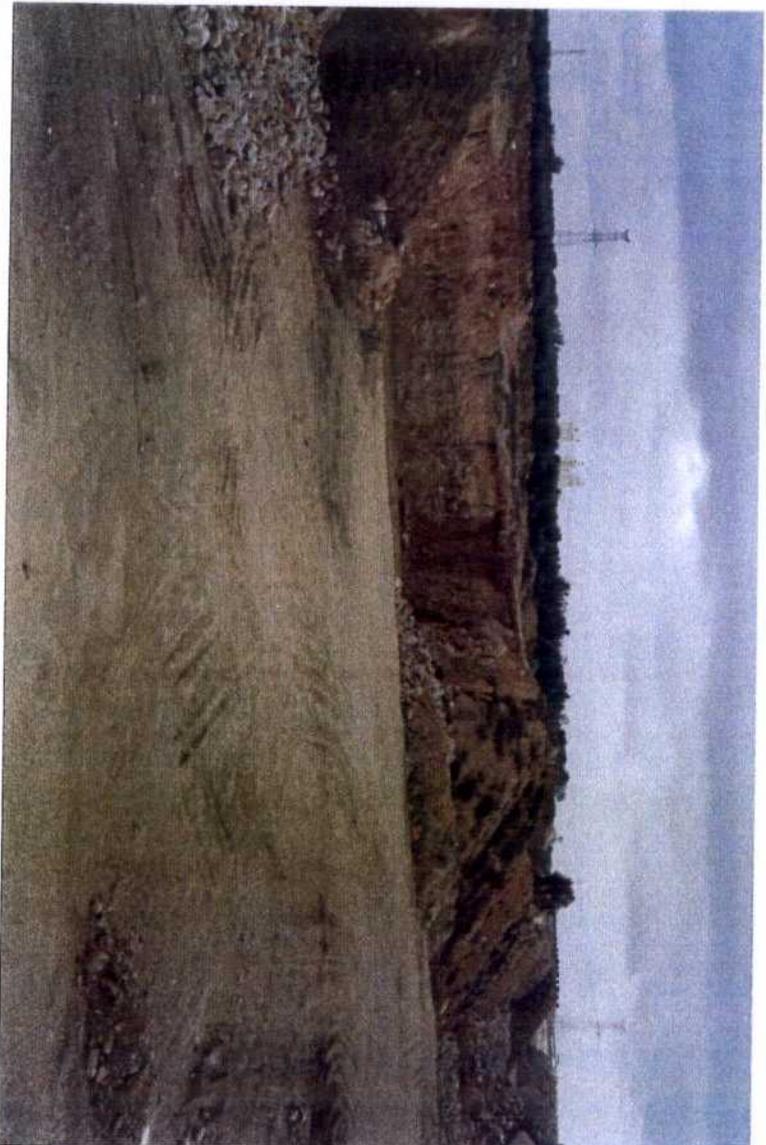
2809 - 001. Morata Valderrivas



2809 - 001. Morata Valderrivas



2946 - 010. Presa Morata

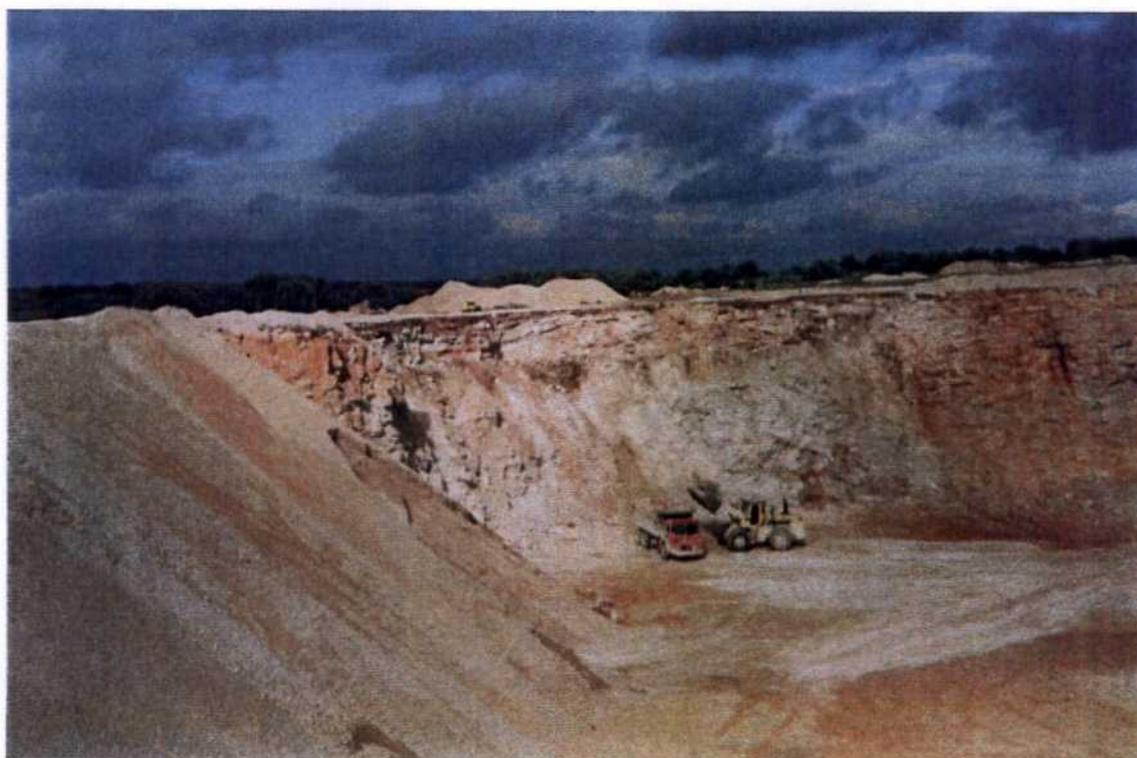


A - 58. El Cazoto



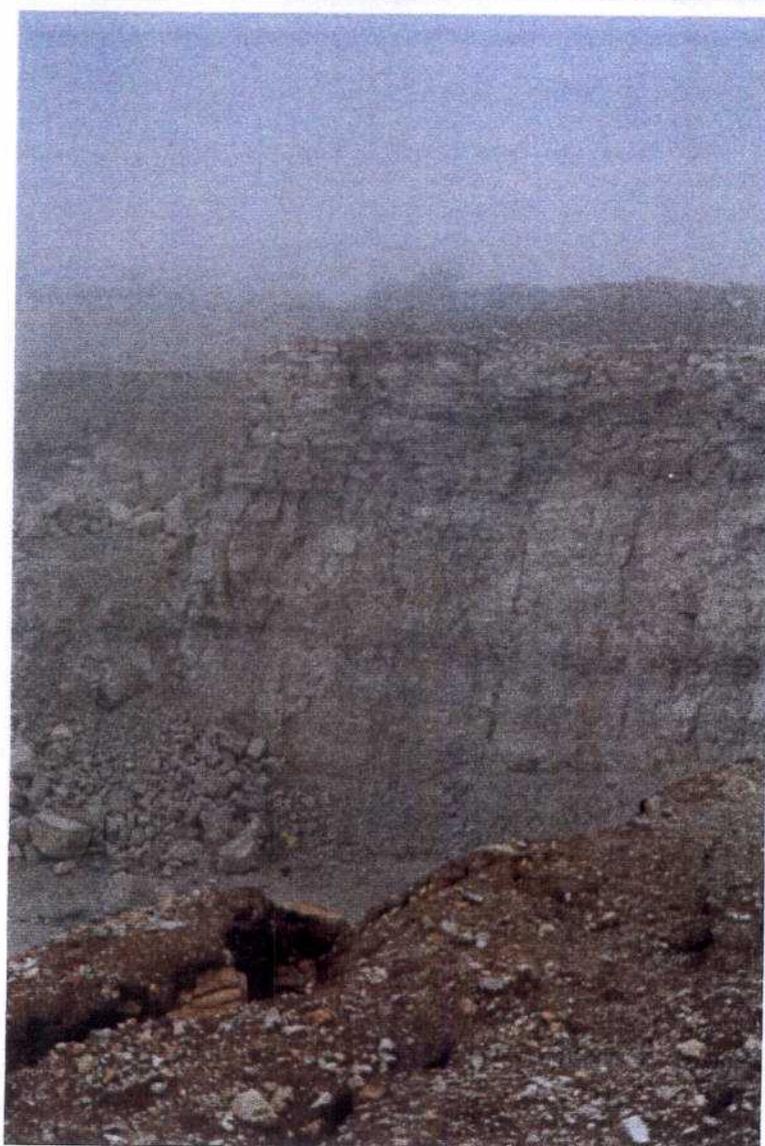
**A - 35. Barranco de la Cueva**

Explotación en tres bancos



