

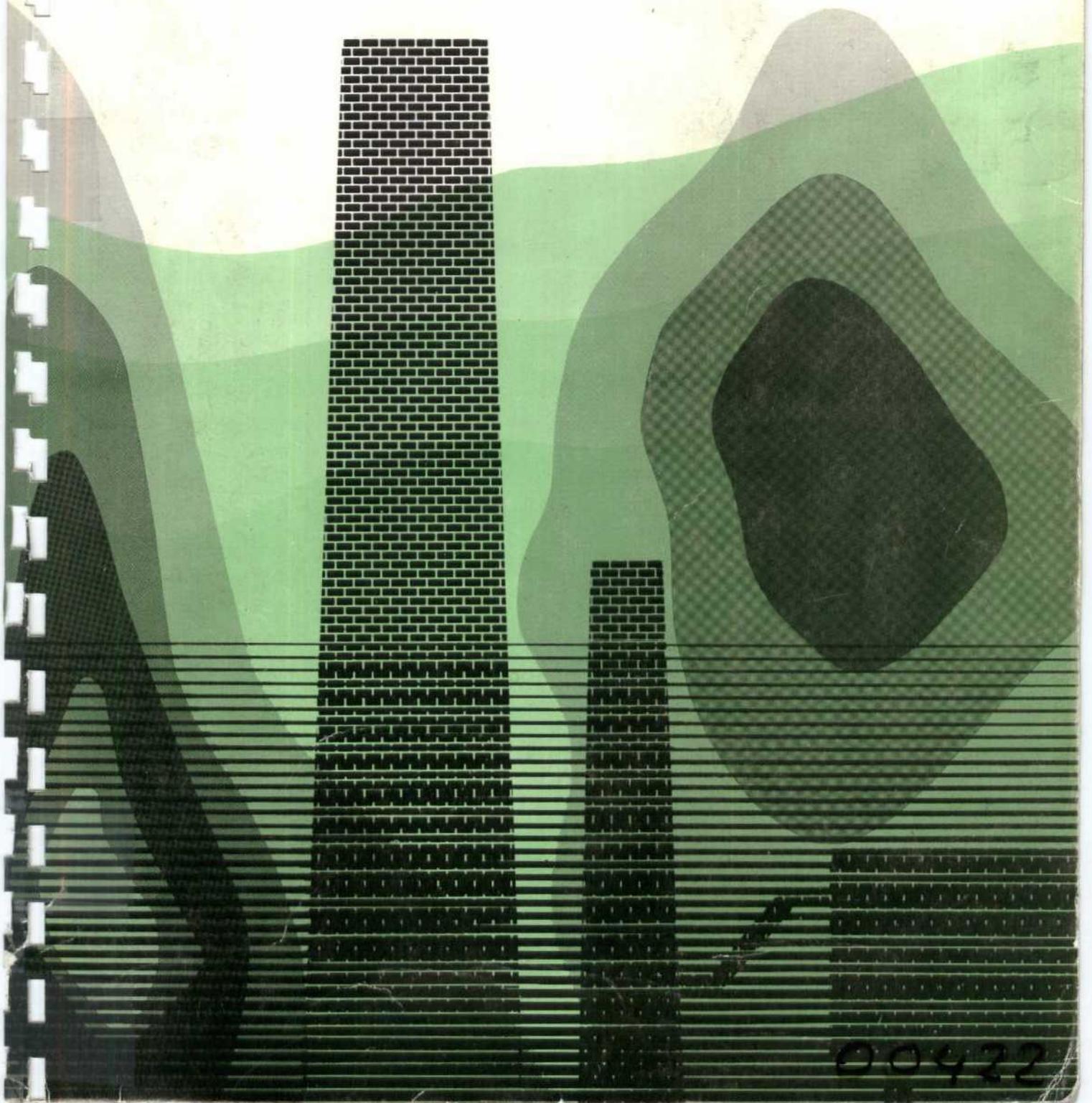
MINISTERIO DE INDUSTRIA  
DIRECCION GENERAL DE MINAS  
E INDUSTRIAS DE LA CONSTRUCCION  
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

PLAN NACIONAL DE LA MINERIA  
PROGRAMA NACIONAL DE INVESTIGACION MINERA

## ESTUDIO SECTORIAL DE YESOS

DEPRESION DEL EBRO Y CUENCA DEL DUERO

TOMO I: INFORME



El presente estudio ha sido realizado por la Empresa Nacional ADARO de Investigaciones Mineras, S.A. (ENADIMSA) en régimen de contratación con el Instituto Geológico y Minero de España.

I N D I C E

<u>TOMO I. Informe</u>	<u>Págs.</u>
1.- ANTECEDENTES .....	1
1.1.- ESTRUCTURACION DEL INFORME .....	2
1.2.- METODO DE TRABAJO .....	4
1.3.- BIBLIOGRAFIA .....	8
2.- INTRODUCCION .....	19
2.1.- RESUMEN HISTORICO .....	20
2.2.- ORIGEN, PRESENTACION Y VARIEDADES DEL YESO.	21
3.- ESTUDIO GEOLOGICO .....	23
3.1.- GEOLOGIA GENERAL .....	24
3.1.1.- Rasgos morfológicos de los valles del Duero y Ebro .....	24
3.1.2.- Geología regional .....	27
3.1.2.1.- Introducción .....	28
3.1.2.2.- Caracteres geológicos del área estudiada .....	28
3.2.- GENESIS DE LOS YESOS .....	35
3.2.1.- Medios de formación .....	36
3.2.2.- Prioridad de deposición yeso-anhi- drita y diferentes formas .....	39
3.3.- LA DEPRESION DEL DUERO .....	41
3.3.1.- Estratigrafía .....	41

	<u>Págs.</u>
3.3.2.- Los yacimientos de yeso .....	44
3.3.3.- Tectónica .....	46
3.3.4.- Historia geológica .....	47
3.3.5.- Selección de zonas .....	48
3.3.6.- Zona V-1 Iscar (Valladolid) .....	48
3.3.6.1.- Situación de la zona ...	48
3.3.6.2.- Análisis del yacimiento .	49
3.3.7.- Zona V-2 Torquemada (Palencia) ....	52
3.3.7.1.- Situación de la zona ....	52
3.3.7.2.- Análisis del yacimiento .	53
3.4.- REGION DE LA BUREBA .....	56
3.4.1.- Estratigrafía .....	57
3.4.2.- Los yacimientos de yeso .....	59
3.4.3.- Tectónica .....	60
3.4.4.- Historia geológica .....	60
3.4.5.- Selección de zonas .....	61
3.4.6.- Zona V-3 Cerezeo de Riotirón (Burgos)	61
3.4.6.1.- Situación de la zona ....	61
3.4.6.2.- Análisis del yacimiento .	62
3.5.- LOS BORDES DE CUENCA .....	64
3.5.1.- Estratigrafía .....	65
3.5.1.1.- Macizo Asturiano .....	65
3.5.1.2.- Cuenca Cantábrica .....	65
3.5.1.3.- Sierras exteriores sudpi- renaicas .....	65
3.5.1.4.- Cordillera Prelitoral Ca- talana .....	66
3.5.1.5.- Rama aragonesa de la Cor- dillera Ibérica .....	66
3.5.1.6.- Sierra de Cameros .....	67

	<u>Págs.</u>
3.5.1.7.- Sierra de la Demanda .....	67
3.5.1.8.- Sierra de Pradales .....	68
3.5.1.9.- Sistema Central y Zona Oc- cidental de la Submeseta - Norte .....	68
3.5.2.- Los yacimientos de yeso .....	68
3.5.3.- Tectónica .....	72
3.5.4.- Historia geológica .....	73
3.5.5.- Selección de zonas .....	75
3.5.6.- Zona V-4 Ribaflecha (Logroño) .....	75
3.5.6.1.- Situación de la zona .....	75
3.5.6.2.- Análisis del yacimiento ..	76
3.6.- EL OLIGOCENO DE NAVARRA .....	79
3.6.1.- Estratigrafía .....	79
3.6.2.- Los yacimientos de yeso .....	80
3.6.3.- Tectónica .....	83
3.6.4.- Historia geológica .....	84
3.6.5.- Selección de zonas .....	85
3.6.6.- Zona V-5 Peralta (Navarra) .....	85
3.6.6.1.- Situación de la zona .....	85
3.6.6.2.- Análisis del yacimiento ..	86
3.6.7.- Zona V-6 Tafalla (Navarra) .....	90
3.6.7.1.- Situación de la zona .....	90
3.6.7.2.- Análisis del yacimiento ..	91
3.6.8.- Zona V-7 Caparroso (Navarra) .....	92
3.6.8.1.- Situación de la zona .....	92
3.6.8.2.- Análisis del yacimiento ..	93
3.7.- LA CUBETA DE CALATAYUD .....	96
3.7.1.- Estratigrafía .....	96
3.7.2.- Los yacimientos de yeso .....	97
3.7.3.- Tectónica .....	100
3.7.4.- Historia geológica .....	101

	<u>Págs.</u>
3.7.5.- Selección de zonas .....	101
3.7.6.- Zona V-8 Calatayud (Zaragoza) .....	102
3.7.6.1.- Situación de la zona ....	102
3.7.6.2.- Análisis del yacimiento .	103
3.8.- EL MIOCENO DEL EBRO .....	108
3.8.1.- Estratigrafía .....	108
3.8.2.- Los yacimientos de yeso .....	112
3.8.3.- Tectónica .....	115
3.8.4.- Historia geológica .....	116
3.8.5.- Selección de zonas .....	117
3.8.6.- Zona V-9 Tauste (Zaragoza) .....	117
3.8.6.1.- Situación de la zona ....	117
3.8.6.2.- Análisis del yacimiento .	119
3.8.7.- Zona V-10 Zuera (Zaragoza) .....	121
3.8.7.1.- Situación de la zona ....	121
3.8.7.2.- Análisis del yacimiento .	122
3.8.8.- Zona V-11 Zaragoza (Zaragoza) .....	124
3.8.8.1.- Situación de la zona ....	124
3.8.8.2.- Análisis del yacimiento .	125
3.8.9.- Zona V-12 Alfajarín (Zaragoza) ....	128
3.8.9.1.- Situación de la zona ....	128
3.8.9.2.- Análisis del yacimiento .	129
3.8.10.- Zona V-13 Lécera (Zaragoza) .....	131
3.8.10.1.- Situación de la zona ...	131
3.8.10.2.- Análisis del yacimiento.	131
3.8.11.- Zona V-14 Quinto (Zaragoza-Teruel)	133
3.8.11.1.- Situación de la zona ...	133
3.8.11.2.- Análisis del yacimiento.	134
3.8.12.- Zona V-15 Gelsa (Zaragoza) .....	138
3.8.12.1.- Situación de la zona ...	138
3.8.12.2.- Análisis del yacimiento.	139
3.9.- EL OLIGOCENO DE HUESCA .....	142
3.9.1.- Estratigrafía .....	142

	<u>Págs.</u>
3.9.2.- Los yacimientos de yeso .....	143
3.9.3.- Tectónica .....	144
3.9.4.- Historia geológica .....	145
3.9.5.- Selección de zonas .....	146
3.9.6.- Zona V-16 Tamarite de Litera (Hues ca .....	147
3.9.6.1.- Situación de la zona ..	147
3.9.6.2.- Análisis del yacimiento	148
3.10.- CONCLUSIONES .....	150
4.- ESTUDIO TECNOLOGICO .....	153
4.1.- INTRODUCCION .....	154
4.2.- PROPIEDADES GENERALES DE LOS YESOS NATURA LES .....	154
4.3.- EXPLOTACION .....	155
4.3.1.- Arranque .....	156
4.3.2.- Trituración primaria .....	157
4.4.- FABRICACION .....	158
4.4.1.- Trituración secundaria .....	158
4.4.2.- Procesos de deshidratación y coc- ción .....	158
4.4.3.- Tipos de hornos .....	162
4.4.3.1.- Cocción en atmósfera se ca o no saturada .....	162
4.4.3.2.- Cocción en atmósfera sa turada .....	164
4.4.4.- Procedimientos especiales de coc- ción .....	166
4.4.5.- Preparación del producto final ..	167
4.5.- TIPOS COMERCIALES DE YESO PARA LA CONSTRUC CION .....	168
4.6.- PROPIEDADES DEL PRODUCTO ACABADO .....	170
4.7.- UTILIZACION DEL YESO .....	178

	<u>Págs.</u>
4.7.1.- Yeso crudo .....	178
- Agricultura .....	179
- Cementos .....	180
- Industria química .....	181
- Otros usos .....	181
4.7.2.- Yeso calcinado .....	182
- Aglomerantes .....	183
- Morteros de yeso .....	183
- Conglomerados ligeros .....	184
- Guarnecidos y tendidos .....	185
- Estuco .....	186
- Elementos prefabricados .....	187
- Otras aplicaciones .....	190
- Coloración del yeso .....	190
4.8.- ANHIDRITA: USOS .....	192
4.9.- ALABASTRO .....	193
4.10.- ESPECIFICACIONES DE LOS YESOS PARA LOS DISTINTOS USOS .....	195
4.10.1.- Normativa española .....	195
4.10.2.- Normativa italiana .....	199
4.10.3.- Normativa francesa .....	202
4.10.4.- Normativa inglesa .....	206
4.10.5.- Normativa USA .....	212
4.10.6.- Normativa internacional .....	218
4.11.- CARACTERISTICAS TECNOLOGICAS DE LOS YESOS DE LA ZONA .....	219
4.11.1.- Facies margo-yesífera de la cuenca del Duero .....	220
4.11.2.- Facies yesífera Briviesca-Belora- do .....	223
4.11.3.- Triásico de Logroño .....	226
4.11.4.- Oligoceno de Navarra .....	229
4.11.5.- Yesos de Fuentes de Jiloca .....	232

	<u>Págs.</u>
4.11.6.- Formación de yesos de Zaragoza ....	233
4.11.7.- Formación de yesos de Barbastro ...	235
4.12.- AJUSTE DE LOS YESOS DE LA ZONA A LA <u>NORMATI</u> VA EXIGIDA A LOS USOS A QUE SE DESTINAN Y OTROS POSIBLES EMPLEOS .....	237
4.12.1.- Facies margo-yesífera de la Cuenca del Duero .....	237
4.12.2.- Facies yesífera Briviesca-Belora- do .....	239
4.12.3.- Triásico de Logroño .....	242
4.12.4.- Oligoceno de Navarra .....	244
4.12.5.- Formación de yesos de Calatayud. <u>Ye</u> sos de Fuentes de Jiloca .....	246
4.12.6.- Formación de yesos de Zaragoza ....	248
4.12.7.- Formación de yesos de Vinaceite ...	251
4.12.8.- Formación de yesos de Barbastro ...	251
4.13.- CONCLUSIONES .....	253
5.- DIAGNOSIS ECONOMICA .....	257
5.1.- ASPECTOS GENERALES .....	258
5.1.1.- Geografía física .....	258
5.1.2.- Población .....	260
5.1.3.- Renta y Producto .....	264
5.2.- PANORAMA GENERAL DEL SECTOR DEL YESO .....	276
5.2.1.- Demanda Mundial .....	276
5.2.2.- Producción mundial .....	280
5.2.3.- Mercado internacional del yeso ....	284
5.2.4.- Estructura del sector .....	289
5.2.5.- Producción nacional .....	291
5.2.6.- Reservas .....	292
5.2.7.- Consumo nacional .....	293
5.2.8.- Mercado exterior .....	295
5.2.9.- Transporte y su evolución .....	304

	<u>Págs.</u>
5.3.- LA INDUSTRIA DEL YESO EN LA ZONA DUERO- EBRO .....	304
5.3.1.- Industria extractiva .....	304
- Número de canteras y su clasificación .....	305
- Capacidad producción .....	308
- Volumen de producción y capacidad de la misma .....	310
- Personal empleado y su clasificación .....	314
- Estructura de los costes .....	319
- Productividad .....	321
- Equipo capital .....	321
- Mercado de la piedra de yeso .....	321
5.3.2.- Industria transformadora .....	322
- Número de fábricas y su clasificación .....	322
- Capacidad de producción .....	326
- Volumen de producción .....	329
- Personal empleado .....	332
- Estructura de los costes .....	334
- Productividad .....	335
- Equipo capital .....	336
- Mercado de los productos de fábrica..	336
5.4.- PROBLEMATICA DEL SECTOR .....	338
5.4.1.- Problemas geográficos y de in <u>fra</u> estructura .....	338
5.4.2.- Problemas de financiación .....	339
5.4.3.- Problemas tecnológicos .....	340
5.4.4.- Problemas de legislación .....	340
5.4.5.- Problemas sociales .....	341
5.5.- DEMANDA DE YESO .....	342
5.6.- CONCLUSIONES .....	347
6.- CONCLUSIONES GENERALES .....	353

TOMO II. Planos y columnas de sondeos

- 1 - Valle del Duero y Cuenca Alta del Ebro
- 2 - Plano general del Valle del Ebro
- 3 - Zona V-1 Iscar
- 4 - Zona V-2 Torquemada
- 5 - Zona V-3 Cerezo de Riotirón
- 6 - Zona V-4 Ribaflecha
- 7 - Zona V-5 Peralta
- 8 - Zona V-6 Tafalla
- 9 - Zona V-7 Caparroso
- 10 - Zona V-8 Calatayud
- 11 - Ampliación de un área de la zona V-8
- 12 - Zona V-9 Tauste
- 13 - Zona V-10 Zuera
- 14 - Zona V-11 Zaragoza
- 15 - Zona V-12 Alfajarín
- 16 - Zona V-13 Lécera
- 17 - Zona V-14 Quinto
- 18 - Zona V-15 Gelsa
- 19 - Zona V-16 Tamarite de Litera
- 20 - Columnas de los sondeos efectuados

TOMO III. Fichas de explotaciones

1.- ANTECEDENTES

La realización del "Estudio Sectorial de Yesos. Zona Duero -Ebro," dentro del Plan Nacional de Investigación Minera, constituye un eslabón más en la ya iniciada tarea del conocimiento de los yesos del país.

El presente informe viene a sumarse a los ya ejecutados de las zonas Centro, Cataluña, Sureste y Levante, como consecuencia del Proyecto "Plan Nacional de Investigación de Yesos. Inventario de Recursos", presentado por el Instituto Geológico y Minero de España en abril de 1967.

#### 1.1.- ESTRUCTURACION DEL INFORME

Dada la gran amplitud superficial del estudio, con la consiguiente repercusión en número y tamaño de documentos gráficos, se ha pensado dividir el Informe en tres tomos:

- Tomo I : Memoria
- Tomo II : Planos
- Tomo III : Fichas de explotaciones

El primero de ellos, Memoria, incluye unos capítulos de introducción, a los que siguen los correspondientes al Estudio Geológico, Estudio Tecnológico y Diagnósis Económica.

El Estudio Geológico se inicia con un análisis de conjunto de las características morfológicas y geológicas de la zona reconocida, al que sigue otro sobre el origen de las facies yesíferas.

Se estudian por separado las grandes unidades geológicas que componen el área reconocida: Depresión del Duero, Región de la Bureba, Bordes de cuenca y Cubeta de Calatayud; dividiendo, por su extensión, la Cuenca del Ebro en tres capítulos: Oligoceno de Navarra, Mioceno del Ebro y Oligoceno de Huesca.

En cada una de estas unidades, se describen las características de las zonas yesíferas seleccionadas dentro de las mismas.

En el Estudio Tecnológico se efectúa un análisis de los sistemas de explotación, fabricación, tipos de yeso y propiedades y utilizaciones de los mismos.

Se describen, seguidamente, las especificaciones que se exigen a los yesos para los distintos usos. Por último, se estudian las características tecnológicas de los yesos de la zona de estudio, y su ajuste a la normativa exigida.

En el capítulo de Diagnósis Económica se contempla el panorama general del sector del yeso, para pasar posteriormente a un estudio económico de la industria del yeso en la zona Duero-Ebro y a un análisis de la problemática del sector.

Por último, se establecen unas conclusiones generales respecto al yeso del Duero y Ebro.

El Tomo II: Planos, contiene dos mapas generales a escala 1:400.000 de las Cuencas del Duero y Ebro, respectivamente, en los que se incluye una cartografía de los afloramientos de yeso, situación de estaciones de observación, zonas seleccionadas y ubicación de sondeos de investigación.

También incluye una serie de mapas a escala 1:50.000, 1:25.000 y 1:10.000 de las diferentes zonas seleccionadas.

Finalmente, también se insertan en este tomo las columnas litológicas de los sondeos efectuados, con expresión de los análisis químicos y mineralógicos, y curvas de variación del porcentaje yeso/anhidrita.

En el Tomo III: Fichas, se incluyen las fichas-inventario de las distintas canteras de yeso, activas y abandonadas, que se han visitado para la realización de este estudio; estas fichas contienen datos de situación, sistema de explotación, análisis etc.

#### 1.2.- METODO DE TRABAJO

De acuerdo con la división del estudio en los aspectos geológico, tecnológico y económico, se exponen por separado las metodologías seguidas.

##### A) Estudio geológico

Se ha comenzado el estudio con una recopilación bibliográfica, prestando especial atención a las citas sobre afloramientos yesíferos; también se han consultado los datos referentes a las explotaciones de la zona, cedidos por las diversas Secciones provinciales de Minas.

Posteriormente, y basándose en los datos tomados, se realizaron una serie de itinerarios que cubrieron toda la superficie determinada en el Proyecto de Investigación Sectorial, ampliándose en casos, a zonas situadas fuera de aquella; de esta forma se cubrió gran parte del área correspondiente a las hojas a escala 1:200.000 de Reinosa (11), Bilbao (12), Burgos (20), Logroño (21), Tudela (22), Aranda de Duero (30) y Zaragoza (32), y un sector más o menos importante de las de Pamplona (13), León (19), Huesca (23), Valladolid (29), Daroca (40) y Tortosa (41).

En estos recorridos se hicieron una serie de estaciones de observación, en algunos casos acompañados de tomas de muestras superficiales, y se delimitaron, con arreglo a diversos criterios, una serie de zonas de interés en las que se ubicaron sondeos de reconocimiento.

Tanto la superficie investigada, como los afloramientos yesíferos más importantes, zonas seleccionadas, estaciones de observación y ubicación de sondeos, se han representado en dos mapas a escala 1:400.000.

La cartografía de las zonas escogidas se ha realizado a escalas 1:10.000, 1:25.000 y 1:50.000, de acuerdo con las características particulares de cada yacimiento; también se representan en esta cartografía la situación de las muestras superficiales, ubicación de sondeos, canteras en explotación y abandonadas, frentes de explotación recomendados y accesos a las masas de yeso.

Para la obtención de muestras de yeso destinadas a análisis se han empleado dos procedimientos: desmuestres manuales en superficie, y sondeos de investigación verticales con extracción de testigo continuo; para la realización de estos últimos se han utilizado máquinas de perforación del tipo XC42H, a rotación.

Estas muestras han sido objeto de un análisis químico clásico, en el que se han determinado porcentajes de varios componentes (sílice, alúmina, etc), y de un análisis mineralógico por difracción de Rayos X, en el que se han fijado los contenidos en yeso y anhidrita, y la presencia de otras especies minerales.

Los datos así obtenidos en las muestras superficiales van intercalados en el texto en su lugar correspondiente, y

los referentes a los sondeos se reflejan en una ficha, donde se incluyen además la columna litoestratigráfica, una expresión gráfica de la proporción yeso/anhidrita y de la fracción no yesífera.

Para la denominación de zonas, sondeos y cortes se han adoptado las mismas normas que en las zonas anteriormente estudiadas del Plan Nacional de Investigación de Yesos. En la primera -Zona Centro- la denominación de zonas y sondeos iba precedida del prefijo "I-"; en la segunda -Zona Cataluña- por el "II-"; en la tercera -Zona Sudeste- por el "III-"; en la cuarta -Zona Levante- por el "IV-", y en esta quinta -Zona Duero-Ebro- el prefijo será el "V-".

Dentro de la zona Duero-Ebro, que comprende total o parcialmente las provincias de Valladolid, Palencia, Segovia, Burgos, Alava, Vizcaya, Logroño, Navarra, Zaragoza, Huesca y Turuel, se han delimitado 16 zonas, que serán designadas por el prefijo "V-" seguido del índice 1, 2, 3, etc. Así hablaremos de la zona V-1, V-2, etc. llevando cada una, además, el nombre de la localidad más inmediata o más representativa.

Los sondeos se han enumerado correlativamente dentro de cada zona, de modo que se denominan según el número de la misma seguido de otro de orden: V-2-1, V-2-2, V-2-3 etc.

#### B) Estudio tecnológico

La realización de este estudio se ha basado, en primer lugar, en la recopilación y valoración de la documentación técnica existente sobre el tema, tanto nacional como extranjera.

También se han valorado debidamente todos los datos recogidos en el trabajo de campo, tanto en las visitas a las canteras y minas como a las fábricas.

Mención especial merece el análisis efectuado de la normativa existente en torno al yeso y sus productos en diferentes -

países: España, Italia, Francia, Inglaterra y USA; así mismo se han considerado las normas internacionales.

Se han tomado muestras de yeso crudo y calcinado en diversas fábricas de la zona, sometiéndolas a los ensayos y análisis requeridos en el Pliego General de Condiciones para la Recepción de Yeso y Escayola en las obras de Construcción.

Con la valoración conjunta de estos resultados y los procedentes de los análisis químicos y mineralógicos, se han clasificado los diferentes tipos de yeso de la zona; al mismo tiempo se comentan sus posibilidades de utilización en varios empleos, de acuerdo con la normativa expuesta.

#### C) Diagnósis económica

En el estudio económico, se ha tratado, primeramente, de determinar el marco estructural y las principales macromagnitudes de las provincias que caen dentro del estudio.

Una vez dada una visión amplia del marco en el que se desenvuelven las distintas provincias, se ha procedido al estudio de la industria yesífera del área.

Se ha realizado un análisis estructural de la producción, intentando dar una amplia panorámica del sector, así como sus posibilidades futuras. No obstante la abundancia de depósitos existentes en el área, el principal condicionante para una expansión de la industria del yeso, viene marcado por la demanda; por lo tanto, se ha procedido a realizar un estudio de los mercados existentes y se han analizado sus posibilidades de ampliación.

Además, se han descrito una serie de problemas que aunque se han particularizado para el área, aquejan por igual al conjunto nacional.

8.

Para finalizar, se han descrito una serie de disposiciones y recomendaciones, dadas por los diferentes organismos públicos, con el fin de mejorar la industria yesífera en España, y consiguientemente en el Duero-Ebro.

### 1.3.- BIBLIOGRAFIA

- ALLSMAN, Paul L.

Gypsum Minerals Yearbook, 1967

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS

ASTM - C28 - 68 Especificaciones de yesos para plaster

ASTM - C61 - 64 Especificaciones para el Cemento de Keene

ASTM - C317 - 64 Especificaciones para el hormigón de yeso

ASTM - C36 - 73 Especificaciones para tabiques de yeso

ASTM - C59 - 73 Especificaciones para yesos de enlucidos y plaster de molduras

ASTM - C563 - 72 Método Standard de ensayo para determinar el óptimo de  $SO_3$  en el cemento Portland

- ARQUER PRENDES-PANDO, F. y DOMINGUEZ MARTIN, A.

Datos para un estudio hidrogeológico de la zona del valle del río Esgueva (Valladolid). I Congreso Hispano-Luso-Americano de Geología Económica.

- ARREDONDO, F.

"Estudio del yeso".- I "Fabricación". Informes de la Construcción núm. 42. Madrid 1952.

"Estudio del yeso".- II "Modificaciones de la velocidad de fraguado". Informes de la Construcción núm. 43. Madrid 1952.

"Estudio del yeso".- III "Coloración". Informes de la Construcción núm. 46. Madrid 1953.

"Estudio del yeso".- IV "Impermeabilización". Informes de la Construcción núm. 49. Madrid 1953.

Estudio de Materiales. II El yeso. Madrid 1972.

- AUSTETT, F.

Le plâtre. Comptes Rendus de recherches. Laboratoire du Batiment et des travaux Publics 1943.

- BARTON, W.R.

Gypsum Mineral Facts and Problems

- BOLETIN OFICIAL DEL ESTADO

II y III Plan de Desarrollo

- BOLETIN OFICIAL DEL ESTADO 2-2-72

Pliego General de Condiciones para la recepción de yeso y escayola en las obras de construcción.

- BRANSON, L.B.

The Origin of thick Gypsum and salt Deposits. Geol. Soc. Amer. Bull. (1915) 24, 231-232.

- BRITISH STANDARDS INSTITUTION

BSI - 1191 - Parte 1<sup>a</sup> Plaster de yeso para la construcción

BSI - 1191 - Parte 2<sup>a</sup> Plaster de yeso ligero para la construcción.

BSI - 4598 - Plaster para impresiones dentales.

- CENTRE D'INFORMATION DU PLATRE

Gypsum

Revue d'architecture 1969

## CENTRE D'INFORMATION DU PLATRE

## Le Platre

## Documents Techniques. Paris

## - COLLINGS, R.K.

Evaluation of Phospho-Gypsum for Gypsum Products Manufacture.  
Industrial Minerals, September. 1972.

## - COMANN, R.K.

Gypsum

## - CONGHLIN, J.P.

Hydratation-Rate Studies of Gypsum Plasters: Effects of Small  
Amounts of dissolved substances. Bu Mines Rept of Inv. 5477. -  
1959.

- CONRAY, Joseph E. and J. SHARLAND Jorgensen (assigned to  
Georgia-Pacific Corp, Portland Oreg).

Apparatus for continous calcination of Gypsum U.S. Pat 3,307,  
915 Mar. 7, 1967.

- CHASSEVENT, L.E., and N. Goulonnes (assigned to Lambert Freres  
and Cie, Paris).

Method and Apparatus for calcining Gypsum in two Stajes. U.S.  
Pat 3, 312, 455 Apr. 4, 1967.

## - EMPRESA NACIONAL ADARO.

Investigación de Potasas Sudpirenaicas

## - FRENCH, Robert, R.

Geology and Mining of Gypsum in southwestern Indiana. Acad. of  
Sci. 76 1967. pp. 318-322. Mineral Yearbook.

- GALL, R.W. (Assigned to Kaiser Gypsum Co, Dakland, Calif).  
Method of Grinding and Introducing a set-control Agent Into a Gypsum Slurry U.S. Pat. 3, 314, 613, Apr 18. 1967.
- GARCIA ABBAD, F.J. y REY SALGADO, J.  
"Cartografía Geológica del Terciario y Cuaternario de Valladolid".  
Boletín Geológico y Minero. Tomo LXXXIV-IV Año 1973.
- GROVES, A.W.  
"Gypsum and anhydrite"  
Mineral Resources División. London 1958.
- HAVARD, J.F.  
Gypsum. Industrial Minerals and Rocks
- HOLLIDAY, D.W.  
Early diagenesis in nodular anhydrite rocks.
- HOLMES, G.H. J.  
Mining, Milling, and Manufacturing Methods at the Blue Diamond Corp's Gypsum Property, Clark Conty, Nev. Information Circular 7555. United States Department of the Interior. Bureau of Mines, March 1950.
- HULL, W.O. SCHON, F. and ZIRUGIB, H.  
Sulfuric Acid from anhydrite, Ind. & Eng. chem (August 1957) - 49, 1042-1214.
- I G M E  
Investigación Nacional de Yesos. Zona Centro  
Investigación Nacional de Yesos. Zona Cataluña  
Investigación Nacional de Yesos. Zona Sudeste

## Investigación Nacional de Yesos. Zona Levante.

## - I G M E. Hojas geológicas, escala 1:50.000

Núms. 111, Orduña, 112 Vitoria, 133 Prádanos de Ojeda, 137 Miranda de Ebro, 141 Pamplona, 167 Montorio, 168 Briviesca, 171 Viana, 172 Allo, 173 Tafalla, 174 Sanguesa, 175 Sigués, 204 Logroño, 205 Lodosa, 206 Peralta, 207 Sos del Rey Católico, 208 Uncastillo, 209 Aguero, 235 San Cebrián de Campos, 237 Castrogeriz, 241 Anguiano, 243 Calahorra, 244 Alfaro, 245 Sádaba, 247 Ayerbe, 273 Palencia, 275 Santa María del Campo, 276 Lerma, 282 Tudela, 284 Egea de los Caballeros, 286 Huesca, 287 Barbastro, 313 Antigüedad, 314 Cilleruelo de Abajo, 320 Tarazona de Aragón, 322 Remolinos, 323 Zuera, 324 Grañén, 325 Peralra de Alcofea, 345 Roa de Duero, 346 Aranda de Duero, 347 Peñaranda de Duero, 354 Alagón, 355 Leciñena, 356 Lanaja, 374 Peñafiel, 375 Fuentelcesped, 403 Maderuelo, 427 Medina del Campo y 494 Calanda.

## - I G M E. Mapa Geológico de España, escala 1:200.000. Síntesis geológica.

Núms. 11 Bilbao, 12 Reinososa, 6-13 Irún-Pamplona, 19 León, 20 Burgos, 21 Logroño, 22 Tudela, 23 Huesca, 29 Valladolid, 30 Aranda de Duero, 32 Zaragoza, 33 Lérida, 40 Daroca y 41 Tortosa.

## - INDUSTRIE DE LA CHAUX, DU CIMENT ET DU PLATRE

Notions Générales sur L'Industrie du platre

## - IRANOR

UNE 7064 - Ensayos físicos de yesos y escayolas empleados en construcción

UNE 7065 - Métodos de análisis químicos de yesos y escayolas

UNE 41022 - Yesos corrientes para construcción. Norma de calidad

UNE 41023 - Escayola para la construcción. Norma de calidad

UNE 169-73 - Aljez ó piedra de yeso. Clasificación. Características.

- JOHNSON, K.S.

Gypsum and salt resources in Oklahoma

- KELLEY, K.K.

Thermodynamic Properties of Gypsum and Its Dehydration Products. Bu Mines tech Paper 625. 1941.

- LARSON, L.P.

Gypsum

Minerals Facts and Problems, Anniversary Edition

- LEHMANN, H. et SCHLEGEL, H.

Relación entre la provenance geologique, la traitement thermique et les caracteristiques de qualite des platres. Tonindustrie Zeitung. Agosto 1956.

- LLAMAS MADURGA, M.R.

Estudio geológico - técnico de los terrenos yesíferos de la cuenca del Ebro y de los problemas que plantean en los canales.

Servicio Geológico del Ministerio de Obras Públicas. Boletín - núm. 12. Madrid julio 1962.

- MARSHALL, L.G.

Mining Methods and Costs, Iowa Gypsum Deposits. Information Circular 7909. United States Department of the Interior. Bureau of Mines. 1959.

- MATERIALES PARA CONSTRUCCION Y ESTRUCTURAS

Yeso

- M.O.P. Dirección general de carreteras. División de materiales

Estudio previo de terrenos

Autopista Zaragoza-Vascóngadas

Tramo: Zaragoza-Tauste

Tramo: Tarazona-Lodosa

Autopista Madrid-Burgos

Tramo: Aranda-Lerma

Autopista Zaragoza-Lérida

Tramo: Bujaraloz-Lérida

- MOYER, F.T.

"Gypsum and anhydrite"

U.S. Bur - Mines Inf. Circ. 7049 - 1939.

- MURRAY, R.C.

Origin and Diagenesis of Gypsum and Anhydrite

Marine Evaporites

- NORME FRANCAISE

NF B 12-301 Yesos de construcción

NF B 12-302 Yesos para staff

NF B 12-303 Yesos finos de construcción para enlucidos de muy alta dureza.

NF B 12-401 Yesos. Técnica de ensayos

- OFFUTT, J.S. and LAMBE, C.M.

"Plaster and Gypsum Cements for Ceramic Industry. Amer. Ceramic. Soc. Bull, (feb. 1957) 26, 29 36.

- ORGANIZACION INTERNACIONAL DE NORMALIZACION

ISO/R 1587-1972 (F) Piedra de yeso para la fabricación de aglomerantes.

- PLEMANS, H.F., and MDS., Fields (assigned to National Gypsum Co, Buffalo, N.Y.

Process for Making Board U.S. pat 3, 818, sept. 26, 1967.

- P.N.E.M.

DAL RE F.

Monografía de la industria del Yeso - 1968. Ministerio de Industria

- R.H.S. ROBERTSON

"Mineral use Guide". London 1960

- RIDDELL, W.C.

Kettle Process for Calcining Gypsum, Rock Products (Aug. 1945) 48, 88-89, 152.

- ROCK-FORMING MINERALS AND ROCKS, AND MAGNESITE.

Gypsum. Calcareous Minerals and Rocks

- ROCK PRODUCTS, December 1970.

Gypsum Construction slowdown causes dip in demand.

- ROCK PRODUCTS, December 1967.

Gypsum

- ROCK PRODUCTS, December 1969.  
Gypsum - Markets Broaden
- ROCK PRODUCTS, April 1969.  
Gypsum production up, costs slashed with cooler system.
- RUIZ FALCO, A.  
"El yeso en España"
- SCHOROEDER, H.J.  
Gypsum  
Mineral Facts and Problems
- SERVICIO DE ESTUDIOS DEL BANCO DE BILBAO  
Renta Nacional de España 1967 - 1969 - 1971
- SERVICIO GEOLOGICO DE OBRAS PUBLICAS  
I Coloquio Internacional sobre las obras públicas en los terrenos yesíferos.  
Tomo V - tema VI. Geología del yeso en relación con las obras públicas . Madrid 1962.
- SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA  
Informe anual de la industria del Cemento Natural, Cales y Yesos 1967 - 1970.
- SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA  
Plan Nacional de Minería 1970 - 1971.
- SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA  
Estadística Minero-Metalúrgica de España - 1972.
- SHEARMAN, D.J. MOSSOP, G., DUNSMORE, H., MARTIN, M.

Origin of Gypsum veins by hydraulic fracture

- SHEARMAN, D.J.

Origin of marine evaporites by diagenesis

- SHULL, John D, Jr. (assigned to National Gypsum Co, Buffalo N. 4).

Gypsum Product. V.S. Pat 3, 328, 121 June 27, 1967.

- STEARN, E.W.

Gypsum companies improve inner city life.

Rock Products, July 1969

- STEWART, Frederik

Marine Evaporites. Geol. Survey Prof. Paper. 440 - 4. Año 1963.

- TAELEER, David H.

Gypsum Plant. By-the Numbers. Miner, Proc. V. 8 núm. 1. January 1967. pp. 16-20

- TURCO, T.

"Il Gesso". Lavarocione, trasformazione, impieghi. Milano 1961

- UNIFICAZIONE ITALIANA

UNI - 6782-73 Yeso para la edificación

UNI - 5371-64 Piedra de yeso para la fabricación de morteros

- WALTER, L.

Processing Anhydrite for cement and sulfuric Acid Manufacture  
Rock Products (june 1956) 164-6.

- WILDER, Frank A.

Gypsum. Its occurrence, origin, technology and uses. Iowa Geol. Survey V. 28 año 1918.

- WITHINGTON, C.F.

Gypsum and anhydrite in the United States. Geol. Survey Mineral Investigation Resource Map MR - 33, Año 1962.

2.- INTRODUCCION

Con el término genérico de yeso se vienen designando, de forma general, dos tipos de sustancias conocidas y utilizadas - hace muchísimos años y que son: un mineral y el producto industrial obtenido de él.

En los últimos tiempos, se está utilizando el término de yeso para denominar al producto industrial, reservando el de piedra de yeso para designar la roca o mineral.

#### 2.1.- RESUMEN HISTORICO.

Es la piedra de yeso uno de los primeros aglutinantes utilizados en la antigüedad. Así, Herodoto, visitando 500 años antes de Jesucristo las pirámides de Egipto, descubre que los grandes bloques empleados están unidos por un cemento del que uno de sus constituyentes es el yeso. Este yeso grosero se había obtenido por calcinación de la piedra de yeso, lo que indica el alto grado de perfeccionamiento que poseían los egipcios para la preparación y uso de este material. Esto hace pensar que el empleo del yeso se venía realizando desde tiempos más remotos.

La utilización de la piedra de yeso se transmite de una civilización a otra y así se encuentran obras en Grecia - el Partenón y el Templo Selenita - en las que se aprecia la presencia del yeso.

Es durante el Imperio Romano cuando la piedra de yeso adquiere un relativo esplendor, reflejado por la aparición del

Albarim opus de Plinio donde se describe el arte de la decoración con estuco y escayola; además se empleaba en agricultura y viticultura. Muestras del uso del yeso son el Templo de la Diosa Fortuna en Roma y la Iglesia de San Stefano de Bolonia.

Con la desaparición del Imperio Romano, la utilización de la piedra de yeso entra en un período de depreciación, que dura hasta el momento en que se comienza a usar el yeso de los alrededores de París. Este gran bache se ve amortiguado, en parte, por el uso que hacen de este material los árabes para la decoración de sus palacios (Alhambra de Granada etc.).

El desarrollo de la industria del yeso es continuo a partir de estos momentos; en el siglo XVIII se introduce su empleo en Estados Unidos, principalmente como corrector agrícola y material anticombustible.

Pero es a mediados de este siglo cuando el material adquiere su mayor importancia, al descubrirse su empleo como retardador; de otra parte, el mayor perfeccionamiento en las técnicas de transformación, ha permitido aumentar considerablemente su campo de aplicación.

## 2.2.- ORIGEN, PRESENTACION Y VARIEDADES DEL YESO

Los depósitos de yeso se han originado por la total o parcial evaporación de aguas que contenían abundante cantidad de sal, por lo que es normal que los depósitos yesíferos se encuentren próximos a zonas de sales de sodio, potasio o magnesio, así como a depósitos calizos.

La piedra de yeso se encuentra ampliamente distribuida, presentándose, por lo regular, en lechos y vetas que determinan yacimientos próximos a la superficie; no obstante, en algunos casos llegan a alcanzar los 100 metros de profundidad. La poten

cia que presentan estas capas es muy variable, desde varios centímetros hasta más de 60 m.

Aunque los dos minerales de sulfato cálcico más abundantes en la naturaleza son el yeso ( $\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) y la anhidrita ( $\text{SO}_4\text{Ca}$ ), existen una serie de variedades, de cada uno de ellos, que se presentan con mayor o menor abundancia. Así tenemos:

Variedades del yeso.- Selenita: variedad transparente, incolora y cristalina clara. Alabastro: granular, ligeramente translúcido y masivo. Espato satinado: fibroso, brillo satinado o perlado, generalmente en venas. Yesina o gripita: cristalitas de yeso diseminados en arcilla o barro terroso. Sericolita: cristalina, fibrosa con brillo sedoso. Copi o flores de yeso. Espejuelo de asno y yeso fétido.

Variedades de la anhidrita.- Volpinita: sacaroidea de color gris-azulado. Por último, existe un mineral que está formado por agujas microscópicas y que es la forma natural del  $\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$ , denominado Basanita.

3.- ESTUDIO GEOLOGICO

### 3.1.- GEOLOGIA GENERAL.

#### 3.1.1.- Rasgos morfológicos de los valles del Duero y Ebro

El área investigada en el Programa Sectorial de Yesos comprende una enorme extensión cuyos límites corresponden, aproximadamente, a las siguientes localidades: Valladolid, Medina de Rioseco (Valladolid), Osorno (Palencia), Espinosa de los Monteros (Burgos), Valnaseda (Vizcaya), Vergara (Guipúzcoa), Pamplona, Yesa (Navarra), Berdún, Huesca, Tamarite de Litera, Fraga (Huesca), Valderrobres, Alcorisa, Caminreal (Teruel), Daroca, Calatayud, Tarazona (Zaragoza), Corella (Navarra), Arnedo, Ortigosa de Cameros, Ezcaray (Logroño), Pradoluengo, Huerta del Rey, Aranda de Duero (Burgos), Valle de Tabladillo, Cuéllar (Segovia), Iscar y Valladolid (Valladolid).

Esta amplia zona abarca parte de las cuencas del Ebro y Duero, a la vez que una buena porción de los sistemas montañosos que las circundan.

Desde el punto de vista morfológico pueden distinguirse - dos depresiones, constituidas por el valle del Ebro y el del Duero, rodeadas por una serie de cadenas montañosas que determinan un relieve de medio a abrupto.

El curso del río Ebro, desde la zona de Villarcayo hasta las proximidades de Miranda de Ebro, forma un estrecho valle modelado en los materiales, esencialmente carbonatados y detríticos, del Cretácico y Eoceno de la Cuenca Cantábrica. Entre Mi

randa de Ebro y las Conchas de Haro, donde el río atraviesa la Sierra de Cantabria, recorre la depresión terciaria conocida como cuenca de Miranda-Treviño.

A partir de las Conchas de Haro, penetra el curso fluvial en los materiales terciarios continentales que se conocen geológicamente como Depresión terciaria del Ebro. El valle aquí es más amplio que en los dominios cantábricos, pero sigue jalonado, a escasa distancia, por los bordes de la Sierra de Cantabria, al N, y por los de la Sierras de la Demanda y Cameros, al S.

Es al E de Calahorra donde el valle se ensancha considerablemente, y los bordes de los macizos marginales, Cuenca Cantábrica-Pirineo, al N, e Ibérica, al S, se sitúan muy distantes. En su recorrido hacia el E el valle alcanza una gran amplitud, atravesando la Ribera navarra, toda la provincia de Zaragoza, y penetrando en la de Tarragona por Ribarroja de Ebro y Flix.

A partir de aquí el río Ebro atraviesa, perpendicularmente a su alineación, la cadena Prelitoral Catalana, y desemboca con prontitud en Amposta. Esta última zona queda ya fuera del área estudiada en este Programa Sectorial.

Así pues, el valle del Ebro, desde el punto de vista morfológico, comienza en el dominio geológico de la gran Cuenca Cantábrica, para luego recorrer en toda su extensión la Depresión terciaria del Ebro.

Una vez que entra en esta Depresión, aparece bordeado al N por la Sierra de Cantabria, que representa el borde S de la Cuenca Cantábrica, y alcanza alturas del orden de los 1.400 m.

Sigue una zona de transición entre la Cuenca Cantábrica y el Pirineo y continúa con el borde sur del Pirineo, o sierras exteriores sudpirenaicas. En esta zona, de relieves de tipo medio

a abrupto, se alcanzan cotas de hasta 1.500 m y 2.000 m.

Al S jalona el valle en toda su longitud la Cordillera Ibérica, sucediéndose de W a E la Sierra de la Demanda, Sierra de Cameros (Ibéricas Occidentales) y Cordillera Ibérica propiamente dicha. En este último sector la cordillera se divide en dos ramas (Aragonesa y Castellana), que dejan entre ellas una depresión terciaria conocida por Depresión de Calatayud. Las altitudes en este sistema montañoso alcanzan el techo de los 2.300 m. en el Moncayo (Zaragoza-Soria).

Aunque el valle del Ebro continúa hacia el mar, desde el punto de vista geológico finaliza al encontrarse con la Cordillera Prelitoral Catalana.

El Río Duero nace en el dominio de las Ibéricas occidentales, recorriendo su valle los materiales mesozoicos de la Sierra de Cameros, hasta que penetra en la zona de estudio por Aranda de Duero, atravesando ya los materiales continentales de la conocida geológicamente como Depresión del Duero.

El valle discurre, a la altura de Aranda, entre el borde S de la Sierra de Cameros y el N de la Sierra de Pradales (borde paleo-mesozoico del Sistema Central). Continúa luego hacia el W, atravesando los mismos materiales terciarios, hasta que penetra, a la altura de Zamora y ya fuera de la zona de estudio, en los materiales paleozoicos y graníticos de relieve exhumado de la Meseta.

Entre Aranda de Duero y Zamora el valle alcanza una gran amplitud, extendiéndose entre dos sistemas montañosos, la Cordillera Cantábrica, al N, y el Sistema Central, al S.

Dentro de la denominación geológica de Depresión terciaria del Duero, se incluye una zona que morfológicamente forma parte

del valle del Ebro; nos referimos a la región de la Bureba que ocupa una área deprimida que se extiende entre el borde N de la Sierra de la Demanda, y el S de la Cuenca Cantábrica.

La Depresión del Duero está limitada, al N, por la Cordillera Cantábrica, donde se pueden distinguir dos grandes unidades: el Macizo Asturiano, al W, y la gran Cuenca Cantábrica, al E.

En esta zona los relieves son abruptos alcanzándose cotas que sobrepasan los 2.000 m. Los ríos que nacen en la Cordillera y corren al S forman valles encajados, hasta que alcanzan la Depresión terciaria, donde se ensanchan considerablemente.

Por el S forma su límite el Sistema Central, mediante el borde paleomesozoico que se encuentra inmediatamente al N del macizo cristalino. Aquí el relieve es ondulado, con ríos encajados en las áreas de calizas cretácicas; las alturas no son excesivas, pero más al S, ya en los materiales graníticos, se sobrepasan los 2.000 m.

Por el borde E, limitan la Cuenca las Sierras de la Demanda y Cameros, donde también los relieves, no muy abruptos, alcanzan los 2.000 m.

El paso del Valle del Duero al del Ebro, morfológicamente hablando, se hace, de W a E, a través del borde S de la Cuenca Cantábrica, y posteriormente en las Sierras de la Demanda y Cameros; entre ambos sistemas queda una estrecha zona, conocida geográficamente por Montes de Oca, donde el paso entre ambos valles se efectúa a través de los propios materiales terciarios de la Depresión del Duero.

### 3.1.2.- Geología regional

### 3.1.2.1.- Introducción

Teniendo en cuenta el carácter eminentemente práctico del presente trabajo, las labores de prospección geológica se han polarizado, preferentemente, hacia aquellos tramos estratigráficos donde es posible la presencia de niveles de yeso. Por esta razón, las observaciones sobre el terreno se han centrado prioritariamente en el Mioceno y Oligoceno, y en un segundo término en el Triásico superior y Cretácico.

El Mioceno aparece ampliamente representado en las Cuencas del Duero y Ebro; el Oligoceno aflora, principalmente, en algunas zonas de la Depresión terciaria del Ebro; el Triásico superior se encuentra muy disperso en multitud de afloramientos, repartidos por los diversos sistemas montañosos que rodean ambas cuencas; por último, el Cretácico presenta niveles de yeso de cierto interés en la Sierra de Pradales y borde S de la Sierra - de Cameros.

A través de la información geológica disponible de la zona se ha pretendido elaborar un bosquejo geológico regional, con la finalidad de situar el yeso dentro de su marco. A tal objeto se han confeccionado dos mapas a escala 1:400.000, donde se sitúan las formaciones yesíferas más representativas de la zona. Las áreas que presentan los yacimientos de yeso más interesantes, - han sido estudiadas en detalle.

### 3.1.2.2.- Características geológicas del área estudiada.

#### Unidades geológicas

Desde el punto de vista geológico se pueden distinguir en la zona estudiada las siguientes unidades:

- 1 - Depresión terciaria del Ebro.

- 2 - Submeseta Norte de la Meseta Central, con la Depresión terciaria del Duero.

Ambas depresiones se comunican a través del Corredor terciario de la Bureba; este corredor se describirá en este capítulo co incluido dentro de la Depresión del Duero.

Bordeando estas depresiones se encuentran una serie de sistemas montañosos, que se corresponden con las unidades que se citan.

- 3 - Macizo Asturiano

- 4 - Gran Cuenca Cantábrica

Ambas constituyen la Cordillera Cantábrica

- 5 - Pirineo, con sus Sierras Exteriores Sudpirenaicas

Entre esta unidad y la Cuenca Cantábrica se sitúa una zo na de transición, que corresponde al N de la provincia de Navarra.

- 6 - Cordillera Prelitoral Catalana

- 7 - Cordillera Ibérica

La gran dimensión de este sistema y sus características geo lógicas hacen que tradicionalmente se divida en:

7.1.- Cordillera Ibérica Oriental (o propiamente dicha). Con dos ramas en la zona que nos ocupa, Rama Aragones o externa y Rama Castellana o interna. La Cordillera Ibérica se une - al extremo sur de la Cordillera Prelitoral Catalana mediante un amplio arco montañoso, que limita por el N la gran plataforma elevada del Maestrazgo.

- 7.2.- Ibéricas occidentales

Se conocen con este nombre al conjunto formado por dos unidades bien diferenciadas: Sierra de la Demanda y Sierra de Cameros.

Entre las dos Ramas citadas de la Cordillera Ibérica Oriental, se sitúa una amplia depresión terciaria:

- 8 - Depresión de Calatayud-Montalbán.
- 9 - Sistema Central (Meseta Central), con su reborde N paleomesozoico
- 10 - Zona occidental de la Submeseta Norte (Meseta Central), de materiales ígneos y metamórficos.

Esta última zona enlaza por el N con el ya citado Macizo Asturiano.

### Historia geológica

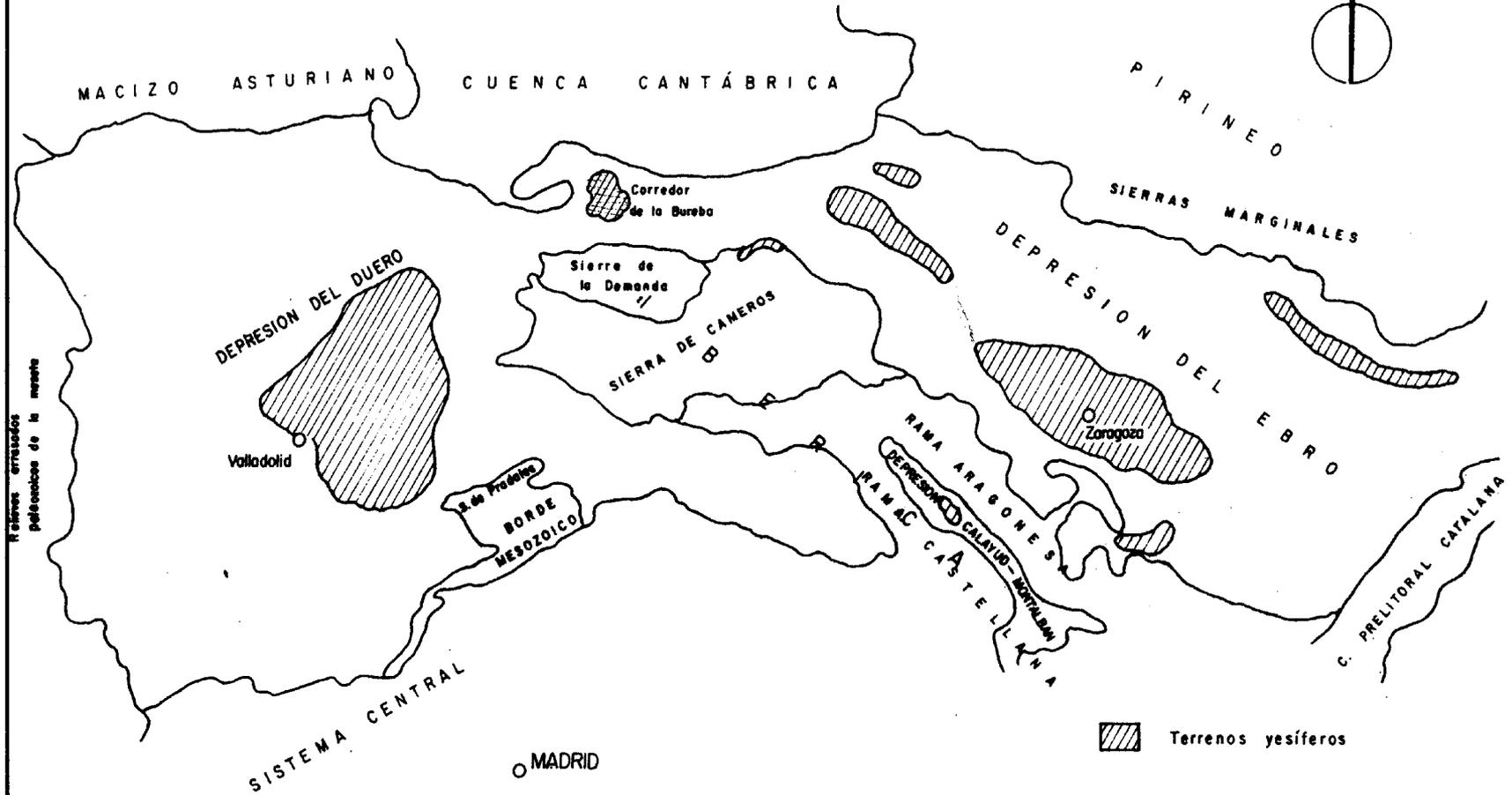
A la deposición de los materiales paleozoicos, posteriormente plegados por la orogenia hercínica, sigue la peniplanización pretriásica, que convierte al antiguo Macizo del Ebro (macizo que ocupaba una situación similar a la de la actual Depresión del Ebro) y a la Meseta Central (área con que se designan las dos Mesetas Castellanas y el Sistema Central) en sendas penillanuras, constituidas por bloques paleozoicos plegados y arrasados.

Durante el Mesozoico y comienzos del Terciario, estos macizos constituyen el área fuente de una serie de depósitos que se sedimentan en las zonas periféricas: Cuenca Cantábrica, Pirineo, Cordillera Prelitoral Catalana, Ibérica y Bordes E, S y N de la Submeseta norte.

La tranquilidad orogénica existente en esta época permite la conservación de las penillanuras; en todo caso las pequeñas deformaciones que pudiesen producirse serían de escasa importancia y quedarían de nuevo arrasadas.

Con los plegamientos alpinos, ocurridos a mediados de la Era Terciaria, los dos macizos responden de forma similar, aunque con distinta intensidad.

# DISTRIBUCION DE UNIDADES GEOLOGICAS



líneas arrastradas  
peloscos de la mano

El zócalo de la Meseta se fractura, produciéndose un conjunto de bloques que dan origen a una serie de depresiones interiores rodeadas de otras zonas más elevadas (Cuencas del Duero y Tajo, separadas por el Sistema Central).

El Macizo del Ebro se hunde en su totalidad, dando origen a una depresión que se convierte en un brazo de mar que se para las nuevas tierras que se forman en sus márgenes.

En las depresiones así formadas, que ya en el Oligoceno constituían cuencas aisladas del mar, tiene lugar una activa sedimentación continental. Esta también se realiza de forma similar, pero no igual, en ambas cuencas.

En el Duero (Meseta Central) los depósitos terciarios lacustres y continentales (principalmente miocenos) forman grandes espesores de sedimentos, que mantienen en su mayor parte la horizontalidad al no ser afectados grandemente por los últimos plegamientos alpinos.

Queda, tras estos acontecimientos, dividida la Meseta Norte en las siguientes unidades morfoestructurales:

- El viejo zócalo arrasado, que aflora al W de la Cuenca del Duero.
- Las sierras interiores, en las que se integra la Cordillera Central, que forman parte del zócalo antiguo remozado por las fracturas recientes.
- La Depresión terciaria del Duero.
- La orla montañosa producida por el pliegue de los materiales mesozoicos, fundamentalmente, como respuesta a los esfuerzos alpinos.

En el Ebro, los depósitos continentales se inician con el Oligoceno, acumulándose unos 1.000 m de materiales de esta edad; sobre estos materiales repercuten los esfuerzos orogénicos que plegaron las montañas periféricas, favorecidos éstos por la naturaleza salina plástica de aquellos.

Inmediatamente encima se depositan los materiales de edad miocena, que mantienen, de una forma general, su horizontalidad.

La discordancia entre el Mioceno y el Oligoceno se manifiesta de una forma desigual, ya que mientras en unos puntos - aparece la discordancia en el centro de la Cuenca y no se manifiesta en los bordes, en otros sucede exactamente lo contrario.

La Depresión del Ebro tiene, por tanto, una estructura - de plegamiento que se observa con bastante claridad a lo largo de toda la cuenca. La plasticidad de los materiales salinos y yesíferos a que se hacía mención, ha favorecido este plegamiento, ya que fluyen a presiones más bajas y llegan a perforar las coberteras margosas, dando lugar a los pliegues diapíricos.

Puede dividirse la Depresión del Ebro en tres grandes regiones:

- Región navarro-aragonesa, tabular o de pliegues laxos.
- Región catalana, de pliegues apretados y diapiros salinos.
- Región ampurdanesa, de fallas verticales y bloques.

Otra depresión que se forma al mismo tiempo que las del Ebro y Duero es la Cubeta de Calatayud-Montalbán. Se trata de una depresión emplazada en un conjunto de bloques paleozoicos deprimidos, como consecuencia de los paroxismos alpinos, que la individualizan de dos áreas levantadas marginales, que cons

tituyen las Ramas aragonesa y castellana de la Ibérica.

Durante el Terciario superior esta cuenca se rellena de materiales miocenos, hasta su colmatación.

A consecuencia del plegamiento alpino, en las áreas periféricas de las Depresiones del Duero y Ebro se producen una serie de sistemas montañosos; algunos, como el Sistema Central, forman parte del zócalo antiguo remozado por fracturas recientes, y otros, como la Cuenca Cantábrica, el Pirineo, Cordillera Prelitoral e Ibérica, constituyen típicas cordilleras de plegamiento de materiales esencialmente mesozoicos.

#### Estratigrafía

Dada la complejidad de la zona que nos ocupa, se describirá de forma somera la estratigrafía de las diferentes unidades, señalando aquellos niveles que tienen interés yesífero.

Macizo Asturiano: formado por materiales paleozoicos y sin ningún interés yesífero.

Cuenca Cantábrica: integrada por materiales mesozoicos, esencialmente cretácicos. Los niveles de yeso se circunscriben a los afloramientos tectónicos o diapíricos del Triásico superior (Keuper).

Pirineo: únicamente se ha reconocido en su borde sur, correspondiente a las Sierras marginales sudpirenaicas. Estas están formadas por materiales esencialmente mesozoicos y del Terciario inferior; los afloramientos yesíferos de esta unidad están reducidos a los asomos triásicos.

Cordillera Prelitoral Catalana: constituida en su mayoría por materiales de edad mesozoica; queda ya fuera de la zona de estudio.

Cordillera Ibérica: esencialmente mesozoica, aflorando el Paleozoico en la Sierra de la Demanda, Moncayo y Serranías centrales en el área de Calatayud.

Los afloramientos de yeso aparecen ligados al Trías superior (Keuper), siendo en esta cordillera donde mayores extensiones alcanzan los mismos (no considerando las Depresiones). En algunos puntos aparecen niveles de yeso interestratificados en el Cretácico.

Sierra de Pradales: forma parte del borde norte del Sistema Central, en la Sierra del Guadarrama. Formada por un núcleo paleozoico sobre el que se apoyan sedimentos mesozoicos.

Presenta niveles de yeso interestratificados en el Cretácico.

Depresión del Duero: constituída por materiales continentales oligocenos, y esencialmente miocenos, con facies detríticas en los bordes, y químicas y evaporíticas hacia el centro.

Aparecen grandes yacimientos de yeso en el centro de la Cuenca del Duero, y en el área de la Bureba, que forma una especie de subcuenca.

Cubeta de Calatayud: rellena por materiales continentales fundamentalmente miocenos, con facies detríticas en los bordes y depósitos químicos y evaporíticos hacia el centro.

También aparecen niveles de yeso hacia uno de los extremos, en el área de Martín del Río-Navarrete del Río

Depresión del Ebro: colmatada por sedimentos continentales oligocenos y miocenos, que en unos puntos se presentan discordantes, y en otros difíciles de separar. La litología de estos depósitos es detrítica hacia los bordes de cuenca, y química y evaporítica en el centro, como sucede en las dos anteriores.

Dentro del Oligoceno, que aflora en áreas muy irregularmente repartidas, se encuentran afloramientos de yeso en la Ribera Navarra, en el Norte de Huesca (Barbastro) y Lérida (Balaguer) ; niveles de alabastro aparecen en el Oligoceno-Mioceno de la zona de Fuentes de Ebro - Quinto - Azaila (Zaragoza-Teruel).

En el Mioceno aparece el mayor afloramiento de yeso de España: la formación de yesos de Zaragoza, que ocupa el centro de la Cuenca; otros niveles de yeso de esta edad, pero de muchísima menor extensión, aparecen irregularmente repartidos (formación - de yesos de Vinaceite, Calanda, Lécera, Ribaflecha etc.).

### 3.2.- GENESIS DE LOS YESOS

Con los esfuerzos alpinos se fracturan en bloques la Mesa y el Macizo del Ebro, originando una serie de depresiones, en las que va a tener lugar una activa sedimentación; son estas las del Duero, Ebro, Tajo y Calatayud-Montalbán.

En estas áreas deprimidas, rodeadas de una serie de rebordes montañosos, se instala una sedimentación de tipo continental endorreico, que da origen a una serie de depósitos detríticos en sus bordes, y químicos en el centro.

Estos últimos están constituidos por facies evaporíticas y calcáreas lacustres, presentándose la mayor concentración salina en el centro de las cuencas. La deposición de materiales salinos tiene lugar en un clima árido, al que sucede otro más húmedo en el que se sedimentan las calizas pontienses.

El origen de la formación de las evaporitas y el proceso o procesos seguidos para su constitución, han sido objeto de numerosas hipótesis y teorías, en muchos casos contradictorias. Los puntos de fricción más destacables hacen referencia al medio de formación de las mismas, y a la prioridad de deposición del yeso o la anhidrita con sus diferentes formas.

### 3.2.1.- Medios de formación

Son varios los procedimientos a los que se atribuye la formación de depósitos evaporíticos; se pueden citar entre los más conocidos los siguientes:

- La teoría clásica de la formación de facies yesíferas, y en general de evaporitas marinas, es la de su origen en lagunas endorreicas de tipo sebja.

En estas lagunas, con una comunicación muy restringida - con el mar abierto, se da una evaporación libre de masas de agua salada ("mecanismo del plato de evaporación"); no deja de ser éste un proceso de concentración de aguas madre, sin llegar acaso a la evaporación total.

En el caso de los yesos del Duero y Ebro, la mayor parte de los mismos se han formado en el seno de las lagunas terciarias, apareciendo asociados a margas, materiales salinos, y abundantes rocas carbonatadas.

El estudio petrográfico detallado de las evaporitas, ha demostrado que éstas sufren una serie de sustituciones minerales más amplias que la de cualquier otro grupo de rocas; por tanto, tras la deposición de las sales en la cubeta, y por diagénesis, se van formando una serie de asociaciones minerales diferentes a las de la precipitación original.

La secuencia normal de las evaporitas en este tipo de cubetas comienza con anhidrita-yeso y termina con sales de potasa. Los estudios experimentales sobre la secuencia de las sales de las evaporitas del agua de mar, han demostrado que aunque - los detalles de la sucesión y conjuntos de sales varían según las condiciones físicas, el orden general es el siguiente: se precipita en primer lugar el carbonato cálcico, con tendencia a ser dolomítico, y presentándose entremezclado con el sulfato; a

continuación lo hace el sulfato cálcico; sigue el cloruro sódico, y posteriormente las sales altamente solubles de potasio y magnesio (estas comienzan por el sulfato de magnesio, siguen con el cloruro potásico, y finalmente lo hace la bischofita o cloruro de magnesio hidratado).

- La exudación de aguas residuales en terrenos porosos y permeables, es otro de los procesos que origina cristales de yeso. Es este el caso de las cortezas de exudación tan frecuentes, los yesos en crisantemo, que son indudablemente formaciones perilagunares.

- Un tercer procedimiento de formación lo constituye la destrucción de depósitos evaporíticos o separación mecánica (oleaje, viento, corrientes fluviales etc.) de lodos, arenas y limos yesíferos; este es el caso de las arenas y limos eólicos yesíferos, originados por una intensa acción eólica.

Así, la formación de yesos de Vinaceite, situada en una posición totalmente periférica y anómala a la del resto de los yesos del Ebro, revela por su estructura que los yesos son limos y arenas yesíferas terciarias. En estas formaciones de limos yesíferos se encuentran asociados bolos, a veces enormes, de alabastro, que se consideran formados por un desarrollo diagénético cementante y centrífugo en el seno de dichos limos.

- Por último, cabe considerar el crecimiento y desarrollo de cristales de sulfato cálcico mediante cambios iónicos en sedimentos no consolidados, susceptibles de reemplazamientos posteriores. Estos lechos procedentes de reemplazamiento representan una facies diagénética posterior a la formación del material patrón.

La formación de cristales de selenita y rosetas por desplazamiento de sedimentos blandos o rocas subaéreas tiene lugar,

al menos, por dos mecanismos:

a) - Evaporación de agua subterránea en la zona capilar; cristales de este origen son indicativos de una situación subaérea de la parte alta de la roca madre o sedimento.

b) - Evaporación de agua en una playa u otra zona de agua, y movimiento hacia abajo del agua hipersalina densa dentro del sedimento situado debajo, resultando una formación de cristales de yeso.

El descubrimiento de que actualmente se está formando anhidrita nodular, yeso y otros minerales de evaporita a escala regional, en los sedimentos recientes de las llanuras en parte afectadas por las mareas y en parte más altas de nivel, o "sabhka" litoral de los Emiratos del Golfo Pérsico, y su parecido con los depósitos de muchas evaporitas antiguas (se puede citar como ejemplo concreto el caso de las series yesíferas del Purbeckien-se del sur de Londres), ha hecho pensar en la posibilidad de que algunas, por lo menos, de las evaporitas marinas puedan ser totalmente de origen diagénético; es decir, que se originaron por acumulación de sedimentos en las zonas litorales áridas, en las que la anhidrita y el yeso se formaron durante una diagénesis anterior, mientras que las sales solubles de Na y K fueron emplazadas subsiguientemente, principalmente después del enterramiento, como resultado de las reacciones provocadas por las aguas madre salinas.

Estos minerales parecen haberse formado en la sabhka (la sabhka como facies distinta está caracterizada por los primitivos materiales diagénéticos: anhidrita nodular, yeso y dolomita) como resultado de reacciones que implicaban las aguas subterráneas de origen marino, o bien aguas que han pasado a través de evaporitas, estando las mismas concentradas por evaporación dentro de la zona capilar por encima del nivel freático. Los nódulos de anhidrita crecen en el sedimento por sustitución.

### 3.2.2.- Prioridad de deposición yeso-anhidrita y diferentes formas.

La deposición primaria del yeso y la anhidrita y sus intercambios mediante la reacción  $\text{SO}_4\text{Ca} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , han sido objeto de numerosas controversias.

La observación directa de los yacimientos de yeso y anhidrita parece definir al yeso como una forma de superficie o próxima a la misma, y a la anhidrita como de subsuperficie.

El estudio del medio de precipitación -medio acuoso con concentración de sales- aporta datos en el sentido de que la presión, temperatura y concentración en sales, son los factores determinantes de la estabilidad del yeso y la anhidrita, y por tanto cual es el que precipita primariamente.

La tendencia general y la evidencia parecen inclinarse por la existencia de un ciclo diagénético común en los minerales de  $\text{SO}_4\text{Ca}$ , donde el mineral original es por regla general, sino universalmente, yeso, bien depositado por precipitación en zonas de aguas constantes, o por crecimiento de cristales de yeso intersticiales en sedimentos preexistentes o rocas al aire libre. Con la sedimentación y enterramiento (a una profundidad aproximada de unos 2.000 pies) el yeso es reemplazado por la anhidrita (en la subsuperficie más profunda la anhidrita es prácticamente la forma universal), y con el levantamiento y erosión de la superficie la anhidrita es reemplazada por yeso.

La hidratación de la anhidrita para formar yeso en la elevación, da como resultado un aumento de volumen; en muchos de estos casos los estratos que antes tenían anhidrita y las formaciones asociadas están cortadas por filones de yeso. Se cree que estos filones de yeso representan, al menos en parte, el volumen adicional de yeso resultante en la hidratación de la

anhidrita anterior; así estos filones se formarían por fractura hidráulica e inyección de agua de las formaciones subyacentes.

En la diagénesis que da origen a las rocas de anhidrita nodular pueden diferenciarse los siguientes procesos:

- Crecimiento primario intersticial del yeso
- Deshidratación del yeso para formar nódulos de anhidrita afanítica, y recristalización de ésta en texturas granulares más toscas o en texturas de listones afieltrados incluyendo formas fibrorradiales y en gavilla. Esta sería la anhidrita afanítica como sustitución directa del yeso.
- Crecimiento intersticial de anhidrita que no tiene yeso precursor "in situ". Así se formaría la anhidrita en listones sin yeso precursor in situ (se cree que esta anhidrita es un precipitado primario, aunque no puede probarse de forma definitiva).

Parece pues probable, que muchas rocas de anhidrita nodular se originan como yeso que fue sustituido por anhidrita durante la diagénesis originaria; subsiguientemente cantidades localmente variables de anhidrita primaria se sumaron a los nódulos.

Como resultado de la serie de procesos que se han descrito a lo largo de este capítulo, se pueden diferenciar una serie de formas de yeso y anhidrita que se describen a continuación:

- Anhidrita y yeso estratificado o laminares: representan la unidad sedimentaria de precipitación en una zona encharcada permanente ("plato de evaporación"). Este material es la fuente evidente para la formación de los dos tipos secundarios.

- Anhidrita nodular y yeso de relleno de huecos: el crecimiento libre de la anhidrita o del yeso tiene lugar dentro de los huecos existentes previamente en otros sedimentos, y ocupados por agua; es frecuente que este tipo de sulfato continúe su crecimiento por reemplazamiento.
- Anhidrita nodular y yeso de reemplazamiento: estos cristales crecen dentro de la roca y ocupan espacios previamente habitados por otros minerales (sustituciones anhidrita-yeso y viceversa en espacios de poros finos).

### 3.3.- LA DEPRESION DEL DUERO

En este capítulo se describen las características geológicas de la parte central de la Depresión del Duero, omitiendo gran parte de los materiales que ocupan la provincia de León por no presentar terrenos yesíferos, y el área de la Bureba, que se considera en el capítulo 3.4.

#### 3.3.1.- Estratigrafía

Los materiales que ocupan la Depresión terciaria continental del Duero son, predominantemente, de edad miocena, aunque también aparecen algunos afloramientos oligocenos.

El Oligoceno aflora, dentro del área estudiada, adosado al borde occidental de la Sierra de la Demanda. Se trata de una formación discordante sobre las calizas cretácicas, de litología grosera: brechas de cantos calcáreos y matriz arcillo-arenosa rojiza, que buzan de 5 a 15°.

El Mioceno ocupa, prácticamente, la totalidad de la Depresión. De una forma general se pueden separar unas facies de borde o marginales, de naturaleza fundamentalmente detrítica, de

otras centrales donde predominan los depósitos químicos y evaporíticos.

A las facies marginales se les atribuye una edad Vindobiense inferior-medio, y están constituídas por arcillas arenosas, que alternan con areniscas y conglomerados. Generalmente se apoyan de forma transgresiva sobre los materiales paleógenos y cretácicos.

Entre estas facies pueden citarse la de Vega de Riacos-Alar del Rey al N; y la de Covarrubias al E, siendo frecuentes los cambios laterales entre las mismas.

Las facies centrales se sitúan estratigráficamente sobre las marginales, y se les atribuye una edad Vindoboniense. Están formadas por arcillas ocres amarillentas o rojizas, generalmente arenosas, entre las que suelen intercalarse niveles de arenas, areniscas y conglomerados.

Estos materiales constituyen los fondos de los valles, o zonas más bajas del área de Los Páramos, y se presentan horizontales.