**2809 - 001. Morata Valderrivas**

Relleno de talud



**2969 - 001. Elena**

Explotación en  
fase inicial

**A - 163. Hoya de  
la Minga**



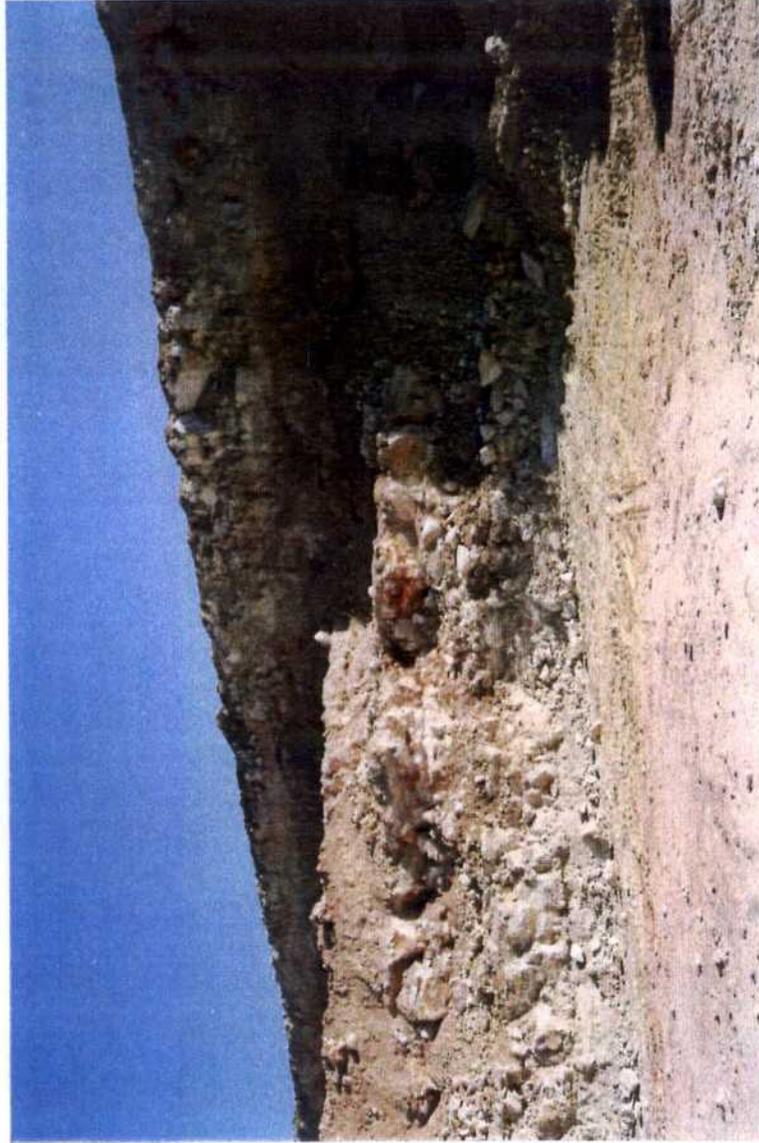
Martillo rompedor

A - 222. Quiebracarros





Canteras Ibéricas



A - 79. Los Castellanos

**ARCILLA**



A - 250. El Llanito



A - 245. Trafi I

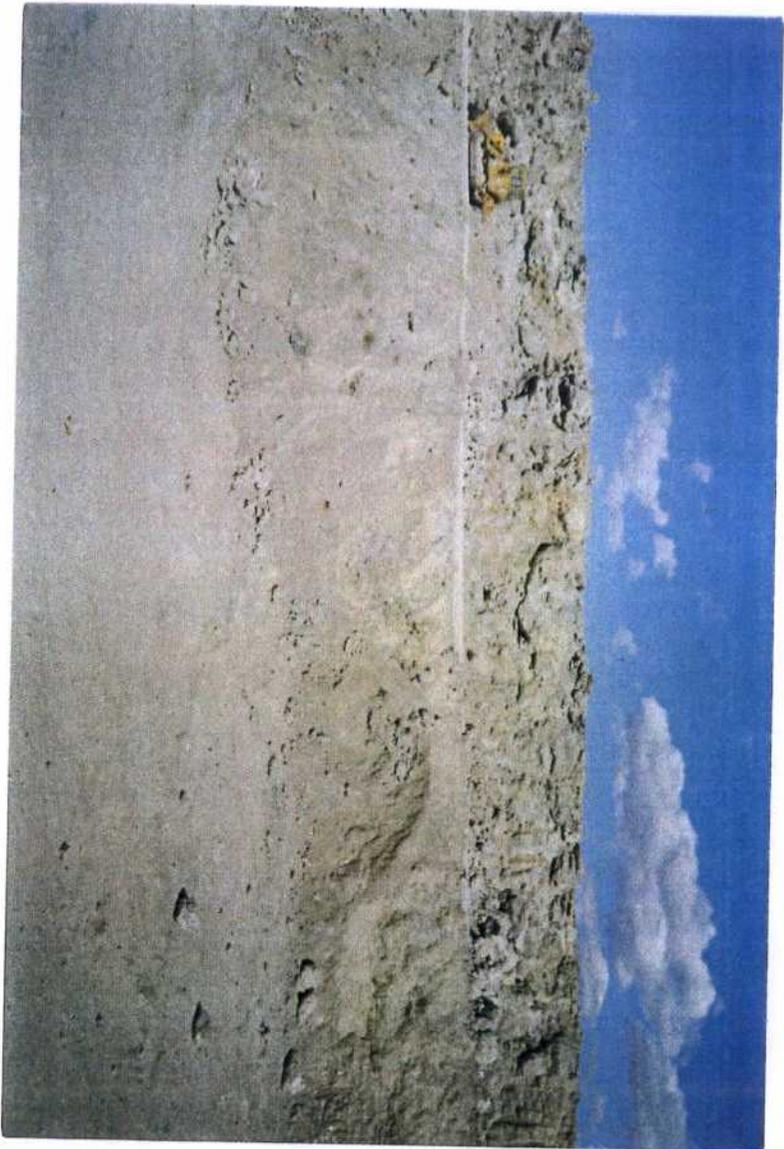


A - 225. Gerafin



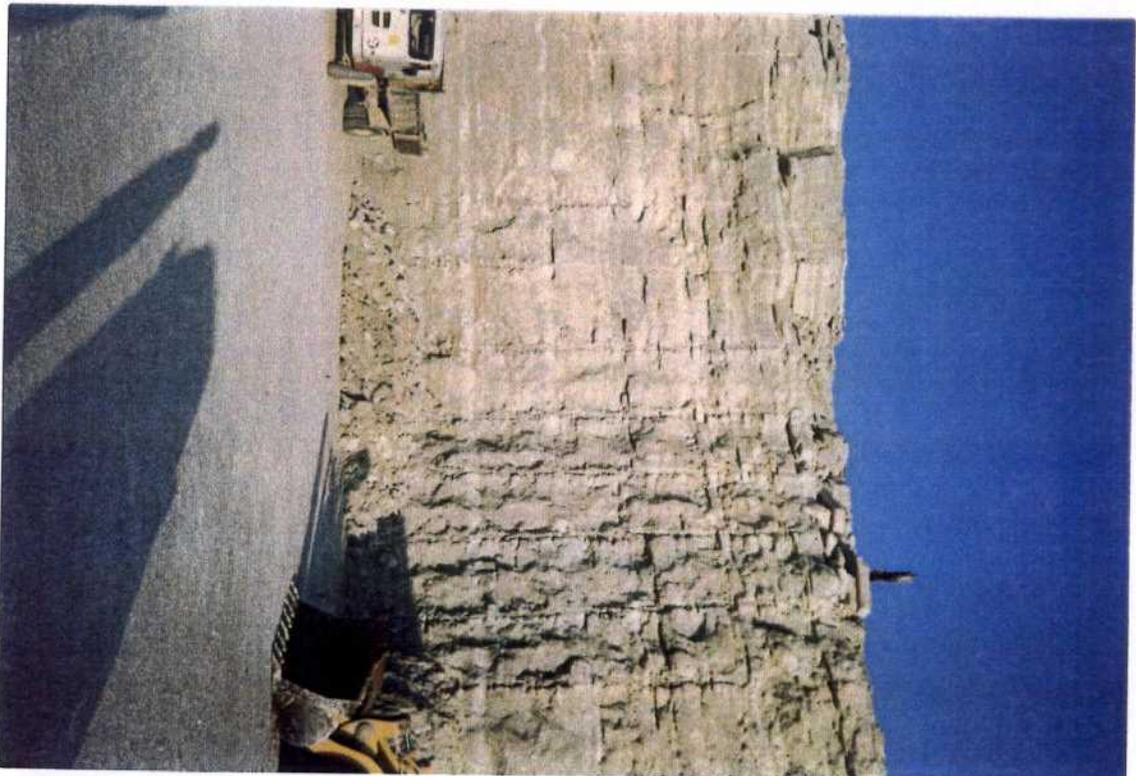
A - 125. Arcimolsa

**YESO**



43

2790 - 001. Hondo Valdecarrros



2668. Yesos El 50



A - 187. Llano del Olivar



2940 - 001. Espartinas

Desdoblamiento del banco