Entre estas facies pueden citarse las siguientes: Tierra de Campos (zona Valladolid - Palencia), Grijalba - Villadiego (área de Villadiego), Sta. María del Campo (sur y norte de Burgos), Villalpando-Sahagun (situada al oeste de la de Tierra de Campos), Villafáfila - Valencia de Don Juan (al oeste de la anterior), y Rueda - Arévalo (al sur de Valladolid); con frecuentes cambios laterales e indentaciones de una a otra.

En la zona de Burgos se presentan interestratificados entre margas, bajo las arcillas rojas que forman la base de la Cuesta - (Facies Sta. María del Campo), algunos niveles de yeso,

de escaso interés económico, pero que han llegado a explotarse.

Sobre estas facies se sitúan estratigráficamente otras, conocidas como Facies del tramo intermedio, de materiales horizontales y concordantes con los infrayacentes y cuya edad parece ser Vindoboniense superior-Pontiense inferior.

Son éstas la Facies margoyesífera, que ocupa el centro de la Cuenca; y la Facies margoso-caliza, que representa el paso lateral de la anterior hacia los bordes.

La Facies margoyesífera ocupa una posición central en la Cuenca, quedando delimitada por los siguientes núcleos de población: Valladolid, Medina de Rioseco (Valladolid), Frómista (Palencia), Estepar, Roa (Burgos), Fuentidueña, Cuéllar (Segovia) e Iscar, Mojados y Valladolid (Valladolid).

Litológicamente está constituída por margas blancas, margas con yeso, margas calcáreas y algunos niveles de calizas margosas, e incluso nivelillos arcillosos. El predominio yesífero se localiza en las inmediaciones de Palencia (Torquemada-Cerrato-Baltanás), donde el tramo alcanza su mayor potencia ( $\sim 80 - 100$  m). No obstante, la potencia del nivel de margas yesíferas explotables no excede los 8-10 m.

La situación de la facies yesífera, así como su contorno, parece guardar cierta relación con la disimetría existente entre los bordes occidental y oriental de la cuenca; en todo caso, parece que los depósitos yesíferos se encuentran en lo que debió ser la zona más profunda durante la sedimentación química.

La Facies margoso-calcárea se distribuye en torno a la facies de margas yesíferas, siendo el paso de una a otra gradual. Está formada por margas claras y calizas margosas que suelen presentar en su base un nivel de arcillas.

Por encima de las Facies del tramo intermedio se sitúan las Calizas de los Páramos, de edad claramente Pontiense. Se trata de una plataforma o mesa situada a unos 900-1000 m de altura, formada por calizas blancas o grises claras, en general cavernosas y con abundantes arcillas de descalcificación, de potencia oscilante entre 1 y 15 m.

Las zonas de mayor potencia de estas calizas parecen corresponder con las de mayor espesor de las facies yesíferas.

El Plioceno está representado por los depósitos de Rañas, de potencia muy variable, 1-5 m en el centro de la cuenca y 20-30 m hacia el norte. Litológicamente estos depósitos están constituidos por cantos de cuarcita redondeados con arcillas sabulosas arenosas y rojizas.

Por último, el Cuaternario está representado por los terrenos aluviales, y por una serie de dunas de arena originadas por la acción del viento sobre los terrenos arenosos miocenos del borde oeste de la cuenca.

### 3.3.2.- Los yacimientos de yeso

Los yacimientos de yeso de la Cuenca del Duero quedan reducidos a los materiales de la descrita Facies margoyesífera, y a los bancos de yeso del área de Villatoro, en las proximidades de Burgos. De forma esporádica pueden aparecer en otros puntos algunos bancos de yeso, pero no presentan gran interés.

Los yesos de la facies margoyesífera aparecen, como se indicó, alternando con margas, arcillas y calizas, en un tramo que forma las cuestas entre el fondo del valle y las calizas de los Páramos.

El nivel de yesos explotables se sitúa muy próximo a las calizas de los páramos (unos 10 m por debajo), y recorre bajo éstas y de forma horizontal todos los escarpes de los valles del área central de la cuenca.

Su extensión coincide con la de la facies margoyesífera, ya descrita en el apartado de Estratigrafía. La potencia media del nivel económicamente interesante es escasa (entre los 3 y 5 m), no sobrepasando en ningún caso los 8-10 m. Las zonas donde alcanza mayor potencia son en las inmediaciones de Palencia (área del Cerrato), con 6-8 m de yeso explotable, y al sur de Valladolid (zona de Iscar-Quintanilla de Onésimo), con 3-5 m.

Este tramo yesífero explotable está constituido por delgados niveles de margas o arcillas claras con cristales de yeso espejuelo, margas con diminutos cristales de yeso, y algunos banquillos de yeso sacaróideo. El conjunto tiene un aspecto terroso, índice inequívoco de la gran proporción de material margoso que contiene; el contenido conjunto de yeso del paquete no sobrepasa en ningún caso el 60%.

Se trata, por tanto, de un yeso de muy escasa riqueza y baja calidad; en cuanto a la cantidad de yeso existente en esta formación es elevada, debido a la enorme extensión del yacimiento, pero no existen zonas donde aparezcan grandes volúmenes extraíbles, a no ser que las explotaciones recorran considerables distancias horizontales.

Estos yesos se han explotado en casi todos los pueblos de la comarca, pero actualmente sólo se benefician en las dos áreas citadas anteriormente como de mayor potencia.

El sistema de extracción es, generalmente, subterráneo, por el método de cámaras y pilares, aunque en ciertos casos se hace a cielo abierto, previo desmonte de los materiales que se superponen al banco de yeso.

Los niveles de yeso del área de Villatoro son de escasa potencia y se presentan bien estratificados; están formados por pequeños cristales de yeso transparentes y yeso sacaroideo cementados por arcilla; el conjunto adquiere una tonalidad gris - azulada.

La escasa potencia, baja calidad, falta de reservas, y situación topográfica desfavorable de estos niveles, hace que su interés económico sea mínimo. Se han explotado a cielo abierto, pero actualmente no se extraen en punto alguno, a no ser de forma intermitente.

En la muestra núm. 2044, perteneciente a estos niveles, se han obtenido los siguientes análisis:

<u>Análisis químico (%)</u>	<u>Análisis mineralógico (%)</u>
SiO <sub>2</sub> - 2,60	SO <sub>4</sub> Ca.2H <sub>2</sub> O - 83,92%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - 0,27	SO <sub>4</sub> Ca - 0
CaO - 34,59	Otros minerales
MgO - 2,01	Dolomita
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - 0,74	Cuarzo (indicios)
SO <sub>4</sub> = - 57,88	Mica (indicios)
K <sub>2</sub> O - 0,13	
Na <sub>2</sub> O - 0,03	

### 3.3.3.- Tectónica

Los sedimentos miocenos de la Cuenca del Duero mantienen una manifiesta horizontalidad. La potencia de este relleno mioceno, que con toda probabilidad constituye una serie ininterrumpida y completa desde el Burdigaliense hasta el Pontense superior, dificulta el estudio tectónico del zócalo.

De la observación de los cursos actuales de agua, de trazado sensiblemente rectilíneo, se deduce la existencia de una -

serie de fracturas del zócalo según cuatro sistemas: N-S, E-W , NNW-SSE y NNE-SSW.

El origen de estas fracturas ha de buscarse en la respuesta del zócalo a los últimos esfuerzos alpinos, con la creación de una tectónica definida y cortante.

#### 3.3.4.- Historia geológica

La Depresión del Duero inicia su historia con la fracturación del zócalo de la Meseta a consecuencia de los esfuerzos alpinos; como consecuencia de esta fracturación las zonas perífericas de la Meseta se convierten en bloques elevados o sistemas montañosos, mientras que el centro se hunde determinando las Cubetas del Duero y del Tajo.

En la Cubeta del Duero se van depositando los materiales procedentes de la denudación del cinturón de montañas que la rodea, de forma que fosilizan el relieve orogénico anteriormente formado.

Mientras que en los bordes de la Cubeta los materiales depositados son de naturaleza fundamentalmente detrítica, arenas , areniscas y conglomerados, hacia el centro pasan a depósitos más finos, de tipo químico, con deposición de margas y yesos, estando en el centro la mayor deposición salina, como es normal en lagos endorreicos de este tipo.

Colmatada la cuenca hasta el Pontiense, el relieve de la Meseta es arrasado por la penillanura de dicha época. A partir de este momento la Meseta sufre una basculación general con la que finaliza el endorreísmo y se facilita la salida de las aguas hacia el W.

Con el establecimiento de la nueva red hidrográfica : se erosionan parte de los sedimentos depositados. En el Plioceno superior, los ríos que erosionan los sistemas montañosos que rodean la Cubeta, arrastran gran cantidad de materiales originando las rañas.

La red fluvial actual ha erosionado estas rañas, depositando sus materiales en los lechos aluviales.

### 3.3.5.- Selección de zonas

En la Depresión del Duero se han seleccionado dos zonas para su estudio detallado; son ellas las áreas de Hornillos de Cerrato e Iscar, ya citadas con anterioridad.

El criterio seguido para la selección de ambas zonas ha sido el de la mayor potencia y calidad de sus yesos, hecho que queda patente por la concentración de explotaciones (sólo en estas zonas existe actividad extractiva) en las mismas.

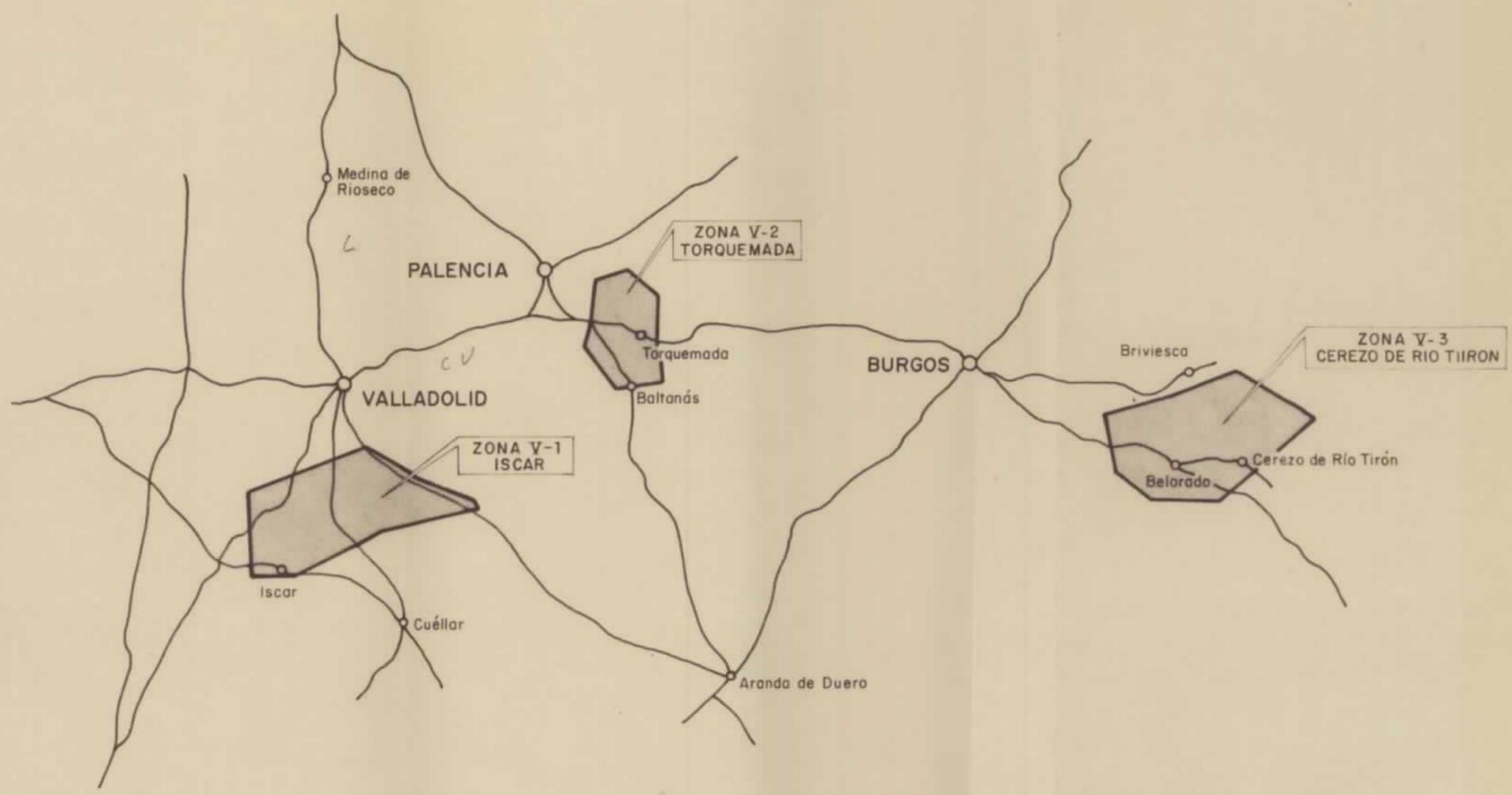
No se han estudiado otras zonas porque no se considera interesante la explotación de estos yesos, de baja calidad, en otros puntos.

Se describen a continuación las características de las zonas seleccionadas.

### 3.3.6.- Zona V-1 Iscar (Valladolid)

#### 3.3.6.1.- Situación de la zona

Esta zona se encuentra situada en casi su totalidad en la provincia de Valladolid, penetrando ligeramente, al NE de Iscar, en la de Segovia.



<b>MINISTERIO DE INDUSTRIA</b> DIRECCION GENERAL DE MINAS E INDUSTRIAS DE LA CONSTRUCCION INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA		<b>PLAN NACIONAL DE LA MINERIA</b> PROGRAMA NACIONAL DE INVESTIGACION MINERA	
DIBUJADO	G. GONZALEZ	INVESTIGACION YESOS DUERO - EBRO	Clave
FECHA	JUNIO, 1975		
COMPROBADO	J.M. FERNANDEZ	DISTRIBUCCION DE ZONAS ESTUDIADAS EN EL VALLE DEL DUERO-CUENCA ALTA DEL EBRO	Plano N.º
AUTOR			
ESCALA	1/1.000.000		

El área investigada se extiende al sur del río Duero, entre las localidades de Tudela de Duero y Quintanilla de Onésimo, hasta Pedrajas de San Esteban e Iscar. Comprende parte de las hojas núm. 372 (Valladolid), núm. 373 (Quintanilla de Onésimo), núm. 400 (Portillo) y núm. 401 (Cuéllar) del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000, quedando limitada por los paralelos -41° 20' 30" y 41° 37' 30" de latitud norte, y los meridianos -0° 40' 20" y 0° 59' 40" de longitud oeste respecto del meridiano de Madrid.

Los accesos a la zona elegida se pueden realizar por las carreteras nacionales núm. 413, núm. 601 y núm. 122, así como por una extensa red de carreteras comarcales y locales, generalmente en aceptable estado; también está atravesada por el ferrocarril de Valladolid a Ariza.

En el interior de la zona las localidades más importantes son Iscar, Pedrajas de San Esteban, Arrabal del Portillo, Tudela de Duero y Quintanilla de Onésimo.

El relieve de esta extensa zona, formado por grandes mesetas de caliza pontiense, separadas por valles fluviales, favorece la rapidez de las comunicaciones, con lo que el abastecimiento de yeso elaborado a los principales mercados (Valladolid, Zamora, Salamanca, Segovia, Burgos etc) se hace sin ninguna dificultad.

#### 3.3.6.2.- Análisis del yacimiento

Los materiales que afloran en el área estudiada son de edad miocena (Vindoboniense-Pontiense), a excepción de los depósitos aluviales y dunas, ambos cuaternarios.

La base del Mioceno está representada por niveles de carácter margoso y margo-arenoso, de tonos oscuros y marrones.

Sobre este nivel se apoya el tramo yesífero, constituido por margas, arcillas y yesos; el conjunto alcanza una potencia aproximada de 80-100 m, presentando tonalidades grisáceas, verdosas, y en general colores muy claros.

El yeso se encuentra asociado a las margas y arcillas, - bien en forma de cristales de grandes dimensiones ("yeso espejuelo" con maclas en "punta de flecha"), bien como pequeños cristales englobados en el interior de la masa arcillosa o margosa.

Estos tramos yesíferos se manifiestan de forma uniforme y constante, no alcanzando el nivel explotable potencias superiores a los 3-5 m.

El nivel yesífero se beneficia actualmente en su zona superior, en la mayoría de los casos por medio de galerías; aquí se aprovecha como techo de la misma un banco de unos 0,50 m de potencia, formado por margas de tonos claros y cristales de notable tamaño de yeso espejuelo; la altura media interior de las galerías es del orden de los 3-5 m.

Por encima del nivel margo-yesífero se encuentra un conjunto calcáreo formado por margas y calizas; este tramo alcanza una potencia que no supera los 15 m; en su parte inferior está representado por niveles margosos de tonos blanquecinos y beige. Sobre las margas mencionadas se apoyan unas calizas de tonos claros, poco potentes, en las que se observan intercalaciones de nivelillos margo-arenosos de tonos claros.

Sobre el conjunto descrito se encuentran, coronando la serie, las "calizas de los páramos", de edad Pontienne, con una potencia que oscila entre 1 y 15 m.

Se trata de una caliza que se presenta en ocasiones terrosa y margosa, y en otras muy compacta; es de color blanco a gris muy claro, generalmente cavernosa y con algunas geodas de

de calcita. El efecto de su disolución por las aguas meteóricas, se traduce en la presencia de abundante arcilla de descalcificación de tonos oscuros.

El conjunto de materiales miocenos se mantiene horizontal de modo constante en toda la zona estudiada, si bien es preciso señalar que se advierte una leve inclinación de las mesas calizas hacia el centro del páramo.

El Cuaternario se encuentra representado por dunas y depósitos aluviales; las dunas son formaciones arenosas aisladas que se presentan en el área Portillo-Las Arenas; se trata de arenas muy sueltas que conservan, en ocasiones, la forma de médanos.

Los sedimentos aluviales ocupan los cauces de los actuales cursos de agua.

En esta zona se han contabilizado 10 explotaciones activas, si bien ha de señalarse que en las localidades de Arrabal del Portillo y Pedrajas de San Esteban se han constituido sendas Cooperativas de Fabricantes de Yesos, de tal forma que la extracción no se realiza conjuntamente en todas ellas, sino que trabajan con cierta periodicidad; existen además otras 20 explotaciones que en la actualidad permanecen inactivas.

Salvo tres explotaciones, ubicadas en Quintanilla de Onésimo, Cogeces de Iscar y Arrabal del Portillo, que se explotan a cielo abierto, el resto se beneficia subterráneamente, por medio de galerías.

Cuando la explotación se lleva a cabo a cielo abierto, se establecen frentes de longitud variable (entre 40 y 100 m), presentándose problemas en cuanto al volumen del desmonte a realizar; en mina, la explotación se lleva a cabo por el sistema de cámaras y pilares. En ambos casos se efectúa el arranque del material mediante explosivos.

Uno de los mayores problemas que afectan a las explotaciones a cielo abierto, es el del movimiento de maquinaria en épocas de lluvia, problema que llega en ocasiones a paralizar la extracción.

Las plantas de tratamiento del yeso suelen estar situadas a pie de explotación, o en todo caso a distancias relativamente cortas; en esta zona se obtienen yesos toscos y finos para construcción y para abonos, siendo la mecanización de los procesos de fabricación de tipo medio.

En esta zona se han programado y realizado tres sondeos verticales. El sondeo S-V-1-1 se ubicó entre las localidades de Pedrajas de San Esteban e Iscar, alcanzando una profundidad de 23 m, y siendo emboquillado en el nivel margo-yesífero. El sondeo S-V-1-2 se emplazó al este de Cogeces de Iscar, sobre el frente de una explotación a cielo abierto que actualmente se encuentra activa, alcanzando los 39,60 m. El sondeo S-V-1-3 se situó a 3 Km de Arrabal del Portillo; situado también sobre el frente de una cantera activa, alcanzó una profundidad de 21,10 m.

Las leyes medias procedentes de los análisis efectuados en estos sondeos, son del orden del 40-45% en  $\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , no apreciándose contenidos en anhidrita. Dentro de la superficie cartografiada se han estimado unas reservas en yeso superiores a los  $200 \times 10^6 \text{ m}^3$ .

### 3.3.7.- Zona V-2 Torquemada (Palencia)

#### 3.3.7.1.- Situación de la zona

Se encuentra enclavada en la provincia de Palencia, a unos 10-15 km al E de la capital; el río Pisuerga la divide en dos sectores bien diferenciados.

Al norte se extiende por terrenos pertenecientes a los términos de Valdeolmillos, Villamediana y Torquemada, y al sur

entra en los de Baltanás, Valdecañas de Cerrato, Hornillos de Cerrato, Torquemada y Villaviudas.

La zona está comprendida en las hojas núm. 274 (Torquemada) y núm. 312 (Baltanás) del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000; se encuentra limitada por los paralelos  $41^{\circ} 56' 00''$  y  $42^{\circ} 05' 50''$  de latitud Norte, y los meridianos  $0^{\circ} 30'$  y  $0^{\circ} 46' 20''$  de longitud oeste respecto al meridiano de Madrid.

La zona, como se indicó, es atravesada por el río Pisuerga, que recibe, a la altura de Torquemada, las aguas del Arlanzón. La topografía es típica de amplias mesetas, de alturas medianas, que se mantienen a lo largo y ancho del área estudiada.

Los accesos a la zona son aceptables. La carretera nacional núm. 620 de Valladolid a Burgos recorre el área de SW-NE dividiéndola en dos, y las carreteras locales y comarcales se encuentran en aceptable estado; el ferrocarril de Venta de Baños a Burgos sigue un trazado paralelo a la carretera núm. 620.

El yeso producido en esta zona abastece a los mercados próximos de Palencia y Valladolid, pero cubre también otras áreas sensiblemente distantes como son León, Zamora, Salamanca, Galicia y Asturias.

#### 3.3.7.2.- Análisis del yacimiento

Los materiales que integran la zona estudiada pertenecen al Mioceno (Vindoboniense-Pontense), a excepción de algunos recubrimientos cuaternarios.

El tramo inferior está representado por un nivel margoso de tonos ocres oscuros y blanquecinos.

Sobre este nivel se encuentra el conjunto arcillo-yesífero

ro que es objeto de explotación; está constituido por niveles arcillosos de tonos claros, grisáceos y verdosos, con yeso asociado.

El yeso se presenta en forma de pequeños cristales transparentes o pardos, o como yeso espejuelo, en cristales de grandes dimensiones formando vistosas maclas en "punta de flecha".

No puede, por tanto, hablarse de grandes bancos yesíferos, sino de niveles arcillosos con un cierto contenido en yeso.

El conjunto alcanza una potencia aproximada de 80-100 m, manteniéndose horizontal en toda el área estudiada; no obstante, el nivel explotable no alcanza potencias superiores a los 6-8 m.

El nivel yesífero se beneficia actualmente en su zona superior, por medio de un sistema de galerías; éstas aprovechan como techo de las mismas un nivel de unos 0,50 m de potencia, formado por margas de tonos claros y cristales grandes de yeso espejuelo; la altura interior de las galerías es del orden de los 6-8 m.

Por encima del nivel yesífero aflora un conjunto margo-calizo con tramos arcillosos, de una potencia aproximada de 8 a 15 m.

Los niveles margosos tienen tonalidades blanquecinas y ocres, con predominio de los colores claros, presentando en su interior algunos nódulos calcáreos; las arcillas tienen coloraciones rosadas, verdosas y blanquecinas; por último, las calizas están finamente estratificadas, tienen un aspecto arenoso y son de tonos claros.

Coronando la serie hasta ahora descrita, afloran unos niveles de caliza grisácea-blanquecina muy compacta, que producen arcillas de tonos rojizos por descalcificación.

A estos niveles de caliza, que constituyen las típicas me sas de los páramos, se les atribuye una edad Pontense, y alcanzan una potencia vista no superior a los 10 mts.

El conjunto de materiales miocenos se mantiene horizontal de forma constante en toda la zona estudiada.

El Cuaternario se encuentra representado por sedimentos - aluviales, que ocupan los cauces de los actuales cursos de agua.

En esta zona existen 4 minas que en la actualidad se en cuentran en producción, reseñándose también la existencia de labores abandonadas en número de 8.

Todas las explotaciones (Hornillos de Cerrato, Torquemada, Villamediana y Valdeolmillos) se benefician subterráneamente por medio de galerías (método de cámaras y pilares); el arranque del material se lleva a cabo mediante explosivos.

Las plantas de elaboración del yeso están situadas en las cercanías de las explotaciones, produciendo yeso tosco y fino - para construcción, y yeso para ahonos. La mecanización de las fábricas de la zona es media-alta en el área de Torquemada-Hornillos, y baja en Villamediana y Valdeolmillos.

En esta zona se han realizado tres sondeos verticales. El sondeo S-V-2-1 se situó al norte de la localidad de Valdeolmi llos, frente al poste kilométrico nº 30 del camino Valdeolmillos -Valdespina, y alcanzó una profundidad de 8,50 mts. El sondeo - S-V-2-2, ubicado al este del pueblo de Villamediana, alcanzó una profundidad de 30,50 mts. El S-V-2-3 se realizó al norte de Hornillos de Cerrato, en el paraje de Miraflores, alcanzando una - profundidad de 40,00 mts.

Las leyes medias obtenidas de los análisis efectuados en los testigos de estos sondeos, oscilan entre el 55-60% en

superior, y hacia el centro de la subcuenca, los conglomerados van desapareciendo, y hacia el sur las arcillas van pasando a arcillas y margas blancas, lo que en cierto modo da idea de una misma edad; no obstante, parece que la parte superior de esta facies representa un episodio sedimentario distinto al inferior y de edad más reciente.

En resumen, la Facies Bureba parece representar en la subcuenca que nos ocupa las Facies arcillo-arenosas centrales de la Cuenca del Duero, a la vez que sus tramos superiores equivaldrían ya a las Facies margoso-calizas del tramo intermedio, pasando lateralmente a la Facies yesífera de Briviesca-Belorado.

La Facies yesífera de Briviesca-Belorado ocupa una posición central en la subcuenca de la Bureba, limitada aproximadamente por las siguientes localidades: Villafranca. Montes de Oca, Belorado, S. Millán de Yécora, Vallarta de Bureba, Briviesca, - Fresno de Rodilla y Cerratón de Juarros.

Litológicamente este tramo yesífero, que alcanza gran desarrollo, está formado por niveles horizontales de yeso grisáceo, que alternan con lechos margosos; ocasionalmente aparecen nódulos alabastrinos.

Alrededor de esta facies, como ya se indicó, se sitúa otra margocalcárea, a la que pasan los yesos lateralmente (parte alta de la Facies Bureba).

Por encima de los niveles yesíferos no aparecen otros tramos miocenos.

El Plioceno está representado por depósitos de Rañas, formados por cantos de cuarcita con arcillas arenosas.

El Cuaternario queda reducido a los depósitos aluviales.

### 3.4.2.- Los yacimientos de yeso

Los yacimientos de yeso de esta zona están ligados en su totalidad a la facies yesífera de Briviesca-Belorado.

Constituyen una extensa área que se extiende entre las localidades indicadas en el capítulo anterior. Litológicamente los yacimientos están formados por una alternancia de bancos de yeso y niveles de margas.

Las características de los yacimientos de yeso de la Bureba son totalmente diferentes de las de los yesos del Duero propiamente dichos.

En esta zona no se trata de un nivel interestratificado - entre otros materiales, sino de una acumulación de sedimentos yesíferos explotables, que alcanza una potencia vista del orden de los 100-150 m, sin ningún material depositado sobre los mismos.

Por tanto, desde el punto de vista topográfico constituye una sucesión de cerros y lomas de yeso, divididos por una serie de valles por donde discurren algunos arroyos, y los ríos Tirón, Oca, Vallarta y Arto.

Es precisamente en los escarpes de estos valles donde aparecen los frentes naturales más propicios para la posible explotación de estos yesos, y donde se ubican la mayoría de las canteras que lo benefician. Actualmente se extraen estos yesos en canteras a cielo abierto en el área de Belorado, y especialmente en las inmediaciones de Villalómez.

La zona donde la acumulación de niveles yesíferos es mayor, disminuye el contenido de margas, y se alcanzan mayores potencias explotables, sería la situada en torno a una línea que fuese de Quintanilla de San García a Quintanatoranco y Villalómez.

La calidad de los yesos de esta zona es bastante superior a la de los yesos del Duero, pudiendo estimarse su contenido en sulfato cálcico entre el 75 y 80%; previa selección de bancos, - estos contenidos pueden alcanzar el 95%. En cuanto al volumen susceptible de explotación en esta zona es enorme, ya que la superficie ocupada por los yesos es muy extensa, y la potencia de los mismos considerable.

#### 3.4.3.- Tectónica

El mioceno de la Subcuenca de la Bureba aparece hórizotal, no permitiendo la potencia de los depósitos de esta edad el estudio tectónico del zócalo. Por tanto, el relieve que presenta la zona en la actualidad, es sólo debido a los fenómenos - de erosión producidos en los depósitos terciarios.

#### 3.4.4.- Historia geológica

Por formar la Subcuenca de la Bureba parte de la Cuenca del Duero, su historia geológica es exactamente igual.

A la fracturación de la Meseta, provocada por el plegamiento alpino, sucede una deposición de materiales procedentes de las cadenas montañosas periféricas. En los bordes se sedimentan depósitos detríticos, mientras que hacia el centro lo hacen rocas margosas y evaporíticas.

La única diferencia existente entre esta zona y la Cuenca del Duero propiamente dicha, es la ausencia de tramos superiores a la facies yesífera, bien porque este sector permaneció - emergido en el Pontense, o porque los sedimentos depositados en este período de tiempo hayan sido erosionados.

Una vez colmatada la cuenca, la Meseta sufre una basculación general, con lo que se facilita la salida de aguas hacia el W; no obstante, el área de la Bureba queda ligada a la red

hidrográfica del Ebro, vertiendo sus aguas hacia el E.

Con el establecimiento de esta nueva red y la erosión de los sedimentos depositados, se arrastran gran cantidad de materiales, originando las rañas.

La red fluvial actual continúa el fenómeno de erosión, con el consiguiente modelado del relieve.

#### 3.4.5.- Selección de zonas

En la región que nos ocupa se ha seleccionado una sola zona para proceder a su estudio; se trata de la parte central, y por tanto más rica en yeso, de la superficie que ocupa la facies yesífera Briviesca-Belorado.

La parte externa a la zona comienza a estar influenciada por el cambio lateral de facies, de forma que su interés es menor; este cambio se intensifica en escasa distancia pasando el paquete yesífero a materiales de naturaleza margosa.

A continuación se procede al estudio de la zona seleccionada.

#### 3.4.6.- Zona V-3 Cerezo de Riotirón (Burgos)

##### 3.4.6.1.- Situación de la zona

La zona elegida se encuentra en su totalidad enclavada en la provincia de Burgos; se extiende al sureste de la carretera nacional núm. 1 Madrid-Irún, y al este de la localidad de Briviesca, hasta el pueblo de Cerezo de Riotirón y el río del mismo nombre; el límite sur de la zona pasa por la línea Belorado-Tosantos.

Las coordenadas límites vienen dadas por los paralelos 42° 24' y 42° 34' 40" de latitud norte, y los meridianos 0° - 19' y 0° 34' de longitud este respecto del meridiano de Madrid.

La zona comprende parte de las hojas núm. 168 (Briviesca), núm. 169 (Casalarreina), núm. 201 (Belorado), núm. 202 (Santo Domingo de la Calzada), del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000.

La red de carreteras que surcan el área estudiada se encuentra en buen estado; el acceso a la misma se puede realizar por las carreteras nacionales núm. 1 Madrid-Irún y núm. 120 Burgos-Logroño; el ferrocarril Madrid-Irún sigue un trazado paralelo a la ctra. núm. 1.

Como localidades más importantes dentro de la zona pueden citarse Briviesca, Belorado y Cerezo de Riotirón.

El relieve de este sector yesífero es de tipo medio, pero en ningún caso dificulta la extracción del yeso elaborado a los mercados más frecuentes (Burgos, País Vasco, Santander y Palencia).

#### 3.4.6.2.- Análisis del yacimiento

Los materiales comprendidos en esta zona pertenecen exclusivamente al Mioceno, con la excepción de algunos recubrimientos y depósitos aluviales cuaternarios; el Mioceno está representado por un nivel yesífero-arcilloso, con intercalaciones de margas, que aflora con constancia y uniformidad en toda el área.

El yeso se presenta alabastrino en forma de nódulos, sacaroideo, fibroso, etc., con colores claros y gris-azulados; los niveles interestratificados de naturaleza arcillosa o arcillo-margosa, tienen tonalidades gris, gris-azuladas y beige, pre

dominando, en general, los tonos claros.

Este paquete yesífero alcanza potencias vistas del orden de los 100-150 mts, utilizándose los escarpes de los múltiples valles existentes para la instalación de los frentes de explotación.

El conjunto yesífero-arcilloso se mantiene con una manifiesta horizontalidad en toda la superficie estudiada.

El Cuaternario se encuentra representado por depósitos aluviales, formados por arenas, gravas y limos arcillosos.

En esta zona existen 6 explotaciones activas y 7 que actualmente no trabajan; es en el área de Villalómez donde están ubicadas las explotaciones de mayores dimensiones; el resto de las canteras activas, de dimensiones sensiblemente inferiores, se encuentran situadas en las inmediaciones de Belorado.

Todas las explotaciones se benefician a cielo abierto por medio de frentes simples o escalonados; la altura media de éstos es del orden de los 40-50 m, alcanzando longitudes superiores a los 80 m.

El arranque del material se efectúa mediante explosivos y palas mecánicas, trasladándolo posteriormente a fábrica. Estas se hallan a pie de cantera en Villalómez, mientras que en el caso de las explotaciones de la carretera Briviesca-Belorado, el material ha de ser transportado hasta Belorado. Los productos elaborados en esta zona son: yeso tosco y fino para construcción, yeso para productos prefabricados, y yeso crudo para cementos y ahonos.

Algunas fábricas que utilizan yesos de esta zona se encuentran a distancias realmente grandes de la misma; así ocurre con la planta de prefabricados de Lizárraga (Navarra), la fábrica de cementos de Hontoria de Cerrato (Palencia) etc.

La mecanización en la producción de yesos es alta en el área de Villalómez y baja en la de Belorado.

Los sondeos verticales realizados en la zona tienen las siguientes características: el S-V-3-1 se emplazó en las cercanías de Villalómez y alcanzó una profundidad de 41,40 mts; el S-V-3-2 se ubicó en el camino a Quintanalaranco desde la carretera Briviesca-Belorado, llegando a una profundidad de 19,50 mts; el S-V-3-3 se situó al oeste de Quintanilla de San García (Fuenteherrera) y alcanzó los 40,50 mts. de profundidad; y el S-V-4-3, próximo a Cerezo de Riotirón, llegó a los 30,10 m.

Las leyes medias obtenidas en los sondeos V-3-1 y V-3-2, son del orden del 75-85% en  $\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , no apareciendo indicios de anhidrita; en el sondeo V-3-3 se alcanzan los 25 m con leyes en  $\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  superiores al 90%, apareciendo, posteriormente, y hasta los 40,50 m, contenidos en anhidrita del orden del 70%; por último, el sondeo V-3-4 llega a los 21 m con muy altos porcentajes en  $\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , para luego atravesar un paquete de basanita y  $\text{SO}_4\text{Na}_2$ , y posteriormente anhidrita.

Dentro de la superficie estudiada se han estimado unas reservas en yeso superiores a los  $5.000 \times 10^6 \text{ m}^3$ .

### 3.5.- LOS BORDES DE CUENCA

Se incluyen en esta denominación la serie de sistemas montañosos que rodean las Depresiones del Duero y del Ebro.

La gran extensión y complejidad de estos sistemas, unidas a la escasez de yacimientos yesíferos en los mismos, hace que sólo se contemplen en aquellos niveles geológicos que contienen yeso: Triásico superior (Keuper), fundamentalmente, y en alguna ocasión Cretácico.

### 3.5.1.- Estratigrafía

En este apartado se describen las características estratigráficas generales de las distintas unidades geológicas que constituyen los bordes de cuenca, prestando una mayor atención a los tramos que en cada una de ellas contienen materiales yesíferos.

#### 3.5.1.1.- Macizo Asturiano

Formado por materiales paleozoicos, no contiene ningún tramo de interés desde el punto de vista yesífero. Queda fuera del área de estudio.

#### 3.5.1.2.- Cuenca Cantábrica

Constituída por materiales mesozoicos, esencialmente cretácicos y terciarios.

El Triásico, especialmente en el borde meridional de la cuenca, está representado por el Keuper. Se trata de afloramientos diapíricos, que se presentan bien como chimeneas diapíricas (Poza de la Sal, Salinas de Añana etc.), bien como murallas en relación con fracturas longitudinales (SE de Montorio etc.). Litológicamente está formado por arcillas abigarradas rojas y verdes con yeso y sal común; suelen acompañar a estos materiales - carniolas y ofitas.

El Jurásico y el Cretácico presentan materiales carbonatados y detríticos, alcanzando el último período citado gran desarrollo. El Terciario aflora en cuencas determinadas con gran variedad litológica.

#### 3.5.1.3.- Sierras exteriores sudpirenaicas

El último eslabón meridional de los Pirineos, en la zona

que nos ocupa, está formada por estas Sierras, constituidas por materiales mesozoicos y terciarios.

El Triásico presenta sus tres pisos característicos, un Bunt de areniscas, un Muschelkalk calizo y un Keuper, de carácter generalmente diapírico, formado por arcillas abigarradas y yesos, a los que acompañan ofitas y, en ocasiones, masas de caliza dolomítica del Muschelkalk.

En muchos puntos no aparecen representados los tres pisos, haciéndolo solamente el Keuper con carácter diapírico.

El Jurásico es carbonatado, y el Cretácico y Eoceno tienen materiales detríticos y carbonatados.

#### 3.5.1.4.- Cordillera Prelitoral Catalana

Formada por materiales esencialmente mesozoicos, aunque también afloran algunos paleozoicos y terciarios. Los afloramientos de yeso están relacionados con los del Keuper.

Esta cordillera queda en su totalidad fuera de la zona de estudio.

#### 3.5.1.5.- Rama aragonesa de la Cordillera Ibérica

Formada por materiales paleozoicos y, esencialmente, mesozoicos.

El Paleozoico está formado por cuarcitas, pizarras, areniscas, grauwacas, etc.

El Triásico está constituido por un Bunt detrítico, un Muschelkalk calizo-dolomítico y un Keuper de margas rojizas y abigarradas con yeso; entre estas arcillas yesíferas se intercalan

bancos de margas duras y calizas dolomíticas (probablemente Muschelkalk), yesos masivos sacarinos y hacia la parte alta ofitas.

En el Jurásico y el Cretácico predominan los materiales carbonatados.

#### 3.5.1.6.- Sierra de Cameros

La mayor parte de la Sierra de Cameros está constituida por materiales jurásicos en facies deltaica (wealdica), cuyos términos superiores pueden pasar al Cretácico inferior.

Adosado en su borde norte, ya en el límite con la Depresión del Ebro, aparece una banda de materiales triásicos y jurásicos. Los primeros representan al Keuper y están formados por arcillas y margas de colores abigarrados, con predominio de los rojos y violetas, con abundantes yesos blancos, grises y rojos, y carniolas y retazos de calizas liásicas; los segundos son predominantemente carbonatados.

En el borde SW, en las proximidades de Huerta del Rey (Burgos) aparecen unas calizas turonenses que presentan intercalados niveles de yeso.

#### 3.5.1.7.- Sierra de la Demanda

Esta sierra esta formada por un conjunto de materiales precámbricos y paleozoicos, entre los que predominan los esquistos, pizarras, areniscas, conglomerados y grauwacas.

En los bordes de este macizo paleozoico existe una banda de materiales triásicos y jurásicos que lo rodea totalmente.

El Triásico está formado por conglomerados y areniscas rojizas (Bunt); dolomías grises (Muschelkalk) que faltan en algunas

zonas; y margas y arcillas abigarradas con areniscas y yesos (Keuper), entre los que se intercalan ofitas y carniolas.

#### 3.5.1.8.- Sierra de Pradales

La Sierra de Pradales constituye el último jalón de la Sierra del Guadarrama, en su extremo septentrional próximo al Duero; está constituida por un núcleo paleozoico sobre el que se apoyan sedimentos mesozoicos.

El Paleozoico está formado por pizarras y cuarcitas; el Triásico por areniscas rojas, pudingas y arcillas (Bunt) y el Jurásico por calizas, dolomías y margas.

El Cretácico de esta zona es de carácter fundamentalmente detrítico en los niveles inferiores, y carbonatado en los superiores.

Entre los tramos calizos del Turonense-Senonense aparecen capas de yeso con potencias del orden de 1 metro.

#### 3.5.1.9.- Sistema Central y Zona Occidental de la Submeseta Norte

Se trata de áreas formadas por materiales ígneos, fundamentalmente graníticos, y metamórficos, entre los que predominan los neises y las pizarras. Su interés desde el punto de vista yesífero es nulo, quedando fuera de la zona de estudio.

#### 3.5.2.- Los yacimientos de yeso

Ya se ha indicado con anterioridad que los yacimientos de yeso en los bordes de cuenca aparecen ligados a los asomos del Keuper, y en algunos casos a las calizas del Cenomanense-Turonense.

Los afloramientos yesíferos explotables del Keuper constituyen masas de yeso de muy diferentes dimensiones, que aparecen englobadas entre el conjunto plástico de arcillas abigarradas. Generalmente son yesos muy blancos y con alto contenido en sulfato cálcico. Presentan con frecuencia intercalaciones - offíticas y carbonatadas.

Aparecen ampliamente representados en la mayoría de las unidades que forman los bordes de cuenca, pero salvo muy contadas excepciones, constituyen yacimientos de escasas dimensiones, y en ocasiones de difícil explotación.

Así pues, de una forma general, puede indicarse que los yacimientos de yeso del Keuper son de buena calidad, pero de reservas escasas.

La explotación de estos yesos se ha efectuado en multitud de pueblos próximos a los sistemas montañosos que nos ocupan, pero actualmente sólo se lleva a cabo en los siguientes: Orduña (Vizcaya), Murguia, Salinas de Añana (Alava) y Estella (Navarra) dentro de la Cuenca Cantábrica; Tierga, Arándiga y Chodes (Zaragoza) en la Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica; Ribaflecha, Fitero, Grávalos y Arnedillo (Logroño) en el borde N de la Sierra de Cameros. En las Sierras marginales sudpirenaicas se han extraído en alguna localidad (Estadilla y Nachá-Huesca), pero actualmente no se benefician; igual ocurre en los bordes de la Sierra de la Demanda, donde se encuentran explotaciones abandonadas en Pradoluengo (Burgos) y Ezcaray, Pazuengos etc. (Logroño).

El sistema de extracción en los yesos de esta edad es, generalmente, a cielo abierto; no obstante, en los yacimientos - asociados a diapiros de la Cuenca Cantábrica, abundan las explotaciones subterráneas por galería, (Orduña, Murguia, Salinas de Añana).

Los resultados obtenidos en los análisis efectuados en muestras de yeso superficial, pertenecientes a asomos triásicos de los bordes de cuenca, son los siguientes:

Unidad Geológica	Localidad	Número de muestra	Análisis químico (%)							Análisis mineralógico (%)			
			SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub> <sup>•</sup>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>4</sub> Ca. 2H <sub>2</sub> O	SO <sub>4</sub> Ca	Otros minerales
Cuenca Cantábrica	Lecumberri-Larraun	547	14,46	2,21	21,46	3,76	7,07	36,04	0,47 0,43	0,29 0,02	60 65,54	-	Cuarzo, CO <sub>3</sub> Mg Magnesita, Cuarzo
	Ayegui	554	5,16	0,54	31,32	2,26	2,33	55,68	-	-	-	ind.	--
	Estella	546	2,90	0,78	32,16	2,68	0,20	45,01	0,03	0,02	86	-	--
	Salinas de Añana	2092	0,44	0,19	32,30	0,30	-	55,35	-	-	98	-	Cuarzo
	Murguia	2095	4,04	1,08	30,68	0,63	0,10	51,42	-	-	83	-	Cuarzo
	Orduña	2097	0,60	0,17	32,36	0,13	0,04	54,72	-	-	95	-	--
		2098	1,16	0,11	31,80	0,54	0,06	54,21	-	-	90	-	Cuarzo
	2099	2,22	0,60	31,35	0,81	0,12	52,34	-	-	91	-	Cuarzo	
Cadenas Sudpirenaicas	Nachá	503	2,82	0,24	33,67	1,89	0,79	59,72	0,06	0,01	92,46	-	Magnesita, indicios de Cuarzo y Arcilla
Rama Aragonesa.	Arándiga	42	2,03	0,18	35,14	1,04	0,78	62,08	0,04	0,01	96,40	-	--
Cordillera Ibérica	Tierga	44	1,67	0,10	35,50	0,57	0,41	63,25	0,05	0,01	95,76	-	Basanita
Borde N Sierra de Cameros	Fitero	581	1,88	0,23	35,10	0,85	0,63	61,85	0,13	0,02	94,76	-	--
	Arnedillo	597	2,99	0,34	34,33	1,02	1,08	60,80	0,18	< 0,01	89,77	-	Indicios de anhidrita
Borde N Sierra de la Demanda	Pazuengos	596	1,47	0,16	35,60	2,70	0,32	55,74	0,06	0,01	81,44	-	Dolomita, indicios de Cuarzo
	Pradoluengo	2063	1,31	0,08	35,93	0,34	0,14	64,09	0,01	0,02	96,40	-	--

Los niveles de yeso cretácicos constituyen capas de cierta continuidad lateral, interestratificadas en el conjunto calizo de edad Cenomanense-Turonense. Se trata de niveles de yeso cristalizado, de muy buena calidad, colores crema y blanquecino, que alcanzan potencias comprendidas entre los 0,10 y 1,10 m.

El problema que presentan estos yacimientos es la escasez de sus reservas, y la dificultad de extracción de los yesos.

Se explotan actualmente, mediante galerías longitudinales, en Valle de Tabladillo (Segovia), donde existen dos o tres minas, y con ínfima intensidad en Huerta del Rey (Burgos).

En la zona de Valle de Tabladillo, que es la más importante dentro de estos yesos, aparecen 3 capas de yeso, con una corrida E-W de la capa central de unos 4 km, y unos 150 m de anchura. La potencia de estas capas es variable, comenzando muy estrechas para aumentar en el centro y volver a acuñarse al final; la de mayor potencia ( $\sim 1,10$  m) y longitud es la central, situándose las otras dos (0,50 m) una a techo y otra a muro de la principal. El buzamiento medio de estas capas es de 15 a 20° al SSE.

En muestras superficiales de yeso, tomadas en los yacimientos cretácicos de los bordes de cuenca, se han obtenido los siguientes resultados:

Unidad Geológica	Localidad	Número de muestra	Análisis químico (%)							Análisis mineralógico (%)			
			SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>4</sub> Ca. 2H <sub>2</sub> O	SO <sub>4</sub> Ca	Otros minerales
Sierra de Pradales	Valle de Tabladillo	1046	0,94	0,06	35,88	0,38	0,09	64,20	<0,01	<0,01	94,59	-	-
Borde Sur de la Sierra de Cameros	Huerta del Rey	1024	1,40	0,15	34,90	0,18	0,33	62,94	0,03	<0,01	92,28	-	Indicios de Cuarzo

### 3.5.3.- Tectónica

Dada la gran extensión y variedad de terrenos que incluyen los bordes de cuenca, no parece indicado señalar las características tectónicas de cada una de las unidades. Nos limitaremos a dar unas características generales del conjunto, y a describir con más detalle las del Triásico y Cretácico en aquellas unidades en que contienen yeso.

En la Cuenca Cantábrica el Keuper se presenta con carácter diapírico o asociado a fallas; estas extrusiones de los materiales plásticos del Keuper fueron provocadas por deformaciones agudas de la cobertera o bien por accidentes de zócalo en sentido NW-SE y SW-NE (alineación de los diapiros de Mena, Orduña, Murguía, Maestu), como consecuencia de la etapa álgida del plegamiento alpino.

El nivel de materiales plásticos del Keuper parece actuar como superficie de despegue de la serie secundaria superior.

El área pirenaica, que forma el borde norte de la Depresión del Ebro, está representada en las provincias de Lérida y Huesca por las Sierras marginales sudpirenaicas, sumergiéndose bajo el Terciario continental al llegar a Navarra; en esta región existe una zona de tránsito entre el Pirineo Aragonés y la Cuenca Cantábrica, formada por una serie de pliegues y cabalgamientos, no comparable a ninguna de las dos citadas.

En este sector, se presenta el Trías en sus tres tramos clásicos, en unas áreas, y con carácter diapírico, aflorando solamente el Keuper, en otras.

En la Cordillera Ibérica el Trías está representado por sus tres tramos característicos; aquí se superponen dos estructuras tectónicas, la herciniana y la alpídica, muy difíciles de

separar en muchos casos. El Trías inferior se mantiene pegado al Paleozoico actuando de tegumento tectónico; el Keuper, en cambio, ha actuado como superficie de despegue de las unidades estratigráficas superiores.

El borde norte de la Sierra de Cameros está constituido - por una banda de materiales plásticos del Keuper con carácter extrusivo, que lubrica, en muchos casos, el cabalgamiento de los materiales carbonatados jurásicos sobre el Mioceno. Más al S, los depósitos wealdicos están afectados de estructuras de plegamiento y fallas de distensión, al igual que las calizas cretácicas superiores, donde aparecen los niveles de yeso interestratificados.

Alrededor de la Sierra de la Demanda existe una banda de materiales triásicos, representados por sus tres pisos característicos; la base del Trías ha actuado como un verdadero tegumento del zócalo, permaneciendo estrechamente unida a él; los materiales del Keuper actúan como nivel de despegue de los materiales superiores en la serie.

La Sierra de Pradales está formada por un núcleo paleozoico-metamórfico, que constituye un anticlinal con vergencia norte. Sobre él se apoyan los materiales mesozoicos afectados por el plegamiento alpino.

El Trías está aquí representado únicamente por el Bunt, - no presentando por tanto asomos de yeso; es en el Cretácico donde aparecen interestratificados niveles yesíferos afectados de una inclinación de unos 20°.

#### 3.5.4.- Historia geológica

Los materiales paleozoicos plegados por la orogenia hercínica forman la totalidad del Macizo Asturiano y Sierra de la Demanda; están aún representados en la Sierra de Pradales, sector

oriental de la Cordillera Ibérica y parte norte de la Cordillera Prelitoral Catalana.

La peniplanización pretriásica convierte en penillanura - los relieves formados por el plegamiento herciniano.

En el Triásico se inicia una transgresión marina que alcanza su momento máximo en el Muschelkalk. A finales de este período comienza ya una regresión que se hace franca en el Keuper; la cuenca de sedimentación adquiere caracteres someros y de restricción, a la vez que evoluciona hacia una mayor sequedad; en estas condiciones las facies lagunares están representadas por el depósito de evaporitas, yeso y sal gema, que acompañan siempre a las arcillas abigarradas. Las erupciones de material volcánico (ofitas) deben tener lugar al final de la sedimentación de estos materiales.

La regresión se interrumpe con la transgresión del Lías, y tras movimientos sucesivos de avance y retroceso de las aguas se depositan los tramos superiores, hasta que la implantación de la orogenia alpina provoca el plegamiento pirenaico a final del Paleógeno.

Estos esfuerzos determinan la fracturación de los macizos hercínicos, con la formación de una serie de depresiones (Ebro, Duero, Tajo, Calatayud etc.), al mismo tiempo que forman una serie de cadenas montañosas, como consecuencia del plegamiento de la cobertera mesozoica (Pirineo, Cordillera Prelitoral Catalana, Ibérica, Cuenca Cantábrica).

Durante el Terciario superior, los sistemas así formados permanecen emergidos, actuando como área fuente de materiales que se depositan en las depresiones interiores.

### 3.5.5.- Selección de zonas

A pesar de comprender los bordes de cuenca una gran extensión, solamente se ha seleccionado un área yesífera para su estudio detallado, la de Ribaflecha, situada en el borde meridional del valle del Ebro, en la Sierra de Cameros al sur de Logroño.

No se ha delimitado ninguna otra, debido, en unos casos, a la escasa dimensión de los yacimientos, y en otros a la falta de calidad de los mismos. No obstante, se ha procedido al análisis de una serie de muestras superficiales de los puntos más importantes, tanto en terrenos triásicos, como cretácicos.

Seguidamente se describen las características de la zona escogida.

### 3.5.6.- Zona V-4 Ribaflecha (Logroño)

#### 3.5.6.1.- Situación de la zona

Esta zona se encuentra situada en la provincia de Logroño, inmediatamente al sur de la capital. Comprende los municipios de Viguera, Nalda, Clavijo, Leza de Río Leza, Ribaflecha, Ventas Blancas y Santa Engracia.

Está enclavada dentro de las hojas núm. 204 (Logroño) - núm. 241 (Anguiano) y núm. 242 (Munilla) del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000, quedando limitada por los paralelos  $42^{\circ} 16' 50''$  y  $42^{\circ} 21' 10''$  de latitud norte, y los meridianos  $1^{\circ} 06' 50''$  y  $1^{\circ} 23' 30''$  de longitud este con respecto del meridiano de Madrid.

Los accesos hasta la misma pueden realizarse desde varios lugares, sirviéndose, bien de la carretera nacional núm. 111 Logroño a Soria, bien de las locales Logroño-Clavijo, Logroño-Ri

baflecha, y Ribaflecha-Ventas Blancas; todas ellas en buen estado de conservación.

El núcleo de población más importante de la zona es Ribaflecha, que está a 13 km de Logroño.

El relieve del yacimiento yesífero es abrupto, lo que ha condicionado que las explotaciones se sitúen en las laderas próximas a los valles principales, con lo que el transporte del yeso elaborado a los principales mercados (Logroño, País Vasco, Canarias, Oviedo, y en general la mitad norte del país; se exportan algunas cantidades) se realiza sin dificultad.

#### 3.5.6.2.- Análisis del yacimiento

En esta zona aparecen materiales de edad triásica, jurásica, miocena y cuaternaria, estando los yacimientos de yeso ligados a los niveles triásicos (Keuper) y miocenos (Aquitaniense - Vindoboniense).

El Trías superior o Keuper, aparece al oeste de Viguera y se extiende en sentido oeste-este hasta Santa Engracia de Jubera; está representado por su facies típica de arcillas y margas de colores ahigarrados, con predominio de los rojos y violetas. Abundan los yesos blancos, grises y rojos que son objeto de explotación en numerosos puntos.

Intercalados en las margas se encuentran retazos de conchas y calizas triásicas, que, en ocasiones, también aparecen entre los yesos, arrastrados por el movimiento extrusivo de la masa plástica del Keuper, aprovechando las fallas de borde que se extienden desde el oeste de Viguera hacia el este.

En la cartografía de la zona se han separado las masas más significativas de yeso, bajo la denominación de yesos explotables, de otros que aparecen englobados en el conjunto arcilloso rojizo; estos últimos tienen un mínimo interés.

No puede darse una media generalizada en cuanto a potencia del tramo yesífero, dada su anómala situación estratigráfica, pero si puede indicarse que los espesores de yeso explotable son considerables (100-150 m).

En el borde noreste de la zona aparece una serie de yesos miocenos apoyados en los materiales del Keuper, y que buzan ligeramente al norte; se trata de unas capas de yesos alabastrinos muy puros, de 1 a 2 mts de potencia, y que alternan con niveles margosos de tonos rojos, verdes y beige.

Los depósitos cuaternarios, representados por los aluviales de los ríos, están formados por gravas, arenas y limos.

En esta zona existen 7 explotaciones activas, aunque es presumible que, al menos una de ellas, debido a su escasa e intermitente producción, haya dejado de trabajar; las dimensiones de las mismas son de medias a grandes, destacando en este sentido las existentes al sur de la localidad de Viguera; también se han contabilizado en la misma 12 canteras abandonadas.

Las explotaciones se benefician a cielo abierto, efectuándose el arranque del material por medio de explosivos; posteriormente se transporta éste a las fábricas que no están en ningún caso muy separadas de las canteras. Los productos obtenidos en fábrica son yeso tosco y fino y escayola para construcción; la mecanización es alta en el área de Viguera y media en la de Ribaflecha.

Los sondeos verticales realizados en la zona tienen las siguientes características:

El S-V-4-1 se ubicó al sur de la localidad de Viguera alcanzando una profundidad de 17,60 mts; el S-V-4-2, situado al sureste de Ribaflecha, en el paraje de Las Tozas, llegó a los 32,28 mts; el S-V-4-3 se emplazó al sur del cruce de las

carreteras locales Ribaflecha-Ventas Blancas y Murillo de Río Leza-Ventas Blancas, dándose por finalizado a los 20,15 mts.

Las leyes medias en  $\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  obtenidas en esta zona han sido del orden del 90-95% para los yesos triásicos, y del 65-70% para los miocenos, dadas sus potentes intercalaciones arcillosas (considerando por separado los bancos de yeso esta ley se eleva al 90%). En los sondeos V-4-1 y V-4-3 únicamente aparecen indicios de anhidrita; en el V-4-2 se alcanzan porcentajes del orden del 93%.

Dentro de la superficie cartografiada se han estimado unas reservas en yeso superiores a los  $400 \times 10^6 \text{ m}^3$ .

En desmuestres superficiales efectuados en esta zona se han obtenido los siguientes resultados:

Número de la muestra	Análisis químico (%)								Análisis mineralógico (%)		
	$\text{SiO}_2$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	CaO	MgO	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{SO}_4^{''}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	$\text{SO}_4\text{Ca}$	Otros minerales
158	1,07	0,11	36,36	0,74	0,17	62,69	0,01	<0,01	94,21	-	Dolomita
574	1,26	0,10	36,00	0,64	0,24	63,11	0,06	<0,01	95,65	-	-
578	0,97	0,12	36,02	0,54	0,11	63,77	0,01	<0,01	94,48	-	-
579	2,21	0,25	34,88	0,95	0,66	61,77	0,11	<0,01	93,60	-	Indicios de Cuarzo
592	1,18	0,09	35,78	0,56	0,23	63,56	0,02	0,02	94,60	-	-

### 3.6.- EL OLIGOCENO DE NAVARRA

Se describen aquí las características estratigráficas y tectónicas de los materiales oligocenos que forman la parte meridional de la provincia de Navarra, haciendo especial hincapié en las formaciones yesíferas que ocupan esta extensa zona.

#### 3.6.1.- Estratigrafía

En el Eoceno superior, y dentro del área de la Depresión del Ebro, finaliza por regresión la deposición de sedimentos marinos, pasando a ser endorreico el carácter de la cuenca oligocena.

El Oligoceno de Navarra se divide tradicionalmente en tres tramos:

- Tramo inferior, que abarca desde la transición marinocontinental (Ludiense), hasta el nivel yesífero conocido por "Yesos de Desojo" (Stampiense). Litológicamente está formado por niveles de anhídrita, yeso, halita y sales potásicas, que alternan con niveles margosos y areniscosos, y se localiza en el borde septentrional de la Depresión, en contacto ya con las facies marinas eocenas.

La base del Oligoceno o Sannoisiense comienza por unos niveles margosos, a los que sigue un primer nivel de yesos, "Yesos de Undiano" ( $Y_1$ ), de unos 40 m de potencia; continúa con la alternancia margo-areniscosa-evaporítica hasta que alcanza en segundo nivel yesífero notable, o "Yesos de Desojo" ( $Y_2$ ).

- Tramo intermedio: comprende desde el paquete de "Yesos de Desojo" hasta la discordancia intraoligocena de Barbarín. Este tramo está constituido por yesos en su base y margas en el

techo, asignándosele una edad Oligoceno medio.

- Tramo superior: integra los materiales comprendidos entre la discordancia de Barbarín y el Aquitaniense, considerando a éste como base del Mioceno. Este tramo se atribuye al Oligoceno superior, y está formado por yesos, margas y areniscas. Los yesos de este tramo están caracterizados por los "Yesos de los Arcos" ( $Y_3$ ), a los que se les asigna una edad Chattiense.

Los grandes anticlinales de Caparroso, Falces y Tafalla están formados por este nivel de yesos, aunque parece que el paquete de Tafalla es más bajo estratigráficamente.

El techo del Oligoceno es fácilmente identificable en la región de la Ribera, puesto que el Mioceno, representado por el Aquitaniense, descansa en posición subhorizontal sobre el Oligoceno plegado; sin embargo, en la transversal de Zaragoza no se aprecia esta discordancia en el centro de la cuenca, por lo que la datación de los distintos tramos resulta dificultosa, máxime teniendo en cuenta la similitud litológica de ambas series.

### 3.6.2.- Los yacimientos de yeso

Los yacimientos de yeso del Oligoceno navarro están constituidos por los niveles yesíferos descritos en el apartado anterior. Comenzando por los más bajos en la serie estratigráfica han de citarse los "Yesos de Undiano" ( $Y_1$ ), que forman un nivel de no mucha extensión con un claro buzamiento al sur, y los de "Mañeru-Añorbe", probablemente equivalentes a los anteriores, que forman un anticlinal de dirección WNW-ESE.

Ascendiendo en la serie se encuentran varias capas yesíferas, pero no es hasta los "Yesos de Desojo" ( $Y_2$ ), donde aparece otro yacimiento de yesos de cierta entidad; este nivel constituye un afloramiento que se extiende entre Aguilar de

Codés y Arróniz, con un buzamiento al sur del orden de los 45-60°. Probablemente equivalente a este nivel es el de los "Yesos de Mendigorria", que se encuentra al sur del nivel "Mañeru-Añorbe", y que forma un yacimiento estrecho y alargado con capas de yeso que buzanan unos 55-75° al sur.

Los yesos más altos de la zona están representados por los "Yesos de los Arcos" ( $Y_3$ ), que constituyen los grandes anticlinales de la Ribera navarra; son estos el de "Tafalla-Larraza", el de "Caparroso-Arguedas", y el de "Falces-Sansol". Estas dos últimas estructuras constituyen, realmente, una sola dividida por el valle del río Aragón. Forman el área yesífera más extensa de la provincia de Navarra, y una de las más amplias de toda la zona investigada en el Proyecto Duero - Ebro; los límites de esta enorme mancha yesífera vienen fijados por las siguientes localidades: Los Arcos, Lerín, Caparroso, Arguedas, Milagro, San Adrián (Navarra), Calahorra, Ausejo (Logroño), Mendavia, Sansol, Los Arcos (Navarra).

Estos anticlinales están formados litológicamente por una alternancia de bancos de yeso y margas con algunos niveles de areniscas; esta litología es también característica de los demás yacimientos de yeso del Oligoceno navarro.

Desde el punto de vista topográfico, estas áreas yesíferas constituyen una sucesión de valles y lomas alargados y paralelos entre sí y a la estructura geológica, únicamente interrumpidos por las vegas de los ríos Ebro, Aragón, Ega, Arga, etc.

Son precisamente estos ríos los que han producido los escarpes más propicios para la posible explotación de estos yesos. También se producen buenos frentes naturales en las lomas en que los buzamientos son contrarios a la pendiente topográfica.

ca. Salvo en algunas áreas donde tienen superpuestos materiales de edad miocena y cuaternaria, no presentan estos yacimientos - problemas de grandes monteras.

Se explotan estos yesos en Mañeru y Caparroso, aunque en esta última localidad no existe una explotación definida como tal, sino que se realiza un "floreo" de piedra de yeso, que alimenta una industria rudimentaria de carácter artesanal. En Mañeru, tanto la industria como la explotación están bien mecanizadas, extrayéndose la piedra de yeso en cantera; las dimensiones de ésta la incluyen entre las de tipo medio.

Existen otras canteras, actualmente abandonadas, en las localidades de Peralta, Lodosa, Tafalla, Caparroso, etc.

La calidad de los yesos oligocenos es bastante homogénea en todos los afloramientos de la zona, alcanzando contenidos en  $\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  del orden del 70-80%. En cuanto al posible volumen de explotación, las reservas son enormes, ya que tanto la superficie que ocupan los yacimientos como su espesor, son considerables.

En muestras de yeso superficial tomadas en los distintos niveles de yeso del Oligoceno de Navarra, se han obtenido los siguientes resultados:

Nivel yesífero	Localidad	Número de la muestra	Análisis químico (%)							Análisis mineralógico (%)			
			$\text{SiO}_2$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{CaO}$	$\text{MgO}$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{SO}_4$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{SO}_4\text{Ca}$	$2\text{H}_2\text{O}$	$\text{SO}_4\text{Ca}$
Yesos de Undiano	Undiano	130	2,77	0,28	35,55	0,29	0,96	60,39	0,14	0,03	91,50	-	Calcita, indicios de cuarzo
Yesos de Desojo	Sansol	562	1,80	0,24	35,38	0,53	0,65	62,57	0,13	0,01	97,69	-	-
Yesos de Los Arcos	Mendavia	584	3,48	0,45	32,92	2,42	1,39	57,90	0,29	0,03	83,50	-	Magnesita, Mica, indicios de cuarzo

### 3.6.3.- Tectónica

Las características tectónicas que muestran los materiales miocenos de la zona que nos ocupa son sencillas y monótonas, de tipo tabular subhorizontal; en cambio el Oligoceno se encuentra afectado por claras deformaciones.

Los anticlinales oligocenos de núcleo yesífero de Arguedas-Caparroso, Falces-Sansol y Tafalla-Larraga constituyen estructuras denominadas por J.M. Ríos "anticlinales semidiapíricos", que en esencia se deben a la migración salina que ha dado lugar a los núcleos perforantes. La dirección general de estas estructuras es WNW-ESE con vergencia hacia el Sur; en el anticlinal de Tafalla-Larraga la acusada vergencia sur da lugar a un cabalgamiento de los materiales oligocenos sobre los del Mioceno inferior.

Esta definición de anticlinales semidiapíricos, está apoyada por datos obtenidos en investigaciones geofísicas, utilizando métodos gravimétricos y sísmicos de reflexión, que han demostrado que el fondo de estos anticlinales es plano, es decir que el substrato del Terciario no está afectado por ellos.

Entre las estructuras no diastróficas locales, destacan los replegamientos de los lechos de yeso, debidos al aumento de volumen experimentado por las capas de anhídrita al captar agua y transformarse en yeso. Estos replegamientos enmascaran la potencia real de los paquetes de yeso, hasta el punto de hacer imposible su cálculo.

El diapirismo que afecta a estas estructuras es activo en la actualidad, hecho que queda de manifiesto en los depósitos cuaternarios deformados, tal como se observa al norte de Valtierra, donde las terrazas presentan diversos buzamientos.

Existen algunas fallas normales, muy localizadas, que afectan a escasos niveles.

#### 3.6.4.- Historia geológica

Tras la deposición y plegamiento de los materiales paleozoicos, comienza la sedimentación mesozoica y paleógena inferior de carácter marino.

Durante el Eoceno superior y Oligoceno inferior la zona de Cantabria se pliega a impulsos de la orogenia alpina (Fase Pirenaica), quedando establecida como cadena montañosa, al mismo tiempo que la región Cameros-Demanda continúa su elevación, con lo cual el Valle del Ebro queda constituido en fosa tectónica, que actuando como cuenca endorreica recoge los sedimentos producto de la erosión de las elevaciones emergidas circundantes, distribuyéndose las facies detríticas en los bordes y las químicas y evaporíticas en el centro.

Progresivamente, la cuenca endorreica oligocena se eleva por el este, reduciéndose paulatinamente el área de sedimentación.

A finales del Oligoceno y principios del Mioceno, el surco sedimentario de la Depresión del Ebro fue desplazándose hacia el sur, hasta ocupar el eje de la actual Depresión, coincidiendo con este desplazamiento el de la zona de sedimentación de evaporitas.

En el Mioceno continúa el movimiento de los diapiros, originándose las grandes estructuras halocinéticas de la Ribera navarra.

Es también en el Mioceno cuando se producen los últimos plegamientos, debidos en parte a fallas de zócalo, frecuente-

mente con desgarre, que se reflejan en pliegues de la cobertura. Por último, con una serie de fallas de tensión de dirección E-W, termina la actividad en esta zona.

### 3.6.5.- Selección de zonas

En el dominio que nos ocupa se han seleccionado tres zonas, que reúnen las características estructurales, estratigráficas y litológicas de la facies típica de los afloramientos yesíferos del Oligoceno navarro.

La zona V-6 (Tafalla) es el ejemplo más representativo del pequeño núcleo anticlinal con forma de ojal, mientras que las zonas V-5 (Peralta) y V-7 (Caparroso) constituyen el ejemplo del gran yacimiento yesífero oligoceno.

Otras áreas que quedan fuera de las zonas seleccionadas son también de interés, pero sus menores reservas y la similitud litológica con las escogidas han hecho que no se considerasen en detalle. Se procede a continuación al estudio de las tres zonas seleccionadas.

### 3.6.6.- Zona V-5 Peralta (Navarra)

#### 3.6.6.1.- Situación de la zona

Esta zona está situada en la parte SW de la provincia de Navarra, en su límite con la de Logroño, comprendiendo, total o parcialmente, a los términos municipales de Falces, Peralta, Funes, Milagro, Azagra, San Adrián, Andosilla, Cárcar y Lerín. Los ríos Ebro, Ega y Arga-Aragón forman buena parte de sus bordes.

El área investigada está enclavada en las hojas núms. 205 (Lodosa), 206 (Peralta), 243 (Calahorra) y 244 (Alfaro) -

del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000, quedando limitada por los paralelos 40° 14' y 42° 29' de latitud norte, y los meridianos 1° 40' y 1° 55' de longitud E, respecto del meridiano de Madrid.

La zona dista 4 km de Calahorra y 22 de Tafalla, por donde pasan las carreteras nacionales Zaragoza-Logroño y Zaragoza-Pamplona, respectivamente; el F.C. Miranda de Ebro-Zaragoza - pasa por Rincón de Soto, al S. de la zona.

Un número considerable de carreteras locales, en aceptable estado, atraviesan la zona, aprovechando, en buen número de casos, los valles alargados que determinan los materiales arcillosos que se intercalan entre los yesíferos; el relieve es ondulado, no dificultando en caso alguno el posible transporte de yeso a puntos distantes.

#### 3.6.6.2.- Análisis del yacimiento

Los materiales que integran la zona de Peralta pertenecen casi exclusivamente al Oligoceno ( $Y_3$ , Yesos de Los Arcos), a excepción de las terrazas y aluviones cuaternarios; no obstante, los niveles de margas superiores del sinclinal de Peralta se atribuyen al Mioceno (Aquitaniense).

La zona estudiada presenta una estructura de tipo anticlinal con dirección WNW-ESE y vergencia S. El núcleo yesífero es de carácter diapírico y el fondo es plano, según se ha demostrado mediante geofísica.

Los elementos fundamentales de esta zona están constituidos por los anticlinales de Falces y Milagro, y el sinclinal de Peralta.

En el flanco norte del anticlinal de Falces no aparecen las areniscas del anticlinal de Tafalla (ver zona V-6), situado más al N, sino que afloran arcillas, margas y calizas que se apoyan directamente sobre los yesos del núcleo.

El flanco sur del anticlinal de Milagro queda enmascarado por los depósitos de terraza del río Ebro.

El material predominante de los núcleos es el yeso, aflorante en potentes paquetes, únicamente interrumpidos por niveles de arcillas y margas de tonos beige, grises, rojizos y verdosos, con algunas intercalaciones de arenisca calcárea (flanco norte del sinclinal de Peralta); dadas las especiales características de estas estructuras, resulta muy difícil asignar una potencia total al nivel yesífero, aunque puede hablarse de notables espesores.

Estas alternancias es fácil localizarlas en las proximidades de los ejes sinclinales, mientras que en las cercanías de los ejes anticlinales el material casi exclusivo es el yeso, que se presenta con fuertes replegamientos y buzamientos subverticales; el valor de estos disminuye al aumentar la distancia al eje.

Topográficamente, los paquetes de yeso ocupan las cotas más altas, comportándose respecto de las arcillas y margas como material competente y produciendo alineaciones de lomas y cerros paralelos a las estructuras. Esta disposición es especialmente favorable en cuanto a posibles frentes naturales de explotación, cuando el buzamiento de las capas es contrario a la pendiente topográfica.

Gran parte de la zona se encuentra enmascarada por un recubrimiento tipo terraza de muy variable espesor, que se amolda a las estructuras, de modo que los depósitos están de-

formados, hecho que pone en evidencia la actividad del diapirismo que afecta a estas estructuras en la actualidad.

Estos depósitos cuaternarios están constituidos por cantos rodados debilmente cementados entre sí, que, localmente, han sido explotados y utilizados como áridos de construcción. Las cotas de ubicación de estos sedimentos son muy altas respecto de la red fluvial actual, alcanzando los 140 metros sobre el nivel de ésta.

La intensa acción erosiva de los ríos Ebro, Ega, Arga y Aragón, ha cortado profundamente las estructuras oligocenas a la vez que se formaban extensos depósitos detríticos, en los que se han podido diferenciar varios niveles de terrazas. Esta erosión fluvial deja al descubierto, frecuentemente, el nivel freático de la formación yesífera, dando lugar a numerosos manantiales de aguas salinas no potables.

Esta zona está separada de la V-7 (Caparroso) por la vega de los ríos Arga y Aragón, perteneciendo ambas a la misma estructura plegada, de modo que hay una correspondencia entre los elementos estructurales de cada una:

El anticlinal de Milagro de la V-5 se corresponde con el de Cadreita-Azagra en la V-7; el sinclinal de Peralta (V-5) es el mismo que el de Villafranca (V-7); el anticlinal de Falces (V-5) se continúa con el de Caparroso (V-7).

Se han contabilizado en esta zona tres explotaciones - inactivas a cielo abierto, cuyo material fue utilizado para la obtención de yeso de construcción; actualmente no se benefician estos yesos en punto alguno.

Dada la extensión de la zona se realizaron en la misma

cinco sondeos verticales de reconocimiento.

El sondeo V-5-1, ubicado en la localidad de Andosilla en el paraje del Alto Canales, alcanzó la profundidad de 30 metros, y aunque fue emboquillado directamente en el paquete margo-yesífero, la fracción margo-arcilla que se recogió en el testigo fue muy abundante.

El sondeo V-5-2 fue situado al E de Lerín en el paraje conocido como Monte Comunal, obteniéndose un testigo de 40,2 metros constituidos por yeso blanco con pequeñas intercalaciones arcillosas, excepto los primeros metros en los que la arcilla gris era más abundante que el yeso.

En el paraje denominado la Sierra, del término municipal de Peralta, se ubicó el sondeo V-5-3 que alcanzó una profundidad de 30 metros. Los primeros metros están constituidos por arcilla con algo de yeso, apareciendo a continuación un paquete yesífero con algunas intercalaciones arcillosas del que no se salió en esta perforación.

El lugar elegido para situar el sondeo V-5-4 fue el paraje El Vedado, de la localidad de Falces, donde se emboquilló directamente sobre la formación yesífero-arcillosa, obteniéndose un testigo muy homogéneo de 50,10 metros.

El sondeo V-5-5 se localizó en el paraje Monte Alto del municipio de Milagro, donde se perforaron 20 metros sin salir de un paquete de yeso con arcilla muy constante.