2811 - 001. Hispania

Cantera inactiva

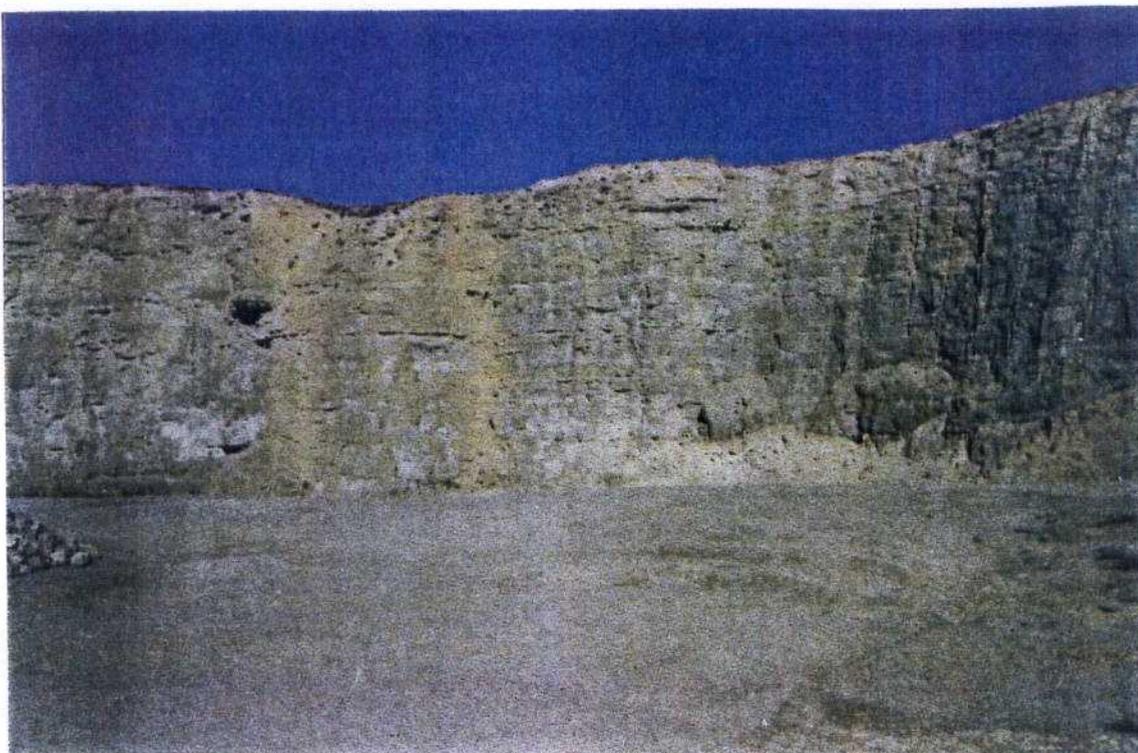


2815 - 001. San José



A - 105. Valderriñas





**A - 160. Barranco de la Quijonera**



**A - 105. Montarco**



2822 - 002. Los Castillares I



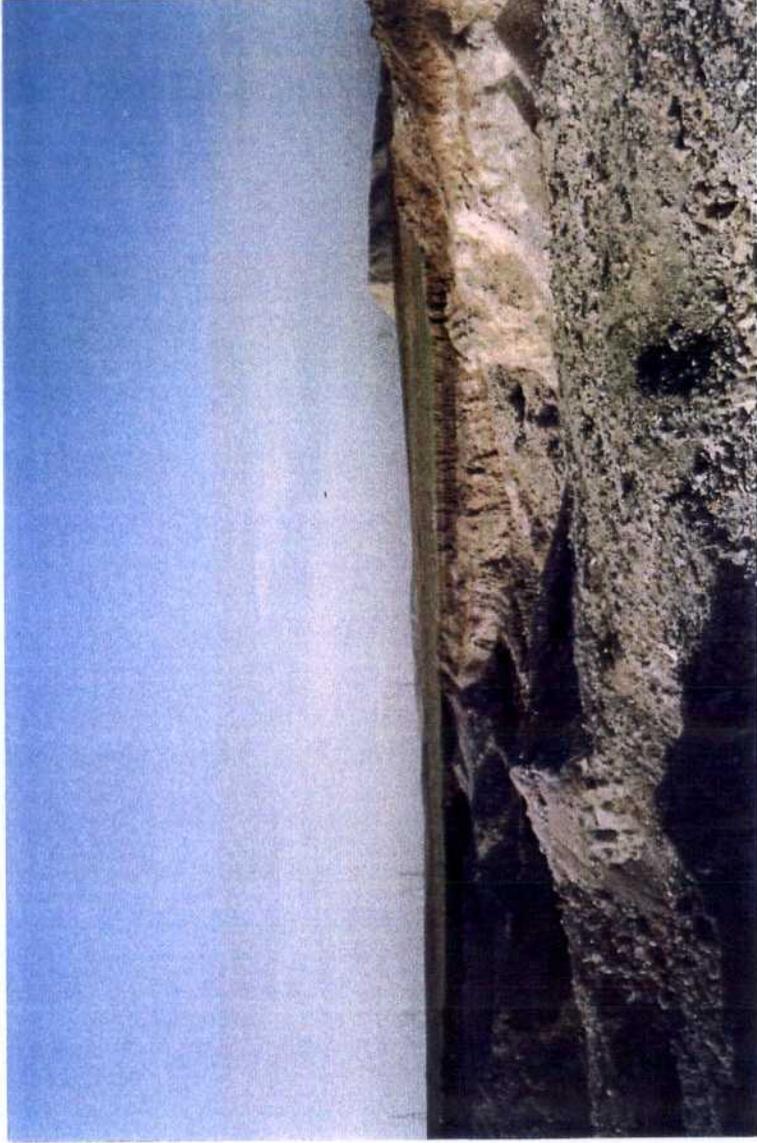
2823 - 003/004. Los Castillares II y III