Las leyes medias obtenidas en las muestras procedentes de los sondeos realizados son del orden del 70-80% en  $\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ; aparecen indicios de anhidrita en casi todos los sondeos efectuados. Dentro del área estudiada se han estimado unas reservas en yeso superiores a los  $500 \times 10^6 \text{ m}^3$ .

En la muestra superficial de yeso núm. 567, tomada entre Falces y Lerín, se han obtenido los siguientes resultados:

<u>Análisis químico (%)</u>	<u>Análisis mineralógico (%)</u>
SiO <sub>2</sub> - 1,99	SO <sub>4</sub> Ca . 2H <sub>2</sub> O - 89,34
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - 0,25	SO <sub>4</sub> Ca - -
CaO - 35,57	Otros minerales
MgO - 0,80	Dolomita
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - 0,65	
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> - 60,81	
K <sub>2</sub> O - 0,14	
Na <sub>2</sub> O - 0,01	

### 3.6.7.- Zona V-6 Tafalla (Navarra)

#### 3.6.7.1.- Situación de la zona

La zona está localizada entre las poblaciones navarras de Tafalla y Larraga. El yacimiento de yeso bordea por el sur a la carretera que une ambos núcleos urbanos, formando una franja de unos 2 km de anchura máxima.

El área investigada está comprendida entre los paralelos 42° 31' y 42° 33' de latitud N, y los meridianos 1° 52' y 2° 00' de longitud W respecto del meridiano de Madrid, y dentro de la hoja núm. 173 (Tafalla) del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000.

La zona termina al E en las afueras de Tafalla, por donde pasan la carretera nacional Pamplona-Zaragoza y el F.C. de Irún a Zaragoza; bordeándola por su parte sur, pasa la carretera de Tafalla a Miranda de Arga, y por el W queda delimitada por el río Arga.

El relieve que determina el yacimiento yesífero es el de una pequeña serreta, que no dificulta, sino por el contrario favorece, la posible extracción del yeso.

### 3.6.7.2.- Análisis de yacimiento

La mayoría de los materiales que integran la zona V-6 (Tafalla) se atribuyen al Oligoceno; quedan aparte los recubrimientos y depósitos cuaternarios.

El yacimiento que nos ocupa está constituido por un anticlinal con núcleo yesífero diapírico y vergencia sur, cuyo eje presenta una dirección WNW-ESE; el flanco meridional cabalga sobre el Mioceno inferior, más al sur de los límites del plano. La potencia del tramo yesífero, aunque considerable, es difícil de precisar, al no aflorar el muro del mismo.

Dentro del paquete de yesos que forman el núcleo, hay niveles de margas que jugaron su papel de material plástico en el movimiento ascensional del yeso. Sobre el nivel yesífero, y formando los flancos del anticlinal, se encuentra una alternancia de margas y areniscas.

Estas areniscas varían de composición según su posición estratigráfica, ya que conforme se asciende hacia el techo de la formación, disminuye la proporción de sílice a la vez que aumenta la de carbonatos, hasta el punto de convertirse en verdaderas calizas, a las que ocasionalmente recubren depósitos de yeso, tal como ocurre en el Alto del Moncayuelo (fuera de la zona).

Gran parte de la zona se encuentra recubierta por aluviones antiguos de gravas y arenas, que presentan una marcada granoselección. La base de esta formación está constituida por un conglomerado grueso; el tramo medio es un conglomerado menudo y el techo lo forman arenas grisáceas y amarillentas.

Además de estos recubrimientos tipo terraza, hay en la zona otros depósitos de tipo aluvionar, actuales, que bordean ríos y arroyos.

En la zona estudiada no existe ninguna explotación activa en la actualidad, aunque sí dos canteras abandonadas de medianas proporciones, una de las cuales (la más próxima al sondeo V-6-1) ha sido recientemente abandonada.

En esta zona se ha realizado un solo sondeo, S-V-6-1, en el paraje de Boracha y Candariz del término municipal de Tafalla; alcanzó una profundidad de 30 metros, cortando un paquete de yeso con algunos nivelillos de arcillas.

Las leyes medias obtenidas en el citado sondeo son del orden del 85-90% de contenido en  $\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ; aparecen también indicios de anhidrita. Las reservas de yeso estimadas en esta zona son del orden de los  $50 \times 10^6 \text{ m}^3$ .

### 3.6.8.- Zona V-7 Caparroso (Navarra)

#### 3.6.8.1.- Situación de la zona

Esta zona está localizada entre los paralelos  $42^\circ 10'$  y  $42^\circ 22'$  de latitud N, y los meridianos  $1^\circ 56'$  y  $2^\circ 10'$  de longitud E, respecto del meridiano de Madrid, incluyendo las localidades de Caparroso, Villafranca, Cadreita, Valtierra y Arguedas, todas de la provincia de Navarra.

El área estudiada está comprendida en las hojas núm. 206 (Peralta) y 244 (Alfaro) del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000.

Cruza la zona en sentido N-S la carretera nacional Pamplona-Zaragoza, pasando por las localidades de Arguedas, Valtierra y Caparroso. La zona dista, por esta carretera 19 km de Tudela

y 21 de Tafalla. El F.C. de Zaragoza a Irún atraviesa el área considerada por su borde oeste.

El relieve del afloramiento yesífero es suave, como corresponde a una zona bastante erosionada; el transporte del yeso potencialmente extraíble del yacimiento a los posibles mercados, no representaría ninguna dificultad.

#### 3.6.8.2.- Análisis del yacimiento

Los materiales que integran la zona V-7 (Caparroso) pertenecen al Oligoceno y Mioceno (Aquitaniense). Existen, además, recubrimientos y depósitos cuaternarios, que enmascaran gran parte del área en estudio.

La estructura de esta zona es continuación de la de Peralta (zona V-5), de la que está separada por las vegas del Aragón y Arga. Como aquella, constituye una estructura anticlinal con núcleo yesífero semidiapírico de fondo plano (demostrado mediante geofísica), originada por la migración de los materiales salinos oligocenos, apoyados sobre una formación de areniscas.

Los elementos principales de esta estructura anticlinal son los anticlinales cuyos ejes pasan por Caparroso y Cadreita-Arguedas, y el sinclinal de Villafranca. La dirección general de los ejes es WNW-ESE, presentando vergencia al S; estos pliegues se corresponden con los de Falces, Milagro y Peralta, respectivamente.

Sobre el flanco N del anticlinal de Caparroso aparecen unas capas de arcillas, margas y calizas de edad miocena, probablemente aquitanienses.

Bajando estratigráficamente en la serie, encontramos una alternancia de areniscas, yesos y margas oligocenas, que dan

lugar a una morfología característica en "dientes de sierra" (Caparroso). Estas lomas, paralelas a la estructura, se hacen más areniscosas hacia el E, a la vez que disminuye su contenido en yeso.

El núcleo del anticlinorio está constituido por una gran masa replegada de yeso, interrumpida únicamente por algunos niveles de arcillas y margas con intercalaciones delgadas de arenisca calcárea. Estas capas son fáciles de localizar en el flanco N del sinclinal de Villafranca. Al igual que sucede en la zona V-5 (Peralta), la potencia del paquete yesífero, aunque considerable, resulta difícil de calcular.

En general, los paquetes de yeso ocupan las cotas topográficas más altas, ya que el yeso se comporta como material competente frente a las margas y arcillas, lo que origina buenos frentes de posible explotación.

En el sinclinal de Villafranca, yaciendo sobre los yesos, hay unos depósitos de margas de edad miocena (Aquitaniense), formando unas mesas características, en los que de vez en cuando aparecen nivelillos de yesos.

Al SW de Caparroso, en la cumbre del cerro, hay un depósito constituido por una capa de arenisca tosca de unos 2 m. de espesor, cubierta por un conglomerado poligénico de cemento calizo-arcilloso teñido por óxidos de hierro. Ambas capas son concordantes entre sí y discordantes con los depósitos subyacentes. En la bibliografía consultada se le atribuye una edad miocena.

Gran parte del área estudiada está recubierta por depósitos cuaternarios de gravas y arenas; el diapirismo que afecta a las estructuras yesíferas de la zona no ha cesado aún, por lo que es frecuente encontrar depósitos cuaternarios deformados,

como en el anticlinal de Cadreita, donde las terrazas presentan diversos buzamientos.

Los depósitos aluviales de los ríos Ebro y Aragón forman extensas vegas que rodean la zona por el S y W.

Dentro de la zona estudiada, y en la población de Caparrosó, se ha localizado una explotación que, aunque no posee un frente de arranque definido, sino que se realiza un "floreo" de la piedra de yeso, alimenta una industria artesanal de elaboración de yeso para construcción; asimismo, se han contabilizado tres canteras a cielo abierto que en la actualidad permanecen inactivas.

La planta de Caparrosó posee un marcado carácter artesanal, verificando la cocción por medio de un horno "moruno". El mercado que abastece esta industria es de ámbito local.

En esta zona se han realizado dos sondeos verticales; el V-7-1 se ubicó en el término de Caparrosó (paraje de Masadas y Tomillar), alcanzando una profundidad de 50 metros, y cortando varios paquetes de yeso separados por niveles margarcillosos.

El sondeo V-7-2 se situó en Valtierra (paraje La Plana) llegando también a los 50 metros. La litología es similar a la del anterior, situándose entre 6 y 21 metros de profundidad el paquete yesífero más importante y homogéneo.

Las leyes medias obtenidas en las muestras procedentes de los sondeos son del orden del 50-70% en  $\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , apareciendo indicios de anhidrita en ambos sondeos. Dentro del área estudiada se han estimado unas reservas en yeso superiores a los  $200 \times 10^6 \text{ m}^3$ .

### 3.7.- LA CUBETA DE CALATAYUD

Con este nombre, o con el de Depresión de Calatayud-Montalbán, se designa una depresión alargada en dirección NW-SE, que se extiende desde el NW de Calatayud (Zaragoza) hasta las inmediaciones de Montalbán (Teruel).

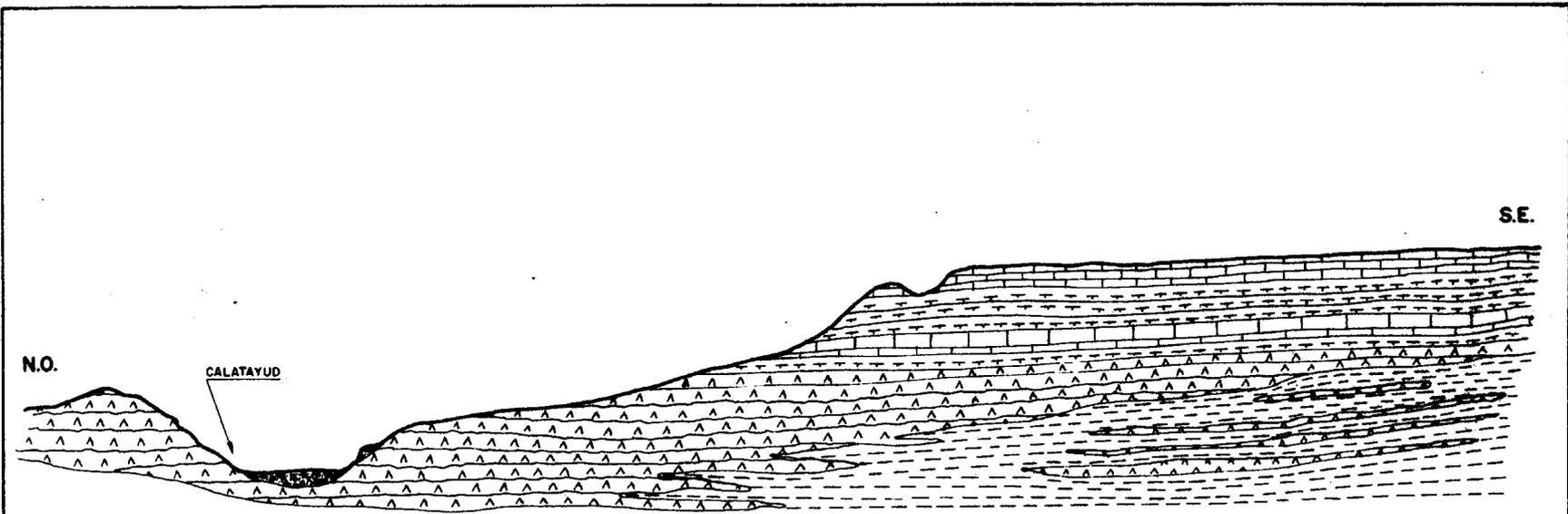
#### 3.7.1.- Estratigrafía

La Depresión de Calatayud-Montalbán esta constituida por materiales terciarios y una cobertera pliocuaternaria, y alberga dentro de los macizos paleozoicos centrales de la Ibérica.

En sus hordas, y especialmente en el área de Montalbán, aflora un Oligoceno (Estampiense) esencialmente detrítico: conglomerados marginales, que pasan a margas detríticas y conglomerados con niveles de yesos en la parte central.

La base del Mioceno de la Cubeta, probablemente de edad Aquitaniense, se apoya discordantemente, hacia el SE, sobre este Oligoceno; se trata, por tanto, de una discordancia post o intraestampiense y preaquitaniense.

Desde el punto de vista litológico, se puede distinguir una formación central evaporítica, formada por yesos con algún nivel de halita y epsomita en el centro (yesos pulverulentos, yesos arenosos, alabastros y algo de arcilla). Esta formación yesífera, conocida por "Yesos de Calatayud", pasa lateralmente hacia los bordes de cuenca, y especialmente hacia el SE, que es por donde más se alarga la depresión, a arcillas, margas rojas y conglomerados en la parte baja, y a niveles de calizas lacustres en la alta. Ocasionalmente se intercalan en esta facies margo-arcillosa niveles yesíferos y alabastrinos, como ocurre en las inmediaciones de Bañón, Navarrete del Río y zona



ESQUEMA DE LAS FORMACIONES YESIFERAS DE LA CUENCA DE CALATAYUD

-  Gravos y arenas
-  Calizas
-  Margas y calizas
-  Yesos de Calatayud
-  Arcillas con niveles de alabastro y yeso

<b>MINISTERIO DE INDUSTRIA</b> DIRECCION GENERAL DE MINAS E INDUSTRIAS DE LA CONSTRUCCION INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA		<b>PLAN NACIONAL DE LA MINERIA</b> PROGRAMA NACIONAL DE INVESTIGACION MINERA	
DIBUJADO	G. GONZALEZ	INVESTIGACION YESOS DUERO - EBRO	Clave
FECHA	JUNIO, 1975		
COMPROBADO	J.L. GRIFFO	<b>ESQUEMA DE LAS FORMACIONES          YESIFERAS DE LA CUBETA DE          CALATAYUD</b>	Plano N.º
AUTOR			
ESCALA			

de Fuentes de Jiloca.

A su vez esta serie margo-arcillosa pasa lateralmente a conglomerados marginales, de naturaleza esencialmente silíceas, que se apoyan discordantemente sobre el Paleozoico y Mesozoico, o como ya se indicó sobre el Estampiense de Montalbán.

A este conjunto de facies, yesífera, margo-arcillosa y conglomerática, se le atribuye una edad Aquitaniense - Vindoboniense.

Sobre los yesos, en la parte central de la cubeta, y sobre la facies margo-arcillosa, cuando esta sustituye lateralmente a aquellos, se sitúa una formación calcárea, de edad Vindoboniense-Pontiense, que contiene, además, margas y limos. Estas calizas forman la Sierra de Armantes, al W de Calatayud, y constituyen al E una meseta estructural que se extiende desde Maluenda hasta las inmediaciones de Calamocha.

Por último, el Cuaternario está representado por los materiales aluviales de los ríos y arroyos de la Cubeta, y por los conglomerados que forman los piedemonte.

### 3.7.2.- Los yacimientos de yeso

En la Cubeta de Calatayud aparecen yacimientos de yesos en relación con diversos tramos estratigráficos y facies.

La mayor parte de los yacimientos del área están ligados a la formación yesífera conocida por "Yesos de Calatayud". Integran una extensa zona que se extiende entre las siguientes localidades: Terrer, Velilla de Jiloca, Mara, Sediles, Ribota y Terrer. Litológicamente los yacimientos están formados por una alternancia de yesos y arcillas o margas, que presentan alguna intercalación de halita; hacia los bordes de la forma

ción yesífera, a medida que nos acercamos a la zona de cambio lateral de facies, la porporción de niveles arcillosos aumenta, en detrimento de los yesíferos, hasta que estos últimos desaparecen.

Aunque sobre estos yesos se encuentra, estratigráficamente, la formación de calizas superiores, en la mayoría de los yacimientos de yeso faltan, habiendo sido eliminadas por la erosión. Se trata, por tanto, de una acumulación de sedimentos yesíferos que forman una serie de cerros, con potencias vistas del orden de 100-150 m de yeso explotable.

La densa red de arroyuelos tributarios de los ríos Jalón, Jiloca y Perejiles, determina una serie de valles en la formación yesífera, cuyas paredes constituyen los mejores frentes naturales de explotación.

Aunque estos yesos han sido explotados, como refleja el abundante número de canteras abandonadas que se encuentran, especialmente en los alrededores de Calatayud, no se beneficia actualmente en punto alguno. El área donde los yesos se presentan con menos intercalaciones arcillosas y, aparentemente, con mejores características, es la situada al SE de Calatayud y conocida como Valdehurón (en los límites de los términos municipales de Calatayud y Paracuellos de Jiloca).

La calidad de los "Yesos de Calatayud" es bastante buena ( $\sim 85\%$  en  $\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) en la zona central (Valdehurón), disminuyendo sensiblemente a medida que nos acercamos a las zonas de cambio lateral de facies. Las reservas en la zona son prácticamente inagotables, ya que la superficie ocupada por los yesos es grande, y la potencia considerable.

En la facies margoarcillosa de la Cubeta aparecen interestratificados niveles de yeso en varias zonas: área de Fuentes de Jiloca, Navarrete del Río y Bañón.

En el área de Fuentes de Jiloca existen una serie de niveles (de 3 a 5) de yeso muy puro, frecuentemente alabastrinos, que alcanzan potencias que varían entre los 4 y 12 m; estos niveles se extienden con bastante continuidad entre Velilla de Jiloca y Montón, adelgazándose a partir de estas localidades hasta desaparecer. Se trata de yesos muy puros que engloban "bolos" de alabastro con mucha frecuencia, y aparecen interestratificados en el conjunto margoarcilloso rojizo sobre el que descansan las calizas pontienses, aflorando a media ladera.

Este tipo de yesos se explota con gran intensidad en la zona de Fuentes de Jiloca, por medio de canteras, destinando la mayor parte del producto obtenido a la fabricación de escayola.

Como ya se ha indicado, la calidad de los yesos es alta; en cambio las reservas son sensiblemente inferiores a las del yacimiento de los "Yesos de Calatayud".

En el caso de Navarrete del Río y Bañón aparecen también interestratificados algunos niveles de yeso, que en Bañón llegan a explotarse a cielo abierto; son de escaso interés general para los fines que persigue el presente estudio.

En la muestra superficial núm. 52, perteneciente a la explotación de Bañón, se han obtenido los siguientes resultados:

<u>Análisis químico (%)</u>	<u>Análisis mineralógico (%)</u>
SiO <sub>2</sub> - 1,58	SO <sub>4</sub> Ca.2H <sub>2</sub> O - 65,33
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - 0,15	SO <sub>4</sub> Ca - -
CaO - 42,73	Otros minerales
MgO - 1,49	Calcita
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - 0,39	indicios de cuarzo
SO <sub>4</sub> - 51,59	
K <sub>2</sub> O - 0,04	
Na <sub>2</sub> O - 0,01	

Por último, en el Oligoceno de Montalbán también aparecen niveles de yeso, que llegan a explotarse en las inmediaciones de Martín del Río; no obstante, el interés que alcanzan estos yesos es similar al de los anteriores.

En muestra tomada en la cantera de Martín del Río (núm. - 51) se han obtenido los resultados siguientes:

<u>Análisis químico (%)</u>	<u>Análisis mineralógico (%)</u>
SiO <sub>2</sub> - 1,85	SO <sub>4</sub> Ca.2H <sub>2</sub> O - 81,09
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - 0,07	SO <sub>4</sub> Ca - -
CaO - 36,30	Otros minerales
MgO - 1,01	Basanita
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - 0,16	
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> - 63,89	
K <sub>2</sub> O - 0,01	
Na <sub>2</sub> O - 0,02	

### 3.7.3.- Tectónica

El conjunto de accidentes que limitan la Cubeta de Calatayud, le prestan un carácter de auténtica fosa tectónica; la depresión aparece situada entre dos bloques paleozoicos, que constituyen las Ramas aragonesa y castellana de la Cordillera Ibérica, y su evolución va íntimamente ligada a la de la Rama aragonesa, vergente al NE. La fosa de Calatayud se ha formado como consecuencia de las fases orogénicas del plegamiento alpino, de mediados del Terciario; la fragmentación del zócalo paleozoico en bloques, originó la creación de una fosa alargada hundida, alojada entre dos macizos marginales.

Los materiales depositados durante el Paleógeno están afectados por los últimos movimientos orogénicos alpinos, mientras que los del Mioceno mantienen, de una forma general, su horizontalidad.

#### 3.7.4.- Historia geológica

Sobre los materiales paleozoicos plegados por la orogé<sub>n</sub>ia herciniana, se depositan los mesozoicos y paleógenos. Es<sub>t</sub>os últimos, consistentes en conglomerados, arcillas rojas y areniscas, se sedimentan simultáneamente con las primeras fa<sub>s</sub>es del plegamiento alpino.

Fases de plegamiento intrapaleógenas originan la fragmentación del zócalo en bloques, formándose entonces la Depresión de Calatayud-Montalbán, al tiempo que las del Ebro, Duero y Ta<sub>j</sub>o. Se inicia entonces en la misma la sedimentación en un régi<sub>m</sub>en continental endorreico, que se continúa en el Mioceno con la deposición de evaporitas en el centro de la Cubeta y mate<sub>r</sub>iales arcillosos y detríticos hacia los bordes; estos materia<sub>l</sub>es se apoyan sobre la superficie de discordancia preaquita<sub>n</sub>iense.

Los depósitos del final del Mioceno son de carácter predominantemente calcáreo (caliza de los páramos).

La red fluvial instalada erosionó los materiales depositados, configurando el relieve actual.

#### 3.7.5.- Selección de zonas

Dentro de la Cubeta de Calatayud se ha seleccionado una sola zona para proceder a su estudio detallado; se trata de un área que comprende la parte centrooriental de los "Yesos de Ca<sub>l</sub>atayud", y los niveles de yeso alabastrinos del área de Fuentes de Jiloca, hasta las inmediaciones de Villafeliche.

La superficie ocupada por los yesos de Calatayud que queda fuera de la zona marcada, ofrece afloramientos yesíferos de inferior calidad.

Se procede, seguidamente, a la descripción de la zona seleccionada.

### 3.7.6.- Zona V-8 Calatayud (Zaragoza)

#### 3.7.6.1.- Situación de la zona

La zona elegida pertenece íntegramente a la provincia de Zaragoza; se encuentra situada al sureste de la localidad de Calatayud, extendiéndose entre los cursos de los ríos Perejiles, Jiloca y Jalón.

El área estudiada pertenece a los municipios de Calatayud, Villalba de Perejil, Belmonte de Calatayud, Mara, Miedes, Villafeliche, Montón, Fuentes de Jiloca, Morata de Jiloca, Vellilla de Jiloca, Maluenda y Paracuellos de Jiloca.

Comprende parte de las hojas núm. 437 (Ateca), núm. 438 (Paniza) y núm. 409 (Calatayud) del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000. Sus coordenadas vienen dadas por los paralelos  $41^{\circ} 11'$  y  $41^{\circ} 22' 20''$  de latitud norte y los meridianos  $2^{\circ} 02' 10''$  y  $2^{\circ} 12' 10''$  de longitud este respecto del meridiano de Madrid.

En esta zona, cartografiada a escala 1:50.000, se ha efectuado una ampliación, de forma que el área de Fuentes de Jiloca, donde aparecen niveles de yeso alabastrinos, queda representada en plano diferente a escala 1:10.000.

Los accesos hasta la zona, se realizan por la carretera nacional núm. 234 (Calatayud-Daroca) y la carretera comarcal - núm. 221 de Calatayud a Candesa. Para recorrer interiormente la zona se cuenta con escasos caminos vecinales, normalmente en mal estado de conservación. Tres ferrocarriles atraviesan el yacimiento en sentido NW-SE y NE-SW; son el de Madrid-Zaragoza, Calatayud-Valencia y Calatayud a Ciudad-Dosante.

La zona dista de Zaragoza, por la carretera nacional Madrid-Zaragoza, 82 km.

La topografía de la zona es accidentada, en especial en el área más oriental; los frentes de explotación están fuertemente condicionados por este factor. No obstante, el transporte del producto elaborado a los mercados habituales (provincias de Zaragoza, Teruel y Soria; algunos productos tienen ámbito nacional), no presenta dificultades.

#### 3.7.6.2.- Análisis del yacimiento

Los materiales comprendidos en el área estudiada pertenecen en su totalidad al Mioceno (Aquitaniense-Vindoboniense), a excepción de los depósitos cuaternarios de los ríos Jiloca y Perejiles.

La zona V-8 (Calatayud) se sitúa en la parte central de la Cubeta de Calatayud-Montalbán, con lo que los materiales basales de facies de borde quedan fuera de la misma.

Comienza la serie con un conjunto margo-arcilloso que en su base contienen cantos redondeados y heterométricos de cuarcita, y que pasa lateralmente y hacia el techo a presentarse como una alternancia de arcillas rojas y yeso alabastrino. En Fuentes de Jiloca se han determinado hasta 4 niveles de este yeso, con potencias que oscilan entre los 4-6 m y 10-12 m, y de los que son objeto de explotación los dos inferiores.

Estos niveles yesíferos presentan en superficie tonos beige y claros, con nivelillos arcillosos de colores grises y blanquecinos; en fractura fresca se trata de un yeso blanco muy puro, compacto y cristalino, que engloba nódulos de sílex de color marrón y formas arriñonadas de alabastro.

La explotación de estos niveles es intensa en Fuentes de Jiloca, distinguiéndose por sus aplicaciones la calidad de los nódulos alabastrinos, aptos para la fabricación de escayo la de uso estomatológico; el resto del paquete yesífero se destina a la obtención de pláster para construcción.

Entre las localidades de Morata y Velilla de Jiloca desa parece esta formación como tal, pasando lateralmente a la conocida por "Yesos de Calatayud"; vuelven a aparecer, y por nuevo cambio lateral, al NW de Calatayud, presentándose aquí como un tramo de arcillas, limolitas y margas.

La formación yesífera de Calatayud está constituida por yesos finamente estratificados, de tonos blancos y grises, sa caroideos y cristalinos en el área de Calatayud-Maluenda, y más detríticos y de tonos más oscuros en Montón y Villafeliche.

La potencia máxima vista de esta formación se da en las proximidades de Paracuellos de Jiloca, siendo del orden de 100 a 150 metros, mientras que en Villafeliche se reduce a 20-30 metros solamente, disminuyendo rápidamente hacia el SE hasta desaparecer a poca distancia de esta localidad.

Siguiendo esta misma formación a lo largo del río Pere jiles, se observa, a la altura de Belmonte, un cambio lateral a areniscas, margas y yesos, que finamente estratificados y con suaves buzamientos se presentan en una facies muy caracteristica.

Entre las localidades de Mara y Miedes este tramo deja de aflorar, desapareciendo bajo un paquete de margas y cali zas, de características litológicas muy constantes y homogé--neas en la zona estudiada.

Este paquete yace directamente sobre la formación "yesos de Calatayud" en el resto del área estudiada; aunque en todo el tramo aparecen calizas y margas, en la base predominan las calizas y en el techo las margas.

Las calizas son oquerosas, tableadas y algo arenosas, de colores blanquecinos, y engloban esporádicos asomos de sílex. Intercalados entre los bancos calizos afloran unas margas arenosas poco plásticas, de tonos ocres y beige-amarillentos, que coronan el tramo margo-calizo.

Finalmente, sobre este tramo yace un potente banco de caliza de edad pontiense, bien estratificada, de tonos claros, con recristalizaciones de calcita formando vetillas. Este nivel se presenta con suaves buzamientos hacia el centro de la mesa que determina.

El Cuaternario de esta zona está representado por los aluviales de los ríos Jalón, Jiloca y Perejiles, y algunos relictos de terrazas altas sobre los "yesos de Calatayud".

Los materiales que constituyen los aluviales son limos, arenas y gravas. Las terrazas altas del Jalón están formadas por un conglomerado semiconsolidado que localmente ha sido explotado como grava para áridos.

En la zona estudiada se han contabilizado un total de 4 explotaciones activas, localizadas tres de ellas en Fuentes de Jiloca y la cuarta en Villafeliche; las tres primeras están situadas sobre los niveles de yeso alabastrino descritos anteriormente.

Asimismo, se han localizado 7 canteras inactivas, ubicadas, la mayor parte de ellas, en la formación "yesos de Calatayud".

La explotación de Villafeliche posee un marcado carácter artesanal, dedicando toda su producción a la elaboración de yeso de construcción; las de Fuentes de Jiloca, están bien mecanizadas. Aunque normalmente la extracción se realiza a cielo abierto, en la época de mayor intensidad de lluvias se arranca el material en pequeñas minas o cuevas, con objeto de no paralizar la producción.

El arranque del material se lleva a cabo mediante explosivos, verificándose el transporte posterior hasta los silos de almacenamiento por medio de potentes palas mecánicas.

Las plantas de tratamiento suelen estar a pie de cantera o bien a una distancia muy corta (caso de la de Villafeliche); las situadas en Fuentes de Jiloca poseen un grado medio-alto de mecanización.

En esta zona se realizaron dos sondeos de reconocimiento; el V-8-1, situado en el paraje conocido por Valdehurón, alcanzó los 50 m de profundidad; el V-8-2, ubicado en Fuentes de Jiloca, llegó a los 14 metros, y atravesó el paquete explotado.

Las leyes medias obtenidas de los sondeos de esta zona, dan porcentajes del orden del 85% en  $\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , para los yesos de Calatayud, y del 75-80% en los niveles de Fuentes de Jiloca (este porcentaje es fácilmente elevable al 90-95% con una selección previa del material). Mientras que en los yesos de Calatayud aparecen indicios de anhidrita, en los de Fuentes de Jiloca está totalmente ausente.

Las reservas de yeso calculadas para la formación "yesos de Calatayud" son superiores a los  $250 \times 10^6 \text{ m}^3$ .

El cálculo de reservas explotable en los yesos alabastrinos del tipo Fuentes de Jiloca, varía según la explotación consi

derada sea a cielo abierto o subterránea, puesto que debido a la topografía existente la superficie constituida por yeso - aflorante es muy pequeña.

Considerando el caso de una explotación a cielo abierto, y partiendo de una potencia media de 20 m, como resultado de la suma de los diversos niveles yesíferos existentes, las reservas calculadas serían de unos 500.000 m<sup>3</sup>, suponiendo un avance del frente de 40-50 m, y no más para evitar grandes potencias de montera.

En el caso de una explotación subterránea extendida a los distintos niveles, las reservas pasarían a 1.000.000 de m<sup>3</sup>, aumentando a 100 m el avance hipotético, y suponiendo un aprovechamiento integral del yacimiento.

En muestras superficiales tomadas dentro de la zona, se han obtenido los siguientes resultados.

Localidad	Número de la muestra	Análisis químico (%)							Análisis mineralógico (%)			
		SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub> <sup>•</sup>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>4</sub> Ca. 2H <sub>2</sub> O	SO <sub>4</sub> Ca	Otros minerales
Villafeliche	32	1,18	0,10	39,58	0,89	0,19	55,90	0,02	0,02	80,10	-	Calcita
Paracuellos de Jiloca	39	1,57	0,10	37,00	0,43	0,27	61,37	0,03	0,01	83,92	-	Calcita, indicios de Cuarzo.
Calatayud	177	1,36	0,10	35,85	0,58	0,25	63,70	0,03	<0,01	93,79	-	Indicios de Cuarzo

### 3.8.- EL MIOCENO DEL EBRO

Se describen en este capítulo las características de los terrenos miocenos que rellenan la Depresión del Ebro, prestando especial atención a aquellos tramos o facies que contienen espesores de yeso explotables.

#### 3.8.1.- Estratigrafía

En el Eoceno superior finaliza la deposición de la serie marina; a partir de entonces los materiales sedimentados lo hacen en un medio continental endorreico; abarcan, por tanto, - éstos la parte más alta del Eoceno superior, el Oligoceno y el Mioceno.

El Paleógeno aparece plegado en varios puntos de la cuenca del Ebro, existiendo entre sus materiales y los de la base del Aquitaniense (Mioceno) una discordancia angular y progresiva.

Los terrenos miocenos se encuentran ampliamente representados en la Rioja y en Aragón; en la Ribera navarra y las Bardenas ocupan una superficie sensiblemente menor, aflorando, en cambio, en grandes extensiones los materiales oligocenos.

En la Rioja, el Mioceno constituye una prolongación del ambiente sedimentario continental que caracterizó la deposición en el Oligoceno. Litológicamente está formado por areniscas, margas, niveles de yesos y conglomerados. Hacia los bordes de cuenca, pasan estos materiales, lateralmente, a conglomerados marginales, que alcanzan potentes espesores.

Los niveles de yeso del Mioceno de la Rioja aparecen interestratificados entre areniscas y margas, y no alcanzan potencias considerables; tampoco se presentan ocupando grandes

extensiones superficiales.

En Navarra, los materiales miocenos se presentan claramente discordantes sobre el Oligoceno infrayacente. Están constituidos por margas, areniscas, y en algunos casos calizas y conglomerados; presentan, ocasionalmente, intercalaciones yesíferas de escaso interés.

Es en Aragón donde los terrenos miocenos alcanzan una mayor amplitud y representatividad.

En esta extensa área el Aquitaniense-Vindoboniense inferior está representado, en primer lugar, por una formación central de yesos: "Formación de yesos de Zaragoza". Se trata de una facies evaporítica-yesífera constituida por yesos masivos, yesos concreccionares o nodulosos y limos y arenas yesíferas con masas de alabastro, que alternan con materiales arcillo-margosos; ocasionalmente se intercalan horizontes lenticulares de sales solubles (halita, epsomita etc), que llegan a alcanzar los 6 m de potencia. La potencia total de la formación yesífera en la zona donde alcanza mayor espesor, supera fácilmente los 100 m.

La superficie que ocupa la Formación de yesos de Zaragoza es enorme; constituye, sin duda, la mayor mancha yesífera de nuestro país. Sus límites pueden quedar marcados por las siguientes localidades: Tauste, Las Pedrosas, Alcalá de Gurrea, Almuñébar, Zuera, Monegrillo, Bujaraloz, Fuentes de Ebro, Puebla de Albortón, Epila, Borja y Tauste, todos ellos de la provincia de Zaragoza.

Como se indicó, estos yesos constituyen la parte central del relleno mioceno del Valle del Ebro, en su parte aragonesa. La Formación de yesos de Zaragoza pasa lateralmente, hacia los bordes, a formaciones más detríticas, constituidas, principalmente, por margas rojas, areniscas, limos y arenas, con algunas pasadas yesíferas y calcáreas; de forma general, puede indicarse que

la parte alta de los yesos cambia lateralmente a formaciones detríticas, con abundancia de materiales carbonatados, y la baja a formaciones esencialmente detríticas.

Así, pasan los yesos a la Formación Codó hacia el SE, a la Formación Longares hacia el S y SW, a la Formación Sariñena hacia el NE, etc.

Las formaciones detríticas van haciéndose más groseras hacia los bordes, hasta acabar constituyendo los clásicos conglomerados marginales, bien visibles en la Almunia, Cariñena, Moncayo, etc.

Sobre el conjunto Aquitaniense-Vindoboniense inferior, descansan varias formaciones, predominantemente carbonatadas, a las que se atribuye una edad Vindoboniense superior-Pontiense. Están constituidas por bancos de calizas, calizas pulverulentas, calizas con nódulos y masas de sílex, limos, margas y algún nivel yesífero.

Se puede señalar la Formación Castelar, Fm. Alcubierre, Fm. Castejón y Fm. Bárdenas, al N del Ebro, y Fm. La Muela, Fm. la Plana y Fm. Borja, al S. Estas formaciones no sólo constituyen el paso vertical de los Yesos de Zaragoza, sino que en la parte más alta de estos constituyen su equivalente lateral. Desde el punto de vista topográfico, configuran una serie de mesas que caracterizan el relieve de la zona.

Entre Lécera, Albalate del Arzobispo y Azaila se desarrolla una formación yesífera, marginal de los Yesos de Zaragoza que ocupan el centro de cuenca. Se trata de la "Formación de yesos de Vinaceite", que ocupa una posición totalmente periférica y anómala, y que litológicamente está constituida por limos y arenas yesíferas, a las que se encuentran asociados bolos de alabas-

tro, que alternan con niveles margo-arcillosos. La potencia vista que alcanza esta formación es del orden de los 100 m.

En posición extremadamente periférica se encuentran también los yesos de Calanda, que constituyen niveles de unos 10-15 m de potencia, interestratificados en el conjunto margo-areniscoso mioceno.

El conjunto de materiales miocenos descritos en la Cuenca del Ebro, mantiene su horizontalidad primitiva en la mayor parte del área que ocupan, salvo en algunas zonas donde han sido afectados por los movimientos póstumos alpinos, coetáneos a la deposición de los conglomerados marginales.

La discordancia preaquitaniense, a que se hacía alusión - al principio del capítulo, no se manifiesta por igual en todos los puntos; así, mientras en la zona aragonesa se manifiesta en los rebordes N y S de la Depresión del Ebro, en el centro de la misma se amortigua y desaparece, poniéndose las series oligocena y miocena en concordancia; en algunas zonas, como el área de Belchite, los materiales miocenos fosilizan el abrupto relieve determinado por las calizas jurásicas.

En el área Fuente del Ebro-Quinto de Ebro-La Zaida-Azaila, aparece una serie terciaria margo-areniscosa con tramos calizos, en las que se intercalan niveles de alabastro de 0,5-1,50 m de potencia. La parte superior de esta serie se ha venido atribuyendo al Mioceno, y la inferior al Oligoceno, sin que exista ningún criterio estratigráfico ni paleontológico para tal separación.

Es ésta, por tanto, una de las zonas a que hacíamos referencia, en la que no se aprecia la discordancia preaquitaniense. La separación Mioceno-Oligoceno se ha fijado mediante la prolongación de la base miocena en aquellas zonas de borde donde la discordancia es manifiesta.

Por este motivo se incluye este área dentro del capítulo Mioceno del Ebro, aunque parte de la misma pudiese ser oligocena.

Sobre la serie de materiales miocenos descritos en el valle del Ebro, sólo se encuentran, desde el punto de vista estratigráfico, depósitos pliocenos (conglomerados, margas y areniscas) y cuaternarios (aluviales, piedemontes, limos eólicos etc.).

### 3.8.2.- Los yacimientos de yeso

Dentro del Mioceno del Ebro existen yacimiento yesíferos asociados a las siguientes formaciones y facies: Formación de Yesos de Zaragoza, Formación de Yesos de Vinaceite y Formaciones detríticas.

- Formación de Yesos de Zaragoza: su litología y la enorme extensión que ocupa se han descrito en el apartado anterior.

La disposición topográfica de los yacimientos de yeso que integran esta formación, es la de una serie de escarpes y cerros de muy diversa magnitud que forman un paisaje desértico; drenados por multitud de arroyos presenta abundantes frentes naturales de explotación, que alcanzan los 20-30 m de altura, aunque la potencia total del tramo es muy superior. Únicamente hacia los bordes de la formación se sobreponen a estos yesos los niveles calcáreos superiores.

La extraordinaria abundancia de yesos en la zona hace que hayan proliferado las labores de extracción en todos los pueblos situados sobre los mismos; no obstante, en la actualidad sólo se benefician en el área de Gelsa, Tauste y Cuarte de Huerva, mediante canteras.

La calidad de estos yesos es buena en la zona central

(75-90% en  $\text{SO}_4\text{Ca}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) de la formación, disminuyendo hacia los bordes de la misma, a medida que nos aproximamos a la zona de cambio lateral de facies. En cuanto a las reservas de yesos en este área son absolutamente inagotables; ya se ha comentado - que los yesos de Zaragoza constituyen la mayor reserva yesífera de España.

En muestras de yeso superficiales tomadas en esta formación se han obtenido los siguientes análisis

Localidad	Número de la muestra	Análisis químico (%)							Análisis mineralógico (%)			
		$\text{SiO}_2$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{CaO}$	$\text{MgO}$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{SO}_4$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{SO}_4\text{Ca}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$	$\text{SO}_4\text{Ca}$	Otros minerales
Ablitas	46	1,96	0,11	36,36	0,49	0,31	59,33	0,03	0,01	80,84	-	Calcita, indicios de Cuarzo
Bárboles	209	1,68	0,24	35,10	0,33	0,54	62,66	0,09	0,02	98,16	-	-

- Formación de Yesos de Vinaceite: tanto su litología como la zona donde afloran han sido descritos en el apartado de Estratigrafía.

Topográficamente constituyen un área de relieve bastante arrasado, excepto en la zona de Lécera donde los yesos determinan una serie de elevaciones de tipo medio; la erosión ha de terminado la formación de una serie de escarpes, que constituyen frentes naturales de explotación de unos 10-30 m de altura. Los niveles detríticos que sustituyen lateralmente a estos yesos, no aparecen sino en el límite sur de la formación.

Labores de extracción se reconocen en las proximidades de casi todos los pueblos de la zona, pero actualmente no se benefician estos yesos en lugar alguno, al menos de forma continuada.

La calidad de los yesos de esta formación es muy variada (55-90% en  $\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), ya que en unos niveles se presentan purísimos y alabastrinos, y en otros mezclados con una elevada proporción de arcilla. Las reservas de yeso son abundantes, pero, por supuesto, muchísimo menores que en el caso de los Yesos de Zaragoza.

- Formaciones detríticas: dentro de las formaciones detríticas miocenas aparecen interestratificados niveles yesíferos de muy diferentes características. Estas intercalaciones adquieren cierta entidad en varios puntos, entre los que pueden citarse los siguientes:

- Facies detríticas que rodean la Formación de Yesos de Zaragoza, donde los niveles yesíferos alternan con materiales margoareniscosos y van acunándose a medida que nos separamos de la formación central de yesos; la calidad de los mismos es muy variable, pudiendo llegar a ser alabastrinos, pero las reservas son, generalmente, escasas.

- Area de Calanda, donde también aparecen niveles de yeso interestratificados de buena calidad, aunque con reservas no muy abundantes. Aquí se benefician actualmente estos yesos mediante explotaciones a cielo abierto.

En la muestra núm. 538, procedente de una de las explotaciones de Calanda, se han obtenido los siguientes resultados:

<u>Análisis químico (%)</u>	<u>Análisis mineralógico (%)</u>
SiO <sub>2</sub> - 2,47	(SO <sub>4</sub> Ca.2H <sub>2</sub> O) - 93,27
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - 0,20	SO <sub>4</sub> Ca - -
CaO - 35,06	Otros minerales
MgO - 0,49	Calcita
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - 0,69	indicios de Cuarzo
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> - 60,50	
K <sub>2</sub> O - 0,01	
Na <sub>2</sub> O - 0,02	

- Zona de Ribaflecha, con niveles de yeso muy puros que alternan con margas; aparecen apoyándose discordantemente sobre los materiales plegados del Triás, no alcanzando los bancos, en ningún caso, potencias considerables. Por haberse incluido estos yesos, junto con los triásicos, dentro de la zona V-4 (Ribaflecha) sus características aparecen descritas en la misma.

- Sector de Fuentes de Ebro-Quinto-Azaila, con un Oligoceno ?-Mioceno de margas y areniscas rojizas, donde se intercalan niveles de alabastro explotables. Los alabastros de Fuentes de Ebro se describen en la zona V-11 (Zaragoza), y los de Quinto-Azaila en la V-14 (Quinto).

### 3.8.3.- Tectónica

La Depresión del Ebro constituye una fosa tectónica situada entre una serie de macizos emergidos.

Aunque de una forma general puede decirse que los materiales miocenos de la misma se mantienen subhorizontales y no presentan estructuras acusadas, no constituyen un conjunto absolutamente tabular y plano. Se trata de sedimentos postalpídicos afectados de deformaciones muy suaves, que les hacen alcan

zar buzamiento del orden de los 3°. En conjunto, puede hablarse de una serie de ondulaciones, a algunas de las cuales ajustan - su recorrido los ríos de la zona.

En la zona de Beceite-Peñarroya-Calanda el Mioceno ha sido deformado por unos movimientos póstumos, que tuvieron lugar durante el depósito de los conglomerados marginales.

#### 3.8.4.- Historia Geológica

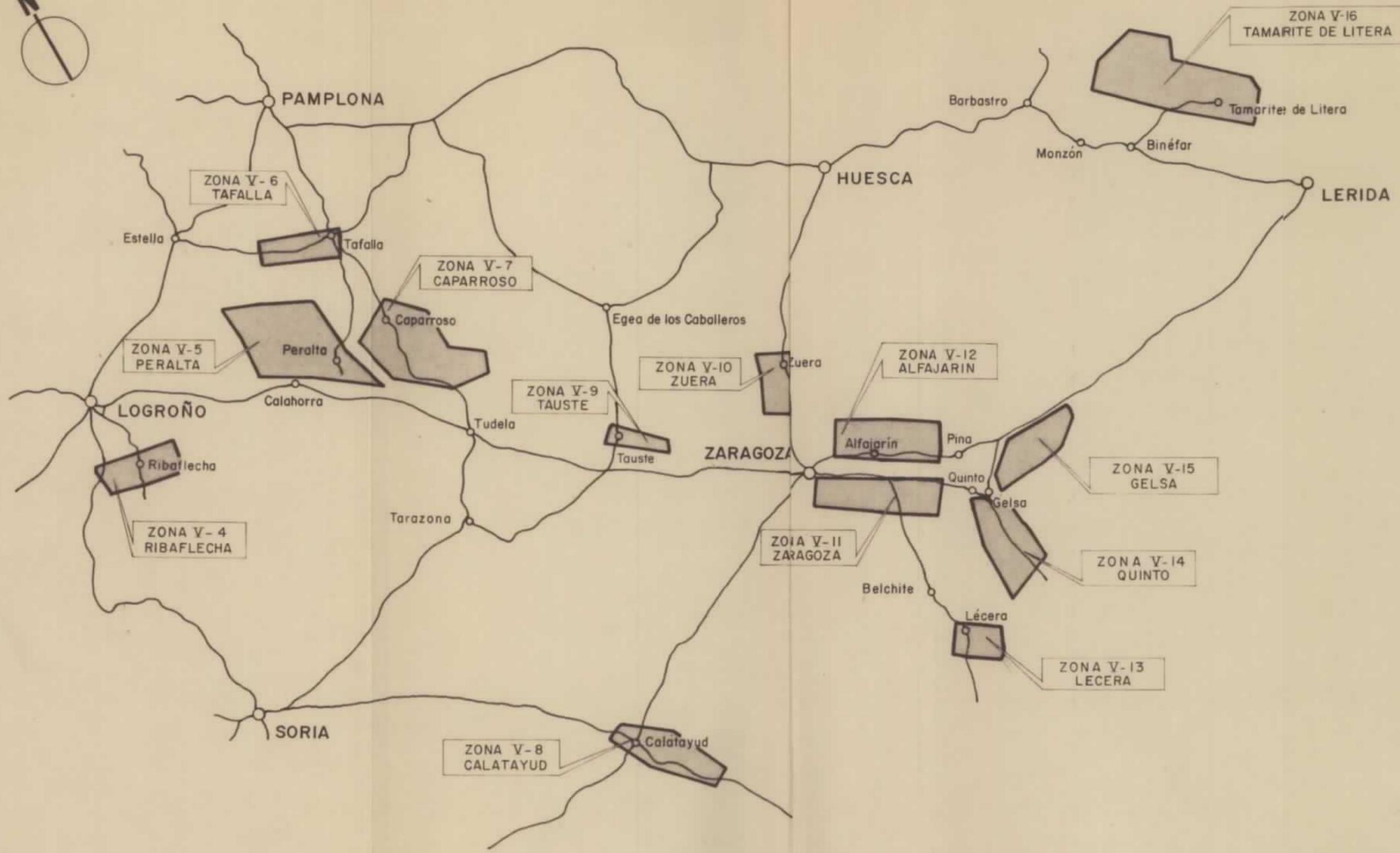
La Depresión del Ebro se origina con la fragmentación - del antiguo Macizo del Ebro en bloques, como consecuencia de las fases de plegamiento intrapaleógenas, al mismo tiempo que las del Duero, Tajo y Cubeta de Calatayud.

Los materiales miocenos se depositan en un medio continental endorreico que es prolongación del existente en el Oligoceno; lo hacen discordantemente sobre el Oligoceno plegado (superficie de discordancia preaquitaniense), dando lugar a depósitos evaporíticos en el centro de cuenca (yesos y sales), que pasan a otros más detríticos hacia los bordes.

Al final del Mioceno predominan los depósitos calcáreos (mesas de calizas pontienses).

En el Plioceno el río Ebro había iniciado ya la excavación de la depresión, produciéndose durante el Cuaternario un fuerte ritmo erosivo, motivado por las oscilaciones glacio-eustáticas, que se manifiesta en la formación de las terrazas de la zona.

A lo largo de la evolución de la Depresión del Ebro, se puede observar un desplazamiento del surco sedimentario hacia el sur, hasta ocupar el eje actual de la misma (zona recorrida por el Ebro medio). Este movimiento parece iniciarse a finales del Oligoceno, existiendo una traslación similar de la zona de deposición evaporítica.



<b>MINISTERIO DE INDUSTRIA</b> DIRECCION GENERAL DE MINAS E INDUSTRIAS DE LA CONSTRUCCION INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA		<b>PLAN NACIONAL DE LA MINERIA</b> PROGRAMA NACIONAL DE INVESTIGACION MINERA	
DIBUJADO	G. GONZALEZ	<b>INVESTIGACION YESOS          DUERO - EBRO</b>	<b>Clave</b>
FECHA	JUNIO, 1975		
COMPROBADO	J.M. FERNANDEZ	<b>DISTRIBUCION DE ZONAS          ESTUDIADAS EN EL          VALLE DEL EBRO</b>	<b>Plano N.º</b>
AUTOR			
ESCALA	1/1.000.000		

### 3.8.5.- Selección de zonas

Los criterios de selección de zonas para su análisis detallado, dentro de los yesos miocenos del Ebro, no son los mismos que para otros tipos de yesos del área estudiada.

La enorme extensión que ocupa la Formación de Yesos de Zaragoza, obliga a una elección un tanto arbitraria, en el sentido de que fuera de las zonas seleccionadas puedan existir otras áreas con yesos de apreciables características. Una vez valoradas una serie de variantes, como son calidad y reservas del yeso, accesibilidad del yacimiento, facilidad de explotación, etc. se escogieron cinco zonas que comprenden las áreas de Tauste, Zuera, Zaragoza (comprendiendo los alabastros de Fuentes de Ebro), Alfarjín y Gelsa.

En la Formación de yesos de Vinaceite se seleccionó el área que presenta un relieve no arrasado, y, por tanto, más favorable a la explotación; es la zona situada al SE de Lécera.

Respecto a los alabastros terciarios del área de Quinto se engloban en una zona que tiene por límites las localidades de Quinto, La Zaida y Azaila (Zona de Quinto V-14).

En cuanto a los yesos miocenos de Ribaflecha se estudian, junto con los triásicos, en la zona V-4.

Se analizan, seguidamente, las características de las zonas seleccionadas.

### 3.8.6.- Zona V-9 Tauste (Zaragoza)

#### 3.8.6.1.- Situación de la zona

Se encuentra enclavada íntegramente en la provincia de Zaragoza, y pertenece a los términos municipales de Tauste, Pradi-

lla de Ebro, Remolinos y Torres de Berellén.

Está ubicada al este del río Ebro, encontrándose limitada al oeste por la carretera que une las localidades de Alagón-Remolinos-Tauste; el límite oriental viene fijado por el Barranco de la Casa.

Las coordenadas del área estudiada vienen dadas por los paralelos  $41^{\circ} 48' 20''$  y  $41^{\circ} 56' 10''$  de latitud norte y los meridianos  $2^{\circ} 26' 20''$  y  $2^{\circ} 36' 20''$  de longitud este respecto del meridiano de Madrid. Está comprendida en el interior de las hojas núm. 321 (Tauste), núm. 322 (Remolinos), núm. 354 (Alagón), del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000.

El afloramiento yesífero se encuentra recorrido por una vasta red de caminos en precario estado, y que en época de lluvia se ponen intransitables. La comunicación con Zaragoza capital es buena, ya que la carretera nacional núm. 232 pasa por Alagón; la distancia entre la zona y Zaragoza oscila alrededor de los 30 km.

El ferrocarril de Tudela a Zaragoza también pasa por la citada localidad de Alagón. Esta población, junto con Remolinos y Tauste, representan los núcleos urbanos más importantes dentro del área estudiada.

El relieve de la zona pasa de ondulado a abrupto, en sentido oeste-este; las explotaciones de yeso que se sitúan en las inmediaciones de Tauste no encuentran, por tanto, dificultades para el traslado del producto elaborado a los mercados más usuales; los pueblos cercanos y en todo caso la provincia de Zaragoza.

### 3.8.6.2.- Análisis del yacimiento

Los materiales que afloran en el área estudiada pertenecen al Mioceno (Vindoboniense-Pontiense), a excepción de algunos recubrimientos cuaternarios.

Por encontrarse esta zona en un área de la Formación de Yesos de Zaragoza muy próxima al cambio lateral por el oeste, los niveles yesíferos alternan frecuentemente con otros margo-arcillosos.

De muro a techo pueden distinguirse los siguientes tramos:

- Un nivel de margas rojas con algo de yeso cuyo muro no aflora dentro de la zona.
- 20-40 m de yeso que presenta una sensible disminución de potencias de oeste a este. Se trata de yesos grisáceos bien estratificados que alternan con niveles margo-arcillosos de tonos rojizos y blanquecinos; en ocasiones se presentan los yesos en formas concreccionares y nodulosas alabastrinas, alternando con limos yesíferos; en otras el yeso es fibroso, sacarideo etc. - En el área de Remolinos se intercalan entre los yesos capas lenticulares de halita de hasta 6 m de potencia que llegan a explotarse.
- 10-15 m de margas rojas que aumentan su espesor de oeste a este.
- 10-15 m de yeso de características similares a las del tramo inferior.
- ~ 10 m de margas rojas.
- 90-120 m de yesos alabastrinos con algún nivel poco potente de margas rojizas. El yeso se presenta formando bancos compactos y potentes, y alternando, además de con las margas rojizas, con -

otros niveles menos potentes de yeso terroso grisáceo.

En la cartografía de esta zona se han separado dos tramos yesíferos, uno inferior que comprende los bancos de yeso y margas que hay por debajo del último paquete de yesos citado, y otro superior que integra únicamente este último paquete.

Sobre el conjunto yesífero, y concordantemente con el mismo, se encuentra un nivel calizo de edad Vindoboniense - Pontiense; está formado por calizas arenosas y calizas de tonos grises claros con intercalaciones margosas de color beige. Este tramo determina una mesa tabular de unos 600 m de altura.

El Cuaternario se encuentra representado por los depósitos aluviales de la margen izquierda del río Ebro, integrados - por gravas y arenas, y por algunos glaciais de erosión y zonas de alteración de los yesos.

En esta zona existen 3 explotaciones activas que benefician el nivel de yesos de 20-40 m de potencia, dentro del término de Tauste, y 2 canteras abandonadas.

Las canteras de yeso son de pequeñas dimensiones y disponen de una mecanización media-baja para el arranque del material, que se lleva a cabo mediante explosivos.

Las plantas de elaboración del yeso están situadas en las cercanías de las explotaciones y poseen un grado de mecanización bajo; obtienen únicamente yeso para construcción.

Los sondeos realizados reúnen las siguientes características:

El S-V-9-1 se situó sobre el nivel de yeso de 20-40 m a la altura del km 5 de la ctra. Remolinos-Tauste, y alcanzó los

21,40 m de profundidad; el S-V-9-2, ubicado en el paquete de yesos superior, se situó al norte de Remolinos y llegó a los 32,50 m.

Las leyes medias obtenidas en estos sondeos son del orden del 60-80% en  $\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ; en ambos aparecen indicios de anhidrita. Dentro del área considerada se han estimado unas reservas en yeso superiores a  $500 \times 10^6 \text{ m}^3$ .

### 3.8.7.- Zona V-10 Zuera (Zaragoza)

#### 3.8.7.1.- Situación de la zona

Esta zona está situada en la provincia de Zaragoza, comprendiendo parte del término municipal de Zuera, y localizada en la hoja 323 (Zuera) del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000.

El afloramiento en estudio se encuentra limitado por los paralelos  $41^\circ 50'$  y  $41^\circ 55'$  de latitud N, y los meridianos  $2^\circ 50'$  y  $2^\circ 54'$  de longitud E respecto del meridiano de Madrid. La superficie de esta zona es de unos  $40 \text{ km}^2$ , ocupando un área rectangular de 8 km de longitud y 5 de anchura, orientada en sentido N-S.

El acceso a Zuera es muy bueno, ya que la carretera nacional 330-123 (Zaragoza-Huesca) bordea la zona por el E, en sentido S-N. También por el E, pasa la carretera comarcal Zuera-Ejea de los Caballeros. Numerosos caminos en aceptable estado atraviesan la zona en todas direcciones, siendo de destacar los que lo hacen en dirección SE-NW.

Por Zuera, que representa el único núcleo de población de la zona, pasa también el ferrocarril de Zaragoza a Barcelona por Lérida.

La topografía del área estudiada es bastante plana, excepción hecha del escarpe que determina el valle del río Gállego. Si a esta condición se una la citada anteriormente de la facilidad de comunicaciones, el posible traslado del yeso potencialmente fabricable en esta zona a los mercados demandantes, no ofrecería dificultad alguna.

### 3.8.7.2.- Análisis del yacimiento

Los materiales del área cartografiada pertenecen, en casi su totalidad, al Mioceno (Aquitaniense-Vindoboniense). Los restantes son sedimentos cuaternarios.

Los materiales miocenos, dentro de la zona, están representados por la Formación de Yesos de Zaragoza, pero al norte y oeste de aquella pasan lateralmente a un conjunto de margas rojas, grises y blanquecinas, con algunos episodios de calizas margosas y yesos rojizos.

El tramo yesífero está constituido por un paquete de yesos, margas y limos yesíferos en posición subhorizontal. Esta sucesión ha sido puesta al descubierto por la erosión llevada a cabo por las aguas del río Gallego, en el borde E de la zona investigada. Es precisamente en este borde donde se localizan los mejores posibles frentes de explotación, que de hecho ya han sido utilizados en pequeñas canteras, hoy día abandonadas. La potencia media del tramo yesífero en esta zona se estima en unos 50-60 m.

Este conjunto está considerado como Aquitaniense-Vindoboniense -inferior.

El carácter calcáreo puesto de manifiesto en los cambios laterales de facies citados, se acentúa al elevarse en la serie estratigráfica hasta llegar al Pontiense.

Los materiales que integran el paquete Vindoboniense superior-Pontiense son calizas, calizas con sílex, calizas pulverulentas, limos, margas y algún nivel yesífero, que carece de interés desde el punto de vista industrial.

El Cuaternario está representado por depósitos aluvionares, unos tipo terraza y otros tipo glacis, constituidos por gravas y limos, generalmente yesíferos.

Los depósitos tipo glacis ocupan altas cotas de la margen izquierda del río Gállego, recubriendo la formación yesífera. Asimismo, aparecen varios yacimientos de estos materiales dentro de la zona cartografiada, al W del río Gállego. En el mapa adjunto se han denominado estos depósitos como "Conglomerados y brechas".

En el Cuaternario fluvial del Gállego se han diferenciado tres terrazas, de las cuales la más baja se ha unificado en el plano con los aluviones actuales.

Existen además otros sedimentos cuaternarios de carácter fluvial; son los depósitos de limos yesíferos formados por los numerosos arroyos estacionales que surcan la zona.

Se han contabilizado en este área 10 explotaciones a cielo abierto, que en la actualidad permanecen inactivas.

En esta zona se han programado y realizado dos sondeos verticales de investigación.

El sondeo V-10-1, ubicado en Acampo de Martón, alcanzó una profundidad de 40 m, cortando en los primeros metros un paquete con escaso contenido en yeso, para posteriormente atravesar un conjunto de yesos con margas.

El sondeo V-10-2, situado en Monte El Campillo, también llegó a la misma profundidad, perforando un conjunto de materiales muy similar al anterior.

Las leyes medias procedentes de los análisis efectuados en estos sondeos, son del orden del 70-80% en  $\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , apareciendo indicios de anhidrita en ambos. Dentro de la superficie cartografiada se han estimado unas reservas en yeso superiores a los  $200 \times 10^6 \text{ m}^3$ .

### 3.8.8.- Zona V-11 Zaragoza (Zaragoza)

#### 3.8.8.1.- Situación de la zona

La zona elegida para su estudio se encuentra enclavada íntegramente en la provincia de Zaragoza, correspondiendo a un rectángulo de 30 x 7 km, aproximadamente.

Se extiende al sur de la capital aragonesa con una dirección NW-SE, y está encajada entre las carreteras nacionales Zaragoza-Castellón y Zaragoza-Teruel; la atraviesan las locales Fuentes de Ebro-Mediana y Zaragoza-Puebla de Albortón, así como la comarcal C-222 a Belchite.

También está atravesada por tres líneas férreas, una de ellas abandonada: F.C. Zaragoza-Utrillas; las otras dos son Zaragoza-Valencia y Zaragoza-Puebla de Híjar.

Comprende parte de las hojas núm. 383 (Zaragoza), núm. - 384 (Fuentes de Ebro), núm. 412 (Pina de Ebro) del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000, quedando limitada por los paralelos  $41^\circ 27' 20''$  y  $41^\circ 37'$  de latitud norte, y los meridianos  $2^\circ 44' 30''$  y  $3^\circ 05' 40''$  de longitud este respecto del meridiano de Madrid.

Una red muy numerosa de caminos vecinales en buen estado recorren la zona; únicamente en época de lluvias, su utilización resulta problemática.

Las localidades más importantes de la zona son Zaragoza , Fuentes de Ebro y Mediana, debiendo destacarse la proximidad de la capital al yacimiento yesífero.

El relieve de la zona es de tipo medio, pero no dificulta en ningún caso el transporte del yeso a los mercados usuales. Se puede decir que el yeso producido en esta zona -área de Cuarte de Huerva- es el que suministra la mayor parte del consumido por el mercado de Zaragoza.

Los alabastros explotados intermitentemente en el área de Fuentes de Ebro tienen un mercado de alcance nacional.

#### 3.8.8.2.- Análisis del yacimiento

Los materiales que afloran en la zona de estudio pertenecen al Mioceno (Aquitaniense-Vindoboniense), excepción hecha de los depósitos cuaternarios, representados aquí por sedimentos aluviales actuales, terrazas y glacis.

La serie miocena comienza por un conjunto margoso de tonos rojizos, que aparece en las inmediaciones de Fuentes de Ebro; aunque este tramo representa estratigráficamente la base del Mioceno en la zona, realmente constituye un cambio lateral de la Formación de yesos de Zaragoza hacia el este.

Las margas rojizas presentan bandeados de tonos beige, y nivelillos de yeso fibroso de muy escasa potencia; intercalados en el conjunto aparecen dos niveles de alabastro de unos 0,50m - 1 m de potencia, que han llegado a explotarse en las inmediaciones de Fuentes de Ebro y Rodén; el conjunto adquiere una "potencia vista" del orden de los 30-40 m.

Estos niveles de alabastro están formados por un conjunto de "bolas" de alabastro de hasta 1 m de diámetro, cementadas por material yesífero y arcilloso; únicamente son aprovechables industrialmente las "bolas" de cierta dimensión.

Sobre el tramo descrito, y concordante con él, se encuentra el conjunto yesífero conocido como Formación de yesos de Zaragoza, constituida por yesos masivos, yesos concreccionares o nodulosos, limos y arenas yesíferas con masas de alabastro, margas yesíferas de tonalidades verdes claras, beige y grises y arcillas yesíferas de colores grises oscuros, beige y verdes claros; esta formación constituye la parte central del relleno mioceno del terciario del Ebro y pasa lateralmente a formaciones más detríticas.

Estos yesos se presentan bien estratificados en bancos de variable potencia (0,2 a 4 m), guardando una manifiesta horizontalidad, al igual que el tramo inferior.

Los depósitos del Cuaternario están representados por terrazas altas en las inmediaciones de El Burgo de Ebro y La Cartuja de Miraflores; se han formado sobre los escarpes de yeso y están constituidas por arenas y gravas de gran heterometría.

Los depósitos aluviales están constituidos por limos arenosos y cantos de muy diversos tamaños.

Se observan restos de glaciares al sur de Zaragoza, barrio del Torrero, constituidos por conglomerados brechoides poligénicos.

En el área elegida se han contabilizado 6 explotaciones activas, de las cuales 3 pertenecen a canteras de alabastro situadas al sur de Fuentes de Ebro, y el resto se encuentran en la localidad de Cuarte de Huerva; existen además otras 16 explotaciones abandonadas en la zona, de las que 7 pertenecen a canteras de alabastro.

Los niveles de alabastro horizontales se benefician a lo largo de la "curva de nivel" que determina la intersección de la capa con la pendiente topográfica, de una forma ininterrumpida. El arranque se lleva a cabo por medio de palas mecánicas y "rippers", con los que se extrae la "bola" con menor daño que si se utilizasen explosivos.

Con una posterior limpieza de la superficie de la "bola", efectuada con martillos neumáticos, queda el producto en condiciones de ser transportado a fábrica.

La explotación del alabastro de la zona de Fuentes de Ebro está sufriendo un proceso de franca regresión, por dos motivos fundamentales; de un lado la mayor potencia, y por tanto mejor rentabilidad de los niveles alabastrinos del área de Quinto - La Zaida (Zona V-14), y de otro las dificultades del beneficio actual del material. Efectivamente, la explotación intensiva del nivel de alabastro en esta zona ha hecho que los desmontes a realizar en la misma adquieran unas dimensiones tales, que hagan prohibitiva la explotación a cielo abierto; de querer proseguir la misma, habría de pensarse en la explotación subterránea.

Las fábricas de elaboración del alabastro se encuentran en la zona Fuentes de Ebro-Quinto-La Zaida de la provincia de Zaragoza, pero el mayor núcleo de las mismas se localiza en Cintruénigo (Navarra), que puede considerarse como uno de los núcleos de mayor producción de este material en todo el país.

También se envía material en bruto a otras provincias: Castellón, Tarragona, Madrid, etc.

Los productos que se obtienen en fábrica son objetos de decoración y artesanía: jarrones, lámparas, figuras, etc. El mercado de los mismo tiene ámbito nacional, debido al elevado precio que alcanzan estos objetos, y al ser ésta, prácticamente, la única zona productora del país.

Las explotaciones de yeso situadas en Cuarte de Huerva son de dimensiones medias-grandes, beneficiándose a cielo abierto, y realizándose el arranque mediante explosivos.

Las plantas de tratamiento están situadas a pie de cantera, y poseen un grado de mecanización medio; los productos obtenidos son, únicamente, yesos para construcción.

En la zona estudiada se han realizado cuatro sondeos verticales.

El sondeo V-11-1 se situó en las cercanías de Cuarte de Huerva y alcanzó los 50 m de profundidad; el sondeo V-11-2 se ubicó en la finca Acampo-Vidal, al sureste de Cuarte de Huerva, y llegó a una profundidad de 30,00 m; el sondeo V-11-3 se emplazó en el paraje de Valdepino-Puig del Aguila, alcanzándose en el mismo una profundidad de 50 m; el sondeo V-11-4 se ubicó en la finca Acampo del Hospital, entre los kilómetros 26 y 27 de la carretera Zaragoza-Belchite; alcanzó los 29,54 m de profundidad.

Las leyes medias obtenidas en  $\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , procedentes de los análisis efectuados en estos sondeos, son del orden del 75-80%, apreciándose en todos ellos indicios de anhidrita. Dentro del área considerada se han estimado unas reservas en yeso superiores a los  $7.000 \times 10^6 \text{ m}^3$ .

### 3.8.9.- Zona V-12 Alfajarín (Zaragoza)

#### 3.8.9.1.- Situación de la zona

Esta zona está situada en la provincia de Zaragoza, y pertenece a los términos municipales de Puebla de Alfinden, Alfajarín, Villafranca de Ebro y Osera; queda comprendida en la hoja núm. 384 (Fuentes de Ebro) del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000.

El yacimiento seleccionado se encuentra limitado por los paralelos  $41^\circ 32'$  y  $41^\circ 40'$  de latitud N, y los meridianos  $2^\circ 56'$  y  $3^\circ 08'$  de longitud E respecto del meridiano de Madrid.

La zona cartografiada tiene una forma aproximadamente rectangular, de 16 km de longitud por 5 de ancho, orientada en dirección NW-SE.

Los accesos son en general bastante buenos, pues la totalidad del borde sur, es decir desde Puebla de Alfinden a Osera, se encuentra a orillas de la carretera nacional N-II de Madrid a Barcelona. El extremo oriental está surcado por la carretera local de Osera a Monegrillo. Toda la zona está recorrida transversalmente por caminos vecinales en aceptable estado, que ponen en comunicación la parte sur con la norte.

El relieve de la superficie estudiada es accidentado, especialmente en su borde sur, donde forma un abrupto escarpe en su límite con las terrazas del Ebro.

Una explotación de yeso situada en esta zona no encontraría ningún problema de transporte a los posibles mercados.

#### 3.8.9.2.- Análisis del yacimiento

La mayor parte de los terrenos cartografiados en esta zona pertenecen al Mioceno (Aquitaniense-Vindoboniense); aparte de éstos solamente se pueden distinguir algunos depósitos pliocuaternarios y los depósitos aluviales de la cuenca del Ebro.

Los tramos aflorantes más bajos de la serie miocena aparecen en las inmediaciones de Osera, estando constituidos por un paquete de margas rojizas, grises y blanquecinas, yeso rojizo con margas, y algún nivelillo de calizas margosas blancas; al igual que sucede en la zona anterior, Zaragoza, este nivel margoso constituye, simultáneamente, el muro de la Formación de yesos de Zaragoza y su equivalente lateral hacia el este.

Los "yesos de Zaragoza", constituyen la casi totalidad de

la zona, y se apoyan concordantemente sobre el tramo rojizo, guardando ambos una manifiesta horizontalidad. Sus características son aquí las mismas que en otras zonas de la misma formación: potentes masas de yesos masivos, nodulosos, en ocasiones alabastrinos, y arcillas yesíferas de colores grisáceos; el paquete yesífero alcanza una potencia vista superior a los 70 m.

Los escarpes de yeso formados por el río Ebro en el borde sur de la zona son espectaculares, y determinan un frente natural de explotación magnífico; hacia el norte, un relieve más arrasado, y la proximidad del cambio lateral de la Formación Zaragoza en este sentido, hacen que las potencias de yeso explotables sean menores, al mismo tiempo que aumentan las intercalaciones arcillosas.

El Pliocuaternario está representado por una pequeña mancha situada en el ángulo norte de la zona, constituida por arcillas, cantos, y restos de calizas oquerosas.

El Cuaternario está formado por zonas de alteración superficial de los yesos, depósitos aluviales de los diversos arroyos tributarios del Ebro, y dos niveles de terrazas de dicho río; cantos rodados, arenas y limos son los elementos predominantes en estos depósitos de origen fluvial.

El yeso de esta zona ha sido escasamente explotado, ya que solamente se ha localizado en la misma una cantera abandonada.

En la superficie estudiada se han realizado 3 sondeos de investigación verticales, con un total de 110,70 metros perforados.

El sondeo V-12-1, de 40,20 metros de profundidad, situado en el paraje "Santa Cruz", del término municipal de Alfajárin (Zaragoza), atravesó yeso con vetas arcillosas en toda su

longitud; el sondeo V-12-2, ubicado en la finca "Boralico" del término de Alafajarín, llegó a una profundidad de 50 metros y atravesó un yeso similar al anterior; el sondeo V-12-3 se colocó en el borde este de la zona, y llegó a una profundidad de 20,50 metros.

Las leyes medias obtenidas en estos sondeos son del orden del 75-80% en  $\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , apareciendo en todos ellos indicios de anhidrita. Dentro de la superficie estudiada se han estimado unas reservas en yeso superiores a los  $1.500 \times 10^6 \text{ m}^3$ .

### 3.8.10.- Zona V-13 Lécera (Zaragoza)

#### 3.8.10.1.- Situación de la zona

Esta zona se encuentra situada en el borde sur de la provincia de Zaragoza, ya en el límite con la de Teruel; ocupa las inmediaciones de Lécera, extendiéndose entre las carreteras comarcal n° 222 Belchite-Muniesa y local Lécera-Albalate del Arzobispo.

Comprende parte de las hojas n° 440 (Belchite) y n° 467 (Muniesa) del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000, quedando limitada por los paralelos  $41^\circ 08' 40''$  y  $41^\circ 12' 30''$  de latitud norte, y los meridianos  $2^\circ 56'$  y  $3^\circ 02' 10''$  de longitud este respecto al meridiano de Madrid.

El afloramiento yesífero está atravesado por una serie de caminos en bastante mal estado; el relieve es acusado en la zona norte del yacimiento, y menos fuerte hacia el sur. En todo caso, no existiría ningún problema para el posible transporte al mercado del yeso potencialmente extraíble en esta zona.

#### 3.8.10.2.- Análisis del yacimiento

Los niveles que afloran en el área estudiada pertenecen al Mioceno (Aquitaniense-Vindoboniense), con la excepción de los depósitos del Cuaternario.

El Mioceno está representado, en esta zona, por la Formación yesífera de Vinaceite; el tramo inferior de la sucesión está constituido por yesos con intercalaciones de margas y arcillas rojizas; a este paquete se le atribuye una potencia de 20 a 30 m.

Sobre este tramo se apoya un conjunto formado por margas - de tonos ocres y rojizos, en las que se intercalan bancos de 0,40 -0,70 m de espesor de yeso alabastrino de tonos blancos y beige; en los episodios de margas se observan, frecuentemente, venillas de yeso fibroso de color blanco. A este paquete se le calcula una potencia de 15 a 20 m.

Por encima de este tramo margoso, afloran yesos alabastrinos de tonos blancos y beige que alternan con nivelillos de arcillas margosas de colores rojizos; la potencia de este tramo es, aproximadamente, de 20 a 30 mts.

Al sur de la zona se observa un paquete bien estratificado, constituido por areniscas, margas, arcillas de tonos beige, y limolitas, que representa un cambio lateral de la Formación yesífera de Vinaceite en ese sentido.

El conjunto de materiales miocenos se mantiene horizontal en toda la zona estudiada.

Los depósitos cuaternarios están formados por brechas y conglomerados, en su mayoría recubiertos por material arenoarcilloso y tierras de cultivo, y algún depósito arenoso de origen aluvial.

No existen en la zona explotaciones activas, pudiendo reseñarse, únicamente, la presencia de una cantera abandonada, al este del pueblo de Lécera.