Cantera inactiva

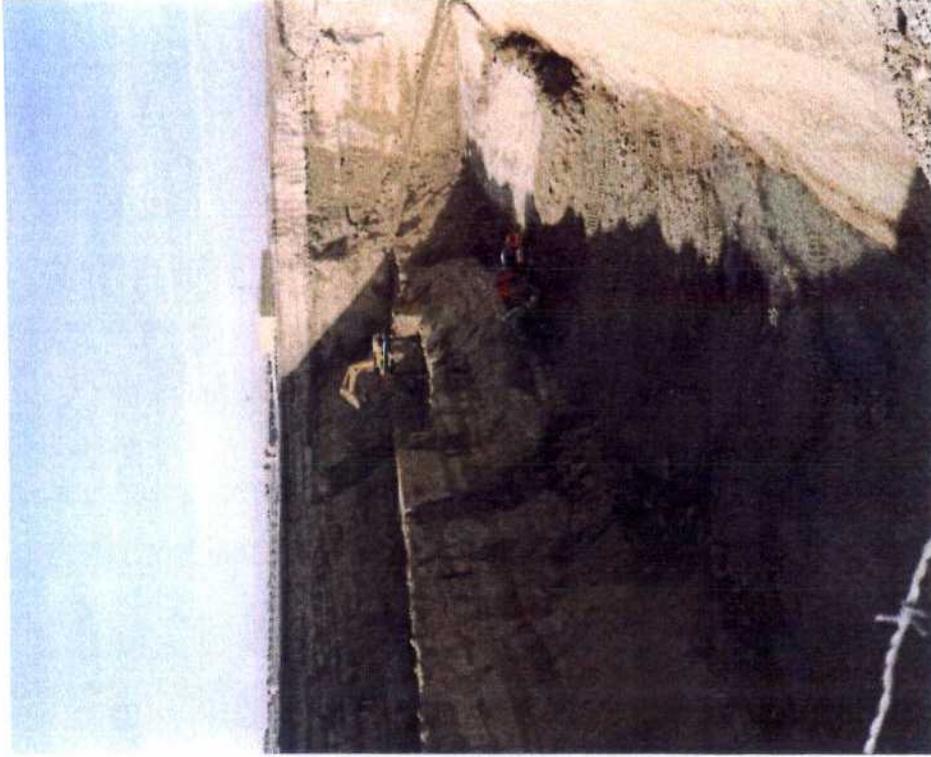


2686 - 011. Virgen de la Soledad

**SEPIOLITA**

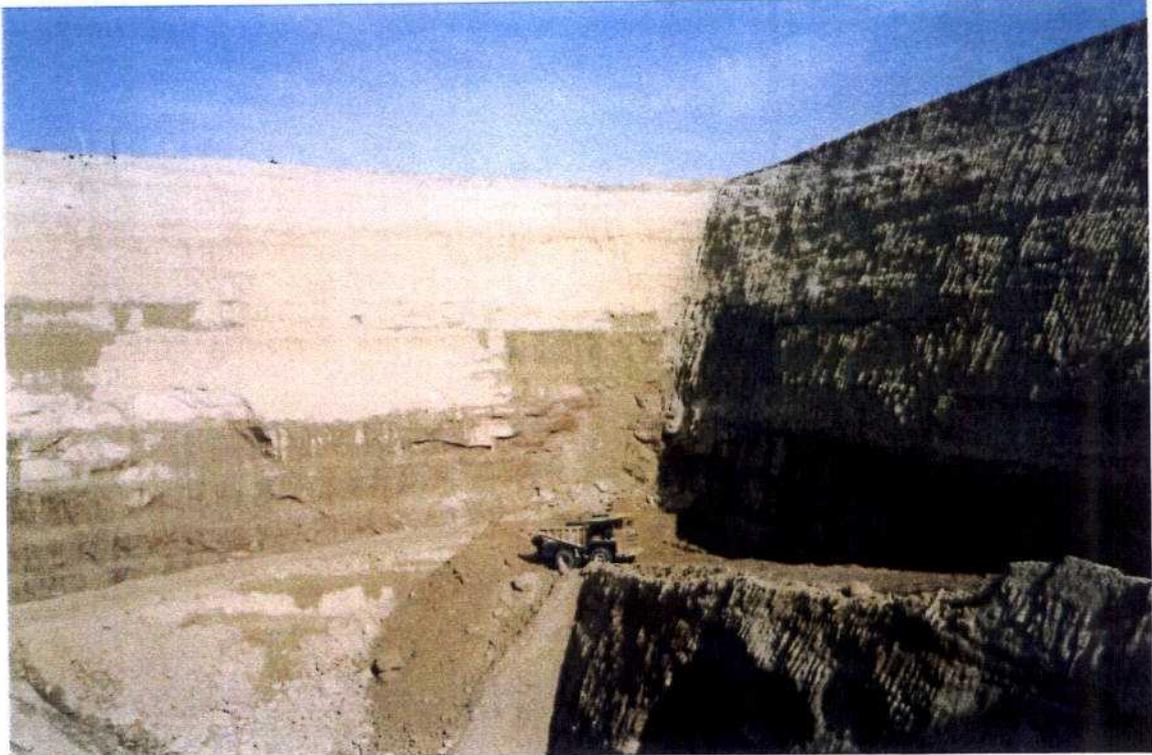


1225. José Ignacio

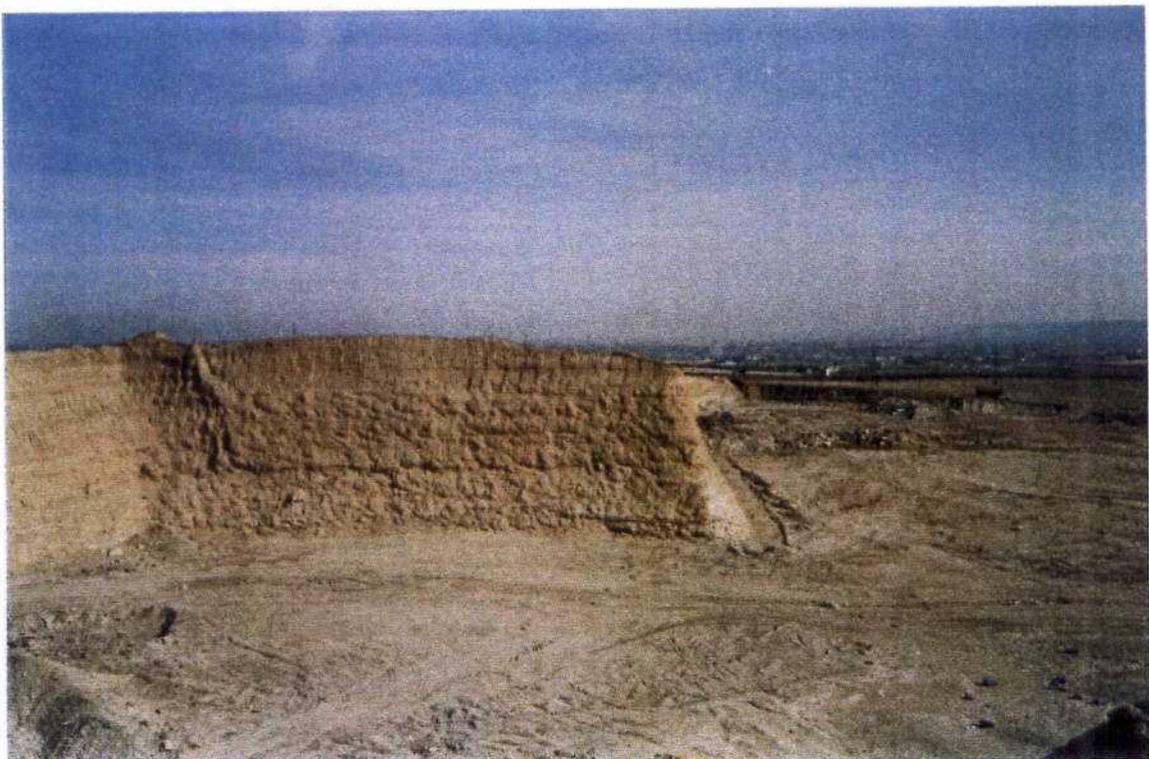


2048-001. Grupo Minero

Victoria



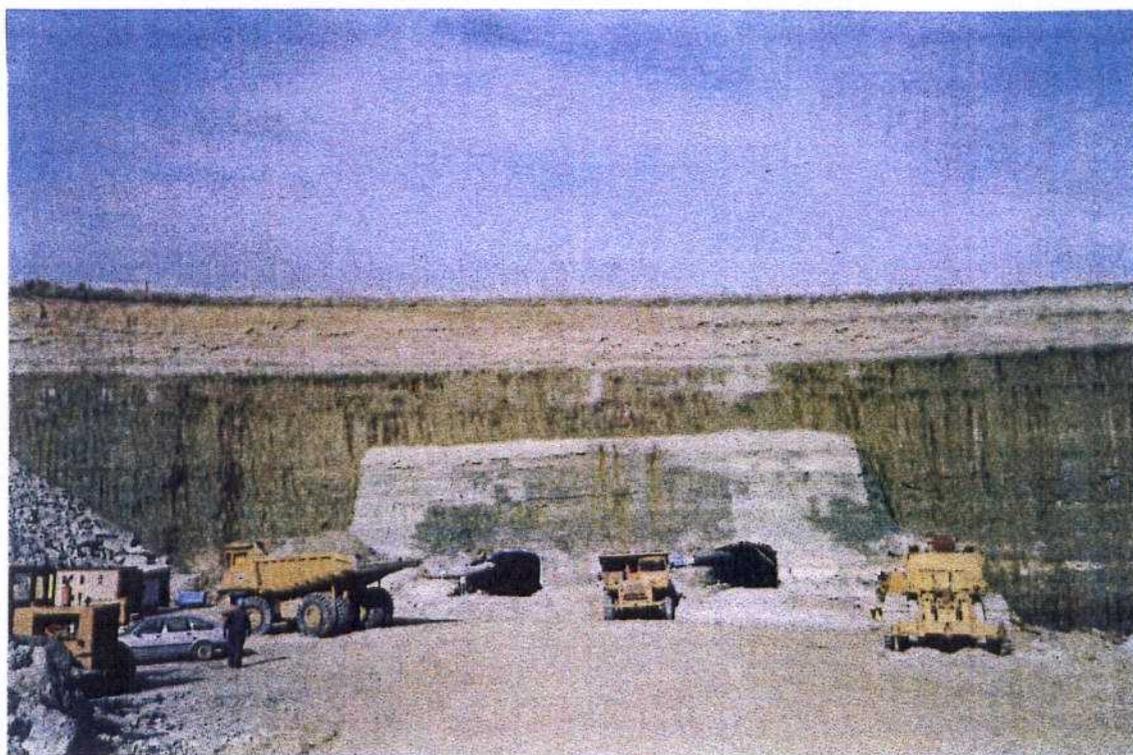
2186-001. Grupo Minero Castellana



2186-001 Grupo Minero Castellana