En el área estudiada, se han programado y realizado dos sondeos verticales; el sondeo V-13-1 se ubicó al borde de la ca

carretera Lércera-Alcorisa, a la altura del km 51, alcanzando una profundidad de 20 m; el sondeo V-13-2 se situó al sureste de Lércera y alcanzó una profundidad de 40,00 m.

Las leyes medias procedentes de los análisis efectuados en ambos sondeos, son del orden del 65-80% en  $\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , apareciendo en los mismo indicios de anhidrita. Dentro del área estudiada se han estimado unas reservas en yeso superiores a los  $300 \times 10^6 \text{ m}^3$ .

### 3.8.11.- Zona V-14 Quinto (Zaragoza-Teruel)

#### 3.8.11.1.- Situación de la zona

La zona elegida se encuentra enclavada en el límite de las provincias de Zaragoza y Teruel.

Abarca parte de los municipios de Quinto, Gelsa, Velilla de Ebro, La Zaida, y el enclave El Real que pertenece a Belchite, en la provincia de Zaragoza, y el de Azaila, en la de Teruel.

La zona se extiende por ambos márgenes del río Ebro, estando limitada por la carretera de Quinto a Azaila, y las localidades de Gelsa, Velilla de Ebro y La Zaida.

Comprende parte de las hojas nº 413 (Gelsa), y nº 441 (Azaila) del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000. Sus coordenadas vienen dadas por los paralelos  $41^\circ 16' 40''$  y  $41^\circ 25' 20''$  de latitud norte, y los meridianos  $3^\circ 11' 10''$  y  $3^\circ 16' 20''$  de longitud este respecto del meridiano de Madrid.

Los accesos a la zona pueden efectuarse por la carretera nacional nº 232 Zaragoza-Castellón, y la local Quinto-La Zaida. Los caminos vecinales que recorren el interior de la zona están en

aceptable estado, excepto en épocas de lluvia; la distancia de Zaragoza capital a la zona es de 42 km.

El relieve de este sector estabular, con grandes barrancos - por donde vierten las aguas al río Ebro.

Los mercados del alabastro extraído en el área son de ámbito nacional, La Zaida y Quinto (Zaragoza), Cintruénigo (Navarra), Castellón, Guadalajara, Madrid. etc.

### 3.8.11.2.- Análisis del yacimiento

La serie terciaria continental que aflora en la presente zona ha venido atribuyéndose al Oligoceno, en su parte baja, y al Mioceno en los niveles superiores. Ya se han comentado en el apartado 3.8.1 del presente informe, los criterios de división de estos dos períodos en el área que nos ocupa, donde no existe ninguna discordancia, cambio litológico notable, ni restos fósiles.

En la cartografía de la zona se ha mantenido esta división, y se han atribuido los tramos inferiores al Oligoceno y los superiores al Mioceno.

De acuerdo con estas premisas, comienza la serie en la zona por un tramo de margas rojizas con niveles de calizas arenosas, al que se ha atribuido una edad oligocena (Sannoisiense-Stampiense); intercalados en el conjunto margoso oligoceno aparecen una serie de bancos de alabastro que llegan a alcanzar 1-1,50 m de potencia.

En algunos puntos de la zona llegan a observarse hasta cinco niveles de alabastro (Barranco de Lopín), aunque la tónica general es la presencia de tres, que son los que se han representado en la cartografía adjunta.

Esporádicamente se intercalan en esta formación margosa capas lenticulares de yeso alabastrino que llegan a explotarse ; así sucede en las inmediaciones de la estación de ferrocarril situada frente a Velilla de Ebro. En esta zona aparece un nivel de yeso de unos 10 m de potencia, que se extiende a lo largo de 4 km, aproximadamente, para después desaparecer lateralmente; se trata de yesos de tonos oscuros con formas arriñonadas y nodulares, que incluyen bolos de alabastro y presentan vetas de margas rojizas. La cantera ubicada en este nivel extrae el yeso para su utilización en construcción.

De los tres bancos importantes de alabastro oligoceno existentes en la zona, sólo el intermedio se explota en la actualidad, ya que alcanza potencias del orden de 1 a 1,50 m; los otros dos, superior e inferior respectivamente, de potencia inferior, aunque calicateados en numerosos lugares, no son objeto de beneficio. Los dos niveles restantes hasta los cinco reseñados son de potencia aún inferior.

El banco explotable está formado por "bolas" de alabastro de hasta 1 m de diámetro, cementadas por material yesífero arcilloso; intercalado en el conjunto margoso, presenta a techo y muro sendos niveles de margas verdes y verdosas de 10 a 20 cm. de espesor, y unos bancos calcáreo-arenosos tabulares de 25-35 cm. de potencia.

Sobre los niveles oligocenos, y en total concordancia con los mismos, se sitúa la serie miocena (Aquitaniense-Vindobonienese), integrada por tres paquetes bien definidos litológicamente.

El inferior está constituido por margas rojas y calizas de tonos claros, que presentan algún nivelillo de yeso alabastrino; en estos nivelillos se observa alguna calicata efectuada hace tiempo, en busca de alabastro explotable.

El paquete intermedio está formado por un nivel de calí

zas de tonos claros, que al norte del Barranco de Lopín forman una mesa muy bien definida, al que sigue otro de margas rojas y ocres; entre éstas últimas se intercalan tres niveles de alabastro de características similares a los oligocenos, pero de potencia aproximada 0,50-0,70 m.

Estos alabastrós han sido objeto de explotación, y sobre todo de intensa labor de calicatas, pero actualmente no se benefician en punto alguno.

El tramo superior está constituido por calizas de tonos claros y margas rojizas, de potencia escasa.

El conjunto Oligoceno-Mioceno guarda una absoluta horizontalidad.

Por último, el Cuaternario se encuentra representado por depósitos aluviales, constituidos por limos, arenas y gravas.

Actualmente existen en la zona 4 explotaciones activas y 6 abandonadas, todas ellas dedicadas a la extracción del alabastro, excepto la ya mencionada, situada junto a la estación de ferrocarril que se encuentra frente a Velilla de Ebro.

Las canteras de alabastro se encuentran entre Quinto y La Zaida, dentro del término de este último pueblo, y también frente a la localidad de La Zaida, y al otro lado del Ebro, en el término de Velilla de Ebro.

La explotación de los niveles de alabastro se lleva a cabo a cielo abierto, recorriendo en longitud la capa horizontal alabastrina; ésta aflora a media ladera, y se aprovecha sin dificultad cuando se inicia la extracción, pero a medida que ésta avanza los desmontes a efectuar son mayores, llegando a hacerla prohibitiva. De aquí que los avances mayores se hagan lateralmente, con lo que el aspecto de las zonas de explotación es el de una enorme roza horizontal que sigue la traza de la capa.

El arranque de las "bolas" de alabastro, que es el único material aprovechable, se realiza mediante palas mecánicas y "rippers", con el fin de no agrietar o dañar la "bola", con lo que quedaría inservible. Con una posterior limpieza de la superficie de la "bola", llevada a cabo con martillos neumáticos, queda el producto preparado para su comercialización.

Al alabastro bruto se traslada a las fábricas de elaboración, situadas por toda la geografía española; uno de los principales centros de elaboración es la localidad de Cintruénigo - en Navarra, donde existen un buen número de fábricas, pero también las hay en Tarragona, Castellón, Madrid, Guadalajara etc. y en la misma zona de producción, en Quinto, La Zaida etc.

El mercado tan amplio que atiende el alabastro de esta zona, se debe a que es, prácticamente, el único yacimiento en producción del país; por otro lado, el precio del material destinado a la fabricación de objetos de decoración (jarrones, lámparas, figuras, etc.), permite un transporte a grandes distancias.

La explotación de yeso oligoceno de la estación de ferrocarril, está situada entre los postes kilométricos 4 y 5 de la carretera de Quinto a La Zaida; el material se beneficia a cielo abierto, arrancándose mediante explosivos. La cantera es de dimensiones medias, y la planta de tratamiento se encuentra al pie de la misma; se trata de una fábrica con una tecnología media-baja, donde se obtienen yesos para construcción que se consumen dentro de la provincia de Zaragoza.

Las reservas de alabastro de buena calidad estimadas para esta zona han sido de unos 20.000 m<sup>3</sup>, considerando únicamente la zona explotable a cielo abierto; de llevarse la explotación por medio de galerías, estas reservas aumentarían, naturalmente, de una forma considerable; en cuanto a la cubicación de la masa de yeso de la estación de ferrocarril, se ha fijado en 1 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, aproximadamente.

No se han efectuado sondeos de investigación en esta zona; en desmuestres superficiales verificados en la misma se han obtenido los siguientes resultados:

Localidad	Número de la muestra	Análisis químico (%)							Análisis mineralógico (%)			
		SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub> <sup>==</sup>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>4</sub> Ca. 2H <sub>2</sub> O	SO <sub>4</sub> Ca	Otros minerales
Velilla de Ebro	194	0,91	0,06	36,13	0,27	0,12	64,44	<0,01	<0,01	98,60	Indefinidos	-
La Zaida	521	0,98	0,05	36,38	0,42	0,13	64,88	<0,01	0,01	97,99	-	-
Quinto	523	0,92	0,06	36,15	0,18	0,09	64,24	<0,01	0,01	98,05	-	-
Azaña	531	0,90	0,06	36,70	0,40	0,09	65,06	<0,01	0,01	97,60	-	Indicios de cuarzo

### 3.8.12.- Zona V-15 Gelsa (Zaragoza)

#### 3.8.12.1.- Situación de la zona

Se encuentra enclavada en los términos municipales de Pina de Ebro y Gelsa, ambos pertenecientes a la provincia de Zaragoza.

El yacimiento está limitado por los paralelos 41° 26' y - 41° 30' de latitud N, y los meridianos 3° 18' y 3° 27' de longitud E respecto del meridiano de Madrid. Ocupa parte de la hoja nº 413 (Gelsa) del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000 .

La zona está recorrida en su borde norte por la carretera nacional N-II de Madrid a Francia, en el tramo comprendido entre los kilómetros 373 a 383. El límite occidental se encuentra fijado por la carretera local de Gelsa a la Venta de Santa Lucía.

Numerosos caminos en aceptable estado atraviesan el yacimiento yesífero; únicamente en época de lluvias se hacen bastante intransitables.

El único núcleo de población existente en la zona es Gelsa, ya en las inmediaciones del río Ebro.

El relieve del afloramiento de yesos es más acusado al oeste que al este; en éste último sentido los crestones de yeso van desapareciendo, dando lugar a una superficie considerablemente arrasada.

Los productos de yeso elaborados en esta zona tienen como principal mercado Zaragoza capital, y en general toda la provincia; algunos de ellos se extienden a otras áreas de Aragón, e incluso alcanzan un ámbito nacional.

#### 3.8.12.2.- Análisis del yacimiento

Los materiales que constituyen esta zona corresponden al Mioceno (Aquitaniense-Vindoboniense), a excepción de algunos recubrimientos cuaternarios.

El Mioceno está representado por la Formación de yesos de Zaragoza, pudiendo distinguir en la misma, y dentro de esta zona, varios niveles.

Uno inferior, cuyo muro no es observable dentro del área estudiada, constituido por arcillas y margas de tonos claros y ocre, margas beige y rojizas, y arcillas verdosas y grises; representado en la cartografía correspondiente como  $M_1$ , aflora en el sector occidental de la zona.

Sobre este conjunto arcilloso se encuentra un paquete de yesos ( $Y_1$  en la cartografía) alabastrinos y sacaroides con abundantes intercalaciones de margas y arcillas, que alcanza una potencia aproximada de 35 m.

Sigue otro tramo formado por margas y calizas tableadas de una potencia de 15-25 m ( $M_2$ ).

Por último, aparece el nivel superior de yesos ( $Y_2$ ), de características similares a  $Y_1$ , que alcanza una potencia de 40 a 50 m.

Los dos niveles de yeso forman resaltes muy característicos en el terreno, separados por zonas más planas ocupadas por los terrenos arcillomargosos; estos resaltes ofrecen magníficas posibilidades para la instalación de industrias extractivas en los mismos.

Estos relieves, muy patentes en el área occidental de la zona, van desapareciendo hacia la oriental, hasta convertirse en una superficie muy arrasada y con bastante recubrimiento sobre el yeso.

El conjunto de materiales miocenos se mantiene sensiblemente horizontal en toda la zona estudiada.

La presencia de intercalaciones arcillosas tan notables dentro del conjunto yesífero de la Formación Zaragoza, indica la proximidad del cambio lateral de la misma por su parte oriental.

El Cuaternario está representado por depósitos de arrastre originados por los menguados cauces de agua existentes en esta zona.

En la zona V-15 existen dos explotaciones que benefician la piedra de yeso; ambas se sitúan en el nivel inferior de yeso ( $Y_1$ ), estando enclavadas en el término municipal de Gelsa. Las características de las mismas son muy dispares; una de ellas no es una cantera definida, sino que se procede a un "floreo" de la piedra de yeso de forma muy artesanal, enviándola a una fá

brica situada en La Zaida que se dedica a la obtención de blancos industriales (en esta explotación se selecciona la piedra, extrayéndose solamente el yeso alabastrino). La otra es una cantera de grandes dimensiones y bien mecanizada, donde se procede al arranque de la piedra por medio de explosivos; posteriormente se realiza una selección de la piedra de yeso, y se envía a la fábrica, situada en Gelsa, donde se obtienen diversos tipos de escayola; la tecnología del proceso de fabricación de la escayola en esta zona está bastante modernizada.

Se han realizado en la zona cuatro sondeos de investigación verticales, dos en el nivel denominado  $Y_1$  y otros dos en el  $Y_2$ .

El sondeo V-15-1 se ubicó en el nivel  $Y_1$ , y en el término municipal de Gelsa, alcanzando una profundidad de 40,34 metros; el sondeo V-15-2, situado en el término municipal de Pina, se emboquilló, igualmente, en  $Y_1$ , alcanzando una profundidad de 33 metros.

Los sondeos V-15-3 y V-15-4 se realizaron en el nivel superior de yeso  $Y_2$ , en las fincas denominadas "Valloveba" y "La Retuerta", respectivamente, ambas pertenecientes al término municipal de Pina de Ebro. El primero alcanzó 40 m y el segundo - 30,95 m.

Las leyes medias en  $SO_4Ca.2H_2O$ , obtenidas de los sondeos descritos, han sido del 90-95% para el nivel de yeso  $Y_1$ , y del 65-75% para el  $Y_2$ ; en todos los sondeos realizados aparecen indicios de anhidrita, y en el V-15-1 se llega a porcentajes del orden del 99%, a partir de los 32 m de profundidad. Las reservas estimadas en la superficie que comprende esta zona son superiores a los  $2.000 \times 10^6 \text{ m}^3$  de yeso.

### 3.9.- EL OLIGOCENO DE HUESCA

El borde septentrional de la Depresión del Ebro, en la provincia de Huesca, está constituido por una extensa área de edad oligocena, próxima ya a las estribaciones sudpirenaicas.

#### 3.9.1.- Estratigrafía

El Oligoceno se presenta netamente discordante sobre el substrato Mesozoico-Eoceno, y presenta una continuidad en la sucesión estratigráfica.

La falta de información paleontológica y la condición de borde de cuenca con incesantes cambios laterales de facies, hacen imposible datar con exactitud la edad de las distintas formaciones oligocenas.

Tanto estratigráfica como topográficamente, la región que se estudia es muy horizontal, o a lo sumo de suaves relieves, siendo de destacar el tono rojizo oscuro que presentan los estratos.

Esta horizontalidad se ve totalmente alterada por la presencia del gran anticlinal post-oligoceno que se extiende en dirección SE-NW, del que se hará mención posteriormente.

En el área oligocena que nos ocupa se distinguen tres tramos bien diferenciados:

Un tramo superior, conocido por Formación Peraltilla, constituido por una sucesión indefinida de margas y areniscas rojizas, con algunos niveles calizo-margosos de color grisáceo, y nivelillos de pudingas que se intensifican a medida que nos acercamos al borde de la cuenca.

Precisamente en los bordes de la cuenca, y en reducida ex-

tensión, se aprecia la presencia de conglomerados que están constituidos por cantos rodados, y son claramente discordantes con las formaciones sobre las que se apoyan.

Este tramo, eminentemente detrítico, tiene una potencia considerable; debajo de esta facies roja, y concordante con ella, se encuentra una gran masa de yesos, efectuándose el contacto entre ambos niveles por medio de unas calizas tableadas blancas.

A este paquete yesífero se le conoce como "Formación de yesos de Barbastro", y constituye el núcleo del anticlinal que se extiende entre Barbastro (Huesca) y Pons (Lérida).

Debajo de los yesos existen unos niveles alternantes de margas y areniscas rojizas, visibles en algunas zonas del núcleo del anticlinal.

### 3.9.2.- Los yacimientos de yeso

Los yacimientos de yeso en esta zona están constituidos en su totalidad por los niveles de la Formación de yesos de Barbastro. Ocupan una amplia zona que se extiende entre las localidades de Barbastro, Azanuy, Alcampel, Alfarrás, Tamarite de Litera, Almunia de San Juan y Peraltilla, dentro de la provincia de Huesca; los materiales yesíferos, siempre constituyendo el núcleo del anticlinal, se extienden al E por la provincia de Lérida, y ya fuera de la zona de estudio.

Litológicamente los yacimientos yesíferos están constituidos por yesos masivos recristalizados, margas y limos yesíferos, que se han encajado diapíricamente en el núcleo del citado anticlinal, y que se disponen con buzamientos que oscilan entre los 20 y 90 grados.

Desde el punto de vista topográfico, el núcleo yesífero del

anticlinal constituye una especie de sierra de gran continuidad lateral, que destaca claramente del resto de los materiales de tríticos que, estratigráficamente, se sobreponen a él en sus flancos norte y sur. Las aguas superficiales han configurado una serie de cerros de yeso separados por estrechos valles, que sólo en puntos localizados presentan recubrimientos importantes.

En la mayor parte de la superficie de yeso aflorante, no encontramos ningún material superpuesto al mismo, por lo que en los escarpes de los valles, que alcanzan desniveles del orden de los 20-40 m, se sitúan los frentes de explotación más favorables. Actualmente se benefician estos yesos en canteras a cielo abierto en la zona de Tamarite-Alhelda de Litera y en la de Fonz.

La zona de yacimientos de yeso más voluminosos se encuentra en el área comprendida entre Tamarite de Litera y el límite de provincia con Lérida, situándose la de yacimientos más pobres al W del río Cinca.

En cuanto a la calidad de los yesos puede indicarse que es bastante buena, del orden del 65-80% de contenido en sulfato cálcico bihidrato, porcentaje que puede elevarse previa selección en cantera. Respecto al volumen potencialmente extraíble, se trata de cantidades elevadísimas, debido a la gran extensión de la zona yesífera.

### 3.9.3.- Tectónica

La unidad tectónica relevante y que caracteriza el área objeto de estudio, es el importante trastorno post-oligoceno que ha originado el anticlinal diapírico que se extiende en dirección SE-NW desde Balaguer a Barbastro, y que es continuación del que se inicia en Cardona y se prolonga hasta el NE de Bierge.

Como se ha indicado anteriormente, el Oligoceno se encuentra claramente discordante sobre el Eoceno, de donde se deduce

que los movimientos pirenaicos contemporáneos con las formaciones eocenas, no han podido afectar a los depósitos del Oligoceno inferior.

El anticlinal yesífero ha tenido que formarse, por tanto, después de la sedimentación del Oligoceno y antes del Mioceno medio; los esfuerzos causantes de esta estructura se consideran como verdaderos movimientos alpinos, de edad comprendida entre el Estampiense y el Tortoniense.

Los yesos aparecen totalmente trastornados, constituyendo el núcleo del anticlinal. Este recorre el área oligocena, levantando bruscamente los niveles de margas y arenicas que se encuentran próximos a los yesos, en algunas ocasiones hasta la vertical.

Se aprecia una notable disimetría en los flancos de éste anticlinal; mientras en el flanco norte los buzamientos son sensiblemente horizontales, incluso en las proximidades del eje, - en la rama sur son subverticales y en algunos puntos verticales.

#### 3.9.4.- Historia Geológica

La zona que nos ocupa, próxima a las estribaciones sudpirenaicas, inicia su historia con los plegamientos pirenaicos, ocurridos en el transcurso del Eoceno.

Con anterioridad a los mismos se depositaron y plegaron los materiales paleozoicos (aunque no afloran en la zona es indudable la existencia de un zócalo de esta edad), sobre los que se sedimenta la serie mesozoica.

Con los esfuerzos pirenaicos se pliegan los materiales mesozoicos y se forma la Depresión del Ebro, comenzando a aislarse del mar libre las aguas que la ocupan.

Al final del Bartonense se cierra completamente la comunicación con el mar, iniciándose el ciclo evaporítico con la precipitación de las sales disueltas en las aguas, y consiguiente deposición de potentes lechos de yesos y sales que separan el Eoceno del Oligoceno en la Depresión Central.

Al continuar los movimientos ascendentes, el mar se transforma en un gran lago de aguas someras, en donde continúa la deposición de materiales cada vez más detríticos, que son arrastrados por los ríos desde las cordilleras marginales que van emergiendo progresivamente.

Las póstumas presiones orogénicas elevan la cuenca y desplazan las aguas hacia sectores más meridionales. En efecto, el evolutivo desarrollo de la Cubeta terciaria, implica una traslación del surco sedimentario desde una posición subpirenaica, durante el Eoceno, a otra más al sur durante el Mioceno, aproximadamente en la posición del curso actual del Ebro medio.

De esta forma, al finalizar el Terciario, queda el borde de la depresión del Ebro emergido y formado por un basamento eoceno, recubierto por un Oligoceno discordante.

#### 3.9.5.- Selección de zonas

En esta región se ha seleccionado una sola zona para proceder a su estudio detallado; se trata de la parte del anticlinal comprendida entre el río Cinca, al W, y Albelda de Litera, al E. Con anterioridad se ha comentado que en este área se encontraban los yacimientos más voluminosos de yeso, especialmente en su zona oriental.

Se describen a continuación las características del área seleccionada.

### 3.9.6.- Zona V-16 Tamarite de Litera (Huesca)

#### 3.9.6.1.- Situación de la zona

Esta zona se encuentra ubicada en la parte oriental de la provincia de Huesca, extendiéndose en dirección NW-SE desde el río Cinca hasta la comarca de La Litera.

La zona cartografiada pertenece a los términos municipales de Fonz, La Almunia de San Juan, Azanuy, San Esteban de Litera, Alcampel, Tamarite de Litera y Albelda, todos ellos integrados en las hojas núm. 326 (Monzón) y 288 (Fonz) del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000.

El yacimiento en cuestión se encuentra limitado por los paralelos  $41^{\circ} 52'$  y  $42^{\circ} 01'$  de latitud N, y los meridianos  $3^{\circ} 52'$  y  $4^{\circ} 09'$  de longitud E respecto del meridiano de Madrid.

Los accesos a la zona se efectúan a través de Monzón y Binéfar, ambas situadas en la carretera nacional N-240 de Huesca a Lérida, y por donde pasa el F.C. de Zaragoza a Barcelona - por Lérida.

Las localidades anteriormente citadas comunican con las de La Almunia de San Juan, San Esteban de Litera, Tamarite de Litera y Albelda, que en este mismo orden bordean de W a E el flanco sur del yacimiento que nos ocupa. Existe además una buena red de carreteras, que pone en comunicación las poblaciones citadas con las situadas en el flanco norte del yacimientos: Fonz, Alins del Monte, Peralta de la Sal, Azanuy y Alcampel.

El relieve del yacimiento yesífero es bastante acusado en su parte meridional, tendiendo a hacerse más suave hacia el norte; no dificulta, en ningún caso, el traslado del yeso a los mercados más frecuentes, siempre de carácter local.

### 3.9.6.2.- Análisis del yacimiento

La zona V-16 comprende, desde el punto de vista geológico, una porción del anticlinal de Barbastro, situada al norte de Monzón y Binéfar. Los materiales que lo constituyen son de edad oligocena, apareciendo sobre ellos algunos retazos de edad plio-cuaternaria y cuaternaria.

La serie oligocena ha quedado descrita en el apartado 3.9.1, de forma que sólo se indicará aquí someramente:

Tramo superior o Formación Peraltilla, que constituye los flancos norte y sur del anticlinal, integrada por una alternancia de margas y areniscas rojizas con alguna intercalación con glomerática; más al sur de la zona estudiada, esta formación se dispone de forma horizontal y alcanza una potencia superior a los 800 m.

Bajo el paquete descrito, y separado del mismo por un nivel de margocalizas blanquecinas, se encuentra la gran masa yesífera conocida por Formación de Yesos de Barbastro; se trata de una alternancia de yesos y margas muy replegados, que constituyen el núcleo del anticlinal de Barbastro.

Son yesos masivos, recristalizados, blanquecinos y grisáceos, que se presentan con aspecto sacaroideo, alabastrino, terroso, y formando en ocasiones cristales aciculares.

Entre Tamarite de Litera y La Almunia de San Juan, aparece bajo los yesos, y formando el núcleo del anticlinal, una serie de bancos de areniscas y margas rojizas, de características muy similares a las de la Formación Peraltilla.

La concordancia entre los tres paquetes descritos es manifiesta, tanto en el flanco sur del anticlinal, donde se alcanzan buzamientos próxi-

mos a la vertical, como en el norte, donde no sobrepasan los 25 -30°.

El Pliocuaternario está representado por un afloramiento situado al norte de Azanuy, constituido por arcillas, margas grises, cantos y restos de calizas oquerosas.

Por último, el Cuaternario está formado por las terrazas y aluviones de los ríos Cinca y Sosa, y algunos otros retazos procedentes de los arroyos de la zona y de los procesos de alteración del yeso.

El número de canteras de yeso existentes dentro del área de estudio es de 9, de las cuales 2 corresponden a explotaciones activas, 1 se beneficia con intermitencias, y el resto se encuentran abandonadas.

Las explotaciones activas se encuentran en Albelda de Litera y al norte de Azanuy; se trata de dos pequeñas canteras con su fábrica, que obtienen yesos destinados a la construcción; tanto en cantera como en fábrica las técnicas empleadas son rudimentarias.

La que trabaja con intermitencias está situada al SW de Fonz, y destina su producción al abastecimiento de una fábrica de cementos situada en Monzón.

Se han realizado en la zona 3 sondeos de investigación verticales; su emplazamiento se han efectuado sobre el flanco norte del anticlinal, por presentar éste unos buzamientos más suaves y un menor replegamiento que el flanco sur; el sondeo V-16-1 se ubicó en el término de Azanuy, y alcanzó una profundidad de 40 metros; el sondeo V-16-2 se situó en la localidad de San Esteban de Litera, alcanzando 19 metros de profundidad; el

sondeo V-16-3, de 40 metros, se situó en el término de Alcampel.

Las leves medias procedentes de los análisis efectuados - en estos sondeos, son del orden de 65-80% en  $\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , apareciendo en todos ellos indicios de anhidrita. Dentro de la superficie cartografiada se han estimado unas reservas en yeso superiores a los  $1.500 \times 10^6 \text{ m}^3$ .

### 3.10.- CONCLUSIONES

- Dentro de la superficie investigada en las cuencas del Duero y Ebro, la abundancia de yacimientos de yeso es extraordinaria; se han localizado masas de yeso de edades triásica (bordes de cuenca), cretácica (Sierra de Pradales), oligocena (Navarra y Huesca), y miocena (Cuenca del Duero, La Bureba y Zaragoza).

- Las reservas y calidades de los yesos en esta zona, serían suficientes para el abastecimiento total del país, y podrían cubrir también el mercado de exportación. Tanto las leyes mínimas en  $\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , como las reservas mínimas exigidas a los yacimientos donde se prevea la instalación de una explotación, se cumplen en un gran número de depósitos de la zona.

- La suma de las reservas en yeso efectuadas en las diversas zonas, es muy inferior a la cubicación total de los yesos - del área estudiada, ya que fuera de aquellas quedan enormes extensiones de terrenos yesíferos.

- Estas zonas son inagotables en la Formación de Yesos de Zaragoza, Oligoceno de Navarra, Yesos de Briviesca-Belorado y Oligoceno de Huesca, enormes en los Yesos de Calatayud, Triásico de Ribaflecha (Logroño) y Cuenca del Duero, y medias en los niveles yesíferos de Fuentes de Jiloca.

- En cuanto a calidad, son excelentes los yesos de Ribaflecha, Fuentes de Jiloca y Gelsa, y, en general, previa selección, la mayor parte de los estudiados, excepto los de la Cuenca del Duero.

- Los yacimientos de alabastro existentes en la cuenca del Ebro, en el área de Quinto de Ebro, La Zaida y Fuentes de Ebro, constituyen la mayor reserva del país en este tipo de material, a la vez que el único yacimiento importante del mismo.

- Las fábricas de yeso de la zona se abastecen directamente de sus propias canteras, cuya extracción se realiza al mismo ritmo de sus necesidades, no teniendo problemas en el abastecimiento de materia prima.

4.- ESTUDIO TECNOLÓGICO

#### 4.1.- INTRODUCCION

El apartado principal de los morteros hidrófilos, lo constituyen los aglutinantes hidráulicos, materiales que tienen la propiedad de formar una pasta con el agua y posteriormente endurecer. Estos materiales están constituidos por rocas que, generalmente, se hidratan y, por consiguiente, forman sistemas coherentes. Están originados, no solamente por el entrecruzamiento de cristales y formación de maclas, sino también por la acción de las fuerzas superficiales creadas por la presencia de agua - en los capilares, y por la formación frecuente de geles aglutinantes, principalmente de sílice y alúmina.

Entre estos aglomerantes hidráulicos se encuentran los materiales objeto de este estudio: yeso y anhidrita.

#### 4.2.- PROPIEDADES GENERALES DE LOS YESOS NATURALES

El yeso es un mineral constituido, esencialmente, por sulfato de calcio con dos moléculas de agua de cristalización. Es una roca blanca que, en general, no presenta esta coloración - debido a las impurezas que posee.

Esta variedad del yeso, denominada yeso común o algez, cristaliza en el sistema monoclinico, presentando las siguientes propiedades físicas y químicas: p.e = 2,314 a 2,328; dureza = 1,5 a 2, de la escala de Mohs; solubilidad en agua de aproximadamente 0,24% a 0°C, que aumenta progresivamente hasta un máximo

de 0,25% a 36° C, para posteriormente ir disminuyendo, también de modo progresivo.

La piedra de yeso es poco soluble en agua, insoluble en alcohol etílico, y no produce efervescencia con los ácidos.

En cuanto a la anhidrita, es un mineral constituido, esencialmente, por sulfato de calcio anhidro, de coloración blanca o blanca-grisácea, en la que se nota poco la cristalización. - Cristaliza en el sistema rómbico y presenta las siguientes propiedades físicas y químicas: p.e = 2,899 a 2,985; dureza = 3 a 3,5 en la escala Mohs; no toma agua de hidratación, y por encima de 40° C presenta la menor solubilidad de todos los sulfatos cálcicos.

#### 4.3.- EXPLOTACION

El beneficio de los yacimientos de piedra de yeso se realiza a cielo abierto (canteras) y mediante labores subterráneas (minas), siendo mucho más corriente el primer tipo de explotación que el segundo.

El factor determinante de la elección del tipo de explotación, es el grado de recubrimiento. En las áreas donde el yeso no aflora a la superficie, es casi obligada la explotación subterránea, ya que de lo contrario, los grandes desmontes a realizar, debidos al recubrimiento existente, harían prohibitiva la labor extractiva, y al ser el yeso un material barato, también han de serlo todas las operaciones que forman parte de su fabricación.

En la Cuenca del Ebro, una de las áreas más ricas en piedra de yeso de nuestro país, el escaso recubrimiento existente, permite que la totalidad de las explotaciones se lleven a

cabo mediante canteras, en algunos casos con grandes frentes, obteniéndose, pese a la deficiente mecanización de algunas de ellas, altos rendimientos con mínimos costes de mano de obra.

En la Cuenca del Duero, sin embargo, aunque también se practica la explotación a cielo abierto, es abundante el número de explotaciones subterráneas. De no hacerse así, la extracción sería muy problemática, dado el enorme recubrimiento de los y<sub>e</sub> sos, y la escasa calidad de los mismos.

Estas explotaciones subterráneas, tienen lugar mediante la apertura de grandes galerías y transversales con cámaras y pilares.

#### 4.3.1.- Arranque

En la mayoría de los casos, la mecanización de las explotaciones es deficiente, debido, en parte, a la débil producción de cada una de ellas. Es evidente que si el yacimiento no es muy importante, no resulta económico adecuar una maquinaria potente, exigible a las explotaciones que produzcan varios cientos de toneladas diarias .

Es muy corriente observar en el área que nos ocupa, el carácter intermitente que tienen la mayoría de las explotaciones, con una débil producción y, como consecuencia, con empleo desistemas de arranque deficientes, siendo frecuente la perforación manual y el empleo de cuñas, palancas, picos, etc.

Constituyen un menor número las explotaciones más modernizadas, con una producción considerable y unos sistemas de arranque adecuados. En ellas, las perforadoras son de aire comprimido y el explosivo utilizado está de acuerdo con la naturaleza de la piedra, con el método de explotación empleado y con el di mensionado requerido de los bloques arrancados.

Una vez extraídos los bloques de piedra, se cargan en camiones mediante palas mecánicas, para su transporte a la fábrica.

#### 4.3.2.- Trituración primaria

La trituración preliminar o primaria, tiene por objeto reducir los bloques arrancados a tamaños más pequeños. Esta operación puede hacerse indistintamente, bien en cantera o en la propia fábrica, aunque ordinariamente se lleva a cabo en la primera. En ella la piedra es triturada mediante machacadoras de mandíbulas, y conducida a través de rampas a las tolvas de almacenamiento, de donde pasan a los camiones.

El material así reducido es trasladado a un parque mineral contiguo a la fábrica.

Esta operación de apilado de minerales tiene varios fines; en primer lugar, acumular una cantidad suficiente de materia prima durante el buen tiempo, tarea que se hace imposible durante el invierno, dado que los accesos a las canteras son difíciles y el transporte resulta impracticable. De esta manera, y dado el carácter intermitente de muchas canteras, se consigue un stock suficiente para hacer frente a la producción en un plazo más o menos largo de tiempo.

Generalmente, las fábricas se abastecen de sus propias canteras, contando por tanto directamente con una materia prima homogénea en condiciones de tratarla en el horno para su deshidratación. Sin embargo, en otros casos, las fábricas son receptoras de piedras de yeso de distinta naturaleza, procedentes de diversas canteras. En este caso, utilizan la técnica del mezclado, al objeto de darle homogeneidad al yeso crudo que más tarde entrará en el horno. En este sentido, hemos de mencionar algunas fábricas de la Cuenca del Duero, especialmente en la provincia de Valladolid; aquí funcionan en régimen cooperativista, constituyendo los diversos propietarios de canteras de

la localidad una agrupación de fabricantes de yeso.

Por último, protegiendo la piedra de yeso en un parque mineral cubierto, se le preserva del aumento de humedad, consecuencia de su posible exposición a la acción de las lluvias.

#### 4.4.- FABRICACION

##### 4.4.1.- Trituración secundaria

Los hornos de deshidratación existentes hoy día en las fábricas más modernas, exigen una granulometría fina del yeso crudo, con objeto de someter toda la masa a una temperatura homogénea de cocción.

Con este fin, se somete la piedra de yeso a una trituración secundaria o posterior. Esta operación, que se realiza habitualmente en la fábrica, se lleva a cabo mediante molinos de martillos, aunque también es frecuente la utilización de molinos de cilindros lisos o estriados. Los granos han quedado así reducidos a tamaños inferiores a 5 mm., y en condiciones de iniciar su recorrido en el horno de cocción.

##### 4.4.2.- Procesos de deshidratación y cocción

El sulfato cálcico dihidratado  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  o yeso natural, tiene la propiedad de que calentándolo a 120-125° C, pierde las tres cuartas partes de su agua de cristalización, obteniéndose el sulfato cálcico hemidratado -  $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$  - llamado yeso cocido o pláster. Este producto, que tiene carácter de aglomerante, presenta la importante propiedad de fraguar, por adición de agua, regenerando el dihidratado.

No es tarea fácil dejar la molécula de yeso con la cuarta parte de su agua de cristalización, de forma constante. Existen

una serie de factores que son fundamentales para lograr esta homogeneidad, cuales son la calidad de la materia prima, la clase de molienda, método de cocción, temperatura y tiempo empleado en ella y grado de finura del grano.

Desgraciadamente en nuestro país, y en la mayoría de los casos, se ha venido fabricando yeso por un método rudimentario, con unas instalaciones en donde los hornos empleados han carecido totalmente de un adecuado control de temperatura y tiempo de cocción, dando un producto deshidratado heterogéneo, asemejándose muy pocas veces al yeso cocido o hemidratado que hemos definido más arriba. En realidad, la obtención económica de yeso hemidratado de las características deseadas, está sujeta a la observancia y aplicación de una serie de principios tecnológicos que han de servir de guía para la elección del tipo de horno a emplear.

En la práctica la deshidratación de la piedra de yeso es muy lenta hasta los  $100^{\circ}\text{C}$ ; a partir de  $120^{\circ}$  es considerablemente rápida y se completa a temperaturas superiores a los  $240^{\circ}$ . Entre  $120^{\circ}$  y  $160^{\circ}\text{C}$  tiene lugar la formación del hemidrato, y las distintas temperaturas empleadas dentro de este intervalo de cocción, darán lugar a distintos tipos de yeso con propiedades y usos diferentes. Existen dos variedades alotrópicas de hemidrato, una  $\alpha$  de fraguado más rápido y otra  $\beta$  de fraguado más lento.

A partir de los  $170^{\circ}\text{C}$ , comienza a eliminarse la media molécula de agua que contiene el hemidrato, obteniéndose un producto que amasado con agua tiene un fraguado tan rápido que le impide su utilización como mortero, empleándose exclusivamente para estucos y modelados.

A los  $200^{\circ}\text{C}$  se ha eliminado la media molécula de agua de cristalización, obteniéndose el sulfato cálcico anhidro llamado anhidrita soluble ó anhidrita  $\alpha$ . Esta tiene un peso específico comprendido entre 2,44 y 2,45 y es de fraguado muy lento.

Aumentando la temperatura aún más, del orden de los 500-600° C, no se obtiene ninguna modificación química, pero sí la transformación en sulfato cálcico anhidro, llamado también anhidrita insoluble, anhidrita  $\beta$  o "yeso cocido a muerte", perdiéndose totalmente la propiedad del fraguado.

Cerca de los 1000°C se produce una parcial disociación del  $\text{CaSO}_4$ , obteniéndose cerca de un 3% de cal viva y formándose, además, sulfato de calcio básico. Este producto resultante se denomina yeso hidráulico.

Podemos pues alcanzar la temperatura de transformación en hemihidrato (120° C), sin tener apenas anhidrita, puesto que la formación de ésta a expensas del dihidrato es mínima por debajo de los 100° C. Por otro lado, a partir de 120° C la transformación del dihidrato en hemihidrato es más rápida que la de descomposición de éste último en anhidrita.

Consideramos de interés mencionar aquí, aunque someramente, una serie de factores que inciden directamente sobre la temperatura a la que ha de tener lugar la cocción.

Estos factores son, fundamentalmente:

Granulometría.- La velocidad de cocción está relacionada con el tamaño de grano del yeso empleado. Debido a la baja conductividad térmica del yeso, se cuecen con mayor lentitud los granos gruesos que los finos. En estas circunstancias, la transformación del dihidrato en hemihidrato en el interior de los granos gruesos experimenta un retraso, siendo conveniente en estos casos so

— brepasar la temperatura de primera cocción, 125° C (ó temperatura de paso de dihidrato a hemidrato), a 160° C, con objeto de tener — así una ausencia total de yeso dihidrato. La presencia de este úl — timo es perniciosa; por una lado, acelera extraordinariamente el — fraguado del yeso cocido, aún conteniendo pequeñas proporciones , — y por otro, mayores proporciones son capaces de debilitar la re — sistencia del producto fraguado.

— Densidad.— Las diferencias de densidad de la piedra de yeso, in — fluyen considerablemente sobre la velocidad de deshidratación. Es — ta velocidad se verá disminuida utilizando granos gruesos en lu — gar de granos finos.

— Agitación de la masa.— Esta se efectúa con objeto de exponer to — da la superficie de los granos a la deshidratación.

— Presión de vapor.— Si la presión de vapor es alta, la temperatu — ra de descomposición es elevada, variando el hemihidrato sus ca — racterísticas morfológicas y por ende sus propiedades.

— Son muy frecuentes en los hornos, y debido a la mala con — ductividad térmica del yeso, los sobrecalentamientos localizados que dan lugar a yeso sobrecocido, en general anhidrita, a tempera — turas inferiores a la de segunda cocción (temperatura de paso de hemihidrato a anhidrita).

— Sin embargo, la anhidrita tiene la prioridad de absorber — ávidamente vapor de agua, pudiéndose evitar la formación de esta última estableciendo un equilibrio entre dicho vapor y el yeso co — cido.

#### 4.4.3.- Tipos de hornos

Los hornos utilizados hoy día en la industria del yeso, pueden dividirse en dos grandes grupos. Su diferencia fundamental estriba en la cocción, que puede realizarse en atmósfera seca o no saturada, y en atmósfera saturada.

##### 4.4.3.1.- Cocción en atmósfera seca o no saturada

Para realizar la cocción en atmósfera seca, o al menos no saturada de vapor de agua, se han de utilizar hornos en los que la piedra esté en contacto directo con el fuego, o lo que es lo mismo, con los gases de combustión.

A su vez estos hornos se clasifican en dos tipos: fijos y rotatorios.

Entre los fijos, se pueden incluir los de tipo rudimentario: los de cuba (intermitentes y continuos) y los de colmena.

En España, y hasta hace muy poco tiempo, ha sido muy frecuente el uso del horno rústico practicado en la ladera del monte, en donde las piedras más gruesas de yeso se colocan en forma de bóveda constituyendo el hogar, rellenándolo después con los trozos más pequeños. El combustible lo constituyen ramas o leña, atravesando los gases de combustión la masa de yeso y despren

\* diéndose junto con la humedad y el agua de hidratación.

En otras ocasiones, el horno está constituido por apilamientos donde alternan capas de piedra de yeso bastante fragmentado, y combustible constituido por madera seca; es decir, se trata de hornos análogos a los de campaña para la fabricación de cal.

A primera vista, se desprende la deficiencia del producto elaborado por estos procedimientos, y la falta de homogeneidad del yeso obtenido.

En efecto, resulta imposible mantener una temperatura constante a lo largo del horno; el material que se encuentra en contacto directo con el fuego experimentará un sobrecocido, dando distintas variedades de anhidrita. Las capas de yeso crudo situadas en la zona intermedia, darán un hemihidrato heterogéneo producto de una desigual temperatura de cocción, debido a las irregularidades que inevitablemente se producen en el tiro. Por último, las capas superficiales pueden no ser alcanzadas por el fuego permaneciendo el yeso crudo.

Esta misma distribución de productos citada en la carga de un horno, se presentará en aquellos bloques de piedra suficientemente gruesos; el centro de la piedra contendrá yeso crudo debido a su escasa calcinación; por el contrario la periferia dará yeso sobrecocido.

De todo esto se deduce la imposibilidad de regular la marcha del horno. Por otro lado, el yeso obtenido quedará mezclado con las cenizas del combustible, comunicándole un color oscuro y quedando con cierto grado de impureza.

Los hornos de cuba y de colmena constituyen una modernización de los procedimientos primitivos; tienen un rendimiento térmico superior, menor gasto de combustible, y la posibilidad

de una marcha continua; sin embargo su elevado precio, deficiente control de la temperatura y uso obligado de fragmentos grandes de piedra, junto con la obtención de un producto cocido falto de homogeneidad, a semejanza del fabricado con los métodos rudimentarios, han hecho relegar su uso.

Los hornos rotatorios suponen un gran avance en la calidad del yeso obtenido, por la constante agitación a que se somete la masa durante la cocción.

Constan, en esencia, de un tubo cilíndrico con el eje inclinado para facilitar el avance y salida del material. Un hogar exterior envía los gases a elevada temperatura al interior del horno en sentido ascendente, y a contra corriente de la piedra. Esta atraviesa el horno sufriendo una agitación - en su recorrido mediante paletas o cadenas, con objeto de poner la totalidad de la masa en contacto con los gases calientes. La temperatura se controla por medio de pirómetros, que determinan la de los gases al abandonar el horno, y la del yeso cocido cuando se va descargando.

Estos hornos son poco costosos, tienen un funcionamiento sencillo, exigen una mano de obra reducida, poco consumo de energía, y pueden alimentarse con cualquier tipo de combustible.

#### 4.4.3.2.- Cocción en atmósfera saturada

Este tipo de cocción se lleva a cabo en hornos en los que el yeso no está en contacto con los gases de combustión, y la atmósfera de cocción la constituye el vapor de agua a una mayor o menor presión, resultando un producto con un elevado porcentaje de hemihidrato.

El empleo de estos hornos ya es conocido desde hace bastante tiempo; sin embargo, ha sido en los últimos años cuando se ha desarrollado considerablemente la producción de yeso por este procedimiento.

Se clasifican en fijos (de panadero, auto-claves, calderas) y rotatorios.

Los primeros, de tipo fijo, dan en general un yeso bastante homogéneo, pero son antieconómicos cuando se trata de obtener una producción en grandes cantidades.

En la mayoría de los casos, y a pesar de las mejoras introducidas, se exige una mano de obra importante, así como unos gastos de mantenimiento considerables, circunstancias que hacen que su utilización quede reducida a la obtención de yesos especiales, que permiten un precio de venta relativamente elevado.

El horno rotatorio en atmósfera saturada, es hoy día el tipo más empleado en el mundo para la fabricación de yeso en gran escala.

Su fundamento es análogo al descrito anteriormente con atmósfera seca, diferenciando, principalmente, en el sistema de calefacción. Aquí el horno rota sobre el hogar, de manera que los gases de combustión que se desprenden de este último van lamiendo las paredes periféricas.

Con esta disposición, tanto el combustible como los gases de combustión no quedan en contacto con la carga del horno, teniendo lugar la cocción del yeso en atmósfera saturada de vapor de agua, y obteniéndose un producto cocido muy homogéneo y limpio.

La carga y descarga se lleva a cabo de un modo discontinuo; el yeso crudo va de un extremo a otro en el interior del horno, y una vez terminada la cocción se invierte el sentido de rotación y se descarga el yeso cocido.

En este tipo de horno, con una producción comprendida - entre 50 y 150 Tm diarias, la mano de obra queda reducida al mínimo, así como los gastos de mantenimiento, no requiriéndose una molienda tan minuciosa como en las calderas fijas del yeso crudo. Si a esto unimos que pueden utilizar cualquier tipo de combustible, haciendo factible el empleo de hogares modernos y económicos, debemos considerar al horno rotatorio, como el horno tipo de cualquier instalación moderna dedicada a la fabricación de yeso.

Por último, diremos que el rendimiento térmico, sin embargo, es inferior al tipo de horno en el que los gases están en contacto directo con la carga. A pesar de las continuas mejoras que se vienen introduciendo en estos hornos, no se ha podido sobrepasar todavía un rendimiento del 65%.

#### 4.4.4.- Procedimientos especiales de cocción

En estos últimos años se vienen desarrollando, especialmente por parte de Francia, EEUU y Rusia -países que figuran hoy en cabeza en la industria del yeso-, técnicas especiales encaminadas a la obtención de yesos de alta calidad.

La inyección del 0,1 al 0,2% de la sal deliquescente -  $\text{CaCl}_2$  en la carga del horno durante la cocción, ha sido una de las innovaciones más importantes puestas en práctica en Norteamérica. Este procedimiento, denominado "Aridizing", ha permitido aumentar la formación de yeso hemihidratado  $\approx$ , y que el yeso cocido posea en el momento de fabricación unas propiedades, que de otro modo sólo podría reunir después de un almacenaje de varios meses.

Con ello se ha conseguido que las fluctuaciones existentes de una carga a otra—densidad, proporción de agua de cristalización, cantidad de agua de amasado y tiempo de fraguado—sean prácticamente nulas. Asimismo, el yeso obtenido tiene unas modificaciones mínimas de volumen, factor éste muy importante para su aplicación en la técnica odontológica y en la óptica de alta precisión, donde además de las rigurosas tolerancias existentes (0,0025 mm) se exigen altas resistencias (superiores a  $700 \text{ kg/cm}^2$ ).

La cocción del yeso sin intervención del combustible, se está poniendo en práctica con bastante éxito. El método consiste en mezclar la piedra de yeso molida con cal viva—también molida, con o sin adición de agua. El yeso se deshidrata por el calor desprendido al apagarse la cal a expensas del agua presente.

El sistema de molienda y cocción conjuntas, consistente en triturar la piedra en un molino de bolas al tiempo que se inyecta aire caliente, es otro de los procedimientos existentes actualmente. Este aire caliente es el encargado de suministrar el calor necesario para la deshidratación.

#### 4.4.5.- Preparación del producto final

El yeso obtenido después de la cocción posee una granulometría relativamente fina, producto de la trituración secundaria a que fué sometido en estado crudo. No obstante, a la salida del horno es sometido a una nueva molienda, con objeto de obtener una granulometría más fina, de acuerdo con el empleo a que posteriormente vaya a destinarse el producto acabado.

Esta operación se lleva a cabo, generalmente, con molinos de rodillos, que reducen los granos a un tamaño menor de

3 mm para su utilización como yeso "tosco", y menor de 0,7 mm para la clase llamada yeso "fino".

#### 4.5.- TIPOS COMERCIALES DE YESO PARA LA CONSTRUCCION

La heterogeneidad en la calidad de los yesos fabricados , producto en la mayoría de los casos de la aplicación de una de ficiente tecnología, hizo posible una primera clasificación en tres tipos bien definidos: yeso negro, yeso blanco y escayola.

El yeso negro, con un contenido mínimo del 50% en peso de hemihidrato, es un producto bastante impuro, fruto de una calcinación de piedras de yeso impuras en hornos rudimentarios, donde es posible su contaminación con los gases de combustión; la coloración es oscura debido a su contenido en cenizas. Ha tenido su aplicación más corriente en bóvedas, tabiques, enrasillados, guarnecidos y en todas aquellas obras en las que no se precise "yeso visto".

El yeso blanco, que contiene como mínimo un 66% en peso de hemihidrato, tiene una molienda más fina y se destina a blanqueos, enlucidos y, en general, trabajos de acabado.

La escayola, con una finura todavía mayor que los dos tipos anteriores, tiene un contenido no inferior al 80% en peso de hemihidrato; su pureza es pues bastante mayor, y queda incrementada por el hecho de que su fabricación se realiza por un procedimiento en el que no existe contacto entre la materia prima y los gases de combustión.

Actualmente, en el mercado nacional se distinguen los tipos: grueso, fina y escayola, como los comunmente empleados para las obras de construcción, los cuales con unas especificaciones más rígidas sustituyen al negro, blanco y escayola - enumerados más arriba.

Cada uno de estos tipos abarca las clases cuyas designaciones y aplicaciones se mencionan seguidamente, y cuyas especificaciones están insertas en el Pliego General de Condiciones para la recepción de yesos y escayolas en las obras de construcción (B.O. del E. 2-2-72), extractadas en el apartado 4.10.

Yeso grueso: Y-12, Y-20, Y-25 G

Yeso fino : Y-25 F

Escayola : E-30, E-35

Y-12.- Yeso común de construcción (también denominado negro , moreno o tosco), que se utiliza por regla general en la ejecución de tabiques, tableros, enrasillados, bóvedas y bobedillas de ladrillo, bovedillas de yeso entre viguetas de madera y forjados "a fuego", realización de guarnecidos y como conglomerante auxiliar en obra.

Y-20.- Yeso de construcción, que además de los empleos antes citados para el Y-12, puede utilizarse para la ejecución de revestimientos interiores de una sola capa, bien sea realizada de una sola vez, bien con la técnica denominada "yeso lavado".

Y-25 G.- Se designa así al yeso de granulometría gruesa, utilizado para determinados prefabricados.

Y-25 F.- Yeso fino o yeso blanco que se emplea normalmente en la ejecución de enlucidos o blanqueos, y en general en los trabajos de acabado de revestimientos.

E-30.- Escayola, que puede utilizarse en corridos de molduras de perfiles delicados, ejecución de modelos, fabricación de plancha lisa, y en general en los trabajos de decoración.

E-35.- Escayola con análogos empleos que la anterior, que se utiliza cuando en aquellos se desea obtener una mayor dureza o resistencia y/o una textura más fina.

NOTA: Los números de las distintas designaciones, indican la resistencia mecánica mínima a flexotracción (expresada en kilogramos-fuerza por centímetro cuadrado) que debe alcanzar la pasta preparada con los distintos productos al ser ensayada.

#### 4.6.- PROPIEDADES DEL PRODUCTO ACABADO

##### Grado de finura.-

A la salida del horno, el producto calcinado ha sido sometido a una trituración final al objeto de obtener la finura de grano deseada. Este grado de molienda está estrechamente relacionado con las propiedades que ha de reunir el yeso, de acuerdo con la utilización a que se destine.

El yeso hemihidratado tiene la facultad de reaccionar con el agua, dando una pasta que más tarde endurece, obteniéndose de esta forma el producto elaborado. Ni que decir tiene que cuanto más fino sea el tamaño de grano, más completa será la reacción y mayor la calidad del producto final.

Para los tipos negro, blanco y escayola indicados más arriba, las normas españolas fijan los % de los residuos máximos que deben obtenerse al pasar el yeso por determinados tamices, con independencia de la materia prima empleada y del proceso de fabricación seguido. Son los siguientes:

Abertura del tamiz (mm)	Residuos máximos		
	Yeso negro	Yeso blanco	escayola
	%	%	%
1,6	8	1	-
0,2	20	10	1
0,08	50	20	16

Actualmente, y según el Pliego General de Condiciones para la recepción de yesos y escayolas en las obras de construcción (B.O.E. 2-2-72), las especificaciones que tienen que cumplir los distintos tipos de yeso en cuanto a la finura de molido según los usos, es la siguiente:

Tipos	Y-12	Y-20	Y-25 G	Y-25 F	E-30	E-35
Finura de molido:						
Retención en el tamiz 0,2 max en %	50	45	40	10	2	1

#### Tiempo de fraguado.-

El fraguado del yeso tiene lugar cuando se amasa el hemihidrato con agua, endureciendo en un plazo corto de tiempo.

Es de interés comentar brevemente el proceso físico-químico del fraguado del yeso. Según Le Chatelier, al mezclar el agua con el yeso hemihidratado -  $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$  - tiene lugar la hidratación de este, formándose el dihidrato  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , y simultáneamente la cristalización de esta última forma.

Es muy probable que la cristalización del yeso comience a

partir de núcleos de dihidrato que no han sufrido los efectos de la cocción, continuando con las nuevas cantidades de hemihidrato que se van disolviendo y por tanto cristalizando. Esta disolución continua de nuevas cantidades de yeso hemihidratado, compensa el empobrecimiento de la solución causado por la separación, también continua, de cristales de yeso dihidratado. El proceso continúa hasta llegar a una hidratación y cristalización en forma de dihidrato.

La velocidad de fraguado es enormemente grande, siendo esta una de las propiedades que más le caracteriza. La tecnología moderna ha encontrado solución a este problema con la adición de retardadores y acelerantes, compuestos químicos que actúan como catalizadores sobre la velocidad de fraguado, pudiéndose regular a voluntad la duración del proceso.

Independientemente de estos agentes químicos, existen una serie de factores físicos que ejercen su influencia sobre el tiempo de fraguado, como son: la temperatura del agua de amasado, la relación agua-yeso, el tiempo transcurrido desde la cocción y la molienda, y la granulometría del yeso.

El fraguado rápido del yeso tiene lugar cuando el proceso se realiza a una temperatura no superior a 40° C.

Esto se explica debido a que el yeso dihidratado es inestable a partir de los 42° C; si se consigue amasar el yeso con agua caliente, de tal manera que la masa resultante esté por encima - de los 60° C, y siempre que se evite la evaporación del agua, se podrá tener la misma varias horas en estado fluido (L.E. Chasse vent).

La relación yeso-agua tiene gran transcendencia en el tiempo de fraguado. En efecto, R.N. Johnson ha dado unas cifras indicativas de la magnitud de las variaciones que se producen:

Relación yeso-agua (g:c.c.)	Duración del amasado (min.)	Tiempo de fraguado con aguja de Vicat (min.)
100: 80	1	10,5
100: 80	2	7,75
100: 80	3	5,75
100: 60	1	7,25
100: 45	1	3,25

En este cuadro, se observa como la velocidad de fraguado se triplica al aumentar la relación yeso-agua de 100:80 a 100:45.

Otro hecho a considerar es el tiempo transcurrido desde la cocción. En efecto, Ostwald ha puesto de manifiesto que el yeso que está recién cocido, fragua más rápidamente que el mismo material calcinado hace tiempo. Puede esto explicarse por el hecho de que el hemihidrato va acompañado, generalmente, del dihidrato y la anhídrita, y la acción de esta última sobre el dihidrato provoca su destrucción, perdiéndose la capacidad de aceleración del fraguado.

El tamaño del grano es otro factor físico que tiene su influencia sobre la velocidad de fraguado. Si la molienda es adecuada, se liberará el dihidrato contenido en el interior de los granos, y reaccionará con la anhídrita presente, prolongándose, por tanto, el tiempo de fraguado.

La presencia de agentes químicos en solución o suspensión en el agua de amasado, puede aumentar o disminuir la solubilidad, y por ende la velocidad de disolución del hemihidrato.

Rohland afirma que las sustancias que disminuyen la solubilidad del hemihidrato son retardadoras, mientras que aquellas

que la aumentan son acelerantes.

Son numerosas las sustancias que pueden modificar la velo ci dad del fraguado del yeso, pero no todas son igualmente con ven ien tes, bien por su precio o facilidad de adquisición, bien por el influjo que puedan ejercer sobre las distintas propie dad es del material: resistencia, dureza, expansión etc.

Entre las sustancias retardadoras se pueden distinguir - aquellas que disminuyen la solubilidad, como son: glicerina, al co hol, acetona, ácidos acético, bórico, cítrico, fosfórico y sus sales correspondientes.

Otras actúan como coloides protectores; son los compue stos orgánicos de elevado peso molecular, entre los que podemos citar la queratina, caseína, cola, pepsina, productos de descom posi ción de la albúmina etc.

Finalmente, hay otro grupo de sustancias que ejercen su poder retardador influyendo sobre la estructura cristalográfica del yeso: acetato cálcico, carbonato cálcico, carbonato magnésico etc.

Entre las sustancias acelerantes podemos citar todos los sulfatos con excepción del de hierro, ácidos sulfúrico, clor hídrico, nítrico, cloruros, bromuros, ioduros alcalinos etc.

La queratina es hoy día la sustancia más empleada a esca la industrial, hasta tal punto que es corriente expender el yeso ya retardado, añadiendo un 0,1% de este producto.

A través de ensayos previos, pueden conocerse los efec tos de las sustancias añadidas, y su favorable o desfavorable infl uencia en las propiedades del yeso.

En general las sustancias acelerantes tienden a disminuir tanto la dureza como la resistencia, por efecto de la formación de cristales más pequeños. Las sustancias retardadoras, por el contrario, aumentan dicha dureza y resistencia, porque puede disminuirse la cantidad de agua añadida.

Las normas españolas prescriben lo siguiente referente al tiempo de fraguado:

tipo de yeso	Principio	Fin
De fraguado rápido	2 a 5 minutos	menos de 15 minutos
De fraguado lento	5 a 15 minutos	menos de 30 minutos
Escayola	4 a 15 minutos	menos de 30 minutos

Según el Pliego antes citado, las especificaciones exigidas en cuanto a tiempo de fraguado para los distintos tipos de yeso son:

Tiempo de fraguado.-

Principio: entre 2 y 18 minutos

Final : entre 6 y 90 minutos.

Resistencias mecánicas.-

Las normas españolas exigen las siguientes especificaciones:

Tipo de yeso	Tracción $\text{kg/cm}^2$	Compresión $\text{kg/cm}^2$
Yeso negro	30	75
Yeso blanco	40	100
Escayola	70	150

Tanto la resistencia a la tracción como a la compresión están íntimamente ligadas a la naturaleza y composición del yeso, cantidad de agua de amasado, y contenido de humedad en el momento de la rotura.

El Pliego General de Condiciones vigente en la actualidad, especifica que la resistencia a la flexotracción para los distintos tipos de yesos es la siguiente:

Tipos	Y-12	Y-20	Y-25 G	Y-25 F	E-30	E-35
Resistencia a flexotracción mín. en kg/cm <sup>2</sup>	12	20	25	25	30	35

La cantidad teórica de agua de amasado para que tenga lugar la reacción es del 18,6%. Sin embargo, en la práctica, esta cantidad es superior con objeto de poder realizar bien el amasado y evitar el fraguado tan rápido. Cuanto más agua se emplee, la operación del amasado será más fácil, y el fraguado más lento.

Este exceso de agua no interviene en el proceso químico de hidratación, y permanece en la pasta hasta que tiene lugar la evaporación. Después de ésta, la masa quedará más o menos porosa según la mayor o menor cantidad de agua añadida en exceso, con lo que las resistencias mecánicas serán mucho menores.

El efecto de la cantidad de agua sobre la resistencia a la compresión, es el siguiente:

<u>Agua de amasado</u> %	<u>Resistencia a la</u> <u>compresión en kg/cm<sup>2</sup></u>
45	170
50	150
60	120
80	86
100	57

El contenido en humedad tiene también una gran influencia en la pérdida de resistencia; si después de secar en una estufa una probeta de yeso amasado con el 60% de agua, se le añaden determinadas cantidades de agua, se obtienen los siguientes resultados:

<u>Agua añadida (%)</u>	<u>Pérdida de resistencia (%)</u>
0	0
0,04	33
1	52
5	56
25	56

En este cuadro observamos como un 1% de humedad reduce la resistencia a la mitad.

#### Permeabilidad.-

Como se ha indicado anteriormente, el yeso fraguado al absorber agua a través de su red capilar, experimenta una sensible pérdida de resistencia. En efecto, según H. Andrews, la resistencia que presenta el yeso fraguado, se debe al entrecruzamiento de los cristales acciculares de dihidrato; al absorber agua, ésta ejerce un efecto lubricante entre dichos cristales, haciendo disminuir la resistencia de rozamiento y por tanto la resistencia total.

El yeso tiene la propiedad de adherirse a los materiales pétreos, y más aún al hierro y acero; sin embargo, ante estos últimos, ha de tenerse presente su poder corrosivo, sobre todo en presencia de humedad, teniendo que recurrirse a la galvanización, pintura etc. Así mismo, es de destacar su poder agresivo en las obras de hormigón de cemento Portland.

Finalmente merece destacarse su propiedad protectora contra el fuego. Si un yeso fraguado se somete a alta temperatura, inicialmente se eliminará el agua de cristalización absorbiendo calor, y esta deshidratación, que comienza en la superficie expuesta al fuego, continuará gradualmente hacia el interior constituyendo una protección. Indudablemente llega un momento en que este efecto protector resultará ineficaz, pero ha salvado perfectamente los primeros momentos de una elevación de temperatura.

El problema de la impermeabilización del yeso, es decir, el encontrar un procedimiento que evite que el yeso fraguado absorba agua, y que al mismo tiempo sea económico y práctico, está todavía por resolver.

#### 4.7.- UTILIZACION DEL YESO

El yeso es un material que encuentra su principal aplicación como producto calcinado; no obstante tiene cierta importancia económica su empleo en estado natural -yeso crudo-, por lo que al hablar de sus utilizaciones se van a separar las del yeso crudo de las del yeso calcinado.

##### 4.7.1.- Yeso crudo

Aunque una de las formas de emplear el yeso en estado natural es en ornamentación, mediante su variedad denominada alabastro, en este apartado no se considerará, para hacerlo en punto aparte.

Una de las primeras utilizaciones de la piedra de yeso fue como piedra de mampostería para construcción, sobre todo en zonas rurales, pero en la actualidad es una práctica completamente abandonada.

En este epígrafe se tratará de la utilización del yeso - crudo en agricultura, cementos, industria química y otras aplicaciones.

#### Agricultura.-

La utilización del yeso en agricultura data de tiempos - remotos. En la actualidad, el yeso se utiliza como corrector de suelos y como fertilizante.

En el primer caso, se emplea para la corrección de suelos alcalinos o arcilloso-calcáreos, en los cuales el  $\text{SO}_4\text{Ca}$  atenúa el carácter alcalino mediante la siguiente reacción:



En ella el  $\text{CO}_3\text{Na}_2$  disuelto confiere alcalinidad al terreno, pero al verificarse la reacción se corrige, ya que el  $\text{SO}_4\text{Na}_2$  es neutro y aunque el  $\text{CO}_3\text{Ca}$  es alcalino, es de efecto muy limitado debido a su débil solubilidad.

Para esta finalidad, se puede utilizar también el yeso - calcinado, pero al no ofrecer ninguna ventaja considerable y ser un producto de mayor precio, no se utiliza.

La cantidad de yeso empleado depende de varios factores como son: alcalinidad del suelo, potencia del estrato de terreno que se quiera corregir y % de reducción de alcalinidad. Ahora bien, la cantidad empleada normalmente varía entre 10 y 20 quintales por Ha.

Más que como corrector, el yeso ha demostrado ser de gran utilidad como verdadero fertilizante. La acción del yeso sobre las plantas se produce como alimento directo, como fijador de amoníaco, aumentando la nitrificación, activando la función microbiana y favoreciendo el desarrollo de la potasa.

El empleo del yeso como fertilizante, se puede realizar para todo tipo de plantaciones, variando la cantidad adicionada con arreglo al tipo de cultivo; entre los 6 y 9 quintales por Ha en cultivos herbáceos, y de 15 a 25 quintales para cultivos leñosos.

Además de estas dos aplicaciones, se puede emplear para mejorar y corregir, en algunos casos, los abonos químicos y naturales.

La forma de utilizar el yeso en agricultura es en polvo si se trata de yeso natural, y en gránulos si es cocido.

#### Cementos.-

Una de las aplicaciones del yeso que actualmente consume un gran tonelaje, es su empleo como retardador para el fraguado del cemento Portland.

La adicción de yeso debe ser tal que permita controlar el retardo del tiempo de fraguado, pero que al mismo tiempo no disminuya la resistencia a la tracción del cemento. La cantidad adicionada normalmente varía entre el 3 y 5% en peso del clinker, llegando en algunos casos hasta el 7%. Esta proporción de yeso se adiciona al clinker antes de molerlo.

Se puede emplear tanto en yeso calcinado como el crudo, aunque usualmente las industrias cementeras utilizan el primer tipo.

### Industria Química.-

Dentro de este campo se emplea el yeso como medio para dar la dureza permanente al agua en el proceso de fabricación de la cerveza; aparte de este efecto, promueve la acción enzimática, ayuda a la fermentación de las levaduras, y clarifica el líquido.

Por otra parte, pequeñas cantidades de yeso crudo se emplean para la obtención de sulfato amónico; ahora bien, para este proceso es más conveniente la utilización de anhídrita.

Asimismo, existen numerosas patentes para la utilización del yeso crudo en la obtención de ácido sulfúrico y de azufre. En estos procesos, además de ácido sulfúrico se obtiene clínker de cemento Portland. Ahora bien, debido a la gran cantidad de reservas de materiales -fuente de estas sustancias, no se considera en la actualidad competitivo el empleo del yeso como materia prima para su elaboración.

### Otros usos.-

Además de los usos descritos anteriormente, que son, como es fácil suponer, los que consumen un mayor tonelaje de yeso crudo, hay otra serie de industrias en las que se emplea el yeso en su forma natural.

Así, se emplea en la industria enológica para la clarificación de los vinos, mediante la reacción del yeso con el tartrato ácido de potasio. En la industria farmacéutica, como elemento de carga en insecticidas y drogas, finamente pulverizado. La variedad denominada blanco mineral o "tierra alba", se utiliza en las industrias del papel, algodón y pinturas. En la minería del carbón se emplea yeso crudo molido a 200 mallas, como aporte de polvo para reducir los efectos de explosiones y

riesgos de silicosis. Se emplea también en el sector metalúrgico, bien como fundente en la fusión de menas de níquel, bien para la obtención de moldes. Por último, se utiliza en pequeña escala el yeso natural en grandes bloques para la obtención de paramentos traslucidos.

Aparte de todas estas aplicaciones descritas, existen otras que no se detallan por el consumo tan reducido que hacen de yeso.

#### 4.7.2.- Yeso calcinado

Existen varios tipos de yeso calcinado cuyas propiedades dependen tanto de la materia prima como de los procesos de cocción.

El yeso es un material que raramente se utiliza en exteriores, debido a su fácil disolución por las aguas y, asimismo, por la dificultad que representa el hacerlo impermeable. Suele emplearse, normalmente, en estado plástico, aunque en algunas ocasiones se utiliza ya endurecido, caso de los prefabricados.

La mezcla de yeso con el agua -amasado- para su posterior utilización, se realiza en pequeñas cantidades (en el caso de que el yeso no llevase retardador de fraguado), ya que debido a su rápido fraguado, es probable que si la operación no se realizase de esta forma, no diera tiempo a utilizar toda la pasta. La operación de amasado no se realiza nunca con menos del 50% de agua.

A continuación se van a describir las distintas utilidades del yeso calcinado.

Aglomerante.— El yeso en polvo mezclado con agua, se puede emplear para unir piezas entre sí, utilizándose también, aunque de forma provisional, para fijar algún elemento a obras ya realizadas. Se usa, aunque esporádicamente, para la construcción de tabiques de ladrillo, y de una forma general en la colocación de azulejos.

Aparte de estas aplicaciones, se puede usar en todos aquellos casos en que se necesite un elemento de ligazón. Para todos estos usos se emplea, normalmente, el tipo de yeso más vasto, denominado en España yeso negro, de fraguado más lento y que forma una pasta más dura.

Morteros de yeso.— Este empleo no está muy generalizado, aunque el yeso se ha utilizado y, en ciertos casos, se utiliza para la obtención de morteros. Estos morteros se fabrican mezclando yeso y arena en las proporciones de 1:2 y 1:3 en peso.

La arena empleada para este uso tiene que estar limpia, tanto de arcilla como de cualquier otra sustancias que influya en el tiempo de fraguado, o en el valor de las resistencias mecánicas.

El factor que presenta mayores problemas en cuanto a la obtención de estos morteros, es el de la granulometría del árido, pues si éste es muy fino presenta una gran superficie específica que cubrir, y si por el contrario es muy grueso se consumirá gran cantidad de pasta para rellenar los huecos.

Existe, por consiguiente, una norma granulométrica fijada por la A.S.T.M, en la que se regula este tamaño:

Abertura del tamiz (micras)	% retenido	
	máx	mín.
4.760	0	-
2.380	10	0
590	80	15
297	95	70
149	-	95

Conglomerados ligeros.- Se definen como conglomerados ligeros, aquellos materiales obtenidos de la mezcla con yeso de sustancias ligeras de origen mineral o vegetal, o bien a aquellos productos que se obtienen al modificar el yeso mediante el empleo de productos químicos gasificantes.

Aunque esta técnica es muy antigua, recientemente se han introducido en el mercado una serie de productos, que al permitir una mejora en las características del yeso, han hecho que su producción se vea incrementada. Entre estas sustancias están: la perlita, la vermiculita y la resina uréica expandida.

La vermiculita es un silicato complejo de hierro, magnesio y aluminio, con un peso aparente que varía entre 60 y 150 kg /m<sup>3</sup> (según la dimensión del grano); en el mercado se utiliza en su forma expandida.

Como consecuencia de su ligereza, así como de su baja conductibilidad térmica, se emplea mezclada con yeso para la obtención de un enlucido donde sea necesario un gran aislamiento térmico y acústico.

En cuanto a la perlita, es un tipo de roca volcánica de

aspecto vítreo, que al expandirse da origen a una especie de es  
puma vidriosa blanca, con un volumen de aproximadamente 20 ve  
ces el de la roca madre. Debido a esta particularidad, se em  
plea, mezclándola con yeso, para mejorar las propiedades acústica  
s y térmicas del yeso originario.

Como se puede comprender, tanto la vermiculita como la  
perlita, tienen una gran aplicación para la obtención de pane  
les prefabricados.

Además de estos productos descritos, se han empleado di  
versas mezclas de yeso con otros materiales, para mejorar las  
condiciones acústicas de éste; entre estos materiales se encuentr  
an la resina uréica expandida, la fibra de madera, la paja,  
caucho, piedra pómez, etc.,. Con este producto se realizaban ta  
biques, molduras, enlucidos rústicos, etc.

Por último, el yeso gasificado se puede obtener de dos ma  
neras distintas: a) incorporando al yeso compuestos químicos que  
al reaccionar produzcan un gas, como pueden ser el agua oxigenada  
+ cloruro de cal, o carburo de cal + agua; b) mezclando con  
el yeso un producto que al agitarse se transforme en una espu  
ma con abundantes burbujas de aire en su interior; entre estos  
productos están: la resina vinílica, soluciones de albúmina, ja  
bones resinosos, etc.

Las características principales de este tipo de yeso son  
su ligereza y su gran poder antiacústico y antitérmico.

Guarnecidos y tendidos.- Todavía en la actualidad una de las  
principales aplicaciones del yeso, es su empleo para el revestimi  
ento de paramentos que posteriormente van a ser cubiertos.

En la realización de estos paramentos hay que distinguir,  
en primer lugar, el guarnecido, que es la capa de yeso que se

da sobre el material que forma el tabique; se realiza con yeso negro y tiene un espesor que varía entre 10 y 15 mm. Sobre esta capa se coloca una segunda de espesor comprendido entre 1 y 3 mm, que recibe el nombre de tendido y que es de yeso fino.

La forma general de extender el yeso en estas dos capas es mediante llana, aunque ya se ha utilizado para estos fines una serie de máquinas que proyectan el yeso mediante aire comprimido, quedando por último la operación de alisar.

Estuco.- Se denomina estuco a la mezcla de yeso, agua y una sustancia que, además de retardar el fraguado, le confiera las particularidades necesarias para sus distintas utilizaciones. El yeso empleado para la realización de esta mezcla es normalmente yeso blanco finamente molido, o escayola.

Esta mezcla de yeso con agua, más gelatina o cola de pescado y otras sustancias que le confieran una mayor resistencia, dureza e impermeabilidad, se puede colocar, bien en su color natural o bien coloreada, mediante la adición de pigmentos a la mezcla en el momento de realizar el amasado. En todo caso, se le exige responda a una serie de valores en cuanto a resistencias mecánicas, impermeabilidad, adhesividad, estabilidad, y durabilidad.

El empleo de esta mezcla denominada estuco es muy variado; así se puede utilizar para la ejecución de enlucidos (a los cuales se les da brillo mediante frotación con planchas de acero caliente u otros medios), revestimientos protectores especiales o decorativos, prefabricados, decoración de paredes y techos (bajorrelieves, columnas, cornisas, etc), para la realización de moldes, molduras, modelos, estatuas, etc.

Son numerosas las sustancias que se agregan a la masa de yeso, para conferirle las propiedades que en cada caso particular le exigirá su posterior empleo. Así, el estuco para modelar

lleva hidrato de calcio, el empleado en decoración. contiene una pequeña proporción de ácido sulfúrico, etc.