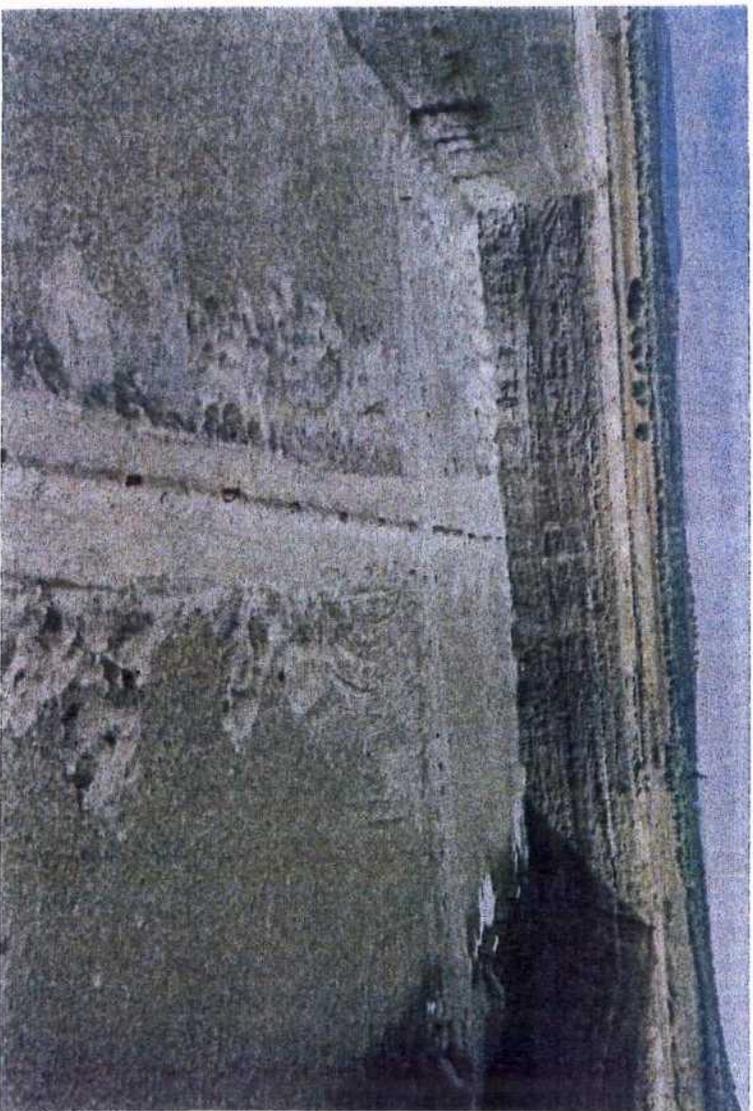
2474-111. Belén



2747-111. Belén

Comienzos explotación de interior

**GLAUBERITA**



2709 - 001. Fátima



LEYENDA

LITOLOGIA.