En cuanto a la realización de las distintas aplicaciones, se pueden llevar a cabo de variadas maneras: así, las molduras pueden ser hechas bien mediante una guía que se hace deslizar sobre la masa de estuco ya colocada, o en tableros especializados en donde para darles una mayor rigidez y resistencia se refuerzan, en algunos casos, con listones de madera, etc.

Los moldes, por otra parte, se realizan sobre modelos metálicos donde el estuco se moldea por presión o por colada.

Elementos prefabricados.- Los prefabricados de yeso comprenden todos aquellos productos que pueden ser elaborados en talleres o fábricas determinadas. Por lo tanto, se pueden considerar como elementos prefabricados aquellos productos empleados en ornamentación (fabricados con estucos, como las molduras, cornisas, columnas, bajorrelieves, etc. de los que ya se ha hablado en el punto anterior) y otros destinados a la construcción.

En este apartado sólo se van a considerar aquellos productos que se emplean en construcción, como son: bloques, ladrillos, placas, paneles, etc.

La pasta empleada para la fabricación de estos productos, dependerá tanto de la dimensión de los mismos, como del uso para que se van a destinar. Así, puede estar constituida por yeso sólo, o por yeso, cal o cemento y arena, o, por último, por yeso y una serie de sustancias que le confieran las propiedades que se exigen en cada aplicación, como puede ser perlita, vermiculita, resinas, etc. Asimismo, las calidades de los yesos usados en las mezclas son muy variadas.

Los bloques están constituidos por una mezcla de yeso, áridos y sustancias que les den una mayor resistencia. Estos

elementos pueden ser huecos o macizos, de acuerdo con las resistencias que tengan que soportar. Se emplean, normalmente, para la realización de muros, y en los casos que llevan incorporados a la pasta elementos gasificadores, se emplean para tabiques aislantes.

Los ladrillos son de menores dimensiones que los bloques, y están constituidos, prácticamente, por los mismos elementos. Se emplean, generalmente, para la realización de tabiques, y en algunos casos llevan unas acanaladuras que permiten el engarce entre ellos. En algunos países, se ha utilizado para la realización de paramentos internos, decoración o pavimentación, un tipo de ladrillo fabricado con yeso, cal, arena y agua.

En cuanto a las placas, pueden ser de dos tipos: normal o armada. La primera de ellas está constituida esencialmente de yeso, aunque en algunos casos se le agrega algún árido. Se emplea para la realización de paneles, falsos techos, revestimiento de paredes, etc.

Se define como placa armada aquella que en su parte posterior lleva una armadura de hierro cincado que le confiere una mayor resistencia, permitiendo por tanto una mayor dimensión. Las placas, tanto normales como armadas, pueden ser lisas o decoradas. En el caso de las placas armadas, llevan como elemento constituyente, además del yeso, un material de refuerzo, preferentemente un elemento de fibra larga, aunque en ciertos casos esta fibra larga puede ser sustituida por un material de fibra corta y un árido especial que le confiera alguna propiedad particular (aislamiento térmico o acústico).

Si se emplean estas placas para la realización de falsos techos, se suspenden mediante tirantes constituidos por hilos de hierro cincado, que se sujetan a la armadura principal y a la placa.

Una de las últimas aplicaciones del yeso es la obtención de placas prefabricadas constituidas por cartón y yeso; este producto se conoce en el mercado con la denominación genérica de "plaster board".

El método de fabricación de todos estos productos es el siguiente: en primer lugar el yeso es amasado con agua, siendo en este momento cuando se deben añadir los ingredientes precisos para conseguir las calidades deseadas. A continuación, la pasta fluída obtenida se vierte sobre una tira de cartón, colocándose posteriormente la tira superior, también de cartón. Realizadas estas operaciones, se transporta el conjunto sobre una mesa de rodillos donde tiene lugar el fraguado. A este proceso siguen las operaciones de corte, acabado y almacenamiento.

Estos prefabricados con buenas propiedades térmicas y acústicas, han encontrado una gran aplicación en la realización de tabiques y paramentos interiores. Esta mejora en cuanto a las características antitérmicas y antiacústicas del yeso, se consiguen, como se indicó anteriormente, mediante la adición de perlita y vermiculita expandidas, sustancias con un bajo coeficiente de conductibilidad térmica y una gran capacidad de absorción sónica. Asimismo, la gran capacidad de absorción de agua que presentan estos materiales, especialmente la perlita, confiere a los paneles una resistencia elevadísima a los cambios de humedad. Otra ventaja importante de los prefabricados es su incombustibilidad, lo que permite su utilización como cierres antifuego.

Estos prefabricados, al igual que las placas, se construyen preparando sus cantos con formas que permitan una buena unión entre elementos, presentando, por otra parte, la ventaja de poderse cortar a las dimensiones y formas que se deseen.

Otras aplicaciones.- Además de todas estas aplicaciones, el yeso se emplea en: odontología, imprenta, industria cerámica, orfebrería, galvanoplastia, etc. dada su facilidad de moldeo cuando se muele finamente. Para todas estas utilizaciones se emplea, generalmente, yeso de buenas calidades (escayolas).

Con el  $\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$ , previa calcinación a temperatura relativamente alta, se obtienen algunos tipos de cementos de fraguado rápido, como son el cemento de Keene y el de Parian.

Coloración del yeso.- Aunque la coloración natural del yeso es adecuada para una buena parte de sus aplicaciones, una coloración artificial permite aumentar el número de éstas (imitaciones a otras rocas, madera, etc).

Cuando se habla de coloración del yeso hay que diferenciar, en primer lugar, entre coloración propiamente dicha y tintura. La coloración del yeso afecta a toda la masa y se efectúa durante el amasado de éste; la tintura se refiere tan solo a la superficie del producto ya colocado; dentro de este concepto se distinguen la tintura superficial y la tintura profunda, de acuerdo con la profundidad que alcance la tinción en el producto colocado.

La tintura o coloración superficial es el procedimiento de aplicación más usual de las distintas pinturas en los fabricados de yeso. Esta forma de aplicación presenta una serie de problemas debidos a diversas causas. Así, es normal que las pinturas se apliquen sin esperar al total secado de las superficies de yeso; esta humedad produce en la pintura un levantamiento parcial.

Pero no es sólo la humedad la que da origen a problemas, sino que hay otra serie de factores, íntimamente ligados a ella, que producen efectos nocivos; estos factores son: ataque químico, pérdida de la adherencia, eflorescencia, defecto del enlu-

lucido, moho y bacterias.

En cuanto a la coloración en masa se consigue por la dispersión homogénea en la masa de yeso de diversas sustancias colorantes. En este caso la evaporación del agua en exceso continua, y por consiguiente el efecto perjudicial producido por los factores ligados a la humedad, desaparecerá o disminuirá en gran proporción. Persiste, sin embargo, el peligro de ataque de los álcalis a los pigmentos, por lo que será necesario buscar sustancias estables a éstos.

La coloración de la masa puede obtenerse por diversos procedimientos:

a) Mezclar íntimamente, en seco, los pigmentos con el yeso, para a continuación actuar con la masa ya coloreada de forma normal.

b) Asimismo, se puede realizar un amasado con soluciones alcalinas de un reductor (formaldehído,  $\text{SH}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ , etc.), al que se le agregará una pequeña cantidad de una sal metálica que se pueda reducir; esta última aportará la coloración deseada.

En cuanto a los pigmentos, tienen que cumplir las siguientes características:

- Insolubilidad en agua
- Estables frente a los agentes atmosféricos y químicos
- Color estable a la luz, opacos y de tono intenso
- Resistentes a temperaturas del orden de  $150^\circ \text{C}$
- Elevado poder colorante
- Un máximo de 3-5% de impurezas
- No afectar en ningún sentido el tiempo de fraguado del yeso
- Composición granulométrica, dureza, etc. que permitan un mezclado rápido y fácil con el yeso.

## 4.8.- ANHIDRITA: USOS

La anhidrita es la otra variedad natural del  $\text{SO}_4\text{Ca}$ , diferenciándose de la piedra de yeso en la ausencia de moléculas de agua.

Su utilización es más restringida que la del yeso, debido por un lado a las menores reservas, y por otro a la serie de inconvenientes que presenta su manufacturación.

La anhidrita se ha empleado, y aún hoy se utiliza, en el sector agrícola para combatir algunas plagas de los cereales, para la obtención de fertilizantes nitrogenados, etc. Para estas utilidades es necesaria una molienda fina, siendo ésta más acentuada en el caso de emplearse como fertilizante, por ser la solubilidad de la anhidrita muy baja.

En uno de los sectores industriales donde la anhidrita tiene mayor aplicación es en el químico, donde se mezcla con carbonato amónico, dando lugar a sulfato amónico y carbonato de cal sólido. Una vez obtenida la disolución de sulfato amónico, se concentra para obtener cristales, siendo en esta forma en la que se emplea para fertilizantes. Por otra parte, el carbonato cálcico obtenido se puede usar para la fabricación de cemento y para preparar Nitro-cal.

Una aplicación de la anhidrita, que en tiempos tuvo cierta importancia, fué la obtención de ácido sulfúrico. Para la realización de este proceso se mezcla la anhidrita con arena o arcilla y carbón (coque), obteniéndose en un principio  $\text{SO}_2$ , para posteriormente pasar a ácido sulfúrico por oxidación. En este proceso, además de ácido sulfúrico, se obtiene clinker de cemento.

Por último, la anhidrita se ha empleado poco en construcción debido a su lento endurecimiento, siendo necesario en

todos los trabajos a realizar adicionar aceleradores de fraguado, que en casos pueden llegar hasta el 1% en peso; el plaster que se obtiene de esta forma, presenta una gran resistencia a la compresión.

Los plasters de anhídrita insoluble se emplean para la obtención de un producto imitación a mármol, que se utiliza para ensolados, paredes y tejas.

Una aplicación más de la anhídrita insoluble sin acelerador es como filler en la fabricación de papel.

#### 4.9.- ALABASTRO

Una de las formas de presentarse el yeso en la naturaleza es bajo la variedad denominada alabastro. Este tipo de yeso es masivo, compacto y traslúcido; en España se presenta en forma de bolos, constituyendo capas de 1 a 1,5 m de potencia, intercaladas entre margas y areniscas.

La explotación de estos bolos se efectúa a cielo abierto mediante un frente que se traslada a lo largo de la intersección capa-topografía. La primera operación que se realiza es eliminar la montera hasta dejar al descubierto la capa de alabastro; una vez efectuado este trabajo, se arrancan los bolos de alabastro mediante pala mecánica provista en su parte posterior de un scraper escarificador; una vez separado el bolo de la capa, se procede a la operación de descascarillado, consistente en eliminar la costra de cemento margo-yesífero que les rodea, operación que se realiza con martillo neumático. Posteriormente, el bolo limpio se transporta a fábrica para su posterior utilización.

Los bolos de alabastro se trabajan mediante máquinas herramientas del tipo de tornos, taladros, sierras, pulidoras, etc. Prácticamente, toda la producción de alabastro se destina a la fabricación de objetos de decoración debido a su facilidad de trabajo y cincelado.

En cuanto al tamaño de las "bolas", no existe ninguna especificación que determine las dimensiones mínimas, aunque, generalmente, no se utilizan si son inferiores a los 50 cm de diámetro.

El color del alabastro en su estado natural es normalmente, blanco y, en ocasiones, con vetas beige y cremas. Se describen a continuación los distintos tipos existentes en la zona: hay una primera clase, de color blanco muy homogéneo y uniforme; aparece una segunda constituida por "bolos" que engloban a otros de menor tamaño -2 a 8 cm-, unidos entre sí por una matriz de tonalidad más oscura; existe una tercera en la que esta matriz toma una disposición longitudinal; por último, hay un cuarto tipo que presenta una coloración beige tenue, muy uniforme y homogénea.

Ahora bien, con el fin de aumentar la gama de colores, se procede a su coloración, lo que se realiza siempre de una forma superficial; de acuerdo con la porosidad de la pieza, penetrará más o menos en profundidad.

Aunque existen fábricas próximas a las zonas de explotación, como ocurre en La Zaida, Fuentes de Ebro y Quinto, pueblos localizados en las zonas V-11 (Zaragoza) y V-14 (Quinto), existen otras localidades donde se aprecia una gran concentración de fábricas que trabajan el alabastro, y que se abastecen del material extraído en las zonas antes mencionadas, como

ocurre, por ejemplo, en el área de Cintruénigo (Navarra).

Por último, se puede reseñar que existe un área en la zona de Calatayud (proximidades de Fuentes de Jiloca), donde aparecen unos niveles de alabastro que, aún siendo de gran calidad, se están empleando en la fabricación de escayolas para usos especiales (estomatológicos).

#### 4.10.- ESPECIFICACIONES DE LOS YESOS PARA LOS DISTINTOS USOS

En este apartado se analiza de un modo breve la normativa, tanto española como extranjera, relativa a las especificaciones vigentes exigidas a los yesos, escayolas y piedra de yeso.

Se describen, en primer lugar, las normas nacionales, para proseguir con las de algunos países europeos y americanos.

##### 4.10.1.- Normativa española

En el boletín Oficial del Estado del 2-2-72 se ha publicado un Pliego General de Condiciones para la recepción de yesos y escayolas en obras de construcción. En el cuadro adjunto, tomado del apartado 1.4 de dicho Pliego, se establecen las prescripciones vigentes.

El Instituto Nacional de Racionalización y Normalización (IRANOR) recoge entre sus normas - UNA NORMA ESPAÑOLA (UNE) - varias relacionadas con el yeso:

T i p o		Y-12	Y-20	Y-25 G	Y-25 F	E-30	E-35
Aplicaciones más frecuentes		Conglomerados de albañilería	Guarnecidos	Prefabricados	Enlucidos y prefabricados	Decoración prefabricados	Plancha lisa
P r e s i d e n c i p i o s	C. Química H <sub>2</sub> O comb máx. en %	8	8	8	8	8	8
	Indice de pureza %	70	75	80	80	85	90
	F. Molido Retención en el tamiz 0,2 máx. en %	50	45	40	10	2	1
	R. flexotracción mín. en kg/cm <sup>2</sup>	12	20	25	25	30	35
Tiempo de fraguado							
principio		entre 2 y 18 minutos					
final		entre 6 y 90 minutos					

- UNE 7064. Ensayos físicos de yesos y escayolas empleados en construcción.
- UNE 7065. Métodos de análisis químico de yeso y escayolas.
- UNE 41022. Yesos corrientes para la construcción. Norma de calidad.
- UNE 41023. Escayola para la construcción. Norma de calidad.
- UNE 169-73. Aljez o piedra de yeso. Clasificación. Características.

En esta última norma, que es la más reciente, se recopilan las especificaciones que debe cumplir la piedra de yeso para su utilización como materia prima en la fabricación de conglomerantes a base de yeso, o como producto de adición en la fabricación de otros materiales de construcción.

Esta norma en su apartado 3.1 hace la siguiente clasificación, atendiendo a su contenido mínimo en  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Clase	Contenido mínimo de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ %
I extra	95
I	90
II	80
III	70
IV	60

Teniendo en cuenta los tamaños, el apartado 3.2 establece los siguientes tipos:

Tipo	Tamaño de piedra comprendida entre mm:
1	0 y 20
2	20 y 50
3	50 y 150
4	0 y 150
5	0 y 300

Por otra parte, en su apartado 4.1, además de la composición mineralógica ya indicada, se expresa la composición química a la que ha de responder la muestra desecada a 45° C hasta peso constante, y que es la siguiente:

Clase	Agua de cristalización mínima %
I Extra	19,88
I	18,83
II	16,74
III	14,65
IV	12,56

La humedad para cualquiera de las clases no deberá ser superior al 4%. El tanto por ciento de cuerpos extraños que se hayan podido mezclar accidentalmente y que no provengan de la

captera no excederá del 0,1%.

#### 4.10.2.- Normativa italiana

Viene recogida por las normas UNI - UNIFICAZIONE ITALIANA -; entre las que hacen referencia al yeso se citan las siguientes:

- UNI - 6782-73, Yeso para la edificación.

Se distinguen en esta norma, en su apartado 1.2, tres tipos de yeso en función de su empleo:

- Yeso para muros
- Yeso para enlucidos y revoques
- Yeso para revoques y usos varios

Según el apartado 1.1, las granulometrías correspondientes son las reflejadas en el siguiente cuadro:

T a m i c e s	Paso mínimo en %	
	Yeso para muros	Yeso para enlucidos
0,2 UNI 2332( 870 mallas /cm <sup>2</sup> )	70	90
0,09 UNI 2332 ( ~ 4450 mallas/cm <sup>2</sup> )	50	80

El tiempo de fraguado, como se especifica en el apartado 2.1.3, es el siguiente:

- Yeso para muros: mínimo 7 minutos
- Yeso para enlucido: mínimo 20 minutos
- Yeso para pavimentos y usos varios: mínimo 40 minutos

Dentro del apartado 2.3 vienen determinados el contenido mínimo en  $\text{CaSO}_4$  y el máximo de sustancias extrañas (carbonatos, cloruros,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$  etc), en función de los cuales se ha efectuado una clasificación por calidades:

Calidad	Contenido mínimo		Contenido en sustancias	
	en $\text{CaSO}_4$	%	extrañas	en %
Primera	90		< 10	
Segunda	80		10 - 20	
Tercera	70		20 - 30	

Por otra parte, en el apartado 2.2 se citan los valores de las resistencias a tracción, flexión y compresión mínimos, tanto en  $\text{Newton/cm}^2$  como en  $\text{kgf/cm}^2$ . En el siguiente cuadro se recogen estos valores, tanto de yeso para muro, como para enlucido.

Clase	Resistencia mín. a la tracción		Resistencia mín. a la flexión		Resistencia mín. a la compresión	
	N/cm <sup>2</sup>	kgf/cm <sup>2</sup>	N/cm <sup>2</sup>	kgf/cm <sup>2</sup>	N/cm <sup>2</sup>	kgf/cm <sup>2</sup>
Yeso para muro	78,5	8	196,1	20	490,3	50
Yeso para enlucido	117,7	12	294,2	30	686,5	70

- UNI 5371 - 64. Piedra de yeso para la fabricación de morteros.

En su apartado 3 clasifica la piedra de yeso en función del contenido en  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , del siguiente modo:

Clases	% mínimo de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
I } superior	95
I } normal	90
II	80
III	70
IV	60

El tamaño de grano viene reflejado en el siguiente cuadro, de acuerdo con el apartado 4.

Granulometría	Dimensión del grano mm.
0/ 20	de 0 a 20
20/ 50	de 20 a 50
50/150	de 50 a 150
0/150	de 0 a 150
0/300	de 0 a 300

La cantidad de cuerpos extraños, según se expresa en el apartado 5.1.1, no debe ser superior al 0,1%, y la humedad no debe sobrepasar el 4%, de acuerdo con el punto 5.1.2.

Por último, su composición química se indica en el cuadro siguiente, en función de las distintas clases:

Clases	composición química %	
	H <sub>2</sub> O mín.	SO <sub>3</sub> mín.
1 - S	19,88	44,17
1 - N	18,83	41,85
II	16,74	37,20
III	14,65	32,55
IV	12,56	27,90

#### 4.10.3.- Normativa francesa

Las normas francesas que aquí se describen -NORME FRANCAISE - NF- hacen referencia al producto de yeso calcinado.

- NF B 12-301. Yesos de construcción.

En su apartado 1.4 distingue dos tipos de yeso, en función de la granulometría: yeso grueso y yeso fino, los cuales a su vez se dividen en otros dos de acuerdo con la duración del tiempo de fraguado.

Según el apartado 2.1 la finura queda reflejada en el siguiente cuadro.

Abertura de mallas del tamiz en m/m	Rechazo ( $\gamma$ ) en %	
	Yeso grueso	Yeso fino
0,8	$5 \leq \gamma < 20$	$\gamma \leq 2$
0,4	$20 \leq \gamma < 40$	$\gamma \leq 5$
0,2		$\gamma \leq 35$

El tiempo de fraguado expresado en minutos, según el apartado 2.2, establece dos categorías.

núm. 1	núm. 2	
$3 < p < 8$	$6 < p < 15$	p = principio de fraguado
$10 < f < 20$	$15 < f < 45$	f = final de fraguado

Siendo el núm. 1 y núm. 2 los dos tipos de yeso en que se dividen el grueso y el fino.

El grado de pureza en  $\text{CaSO}_4$  y, según 2.4, debe corresponder a un contenido en  $\text{SO}_3$  superior al 40%.

Por último, y según 2.3, esta norma realiza un ensayo, donde se calcula el coeficiente de rotura a flexotracción con una relación yeso/agua = 1,25. Los resultados son:

Ensayos sobre probetas mantenidas	Resistencia a flexotracción en $\text{kgf/cm}^2$	
	Yeso grueso	Yeso fino
2 h en atmósfera húmeda	3,06	5,10
7 d en atmósfera húmeda	6,12	10,2
7 d en atmósfera húmeda después de secada	12,24	20,4

- NF B 12-303. Yesos finos de construcción para enlucidos de muy alta dureza.

En su apartado 4.1 se expone el grado de finura que deben poseer estos yesos indicándose el rechazo correspondiente al pasar los granos por los tamices que determina la norma NF B 12-401 (Yesos. Técnica de Ensayos). Los rechazos experimentados en la masa inicial (%), de acuerdo con la abertura de malla del tamiz, deben ser inferiores a los siguientes valores:

Tamices de de	de abertura de mallas (M m)	Rechazo ( γ ) correspondiente
	800	γ < 2%
	400	γ < 15%
	200	γ < 35%

En los apartados 4.2, 4.3, 4.4, y 4.5 de dicha norma se indican respectivamente las siguientes especificaciones:

- El fraguado comenzará antes de 30 minutos
- Resistencia a la compresión  $\geq 127,5 \text{ kgf/cm}^2$
- Contenido en  $\text{SO}_3 \geq 40\%$

- La dureza deberá ser al menos igual a 255 bars para la que corresponde una profundidad de huella máxima de 250 M m

- NF B 12-302. Yesos para staff.

Se trata de un compuesto de cemento, yeso, dextrina etc, usado principalmente en la decoración de edificios.

En el apartado 3.11 se determina el grado de finura que

ha de poseer el yeso al ser tamizado el grano como indica el apartado 2.21 de la norma NF B 12-401 (Yesos. Técnica de ensayos).

Los rechazos correspondientes, de acuerdo con el tamiz empleado, son los siguientes:

Abertura del tamiz en mm	Rechazo $\gamma$ en %
0,2	$\gamma \leq 1$
0,1	$\gamma \leq 10$

Según el apartado 3.13, y conforme se determina en el apartado 4.313-1, el límite de colabilidad debe ser igual o superior a 6 mm.

El tiempo de fin de fraguado según 3.14, debe ser superior a 15 minutos.

El coeficiente de rotura según la relación yeso/agua, de acuerdo con el apartado 3.21, es el siguiente:

Relación		Valor del coeficiente de
<u>agua</u> yeso	<u>yeso</u> agua	rotura en $\text{kgf/cm}^2$
0,60	1,67	40,8
0,67	1,50	30,6
0,75	1,33	25,5

En cuanto a su principal característica química, grado de pureza, y según 3.31, el contenido en  $\text{CaSO}_4$  corresponderá a un contenido en  $\text{SO}_3$  superior al 45%.

#### 4.10.4.- Normativa inglesa

Se comentan seguidamente las normas inglesas - BRITISH STANDARDS INSTITUTION - B.S.I.- que recogen, además de las especificaciones correspondientes a los yesos para construcción, las prescripciones que ha de cumplir el plaster para usos dentales.

- B.S.I. 1191 Parte 1<sup>a</sup> .Plaster de yeso para la construcción.

En su apartado 1.3 establece la siguiente clasificación:

Clase A.- Plaster de París

Clase B.- Plaster de yeso hemihidratado retardado

Clase C.- Plaster de yeso anhidro

Clase D.- Cemento Keene

Clase E.- Plaster de anhidrita

En el apartado 2 de esta misma norma se especifican las calidades y particularidades de cada uno de ellos, que se describen a continuación:

#### Clase A.- "Plaster de París"

##### Composición química

- Contenido en  $SO_3$  en peso  $> 35\%$
- $CaO > \frac{2}{3}$  de  $SO_3$  en %
- $Na_2O + MgO$  (solubles)  $< 0,2\%$  en peso
- Pérdida por calcinación:  $4 \leq Pc \leq 9$

##### Tamaño de las partículas

Residuo en el tamiz BS núm. 14  $< 5\%$ .

##### Resistencia al corte

El módulo de rotura será superior a  $0,25 \text{ kgf/mm}^2$

Clase B.- "Plaster de yeso hemidratado retardado"Composición química

- Contenido en  $\text{SO}_3 > 35\%$  en peso
- $\text{CaO} > \frac{2}{3}$  de  $\text{SO}_3$  en %
- $\text{Na}_2\text{O} + \text{MgO}$  (solubles)  $< 0,2\%$  en peso
- Pérdida por calcinación comprendida entre el 4 y 9% en peso.
- Cal libre ( $\text{CaO}$ )  $> 3\%$  en peso (yeso para listones metálicos)

Tamaño de las partículas

Residuo en tamiz BS núm. 14  $< 1\%$  en peso

Resistencia al corte

Módulo de rotura  $> 0,12 \text{ kgf/mm}^2$ .

Resistencia mecánica

La huella dejada por una bola de 12,7 mm de diámetro y 8,33 gramos de peso, al caer desde una altura de 1,82 m, tendrá un diámetro inferior a 5 mm.

Expansión

El aumento de longitud en el fraguado será menor de 0,2% en un día.

"Plaster de yeso anhidro"

Sólo se emplea para enlucidos

Composición química

- Contenido en  $\text{SO}_3 > 40\%$  en peso
- $\text{CaO} > \frac{2}{3}$  de  $\text{SO}_3$  por ciento en peso
- $\text{Na}_2\text{O} + \text{MgO}$  (solubles)  $< 0,2\%$  en peso

- Pérdida por calcinación: inferior al 3% en peso

Tamaño de las partículas

Residuo de tamiz DS núm. 14 < 1% en peso

Resistencia mecánica

La huella dejada por una bola de 12,7 mm de diámetro y 8,33 gramos de peso, caída desde una altura de 1,32 m sobre la superficie horizontal del plaster, tendrá un diámetro inferior a 4,5 mm.

Clase D.- "Cemento Keene"

Solamente para acabados

Composición química

- Contenido en  $SO_3$  en peso > 47%
- $CaO > \frac{2}{3}$  % de  $SO_3$  = 31,3% en peso
- $Na_2O + MgO$  en peso < 0,2%
- La pérdida por calcinación será inferior al 2% en peso

Separación de partículas gruesas

Igual que la clase B.

Resistencia mecánica

La resistencia mecánica será tal que el impacto de una bola de 12,7 mm de diámetro y 8,33 gramos de peso al caer desde una altura de 1,82 m, produzca una huella de diámetro inferior a 4 mm.

Clase E.- "Plaster de anhidrita"

El plaster de anhidrita es de dos tipos: de primera mano (no visto) y de segunda mano (visto).

Composición química

- Contenido en  $\text{SO}_3$  > 47% en peso
- $\text{CaO} > \frac{2}{3}$  en % en peso de  $\text{SO}_3 = 31,3\%$
- $\text{Na}_2\text{O} + \text{MgO}$  en peso < 0,2%
- Pérdida por calcinación inferior al 5% en peso del Plaster.

Separación de partículas gruesas

El residuo que queda en el tamiz BS núm. 14, será inferior al 1% en peso.

Resistencia al corte

El módulo de rotura del plaster fraguado será mayor de  $14,2 \text{ kg/cm}^2$ .

Resistencia mecánica

La huella dejada por una bola de 12,7 mm de diámetro y 8,33 gramos de peso, al caer desde una altura de 1,82 m, tendrá un diámetro inferior a 3 mm.

- B.S. 1191 Parte 2<sup>a</sup>. Plaster de yeso ligero para la construcción.

Este plaster consiste en una mezcla del yeso clase B, especificado en la norma BS 1191 parte 1<sup>a</sup>, con un agregado ligero.

Otros aditivos pueden ser incorporados para darle las propiedades deseadas.

En el apartado 1.3 y 2 se da la clasificación y calidades de los distintos tipos, los cuales se enumeran a continuación.

Tipo a.- Plaster "no visto"

Tipo a 1.- Plaster tosco

- Contenido en sal soluble  $\text{Na}_2\text{O} + \text{MgO} < 0,25\%$  en peso
- Densidad aparente  $< 641 \text{ kg/m}^3$
- Densidad del plaster seco  $< 849 \text{ kg/m}^3$
- Resistencia a la compresión del plaster colocado  $> 95 \text{ grf/mm}^2$ .

#### Tipo a.2 Plaster para revestimientos metálicos

- Contenido en sal soluble  $\text{Na}_2\text{O} + \text{MgO} < 0,25\%$  en peso
- Densidad aparente  $< 769 \text{ kg/m}^3$
- Densidad de la masa colocada y seca  $< 1041 \text{ kg/m}^3$
- Resistencia a la compresión  $R_c > 102 \text{ grf/mm}^2$
- Contenido de cal libre  $< 2,5\%$  en peso

#### Tipo a.3 Plaster para mezcla

- Contenido en sal soluble  $\text{Na}_2\text{O} + \text{MgO} < 0,25\%$  en peso
- Densidad aparente  $< 721 \text{ kg/m}^3$
- Densidad en seco  $< 881 \text{ kg/m}^3$
- Resistencia a la compresión  $> 102 \text{ grf/mm}^2$
- Contenido en cal libre  $> 2,5\%$  en peso

#### Tipo a.4 Plaster para diferentes usos

- Contenido en sal soluble  $\text{Na}_2\text{O} + \text{MgO} < 0,25\%$  en peso
- Densidad aparente  $< 721 \text{ kg/m}^3$
- Densidad en seco  $< 881 \text{ kg/m}^3$
- Resistencia a la compresión  $> 102 \text{ grf/mm}^2$ .
- Contenido en cal libre  $> 2,5\%$  en peso

#### Tipo b.- Plaster "visto"

##### Tipo b.1.- Plaster para acabados

- Contenido en sal soluble  $\text{Na}_2\text{O} + \text{MgO} < 0,25\%$  en peso

### Resistencia mecánica

El diámetro de la huella dejada por una bola de 12,7 mm de diámetro y 8,33 gramos de peso al caer desde una altura de 1,82 m, estará comprendido entre 4 y 5,5 mm.

- B.S.I. 4598. Plaster para impresiones dentales.

Esta norma recoge en su apartado 2 los requerimientos exigidos a los yesos para estos usos:

#### - Clínicos

Deberá tener un color rosado y estar desprovisto de materias extrañas indeseables.

En caso de rotura la fractura será limpia de forma que las impresiones puedan ser perfectamente ensambladas.

#### - Toxicidad

El material no contendrá ingredientes en proporción suficiente que cause reacciones tóxicas.

### Tamaño de partículas

Su granulometría será tal que pase el 100% por el tamiz de 600  $\mu$  m, y que tenga un rechazo del 2% como máximo en el de 150  $\mu$  m.

### Tiempo de fraguado

El tiempo de fraguado estará comprendido entre 2,5 y 5 minutos, contado a partir del inicio de la mezcla yeso-agua.

### Expansión lineal en el fraguado

No será superior al 0,20%, dos horas después del comienzo de la mezcla. Este ensayo se realizará de acuerdo con el apartado 4.5 de la presente norma.

### Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión, efectuada 10 minutos después de comenzada la mezcla, estará comprendida entre  $5,5 \text{ MN/m}^2$  y  $9,6 \text{ MN/m}^2$ .

El ensayo se realizará de acuerdo con el apartado 4.6 de la presente norma.

#### 4.10.5.- Normativa USA

Se comentan seguidamente las normas ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS -, referidas exclusivamente a productos de yeso calcinado para su uso en construcción.

- ASTM - C 28 - 68. Especificaciones de yesos para plaster

Determina, según su apartado 1, seis tipos distintos de yeso:

- 1.- Plaster de yeso de mezclado rápido
- 2.- Plaster de yeso puro
- 3.- Plaster de yeso puro tipo "R"
- 4.- Plaster de yeso con fibras de madera
- 5.- Plaster de yeso de alta calidad
- 6.- Plaster de yeso para acabados finos

Según su apartado 2, el índice de pureza del yeso calcinado, no será inferior al 66% en  $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$ .

En sus apartados 3, 4 y 5, se recogen las especificaciones que debe cumplir el plaster de yeso de mezclado rápido. La proporción de vermiculita agregada no sobrepasará los  $57 \text{ dm}^3$  por cada 45 kg de yeso calcinado, y su resistencia a la compresión no será inferior a 450 psi ( $3,1 \text{ MN/m}^2$ ).

En el caso de que el agregado sea perlita, la proporción será análoga a la establecida para el caso de la vermiculita, y su resistencia a la compresión no será inferior a 600 psi (4,1 MN/m<sup>2</sup>).

Este tipo de plaster mezclado con arena, no permitirá una adición de ésta superior a los 71 dm<sup>3</sup> por cada 45 kg de plaster calcinado, y su resistencia a la compresión no será inferior a 700 psi (4,8 MN/m<sup>2</sup>).

Cuando el plaster de mezclado rápido amasado con arena o perlita, se emplea en albañilería, no deberá contener más de 85 dm<sup>3</sup> de agregado por cada 45 kg de yeso calcinado, y su resistencia a la compresión será por lo menos igual a 400 psi (2,8 MN/m<sup>2</sup>).

Si el mezclado para este mismo uso se realiza con vermiculita, en la misma proporción que en el caso anterior, su resistencia a la compresión será al menos igual a 325 psi (2,2 MN/m<sup>2</sup>).

En cuanto al tiempo de fraguado de este tipo de yeso, estará comprendido entre 1,5 y 8 horas.

Las especificaciones del plaster de yeso puro, vienen recogidas en los apartados 6, 7, 8 y 9.

Su contenido en CaSO<sub>4</sub> · 1/2 H<sub>2</sub>O deberá ser superior al 66%. Su tiempo de fraguado estará comprendido entre 2 y 16 horas, y su resistencia a la compresión será como mínimo 750 psi (5,2 MN/m<sup>2</sup>).

El plaster de yeso puro tipo "R", según los apartados 10, 11, 12 y 13, deberá cumplir las siguientes prescripciones:

El tiempo de fraguado no será superior a 3 horas. El contenido en  $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$  será superior al 66%, y su resistencia a la compresión tendrá un valor mínimo de 1800 psi (12,3 MN/m<sup>2</sup>).

Los apartados 14, 15, 16 y 17 hacen referencia a las especificaciones requeridas para el plaster de yeso con fibras de madera.

Su contenido en  $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$  será del 66% como mínimo. El tiempo de fraguado estará comprendido entre 1,5 y 8 horas, y la resistencia a la compresión será de 1200 psi (8,3 MN/m<sup>2</sup>).

El plaster de yeso de alta calidad, según los apartados 18, 19 y 20, tendrá un contenido mínimo en yeso calcinado del 93% y su contenido en cal hidratada estará comprendido entre el 2 y el 5%.

El tiempo de fraguado variará entre 2 y 8 horas.

Las especificaciones exigidas para el plaster de yeso para acabados finos, vienen reflejadas en los apartados 21, 22, 23, 24 y 25:

- Contenido en  $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O} \geq 66\%$
- Tiempo de fraguado: sin retardadores ha de estar comprendido entre 20 y 40 minutos; con retardadores será superior a 40 minutos.
- Resistencia a la compresión  $> 1200$  psi (8,3 MN/m<sup>2</sup>).
- Granulometría: pasará íntegramente por el tamiz núm. 14 (1,40 mm), y por lo menos el 60% deberá pasar por el tamiz núm. 100 (150  $\mu$ m)

- ASTM - C 61 - 64. Especificaciones para el Cemento de Keene.

En su apartado 1, se indica que este producto está compuesto de yeso calcinado anhidro, cuyo fraguado es acelerado por la adición de otros materiales.

Su tiempo de fraguado estará comprendido entre los 20 minutos y las 6 horas, y la resistencia a la compresión tendrá un valor mínimo de 2500 psi (17 MN/m<sup>2</sup>).

La granulometría fijada es la siguiente:

Deberá pasar todo por el tamiz núm. 14 (1,40 mm), el 98% al menos, por el núm. 40 (425  $\mu$ m), y como mínimo el 80% por el tamiz núm. 100 (150  $\mu$ m).

En cuanto a su contenido en agua combinada, no será superior al 2%.

- ASTM C 317 - 64. Especificaciones para hormigón de yeso.

Según el apartado 2 de esta norma, el hormigón de yeso está compuesto de yeso calcinado, mezclado con agregados inorgánicos, madera picada o madera en virutas.

El yeso será el normal para plaster, y los agregados inorgánicos cumplirán las especificaciones establecidas para los plaster de yeso.

La madera picada o en virutas estará seca y limpia, y pasará por el tamiz de 25,0 mm, no conteniendo un espesor mayor de 1,6 mm.

En los apartados 3,4 y 5 se indican las siguientes características:

- El tiempo de fraguado estará comprendido entre 20 y 90 minutos.
- La resistencia a la compresión será para las clases A y B:

Clase A.-  $R_c \geq 500$  psi (3,5 MN/m<sup>2</sup>)

Clase B.-  $R_c \geq 1000$  psi (6,9 MN/m<sup>2</sup>)

- Densidad: igual o menor a 960 kg/m<sup>3</sup>
- ASTM C 36 -73 . Especificaciones para tabiques de yeso

Esta norma define en su apartado 2 la composición de estos prefabricados, formados por un núcleo incombustible, esencialmente yeso, que en algunos casos puede llevar fibras cuyo peso no exceda del 15% del total, cubierto con papel; la superficie posterior del tabique de yeso se cubrirá con una lámina de aluminio.

El tipo "X" (especial anti-fuego), es aquel tabique que además de cumplir las normas anteriores debe soportar durante 30 minutos la prueba que indica la norma ASTM-C 473.

Los tabiques de yeso tendrán como máximo un índice de inflamación de 15, cuando se le someta a las pruebas indicadas - en la norma ASTM - E 84.

Por último, la norma ASTM Methods C-473 especifica la carga mínima para la cual no tendrá lugar la rotura de la unión entre las superficies y el núcleo. Estas cargas en función del espesor serán las siguientes:

Espesor en mm	Esfuerzo cortante normal a las fibras de la superficie (N)	Esfuerzo cortante paralelo a las fibras de la superficie (N)
6,4	222	107
9,5	355	151
13	499	222
16	666	266

- ASTM - C 59 - 73. Especificaciones para yesos de enlucidos y plaster de molduras.

El contenido mínimo en  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  será del 85% (80% de  $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$ ).

El tiempo de fraguado para los dos tipos de yesos estará comprendido entre 20 y 40 minutos; ahora bien, estos límites se ampliarán a 10 y 50 minutos en el caso de yesos para enlucidos.

La resistencia a la compresión de ambas clases no será inferior a 1800 psi.

En cuanto a su finura, pasará la totalidad del material por el tamiz núm. 30 (600  $\mu\text{m}$ ), y al menos el 90% por el tamiz núm. 100 (150  $\mu\text{m}$ ).

- ASTM C 563 - 72. Método Standard de ensayo para determinar el óptimo de  $\text{SO}_3$  en el Cemento Portland.

Esta norma especifica las características que ha de poseer el yeso utilizado como aditivo en el cemento Portland.

La piedra de yeso, deberá tener una granulometría tal que el 100% pase por el tamiz núm. 100 (150  $\mu\text{m}$ ), el 94% mínimo por el tamiz núm. 200 (75  $\mu\text{m}$ ), y al menos el 84% por el tamiz núm. 325 (45  $\mu\text{m}$ ).

En cuanto al contenido en  $\text{SO}_3$  será al menos del 46%.

NOTA: la unidad psi corresponde a  $\frac{\text{libras}}{\text{pulgada}^2}$  y la  $\frac{\text{MN}}{\text{m}^2}$  a  $\frac{\text{Mega-newton}}{\text{m}^2}$

#### 4.10.6.- Normativa internacional

Finalmente se comentan las normas I.S.O., editadas por la ORGANIZACION INTERNACIONAL DE NORMALIZACION

- I.S.O/R 1587 - 1972 (F). Piedra de yeso para la fabricación de aglomerantes.

En su apartado 3 hace dos clasificaciones de la piedra de yeso, bien en función de su contenido en sulfato de calcio dihidrato, bien en la de su granulometría:

- %  $\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (C)

Clase I  $C \geq 90$

Clase II  $80 \leq C < 90$

Clase III  $70 \leq C < 80$

Clase IV  $55 \leq C < 70$

- Granulometría

Grupo 1 de 0 a 20 mm.

Grupo 2 de 20 a 50 mm.

Grupo 3 de 50 a 150 mm.

Grupo 4 de 0 a 150 mm.

Grupo 5 de 0 a 300 mm.

En su apartado 4 se recogen las especificaciones técnicas, según las cuales su contenido en cuerpos extraños - mezclados accidentalmente y no provenientes de la explotación - del yacimiento - debe ser como máximo el 0,1%.

La humedad no sobrepasará el 4%.

Su composición química sera:

Clase	Composición química	
	Contenido (A) en % de agua de cristalización	
I		$A \geq 18,83$
II	$16,74 \leq$	$A < 18,83$
III	$14,65 \leq$	$A < 16,74$
IV	$11,51 \leq$	$A < 14,65$

Por último, se recogen en este mismo apartado las tolerancias en % que se permiten en las distintas granulometrías. Así en los grupos 1, 2, 3 y 4 el contenido en grano de dimensiones superiores a los límites fijados, no debe ser superior al 5%. En los grupos 2 y 3 además, el contenido en granos de dimensiones inferiores a los límites fijados no debe sobrepasar el 20%.

#### 4.11.- CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DE LOS YESOS DE LA ZONA

En el apartado 4.5 -tipos comerciales de yeso para la construcción- se ha descrito la designación y aplicaciones más frecuentes de los productos incluidos en el Pliego General de Condiciones para la recepción de yesos y escayolas en las obras de construcción (B.O.E.2-2-72).

Asimismo en 4.10 -Especificaciones de los yesos para los distintos usos- se incluye una tabla con las condiciones que han de cumplir las diferentes clases de yesos y escayolas, al ser sometidas a los ensayos respectivos, conforme se especifica en dicho Pliego.

Con objeto de conocer las calidades y características técnicas de los yesos del DUERO-EBRO, de acuerdo con las condiciones exigidas en el citado Pliego, se han ensayado una se

rie de muestras procedentes de las distintas formaciones yesíferas existentes, ya descritas en el capítulo 3 -Estudio geológico-. Se ha procurado que las muestras seleccionadas sean lo más representativas posible de los yesos que actualmente se elaboran en cada región. Debe entenderse, por tanto, que las conclusiones que puedan deducirse de este capítulo, se limitan única y exclusivamente a los resultados obtenidos en tales muestras, que aunque representativas no son susceptibles de una generalización absoluta.

Se han tomado muestras de yeso crudo y calcinado correspondientes a una misma zona, que han sido estudiadas en el Instituto Nacional para la Calidad de la Edificación (INCE), siguiendo el método operativo especificado en el Pliego General de Condiciones para la recepción de yesos y escayolas en las obras de construcción, vigente (B.O.E. 2-2-72).

#### 4.11.1.- Facies margo-yesífera de la Cuenca del Duero

Esta región abarca las zonas V-1 Iscar y V-2 Torquemada .

Las muestras de yeso crudo y cocido han dado los siguientes resultados:

##### ZONA V-1 - ISCAR

##### Muestra núm. 1.- Yeso crudo

Contenido en agua combinada .....	14,3%
Contenido en anhídrido sulfúrico (SO <sub>3</sub> ) .....	31,7%
Índice de pureza .....	68,2%

##### Muestra núm. 2.- Yeso fino cocido

##### Análisis químico

Contenido en agua combinada .....	3,6%
Contenido en anhídrido sulfúrico .....	24,4%
Índice de pureza .....	45,8%

Finura de molido

Retención máxima en el tamiz 0,2  
 UNE 7050 ..... 47,6%

Consistencia normal

Relación agua/yeso correspondiente al amasado  
 a saturación ..... A/4 = 0,64  
 Tiempo de principio de fraguado ..... 10 1/2 mín.  
 Tiempo de fin de fraguado: al cabo de 24 horas la galleta  
 no alcanza la dureza suficiente para poder apreciar el  
 fin de fraguado.

Resistencia mecánica a flexotracción

Resistencia media de dos series de probetas fabricadas -  
 con una relación agua/yeso = 0,8 y conservadas 5 días -  
 en cámara húmeda ( $95 \pm 5\%$  Hr) y 2 días en estufa ( $45 \pm 5^\circ\text{C}$ ):  
 7,7 kg/cm<sup>2</sup>.

Ensayo de fases

Contenido en dihidrato .....	9,7%
Contenido en semihidrato .....	25,4%
Contenido en anhídrita soluble .....	0,0%
Contenido en anhídrita insoluble .....	10,7%
Contenido en impurezas .....	54,2%
	<hr/>
	100,0%

Zona V-2 - TorquemadaMuestra núm. 3.- Yeso crudo

Contenido en agua combinada .....	11,3%
Contenido en anhídrido sulfúrico (SO <sub>3</sub> ) .....	25,1%
Índice de pureza .....	54,0%

Muestra núm. 4.- Yeso crudo enriquecido

Contenido en agua combinada .....	15,7%
Contenido en anhídrido sulfúrico (SO <sub>3</sub> ) .....	34,9%
Índice de pureza .....	75,0%
Clasificación según norma UNE-41169: clase ..	III

Muestra núm. 5.- Yeso fino cocidoAnálisis químico

Contenido en agua combinada .....	5,6%
Contenido en anhídrido sulfúrico .....	33,1%
Índice de pureza .....	61,9%

Finura de molido

Retención máxima en el tamiz 0,2 UNE 7050 .....	3,6%
--	------

Consistencia normal

Relación agua/yeso correspondiente al amasado a saturación .....	A/4 = 0,79
Tiempo de principio de fraguado .....	12 1/2 min.
Tiempo de fin de fraguado .....	31 min.

Resistencia mecánica a flexotracción

Resistencia media de dos series de probetas prefabricadas con una relación agua/yeso = 0,8 y conservadas 5 días en - cámara húmeda (95 ± 5% Hr) y 2 días en estufa -- (45 ± 5° C) .....	16,2 kg/cm <sup>2</sup>
--	-------------------------

Ensayo de fases

Contenido en dihidrato .....	12,4%
Contenido en semihidrato .....	48,6%
Contenido en anhídrita soluble ..	0,0%
Contenido en anhídrita insoluble.	0,9%
Contenido en impurezas .....	<u>38,1%</u>
	100,0%

Muestra núm. 6.- Yeso grueso cocidoAnálisis químico

Contenido en agua combinada .....	4,1%
Contenido en anhídrido sulfúrico .....	29,4%
Índice de pureza .....	54,1%

Finura de molido

Retención máxima en el tamiz 0,2 UNE 7050 .....	27,8%
--	-------

Consistencia normal

Relación agua/yeso correspondiente al amasado a saturación .....	$\Lambda/4 = 0,64$
Tiempo de principio de fraguado .....	13 min.
Tiempo de fin de fraguado .....	37 1/2 min.

Resistencia mecánica a flexotracción

Resistencia media de dos series de probetas - fabricadas con una relación agua/yeso = 0,8 y conservadas 5 días en cámara húmeda (95 <sup>±</sup> 5% Hr) y 2 días en estufa (45 <sup>±</sup> 5° C) .....	13,1 kg/m <sup>2</sup>
--	------------------------

Ensayo de fases

Contenido en dihidrato .....	5,1%
Contenido en semihidrato .....	49,0%
Contenido en anhídrita soluble .....	0,0%
Contenido en anhídrita insoluble .....	0,0%
Contenido en impurezas .....	45,9%
	100,0%

4.11.2.- Facies yesífera Briviesca-Belorado

En la región de la Bureba, cuyo estudio geológico se realiza en el apartado 3.4, se ha seleccionado la zona V-3 Cerezo de Riotirón.

En ésta zona se han tomado dos muestras de yeso crudo y otras dos de yeso cocido, con los siguientes resultados:

Muestra núm. 7.- Yeso crudo

Contenido en agua combinada .....	16,4%
Contenido en anhídrido sulfúrico (SO <sub>3</sub> ) .....	37,4%
Índice de pureza .....	80,0%

Muestra núm. 8.- Yeso crudo para prefabricados

Contenido en agua combinada .....	18,9%
Contenido en anhídrido sulfúrico (SO <sub>3</sub> ) .....	42,8%
Índice de pureza .....	91,7%

Muestra núm. 9.- Yeso fino cocido

Análisis químico

Contenido en agua combinada .....	4,3%
Contenido en anhídrido sulfúrico .....	46,3%
Índice de pureza .....	83,0%

Finura de molido

Retención máxima en el tamiz 0,2 UNE 7050 .....	20,7%
--	-------

Consistencia normal

Relación agua/yeso correspondiente al amasado a saturación .....	A/4 = 0,61
Tiempo de principio de fraguado .....	8 min.
Tiempo de fin de fraguado .....	17 min.

Resistencia mecánica a flexotracción

Resistencia media de dos series de probetas fabricadas con una relación agua/yeso = 0,8 y - conservadas 5 días en cámara húmeda (95 ± 5% Hr)

y 2 días en estufa ( $45 \pm 5^\circ \text{C}$ ) ..... 32,7 kg/cm<sup>2</sup>

Ensayo de fases

Contenido en dihidrato .....	2,0%
Contenido en semihidrato .....	62,7%
Contenido en anhídrita soluble .....	0,0%
Contenido en anhídrita insoluble .....	18,3%
Contenido en impurezas .....	17,0%
	100,0%

Muestra núm. 10.- Yeso cocido para prefabricados

Análisis químico

Contenido en agua combinada .....	6,0%
Contenido en anhídrido sulfúrico .....	48,1%
Índice de pureza .....	87,8%

Finura de molido

Retención máxima en el tamiz 0,2 UNE 7050 .....	42,5%
--	-------

Consistencia normal

Relación agua/yeso correspondientes alamasado a saturación .....	A/4 = 0,65
Tiempo de principio de fraguado .....	7 min.
Tiempo de fin de fraguado .....	17 1/2 min.

Resistencia mecánica a flexotracción

Resistencia media de dos series de probetas fabricadas con una relación agua/yeso = 0,8 y conservadas 5 días en cámara húmeda - ( $95 \pm 5\%$ Hr) y 2 días en estufa ( $45 \pm 5^\circ \text{C}$ )	30,9 kg/cm <sup>2</sup>
--	-------------------------

Ensayo de fases

Contenido en dihidrato .....	7,8%
Contenido en semihidrato .....	70,2%
Contenido en anhidrita soluble .....	0,0%
Contenido en anhidrita insoluble .....	0,4%
Contenido en impurezas .....	21,6%
	<u>100,0%</u>

4.11.3.- Triásico de Logroño

Los yesos del Triás de Logroño se han estudiado en el apartado 3.5 -Los Bordes de Cuenca- que figura en el índice general. En esta región se ha seleccionado la zona V-4 Ribaflecha (Logroño), y se han tomado muestras de yeso crudo y cocido en las áreas de Viguera y Ribaflecha. Los resultados obtenidos han sido los siguientes:

Area de VigueraMuestra núm. 11.- Yeso crudo

Contenido en agua combinada .....	16,7%
Contenido en anhídrido sulfúrico (SO <sub>3</sub> ) .....	38,5%
Índice de pureza .....	82,2%

Muestra núm. 12.- Yeso crudo para escayola

Contenido en agua combinada .....	18,5%
Contenido en anhídrido sulfúrico (SO <sub>3</sub> ) .....	43,3%
Índice de pureza .....	92,1%

Muestra núm. 13.- Yeso cocidoAnálisis químico

Contenido en agua combinada .....	3,8%
Contenido en anhídrido sulfúrico .....	43,0%
Índice de pureza .....	76,9%

Finura de molido

Retención máxima en el tamiz 0,2 UNE 7050 ... 35,8%

Consistencia normal

Relación agua/yeso correspondiente al amasado

a saturación .....	A/4 - 0,64
Tiempo de principio de fraguado .....	8 min.
Tiempo de fin de fraguado .....	23 min.

#### Resistencia mecánica a flexotracción

Resistencia media de dos series de probetas fabricadas con una relación agua/yeso = 0,8 y conservadas 5 días en cámara húmeda ( $95 \pm 5\%$ Hr) y 2 días en estufa ( $45 \pm 5^\circ$ C) .....	31,4 kg/cm <sup>2</sup>
---	-------------------------

#### Ensayo de fases

Contenido en dihidrato .....	1,9%
Contenido en semihidrato .....	54,9%
Contenido en anhidrita soluble .....	0,0%
Contenido en anhidrita insoluble .....	20,1%
Contenido en impurezas .....	23,1%

#### Muestra núm. 14.- Producto cocido -Escayola-

##### Análisis químico

Contenido en agua combinada .....	6,5%
Contenido en anhídrido sulfúrico .....	50,3%
Índice de pureza .....	92,1%

##### Finura de molido

Retención máxima en el tamiz 0,2 UNE 7050 .....	1,0%
--	------

##### Consistencia normal

Relación agua/yeso correspondiente al amasado a saturación .....	A/4 = 0,61
Tiempo de principio de fraguado .....	16 min.
Tiempo de fin de fraguado .....	39 min.

Resistencia mecánica a flexotracción

Resistencia media de dos series de probetas fabricadas con una relación agua/yeso = 0,8 y - conservadas 5 días en cámara húmeda ( $95 \pm 5\%$  Hr) y 2 días en estufa ( $45 \pm 5^\circ$  C) ..... 35,5 kg/cm<sup>2</sup>

Ensayo de fases

Contenido en dihidrato .....	10,3%
Contenido en semihidrato .....	72,0%
Contenido en anhídrita soluble .....	0,0%
Contenido en anhídrita insoluble .....	9,8%
Contenido en impurezas .....	7,9%
	<hr/>
	100,0%

Área de RibaflechaMuestra núm. 15.- Yeso crudo

Contenido en agua combinada .....	16,0%
Contenido en anhídrido sulfúrico (SO <sub>3</sub> ) .....	36,5%
Índice de pureza .....	78,1%

Muestra núm. 16.- Yeso cocidoAnálisis químico

Contenido en agua combinada .....	3,9%
Contenido en anhídrido sulfúrico .....	43,6%
Índice de pureza .....	78,0%

Finura de molido

Retención máxima en el tamiz 0,2	
UNE 7050 .....	4,3%

Consistencia normal

Relación agua/yeso correspondiente al amasado a saturación .....	A/4 = 0,61
Tiempo de principio de fraguado .....	7 min.
Tiempo de fin de fraguado .....	23 1/2 min.

Resistencia mecánica a flexotracción

Resistencia media de dos series de probetas fabricadas con una relación agua/yeso = 0,8 y conservadas 5 días en cámara húmeda - - (95 ± 5% Hr) y 2 días en estufa (45 ± 5° C)....	30,4 kg/cm <sup>2</sup>
---	-------------------------

Ensayo de fases

Contenido en dihidrato .....	1,8%
Contenido en semihidrato .....	57,0%
Contenido en anhídrita soluble .....	0,0%
Contenido en anhídrita insoluble .....	19,2%
Contenido en impurezas .....	22,0%
	<hr/>
	100,0%

4.11.4.- Oligoceno de Navarra

Dentro de las zonas de yesos oligocenos seleccionadas en la provincia de Navarra, no existe ninguna fábrica dedicada a la elaboración del yeso.

La calidad de este material, por tanto, ha de buscarse - en los resultados de los análisis de las muestras procedentes de los sondeos efectuados en esas zonas. No obstante, se han tomado muestras en una fábrica del área de Puente la Reina, que elabora yesos de esta misma formación, y por tanto de características muy similares.

Muestra núm. 17.- Yeso crudo

Contenido en agua combinada .....	17,5%
Contenido en anhídrido sulfúrico (SO <sub>3</sub> ) ....	38,8%

Indice de pureza ..... 83,5%

Muestra núm. 18.- Yeso fino cocido

Análisis químico

Contenido en agua combinada ..... 4,6%  
 Contenido en anhídrido sulfúrico ..... 47,4%  
 Índice de pureza ..... 85,2%

Finura de molido

Retención máxima en el tamiz 0,2  
 UNE 7050 ..... 10,0%

Consistencia normal

Relación agua/yeso correspondiente al amasado a saturación .....  $A/4 = 0,65$   
 Tiempo de principio de fraguado ..... 6 min.  
 Tiempo de fin de fraguado ..... 16 min.

Resistencia mecánica a flexotracción

Resistencia media de dos series de probetas fabricadas con una relación agua/yeso = 0,8 y conservadas 5 días en cámara húmeda ( $95 \pm 5\%$  Hr) y 2 días en estufa ( $45 \pm 5^\circ\text{C}$ ) .....  $29,6 \text{ kg/cm}^2$

Ensayo de fases

Contenido en dihidrato ..... 3,0%  
 Contenido en semihidrato ..... 64,2%  
 Contenido en anhídrita soluble ..... 0,0%  
 Contenido en anhídrita insoluble ..... 18,0%  
 Contenido en impurezas ..... 14,8%  
 100,0%

Muestra núm. 19.- Yeso grueso cocidoAnálisis químico

Contenido en agua combinada .....	5,7%
Contenido en anhídrido sulfúrico .....	46,0%
Índice de pureza .....	83,9%

Finura de molido

Retención máxima en el tamiz 0,2 UNE 7050 .....	40,0%
--	-------

Consistencia normal

Relación agua/yeso correspondiente al amasado a saturación .....	A/4 = 0,65
Tiempo de principio de fraguado .....	7 1/2 min.
Tiempo de fin de fraguado .....	23 min.

Resistencia mecánica a flexotracción

Resistencia media de dos series de probetas - fabricadas con una relación agua/yeso = 0,8 y conservadas 5 días en cámara húmeda ( $95 \pm 5\%$ Hr) y 2 días en estufa ( $45 \pm 5^\circ\text{C}$ ) .....	25,0 kg/cm <sup>2</sup>
---	-------------------------

Ensayo de fases

Contenido en dihidrato .....	9,4%
Contenido en semihidrato .....	60,5%
Contenido en anhídrita soluble .....	0,0%
Contenido en anhídrita insoluble .....	14,0%
Contenido en impurezas .....	16,1%
	<hr/>
	100,0%

#### 4.11.5.- Yesos de Fuentes de Jiloca

En el apartado 3.7 se describe la Cubeta de Calatayud; en ella se ha seleccionado la zona V-8 -Calatayud-, dando las muestras tomadas en la misma (procedentes de los niveles alabastrinos situados en la zona de Fuentes de Jiloca) los siguientes resultados:

##### Muestra núm. 20.- Yeso crudo para Escayola

Contenido en agua combinada .....	19,7
Contenido en anhídrido sulfúrico (SO <sub>3</sub> ) .....	44,7
Índice de pureza .....	95,7%

##### Muestra núm. 21.- Producto cocido (Escayola)

###### Análisis químico

Contenido en agua combinada .....	4,8%
Contenido en anhídrido sulfúrico .....	51,5%
Índice de pureza .....	92,4%

###### Finura de molido

Retención máxima en el tamiz 0,2 UNE 7050 .....	6,1%
--	------

###### Consistencia normal

Relación agua/yeso correspondiente al amasado a saturación .....	A/4 = 0,55
Tiempo de principio de fraguado .....	10 min.
Tiempo de fin de fraguado .....	30 min.

###### Resistencia mecánica a flexotracción

Resistencia media de dos series de probetas - fabricadas con una relación agua/yeso = 0,8 y conservadas 5 días en cámara húmeda - - (95 ± 5% Hr) y 2 días en estufa (45 ± 5° C).	45,3 kg/cm <sup>2</sup>
---	-------------------------

Ensayo de fases

Contenido en dihidrato .....	1,2%
Contenido en semihidrato .....	73,6%
Contenido en anhidrita soluble .....	0,0%
Contenido en anhidrita insoluble .....	17,6%
Contenido en impurezas .....	7,6%
	<u>100,0%</u>

4.11.6.- Formación de yesos de Zaragoza

En las muestras tomadas se han dado los siguientes resultados:

ZONA V-15 -GELSAMuestra núm. 22.- Crudo para escayola

Contenido en agua combinada .....	18,9
Contenido en anhídrido sulfúrico (SO <sub>3</sub> ) .....	45,3
Índice de pureza .....	95,9

Muestra núm. 23.- Producto cocido (Escayola)Análisis químico

Contenido en agua combinada .....	5,7%
Contenido en anhídrido sulfúrico .....	54,0%
Índice de pureza .....	97,5%

Finura de molido

Retención máxima en el tamiz 0,2 UNE 7050 .....	0,0%
--	------

Consistencia normal

Relación agua/yeso correspondiente al amasado a saturación .....	A/4 = 0,69
---	------------

Tiempo de principio de fraguado .....	20 min.
Tiempo de fin de fraguado .....	49 min.

#### Resistencia mecánica a flexotracción

Resistencia media de dos series de probetas fabricadas con una relación agua/yeso = 0,8 y conservadas 5 días en cámara húmeda ( $95 \pm 5\%$ Hr) y 2 días en estufa ( $45 \pm 5^\circ$ C) .....	40,4 kg/cm <sup>2</sup>
---	-------------------------

#### Ensayo de fases

Contenido en dihidrato .....	1,8%
Contenido en semihidrato .....	81,4%
Contenido en anhidrita soluble .....	0,0%
Contenido en anhidrita insoluble .....	7,7%
Contenido en impurezas .....	9,1%
	100,0%

#### ZONA V-11-ZARAGOZA

##### Muestra núm. 24.- Yeso crudo

Contenido en agua combinada .....	18,9%
Contenido en anhídrido sulfúrico (SO <sub>3</sub> ) .....	42,5%
Índice de pureza .....	91,2%

##### Muestra núm. 25.- Yeso cocido

#### Análisis químico

Contenido en agua combinada .....	3,1%
Contenido en anhídrido sulfúrico .....	45,7%
Índice de pureza .....	80,8%

#### Finura de molido

Retención máxima en el tamiz 0,2 UNE 7050 .....	37,8%
--	-------

Consistencia normal

Relación agua/yeso correspondiente al amasado a saturación .....	A/4 = 0,50
Tiempo de principio de fraguado .....	6 min.
Tiempo de fin de fraguado .....	13 min.

Resistencia mecánica a flexotracción

Resistencia media de dos series de probetas con una relación agua/yeso = 0,8 y conservadas 5 días en cámara húmeda ( $95 \pm 5\%$ Hr) y 2 días en estufa ( $45 \pm 5^\circ$ C) .....	13,6 kg/cm <sup>2</sup>
--	-------------------------

Ensayo de fases

Contenido en dihidrato .....	7,8%
Contenido en semihidrato .....	23,8%
Contenido en anhidrita soluble .....	0,0%
Contenido en anhidrita insoluble .....	49,2%
Contenido en impurezas .....	19,2%
	<hr/>
	100,0%

4.11.7.- Formación de Yesos de Barbastro

En el Oligoceno de Huesca, y dentro de la formación de yesos de Barbastro, se ha seleccionado la zona V-16 Tamarite de Litera (Huesca).

En ésta zona se han tomado muestras de yeso crudo y cocido. Los ensayos han dado los siguientes resultados:

Muestra núm. 26.- Yeso crudo

Contenido en agua combinada .....	19,6%
Contenido en anhídrido sulfúrico (SO <sub>3</sub> ) ....	45,3%
Índice de pureza .....	96,6%

Muestra núm. 27.- Yeso cocido

Contenido en agua combinada .....	3,7%
Contenido en anhídrido sulfúrico .....	45,6%
Índice de pureza .....	81,2%

Finura de molido

Retención máxima en el tamiz 0,2 UNE 7050 .....	31,0%
--	-------

Consistencia normal

Relación agua/yeso correspondiente al amasado a saturación .....	A/4 = 0,54
Tiempo de principio de fraguado .....	5 min.
Tiempo de fin de fraguado .....	21 min.

Resistencia mecánica a flexotracción

Resistencia media de dos series de probetas fabricadas con una relación agua/yeso = 0,8 y conservadas 5 días en cámara húmeda ( $95 \pm 5\%$ Hr) y 2 días en estufa ( $45 \pm 5^\circ$ C) .....	21,7 kg/cm <sup>2</sup>
---	-------------------------

Ensayo de fases

Contenido en dihidrato .....	6,2%
Contenido en semihidrato .....	38,9%
Contenido en anhídrita soluble .....	0,0%
Contenido en anhídrita insoluble .....	36,1%
Contenido en impurezas .....	18,8%
	100,0%

#### 4.12.- AJUSTE DE LOS YESOS DE LA ZONA A LA NORMATIVA EXIGIDA A LOS USOS A QUE SE DESTINAN Y OTROS POSIBLES EMPLEOS.

Para el desarrollo del presente capítulo, se considerarán el 4.10, en el que se recogen las especificaciones que debe cumplir el yeso para los distintos usos a que se destina, y el 4.11, en el que se recogen las características tecnológicas de los yesos de las distintas zonas estudiadas.

Asimismo, se consideran las leyes medias obtenidas en los sondeos, a través de los análisis mineralógicos y químicos de las distintas muestras seleccionadas.

Las leyes medias de los sondeos están referidas sólo y exclusivamente a los tramos yesíferos, no considerándose, por tanto, la montera y los niveles potentes de fracción no yesífera; sí se tienen en cuenta, por el contrario, aquellos tramos arcillosos y margosos pobres en yeso, que en ocasiones son separados a pie de cantera, para obtener un producto de más alta calidad. No es de extrañar, por tanto, que estas leyes sean en ocasiones inferiores a las de los yesos crudos empleados en la fabricación de yesos (reflejadas en el capítulo 4.11).

Se seguirá a lo largo de este capítulo, la misma línea - que se ha venido utilizando en los precedentes, considerando las distintas zonas dentro de la facies correspondiente.

##### 4.12.1.- Facies margo-yesífera de la Cuenca del Duero

En ella quedan integradas las zonas V-1 Iscar y V-2 Torquemada.

##### Zona V-1 -Iscar

El índice de pureza medio en  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  obtenido a través

de los sondeos realizados, ha sido de 41,15%, mientras que el del crudo para tratamiento es de 68,20% (muestra n° 1 del apartado 4.11.1); por tanto, según la norma UNE - 41.169, este yeso pertenece a la clase IV.

La muestra n° 2, representativa de un tipo de yeso fino cocido fabricado en la zona, tiene un índice de pureza del 45,8%, y de acuerdo con los ensayos efectuados -apartado 4.11.1- no cumple ninguna de las especificaciones mínimas exigidas para el Y-12 (Yeso para conglomerantes de albañilería).

Debido a su bajo índice de pureza, no cumple tampoco ninguno de los requisitos mínimos exigidos por la normativa extranjera para los distintos usos.

Las impurezas más corrientes existentes en la zona dentro de los bancos de yeso son: dolomita, mica, arcilla, calcita, ankerita e indicios de cuarzo.

#### Zona V-2 Torquemada

Los sondeos realizados en esta zona arrojan una ley media aproximada del 56,50%. Dado que las explotaciones se llevan a cabo subterráneamente, se ha prescindido para la obtención de las leyes medias de los sondeos, al igual que en la zona anterior, de la montera y de aquellos tramos potentes no yesíferos.

Se han tomado dos muestras de yeso crudo: crudo normal y crudo enriquecido (núms. 3 y 4 del apartado 4.11.1), cuyos índices de pureza son, respectivamente, 54 y 75%; de acuerdo con la norma UNE 41.169, el crudo normal no cumple el mínimo porcentaje de  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  exigido, y el crudo enriquecido está encuadrado dentro de la clase III.

En cuanto a su inclusión dentro de la normativa extranjera, el yeso crudo enriquecido está dentro de la clase III en las normas ISO, y en las UNI se le incluye en la clase G III; el crudo normal no cumple ninguno de los requisitos exigidos en estas normas.

Se han tomado dos muestras de yeso calcinado, representativas de los tipos fino y grueso (nº 5 y 6 respectivamente).

Los índices de pureza de las mismas son 61,9% para el fino y 54,1% para el grueso.

Los ensayos efectuados en estas muestras -apartado 4.11.1-, indican que el yeso fino no cumple la pureza mínima exigida para el tipo Y-12, mientras que la finura de molido corresponde a la clase Y-25 F. Su resistencia mecánica a flexotracción corresponde a un Y-12.

El otro tipo, grueso, no cumple el índice de pureza mínimo exigido para el Y-12. La finura de molido corresponde a Y-25 G y la resistencia mecánica a flexotracción corresponde a Y-12.

Estos yesos, bajos en su índice de pureza, no cumplen las especificaciones mínimas exigidas para los distintos usos por la normativa extranjera -capítulo 4.10-.

Las impurezas más usuales que contienen estos yesos son: calcita, dolomita, mica, arcilla, ankerita e indicios de cuarzo.

#### 4.12.2.- Facies yesífera Briviesca-Belorado

En esta región se ha seleccionado la zona V-3 Cerezo de Riotirón.

Los yesos de esta zona son de mejor calidad que los de la Cuenca del Duero, estimándose la ley media general obtenida de los sondeos realizados en la zona, en un 78,90%.

Siguiendo la misma línea que en las zonas anteriores, se han analizado muestras del crudo y calcinado elaborado, estando sus características tecnológicas insertas en el apartado 4.11.2

Se han ensayado dos muestras de yeso crudo: crudo normal y crudo seleccionado para la obtención de productos prefabricados (núms. 7 y 8 respectivamente); la muestra de crudo dió un índice de pureza del 80,0%, por lo que según la norma UNE - 41169 se encuadra dentro de la clase II. El crudo para prefabricados, con un 91,7% de pureza, pertenece a la clase I según la misma norma.

Estos tipos de crudo, según las normas ISO, están incluidos dentro de las clases II y I respectivamente.

En las normas italianas UNI, dado el % de  $\text{SO}_3$  y el  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  que contienen, se incluyen en las clases G II y GI-N respectivamente.

Las muestras núms. 9 y 10 representan dos tipos de yeso calcinado; uno fino cocido y otro cocido para prefabricados.

El primer tipo, con un índice de pureza del 83%, se clasifica, de acuerdo con los ensayos efectuados -apartado 4.11.2-, como un Y-25 G. Por su resistencia mecánica a flexotracción corresponde a E-30.

El yeso cocido para prefabricados, que tiene un índice de pureza del 87,8%, se clasifica como un Y-25 G, de acuerdo con sus características tecnológicas. El índice de pureza y la resistencia mecánica a flexotracción corresponden a E-30.

En cuanto a lo referente a su inclusión en la normativa extranjera, el primer tipo de yeso cocido puede utilizarse, ateniéndonos al contenido en  $SO_3$ , en la fabricación de Plaster de París, Plaster de yeso hemihidratado retardado y Plaster de yeso anhidro de la norma B.S.I. Inglesa.

En la normativa Francesa (N.F.), este tipo de yeso queda incluido dentro del yeso fino para construcción en su clase 2. Ateniéndonos tan sólo a su contenido en  $SO_3$  y a su rechazo en el tamiz 0,2, puede incluirse dentro del apartado de yeso fino para enlucidos de muy alta dureza. Con un grado de molturación más alto, podría utilizarse como yeso para staff.

Por lo que se refiere a la Normativa Italiana (UNI), este tipo de yeso queda englobado dentro de la clase 2<sup>a</sup>.

El segundo tipo de yeso obtenido en la zona, cocido para prefabricados (muestra n° 10), cumple el mínimo exigido en cuanto a  $SO_3$  para su utilización en la fabricación de Plaster de París, Plaster de yeso hemihidratado retardado, Plaster de yeso anhidro y Cemento Keene, según las normas B.S.I. inglesas.

Debido a su alto contenido en  $CaSO_4 \cdot 1/2H_2O$ , puede utilizarse en la fabricación de Plaster de yeso para acabados finos, Plaster de yeso puro, Plaster de yeso puro tipo "R", y Plaster de yeso con fibras de madera, según especificaciones de las normas A.S.T.M americanas.

De acuerdo con la norma Francesa (N.F.), este tipo de yeso se puede utilizar en la fabricación de yeso fino para construcción, yeso fino para enlucido de muy alta dureza y yeso para staff, siempre y cuando su finura se lleva a un grado más extremo.

La norma Italiana encuadra este tipo de yeso dentro de la clase 2<sup>a</sup>.

#### 4.12.3.- Triásico de Logroño

Dentro de estos materiales se ha seleccionado la zona V-4 Ribaflecha, La Ley media obtenida a través de los sondeos realizados en la misma se ha estimado en 84,50% aproximadamente.

Dentro de este yacimiento de yeso se han muestreado dos áreas bastante representativas: área de Ribaflecha propiamente dicha y área de Viguera.

##### Area de Ribaflecha

Se han tomado las muestras núms. 15 y 16 correspondientes a un tipo de yeso crudo y a uno de yeso cocido.

El yeso crudo, con un índice de pureza del 78,1% y un contenido en  $SO_3$  del 36,5%, está englobado dentro de la clase III, tanto en las normas españolas como en las italianas e ISO.

El yeso cocido tiene un índice de pureza del 78%, con un contenido en  $SO_3$  del 45,6%. A la vista de los resultados obtenidos en los distintos ensayos efectuados, esta muestra se clasifica como Y-20, mientras que si nos atenemos a su finura de molido corresponde a Y-25 F, y si lo hacemos al valor de su resistencia mecánica a flexotracción corresponde a un E-30.

Según las normas B.S.I., este tipo de yeso, con arreglo a su contenido en  $SO_3$ , se puede utilizar para la fabricación de: Plaster de París, Plaster de yeso hemihidratado retardado y Plaster de yeso puro.

De acuerdo con la norma francesa(N. F.), y teniendo en cuenta su contenido en  $SO_3$ , el rechazo en el tamiz 0,2 mm, y el tiempo de fraguado, se puede utilizar en la fabricación de yeso fino clase 2 y yeso fino de muy alta dureza.

En cuanto a las normas italianas (UNI), este tipo de yeso queda englobado dentro de la clase 3<sup>a</sup>.

#### Area de Viguera

Se tomaron dos muestras de yeso crudo (núms. 11 y 12) con unos índices de pureza del 82,2 y 92,1% respectivamente, por lo que quedan englobadas en la clase II la primera y en la I la segunda, según las normas españolas.

De acuerdo con las normas ISO pertenecen también a las clases II y I respectivamente. Las normas UNI las clasifican como clase G-II y G-I N.

Asimismo, las muestras núms. 13 y 14 representan dos tipos de yeso calcinado que se obtiene en el área que nos ocupa.

La muestra núm. 13, con un índice de pureza del 76,9%, está clasificada, a la vista de sus características tecnológicas - apartado 4.11.3.-, como un Y-20. Según su finura de molido corresponde a un Y-25 G, mientras que su resistencia mecánica a flexotracción corresponde a un E-30.

El otro tipo de yeso calcinado (muestra núm. 14), tiene un índice de pureza del 92,1%, y debido a sus características tecnológicas se clasifica como E-35.

Según la normativa inglesa estos dos tipos de yeso, en función de su contenido en  $SO_3$ , pueden emplearse para fabricación de Plaster de París, Plaster de yeso hemihidratado retardado, y Plaster de yeso anhidro. Además, la muestra de yeso núm. 14 puede utilizarse para la obtención del producto denominado cemento Keene.

Siguiendo las normas A.S.T.M, el yeso calcinado representado por la muestra núm. 14, y basándose en su contenido en hemihidrato, se puede emplear en la obtención de: Plaster de ye

so para acabados finos, Plaster de yeso puro, Plaster de yeso puro tipo "R", y Plaster de yeso con fibras de madera.

De acuerdo con la normativa francesa, los dos tipos de yeso se pueden utilizar para la obtención de yeso fino para la construcción, mientras que el de mayor índice de pureza puede emplearse en función de su granulometría, fraguado y contenido en  $SO_3$ , para la fabricación de yeso fino para enlucido de muy alta dureza y yeso para staff.

Por lo que se refiere a las normas italianas (UNI), estos yesos quedan clasificados como clase 3<sup>a</sup> y 1<sup>a</sup> para construcción, respectivamente.

#### 4.12.4.- Oligoceno de Navarra

Teniendo en cuenta lo indicado para el Oligoceno de Navarra en el apartado 4.11.4, se describen a continuación las características de las zonas que comprende: Peralta, Tafalla y Caparoso.

##### Zona V-5 Peralta

La ley media obtenida en los sondeos efectuados es del 74,27% aproximadamente.

Las impurezas más corrientes que contienen estos yesos son: calcita, dolomita, mica, arcilla y magnesita.

##### Zona V-6 Tafalla

La ley obtenida en los sondeos efectuados en esta zona es del orden del 87%, siendo sus impurezas más normales dolomita, cuarzo y mica.

Zona V-7 Caparroso

En los sondeos efectuados en esta zona, se ha estimado una ley media del 59%, siendo las impurezas más frecuentes la dolomita, mica, cuarzo y magnesita.

Las muestras núms. 17, 18 y 19, representativas de tipos de yeso crudo y calcinado de esta facies, corresponden al área yesífera de Puente de la Reina.

El índice de pureza de la muestra de yeso crudo (núm.17) es de un 83,5%, quedando incluida según la norma española en la clase II; en esta misma clase la incluyen las normas ISO y UNI.

Las muestras núms. 18 y 19 son representativas de dos tipos de yeso calcinado. La primera queda clasificada, de acuerdo con sus características tecnológicas, como Y-25 F, mientras que si nos atenemos a su índice de pureza (85,2%) sería una E-30.

En cuanto a la segunda, e igualmente de acuerdo con sus características tecnológicas, se clasifica como Y-25 G.

De acuerdo con las especificaciones requeridas por la normativa extranjera pueden emplearse estos yesos en los siguientes usos:

Según las normas B.S.I. estos dos tipos de yeso se pueden emplear para la fabricación de: Plaster de París, Plaster de yeso hemihidratado retardado y Plaster de yeso anhidro, pudiéndose emplear también el primer tipo (muestra núm. 18) para la obtención de cemento Keene.

Según la normativa francesa el tipo de yeso representado por la muestra n° 18, podría utilizarse para la fabricación de

yeso fino de construcción, yeso fino para enlucido de muy alta dureza y yeso para staff (para este último uso su granulometría debería ser más fina).

En cuanto al segundo tipo de yeso (muestra núm. 19), podría tener estos mismos usos, siempre y cuando su molienda se llevara a cabo con una mayor finura.

Para la normativa italiana (UNI), estos dos tipos de yeso quedan englobados en la clase 2<sup>a</sup> de yesos para edificación.

#### 4.12.5.- Formación de yesos de Calatayud. Yesos de Fuentes de Jiloca

En esta formación se ha seleccionado la zona V-8 Calatayud. En la misma se van a distinguir las áreas yesíferas de Calatayud y Fuentes de Jiloca.

En el área de Calatayud la ley media obtenida en el sondeo realizado ha sido del 87%, aproximadamente. Las impurezas más frecuentes de estos yesos son: calcita e indicios de cuarzo.

En función de su índice de pureza, este yeso podría clasificarse dentro de la clase II, tanto en la norma UNE como ISO y UNI. Por lo que se refiere al área de Fuentes de Jiloca, el índice de pureza obtenido en un tipo de yeso crudo (muestra núm. 20), ha sido del 95,7%, mientras que la ley media del todo uno del sondeo realizado en esta zona ha sido del orden del 74%.

Estas considerables diferencias son consecuencia de la selección de material que se lleva a cabo en las canteras. Es por esto por lo que para analizar las calidades del yeso del área, se tiene en cuenta el índice de pureza de la muestra n°20,

representativa de un tipo de yeso crudo ya seleccionado. Las normas UNE le clasifican como clase I Extra.

En las normas ISO queda incluido éste como clase I, y en las UNI como clase G I-S.

La muestra n° 21, representativa de un tipo de yeso cocido del área de Fuentes de Jiloca, tiene un índice de pureza de 92,4%; por sus características tecnológicas se clasifica como Y-25 F; basándose en su índice de pureza y resistencia mecánica a flexotracción pertenece al tipo E-35.

Comparando los resultados obtenidos en esta muestra (apartado 4.11), con las especificaciones exigidas por la normativa internacional, se tienen los siguientes resultados:

Según las normas BSI, este tipo de yeso se puede emplear, de acuerdo con su contenido en  $SO_3$ , para la fabricación de Plaster de París, Plaster de yeso hemihidratado retardado, Plaster de yeso anhidro y cemento Keene.

Según las normas ASTM, y de acuerdo con su contenido en  $CaSO_4 \cdot 1/2H_2O$ , puede emplearse en la elaboración de Plaster de yeso para acabado fino, Plaster de yeso puro, Plaster de yeso puro tipo "R" y Plaster de yeso con fibras de madera.

Las normas francesas (NF) establecen que por su contenido en  $SO_3$ , tiempo de fraguado y finura, se puede emplear, aparte de para otros productos de menor calidad, en la obtención de yeso fino para enlucidos de muy alta dureza, y con una granulometría más fina en la obtención de yesos para staff.

La norma italiana (UNI) engloba este tipo de yeso en la clase 1<sup>a</sup> de yesos para edificación.

#### 4.12.6.- Formación de yesos de Zaragoza

En esta formación se incluyen las zonas V-9 Tauste, V-10 Zuera, V-11 Zaragoza, V-12 Alfajarín y V-15 Gelsa.

##### Zona V-9 Tauste

La ley media de los sondeos realizados alcanza un valor próximo al 61%. Ateniéndose a este valor del índice de pureza tanto las normas UNE como ISO y UNI engloban este yeso dentro de la clase IV. Las impurezas más corrientes que acompañan a estos yesos son dolomitas, arcillas e indicios de cuarzo.

##### Zona V-10 Zuera

El tanto por ciento de  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  obtenido como valor medio de los sondeos realizados en esta zona, tiene un valor aproximado de 71. Está incluido, pues, tanto en la normativa española como italiana e ISO, dentro de la clase III.

Estos yesos contienen impurezas de dolomita, cuarzo, ankerita y mica.

##### Zona V-11 Zaragoza

Se ha obtenido una ley media del orden del 78% en  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , a partir de los sondeos realizados en esta zona.

En la muestra nº 24, perteneciente a un tipo de yeso crudo de esta área, se ha obtenido un índice de pureza del 91,2%, quedando por tanto incluida en la clase I, según las normas UNE.

Las normas ISO lo clasifican como yeso de 1<sup>a</sup>, mientras que las UNI lo engloban dentro de la GI-N.

Las impurezas que acompañan a estos yesos son: dolomita, arcilla, marga, cuarzo e indicios de mica.

La muestra n° 25, representativa de un tipo de yeso calcinado de esta zona, queda clasificada, de acuerdo con sus características tecnológicas, como Y-12. Ateniéndose a su índice de pureza se considera un Y-25, y a su finura de molido un Y-25 G.

Por su contenido en  $SO_3$  las normas inglesas (B.S.I.) permiten emplearlo en la elaboración de: Plaster de París, Plaster de yeso hemihidratado retardado y Plaster de yeso anhidro.

La norma francesa (N.F.) lo califica, en función de su contenido en  $SO_3$ , tiempo de fraguado y finura de molido, como yeso grueso de construcción de clase 2<sup>a</sup>. En función del tiempo de fraguado y del contenido en  $SO_3$ , podría emplearse para la elaboración de yeso fino de construcción y yeso fino para enlucidos de muy alta dureza.

Las normas italianas lo incluyen dentro de la clase 2<sup>a</sup> de yesos para la edificación.

#### Zona V-12 Alfajarín

En los sondeos realizados en esta zona se ha obtenido una ley media en  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  del 81% aproximadamente.

Las normas UNE, ISO y UNI, atendiendo al índice de pureza, engloban a estos yesos en la clase II.

Las impurezas que más frecuentemente acompañan a estos yesos son: dolomita, cuarzo, arcilla y mica.

Zona V-15 Gelsa

Los datos obtenidos a través de los sondeos efectuados en la zona, dan una ley media en yeso del conjunto del 80%, - mientras que la ley media del nivel explotado sobrepasa el 92%.

La muestra n° 22, representativa de un tipo de yeso crudo, tiene un índice de pureza del 95,9% por lo cual queda incluida dentro de la clase I Extra, según las normas UNE.

Las normas ISO clasifican esta piedra de yeso como clase I y las UNI como clase GI-S.

Las impurezas más frecuentes son: dolomita, cuarzo, mica y arcilla.

Debe tenerse en cuenta en la presente zona, que el material que se destina a cocción ha sido obtenido previa selección del producto en cantera.

La muestra n° 23, que representa un tipo de yeso calcinado obtenido en la zona, ha sido clasificado según sus características tecnológicas como E-35.

La clasificación de este yeso según las especificaciones extranjeras es la siguiente:

Normas ASTM.- Por su contenido en  $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$  puede utilizarse para su empleo en Plaster de yeso para acabados finos, Plaster de yeso puro, Plaster de yeso puro tipo "R", Plaster de yeso con fibras de madera y Plaster de molduras y yesos de enlucidos.

Normas B.S.I.- Por su contenido en  $\text{SO}_3$ , este tipo de yeso puede emplearse en la obtención de Plaster de París, Plaster de yeso hemihidratado retardado, Plaster de yeso anhidro y Cemento Keene.

Normas N.F.- En función de su contenido en  $\text{SO}_3$ , finura de molido y tiempo de fraguado, este tipo de yeso se puede utilizar como yeso fino de muy alta dureza o como yeso para staff.

Normas UNI.- Por su índice de pureza se engloba a este yeso dentro de la clase 1<sup>a</sup> de yesos para edificación.

#### 4.12.7.- Formación de yesos de Vinaceite

Corresponde a esta formación la zona V-13 Lécera.

La ley media en  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , obtenida a través de los sondeos efectuados, ha sido del 66%, aproximadamente.

Estos yesos, tanto en las normas UNE como en las ISO y UNI, están englobados en la clase IV.

Las impurezas que contienen con más frecuencia son: calcita, arcilla, dolomita e indicios de cuarzo y mica.

#### 4.12.8.- Formación de yesos de Barbastro

A la formación de yesos de Barbastro pertenece la zona V-16 Tamarite de Litera.

La ley media en  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , obtenida a través de los sondeos realizados en dicha zona, puede estimarse en un 65%.

No obstante, y en algunas áreas, los yesos existentes presentan una riqueza superior a los resultados medios obtenidos, pudiéndose aumentar la ley con una selección previa.

Así, en el área de Albelda de Litera, se han tomado una muestra de yeso crudo (n° 26) representativa de un tipo de ye

so, cuyo análisis ha dado un índice de pureza del 96,6%, y un contenido en  $\text{SO}_3$  del 45,3%.

Este tipo de yeso, de acuerdo con las normas UNE, pertenece a la clase I Extra.

Las normas ISO lo engloban en la clase I y las UNI en la G-I S.

Las impurezas más frecuentes son: dolomita, arcilla, magnetita e indicios de cuarzo y mica.

La muestra nº 27, representativa de un tipo de yeso calcinado obtenido en el área, de acuerdo con las características tecnológicas obtenidas de los ensayos correspondientes, y según el Pliego del yeso y la escayola, se clasifica como Y-20. El índice de pureza corresponde a Y-25, y la finura de molido a Y-25 G.

Las normas B.S.I., en función del porcentaje en  $\text{SO}_3$ , definen este tipo de yeso calcinado como apto para la elaboración de Plaster de París, Plaster de yeso hemihidratado retardado y Plaster de yeso anhidro.

Por su contenido en  $\text{SO}_3$  y grado de finura, las normas NF lo consideran apto para yeso fino de construcción y yeso fino para enlucidos de muy alta dureza.

Por último, las normas UNI lo engloban dentro de la clase 2ª de yesos para edificación.

Nota: a lo largo de este capítulo, se han venido indicando las distintas utilizaciones posibles de los yesos de las Cuenas del Duero y Ebro, en función de una serie determinada de características.

Además de estas características ya reflejadas, las normas extranjeras exigen una serie de especificaciones (materias extrañas, humedad, resistencias mecánicas, finuras etc), que en cada norma y utilización en particular sería necesario efectuar.

#### 4.13.- CONCLUSIONES

Las consideraciones que se insertan en este apartado han sido deducidas de los resultados de los análisis efectuados - en las distintas formaciones.

##### Formación Margo-yesífera de la Cuenca del Duero

- Baja calidad de la piedra de yeso. Posible mejora mediante selección del material y de los niveles yesíferos.
- Extracción mediante galerías con mecanización media-alta.
- La industria transformadora tiene un nivel aceptable.
- Se piensa que con los yesos existentes en esta zona no se puede obtener un producto de calidad.

##### Formación yesífera Briviesca-Belorado

- Alta calidad de la piedra de yeso.
- Extracción a cielo abierto muy mecanizada.
- La industria transformadora se encuentra muy desarrollada.
- Son yesos que se pueden emplear para la obtención de productos de gran calidad: yesos finos y escayolas.

### Triásico de Logroño

- La calidad de estos yesos es muy alta.
- La mecanización de las canteras es buena.
- La industria transformadora tiene un nivel de mecanización alto.
- La piedra de yeso de esta zona permite elaborar yesos de gran calidad, escayolas y prefabricados.

### Oligoceno de Navarra

- La piedra de yeso tiene, en general, una calidad media-alta.
- La extracción es prácticamente nula, salvo en puntos aislados, donde presenta una mecanización media.
- La industria transformadora, por tanto, es prácticamente nula, salvo en los casos ya reseñados, donde presenta un nivel aceptable.
- La piedra de yeso permitiría la elaboración de un yeso de buena calidad.

### Formación de Yesos de Calatayud

- La calidad de la piedra de yeso es alta.
- No es extraen en ningún punto.
- No existe, por tanto, industria transformadora.
- Este material permitiría la fabricación de un yeso de buena calidad.

### Yesos de Fuentes de Jiloca

- La piedra de yeso es de una calidad alta.
- Existe una buena mecanización en las explotaciones.
- La industria transformadora está bien mecanizada.
- Este yeso es apto para la fabricación de productos prefabricados y escayolas de alta calidad para usos especiales.

Mioceno del Ebro (Fm. Yesos de Zaragoza y Fm. Yesos de Vinaceite)

- La calidad de los yesos es alta y llega a ser excelente previa selección del material.
- La extracción se lleva a cabo de forma muy diversa, estando en algunos puntos bien mecanizada.
- La tecnología de la industria transformadora también es muy variable, siendo en algunos puntos alta.
- Mediante selección se obtienen productos de muy alta calidad.

Formación de Yesos de Barbastro

- La calidad de la piedra de yeso es, en general, media-alta.
- Se benefician los yesos con escasa intensidad, y con un nivel tecnológico medio-bajo.
- La industria transformadora es deficiente.
- La piedra de yeso permitiría la elaboración de un yeso de buena calidad, especialmente si se realiza una selección previa.

5.- DIAGNOSIS ECONOMICA

## 5.1.- ASPECTOS GENERALES

### 5.1.1.- Geografía física

El área que nos ocupa comprende una buena parte del valle del Duero, entre Burgos y Valladolid, la mayor parte de la cuenca del Ebro, entre Villarcayo (Burgos) y Caspe (Zaragoza) y una pequeña porción situada al N de la Cordillera Cantábrica en la provincia de Vizcaya. Esta zona abarca parte de las provincias de Valladolid, Segovia, Palencia, Burgos, Alava, Vizcaya, Logroño, Navarra, Huesca, Zaragoza y Teruel.

La red hidrográfica está regida por los cauces del Ebro y Duero, que corren, respectivamente, hacia el mar Mediterráneo y Atlántico. Son numerosos los afluentes que reciben ambos ríos por sus dos márgenes; como especialmente caudalosos han de citarse los que nacen en los Pirineos y la Cordillera Cantábrica.

Unicamente en el sector más septentrional existe una pequeña zona perteneciente a la cuenca del Nervión, que vierte sus aguas en el mar Cantábrico.

Los núcleos de población más importantes están constituidos por las capitales de provincia, destacando por el número de habitantes Zaragoza y Valladolid; según datos de 1.972 la población de las ciudades del área estudiada es la siguiente:

Zaragoza	:	501.140
Valladolid	:	247.160
Pamplona	:	151.047
Vitoria	:	143.963
Burgos	:	119.261
Logroño	:	87.099
Palencia	:	58.597
Huesca	:	33.053

La industria de la zona se centra en los polos y polígonos industriales de Zaragoza, Valladolid, Burgos, Vitoria y Pamplona; aparte de estos núcleos pueden destacarse la industria conservera en Logroño, Navarra y Zaragoza.

En cuanto a vías de comunicación, puede decirse que la superficie que se describe dispone de abundantes carreteras y ferrocarriles, que facilitan el transporte de unas áreas a otras. Citemos entre las carreteras más importantes:

- N - I de Madrid a Irún
- N - II de Madrid a Barcelona
- N - 625 de Pancorbo a Bilbao
- N - 232 de Santander a Vinaroz
- N - 234 de Burgos a Daroca
- N - 611 de Palencia a Santander
- N - 623 de Burgos a Santander
- N - 620 de Burgos a Salamanca

Los ferrocarriles que siguen, por regla general, traza dos bastante próximos a las carreteras, comunican, igualmente entre sí, todas las capitales de provincia y pueblos más importantes.

5.1.2.- Población

La evolución seguida por la población en las once provincias que caen dentro de la competencia del estudio, así - como su comparación con el total nacional, es como sigue:

CUADRO I                      POBLACION: MEDIA ANUAL

	1964	1967	1969	1971
ALAVA	161.811	182.916	193.235	208.125
BURGOS	364.131	350.094	362.140	356.673
HUESCA	231.909	227.360	224.360	221.499
LOGROÑO	229.181	231.713	235.309	235.810
NAVARRA	407.723	432.439	455.791	467.857
PALENCIA	225.822	211.703	203.844	197.066
SEGOVIA	187.018	174.290	167.664	161.144
TERUEL	197.523	181.372	176.732	168.160
VALLADOLID	367.523	375.230	405.578	414.863
VIZCAYA	868.029	971.029	995.832	1.059.465
ZARAGOZA	692.321	707.386	745.229	765.115
TOTAL	3.933.054	4.045.532	4.165.714	4.255.777
ESPAÑA	31.564.321	32.455.620	33.291.787	34.003.178

Fuente: BANCO DE BILBAO

El área del Duero y Ebro es una de las más pobladas del país. Con una superficie que supone el 21% de la total, su población suponía en 1971 el 12,5% de la total del país.

En su conjunto, el número de habitantes ha venido aumentando a una tasa anual del 0,9%, salvo para los últimos años,

que fue del 0,7%. Provincias tales como Burgos, Huesca, Palencia, Segovia y Teruel, son las que tienen un mayor índice de despoblación. En las restantes, por el contrario, su población se ha visto incrementada, procediendo la mayor parte de la misma de las anteriores provincias.

En 1964 estas once provincias representaban el 12,4 % del total nacional y en 1971 era el 12,5%; esto significa un estancamiento respecto a su participación en el total del país. La población alcanzada en 1964 fue de 3.933.054 habitantes, pasando en 1971 a los 4.255.777 habitantes.

CUADRO II

## PORCENTAJE DE VARIACION

	67/64	69/67	71/69
ALAVA	+ 13,0	+ 5,6	+ 7,7
BURGOS	- 3,9	+ 3,4	- 1,5
HUESCA	- 2,0	- 1,4	- 1,3
LOGROÑO	+ 1,1	+ 1,7	+ 0,2
NAVARRA	+ 6,1	+ 5,3	+ 2,6
PALENCIA	- 6,3	- 3,8	- 3,3
SEGOVIA	- 6,9	- 4,1	- 3,9
TERUEL	- 8,2	- 2,8	- 4,9
VALLADOLID	+ 2,1	+ 8,0	+ 2,3
VIZCAYA	+ 11,9	+ 2,4	+ 6,4
ZARAGOZA	+ 2,2	+ 5,3	+ 2,7
TOTAL	+ 2,8	+ 2,9	+ 2,1
ESPAÑA	+ 2,8	+ 2,5	+ 2,1

Las variaciones registradas por las provincias han sido de signo diferente a lo largo de los años, pero en su conjunto el incremento ha sido similar al registrado por el total nacional, salvo el experimentado en 1969, que fue del 2,9%.

El coeficiente de población activa (tasa de actividad) es superior en el Duero y Ebro (41,4%) al de la media nacional (39,65%). La distribución por provincias, así como la tasa de actividad, es como sigue:

CUADRO III

## POBLACION OCUPADA

	1971	TASA DE ACTIVIDAD	VARIACION % DE LA POBLACION OCUPADA
ALAVA	94.528	45,42	5,0
BURGOS	161.839	45,37	- 6,1
HUESCA	94.730	42,77	- 2,7
LOGROÑO	108.100	45,84	- 3,2
NAVARRA	198.658	42,46	0,2
PALENCIA	82.261	34,29	3,0
SEGOVIA	70.387	43,68	- 3,6
TERUEL	75.591	40,08	1,2
VALLADOLID	153.568	37,02	- 1,2
VIZCAYA	417.357	39,39	1,7
ZARAGOZA	307.444	40,18	- 1,0
	1.764.463	41,4	-
TOTAL NACIONAL	13.482.511	39,65	1,2

Fuente: INFORME BANCO DE BILBAO - 1971

La estructura del empleo por sectores productivos es la siguiente:

CUADRO IV ESTRUCTURA DEL EMPLEO - %

	AGRICULTURA Y PESCA		INDUSTRIA		SERVICIOS	
	1967	1971	1967	1971	1967	1971
ALAVA	18,6	16,1	55,6	56,3	25,8	27,6
BURGOS	47,8	42,9	24,6	26,7	27,6	30,4
HUESCA	40,7	40,8	31,1	28,3	28,2	30,9
LOGROÑO	41,7	39,3	32,9	34,5	25,4	26,2
NAVARRA	31,7	28,0	39,4	40,4	28,9	31,6
PALENCIA	43,6	44,0	29,1	27,5	27,3	28,5
SEGOVIA	47,1	45,8	23,7	22,2	29,2	32,0
TERUEL	54,2	53,8	23,4	22,7	22,4	23,5
VALLADOLID	30,9	27,1	32,1	34,7	37,0	38,2
VIZCAYA	10,8	7,3	54,9	53,4	34,3	39,3
ZARAGOZA	28,2	26,8	35,9	35,7	35,9	37,5
NACIONAL	32,3	28,4	33,9	35,4	33,8	36,2

Como puede observarse, en el período 1967-1971 la población activa de la zona experimentó los mismos desplazamientos que la nacional. Es decir, descensos en el sector primario y aumentos en los dos restantes. No obstante, se observan notables diferencias cuando tomamos provincia por provincia. Así, provincias tales como Huesca y Palencia, han tenido una evolución contraria a la nacional en el sector primario.

Los sectores de industria y servicios registran unos índices crecientes, en particular en el referente al de servicios, donde la tasa de población activa aumenta constantemente. En el sector industrial, debido a la sucesiva automatización de los procesos productivos en algunas provincias (Vizcaya y Zaragoza), y a la escasa industrialización en otras (Huesca, Palencia, Segovia y Teruel), se vienen registrando unos descensos en la población ocupada en el sector.

### 5.1.3.- Renta y producto

En el año 1971, las provincias comprendidas en el área del Duero y Ebro, obtuvieron una renta total de 351.230 millones de pesetas, lo que supuso el 14,5% de la nacional, que frente al 12,5% de participación de la población, da origen a una renta per cápita media regional superior a la nacional.

En el cuadro V damos la evolución seguida por los ingresos y renta per cápita desde 1964. A lo largo de dicho período, estas 11 provincias, conjuntamente, han tenido un ritmo creciente de sus ingresos provinciales superior, incluso, al nacional. Para este último la tasa de incremento fue del 15,5% anual, mientras que para dichas provincias fue del 19,8% al año. Sin embargo, a pesar de los incrementos experimentados por los ingresos provinciales, su participación en el total nacional ha sido menor, puesto que del 14,9% en 1964, ha pasado al 14,5% en 1971 con máxima del 15% en 1969.

Cuatro provincias (Vizcaya, Zaragoza, Navarra y Valladolid) aportan el 9,9% del total nacional y el 68,3% de los ingresos obtenidos por estas once provincias. El resto, es decir, las otra siete, aportan el 4,6% del nacional y el 31,7% del regional. Esto da idea del desequilibrio existente entre las rentas totales de estas once provincias.

En lo referente a la renta "per cápita", la distribución es completamente diferente a la de los ingresos provinciales. En este apartado son cuatro las provincias que no superan la media nacional (Burgos, Palencia, Segovia y Teruel), mientras que Vizcaya figura en primer lugar del país con 105.947 ptas. por habitante; Alava la tercera con 101.781 ptas. por habitante; Navarra la octava con 84.160 ptas. por habitante; y así sucesivamente las restantes hasta el puesto veintiocho.

Estas desigualdades tan acusadas entre las provincias se deben, preferentemente, a que hemos englobado a regiones tan dispares como puede ser las Vascongadas y Navarra, de elevados niveles de actividad económica, con las de bajo nivel, como son Segovia, Teruel y Palencia. Es decir, provincias con características económicas tan dispares entre sí, que ocasionan estas diferencias entre unas y otras.

Agrupándolas según características comunes o por pertenecer a una misma región natural, las podemos clasificar de la siguiente manera:

VASCONGAGAS Y NAVARRA	INGRESOS 10 <sup>6</sup> pts	LUGAR QUE OCUPA EN EL TOTAL		RENTA "PERCAPITA"	LUGAR QUE OCUPA EN EL TOTAL	
		NACIONAL	%		NACIONAL	NACIONAL
VIZCAYA	111.421	4°	64,9	105.947	1°	
ALAVA	21.170	33°	12,3	101.718	3°	
NAVARRA	39.375	16°	22,8	84.160	8°	
	171.966		100,0	99.115		
<u>EBRO</u>						
ZARAGOZA	57.450	9°	56,8	75.037	14°	
LOGROÑO	17.800	36°	17,7	75.485	13°	
HUESCA	16.382	39°	16,2	73.960	15°	
TERUEL	9.394	47°	9,3	55.863	28°	
	101.026		100,0	72.680		

<u>DUERO</u>	<u>INGRESOS</u> <u>10<sup>6</sup> pts</u>	<u>LUGAR QUE</u> <u>OCUPA EN</u> <u>EL TOTAL</u> <u>NACIONAL</u>	<u>%</u>	<u>RENTA</u> <u>"PERCAPITA"</u>	<u>LUGAR QUE</u> <u>OCUPA EN</u> <u>EL TOTAL</u> <u>NACIONAL</u>
VALLADOLID	31.870	23°	40,7	76.821	12°
BURGOS	24.718	31°	31,6	69.302	17°
PALENCIA	11.587	43°	14,9	58.798	24°
SEGOVIA	<u>10.063</u>	46°	<u>12,9</u>	<u>62.447</u>	22°
	78.238		100,0	69.298	

La anterior clasificación es un poco arbitraria, pero la hemos considerado como la más adecuada, con el fin de analizar económicamente el área del Duero y Ebro.

	<u>INGRESOS</u> <u>10<sup>6</sup> pts</u>	<u>% TOTAL</u>	<u>% NACIONAL</u>
VASCONGADAS Y NAVARRA	171.966	48,9	7,1
EBRO	101.026	28,8	4,2
DUERO	<u>78.026</u>	<u>22,3</u>	<u>3,2</u>
TOTAL	<u>351.230</u>	<u>100,0</u>	<u>14,5</u>
NACIONAL	2.406.102	-	-

La región de las Vascongadas (sin incluir a Guipúzcoa) y Navarra, es la que mayor porcentaje de ingresos tiene respecto al total de las once provincias (48,9%), lo que supone el 7,1% del nacional. La renta "per cápita" es la más elevada de las tres regiones, y del país.

La renta total del Ebro representa el 28,8% de la del área, y el 4,2% del nacional, con una renta por habitante superior a la media nacional.

DISTRIBUCION PROVINCIAL DE LOS INGRESOS Y RENTA "PER CAPITA".-

CUADRO V

PROVINCIAS	1 9 6 4		1 9 6 7		1 9 6 9		1 9 7 1	
	10 <sup>6</sup> pts.	PER CAPITA (pts)						
ALAVA	6.944	42.916	11.345	62.027	15.699	81.243	21.170	101.718
BURGOS	11.179	30.702	15.708	44.870	20.427	56.406	24.718	69.302
HUESCA	7.379	31.822	9.878	43.448	12.423	55.371	16.382	73.960
LOGROÑO	8.593	37.496	11.637	50.225	14.444	61.383	17.800	75.485
NAVARRA	16.631	40.792	23.136	53.503	31.560	69.242	39.375	84.160
PALENCIA	6.830	30.249	8.420	39.806	10.058	49.342	11.587	58.798
SEGOVIA	4.938	26.404	6.456	37.046	7.952	47.428	10.063	62.447
TERUEL	5.264	26.652	6.298	32.727	8.541	48.327	9.394	55.863
VALLADOLID	11.626	31.634	18.658	49.725	24.007	59.192	31.870	76.821
VIZCAYA	44.960	51.793	64.138	66.052	82.294	82.638	111.421	105.947
ZARAGOZA	22.425	32.392	35.395	50.038	46.634	61.174	57.450	75.087
DUERO-EBRO	146.775	37.318	211.082	52.183	273.779	65.723	351.230	82.547
TOTAL NACIONAL	979.655	31.036	1.443.646	44.481	1.820.101	54.671	2.406.102	70.761

Fuente: Banco de Bilbao.

Por último, el Duero es la región más deprimida, con unos ingresos menores y con una renta "per cápita" inferior a la media nacional.

La producción bruta conjunta de todas las provincias - de este estudio representó el 14,3% de la nacional, en el año 1971, mostrando un aumento del 26,9% respecto al año 1969. La producción creció en todas las provincias, si bien los aumentos más fuertes se registraron en Valladolid (34,5%), Vizcaya (33,1%) y Huesca (30,8%), y los más débiles en Teruel (10,8%), y Palencia (14,3%).

Sin embargo, la mayor aportación a la producción bruta del área, la tiene Vizcaya (29,9%), Zaragoza (16,1%) y Logroño (11,3%). Las de menor son Teruel (2,8%) y Segovia (2,9%).

Con respecto a 1969 la producción bruta del área ha tenido un menor ritmo de crecimiento. Ese año la producción experimentó un aumento del 28%, superior a la registrada por el total nacional (26,4%) para el mismo año.

Por sectores de actividad, es el de servicios el que más peso tiene dentro del sistema productivo del Duero y Ebro. En 1971 este sector suponía el 44,3% de la Producción Bruta del área, con un aumento sobre el año 1969 del 40,5%. A continuación, y por orden de importancia, figura el sector industrial, con el 41,7% y un aumento del 24,4%, y por último, el que menos incidencia tiene en la producción bruta regional es el primario, tan sólo el 14,0% del total y aumento del 2,1%.

El sector primario en el conjunto de las once provincias ha experimentado un incremento del 2,1% durante 1971; su aportación a la producción bruta del área ha sido menor

que en el año 1969. Ese año este sector aportaba el 17,5% y en 1971 el 14,0%.

Este sector participó en la producción agrícola nacional con el 16,2% en 1971, cifra similar a la registrada en 1967. No obstante el retroceso que experimentó la producción del sector, su importancia con respecto a la total del país es todavía importante, siendo comparable a la que tiene el sector industrial.

El retroceso observado en este sector, es motivado por el descenso que se ha registrado en el mismo en provincias, tales como Teruel (-12,9%), Navarra (-6,7%), Zaragoza (-6,2%), Vizcaya (-4,1%) y Palencia (-1,6%). Las restantes, aunque han logrado incrementos, han sido sin embargo menores que los logrados en 1969; Huesca (26,6%), Valladolid (23,2%), Segovia (6,7%), Logroño (2,5%), Alava (0,4%) y Burgos (0,3%). La producción agrícola en el área del Duero y Ebro está poco concentrada, puesto que diez provincias aportan el 96,5% (cada una con una aportación que supera al 6%), y el 3,5% restante lo es para una sola, Alava.

Dentro de este sector, la producción pesquera tiene poca importancia. Vizcaya, por ser la única con litoral marítimo produce el 3,5% del nacional.

El sector industrial ha pasado a ocupar el segundo lugar en orden de importancia, dentro de la producción bruta de las once provincias. Durante 1971 este sector ha tenido un aumento del 24,4%, menor tasa que la registrada en 1969, que fue del 30,8%. Esto ha conducido a que su participación en la producción bruta haya descendido.

La producción de este sector para el área del Duero y Ebro , ha supuesto en 1971 el 16,4% de la producción nacional del mismo, cifra menor que la registrada en 1967 y 1969.

Valladolid (40,2%), Burgos (33,2%), Navarra (29,4%), Segovia (29,0%) y Vizcaya (26,4%) son las provincias que con respecto a 1969 han mostrado un crecimiento más espectacular. Sin embargo, dos provincias altamente industrializadas como son Alava y Vizcaya, han reducido su participación en la producción bruta, aunque en términos absolutos incrementaran su producción.

Cinco provincias aportaron en 1971 más del 80% de la producción industrial del área; estas son: Vizcaya (37,6%), Zaragoza (14,2%), Navarra (11,2%), Alava (8,8%) y Valladolid (8,3%).

El sector servicios es el que mayor tasa de incremento ha tenido, el 40,5% en 1971, lo que ha supuesto una participación del sector del 44,3% en la producción bruta. Todas las provincias, sin excepción, han tenido incrementos con relación a 1969, salvo Alava, que tuvo incremento, aunque menor que el del año anterior.

Vizcaya (29,7%), Zaragoza (19,1%), Navarra (10,8%) y Valladolid (9,4%) centralizan casi el 69% de la actividad del sector como centros neurálgicos del área; las demás provincias dependen o giran alrededor de las anteriores.

Si agrupamos a las once provincias de este estudio según la participación de cada una en los respectivos sectores - conforme a lo realizado para ingresos y renta per cápita, observamos que la importancia de cada región coincide

con la mostrada para los ingresos y renta per cápita.

PARTICIPACION PROVINCIAL EN LOS SECTORES - %

<u>VASCONGADAS Y NAVARRA</u>	<u>AGRICULTURA Y PESCA</u>	<u>INDUSTRIA</u>	<u>SERVICIOS</u>	<u>PRODUCCION BRUTA</u>
VIZCAYA	7,1	37,6	29,7	29,9
NAVARRA	12,6	11,2	10,8	11,3
ALAVA	<u>3,5</u>	<u>8,8</u>	<u>5,0</u>	<u>6,3</u>
	23,2	57,6	45,5	47,5
<u>EBRO</u>				
ZARAGOZA	13,2	14,2	19,1	16,1
LOGROÑO	9,0	3,8	5,0	5,1
HUESCA	10,5	4,3	4,5	5,3
TERUEL	<u>6,6</u>	<u>1,7</u>	<u>2,6</u>	<u>2,8</u>
	39,3	24,0	30,2	29,3
<u>DUERO</u>				
VALLADOLID	12,6	8,3	9,4	9,3
BURGOS	12,2	5,9	7,5	7,5
PALENCIA	6,4	2,6	3,3	3,5
SEGOVIA	<u>6,3</u>	<u>1,6</u>	<u>3,1</u>	<u>2,9</u>
	37,5	18,4	23,3	23,2

La región con un mayor nivel de actividad económica es la primera, con el 47,5% de la producción bruta; le siguen a distancia la región del Ebro (29,3%), y la del Duero (23,2%).

PRODUCCION PROVINCIAL POR SECTORES (V.A.B.) - 10<sup>6</sup> pt.

## CUADRO VI

	AGRICULTURA Y PESCA					INDUSTRIA					SERVICIOS					T O T A L				
	1967	1968	Δ 69-67	1971	Δ 71-69	1967	1969	Δ 69-67	1971	Δ 71-69	1967	1969	Δ 69-67	1971	Δ 71-69	1967	1969	Δ 69-67	1971	Δ 71-69
ALAVA	1.260	1.819	+ 44,3	1.828	+ 0,4	7.157	11.021	+ 53,9	13.638	+23,7	4.095	5.850	+ 42,8	8.207	+ 40,2	12.513	18.513	+ 47,9	23.678	+ 27,8
BURGOS	5.618	6.338	+ 12,8	6.361	+ 0,3	4.577	6.907	+ 52,9	9.203	+33,2	6.929	9.124	+ 31,6	12.310	+ 34,9	17.065	22.370	+ 31,0	27.874	+ 24,6
HUESCA	3.206	4.308	+ 34,3	5.458	+26,6	4.471	5.392	+ 20,5	6.664	+23,5	3.857	5.121	+ 32,7	7.276	+ 42,0	11.535	14.822	+ 28,4	19.398	+ 30,8
LOGROÑO	4.042	4.582	+ 13,3	4.697	+ 2,5	3.864	5.019	+ 29,8	5.986	+19,2	4.487	5.770	+ 28,5	8.149	+ 41,2	12.394	15.372	+ 24,0	18.832	+ 22,5
NAVARRA	5.383	7.111	+ 32,1	6.638	- 6,7	9.592	13.504	+ 40,7	17.481	+29,4	9.769	12.551	+ 29,5	17.816	+ 40,8	24.745	33.267	+ 34,4	41.935	+ 26,0
PALENCIA	2.561	3.403	+ 32,8	3.350	- 1,6	3.456	3.667	+ 6,1	4.044	+10,2	3.645	4.252	+ 16,6	5.559	+ 30,7	9.663	11.323	+ 17,1	12.953	+ 14,3
SEGOVIA	2.357	3.101	+ 31,5	3.309	+ 6,7	1.831	1.864	+ 1,8	2.405	+29,0	2.883	3.707	+ 28,5	5.145	+ 38,7	7.072	8.673	+ 22,6	10.859	+ 25,2
TERUEL	2.281	3.967	+ 73,9	3.456	-12,9	2.213	2.191	- 1,0	2.670	+21,8	2.466	3.198	+ 29,6	14.248	+ 32,8	6.961	9.357	+ 34,4	10.374	+ 10,8
VALLADOLID	4.379	5.399	+ 23,2	6.653	+23,2	7.910	9.080	+ 14,3	12.736	+40,2	9.014	11.308	+ 25,4	15.812	+ 35,4	21.304	25.788	+ 21,0	34.701	+ 34,5
VIZCAYA	3.165	3.826	+ 20,8	3.670	- 4,1	36.375	46.174	+ 26,9	58.371	+26,4	27.749	33.135	+ 19,4	48.766	+ 47,1	67.290	83.136	+ 23,5	110.707	+ 33,1
ZARAGOZA	5.670	7.389	+ 30,3	6.932	- 6,2	13.778	19.672	+ 42,7	21.741	+10,5	18.552	22.753	+ 22,6	31.426	+ 38,0	38.001	49.821	+ 31,1	60.099	+ 20,5
DUERO-EBRO	39.922	51.243	+ 28,3	52.352	+ 2,1	95.164	124.491	+ 30,8	154.939	+24,4	93.446	116.874	+ 25,0	164.214	+ 40,5	228.543	292.620	+ 28,0	371.405	+ 26,9
NACIONAL	246.147	292.329	+ 18,7	320.953	+ 9,7	565.212	733.423	+ 29,7	944.444	+28,7	740.356	936.904	+ 26,4	1.329.031	+ 41,8	1.551.716	1.962.656	+ 26,4	2.594.428	+ 32,2

Fuente: Banco de Bilbao.

PARTICIPACION DE LOS SECTORES EN EL TOTAL NACIONAL (V.A.B.) - 10<sup>5</sup> pts.-

CUADRO VII

	1 9 6 7			1 9 6 9			1 9 7 1		
	DUERO-EBRO (1)	NACIONAL (2)	% 1/2	DUERO-EBRO (1)	NACIONAL (2)	% 1/2	DUERO-EBRO (1)	NACIONAL (2)	% 1/2
Agricultura y pesca	39.922	246.147	16,2	51.243	292.329	17,5	52.352	320.953	16,2
Industria	55.164	865.212	16,8	124.491	733.423	16,9	154.939	944.444	16,4
Servicios	53.445	740.356	12,6	116.874	936.904	12,4	164.214	1.329.031	12,3
PRODUCCION BRUTA	228.543	1.551.716	14,7	232.620	1.962.655	14,9	371.405	2.594.428	14,3

Fuente: Banco de Bilbao.



## PARTICIPACION PROVINCIAL POR SECTORES EN LA PRODUCCION BRUTA.-

CUADRO IX

	AGRICULTURA Y PESCA			INDUSTRIA			SERVICIOS		
	1967	1969	1971	1967	1969	1971	1967	1969	1971
ALAVA	10,1	9,8	7,7	57,1	59,5	57,6	32,8	31,7	34,7
BURGOS	32,9	28,3	22,8	26,4	30,8	33,0	40,7	40,9	44,2
HUESCA	27,8	29,0	28,1	38,8	36,4	34,4	33,4	34,6	37,5
LOGROÑO	32,6	29,8	24,9	31,1	32,7	31,8	34,3	37,5	43,3
NAVARRA	23,8	21,3	15,8	38,8	40,6	41,7	39,3	38,1	42,5
PALENCIA	26,5	30,0	25,9	35,8	32,4	31,2	37,7	37,6	42,9
SEGOVIA	33,3	35,7	30,4	25,9	21,5	22,1	49,8	42,3	47,5
TERUEL	32,8	42,4	33,3	31,8	23,4	25,8	35,4	34,2	40,1
VALLADOLID	20,5	21,6	19,1	37,1	35,2	36,7	42,4	43,6	44,2
VIZCAYA	4,7	4,6	3,3	54,0	55,5	52,7	41,3	39,9	44,0
ZARAGOZA	14,9	14,8	11,5	36,2	39,4	36,1	48,9	45,8	52,4
DUERO - EBRO	17,4	17,5	14,0	41,6	42,5	41,7	41,0	40,6	44,3
NACIONAL	15,9	14,9	12,4	36,4	37,3	36,4	47,7	47,3	51,2

## 5.2.- PANORAMA GENERAL DEL SECTOR DEL YESO

5.2.1.- Demanda mundial

El yeso, gracias a sus propiedades físicas finales y a su abundancia, es un material muy usado en la industria de la construcción.

El consumo aparente mundial de yeso natural y anhidrita fue de unos 52 millones de t en 1970. Su distribución por usos específicos, es la siguiente:

	<u>10<sup>6</sup> t</u>	<u>%</u>
morteros y cartón yeso .....	23	44,2
retardador del cemento .....	22	42,3
corrector del suelo .....	2	3,9
sulfato amónico y ácido sulfúrico ..	3	5,8
clinker cemento .....	1	1,9
otros usos industriales .....	1	1,9
	<hr/>	<hr/>
	52	100

Como se puede apreciar, casi el 86% del consumo del yeso depende del nivel de actividad en la construcción. El tonelaje consumido por otras industrias es pequeño y de poca importancia.

Morteros y Cartón yeso

La fabricación de morteros y cartón yeso absorbe el 44% de consumo mundial de yeso. En EE.UU., el 60% del yeso consumido lo absorbe la industria de la construcción, utilizándolo directamente como mortero ó como productos prefabri-

cados (principalmente cartón yeso); los productos prefabricados consumen alrededor del 50% del yeso utilizado en la construcción.

En general, el uso del yeso como mortero está experimentando también descenso en Francia, Inglaterra y Alemania Federal.

Por otra parte, el uso del cartón yeso está aumentando a un ritmo bastante elevado. Sus propiedades, así como sus diversas aplicaciones, le hace muy apetecido por la industria de la construcción. Estos paneles, además de ser decorativos, cumplen la función de ser aislantes térmicos y acústicos en los edificios. Ultimamente se está usando como elemento preventivo del fuego; se prevé una expansión acelerada en el uso de este tipo de prefabricados por parte de los constructores.

#### Yeso agrícola

En este uso, que supone aproximadamente el 4% del consumo mundial, no se exige demasiada calidad al yeso (50%). Se usa principalmente en forma de polvo y yeso crudo como corrector de suelos. Algunas veces se usa la anhidrita.

El consumo de yeso para esta aplicación está creciendo en la mayoría de los países. En EE.UU., representaba en 1953 el 7% del yeso total consumido, en 1968 esta proporción fue del 9%, previéndose que dicha evolución continúe.

A largo plazo, los países en vías de desarrollo pueden llegar a consumir grandes cantidades de yeso como corrector de suelos. Se ha estimado que el 55% de los terrenos del mundo son suelos áridos o semiáridos, por lo que la demanda potencial es importante.

### El yeso en la industria química

En 1970, se consumieron en el mundo occidental alrededor de 1 millón de t de yeso y anhídrita para producir ácido sulfúrico, estimándose en 1,5 millones de t el total mundial. Esta proporción es bastante baja si se compara con la producción mundial de yeso y anhídrita, siendo probable que crezca notablemente su consumo.

### Yeso para sulfato amónico

La reacción entre anhídrita, amoníaco sintético y dióxido de carbono, forman la base para producir sulfato amónico por el proceso de Leuna. Este proceso es poco usado y la demanda de anhídrita es baja, debido al descenso que experimentó el mercado del sulfato amónico.

### Anhídrita para clinker de cemento

Yeso y anhídrita son usados en pequeñas cantidades, - con sílice, alúmina y hierro, para la producción de clinker de cemento, de cuyo proceso el ácido sulfúrico es un subproducto.

El proceso Muller-Kune para fabricar clinker de cemento, parte de sulfato cálcico en lugar de carbonato cálcico. Se basa, normalmente, más en la anhídrita que en el yeso. Este proceso es antieconómico si el precio del azufre está por debajo de 60 dólares la tonelada. No obstante, circunstancias especiales pueden motivar la utilización del proceso para producir cemento, sobre todo en países donde las importaciones de cemento tengan cierto peso, siempre y cuando el país posea yacimientos de yeso.

### El yeso como subproducto de los fertilizantes fosfatados

La fabricación de ácido fosfórico por el proceso de reacción húmeda del ácido sulfúrico y de los fosfatos, produce grandes cantidades de yeso como subproducto, la mayoría del cual en estos momentos es desechado.

Diversos países, entre los que se encuentra Suecia y Japón, utilizan el yeso procedente de las plantas de ácido fosfórico como corrector de suelos, para la fabricación de cartón-yeso etc.

### Otros usos

Además de los usos anteriormente mencionados, el yeso y la anhídrita son utilizados en otras aplicaciones (descritas en los capítulos 4.7, 4.8, y 4.9), aunque la cantidad de yeso en ellas consumida no es importante.

En EE.UU. este consumo representó el 1968 el 3% del total; en otros países este porcentaje fue más bajo. El consumo mundial para estos usos se estima entre el 1% y el 2% del total.

El yeso está en competencia con otros muchos materiales de la industria de la construcción, que actúan como sustitutos. Por otra parte, determinados avances tecnológicos de la industria de la construcción, pueden implicar una mayor utilización del mismo. En conjunto su futuro en esta aplicación es amplio.

### Tendencias del consumo

El U.S.B.M. ha estimado, para el período 1968 - 2000, un incremento anual del 2,3 y 3,6% para la demanda mundial de yeso. Estas previsiones se han basado en una proyección de la actividad de la industria de la construcción, y en una extrapolación de P.N.B. de los diferentes países.

Entre 1966 y 1970 la producción minera de yeso creció un 2% de media anual. Si este promedio se mantiene a lo largo del siglo, es decir, hasta el año 2000, la producción alcanzará los 82 millones de t, nueve millones de t menos que la cifra media estimada de 91 millones de t para el consumo del año 2000.

Esta diferencia de 9 millones de t parece probable - que sea cubierta por el yeso procedente de las plantas de ácido fosfórico.

El consumo de yeso continuará estando influenciado por el nivel de actividad de la industria de la construcción. - Grandes edificios comerciales y la renovación de los programas urbanísticos, deberán mantener la expansión mundial del yeso a una tasa similar a la registrada a lo largo del período 1960-70. Los porcentajes de participación de los diferentes usos específicos no se espera que varíen con relación a los actuales.

#### 5.2.2.- Producción mundial

La producción mundial de yeso alcanzó en 1972 alrededor de los 50 millones de tonealdas. En 1966, siete países - Francia, Italia, España, URSS, Inglaterra, Canadá y EE.UU.- produjeron el 72% del total mundial. En 1972, estos mismos

países suministraron el 69,1 del yeso mundial. Las producciones de cada uno de estos países superan los 3 millones de toneladas anuales. (EE.UU. 11 millones de t).

Cuatro países -Méjico, Alemania R.F., India y Australia -, con producciones superiores al millón de toneladas, han mantenido su aportación del 13% al total mundial, durante el período 1966-72. El resto de los productores mundiales han aumentado conjuntamente su participación, que en 1966 fue del 15%, y del 17,6% en 1972.

Entre 1966 y 1972, la producción mundial ha aumentado a una media anual del 2,8%. El mayor aumento lo registró el año 1972 (8,5%); 1968, 1969 y 1970 registraron también aumentos, aunque menores.

A pesar de la abundancia de depósitos de yeso en el mundo, la producción a cierto nivel se halla muy concentrada en determinadas áreas geográficas. En estas áreas, el 90% de la producción de cada una de ellas corresponde a un número limitado de países, mientras que en países próximos a éstos la producción es pequeña o inexistente.

CUADRO X

YESO Y ANHIDRITA: PRODUCCION MUNDIAL (10<sup>3</sup> t)

PAISES	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972
Europa:							
Austria (1)	779	740	742	676	628	593	861 <sup>(e)</sup>
Bulgaria	164	171	171	200	169	179	181 <sup>(e)</sup>
Checoslovaquia	357	372	407	440	486	479	476 <sup>(e)</sup>
Francia (1)	5,289	5,116	5,016	5,959	5,732	5,110	5,851 <sup>(e)</sup>
R.D. Alemana	263	281	268	282	288	315	315 <sup>(e)</sup>
R.F. Alemana	1,461	1,342	1,521	1,826	1,468	1,593	1,788 <sup>(e)</sup>
Grecia	207	211	216 <sup>(e)</sup>	235	308	330 <sup>(e)</sup>	331 <sup>(e)</sup>
Irlanda	219	219	250 <sup>(e)</sup>	285	293	299 <sup>(e)</sup>	299 <sup>(e)</sup>
Italia	3,280	3,310	3,310	3,302	3,349	3,501 <sup>(e)</sup>	3,501 <sup>(e)</sup>
Polonia	762	782	782	810	849	849 <sup>(e)</sup>	849 <sup>(e)</sup>
España	2,593	2,910	3,135	3,104	3,329	3,173	3,247
U.R.S.S.	4,509	4,706	4,865	4,877	4,716	4,716	4,716
Inglaterra	4,372	4,607	4,664	4,595	4,274	4,172	4,163
América:							
Argentina	289	269	371	535	421	590	590 <sup>(e)</sup>
Canadá (1)	5,438	4,710	5,392	5,800	5,731	6,079	7,203 <sup>(e)</sup>
Jamaica	194	168	209	255	282	309	308 <sup>(e)</sup>
Méjico	1,155	979	1,259	1,219	1,290	1,298	1,497
EE.UU.	8,778	8,547	9,116	8,963	8,558	9,449	11,181
Africa:							
R. Sudáfrica	297	309	317	359	409	408	419
Egipto	460	251	570	470	436	527	530
Asia:							
China	602	502	502	549	549	549	599
India	1,297	1,152	1,322	1,367	920	1,087	1,077 <sup>(e)</sup>
Irán	1,806	1,816	1,906	2,000	2,098	2,249	2,267 <sup>(e)</sup>
Irak	502	502	562	550	600	sd.	sd.
Japón	600	506	602	560	538	529	464
Pakistán	101	103	110	136	170	133	154 <sup>(e)</sup>
Turquía	221	221	241	300	320	340	340 <sup>(e)</sup>
Australia	817	929	859	869	845	895	1,043
Otros países	1,348	1,391	1,219	858	2,523	3,755	3,376
TOTAL	48,821	47,322	50,129	51,693	51,579	53,106	57,635

(1) Incluido anhídrita.

(e) Estimado.

Fuente: U.S.B.M. Mineral Yearbook: Statistical Summary Of The Mineral Industry 1970:  
The Mining Journal: Mining Annual Review 1971.

Ello da lugar a unas corrientes de importación y exportación entre países pertenecientes a dichas áreas. Estas áreas son las siguientes: Europa, América del Norte (incluido Méjico), Lejano Oriente (incluido Australia).

Europa, con el 46,1% de la producción mundial, es la mayor productora de yeso. Seis países - Francia, Inglaterra, URSS, España, Italia y R.F. Alemana - producen el 87,5% del total europeo y el 40,3% del mundial.

América de Norte es la segunda área en importancia en la producción de yeso, con cerca del 36% del total mundial. Tres países destacan como grandes productores: EE.UU., Canadá y Méjico, que conjuntamente obtienen el 96% de la producción americana.

Por último, el área del Lejano Oriente y Australia parece un poco más difícil de delimitar debido a su gran extensión, dado que abarca casi toda Asia y Australia. Cinco países - India, Irán, Australia, Japón y Pakistán - produjeron en 1972 el 8,6% del total mundial.

Resumiendo, se puede decir que al ser éste un material que abunda tanto en la naturaleza, no presenta serios problemas de localización. La casi totalidad de los países poseen depósitos de yeso en su subsuelo, bien en explotación o no. El que dichos depósitos sean explotados depende de los costes que tengan que soportar, así como de las distancias a los centros consumidores.

Áreas con grandes posibilidades yesíferas son: América del Sur, Africa y Asia. En estas áreas existen gran número de depósitos de yeso, de los cuales muy pocos son explotados, y la mayoría de ellos con medios rudimentarios, abasteciendo, -

preferentemente, a mercados locales con elevados costes. Los mercados en estas áreas crecerán, debido sobre todo a la industria de la construcción, lo que influirá, sin duda, en la puesta en marcha y modernización de los depósitos.

### 5.2.3.- Mercado internacional del yeso

En los cuadros XI y XII se recogen los datos relativos al comercio internacional del yeso para el año 1970. Solamente se han considerado cantidades comercializadas superiores a las cien mil toneladas. No obstante, al no abarcar todas las transacciones realizadas en el año, la cifra del yeso comercializado internacionalmente no es muy significativa. Los ocho principales exportadores venden conjuntamente el 15% de la producción mundial.

Dichos cuadros muestran una proximidad geográfica entre países compradores y vendedores, lo que da un marcado carácter regionalista a este tipo de comercio. La excepción está constituida por Méjico, el cual exporta a países alejados geográficamente.

A pesar de ser el número de países productores bastante elevado, la proporción de países exportadores es, sin embargo, pequeña, si se compara con el número de países importadores.

Los principales países exportadores europeos son Francia, Polonia y R.F. Alemana. Cada uno de ellos abastece, fundamentalmente, el mercado de dos países.

Francia, durante 1970, aumentó sus exportaciones a Holanda y Suecia. Las ventas a Bélgica no han variado mucho en el período 1966-70 (este país es el principal comprador del yeso francés).

Alemania R.F. incrementó sus exportaciones a Bélgica , disminuyendo las cantidades vendidas a Holanda; Polonia aumentó sus exportaciones a Noruega.

Canadá y Méjico son los principales abastecedores de yeso al mercado norteamericano. El primero de ellos vende el 74% de su producción a los EE.UU. Méjico exporta, en conjunto, el 96% de su producción, de la cual el 68% va a Estados Unidos.

En lo que concierne a los países importadores, se incluye a continuación una breve descripción de los principales.

La mayoría de estos países pertenecen al área europea, los cuales buscan mercados próximos donde abastecerse al menor coste posible, aún en el caso de que ciertos países posean buenos yacimientos de yeso.

Estudiando los cuadros XI y XII se aprecia un déficit total de yeso y anhídrita en los países nórdicos, tales como Suecia, Finlandia y Dinamarca.

Otra conclusión que se puede sacar es la mayor cantidad de yeso y anhídrita comercializados, frente a la de semi-elaborados y plaster; esto es debido a que en los países importadores se fabrican estos últimos productos con la piedra de yeso importada, debido al mayor valor de los mismos.

Los países europeos pertenecientes al Mercado Común, se abastecen principalmente de los países asociados. Dentro del M.C.E. sólo dos países, Francia e Italia, tienen yacimientos suficientes para poder cubrir las necesidades de yeso crudo de sus asociados. De ellos Francia es la que exporta mayores cantidades. Italia, por el contrario, tiene dificultades debido a la mala localización de sus depósitos.

La R.F. Alemana, productor de una cierta entidad, importa yeso de Francia y Austria, sobre todo para las regiones del Centro y Sur, procedente de los depósitos situados al norte de los citados países.

La cifra de importación más elevada es la de Bélgica; este país no cuenta con yacimientos de yeso y tiene que recurrir a la importación del yeso crudo y semi-elaborados, fundamentalmente de Francia.

Holanda, que no posee ningún yacimiento, importa anualmente unas 180.000 t de yeso crudo, y unas 94.000 t de plaster. La importación de este último producto se ha incrementado notablemente, ya que en 1966 eran 63.000 las toneladas importadas, mientras que la cantidad importada de yeso y anhídrita ha descendido (en 1966 se importaron 235.000 toneladas). El principal abastecedor es Francia, sobre todo de los yacimientos del norte del país, a los que las comunicaciones fluviales confieren una ventaja competitiva muy difícil de neutralizar.

Los países nórdicos compran preferentemente a Polonia, Francia, (Finlandia a la URSS) y a otros países, (Suecia compra a España).

EE.UU. importa únicamente yeso crudo para sus fábricas - de semi-elaborados, procedente de países cercanos donde operan grandes compañías norteamericanas por medio de filiales.

El factor determinante de las corrientes internacionales lo da, no la escasez de este material, como puede suceder con otros minerales, sino su precio de entrega. Países con numerosas reservas y grandes producciones, prefieren importar yeso de países próximos, dado que, el precio de entrega a veces es más bajo que el suyo. Y particularizando más, se puede decir

que son los costes de transporte los que inciden fuertemente a la hora de elegir las posibles fuentes de aprovisionamiento de yeso exteriores o interiores.

Canadá, por ejemplo, prefiere importar yeso de Méjico por mar para las provincias del Este, debido a que los fletes por mar son mucho más bajos que el coste de transportar el yeso por ferrocarril desde Manitoba.

En cuanto al futuro del comercio internacional del yeso es difícil predecirlo, puesto que las compras o ventas se basan en criterios de precios y de localización de los depósitos. Algunos países importan yeso crudo procedente de países donde operan sus propias compañías, y en los cuales los costes son mucho más bajos.

A corto plazo, se prevé un aumento del comercio internacional del yeso, sobre todo hacia países en vías de desarrollo, donde los índices de producción de cemento se espera que sean más altos que en los países desarrollados. Por lo tanto, dicho aumento del consumo tendrá que ser cubierto por importaciones de yeso, en los casos en que los costes de producción sean altos. También se espera un aumento en lo referente a productos prefabricados y paneles de cartón yeso, hacia países de climas secos o donde el ritmo de construcción de viviendas económicas sea muy elevado.

Por el contrario, a largo plazo, el déficit de yeso de algunos países se irá superando una vez pasada la primera etapa de la actividad constructora (que es en la que se importarán la mayoría de los materiales necesarios), acudiendo en una segunda hacia la explotación de sus propios recursos.

PAISES EXPORTADORES \ PAISES IMPORTADORES	AUSTRALIA	AUSTRIA	CANADA	EIRE	FRANCIA	ALEMANIA R.F.	JAMAICA	MEJICO	POLONIA	REPUBLICA DOMINICANA	TOTAL
Austria	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	4
Bélgica	-	-	-	-	421	60	-	-	-	-	481
Canadá	-	-	-	-	-	-	-	40	-	-	40
China	-	-	-	-	-	-	-	60	-	-	60
Congo	-	-	-	-	16	-	-	-	-	-	16
Checoslovaquia	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	4
Dinamarca	-	-	-	-	-	5	-	-	150	-	155
Finlandia	-	-	-	-	-	3	-	-	70	-	73
Francia	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	2
Alemania R.F.	-	120	-	-	32	-	-	-	-	-	152
Hong Kong	-	-	-	-	-	-	-	15	-	-	15
Hungría	-	-	-	-	-	-	-	-	26	-	26
Islandia	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	3
Indonesia	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10
Costa de Marfil	-	-	-	-	23	-	-	-	-	-	23
Japón	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	10
Corea	-	-	-	-	-	-	-	100	-	-	100
Madagascar	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	4
Holanda	-	-	-	-	164	92	-	-	-	-	256
Nueva Celedonia	-	-	-	-	-	-	-	50	-	-	50
Nueva Zelanda	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100
Níger	-	-	-	-	34	-	-	-	-	-	34
Noruega	-	-	-	-	82	1	-	-	109	-	192
Filipinas	34	-	-	-	-	3	-	-	-	-	37
Sudáfrica	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	4
Suecia	-	-	-	-	282	19	-	-	204	-	505
Suiza	-	24	-	-	2	43	-	-	-	-	69
Taiwan	43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	43
Thailandia	-	-	-	-	-	-	-	20	-	-	20
Inglaterra	-	-	-	100	45	1	-	-	-	-	146
EE.UU.	-	-	4.364	-	-	-	243	850	-	82	5.539
Otros	13	-	46	-	104	22	-	55	-	-	240
<b>T O T A L</b>	<b>200</b>	<b>144</b>	<b>4.410</b>	<b>100</b>	<b>1.209</b>	<b>259</b>	<b>243</b>	<b>1.200</b>	<b>571</b>	<b>82</b>	<b>-</b>

#### 5.2.4.- Estructura del sector

El número de explotaciones dedicadas en nuestro país a la extracción de yeso, ha ido experimentando un notable de censo. En 1964 existían en España 930 establecimientos y en 1972 tan sólo había 462.

El personal empleado también ha seguido una evolución descendente; en 1964 trabajaban en dichas explotaciones 2.962 personas, y en 1972 el número de personal ocupado fue de 1.529.

El número de personal empleado por cantera está entre 3 y 4 personas de media, cifra bastante reducida si la compa ramos con otros sectores mineros. El siguiente cuadro nos muestra la evolución seguida desde el año 1960.

#### ESTRUCTURA DEL SECTOR DEL YESO

#### CUADRO XIII

AÑOS	n° de Explotaciones	Personal	Personal/ Explotación
1960	800	3.486	4
1961	855	3.293	4
1962	907	3.506	4
1963	973	3.801	4
1964	930	2.962	3
1965	876	2.950	3
1966	814	2.687	3
1967	761	2.893	4
1968	770	2.888	4
1969	680	2.444	4
1970	658	2.427	4
1971	629	1.889	3
1972	462	1.529	4

## NIVEL DE EMPLEO FABRICAS DE YESO - 1970.-

## CUADRO XIV

DE 1 a 5		DE 6 a 10		DE 11 a 25		DE 26 a 50		TOTAL	
Fábricas	Personal	Fábricas	Personal	Fábricas	Personal	Fábricas	Personal	Fábricas	Personal
381	1.042	77	578	37	551	6	176	501	2.347
75 %	-	15,5 %	-	7,3 %	-	1,2 %	-	100 %	-

En el anterior cuadro puede observarse una fuerte concentración de las fábricas de yeso en el grupo que posee, como nivel de empleo, cinco obreros o menos. El 76% de los establecimientos existentes se hallan en este intervalo.

Como se observa, la estructura del sector es marcadamente minifundista. Existen numerosas empresas pequeñas que operan de una forma intermitente, y cuyos operarios alternan con otras ocupaciones -agricultura-. Debido a esta intermitencia en las labores, la capacidad potencial no es aprovechable íntegramente.

Esta excesiva atomización, debido a la proliferación -de depósitos, es la principal causa de todos los problemas que tiene planteados el sector del yeso.

La productividad es baja, dado el elevado número de explotaciones con métodos artesanos y rudimentarios, aunque actualmente este número ha ido descendiendo en casi un 100% respecto a 1964.

Consecuencia de la falta de una mecanización adecuada, y de un proceso de fabricación poco esmerado, es la baja calidad de los productos. La calidad sólo es cuidada por algunas

fábricas modernizadas, estando esta calidad ausente en las restantes. En estas últimas, la fabricación se realiza mediante hornos de cuba intermitente, los cuales no ofrecen un mínimo de homogeneidad y calidad en el producto obtenido.

#### 5.2.5.- Producción nacional

España cuenta con abundantes depósitos de yeso de la mejor calidad diseminados por toda la geografía. Los principales depósitos de yeso se encuentran localizados en la mitad oriental de la Península; sin embargo, la parte occidental del país es ampliamente deficitaria.

La producción nacional de yeso tiene cierta importancia dentro del contexto mundial de la industria del yeso.

Como se aprecia en el siguiente cuadro, la producción española de yeso ha registrado ligeras fluctuaciones a lo largo del período 1960-73, en respuesta a las variaciones experimentadas por la demanda para el yeso procedente de la industria de la construcción, su principal consumidora.

PRODUCCION DE YESO (t)

CUADRO XV

AÑOS	NACIONAL
1.960	1.640.072
1.961	2.015.856
1.962	2.348.088
1.963	3.041.126
1.964	2.247.328
1.965	2.434.475
1.966	2.593.716
1.967	2.910.716
1.968	3.135.187
1.969	3.104.707
1.970	3.329.164
1.971	3.173.513
1.972	3.247.084
1.973	3.520.000

Fuente: Estadística Minera de España

La estructura productiva del yeso se caracteriza, en general, por una excesiva atomización de sus explotaciones, que las hace poco rentables; algunas de éstas son explotadas - ocasionalmente, creando serias dificultades para la introducción de medios mecánicos de explotación; ello se traduce en una escasa y deficiente productividad.

El mercado del yeso es de ámbito local, como corresponde a un producto de precio bajo en el que resulta antieconómico el transporte a grandes distancias. Esto condiciona la actividad productiva de las diferentes canteras diseminadas prácticamente por todo el país, impidiendo que la zona de influencia de las empresas sea, por regla general, superior a un radio de 100 km.

En general, los yesos españoles son de buena calidad y la capacidad de extracción superior a nuestras necesidades de consumo.

La evolución previsible de la industria yesífera española seguirá la tendencia iniciada hace años por países tales como Francia e Italia, donde se ha reducido notablemente el número de fábricas; al mismo tiempo que se modernizan, se aumenta la producción y se mejoran las calidades exigidas.

#### 5.2.6.- Reservas

La abundancia y dispersión geográfica de las reservas - de este tipo de mineral determinan la dificultad de dar una cifra acerca de las mismas. No obstante, el Plan Nacional de la Minería estimó las reservas para las principales zonas productoras; éstas son las siguientes:

		<u>10<sup>6</sup> t.</u>
CENTRO	Madrid .....	9.843
	Toledo .....	2.400
	Cuenca .....	3.040
	Guadalajara .....	1.824
CATALUÑA	Gerona .....	37
	Lérida .....	1.456
	Barcelona .....	43
	Tarragona .....	35
SUDESTE	Almería .....	236
	Murcia .....	409
	TOTAL .....	<u>19.418</u>

#### 5.2.7.- Consumo nacional

En España, la mayor parte de la producción de yesos es absorbida por fábricas dedicadas a la cocción (en 1972, el 87 % del yeso consumido); las fábricas de cemento absorbieron el 11%, y otras el 2% del total de yeso consumido.

Por sectores demandantes, hay que hacer notar que son varias y muy distintas las industrias que utilizan yeso, bien crudo o calcinado. El sector de la construcción es el principal demandante de yeso, con el 80%, aproximadamente, del total. De esta porporción, el 70% es suministrado directamente a las obras y el resto a través de almacenistas. La demanda del yeso por parte de este sector es muy variable, al ser muy sensible la industria de la construcción a las oscilaciones de la actividad -económica.

Las fábricas de cemento constituyen otro de los sectores demandantes de yeso, aunque la mayor parte de ellas tienen sus propias canteras. De todos los materiales que se emplean en la producción de cemento, el 8% aproximadamente es yeso. Otra industria consumidora es la cerámica, que absorbe yeso como material de moldeo.

Aparte de los usos mencionados, que son los más importantes, el yeso se utiliza en una extensa variedad de aplicaciones, cuya demanda no tiene importancia aún en nuestro mercado.

Por otro lado, el consumo de productos prefabricados de yeso no registra el mismo grado de utilización que en otros países. Falta de maquinaria adecuada para su elaboración, y poca penetración en el mercado nacional, obstaculizan su introducción en la construcción.

Los paneles de yeso ofrecen enormes ventajas para la construcción de tipo funcional, a la vez que permiten una infinidad de acabados. Las propiedades que poseen, tales como las de aislamiento térmico y acústico, les hacen ser un material muy demandado para los modernos tipos de edificaciones.

La industria de prefabricados tiene buenas perspectivas, ya que la producción que se podría alcanzar y la calidad de los mismo (obtenidos a partir de los yesos nacionales), podrían permitir su implantación en el mercado interior y su posible introducción en los mercados exteriores. Tal logro se alcanzaría con el desarrollo de industrias de productos prefabricados de yeso, considerados como materiales con un futuro muy prometedor en la construcción.

En España, la industria del yeso se circunscribe a mercados locales, situados cerca de la fábrica. Las grandes fábricas de yeso están situadas, generalmente, en las proximidades de los grandes centros consumidores.

En la actualidad el radio de influencia de una fábrica de yeso común no supera los 100 km. Más allá de esta distancia no parece aconsejable la adquisición de yeso, pues siendo un material barato, no soporta transportes a largas distancias, salvo en zonas deficitarias en yeso. La industria de prefabricados so

porta mayores distancias, debido a que sus precios permiten desplazamientos más largos.

La, hasta ahora, baja calidad exigida al yeso español, - junto con la abundancia de fábricas, motiva que los precios sean muy bajos, llegando incluso en algunos casos, a no cubrir ni siquiera los costes.

#### 5.2.8.- Mercado exterior

España posee abundantes depósitos de yeso de buena calidad, localizados la mayoría de ellos cerca de puertos de mar. Su comercio exterior, sin embargo, es de poca importancia; las exportaciones suponen el 4% de la producción nacional de yeso crudo, y las importaciones el 0,03% de la misma.

La evolución seguida por las importaciones y exportaciones de yeso desde 1964, ha sido de fuertes oscilaciones como se aprecia en el siguiente cuadro:

CUADRO XVI

COMERCIO EXTERIOR DEL YESO

	<u>IMPORTACION</u>		<u>EXPORTACION</u>	
	<u>Tm</u>	<u>10<sup>3</sup> pts</u>	<u>Tm</u>	<u>10<sup>3</sup> pts</u>
1964	679	726	4.504	3.809
1965	687	617	6.627	5.627
1966	1.169	1.516	3.821	3.451
1967	888	1.858	4.389	3.534
1968	1.009	2.154	4.249	3.459
1969	1.119	1.880	15.446	9.216
1970	1.246	3.534	4.136	4.124
1971	3.966	5.158	17.805	7.501
1972	921	3.098	137.919	35.459
1973	1.381	5.047	146.044	37.555

Fuente: D. G. ADUANAS.

El año 1971 marca el comienzo de una fuerte expansión de nuestras exportaciones de yeso crudo, puesto que, de las 4.136 t exportadas en 1970, se ha pasado en 1973 a las 146.045.

Este aumento se debió, principalmente, a la apertura de nuevos mercados para el yeso español, tales como los de Suecia, Dinamarca y Noruega, mercados que anteriormente eran abastecidos, principalmente, por yeso procedente de Francia y Polonia. Nuevos mercados en Africa son el de Togo, Senegal y Costa de Marfil. Aparte de los nuevos mercados citados, hubo un aumento en las cantidades exportadas a otros países.

El principal mercado es el europeo, que absorbe el 91% de nuestras exportaciones. El 9% restante se lo reparten entre diversos países: Togo (4,1%), Senegal (2,1%), Costa de Marfil (1,3%), República de Sudáfrica (0,7%), y cantidades más pequeñas otros países (Filipinas, Guinea Ecuatorial y Costa Rica).

Suecia compró el 80,8% del yeso español, un 8% menos que en 1972; Noruega el 3,9%, Andorra el 2,6% y Dinamarca el 1,3%. Otras cantidades de menor entidad son para Francia, Italia y Portugal. En 1973 se registró un fuerte aumento de las exportaciones a Inglaterra; estas supusieron el 1,5% de total; en 1972 no se exportó ninguna cantidad.

España compra, principalmente, a Marruecos (56%) para abastecer el mercado canario, Inglaterra (24%), y el resto a otros países, tales como Alemania R.F. y EE.UU.

## DISTRIBUCION DEL COMERCIO EXTERIOR DEL YESO POR PAISES

CUADRO XVII

	I M P O R T A C I O N						E X P O R T A C I O N					
	Tn.			10 <sup>3</sup> pts.			Tn.			10 <sup>3</sup> pts.		
	1970	1972	1973	1970	1972	1973	1970	1972	1973	1970	1972	1973
ALEMANIA R.F.	505	43	57	2,048	189	354	-	-	-	-	-	-
ANDORRA	-	-	-	-	-	-	3,184	3,451	3,926	2,570	2,713	3,512
DINAMARCA	-	-	-	-	-	-	-	3,435	2,000	-	760	384
FRANCIA	49	5	87	185	59	529	91	156	120	103	204	201
ITALIA	0,980	-	2	9	-	18	-	-	380	760	1,883	660
NORUEGA	-	-	-	-	-	-	-	-	5,770	-	-	1,154
PORTUGAL	20	-	-	39	-	-	191	565	831	429	908	1,636
INGLATERRA	144	203	325	746	1,201	1,694	50	-	2,325	45	-	476
SUECIA	-	-	2	-	-	6	-	123,910	118,073	-	26,235	24,524
SUIZA	-	-	0,020	-	-	4	-	-	-	-	-	-
GUINEA ECUATORIAL	-	-	-	-	-	-	11	10	10	15	15	15
TOGO	-	-	-	-	-	-	-	4,800	6,051	-	1,194	1,779
COSTA DE MARFIL	-	-	-	-	-	-	-	-	2,000	-	-	350
SENEGAL	-	-	-	-	-	-	-	-	3,150	-	-	893
REP. SUDAFRICANA	-	-	-	-	-	-	380	1,070	1,088	553	1,513	1,475
COSTA RICA	-	-	-	-	-	-	-	1	0,041	-	1	13
EE. UU.	9	74	129	187	1,273	1,937	-	0,048	-	-	29	-
CHIPRE	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	11
FILIPINAS	-	-	-	-	-	-	100	200	100	165	526	223
MARRUECOS	516	594	777	316	374	500	0,045	-	-	1	-	-
ARGELIA	-	-	-	-	-	-	20	-	-	45	-	-
MOZAMBIQUE	-	-	-	-	-	-	40	-	-	58	-	-
BELGICA	0,050	-	-	0,525	-	-	-	-	-	-	-	-
TERRITORIOS NO EXPRESADOS	-	-	-	-	-	-	-	60	173	-	86	246
T O T A L	1,246	921	1,381	3,634	3,098	5,047	4,136	137,919	146,044	4,124	35,459	37,655

Fuente: D.G. ADUANAS.