CUATERNARIOS.

-  Arenas, gravas.
-  Arcillas, arenas.

TERCIARIOS.

-  Calizas, arenas, gravas, arcillas.
-  Arenas arcósicas, arcillas.
-  Arcillas, arenas.
-  Arcillas, margas, calizas.
-  Margas, yesos, calizas.
-  Arcillas, margas, yesos.

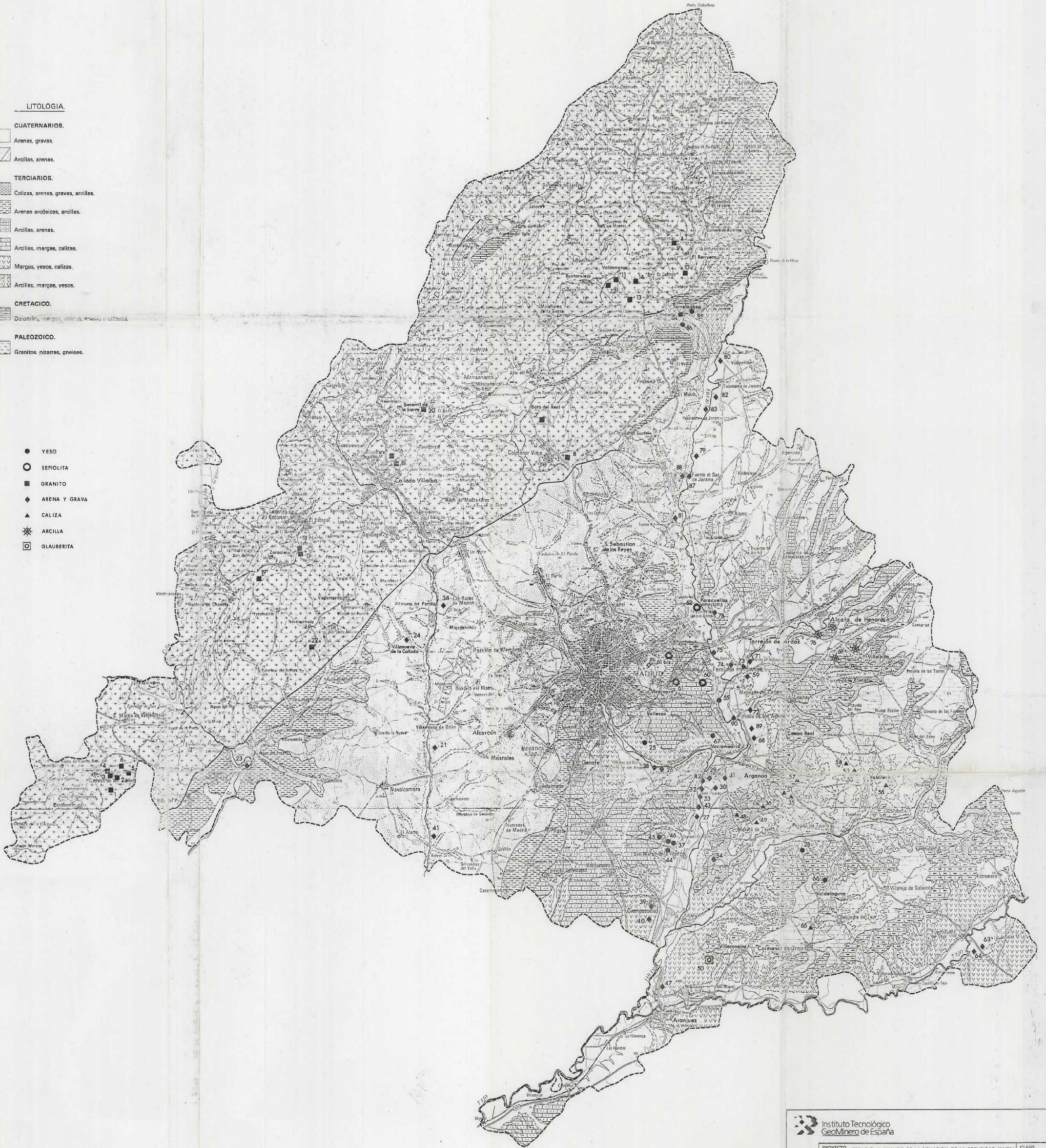
CRETACICO.

-  Dolomitas, margas, yesos, arcillas, calizas.

PALEOZOICO.

-  Granitos, pizarras, gneises.

-  YESO
-  SEPIOLITA
-  GRANITO
-  ARENA Y GRAVA
-  CALIZA
-  ARCILLA
-  GLAUBERITA



 Instituto Tecnológico GeoMinero de España		PROYECTO ESTUDIO Y ANALISIS DE LA SITUACION DE LA SEGURIDAD MINERA EN LAS EXPLOTACIONES A CIELO ABIERTO (CANTERAS) DE LA COMUNIDAD AUTONOMA DE MADRID	CLAVE
SITUACION DE LAS EXPLOTACIONES VISITADAS			PLANO N° 1
DIBUJADO	FECHA Marzo 1.993	COMPROBADO	AUTOR
		ESCALA 1:200.000	CONSULTOR