Los menores costes de extracción que parece se van consiguiendo, así como los abundantes depósitos de yesos situados - cerca de los puertos de embarque, han contribuido a un aumento de las exportaciones. Los bajos costes de transporte por mar contribuyen sin duda a esta expansión.

Otro capítulo dentro del comercio exterior del yeso, es el de los productos manufacturados, ya que si bien el tonelaje comercializado no es muy alto, si lo es, en cambio, su valor - en comparación con el comercio exterior del yeso crudo.

Las cantidades y valor de dicho capítulo para el período 1964-1973, son los siguientes:

COMERCIO EXTERIOR DE ELABORADOS DEL YESO      CUADRO XVIII

AÑO	I M P O R T A C I O N E S		E X P O R T A C I O N E S	
	Tm	10 <sup>3</sup> pts	Tm.	10 <sup>3</sup> pts
1964	158	780	93	18.528
1965	40	236	21	3.001
1966	341	2.101	145	22.378
1967	209	2.046	204	35.498
1968	242	2.258	182	32.878
1969	402	3.699	311	41.524
1970	495	4.487	606	50.146
1971	437	5.439	1.220	44.284
1972	974	7.803	1.843	55.910
1973	2.912	20.013	2.019	53.479

Fuente D.G. ADUANAS.

DISTRIBUCION DEL COMERCIO EXTERIOR DE MANUFACTURAS DEL YESO POR PAISES

CUADRO XIX

	I M P O R T A C I O N						E X P O R T A C I O N					
	Tn.			10 <sup>3</sup> pts.			Tn.			10 <sup>3</sup> pts.		
	1970	1972	1973	1970	1972	1973	1970	1972	1973	1970	1972	1973
ANDORRA	-	-	-	-	-	-	121	104	216	555	345	740
FRANCIA	156	373	1.528	741	2.190	8.219	59	1.501	1.626	503	4.686	5.731
IRLANDA	-	-	381	-	-	1.575	-	-	0.005	-	-	3
ITALIA	-	-	45	-	-	617	-	-	1	-	-	322
INGLATERRA	274	282	667	2.769	3.082	7.477	0.450	0.056	1	54	19	129
BELGICA	-	-	-	-	-	-	2	6	-	568	521	-
LIBIA	-	-	-	-	-	-	-	36	-	-	591	-
CANADA	-	-	-	-	-	-	0.825	7	4	328	870	643
EE.UU.	-	-	-	-	-	-	114	151	143	35.913	40.789	38.670
PANAMA	-	-	-	-	-	-	3	3	4	912	1.001	1.393
POLONIA	-	283	282	-	1.614	-	-	-	-	-	-	-
VENEZUELA	-	-	-	-	-	-	12	9	3	3.707	3.296	1.300
OTROS	65	76	9	977	917	511	285	126	21	7.596	3.793	4.648
T O T A L	405	974	2.932	4.487	7.803	20.013	605	1.843	2.919	50.146	55.910	53.479

Fuente: D.G. ADUANAS.

Como se aprecia, las cantidades comercializadas han ido en continuo aumento a partir del año 1966, registrándose en 1973 los valores más altos.

Sin embargo, 1973 registró una importante alza de nuestras importaciones; casi el 200% en cantidad con respecto a 1972, y el 156% en valor. Al mismo tiempo nuestras exportaciones han aumentado en cantidad, si bien su valor ha disminuído.

España exporta productos manufacturados de yeso a gran número de países (en el cuadro anterior se han considerado ventas superiores a las 500.000 pts.).

El principal mercado para nuestras exportaciones de este tipo de productos es el norteamericano. EE.UU. compra, aproximadamente, por valor de 38,6 millones de pts., que representa el 72% del valor total. Las ventas a Francia han experimentado un fuerte aumento, suponiendo tales ventas el 8% del valor total. En el transcurso del último año han aparecido nuevos mercados como pueden ser los de China y Hon-Kong, con consolidación de los ya existentes.

Las importaciones españolas proceden en su mayoría de Francia, Inglaterra, Polonia e Irlanda, éste último muy reciente. El 94% de las importaciones en valor son de estos cuatro países. El resto se halla distribuído entre otros varios de menor importancia.

La producción española es suficiente, tanto para cubrir sus necesidades como para desarrollar la exportación, aunque ésta es muy reducida y responde, en la mayoría de los casos, a pedidos concretos, sin que existan canales de organización adecuados para su comercialización, que de lo contrario impulsarían la venta de cara al exterior, tanto de la piedra de yeso como de productos manufacturados de calidad.

Las importaciones en conjunto no son muy importantes; no obstante, es necesario destacar la importancia que en el conjunto de las mismas representan las realizadas a base de prefabricados, así como el creciente ritmo que están tomando. Por lo tanto, sería conveniente establecer las bases para promover el desarrollo de estos productos, con vistas a cortar, primero las importaciones, y facilitar después la exportación, ya que las posibilidades de nuestro yeso son ilimitadas tanto en calidad como en cantidad.

La dificultad más importante con la que se enfrenta el yeso elaborado español de cara a la exportación, es la falta de una calidad mínima exigida por los compradores, así como la competencia desfavorable en los países europeos pertenecientes al Mercado Común por parte del yeso francés, más próximo a dichos mercados.

Sin embargo, el yeso español puede tener una ventaja, - cual es, el bajo coste de extracciones, que armonizándolo con el coste del transporte por mar desde yacimientos situados en zonas costeras, pudiera competir con el yeso francés en diversas zonas de Alemania cercanas al mar.

Así está sucediendo con los países escandinavos; el bajo coste de extracción y el transporte por mar facilitan las exportaciones de yeso crudo almeriense desde el puerto de Aguilas (Murcia).

Otro posible mercado sería el africano, dada su proximidad, especialmente en productos manufacturados de yeso, tales como paneles de cartón yeso, tan útiles para la construcción - en climas calurosos y húmedos.

Las posibilidades de exportación del yeso español habrán de examinarse, dada la acusada incidencia de los costos de

transporte, en relación con el mercado más próximo, es decir, el mercado europeo.

En relación con las características y posibilidades de los mercados exteriores, cabe formular las siguientes consideraciones:

a) El consumo aparente mundial de yeso y anhidrita no supera los 52 millones de t, con un crecimiento anual en torno al 3%.

b) El comercio internacional tiene poca importancia, puesto que únicamente el 15% de la producción total mundial es comercializada en el exterior.

c) En consecuencia, el valor del comercio internacional no es muy elevado; dentro de éste, el de pláster y paneles de yeso tiene un mayor valor relativo que el de yeso crudo.

d) De los datos del mercado internacional del yeso se puede deducir, en general, la proximidad geográfica entre comprador y vendedor, que da un carácter marcadamente regionalista a este tipo de mercado, debido a la incidencia de los precios de transporte.

e) Dado que el yeso es una sustancia voluminosa, el transporte puede llegar a ser un factor crítico para sus precios, debido a los altos costes del mismo; por ello, la tendencia consiste en aprovechar yesos procedentes de los propios países consumidores. Uno de los mercados más estables de demanda de yesos, es el de los prefabricados y esto motiva que los mismos productores de prefabricados hayan iniciado investigaciones en sus propios países, así como en países limítrofes capaces de suministrar yeso. Como resultado de estas investigaciones se han puesto en explotación varios depósitos que de forma segura les suministran sus propias necesidades. Ello ha limitado mucho más el mercado internacional.

f) Seis países: Francia, Inglaterra, URSS, España, Italia y Alemania R.F., aportan el 94% de la producción europea y el 45% de la total mundial; respecto de los mercados europeos cualquiera de estos países excepto, quizá, Italia, se encuentran en mejor situación geográfica que España. Las producciones de estos países se hallan estabilizadas en los últimos años debido a una falta de dinamismo en la demanda.

g) Los países importadores, y en particular el área europea -posible centro consumidor del yeso español-, buscan mercados próximos donde abastecerse, pudiendo decirse que el mercado europeo de exportación está dominado por Francia, Alemania y Polonia. Francia e Italia tienen yacimientos suficientes para abastecer las necesidades de yeso del Mercado Común.

h) En Europa los mayores exportadores son: Francia, con 1.209.000 t y Alemania, con 260.000 t, países con unas redes de comercialización consolidadas a lo largo de bastantes años.

i) Respecto a las importaciones, Bélgica y Suecia no llegan al medio millón de toneladas, y Holanda a las 250.000 t. Otros dos países superan las 150.000 t, y el resto apenas si llega a las 50.000 t, lo cual da una idea de la gran red de distribución comercial que habría que disponer para poder colocar en el mercado internacional una cantidad interesante de yeso.

j) El factor determinante de las corrientes internacionales lo da, no la escasez de este material como puede suceder con otros minerales, sino su precio de entrega. Regiones pertenecientes a países con grandes producciones y reservas, prefieren importar yeso de países próximos, dado que el precio de entrega es más bajo que el suyo. Este es el motivo por el que Francia, Alemania y otros países, sean a la vez importadores y exportadores. Son los costes del transporte los que inciden a la hora de elegir las fuentes de aprovisionamiento interiores o exteriores.

### 5.2.9.- Transporte y su evolución

El yeso es transportado en camiones; el transporte por ferrocarril es prácticamente inexistente.

Para esta clase de industrias parece aconsejable utilizar medios de transporte cuyos costos no repercutan excesivamente, a ser posible, en el precio final del yeso. El transporte a granel permite el envío en óptimas condiciones a mayores distancias.

En la actualidad, y dado el volumen que entra en el mercado variable y coyuntural al que tiene que adaptarse, requiere un medio de transporte flexible, que únicamente es posible mediante camiones.

Para el transporte internacional el único medio posible es el marítimo. Este se usa principalmente para el transporte de yeso a otros países, dado su menor coste en relación con otro transporte, ya que se pueden enviar grandes toneladas de yeso a largas distancias, con una menor incidencia en el precio de entrega del yeso.

En ambos tipos de transporte, será el que se realice a granel el que tendrá mayores ventajas.

Cuando se alcance el desarrollo de los productos prefabricados, el transporte no incidirá tan fuertemente en el precio final, dado el mayor precio de venta del producto.

## 5.3.- LA INDUSTRIA DEL YESO EN LA ZONA DUERO-EBRO

### 5.3.1.- Industria extractiva

NUMERO DE CANTERAS Y SU CLASIFICACION

A pesar de coincidir diversas zonas de este estudio con los límites provinciales, existen, sin embargo, algunas que no representan el total provincial, y por tanto, en estas últimas no se ha podido seguir una evolución fidedigna de las mismas. Por consiguiente, hemos considerado a modo orientativo el conjunto provincial.

La tendencia seguida por el número de canteras en el conjunto de las once provincias, que forman parte total o parcial de este estudio, durante el período 1960-72, nos lo muestra el anexo I.

El número de canteras existentes para el conjunto provincial, ha venido experimentando un descenso siguiendo la evolución del total nacional. En 1960, estas once provincias tenían registradas, según las Estadísticas Mineras de España, 94 canteras, aumentándolas de un modo paulatino hasta alcanzar las 149 canteras en 1966; a partir de dicho año se registra un descenso en el número de canteras existentes, hasta alcanzar el número de 83 en 1972.

NUMERO DE CANTERASCUADRO XX

AÑOS	TOTAL DE LAS ONCE PROVINCIAS	TOTAL NACIONAL	% SOBRE EL TOTAL NACIONAL
1960	94	800	11,7
1961	108	855	12,6
1962	118	907	13,0
1963	127	973	13,0
1964	133	930	14,3
1965	140	876	15,9
1966	149	814	18,3
1967	131	761	17,2
1968	133	770	17,2
1969	119	680	17,5
1970	107	658	16,2
1971	105	629	16,6
1972	83	462	17,9

FUENTE: Estadísticas Mineras de España.

Como se observa en el cuadro anterior, el número de canteras ha disminuído, mientras que su participación en el total nacional ha venido experimentando oscilaciones, alcanzando el máximo en 1966 con el 18,3%. Actualmente representa el 17,9% del número total de canteras existentes en España.

El número total de canteras en las provincias englobadas dentro del estudio, se distribuyen de una manera muy irregular, y su evolución, considerando los años 1960, 1965, 1970, 1971 y 1972, ha sido como sigue:

DISTRIBUCION DE LAS CANTERAS POR PROVINCIAS (%) CUADRO XXI

	1960	1965	1970	1971	1972
ALAVA	1,1	3,5	2,8	2,8	3,6
BURGOS	21,3	13,5	8,5	7,7	10,8
HUESCA	-	-	2,8	1,9	-
LOGROÑO	5,4	9,3	13,1	14,3	13,3
NAVARRA	8,5	14,2	9,3	8,6	9,6
PALENCIA	15,9	10,1	8,4	6,6	6,1
SEGOVIA	3,2	1,4	0,9	1,9	2,4
TERUEL	31,9	15,7	14,1	14,3	13,3
VALLADOLID	6,3	21,5	16,8	16,2	16,8
VIZCAYA	3,2	1,5	0,9	0,9	1,3
ZARAGOZA	3,2	9,3	22,4	24,8	22,8
T O T A L	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

FUENTE: Estadísticas Mineras de España.

Como se aprecia en el anexo I, el número de canteras en todas las provincias ha ido descendiendo, salvo en Burgos, que vió incrementado su número de canteras con relación a 1971. Zaragoza es la que cuenta actualmente con mayor número de canteras

(22,8%). La que menor número tiene es Vizcaya (1,3%) y Segovia (2,4%).

El 86,7% de las canteras existentes en el conjunto de las once provincias, caen dentro del estudio de los yesos del Duero -Ebro. El 12,6% restante corresponde a canteras de Navarra y Teruel que no forman parte del estudio. Por otra parte, 13 canteras (18,9%) son subterráneas, repartidas entre cinco provincias: Valladolid (38,4%), Palencia (30,7%), Segovia (15,3%), Vizcaya (7%) y Alava (8%).

Clasificando el número de canteras con arreglo al personal empleado con datos actualizados a 1974, la estructura de la industria es la siguiente:

CLASIFICACION DE LAS CANTERAS SEGUN EL PERSONAL CUADRO XXII

EMPLEADO 1974

	De 1-2	De 3-5	De 6-10	Más de 10	TOTAL
ALAVA	1	2	1	-	4
BURGOS	3	1	2	1	7
HUESCA	2	-	-	-	2
LOGROÑO	1	3	3	1	8
NAVARRA	2	2	2	-	6
PALENCIA	1	2	2	-	5
SEGOVIA	3	-	-	-	3
TERUEL	2	3	1	-	6
VALLADOLID	-	7	-	1	8
VIZCAYA	-	1	-	-	1
ZARAGOZA	5	7	5	2	19
<b>T O T A L</b>	<b>20</b>	<b>28</b>	<b>16</b>	<b>4</b>	<b>68</b>

El 41,3% de las canteras englobadas en las áreas del Duero y Ebro tienen de 3 a 5 empleados, y el 29,4% tienen 1 ó 2 empleados. El 23,5% y el 5,8% tienen, respectivamente, de 6 a 10 empleados y más de 10.

Se aprecia que las explotaciones son, por regla general, de pequeña capacidad, lo que impide y dificulta una explotación más racional.

Se ha observado una clara tendencia a la disminución del número de explotaciones, por cierre de las marginales. No obstante, las canteras más importantes van realizando mejoras en los métodos de laboreo, con el fin de alcanzar una mayor productividad.

Los yacimientos donde existe un mayor número de canteras son los de Pedrajas de San Esteban (Valladolid) y Fuentes de Jiloca (Zaragoza), que tienen el 5,8% de las canteras. Otras zonas son Villalómez (Burgos), Ribaflecha (Logroño) y Cuarte de Huerva y Tauste (Zaragoza), con el 4,4% cada una. Le siguen otras zonas yesíferas con porcentajes que no superan el 2,9%.

Como puede verse, la explotación del yeso en estas zonas presenta una dispersión total, no pudiéndose hablar de una excesiva concentración de canteras alrededor de un yacimiento.

Las canteras están bien localizadas en cuanto a los centros consumidores, y la accesibilidad a las mismas es, por regla general, bastante buena.

#### CAPACIDAD DE PRODUCCION.-

La capacidad de producción de las canteras es muy difícil de precisar, debido a las limitaciones que son impuestas por parte del mercado.

La capacidad de cada yacimiento no constituye un índice de su potencial, sino tan sólo una referencia acerca del volumen de su demanda. Cualquiera de ellos cuenta con suficientes reservas para abastecer por sí mismo un posible aumento en la demanda del mercado.

EVOLUCIÓN DEL NÚMERO DE CANTERAS Y PERSONAL EMPLEADO.-

ANEXO I

AÑOS	ALVÁ		BURGOS		HUESCA		LEÓN		NAVARRA		PALENCIA		SEGOVIA		TERNEL		VALLADOLID		VIZCAYA		ZARAGOZA		NACIONAL	
	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P
1960	1	21	20	58	-	-	5	27	8	23	15	60	3	6	30	185	6	119	3	55	3	54	800	3.486
1961	1	15	20	64	-	-	5	28	9	28	15	65	3	9	32	175	15	118	3	55	5	22	855	3.293
1962	2	22	19	50	-	-	5	32	11	43	16	71	3	7	30	162	23	141	3	55	6	35	907	3.406
1963	2	23	19	62	-	-	5	33	10	53	16	75	3	7	31	157	25	144	3	55	13	69	973	3.801
1964	4	27	21	50	-	-	4	31	18	34	15	72	1	1	23	49	31	123	2	15	14	60	930	2.962
1965	5	29	19	55	-	-	13	73	20	71	14	57	2	4	22	52	30	113	2	17	13	65	876	2.950
1966	4	26	17	54	4	11	15	46	15	58	13	54	2	3	20	51	31	121	2	10	25	95	814	2.687
1967	4	24	14	59	6	12	15	70	17	64	10	48	2	4	16	54	24	189	2	25	21	92	761	2.393
1968	3	22	9	32	5	13	18	96	17	59	12	56	1	3	15	51	27	210	1	9	24	131	770	2.386
1969	3	16	12	53	3	6	16	66	16	56	9	41	1	3	14	50	22	135	1	5	22	120	680	2.444
1970	3	17	9	50	3	6	14	59	10	39	9	41	1	2	15	51	18	122	1	6	24	135	658	2.427
1971	3	11	8	45	2	8	15	69	9	36	7	25	2	4	15	51	17	72	1	6	26	117	629	1.889
1972	3	11	9	32	-	-	11	47	8	36	5	24	2	2	11	37	14	53	1	4	19	69	462	1.529

Fuente: Estadísticas Mineras de España.

VOLUMEN DE PRODUCCION Y VALOR DE LA MISMA.-

La evolución que ha seguido la producción de piedra de yeso para el conjunto de las once provincias consideradas, a lo largo del período 1960-72, ha sido la que muestra el Anexo II.

PRODUCCION DE PIERA DE YESO - tCUADRO XXIII

AÑOS	TOTAL DE LAS ONCE PROVINCIAS	TOTAL NACIONAL	% SOBRE EL TOTAL NACIONAL
1960	205.275	1.640.072	12,5
1961	244.933	2.015.856	12,5
1962	313.425	2.348.088	13,3
1963	361.308	3.041.126	11,8
1964	284.984	2.247.328	12,6
1965	367.786	2.434.475	15,1
1966	395.322	2.593.716	15,2
1967	473.045	2.910.716	16,2
1968	566.528	3.135.387	18,0
1969	579.231	3.104.707	18,6
1970	621.030	3.329.164	18,6
1971	552.975	3.173.513	17,4
1972	629.578	3.247.084	19,3

FUENTE: Estadísticas Mineras de España.

Se aprecia claramente, que la producción conjunta de piedra de yeso en estas provincias, ha ido teniendo mayor importancia dentro del contexto nacional. En 1960, representaba el 12,5% de la nacional; en 1972 era el 19,3%. Esto supone el haber multiplicado su producción de 1960 por tres, mientras que la producción nacional lo hacía por dos.

Esta producción es aportada por las diferentes provincias de la siguiente manera:

DISTRIBUCION DE LA PRODUCCION POR PROVINCIAS - % CUADRO XXIV

	1960	1965	1970	1971	1972
ALAVA	2,5	9,2	3,6	2,4	1,9
BURGOS	4,3	7,7	24,7	21,8	45,7
HUESCA	-	-	3,3	0,3	-
LOGROÑO	10,7	10,2	16,4	16,1	13,8
NAVARRA	4,6	16,7	6,6	6,7	6,4
PALENCIA	21,8	13,2	9,6	6,3	6,4
SEGOVIA	0,9	0,2	0,1	0,1	0,1
TERUEL	12,9	5,5	3,5	4,6	5,1
VALLADOLID	5,1	11,9	10,0	18,7	7,7
VIZCAYA	33,2	6,9	1,1	1,2	0,4
ZARAGOZA	3,9	18,5	21,1	21,8	12,5
T O T A L	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

FUENTE: Estadísticas Mineras de España.

La distribución provincial refleja las fuertes oscilaciones que ha experimentado la industria yesífera en España. Si comparamos los años 1960 y 1972, podemos observar un cambio total en la evolución de la producción de cada provincia. Así, provincias como Burgos, Zaragoza, Logroño, Valladolid y Navarra, - que en 1960 tenían una producción más bien pequeña en comparación con el total, son las que mayor relevancia tienen dentro del Duero-Ebro en 1972.

Otras, por el contrario, tales como Vizcaya, Palencia, Teruel, Alava y Segovia, han visto disminuir su producción con respecto al total de las once provincias. Los casos extremos -

los dan Burgos y Vizcaya; la primera con el 4,3% en 1960 ha pasado al 45,7% en 1972, y Vizcaya del 30,6% ha pasado al 0,4% en el mismo período de tiempo.

A pesar de lo dicho anteriormente, no se ha registrado una evolución continuada en uno u otro sentido, sino más bien fluctuaciones motivadas por la situación del mercado español del yeso a lo largo del período 1960-72.

Ajustándose a las áreas del estudio, la producción total de yeso habida en 1973, ha sido el 95% de la registrada por las once provincias en su conjunto; Navarra y Teruel son las únicas que aportan tan sólo en 75,2% y 31,5%, respectivamente, a la producción total del Duero-Ebro.

En el cuadro siguiente damos los tonelajes aportados por cada provincia según el tamaño de la cantera. Algunos datos difieren de los anteriores, debido a que estos últimos han sido tomados en un recorrido efectuado por las diferentes zonas durante los años 1973 y 1974, mientras que los primeros han sido tomados directamente de las Estadísticas Mineras de España:

PRODUCCION POR TAMAÑO DE LAS CANTERAS - t

CUADRO XXV

PROVINCIAS	PERSONAL EMPLEADO				TOTAL
	De 1 a 2	De 3 a 5	De 6 a 10	De más de 10	
ALAVA	800	2.400	16.360	-	19.560
BURGOS	3.236	9.280	45.320	64.800	122.686
HUESCA	1.480	-	-	-	1.480
LOGROÑO	64	11.920	60.800	-	72.784
NAVARRA	1.056	13.040	16.480	-	30.576
PALENCIA	576	7.520	22.240	-	30.336
SEGOVIA	184	-	-	-	184
TERUEL	1.204	5.430	2.624	-	9.258
VALLADOLID	-	29.224	-	48.000	77.224
VIZCAYA	-	43.200	-	-	43.200
ZARAGOZA	8.376	57.187	49.843	11.840	127.246
T O T A L	16.976	179.201	213.667	124.640	534.484

En estas zonas existen numerosas explotaciones, muchas de las cuales tienen capacidades de producción muy reducidas, debidas, principalmente, a que existe una excesiva atomización de las canteras.

Núm. DE PERSONAS EMPLEADAS POR CANTERA	Núm. DE CANTERAS	%	PRODUCCION	%
1 a 2	20	29,4	16.976	3,1
3 a 5	28	41,3	179.201	33,6
6 a 10	16	23,5	213.667	40,0
más de 10	4	5,8	124.640	23,3
T O T A L	68	100,0	534.484	100,0

El 36,7% de la producción de piedra de yeso es producido por 48 canteras (considerando las canteras de 1 a 5 empleados), o lo que es lo mismo el 70,7% del número de canteras totales; y el 63,3% del yeso es producido por canteras con una dimensión superior a 6 empleados (29,3%).

Se observa la existencia de pequeñas explotaciones con producciones muy reducidas, que extraen la piedra con medios rudimentarios. No obstante, existen zonas en las que la mecanización y estructuración de la extracción de la piedra de yeso, ha conducido a unos mayores rendimientos mediante el empleo de moderna maquinaria.

La evolución que ha tenido en valor la producción de piedra de yeso, nos la da el Anexo III, en el cual se puede observar que la tendencia seguida a lo largo del período 1960-72, ha sido en términos absolutos de aumento, con retrocesos en los años 1964 y 1968. El valor de la producción ha pasado de 12,1 -

millones de pts en 1972, o lo que es lo mismo se ha mutiplicado el valor de 1960 por seis, en tanto que el total nacional lo ha hecho por cuatro.

El valor de la producción conjunta de las once provincias, así como la participación en el total nacional, es el siguiente:

VALOR DE LA PRODUCCION - 10<sup>3</sup> Pts.

CUADRO XXVI

AÑOS	TOTAL DE LAS ONCE PROVINCIAS	TOTAL NACIONAL	% SOBRE EL TOTAL NACIONAL
1960	12.150	78.890	15,3
1961	13.774	88.807	15,4
1962	19.191	127.853	14,9
1963	27.271	188.396	14,4
1964	19.824	179.603	11,0
1965	30.015	172.438	17,4
1966	32.257	182.643	17,6
1967	55.570	223.504	24,8
1968	75.343	257.861	29,2
1969	65.883	242.242	27,1
1970	69.471	265.784	26,1
1971	77.639	275.190	28,2
1972	76.294	303.266	25,1

FUENTE: Estadísticas Mineras de España.

PERSONAL EMPLEADO Y SU CLASIFICACION.-

La evolución que ha experimentado el personal empleado en la extracción de piedra de yeso, a lo largo del período 1960-72, nos la da el Anexo I. En él se puede apreciar, que en el conjunto nacional se está registrando un descenso continuado que comenzó en 1967, y que en 1972 alcanzó el nivel más bajo, 1.592 empleados menos de la mitad del que había dedicado a la extracción del yeso en 1960.

PRODUCCION DE PIEDRA DE YESO - t

ANEXO II

	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972
ALAVA	5.120	4.864	10.400	15.200	29.628	33.102	31.430	36.275	30.780	21.611	22.390	12.928	12.347
BURGOS	8.716	10.251	7.976	14.014	24.812	28.030	41.616	70.187	15.564	128.908	153.496	120.872	287.872
HUESCA	-	-	-	-	-	-	5.416	4.520	3.782	5.104	20.304	1.480	-
LOGROÑO	22.094	22.400	23.200	26.080	15.613	37.396	43.662	53.696	102.556	83.732	102.470	88.944	87.496
NAVARRA	9.420	11.649	24.457	29.571	28.451	61.721	63.625	62.142	66.225	61.622	41.192	37.536	40.480
PALENCIA	44.748	50.433	68.692	76.992	78.312	48.499	44.850	44.240	73.228	56.800	59.040	34.336	39.904
SEGOVIA	1.888	892	144	320	32	420	584	352	304	320	480	896	184
TERUEL	26.401	32.800	41.504	49.440	14.980	20.284	19.281	19.248	21.468	22.038	22.390	25.443	31.577
VALLADOLID	10.448	14.844	20.348	22.059	44.492	44.180	58.614	69.552	99.817	64.832	62.328	103.576	48.760
VIZCAYA	68.312	64.800	73.440	77.760	9.564	25.611	11.228	13.750	5.712	5.360	6.320	6.304	2.256
ZARAGOZA	8.128	32.000	43.264	49.872	39.200	67.979	76.516	99.083	147.092	128.904	130.620	120.660	78.802
NACIONAL	1.640.072	2.015.855	2.848.098	3.041.126	2.247.328	2.434.475	2.593.716	2.910.716	3.135.887	3.104.707	3.329.164	3.173.513	3.247.084

Fuente: Estadísticas Mineras de España.

EVOLUCIÓN DEL VALOR DE LA PRODUCCIÓN DE YESO - (10<sup>3</sup> pts.)

ANEXO III

316.

AÑOS	ALAVA	BURGOS	HUESCA	LOGROÑO	NAVARRA	PALENCIA	SEGOVIA	TERUEL	VALLADOLID	VIZCAYA	ZARAGOZA	NACIONAL
1960	304	810	-	1.508	540	1.847	94	2.504	1.083	2.510	870	78.890
1961	334	910	-	1.630	607	1.940	83	2.670	2.090	2.430	1.030	88.807
1962	748	659	-	1.910	2.232	2.642	23	3.028	2.959	3.030	1.960	127.853
1963	1.192	902	-	1.983	3.257	3.903	80	4.652	3.934	4.110	3.258	188.396
1964	1.932	1.603	-	1.636	1.980	3.836	2	1.084	4.062	898	2.791	179.603
1965	2.443	2.192	-	3.185	4.494	3.029	26	1.475	5.560	2.377	5.229	172.438
1966	2.790	3.997	617	2.979	4.450	2.881	44	1.371	6.673	1.083	5.552	182.643
1967	3.287	7.019	523	3.859	4.466	2.850	27	1.370	13.615	10.780	7.824	223.504
1968	2.169	1.039	437	7.692	4.967	4.943	23	1.258	32.381	381	20.053	257.851
1969	2.356	15.139	472	4.182	6.486	4.304	30	1.373	19.572	469	11.500	242.242
1970	2.527	17.940	1.978	5.059	4.524	4.465	45	1.399	18.815	573	12.246	265.784
1971	1.487	12.458	402	12.105	4.491	3.255	85	2.353	22.047	785	18.171	275.190
1972	1.743	24.568	-	12.421	5.434	4.988	30	3.983	10.947	362	11.818	303.266

Fuente: Estadísticas Mineras de España.

En el conjunto de las once provincias se registra la misma tendencia que para el total nacional, aunque el descenso experimentado en las mismas es mayor que el registrado por el nacional. En los tres últimos años, el número de personal empleado en España ha descendido a una media anual del 14%, mientras que el empleado en el área del Duero-Ebro lo ha sido a una media del 16,3% para el mismo período de años.

NUMERO DE PERSONAS EMPLEADAS

CUADRO XXVII

AÑOS	TOTAL DE LAS ONCE PROVINCIAS	TOTAL NACIONAL	% SOBRE EL TOTAL NACIONAL
1960	608	3.486	17,4
1961	579	3.293	17,5
1962	618	3.406	18,1
1963	678	3.801	17,8
1964	463	2.962	15,6
1965	546	2.950	18,5
1966	529	2.687	19,6
1967	642	2.893	22,1
1968	682	2.888	23,6
1969	551	2.444	22,5
1970	528	2.427	21,7
1971	444	1.889	23,5
1972	315	1.529	20,6

FUENTE: Estadísticas Mineras de España.

Como se observa en el anterior cuadro, el número de personal empleado en el área del Duero y Ebro, ha alcanzado, según datos oficiales, el nivel más bajo, 315 empleados, casi la mitad del alcanzado en 1960.

DISTRIBUCION DEL PERSONAL EMPLEADO  
POR PROVINCIAS

CUADRO XXVIII

	1960	1965	1970	1971	1972
ALAVA	3,5	5,3	3,3	2,4	4,0
BURGOS	9,6	10,1	9,4	10,1	10,0
HUESCA	-	-	1,2	1,8	-
LOGROÑO	4,5	13,3	11,2	15,6	15,0
NAVARRA	3,7	13,1	7,3	8,1	11,3
PALENCIA	9,8	12,2	7,7	5,6	7,6
SEGOVIA	0,9	0,8	0,4	0,9	0,6
TERUEL	30,5	9,5	9,6	11,5	11,7
VALLADOLID	19,6	20,6	23,2	16,2	16,7
VIZCAYA	9,1	3,2	1,1	1,4	1,2
ZARAGOZA	8,8	11,9	25,6	26,4	21,9
T O T A L	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Por provincias, es Zaragoza la que cuenta con un mayor porcentaje, el 21,9%, seguida de Valladolid con el 16,7%, Logroño - 15,0%, Teruel 11,7%, Navarra 11,3% y Burgos 10,0%; las que menor número tienen son Segovia (0,6%) y Vizcaya (1,2%).

La tendencia seguida por el personal ocupado en la extracción de piedra de yeso, ha sido, para el conjunto de las once provincias, muy irregular, puesto que provincias con alto nivel de empleo en 1960, han visto disminuir el número de personas ocupadas, mientras que otras, tales como Zaragoza, Navarra, Logroño, Burgos y Alava, han experimentado aumentos.

Basándonos en datos recogidos en las propias canteras en 1973 y 1974, el personal empleado en las mismas es aproximadamente de 327 empleados, que da una media de 4 empleados por cantera, superior al registrado en las Estadísticas oficiales del Ministerio de Industria, que da 3 obreros por cantera para 1972.

La distribución del personal empleado según dimensión de las canteras, es como sigue:

Núm. DE PERSONAS EMPLEADAS POR CANTERA	Núm. DE CANTERAS	TOTAL DE PERSONAS	% SOBRE EL TOTAL DE PERSONAS
1 a 2	20	35	11,0
3 a 5	28	110	34,8
6 a 10	16	117	37,1
más de 10	4	54	17,1
T O T A L	68	316	100,0

La dimensión que presentan las canteras en el Duero-Ebro es bastante deficiente, puesto que 48 canteras dan empleo al 45,8% del personal, y cuatro al 17,1%. El 37,1 restante está empleado en 16 canteras.

#### ESTRUCTURA DE LOS COSTES.-

Esta es una industria que, por sus especiales características, tiene unos costes de mano de obra bastante elevados, más por su valor relativo que por los altos salarios que percibe el personal empleado.

La distribución de los costes según conceptos y por provincias, es, para los años 1965 y 1972, la siguiente:

## DISTRIBUCION DE LOS COSTES - %

## CUADRO XXIX

	COSTE DE PERSONAL		VALOR MATERIALES		COSTE ENERGIA Y COMBUSTIBLES CONSUMIDOS		OTROS GASTOS	
	1965	1972	1965	1972	1965	1972	1965	1972
ALAVA	64,6	70,4	19,7	8,7	11,5	12,6	4,2	8,3
BURGOS	80,5	60,3	10,9	20,8	1,9	17,6	1,1	1,3
HUESCA	-	87,3	-	4,2	-	4,7	-	3,8
LOGROÑO	78,9	57,2	14,8	16,9	4,7	18,3	0,4	7,6
NAVARRA	80,1	66,5	9,8	8,6	7,4	17,2	2,7	7,7
PALENCIA	82,8	78,1	14,6	10,1	1,2	7,1	1,4	4,7
SEGOVIA	55,7	-	38,8	55,0	-	10,0	5,5	35,0
TERUEL	85,8	78,2	12,1	9,6	0,4	2,9	1,7	9,3
VALLADOLID	88,4	52,4	6,1	6,6	4,2	29,9	1,3	11,1
VIZCAYA	82,2	78,8	8,1	16,5	9,2	4,7	0,5	-
ZARAGOZA	80,5	66,9	16,4	10,1	2,0	13,9	1,1	9,1
DUERO-EBRO	81,9	63,5	12,2	11,9	4,4	17,4	1,5	7,2
NACIONAL	80,6	64,4	13,7	15,8	3,2	12,5	2,3	7,3

Como se observa, se trata de una industria con materia prima - piedra de yeso - barata, y mano de obra cara - más por su valor relativo que por los altos salarios, que oscilan entre el 50% y el 80% de los costes totales-. En conjunto, se ha registrado una disminución del peso de los salarios en los costes totales.

Costes de energía y combustibles sólidos han aumentado, así como los gastos varios. En cuanto a los primeros, el aumento ha sido debido a una mayor utilización de elementos mecánicos para la extracción de la piedra de yeso.

### PRODUCTIVIDAD.-

Debido a la deficiente estructura productiva, la productividad en el área del Duero y Ebro es más bien baja, salvo para algún número muy reducido de canteras. Progresivamente, se ha ido registrando un cese de actividades en aquellas que eran antiécónimicas, y paralelamente, el sucesivo aumento del tono medio de las empresas repercute favorablemente en la productividad media que se puede alcanzar.

La buena situación geográfica, así como las excelentes calidades, influirán sin duda en la productividad de la industria.

Las pequeñas canteras alcanzan niveles muy bajos. Para - las más modernas, este valor llega a ser del orden de las 8 t por obrero y día.

### EQUIPO CAPITAL.-

La extracción de la piedra de yeso se realiza con un cierto grado de mecanización, por medio de palas cargadoras y perforadoras, en general de fabricación extranjera las primeras.

El índice de mecanización, medido por la potencia instalada, se ha incrementado en estos últimos años. Así, de los 768 C.V. instalados en 1960, se ha pasado a los 6.575 C.V. en 1972, lo que supuso un aumento del 756%.

### MERCADO DE LA PIEDRA DE YESO.-

No existe un mercado lo suficientemente definido en la comercialización de la piedra de yeso, debido a que la totalidad de las canteras son explotadas por los propios fabricantes de yeso.

En el área del Duero-Ebro, el único comercio existente es el realizado por algunas canteras, que venden la totalidad o par

te de su producción a fábricas de cementos. Estas canteras son la situada en Fonz, que únicamente tritura el yeso para la fábrica de cementos de Monzón, la de Arándiga, que destina su producción a la fábrica de cemento de Morata de Jalón, y una de Villaloméz que envía parte de su producción a la fábrica de Hontoria.

Asimismo, existe una fábrica de yeso en Burgos, que compra la totalidad de la piedra de yeso a canteras cercanas.

En lo referente al alabastro, el mercado es nacional, y los niveles alabastrinos son explotados, preferentemente, en La Zaida y Fuentes de Ebro (Zaragoza), y en Azaila (Teruel); - los "bolos" de alabastro obtenidos se envían a fábricas de Castellón, Caparrosa (Navarra), Jadraque (Guadalajara), Sarreal (Tarragona) etc. o bien se elaboran en las fábricas locales (Quinto, La Zaida, Fuentes de Ebro).

### 5.3.2.- Industria transformadora

#### NUMERO DE FABRICAS Y SU CLASIFICACION.-

Según datos proporcionados por las estadísticas oficiales, el número de fábricas de yeso y escayola repartidas por todo el territorio nacional, ha venido experimentado un descenso, dado que en 1967 había 703 y en 1973 (según datos preliminares) únicamente existían 325. Esto ha supuesto un descenso del 53,8% para estos seis años.

En las provincias concretas del estudio, el descenso ha sido del 55,6%, siguiendo una tendencia similar a la registrada por el total nacional. Es decir, desaparición de algunas fábricas pequeñas anticuadas, que no pudieron resistir la competencia de las modernas, que paulatinamente se han ido poniendo en funcionamiento.

La evolución seguida por el número de fábricas ha sido como sigue:

<u>Años</u>	<u>Fábricas en las 11 provincias</u>	<u>Nacional</u>	<u>% sobre el nacional</u>
1967	126	703	17,9
1968	105	682	15,3
1969	105	636	16,5
1970	92	519	17,7
1973	56	325	17,2

El total de las fábricas localizadas en las provincias comprendidas en la zona de estudio, se distribuye de la siguiente manera:

CUADRO XXX

## DISTRIBUCION PROVINCIAL DE LAS FABRICAS DE YESO

	1967		1968		1969		1970		1973	
	Nº de fábricas	%								
Alava	4	3,2	2	1,9	3	2,8	2	2,3	3	5,3
Burgos	12	9,5	10	9,5	13	12,4	9	9,7	6	10,8
Huesca	6	4,9	5	4,6	2	1,4	2	2,3	2	3,6
Logroño	15	11,9	16	15,2	17	16,1	15	16,3	11	19,6
Navarra	16	12,6	15	14,4	14	13,3	11	11,9	6	10,8
Palencia	6	4,9	7	6,7	8	7,6	9	9,7	6	10,8
Segovia	1	0,8	2	1,9	2	1,9	3	3,3	2	3,6
Teruel	18	14,2	14	13,3	13	12,4	13	14,1	7	12,5
Valladolid	23	18,2	13	12,3	12	11,3	9	9,7	3	5,3
Vizcaya	2	1,6	2	1,9	2	1,9	2	2,3	1	1,7
Zaragoza	23	18,2	19	18,1	19	18,1	17	18,4	9	16,0
T O T A L	126	100,0	105	100,0	105	100,0	92	100,0	56	100,0

Seis provincias tenían en 1973 más del 80% de las fábricas del área del Duero y Ebro. Logroño, con el 19,6%, es la que mayor número posee; la siguen Zaragoza (16,0%), Teruel (15,5%), Burgos, Navarra y Palencia (10,8%). El otro 20% se lo reparten entre las cinco provincias restantes. Valladolid es la que mayor descenso ha registrado, puesto que en 1967 tenía el 18,2% del total, pasando a tener en 1973 el 5,3%.

Las fábricas de yeso y escayola están situadas, normalmente, al pie de la cantera de donde se extrae la piedra de yeso, y casi siempre cerca de los centros consumidores. Al igual que sucede con las canteras, las fábricas no están muy concentradas al rededor de un yacimiento. Unicamente las zonas de Fuentes de Jiloca (Zaragoza), Ribaflecha (Logroño) y Villalómez (Burgos), tienen un mayor número, que oscila entre 2 y 4 fábricas.

Estas fábricas se clasifican, según las dimensiones de las mismas, con arreglo a los datos recogidos directamente de ellas, del siguiente modo:

CUADRO XXXI

NUMERO DE FABRICAS SEGUN SU DIMENSION

Nº DE FABRICAS POR PORVINCIAS												
Nº DE PERSONAL EMPLEADO	ALAVA	BURGOS	HUESCA	LOGROÑO	NAVARRA	PALENCIA	SEGOVIA	TERUEL	VALLADOLID	VIZCAYA	ZARAGOZA	TOTAL
1 a 5	1	4	2	5	4	7	3	6	1	-	2	35
6 a 10	1	2	-	-	-	1	-	-	3	1	4	12
11 a 25	-	1	-	1	1	1	-	-	1	-	4	9
T O T A L	2	7	2	6	5	9	3	6	5	1	10	56

A pesar de la coincidencia del número total de fábricas con el avance de las estadísticas oficiales, la distribución - por provincias puede no ser igual, puesto que el 95%, aproximadamente, de las fábricas de estas once provincias, caen dentro del área del Duero y Ebro; Navarra y Teruel son las únicas que no aportan el total de sus fábricas.

El 62,5% de las fábricas tiene de uno a cinco empleados, mientras que el 16,2% de las instalaciones tiene más de once empleados, y el 21,3% restante posee una dimensión de 6 a 10 empleados.

La industria del yeso en el Duero y Ebro adolece de una proliferación de empresas de inadecuada dimensión, muchas de ellas con una capacidad de producción muy reducida, y algunas de funcionamiento intermitente.

A pesar de lo expuesto, un claro exponente de la transformación que se va registrando en esta industria, lo tenemos en las dos cooperativas de fabricantes de yeso de El Portillo y Pedrajas de San Esteban, en Valladolid; diversos propietarios de canteras han decidido unirse e instalar una fábrica de yeso.

#### CAPACIDAD DE PRODUCCION.-

En cuanto a la capacidad de producción, durante 1973, las cifras de producción del total nacional corresponden, aproximadamente, a un 75% de aquella. En las áreas del Duero-Ebro este porcentaje es del 77%.

La capacidad actual de las fábricas distribuídas por provincias, es la siguiente:

	CAPACIDAD <u>t/año</u>	Producción <u>1973 - t</u>
Alava	17.000	5.680
Burgos	130.700	112.970
Huesca	2.000	1.470
Logroño	143.000	142.243
Navarra	116.500	59.115
Palencia	99.700	94.417
Segovia	1.500	400
Teruel	20.092	12.183
Valladolid	177.000	124.000
Vizcaya	20.250	11.450
Zaragoza	189.000	144.020
	<u>916.742</u>	<u>707.948</u>

Estas cifras incluyen tanto el yeso producido como la es cayola, y difieren de los avances estadísticos del año 1973, - al haber sido tomadas directamente de las fábricas.

Las fábricas, con arreglo a las capacidades respectivas de cada una, se han distribuido según muestra el cuadro XXXII.

Según se puede observar, el mayor porcentaje de fábricas (25,1%) corresponde a aquellas que tienen una capacidad de 500 a 200 t/año; con capacidades superiores a 30.000 t/año, solamente hay el 16,1% del total. Es decir, el 62,5% de las fábricas no superan las 10.000 t/año. Esto da idea de la excesiva - atomización de las empresas, originando en la mayoría de ellas unos rendimientos muy bajos de su actividad.

La totalidad de las fábricas tiene suficiente capacidad de respuesta a posibles aumentos de la demanda. La mayoría de las fábricas con hornos rotativos tienen una capacidad de 150 t/día, existiendo una que podría llegar a las 400 t/día. No -

CUADRO XXXII

## CAPACIDAD DE PRODUCCION

CAPACIDAD DE PRODUCCION t/AÑO	ALAVA	BURGOS	HUESCA	LOGROÑO	NAVARRA	PALENCIA	SEGOVIA	TERUEL	VALLADOLID	VIZCAYA	ZARAGOZA	TOTAL
500	-	1	-	-	-	1	2	-	-	-	-	4
500 - 2.000	-	-	2	-	1	2	1	6	-	-	2	14
2.001 - 5.000	1	2	-	-	-	2	-	-	-	-	1	6
5.001 - 10.000	-	1	-	4	2	1	-	-	-	1	2	11
10.001 - 20.000	1	-	-	1	-	2	-	-	-	-	2	6
20.001 - 30.000	-	1	-	-	-	-	-	-	3	-	2	6
más de 30.000	-	2	-	1	2	1	-	-	2	-	1	9
TOTAL	2	7	2	6	5	9	3	6	5	1	10	56

obstante, la falta de demanda por un lado, y los problemas técnicos de funcionamiento de los hornos, por otro, hacen que las fábricas equipadas con hornos rotativos estén funcionando a un 60% de su capacidad real.

VOLUMEN DE PRODUCCION.-

La producción alcanzada por las fábricas de yeso y escayola situadas en el área del Duero y Ebro, totalizó en 1973 - 527.474 t de yeso, y 138.450 t de escayola.

PRODUCCION

AÑOS	Y E S O			E S C A Y O L A		
	ONCE PROVINCIAS	NACIONAL	%	ONCE PROVINCIAS	NACIONAL	%
1967	274.104	1.764.199	15,5	19.360	120.267	21,5
1968	301.300	1.998.112	15,0	35.410	124.030	28,5
1969	481.575	2.873.656	16,7	79.849	255.069	31,3
1970	396.482	2.221.929	17,8	95.214	269.555	35,3

Se observa que las producciones de yeso y escayola han ido aumentando regularmente, salvo el retroceso registrado en 1970 - por la producción de yeso. Así, mientras que la producción de yeso tiene una importancia relativa, el 17,8% en 1970, la fabricación de escayola alcanzó el 35,3 del total nacional. Datos preliminares de 1973 dan una producción de yeso y escayola de 527.474 t, de las cuales 138.500 t son de escayola, lo que supone el 46,1% del total nacional.

Por provincias, la producción se ha repartido de la siguiente manera: si



La producción de yeso sigue siendo la que mayor peso tiene en el total del área. Como principal provincia productora figura Valladolid, con el 25,6%, seguida de Logroño (20,8%), Palencia (12,7%), y Burgos (11,6%). Huesca, Alava y Segovia aportan cantidades muy pequeñas.

La producción de escayola está tomando últimamente gran expansión en el área. Dos provincias conjuntamente (Zaragoza y Logroño), produjeron en 1973 el 46% del total nacional, contra el 21,5% producido en 1967. Zaragoza produce el mayor tonelaje de escayola del área, el 62,9%, y Logroño el 37,1%.

Por otro lado, si nos basamos en datos recogidos de las propias fábricas en 1973, tenemos que se produjeron 494.308 t de yeso, y 138.450 t de escayola, lo cual supone que en dicho año el área aportó al país el 14% de yeso y el 46% de escayola.

Con arreglo a la dimensión de las fábricas, se puede distribuir la producción (incluyendo la escayola y yeso) por provincias como sigue:

PRODUCCION SEGUN DIMENSION FABRICAS - t

CUADRO XXXV

	Núm. de empleados			
	1 - 5	6 - 10	11 - 25	TOTAL
ALAVA	2.100	3.580	-	5.680
BURGOS	8.330	71.369	20.000	99.690
HUESCA	1.470	-	-	1.470
LOGROÑO	33.043	-	109.200	142.243
NAVARRA	9.195	-	49.920	59.115
PALENCIA	21.097	45.000	18.000	84.097
SEGOVIA	400	-	-	400
TERUEL	12.183	-	-	12.183
VALLADOLID	18.000	73.500	11.200	102.700
VIZCAYA	-	11.450	-	11.450
ZARAGOZA	5.440	21.650	86.640	113.730
<b>T O T A L</b>	<b>111.258</b>	<b>226.540</b>	<b>294.960</b>	<b>632.758</b>

Es decir, el 17,6% de la producción proviene de fábricas cuyo n° de obreros está entre 1 y 5; el 35,8%, de fábricas cuya dimensión oscila entre 6 y 10 empleados, y el 46,6%, de las que dan empleo a más de 11 obreros.

En cuanto al valor de la producción para 1970, se alcanzó - la cifra de los 157 M de pts, lo que supuso el 20,5% del nacional.

Por clases de productos, el yeso producido tuvo un valor de 118 M. de pts., el 18,7% del nacional, y la escayola alcanzó los 39 M. de pts (29%).

#### PERSONAL EMPLEADO.-

El personal empleado en el Duero y Ebro en las fábricas - de yeso y escayola, ha evolucionado de la siguiente manera:

AÑOS	Y E S O			E S C A Y O L A		
	ONCE PROVINCIAS	NACIONAL	%	ONCE PROVINCIAS	NACIONAL	%
1967	635	3.396	18,6	74	234	31,6
1968	545	3.377	16,1	55	243	22,6
1969	532	2.831	18,7	54	231	23,3
1970	449	2.347	19,1	52	218	23,8

Como se observa, se han registrado oscilaciones en el nivel de empleo, dado que se trata de una industria en la que se manifiesta con gran fuerza el carácter eventual de la mayoría del personal ocupado. De todas formas, se puede decir que, en conjunto, su participación ha venido aumentando desde 1967. El empleo en las fábricas de escayola es el que permanece más estacionario en esta serie de años.

Por provincias, la evolución que han seguido ha sido:

	1967		1968		1969		1970	
	Yeso	Escayola	Yeso	Escayola	Yeso	Escayola	Yeso	Escayola
Alava	2,6	-	2,7	-	2,9	-	2,3	-
Burgos	6,2	-	5,1	-	8,6	-	8,2	-
Huesca	2,1	-	2,2	-	0,8	-	1,2	-
Logroño	9,6	14,8	13,5	7,2	15,5	7,4	15,8	7,7
Navarra	13,1	-	14,6	-	8,4	-	7,3	-
Palencia	10,1	-	12,0	-	15,3	-	16,2	-
Segovia	0,5	-	0,9	-	0,9	-	1,2	-
Teruel	11,6	-	11,5	-	11,1	-	12,4	-
Valladolid	25,1	-	20,7	-	16,9	-	16,1	-
Vizcaya	2,6	-	3,4	-	3,1	-	3,3	-
Zaragoza	16,5	85,2	16,0	92,8	16,5	92,6	16,6	92,3
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Basándonos en datos facilitados por las propias fábricas, y teniendo en cuenta que provincias como Navarra y Teruel no entran en su totalidad en el estudio, se puede considerar que en 1973 existían ocupados en las fábricas de yeso y escayola del Duero y Ebro 311 empleados, lo que da idea del acusado descenso registrado en estos últimos años.

Si distribuimos el personal ocupado con arreglo a la dimensión de las fábricas, obtendremos el siguiente cuadro:

CUADRO XXXVI

	Núm. de empleados			
	1 a 5	6 a 10	11 a 25	TOTAL
ALAVA	3	7	-	10
BURGOS	10	15	12	37
HUESCA	4	-	-	4
LOGROÑO	19	-	18	37
NAVARRA	11	-	14	25
PALENCIA	17	9	18	44
SEGOVIA	5	-	-	5
TERUEL	18	-	-	18
VALLADOLID	3	23	12	38
VIZCAYA	-	6	-	6
ZARAGOZA	6	30	53	89
TOTAL	96	90	127	313

Comparando el personal ocupado según el número de las fábricas, obtendremos que:

DIMENSION DE LA FABRICA POR EL N° DE EMPLEADOS	N° DE EMPRESAS	%	PERSONAL	%
1 a 5	35	62,5	94	30,3
6 a 10	12	21,4	90	28,9
11 a 25	9	16,1	127	40,8
T O T A L	56	100,0	311	100,0

El 30,3% del personal ocupado en esta industria, lo está en el 62,5% de las fábricas del área; el 21,4% de las fábricas ocupan el 28,9% del personal, mientras que el 40,8% está empleado en el 16,1% de las fábricas.

#### ESTRUCTURA DE LOS COSTES.-

Los costes han experimentado durante este último año un incremento bastante considerable, debido, en gran parte, al aumento del precio del papel y del fuel-oil, lo que ha repercutido en la distribución de los costes. A estos aumentos hay que añadirle el que supone el del coste de personal.

Se estima que más o menos el 50% del coste corresponde a salarios (35%), y a Seguridad Social (15%). El otro 50% se lo reparten entre gastos de energía y envases (35%) y la piedra de yeso utilizada (15%).

Además de estos costes, las fábricas soportan los costes debidos a la presión fiscal, que son los normales según sea el tipo de industria. En general, se va registrando un aumento progresivo de la presión fiscal.

PRODUCTIVIDAD.-

Al comparar la cifra de producción con la capacidad total , se observa que el aprovechamiento de ésta en las fábricas del Duero y Ebro es del 77%. Es decir, tiene un grado de utilización bastante aceptable, superando incluso a la media nacional que se considera del 75% (aquí se incluyen las fábricas con cualquier tipo de horno).

La productividad media es muy baja, 3 toneladas por día y obrero, en las pequeñas fábricas (62,5% de las totales). Para fábricas con un cierto grado de mecanización (37,5%), la productividad media es de 7 a 9 toneladas por obrero y día. Los rendimientos son todavía bajos, a pesar de la estructuración y modernización de muchas fábricas, con la consiguiente disminución del personal empleado.

De todas maneras la productividad por provincias, es como sigue:

	<u>t/día/obrero</u>
Logroño	13,5
Valladolid	9,0
Burgos	8,9
Navarra	7,8
Palencia	6,3
Vizcaya	6,2
Zaragoza	4,2
Teruel	2,2
Alava	1,8
Huesca	1,2
Segovia	0,2

Se aprecia que provincias con producciones elevadas tienen,

sin embargo, unas productividades bajas, en comparación con otras de baja producción. Causa principal es el excesivo número de personal ocupado, o la lenta modernización de las fábricas.

#### EQUIPO CAPITAL.-

A pesar de la falta de ayuda oficial, la industria del yeso ha realizado un gran esfuerzo para su mecanización. Así, en muchas fábricas se han sustituido los antiguos hornos de cuba por los modernos hornos rotativos, mejorando la calidad y regularidad de los productos.

La mayor parte de este equipo es de fabricación nacional, aunque se importan hornos y equipos para fabricación de escayola, de yesos especiales, y de prefabricados.

#### MERCADO DE LOS PRODUCTOS DE FABRICA.-

El mercado del yeso es local, como corresponde a un producto de precio muy bajo. Los mercados para los yesos del Duero y Ebro se localizan, preferentemente, en la mitad norte del país, extendiéndose desde Zaragoza hasta la región gallega; existen yesos que alcanzan mercados tan distantes como pueden ser los de Galicia, Alcalá de Henares o Valencia, e incluso existe una fábrica en Burgos que envía yeso a Canarias.

La casi totalidad del yeso es consumido directamente por la industria de la construcción. Otros consumidores del yeso de la zona son: por una parte, la fábrica de prefabricados situada en Lizarraga (Navarra), que lo compra en la provincia de Burgos, debido a la alta calidad del yeso; y por otra, las fábricas de escayola cerca de las cuales están situadas plantas de plaquetas de yeso.

Actualmente, fábricas de escayola de Zaragoza poseen mercados en zonas netamente yesíferas, como son Valencia y Madrid, lo

que da idea de la excelente calidad de los yesos de esta provincia y de las buenas perspectivas de dicha zona.

El mercado del alabastro es nacional, y se elabora en fábricas situadas en Fuentes de Ebro, Quinto y La Zaida (Zaragoza) y Cintruénigo (Navarra).

Otro campo de consumo del yeso es el agrícola, como abono. Una fábrica de Navarra produce pequeñas cantidades, como modo de reducir los costes de producción.

Con el fin de ampliar mercados, se ha creado recientemente en seis provincias del Norte (Alava, Vizcaya, Burgos, Logroño, Navarra y Guipúzcoa) una sociedad de distribución y comercialización del yeso, cuyo fin consiste en agrupar a todos los yeseros de las anteriores provincias, para intentar penetrar en los mercados con más fuerza que si se realizase individualmente y luchando entre sí.

La exportación es inexistente, debido a los altos costos del transporte a puerto, y en gran medida a la falta de información de los mercados y asesoramiento para la exportación.

Las tarifas de los precios varían de una provincia a otra, estimándose en un 10% la oscilación de los mismos según las diferentes provincias.

La tarifa de los precios ha evolucionado como sigue durante el período 1966-73.

PRECIOS - Pts/TmCUADRO XXXVII

AÑO	YESO NEGRO	YESO CONSTRUCCION	YESO BLANCO	ESCAYOLA
1966	350	430	550	700
De 1967 a 1972	NO HUBO VARIACION			
Promedio del año 1973	575	625	700	E-30 E-35 800 850

Durante un período de cinco años, los precios han permanecido invariables, alterándose en 1973 empujados por la elevación de los costes del fuel-oil y de los envases de papel.

## 5.4.- PROBLEMATICA DEL SECTOR

5.4.1.- Problemas geográficos y de infraestructura

Por lo que se refiere a la minería del yeso, el área del Duero y del Ebro cuenta con abundantes depósitos, la mayoría de ellos de buena calidad, no presentando problemas de localización.

Dada la abundancia de depósitos, se puede decir que el centro consumidor influye en la explotación de depósitos cercanos al mismo.

Un índice de la dependencia que existe entre la explotación de yeso común y la proximidad del mercado, puede verse considerando el caso de yacimientos de buena calidad y fácil explotación que no registran actividad, debido a su lejanía de los centros consumidores; por el contrario, existen depósitos que con condiciones me-

nos favorables se hallan en activo a causa de su proximidad a los centros de consumo.

Una consecuencia de esta abundancia de yacimientos, es la proliferación de pequeñas explotaciones, la mayoría de ellas trabajadas con carácter intermitente y con escasa mecanización.

#### 5.4.2.- Problemas de financiación

La financiación del sector es deficiente en general, ya que las industrias radicadas en este área tienen un acusado carácter minifundista que hace a las explotaciones poco rentables, y por tanto poco atractivas al capital.

La mayor parte de las necesidades financieras de las empresas se cubren con fondos propios, es decir, tienen un índice muy elevado de autofinanciación. En menor medida, contribuye también a la financiación del sector la banca privada, siendo, en cambio, prácticamente inexistente la financiación oficial para créditos a medio y largo plazo; asimismo, no existe ningún tipo de subvención para el fuel-oil, tal como se lleva a cabo para las fábricas de cementos.

No obstante, la capacidad de autofinanciación es muy reducida por la baja rentabilidad de las explotaciones, con lo cual la financiación de esta industria, como se ha dicho, es muy problemática.

Se hace por tanto necesario para la racionalización de esta industria, la instrumentación de facilidades crediticias que permitieran mecanizar las explotaciones, a la vez que fomentar la instalación de industrias dedicadas a la elaboración de transformados de esta sustancia, y desarrollar la investigación de nuevas aplicaciones para la misma.

#### 5.4.3.- Problemas tecnológicos

Aún siendo un sector en el cual la tecnología no ha evolucionado tan rápidamente como en otros, es, sin embargo, necesario destacar la dependencia de las patentes extranjeras de prefabricados, principalmente paneles.

No se ha prestado todavía la debida atención a la elaboración de prefabricados de calidad semejante a los producidos por otros países más avanzados. Cabe, sin embargo, señalar la labor de investigación que vienen desarrollando algunos centros estatales, aunque con escasas repercusiones hasta el presente en la tecnología del sector.

Para promover una mayor demanda de estos productos, se hace necesaria la investigación de nuevos campos de aplicación, tanto en la construcción, mediante el desarrollo de la producción de elementos prefabricados, como en la industria de fertilizantes, productos químicos, etc.

#### 5.4.4.- Problemas de legislación

En la actualidad existen unas disposiciones referentes a las condiciones técnicas y dimensión mínima que deberán reunir las industrias de fabricación de yeso.

Una de las disposiciones va encaminada a la corrección del minifundio existente, apoyando la ampliación de instalaciones hasta alcanzar la capacidad deseable de 60.000 t anuales, exigiendo a las de nueva instalación una capacidad mínima de 100.000 t anuales. Esta legislación se estima suficiente en orden a la corrección del minifundio.

Como complemento se debe prestar una mayor atención a la calidad y competitividad de los materiales producidos por las

fábricas, exigiéndoles el cumplimiento de las normas de calidad existentes. Desde 1968 existe el Pliego General de Condiciones para el yeso y la escayola, revisado en 1972.

En la actualidad, existen dos laboratorios (Madrid y Navarra) donde se realizan los controles periódicos de calidad, que abarcan al 80% de la producción nacional de escayola, y al 40% de la producción de yeso. El 75% de los productos controlados - cumplen con las exigencias del Pliego General de Condiciones. Asimismo, se debería fomentar la tendencia hacia la constitución de industrias integrales del yeso, que comprenda todo el proceso desde la extracción hasta la obtención del prefabricado.

#### 5.4.5.- Problemas sociales

No cabe esperar que en el futuro se produzca un crecimiento sensible en las necesidades de mano de obra, aún en el caso de que la producción se incremente considerablemente. Desde el punto de vista cualitativo se pueden suscitar cuestiones en determinadas categorías profesionales, ya que a medida que la industria avance tecnológicamente, los procesos de producción se harán más complejos, requiriéndose para los mismos una mayor especialización en la mano de obra.

La industria del yeso tiene un alto grado de mano de obra eventual, alrededor del 20% del personal ocupado. El período de ocupación media de los obreros eventuales es de unos seis o siete meses al año.

La industria yesera organizada se ve obligada a soportar unos costes fijos de su nómina de personal, para hacer frente a las oscilaciones que registra la producción, como consecuencia de su dependencia de la industria de la construcción. Por el contrario, las pequeñas explotaciones de tipo familiar que trabajan de manera ocasional, se hallan en una situación de privilegio con relación a las anteriores.

## 5.5.- DEMANDA DE YESO

Dos características condicionan la sistemática del estudio: de un lado, la relativa abundancia y facilidad de explotación del yeso, que determinan que su producción responda con flexibilidad a los incrementos de demanda, provocados por el desarrollo de la actividad económica, a la cual se hallan íntimamente ligados; de otro, el que esa misma relativa abundancia imponga su consumo "in situ".

Ambas características determinan el hecho de que, al intentar analizar la demanda futura del yeso, se haga preciso proceder a un análisis del sector demandante, que crea focos de demanda de yeso abastecidos con los recursos de cada zona.

En el área del Duero y Ebro, el problema que actualmente tiene planteado la industria del yeso, es la necesidad de lograr aumentos de su demanda con el fin de aprovechar al 100% su capacidad de producción.

Por consiguiente, los aumentos en la demanda del yeso vendrán, fundamentalmente, por el camino de la expansión que tomen las diversas utilidades que el yeso tiene dentro de la industria de la construcción. Es decir, habrá que considerar las futuras necesidades que de viviendas se tengan en el área, y en la cada vez mayor importancia que irán teniendo los productos prefabricados de yeso dentro del sector.

En estos últimos años, sin embargo, se ha ido registrando un descenso en el yeso utilizado por la construcción, tendencia que parece ser continuará, y que, por tanto, hará necesaria una reestructuración de la demanda, buscando productos con una mejor calidad y una mayor campo de aplicaciones. Es decir, la demanda para el yeso se orientará hacia los productos prefabricados.

Durante el período 1961-73, el número de viviendas terminadas en el país ha sido de 3.351.331, con un incremento medio anual del 9%. No obstante el aumento, es de resaltar que durante estos últimos años se han venido registrando aumentos cada vez más reducidos. En el siguiente cuadro mostramos la distribución de viviendas terminadas por años:

VIVIENDAS TERMINADASCUADRO XXXVIII

AÑOS	VIVIENDAS TERMINADAS	VARIACION SOBRE AÑO ANTERIOR
1961	135.000	-
1962	162.000	+ 20,0
1963	207.000	+ 27,7
1964	256.894	+ 23,6
1965	283.285	+ 10,5
1966	268.437	- 5,4
1967	204.471	- 23,9
1968	248.089	+ 21,5
1969	270.254	+ 8,8
1970	308.049	+ 14,0
1971	323.000	+ 4,8
1972	336.304	+ 4,0
1973	348.548	+ 3,5

Fuente: III P.D.E. y S.

Como se observa, las mayores tasas de viviendas terminadas se registraron en los comienzos de la década, con fuertes descensos en 1966 y 1967, debido a las medidas restrictivas instrumentadas sobre el sector en 1965. Se acusa una fuerte recuperación en los siguientes años, pero con tasas menores a las de los años primarios. Este menor ritmo se acusó, principalmente, a partir de 1971, con incrementos anuales del 4,8%; en 1972 del 4,0% y en 1973 el 3,5%.

En el área del Duero y Ebro, el número de viviendas terminadas acogidas a protección oficial, ha sido el siguiente:

VIVIENDAS TERMINADAS ACOGIDAS A PROTECCION OFICIAL.-

CUADRO XXXIX

PROVINCIAS	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1972
Alava	1.952	2.500	1.858	724	625	2.046	1.241	1.893
Burgos	1.710	1.650	1.103	1.022	2.124	3.087	5.059	1.824
Huesca	849	1.055	767	647	571	1.363	1.689	791
Logroño	1.886	1.398	1.514	1.179	436	1.250	1.774	1.593
Navarra	3.410	3.199	2.897	1.635	819	1.803	3.034	1.995
Palencia	1.498	829	648	429	428	1.281	1.589	1.029
Segovia	504	613	765	146	243	427	774	544
Teruel	242	261	223	130	258	511	472	369
Valladolid	3.549	5.951	4.930	4.120	4.331	6.247	6.884	4.464
Vizcaya	13.582	12.138	13.450	5.779	4.587	10.264	10.191	13.109
Zaragoza	8.219	7.357	5.989	3.309	4.375	4.811	5.935	5.733
DUERO Y EBRO	27.131	36.951	34.120	19.120	18.797	33.090	38.642	33.344
TOTAL NACIONAL	231.205	240.793	211.366	132.096	133.370	157.969	185.294	190.411

FUENTE: III PLAN DE D.E.Y.S.

Aunque no se ha podido completar la serie hasta el año 1973, es, sin embargo, significativo, que para el total nacional y para las provincias del Duero y Ebro, la evolución ha sido similar; por tanto, se puede estimar un descenso en el número de viviendas terminadas acogidas a protección oficial. En 1971 eran 190.694 las viviendas terminadas; en 1972 se acabaron 190.414, y en 1973 fueron 177.323. Esto da idea del retroceso que ha ido registrando esta clase de viviendas (son el tipo de viviendas que más yeso consumen).

Según el III Plan de Desarrollo Económico y Social, el número de viviendas necesarias para 1975, es el siguiente:

	VIVIENDAS EXISTENTES EN 1969	VIVIENDAS NECESARIAS PARA 1975
ALAVA	39.401	51.235
BURGOS	48.092	56.577
HUESCA	26.857	34.214
LOGROÑO	40.121	47.750
NAVARRA	71.166	93.816
PALENCIA	20.781	23.889
SEGOVIA	11.270	13.360
TERUEL	7.599	8.105
VALLADOLID	81.184	82.288
VIZCAYA	243.977	315.117
ZARAGOZA	142.326	179.888
DUERO-EBRO	732.774	906.239
NACIONAL	6.219.188	7.720.468

Fuente: III P.D.E. y S.

No se esperan espectaculares aumentos del número de viviendas construídas para el año 1975, habiéndose calculado un incremento anual del 4% aproximadamente, es decir, se mantendrá el ritmo a los niveles actuales o ligeramente más bajos.

A la vista de lo anterior, y dadas las actuales tendencias en la industria de la construcción, se puede decir que las perspectivas del yeso en la construcción se irán recortando: Por un lado tenemos una reducción en el número de casas terminadas acogidas a protección oficial, y por otro, esta reducción acarreará un menor consumo del yeso para la construcción.

Debido a las perspectivas por las que atraviesa actualmente el principal sector demandante de yeso, la construcción

de viviendas, con cada vez menor yeso empleado en las mismas, y a las pocas perspectivas de mejora de los actuales sectores de mandantes, se hace necesaria una reducción de la dependencia - que tiene el yeso con respecto a la construcción de viviendas.

La industria del yeso debe ampliar y diversificar sus campos de aplicación, para lo cual deberá acometer unos programas de desarrollo del producto.

Los prefabricados ocupan en este sentido el principal campo de investigación, debido a sus excelentes propiedades como aislantes de ruidos y resistentes al fuego, cualidades inherentes a muchos productos de yeso.

Los altos niveles de vida que se van alcanzando, conducen hacia unos mínimos de confort y seguridad en las viviendas, es decir, se exige una mayor y mejor calidad de las mismas. Estas exigencias sólo se pueden conseguir, dentro de los productos obtenidos con yeso, y a precio competitivo, con los prefabricados, dadas sus excelentes propiedades.

La industria de prefabricados tiene, pues, muy buenas perspectivas, dados el volumen de producción que se puede conseguir en esta industria, y la calidad a que es posible llegar; se dispone, por otra parte, de un yeso perfectamente apto para producir muy buenos elementos prefabricados.

Actualmente, en el Area del Duero y Ebro hay localizada una fábrica que se dedica a la producción de prefabricados, con amplio mercado en las Vascongadas; asimismo existe el propósito de la pronta instalación de otra fábrica, así como la creación de una sociedad que investigue nuevas aplicaciones para el yeso.

Por otro lado, existen plantas de plaquetas de escayola muy útiles para paredes y techos de oficinas y viviendas, que abastecen a mercados muy amplios.

#### 5.6.- CONCLUSIONES

##### A ESCALA NACIONAL.-

- La producción nacional de yeso ha sido, en 1973, de 3.520.000 t, de las cuales el 87% se ha calcinado, el 11% se ha destinado a las fábricas de cemento, y el 2% restante ha sido consumido por diversas industrias.

- Del total del yeso calcinado en nuestro país el 80% ha sido consumido por la construcción, en su mayoría como morteros y plaster, y en muy escasa proporción por la industria de prefabricados.

- Se trata, por tanto, de una industria muy dependiente de la actividad del sector construcción, por lo que la demanda es muy fluctuante, de acuerdo con el ritmo de edificación en cada momento.

- En España la industria del yeso constituye un sector de carácter marcadamente minifundista, con falta de mecanización y baja productividad en la mayor parte de los casos. El carácter local de los mercados es manifiesto.

- Se observan deficiencias en cuanto a la financiación de la industria del yeso; la mayor parte de las necesidades se cubren por autofinanciación; en menor medida contribuye la banca privada, siendo, en cambio, prácticamente inexistente la financiación oficial para créditos a corto y largo plazo.

- La falta de desarrollo de la tecnología relacionada con la industria del yeso en nuestro país, trae consigo la dependen

cia de patentes extranjeras en cuanto a productos prefabricados.

- Existen una serie de Decretos Oficiales respecto a los mínimos de producción y control de calidad que en la mayor parte de los casos no se cumplen.

- Nuestro principal problema frente a la exportación de productos acabados es la falta de calidad y la competencia desigual de los yesos franceses, alemanes etc. en los países del Mercado Común.

- A partir de 1971 se ha incrementado notablemente nuestra exportación de piedra de yeso (en 1972 se han exportado a Suecia 120.000 t), debido, en gran parte, a los menores costes de extracción que parece se van consiguiendo, así como a la abundancia de depósitos de yeso situados próximos a los puertos de embarque (el medio marítimo constituye el transporte más barato).

#### A ESCALA DE ZONA.-

- En el área del Duero-Ebro, y como consecuencia de la abundancia de yacimientos de yeso, existe una fuerte dependencia entre la ubicación de la explotación y la situación de los centros de consumo; así nos encontramos con excelentes yacimientos inexplorados por su lejanía a los centros consumidores, y con otros bastante deficientes, que se benefician dada su proximidad.

- El yeso elaborado se consume, salvo alguna excepción, en el área norte de la península (Aragón-Galicia) destinándolo a los mismos usos que en el total nacional. No se exporta ninguna cantidad debido a los altos costos de transporte a puerto, y en gran medida a la falta de información de los mercados y asesoramiento para la exportación.

- Las fábricas de la zona tienen suficiente capacidad de respuesta a un posible aumento de la producción, ya que en conjunto están trabajando a un 77% de sus posibilidades; en el caso de las fábricas con hornos rotativos la producción se reduce a un 60% de su capacidad.

#### A ESCALA MUNDIAL.-

- El consumo aparente mundial de yeso y anhídrita no supera los 52 millones de t con un crecimiento anual en torno al 3%; de mantenerse este crecimiento el consumo para el año 2.000 alcanzará la cifra de los 82 millones de t. Más del 85% del consumo de yeso depende del nivel de la actividad de la construcción; el 50% de este porcentaje se destina a la elaboración de productos prefabricados. La tendencia general es de reducción en la cantidad destinada a morteros de yeso y de aumento en la de prefabricados.

- Existe una gran abundancia de depósitos de yeso repartidos por todo el mundo; sin embargo, la producción a cierto nivel se encuentra concentrada en determinadas áreas geográficas muy localizadas; la explotación de estos yacimientos depende del coste de extracción, así como del transporte que tenga que soportar el producto a los centros consumidores.

- El comercio internacional tiene poca importancia, puesto que únicamente el 15% de la producción total mundial es comercializada en el exterior.

- En consecuencia, el valor del comercio internacional no es muy elevado; dentro de éste, el de pláster y paneles de yeso tiene un mayor valor relativo que el de yeso crudo. Sin embargo, la cantidad de yeso y anhídrita comercializada es muy superior a la de productos elaborados.

- De los datos del mercado internacional del yeso se puede deducir, en general, la proximidad geográfica entre comprador y vendedor, que da un carácter marcadamente regionalista a este tipo de comercio. Dado el volumen de la piedra de yeso, el transporte puede llegar a ser un factor crítico debido a los altos costes del mismo; por ello la tendencia consiste en aprovechar los recursos propios. Esto limita más el mercado internacional.

- Seis países: Francia, Inglaterra, URSS, España, Italia y Alemania R.F. aportan el 94% de la producción europea y el 45% de la total mundial; respecto a los mercados europeos cualquiera de estos países excepto, quizá, Italia, se encuentran en mejor situación geográfica que España. De este modo el mercado europeo -posible centro consumidor del yeso español- está dominado por Francia, Alemania y Polonia (Francia exporta 1.209.000 t y Alemania 259.000 t). Por otro lado, Francia e Italia tienen yacimientos suficientes para abastecer las necesidades de yeso del Mercado Común.

- Respecto a las importaciones, Bélgica y Suecia no llegan al medio millón de toneladas, y Holanda, a las 250.000 t. Otros dos países superan las 150.000 t, y el resto apenas si llega a las 50.000 t. Este mercado internacional, dadas sus características de dispersión, exige, por tanto, la existencia de una gran red de distribución comercial, para poder colocar en el mismo una cifra en torno a las 250.000 t; esta red la poseen desde hace tiempo países como Francia y Alemania. Por otra parte, las producciones de estos países se hallan estabilizadas en los últimos años debido a la falta de dinamismo de la demanda.

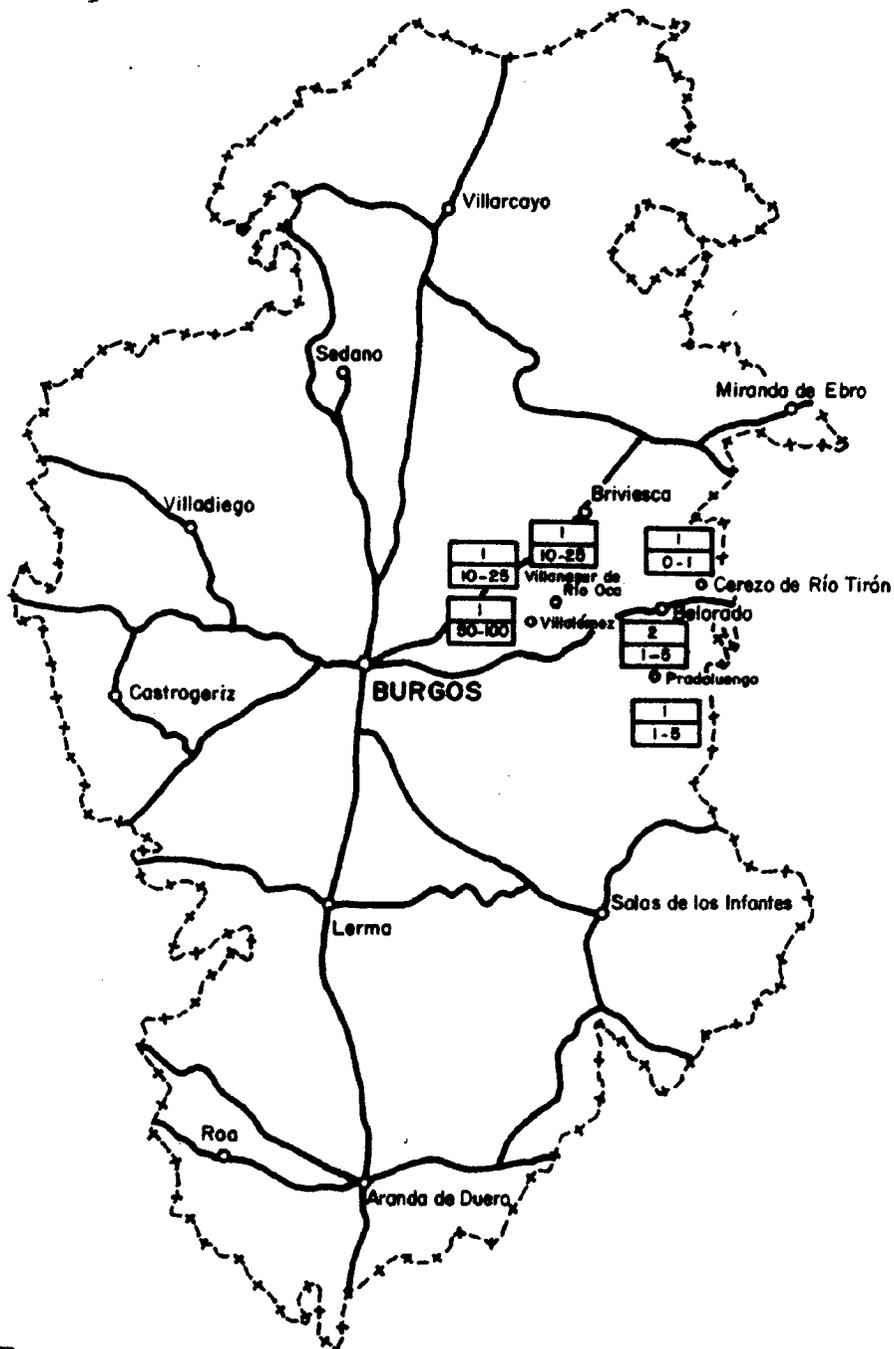
- Un grave peligro para el yeso extraído de mina o cantera, es la posible competencia del yeso obtenido de la fabricación del ácido fosfórico. Diversos países están empezando a consumir estos yesos; así ocurre en Japón, que consume 1,5 M/t anuales de esta procedencia.

- El factor determinante de las corrientes internacionales lo da, no la escasez del mineral como puede suceder con otros minerales, sino su precio de entrega. Así Francia, Alemania y otros países son a la vez exportadores e importadores - (en ciertas zonas obtienen mejores precios importando yeso del país vecino).

- El futuro del comercio internacional del yeso es difícil de predecir; se preve, a corto plazo, un aumento de la exportación a los países en vías de desarrollo; a largo plazo el comercio es más incierto, ya que estos países procurarán autoabastecerse.

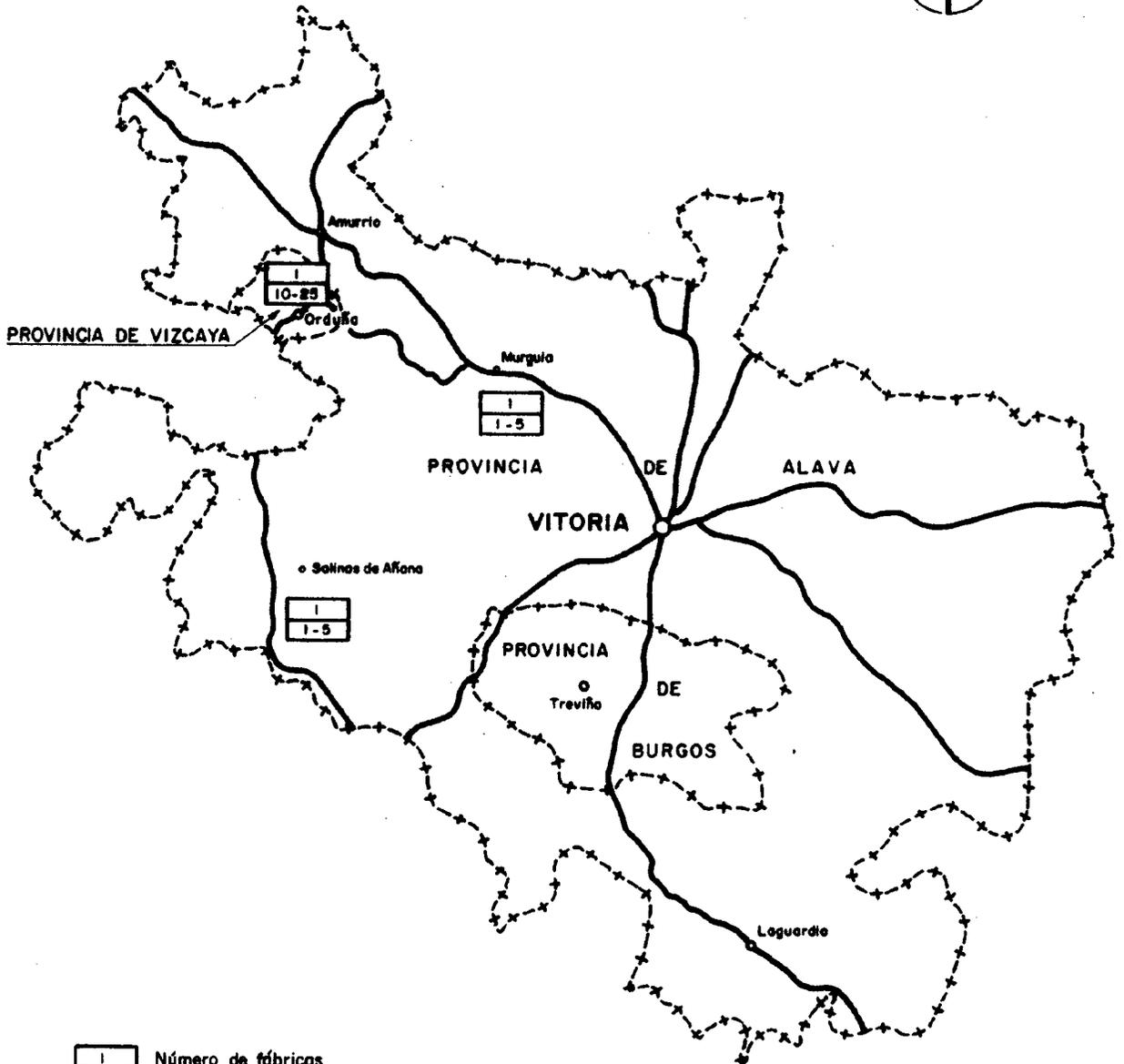
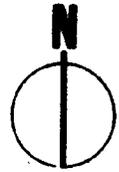
- El mercado europeo absorbe el 91% de nuestras exportaciones de piedra de yeso; el resto se destina a Africa y en pequeña cantidad a Filipinas; productos manufacturados se exportan a EE.UU. (72%), Francia (8%) y China y Hon-Kong. Las posibilidades de exportación del yeso español habrán de examinarse, dada la acusada incidencia de los costes de transporte, en relación con el mercado más próximo, es decir el europeo. Otro posible mercado sería el africano, especialmente en productos prefabricados.

- España importa yeso crudo de Marruecos (56%) para abastecer el mercado canario, Inglaterra (24%), y el resto a otros países, tales como Alemania R.F. y EE.UU.; productos manufacturados se importan de Francia, Inglaterra, Polonia e Irlanda.



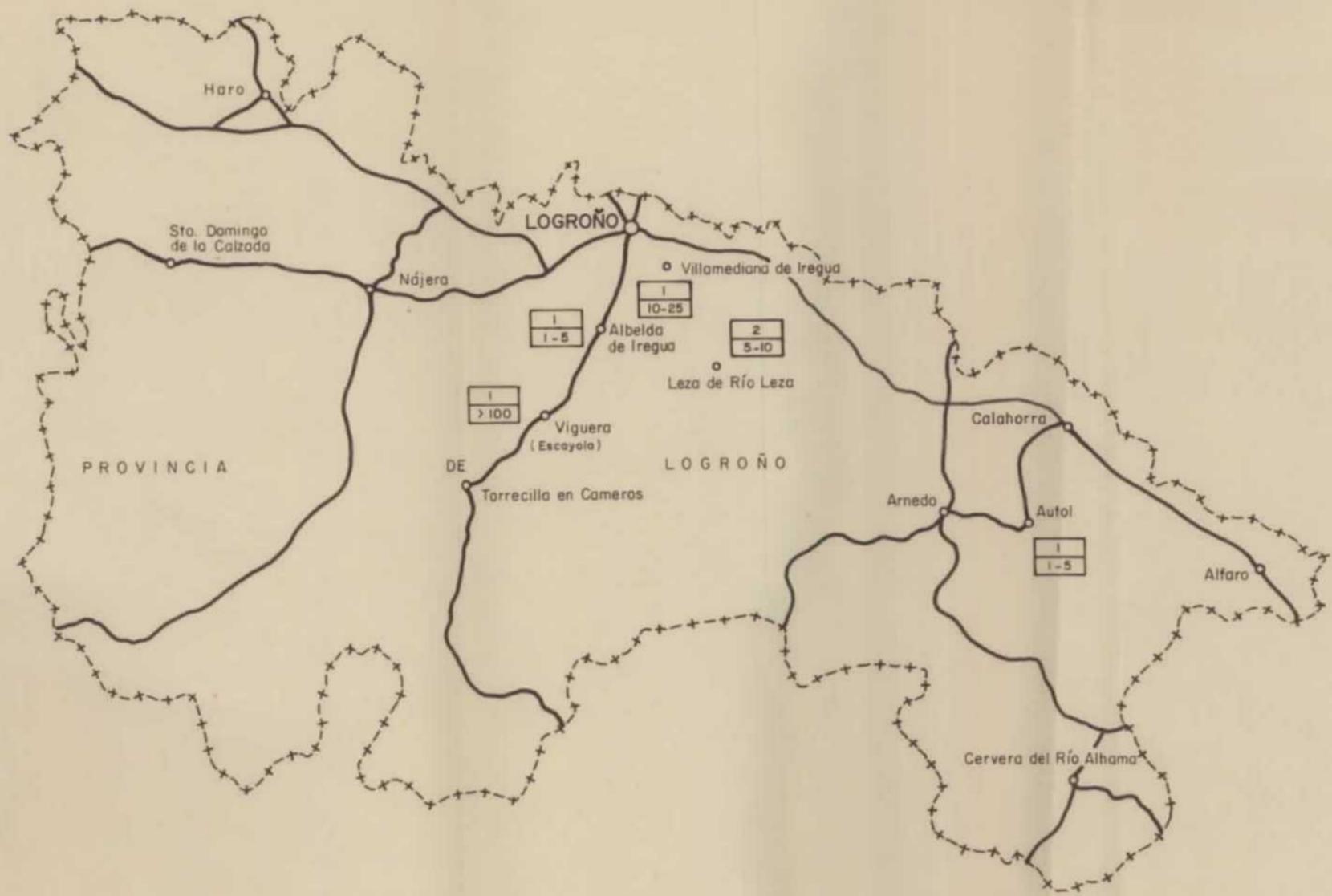
1 Número de fábricas  
1-5 10<sup>3</sup> t. de producción

<b>MINISTERIO DE INDUSTRIA</b> DIRECCION GENERAL DE MINAS E INDUSTRIAS DE LA CONSTRUCCION INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA		<b>PLAN NACIONAL DE LA MINERIA</b> PROGRAMA NACIONAL DE INVESTIGACION MINERA	
DIBUJADO	S. GONZALEZ	<b>INVESTIGACION YESOS          DUERO - EBRO</b>	Clave
FECHA	JUNIO, 1978		<b>DISTRIBUCCION DE FABRICAS DE          YESO EN LA PROVINCIA DE          BURGOS</b>
COMPROBADO	J.M. FERNANDEZ		
AUTOR			
ESCALA	1/1000.000		



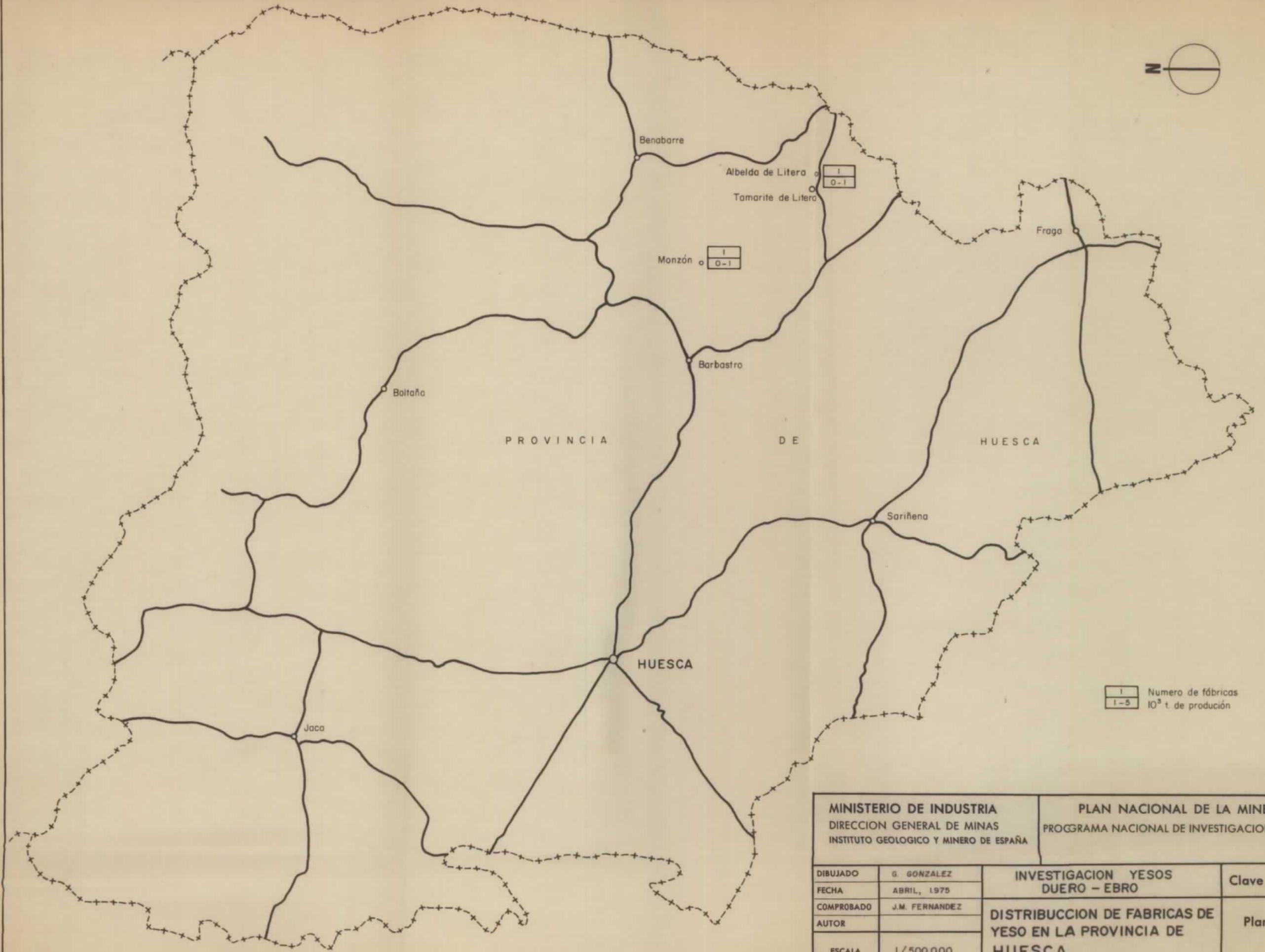
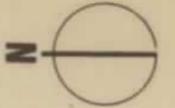
1	Número de fábricas
1-5	10 <sup>3</sup> t. de producción

<b>MINISTERIO DE INDUSTRIA</b> DIRECCION GENERAL DE MINAS INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA		<b>PLAN NACIONAL DE LA MINERIA</b> PROGRAMA NACIONAL DE INVESTIGACION MINERA	
DIBUJADO	G. GONZALEZ	<b>INVESTIGACION . YESOS</b> <b>DUERO - EBRO</b>	<b>Clave</b>
FECHA	ABRIL, 1975		
COMPROBADO	J.M. FERNANDEZ	<b>DISTRIBUCCION DE FABRICAS DE</b> <b>YESO EN LA PROVINCIA DE</b> <b>ALAVA Y VIZCAYA</b>	<b>Plano N.º</b>
AUTOR			
ESCALA	1/500.000		



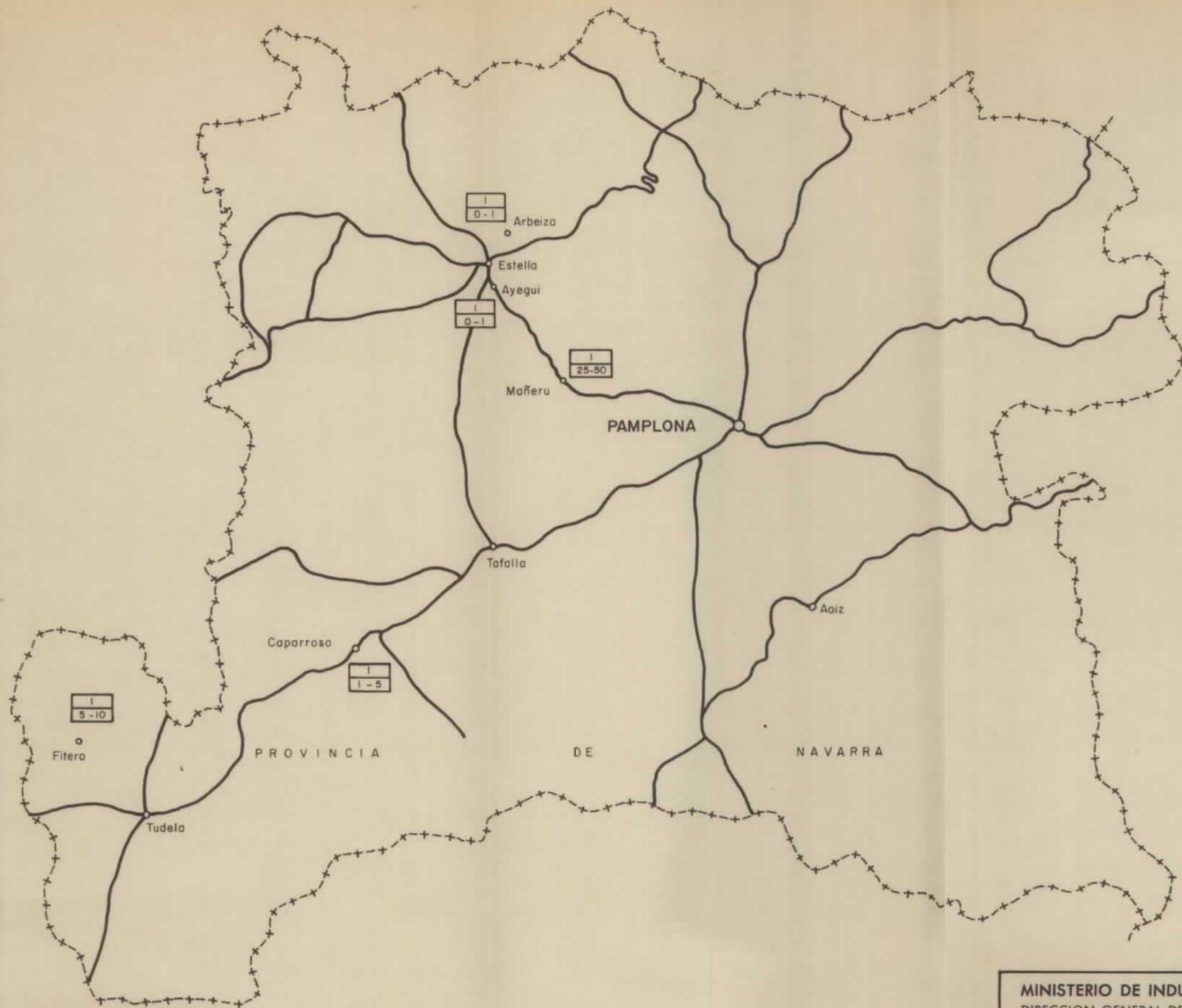
1	Número de fábricas
1-5	10 <sup>3</sup> t. de producción

<b>MINISTERIO DE INDUSTRIA</b> DIRECCION GENERAL DE MINAS INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA		<b>PLAN NACIONAL DE LA MINERIA</b> PROGRAMA NACIONAL DE INVESTIGACION MINERA	
DIBUJADO	G. GONZALEZ	<b>INVESTIGACION YESOS</b> <b>DUERO - EBRO</b>	Clave
FECHA	ABRIL, 1.975		
COMPROBADO	J.M. FERNANDEZ	<b>DISTRIBUCCION DE FABRICAS DE</b> <b>YESO EN LA PROVINCIA DE</b> <b>LOGROÑO</b>	Plano N.º
AUTOR			
ESCALA	1 / 500.000		



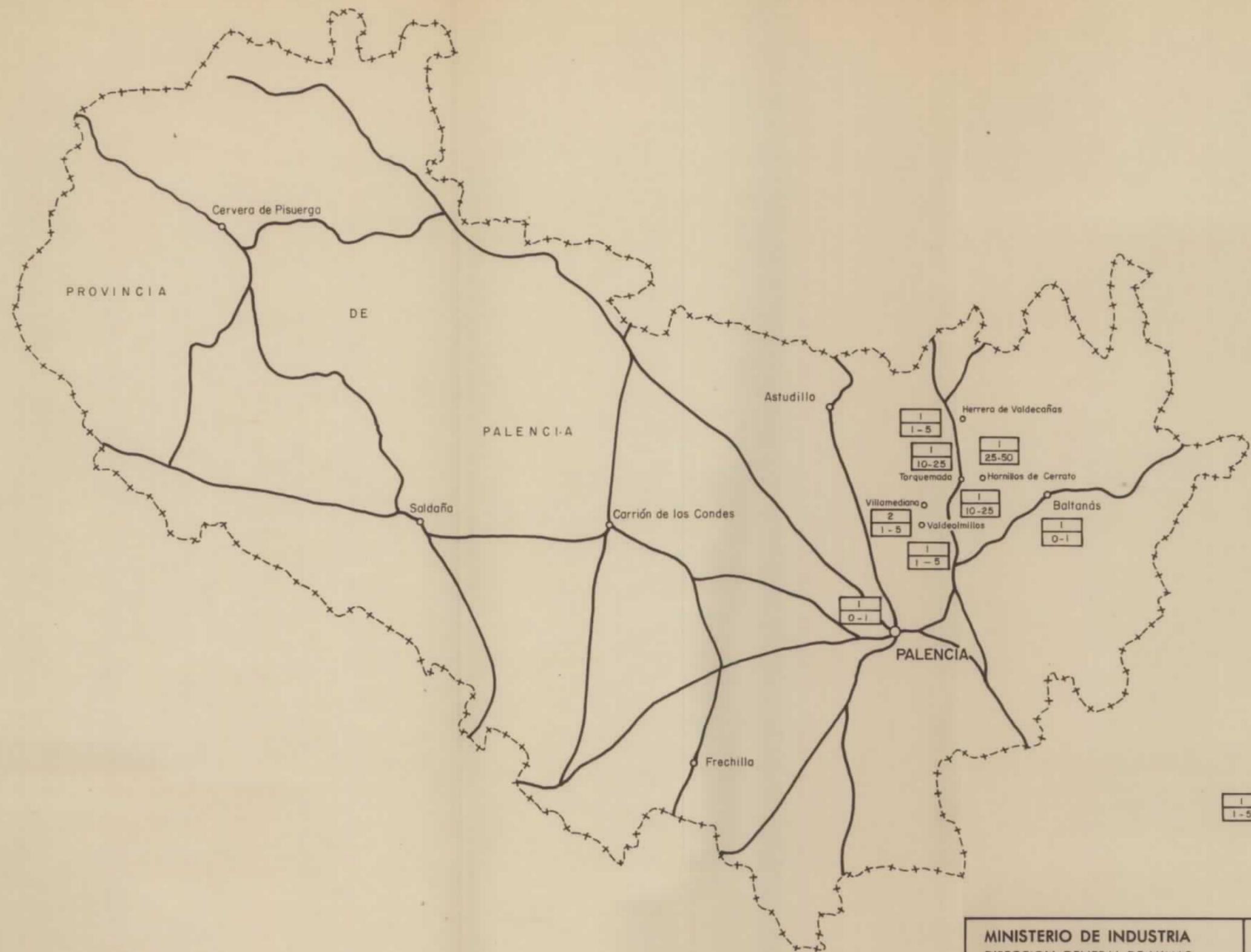
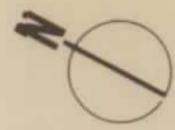
1 Numero de fábricas  
1-5 10<sup>3</sup> t. de producción

<b>MINISTERIO DE INDUSTRIA</b> DIRECCION GENERAL DE MINAS INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA		<b>PLAN NACIONAL DE LA MINERIA</b> PROGRAMA NACIONAL DE INVESTIGACION MINERA	
DIBUJADO	G. GONZALEZ	<b>INVESTIGACION YESOS          DUERO - EBRO</b>	<b>Clave</b>
FECHA	ABRIL, 1975		
COMPROBADO	J.M. FERNANDEZ	<b>DISTRIBUCCION DE FABRICAS DE          YESO EN LA PROVINCIA DE          HUESCA</b>	<b>Plano N.º</b>
AUTOR			
ESCALA	1/500.000		



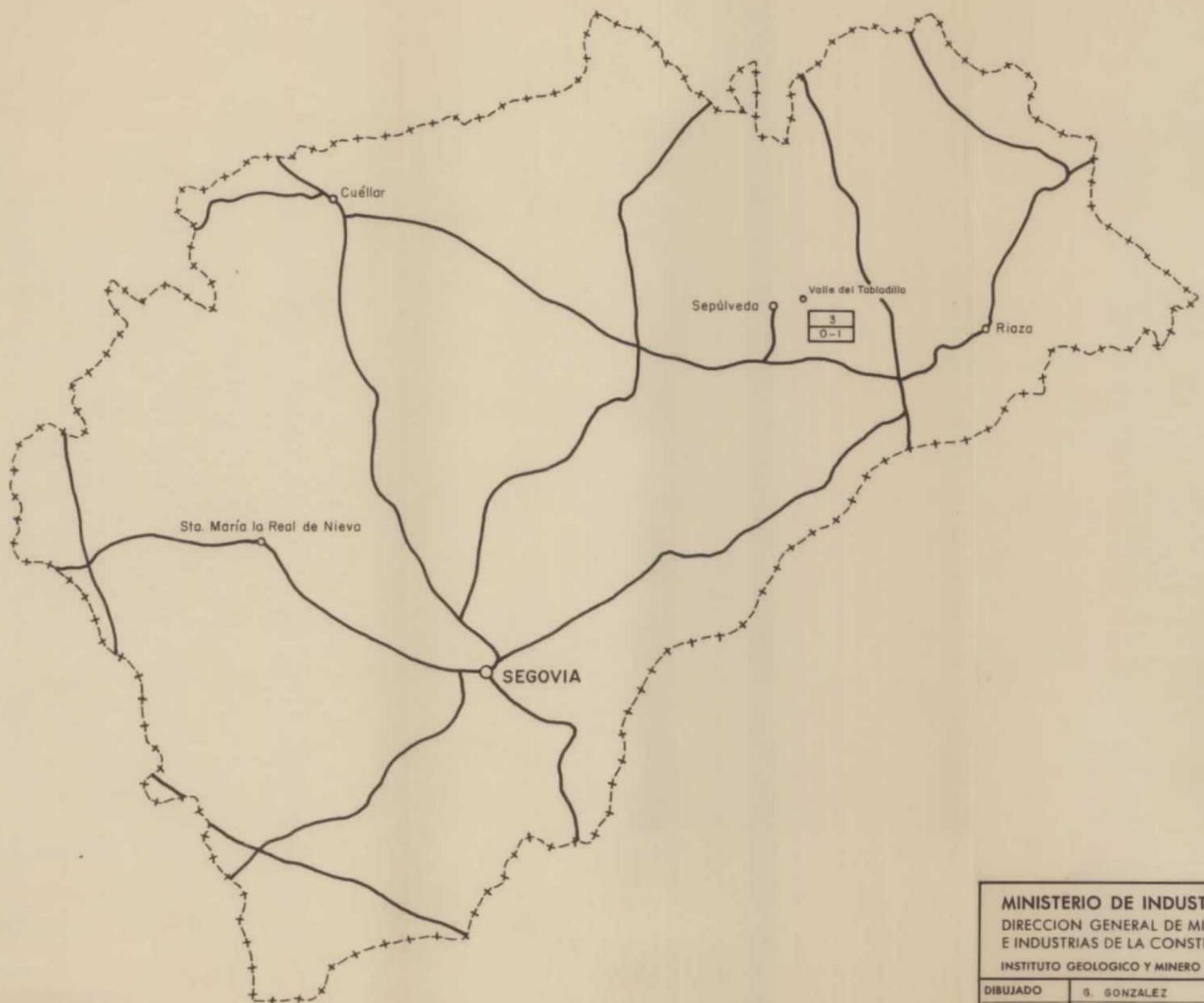
1 Número de fábricas  
1-5 10<sup>3</sup> t. de producción

<b>MINISTERIO DE INDUSTRIA</b> DIRECCION GENERAL DE MINAS E INDUSTRIAS DE LA CONSTRUCCION INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA		<b>PLAN NACIONAL DE LA MINERIA</b> PROGRAMA NACIONAL DE INVESTIGACION MINERA	
DIBUJADO	G. GONZALEZ	INVESTIGACION YESOS DUEÑO - EBRO	Clave
FECHA	JUNIO, 1975		
COMPROBADO	J.M. FERNANDEZ	DISTRIBUCCION DE FABRICAS DE YESO EN LA PROVINCIA DE NAVARRA	Plano N.º
AUTOR			
ESCALA	1 / 500.000		



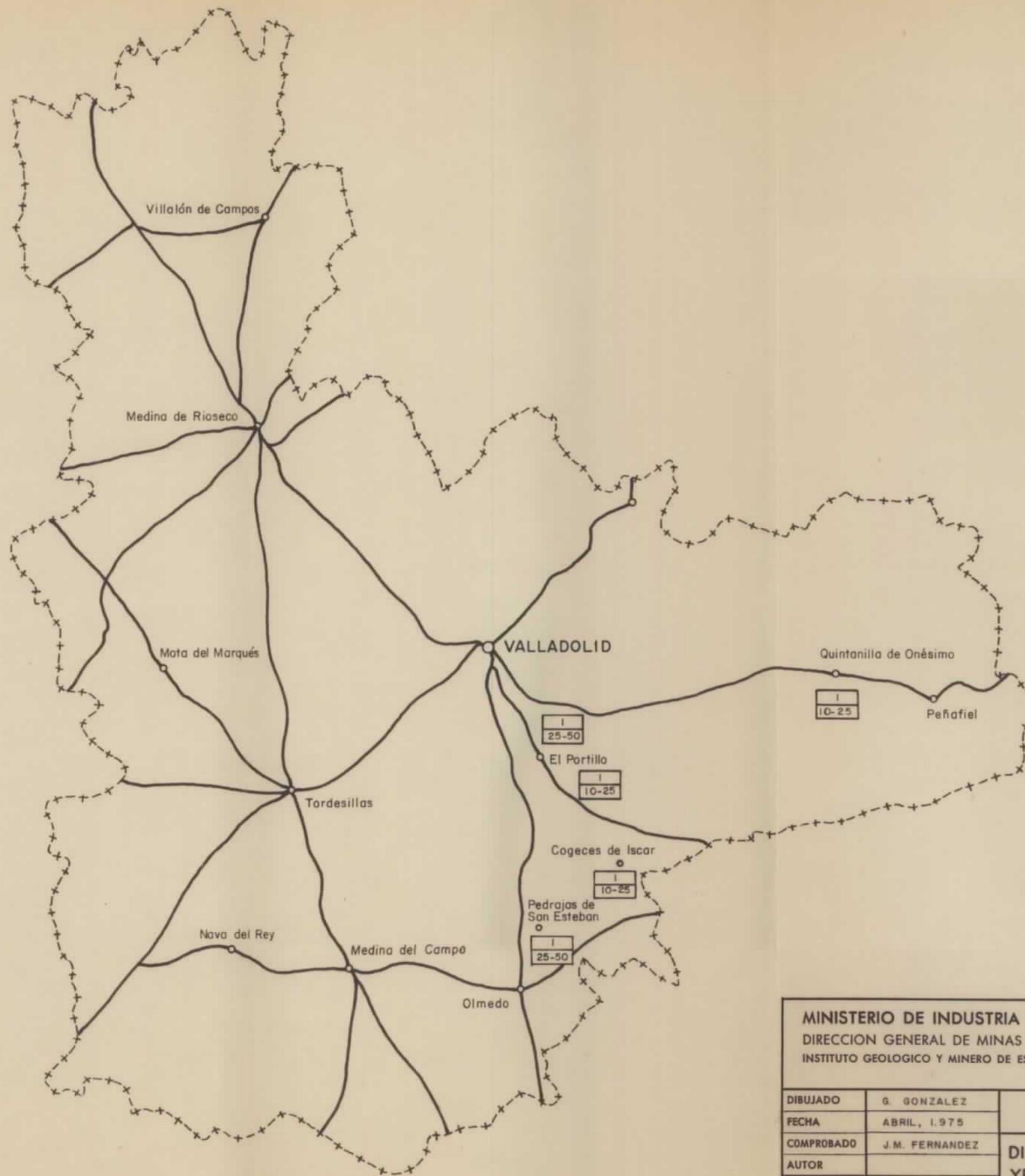
1 Número de fábricas  
1-5 10<sup>3</sup> t. de producción

<b>MINISTERIO DE INDUSTRIA</b> DIRECCION GENERAL DE MINAS E INDUSTRIAS DE LA CONSTRUCCION INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA		<b>PLAN NACIONAL DE LA MINERIA</b> PROGRAMA NACIONAL DE INVESTIGACION MINERA	
DIBUJADO	G. GONZALEZ	<b>INVESTIGACION YESOS          DUERO - EBRO</b>	<b>Clave</b>
FECHA	JUNIO, 1975		
COMPROBADO	J.M. FERNANDEZ	<b>DISTRIBUCCION DE FABRICAS DE          YESO EN LA PROVINCIA DE          PALENCIA</b>	<b>Plano N.º</b>
AUTOR			
ESCALA	1/500.000		



1 Número de fábricas  
1-5 10<sup>3</sup> t. de producción

MINISTERIO DE INDUSTRIA DIRECCION GENERAL DE MINAS E INDUSTRIAS DE LA CONSTRUCCION INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA		PLAN NACIONAL DE LA MINERIA PROGRAMA NACIONAL DE INVESTIGACION MINERA	
DIBUJADO	G. GONZALEZ	INVESTIGACION YESOS DUERO - EBRO	Clave
FECHA	JUNIO, 1975		
COMPROBADO	J.M. FERNANDEZ	DISTRIBUCCION DE FABRICAS DE YESO EN LA PROVINCIA DE SEGOVIA	Plano N.º
AUTOR			
ESCALA	1/500.000		

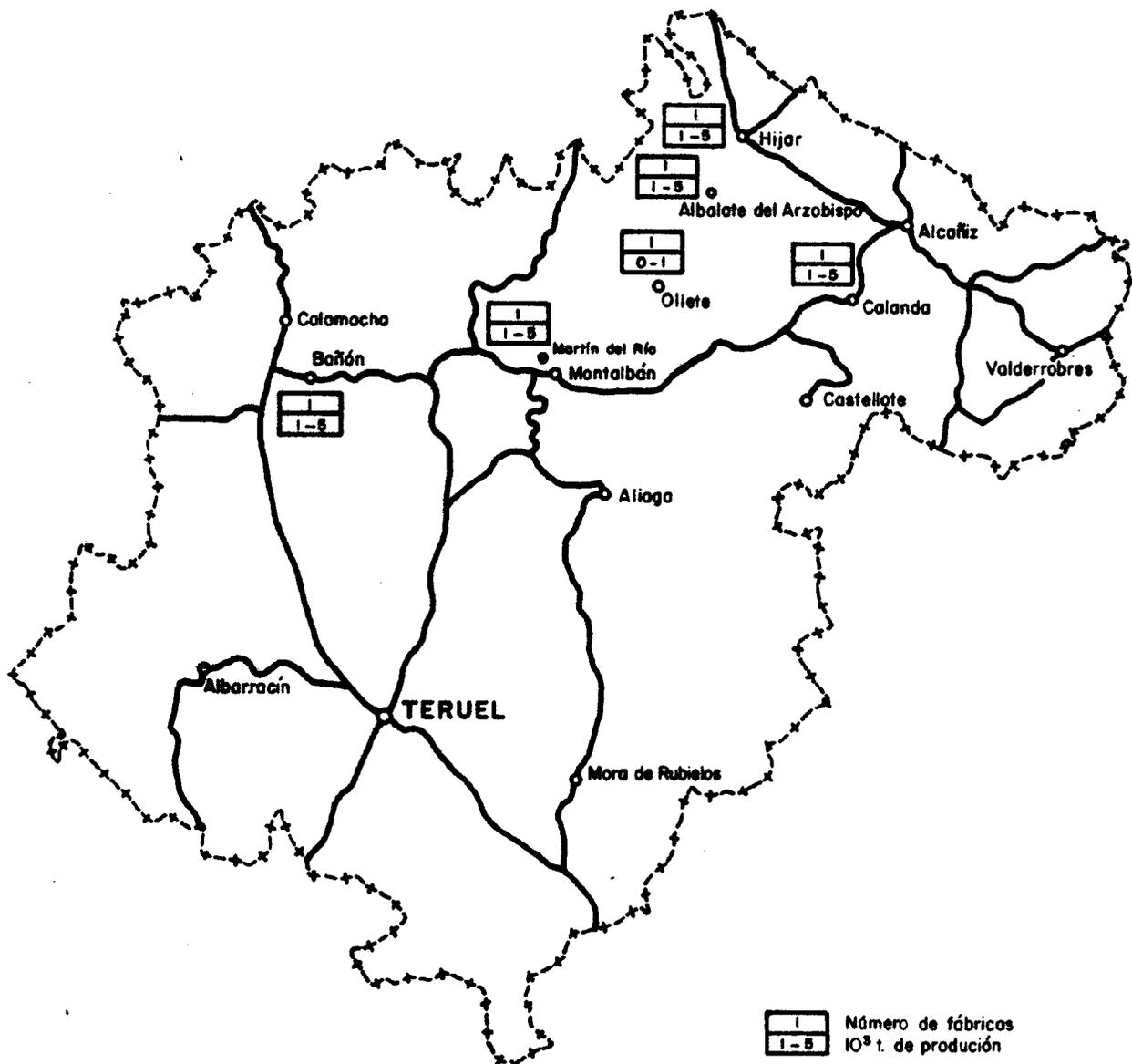


1	Número de fábricas
1-5	10 <sup>3</sup> t. de producción

**MINISTERIO DE INDUSTRIA**  
 DIRECCION GENERAL DE MINAS  
 INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

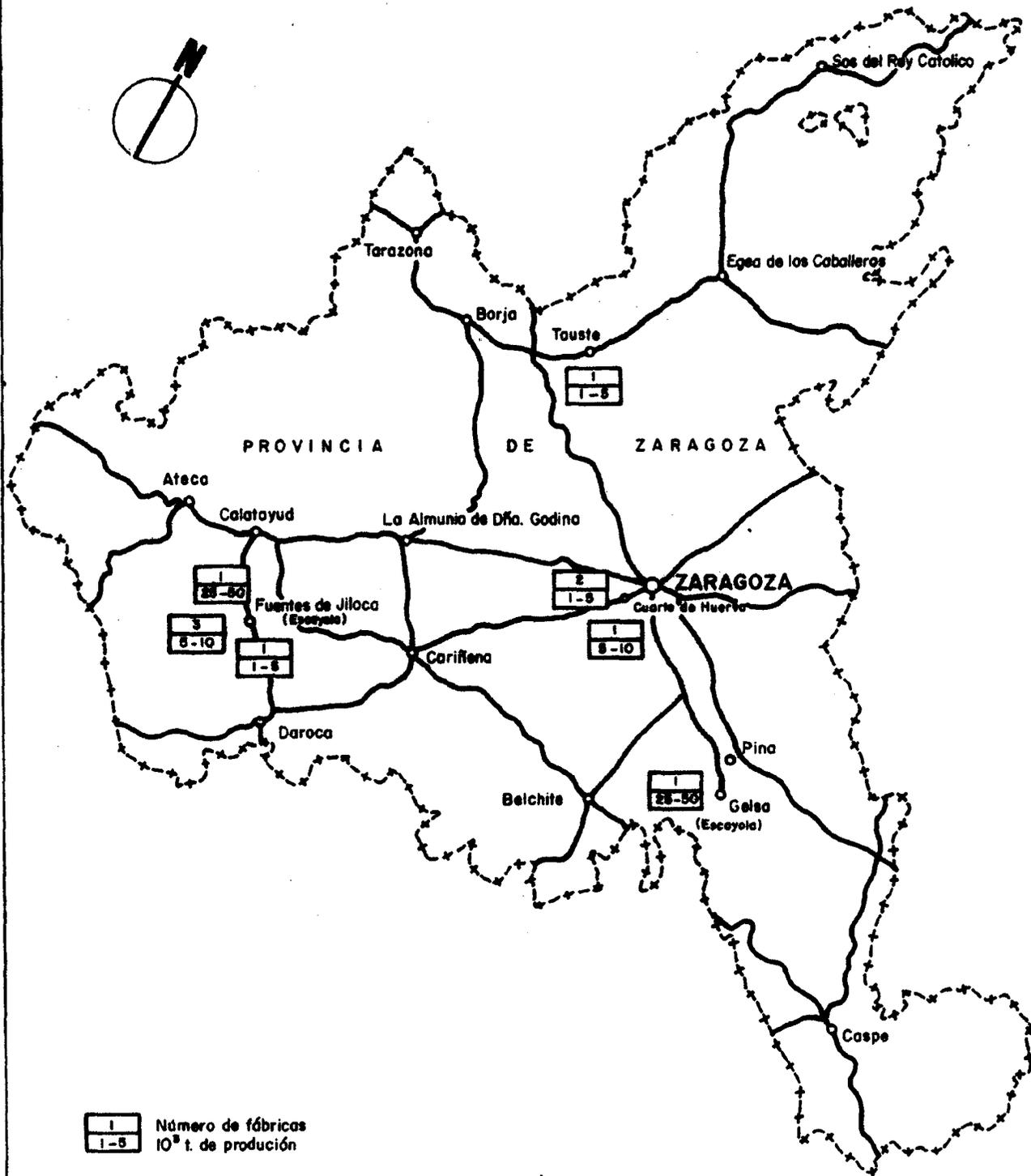
**PLAN NACIONAL DE LA MINERIA**  
 PROGRAMA NACIONAL DE INVESTIGACION MINERA

DIBUJADO	G. GONZALEZ	INVESTIGACION YESOS DUERO - EBRO	Clave
FECHA	ABRIL, 1.975		
COMPROBADO	J.M. FERNANDEZ	DISTRIBUCCION DE FABRICAS DE YESO EN LA PROVINCIA DE VALLADOLID	Plano N.º
AUTOR			
ESCALA	1/500.000		



1 Número de fábricas  
1-5 10<sup>5</sup> t. de producción

<b>MINISTERIO DE INDUSTRIA</b> DIRECCION GENERAL DE MINAS E INDUSTRIAS DE LA CONSTRUCCION INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA		<b>PLAN NACIONAL DE LA MINERIA</b> PROGRAMA NACIONAL DE INVESTIGACION MINERA		
DIBUJADO	G. GONZALEZ	<b>INVESTIGACION YESOS          DUERO - EBRO</b>		Clave
FECHA	JUNIO, 1975			
COMPROBADO	J.M. FERNANDEZ	<b>DISTRIBUCCION DE FABRICAS DE          YESO EN LA PROVINCIA DE          TERUEL</b>		Plano N.º
AUTOR				
ESCALA	1/1.000.000			



1 Número de fábricas  
1-5 10<sup>3</sup> t. de producción

<b>MINISTERIO DE INDUSTRIA</b> DIRECCION GENERAL DE MINAS E INDUSTRIAS DE LA CONSTRUCCION INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA		<b>PLAN NACIONAL DE LA MINERIA</b> PROGRAMA NACIONAL DE INVESTIGACION MINERA	
DIBUJADO	D. GONZALEZ	<b>INVESTIGACION YESOS          DUERO - EBRO</b>	Clave
FECHA	JUNIO, 1978		<b>DISTRIBUCCION DE FABRICAS DE          YESO EN LA PROVINCIA DE          ZARAGOZA</b>
COMPROBADO	J.M. FERNANDEZ		
AUTOR			
ESCALA	1/1.000.000		

6.- CONCLUSIONES GENERALES

- En la zona Duero-Ebro, existen multitud de yacimientos de yeso que reúnen condiciones de volumen, calidad y situación para ser explotados.

- Concretamente, la cuenca del Ebro cuenta con los más extensos yacimientos de yeso del país, algunos de ellos de inmejorable calidad.

- En el valle del Ebro existen los únicos yacimientos importantes de alabastro del país.

- Para una valoración aproximada de los yacimientos de yeso de esta zona, en conjunto, se consideran suficientes los reconocimientos realizados; sin embargo, para considerar en cualquiera de ellos una posible explotación a escala industrial, deberán realizarse investigaciones más detalladas.

- En cuanto a la calidad de los yesos de las distintas formaciones, puede considerarse alta, en las zonas de Ribaflecha, Calatayud, Cerezo de Riotirón, y las del Mioceno del Ebro, especialmente Gelsa; media en Tamarite de Litera y las tres enclavadas en el Oligoceno de Navarra, y baja en Iscar y Torquemada.

- Estas calidades pueden aumentarse considerablemente, como de hecho se hace, efectuando una selección previa de la piedra de yeso en cantera.

- Las plantas de tratamiento están situadas en las proximidades de los puntos de extracción; la mecanización en cantera, mina o fábrica, es muy variada dentro de la zona de estudio, desde centros con una tecnología adelantada, hasta otros donde los procesos de arranque y elaboración del yeso se llevan a cabo de forma rudimentaria.

- El sector yesos, estancado durante estos últimos años, presentan actualmente unas posibilidades de expansión, siempre y cuando se llevasen a efecto ciertas normas y recomendaciones dictadas hace años, pero que, por desgracia para el sector, no fueron cumplidas por muchos de los fabricantes del yeso.

Entre las medias que tenderían a favorecer el desarrollo de la industria del yeso y sus derivaciones, aconsejamos como de mayor transcendencia para el sector las siguientes:

- Interesar a las autoridades competentes sobre la conveniencia de crear un centro para la investigación sobre el yeso en España; su principal misión sería la investigación de nuevos campos de aplicación del yeso, tanto en construcción (liberación de las patentes extranjeras de prefabricados), como en la industria de fertilizantes, productos químicos etc. y el estudio de su normalización con objeto de que para cada aplicación exista un producto adecuado.

- Siguiendo la evolución sufrida por la industria yesífera de otros países como Francia e Italia (reducción del número de fábricas, modernización de las mismas, aumento de la producción y mejora de la calidad), debe favorecerse la fusión de empresas con el fin de lograr una mayor productividad (tendencia ya apuntada en la actualidad).

- Potenciar en nuestro país la formación de plantas adecuadas con las técnicas más modernas (tendencia hacia la constitución de industrias integrales que comprendan todo el proceso,

desde la extracción hasta la obtención de prefabricados) ,mediante la instrumentación de facilidades crediticias.

- Deben fijarse las bases para la implantación de los productos prefabricados en el mercado interior (coste de las importaciones crecientes de este tipo de materiales), y contemplarse las posibilidades de introducción de los mismos en los mercados exteriores.

- El Ministerio de Industria debe obligar al cumplimiento del Decreto 1775/1967 de 2 de Julio (B.O.E. 25-7-67), que exige un mínimo de producción para las nuevas fábricas de 200 t/día, e incluso ampliar el alcance del mismo exigiendo una producción diaria de 300 a 500 toneladas, con objeto de impedir la proliferación de aquellas que no cumplan las debidas condiciones. En este sentido sería conveniente que antes de conceder cada autorización, se recogiera la opinión del Sindicato Nacional de la Construcción.

- Exigencia estricta del cumplimiento del Pliego General de Condiciones para recepción del yeso y escayola en las obras (B.O.E. 2-2-72), e implantación urgente de la homologación de materiales para la construcción, en elaboración en el Ministerio de la Vivienda. Estas dos medidas supondrían un apoyo inestimable para el control de calidad en la construcción, a cuyo objeto se creó una Comisión Interministerial.

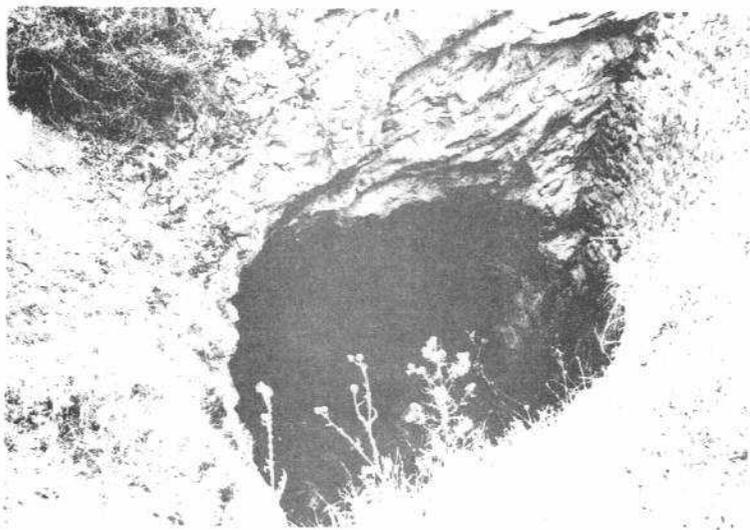
- Estudiar el problema de los aditivos empleados en obra, fundamentalmente para retrasar el fraguado del yeso, y que pueden ocasionar perjuicios de diversa índole.

Para la realización de las anteriores medidas, se precisa un decidido apoyo por parte de la Administración, y sobre todo , que en su fase inicial fuese declarado este sector de interés prioritario, especialmente en lo referente a plantas de prefabricados de yeso.

- Respecto a la exportación, se estima factible colocar en los mercados europeos cifras del orden de las 200.000 t/año, mediante una buena red comercial de distribución. No parece probable colocar en el mercado exterior una cantidad superior a las 500.000 t/año; para ello será preciso contar con una gran red comercial de distribución, que no estaría justificada para esta sustancia.

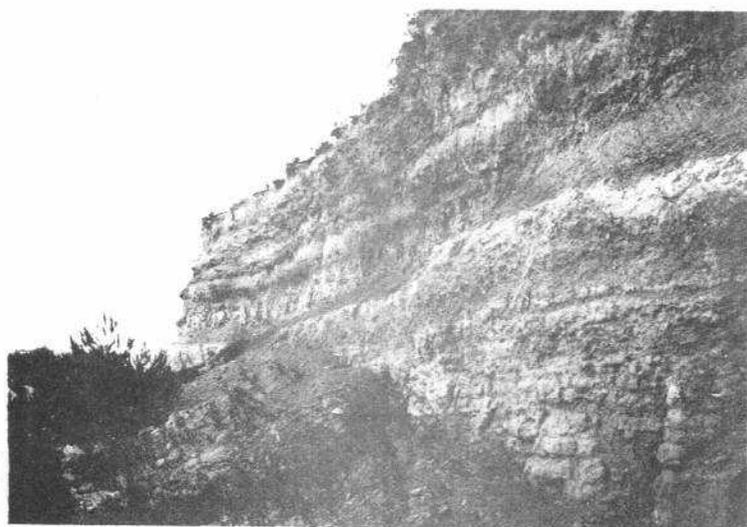
- Como resumen final se incluye el cuadro siguiente, en el que se reflejan las principales características de los yesos del Duero-Ebro.

Formaciones yesíferas	Edad geológica de la formación	Zonas seleccionadas	Provincias por zonas	Cubicación aprox. por zonas en m <sup>3</sup>	Características de explotación por formaciones	Calidades por formaciones	% yeso anhidrita por zonas	Mercado actual por formaciones	Utilizaciones por formaciones	Posibles usos por formaciones	Orden de importancia por formaciones
Facies margoyesífera de la cuenca del Duero	Mioceno	Zona V-1 Iscar Zona V-2 Torquemada	Valladolid Palencia	> 200 x 10 <sup>6</sup> > 200 x 10 <sup>6</sup>	Subterránea por cámaras y pilares. En ocasiones a cielo abierto.	Baja	$\frac{40-45}{0}$ $\frac{55-60}{0}$	Valle del Duero, Galicia y Asturias.	Yeso tosco y fino para construcción. Yeso para abonos.	No se puede obtener un producto de calidad.	9
Facies yesífera Briviesca-Belorado	Mioceno	Zona V-3 Cerezo de Riotirón	Burgos	> 5.000 x 10 <sup>6</sup>	A cielo abierto	Alta	$\frac{75-85}{0-70}$	Burgos, País Vasco, Santander y Palencia	Yeso tosco y fino para construcción, yeso para prefabricados y yeso para cementos y abonos	Se pueden obtener yesos finos, escayolas y prefabricados.	4
Triásico de Logroño	Triásico	Zona V-4 Ribaflecha	Logroño	> 400 x 10 <sup>6</sup>	A cielo abierto	Muy alta	$\frac{90-95}{\text{Indicios}-93}$	Logroño, País Vasco, Asturias, Canarias. Ligera exportación.	Yeso tosco y fino y escayola para construcción.	Se pueden elaborar escayolas y prefabricados.	1
Oligoceno de Navarra	Oligoceno	Zona V-5 Peralta Zona V-6 Tafalla Zona V-7 Caparros	Navarra Navarra Navarra	> 500 x 10 <sup>6</sup> > 50 x 10 <sup>6</sup> > 200 x 10 <sup>6</sup>	A cielo abierto	Media-Alta	$\frac{70-80}{\text{Indicios}}$ $\frac{85-90}{\text{Indicios}}$ $\frac{50-70}{\text{Indicios}}$	Navarra	Yeso tosco y fino para construcción. Yeso para cementos.	Yeso de calidad para construcción.	6
Formación de yesos de Calatayud	Mioceno	Zona V-8 Calatayud	Zaragoza	> 250 x 10 <sup>6</sup>	A cielo abierto	Alta	$\frac{80-85}{\text{Indicios}}$	Sin mercado	No se explota actualmente.	Yeso de calidad para construcción.	5
Yesos de Fuentes de Jiloca	Mioceno	Zona V-8 Calatayud	Zaragoza	> 1 x 10 <sup>6</sup>	Combinado cielo abierto y subterránea por cámaras y pilares.	Alta-Muy Alta	$\frac{75-80}{0}$	Zaragoza, Teruel, Soria. Productos de ámbito nacional.	Yeso para escayolas. Yeso para construcción.	Se pueden obtener escayolas y prefabricados.	2
Formación de Yesos de Zaragoza	Mioceno	Zona V-9 Tauste Zona V-10 Zuera Zona V-11 Zaragoza Zona V-12 Alfajarín Zona V-15 Gelsa	Zaragoza Zaragoza Zaragoza Zaragoza Zaragoza	> 500 x 10 <sup>6</sup> > 200 x 10 <sup>6</sup> > 7.000 x 10 <sup>6</sup> > 1.500 x 10 <sup>6</sup> > 2.000 x 10 <sup>6</sup>	A cielo abierto	Alta	$\frac{60-80}{\text{Indicios}}$ $\frac{70-80}{\text{Indicios}}$ $\frac{75-80}{\text{Indicios}}$ $\frac{75-80}{\text{Indicios}}$ $\frac{65-95}{\text{Indicios}-99}$	Zaragoza, Huesca, Teruel. Algunos productos de ámbito nacional	Yeso para construcción, escayola.	Apto para la obtención de escayola	3
Formación de Yesos de Vinaceite	Mioceno	Zona V-13 Léceira	Zaragoza	> 300 x 10 <sup>6</sup>	A cielo abierto	Media-Alta	$\frac{65-80}{\text{Indicios}}$	Sin mercado	No se explota actualmente	Yeso de calidad para construcción.	8
Formación de yesos de Barbastro	Oligoceno	Zona V-16 Tamarite de Litera	Huesca	> 1.500 x 10 <sup>6</sup>	A cielo abierto	Media-Alta	$\frac{65-80}{\text{Indicios}}$	Huesca	Yeso para construcción.	Yeso de calidad para construcción.	7
Formación alabastrina de Quinto-Azaña	Oligoceno? - Mioceno	Zona V-14 Quinto	Zaragoza-Teruel	> 20.000	A cielo abierto	Muy Alta	$\frac{97-98}{\text{Indicios}}$	Nacional	Ornamentación y decoración	-	Constituye la mayor reserva de alabastro del país



Explotación subterr<sup>á</sup>  
nea abandonada en  
Baltanás. Palencia. (Fa  
cies margoyesífera -  
de la cuenca del Due  
ro).

Explotación subterr<sup>á</sup>-  
nea en Torquemada. Pa  
lencia. (Facies margo  
yesífera de la cuenca  
del Duero).

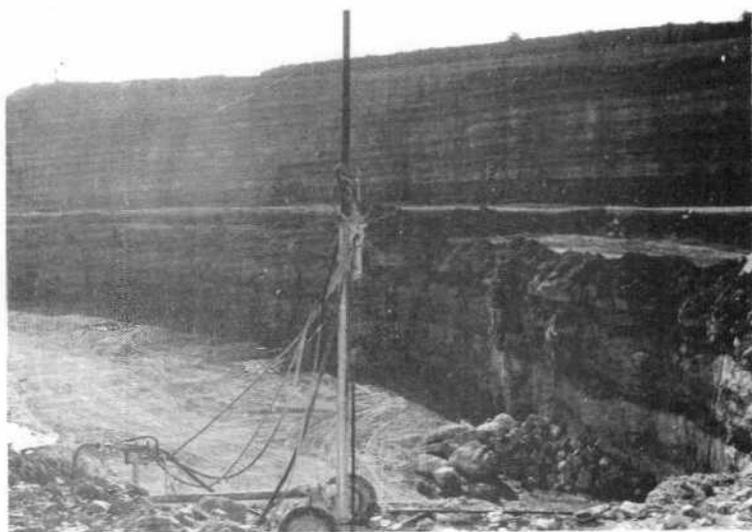


Cantera abandonada -  
en Esguevillas de Es  
gueva. Valladolid. (Fa  
cies margoyesífera -  
de la cuenca del Due  
ro).



Cantera abandonada  
en la ctra. Briviesca-Belorado. Burgos.  
(Facies yesífera Briviesca-Belorado).

Cantera en las inmediaciones de Villalómez.-  
Burgos. (Facies yesífera Briviesca-Belorado)

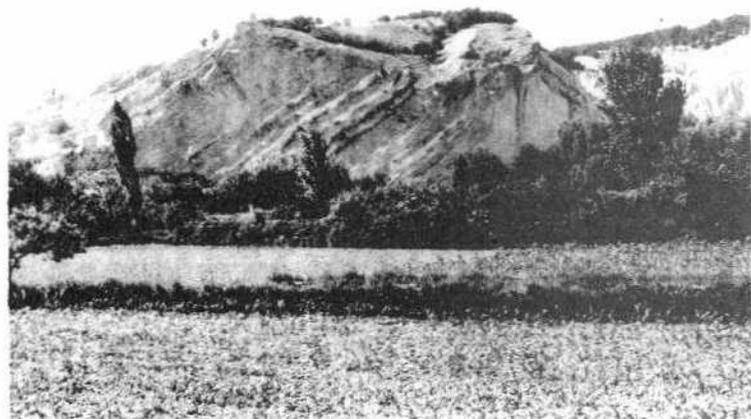


Afloramiento yesífero en Ribaflecha. Logroño.  
(Triásico de Logroño).



Cantera en Viguera.  
Logroño. (Triásico -  
de Logroño).

Repliegues yesíferos  
en Falces. Navarra.-  
(Oligoceno de Navarra  
).

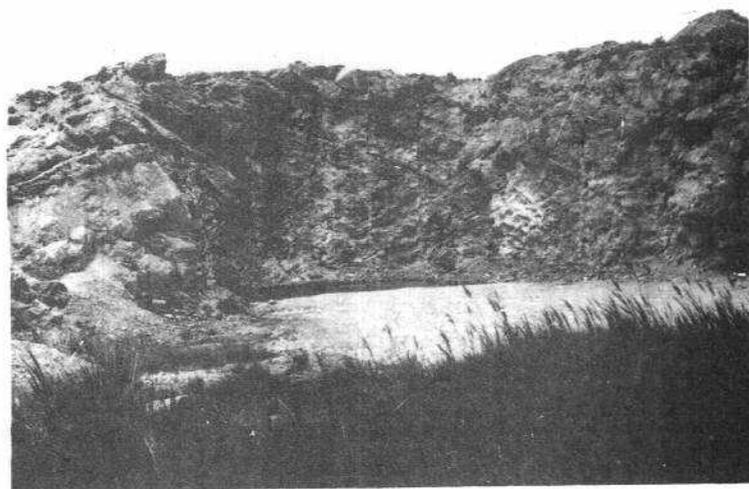


Formación de Yesos  
de los Arcos en la  
localidad de Peralta.  
Navarra. (Oligo-  
ceno de Navarra).

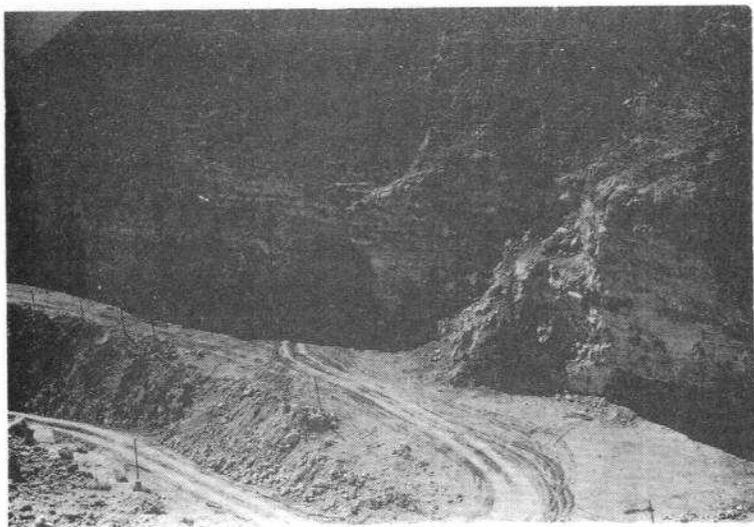


Afloramiento de yesos  
entre Carcar y Andosi  
lla. Navarra. (Oligoce  
no de Navarra).

Cantera abandonada en  
Tafalla. Navarra. (Oli  
goceno de Navarra).

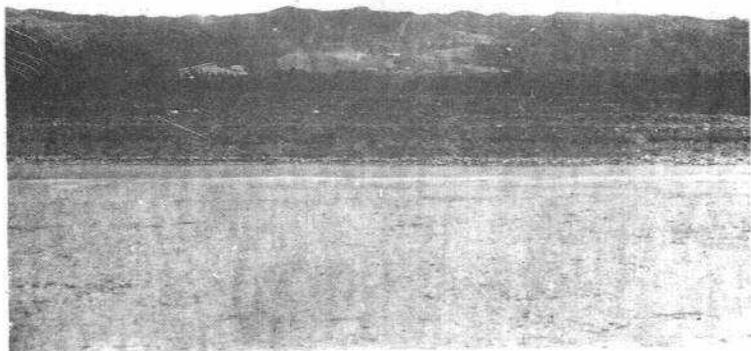
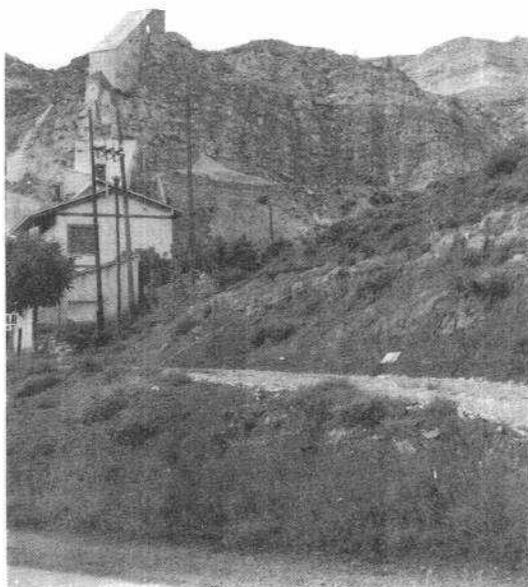


Explotación abandona  
en Maluenda. Zaragoza.  
(Formación de Yesos de -  
Calatayud).



Explotación combinada a cielo abierto-subterránea en Fuentes de Jiloca. Zaragoza. (Yesos de Fuentes de Jiloca).

Explotación de los niveles alabastrinos de Fuentes de Jiloca. Zaragoza. (Yesos de Fuentes de Jiloca).

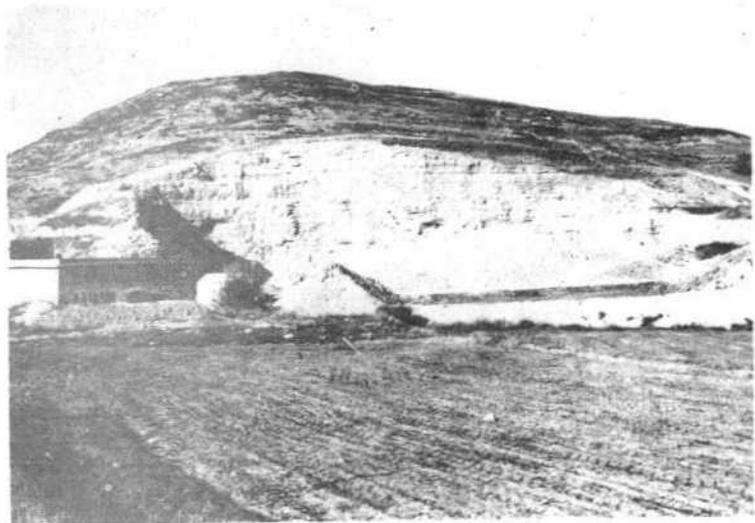


Explotación de yesos en Cuarte de Huerva. Zaragoza. (Formación de yesos de Zaragoza).

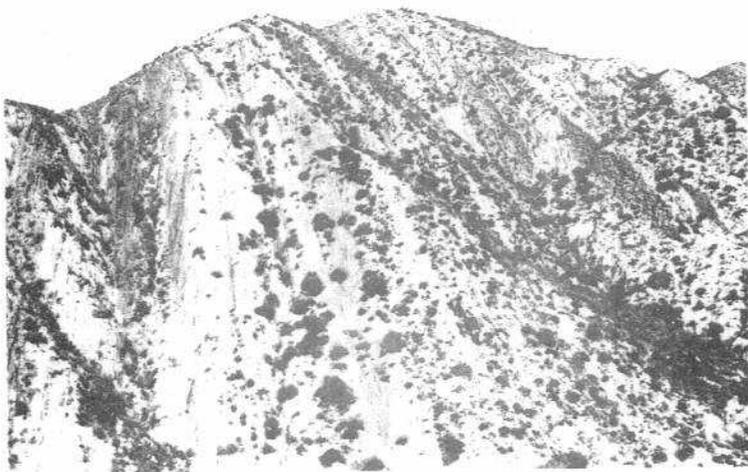


Aspecto de la Formación de yesos de Zaragoza en Alfajarín (Zaragoza).

Cantera abandonada en Zuera. Zaragoza. (Formación de yesos de Zaragoza).

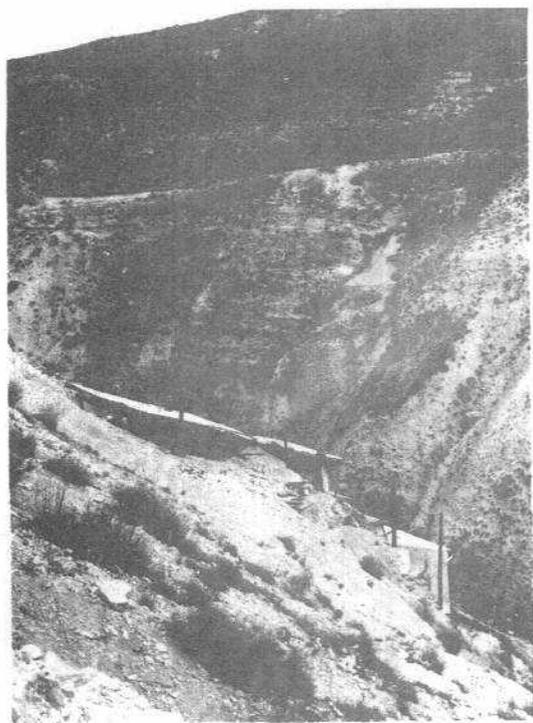


Repliegues de los Yesos de Barbastro en San Esteban de Litera. Huesca.

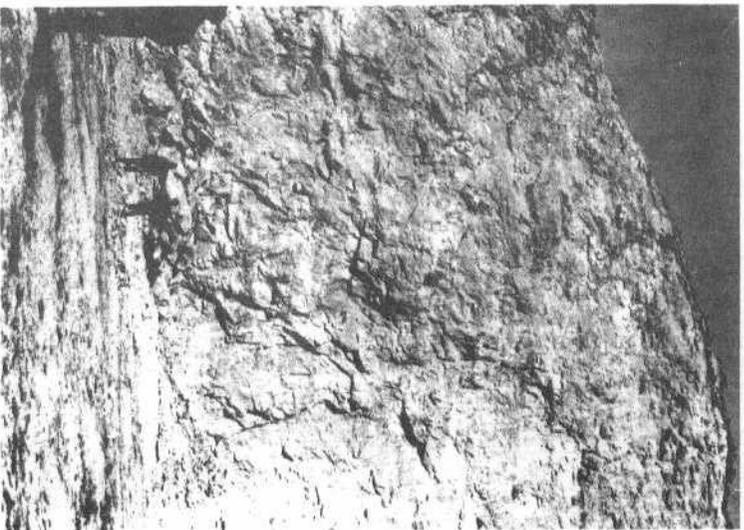


Núcleo yesífero del anticlinal Barbastro-Balaguer en Albelda de Litera. Huesca. - (Formación de Yesos de Barbastro).

Aspecto del anticlinal yesífero de Barbastro-Balaguer entre Tamarite y San Esteban de Litera. - Huesca. (Formación de Yesos de Barbastro).

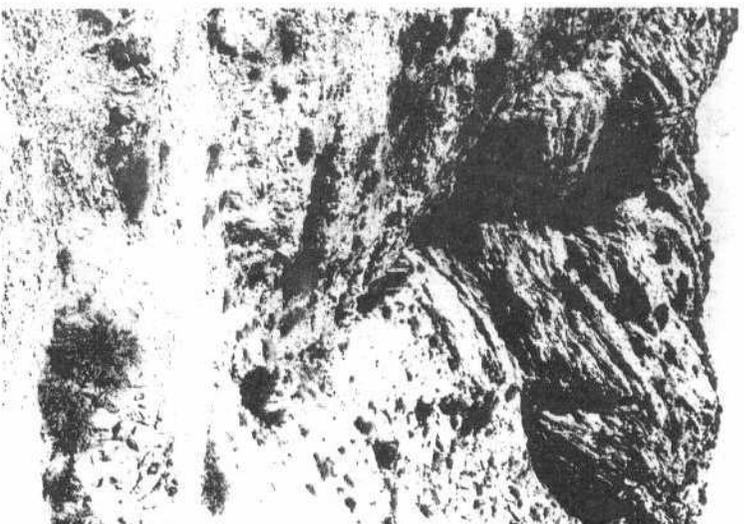


Explotación subterránea de yesos cretácicos en Valle de Tabladillo (Segovia).



Cantera abandonada de yeso triásico en Pradoluengo (Burgos) .

Yeso triásico en la Foz de Calanda (Teruel) .



Explotación de alabastro oligoceno?-mioceno en La Zaida (Zaragoza) .

